



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E
AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: VITICOLTURA ED ENOLOGIA

LA MECCANIZZAZIONE VITICOLA:
TRA TRADIZIONE E INNOVAZIONE

MECHANIZATION IN VITICULTURE:
FROM TRADITION TO INNOVATION

TIPO TESI: compilativa

Studente:
Manuel Serrani

Relatore:
PROF. ESTER FOPPA PEDRETTI

ANNO ACCADEMICO 2021/2022

SOMMARIO

ELENCO DELLE FIGURE	4
ACRONIMI E ABBREVIAZIONI	6
PREMESSA.....	7
CAPITOLO 1 CENNI STORICI SULLA MECCANICAZIONE IN VITICOLTURA ..	8
CAPITOLO 2 MACCHINE PER LA RACCOLTA E LA GESTIONE DELLA CHIOMA.....	12
2.1 La raccolta	12
2.1.1 Vendemmiatrici a scuotimento verticale	13
2.1.2 Vendemmiatrici a scuotimento orizzontale.....	14
2.1.3 Vendemmiatrici a scuotimento per pettinamento.....	16
2.2 La potatura secca.....	17
2.2.1 Potatrici a barra	17
2.2.2 Potatrici a disco	19
2.2.3 Gestione dei residui di potatura.....	20
2.3 La cimatura	21
2.3.1 Cimatrici a barra falciante.....	22
2.3.2 Cimatrici rotative.....	22
2.4 La defogliazione.....	23
2.4.1 Defogliatrici pneumatiche.....	24
2.4.2 Defogliatrici meccaniche	25
2.5 Le palizzatrici	28
2.6 Le spollonatrici	29
2.6.1 Le spollonatrici meccaniche.....	29
2.6.2 Le spollonatrici chimiche.....	31
2.7 La distribuzione dei trattamenti	32
2.7.1 Gli atomizzatori.....	32
CAPITOLO 3 MACCHINE PER LA GESTIONE DEL TERRENO E DELL'INERBIMENTO INTERFILARE	35
3.1 L'inerbimento	36
3.1.1 Macchine per la gestione dell'inerbimento	37
3.2 Macchine per la gestione del suolo	38

3.2.1 Il ripuntatore.....	39
3.2.2 I rulli.....	40
3.2.3 Gli erpici frangizolle.....	40
3.2.4 La zappatrice.....	42
3.2.5 La vangatrice.....	42
3.2.6 Il coltivatore.....	43
3.2.7 Il coltello.....	44
CAPITOLO 4 L’INNOVAZIONE: LA VITICOLTURA DI PRECISIONE E LE NUOVE TECNOLOGIE.....	45
4.1 La viticoltura Rateo Variabile (VRT).....	46
4.2 La robotica in viticoltura: VITIBOT.....	49
CONSIDERAZIONI.....	52
BIBLIOGRAFIA.....	54
SITOGRAFIA.....	56

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1: forma di allevamento a GDC	10
Figura 2: schema dei moduli di “TRINOVA”: a) cimatrice; b) potatrice; c) vendemmiatrice; d) distributore di antiparassitari (Fonte: Barca, 2015)	11
Figura 3: stella pivotante in vendemmiatrice a scuotimento verticale	13
Figura 4: vendemmiatrice a scuotimento verticale portata lateralmente	14
Figura 5: tunnel di raccolta vendemmiatrice a scuotimento orizzontale	15
Figura 6: vendemmiatrice a scuotimento per pettinamento	16
Figura 7: potatrice a barra portata anteriormente	18
Figura 8: potatrice a dischi	19
Figura 9: andatrice per vigneto	20
Figura 10: imballatrice per vigneto con “balletta” di residui di potatura	21
Figura 11: cimatrici a coltelli rotanti con struttura a doppia L rovesciata	23
Figura 12: cimatrici a coltelli con struttura a doppia U rovesciata	23
Figura 13: risultato di una defogliazione post-allegagione	24
Figura 14: defogliatrice pneumatica	25
Figura 15: defogliatrice ad aspirazione ed apparato di taglio rotante	26
Figura 16: defogliatrici ad aspirazione ed apparato di taglio alternativo	26
Figura 17: defogliatrice ad aspirazione e strappo con tecnologia di accostamento automatico alla vegetazione	27
Figura 18: defogliatrice ad aspirazione a tamburi rotanti flessibili	28
Figura 19: palizzatrice multi-attrezzo Pellenc	29
Figura 20: spollonatrice ad asse orizzontale bilaterale	30
Figura 21: spollonatrice ad asse trasversale	31
Figura 22: spollonatrice chimica Tecnovit	32
Figura 23: atomizzatore senza sistema di recupero	33
Figura 24: atomizzatore bifilare a recupero Bertoni	34
Figura 25: vigneto con inerbimento a file alterne	37
Figura 26: ripuntatore per vigneto	39

Figura 27: rullo dentato	Figura 28: rullo a gabbia	40
Figura 29: erpice a dischi con conformazione ad “X”		41
Figura 30: erpice rotante		41
Figura 31: zappatrice ad asse orizzontale		42
Figura 32: vangatrice sottofilare		43
Figura 33: coltivatore con rullo a gabbia.....		44
Figura 34: coltello abbinato ad erpici a dischi.....		44
Figura 35: satellite SENTINEL2		47
Figura 36: drone con attrezzatura per la distribuzione di fitofarmaci		48
Figura 37: schema di funzionamento del wireless sensor network		48
Figura 38: sfogliatrice TECNOVIT con sensori per la determinazione della parete vegetativa		49
Figura 39: trattrice autonoma BAKUS.....		50
Figura 40: dettaglio sul telaio porta attrezzi con disco per lavorazione sottofilare.....		51

ACRONIMI E ABBREVIAZIONI

SIGLA1	GDC: Geneva Double Courtain
SIGLA2	VRT: Viticoltura Rateo Variabile

PREMESSA

In questo elaborato verranno descritti gli aspetti riguardanti la gestione meccanizzata dei vigneti, partendo dalle origini fino alle nuove scoperte in ambito tecnologico.

Nel primo e nell'ultimo capitolo si potranno trovare i due aspetti più contrastanti: la storia e l'innovazione; nel corpo principale della tesi invece, verranno descritte le macchine operatrici al momento più diffuse nel mondo della viticoltura, con un focus sulla gestione del suolo e dei residui di potatura.

La scelta di questo argomento viene da una pregressa passione per il mondo della meccanizzazione in quanto mezzo di agevolazione del lavoro umano, con il conseguente aumento della capacità operativa degli addetti, che deve comunque affiancarsi alla corretta sensibilizzazione per l'utilizzo di queste tecnologie. Si potrà osservare come la qualità del prodotto e del lavoro ottenuti con una consapevole gestione meccanizzata possano essere superiori, a parità di superficie lavorata, rispetto ad una gestione esclusivamente manuale. Certamente va detto che alcune operazioni necessitano comunque della mano di un operatore esperto ma sicuramente con una buona pre-lavorazione a macchina si andranno a ridurre le ore per ettaro necessarie, rendendo più agevole il lavoro.

Vivendo in un'epoca di grandi cambiamenti è chiaro che la tendenza è sempre più verso le non lavorazioni e la gestione semplificata del vigneto, l'obiettivo di questa tesi non è infatti un ripudio totale di queste filosofie, anzi, si cerca di informare il lettore su quali sono i punti di forza e di debolezza delle macchine operatrici descritte per spingere ad una scelta più consapevole delle tecniche di gestione unendo la tradizione e l'innovazione, come si potrà osservare nell'ultimo capitolo dove è descritto il telaio porta attrezzi indipendente BAKUS che unisce operazioni di gestione classiche a tecnologie innovative come i sistemi GPS e la propulsione completamente elettrica.

Capitolo 1

CENNI STORICI SULLA MECCANICAZIONE IN VITICOLTURA

La coltivazione dell'uva e il conseguente processo della sua trasformazione in vino vedono le loro origini in tempi antichissimi probabilmente per una fermentazione spontanea del mosto di uve ottenute da viti selvatiche. Fonti certe sull'utilizzo della vite per la produzione di vino risalgono all'epoca dei Sumeri (3000 a.C.) che parlavano della vite e del vino come simboli di immortalità. Una grande evoluzione della vitivinicoltura si ebbe con l'arrivo di quest'ultima nel bacino del mediterraneo dove, prima con gli Egizi poi con i Greci e successivamente con gli Etruschi, si osservano prima una differenziazione delle tipologie di vino prodotte in base alla loro funzione e utilizzo poi una differenziazione dei vitigni e, con gli Etruschi la messa a punto di diverse forme di allevamento, che, se pur rudimentali, ebbero lo scopo di facilitare le operazioni colturali e di gestione della chioma in base anche alla zona produttiva e alle condizioni ambientali del luogo.

Il vino fu una bevanda consumata dalle sfere più alte della popolazione fino all'anno 100 d.C., data da cui si fa partire la produzione e la vendita del prodotto anche alle fasce meno abbienti, creando quindi un importante mercato di import export. Il problema giunse quando la viticoltura prese talmente piede da rubare campi alla produzione di cereali; per questo motivo Domiziano nel 92 vietò l'installazione di nuovi vigneti e ordinò l'espianto della metà dei vigneti presenti nelle "provinciae" romane. Il progresso tecnico andò avanti molto velocemente, anche per la diffusione di scritti sulla materia che raggiunsero i vari popoli nel bacino del mediterraneo con cui i Romani interagivano a vario titolo. Una delle opere più importanti dell'epoca fu quella di Lucio Moderato Columella – il "De re rustica" – che tratta di tecniche di gestione, di attuale interesse. Un ruolo molto importante nella conservazione del genoma e nel fissare, anche con scritti, le tecniche di coltivazione, lo ebbero i monasteri tra il V e il X secolo che, oltre a migliorare il patrimonio viticolo, aumentarono di molto la superficie vitata, data la grande estensione dei terreni posseduti dagli ecclesiastici.

Un passo importante nella storia della vitivinicoltura lo si ha con l'introduzione della vite nelle Americhe che erano per i coloni terreno vergine da utilizzare per la coltivazione. Inizialmente la vite venne introdotta per la produzione di vino da utilizzare nelle cerimonie

religiose e in poco tempo divenne anche qui una bevanda di uso comune tanto che alla fine del XVI secolo si dovette vietare l'impianto di nuovi vigneti; con gli scambi commerciali tra Americhe e Vecchio Continente si importarono anche dei parassiti quali la fillossera, a cui la vite europea era molto sensibile, e l'oidio, detto mal bianco. Insieme, nella seconda metà del secolo scorso, i due agenti patogeni portarono alla quasi completa estinzione della vite in Europa. Di pari passo andavano però anche i progressi scientifici sia sulla microbiologia, sulla chimica enologica e sulla nutrizione e concimazione della vite che permisero di combattere in maniera tempestiva queste patologie.

La meccanizzazione durante tutto questo periodo e fino agli inizi del 900 non vede grandi progressi: la trazione era animale e le attrezzature abbastanza rudimentali. Gli impianti vedevano principalmente viti di grandi dimensioni nel centro-nord Italia, generalmente maritate con olmo e ulivo, e al sud viti di piccole dimensioni ad alberello. Successivamente al secondo dopoguerra, a partire dagli anni 50 del novecento, si assiste ad una graduale meccanizzazione degli impianti con l'utilizzo di macchine agevolatrici e di impianti con viti non più maritate ma appoggiate a sostegni morti che permettevano, grazie anche ad una migliore gestione della chioma, di avere piante più piccole e con produzione di uguale o maggiore entità. Le macchine utilizzate erano però macchine generiche che vedevano impieghi anche nelle coltivazioni erbacee.

La meccanizzazione in vigneto fu spinta anche dal fatto che nel secondo dopoguerra la richiesta di vino sul mercato vide un grande aumento, il tutto correlato anche al boom economico che si verificò in quel periodo. Le prime grandi cantine sociali cominciarono a fare la loro comparsa e questo richiedeva anche un adattamento dei sistemi di gestione del vigneto. Molti passi avanti vennero fatti anche sul fronte dello studio della fisiologia della vite legata alle tecniche di potatura osservando che varietà con un'elevata fertilità basale si prestavano a potature corte permettendo anche l'utilizzo di macchine che sostituivano la potatura manuale o che comunque ne agevolavano le operazioni. Altro aspetto che viene messo in luce dagli studi sulla fisiologia della vite è la relazione che vi è tra il carico gemmario e la qualità dell'uva prodotta.

Le tecniche di potatura si adattarono ai diversi ambienti regionali e portarono alla nascita di impianti specializzati per determinate forme di allevamento spingendo anche un'ulteriore specializzazione delle attrezzature utilizzate nei vigneti. Un esempio di questa specializzazione di ebbe con il passaggio da sylvoz a casarsa e poi a cordone il tutto perché i viticoltori presero coscienza del fatto che con forme di allevamento come il sylvoz la meccanizzazione era pressoché inapplicabile perché nell'operazione era necessaria la scelta

dei sarmenti da spuntare a discrezione dell'operatore; massima meccanizzazione infatti si ebbe con il cordone speronato che permetteva di avere un gradiente vegetativo molto uniforme e una potatura meccanica più semplice e che richiedeva macchine meno complesse mantenendo comunque un buon carico gemmario e una buona qualità di produzione. Questa forma di allevamento però non vide il suo sviluppo solo per le operazioni di potatura, infatti, altro aspetto che dagli anni '50 venne preso in considerazione era la raccolta meccanica.

In Francia nacquero le prime vendemmiatrici a barre falcianti che però si videro fallimentari, un primo vero e proprio passo in avanti lo si ha con lo sviluppo della prima vendemmiatrice a scuotimento verticale ideata negli anni '60 dal Prof. Nelson Shaulis che non solo vide la creazione della macchina per la raccolta ma anche di una forma di allevamento studiata per questo tipo di macchine: il GDC (Geneva Double Curtain) (Figura 1) che nella sua versione utilizzata in Italia a con cordoni permanenti vedeva i braccetti che sostenevano i fili mobili e quindi capaci di accompagnare questo movimento oscillante senza causare danni né ai pali né alla pianta.

La prima ditta italiana a sviluppare una vendemmiatrice a scuotimento verticale fu la MTB nel 1969, questo modello era molto simile alla macchina ideata in America e aveva la possibilità di raccogliere contemporaneamente i due cordoni del GDC, la versione semovente era scavallante ed era controllata da due operatori, aveva velocità di lavoro di 1-2 km/h e martinetti idraulici che ne permettevano il posizionamento parallelo al terreno anche in zone dove vi erano dislivelli tipici in Italia che a parte alcune zone vede i suoi vigneti posizionati in regioni collinari.

Successivamente l'Università di Bologna negli anni '80 diede vita ai primi modelli polivalenti che avevano la capacità di eseguire operazioni di potatura, raccolta e trattamenti antiparassitari, questa macchina prese il nome di "TRINOVA" (Figura 2) era modulare ed era utilizzabile solo su un cordone libero sviluppato appositamente a partire dalla forma di allevamento a GDC.

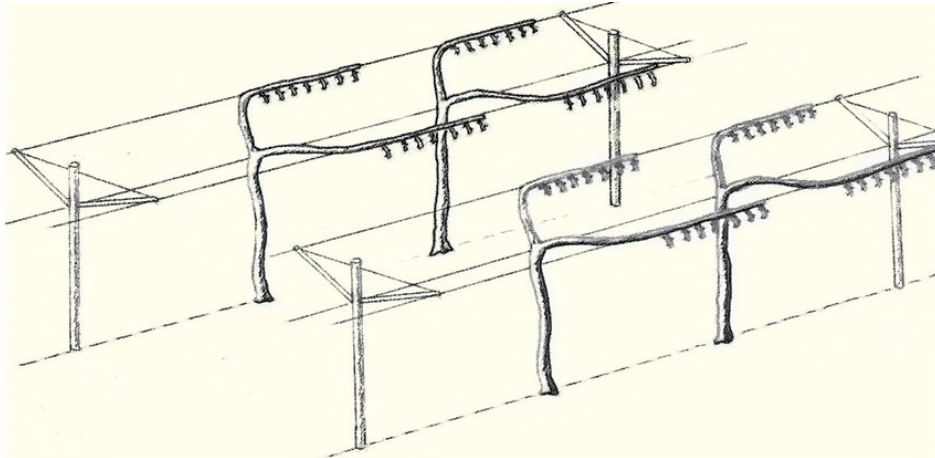


Figura 1: forma di allevamento a GDC

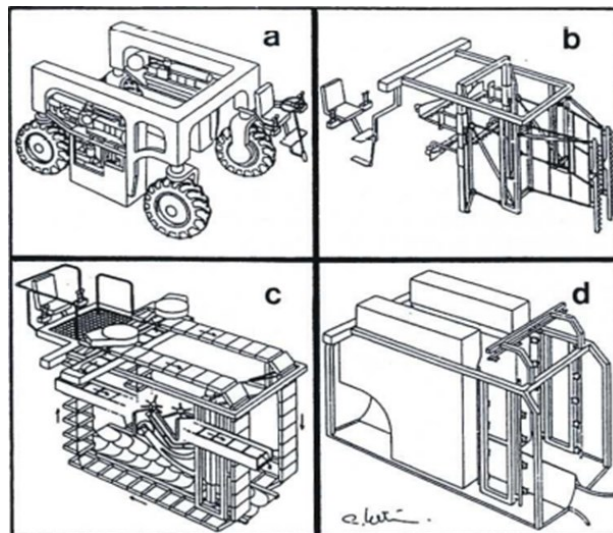


Figura 2: schema dei moduli di “TRINOVA”: a) cimatrice; b) potatrice; c) vendemmiatrice; d) distributore di antiparassitari (Fonte: Barca, 2015)

Ad oggi, la meccanizzazione ha portato alla riduzione dei tempi di esecuzione delle operazioni da 1000 h/ha a 60 h/ha nei vigneti completamente meccanizzati, anche se in alcune aree per motivi di disciplinare o per conservazione di zone culturalmente importanti si è impossibilitati alla agevolazione di determinate operazioni. (Barca, 2015) (Pisani Barbacciani, 1999)

Capitolo 2

MACCHINE PER LA RACCOLTA E LA GESTIONE DELLA CHIOMA

2.1 La raccolta

L'operazione di raccolta dell'uva è il momento che vede congiungersi cantina e campo ed è anche la fase più delicata del processo di produzione dell'uva, dato che dalla qualità degli acini e dal loro stato all'arrivo in cantina verrà poi determinata la qualità del prodotto finito.

I cantieri per la raccolta delle uve possono essere manuali o meccanizzati: i cantieri manuali vedono impegnate un gran numero di persone (le squadre di raccolta possono arrivare anche a più di 20 persone) e le tempistiche di raccolta sono lente si può andare infatti con ritmi che dipendono da forma di allevamento e posizione della fascia produttiva ma comunque sono necessarie fino a 200 ore/ha circa per la raccolta manuale. Un indubbio aspetto positivo della raccolta manuale è dato dall'ottima qualità dell'uva raccolta, la preselezione in campo e un prodotto che all'arrivo in cantina si presenta integro rispetto a quello che può arrivare con una vendemmia meccanica. L'utilizzo delle vendemmiatrici vede una riduzione dei tempi a 3 ore/ha e una cantiere composto da 2-3 persone; per contro, si ha la mancata selezione dei grappoli raccolti (eccezione è data dai grappoli "svuotati" dall'azione dei parassiti o dei patogeni che restano sulla pianta) l'uva spesso arriva già ammostata in cantina e senza l'utilizzo di tecniche di conservazione, in condizioni favorevoli, si avrà l'avvio di fermentazioni spontanee e ossidazioni del mosto. Infine, se il conducente della vendemmiatrice non è attento e sufficientemente esperto, si possono avere danni significativi su piante e palificazioni. Considerato ciò le vendemmiatrici sono comunque molto utilizzate dato che, con le adeguate precauzioni, la qualità delle uve che arrivano in cantina può essere simile ad una vendemmia manuale e dal momento che i tempi di raccolta sono molto più brevi si può cogliere a pieno il miglior momento vendemmiale riuscendo ad avere un quasi perfetto grado di maturazione di tutto il prodotto che arriva in cantina, oltre alla grossa riduzione dei costi che si ha nell'utilizzo della vendemmia meccanica.

2.1.1 Vendemmiatrici a scuotimento verticale

Sono vendemmiatrici meno diffuse rispetto allo scuotimento orizzontale e lavorano su sistemi di allevamento come il GDC.

Se ne possono trovare di diverso tipo sia trainate che semoventi, sono macchine che esistono già dal 1960 e che hanno visto una importante evoluzione negli anni. Il metodo di distacco degli acini è dato dalla trasmissione di energia che si ha dalle parti in movimento nella macchina, alle strutture di sostegno, ai fili e infine ai grappoli stessi.

L'organo che esegue l'operazione di distacco è una stella pivotante (Figura 3) che si muove con moto alternativo contro il filo mobile della struttura causando così il distacco degli acini. Questo permette di avere maggiore integrità degli acini, che non vengono direttamente in contatto con gli organi meccanici in movimento, e quindi la possibilità di partire con il processo di vinificazione da un prodotto più integro.



Figura 3: stella pivotante in vendemmiatrice a scuotimento verticale

La stella pivotante è costruita in materiale plastico alimentare, il moto oscillatorio e la distanza tra i colpi sono di fondamentale importanza perché definiscono quanta energia viene trasferita ai grappoli: definito che per ogni varietà si hanno forze di distacco differenti una media la si trova con ampiezze di movimento della stella tra i 10 e 12 cm e con frequenze tra i 300 ed i 600 colpi/minuto per evitare di sollecitare eccessivamente struttura e piante e anche perché con frequenze maggiori non tutti colpi sarebbero poi trasmessi alla vegetazione causando uno spreco inutile di energia oltre che danneggiando le viti stesse. La struttura che racchiude il tutto è il tunnel di raccolta che avvolge le piante ed evita che gli acini cadano a terra o che, a causa delle vibrazioni, vengano lanciati in aria. Il tunnel di raccolta è una delle parti più ingombranti in qualsiasi vendemmiatrice e comprende al suo interno diverse parti di fondamentale importanza, come ventilatori e nastri trasportatori. I nastri trasportatori,

anch'essi in plastica alimentare, sono situati alla base del tunnel e convogliano l'uva fino alle tasche di raccolta; alla base dei convogliatori si ha un ventilatore che esegue l'operazione di pulizia dalle foglie o da organismi estranei ed è solitamente posizionato nel punto in cui inizia l'ascesa degli acini.

Organi non necessari per la raccolta ma fondamentali per l'esecuzione dell'operazione sono la cabina di controllo, il motore e il sistema di propulsione che è sempre più tendente ai sistemi cingolati per ridurre la pressione applicata sul terreno e la compressione dello stesso visto che a causa delle loro caratteristiche costruttive queste macchine, specialmente le semoventi, raggiungono pesi rilevanti.(Barca, 2015)



Figura 4: vendemmiatrice a scuotimento verticale portata lateralmente

2.1.2 Vendemmiatrici a scuotimento orizzontale

Le vendemmiatrici a scuotimento orizzontale sono adatte a forme di allevamento in parete, come il cordone speronato, e nelle zone del centro Italia se ne possono trovare in gran quantità

Come per quelle a scuotimento verticale si hanno organi battitori, tunnel di raccolta (Figura 5), sistemi di sollevamento, organi per la pulizia del vendemmiato e tasche di raccolta.

L'organo battitore è costituito da una o due serie di barre scuotitrici, posizionate ai lati del tunnel di raccolta. Il loro numero e la loro posizione possono essere modificati in modo da poter colpire al meglio la fascia produttiva. Sono costruite in gomma alimentare e hanno forme diverse comunque progettate per avere un'azione quanto più delicata possibile (le caratteristiche costruttive delle barre sono elementi che connotano le differenti aziende produttrici) e sono messe in moto da martinetti idraulici che si trovano solamente ad una estremità del battitore mentre l'altra estremità è fissa. Le regolazioni vengono fatte dalla cabina

di controllo e riguardano principalmente apertura dei battitori e la loro frequenza di oscillazione. Se gli organi di scuotimento sono troppo distanti si rischia di schiaffeggiare la chioma lasciando anche parte del prodotto in campo, se invece sono troppo ravvicinati il rischio è quello di spezzare i tralci e causare danni alle piante. Le frequenze di oscillazione variano in base alla cultivar ma solitamente si usano distanze che vanno dai 12 ai 15 cm tra un colpo ed un altro.



Figura 5: tunnel di raccolta vendemmiatrice a scuotimento orizzontale

Il tunnel di raccolta racchiude la vegetazione e alla base si può notare il sistema di sollevamento composto da scaglie mobili che sono inclinate verso l'esterno e intercettano il prodotto spostandolo verso i nastri trasportatori che lo porteranno fino alle tasche di raccolta. Il sistema di intercettazione può essere anche composto da ciotole che mentre si spostano verso il retro della macchina si chiudono e accompagnano il prodotto eseguendo lo stesso lavoro dei trasportatori. Prima di raggiungere il sistema di sollevamento l'uva viene investita da una corrente d'aria prodotta da due coppie di ventilatori posizionati rispettivamente all'inizio e alla fine del nastro stesso: questa operazione è sempre soggetta a miglioramento tecnico per avere una migliore qualità del prodotto. L'aria proveniente dai ventilatori può essere riciclata all'interno del tunnel di raccolta per limitare le perdite occulte date da tutte le goccioline di mosto che rimangono attaccate alle foglie che vengono poi eliminate, nelle vendemmiatrici più attrezzate può essere presente anche una diraspatrice a bordo per una pulizia ancora più profonda delle uve.

Il sistema di sollevamento è composto da nastri trasportatori in materiale alimentare e dotati di sporgenze in grado di sollevare gli acini fino alle tasche di raccolta che in media hanno una capacità che va da 1,5 a 3 t e possono essere singole o doppie in base alla dimensione della vendemmiatrice.

Le vendemmiatrici a scuotimento orizzontale si trovano in commercio sia semoventi che trainate, sono macchine scavallanti e per quanto riguarda le trainate il sistema di propulsione del trattore può essere anche a cingoli ma comunque la macchina operatrice stessa è gommata come anche nel caso dei modelli semoventi. Ad oggi in commercio si stanno iniziando a vedere macchine senza operatore che lavorano sulla base di mappature satellitari caricate precedentemente nel database della macchina, queste sono macchine molto più compatte e spesso dotate di motori elettrici, questo le rende più versatili e utilizzabili anche in appezzamenti dove le capezzagne, come spesso accade, non rispettano le larghezze necessarie per la svolta delle macchine agricole.(Barca, 2015)

2.1.3 Vendemmiatrici a scuotimento per pettinamento

Le vendemmiatrici a scuotimento per pettinamento sono macchine utilizzate nella raccolta in impianti a pergola o tendone, l'elemento battitore è composto da dei pettini in materiale alimentare che vanno trasferire energia cinetica direttamente ai grappoli, l'organo è mosso da motori elettrici che danno movimento ad assi eccentrici sui quali sono posizionati gli elementi battitori trasferendo così energia cinetica al grappolo ed eseguendo quindi il distacco dell'acino dal raspo. Si possono raggiungere frequenze di 700 colpi al minuto regolate in base alla velocità di lavoro e alla cultivar sulla quale si sta lavorando.



Figura 6: vendemmiatrice a scuotimento per pettinamento

I nastri trasportatori sono posizionati posteriormente e convogliano il vendemmiato fino ad una coppia di aspiratori che eseguono l'operazione di pulizia, normalmente la macchina

operatrice è seguita da un carro raccolta che può essere trainato dalla vendemmiatrice o semovente nel secondo caso saranno necessarie potenze maggiori per la trattrice che dovrà svolgere un lavoro più oneroso.

Queste macchine sono solitamente trainate e vanno abbinate a trattrici che abbiano le dimensioni adatte al passaggio sotto la pergola o il tendone.

Il sistema di cassone con elementi battitori può essere alzato, abbassato o inclinato grazie all'ausilio di martinetti idraulici, le altezze di lavoro possono arrivare fino ad 2,50 m e una leggera vibrazione è applicata anche sul telaio con funzione di raccolta in modo da avere un'omogenea distribuzione del vendemmiato su tutta la sua superficie.(Barca, 2015)

2.2 La potatura secca

Viene eseguita nel periodo che precede la ripresa vegetativa della vite ed è l'operazione principe per il mantenimento della forma di allevamento e per la gestione del carico gemmario.

Una potatura completamente meccanizzata si può osservare in situazioni dove superfici vitate molto estese rendono meno economica l'esecuzione di operazioni manuali di rifinitura.

In situazioni di superfici medio-piccole il cantiere di potatura è seguito da operatori che con delle forbici eseguono i tagli di rifinitura regolando al meglio il carico di gemme sulla pianta, si parla quindi in questi casi di pre-potatrici appunto perché vanno solamente a facilitare l'operazione eseguita poi manualmente riducendo di molto i tempi.

Anche nella potatura manuale possono esserci agevolazioni con l'utilizzo di forbici pneumatiche ed elettriche che riducono di molto lo sforzo fisico degli operatori, migliorando qualità del taglio e velocità di lavoro.

2.2.1 Potatrici a barra

Storicamente sono le prime macchine ad essere state utilizzate nella agevolazione della potatura. L'organo che esegue il taglio è composto da una barra falciante con denti, i quali si muovono con un sistema biella-manovella che trasforma il moto da rotativo ad alternativo.

Le lame possono essere con un riscontro fisso o a doppia lama oscillante: nel primo caso l'organo è costituito da un telaio con denti che rimangono appunto fissi e costituiscono il controbattente per gli elementi mobili che invece vanno effettivamente ad eseguire il taglio, è molto importante in questo caso regolare la velocità di avanzamento della trattrice e adeguarla alla velocità di taglio della barra per evitare di strappare i tralci. Le seconde danno qualità di taglio migliori per la loro principale caratteristica che vede in movimento tutte e due le lame,

questo dà la possibilità di una maggiore velocità di avanzamento e di avere una macchina operatrice più leggera, dato che, il peso del controbattente rispetto a quello di un organo di taglio è maggiore.



Figura 7: potatrice a barra portata anteriormente

Il telaio deve presentare caratteristiche costruttive che gli permettano di sopportare le sollecitazioni durante il lavoro e su di esso sono montati elementi di fondamentale importanza come i tastatori. La loro funzione è quella di anticipare la barra nel contatto con pali o altre strutture fisse che possono trovarsi in campo, una volta urtati dagli elementi fissi ed essendo direttamente collegati ad un sistema di movimentazione dell'organo di taglio lo fanno richiudere evitandone quindi il contatto. Se ne possono trovare sia di meccanici che di elettronici, la differenza principale sta nel sistema di rilevamento dell'ostacolo che negli elettronici è costituita da una fotocellula.

Possono essere presenti sulla macchina anche organi stralciatori: elementi rotativi che hanno il compito di districare i tralci dai fili e di accompagnarli fino all'organo di taglio facilitando le operazioni ed evitando di lasciarli sulla pianta.

Il numero di barre di taglio è variabile in base alla forma di allevamento: in cordone speronato ne sono sufficienti 3, in forme come cordone libero o GDC ne possono essere utilizzate anche 4 per tagliare i tralci procombenti.

Le velocità di avanzamento di queste macchine sono di circa 4 km/h e possono essere seguite da operatori che eseguono operazioni di rifinitura. (Barca, 2015) (Piccarolo, 2012)

2.2.2 Potatrici a disco

Le potatrici a disco sono macchine scavallanti con elementi di taglio a lama circolare. Sono costituite da una struttura portante divisa in due assi verticali adatta a forme in contropalliera e alberelli, sugli assi sono portate due colonne di dischi che ruotano in senso opposto ed eseguono l'operazione di potatura.

Come nelle macchine viste precedentemente si hanno i tastatori che allontanano i dischi per evitare ostacoli che potrebbero presentarsi all'interno del vigneto. Non sono presenti in questo caso elementi stralciatori dal momento che i dischi stessi abbracciano la chioma e accompagnano i tralci al taglio.



Figura 8: potatrice a dischi

La caratteristica costruttiva che va a rendere queste potatrici molto flessibili nel loro lavoro è la possibilità di modulare il numero di dischi e la tipologia in base al tipo di operazione che si deve eseguire: per pre-potatura o effetto stralciante si inseriscono i primi 3-4 dischi dall'alto, se si deve eseguire una potatura effettiva si utilizzano da 7 a 10 lame in funzione della forma di allevamento e del carico gemme. Se necessario la macchina ha la capacità di avvicinare o distanziare le lame ma generalmente si utilizzano distanze di 10-15 cm.

Gli organi di taglio come anticipato precedentemente hanno forme diverse in base all'operazione da eseguire: quelli con profilo a margherita presentano la caratteristica di avere delle "sedi" semicircolari che accolgono il tralcio e lo accompagnano al taglio oltre ad avere un effetto stralciante molto accentuato, quelli con profilo a gabbia vengono usati in accoppiamento a quelli a margherita per avere un'azione lama contro battente che da un taglio

più pulito indirizzando i tralci ai dischi e evita scosciature, le seghe circolari hanno velocità di rotazione elevate si trovano solitamente alla base delle colonne di dischi.

Spesso l'accoppiamento di tipologie di dischi diversi viene utilizzato in campo pratico per avere un'operatività maggiore e meno intoppi durante la lavorazione. (Barca, 2015) (Piccarolo, 2012)

2.2.3 Gestione dei residui di potatura

L'operazione di potatura, che sia manuale o meccanica, lascia in campo spezzoni più o meno grandi di tralcio che vanno gestiti nella maniera corretta per evitare problematiche sia per l'aspetto fitosanitario sia per l'aspetto logistico di passaggio delle macchine nelle fasi successive.

Con potatura manuale si hanno residui di lunghezza variabile che vanno circa dai 15 cm ai 2 m, localizzati al centro dell'interfilare, la soluzione può essere quella di utilizzare una trinciatrice per ridurre il materiale a dimensioni minori e successivamente interrarlo con una lavorazione superficiale del terreno; il problema si pone nel momento in cui i residui di potatura non presentano caratteristiche fitosanitarie soddisfacenti presentando, ad esempio, forme svernanti di patogeni che all'interno del terreno troverebbero le condizioni adatte alla loro sopravvivenza. Dunque, successivamente alla trinciatura si svolgono le operazioni che si eseguirebbero con sarmenti provenienti da potatura meccanica utilizzando un andanatrice (figura 9) che raccoglie al centro dell'interfilare i residui che poi verranno raccolti ed utilizzati, ad esempio, per la produzione di energia termica in caldaie.



Figura 9: andanatrice per vigneto

Se invece si vogliono utilizzare i sarmenti senza procedere con la trinciatura si opera con un'imbaltatrice (figura 10) che li raccoglie in balle messe ad essiccare per ridurne la

percentuale di acqua e successivamente conservate ed utilizzate nella produzione di energia termica. L'aspetto positivo di questa procedura rispetto alla precedente è la possibilità di conservare il legname per un tempo molto più lungo, a differenza del trinciato che invece va utilizzato in tempi brevi per la sua caratteristica di assorbire umidità dall'ambiente. (Corso di meccanizzazione viticola a.a. 2021/2022) (Palliotti, 2015)



Figura 10: imballatrice per vigneto con “balletta” di residui di potatura

2.3 La cimatura

La cimatura è un'operazione che può essere eseguita in diverse epoche e l'utilità sta nel controllo della crescita dei nuovi germogli, l'agevolazione del passaggio delle macchine operatrici, l'arieggiamento della chioma e quindi il miglioramento del microclima interno alla vegetazione.

Assieme alla defogliazione è una pratica fondamentale specialmente se si lavora in biologico dove l'utilizzo di prodotti fitosanitari come rame e zolfo è fortemente normato e si devono ridurre al minimo i rischi di un attacco da parte di patogeni, da non dare per scontata nemmeno nella viticoltura tradizionale dove invece è fondamentale facilitare l'ingresso degli antiparassitari fin nelle parti più profonde della chioma per avere quanta più superficie fogliare ricoperta dai prodotti distribuiti.

Altro aspetto importante di questa operazione è, se eseguita in epoca prefiorale o all'allegagione, il taglio degli apici vegetativi che spinge la pianta a una maggiore crescita in volume con emissione di germogli secondari riducendo anche i problemi per le future operazioni di stralciatura e potatura invernale che con tralci molto lunghi richiederebbero più tempo ed energia.

L'epoca di esecuzione può essere diversa in base alla scelta del viticoltore, alla forma di allevamento e alla vigoria ma comunque si individuano tre periodi nei quali è possibile eseguire la cimatura: in fase prefiorale, in fase di allegagione e in fase di invaiatura.

2.3.1 *Cimatrici a barra falciante*

Molto simili se non uguali alle potatrici dello stesso genere hanno come unica differenza una struttura molto più leggera, dato che l'operazione di taglio viene eseguita su organi non ancora lignificati.

Si possono osservare oltre al telaio le barre falcianti che variano in numero in base alla forma di allevamento, composte da un elemento fisso e da elementi mobili che sono mossi da un sistema biella manovella che gli conferisce un moto alternativo, non sono presenti i tastatori dal momento che l'operazione di taglio viene fatta ad altezze superiori a 1.80-2 m e a larghezze variabili ma che non raggiungono mai né fili né palificazioni.

Sono presenti anche barre falcianti senza riscontro dette a doppia lama oscillante che eseguono un'operazione analoga a quelle appena descritte, la differenza principale sta nella pulizia del taglio che in questo caso risulta di maggiore qualità oltre ad essere macchine più leggere permettendo quindi l'utilizzo di trattrici meno potenti e riducendo la manutenzione grazie alla caratteristica che la doppia lama nell'eseguire l'operazione si va ad affilare contro la corrispettiva allungando quindi la vita operativa della macchina operatrice, possono nascere però problematiche con chiome troppo folte dove questo tipo di barra falciante fatica a lavorare.

Le velocità di esercizio per tutte e due le tipologie sono comunque basse: 2-6 km/h circa. (Piccarolo, 2012)

2.3.2 *Cimatrici rotative*

Questa tipologia di macchina operatrice utilizza per il taglio dei coltelli posizionati all'interno di un telaio e l'azione falciante avviene su organi non ancora lignificati.

La struttura è composta da un telaio, una struttura di aggancio alla trattrice e i coltelli, i telai possono avere diverse conformazioni. Si possono avere telai scavallanti come quelli a doppia L rovesciata (figura 11) e a U rovesciata (figura 12) che permettono anche una lavorazione bifilare riducendo quindi le ore di lavoro ma aumentando peso e ingombro della macchina rendendo più difficili le manovre in campo.



Figura 11: cimatrici a coltelli rotanti con struttura a doppia L rovesciata

Le tipologie bifilare vedono anche delle forme monofilare con strutture a L e a C che hanno pesi minori e maggiore maneggevolezza durante il lavoro.

I coltelli rotanti inseriti nel telaio hanno la particolare caratteristica di non essere piatti ma di avere una leggera curvatura che crea una corrente aspirante che avvicina i tralci alle lame, la velocità di rotazione va dai 2000 ai 3500 giri/min in base alla foltezza della chioma e alla velocità di avanzamento che può andare dai 6 agli 8 km/h.

Queste macchine danno una buona qualità di taglio e una buona velocità di lavoro ma sono molto rumorose e, rispetto alle cimatrici a barra, più pericolose per gli operatori che si trovano in campo. (Piccarolo, 2012)



Figura 12: cimatrici a coltelli con struttura a doppia U rovesciata

2.4 La defogliazione

La defogliazione o potatura verde è un'operazione non sempre necessaria e, viste le tendenze climatiche degli ultimi anni, spesso evitata dai viticoltori. L'utilità di questa pratica sta nell'eliminare le foglie che ricoprono la fascia produttiva nell'ultima fase di maturazione delle uve per aumentare il soleggiamento e creare un microclima sfavorevole attorno al grappolo per le muffe o altri patogeni che potrebbero annidarvisi.

La defogliazione può essere sia precoce che tardiva in base alle esigenze del viticoltore e al progetto viticolo. Una potatura verde precoce è eseguita subito dopo la fase di allegagione del grappolo e ha come funzione principale quella di massimizzare l'ingresso dei trattamenti nella chioma e migliorare l'accumulo in polifenoli per l'esposizione al sole (figura13). Se eseguita tardivamente, dopo l'invaiaitura, la funzione principale è quella di arieggiare le uve per evitare l'insorgere di malattie dato che in questa fase non è possibile fare trattamenti antiparassitari vista la prossimità della vendemmia.



Figura 13: risultato di una defogliazione post-allegazione

L'operazione di defogliazione può essere eseguita manualmente o in maniera meccanica, nel primo caso si avrà una qualità di lavoro maggiore ma dei tempi operativi molto più lunghi, nel secondo caso si avrà una selezione più grossolana della fascia defogliata ma dei tempi e dei costi molto ridotti senza necessità di dover ricercare o istruire al lavoro degli operatori di campo.

Considerato che è una pratica eseguita in base all'andamento stagionale spesso le macchine operatrici non sono proprietà delle aziende ma vengono coinvolti contoterzisti.

2.4.1 Defogliatrici pneumatiche

Questa tipologia di macchine è l'unica che non ha organi meccanici che eseguono l'operazione di strappo sulla chioma, l'azione è infatti svolta da delle lame d'aria. La struttura è composta da un compressore solitamente posizionato nella zona posteriore della trattrice, mentre anteriormente si trova il telaio portante gli organi che eseguono effettivamente l'operazione. Questi ultimi sono dei distributori rotanti con una copertura esterna che vede un foro o una zona a semicerchio dalla quale uscirà la lama d'aria, all'interno vi è un organo rotante collegato tramite tubazioni al compressore che in base al numero di giri/min che compie va a modificare la quantità di "colpi" che arrivano alla vegetazione, tutto ciò è controllato grazie alla velocità dell'aria emessa. La rotazione degli ugelli può andare dai 300

ai 700 giri/min con flussi d'aria che possono raggiungere i 250 m/s, questo determina un'azione che può essere più o meno delicata in base alle regolazioni dell'operatore.

L'utilizzo di queste macchine in campo sta prendendo più piede negli ultimi anni perché dal momento che non vi sono organi meccanici a contatto con la chioma l'operazione può essere eseguita in qualsiasi fase di maturazione delle uve e, cosa più importante, si può eseguire su qualsiasi forma di allevamento sia in parete con fili di contenimento che libera o in volume.

Va considerata l'importanza però di dimensionare adeguatamente il cantiere di lavoro dato che il funzionamento del compressore richiede 25/30 kW alla presa di potenza. (Piccarolo, 2012) (Corso di meccanizzazione viticola a.a. 2021/2022)



Figura 14: defogliatrice pneumatica

2.4.2 Defogliatrici meccaniche

Questa categoria di macchine esegue l'operazione tramite organi meccanici che vengono raggiunti dalle foglie grazie ad un flusso d'aria in aspirazione, l'organo defogliante è solitamente portato anteriormente e posizionato sulla fascia desiderata tramite inclinazioni differenti.

Vi sono diversi tipi di defogliatrici meccaniche catalogate in base all'organo di taglio:

- **Defogliatrici ad aspirazione ed apparato di taglio rotante:** costituite da una struttura portante sulla quale è montato un ventilatore assiale composto di 4/10 eliche in base alla capacità di lavoro della macchina e coperto da una griglia che ha la funzione, oltre quella di mettere in sicurezza l'operatore, di evitare che organi che non siano foglie vengano in contatto con l'apparato di taglio. Assieme al ventilatore troviamo un coltello a due lame che intercetta le foglie aspirate dal ventilatore ed esegue l'operazione di taglio, l'organo ha velocità di rotazione regolabili che vanno da 1500 a 3000 giri/min e la capacità di lavoro è dipendente dalle dimensioni della griglia, tanto maggiori saranno le dimensioni tanto maggiore sarà la superficie lavorata nell'unità di tempo;



Figura 15: defogliatrice ad aspirazione ed apparato di taglio rotante

- **Defogliatrici ad aspirazione ed apparato di taglio alternativo:** costituite da una struttura portante sulla quale è montato il ventilatore, l'organo di taglio in queste macchine è composto da una barra falciante a moto alternativo che ricorda quella delle potatrici. L'aspirazione porta le foglie fino ad una fessura che può avere dimensioni variabili ma che solitamente si aggirano attorno ai 60 cm, successivamente la barra esegue il taglio delle stesche che vengono poi scaricate posteriormente alla macchina operatrice. La distanza della testata dalla vegetazione potrebbe dover variare visti i periodi in cui l'operazione stessa viene svolta e per evitare quindi di avvicinare troppo l'organo di taglio alle zone più profonde della chioma vi sono dei sensori a pressione che regolano automaticamente la distanza della testata dalla vegetazione;



Figura 16: defogliatrici ad aspirazione ed apparato di taglio alternativo

- **Defogliatrici ad aspirazione e strappo:** costituite da una struttura portante sulla quale è montato il ventilatore, sopra l'organo aspirante si trovano due rulli controrotanti con consistenza e profili diversi atti a strappare le foglie che vengono avvicinate alla testata dal ventilatore. La velocità di rotazione dei rulli va dai 1000 ai 1300 giri/min. La distanza della testata dalla vegetazione è regolata come in precedenza da dei sensori a pressione e l'angolazione di lavoro determina la fascia della chioma sulla quale si andrà ad agire;



Figura 17: defogliatrice ad aspirazione e strappo con tecnologia di accostamento automatico alla vegetazione

- **Defogliatrice ad aspirazione a tamburi flessibili rotanti:** costituite da una struttura portante molto più complessa rispetto alle precedenti e sulla quale si distinguono diversi elementi. Il ventilatore crea il flusso di aspirazione sulla superficie di due rulli in maglia metallica che si trovano a contatto con la vegetazione e che hanno movimento rotativo, le foglie catturate dal flusso d'aria vengono accompagnate dagli organi rotanti fino alla parte posteriore della macchina dove delle barre a denti con moto alternativo eseguono il taglio delle foglie.

I telai sono generalmente scavallanti e a differenza di tutte le altre tipologie su questa categoria sono presenti dei tastatori che hanno come funzione quella di distanziare o avvicinare i tamburi alla vegetazione.

La regolazione della velocità dei cilindri in maglia metallica è correlata alla velocità di avanzamento della trattoria eguagliandola, ciò significa che se l'operazione viene svolta ad una velocità di 4 km/h la velocità periferica dei tamburi sarà anche essa di 4 km/h; la fascia di lavoro non è regolabile tramite modificazioni dell'inclinazione della macchina ma è determinata dall'altezza dell'organo rotante. (Piccarolo, 2012)



Figura 18: defogliatrice ad aspirazione a tamburi rotanti flessibili

2.5 Le palizzatrici

Questa categoria di macchine è presente solamente in aziende che prevedono forme di allevamento in parete considerata la loro funzione di inserire e innalzare i tralci procombenti nei fili superiori a quello di banchina; in forme diverse da queste come alberelli, cordoni liberi, GDC, sylvoz, casarsa si ha una gestione libera della chioma senza necessità quindi di sollevare i tralci e senza la presenza, quindi, di fili superiori a quello di banchina.

La struttura di queste macchine è scavallante e vede due coclee controrotanti o due cinghie di gomma con appendici digitate che hanno appunto la funzione di sollevare i tralci verso l'alto, successivamente si ha un filo in materiale plastico che viene svolto durante l'operazione sulla chioma ormai sollevata e che viene graffettato a intervalli regolari per mantenere in posizione eretta i tralci sollevati.

Il filo utilizzato può essere di diversi materiali: plastica, acciaio, materiali biodegradabile, carta. Le bobine presenti sulla macchina hanno un'autonomia definita dal metraggio del filo che può andare dai 3000 m agli 11 000 m, il numero di graffette inserite è determinato dalla distanza tra l'una e l'altra che viene decisa in base a foltezza della chioma e a scelte del viticoltore ma comunque di norma si inseriscono dalle 2000 alle 3000 graffette/ha.

La macchina utilizza oltre alla presa di potenza anche il sistema idraulico per movimentarsi di conseguenza la trattore abbinata dovrà avere una portata minima per il funzionamento che in queste macchine è di 30 l/min circa.

La velocità di avanzamento del cantiere è lenta e non supera mai i 3 km/h e i più moderni trovano la possibilità di abbinare cimatrici o defogliatrici per avere una multifunzionalità con risultati in riduzione dei tempi di lavorazione e numero di passaggi significativo, un esempio si ha con la palizzatrice multi-attrezzo della Pellenc (figura 19). (slide del corso di meccanizzazione viticola a.a. 2021/2022)



Figura 19: palizzatrice multi-attrezzo Pellenc

2.6 Le spollonatrici

La spollonatura è un'operazione che viene eseguita dopo la ripresa vegetativa con tralci di 15-20 cm sulle crescite di vite americana che avvengono a livello del portinnesto che se non eliminati causano un consumo di acqua non necessario alla pianta e vista la loro posizione privilegiata anche un consumo di linfa grezza non necessario che viene meno al nastro e quindi alla parte produttiva della pianta.

La corretta gestione dei polloni è quindi una fase molto importante per avere nei periodi successivi una parte aerea ben sviluppata e delle produzioni maggiori e di maggiore qualità.

La spollonatura può essere fatta manualmente ma questo richiede molto tempo ed energie degli operatori, o meccanicamente attraverso macchine che possono avere azione meccanica o chimica includendo, se si vuole, all'operazione una pulizia del sotto fila.

2.6.1 Le spollonatrici meccaniche

Le spollonatrici meccaniche sono classificate in tre tipologie: ad asse verticale, orizzontale, trasversale. Le prime sono ormai obsolete e non se ne vedono più in uso nei vitigni, le altre due al contrario sono molto usate e presentano caratteristiche costruttive ben definite.

L'azione sul pollone è la stessa nelle varie tipologie ed eseguita da dei flagelli che vanno a causare il distacco del tralcio.

Le spollonatrici ad asse orizzontale sono costituite da una struttura portante con forma a parallelogramma che ne permette lo spostamento laterale in modo da potersi avvicinare quanto necessario al tronco delle piante (se portate lateralmente), la testata spollonante è rotativa e in base al materiale dei flagelli inseritivi si hanno azioni più o meno energiche: con flagelli in nylon di 1,5-2 mm si lavora su polloni di età maggiore e più vigorosi, con flagelli di poliuretano di 3-5 mm si lavora in maniera più delicata e quindi su polloni di diametro ed età minori, ci sono casi in cui i flagelli possono raggiungere larghezze di 9 mm diventando delle fettucce che hanno azione ancora più delicata sul tronco. L'azionamento della macchina può essere sia idraulico che meccanico in base alla ditta costruttrice, nel caso di un azionamento meccanico si necessita un attacco alla presa di potenza, mentre con azionamento idraulico il funzionamento avviene tramite attacco a tre punti e allaccio idraulico al trattore che deve avere una portata idraulica minima di 30 l/min. Le spollonatrici ad asse orizzontale possono essere anche abbinate ad una trinciatrice e si possono adattare anche per una lavorazione del sotto fila orientandole più verso il terreno ed utilizzandole come fossero dei decespugliatori.



Figura 20: spollonatrice ad asse orizzontale bilaterale

Le spollonatrici ad asse trasversale hanno come peculiarità il fatto che sono tutte scavallanti, sono macchine più pesanti, e presentano degli organi di lavoro ad azione più delicata rispetto alle precedenti. Le testate spollonanti sono composte da una struttura parallela al terreno con 3 o 4 rotori in base alla dimensione della macchina, su ognuno dei rotori sono presenti delle spazzole in poliuretano che sono posizionate perpendicolarmente alle piante e controrotanti a quelle sul lato opposto: la rotazione inversa e il contatto tra gli organi delle due testate permette di eseguire una spollonatura delicata senza il rischio di creare ferite nel tronco della pianta, l'inconveniente di queste macchine è la loro non multifunzionalità e l'impossibilità di abbinarle a organi per la lavorazione del sotto fila. L'azionamento di queste macchine è idraulico.



Figura 21: spollonatrice ad asse trasversale

Le velocità di avanzamento, sia per le trasversali che per le orizzontali, sono regolate in funzione di diversi parametri come: posizione, densità di vegetazione, età dei polloni; e vanno dai 1 ai 3 km/h ne consegue che le capacità operative sono basse richiedendo quindi tempo per l'esecuzione dell'operazione. (slide del corso di meccanizzazione viticola a.a. 2021/2022) (Piccarolo, 2012)

2.6.2 Le spollonatrici chimiche

Le spollonatrici chimiche sono macchine che utilizzano dei diserbanti di sintesi per causare il disseccamento dei polloni e spesso a questo si abbina anche un diserbo sotto fila.

La loro struttura è studiata per localizzare quanto più possibile il getto di prodotto alla base delle piante evitando perdite o che venga raggiunta la parte aerea causando così gravi danni.

Vi è una struttura portante scavallante, monofilare o bifilare, portata anteriormente alla trattrice che presenta due martinetti idraulici: uno sull'asse orizzontale per spostare a destra o a sinistra l'intero telaio, uno sull'asse verticale per alzare o abbassare la macchina in modo da scegliere quale fascia del tronco colpire con il trattamento e per adattarsi a qualsiasi forma di allevamento. Da ricordare che l'operazione non è eseguibile su forme di allevamento troppo basse, ad esempio alberelli, dal momento che la larghezza della fascia diserbata non è regolabile e potrebbe andare ad agire sulla parte aerea della pianta. Posteriormente alla trattrice si trova il serbatoio che presenta al suo interno la miscela di acqua e diserbante.

Alla base della struttura scavallante vi sono gli ugelli che distribuiscono la miscela e il sistema schermante che è di fondamentale importanza per ridurre al minimo le dispersioni di prodotto dove non desiderato, i volumi distribuiti non superano i 200 l/ha.

Confrontandole con le spollonatrici meccaniche la velocità di lavoro e la capacità operativa di questa seconda tipologia sono molto maggiori: 5 km/h di velocità di avanzamento e capacità operativa di circa 1 ha/h.

Il flusso di miscela è regolato in base alla densità della vegetazione sulla quale agire e da un sistema elettronico interno alla macchina per ridurre al minimo sprechi e perdite di prodotto nell'ambiente. (slide del corso di meccanizzazione viticola a.a. 2021/2022) (Piccarolo, 2012)



Figura 22: spollonatrice chimica Tecnovit

2.7 La distribuzione dei trattamenti

Di fondamentale importanza all'interno del vigneto è il controllo dei patogeni, questo viene eseguito grazie agli atomizzatori che permettono una distribuzione del prodotto in maniera uniforme su tutta la chioma.

La scelta della macchina è fondamentale per questo aspetto: le leggi sull'utilizzo di prodotti chimici sono sempre più restrittive, i consumatori sono più informati su questo tipo di argomenti e il costo dei fitofarmaci è elevato, ciò significa che si dovranno selezionare atomizzatori con caratteristiche specifiche per ridurre quanto più possibile la deriva dei prodotti, il consumo di acqua, mantenendo la stessa efficacia sui patogeni grazie ad una copertura omogenea e senza zone con più miscela e zone con meno.

In passato si eseguivano trattamenti manuali con irroratori meccanici a spalla, considerate le dimensioni e le necessità di ricavo delle nuove aziende questo tipo di attrezzi è andato in disuso ed è proprietà solo di piccole realtà molto legate alla tradizione.

2.7.1 Gli atomizzatori

Sono macchine molto complesse che uniscono un'elevata tecnologia a una meccanica di precisione, ma in comune hanno tutti tre elementi: il ventilatore, gli ugelli di distribuzione e il serbatoio per la miscela. Il primo è fondamentale per la creazione di una corrente in pressione all'interno degli ugelli assieme alla pompa, la miscela che arriva a questi ultimi viene spinta all'interno e, dal momento che, la differenza di pressione tra l'interno della macchina e l'esterno è grandissima nell'istante in cui il liquido si trova all'esterno viene rotto in

microscopiche gocce che arrivano poi sulla chioma creando una copertura omogenea il tutto è determinato dal tipo di ugello utilizzato che regola dimensioni e distribuzione delle gocce.

Gli ugelli di distribuzione sono dunque la parte fondamentale della macchina perché la loro forma, dimensione e numero determinano quanto prodotto arriva sulla chioma, quale sarà la fascia più interessata e quanti m³/ha verranno distribuiti; se ne possono avere di forma diversa ma gli unici utilizzati in arboricoltura sono gli ugelli a cono: producono gocce medio-piccole di dimensioni comprese tra i 150 e i 250 μm, il getto ha una forma di cono che può essere pieno o vuoto in base alle caratteristiche scelte dal viticoltore, nel caso si parli di un cono pieno le gocce più fini si localizzano al centro e le più grandi ai lati, le pressioni di esercizio hanno un range dai 6 ai 20 bar in base alle quantità da distribuire e al tipo di prodotto utilizzato.



Figura 23: atomizzatore senza sistema di recupero

Gli atomizzatori classici hanno una serie di ugelli disposti a semicerchio o su una struttura triangolare (il tutto dipende dalla ditta produttrice) e il prodotto che non arriva alla chioma viene perso, negli ultimi anni si è giunti allo sviluppo di macchine “a recupero” che, appunto, vanno a riutilizzare la parte di miscela che non si ferma sulla chioma.

Gli atomizzatori con sistema di recupero sono macchine scavallanti, possono essere mono filare o bi filare, le caratteristiche costruttive di base sono le stesse di quelli descritti sopra, l’innovazione principale sta nel sistema di recupero, infatti, la distribuzione degli ugelli non è più a semicerchio bensì forma una parete alla quale è contrapposto un pannello, il quale va a riassorbire il prodotto che altrimenti verrebbe perso e potrebbe causare inquinamenti sia dell’aria che del suolo.



Figura 24: atomizzatore bifilare a recupero Bertoni

Considerate le tendenze degli ultimi anni e la ricerca di tecnologie sempre più green questo tipo di macchine ha portato ad un enorme riduzione degli sprechi di acqua e dell'effetto deriva, diminuendo al contempo il costo dei trattamenti, d'altro canto va detto che nelle marche spesso le aziende sono di ridotte dimensioni e con capezzagne o vigneti difficilmente percorribili per questo tipo di operatrici, il tutto legato ai costi di acquisto e manutenzione elevati che rendono spesso preferibili i modelli di atomizzatore più classici.

Capitolo 3

MACCHINE PER LA GESTIONE DEL TERRENO E DELL'INERBIMENTO INTERFILARE

Quando si parla di gestione del terreno e dell'interfilare all'interno di un vigneto si parla di tutte quelle operazioni volte alla riduzione dell'erosione (in zone collinari), al controllo dei patogeni, della vigoria e della sostanza organica nel terreno. Ciò implica che anche le palificazioni e gli impianti dovranno consentire un corretto passaggio dei mezzi senza però intaccare l'integrità della forma di allevamento.

Detto ciò, va considerato che il 65% circa della viticoltura italiana è situato in zone collinari o pedecollinari, di conseguenza l'erosione è uno dei fenomeni che maggiormente preme i viticoltori di queste zone. Di fatti, seppur i nuovi impianti siano studiati per massimizzare la meccanizzazione e disposti prevalentemente a rittocchino, la loro struttura rende più facile lo scorrimento dell'acqua portando a perdite di terreno fino ai 4700 g/m² ogni anno (Tropeano, 1984) causando nei casi più gravi la completa esposizione dell'apparato radicale all'aria.

La perdita di suolo causa anche una diminuzione della profondità del terreno che vede perdersi man mano lo strato ricco di sostanza organica dove avvengono tutte quelle che sono le attività microbiche di decomposizione e di conseguenza l'affioramento dello strato inerte che, al contrario, non fornisce i macroelementi essenziali alle piante.

Molti viticoltori considerano questi problemi come normali spese annuali ricorrendo a lavori di recupero del suolo perso con l'erosione, altri invece affrontano la problematica adattando quelle che sono una serie di pratiche che permettono una corretta gestione del suolo.

I terreni in pianura vedono una perdita di sostanza organica tanto quanto quelli collinari non a causa dell'erosione ma a causa di quelle che spesso sono lavorazioni troppo frequenti o aggressive che portano ad una destrutturazione del terreno e a conseguente perdita di strati fertili e sostanza organica.

Per evitare di compattare il terreno vanno scelte in maniera oculata le macchine (trattrici e macchine operatrici) considerando due fattori: peso e larghezza del pneumatico. Un peso ridotto e una larghezza maggiore permettono di avere un minor effetto di schiacciamento che potrebbe, nel lungo periodo, andare ad eliminare la macroporosità per prima e la microporosità poi dando come risultato terreni asfittici e molto compatti. Va controllato lo stato del terreno

all'ingresso in campo, fondamentale per avere un risultato perfetto senza andare ad intaccare l'integrità del suolo; e vanno evitati diserbanti totali del suolo nell'interfila che vanno ad eliminare la flora spontanea, nei vigneti fondamentale per il controllo dell'erosione e della vigoria. (F. Stagnari, 2018)

3.1 L'inerbimento

Negli ultimi anni si è giunti alla conclusione che per ridurre la lisciviazione degli elementi nutritivi e l'erosione una delle soluzioni con un'elevata percentuale di successo è quella dell'inerbimento.

Se ne possono avere diverse tipologie: un inerbimento spontaneo con essenze che crescono naturalmente e uno controllato con essenze che sono quindi selezionate e coltivate appositamente, seminate di solito con una seminatrice a spaglio.

Nel primo caso le specie vegetali che crescono all'interno del vigneto sono molteplici e saranno presenti sia graminacee che leguminose ma senza la possibilità di controllarne la percentuale di presenza, questo porta ad un enorme riduzione delle emissioni di CO₂ perché l'unica operazione necessaria sarà quella di trinciatura e pulizia sotto fila quando l'altezza delle spontanee raggiunge livelli problematici per l'ingresso in campo. Non avendo controllo sulle essenze però si rischia un'eccessiva competizione con la vite che può portare a ridotte allegagioni e, di conseguenza, produzioni minori nel caso in cui la maggioranza sia rappresentata da graminacee; se le specie preponderanti appartengono invece a leguminose si avrà un ridotto controllo dell'erosione del suolo ma al contempo maggiori quantità di azoto grazie alle loro capacità azoto fissatrici.

Con un inerbimento controllato si possono scegliere le essenze in base a fattori agroclimatici e pedoclimatici, questo permette ai viticoltori di selezionare sia la densità di semina sia la specie da coltivare.

Le Marche si trovano in una condizione dove le piogge sono di circa 700/850 mm/anno con picchi fino a 1700 mm circa nelle zone più piovose (Fonte: www.ambiente.marche.it) e queste sono distribuite in maniera ottimale durante la fase vegetativa anche se il cambiamento climatico sta modificando tali condizioni; grazie a questi quantitativi di acqua si può pensare di attuare quello che viene chiamato inerbimento permanente che può essere effettuato a file alterne o su tutte le file.

Nelle zone a piovosità medio-alta, come le nostre, si preferisce l'utilizzo di graminacee che permettono di avere una copertura annuale del terreno, cosa che le leguminose non

riuscirebbero a fornire; la presenza di file non inerbite permette di eseguire lavorazioni su quest'ultime. Come già accennato in precedenza l'inerbimento instaura una competizione idrica con la vite che, se leggera, è positiva per la qualità dell'uva prodotta ma, se eccessiva, porterà ad uno stato di stress le piante che potrebbero risentire negativamente della mancanza d'acqua, per controllare questo fenomeno si utilizza lo sfalcio periodico delle essenze e il numero degli sfalci può variare in base alla annata e al Ravaz index che permette di relazionare l'influenza competitiva delle essenze in campo grazie al peso del legno di potatura, con un peso maggiore si avrà un minore competizione e viceversa. Grazie a questa operazione anche se le specie vegetali vengono sfalciate formano uno strato pacciamante a livello del terreno che permette di ridurre l'evaporazione senza venire meno alla funzione principale riguardante il controllo dell'erosione. (F. Stagnari, 2018)



Figura 25: vigneto con inerbimento a file alterne

3.1.1 Macchine per la gestione dell'inerbimento

Le macchine per la gestione del cotico erboso nel vigneto sono diverse ma l'obiettivo principale è quello di ridurre l'altezza delle essenze e accumulare la massa vegetale trinciata al centro dell'interfilare o nel sotto fila.

Vi sono due tipologie di macchine operatrici che eseguono questo tipo di operazione:

- La falcia-andanatrice: è costituita da un carter a chiocciola che al suo interno vede inserite due lame orizzontali contrapposte che sfalciano e al contempo creano una corrente che risucchia l'erba verso l'alto per poi spingerla ad uscire all'esterno tramite due bocchette laterali, andando quindi ad accumulare la massa vegetale al di sotto delle viti;
- La trincia-andanatrice: è costituita da un carter, la quale funzione è di coprire l'organo lavorante costituito da coltelli rotanti che riescono non solo a sminuzzare

l'erba ma anche eventuali sarmenti presenti nel vigneto, questo permette di utilizzare questa macchina anche in fase di post-potatura per gestirne i residui (previo controllo della presenza di spore di funghi patogeni nel legno a terra). Il trinciato viene poi spinto dai coltelli fino a due coclee contrapposte che lo fanno fuori uscire da due bocchette laterali dalle quali arriverà, non al di sotto delle viti, ma direttamente nelle file adiacenti.

Vi è la possibilità di utilizzare una classica trinciatrice a martelli per eseguire l'operazione questo però non darà una copertura omogenea del terreno e non vi sarà la possibilità di accumulare il trinciato al di sotto delle piante contemporaneamente all'operazione di taglio.

Oltre al controllo delle infestanti dato dalla pacciamatura naturale e i benefici riguardo le riduzioni dell'erosione, si avranno anche apporti di sostanza organica al terreno che possono raggiungere, in base alle specie vegetali presenti, le 10 t/ha. (F. Stagnari, 2018)

3.2 Macchine per la gestione del suolo

La gestione del suolo è un aspetto che va considerato tanto quanto l'inerbimento, questo perché viste le condizioni dei nostri suoli dove la concentrazione di argilla raggiunge spesso alte percentuali, senza una corretta lavorazione si andrà incontro ad asfissia radicale, ristagni in pianura e compattamenti con tutte i problemi che ne conseguono.

D'altro canto, però, eccessive lavorazioni portano ad una drastica riduzione della sostanza organica e una rapida mineralizzazione degli elementi nutritivi che vanno ad influire negativamente sulla struttura stessa del terreno e sulla sua capacità di trattenere nutrienti, condizionata proprio dal contenuto humico strettamente collegato alla capacità di scambio cationico.

La soluzione va considerata in base al terreno di fronte al quale ci si va a trovare, considerando le colline marchigiane delle lavorazioni a file alterne sono necessarie per andare a creare zollosità che andranno a ridurre gli effetti dell'erosione laddove non è presente l'inerbimento, andando al contempo, a creare delle macro porosità e arieggiando quindi il terreno che, nelle stagioni piovose vede problemi di asfissia radicale, considerando anche l'apparato radicale abbastanza superficiale della vite il quale risente fortemente di queste problematiche.

3.2.1 Il ripuntatore

È composto da un telaio, dritto o a “V” al quale sono agganciate da 1 a 3 ancore, la distanza tra le ancore è rapportata in base alla profondità di lavoro e può andare da 0,6 a 2 volte la profondità. La capacità per la quale il ripuntatore ha preso piede è principalmente quella di riuscire a eseguire una discissura del terreno lasciandolo però in loco, senza ribaltare le zolle, questo permette di non far affiorare lo strato inerte che ridurrebbe la fertilità. Altro fattore positivo è la ridotta energia necessaria per eseguire la lavorazione e la possibilità di lavorare a velocità elevate di 4/6 km/h.

In vigneto le ancore che vengono utilizzate principalmente sono le laterali, questo avrà un effetto positivo sul sottofila che vedrà un arieggiamento del terreno, allo stesso tempo vengono tagliate le radici più vecchie spingendo la pianta ad emetterne di nuove e migliorando la sua capacità di assorbire la soluzione circolante.

Le ancore possono avere diverse inclinazioni in base alle necessità operative:

- Ancore dritte: hanno una buona penetrazione, non rimescolano il terreno lasciandolo quindi in loco, creano solamente una discissione utile per arieggiare, sono facilmente utilizzabili in terreni tenaci;
- Ancore ricurve: formano zollosità, sono ottime per terreni sciolti perché creano rugosità nel terreno riducendo la velocità di scorrimento dell’acqua;
- Ancore inclinate: hanno caratteristiche intermedie tra le due, ottime per situazioni di medio impasto o dove si necessitano sia le capacità delle dritte e delle ricurve.

Nella parte finale delle ancore si trovano i puntali, i quali se presentano delle alette danno la possibilità di aumentare la superficie sotterranea lavorata a discapito di un maggiore dispendio energetico da parte della trattrice.

Spesso i ripuntatori sono abbinati ad erpici o rulli lavorare e pareggiare il terreno con un unico passaggio. (Piccarolo, 2012)



Figura 26: ripuntatore per vigneto

3.2.2 I rulli

I rulli sono macchine operatrici con la funzione principale di andare a pareggiare il terreno eseguendo una leggerissima lavorazione superficiale di sminuzzamento delle zolle e di rimescolamento dei primi strati di suolo.

Se ne possono trovare di diversa tipologia in base alle esigenze, ma quelli che più interessano la viticoltura sono i rulli dentati (figura 25) e a gabbia (figura 26) che hanno un'importante azione nella creazione di disconnessioni e rugosità del terreno andando a ridurre di molto la velocità di scorrimento dell'acqua dove l'inerbimento non è presente, anche se spesso si possono trovare erpici frangizolle seguiti da rulli lisci.

Sono composti da un telaio di aggancio alla trattrice al quale è collegato il rullo che esegue la lavorazione solamente attraverso la trazione del trattore e il suo peso che ne specifica la profondità di lavoro, nel caso siano presenti denti sulla superficie. (Corso di meccanizzazione viticola a.a. 2021/2022)



Figura 27: rullo dentato



Figura 28: rullo a gabbia

3.2.3 Gli erpici frangizolle

Gli erpici sono macchine che eseguono lavorazioni di affinamento del terreno per preparare un eventuale letto di semina in previsione di un inerbimento controllato o per migliorare la struttura degli strati più superficiali, rompendo anche le zolle più grandi facilitando quindi l'ingresso della trattrice in campo.

Sono presenti diverse tipologie di erpici, in vigna, le tipologie utilizzate sono quella a dischi e quella rotante:

- Gli erpici a dischi: sono composti da un telaio di aggancio alla trattrice che porta la struttura sulla quale sono inserite le file di dischi concavi. Le file sono orizzontali

e i dischi possono avere forme e pesi diversi in base alla necessità, in vigneto si possono utilizzare dischi con profili differenti come: lobati, lisci o dentati che disgregano in maniera ottimale il terreno senza formare zollosità troppo fini, mantenendo la rugosità del terreno e dando la possibilità di eseguire la lavorazione con terreno inerbito, anche nel sottofila. L'intensità della lavorazione dipende dall'inclinazione degli organi lavoranti e dalla velocità di avanzamento del cantiere;



Figura 29: erpice a dischi con conformazione ad "X"

- Gli erpici rotanti: sono mossi dalla presa di potenza e l'organo lavorante è composto da denti posizionati perpendicolarmente rispetto al terreno e mossi da un sistema di ingranaggi che trasmettono il movimento di un albero orizzontale ad ognuno degli elementi. È presente una copertura perché durante la lavorazione vengono lanciati dei pezzi di terreno. Non è possibile lavorare con terreno inerbito e gli erpici rotanti non vanno utilizzati con terreni semi plastici per il rischio di formazione di una suola di lavorazione. La comodità di queste macchine è che si avrà uno sminuzzamento delle zolle energico e omogeneo grazie all'unione dell'effetto della trazione degli erpici e l'azione fresante dei denti rotanti, il rischio oltre alla formazione di una suola di lavorazione è quello di avere dopo la lavorazione delle zolle di dimensioni eccessivamente piccole e quindi facilmente erodibili in caso di piogge in zone collinari.



Figura 30: erpice rotante

3.2.4 *La zappatrice*

La zappatrice è una macchina operatrice utilizzata per la lavorazione principale del terreno e in alcuni casi, dove ci si sta spingendo sulla riduzione delle lavorazioni o dove si stanno completamente eliminando per l'applicazione di inerbimenti naturali a pieno campo con unica operazione sfalci periodici, sta perdendo frequenza di utilizzo.

L'organo lavorante è composto da zappette a "L" collegate ad un cilindro rotante che ne determina la rotazione e quindi l'azione sul terreno, la zappatrice è collegata alla presa di potenza e le profondità di lavoro sono di 20 cm circa. Le larghezze di lavoro sono adattabili ad ogni sesto di impianto e vanno dai 1 ai 4 m e le velocità di rotazione del cilindro sono regolabili dai 120 ai 400 giri/min, per lavorazioni più aggressive.

Si possono trovare anche zappatrici ad asse verticale dove le zappette non sono più perpendicolari rispetto al terreno ma parallele. (slide del corso di meccanizzazione viticola a.a. 2021/2022)



Figura 31: zappatrice ad asse orizzontale

3.2.5 *La vangatrice*

La vangatrice è utilizzata su sodo, quindi su terreno non lavorato e spesso inerbito, si consiglia di utilizzare con suoli non sabbiosi o che potrebbero formare polvere con la lavorazione. La macchina è formata da un telaio sul quale è montato un albero con un sistema di bielle che muovono gli organi lavoranti detti vanghette, questi grazie al movimento coordinato delle altre parte eseguono la lavorazione entrando nel terreno in maniera alternata con una frequenza di 15 cm circa, successivamente una volta strappata la zolla questa viene lanciata dalla vanghetta verso la parte posteriore della macchina dove un rastrello la rompe riducendone le dimensioni e al contempo livellando il terreno.

Successivamente al passaggio di questa macchina si necessita comunque una rifinitura perché vengono formate zolle di dimensioni medio-grandi.

Le vangatrici vengono catalogate in base al loro peso, in vigneto si utilizza la categoria leggera che non va oltre i 400 kg e in commercio se ne possono trovare di adatte ad eseguire solamente una lavorazione sottofila lasciando tal quale l'interfilare.

L'aspetto positivo di queste macchine risiede nel fatto che non creano suola di lavorazione, si lavora su sodo ed anche su terreni duri, creano un buon letto di semina, ma non è possibile utilizzarle in terreno che creano polvere. (slide del corso di meccanizzazione viticola a.a. 2021/2022)



Figura 32: vangatrice sottofilare

3.2.6 Il coltivatore

Si può considerare come una macchina multifunzione viste le sue caratteristiche costruttive che uniscono ancore, erpici e rulli. Il coltivatore è molto utilizzato nelle lavorazioni su sodo perché grazie proprio a questa complessità riesce sia a miscelare i residui colturali anche negli strati più profondi sia ad affinare e pareggiare il terreno.

È costituito da un telaio, dritto o a "V" composto di 1 o 4 traverse in base alle dimensioni della macchina, su quest'ultime sono montate le ancora che possono avere lunghezze variabili in funzione della profondità di lavoro ma comunemente questa va dai 20 ai 40 cm. Il numero di organi presenti va da un minimo di 3 a un massimo di 12, il puntale è solitamente alettato per aumentare la superficie lavorata. A seguito del telaio con le ancore può trovarsi un erpice a dischi che rompe le zolle formatesi, infine nella parte posteriore della macchina si trova un rullo, il quale, pareggia il terreno e, nel caso in cui il rullo sia a stella o a gabbia, lo affina ulteriormente.



Figura 33: coltivatore con rullo a gabbia

Il rimescolamento dato dalle ancore è diverso in funzione della loro forma: vi sono ancore dritte che tendono a non rimescolare quasi per nulla, ancore ricurve che al contrario hanno un forte effetto rimescolante ed infine sono state studiate ancore alla francese che hanno la capacità di torcersi lateralmente, questa caratteristica permette di evitare la risalita di suolo dagli strati più bassi e al contempo di decompattare fortemente il terreno.

3.2.7 Il coltello

Il coltello è un attrezzo creato specificatamente per il vigneto e la sua funzione principale è quella di distaccare e rompere il cotico erboso nel sottofila in modo da ammorbidire il terreno e migliorare la ricezione dell'acqua. Esso si può considerare un diserbo meccanico a tutti gli effetti questo perché le infestanti vengono eliminate ma allo stesso tempo si migliora anche la struttura del suolo sottostante le piante arieggiandolo e migliorandone la capacità di trattenere l'umidità.

La macchina operatrice è composta da un telaio con controllo idraulico per l'accostamento dell'organo lavorante, al quale è collegato il coltello, quest'ultimo è composto da una lama orizzontale alla quale perpendicolarmente sono collegate delle dita in metallo che rompono il suolo sollevato dalla lama e la profondità di lavoro arriva fino a circa 15 cm. Nella parte anteriore si trova un tastatore meccanico necessario ad evitare lo scontro con i ceppi, i quali potrebbero recare danni nel caso di contatto con gli organi lavoranti. Spesso si può trovare abbinato a coltivatori o erpici a disco per ridurre i passaggi in campo ed avere una lavorazione completa dell'interfilare. L'aspetto positivo nell'utilizzo di questo tipo di macchina è la non necessità di utilizzare diserbanti chimici, andando a ridurre sia l'eventuale contaminazione del terreno sia la quantità di prodotti di sintesi utilizzati in agricoltura.



Figura 34: coltello abbinato ad erpici a dischi

Capitolo 4

L'INNOVAZIONE: LA VITICOLTURA DI PRECISIONE E LE NUOVE TECNOLOGIE

Negli ultimi anni sempre più si sente parlare di viticoltura di precisione, trattatrici senza operatore, droni, robot e mappe, questo perché la tendenza sta passando da un controllo massale della gestione del vigneto ad uno studio specifico vite-vite che va ad analizzare le necessità di ciascuna con obiettivo la riduzione degli sprechi e la gestione sostenibile di una superficie a fronte dei forti cambiamenti climatici che si stanno osservando negli ultimi anni.

Il viticoltore come veniva ricordato nei tempi passati sta scomparendo, lasciando spazio ad un operatore formato anche su aspetti informatici per l'utilizzo di questi nuovi sistemi come, ad esempio, i droni che stanno vedendo ampio utilizzo sia nella costruzione di mappe sito specifiche nella distribuzione di fitofarmaci e irrigazioni.

Quali sono i vantaggi che però si hanno nell' utilizzo di queste tecniche sempre più moderne e quali gli svantaggi? Tra i vantaggi va inserita la sostenibilità nelle pratiche perché la presenza di trattatrici e macchine operatrici quasi esclusivamente elettriche riduce di molto quella che è l'emissione di CO₂, se si combinano con tecniche di gestione del terreno tramite inerbimenti naturali e lavorazioni ridotte si arriva addirittura a sottrarre anidride carbonica creando un bilancio negativo nel vigneto fino a circa -240 g di C m² che può raggiungere le 400 unità laddove non vi siano lavorazioni (Tezza, 2019) La possibilità di controllare a distanza le operazioni rende più sicuro il lavoro dell'operatore che vede ridotti i rischi potenziali della posizione all'interno della trattrice, spesso non vi è nemmeno necessità del controllo della macchina perché essa si autogestisce grazie a sistemi di mappatura della superficie che le permettono di selezionare velocità, metodi di lavoro e di evitare rischi di rottura valutando la sua posizione e l'inclinazione grazie a dei sensori. Il peso sul terreno molto ridotto, o spesso assente nel caso di droni, riduce drasticamente il rischio di compattamento del terreno; la possibilità di avvalersi dell'utilizzo di sistemi di precisione permette di adattare le quantità di fitofarmaci e concimi ad ogni vite ed ogni m² riducendo sprechi e mineralizzazione di elementi nutritivi, che con tecniche tradizionali vengono spesso distribuiti su zone di terreno le quali non ne necessitano correndo rischi di inquinamento delle falde specialmente nel caso di concimazioni azotate.

Gli svantaggi, a loro volta, sono molteplici: in primo piano il costo delle attrezzature ancora estremamente elevato per la difficoltà di reperire le tecnologie e la delicatezza delle apparecchiature; spesso i brevetti sono proprietà di grandi aziende le quali esigono assieme all'acquisto della macchina prodotti specifici da esse forniti che sono spesso più costosi e non sostituibili se si vogliono rispettare i termini per la garanzia; le apparecchiature sono spesso di difficile utilizzo e necessitano di corsi o tecnici formati per la lettura dei dati e questo va ad aumentare i costi; la manutenzione delle macchine è difficile e ci si deve affidare ancora a ditte specializzate.

In conclusione, l'utilizzo di queste tecnologie è, in larga parte, ancora legato a grandi aziende, che hanno le possibilità economiche per applicare la viticoltura di precisione sulle loro superfici, o è oggetto di "messe a punto" ed ulteriori studi da parte di enti di ricerca.

4.1 La viticoltura Rateo Variabile (VRT)

La VRT in viticoltura di precisione include tutte quelle tecniche di gestione che regolano la gestione del lavoro nel tempo e nello spazio. Grazie alle nuove capacità di comunicazione tra le macchine e le attrezzature si riescono a combinare i diversi dati provenienti da GPS, satelliti e droni per, ad esempio, adattare ad ogni zona del vigneto l'intensità della lavorazione o la quantità di fitofarmaco da distribuire.

Se si vogliono applicare queste tecniche estremamente precise si deve iniziare mappando la propria superficie, ciò può avvenire in diversi modi:

- **Satelliti:** sono una delle tecnologie meno recenti ma la loro funzionalità è ben nota da anni, hanno disponibilità d'immagine 24 ore su 24 con condizioni atmosferiche che permettano gli scatti, spesso i dati sono reperibili gratuitamente e di conseguenza alla portata di tutti, un esempio è la coppia di satelliti gemelli SENTINEL2. Lo sviluppo delle fotocamere presenti sui dispositivi è costante e si è passati dall'aver fotocamere con risoluzione a 30m solo nell'infrarosso a risoluzioni di 30 cm capaci di generare parametri multispettrali per lo studio non solo delle temperature ma anche della quantità di vegetazione e delle condizioni delle piante stesse. L'utilizzo di queste tecnologie è conveniente per grandi aree ma i problemi di risoluzione visti i costi d'impianto e l'impossibilità di scattare, spesso per colpa di coperture nuvolose le rende poco utilizzate se si vuole parlare di viticoltura di precisione; molte applicazioni si trovano invece per studi preventivi della fittezza della vegetazione che permette di avere un'idea dello stato fisiologico della pianta, questi studi vengono fatti sulla base di immagini scattate

nell'infrarosso e grazie all' indice NDVI (normalized difference vegetation index) che può essere correlato poi a quella che è la superficie fogliare totale o leaf area index;



Figura 35: satellite SENTINEL2

- Droni: il loro utilizzo è più recente rispetto ai satelliti, ma negli ultimi anni si sono viste le molteplici capacità applicative di queste macchine. La loro versatilità nell'utilizzo permette di eseguire sia scatti con fotocamere specifiche che, grazie ad attrezzature adatte, trattamenti ed eventuali concimazioni fogliari e le relative piccole dimensioni non necessitano di mezzi di trasporto speciali per eseguire spostamenti anche di lunga tratta. I droni hanno capacità di volo stazionario e vi è la possibilità di programmare dei voli con traiettorie specifiche anche se questo richiede una prima mappatura GPS della superficie e il montaggio di speciali segnali a terra che il sistema riconosce con punti di controllo per il volo. Una volta programmata la traiettoria di volo e scelti i parametri da controllare si lascia concludere il volo, che viene interrotto automaticamente dal drone nel caso di forte ventosità, alla fine si avrà un'immagine molto dettagliata del terreno con risoluzioni che arrivano anche a pochi centimetri. Le lenti che si possono montare sono molteplici e addirittura permettono lo studio di quanto sia avanzata l'infezione di un determinato patogeno e dove è più aggressivo l'attacco.

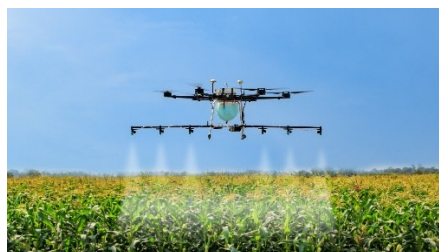


Figura 36: drone con attrezzatura per la distribuzione di prodotti antiparassitari

- **Wireless sensor network:** grazie a questo sistema non vengono monitorare le piante dall'alto, al contrario si crea una rete di comunicazione all'interno del vigneto che racconta il proprio stato in tempo reale al viticoltore. Questo avviene grazie all'impianto di diversi sensori, sia a livello del terreno che a livello delle piante, che inviano costantemente dati a una centralina di controllo che li raccoglie li elabora e li invia direttamente al dispositivo mobile dell'operatore. Ciò permette di avere tutte le informazioni necessarie in tempo reale e in qualsiasi momento con qualsiasi condizione, molto differente dalle tecnologie descritte prima che necessitavano di determinate condizioni per l'utilizzo. Sicuramente il costo di applicazione e manutenzione del wireless sensor network è maggiore rispetto a quello di un drone ma vanno considerate tutte le possibilità collegate a questo sistema.

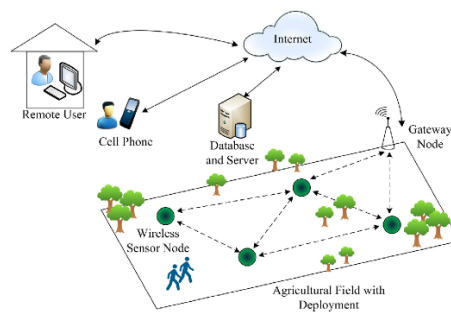


Figura 37: schema di funzionamento del wireless sensor network

Eseguite le operazioni di mappatura o, nel caso del wireless sensor network, installati i sensori di rilevamento dati, si può applicare la VRT grazie all'utilizzo di macchine operatrici che usano i dati raccolti e molteplici sensori a bordo della macchina stessa lavorare al meglio in ogni microzona del vigneto.

Le macchine operatrici utilizzate sono classiche, ciò che le rende speciali è proprio la capacità di leggere le mappe e utilizzare sensori di prossimità grazie ai quali viene regolata, ad esempio la quantità di concime distribuita.

Se questi criteri vengono applicati a tutte quelle macchine che eseguono potatura verde il concetto non sarà più solamente quello di conoscere l'altezza della vegetazione bensì se ne dovrà valutare anche lo spessore per permettere alla macchina di regolare l'intensità dell'operazione pianta per pianta. L'applicazione è possibile anche nel mondo delle seminatrici, le quali regolano profondità di semina e quantità di seme/ha distribuito in base alle caratteristiche del terreno, permettendo di avere crescite omogenee su tutta la superficie

senza sprechi di prodotto e con la sicurezza quasi totale di un attecchimento minimo anche nelle zone meno fertili.

L'utilizzo di queste tecnologie in alcuni casi è ancora a livello di prototipo e la strada da seguire per arrivare ad avere prezzi sostenibili per questi tipi di macchinari è ancora lunga, d'altro canto considerati i cambiamenti climatici e la sempre più scarsa acqua potabile l'applicazione di queste metodologie riduce gli sprechi e permette di attivarsi preventivamente contro le problematiche in modo da applicare protocolli meno invasivi e meno inquinanti mantenendo al contempo una qualità di produzione elevata (Salvatore Filippo Di Gennaro, 2016)



Figura 38: sfogliatrice TECNOVIT con sensori per la determinazione della parete vegetativa

4.2 La robotica in viticoltura: VITIBOT

Grazie alle ultime tecnologie si è arrivati ad avere la possibilità di trattrici senza operatore che riescono non solo a ridurre a zero i rischi corsi dal trattorista, ma aumentano anche notevolmente le capacità di lavoro dando comunque qualità di elevato livello nelle operazioni grazie all'utilizzo di sistemi GPS e sensori che permettono alla trattrice di comprendere l'ambiente circostante.

Un'applicazione di robotica in viticoltura è rappresentata dal sistema Bakus, prodotto dalla VITIBOT e presente presso l'azienda viti-vinicola Umani Ronchi di Ancona.

VITIBOT è un'azienda francese posta nell'area di produzione dello champagne, fondata e sviluppata da un figlio d'arte, cioè un giovane ingegnere proveniente da una famiglia di viticoltori che, come tesi di laurea in robotica, ha progettato un primo prototipo di macchina autonoma. Il perfezionamento del progetto ha portato allo sviluppo del sistema Bakus che permette di eseguire operazioni di gestione del vigneto senza il bisogno di un operatore a bordo

e con la capacità di lavorare in qualsiasi momento, sempre considerando le condizioni del terreno.

BAKUS è un telaio semovente al quale si possono collegare diverse attrezzature per la gestione del vigneto quali: erpici, vomeri, coltivatori, operatrici combinate per il diserbo meccanico, falciatrici, zappatrici e atomizzatori con pannello di recupero. La macchina ha la capacità di eseguire molteplici operazioni solamente intercambiando i moduli all'interno del telaio, riducendo i tempi di preparazione al lavoro e semplificando il parco macchine necessario.

La sua tecnologia prevede l'utilizzo al 100% di energia elettrica, è infatti mosso da 4 motori indipendenti presenti uno su ogni ruota con capacità di sterzata di 360° che si autoregolano in base alla resistenza di lavorazione e all'aderenza offerta dal terreno. La potenza complessivamente disponibile è di 40/60 kW ed il peso è inferiore rispetto a quello di una trattrice classica non superando i 2100 kg (peso a vuoto).

L'innovazione sta anche nella capacità della macchina di eseguire una manovra di svolta completa in soli 4 m e di poter lavorare con distanze interfilare fino ad 1 m, essendo scavallante. La macchina può lavorare con pendenze fino a 45°.

La durata delle batterie è di circa 10 h ciò dà la possibilità di lavorare circa 10 ha, che vanno corretti in base a pendenza tipo di lavorazione e condizioni del terreno; questo elimina tutti i problemi di autonomia che spesso sono collegati alle apparecchiature elettriche vista anche la ricarica rapida di 10 h.

La componente motrice, come anche gli attrezzi su di essa, non utilizzano sistemi idraulici, ma tutto è completamente meccanico. Ciò comporta che la rottura di un pezzo non implichi la perdita di fluidi in campo o altre problematiche legate al sistema idraulico di un modello classico, come sostituzione di parti o rabbocco dell'olio idraulico. Grazie a questa tecnologia si riducono di molto le necessità di manutenzioni straordinarie aumentando anche quella che è l'efficienza della macchina.



Figura 39: trattrice autonoma BAKUS

Il funzionamento di BAKUS prevede un iter ben specifico che ha inizio con la mappatura del vigneto eseguita tramite uno strumento di rilevazione che viene portato per l'intera superficie tra i filari e sulle capezzagne in modo da avere una scansione completa del terreno, compresi eventuali ostacoli o zone pericolose. Una volta eseguita la mappa georeferenziata, i dati vengono elaborati in Francia per produrre l'insieme di informazioni necessarie al sistema. Fatto ciò, la macchina è pronta al lavoro e, una volta montato l'attrezzo necessario alla lavorazione e dati i comandi specifici al lavoro al software si è pronti ad iniziare. Sono presenti a bordo molteplici sensori di prossimità, utili anche per rilevare la presenza di ostacoli animati, che permettono una movimentazione nella più assoluta sicurezza evitando anche rotture questo perché se vengono incontrati ostacoli non previsti, la lavorazione si ferma e viene inviato un segnale all'operatore il quale può o intervenire manualmente oppure rimuovere l'ostacolo e far ripartire il ciclo di lavoro.

A bordo sono anche posizionati due GPS di precisione per la localizzazione in tempo reale della macchina.

Gli aspetti positivi sono molteplici: sicurezza di lavoro, possibilità di lavorare in condizioni nelle quali una trattoria classica non potrebbe, ridotto compattamento del terreno, carbon footprint ridotta grazie al sistema 100% elettrico e capacità di lavoro maggiori; sicuramente il prezzo non fa parte di questa categoria che, come per tutte le nuove tecnologie, è elevato e non accessibile alle piccole realtà. (vitibot.fr)



Figura 40: dettaglio sul telaio porta attrezzi con disco per lavorazione sottofilare

CONSIDERAZIONI

L'obiettivo principale dell'elaborato è quello di descrivere come sono cambiate negli anni le tendenze nella meccanizzazione viticola, sia nelle macchine che nei metodi utilizzati.

Si può notare come l'evoluzione dei sistemi di gestione del vigneto abbiano portato costanti modifiche sia degli impianti, sia delle macchine stesse che, seppure in alcuni casi siano rimaste le medesime di tempi passati, hanno visto un adattamento a quello che è l'ambiente viticolo moderno.

In passato le lavorazioni venivano eseguite con operatrici che erano applicate anche per campo aperto non vi era dunque, per alcune categorie, una differenziazione tra seminativo e frutteto per quanto riguarda il parco macchine. Con gli anni ci si è spinti sempre più verso una specializzazione maggiore passando quindi ad avere dei sistemi di gestione studiati appositamente per il vigneto.

Le migliorie apportate nel tempo non riguardano solamente le dimensioni, ridotte per venire in contro ai sestri di impianto, ma anche nei sistemi di lavorazione delle macchine stesse con organi lavoranti che hanno un maggiore riguardo verso la pianta ma che, allo stesso tempo, hanno la capacità di operare in maniera sempre più mirata. Si prenda in esempio l'utilizzo del coltello al posto della vangatura sotto fila, l'evoluzione di questa macchina operatrice sta nell'eliminazione di organi lavoranti in movimento che rischiano di rovinare i ceppi, allo stesso tempo però le caratteristiche costruttive gli permettono di eseguire comunque una lavorazione superficiale ed un diserbo meccanico del sotto fila il tutto unito ad un peso estremamente minore che elimina le probabilità della formazione di suola di lavorazione.

Al giorno d'oggi questa continua evoluzione ci ha portato alla creazione di sistemi di gestione autonomi dove l'operatore ha una funzione di controllo passivo, un esempio si può ritrovare nella robotizzazione: le trattrici non necessitano più di un trattorista, eseguono le operazioni in autonomia e riescono ad analizzare l'ambiente esterno senza l'ausilio dell'uomo. Tutto ciò ha reso possibile lavorare in zone montuose o non agibili per sistemi classici, sia riducendo le dimensioni a droni o piccoli robot, sia eliminando i rischi che l'operatore corre guidando personalmente il mezzo.

Seppur queste tecniche permettano di avere delle modalità e capacità di lavoro migliori rispetto alle tradizionali va detto che i costi sono spesso molto elevati e non permettono di essere ammortizzati dal viticoltore nel tempo.

Se si vuole prendere come esempio il caso italiano considerando la dimensione media delle aziende viticole di circa 2 ha, la possibilità nell'utilizzo e nella diffusione di queste tecnologie è difficile per diversi motivi: come già detto i costi elevati non sono ammortizzabili, spesso queste innovazioni sono viste di cattivo occhio dai più tradizionalisti, l'utilizzo delle macchine necessita corsi di formazione o l'ausilio di operatori del settore.

Detto ciò, però vanno prese in considerazione quelle zone viticole ad alto reddito e le aziende di grandi dimensioni che hanno il capitale per acquistare le innovazioni sfruttandole al meglio, grazie a queste realtà si dà anche la possibilità a chi non ne ha di osservare all'azione questi sistemi avendo anche un feedback realistico dai produttori.

Dando uno sguardo al futuro la diffusione delle tecnologie di ultima generazione avrà sicuramente un incremento sia per le sempre più rigide leggi sulla sostenibilità ambientale e sicurezza dei cantieri, sia grazie al progresso tecnologico stesso che porterà ad una riduzione dei costi di questi sistemi creandone di più economici ma altrettanto efficaci per tutte quelle aziende che pur volendo innovare non ne hanno le possibilità.

BIBLIOGRAFIA

1. EP Barca, 2015, amsdottorato.unibo.it
2. Piccarolo P, Pellizzi G, Bodria L, 2012, *Meccanica agraria*, Edagricole
3. Pisante M, Stagnaro F, 2018, *Agricoltura blu. La via italiana dell'agricoltura conservativa*, EDAGRICOLE
4. Foppa Pedretti, Diapositive corso di meccanizzazione viticola a.a 2021/2022
5. Pijl, 2019, *Impact of mechanisation on soil loss in terraced vineyard landscapes* Cuadernos de Investigación Geográfica (unirioja.es)
6. M Vieri, 2004, *Atti Accademia dei Georgofili*, Settima serie,
7. Brancadoro, Carnevali i, 2010, *Proximal sensing per la viticoltura sito-specifica*
8. Mirás-Avalos JM, Araujo ES, 2021, *Optimization of vineyard water management: challenges, strategies, and perspectives*, *Water*, pag.
9. C Intrieri - Justin R. Morris, 2008, *Research and innovations for vineyard mechanization in Italy* *Vineyard Mechanization Symposium*
10. Dott. Edoardo dottori, *Sistemi di allevamento della vite ed inerbimenti multifunzionali per fronteggiare il cambiamento climatico*,
11. Di Gennaro, Matese, 2016, *Technology in precision viticulture: a state of the art review*,
12. L. Tezza et al., 2019, *Agriculture, ecosystem and environment*
13. I Eynard, G Dalmasso, 1990 *Viticultura moderna: manuale pratico: evoluzione della viticoltura, nozioni generali, tecnica viticola, ampelopatie e difesa del vigneto*,
14. E Borsato, M Zucchini, D'Ammaro et. al., 2020, *Utilizzo di più indicatori per confrontare le prestazioni di sostenibilità della gestione biologica rispetto a quella convenzionale dei vigneti*,
15. M Ammoniaci, SP Kartsiotis, R Perria, P Storchi, 2021, *State of the art of monitoring and data processing technologies for precision viticulture*, - *Agricoltura*,
16. C Penn, 2018, *Twelve innovations from Vinitech - Australian and New Zealand Grapegrower and winemaker*

17. M Gatti, F Manzi, C Di Dio, G Graffigna, P. Guadagna, A. Marchetti, S. Poni, 2022 Human Perceptions of Robotics in Agriculture, (cap. 5)
18. P. Amirante, 2021, Motorizzazione elettrica per un'agricoltura sostenibile nel rispetto dell'ambiente
19. M Centinari, 2008, L'inerbimento nell'ecosistema vigneto: confronto di metodologie di misura del consumo idrico del prato e risposta allo sfalcio,
20. SMC Bordoni, C Meisina, A Vercesi, 2016, Vigneti in pendenza: interfila inerbito o lavorato
21. A. Palliotti, S. Poni, O. Silvestroni, 2015, La nuova viticoltura, Edagricole
22. R. Castaldi, 2013, Vite gestione della chioma. Potatura invernale, interventi al verde e innesti, l'informatore agrario
23. Vesna Maras, 2020, Precision Viticulture Using Wireless Sensor Network
24. Rigas Giovos, Dimitrios Tassopoulos, Dionissios Kalivas, Nestor Lougkos and Anastasia Priovolou, 2021, Remote Sensing Vegetation Indices in Viticulture: A Critical Review
25. Nadir Kapetanovi'c , Jurica Gori'canec, Ivo Vatavuk, Ivan Hrabar, Dario Stuhne, Goran Vasiljevi'c, Zdenko Kova'ci'c, Nikola Miškovi'c, Nenad Antolovi'c, Marina Ani'c and Bernard Kozina, 2022, Heterogeneous Autonomous Robotic System in Viticulture and Mariculture: Vehicles Development and Systems Integration
26. Francisco Rovira-Más, Verónica Saiz-Rubio, 2021, Innovation in Agricultural Robotics for Precision Agriculture
27. Cesare Intriери, 2015, Meccanizzazione integrale in viticoltura: aspetti di base e applicazioni tecniche
28. Larissa Strub, Andreas Kurth, Simone Mueller Loose, 2021, The effects of viticultural mechanization on working time requirements and production costs
29. Barbara Gamberini, 2015, Il primo atomizzatore a rateo variabile
30. Sara Antognelli, 2018, Concimazione: cosa cambia con la precision farming?
31. Elena Donati, Giovanni Nigro, Adamo Domenico Rombolà, Alessandra Lombini 2019, L'impronta carbonica in vigneto: strategie di gestione del suolo ad alta sostenibilità
32. Giancarlo Spezia, Marco Vieri, 2005, La gestione della chioma nella moderna viticoltura
33. EGM96 NEWS, 2019, Perché è meglio usare i droni nella viticoltura di precisione?
34. Julie H. Case, 2019, New Ways Drones Are Changing Vineyard Management

SITOGRAFIA

1. https://www.unifi.it/notizie/dall_ateneo/prolusion.htm
2. <https://vitibot.fr/?lang=en>
3. Gdc vite - Bing images
4. Vit.En. (viten.net)
5. Vendemmiatrice per pergola a tendone | CRM srl (costruzionicrm.it)
6. <http://www.allvineyard.it/potatrici.html>
7. All Vineyard - Macchine agricole, attrezzature e strumenti per la meccanizzazione del vigneto
8. Andanatrice Fama RX300 in vendita - Sofim (sofimspa.it)
9. <https://www.agraria.org/macchine-agricole/imbattrice-residui-potatura.htm>
10. Cimatrice a coltelli rotanti – Dispositivo arresto motori lombardini (carblat.ru)
11. Fornitura di cimatrici e legatrici per viticoltura | Agrotecnica Isontina
12. Defogliatrici - Attrezzi olio e vino - Attrezzi giardino - defogliatrice (giardinaggio.it)
13. DFR470 | B.M.V. (bmv-italy.com)
14. Sfogliatrici per vigneti e frutteti | FA-MA Pruning System (famapruning.com)
15. DEFOGLIATRICE DOPPIA PELLENC A TAMBURI FLESSIBILI su Secondamano.it attrezzi e macchine agricole,
16. Home Pellenc - Pellenc Italia
17. Spollonatrice - diserbatrice ecologica CUCCHI macchine agricole (cucchi-ma.it)
18. Vigneto, più biodiversità tra i filari - Economia e politica - AgroNotizie (imagelinenetwork.com)
19. RIPUNTATORE RIPPER VIGNA CIANCAGLINI 5P - Di Pietro Srl - prodotti per l'agricoltura - prodotti per l'impiantistica di frutteti e vigneti
20. ERPICI frangizolle per vigneto e frutteto 4 sezioni a "X" (cormagrisrl.it)
21. ERPICE ROTANTE CLASSIC E.8 "FRANDENT" - Omag Macchine Agricole
22. Gramegna – Fabbrica Macchine Agricole
23. MULTY 1 + TCL (orizzontimacchineagricole.it)

24. Atomizzatori a recupero bertonni – Mulino elettrico per cereali professionale
(stavimoknapvh.ru)
25. <https://rautop.cl/productos/>
26. Sentinel-2: Satellite Imagery, Overview, And Characteristics (eos.com)