

I SUOLI DEI VIGNETI TRENTINI

DALLA ZONAZIONE AGLI STRUMENTI DI GESTIONE

A cura di
GIACOMO SARTORI
DUILIO PORRO

FONDAZIONE EDMUND MACH

CANTINA VITICOLTORI
CAVIT
TRENTO

I SUOLI DEI VIGNETI TRENTINI

DALLA ZONAZIONE AGLI STRUMENTI DI GESTIONE

A cura di
GIACOMO SARTORI
DUILIO PORRO

FONDAZIONE EDMUND MACH

CANTINA VITICOLTORI CAVIT TRENTO

I suoli dei vigneti trentini : dalla zonazione agli strumenti di gestione / a cura di Giacomo Sartori,
Duilio Porro. - San Michele all'Adige (TN) : Fondazione Edmund Mach ; Trento : Cavit, 2022. - 431 p. : ill., tab. ; 26 cm.
ISBN: 9788878430570
1. Suolo - Trentino - Classificazione 2.Vigneti - Gestione agronomica - Trentino - Metodi 3. Trentino - Zone viticole
4. Sistemi di supporto alle decisioni - Impiego in viticoltura I. Sartori, Giacomo II. Porro, Duilio
631.4745385

Studio svolto nell'ambito del progetto co-finanziato da Cavit e PAT-APIAE (L.P. 6/99) "Realizzazione della piattaforma Integrata cartografica agriviticola (P.I.C.A.) e studio di caratterizzazione del territorio e delle potenzialità viticole dell'area di produzione delle cantine sociali afferenti a Cavit" coordinato da Maria B. Venturelli, FEM e Andrea Faustini, Cavit (2011-2014) e successivi approfondimenti (2015-2022).

I SUOLI DEI VIGNETI TRENTINI
DALLA ZONAZIONE AGLI STRUMENTI DI GESTIONE

© 2022 Fondazione Edmund Mach, Centro Trasferimento Tecnologico,
Via E. Mach 1 - 38098 San Michele all'Adige (TN) - Cavit s.c., Via del Ponte, 31 - 38123 Trento.
È vietata la riproduzione con qualsiasi mezzo essa venga effettuata.

CURA E REVISIONE TESTI
Duilio Porro, Giacomo Sartori, Andrea Faustini, Erica Candioli

COORDINAMENTO EDITORIALE
Erica Candioli

TESTI
Daniela Bertoldi - Fondazione Edmund Mach
Francesco Bigaran - pedologo professionista, collaboratore Cavit
Costanza Calzolari - CNR-IBE, Firenze
Stefano Corradini - Fondazione Edmund Mach
Andrea Cristoforetti - Fondazione Edmund Mach
Rodolfo Minelli - pedologo professionista, collaboratore Cavit
Andrea Parisi - Cantina Vivallis, Nogaredo
Stefano Pedò - Fondazione Edmund Mach
Duilio Porro - Fondazione Edmund Mach
Giacomo Sartori - pedologo professionista, collaboratore Cavit
Fabrizio Ungaro - CNR-IBE, Firenze
Diego Trainotti - Cavit
Roberto Zorer - Fondazione Edmund Mach
Fabio Zottele - Fondazione Edmund Mach

FOTOINTERPRETAZIONE E CARTOGRAFIA PEDOPAESAGGISTICA
Rodolfo Minelli

CARTOGRAFIA DEI SUOLI
Rodolfo Minelli, Andrea Parisi, Giacomo Sartori, Francesco Bigaran

RILIEVI DI TERRENO
Andrea Parisi, Giacomo Sartori, Francesco Bigaran, Franco Turri, Alessandro Mancabelli

FOTOGRAFIE
Crediti fotografici a pagina 430

PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE GRAFICA
IDESIA - www.idesia.it

PRESENTAZIONE

Questo volume, che raccoglie il prezioso lavoro svolto da geologi, pedologi, agronomi e tecnici della filiera viti-vinicola, rappresenta una preziosa fotografia della grande risorsa terra della quale i vigneti del Trentino si avvantaggiano per estrinsecare al meglio le performance produttive e qualitative.
Per poter valorizzare in modo ottimale tale risorsa, indirizzando le produzioni verso una forte caratterizzazione e una naturale espressione del territorio, è indispensabile innanzitutto conoscerla.
Il testo raccoglie questa esigenza ed offre al lettore il risultato di un ampio e articolato studio dei suoli trentini il cui livello di dettaglio e di approfondimento fornisce una fondamentale base di conoscenza sulla quale impostare una corretta gestione agronomica.
Vengono infatti descritti i macroambienti geolitologici, le principali tipologie di suolo esistenti dal punto di vista pedologico e della natura del substrato, analizzando con precisione le proprietà agronomiche, fisiche e chimiche che caratterizzano le stesse, mettendo in evidenza gli effetti che le differenti tipologie di suolo possono determinare sulla fisiologia della pianta, in particolare in relazione agli aspetti nutrizionali e alla disponibilità idrica.
Questo testo costituisce quindi un valido strumento a disposizione di tecnici e produttori per scegliere opportunamente gli interventi da realizzare sul suolo durante le varie fasi della coltivazione e della vita del vigneto.
Operazioni più attente e consapevoli consentiranno di beneficiare appieno delle potenzialità offerte dall'ecosistema edafico al fine di ottimizzare le molteplici relazioni biologiche e fisiologiche con la pianta, condizione imprescindibile per migliorarne le prestazioni qualitative perseguendo allo stesso tempo l'obiettivo di una maggiore sostenibilità delle produzioni.

Il Dirigente del Centro Trasferimento Tecnologico
della Fondazione Edmund Mach
Claudio Ioriatti

INTRODUZIONE

Edoardo Costantini
CNR-IBE, Sesto Fiorentino
Accademia dei Georgofili, Firenze
Accademia Nazionale di Agricoltura, Bologna

Gli obiettivi di sviluppo sostenibile dell'Unione Europea posti nel Green Deal pongono il suolo e la sua salute al centro delle azioni previste dall'Unione per intraprendere una transizione verde e far diventare l'Europa il primo continente a impatto climatico zero entro il 2050. Per sostenere il Green Deal europeo la Commissione Europea ha emanato nel novembre 2021 la nuova strategia tematica sul suolo per il 2030 [COM(2021) 699 final]. La strategia pone la questione della protezione delle funzioni ecosistemiche del suolo come un obiettivo imprescindibile delle azioni da intraprendere nelle politiche di diversi settori produttivi, tra i quali quello agricolo ha un ruolo preminente.

È da tutti riconosciuto che sono gli agricoltori i primi responsabili della conservazione dei suoli e delle loro funzioni ecosistemiche. Gli agricoltori hanno dunque bisogno di un continuo aggiornamento degli strumenti conoscitivi e operativi che gli consenta una gestione dei suoli ambientalmente ed economicamente sostenibile, in una realtà sociale sempre più dinamica ed esigente. Un caso particolare è costituito dai sistemi produttivi vocati alle produzioni di qualità, come quello vitivinicolo. La cognizione che la qualità di un prodotto alimentare come il vino è strettamente legata alle caratteristiche dei suoli favorisce la consapevolezza dell'importanza della conservazione dei suoli e della loro protezione dai rischi di degrado. Ma la valorizzazione della qualità dei prodotti e la preservazione dell'ambiente non sono solo di interesse dei produttori agricoli. È significativo ricordare che agli agricoltori che riescono a proteggere e valorizzare le qualità ambientali di uno specifico territorio è generalmente tributato dai consumatori un riconoscimento che aggiunge un ulteriore valore all'immagine del prodotto venduto sul mercato (Tempesta *et al.*, 2010).

Il presente volume "I suoli dei vigneti trentini" ha come scopo principale quello di fornire ai viticoltori trentini un supporto scientifico e informatico aggiornato per la conduzione dei vigneti e per le scelte agronomiche aziendali e comprensoriali. La presente opera è volta a caratterizzare i suoli viticoli del Trentino, al fine non solo di ottimizzare la loro gestione colturale, in primis la disponibilità di acqua ed elementi nutritivi, ma anche per correlare i risultati viticoli ottenuti nelle diverse aree, per orientare le scelte durante i reimpianti delle varietà e dei portainnesti, in funzione delle potenzialità dei suoli presenti.

Oltre a favorire la pratica e la sostenibilità dell'attività agricola, questo studio di zonazione viticola su base pedologica pone le basi per valorizzare la qualità dei vini prodotti, cioè per evidenziare l'effetto

del “terroir”. Il “terroir” può essere definito come un territorio le cui caratteristiche naturali, vale a dire suolo, sottosuolo, rilievo e clima, formano un assemblaggio unico di fattori che conferiscono al prodotto agricolo, attraverso le piante o gli animali, caratteristiche specifiche e di alta qualità organolettica. L’uomo ha orientato le tecnologie di allevamento e trasformazione dei prodotti agricoli alle particolari condizioni ambientali naturali, per esaltare la qualità del cibo e conferirgli particolarità ed esclusività (Costantini e Bucelli, 2008). Il suolo è una componente fondamentale del terroir, soprattutto alle scale di maggior dettaglio (Priori *et al*., 2019). Le caratteristiche del suolo determinano la fenologia della cultivar in interazione con l’andamento climatico e la gestione agronomica. Ogni varietà ha delle caratteristiche genetiche che influenzano il suo comportamento vegetativo, produttivo e qualitativo, in modo più o meno stabile nei vari ambienti. Molti parametri sono determinati dalla natura del genoma, in particolare la durata delle fasi fenologiche o le caratteristiche di base del grappolo e del mosto (composizione fenolica e ricchezza aromatica, rapporti zuccheri/acidi). Tuttavia, molte varietà hanno reattività e stabilità diversa in funzione del luogo di coltivazione. Infatti, i vitigni possono realizzare il loro potenziale solo se collocati in zone adatte, o viceversa un ambiente può distinguersi e guadagnare fama solo attraverso una adeguata scelta dei vitigni (Costantini, 2015).

Il rapporto tra territorio e viticoltura può essere mappato a scale diverse, con un minore o maggiore grado di generalizzazione (Vaudour *et al.*, 2015). Ad esempio, nell’Atlante dei territori del vino italiano (Pollini *et al*., 2013) sono stati raggruppati i territori vitivinicoli italiani protetti dalle Denominazioni di Origine di dimensione sub-regionale, secondo un criterio di prossimità e affinità geologica, morfologica, pedologica e climatica. Questo approccio ha consentito di individuare delle “macroaree”, le quali rappresentano una prima unità di lettura del territorio vitivinicolo italiano. Le macroaree presentano un certo livello di omogeneità rispetto a quegli elementi fisici del territorio in grado di caratterizzare la produzione vitivinicola. È stato infatti dimostrato che i caratteri invarianti del territorio determinano molta parte della variabilità dei caratteri dinamici, anche quando soggetti alla gestione viticola (Salome *et al.*, 2014).

Anche l’approccio metodologico realizzato ne “I suoli dei vigneti trentini” segue quello della aggregazione dei suoli in Gruppi funzionali creati a partire da macroambienti geolitologici, omogenei per natura del materiale parentale da cui hanno preso origine i caratteri chimici e fisici dei suoli trentini. La scelta di privilegiare l’informazione geolitologica come primo fattore di raggruppamento dei suoli è giustificata dal fatto che negli ambienti morfologici ad alta energia del rilievo, come quelli alpini, dominano i suoli a pedogenesi iniziale ed intermedia, che conservano molti caratteri del sedimento o della roccia di origine (Sartori e Mancabelli, 2009). La geologia di una regione inoltre è essa stessa considerata una componente importante del terroir (Maltman, 2008). La geologia influenza la forma del paesag-

gio, conferendo morfologia, spazi e articolazioni che caratterizzano un distretto di produzione. La geologia influenza anche il clima del vigneto, attraverso l'altitudine, l'esposizione del pendio, la vicinanza a corpi idrici, l'esposizione ai venti dominanti. La natura della roccia e dei sedimenti determina la composizione fisica e chimica del suolo, governa il drenaggio profondo, quindi la qualità delle acque sotterranee e delle acque di irrigazione. Infine, una caratteristica rilevante della roccia è il suo grado di resistenza alla penetrazione radicale. Questa proprietà deriva dal tipo di roccia, in particolare, dalla presenza di piani di rottura, dalla loro distanza e orientamento.
Il raggruppamento dei pedopaesaggi del Trentino in Gruppi funzionali realizzato in questo lavoro è stato quindi realizzato a partire dalla natura geolitologica del substrato, ma tenendo anche in conto i caratteri pedologici che maggiormente influiscono la nutrizione idrica e minerale della vite e la disponibilità di ossigeno a livello radicale, in particolare, la profondità utile dei suoli, la loro tessitura e il grado di idromorfia. È importante sottolineare che queste proprietà dei suoli possono differire notevolmente, anche nell'ambito della stessa formazione geologica, e che è solo attraverso il rilevamento pedologico dell'intero profilo di suolo che possono essere apprezzate. È quindi il raggruppamento di suoli simili in ambienti simili ad essere funzionale alla gestione vitivinicola e non la mera suddivisione geolitologica.
Come viene riportato nei capitoli relativi alle proprietà agronomiche dei suoli, i Gruppi funzionali consentono di individuare ambienti con diverse caratteristiche nutrizionali, utili ad indirizzare le scelte di concimazione. Lo stesso approccio metodologico che riunisce i suoli in Gruppi funzionali è stato inoltre utilizzato per l'applicazione di sistemi di supporto alle decisioni per l'irrigazione di soccorso.
Il lavoro di zonazione è corredato da un sistema informativo geografico che consente la visualizzazione delle informazioni pedologiche a diverso grado di dettaglio, utile per le scelte agronomiche a scala aziendale e comprensoriale. In prospettiva, tale sistema potrà essere aggiornato ed implementato con ulteriori valutazioni, in particolare quelle relative ad altri servizi ecosistemici forniti dai suoli dei vigneti, oltre alla produzione. Come previsto dalla strategia europea, i suoli viticoli trentini potranno essere qualificati per la loro capacità di regolazione delle emissioni di gas serra, di sequestrare carbonio, regolare le quantità e qualità dei flussi idrici e di sedimenti, depurare e immobilizzare inquinanti, mantenere la biodiversità e la ricchezza della flora impollinatrice.

SOMMARIO

1 METODI 13

Cartografia dei suoli 14

Raccolta e armonizzazione dei dati pregressi 15

Elaborazione delle nuove carte pedologiche 16

Carte dei pedopaesaggi 17

Rilievi di campagna 18

Rilevamenti di maggior dettaglio e controllo delle cartografie esistenti 19

Unità tipologiche di suolo 21

Banca dati 22

Elaborazioni statistiche e geostatistiche 22

Densità apparente e analisi idrologiche 22

Visualizzazione della carta pedologica 24

Analisi di laboratorio 26

Analisi del suolo 26

Analisi fogliari 27

Orografia e bioclima 29

Localizzazione delle aree viticole e descrizione orografica 29

Dati climatici 32

Indici bioclimatici di interesse viticolo 33

Bilancio idrico 34

Prove di concimazione organica 38

Parametri chimici degli ammendanti utilizzati nelle prove 38

I vigneti oggetto della prova 39

I rilievi effettuati 39

2 I PAESAGGI 43

Inquadramento geologico e geomorfologico 44

I depositi sciolti 47

Pedopaesaggi 48

Rocce competenti (SP 1) e poco competenti (SP 2) 49

Depositi di frana, detritici e colluviali (SP 3) 53

Depositi di conoidi alluvionali, di deiezione e di *debris flow* (SP 7) 56

Depositi alluvionali (SP 10) 60

Depositi glaciali di alloggiamento e di fusione (SP 4), di contatto glaciale (SP 5) e depositi fluvioglaciali (SP 8) 65

Unità cartografiche della carta dei suoli 72

3 I SUOLI 75
I suoli delle aree viticole trentine 76
Effetti degli interventi antropici 76
Suoli più diffusi 79
Cambisuoli 81
Regosuoli 84
Luvisuoli 86
I suoli della Piana Rotaliana 88
I suoli del Marzemino Superiore di Isera 89

4 GRUPPI DI SUOLI 91
Tipologie di suolo 92
Suoli dei vigneti e interventi di bonifica agraria 93
Gruppi di substrato 95
Sottogruppi 101
Sottogruppi di profondità utile del suolo 101
Sottogruppi di tessitura 104
Sottogruppi di idromorfia 105
Gruppi funzionali 108

5 PROPRIETÀ AGRONOMICHE DEI SUOLI 113
Fertilità dei suoli dei vigneti 114
La profondità degli apparati radicali 114
Le analisi dei suoli e la loro interpretazione 115
Proprietà fisiche 116
Tessitura 118
Scheletro 122
Densità apparente 127
Acqua disponibile (AWC) 128
Proprietà chimiche 133
Carbonati (calcare totale) 136
Calcare attivo 139
Reazione (pH) 140
Carbonio organico e sostanza organica 142
Capacità di scambio cationico 147
Calcio scambiabile 149
Potassio scambiabile 150
Magnesio scambiabile 154
Rapporto magnesio/potassio 158
Fosforo assimilabile 159

Boro solubile 161
Potenziale di vigore 163

6 NUTRIZIONE DELLA PIANTA E SUOLI 165
Stato nutrizionale della pianta 166
Distribuzione dei campioni fogliari 167
Elaborazione dei dati e differenze nutrizionali 170
Trend stagionali e *range* di riferimento 170
Variabilità annuale 176
Effetti varietali 178
Quota altimetrica 180
Relazioni con i Gruppi e Sottogruppi di suoli 182
Tessitura o Sottogruppi di tessitura 182
Sottogruppi di idromorfia 183
Sottogruppi di profondità utile del suolo 184
Gruppi di substrato 185
Relazioni con i Gruppi funzionali di suoli 189
Gruppi funzionali per i caratteri chimici, fisici e tessiturali dei suoli 189
Gruppi funzionali per l'acqua disponibile (AWC_{PU}) 190
Considerazioni agronomiche generali 192
Consigli di concimazione 202
Macroelementi 203
Microelementi 207
Effetto di ammendanti e delle concimazioni organiche 208
Caratterizzazione dei suoli 208
Effetto sulle proprietà chimiche dei suoli 211
Effetto sulla Biodiversità (Qualità Biologica dei Suoli) 211
Effetto sui parametri vegetativi e nutrizionali 213
Effetto sui parametri produttivi e qualitativi 216
Conclusioni e prospettive future 218
Rapporti con le altre pratiche agronomiche 220

7 CLIMATOLOGIA E IRRIGAZIONE 225
Climatologia del Trentino 226
Distribuzione della superficie vitata in relazione a indici bioclimatici e suoli 229
L'irrigazione della vite in Trentino 232
Sistemi di supporto all'irrigazione 233
Irrigazione e raggruppamenti di suolo 234
Suolo del Gruppo funzionale sintetico Sottili con AWC bassa - ID 1 239
Suolo del Gruppo funzionale sintetico GL
con profondità utile moderatamente alta e AWC media - ID 2 240
Suolo del Gruppo funzionale sintetico GL
con profondità utile elevata e AWC media - ID 3 241
Suolo del Gruppo funzionale sintetico CO
con profondità utile elevata e AWC alta - ID 4 243
Suolo del Gruppo funzionale sintetico AL
con profondità utile moderatamente alta e AWC media - ID 5 244
Ottimale gestione dell'irrigazione 245

BIBLIOGRAFIA 249

Allegato I. Catalogo delle Unità tipologiche di suolo 257
Allegato II. Classi delle proprietà del suolo 411
Allegato III. Classi dei parametri della fertilità chimica 414

Glossario 417

Crediti fotografici 430
Ringraziamenti 431





1

METODI

CARTOGRAFIA DEI SUOLI

L'indagine sui suoli è stata svolta nell'ambito del progetto PICA (Piattaforma Integrata Cartografica Agri-vitivinicola), promosso da Cavit in collaborazione con FEM, MPA Solutions e CNR-IBE (Centro Nazionale delle Ricerche - Istituto per la BioEconomia) di Firenze, e che tra gli altri intenti mirava ad aumentare le conoscenze del territorio viticolo trentino. Essa è stata eseguita seguendo le metodologie nazionali e internazionali più recenti (Costantini, 2007; Priori *et al.*, 2019), e copre, seppure con diverse intensità di rilevamento, l'insieme della zona della provincia di Trento dove sono presenti vigneti afferenti alle cantine del consorzio vitivinicolo. Le informazioni acquisite sono state fatte convergere nell'articolato sistema informatizzato previsto dal progetto, costituito da banche dati relazionali con estensione geografica e software di gestione specialistici. La finalità era quindi quella di dare il massimo supporto a bisogni molto diversi, dalla scala provinciale a quella aziendale.

Quando si è cominciato il lavoro sui suoli (2011) erano disponibili alcuni studi pedologici pregressi effettuati in varie epoche, relativi quasi esclusivamente alla Valle dell'Adige, riguardanti vaste aree (zonazioni viticole), aree ridotte, o anche rilievi puntuali. Con l'obiettivo di contenere i costi, si è deciso di valorizzare al massimo tali dati già disponibili. Lo studio ha comportato quindi due attività:

- raccolta, controllo/validazione, armonizzazione e digitalizzazione dei dati e delle carte già esistenti (in primo luogo quelli delle zonazioni), senza effettuare nuovi rilievi nelle aree già cartografate;
- caratterizzazione pedologica delle zone non coperte per elaborare una carta pedologica di semidettaglio (scala di rilevamento compresa tra 1:30.000 e 1:50.000, a seconda delle aree).

La finalità era quella di ottenere un'unica banca dati e un'unica carta pedologica, uniforme per criteri e nomenclatura, visualizzabile a video a scala 1:25.000 o più dettagliata, e che permettesse di attribuire a ogni unità vitata informazioni precise riguardanti i suoli. La distribuzione a mosaico dei vigneti afferenti alle 11 cantine sociali del consorzio, e le esigenze del lavoro di foto-interpretazione e di cartografia delle nuove aree (non confinabili a singole zone separate), hanno fatto sì che di fatto fosse necessario cartografare e indagare la maggior parte del territorio vitato trentino.

La banca dati e la carta dei suoli sono state concepite come strumento dinamico, da arricchire e affinare via via che fossero realizzate analisi routinarie di superficie, e altri studi o indagini. Già nel corso del progetto, e seguendo lo spirito dello stesso, due cantine associate a Cavit hanno voluto approfondire lo studio nella zona di propria pertinenza. E nella fase conclusiva, si è deciso di eseguire dei rilievi di controllo anche nelle vaste aree delle zonazioni esistenti, per arricchire i dati disponibili e/o per colmare le lacune di vario tipo che erano emerse.

Come risultato dell'impostazione composita descritta, le informazioni raccolte risultano essere in parte disomogenee per le diverse

sottozone. Se le tipologie di suoli, e in particolare quelle che coprono notevoli estensioni, e i loro rispettivi caratteri fisico-chimici, sono definite con la massima precisione[1], varia l'accuratezza della cartografia. Sono diversi in particolare il dettaglio di rilevamento, i criteri per il disegno delle delineazioni[2], che ne condizionano la precisione, la quantità e la qualità delle analisi di laboratorio, l'epoca di esecuzione, e l'affidabilità generale della carta. In alcune aree le informazioni, a scala di dettaglio e recenti, sono ottimali per gli utilizzi viticoli, in altre, sono da considerarsi una buona base che andrà migliorata. Questo nella fattispecie dove non erano presenti vigneti afferenti al consorzio, o erano assai scarsi (in particolare la Valsugana).

Raccolta e armonizzazione dei dati pregressi

Nel momento in cui è iniziato il lavoro, erano disponibili le carte pedologiche alla scala di semidettaglio delle zonazioni viticole di quattro vaste zone della Valle dell'Adige, effettuate in epoche diverse e con metodi diversi:

- carta pedologica della zonazione della Cantina di Lavis (scala 1:20.000)[3];
- carta pedologica della zonazione della Cantina SAV (scala 1:20.000)[4];
- carta pedologica della zonazione della Cantina di Mori Colli Zugna (scala 1:10.000)[5];
- carta pedologica dell'area trentina della zonazione dell'area della Terra dei Forti (scala 1:25.000)[6].

I primi due di questi lavori, entrambi basati su una intensità di rilievi molto elevata, soprattutto per quanto riguarda le trivellate (scala di rilevamento 1:10.000), erano disponibili solo in forma cartacea, e quindi sia le carte che tutti i dati (descrizioni di campagna delle osservazioni, loro localizzazioni, relativi dati analitici) dovevano essere armonizzate (in particolare quando le classi utilizzate per i vari parametri erano diversi), e immessi manualmente nella banca dati. I dati analitici erano spesso incompleti.

Per quanto riguarda la zonazione della Cantina di Mori Colli Zugna, la carta dei suoli, rappresentata a una scala di 1:10.000 (immagine pdf), pur avendo una scala di rilevamento stimabile a circa 1:20.000. La carta e tutti i dati erano disponibili già in forma elettronica, utilizzando però una banca dati in parte diversa da quella adottata

(1) Questo è un aspetto molto importante dal punto di vista viticolo perché le stesse tipologie sono spesso presenti in zone diverse. Sapere che il suolo è lo stesso (o molto simile, si vedano i Gruppi di suoli nel Capitolo 4) permette per esempio di isolare le influenze climatiche, e/o di estrapolare i risultati di prove e sperimentazioni.

(2) Nelle zone cartografate in precedenza, in quelle studiate durante il progetto, i criteri su base geomorfologica sono identici.

(3) Falcetti *et al.*, 1998 e 2007.

(4) Porro *et al.*, 2002.

(5) Cantina Mori Colli Zugna, 2005.

(6) AA. VV., 2010.

RILEVAMENTO (ANNO)	STUDIO	SCALA DELLA CARTA DEI SUOLI (FORMATO)	SCALA DI RILEVAMENTO (STIMA)	SIGLA NEL DATABASE	NUMERO DI PROFILI
Cantina di Lavis (Valle dell'Adige e Val di Cembra) (1993-1994)	Zonazione Cantina di Lavis	1:20.000 (cartaceo)	1:10.000	LAV	74
Cantina SAV (1994)	Zonazione Cantina SAV	1:20.000 (cartaceo)	1:10.000	SAV	79
Zona di Isera (2007)	Tesi magistrale Parisi	1:5.000 (cartaceo)	1:5.000	ISE	16
Cantina Mori Colli Zugna (2003-2004)	Zonazione Cantina Mori Colli Zugna	1:10.000 (elettronico)	1:20.000	MOR	104
Santa Margherita di Ala (1993)	Studio FEM	1:5.000 (cartaceo)	1:5.000	SMA	22
Terra dei Forti (2005-2006)	Zonazione Terra dei Forti	1:25.000 (elettronico)	1:30.000	VR08	11

Tabella 1
Elenco dei rilevamenti pregressi, con relative date di esecuzione, scale di rilevamento e delle carte dei suoli, e numero di profili studiati

per il progetto. Una parte dei dati si sono quindi potuti importare in modo automatico, per un'altra è stata necessaria una armonizzazione preventiva, e una immissione manuale.
I dati della zonazione Terra dei Forti, effettuata da ARPA Veneto, anch'essa con una scala di rilevamento inferiore (circa 1:40.000) a quella della carta (1:25.000), erano invece già inseriti nella stessa banca dati utilizzata.
Accanto a questi vasti rilevamenti erano disponibili uno studio dei suoli della zona di Isera[7], una indagine a scala di grande dettaglio effettuato dall'Istituto Agrario di San Michele all'Adige nella zona di Santa Margherita di Ala (circa 300 ha)[8], e qualche rilievo puntuale legato a lavori di minore entità, in particolare in Valsugana.
Nella tabella 1 è riportato l'elenco dei principali lavori pregressi, importati nella banca dati, gli anni in cui sono stati eseguiti i relativi rilevamenti, la sigla che è stata attribuita a ognuno di essi (il che permette di conoscere, nella consultazione, la provenienza di ogni singolo dato), la scala della carta dei suoli, e quella effettiva del rilevamento.

Elaborazione delle nuove carte pedologiche

Come precedentemente descritto, il progetto iniziale prevedeva di importare le cartografie pedologiche già esistenti tal quali, e di coprire le restanti zone con una nuova cartografia di semidettaglio. Si

(7) Parisi, 2008.

(8) Corradini *et al.*, 1997.

RILEVAMENTO (ANNO)	SCALA DI RILEVAMENTO	SCALA DELLA CARTA DEI SUOLI	SIGLA NEL DATABASE	NUMERO DI PROFILI
Valle dell'Adige [zone scoperte] (2011)	1:25.000	1:25.000	ADI	77
Valle dei Laghi (2012)	1:40.000 ÷ 1:50.000	1:25.000	LAG	94
Valsugana [zone con vigneti] (2013)	1:30.000 ÷ 1:100.000	1:25.000	VAL	36

Tabella 2
Elenco dei nuovi rilevamenti, con relative date di esecuzione, scale di rilevamento e delle carte dei suoli, e formato

è quindi proceduto a pianificare, per queste ultime, il lavoro preliminare (e in particolare le carte dei pedopaesaggi), i rilievi in campo, e le elaborazioni dei dati di campagna e analitici. Ottimizzando le risorse disponibili, la scala di rilevamento adottata era diversa per le tre macrozone (Tab. 2): Valle dell'Adige (1:25.000), Valle dei Laghi (1:40.000 - 1:50.000), e Valsugana (1:30.000 - 1:70.000).
Le varie fasi di lavoro mediante le quali si è arrivati all'elaborazione dei prodotti cartografici finali e della banca dati sono le seguenti:

- studio preliminare delle aree scoperte, con reperimento di cartografie e studi geologici e geomorfologici;
- fotointerpretazione delle aree delle Valle dell'Adige, della Valle dei Laghi e della Valsugana, e realizzazione di tre carte dei pedopaesaggi in scala 1:10.000 - 1:15.000;
- campagna di rilievi (trivellate e profili pedologici) per la caratterizzazione dei suoli;
- analisi chimiche e fisiche routinarie di laboratorio;
- analisi idrologiche di laboratorio;
- elaborazione delle carte dei suoli, con relativa legenda, e definizione delle Unità tipologiche di suolo;
- digitalizzazione dei dati, e costituzione della banca dati dei suoli.

Carte dei pedopaesaggi

Per la realizzazione delle cartografie a scala di semidettaglio delle zone non coperte dai lavori pregressi, si sono utilizzate le carte dei pedopaesaggi messe a punto mediante fotointerpretazione. Per quest'ultima si sono impiegate le fotografie aeree a colori a scala media 1:33.000, volo del 2004 della ditta C.G.R. S.p.A. di Parma. L'analisi delle fotografie aeree tramite stereoscopio consente una visione tridimensionale del territorio, e quindi la delimitazione dei vari elementi morfologici che lo compongono, alla luce di una percezione d'insieme del paesaggio.
Per la cartografia dei pedopaesaggi si sono utilizzate anche:

- delle elaborazioni in forma di isoipse ottenute dal DTM fornito dal Sistema Informativo Ambiente e Territorio della Provincia Au-

tonoma di Trento (PAT-SIAT)[9] a diversa risoluzione: 33 centimetri per le zone di pianura, 2 metri per le zone di collina e montagna;
- le carte geologiche del Servizio Geologico Italiano, implementate nel corso del lavoro da quelle a maggior dettaglio derivanti dal progetto CARG, e nella fase finale (dal 2018) dalla carta geologica della Provincia Autonoma di Trento realizzata dal Servizio Geologico della stessa[10];
- la cartografia pedologica preesistente.

Utilizzando tali strumenti si sono individuate aree omogenee per quanto riguarda i materiali parentali, la morfologia, l'uso del suolo e le dinamiche evolutive in atto, presumibilmente caratterizzate da una relativa omogeneità anche per quanto riguarda i suoli, definite Unità di paesaggio (126 per la Valle dell'Adige, 122 per la Valle dei Laghi, e 119 per la Valsugana)[11], riunite in 8 Sovraunità di paesaggio (Capitolo 2). Esse sono state riportate sulla base topografica costituita dalla carta tecnica della Provincia Autonoma di Trento in scala 1:10.000.

Per quanto riguarda il fondovalle della Valle dell'Adige esso risultava coperto parzialmente dalle carte esistenti delle Cantine di Lavis e Vivallis. Nel corso del lavoro si è deciso di ricartografare ex-novo anche le aree comprese nelle zonazioni, in modo che la nuova carta della piana alluvionale si basasse su criteri morfologici omogenei e avesse una analoga affidabilità.

Sulla base delle carte dei pedopaesaggi, che erano molto dettagliate e precise (scala stimabile del dettaglio delle delineazioni di 1:15.000 - 1:10.000), delle varie sottozone, è stato pianificato e realizzato il rilevamento pedologico di semidettaglio.

Rilievi di campagna

I rilievi di campagna hanno permesso di verificare l'omogeneità delle coperture dei suoli nelle delineazioni (unità di paesaggio) delle carte dei pedopaesaggi, determinando i caratteri degli stessi, e raccogliendo i campioni per le analisi di laboratorio. Oltre alle osservazioni della superficie, sono stati effettuati rilievi speditivi, vale a dire trivellate con trivella manuale di tipo olandese da 120 cm, e rilievi completi, vale a dire profili pedologici[12].

Si sottolinea che una grande parte dei suoli dei vigneti trentini sono scheletrici, in quanto presentano al loro interno frammenti più o meno grossolani e più o meno abbondanti di roccia. È il caso in particolare dei suoli di conoide, in genere molto scheletrici, e di quelli

(9) http://www.territorio.provincia.tn.it

(10) Consultabile e scaricabile sul geoportale provinciale: http://www.protezionecivile.tn.it/territorio/Cartografia/CartografiageologicaPAT.

(11) Esempio di unità di paesaggio (UP) per la Valle dell'Adige - UP 10: porzioni distali di conoidi, a pendenza bassa, raccordate con la superficie del terrazzo principale, a depositi prevalentemente sabbioso-limosi.

(12) Le trivellate sono state effettuate secondo una maglia che rispondeva solo alle esigenze della cartografia, mentre quasi tutti i profili pedologici sono stati scavati in vigneti afferenti alle cantine di Cavit.

dei materiali glaciali, che costituiscono la maggior parte delle aree vitate di collina. Su queste superfici i problemi di penetrazione della trivella manuale fanno sì che le informazioni ottenibili con questo strumento siano limitate. Non è possibile, in particolare, determinare la profondità del suolo, che è un carattere fondamentale. L'unica soluzione per queste zone era quella di tenere più alto possibile il numero di profili pedologici.
I profili sono stati scavati nell'interfilare (in genere al centro), e arrivando fino alla base del suolo (da 40 a 200 cm). Si sottolinea che il posizionamento al centro del filare, utile per avere dati confrontabili (evitando al tempo stesso il compattamento ai lati dovuto al passaggio dei mezzi), potrebbe per certi aspetti non rappresentare in maniera ottimale la situazione sul filare, dove in particolare il contenuto in sostanza organica è in genere minore (a causa delle lavorazioni e/o dei diserbi).
Tutte le osservazioni, speditive (trivellate) e approfondite (profili), sono state georeferenziate mediante impiego di GPS. Esse sono state descritte utilizzando l'apposito *Manuale per la descrizione del suolo* della Regione Veneto (ARPA Veneto, 2011) e le relative schede codificate, predisposte per l'informatizzazione. Di ogni orizzonte di ciascun profilo pedologico è stato raccolto un campione per le analisi chimico-fisiche (da uno a cinque campioni per profilo, a seconda del numero di orizzonti). Quando possibile (terreni privi o con poco scheletro) sugli orizzonti di superficie e sottosuperficiali sono stati prelevati i campioni per la determinazione della densità apparente, utilizzando gli appositi cilindretti di acciaio.
Complessivamente sono state effettuate 1.577 trivellate con trivella manuale, e sono stati scavati e studiati 364 profili pedologici, raccogliendo 1.110 campioni di suolo.

Rilevamenti di maggior dettaglio e controllo delle cartografie esistenti

Nel corso del progetto, e seguendo lo spirito dello stesso, la Cantina Le Meridiane di Trento ha voluto approfondire lo studio nella zona di propria pertinenza. A causa delle numerose litologie[13] e forme presenti, esso presenta infatti una variabilità di coperture edafiche molto elevata, con un fitto mosaico, nella maggior parte dell'area, di suoli differenti.
Nel triennio 2012-2014 tutta la collina di Trento, a nord del capoluogo, (Martignano - Villamontagna), a est (Povo - Villazzano), a ovest (Sardagna), e a sud (Novaline - Val Sorda - Vigolo Vattaro, Sardagna), così come la conca di Civezzano, sono state quindi studiate più in dettaglio (Tab. 3). Come base si è mantenuta la stessa carta dei pedopaesaggi, che si era rivelata essere uno strumento

(13) Sono presenti infatti calcari marnosi, basalti (di tipo diverso) e tufi, filladi, porfidi, siltiti, depositi dolomitici, materiali glaciali misti, o prevalentemente calcarei, o prevalentemente porfirici.

RILEVAMENTO (ANNO)	SCALA DI RILEVAMENTO	SCALA DELLA CARTA DEI SUOLI	SIGLA NEL DATABASE	NUMERO DI PROFILI
Approfondimento Cantina sociale di Trento Le Meridiane (2012-2014)	1:10.000	1:10.000	TRE	66
Verifiche collina Cantina Mori Colli Zugna (2015)	-	-	TRE	(solo trivellate)
Approfondimento Cantina Agraria di Riva (2016-2017)	1:15.000	1:10.000	RIV	46
Cartografia collina Cantine Vivallis[14] e Isera (2017)	1:20.000	1:20.000	ADI	33
Verifiche in alcune zone Val di Cembra (2018)	-	-	LAV	12

Tabella 3
Elenco dei rilevamenti di maggior dettaglio, e dei controlli, con relative date di esecuzione, scale di rilevamento e delle carte dei suoli

sufficiente, aumentando però notevolmente la densità dei rilievi[15] e delle analisi.

La carta pedologica di tali zone che ne è risultata ha una scala di rilevamento di circa 1:10.000, o poco meno, escludendo la conca di Civezzano (dove è circa 1:20.000). Essa può essere considerata un esempio di una cartografia dei suoli adeguata alle esigenze gestionali di superfici viticole molto vocate frastagliate e pedologicamente eterogenee.

Nel biennio 2016-2017 anche la cantina Agraria di Riva del Garda ha finanziato un infittimento dell'area con propri vigneti. Tale indagine ha permesso di effettuare rilievi e analisi aggiuntive nelle zone dove si disponeva di un numero limitato di dati, e di meglio definire le tipologie di suolo, pur mantenendo sostanzialmente le delineazioni della carta già elaborata.

Tra il 2015 e il 2018 sono stati eseguiti dei rilievi di controllo nelle seguenti aree cartografate nell'ambito delle zonazioni: collina di Mori, Val di Cembra e collina tra Isera e Savignano. In quest'ultimo caso si è proceduto a ricartografare ex-novo la zona, mentre nelle due precedenti si sono mantenute le delineazioni originarie, seppure non pienamente rispondenti con gli standard del progetto.

(14) Ex SAV.

(15) Complessivamente sono state effettuate 350 trivellate aggiuntive con trivella manuale 120 cm, e sono stati scavati e campionati 68 profili pedologici.

Unità tipologiche di suolo

Sulla base dei dati di campagna e di laboratorio si sono definite le tipologie di suolo (Unità tipologiche di suolo, o UTS). Queste sono di due tipi, le serie di suolo, che rappresentano le tipologie principali, e le fasi di serie, che sono dei sottotipi (USDA, 2017). Ogni fase si differenzia dal tipo principale per caratteri significativi dal punto di vista dell'utilizzo agronomico, quali per esempio la profondità del suolo, l'abbondanza di scheletro, o la tessitura.

La grande estensione della zona indagata, e la grande varietà di materiali parentali e di morfologie, faceva sì che le tipologie di suoli erano tendenzialmente molto numerose. Per facilitare l'utilizzo e le elaborazioni successive, nella definizione delle UTS si è cercato quindi di tenere il loro numero il più basso possibile, dando priorità alle differenze che condizionano l'utilizzo agronomico e viticolo. Alcune UTS contengono quindi suoli classificati in modo diverso, anche ai livelli tassonomici più alti, in particolare cambisuoli e alfisuoli (IUSS Working Group WRB, 2015).

A ogni UTS è attribuito un grado di fiducia, basato essenzialmente sul numero di rilievi ad essa riferibili[16]. Più sono i rilievi, e in particolare i profili pedologici, e più questi sono vicini alla definizione dell'UTS, più questa è affidabile (e i dati possono essere trattati e/o verificati anche utilizzando strumenti statistici).

Il criterio (ARPA Veneto, 2008) che consente di attribuire a ogni UTS il relativo grado di fiducia è riportato, in versione semplificata, in tabella 4.

Tabella 4
Relazione tra numero di profili e grado di fiducia delle UTS

GRADO DI FIDUCIA DELLE UTS	NUMERO DI PROFILI
Molto alto	>15
Alto	6-14
Medio	2-5
Basso	1

(16) Senza conteggiare quelli che si discostano dal *range* di variabilità dell'UTS per due o più caratteri significativi, o profili correlati.

BANCA DATI

Per la banca dati dei suoli si è utilizzato il software fornito dall'Agenzia Regionale per l'Ambiente del Veneto (ARPA Veneto, 2005) sviluppato in ambiente Microsoft Office - Access. I dati cartografici di base sono stati imputati ed elaborati una prima volta utilizzando strumenti GIS di tipo Open Source e/o proprietari (Quantum GIS e/o ArcGIS), in formato Shape. Tutti i dati sono stati poi importati in un database relazionale (PostgreSQL[17]) con l'estensione geografica (PostGIS[18]), adatta a gestire i dati cartografici come le delineazioni delle unità cartografiche. Grazie a tale architettura, l'inserimento di nuovi dati e la modifica di quelli già inseriti sono stati centralizzati in un unico *repository*; il database centralizzato ha poi rappresentato la base per la visualizzazione e la consultazione tramite il webGIS (*front-end* cartografico della piattaforma PICA).
L'archivio delle osservazioni, in particolare, è organizzato in campi uniti attraverso una chiave primaria univoca, e contiene i dati relativi ai profili studiati: caratteri dell'ambiente, caratteri generali del suolo, classificazione del suolo, dati di campagna riguardanti ogni singolo orizzonte (spessore, colore, struttura, granulometria, ecc.) e analisi di laboratorio di ciascun orizzonte. Complessivamente nella banca dati sono presenti 637 profili, con 2.096 orizzonti, e le localizzazioni di 3.094 trivellate.
L'archivio delle Unità tipologiche di suolo (UTS) contiene tutte le informazioni inerenti alle tipologie di suolo: caratteri dell'ambiente, valori modali e intervalli di variabilità delle principali caratteristiche del suolo, la classificazione, e valori modali dei caratteri degli orizzonti.

ELABORAZIONI STATISTICHE E GEOSTATISTICHE

Densità apparente e analisi idrologiche

La densità apparente [g/cm^3] è stata calcolata partendo da campioni indisturbati estratti con anelli di acciaio da 100 ml (lunghezza 50 mm e diametro esterno 53 mm). Sono stati campionati gli orizzonti di superficie (Ap) e sottosuperficiali (B) di tutti i suoli non scheletrici, con tre ripetizioni per ciascun orizzonte. Dopo essiccazione a 105 °C per 24 ore si è misurato il peso con bilancia con accuratezza di +/- 0,1 g, è lo si è diviso per il volume apparente [ml] = [cm^3]. Il valore in [kg/l] ha lo stesso valore numerico di quello in [g/cm^3]. In totale sono state effettuate 486 misure.
Per quanto riguarda le costanti idriche si è determinata l'umidità a 33 kPa (tensione che approssima la situazione di capacità di campo) e a 1500 kPa (limite indicativo del punto di appassimento permanente). I campioni di terreno sono stati essiccati all'aria, rompendo

(17) https://www.postgresql.org/

(18) https://postgis.net/

le zolle e rimuovendo i residui vegetali, per effettuare poi un passaggio in setaccio con maglie di 2 mm.
Presso FEM sono state effettuate 1139 misure utilizzando la piastra di Richards (Richards, 1941) secondo la metodologia suggerita da ISRIC - FAO (2002) sugli orizzonti considerati.
Le misure disponibili di densità apparente sono state utilizzate dal CNR-IBE (Centro Nazionale delle Ricerche - Istituto per la BioEconomia) di Firenze, dopo un controllo preliminare, per la validazione di una serie di pedofunzioni presenti in letteratura, e di quelle calibrate sul dataset di un lavoro precedente (Porro *et al.*, 2017a). Considerate le scarse prestazioni riscontrate di tali pedofunzioni, se ne è calibrata una nuova[19].
I dati delle analisi idrologiche di laboratorio (misure di ritenzione idrica e curve di pF) sono stati utilizzati, dopo un controllo preliminare, per la calibrazione e la validazione di una pedofunzione per la stima della riserva idrica del suolo (Available Water Capacity, AWC) a partire dai dati tessiturali, di densità apparente (calcolata con la funzione di cui sopra) e di contenuto in carbonio organico[20].
La pedofunzione è stata applicata al database pedologico calcolando le AWC per i singoli orizzonti e per ogni suolo. Sono state stimate in particolare la AWC relativa ai primi 100 cm (AWC_{100}) e alla profondità utile (AWC_{PU}). Nei due casi è stata applicata una correzione per il contenuto di scheletro, diminuendo il valore stimato con la pedofunzione di una frazione uguale a quella della percentuale di scheletro di ogni profilo pedologico determinata in campagna. I dati sono stati elaborati statisticamente per definirne la variabilità in relazione ai Gruppi di substrato e ai Sottogruppi di profondità e di tessitura (Capitolo 4) a cui appartenevano le rispettive UTS. Sulla base della significatività dei risultati (Tukey HSD test per gruppi di differente consistenza numerica), sono quindi stati definiti dei Gruppi funzionali per l'acqua disponibile.
Per i dati fisici e chimici[21] di laboratorio dei suoli sono state calcolate le medie ponderate (attraverso interpolazione spline) sui primi 70 centimetri di suolo. Le analisi statistiche di tali medie hanno permesso di definire la variabilità per ogni parametro, e le differenze legate ai vari Gruppi di substrato a cui appartenevano i vari profili, prendendo in considerazione il Sottogruppo di tessitura solo per i Gruppi dove si riscontravano significative differenze tessiturali. Un'analisi statistica post-hoc (Tukey HSD test per gruppi di differente consistenza numerica) ha permesso di validare la significatività

(19) $BD = 0.028323 * A\%^{0.5} * Sg^{0.5} - 2.1005e\text{-}007 * L\% * A\%^2 * Sg * C_org\%^2 + -6.7247e\text{-}009 * prof_avg^{0.5} * L\%^2 * A\% * Sg^2 + 8.5345e\text{-}009 * prof_avg^{0.5} * sk\%^{0.5} * L\%^2 * A\%^2 + 1.2036$, dove BD = Bulk density, A = argilla, Sg = la relativa deviazione standard, L = limo, C_org = carbonio organico, sk = scheletro, prof_avg = profondità.

(20) $AWC = 0.00047224 * L\%^2 * Dg^{0.5} * BD^{0.5} + 4.5633e\text{-}006 * A\%^2 * S\%^{0.5} * BD^2 - 7.4972e\text{-}007 * C_org * L\%^2 * S\% + 0.00097055 * C_org^2 * L\% * Dg^{0.5} + 0.075892$, dove AWC = Available Water Capacity, S = sabbia, Dg = diametro medio geometrico delle particelle (mm), (per le altre sigle si veda sopra).

(21) Ad eccezione del contenuto di boro solubile, per il quale si avevano dati solo per l'orizzonte di superficie.

delle differenze dei valori medi dei raggruppamenti, individuando così Gruppi funzionali (diversi da quelli dell'AWC) per le proprietà chimiche e fisiche di interesse agronomico e viticolo.
Per cogliere meglio le variazioni legate all'andamento verticale, importanti anche alla luce dell'alta profondità di radicazione della vite, i dati a disposizione sono stati raggruppati pure in base all'orizzonte genetico di appartenenza, semplificando all'orizzonte principale (orizzonti semplificati): A (orizzonte di superficie lavorato Ap), B (orizzonte sottosuperficiale, di tipo Bw o Bt), C (materiale parentale non colonizzato dalle radici). Gli orizzonti misti BC sono stati compresi nel gruppo degli orizzonti semplificati B, gli orizzonti misti AC nel gruppo degli orizzonti A.
Per i dati di AWC si sono utilizzate procedure di spazializzazione delle informazioni puntuali basate su tecniche geostatistiche capaci di supportare il dato puntuale con informazioni geografiche in grado di descriverne l'andamento medio su tutta l'area viticola trentina. Il contenuto di acqua disponibile calcolato sulla profondità utile del suolo (AWC_{PU}) è stato spazializzato mediante la procedura nota come *scorpan*-kriging congrua con la densità delle osservazioni disponibili nell'area di studio (GlobalSoilMap Science Committee, 2013), e si è articolata nelle seguenti fasi (Ungaro *et al.*, 2005; Ungaro *et al.*, 2010):

- determinazione dei valori medi di AWC_{PU} calcolata per ogni profilo per ciascuna delineazione (dei Gruppi funzionali) della carta;
- calcolo dei residui dal valore medio per ciascuna osservazione;
- verifica della normalità dei residui ed eventuale trasformazione in *normal score*;
- variografia sperimentale dei residui normalizzati e modellizzazione del variogramma;
- kriging dei residui su grid regolare di 100 m via simulazioni gaussiane sequenziali (N = 100);
- somma del residuo medio (N = 100) al valore medio;
- controllo sui valori in output ed eventuali correzioni.

In sostanza il valore così stimato è dato dalla somma di una componente deterministica (il valore medio) e di una componente stocastica spazialmente correlata (il residuo). L'area totale è stata suddivisa in celle di 100 m di lato e a ciascuna cella, in funzione della delineazione di appartenenza è stato attribuito un Gruppo funzionale, basandosi sulla localizzazione del centroide della cella.

VISUALIZZAZIONE DELLA CARTA PEDOLOGICA

Le informazioni della carta dei suoli dei vigneti trentini sono consultabili sulla piattaforma tecnologica di PICA del consorzio Cavit, un sistema innovativo di ICT (Information and Communication Technologies) per una viticoltura intelligente e sostenibile che permette agli enologi e agli agronomi una gestione cartografica delle informazioni specifiche raccolte in ogni vigneto.

Tramite appositi *webservice*, il sistema PICA distribuisce, sotto opportune regole di accesso basate su autenticazione tramite username e password, i dati cartografici e alfanumerici relativi alla carta dei suoli agli applicativi terzi decisi da Cavit in collaborazione con istituti di ricerca e/o a utenti specifici. La mappa è interattiva e navigabile a livelli multipli di zoom, e le informazioni sui paesaggi e sui suoli sono ottenibili selezionando i poligoni rappresentati in mappa. Con PICA è possibile integrare automaticamente i dati provenienti dai software di gestione delle diverse cantine con quelli delle banche dati di interesse agrario (Carta dei Suoli del Trentino e Atlante meteo-climatico), consentendo la gestione cartografica avanzata dei dati vitivinicoli e la consultazione dei modelli previsionali messi a disposizione da una rete di ricerca d'eccellenza.

I dati visualizzati variano a seconda del livello di zoom: a scale meno dettagliate di 1:68.000 vengono mostrate le sovraunità di paesaggio (Capitolo 2), e la relativa legenda. A scale più dettagliate di 1:68.000 appaiono le delineazioni delle unità cartografiche, ciascuna con la rispettiva sigla, corrispondente a una Unità tipologica di suolo (serie o fase di serie), o due Unità tipologiche (serie e/o fasi di serie)[22]. Per facilitare una lettura sintetica la colorazione delle varie unità cartografiche è diversa a seconda dei Gruppi di substrato[23], dei quali appare una legenda, ai quali appartengono (Capitolo 4).

Cliccando sulla sigla appare una finestra con i caratteri principali della UTS: grado di fiducia, Gruppo di substrato e Sottogruppi (di profondità, tessitura e idromorfia), sequenza di orizzonti, profondità utile alle radici, classe tessiturale, scheletro, acqua disponibile, disponibilità di elementi nutritivi, potenziale di vigore). Ed è possibile poi visualizzare:

- il profilo pedologico di riferimento (il quale ha un valore di esempio), con i suoi parametri chimici e fisici di laboratorio;
- gli altri profili appartenenti all'UTS;
- la scheda riassuntiva completa del Catalogo delle UTS (Allegato I), contenente tutte le informazioni significative ai fini agronomici.

La carta dei suoli rappresenta quindi un tematismo attivo strategico nel sistema PICA: tramite le funzionalità di ricerca e visualizzazione avanzata della piattaforma è possibile per gli utenti abilitati filtrare e ricercare i vigneti in funzione delle caratteristiche del suolo su cui essi insistono (tramite un completo sistema di costruzione di alberi di ricerca di condizioni logiche nidificate), nonché estrarre statistiche riassuntive utili per supportare le decisioni agronomiche in relazione al tipo di suolo su cui vengono coltivate le viti.

Tramite il portale basato su un sistema webGIS che permette la visualizzazione e la gestione del catasto viticolo e delle informazioni agronomiche, vengono mostrati in dettaglio i vigneti, permettendo la visualizzazione delle zone viticole in scala variabile, arrivando an-

(22) Es. unità cartografica RAV1 (suoli Ravina) e unità cartografica (RAV1/ALD1 (suoli Ravina e suoli Aldeno).

(23) Per i suoli su alluvionale, su materiali glaciali a litologia mista e glaciali silicatici viene distinta anche la tessitura fine o grossolana, alla quale sono legati molti caratteri importanti per la gestione (Capitolo 5).



Figura 1
Webgis sviluppato da FEM per la consultazione dei dati della "Carta dei Suoli agricoli trentini"

che a particelle catastali di ogni socio viticoltore. Grazie a webGIS è possibile anche verificare lo stato del contenuto idrico del terreno, inserendo i dati richiesti dal modello Irri4web fornito da FEM per il calcolo del fabbisogno irriguo (Zottele *et al.,* 2010) per stabilire il quantitativo corretto di acqua da apportare con l'irrigazione di soccorso, in funzione delle reali caratteristiche dei suoli.
L'utilizzazione della piattaforma PICA permette di orientare la gestione dei vigneti alla viticoltura di precisione ecosostenibile.
La carta dei suoli delle aree viticole è consultabile anche nell'ambito della "Carta dei suoli agricoli trentini", comprendente anche la "Carta dei suoli delle Valli del Noce" (Fig. 1), resa accessibile da FEM (https://meteo.fmach.it/cartasuoli). Scegliendo l'opzione "accesso pubblico" è possibile visualizzare le unità cartografiche della cartografia.

ANALISI DI LABORATORIO

Le analisi fisico-chimiche sono state effettuate presso i laboratori della Fondazione Mach. Nei paragrafi che seguono vengono specificati i metodi.

Analisi del suolo

Le analisi chimiche e la tessitura dei campioni di suolo dei nuovi rilevamenti sono state eseguite, utilizzando metodi ufficiali, presso il laboratorio di chimica agraria della Fondazione Mach, accreditato ai sensi della norma UNI EN ISO 17025 dal 1998. Come è uso le analisi sono state eseguite sulla frazione minore di 2 millimetri, dopo aver asportato lo scheletro mediante setacciatura. In totale sono stati analizzati 364 profili per un totale di 1.110 campioni.
Su ogni campione sono stati quantificati:

- tessitura: percentuale di sabbia grossa (2-0,25 mm), sabbia fine (0,25-0,05 mm), limo (0,05-0,002 mm) e argilla (<0,002 mm), dopo dispersione in sodio esametafosfato, mediante setacciatura ad umido e con l'impiego dell'idrometro (densimetro);
- grado di reazione in acqua (rapporto 1:2,5) con metodo potenziometrico (pH-metro);

- calcare totale con metodo gas volumetrico (calcimetro di Dietrich-Frühling);
- calcare attivo dopo estrazione con ossalato di ammonio tramite titolazione con permanganato di potassio;
- capacità di scambio cationico (CSC) mediante estrazione con cloruro di bario e trietanolammina a pH 8,2;
- azoto totale mediante analizzatore elementare;
- carbonio organico mediante analizzatore elementare e successiva sottrazione del contenuto in carbonio inorganico;
- fosforo assimilabile dopo estrazione con bicarbonato di sodio 0,5 M pH 8,5 e determinazione con spettrofotometro UV/VIS (metodo Olsen);
- calcio (Ca), magnesio (Mg), potassio (K) e sodio (Na) scambiabili dopo estrazione con acetato di ammonio 1 M pH 7 e determinazione con spettrometro ICP-OES;
- boro (B) solubile dopo estrazione con cloruro di magnesio 0,01 M.

Per quanto riguarda la CSC, per motivi di omogeneità, si è deciso di applicare lo stesso metodo di estrazione (soluzione di bario cloruro tamponata a pH 8,2) sia ai suoli neutri o basici, nettamente preponderanti, che ai pochi campioni a pH subacido. Questa scelta permette di evitare l'utilizzo di metodi diversi all'interno dello stesso profilo, dove talvolta gli orizzonti più superficiali presentano un valore di pH minore rispetto agli orizzonti più profondi. Il metodo è inoltre utilizzato nella classificazione dei suoli. A tal proposito risulterebbe però più corretto parlare di CSC potenziale, perché nei campioni neutri o subacidi non viene determinato il reale valore al pH del suolo.

L'estrazione con ammonio acetato 1 M a pH 7, molto utilizzata ed efficace per la quantificazione di potassio e magnesio scambiabili, determina, nel caso di terreni alcalini e calcarei, una sovrastima del Ca di scambio, e questo per una parziale dissoluzione del carbonato di calcio. Di questo si è tenuto conto in fase di elaborazione e interpretazione dei dati. A questo proposito va specificato che la quantificazione del Ca di scambio ha rilevanza agronomica solo nel caso di terreni tendenzialmente acidi o neutri, dove eventualmente sono possibili carenze, e non in quelli calcarei.

I parametri determinati e i metodi analitici utilizzati sono sintetizzati in tabella 5.

Il laboratorio della Fondazione Mach conserva la frazione non utilizzata, già setacciata a 2 millimetri, dei campioni analizzati. Tali campioni potranno quindi essere impiegati in futuro per eventuali altre analisi più approfondite, per ulteriori controlli o per monitorare, attraverso la raccolta di nuovi campioni, l'evoluzione nel tempo.

Analisi fogliari

Il monitoraggio dello stato nutrizionale di diversi vigneti trentini nell'area di interesse nasce grazie all'attività svolta già a partire dalla fine degli anni '80 dai consulenti tecnici e ricercatori/sperimentatori della Fondazione Mach di San Michele all'Adige.

PARAMETRO	METODO UFFICIALE
Tessitura	DM13/9/99 SO N°185 GU n°248 del 21/10/99. Met. II.6
Grado di reazione (pH)	DM13/9/99 SO N°185 GU n°248 del 21/10/99. Met. III.1
Calcare totale	DM13/9/99 SO N°185 GU n°248 del 21/10/99. Met. V.1
Calcare attivo	DM13/9/99 SO N°185 GU n°248 del 21/10/99. Met. V.2
Capacità di scambio cationico (CSC)	DM13/9/99 SO N°185 GU n°248 del 21/10/99. Met. XIII.2
Azoto totale	DM13/9/99 SO N°185 GU n°248 del 21/10/99. Met. XIV.1
Carbonio organico	ISO 10694
Fosforo assimilabile	ISO 11263
Ca, Mg, K, Na scambiabili	DM13/9/99 SO N°185 GU n°248 del 21/10/99. Met. XIII.4
B solubile	DM11/5/92 SO N°79 GU n°121 del 25/05/92. Met. 39

Tabella 5
Parametri determinati nelle analisi di laboratorio e metodi utilizzati

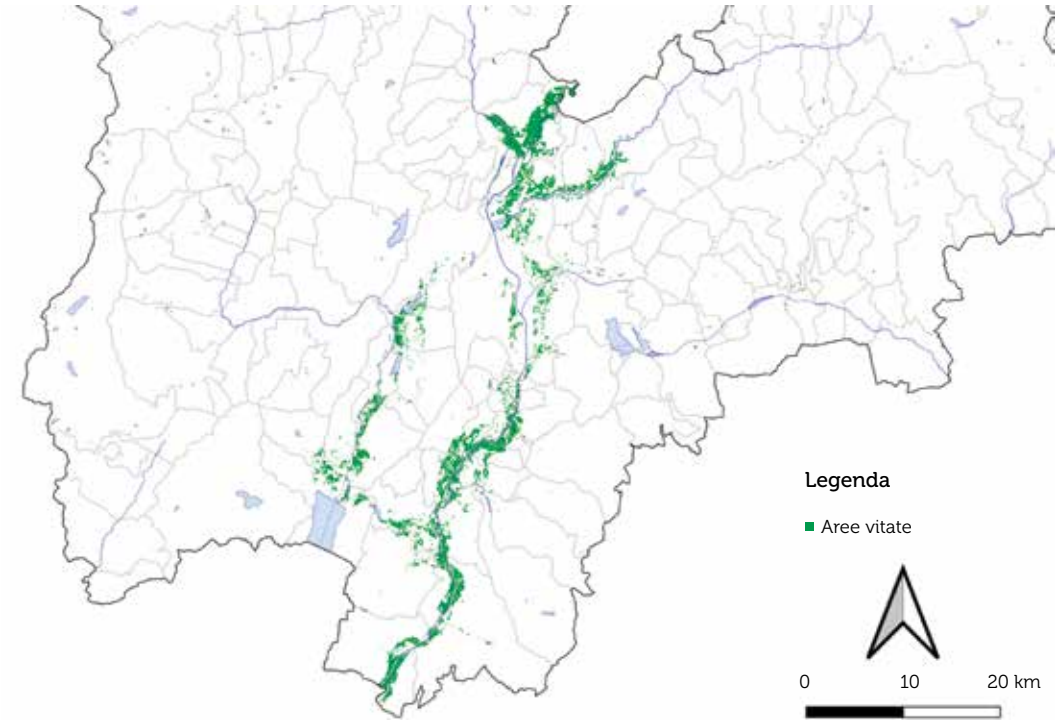
Le analisi fogliari dei macronutrienti e micronutrienti sono state eseguite presso il laboratorio di chimica agraria della Fondazione Mach. I campioni di lembi fogliari (privati del picciolo) sono stati raccolti annualmente a partire dal 1987 in diversi momenti della stagione vegetativa, da circa una ventina di piante all'interno di ciascun appezzamento evitando di campionare i filari di bordo e le testate, prelevando da tralci mediani due foglie per pianta. Nel caso di campioni anomali, per verificare sospetti di carenze o eccessi nutrizionali diffusi, si sceglievano esclusivamente foglie da piante con sintomi. Nella fase fenologica di prefioritura e fioritura (prelievo 0), e nella fase di allegagione (prelievo 1) - successivamente aggregate nel campionamento denominato "precoce" - si campionavano le foglie opposte al primo grappolo.
Nelle fasi fenologiche comprese tra chiusura grappolo ed invaiatura (prelievo 2) o in pre-raccolta ed alla vendemmia (prelievo 3) - successivamente aggregate nel campionamento denominato "tardivo" - si campionava la quarta foglia dopo l'ultimo grappolo.
Le aggregazioni sono state effettuate, in quanto il numero complessivo dei campioni dei prelievi 0 e 3 sono risultate piuttosto esigue, e soprattutto, presenti solo in talune annate dell'indagine. Gli standard di riferimento generalmente proposti per l'interpretazione delle analisi fogliari della vite, inoltre, sono riferiti generalmente alle fasi fenologiche di allegagione (per campioni precoci) ed invaiatura (per campioni tardivi).

I campioni fogliari sono stati quindi lavati con acido citrico (0,2%) e sciacquati con acqua distillata, in modo da eliminare eventuali residui di fitofarmaci e polveri, ed analizzati per la determinazione del contenuto dei principali macronutrienti e micronutrienti.
L'azoto (N) è stato quantificato utilizzando il metodo Kjeldhal fino al 2006, mentre dal 2007 è stato determinato mediante analizzatore elementare (metodo Dumas).
Fosforo, potassio, calcio, magnesio, zolfo, ferro, boro, manganese, rame e zinco (P, K, Ca, Mg S, Fe, B, Mn, Cu e Zn) sono stati determinati mediante spettrometro ICP-OES dopo incenerimento (480 °C) fino al 2006. Negli anni successivi l'analisi ICP-OES è stata eseguita, dopo digestione acida a umido, in vaso aperto. I risultati ottenuti con i due metodi sono del tutto confrontabili, eccetto per lo zolfo, che nel metodo per incenerimento era leggermente sottostimato.

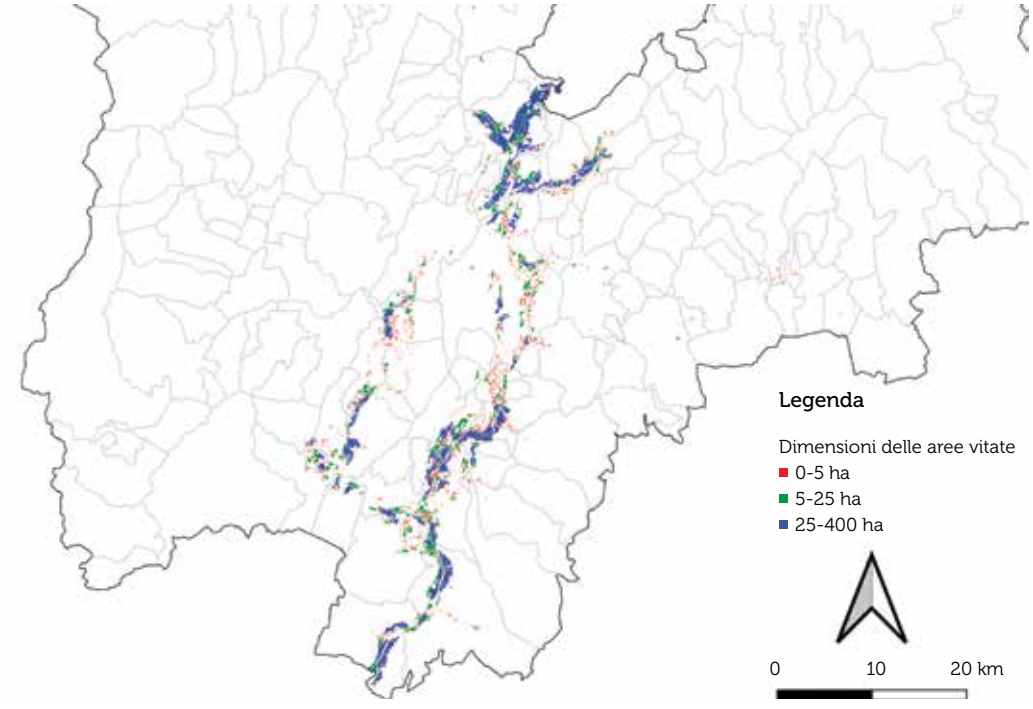
OROGRAFIA E BIOCLIMA

Localizzazione delle aree viticole e descrizione orografica

La Provincia Autonoma di Trento è una regione montuosa attraversata da valli fluviali. Presenta una orografia complessa e condizioni climatiche variabili. L'altitudine varia da 60 a 3769 m sul livello del mare e la disponibilità termica diminuisce di conseguenza.
Il clima del Trentino è prevalentemente oceanico, con alcune aree che mostrano caratteristiche di transizione verso quello alpino più continentale, più fresco e spesso più secco, tipico delle valli montane interne (Di Piazza ed Eccel, 2012). Le precipitazioni sono per lo più distribuite in due periodi, l'autunno (principale) e la primavera (secondario).
Inoltre, la vicinanza della parte settentrionale del Lago di Garda, il più grande d'Italia, influisce sul clima delle aree meridionali della Provincia con effetti positivi sulla disponibilità termica.
Il clima locale, detto anche mesoclima, può essere influenzato da fattori orografici, che includono la quota, la pendenza, l'esposizione, l'insolazione e la vicinanza ai corpi idrici o di montagne. Di conseguenza, le condizioni climatiche di zone marginali a quote elevate possono essere mitigate in una certa misura allestendo il vigneto in un sito con buona esposizione (Jones *et al.*, 2004; Jones, 2006).
La viticoltura Trentina si estende su una superficie di circa 10.000 ettari (Fig. 2; dati P.A.T. Sistema Informativo Ambiente e Territorio), caratterizzata da una forte frammentazione in termini aziendali e di distribuzione varietale, ma con la presenza di alcune zone principalmente dedite alla coltivazione della vite.
Le più ampie zone contigue vitate si trovano in Piana Rotaliana, Alta e Bassa Vallagarina ed Alto Garda (Fig. 3); anche la valle di Cembra, nonostante le forti asperità orografiche, presenta un paesaggio viticolo continuo.



2



3

Figura 2
In verde sono riportate le superfici vitate della Provincia Autonoma di Trento, che ammontano a circa 10.000 ettari (dati derivati dalla carta dell'uso reale del suolo 08/2003 P.A.T. Sistema Informativo Ambiente e Territorio)
Figura 3
In blu le aree vitate contigue più ampie, maggiori o uguali a 25 ettari, in verde quelle comprese tra 5 e 25 ettari ed infine in rosso inferiori a 5 ettari

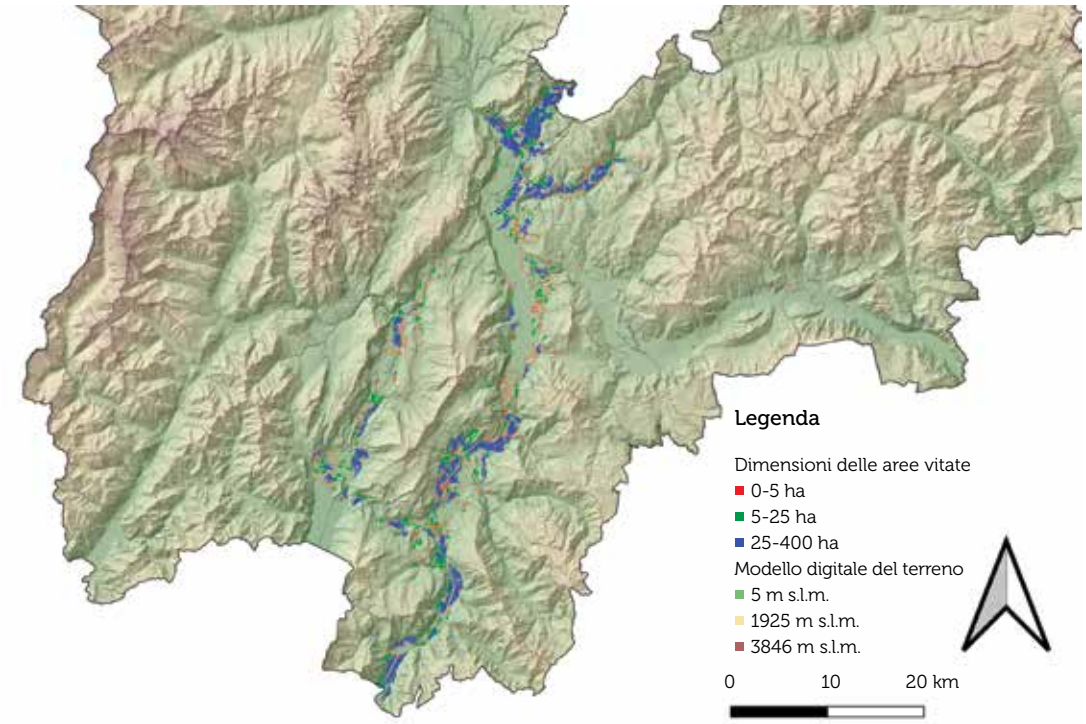


Figura 4
Sovrapposizione in ambiente GIS della mappa viticola al modello digitale del terreno (DTM; PAT-SIAT)

Mediante dati e software GIS (Sistemi Informativi Geografici) è possibile analizzare il territorio viticolo in relazione a parametri orografici quali la quota, la pendenza, l'esposizione. Il tematismo da cui si è partiti per questa analisi è stato il modello digitale del terreno a 10 m di risoluzione (Fig. 4) derivato dal rilievo LIDAR del SIAT della Provincia Autonoma di Trento, da cui sono stati derivati mediante software QGIS altri strati informativi geografici di interesse viticolo (ombreggiamento, pendenza, esposizione, ore luce e radiazione globale potenziali).
Dall'analisi GIS della carta viticola rispetto alle quote medie delle singole unità vitate si ottiene la distribuzione di frequenza percentuale riportata in figura 5, per fasce altitudinali di 50 m e pesata per le dimensioni dell'area. A quote elevate sono presenti, infatti, in proporzione più vigneti piccoli e frammentati rispetto al fondo-

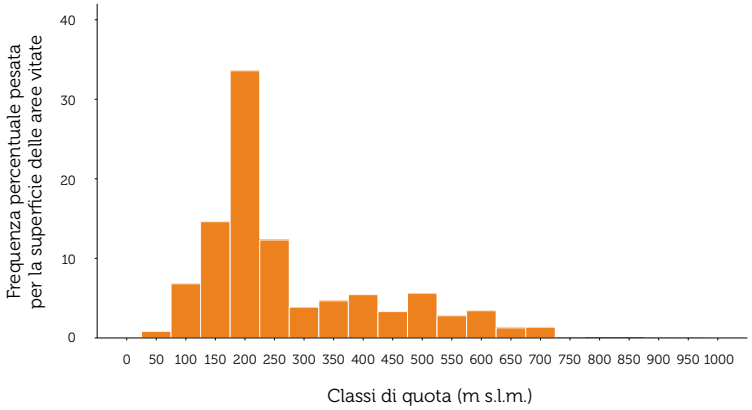


Figura 5
Istogramma di frequenza pesato per la dimensione delle superfici vitate, di cui un terzo si trovano tra i 200 ed i 250 m s.l.m., nel fondovalle

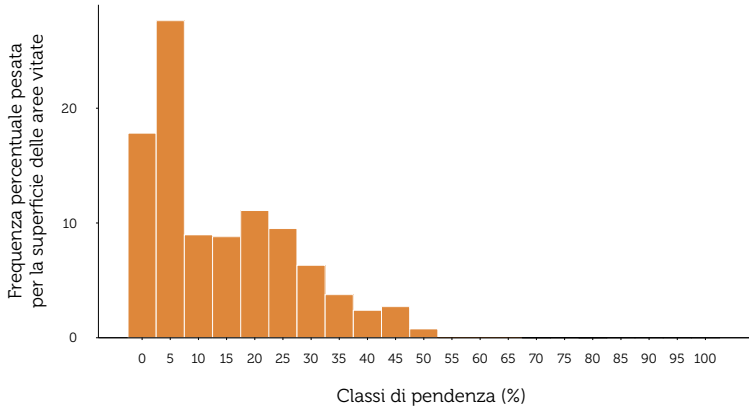


Figura 6
Istogramma delle pendenze, pesato per le dimensioni delle aree viticole

valle dove si trovano anche ampie zone vitate contigue; è quindi opportuno considerare la superficie dell'appezzamento nell'analisi geostatistica.
Anche per quanto riguarda le pendenze (Fig. 6), i vigneti più frequenti, proporzionalmente alle dimensioni, presentano valori bassi, ma all'aumentare della quota la pendenza media aumenta fino ad arrivare, in alcune situazioni, a valori molto elevati. Bisogna considerare però che il modello digitale del terreno utilizzato in questa analisi, non tiene conto della presenza di terrazzamenti, tipici dei paesaggi viticoli montani, che mitigano le asprezze del territorio.

Dati climatici

Analogamente a quanto visto per la descrizione orografica, anche per quella climatica sono disponibili dati spazializzati sull'intero territorio provinciale, che permettono di caricare, rappresentare ed interrogare in sistemi informativi geografici (GIS) le mappe tematiche (temperatura dell'aria, precipitazione, indici bioclimatici, ecc.).
In particolare, sono disponibili le analisi effettuate nell'ambito del progetto "Atlante Climatico" che rientra tra le attività programmate dall'Osservatorio Trentino sul clima, finanziate tramite le risorse previste dal Fondo per il cambiamento climatico, che la Provincia Autonoma di Trento ha appositamente istituito per tali iniziative.
I dati utilizzati sono stati rilevati dalle stazioni meteorologiche appartenenti a Provincia Autonoma di Trento - Ufficio Previsioni e Pianificazione - Meteotrentino e Fondazione Edmund Mach.
Le mappe riguardano la distribuzione media delle precipitazioni e della temperatura sul Trentino per i trentenni di riferimento 1961-1990, 1971-2000 e 1981-2010, della radiazione solare globale per il periodo di riferimento 2004-2012, e del vento per il decennio 2004-2013. Le mappe di temperatura sono state elaborate con la tecnica di spazializzazione Optimal Interpolation mentre le precipitazioni con la tecnica kriging. Le mappe di radiazione solare sono state calcolate grazie ad un modello di radiazione ed alla tecnica di spazializzazione kriging. Infine, quelle del vento sono state realizzate con diversi modelli numerici. Le mappe raster sono disponibili online per il caricamento su software GIS tramite servizi di interoperabilità.

Un'ulteriore fonte è rappresentata dall'Atlante Meteoclimatico, prodotto dall'Unità CTT-ASI della Fondazione Edmund Mach nell'ambito del progetto co-finanziato da Cavit s.c. e PAT-APIAE (L.P. 6/99 - Legge provinciale sugli incentivi alle imprese): "Realizzazione della piattaforma Integrata cartografica agriviticola (PICA) e studio di caratterizzazione del territorio e delle potenzialità viticole dell'area di produzione delle cantine sociali afferenti a Cavit ".
Sono qui disponibili 4891 mappe georiferite calcolate a partire dai dati delle stazioni agro-meteorologiche gestite dalla Fondazione stessa, raccolti dal 2000.
Per ciascuna variabile meteorologica sono disponibili aggregazioni sia giornaliere che mensili ed includono tematismi di primo livello (temperatura e umidità dell'aria, precipitazione, radiazione solare), sia di secondo e terzo livello che richiedono non solo la spazializzazione dei dati delle singole stazioni, ma anche l'applicazione di funzioni per il calcolo di indici derivati dal livello primario.
WorldClim è un database di dati meteorologici e climatici globali ad alta risoluzione spaziale. Questi dati possono essere utilizzati per la mappatura e la modellistica spaziale. Il prodotto più recente di WorldClim è versione 2.1 (rilasciata nel gennaio 2020), relativa all'arco temporale 1970-2000.
Tali dati sono utilizzabili per attività di ricerca e studio del territorio e sono disponibili sul sito worldclim.org a diverse risoluzioni spaziali in formato raster georiferito, pronti per essere caricati come tematismi in Sistemi Informativi Geografici.
Le mappe climatiche mensili riguardano temperatura minima, media e massima, precipitazioni, radiazione solare, velocità del vento, pressione del vapore acqueo e precipitazioni totali. Sono inoltre disponibili dati raster per 19 variabili "bioclimatiche".
Le quattro risoluzioni spaziali vanno da 30 secondi (~ 1 km^2) a 10 minuti (~ 340 km^2), a seconda dell'utilizzo. Ogni download consiste in un file compresso, in formato "zip", contenente 12 files GeoTiff (.tif), uno per ogni mese dell'anno, da gennaio a dicembre, con numerazione da 1 a 12.

Indici bioclimatici di interesse viticolo

In passato sono stati introdotti indici bioclimatici per valutare la vocazionalità del territorio per la viticoltura, di cui i principali sono riportati nelle linee guida dell'Organizzazione Internazionale della Vigna e del Vino per le metodologie di zonazione della vitivinicoltura su base climatica e del suolo (OIV, 2012).
Sono stati condotti approfonditi studi di vocazionalità per la viticoltura nell'ambito del progetto PICA (Zorer *et al.*, 2017). In questo progetto, le mappe degli indici bioclimatici di interesse viticolo sono state calcolate a partire da dati satellitari termici (MODIS-LST) e calibrate mediante misure delle stazioni meteorologiche gestite dall'unità CTT-ASI della Fondazione Edmund Mach (Metz *et al.*, 2014, Metz *et al.*, 2017, Zorer *et al.*, 2013), al fine di classificare l'area di studio in regioni termiche.

BILANCIO IDRICO

Il bilancio idrico è lo strumento scelto per realizzare uno Strumento a Supporto alle Decisioni irrigue (DSS), ovvero un software informatico che, codificando i fenomeni fisici che avvengono nel continuo pianta-suolo-atmosfera, fornisca al viticoltore indicazioni su quando e quanto irrigare per garantire la resa produttiva in termini di quantità e qualità.

IL DSS successivamente descritto - chiamato *Soil-Water Advanced Budget*, SWAB - riunisce in un unico sistema di calcolo una grande quantità di modelli e di parametri che concorrono al calcolo del fabbisogno irriguo della vite. In generale, lo scopo dei DSS in irrigazione è quello di promuovere un uso consapevole della risorsa idrica e ottimizzarne il consumo fornendo il corretto quantitativo d'acqua nei momenti in cui la vite ne ha bisogno, passando da una strategia irrigua "a calendario" ad una basata sul "fabbisogno irriguo". Quest'ultimo -ovviamente- deve essere calcolato per poi procedere al calcolo del "consiglio irriguo" con il quale l'azienda potrà gestire i turni di irrigazione. Il calcolo dei fabbisogni passa dalla conoscenza di cosa accade al continuo pianta-suolo-atmosfera ed i vari elementi del DSS, che verranno spiegati, imitando i processi fisici coinvolti. Proprio per la loro capacità di stimare non solamente ciò che accade nella parte epigea del sistema, ma anche nella parte meno visibile, quella ipogea (radici e suoli), i DSS riescono a gestire meglio le strategie irrigue in termini di ottimizzazione dei consumi rispetto alle strategie empiriche.

Il processo centrale con cui la pianta scambia energia con l'ambiente circostante per vivere e riprodursi è la traspirazione, ovvero la vaporizzazione dell'acqua liquida contenuta nei tessuti della pianta con rimozione in atmosfera. La traspirazione è un processo regolato dall'energia disponibile, dal gradiente della tensione di vapore e dal vento, dal contenuto d'acqua nel terreno nonché dalle caratteristiche della vite, dalla fase di sviluppo durante la stagione vegetativa, dall'ambiente e dalla gestione agronomica.

Inoltre, l'acqua è soggetta ad evaporazione ovvero il processo fisico in cui l'acqua liquida è convertita in vapore e rimossa dalla superficie evaporante (un lago, un suolo, la vegetazione bagnata, ecc.).

L'evapotraspirazione è la combinazione di entrambi i processi. Quando il terreno è nudo il processo dominante è l'evaporazione, mentre in piena fase vegetativa il processo dominante diventa la traspirazione, tenendo presente anche che la chioma vegetale ombreggia il suolo riducendo l'energia solare disponibile al processo evaporativo. Sia l'evaporazione che la traspirazione modificano il contenuto d'acqua dell'atmosfera e man mano che l'aria si satura il processo rallenta. Al contrario, il vento sostituisce l'aria satura con aria più secca sostenendo il processo.

L'evapotraspirazione può essere determinata accoppiando un bilancio energetico con un bilancio di massa che coinvolge i flussi d'acqua "entranti" ed "uscenti" del sistema pianta-suolo-atmosfera.

In particolare, l'irrigazione e la precipitazione forniscono acqua alle radici, mentre l'acqua può essere persa per ruscellamento quando gli apporti idrici arrivano più velocemente di quanto il suolo possa assorbire e per percolazione profonda. L'acqua può risalire dalle profondità per capillarità da una falda, oppure si possono registrare movimenti d'acqua sub-superficiali. L'influenza della coltura è introdotta mediante opportuni parametri che definiscono la resistenza alla mobilitazione dei flussi di vapore attraverso gli stomi, la superficie fogliare e il suolo. Il bilancio idrico è quindi legato, tra le altre cose, all'area fogliare per unità di suolo che contribuisce attivamente al trasporto di vapore ed energia. Inoltre, l'aria stessa, al di sopra delle superfici evaporanti ha una resistenza al trasporto verticale di vapore dell'aria sopra le superfici evaporanti, come per esempio nel modello proposto da Monteith (1965).

I flussi di massa e di energia coinvolti in un bilancio idrico possono essere misurati. Per esempio, il volume d'acqua coinvolto nell'evapotraspirazione è determinabile con il lisimetro a pesata. Questo strumento è costoso e richiede manodopera dedicata ed esperta per potere ottenere misure affidabili. Nel tempo, per ridurre i costi della manodopera e degli investimenti, o si è deciso di utilizzare misure ottenute con il remote sensing o di *eddy covariance*, oppure di utilizzare le misure dei lisimetri per sviluppare modelli di stima dell'evapotraspirazione attraverso la misura diretta di grandezze misurabili in modo semplice ed economico introducendo il concetto di evapotraspirazione di riferimento che si riferisce ad una coltura ideale che ombreggia completamente ed uniformemente il suolo ed in assenza di stress idrico. L'evapotraspirazione di riferimento è quindi un parametro climatico e ideale (modello) e si riferisce all'atmosfera. Poiché per stimarla si utilizzano solamente misure e modelli di tipo meteorologico è necessario disporre di una rete di misura che raccoglie in maniera continua ed affidabile i dati che descrivono l'evolversi dello stato dell'atmosfera.

L'organizzazione mondiale della meteorologia ha redatto le linee guida per il posizionamento e l'allestimento di punti di misura e di sensoristica adeguata alla stima dell'evapotraspirazione di riferimento. Gli enti che gestiscono una rete agrometeorologica, come quella della Fondazione Mach (Fig. 7), che annovera 100 punti di misura nell'areale agricolo trentino, dovrebbero adeguarsi a queste direttive il più possibile (WMO, 2010).

È quindi ovvio che la qualità della stima dell'evapotraspirazione di riferimento passa per la qualità delle misure effettuate che viene garantita dalla qualità dei sensori installati, dalla manutenzione periodica della strumentazione, dalla cura nel mantenimento del sito di installazione mediante sfalcio dell'erba e dalle condizioni delle pertinenze (assenza di superfici ombreggianti, assenza di ostacoli per la misura della velocità del vento, ecc.) e, per ultimo, da un controllo delle misure con sistemi di validazione della qualità del dato.

Le caratteristiche fisiche del suolo e la sua temperatura influenzano la crescita, la funzionalità radicale ed il vigore della vite. Inoltre, la di-

sponibilità d'acqua nel suolo influenza in maniera sostanziale i flussi evapotraspirativi. Nei filari poco inerbiti, nelle prime fasi vegetative della vite e successivamente agli eventi piovosi, è dominante l'effetto dell'evaporazione dell'acqua dai primi strati di suolo. La quantità d'acqua nel suolo ed il tipo di suolo hanno un effetto diretto sull'evapotraspirazione: un prolungato deficit idrico limiterà ovviamente l'evapotraspirazione, mentre troppa acqua creerà ristagni, danneggiamento delle radici, con conseguenze sull'attività respiratoria della pianta. Inoltre, la risposta dei suoli agli eventi di bagnatura è molto variabile, dipendendo dalla conducibilità idraulica del suolo che regola la quantità di acqua che può infiltrarsi nel terreno. In pratica, i terreni possono assorbire solo una limitata quantità d'acqua nell'unità di tempo: piogge particolarmente intense ed impulsive risultano poco efficaci per ricaricare il suolo dell'acqua che diventerà in seguito disponibile per la pianta e la maggior parte dell'acqua verrà persa per ruscellamento o per evaporazione. Dopo un lungo periodo di piogge, l'acqua nel suolo comincia a percolare per gravità attraverso i macropori. Man mano che i macropori si svuotano, il flusso d'acqua diminuisce fino ad arrestarsi. In condizioni ideali i macropori sono riempiti d'aria ed i micropori d'acqua.

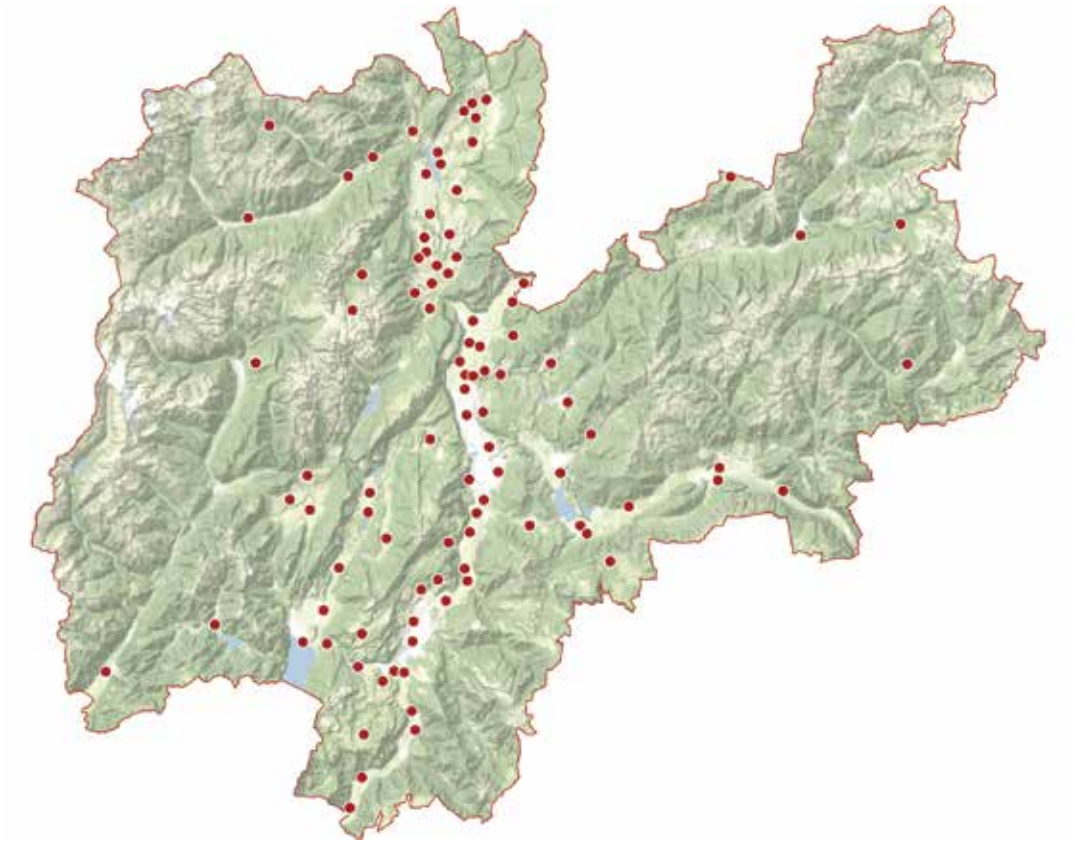


Figura 7
Rete di monitoraggio agrometeorologico della FEM



Foto 1
Campioni di suolo differenti sottoposti a misure delle costanti idrologiche con piastra di Richards

L'acqua è trattenuta nel suolo con forza e questa forza aumenta man mano che il contenuto d'acqua nel suolo diminuisce: all'equilibrio, la resistenza con cui l'acqua è trattenuta è pari alla forza impiegata dalle radici della vite per suggere l'acqua. La vite entrerà in stress quando l'acqua è trattenuta nel suolo con troppa forza. Inoltre, occorre considerare che non tutta l'acqua nel suolo è a disposizione per la vite e questa quantità dipende dalla tessitura, dalla quantità di sostanza organica presente, dal volume esplorato dalle radici, dalla capacità della pianta di utilizzarla, e dalla gestione agronomica del terreno (presenza o meno di cotico erboso) e colturale (combinazione vitigno/portinnesto, tipo di sistema di allevamento utilizzato, orientamento dei filari, carico produttivo) delle piante (Palese, 2013). Gli strumenti tecnici e diagnostici per individuare il momento in cui è necessario intervenire si basano sul bilancio idrico, ma anche sull'analisi visiva e tattile sia del suolo sia di alcuni organi epigei della vite, quali i germogli, i viticci e gli acini. Qualora si disponesse di parametri misurati relativi al potenziale idrico del suolo (soglia fissata a -0,3 -0,4 Mpa) e/o della pianta o di porzioni di essa (potenziale idrico fogliare o del fusto, con soglie rispettivamente pari a -0,75 Mpa e -1 Mpa per vitigni a bacca bianca e -1 Mpa e -1.2 Mpa per vitigni a bacca rossa), la scelta sarebbe decisamente agevolata[24].
Per misurare i limiti "operativi" di contenuto d'acqua disponibile per la vite si determinano due costanti idrologiche del suolo. La prima è la capacità di campo ovvero il contenuto d'acqua nel momento in cui cessano i flussi d'acqua percolativi; rappresenta il punto di equilibrio ottimale di umidità per la pianta in termini di disponibilità d'acqua d'aria. La seconda è il punto di appassimento permanente, ovvero quanta acqua resta nel suolo quando si raggiunge il limite estremo compatibile con la vita della pianta.

(24) Va anche ricordato che oggi esiste la possibilità di ottenere informazioni molto più precise relativamente ai coefficienti colturali da utilizzare per la stima del bilancio idrico, grazie a stime dell'indice NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), che appare fortemente correlato con i coefficienti colturali (Mendez-Costabel *et al*., 2014). Tale indice sfrutta la diversa risposta della copertura vegetale alle bande spettrali del visibile (rosso) e del vicino infrarosso ed è in stretta relazione con lo stato di salute della vegetazione, comprensivo di quello idrico, fornendo valori di biomassa fotosinteticamente attiva.

Con l'ipotesi semplificativa che queste quantità dipendono solamente dalle caratteristiche dei suoli, la capacità di campo e il punto di appassimento permanente possono essere misurati utilizzando la piastra di Richards (Fig. 8, Richards e Weaver, 1944) e l'acqua teoricamente disponibile per le piante (AWC) è calcolabile per differenza. Un elemento importante per il bilancio idrico è disporre di una stima accurata di quanto sia profonda la porzione di suolo dove avvengono in maniera preponderante i processi di assorbimento radicale da parte delle viti. Questa quantità è definita come profondità utile e dipende dal terreno, ma anche dal portainnesto. Inoltre, la modalità con cui viene effettuata l'irrigazione ha un'influenza diretta sullo sviluppo delle radici e sull'area di suolo esplorato (Lv *et al.*, 2009; Sokalska *et al.*, 2009; Kadayifçı *et al.*, 2010).

PROVE DI CONCIMAZIONE ORGANICA

Per le prove di fertilizzazione, impostate in condivisione tra FEM e Cavit, sono stati individuati due ammendanti facilmente reperibili nella realtà trentina, letame e compost, e quattro vigneti scelti in base alle caratteristiche dei suoli e alla rappresentatività per la viticoltura. Nell'autunno 2015, previo campionamento dei suoli, sono stati distribuiti gli ammendanti e nei tre anni successivi (2016-2018) sono stati monitorati i principali parametri chimici e la biodiversità dei suoli, nonché effettuate diverse misure relative allo stato vegetativo e nutrizionale delle piante e rilievi produttivi.

Parametri chimici degli ammendanti utilizzati nelle prove

Sono stati utilizzati letame bovino ottenuto da processi di maturazione controllata e compost prodotto dall'impianto di Bioenergia Trentino ottenuto dalla trasformazione aerobica di digestato da rifiuti organici. Entrambi i prodotti presentano buone caratteristiche agronomiche e sono disponibili a livello locale ed a costi compatibili con impieghi a dosi elevate, come si richiede per gli ammendanti

MATRICE	UMIDITÀ (% t.q)	pH	CES (µS/cm)	C.O.	S.O. (C*1.724)	C/N	N TOT.	P TOT.	K TOT.
				(% s.s.)			(% s.s.)		
Compost	32,02	8,80	2800	20,6	35,5	11,3	1,82	0,33	1,89
Letame	72,94	8,35	1080	29,8	51,3	10,9	2,72	1,49	6,26

Tabella 6
Caratteristiche analitiche degli ammendanti utilizzati. Legenda: t.q. = tal quale; s.s. = sostanza secca; CES = Conducibilità Elettrica Specifica; C.O. = Carbonio Organico; S.O. = Sostanza Organica, calcolata moltiplicando il C.O. per il fattore di conversione 1.724; N tot. = Azoto totale; P tot. = Fosforo totale, K tot. = Potassio totale

MATRICE	QUANTITÀ/ VIGNETO (t)	SOSTANZA SECCA (t)	S.O. (t)	N TOT. (kg)	P TOT. (kg)	K TOT. (kg)
Compost	20	13,6	4,83	247	45	257
Letame	40	10,8	5,54	294	160	676

Tabella 7
Quantitativi di ammendanti distribuiti e relativi apporti di sostanza secca, sostanza organica (S.O.) azoto, fosforo e potassio totali

utilizzati in pieno campo. In tabella 6 si riportano le caratteristiche analitiche di compost e letame utilizzati nelle prove.
Sulla base di queste caratteristiche sono state calcolate le dosi da apportare in campo, ovvero 400 e 200 q/ha rispettivamente per letame e compost (Tab. 7), in modo tale da equilibrare la quantità di sostanza secca totale. In questo modo le quantità di sostanza organica ed azoto aggiunte al suolo tramite i due ammendanti risultano molto simili, mentre per quanto inerente agli apporti di fosforo e potassio in seguito a somministrazione di letame si registrano livelli decisamente più elevati.

I vigneti oggetto della prova

In collaborazione con i tecnici Cavit, sono stati individuati quattro vigneti rappresentativi della realtà viticola trentina (Tab. 8). In ciascun appezzamento sono state delimitate 3 tesi (compost, letame e testimone) di superficie unitaria variabile, ma di almeno 2.500 m^2. Nei vigneti sede della prova sono state effettuate concimazioni chimiche e sovesci secondo la scelta aziendale in maniera differente sia in relazione ai diversi siti, sia tra le tesi del medesimo sito.

I rilievi effettuati

I campionamenti dei suoli per la caratterizzazione chimica sono stati effettuati sempre nel periodo autunnale, prima dell'apporto degli ammendanti e nel triennio successivo con cadenza annuale, mentre i prelievi per i test biologici, cioè l'indice di Qualità Biologica del Suolo basata sui microartropodi (QBS-ar) sono stati compiuti in tarda estate/inizio autunno.
I parametri chimico-fisici e chimici determinati sono stati: tessitura (nel 2015 e nel 2017) pH, calcare totale, calcare attivo, sostanza organica, azoto totale, fosforo assimilabile, potassio scambiabile, magnesio scambiabile, capacità di scambio cationico, rapporto C/N. Per l'interpretazione dei dati si è fatto riferimento ai criteri di ARPA Veneto (2007).
Le analisi della Qualità Biologica del Suolo sono state condotte applicando l'Indice QBS-ar (Parisi, 2001; Parisi *et al.*, 2005), metodica di analisi focalizzata sullo studio della comunità di artropodi presenti in ambiente ipogeo. L'Indice QBS-ar si occupa di valutare lo stato qualitativo di dette comunità, restituendo punteggi crescenti corri-

VIGNETO	FORMA DI ALLEVAMENTO (SESTO D'IMPIANTO)	SUOLO (UTS)	TESI	FERTILIZZAZIONE CHIMICA ANNUALE	SOVESCIO
Maso Toresella	Guyot (1,1 x 2 m)	Su conoide calcareo, moderatamente profondo, a tessitura grossolana (Sarche non scheletrici, SAR2)	Letame	Nessuna	Tra le file (a file alterne)
			Compost	Nessuna	Tra le file (a file alterne)
			Testimone	Nessuna	Tra le file (a file alterne)
Maso Romani	Guyot (0,9 x 2m)	Alluvionale calcareo, profondo, a tessitura fine (Loppio, LOP1)	Letame	Nessuna	Tra le file (a file alterne)
			Compost	Nessuna	Tra le file (a file alterne)
			Testimone	Nessuna	Tra le file (a file alterne)
Volano	Pergola semplice trentina (0,9 x 2,8m)	Su glaciale, calcareo, profondo, a tessitura fine (Pedersano, PED1)	Letame	12-12-17 (2 q/ha)	Nessuno
			Compost	12-12-17 (2 q/ha)	Nessuno
			Testimone	12-12-17 (2 q/ha)	Nessuno
Cavedine	Guyot (0,8 x 2m)	Su conoide, moderatamente profondo, calcareo (Vezzano, VZZ1)	Letame	Nessuna	Tra le file (a file alterne)
			Compost	Nessuna	Tra le file (a file alterne)
			Testimone	Concime organico 80% S.O.; titolo 7-3-2 (3 q/ha)	Tra le file (a file alterne)

Tabella 8
Dati essenziali dei vigneti selezionati

spondenti ai livelli qualitativi accertati. Accanto a questo indice, sono stati elaborati dati fondamentali quali:

- le cenosi - presenze demografiche di artropodi rilevabili per m^2, importanti perché a differenza delle indicazioni qualitative, pur fondamentali nel suggerire nel tempo gli andamenti tendenziali migliorativi o peggiorativi della comunità, le cenosi forniscono invece indicazioni inerenti le prestazioni ecologiche effettivamente disponibili nei terreni oggetto d'analisi.
- le Classi di qualità (Parisi, 2001; D'Avino, 2002) - derivanti dall'armonizzazione dei valori QBS-ar con lo studio della presenza di alcuni gruppi tassonomici chiave, in quanto aventi un ruolo centrale nei processi di trasformazione. Questi parametri sono fondamentali per restituire istantaneamente un quadro dei livelli di qualità con valori compresi tra 0 e 7.
- il QBS-MAX - rappresenta la biodiversità complessiva rilevabile nella tesi oggetto dello studio e ottenuta dall'armonizzazione delle repliche per ogni singola tesi nei rispettivi anni[25].

(25) I siti Volano e Cavedine hanno raggiunto un sufficiente numero di repliche per il calcolo nella sola annata 2017, mentre Maso Toresella e Maso Romani nelle annate 2017 e 2018. I dati presentati per il QBS-MAX in questi siti sono pertanto da intendersi riferiti alle annate indicate.

- Equitabililtà J di Pielou (Pielou, 1966), restituente informazioni sull'equilibrio tra i vari gruppi tassonomici;
- Evenness H' di Shannon-Wiener (Shannon, 1948), restituente informazioni su equilibrio e grado di saturazione delle presenze dei taxa potenzialmente rilevabili;
- rapporto acari/collemboli (Bachelier,1978), rapporto molto importante tipicamente indicante valori >1 in contesti naturali. Nell'elaborato vengono pertanto riportate le percentuali di siti conformi a questa condizione;
- numero di taxa, ossia il numero complessivo di gruppi tassonomici rilevati all'interno della tesi.

Per valutare l'effetto delle diverse gestioni sulle piante si sono effettuate misure relative allo stato vegetativo e nutrizionale, durante il periodo primaverile-estivo, nonché rilievi più propriamente produttivi in fase vendemmiale. Al fine di caratterizzare lo stato vegetativo delle piante annualmente sono state effettuate misure degli indici non distruttivi SPAD e NDVI in due momenti, ovvero nella fase di chiusura del grappolo e in post-invaiatura.

La stima dell'espressione vegetativa delle piante è stata fatta rilevando l'indice NDVI che mette in relazione lo spettro del rosso, in cui c'è assorbimento da parte della clorofilla, e quello del vicino infrarosso in cui le foglie riflettono la luce per evitare il surriscaldamento. I valori dell'indice sono tipicamente compresi tra -1 e +1; in presenza di vegetazione assume valori maggiori di 0,2. Tale indice è un indicatore della biomassa fotosinteticamente attiva ed è stato rilevato su tutte le piante delle diverse tesi a confronto, in due momenti, luglio e agosto.

L'intensità di colore verde delle foglie, indice indiretto del contenuto in clorofilla, si è misurata tramite lo strumento SPAD 502 su quattro repliche, in due momenti, a chiusura grappolo (BBCH 77) e in post-invaiatura (BBCH 85). In post-invaiatura, le stesse foglie su cui sono state effettuate le letture SPAD sono state destinate ad analisi minerali per determinare la concentrazione dei principali macronutrienti e micronutrienti.

Si sottolinea che nel 2017 il territorio trentino è stato funestato da un'eccezionale grandinata nel mese di agosto, la quale ha reso irrilevabili i dati produttivi e qualitativi dei vigneti. Nel 2018, in vendemmia, da tre piante omogenee per ciascuna replica si sono rilevati i parametri quantitativi della produzione (numero di germogli, di grappoli e produzione/pianta). Per ciascuna replica di ogni tesi è stato prelevato un campione per la determinazione dei parametri qualitativi (°Brix, acidità titolabile, pH, acido malico e azoto prontamente assimilabile) tramite spettrofotometro FT IR da parte di Cavit.





2

I PAESAGGI

Rodolfo Minelli, Francesco Bigaran

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area oggetto di studio, che copre la maggior parte delle zone viticole e il loro intorno, comprende le porzioni di quota medio-bassa delle principali vallate del settore centrale della Provincia di Trento. La Valle dell'Adige scorre in direzione nord nord-est - sud sud-ovest, sezionando per intero questo settore della catena alpina (Foto 1). La Valle del Sarca, o Valle dei Laghi, pur avendo andamento simile, si ramifica andando verso nord (Foto 2). L'orientamento est - ovest della Valsugana è invece grossomodo parallelo alla catena alpina.

Le strutture che hanno controllato lo sviluppo degli assi vallivi, in particolare Valle dell'Adige e Valle dei Laghi, sono prevalentemente di natura tettonica, cioè relative alla suddivisione in grandi blocchi di questo tratto della catena alpina. Tali strutture sono legate all'orogenesi Alpino-Himalayana causata dalla collisione della placca italo-africana e indiana contro quella euroasiatica, con la formazione di numerose catene montuose quali Alpi, Caucaso, Pamir, Karakorum e Himalaya. Durante diverse fasi occorse tra 100 e 10 milioni di anni or sono, rocce sedimentarie di origine marina, e rocce magmatiche prodotte dalla parziale fusione della crosta e del mantello terrestre sono state esumate e sollevate di diverse chilometri, mentre le enormi pressioni generate dalla collisione hanno dato luogo alla ricristallizzazione di fasi minerali in rocce metamorfiche scistose. Durante



Foto 1
La valle dell'Adige nel tratto Roveré della Luna, Mezzocorona e Lavis (sullo sfondo); è evidente l'erosione glaciale nella tipica sezione ad "U" con fianchi ripidi e scoscesi che si raccordano ad un ampio fondovalle



Foto 2
Il Lago di Toblino con la Valle del Sarca e la Valle di Cavedine (a sinistra)

le fasi parossistiche la crosta terrestre si è intensamente fratturata lungo linee tettoniche o "faglie" di andamento rettilineo o arcuato.
Alla fase di formazione e sollevamento è poi seguita nei ultimi 10 milioni di anni una intensa fase di erosione e smantellamento da parte degli agenti esogeni (erosione fluviale, glaciale, eolica e gravitativa) che si è concentrata lungo le linee tettoniche di debolezza dando luogo all'assetto di valli e rilievi principali.
Infine, il fenomeno che ha più caratterizzato l'evoluzione morfologica del territorio negli ultimi 2,5 milioni di anni (periodo Quaternario) sono state le grandi avanzate glaciali durante le quali le vallate trentine sono state invase da spesse lingue glaciali che dalle zone montane fluivano verso la pianura padana e veneta. Le glaciazioni più intense e durature si sono concentrate negli ultimi 700.000 anni con brevi periodi caldi "interglaciali" alternati a più lunghe fasi glaciali che hanno contribuito a incidere profondamente le maggiori vallate alpine conferendone la tipica sezione a "U". Queste morfologie erosive glaciali sono più accentuate nei due maggiori assi vallivi trentini, la Valle dell'Adige e la Valle dei Laghi, dove, durante l'ultimo massimo glaciale culminato a circa 20.000 anni dal presente, lo spessore del ghiaccio superava i 1000 metri.
Un fattore decisivo nella morfogenesi delle vallate trentine è la presenza di rocce di diversa età, litologia e competenza, fattori che si riflettono nel loro differente comportamento erosivo. Sottoposte a forze tettonico-sismiche ed erosive rocce competenti rispondono ri-



Foto 3
I versanti porfirici della Valle Cembra. A causa della moderata altimetria l'erosione glaciale non si è concentrata nell'asse vallivo ma si è distribuita in modo uniforme su tutto il rilievo. Questa situazione particolare ha favorito l'erosione fluviale dando luogo ad una stretta valle incastrata caratterizzata da un angusto fondovalle

gidamente dando luogo a forme con forte energia di rilievo(1), caratterizzate da pareti verticali e ripidi versanti, mentre rocce meno competenti originano morbide strutture arrotondate di collegamento.
I substrati rocciosi del settore nord-occidentale della provincia (Val di Sole) vedono comparire il basamento metamorfico cristallino. Rocce magmatiche intrusive (quarzodiorite, tonalite e granodiorite) caratterizzano i gruppi dell'Adamello-Presanella e di Cima d'Asta, mentre rocce magmatiche legate alle effusioni vulcaniche della Piattaforma Porfirica Atesina (o Complesso Vulcanico Atesino) affiorano estesamente nel settore orientale (Foto 3).
Le rocce sedimentarie, di prevalente origine marina (dolomie del Triassico, calcari del Giurassico, calcari marnosi, marne e argilliti del Cretacico e del Terziario) sono invece prevalenti nelle valli maggiori e nel settore meridionale della provincia. Tra le più caratteristiche e comunemente presenti nell'area di studio ricordiamo la *Dolomia dello Sciliar* e la *Dolomia Principale* del Triassico medio e superiore, i *Calcari Grigi* e i calcari del *Rosso Ammonitico* del Giurassico, i calcari e calcari marnosi della *Scaglia Rossa* e *Maiolica* del Cretacico, i *Calcari di Malcesine*, *Nago* e *Chiusole* dell'Eocene, i calcari marnosi e marne della *Formazione di Ponte Pià* dell'Eocene.

(1) Energia di rilievo: esprime l'intensità del dislivello, cioè delle differenze di quota, tra le parti più elevate e quelle più basse di una data area. Quindi la pianura ha la minima energia di rilievo mentre le zone montuose i valori massimi.



Foto 4
I dolci versanti della collina est di Trento (Oltrecastello e Povo), impostati su litotipi non competenti (calcari marnosi, basalti e siltiti)

I depositi sciolti

L'erosione e lo smantellamento delle rocce hanno prodotto nel corso del Quaternario ingenti quantità di sedimenti sciolti che si sono accumulati lungo i fianchi vallivi e i maggiori fondovalle dando luogo ad accumuli con morfologie caratteristiche. L'erosione ed il trasporto fluviale hanno dato origine a depositi alluvionali e lacustri che caratterizzano le zone pianeggianti dei fondovalle, mentre la morfogenesi gravitativa ha creato caotici accumuli di frana e ripide falde detritiche alla base dei versanti più scoscesi. La forma di raccordo tra alluvioni e depositi di versante è data dai conoidi di deiezione ubicati allo sbocco di ciascuna valle laterale.

Le principali morfologie che caratterizzano le vallate, giustapposte alle piane alluvionali, sono pertanto i conoidi di deiezione allo sbocco dei principali torrenti laterali, i terrazzi fluviali, fluvioglaciali o di contatto glaciale nelle zone collinari, ed i depositi detritici e di frana alla base dei versanti più ripidi. La grandissima maggioranza dei vigneti trentini sono ubicati su tali forme, mentre quelli con suoli sviluppati direttamente su roccia in posto (essenzialmente calcari marnosi, basalti e siltiti) sono relativamente rari.

L'organizzazione e la prevalenza delle diverse morfologie dipende in buona parte dalla litologia delle rocce affioranti. Dolomie e calcari danno luogo ad alte falesie che alimentano potenti depositi di versante, mentre calcari marnosi, marne ed altre rocce poco competenti danno luogo a morfologie dolci ed ondulate solitamente prive di

affioramenti rocciosi. Un esempio di questa diversa risposta si può apprezzare in corrispondenza di Trento, osservando il forte contrasto tra i ripidissimi versanti occidentali, scolpiti in dolomie e calcari, e occupati da boschi e scarpate rocciose, e quelli della fascia collinare in sinistra valliva, coltivati o inurbati, impostati sulle morbide rocce prevalentemente marnoso-calcaree della *Scaglia Rossa* (Foto 4).
I depositi glaciali sono contraddistinti in genere da morfologie ondulate e sfuggenti. Essi formano coltri di spessore più spesso limitato, concentrate soprattutto in zone collinari e conche intramontane. Sono di estrema importanza per la viticoltura trentina, perché la nettissima maggioranza delle superfici vitate collinari (e approssimativamente un terzo della superficie vitata totale) sono presenti su suoli originati da materiali dell'ultima glaciazione (glaciali o fluvioglaciali). E anche i suoli su roccia in posto si sono formati molto frequentemente, come si vedrà, con apporti più o meno consistenti di materiali glaciali.
Caratteristica dei depositi glaciali, a differenza dei depositi di versante e alluvionali, è la mescolanza caotica di ciottoli, sabbia e limo, con clasti di rocce sedimentarie, magmatiche e metamorfiche. Vista la compresenza di litotipi disparati, si parla di litologia mista. Considerata la grande diffusione dei relativi affioramenti, solitamente i calcari duri e le dolomie sono i litotipi più abbondanti, mentre per la componente silicatica si possono distinguere i depositi della conca del Bleggio, ricchi in ciottoli granodioritici e tonalitici provenienti dall'Adamello, da quelli della Valle dell'Adige, della Valle dei Laghi e della Valsugana, ricchi in elementi porfirici.
I depositi fluvioglaciali, infine, sono formati dai torrenti che scorrevano ai fianchi e al fronte delle lingue glaciali quando queste andavano ritirandosi dai fondovalle. Sebbene assomiglino come composizione e struttura ai depositi delle piane alluvionali, a differenza di questi ultimi sono ubicati in zone rilevate lungo i principali assi vallivi dando luogo a tipici terrazzi (Val di Cembra, Alta Valsugana, Vallagarina).

PEDOPAESAGGI

Il pedopaesaggio racchiude la chiave interpretativa delle relazioni che intercorrono tra l'ambiente e i suoli, mostrando la distribuzione spaziale e l'evoluzione di questi ultimi. La cartografia dei pedopaesaggi comporta l'individuazione, a varia scala, di aree relativamente omogenee in termini morfologici, litologici, pedologici e di uso del suolo.
Nel presente lavoro, che enfatizza i caratteri dei suoli, si evita di appesantire l'articolazione della lettura paesaggistica, limitando la descrizione a due soli livelli gerarchici: le sovraunità di paesaggio e le unità cartografiche. Si tralascia quindi il livello intermedio, le unità di paesaggio, che è stato fondamentale per comprendere con precisione le relazioni tra suoli e paesaggi e per guidare il rilevamento dei suoli. Questo approccio è più sintetico rispetto a quanto pro-

posto a livello nazionale da indagini di pari estensione, che prevedono generalmente 3 o 4 livelli. Tale semplificazione è compensata dall'elevato numero di unità di paesaggio all'interno della singola sovraunità, e dal forte dettaglio cartografico adottato.
Sono state descritte e individuate 8 sovraunità di paesaggio (SP), fondate essenzialmente sulla tipologia dei substrati (rocce) e dei depositi sciolti (definiti anche materiali parentali) di varia origine. Esse vengono descritte nei paragrafi che seguono. Una mappa della distribuzione spaziale delle 8 diverse sovraunità di paesaggio è riportata in figura 1. Si introducono inizialmente le unità a substrato roccioso rigido e duro (competente) e/o relativamente morbido e modellabile (poco competente). Successivamente si descrivono i depositi sciolti, i quali si differenziano in base agli agenti morfogenetici, vale a dire la gravità, il ghiaccio, le acque di fusione glaciale, le acque torrentizie e fluviali.
I caratteri pedopaesaggistici delle unità cartografiche, ciascuna delle quali è caratterizzata da una o due Unità tipologiche di suolo (UTS), sono desumibili dalle singole schede di queste ultime, nel catalogo dell'Allegato I. Gli attributi più salienti sono la morfologia, la collocazione all'interno di un ambito geomorfologico, gli aspetti delle superfici, la stabilità nel tempo, l'idromorfia, le modifiche antropiche, ecc. Di particolare importanza è la pendenza, in quanto in ambiente collinare e montano tale parametro influenza fortemente l'evoluzione delle superfici e dei suoli.

Rocce competenti (SP 1) e poco competenti (SP 2)

Le rocce più diffuse nell'area indagata sono le dolomie del Triassico e i calcari duri del Giurassico. Si tratta in entrambi i casi di substrati competenti (SP 1) che producono una ridotta quantità di materiali alterati. Se nei calcari giurassici prevale la dissoluzione, nelle dolomie e nelle dolomie calcaree questa è più ridotta, e l'alterazione della roccia procede per prevalente disgregazione fisica. La dissoluzione e la disgregazione agiscono a partire dalle fratture che interessano il corpo roccioso e, laddove questo sia molto continuo, possono formarsi altissime falesie, come quelle presenti in destra Adige.
Date le forme più frequentemente scoscese dei versanti, la presenza di coltivazioni, in particolare di vigneti, è decisamente ridotta sui calcari in posto e quasi assente per le dolomie. Nel versante in sinistra Adige che scende da San Michele sino a ridosso di Trento, tuttavia, affiorano substrati a calcari compatti e dolomie fortemente rimodellati dall'esarazione glaciale del ghiacciaio atesino. Si sono così prodotte superfici in bassa pendenza, interessate attualmente da vigneti, dove il substrato roccioso è presente alla base del suolo, o a bassa profondità. I rilevamenti mostrano che tali suoli derivano principalmente dalle coperture glaciali molto sottili che coprivano i substrati, in alcuni casi completamente pedogenizzate (si riconoscono per la presenza di ciottoli alloctoni, in particolare di porfido). Zona analoga a questa, con similare influenza di sottili depositi glaciali, è quella tra Volano fino all'incisione del Leno presso Rovereto.

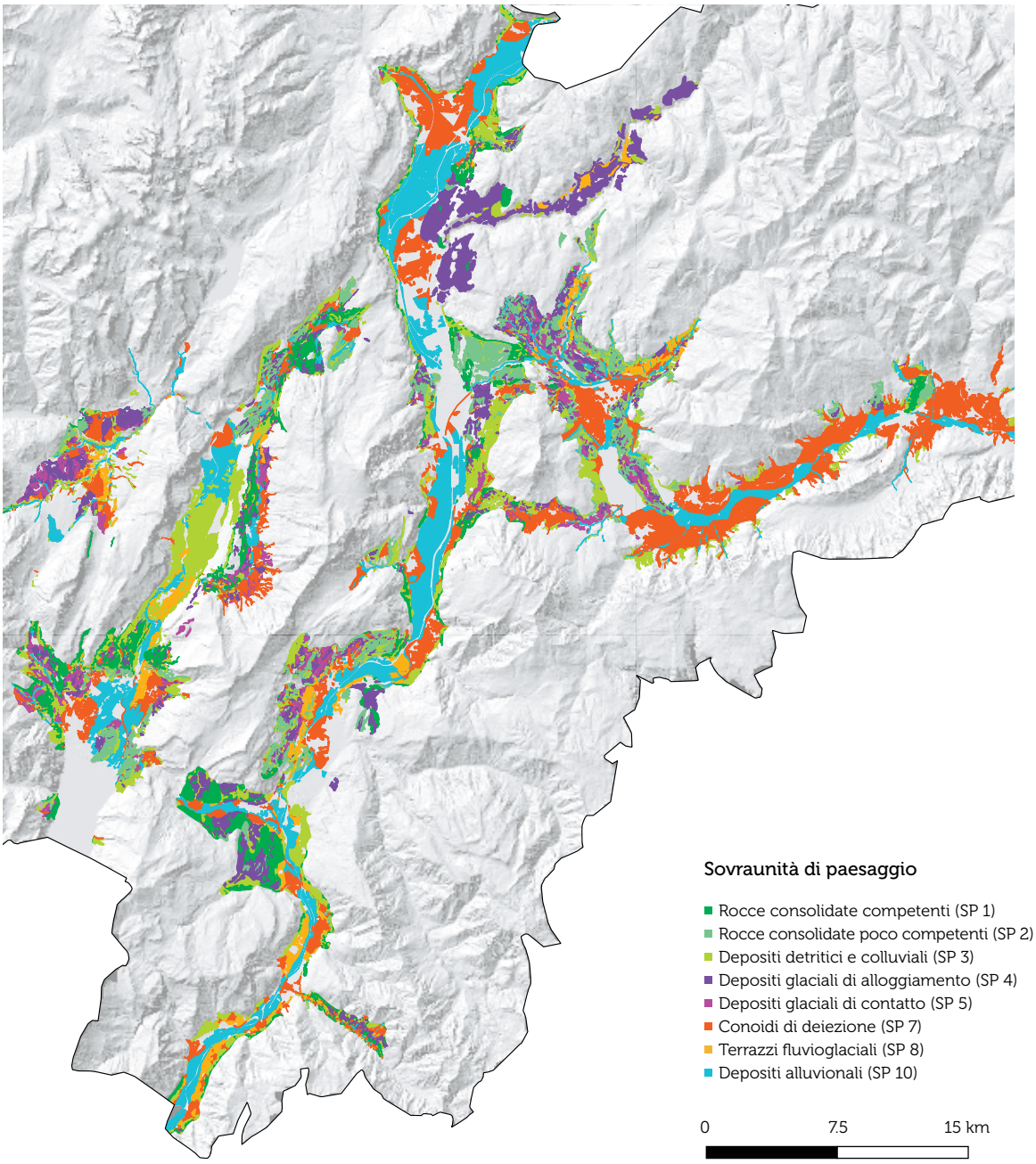


Figura 1
Mappa della distribuzione spaziale delle sovraunità di paesaggio

A fronte delle ripide falesie e dei forti dislivelli che si rinvengono in presenza di rocce competenti, il paesaggio tipico delle zone a substrato poco competente (SP 2) è caratterizzato da morbide ondulazioni, in genere occupate da diffuse attività agricole o aree urbanizzate. Quale evidente esempio di queste morfologie valga la collina di Trento, impostata prevalentemente sui morbidi calcari marnosi della *Scaglia Rossa* (Foto 5). Le pendenze medio basse che caratterizzano buona parte delle superfici hanno comportato una minore intensità di erosione e dilavamento da parte delle acque superficiali consentendo lo svilupparsi di consistenti coltri di materiali eluvio-colluviali.



Foto 5
I dolci versanti vitati della collina di Cognola (Trento), impostati su calcari marnosi e basalti (al centro dell'immagine)

I calcari marnosi[2] della *Scaglia Rossa* e quelli meno diffusi della *Scaglia Variegata* e della *Maiolica*, risultano intensamente interessati da coltivazioni viticole, essenzialmente sulla collina di Trento. Limitati affioramenti si rinvengono poi nella bassa collina a sud di Volano, all'imbocco della Valle del Sarca, sulle colline di Arco e nei pressi di Calavino. Il rilevamento ha messo in evidenza la scarsa evoluzione dei suoli di tutte queste superfici, sottolineando la loro modesta stabilità, cioè la tendenza ad avere evoluzioni in senso erosivo o deposizionale. Prevalgono nettamente le situazioni con suoli anche di molto inferiori al metro, con la presenza della roccia immediatamente alla base del suolo.

Non è infrequente trovare detriti derivanti da scarpate in rocce più competenti, come i calcari di Malcesine, Nago e Chiusole, relativamente diffusi in alta Vallagarina e in bassa Valle del Sarca. Anche la Formazione eocenica di Ponte Pià, costituita da alternanze di calcari e marne, dà luogo a versanti e paesaggi generalmente poco pendenti o di collegamento, costituendo in alcuni tratti la parte più bassa dei versanti che bordano le piane. È il caso della zona di Arco,

(2) I calcari marnosi, le marne calcaree e le marne sono caratterizzati da crescenti contenuti di componenti terrigene (argille e limi). Una volta allontanato il calcare per dissoluzione, esse lasciano quindi contributi relativamente più abbondanti di limo e argilla nei suoli. Nei calcari marnosi, che sono più vicini ai calcari, si possono ritrovare comportamenti intermedi tra quelli descritti per le rocce competenti e poco competenti, con morfologie più ripide e coperture detritiche più grossolane.

e della Valle dei Laghi fino a Ciago, dove tale formazione risulta fortemente modellata dal ghiacciaio atesino e frequentemente coperte da coltri colluviali.

I substrati vulcanici basici, rocce poco competenti particolari[3], hanno rilevante importanza nella viticoltura trentina di qualità. Basalti e andesiti dell'Eocene si rinvengono localmente sulla collina di Trento (in particolare in zona di Maso Bergamini), su tutta la collina di Villa Lagarina e Isera, e sulla collina di Mori. I depositi pedogenizzati, di tipico colore bruno scuro, hanno più spesso spessori superiori al metro e una dominanza di materiali limoso argillosi.

I veri e propri affioramenti vulcanici sufficientemente estesi da condurre a coperture pedologiche specifiche, non inquinate da afflussi esterni e senza coperture glaciali, sono molto circoscritti (esempio Lenzima e Cornalè, nel Comune di Isera). Nelle zone ben più estese adiacenti, si riscontrano apporti basaltici nei materiali glaciali e/o colluviali e nei suoli che da essi derivano, i quali hanno una colorazione più o meno scura[4]. Tale fenomeno va messo in relazione alla dimensione in genere limitata degli affioramenti, alla grandissima diffusione dei depositi glaciali, e ai rimescolamenti relazionati alle dinamiche di versante e alle attività antropiche.

Sono poi presenti, nella zona di Trento (Villa Manci) e all'imbocco della Valsugana (Madrano), lave permiane andesitico-porfiriche grigio-nerastre della formazione di Buss (Foto 6). L'alterazione di quest'ultima tende a dare ridotte coltri di materiali scuri, generalmente più grossolani (più sabbiosi) di quelli dei basalti.

Una diffusione relativamente limitata ha la formazione carbonatico-terrigena di *Werfen*, del Triassico Inferiore, che presenta forti alternanze litologiche, in cui sono abbondanti, accanto a termini calcareo dolomitici, i materiali siltosi, con colorazioni prevalenti rosso-vinate. La *Formazione di Werfen* caratterizza le circoscritte zone viticole ai piedi dei versanti del Monte Marzola, in particolare nella zona di Povo-Gabbiolo, e più diffusamente i versanti orientali della Valle dell'Adige da Meano fino a Faedo. Queste rocce sono contraddistinte da facile erodibilità, e i suoli che ne derivano sono sviluppati su coltri colluviali limose relativamente ricche in carbonati e dai caratteristici colori bruno-violacei.

Una litologia presente sotto vigneto in un'unica località è quella dei gessi, riscontrati presso l'abitato di Sorni (Lavis). Tali substrati molto particolari hanno dato coperture detritiche relativamente profonde, vista la forte alterabilità.

(3) Nella suddivisione tra rocce competenti e non competenti è stata considerata, oltre alle caratteristiche meccaniche, anche l'alterabilità, ovvero l'attitudine a produrre abbondanti materiali pedogenizzabili. I basalti della zona di studio, dotati talvolta di caratteristiche fisico-meccaniche relativamente consistenti, sono stati assimilati alle rocce poco competenti, essendo facilmente e velocemente alterabili.

(4) Gli apporti basaltici sono facilmente riconoscibili, nelle zone dove non è presente la dolomia, anche sulla base dell'alto contenuto in magnesio, elemento importante per la viticoltura, e che quindi viene sempre determinato nei suoli. Le analisi chimiche consentono poi di misurare l'abbondanza di altri elementi tipici dei materiali vulcanici basici.



Foto 6
Versanti andesitici a Madrano (Pergine)

I porfidi hanno una diffusione notevole nella parte nord-orientale della zona di studio, e di conseguenza costituiscono una importante componente nei materiali glaciali. I suoli presenti direttamente su roccia sono però molto rari: su substrato porfirico è stata descritta infatti una sola tipologia di suolo, con una diffusione molto circoscritta.
Localizzate in Alta Valsugana sono invece le filladi, rocce scistose metamorfiche, che danno luogo a coperture detritiche e/o colluviali relativamente spesse. Anche qui i suoli presenti direttamente sulla roccia sono presenti solo localmente.

Depositi di frana, detritici e colluviali (SP 3)

Nelle valli della viticoltura trentina sono presenti grandi frane, di notevole interesse storico e paesaggistico, come il monumentale complesso dei Lavini di Marco, la rinomata ruina dantesca (Inferno XII 4-9), e le Marocche di Dro nella Valle dei Laghi, una delle maggiori frane alpine, estesa per oltre 10 chilometri (Foto 7). Questi corpi hanno avuto un notevole impatto nelle dinamiche evolutive del paesaggio vallivo e sono il risultato di ripetuti eventi di crollo succedutisi negli ultimi 8000 anni, l'ultimo dei quali è datato a circa 1000 anni fa.
Altri corpi di frana di media dimensione sono presenti in sinistra idrografica della Valle d'Adige a Cadino presso San Michele all'Adige, tra Povo e Mattarello, e a Castel Pietra nel comune di Cal-



Foto 7
I vasti accumuli di frana calcarei delle Marocche di Dro

liano. Ulteriori accumuli si rinvengono nella Piana Rotaliana, alla Rocchetta, e in Valsugana, immediatamente ad ovest del lago di Caldonazzo.
Si tratta di depositi caotici in prevalenza di natura calcarea che si elevano di alcune decine di metri dal piano vallivo. Gli accumuli più estesi hanno causato lo sbarramento parziale o totale della valle con la formazione di bacini lacustri, come nel caso della frana del Lago di Molveno. I depositi sono caratterizzati da una granulometria estremamente variabile, con zone rilevate costituite da massi e grandi blocchi, mentre nelle aree marginali e nelle depressioni si sono potuti accumulare materiali più fini, di natura ghiaioso sab-

Foto 8
Detriti di versante calcarei giustapposti a piccoli conoidi a Santa Margherita di Ala

biosa, e depositi colluviali medio-fini derivanti dalla ripulitura dei versanti. Per ricavare limitate superfici agricole e viticole, e migliorarne le caratteristiche pedologiche, sono stati messi in atto interventi di spietramento, microterrazzamento e riporto di materiali a tessitura più fine.

I depositi detritici e colluviali sono tipicamente collocati al piede delle pareti verticali e dei versanti più ripidi, ed hanno pertanto una funzione di raccordo con il fondovalle. Il meccanismo di trasporto dei depositi detritici è primariamente meccanico, legato al rotolamento per gravità dei clasti e blocchi, mentre nei depositi colluviali caratterizzai da granulometrie più fini, prevale l'azione di trasporto dell'acqua. I due processi spesso agiscono in concomitanza, dando luogo a falde o coni detritici interdigitati e contornati da colluvi.

La litologia dei depositi detritici rispecchia quella delle pareti a monte, mentre la granulometria tipicamente molto grossolana diminuisce da monte a valle. Questi corpi sono pertanto vitati unicamente nelle loro parti basali, caratterizzate da coltri superficiali ghiaioso-sabbiose, rese coltivabili a seguito di vagliature, spietramenti e terrazzamenti. In molti casi si tratta di piccoli vigneti, ma localmente le superfici interessate sono notevoli. È il caso in particolare della fascia più alta della zona viticola di Santa Margherita di Ala (Foto 8), in Vallagarina, a Nomi e Volano, e più a sud nell'area sovrastante Avio e Sabbionara (Foto 9).

Foto 9
La fascia di detriti di versante calcarei giustapposti a piccoli conoidi tra Sabbionara e Avio
Sono ugualmente abbondanti i colluvi di piede versante, sviluppati a seguito dell'erosione e trasporto ad opera dalle acque di ruscellamento. Le parti distali di questi corpi, caratterizzati da basse pendenze e materiali a granulometria sabbioso-limosa sono in genere vitate



Depositi di conoidi alluvionali, di deiezione e di *debris flow* (SP 7)

I conoidi alluvionali e di deiezione (SP 7) sono strutture di deposito che i corsi d'acqua formano al calare della loro capacità di trasporto, indotta dal calo di pendenza. Questa condizione si presenta tipicamente allo sbocco di una valle laterale nella valle principale: con il diminuire della pendenza del letto di un torrente, scende proporzionalmente la velocità dell'acqua e quindi anche la sua capacità di trasporto. Quanto maggiore e brusca è la diminuzione della velocità, tanto più grande è la parte di detriti grossolani che la corrente deposita sul fondo.

A seguito del ritiro dei ghiacciai nelle vallate alpine tali meccanismi hanno portato alla formazione di corpi di varie dimensioni con forma di ventaglio (vista dall'alto) o di conoide (considerata la tridimensionalità) (Foto 10). L'accrescimento dei conoidi alluvionali e di deiezione (torrentizi) si è molto rallentato negli ultimi millenni anche a seguito delle opere di forestazione e contenimento nei bacini a monte che hanno drasticamente diminuito il trasporto solido di fiumi e torrenti.

Il trasporto e il deposito dei materiali avveniva in modo temporalmente discontinuo, durante distinte fasi alluvionali, e la granulometria di questi, caratterizzata da grande variabilità laterale, decresce dall'apice alla base, con pezzature via via più fini fino al raccordo con la sottostante piana alluvionale. Nel caso di eventi di piena ec-

Foto 10
Il conoide di deiezione dolomitico di Roveré della Luna





Foto 11
Il conoide alluvionale del Noce (Piana Rotaliana), caratterizzato da materiali a litologia mista calcarea e silicatica

cezionali la selezione granulometrica viene a mancare dando luogo a colate caotiche di fango e detrito eterometrico grossolano (colate di detriti o *debris flow*).

Numerosi conoidi caratterizzano il fondovalle atesino, l'alta Valsugana e la Valle dei Laghi. In Valle dell'Adige e Vallagarina sono ubicati i grandi conoidi alluvionali del Noce (Piana Rotaliana) (Foto 11), Avisio, Fersina e Leno. Ampi conoidi di deiezione si ritrovano a Faedo, Sorni, Ravina, Romagnano, Mattarello, Aldeno, Calliano, Besenello, Ala e Avio (Foto 12). In Valsugana i conoidi di deiezione sono particolarmente sviluppati e spiccano per imponenza quelli di Susà e di Levico (Foto 13). Sono invece più rari e meno estesi nelle valli minori quali le valli del Sarca e di Cavedine, la conca del Bleggio e la sella di Vigolo Vattaro.

La pendenza dei conoidi è molto variabile e diminuisce dall'apice verso le porzioni più distali che si raccordano con la piana valliva. I grandi conoidi alluvionali formati dai fiumi e torrenti principali hanno solitamente pendenze basse e regolari (Noce: 0,5-1%, Avisio 2-3%, Leno a Rovereto 1-2,5%, Sarche 1%), talora appena percettibili all'occhio umano, tanto che possono confondersi facilmente con la piana alluvionale circostante.

I conoidi di deiezione o torrentizi mostrano invece un notevole aumento delle pendenze spostandosi verso la zona apicale, la quale è quindi spesso stata terrazzata (Fersina 2-6%, Aldeno 2-10%, Mattarello 3-15%, Calliano 5-15%, Besenello 5-20%). A sud di Rovereto





Foto 12
Il conoide di deiezione calcareo di Avio
Foto 13
Il conoide di deiezione silicatico di Levico

si susseguono conoidi di dimensioni medio piccole con pendenze molto variabili (Ala 3-8%, Santa Margherita 15-30%, Sgardaiolo 10-15% per il corpo più recente e 20% per quello più antico). Nella bassa valle del Sarca i conoidi hanno pendenze simili (Bolognano 3-12%, Varone 2,5-10%, Albola di Riva del Garda 2-8%).
Pendenze ancora più elevate caratterizzano i conoidi di colata detritica (*debris flow*) di valli laterali a sezione più ristretta. A Vigolo Vattaro le pendenze sono del 5-20%, e sul versante di fronte del 15-25%, valori questi molto simili a quelli dei conoidi della valle sospesa di Drena (15-30%). In qualche caso la parte apicale può assumere pendenze abituali per i coni detritici (come a Chieseno presso Nago). Si tratta comunque di superfici di forme non più attive, reincise dai loro stessi torrenti.
Tra i vari fattori in gioco il più ovvio è di tipo geometrico, dipendente cioè dall'altezza di sbocco del corso d'acqua nella valle principale. Le parti più recenti dei conoidi possono essere incise ed approfondite nel corpo del conoide stesso, con pendenze più basse. A volte l'erosione dei vecchi livelli, più pendenti, è completa, a volte interessa solo una ristretta porzione attinente all'area torrentizia. In qualche caso possono rimanere porzioni del vecchio conoide, ormai fossile, che bordano il nuovo: si vedano ad esempio i due lembi di Sgardaiolo e Ca' Bianca a sud di Santa Margherita, in Vallagarina(5).
In presenza di restrizioni della sezione valliva o di una diminuzione nel tempo nell'afflusso di materiali, o per abbassamenti del livello della piana valliva, i conoidi possono essere erosi al piede dal corso d'acqua principale. Valgano ad esempio le scarpate erosive tra Caneve e Dossi, scolpite dal Sarca sul grande conoide di Bolognano.
Molti conoidi rilevati nel corso del lavoro presentano una fascia al contatto con la piana valliva caratterizzata da depositi a granulometria più fine (sabbioso-limosa, con scarsi ciottoli) rispetto a quelli più a monte, prodotta dall'alternarsi di depositi torrentizi (in particolare in superficie) e fluviali (più abbondanti in profondità) della valle principale. In queste fasce sono presenti suoli più poveri di scheletro e più profondi rispetto a quelli dei conoidi veri e propri. Si citano in particolare le fasce distali dei conoidi del Noce (Piana Rotaliana), Besenello, Calliano e Nogaredo. In situazioni particolari, come ad esempio nella valle di Loppio, i depositi sabbioso-limosi costituiscono quasi la totalità del corpo del conoide.
La litologia dei materiali dei conoide dipende dalla natura degli affioramenti rocciosi, e in modo più limitato dei depositi glaciali, presenti nel bacino idrografico a monte. Si riscontrano quindi conoidi prevalentemente dolomitici lungo il tratto tra Trento e Rovereto della Valle dell'Adige e in destra orografica in Valsugana (Foto 14), conoidi prevalentemente calcarei nel tratto della Valle dell'Adige a sud di Rovereto, in valle dei Laghi e a Stenico, conoidi prevalentemente silicatici

(5) Altri conoidi sono invece forme completamente fissate per l'abbassarsi del livello erosivo di decine di metri, come presso Vigo Lomaso e Dasindo. Qui un antico torrente Duina sfociava in una piana valliva che è stata successivamente reincisa dagli stessi torrenti, che attualmente scorrono 70 metri più in basso.



Foto 14
La Valsugana nel tratto da Levico a Roncegno, con i suoi conoidi silicatici in sinistra idrografica, e carbonatici in destra

a Lavis, e silicatici in sinistra orografica in Valsugana. Di particolare interesse è il conoide di Vigolo Vattaro, la cui porzione ovest è di natura dolomitica, mentre la porzione est è silicatica. La presenza di materiali di substrati diversi, può portare a depositi con litologie miste e molto diversificate, senza una dominanza della componente silicatica o di quella carbonatica. Gli esempi più importanti sono i conoidi alluvionali del Noce (Piana Rotaliana) e del Sarca alle Sarche (Foto 15).

Depositi alluvionali (SP 10)

Le piane alluvionali (SP 10) sono superfici sub-pianeggianti costruite dall'attività erosivo-deposizionale dei corsi d'acqua. Il tracciato del corso d'acqua e la deposizione dei sedimenti regolano tutte le aree del fondovalle comprese tra i conoidi delle valle laterali e le emergenze del substrato roccioso. La piana alluvionale di maggiori dimensioni, che attraversa per intero la provincia di Trento, è quella dell'Adige, che mostra maggiore ampiezza nella parte a nord di Rovereto (1-2 chilometri). Dimensioni simili si ritrovano nella porzione della valle dei Laghi che scende dal lago di Toblino sino ad Arco. Il tratto terminale della valle dei Laghi si allarga ulteriormente giungendo a dimensioni di circa 3-4 chilometri (Foto 16), che trova un equivalente solo nella Piana Rotaliana. La piana alluvionale della Valsugana, costretta tra fasce di conoidi quasi continue, ha una sezione costantemente inferiore al chilometro, restringendosi ulteriormente dopo la confluenza nel Brenta dei torrenti Maso e Chieppena.



Foto 15
La piana delle Sarche, con il conoide omonimo (a destra) costituito da depositi a litologia mista calcareo-silicatica; sullo sfondo gli accumuli di frana delle Marocche di Dro

I grandi spessori di sedimenti che occupano i fondovalle si sono accumulati con meccanismi e velocità molto diverse in funzione delle variazioni climatiche durante l'alternanza di periodi interglaciali e glaciali. Accanto alle ghiaie, sabbie e limi che caratterizzano le principali piane alluvionali si rinvengono localmente depositi lacustri e palustri torbosi connessi alla presenza di laghi temporanei indotti da sbarramenti, costituiti da corpi di frane o legati all'avanzata dei maggiori conoidi laterali[6].

All'evoluzione naturale dei fondovalle si sono sovrapposte le modifiche antropiche, e in particolare le grandi sistemazioni fluviali ottocentesche, che hanno comportato l'innalzamento di argini, la rettifica di molti tratti fluviali e la bonifica e canalizzazione di aree lacustri e palustri. A queste si è aggiunta in tempi più recenti la costruzione di dighe e briglie nei bacini montani più soggetti ad erosione, le quali hanno ridotto drasticamente sia il trasporto solido di fiumi e torrenti, sia la frequenza di piene e alluvioni.

Gli elementi che concorrono a costruire le piane alluvionali sono principalmente le barre ghiaioso-sabbiose (gli alvei), i canali abbandonati (i paleoalvei), gli argini naturali, e le strutture connesse al loro cedimento (i ventagli di rotta). Gli episodi di esondazione hanno poi

(6) Le principali linee di flusso fluviale sono condizionate, oltre che dalle frane, anche dai conoidi, che tendono a spostare il corso del fiume: i maggiori, occupandone gran parte della sezione, lo spingono sul lato opposto della valle.

deposto fini coltri di decantazione, che a lungo andare hanno ricoperto e regolato le superfici, come si osserva nella Valle dell'Adige tra Roverè della Luna fino a Rovereto. Si sottolinea che ciascuna di queste forme (paleoalvei, relativi argini, aree di decantazione, ecc.), avendo depositi diversi, dà origine a suoli differenti (in particolare per la granulometria e la profondità). La distribuzione attuale dei suoli, con attitudini agronomiche e viticole ben distinte, rispecchia quindi la geometria di tali forme, non sempre molto apparenti ad una prima osservazione, ma pur sempre separate da variazioni di livello visibili anche in campagna.

La porzione del fondovalle a sud di Rovereto è caratterizzata invece da una serie di terrazzi connessi alla reincisione di questo tratto vallivo operata del fiume Adige. I terrazzi più elevati sono quelli relativamente più antichi, e ciascun livello è caratterizzato da suoli diversi.

Nelle lanche (meandri fluviali abbandonati), e nelle piane d'esondazione, la colmatura è passata in molti casi attraverso una fase di torbiera, per cui i depositi possono presentare consistenti frazioni organiche in profondità, e localmente anche in superficie (Roverè della Luna). A causa del minor apporto di sedimenti ghiaioso-sabbiosi, queste zone sono occupate in prevalenza da limi ed argille. Le torbe e sedimenti fini, essendo più compattabili di ghiaie e sabbie, danno luogo a aree topograficamente depresse, presenti in modo diffuso dalla piana Rotaliana fino a nord di Rovereto (si veda come esem-



Foto 16
La Piana di Arco e Riva (sullo sfondo a destra, sul conoide poco rilevato omonimo)



Foto 17
Nella parte centrale della piana di Calliano (delimitata dalla strada nazionale a nord-est e dalla fascia arborea a sud) è visibile la grande ansa di un paleoalveo

pio la zona di Campedelli di fronte a Zambana Vecchia). I margini di queste depressioni, che si approfondiscono fino a 2 metri rispetto alla piana circostante, sono localizzati in molti casi in corrispondenza delle scarpate dei paleoalvei precedenti alle ampie rettifiche di corso ottocentesche. Si vedano come esempio i paleoalvei tra Ravina e Aldeno e tra i Pradi di Besenello e Volano (Foto 17).

Laddove la valle si restringe, inducendo le acque ad aumentare la velocità, prevalgono depositi grossolani. A monte della stretta, le frequenti esondazioni portano al deposito di coltri di materiali decisamente più fini. Valga ad esempio la piana di Volano a nord di Rovereto. A sud di Rovereto la valle, nettamente più stretta, vede prevalere depositi sabbiosi e limoso-sabbiosi, mentre coperture fini si rinvengono in strutture allungate affiancate a versanti o conoidi.

Nella piana alluvionale delle Sarche prevalgono i materiali sabbiosi lungo le linee d'azione del Sarca e del Rimone, emissario del Lago di Cavedine. All'interno di queste linee compaiono depositi di decantazione prevalentemente limosi. La stretta piana alluvionale che supera le Marocche e la piana di Dro, per poi entrare nella conca di Arco ed attorniare il monte Brione, è essenzialmente sabbioso-ghiaiosa[7] (Foto 18). I depositi della piana di Dro sono invece prevalentemente limosi (Foto 19).

(7) Le porzioni intercluse tra le principali linee di flusso e quelle distali dei conoidi presentano però granulometrie intermedie.





Foto 18
La porzione della Valle del Sarca tra Arco e Dro (in secondo piano), piana alluvionale sabbioso-ghiaiosa
Foto 19
La porzione distale delle Marocche (a destra), e la Piana di Dro, con depositi prevalentemente limosi

Il rilevamento ha consentito di individuare nella zona compresa tra Roverè della Luna sino a ridosso del conoide di Lavis, vaste aree con una falda superficiale[8]. Nelle aree più ribassate, comprendenti tutta la zona di chiusura a sud della Piana Rotaliana, quest'ultima è presente nel primo metro di profondità. Fanno eccezione le aree occupate da depositi di argine naturale e ventagli di rotta, dove essa appare più frequentemente nel secondo metro dalla superficie. Una falda così superficiale determina condizioni stagionali di idromorfia dei suoli fino ai primi decimetri (suoli molto idromorfi) o tra mezzo metro e un metro (suoli idromorfi), e condizioni di costante umidità (per risalita capillare).
A sud di Trento, fino a Calliano, si ritrovano aree d'espansione dei flussi con falda relativamente poco profonda (suoli idromorfi) e aree allungate coincidenti con i paleoalvei dell'Adige con falda molto superficiale (suoli molto idromorfi). Più a sud la falda freatica è più profonda e non impartisce caratteri idromorfi ai suoli, a parte aree molto limitate. Ricordiamo che l'idromorfia rappresenta un carattere limitante per la viticoltura, che non a caso è molto meno diffusa, nella piana alluvionale, a nord del capoluogo.
Nella Valle dei Laghi sono presenti falde oscillanti in prossimità della superficie, che danno idromorfia ai suoli, nelle piane di Pergolese e di Dro, e nella fascia alluvionale ai piedi del conoide di Bolognano.
In Valsugana si rinviene una falda oscillante poco profonda nella quasi totalità della piana alluvionale, dominata dai materiali limosi, conferendo quindi ai suoli caratteri idromorfi.

Depositi glaciali di alloggiamento e di fusione (SP 4), di contatto glaciale (SP 5) e depositi fluvioglaciali (SP 8)

Durante le ripetute fasi glaciali che si sono succedute negli ultimi due milioni di anni, i ghiacciai hanno trasportato a valle enormi volumi di detrito strappati dai fianchi vallivi e dai fondovalle. Il trasporto glaciale avviene secondo tre meccanismi distinti: i) ai lati e alla fronte del ghiacciaio; ii) sulla superficie o all'interno del ghiacciaio stesso; iii) alla sua base. A seguito del ritiro e fusione del ghiaccio i materiali trasportati danno luogo a morfologie e accumuli caratteristici, i quali condizionano la successiva evoluzione del paesaggio e lo sviluppo dei suoli. Sebbene si possano distinguere svariate tipologie di depositi glaciali, i due tipi principali presenti nella vallate vinicole trentine sono quelli di alloggiamento e di fusione.
I depositi glaciali di alloggiamento (o basali) derivano dal materiale trasportato alla base del ghiacciaio. Al ritiro di quest'ultimo danno luogo a morfologie blandamente ondulate o a coltri continue senza una precisa forma. Nelle maggiori valli alpine tali depositi sono caratterizzati da clasti levigati, striati e subarrotondati, immersi in una

(8) Si sottolinea che il conoide alluvionale del Noce (Piana Rotaliana), essendo costituito, come tutti i conoidi, da materiali molto permeabili, non presenta invece una falda superficiale.

fine matrice sabbioso-limosa, che testimoniano un lungo trasporto e un'efficace azione di frantumazione e smussamento. Caratteristica peculiare dei depositi glaciali di alloggiamento è il sovraconsolidamento indotto dal peso e dalla spinta della lingua glaciale, che determinano una forte compattazione dei materiali.
I depositi glaciali di fusione derivano dal detrito trasportato al di sopra, ai lati o all'interno del ghiacciaio e possono formare sia tipiche forme a dosso allungato (morene), sia coltri discontinue più o meno spesse. Non avendo mai viaggiato alla base del ghiacciaio i clasti di questi depositi presentano solitamente un grado inferiore di smussamento e arrotondamento, e mancano del sovraconsolidamento tipico dei depositi di alloggiamento.
Due tipologie particolari sono i depositi glaciali di contatto e i depositi fluvioglaciali, i quali si generano al contatto tra la lingua glaciale e i versanti montuosi che la contenevano. I depositi di contatto sono formati in prevalenza da sedimenti provenienti dalle valli laterali, all'epoca prive di ghiaccio, che si andavano ad accumulare contro la massa glaciale che sbarrava la valle principale. Sono spesso caratterizzati da abbondante matrice fine, associata ai frequenti episodi di decantazione nei bacini lacustri effimeri che si formavano a ridosso del ghiacciaio. I depositi fluvioglaciali sono invece formati dai torrenti che scorrevano ai fianchi del ghiacciaio nelle valli principali, e tendono ad occupare strette strisce tra versante e massa glaciale. I materiali sono più frequentemente ghiaiosi, ma a zone la matrice fine è prevalente, anche qui in relazione alla formazione di bacini lacustri (depositi glaciolacustri).
Sia i depositi glaciali di contatto che i depositi fluvioglaciali tendono pertanto a formare dei terrazzi subpianeggianti che al ritiro del ghiacciaio rimangono sospesi al di sopra della valle principale. Tali forme sono facilmente riconoscibili in quanto spezzano la continuità dei versanti e sono in genere utilizzate dall'uomo. Terrazzi di contatto glaciale a prevalente matrice limosa si rinvengono nella conca del Bleggio, in Valle di Cavedine e in alta Valsugana (Colle di Tenna). I terrazzi fluvioglaciali, spesso di grandi dimensioni e importanti per la viticoltura trentina di qualità, caratterizzano le valli di Cembra e Fornace, la bassa Valle dell'Adige, la Vallagarina e la Valle del Sarca.
Caratteristica prevalente dei depositi glaciali è l'assenza di selezione granulometrica e di una evidente stratificazione. Il tipico deposito glaciale di alloggiamento è costituito da una abbondante massa di fondo sabbioso-limosa, in cui sono immersi clasti subarrotondati con dimensioni estremamente eterogenee, dalle ghiaie fino ai massi, di litologie differenti. Questa caratteristica, unita alla mancanza una chiara stratificazione, consente di differenziare con facilità tali materiali da quelli alluvionali. I depositi fluvioglaciali sono invece del tutto simili a quelli ghiaiosi sabbiosi delle piane alluvionali, e si distinguono in genere da questi sulla base della tipica morfologia di terrazzo sospeso. In entrambi i casi la presenza di pietrosità superficiale di clasti subarrotondati (non arrotondati come quelli alluvionali) di litologie diverse, anche non presenti in



Foto 20
Vallecola con depositi glaciali, e sullo sfondo dorsale con roccia affiorante (Vallagarina)

zona (tipicamente i ciottoli di porfido), tradisce l'origine glaciale dei materiali di origine.

Le coperture glaciali sono importanti per la formazione dei suoli anche quando sono di modesto o modestissimo spessore (meno di un metro, o pochi decimetri). In presenza di depositi glaciali, il suolo si forma infatti principalmente da essi, riflettendone la litologia e la granulometria, e solo subordinatamente dal substrato sottostante. Un caso molto frequente, nella viticoltura collinare trentina, è quello degli areali a morfologia montonata, dove nelle vallecole, colmate da materiali glaciali, sono impiantati i vigneti, mentre sulle dorsali e sui costoni rocciosi che li intervallano, non coltivati o boscati, affiora la roccia (Foto 20).

La composizione litologica dei depositi è determinante per le tipologie di suolo che da essi traggono origine. Nella Valle dell'Adige (Foto 21 e 22) e nella Valle dei Laghi prevalgono nettamente i materiali misti, vale a dire in parte silicatici (porfidi, graniti, metamorfiti, ecc.) e in parte carbonatici (calcari, dolomie, calcari marnosi)[9]. Fanno eccezione aree limitate, dove dominano i materiali dolomitici (Val Sorda, Santa Margherita di Ala) o calcarei (Martignano, Sardagna e Ravina sulla collina di Trento, Padaro nella Valle dei Laghi).

(9) Nei profili dei suoli prevalgono molto spesso i clasti porfirici e dolomitici, perché le due litologie sono più resistenti all'alterazione, e quindi si conservano anche quando i clasti più alterabili sono stati disgregati.





Foto 21
In primo piano i versanti a valle di Faedo, coperti da materiali glaciali (a destra la Valle dell'Adige)
Foto 22
Gli ampi versanti a monte di Nogaredo e Isera, coperti da materiali glaciali, in forma di ampi terrazzi in parte smantellati

Anche la granulometria dei materiali glaciali, e in particolare della matrice, riveste una notevole importanza per i suoli che ne derivano. Dallo studio eseguito è risultato che in molte zone la composizione tende a essere piuttosto uniforme all'interno di vaste aree. In particolare sulla collina est di Trento, sulla collina di Mori, di Arco e Varone prevale la matrice limosa (e quindi i suoli hanno tessitura media), mentre questa è più sabbiosa nella zona di Martignano a Trento, sui versanti che salgono alla Val di Gresta e in Valsugana (i suoli hanno tessitura grossolana). In altre zone si ha invece una compresenza di materiali grossolani e più fini. È il caso in particolare dell'area di Sardagna a Trento, dei versanti sopra Villa Lagarina-Isera, della Valle di Cavedine, del Bleggio e del Lomaso.

I depositi glaciali, fluvioglaciali e di contatto della Val di Cembra (Foto 23), e quelli della fascia collinare che da questa scende a Meano, sono caratterizzati da clasti silicatici, con una dominanza dei porfidi, e una subordinata componente dolomitica e matrice sabbiosa.

In Valsugana i depositi sono quasi esclusivamente silicatici, con una notevole componente porfirica nella conca di Civezzano, e una netta prevalenza della frazione filladica in tutta la fascia tra Ciré e Levico. Sono poi ancora misti, sempre restando sul fianco sinistro interessato dalla viticoltura, nell'area di Roncegno e Borgo Valsugana. Anche in questa valle prevale nettamente la matrice sabbiosa.

Foto 23
Accumuli glaciali con forme terrazzate e ondulate nella bassa Valle di Cembra





Foto 24
I versanti che sovrastano a sud Mori (sullo sfondo) e la piana di Loppio interessati da materiali glaciali, presenti tra le dorsali del substrato

Il versante della Valle dell'Adige tra Oltrecastello e Villazzano, a est di Trento, è caratterizzato da un'ampia zona costituita da gradoni, con superfici subpianeggianti, separati da lunghe scarpate (Foto 4). L'area compresa tra i dossi di Sant'Agata e di San Rocco ha evidenziato durante il rilevamento una notevole variabilità nei materiali. I suoli si sviluppano su depositi glaciali o glaciolacustri a granulometria fine, mentre nelle zone marginali, dove le coperture sono assenti, sono legati alla litologia dei substrati: calcareo-marnosa (piana di Oltrecastello), siltosa (Gabbiolo) o basaltica (Villa Manci).
La Val Sorda, che collega Mattarello, nella valle dell'Adige, con Bosentino, in Valsugana, mostra ampie coperture di depositi glaciali e di contatto. Tali depositi, di spessori variabili, sono molto influenzati dalla litologia locale, filladica nella limitata porzione est della valle, e dolomitica nel vasto settore atesino.
Nella Vallunga, localizzata sui rilievi immediatamente ad est di Rovereto, sono presenti coperture glaciali d'alloggiamento e di contatto, rimodellate da terrazzi fluvioglaciali e da variabili coperture colluviali. Sui versanti esposti a oriente del settore da Pomarolo fino ad Isera si osservano spessi depositi glaciali. Tali versanti sagomati in forma di ampi terrazzamenti sono stati rimodellati dalle acque di versante e, in tempi storici, dalle attività di messa a coltura e bonifica. I suoli di questa vasta conca si sviluppano pertanto su alternanze di coperture glaciali, di contatto e colluviali, e hanno tessiture medie o grossolane.



Foto 25
La piana di Riva del Garda, chiusa a occidente (sullo sfondo) da una fascia collinare coperta da materiali glaciali

La valle di Ronchi, a monte dell'abitato di Ala, mostra potenti depositi glaciali di alloggiamento e di contatto modellati dall'erosione in ampi terrazzi, su cui si possono rinvenire alternanze di ricoperture alluvionali e colluviali. Situazione analoga si ritrova nella zona di Terlago risalendo verso Covelo, dove ad un grande deposito glaciale rimodellato si sovrappongono depositi alluvionali e da *debris fl*ow provenienti dai versanti.

I bassi versanti che sovrastano Mori (Foto 24) e quelli che risalgono verso la Val di Gresta presentano diffuse coperture glaciali. Queste si alternano con terrazzi di contatto glaciale, depositi alluviali e colluviali di versante. L'altopiano di Brentonico, fortemente rimodellato dall'attività glaciale, è scolpito in forma di gradinata nel substrato ricoperto da depositi glaciali e di contatto. Gli spessori di tali accumuli sono variabili, e la composizione granulometrica, influenzata anche dalla diffusione degli affioramenti basaltici, è relativamente fine (a differenza di quella dei depositi della Val di Gresta, dove domina la sabbia). Le porzioni depresse degli ampi terrazzi mostrano spesse colmature colluviali a dominante matrice limosa.

Nella porzione settentrionale della Valle dei Laghi, il tratto compreso tra Monte Terlago e il lago di Toblino, così come la dorsale tra la Valle di Cavedine e la Valle del Sarca, mostrano una morfologia dominata da erosione glaciale. Dossi di rocce montonate allungati parallelamente all'asse della valle si alternano a vallecole colma-

te da alternanze di materiali glaciali, spesso rielaborati in forma di colluvi, e depositi fluvioglaciali. L'area si estende anche più a sud, lungo la cresta arrotondata che separa la valle sospesa di Cavedine da quella del Sarca.
I depositi glaciali rivestono in modo continuo i bassi versanti che contornano a occidente la conca di Arco e Riva (Foto 25), fatta eccezione per l'area di calcari marnosi nella parte più settentrionale (quasi solo olivicola), e per la sezione a sud di Varone (solo olivicola). Gli accumuli che si rinvengono nella conca che risale verso Tenno risultano alternati e rimescolati con depositi di contatto glaciale nella parte frontale, e con depositi di frana nella parte più alta. Fatta eccezione per la zona a nord di Varignano, in tutta l'area la frazione limosa prevale su quella sabbiosa (i suoli hanno quindi tessitura media).

UNITÀ CARTOGRAFICHE DELLA CARTA DEI SUOLI

Il livello gerarchico più basso della carta dei suoli è quello più importante ai fini agronomici e viticoli, ed è rappresentato dalle unità cartografiche. Queste ultime corrispondono a porzioni di territorio omogenee, o relativamente omogenee, per quanto riguarda il tipo di suolo. Ogni unità cartografica è contrassegnata dalla sigla della unità tipologica di suolo (UTS) che la caratterizza, ad esempio RAV1 (suoli Ravina). Quando il lavoro di rilevamento non ha permesso di separare spazialmente due tipologie di suolo, entrambe ben diffuse (codominanti), le UTS della unità cartografica sono due, e la sigla di questa è doppia. Si cita come esempio l'unità cartografica RAV1/ALD1 (suoli Ravina e suoli Aldeno). In questo caso solo l'osservazione sul terreno permette di verificare, aiutandosi con il catalogo delle UTS (Allegato I), quale delle due UTS è presente in un determinato appezzamento di interesse.
Va sottolineato che l'attribuzione di una porzione di territorio a una unità cartografica (caratterizzata da una o più raramente due UTS) non esclude che nell'area siano rinvenibili, più di frequente marginalmente, altre tipologie di suolo. Purtroppo una carta pedologica alla scala di semidettaglio non può riprodurre fedelmente la grande variabilità presente sul terreno in determinate zone (a volte nell'ambito di uno stessa particella), e le variazioni indotte dall'uomo. Come si è detto nel Capitolo 1, inoltre, le diverse zone sono state cartografate con un dettaglio diverso, e per alcune aree sono stati presi i dati di studi ormai datati.
Al livello del singolo appezzamento le informazioni della carta pedologica vanno quindi sempre prese in maniera ragionata, accertandosi che la tipologia di suolo presente corrisponda effettivamente a quella indicata della carta. I caratteri (pietrosità superficiale, tessitura, scheletro, profondità, ecc.) di ogni UTS forniti dalla carta e dal catalogo dei suoli (Allegato I) permettono a qualsiasi tecnico e agricoltore, dedicando la dovuta attenzione, ed eventualmente utilizzando una trivella manuale, questa verifica.

A volte la maggior parte dei caratteri del suolo corrispondono a quelli indicati dalla carta, ma uno o più attributi (per esempio la profondità, o lo scheletro) si discostano. Nel caso invece il suolo del vigneto non corrisponda alla tipologia (dominante) indicata dalla carta, più spesso è afferibile a una tipologia (UTS) che domina in zone adiacenti. Anche in questo un uso ragionato della cartografia permette di arrivare alle informazioni che servono per la gestione.

Va infine considerato che per numerose UTS si dispone di molti dati, e quindi le relative informazioni, comprendendo anche i principali parametri fisici e chimici, si possono considerare molto affidabili. Per altre invece, che in genere coprono limitate estensioni, o che sono presenti in zone cartografate in epoca meno recente (in particolare la valle di Cembra), i dati disponibili sono limitati, quindi l'informazione è per ora più incerta. Quando si considera una data UTS va quindi osservato anche il grado di fiducia, facendo più attenzione quando questo è basso, o anche medio. In tali casi può essere utile considerare anche i dati relativi ai raggruppamenti (Gruppo di substrato, o Gruppo funzionale, ecc.) al quale appartiene l'UTS (Capitolo 4), che hanno forchette più ampie, ma pur sempre relativamente affidabili.





3

I SUOLI

Giacomo Sartori, Andrea Parisi

I SUOLI DELLE AREE VITICOLE TRENTINE

Nelle aree viticole trentine si ritrovano molte tipologie di suolo: sono state descritte 151 Unità tipologiche (UTS). I tipi di materiali di partenza sono infatti numerosi e molto diversificati: depositi di varia origine (quantitativamente dominano quelli glaciali, seguiti da quelli di conoide e alluvionali) e di varia natura, calcarei (prevalentemente) o non calcarei (Valsugana), grossolani o fini, o anche roccia in posto, marnosa o basaltica. E pure le morfologie delle superfici sono diverse, così come il drenaggio in profondità e i parametri climatici. Tale ricchezza di condizioni si traduce in una notevole varietà di coperture pedologiche.

Effetti degli interventi antropici

I suoli dei vigneti trentini risentono in misura più o meno accentuata degli interventi e delle pratiche recenti o meno recenti. Va considerato che molte zone attualmente vitate sono coltivate intensamente da centinaia o migliaia di anni. È il caso in particolare delle superfici dei conoidi, dove si trovavano e si trovano anche i centri abitati, e di quelle di bassa collina più pianeggianti. In molte aree la viticoltura è attestata da reperti archeologici già anticamente (Stefanini e Tomasi, 2010), e per l'area di Trento è descritta nei dettagli nel diciassettesimo secolo (Mariani, 1673).

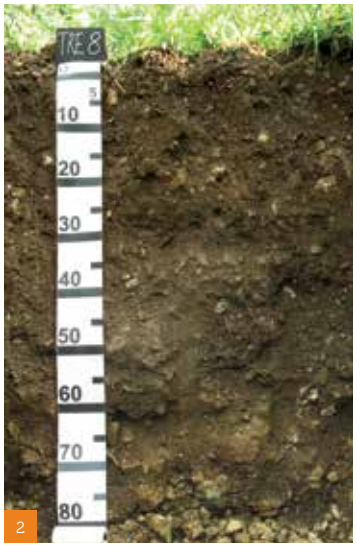
Se si eccettuano i fondovalle alluvionali, nella maggior parte delle zone tutto il suolo risente degli interventi secolari e dei processi erosivi da essi innescati[1]. È il caso per esempio dei suoli superficiali dei conoidi, il cui orizzonte coltivato poggia direttamente sul materiale parentale soggiacente (profilo di tipo Ap-C) (Foto 1). Anche dove i

Foto 1
Suolo a profondità utile alle radici moderatamente bassa lavorato su tutto lo spessore (suoli Ravina, RAV1)

Foto 2
Suolo a profondità utile alle radici moderatamente alta lavorato su tutto lo spessore (suoli San Rocco, SRO1)

Foto 3
Suolo a profondità utile alle radici elevata lavorato solo in superficie (suoli Civezzano, CVZ1)


1



2


3

(1) I suoli arati delle superfici inclinate sono soggetti all'erosione idrica, in particolare nel caso di eventi violenti.



Foto 4
Versanti con materiali glaciali misti a Savignano (Vallagarina), terrazzati

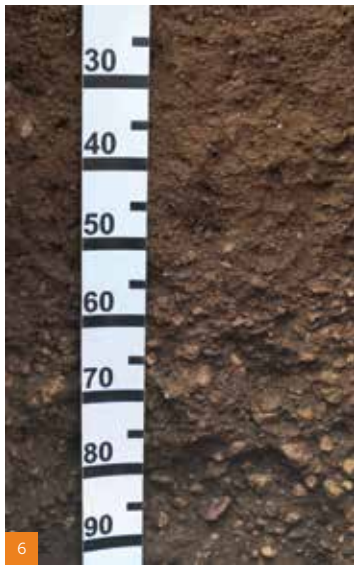
suoli sono più profondi (sempre su conoide, o anche su materiali glaciali), ed è riconoscibile un orizzonte subsuperficiale (orizzonte B), questo è quasi sempre rimaneggiato e rimescolato, come si evince dalla colorazione scura, legata a una incorporazione in profondità della sostanza organica (Foto 2) e/o dai frammenti di manufatti che si ritrovano. Fanno eccezione i suoli molto profondi delle piane glaciali, dove in genere solo l'orizzonte di superficie è rimescolato, mentre gli orizzonti sottostanti sono quelli originari (Foto 3).
In molte aree i suoli sono stati spietrati[2], asportando i frammenti più grossolani. È il caso più diffuso negli stretti terrazzamenti dei versanti più pendenti, dove i terreni sono in genere stati vagliati e redistribuiti sulla superficie tra i due muri (Foto 4).
Su tutti i conoidi e la collina con materiali glaciali della Vallagarina, in passato è stato eseguito l'interramento in profondità (a partire dai 50-70 centimetri) dei ciottoli e delle pietre, separate tramite vagliatura manuale (Corradini *et al.,* 1997). Alla base del suolo ottenuto da vagliatura, superficiale o più spesso moderatamente profondo, è presente allora un orizzonte costituito dai ciottoli interrati (ACp o BCp), povero di frazione fine. Nel primo caso il profilo ha una sequenza di orizzonti Ap-ACp-C (Foto 5 e 6), nel secondo Ap-Bw-BCp-BC (Foto 7 e 8).

(2) La pietrosità in superficie e lo scheletro nel suolo erano anche il risultato dello sfruttamento dei suoli, che riportava in superficie gli elementi grossolani presenti in profondità.

A dispetto degli impatti sopra descritti, i suoli dei vigneti conservano pur sempre nella maggior parte dei casi molti caratteri dei suoli originari, e possono essere a questi assimilati. Tale approccio genetico permette di comprendere la loro posizione nel paesaggio, la loro storia, e l'impronta che conservano dei materiali parentali (depositi sciolti) o dei substrati (roccia in posto) che li hanno generati.

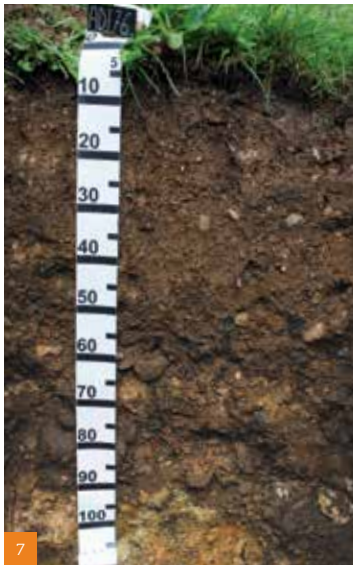


5



6

Foto 5 e 6
Suolo da materiali glaciali con ciottoli interrati dopo vagliatura manuale (suoli Savignano, SAV1)



7


8

Foto 7 e 8
Suolo da materiali glaciali con ciottoli grossolani interrati dopo vagliatura manuale (suoli Pedersano, PED1)

SUOLI PIÙ DIFFUSI

La tipologia pedogenetica di suolo di gran lunga più diffusa (Fig. 1 e Tab. 1) è quella dei cambisuoli (WRB[3]: *Cambisols*) che occupano in totale più della metà (58,2%) delle superfici rilevate. Fatta eccezione per i conoidi, e per i depositi alluvionali recenti, tali suoli dominano su tutti i materiali, hanno in genere una profondità utile alle radici da moderatamente alta a elevata (più spesso 80-120 cm) e sono molto spesso scheletrici. Nella maggior parte dei casi, e tanto più quanto le pendenze sono alte, possono essere considerati il risultato dell'azione antropica sui suoli originari, più profondi e meno scheletrici, e dei processi erosivi da essa innescati.

La seconda tipologia per diffusione sono i regosuoli, suoli poco evoluti e poco profondi (più spesso 50-80 cm) che si ritrovano sulle superfici più giovani, e in particolare sui conoidi e sui depositi alluvionali recenti, dove il tempo non ha permesso l'evoluzione di suoli più sviluppati. Si rinvengono anche dove l'erosione e/o le sistemazioni agrarie hanno asportato gran parte della copertura pedologica originaria, e sui terrazzamenti e ciglionamenti. Occupano più di un quinto (22,4%) delle superfici rilevate. Essi sono in genere molto scheletrici.

I suoli più sviluppati, profondi e senza scheletro, i luvisuoli (WRB: *Luvisols*), occupano una superficie limitata (7,3%). Essi possono essere considerati tipici delle superfici dove la pedogenesi ha avuto modo di svilupparsi indisturbata dall'epoca postglaciale a ora (Sartori *et al.*, 1997). Si ritrovano quasi esclusivamente sulle piane glaciali con morfologie pianeggianti, che non sono molto diffuse[4] (Foto 9). Essi dominavano probabilmente in passato su molte superfici dei versanti, in particolare su depositi glaciali (Sartori e Mancabelli, 2009), ma per effetto della coltivazione, delle lavorazioni, e della messa in dimora dei vigneti, hanno perso i caratteri originari distintivi (e in particolare l'accumulo di argilla nell'orizzonte B).

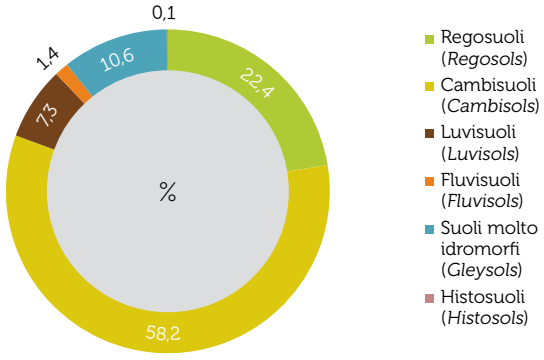


Figura 1
Percentuali della superficie totale cartografata occupate da regosuoli, cambisuoli[5], luvisuoli, fluvisuoli, gleysols (suoli molto idromorfi) e histosuoli (suoli organici) (WRB)

(3) World Reference Base (IUSS Working Group WRB, 2015).

(4) In Valle di Non, dove le piane glaciali sono molto diffuse, e dove molte superfici pianeggianti conservano spesso una relativa naturalità, essi sono percentualmente molto più abbondanti (un quarto della superficie cartografata) (Porro *et al.*, 2017a).

(5) Per semplicità sono stati inclusi anche i cambisuoli con un orizzonte di superficie ricco di sostanza organica e scuro, che il WRB chiama *Phaeozems*, che hanno diffusione limitata.

Foto 9
La piana glaciale di Povo e Villazzano, caratterizzata da luvisuoli profondi

I suoli molto idromorfi (WRB: *Gleysols*), dove la profondità delle radici è limitata dalla presenza di una falda molto superficiale, occupano una superficie considerevole dell'area cartografata (10,6%). Va però tenuto presente che solo in piccola parte sono dedicati alla viticoltura. A parte due eccezioni essi sono presenti nelle piane alluvionali, e sono molto abbondanti in particolare nel fondovalle della Valle dell'Adige a nord del capoluogo.
Superfici molto ridotte (1,4%) occupano i fluvisuoli (WRB: *Fluvisols*), i suoli alluvionali poco sviluppati nei quali si riconoscono ancora le



Foto 10
Terrazzo fluviale recente (ischia) in Vallagarina, caratterizzato da fluvisuoli

TIPOLOGIE DI SUOLO (WRB)	SEQUENZA DI ORIZZONTI	PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI (cm)	% DELLA SUPERFICIE TOTALE CARTOGRAFATA	NUMERO DI UTS DESCRITTE
Cambisuoli (*Cambisols*)	Ap-Bw-(BC-)C	80-120	58,2	95
Regosuoli (*Regosols*)	Ap-(AC-)C	50-80	22,4	21
Suoli molto idromorfi (*Gleysols*)	Ap-Bwg-Cg	40-50	10,6	10
Luvisuoli (*Luvisols*)	Ap-Bt-(BC-)C	70-160	7,3	21
Fluvisuoli (*Fluvisols*)	Ap-C	80-130	1,4	3
Histosuoli (*Histosols*)	Ap-Bwg-Og	30-50	0,1	1

Tabella 1
Sequenza di orizzonti, profondità utile alle radici, percentuali della superficie totale cartografata, e numero di UTS descritte per ciascuna delle tipologie di suolo

stratificazioni dei sedimenti fluviali (Foto 10), e i suoli torbosi o organici (WRB: *Histosols*), che sono stati osservati solo in piccole zone a Roveré della Luna e nella piana di Terlago.

Cambisuoli

I cambisuoli si originano da materiali e sedimenti di varia origine e sono caratterizzati da una sequenza di orizzonti di tipo Ap-Bw-C (o Ap-Bw-(BC-)C). Hanno quindi un orizzonte subsuperficiale di alterazione Bw e sono privi di un orizzonte più sviluppato, con accumulo di argilla (orizzonte Bt) traslocata dalla superficie del suolo (Foto 11 e 12, 13 e 14). Essi possono essere considerati dei suoli mediamente sviluppati.
Complessivamente sono state descritte 95 UTS di cambisuoli, di cui 31 su materiali glaciali misti, sui quali dominano nettamente, esclu-


11


12

Foto 11 e 12
Cambisuolo a profondità utile alle radici elevata su materiali glaciali misti (suoli Calavino, CLA1)





Foto 13 e 14
Cambisuolo a profondità utile alle radici elevata su conoide dolomitico (suoli Aldeno, ALD1)

dendo le zone subpianeggianti, e 19 su alluvionale. Meno frequenti quelli su conoide, presenti in particolare nelle porzioni distali (Foto 15), o sui conoidi più antichi (fossili). La profondità, la tessitura, e gli altri caratteri, sono diversi a seconda dei materiali di origine. Lo scheletro è in genere significativamente presente, e la sua abbondanza aumenta con la profondità.
La maggior parte delle UTS (51) ha profondità utile alle radici elevata (>100 cm), 34 hanno profondità moderatamente alta (75-100 cm), e 10 moderatamente bassa (50-75 cm). Il sottogruppo di tessitura

Foto 15
Il conoide di Besenello (sulla destra), e nella sua porzione distale (in basso), alla congiunzione con il conoide di Calliano (sulla sinistra), l'area con i cambisuoli





più frequente è quello franco (39 UTS), seguito da quello franco sabbioso (36 UTS) e da quello franco limoso (20 UTS).
I cambisuoli dei vigneti trentini sono quasi sempre calcarei, vale a dire contengono carbonati perché i materiali parentali sono prevalentemente, carbonatici. Fanno eccezione quelli su glaciale silicatico in Alta e Media Valsugana (6 UTS).
Quando le superfici con i materiali glaciali sono più pendenti, esse sono terrazzate (Foto 16 e 17). I suoli di tali terrazzi sono sempre

Foto 16
Versanti con materiali glaciali misti che sono stati terrazzati, sui quali si ritrovano dei cambisuoli (Val di Gresta)



Foto 17
Versanti con materiali glaciali misti (con componente basaltica) che sono stati terrazzati, sui quali si ritrovano dei cambisuoli

spietrati e/o rimaneggiati, nell'orizzonte di superficie e anche in profondità (orizzonte Bw), ma i caratteri edafici principali restano in genere quelli dei suoli originari.

Regosuoli

I suoli superficiali, o regosuoli[6], hanno una sequenza di orizzonti di tipo Ap-(AC-)C, e l'orizzonte B è assente. La profondità utile alle radici è limitata (40-75 cm) e, sotto l'orizzonte lavorato, sono di solito presenti direttamente i materiali di partenza o un sottile orizzonte di transizione (AC). La profondità ridotta è un fattore molto limitante per l'utilizzo agronomico, in particolare per quanto riguarda l'acqua immagazzinabile dal suolo. Essa è molto ridotta anche per la quantità di scheletro, sempre elevata, e la tessitura più spesso grossolana. Gli altri caratteri sono legati alla natura dei materiali parentali.

I regosuoli dominano sui conoidi (SP 7), formazioni che per la maggior parte hanno ricevuto apporti di materiali fino a tempi recenti, quando i relativi corsi di acqua sono stati regimati. I depositi di queste formazioni sono di varia natura:

- dolomitica (es. suoli Ravina, RAV1, e suoli Maso nuovo di Mezzacorona, MAS1) (Foto 18 e 19);
- calcarea (es. suoli Avio, AVI1, suoli Riva, RIV1);
- silicatica (suoli Novaledo, NVD1, suoli Pergine, PGN1) (Foto 20);
- mista carbonatica-silicatica (suoli Sarche, SAR1)[7] (Foto 4).

I regosuoli coprono anche i depositi gravitativi o colluviali (SP 3), in particolare dolomitici (suoli Novaline, NOA1 e NOA2), anch'essi caratterizzati da una evoluzione del suolo molto ridotta (Foto 21).

Quando le superfici dei conoidi sono più pendenti, e in particolare nelle parti apicali delle formazioni, esse sono terrazzate (Foto 22, 23



18


19

Foto 18 e 19
Regosuolo di conoide dolomitico (suoli Ravina, RAV1)

(6) Nel WRB (IUSS Working Group WRB, 2006) questi suoli sono inquadrati nei *Regosols*, ma anche nei *Phaeozems* (quando la sostanza organica è abbondante, e impartisce una colorazione scura) e nei *Gleysols* (quando sono molto idromorfi).

(7) La Piana Rotaliana, che dal punto di vista morfolitologico è un conoide a litologia mista, è caratterizzata, anche in relazione al fatto che in superficie sono sempre presenti materiali non scheletrici, da suoli più sviluppati.

e 24). Tali suoli terrazzati sono dei regosuoli rimaneggiati, sempre spietrati, e la cui profondità aumenta andando dalla base del muro a monte verso quello a valle. I caratteri edafici principali restano sostanzialmente quelli dei suoli originari.
Pure i suoli delle bonifiche agrarie, sia che i materiali pedogenizzati ricollocati in superficie siano locali o alloctoni, sono regosuoli. In questo caso la profondità dipende dalle modalità dei lavori, e nelle sistemazioni relativamente meno recenti può essere anche notevole (suoli Marocche, MRC1)[8].
Sono state descritte 21 UTS di regosuoli. Essi occupano complessivamente quasi un quarto (22,4%) della zona rilevata.


20



21

Foto 20
Regosuolo di conoide silicatico (suoli Novaledo, NVD1)

Foto 21
Regosuolo di conoide dolomitico (suoli Novaline grossolani, NOA2)



Foto 22
Versante di detriti calcarei in Vallagarina, con regosuoli (suoli Novaline grossolani, NOA2)

(8) Con un profilo di tipo Ap1-Ap2-C.





Foto 23 e 24
Terrazzo su detrito calcareo (Avio), con regosuolo rimaneggiato (suoli Avio, AVI1)

Luvisuoli

I luvisuoli[9] sono caratterizzati da una sequenza di orizzonti Ap-Bt-C (o Ap-Bt-(BC-)C (Sartori *et al.*, 1997). Essi hanno quindi un orizzonte subsuperficiale di accumulo relativo di argilla (orizzonte Bt), più ricco in elementi fini degli orizzonti soprastanti e sottostanti, e in genere più arrossato (Foto 25, 26 e 27). La frazione argillosa qui accumulata (l'aumento, maggiore alla base del Bt, è in genere nell'ordine del 15-30%) è stata traslocata nel tempo dalla superficie del suolo, che si è impoverita[10].

La maggior parte dei luvisuoli delle aree viticole trentine sono sviluppati su materiali glaciali (Villazzano, Cavedine, Besagno), o fluvioglaciali (Pilcante, Val di Cembra), scheletrici. Essi sono presenti anche su materiali alluvionali antichi (Piana di Dro, Ziresi), sul conoide (antico) di Vigolo Vattaro, e su roccia in posto, basaltica (Isera, Bergamini) o siltitica (Gabbiolo di Povo).



Foto 25
Luvisuolo su materiali glaciali misti (suoli Cavedine, CVD1)

Gran parte degli elementi grossolani (pietre e sabbia) di questi suoli sono stati alterati, dando luogo a frazioni fini (limo e argilla). Per questa ragione essi sono in genere privi o poveri di scheletro, in particolare in superficie, e la tessitura è più spesso fine o media (a meno che i materiali di partenza siano molto sabbiosi). Una frazione più o meno grande dei carbonati presenti in origine, o anche la totalità, sono stati allontanati dall'acqua che drena nel suolo

(9) World Reference Base (IUSS Working Group WRB, 2006): *Luvisols*.

(10) A causa del rimescolamento dello strato di superficie (orizzonte Ap), l'incremento è in genere meno evidente rispetto ai suoli naturali.





Foto 26 e 27
Luvisuolo su materiali glaciali misti (suoli Cavedine, CVD1)

(processo di decarbonatazione). Spesso però la coltivazione porta a una ricarbonatazione secondaria, in particolare dell'orizzonte lavorato, o più raramente di tutto il suolo.
Proprio per l'intensa alterazione dei materiali di partenza, i luvisuoli sono profondi o molto profondi (da 110 a 170 cm). La profondità utile alle radici è elevata (>100 cm), con qualche eccezione dovuta a situazioni particolari.
I luvisuoli si sono formati in un periodo assai lungo, perché i processi descritti sono molto lenti. L'accumulo di argilla è ancora relativamente ridotto, ma per le vallate alpine, dove la pedogenesi è postglaciale, possono essere considerati suoli molto sviluppati. Essi sono quindi caratteristici delle zone pianeggianti, dove l'alterazione dei materiali di partenza ha agito per molto tempo, vale a dire dalla scomparsa delle lingue di ghiaccio (circa 15.000 anni fa), indisturbata.
Complessivamente sono state descritte 21 UTS di luvisuoli. Essi occupano il 7,3% della zona rilevata.

I SUOLI DELLA PIANA ROTALIANA

Allo sbocco della valle di Non nella Valle dell'Adige è presente il vastissimo conoide del Noce. Esso ha una inclinazione molto ridotta, e va a costituire la nota Piana Rotaliana, con i due abitati di Mezzolombardo e Mezzocorona. Su questa area viticola di pregio, morfologicamente ben definita e molto omogenea per quanto riguarda i depositi che danno origine alle coperture pedologiche, si coltiva da lunghissimo tempo il vitigno Teroldego. Nella sua zona centrale di maggiore espansione, in corrispondenza dell'abitato di Grumo, il conoide arriva a lambire il fiume Adige, che scorre sul margine sinistro della valle.

I sedimenti del conoide del torrente Noce da cui si sono sviluppati i suoli sono ciottolosi-sabbiosi, con una prevalenza in genere delle litologie silicatiche nei clasti grossolani, o meno frequentemente sono sabbiosi. La falda freatica è molto profonda (più di venti metri) nella porzione superiore del conoide, mentre nelle sue zone distali, a contatto con i materiali alluvionali dell'Adige (a ovest) e del Noce (a sud) è molto superficiale. Solo le zone distali, con depositi interdigitati con quelli alluvionali dell'Adige, possono quindi avere problemi di idromorfia.

Le due fasce laterali del conoide, con i due abitati rispettivamente di Mezzolombardo e Mezzocorona, corrispondono alle zone più stabili. In queste aree si trovano principalmente cambisuoli a tessitura franco limosa, con una frazione argillosa molto scarsa (<10%), scheletro scarso, e profondità utile alle radici elevata (suoli Settepergole di Mezzolombardo, SET1) o moderatamente alta, per la presenza di ghiaie entro il primo metro di profondità (suoli Settepergole di Mezzolombardo moderatamente profondi, SET2). A ridosso di Mezzolombardo è presenta un'area con suoli molto vocati, profondi e a tessitura franco sabbiosa (suoli Morei, MRE1). A ridosso di Mezzocorona si osserva una fascia con regosuoli profondi a tessitura sabbioso franca (suoli Campazzi, CPA1). Nella fascia

Foto 28
Cambisuoli profondi a tessitura grossolana su depositi sabbiosi del conoide del Noce (suoli Campazzi, CPE 1)

Foto 29 e 30
Regosuoli superficiali su depositi ghiaiosi del conoide del Noce (suoli Entichiari, ENT1)



28


29


30

centrale del conoide, che corrisponde al corso storico del Noce, quando questo sfociava nell'Adige nei pressi di Grumo, prima che il torrente fosse deviato (1848-1852), si trovano suoli Sottili, con tessitura da franca a franco sabbiosa, con capacità di ritenzione idrica molto limitata (suoli Entichiari, ENT1) (Foto 28 e 29).

I SUOLI DEL MARZEMINO SUPERIORE DI ISERA

La sottozona Isera della denominazione di origine Marzemino Superiore si estende nel tratto tra Villa Lagarina e Molina di Mori, ai margini della piana alluvionale della Valle dell'Adige e sulla bassa collina. Essa comprende suoli differenti, sempre ben drenati, e in genere profondi. Nelle tipologie più diffuse, che costituiscono l'ambiente edafico più tradizionale e noto del Marzemino, si riconosce una più o meno abbondante componente basaltica.

Nell'area a sud di Marano prevalgono i suoli profondi sviluppati da materiali glaciali a litologia mista, a tessitura media (franca) e ben drenati. La presenza di materiali basaltici, è particolarmente pronunciata nei suoli Marano (MAR1), più diffusi, dove impartisce una colorazione bruno scura anche in profondità. Vista la facile degradazione delle componenti vulcaniche, lo scheletro è relativamente scarso (circa 15%). Nei suoli Pedersano (PED1), sottoposti in passato a vagliatura e interramento delle frazioni grossolane, relativamente più abbondanti (circa 25%), l'apporto basaltico è invece marginale, e si evidenzia solo localmente.

I suoli basaltici veri e propri, sviluppati su affioramenti vulcanici, sono presenti in particolare nella zona di Isera. Essi hanno colorazione scura, hanno tessitura media (franca) e sono profondi (suoli Isera, ISE1), in particolare nelle aree pianeggianti. Nelle zone inclinate sono poco profondi e più grossolani (suoli Isera franco sabbiosi, ISE2).

Nella zona più settentrionale, a nord di Marano, prevalgono le coperture pedologiche rappresentate da suoli ben drenati di porzione distale di conoide dolomitico (suoli Nogaredo, NGA1), caratterizzati dalla presenza di una componente basaltica. Essi sono profondi e poveri di scheletro, e hanno tessitura media (franca). Nella porzione della piana alluvionale, adiacente al fiume, si osservano invece suoli alluvionali a tessitura grossolana, profondi e privi di scheletro (suoli Pradi, PDI1).



31



32

Foto 31
Luvisuolo basaltico profondo a tessitura media (suoli Isera, ISE1)

Foto 32
Cambisuolo basaltico poco profondo (suoli Isera franco sabbiosi, ISE2)





4

GRUPPI DI SUOLI

Giacomo Sartori, Costanza Calzolari,
Andrea Parisi, Fabrizio Ungaro

TIPOLOGIE DI SUOLO

Elaborando i dati di campagna e di laboratorio disponibili si sono definite le tipologie di suolo (Unità tipologiche di suolo, o UTS) che si ritrovano nelle varie zone. Le UTS sono di due tipi, le serie di suolo, che rappresentato le tipologie principali, e le fasi di serie, che ne sono i sottotipi (Capitolo 1). Un esempio di serie sono i suoli Novaline (NOA1), che hanno una fase Novaline grossolani (NOA2). Per convenzione europea, ogni UTS ha infatti una sigla di tre lettere, che richiama il nome della località di maggiore diffusione (e/o più tipica)[1] e una cifra. Tale sigla è utilizzata sia nella carta pedologica (nell'etichetta che caratterizza ogni delineazione), che nel Catalogo delle UTS (Allegato I) e nella banca dati.

L'esperienza delle zonazioni viticole condotte nei decenni passati mostra la necessità che i dati sui suoli siano organizzati tenendo conto delle esigenze della pianificazione e della gestione. Gli studi pedologici molto dettagliati che nella maggior parte esse prevedevano sono rimasti in genere sottoutilizzati, per la difficoltà che incontravano i tecnici viticoli nel gestire la estrema frammentarietà delle informazioni, e il carattere molto specialistico delle classificazioni usate, non sempre utili ai fini viticoli (Fitzpatrick, 2013). I nuovi strumenti di cartografia e interrogazione digitali permettono ora di sormontare tali limiti, strutturando i dati acquisiti in modo da agevolare il loro utilizzo.

Per adattarsi alla notevole articolazione delle superfici tipica degli ambienti prealpini e alpini (Sartori e Mancabelli, 2009), alla quale si aggiungono gli effetti diversificati dell'azione dell'uomo, nella definizione delle UTS delle zone non ancora cartografate nel presente studio ci si è discostati quindi in parte dalle norme valide per altri ambienti (USDA, 2017). Tenendo conto delle necessità della gestione agronomica e viticola, si è mirato in particolare a:

- tenere il loro numero il più basso possibile[2];
- creare tipologie ben riconoscibili e ben distinte le une dalle altre, evitando il più possibile le parziali sovrapposizioni tra tipi simili, e mirando alla facilità di utilizzo e di comunicazione delle stesse;
- dare priorità ai caratteri che condizionano l'utilizzo agronomico e viticolo, senza dare peso a eventuali differenze di classificazione[3] e/o a altri elementi diagnostici per gli specialisti dei suoli e dal punto di vista scientifico, ma senza risvolti pratici;

(1) Va specificato che in alcuni casi (non frequenti) qualche poligono della carta viene attribuito a una UTS tipica di una località situata a notevole distanza, se il suolo è analogo (per es. il suolo Oltrecastello sottile, OLT3, caratteristico della collina di Trento, è presente sporadicamente anche sulla collina di Arco).

(2) Quando però una tipologia presentava specifiche e peculiari caratteristiche, non riscontrate altrove, la si è mantenuta anche se la superficie interessata era molto ridotta.

(3) È il caso in particolare della presenza dell'orizzonte Bt, che ha un grande rilievo nelle classificazioni (luvisuoli), quando in molte situazioni può essere presente o meno a seconda dell'impatto degli interventi passati, e comunque la sua presenza ai fini pratici non ha rilievo, essendo l'accumulo di argilla negli ambienti alpini in genere molto limitato (Sartori *et al.*, 1997).

- costituire una fase, invece di una nuova serie, anche quando il carattere differenziante impartisce una o più proprietà agronomiche molto diverse dalla serie di appartenenza[4], quando le superfici interessate non erano estese, o comunque si preferiva enfatizzare il forte legame con la serie[5]. Questo anche per dare la priorità alla facilità di riconoscimento in campagna (il colore del suolo resta in genere lo stesso), di comunicazione e di utilizzo della carta.

Per quanto riguarda gli studi pedologici già esistenti, la maggior parte contenevano un numero di tipologie molto elevato, e in molti casi le differenziazioni non erano basate su parametri precisi e misurabili. Si è svolto allora un lavoro di sintesi e armonizzazione, accorpando le UTS che non era possibile tenere separate con criteri certi e oggettivi, o che erano già presenti sotto altro nome nella banca dati. Questa sintesi ha permesso di ridurre notevolmente le UTS. Vista l'estensione dell'area e la grande varietà di materiali parentali e di morfologie dei vigneti trentini, il numero complessivo delle UTS (serie + fasi) rimane pur sempre relativamente elevato, 151, delle quali 95 serie e 56 fasi di serie (Allegato I). Alla luce della finalità tecnica del lavoro, era quindi auspicabile creare un numero ridotto di accorpamenti di suoli con caratteristiche simili. Sono stati allora definiti dei Gruppi e dei Sottogruppi di UTS sulla base delle proprietà più importanti ai fini dell'utilizzo viti-vinicolo: substrato pedogenetico, profondità utile per le radici, tessitura, presenza di idromorfia.

Suoli dei vigneti e interventi di bonifica agraria

Negli ultimi decenni molte superfici sono state sistemate mediante l'utilizzo di mezzi meccanici, rendendole più regolari, o formando gradoni o altri tipi di sistemazioni agrarie. A seconda delle modalità degli interventi i caratteri dei suoli possono discostarsi allora in maniera più o meno consistente da quelli originari, in particolare per quanto riguarda la profondità utile alle radici. Nella maggior parte dei casi, se non sono stati apportati materiali da altre zone, permangono pur sempre molte caratteristiche dei suoli di origine (tessitura, carbonati, disponibilità di elementi nutritivi) (Foto 1 e 2), mentre spesso si osserva una diminuzione più o meno accentuata della sostanza organica, e un aumento dello scheletro e della pietrosità superficiale. Quando le procedure adottate non sono state accurate, sono in genere presenti zone di accumulo, con terreni più profondi, e zone di asporto, con coperture più sottili e più povere.

In molti casi sono invece riconoscibili apporti in superficie di terreni e/o materiali da altre zone, riconoscibili per i diversi caratteri (tes-

(4) In particolare, quando la profondità utile differisce per due classi, e quindi la riserva di acqua è molto diversa (es. fase suoli Oltrecastello Sottili, OLT3, rispetto alla serie OLT1).

(5) In particolare, per quanto riguarda un substrato particolare (basalto, calcari marnosi, ecc.) o una località/forma ben precisa (per es. suoli Pilcante, PIL1, dei terrazzi fluvioglaciali nell'area omonima, e relative fasi).





Foto 1 e 2
Superfice sistemata (Val Sorda) con suoli colluviali dolomitici rimaneggiati che mantengono i caratteri di quelli originari (suoli San Rocco, SRO1)

situra, litologia e quantità dello scheletro, carbonati, colore, ecc.). Tali apporti alloctoni possono essere presenti in superficie (Foto 3 e 4) o anche essere stati amalgamati con i suoli locali. Più sono abbondanti, più la loro natura e le modalità della loro messa in posto condizionano i suoli dei relativi vigneti.

Quali che siano gli interventi antropici e il loro livello di impatto, il riferimento alle tipologie messe a punto da questo lavoro (Allegato I) fornisce pur sempre informazioni molto utili. Quando le modifiche sono lievi i suoli mantengono in genere le caratteristiche dell'UTS, pur discostandosi per qualche parametro (per es. lo scheletro più abbondante, o la profondità minore o maggiore) (Foto 5). Ma anche dove essi sono più radicali, o anche i materiali apportati obliterano completamente i caratteri dei suoli naturali, il riferimento alla UTS più vicina costituisce un aiuto. I suoli della maggior parte delle bonifiche agrarie, comprese le superfici che sono state completamente rimodellate, e/o dove sono stati apportati grandi quantità di materiali alloctoni, sono riconducibili in genere a una tipologia del Catalogo dell'Allegato I (o mal che vada stanno a cavallo tra due tipologie).

Tra le tipologie individuate, due (suoli Lavini di Marco, LVI1, e suoli Marocche, MRC1) sono costituite da suoli che possono essere con-





Foto 3 e 4
Superfice di conoide dolomitico sistemata (Mattarello), con apporto in superficie (Ap) di materiali limosi alluvionali del fondovalle, più fini rispetto ai suoli originari (suoli Ravina, RAV1)



Foto 5
Superfici di conoide dolomitico risistemate mediante bonifica agraria (suoli Ravina, RAV1)

siderati di apporto, essendo costituiti prevalentemente da materiali pedogenizzati[6] di apporto. Ma certo studiando in dettaglio altre vaste bonifiche agrarie, si aggiungeranno nuove tipologie.

GRUPPI DI SUBSTRATO

Le 151 Unità tipologiche di suolo (UTS) sono state accorpate in Gruppi distinti in base al tipo di materiale parentale, elemento che influisce in modo fondamentale su molti caratteri dei suoli. Questi insiemi sono chiamati Gruppi di substrato[7]. Essi mostrano una stretta relazione, in linea di massima, con le Sovraunità di paesaggio (SP), differenziate su base geomorfologica, pur essendo stati individuati invece sulla base dell'origine e del tipo dei materiali parentali. Più in particolare:

- i suoli del Gruppo su alluvionale (AL) corrispondono alle superfici della SP 10 (Piane alluvionali) (Foto 6);
- i suoli dei Gruppi dei conoidi corrispondono alla SP 7 (Conoidi di deiezione), sebbene siano stati qui suddivisi in base alla litologia dei materiali: suoli dei conoidi dolomitici (COdo), suoli dei conoidi calcarei (COca), suoli dei conoidi a litologia mista carbonatica-silicatica (COmi), suoli dei conoidi silicatici (COsi) (Foto 7);
- i suoli dei Gruppi del glaciale corrispondono alle SP 4 e SP 5 (Depositi glaciali di alloggiamento e di contatto) e alla SP 8 (Terrazzi fluvioglaciali), riunendo quindi i materiali glaciali e fluvioglaciali, ma distinguendo invece le varie litologie di questi: suoli su glaciale a litologie miste (carbonatiche-silicatiche, GLmi) (Foto 8), suoli su glaciale silicatico (o prevalentemente silicatico, GLsi) (Foto 9), suoli su glaciale dolomitico (GLdo) e suoli su glaciale calcareo (GLca);

(6) Si tratta pur sempre di suoli di origine naturale, a differenza dei suoli artificiali, ottenuti mescolando materiali minerali e organici di varia origine e tipo.

(7) Per semplicità si è scelto questo termine, anche se a rigore substrato viene usato attualmente solo per le rocce consolidate, e non per i materiali incoerenti (depositi glaciali, alluvionali, ecc.).



Foto 6
La piana alluvionale a sud di Mattarello (sullo sfondo), con suoli alluvionali (Gruppo di substrato AL)

- i suoli dei Gruppi su roccia in posto corrispondono alle SP 1 e SP 2 (Versanti su rocce competenti e poco competenti), ma sono stati distinti in basi alle litologie delle rocce: suoli su calcari marnosi (CM), suoli su basalti (BA), suoli su siltiti (della *Formazione di Werfen,* SI) (Foto 10) e suoli su gessi (superficie molto limitata, a Sorni, GE).

Tali accorpamenti hanno una finalità essenzialmente pratica, legata alla gestione agronomica e viticola. Le tipologie di suolo appartenenti allo stesso Gruppo hanno infatti, come si vedrà, molti caratteri chimici in comune. Il fatto di considerare un numero ridotto di accorpamenti, invece di un alto numero di tipologie singole, permette di facilitare l'individuazione e la comunicazione delle indicazioni gestionali (irrigazione, concimazione, inerbimento, ecc.) più appropriate, e facilita l'estrapolazione a zone anche spazialmente distanti delle conoscenze e dei risultati delle sperimentazioni.

Nella tabella 1 sono elencati tutti i Gruppi, con la rispettiva estensione spaziale delle superfici cartografate[8]. Il Gruppo dei suoli su materiali glaciali a litologia mista è il più importante raggruppamento nell'area di studio, sia in termini di UTS comprese (46), che in termini di profili disponibili (246). Segue il Gruppo dei suoli su

(8) Queste comprendono anche le superfici non agricole (e in particolare aree urbanizzate, strade e corsi d'acqua) e le superfici agricole con utilizzi non viticoli. I valori sono quindi molto superiori a quelli delle effettive superfici dei vigneti e servono per avere un'idea generale della carta realizzata.

alluvionale, con 36 UTS e 133 profili. La sua area risulta essere maggiore (27,4 dell'area totale cartografata), perché sono comprese anche le abbondanti zone non agricole di fondovalle, o con utilizzi diversi dalla viticoltura. È da notare che i conoidi, presi nel loro insieme (Gruppi dei suoli dei conoidi dolomitici, calcarei, silicatici e a litologia mista) rappresentano il 37,4 dell'area cartografata, con 41 UTS e 147 profili.

Foto 7
Levico, e sulla destra la Valsugana, con i suoi conoidi dolomitici (Gruppo di substrato COdo) in destra idrografica e silicatici (Gruppo di substrato COsi) in sinistra, e la stretta fascia alluvionale che li separa (Gruppo di substrato AL)



Foto 8
Superfici con materiali glaciali a litologia mista (Gruppo di substrato GLmi)

In figura 1 è possibile visualizzare le superfici cartografate interessate da ciascun Gruppo di substrato e nella figura 2 si può osservare la distribuzione spaziale degli stessi nell'area provinciale.



9

Foto 9
Versanti della Valle di Cembra coperti da materiali glaciali silicatici (Gruppo di substrato GLsi)

Foto 10
Sulla sinistra i vigneti della zona di Gabbiolo, caratterizzata da siltiti del *Werfen* (Gruppo di substrato SI), che digradano verso la piana di Villazzano, coperta da materiali glaciali a litologia mista (Gruppo di substrato GLmi)



10

GRUPPI DI SUBSTRATO	SIGLA	NUMERO DI UTS	NUMERO DI PROFILI	SUPERFICIE INTERESSATA (ha)	% DELLA SUPERFICIE RILEVATA
Suoli su alluvionale	AL	36	133	6.819	27,4
Suoli dei conoidi dolomitici	COdo	13	70	3.983	16,0
Suoli dei conoidi calcarei	COca	9	47	2.210	8,9
Suoli dei conoidi a litologie mista[9]	COmi	11	16	1.144	4,6
Suoli dei conoidi silicatici	COsi	8	14	1.962	7,9
Suoli su glaciale a litologie mista	GLmi	46	246	6.254	25,2
Suoli su glaciale calcareo	GLca	1	4	38	0,2
Suoli su glaciale dolomitico	GLdo	1	8	110	0,4
Suoli su glaciale silicatico	GLsi	9	43	1.528	6,2
Suoli su calcari marnosi	CM	4	19	410	1,7
Suoli su basalto	BA	9	32	310	1,2
Suoli su siltiti[10]	SI	2	3	58	0,2
Suoli su gessi[11]	GE	2	2	12	0,1

Tabella 1
Gruppi di substrato, sigla, numero di UTS e di profili, e relative superfici, in ettari e come percentuale della superficie totale cartografata

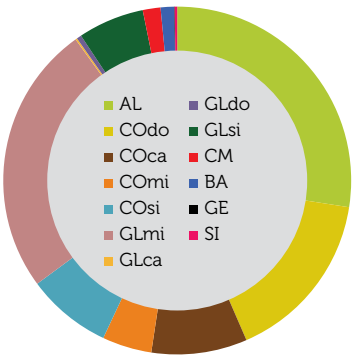


Figura 1
Ripartizione delle superfici occupate dai 13 Gruppi di substrato

(9) I più importanti sono quelli del Noce (Piana Rotaliana) e della piana delle Sarche.

(10) Siltiti della *Formazione di Werfen* (con colore vinaccia, es. S. Michele e Gabbiolo).

(11) Presenti solo nel limitato affioramento di Sorni.

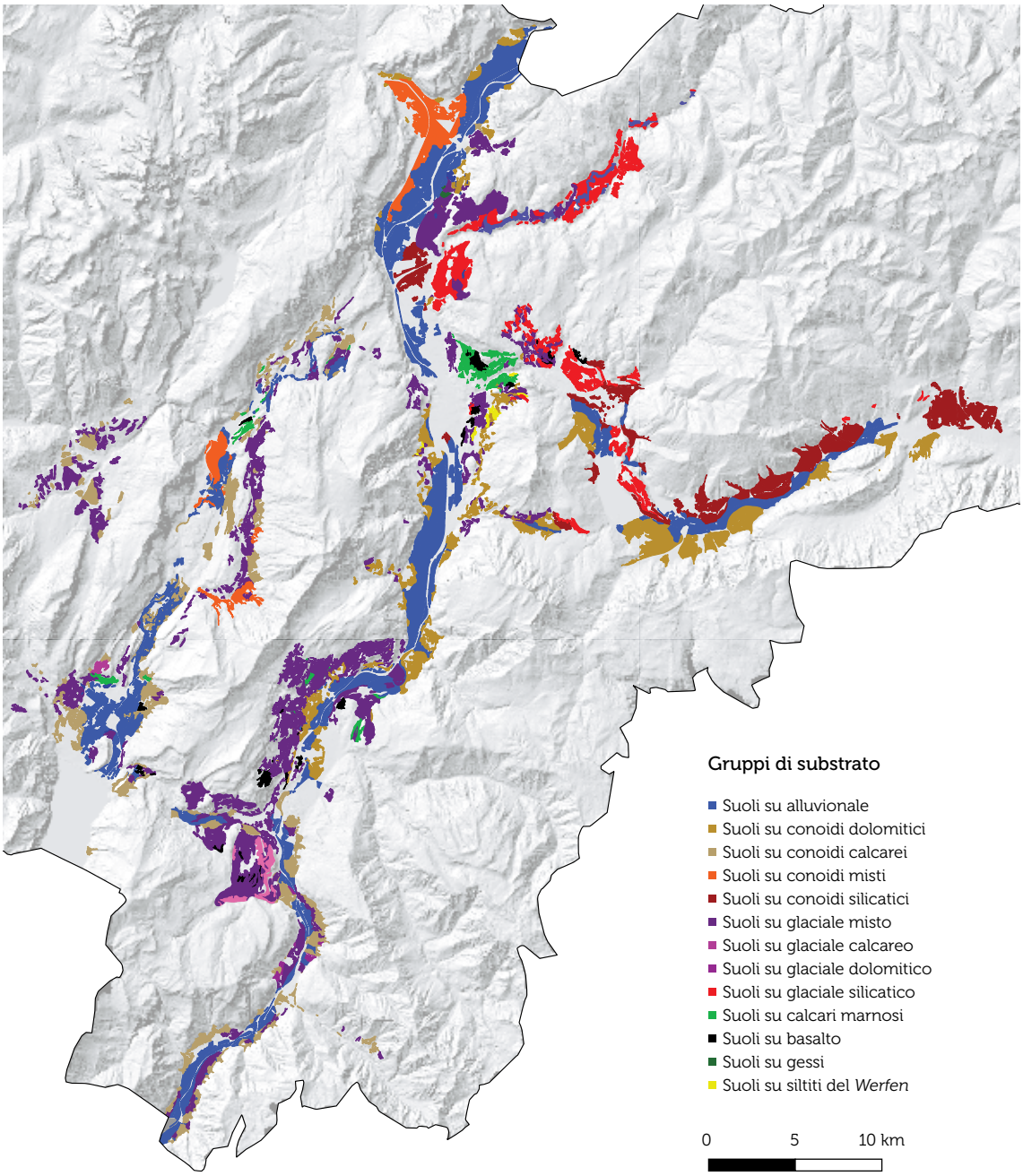


Figura 2
Mappa della distribuzione spaziale dei 13 Gruppi di substrato

SOTTOGRUPPI

Per ogni Gruppo di substrato di UTS sono stati distinti dei Sottogruppi, differenziati in base alle proprietà che sono più influenti per le funzionalità del suolo e quindi per la gestione agronomica. I parametri utilizzati sono la profondità utile esplorabile dalle radici, la tessitura media sul primo metro di suolo e l'assenza o presenza di idromorfia (moderata o forte).

Sottogruppi di profondità utile del suolo

Una delle caratteristiche più importanti dei suoli è la loro profondità utile alle radici. Questa è la misura dello spessore esplorabile dagli apparati radicali delle colture, che influenza in maniera determinante la quantità d'acqua che può essere immagazzinata nel suolo. A parità di condizioni (tessitura, scheletro, ecc.), quest'ultima è tanto minore quanto più è ridotta la profondità utile. Si sottolinea che nel caso della vite la profondità utile ha un'importanza fondamentale, perché, influendo sull'assorbimento dell'acqua da parte della pianta, incide in modo determinante sulla qualità delle uve e dei vini (van Leewuen, 2010).

La profondità utile è un parametro chiave di ogni tipologia di suolo (Allegato I) e resta tendenzialmente costante, rimanendo nell'ambito della stessa. Essa può invece variare anche a distanza ravvicinata, se cambia il tipo di suolo. Si citano come esempi i suoli dei conoidi e delle piane alluvionali, che rispecchiano la notevole eterogeneità spaziale dei depositi, legate alle dinamiche dei corsi d'acqua che hanno originato le forme (argini, letti, zone di decantazione, ecc.).

Per ogni gruppo di UTS sono stati quindi distinti 4 Sottogruppi di profondità utile, basati sui limiti comunemente utilizzati (Allegato II). I Sottogruppi sono riportati nella tabella 2.

Si riportano a titolo esemplificativo i sottogruppi estremi 0 e 3, rispettivamente per profondità utile alle radici bassa (Foto 11) ed elevata (Foto 12).

Nelle piane glaciali e nei terrazzi alluvionali antichi sono presenti talvolta suoli molto profondi, ma la profondità utile (in genere 130-150 cm)[12] resta nell'ambito della classe elevata (>100 cm). Si vedano

Tabella 2
Sottogruppi di profondità utile alle radici, sigla, nome e relativa profondità utile

SIGLA	NOME	PROFONDITÀ UTILE (cm)
0	PU scarsa	<50
1	PU moderatamente bassa	50-75
2	PU moderatamente alta	75-100
3	PU elevata	>100

(12) Tale soglia rappresenta il livello al quale è arrivata l'alterazione dei materiali parentali (che si approfondisce via via nel tempo) nel periodo postglaciale, e per questo è simile nelle varie zone.



11


12

Foto 11
Suolo superficiale su calcari marnosi (suoli Oltrecastello Sottili, OLT3), a profondità utile alle radici bassa (Sottogruppo 0)

Foto 12
Suolo di porzione distale di conoide dolomitico (Suoli Nogaredo, NGA1), a profondità utile alle radici elevata (Sottogruppo 3)

in particolare (Allegato I) i suoli Pressano molto profondi (PRE3), Cavedine (CVD1), Le Coste di Tierno (LCT1), Pilcante (PIL1, PIL2 e PIL3), Civezzano (CVZ1) e Serso (SRS1). L'unica tipologia alla quale è stata attribuita la classe superiore sono i suoli Ziresi (ZIR1). Si sottolinea che si tratta di suoli che inducono un vigore relativamente alto, e dove un numero limitato di radici si spingono in profondità. La classe superiore è stata quindi accorpata con quella attigua, formando un unico Sottogruppo (PU >100 cm).
Le percentuali sul totale dell'area rilevata (Fig. 3) occupate dai quattro Sottogruppi sono le seguenti: suoli a profondità utile elevata 41%, suoli a profondità utile moderatamente elevata 35,1%, suoli a profondità utile moderatamente bassa 22,1%, suoli a profondità utile scarsa 1,8%. Pur con la prudenza dovuta al fatto che tali superfici non si limitano a quelle dei vigneti, si può notare che i suoli con profondità utile limitata (<75 cm) rappresentano circa un quarto dell'area totale.
La figura 4 rappresenta la distribuzione spaziale dei tre Sottogruppi di profondità.

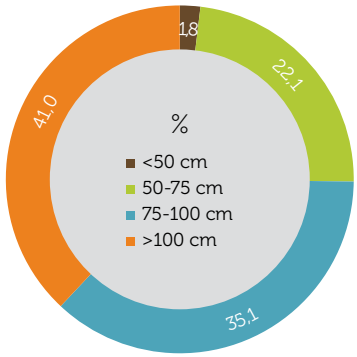


Figura 3
Ripartizione delle superfici occupate dai quattro Sottogruppi di profondità utile del suolo

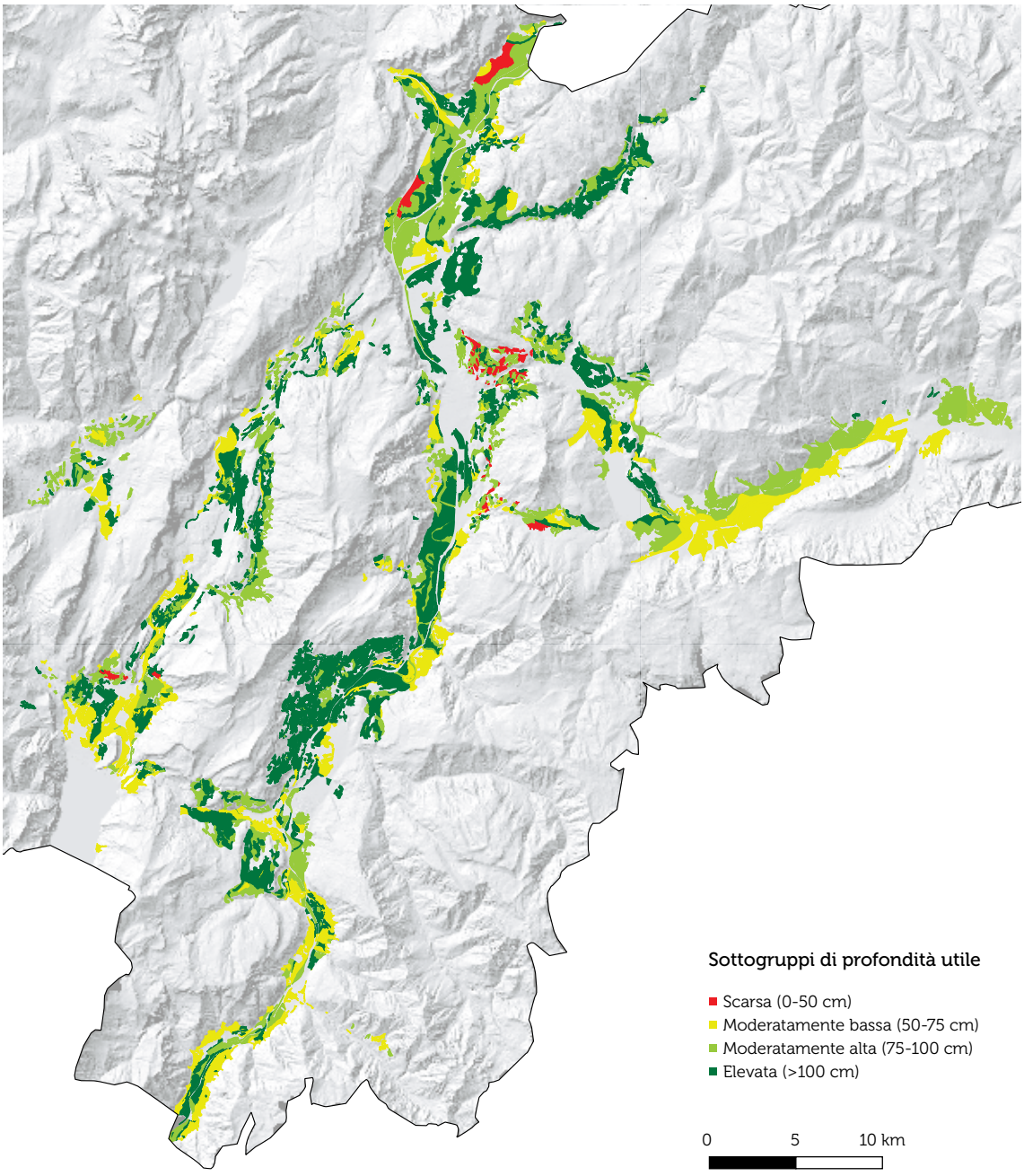


Figura 4
Mappa della distribuzione spaziale dei quattro Sottogruppi di profondità utile

Sottogruppi di tessitura

La tessitura è un carattere fondamentale dei suoli, con effetti sulle proprietà idriche e sulla capacità di ritenzione degli elementi. Tanto più la tessitura è grossolana tanto minore è la capacità di ritenzione dell'acqua e di elementi nutritivi (in particolare calcio, magnesio e potassio).

Il valore di tessitura che è stato utilizzato è quello medio del primo metro di suolo (o della profondità utile, se questa è inferiore al metro). I Sottogruppi che sono stati costituiti nel corso dell'analisi dei dati riguardo a questo parametro sono tre e sono riportati in tabella 3: Sottogruppo dei suoli franco limosi (FL), Sottogruppo dei suoli franchi (F), e Sottogruppo dei suoli franco sabbiosi (FS).

Il Sottogruppo FL comprende anche le tre UTS, poco diffuse, con tessitura rispettivamente franco limoso argillosa (suoli Berlonga, BER1; Foto 13) e franco argillosa (suoli Sorni, SRN1 e Ronchi, RON1)[13]. Il sottogruppo FS (Foto 14) comprende le quattro UTS, presenti su superfici ridotte, con tessitura sabbioso franca (Cembra

Tabella 3
Sottogruppi di tessitura, sigla, nome e relativa classe tessiturale USDA

SOTTOGRUPPI DI TESSITURA		CLASSI TESSITURALI USDA
SIGLA	NOME	
FL	Franco limosi	Franco limosa
		Franco limosa argillosa
F	Franchi	Franca
FS	Franco sabbiosi	Franco sabbiosa
		Sabbioso franca



13

Foto 13
Suolo profondo su materiali glaciali misti a tessitura fine (franco limosa argillosa) (suoli Berlonga, BER1; Sottogruppo FL)


14

Foto 14
Suolo alluvionale a tessitura grossolana (franco sabbiosa, sabbiosa in profondità) (suoli Sarche non scheletrici, SAR2; Sottogruppo FS)

(13) I suoli BER1 e RON1 la percentuale di argilla è però relativamente ridotta, al limite con la classe tessiturale franco limosa.

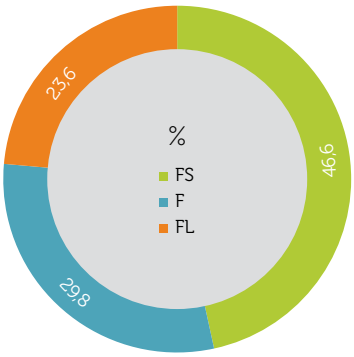


Figura 5
Ripartizione delle superfici occupate dai tre Sottogruppi di tessitura

sabbiosi franchi e calcarei, CEM2, Campazzi di Mezzolombardo, CPA1, Campedelli di Zambana, CPE1, Sarche non scheletrici e idromorfi, SAR3). Si sottolinea che le altre tessiture, e in particolare la sabbiosa e la limosa, sono presenti solo in qualche orizzonte di qualche profilo, ma non caratterizzano nessun profilo nel suo insieme, e non sono utilizzate nella definizione di nessuna UTS.
Le percentuali sul totale dell'area rilevata (Fig. 5) occupate dai tre Sottogruppi sono le seguenti: Sottogruppo a tessitura franco sabbiosa 46,6%. Sottogruppo a tessitura franca 29,8%, e Sottogruppo a tessitura franco limosa 23,6%. In altre parole, dominano le tessiture grossolane, che interessano (considerando che anche alcune UTS con tessitura franca sono in realtà spostate verso il limite con la tessitura franco sabbiosa) una metà dell'area.
La figura 6 rappresenta la distribuzione spaziale dei tre Sottogruppi di tessitura.

Sottogruppi di idromorfia

L'eccesso di acqua nel suolo condiziona l'approfondimento e la vita degli apparati radicali, e in particolare quelli della vite. I Sottogruppi di idromorfia che sono stati utilizzati nel presente lavoro sono tre e sono riportati in tabella 4: Sottogruppo dei suoli non idromorfi, senza segni di idromorfia nel primo metro di suolo[14], Sottogruppo dei suoli idromorfi (I), caratterizzati dalla presenza di evidenze di idromorfia[15] tra 50 e 100 cm di profondità[16], vale a dire con idromorfia moderata (Foto 15 e 16), e Sottogruppo dei suoli molto idromorfi (MI), caratterizzati dalla presenza di segni di idromorfia nei primi 50 cm di suolo[17], vale a dire con idromorfia forte (Foto 17).

(14) Essa può però essere presente oltre il metro di profondità; è il caso in particolare dei suoli classificati con il qualificativo *Oxyaquic* con il WRB (suoli Caldonazzo con idromorfia in profondità, CZZ2, e suoli Ischia Perotti, ISP1 e ISP2).

(15) In particolare *screziature di ossidoriduzione*, vale a dire compresenza nel suolo di colorazioni legate a forme di ferro ridotte (grigie), e ossidate (rossastre).

(16) Questa profondità corrisponde a quella definita per l'utilizzo del qualificativo *gleyic* nella classificazione WRB (IUSS Working Group WRB, 2015) per caratterizzare cambisuoli, luvisuoli, regosuoli, e altri gruppi (>25 cm con segni di idromorfia tra 50 e 100 cm).

(17) Sono i Gleysols del WRB (IUSS Working Group WRB, 2015).

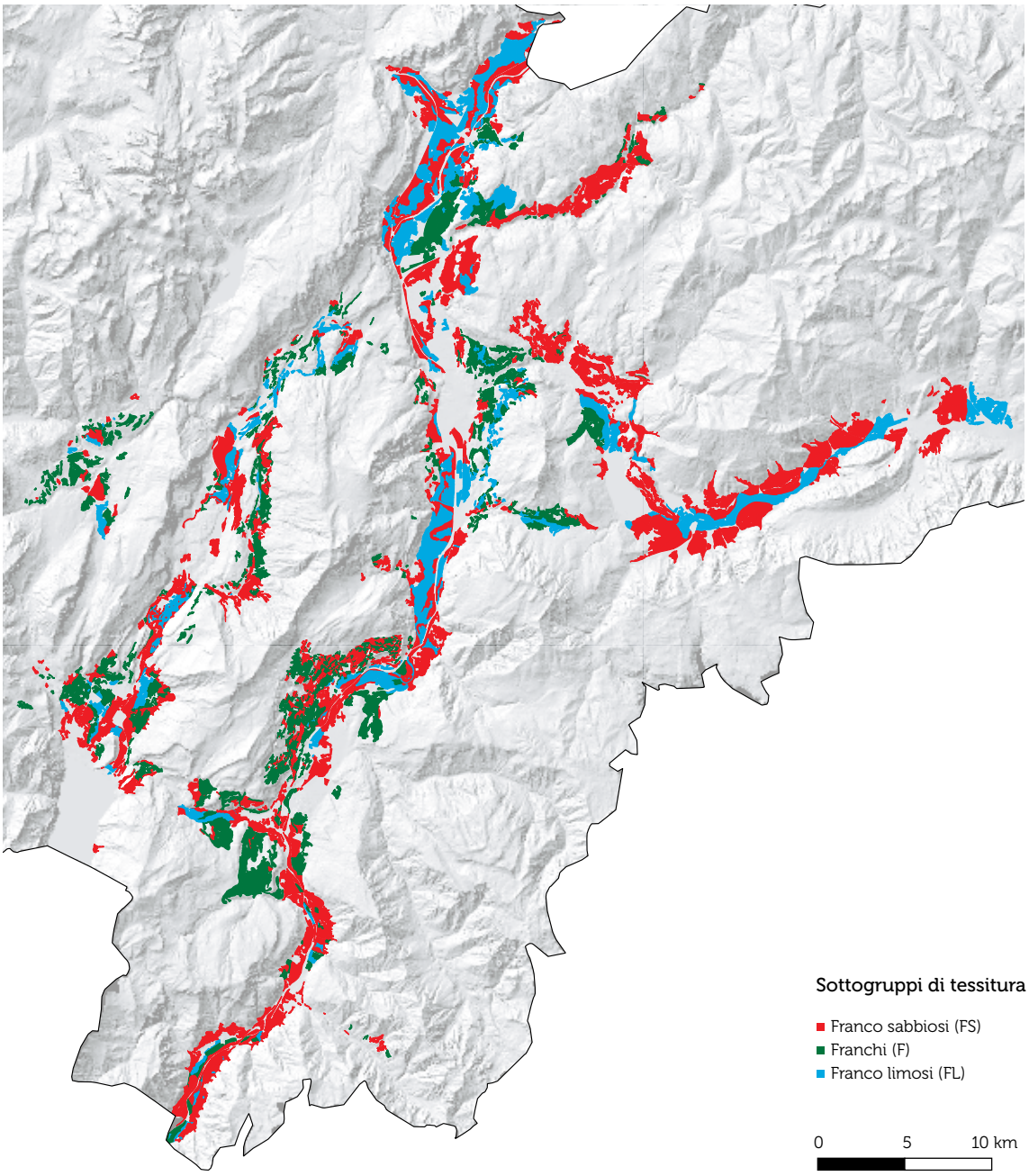


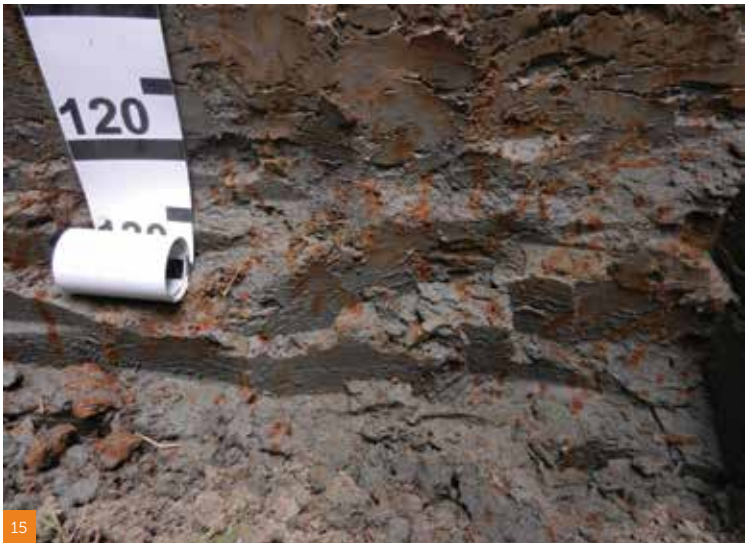
Figura 6
Mappa della distribuzione spaziale dei tre Sottogruppi di tessitura

Nei suoli dei vigneti trentini l'idromorfia si ritrova quasi esclusivamente nei suoli alluvionali che hanno una falda freatica prossima alla superficie. Questi sono molto frequenti nel fondovalle dell'Adige a nord di Trento, dove le falde sono in genere molto superficiali e dove i vigneti non sono molto diffusi. A sud del capoluogo la falda è invece relativamente più profonda, quindi i suoli idromorfi, e in particolare quelli molto idromorfi (con segni di idromorfia a meno di 50 cm di profondità), sono meno diffusi. Anche nelle Piane delle Sarche, di Dro e di Riva e nella piana di Nago sono presenti suoli alluvionali idromorfi.

SOTTOGRUPPI DI IDROMORFIA

SIGLA	NOME	PROFONDITÀ DEI CARATTERI IDROMORFI (cm)
NI	Non idromorfi	>100 (o assente)
I	Idromorfi	50-100
MI	Molto idromorfi	<50

Tabella 4
Sottogruppi di idromorfia, sigla, nome e relativa profondità dei caratteri idromorfi



15



16



17

Foto 15
Segni di idromorfia (screziature di ossidoriduzione) in suolo idromorfo

Foto 16
Suolo idromorfo (suoli Maso Campedelli di Zambana idromorfi, CPE2, Sottogruppo I)

Foto 17
Suolo alluvionale molto idromorfo (suoli Prà dei Giaroni di San Michele, GIA1, Sottogruppo MI)

La relativa distribuzione spaziale dei tre Sottogruppi di idromorfia nell'area viticola trentina è riportata in figura 7.
Complessivamente si hanno 10 tipologie (UTS) molto idromorfe, e 7 idromorfe, per un totale di 17 UTS (Allegato I). Le tessiture sono

prevalentemente quelle fini (più spesso franco limose), caratteristiche delle zone di decantazione (per es. i suoli Maso Pradazzo di Zambana, PRA1 e PRA2). Solo 5 tipologie, che coprono estensioni spaziali limitate, hanno tessiture grossolane (franco sabbiose). Esse sono impostate per lo più su vecchi argini o ventagli di rotta, quindi su depositi grossolani.
Tutti gli altri substrati, e in particolare i più diffusi, i materiali glaciali ghiaiosi e i materiali dei conoidi, sono in genere ben drenati e quindi i suoli idromorfi sono molto rari. Le due uniche UTS idromorfe non alluvionali sono i suoli Berlonga (BER1) e i suoli Cares (CAR1), sviluppate su materiali fini, rispettivamente glaciali o fluvioglaciali, e fluvioglaciali.
Le percentuali sul totale dell'area rilevata (Fig. 7) occupate dai tre Sottogruppi sono le seguenti: Sottogruppo dei suoli non idromorfi 85,4%, Sottogruppo dei suoli idromorfi 3,9% e Sottogruppo dei suoli molto idromorfi 10,7%. In altre parole, circa il 14,6% delle superfici cartografate hanno problemi di idromorfia più o meno accentuata. Ricordiamo però che spesso l'utilizzo dei suoli con eccesso di acqua non è viticolo.

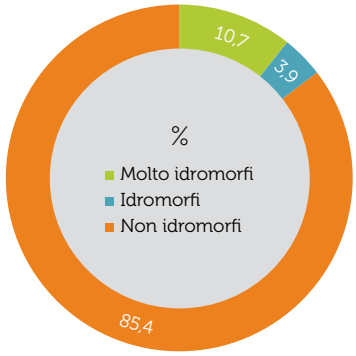


Figura 7
Ripartizione delle superfici occupate dai tre Sottogruppi di idromorfia

GRUPPI FUNZIONALI

Sulla base dei Gruppi di substrato e dei tre Sottogruppi l'analisi statistica ha permesso di individuare dei raggruppamenti più sintetici, o Gruppi funzionali, che si sono dimostrati molto validi per riunire in un numero molto limitato di classi i suoli con analogo comportamento per quanto riguarda i parametri di importanza agronomica.
Nella tabella 5 si possono osservare i Gruppi funzionali messi a punto per l'acqua disponibile calcolata alla profondità utile (AWC_{PU}). Come si può vedere l'insieme dei conoidi è separato in due soli Gruppi funzionali, quello dei conoidi dolomitici, e quello dei conoidi con altre litologie (calcarei, silicatici, misti), e questo ultimo è suddiviso a seconda del Sottogruppo di profondità (moderatamente alta o elevata). I suoli su alluvionale e su glaciale (tutti i tipi di glaciale) risultano anch'essi suddivisi a seconda del Sottogruppo di profondità (moderatamente alta o elevata) e inoltre anche per quello di tessitura (F e FL = tessitura fine, FS = tessitura

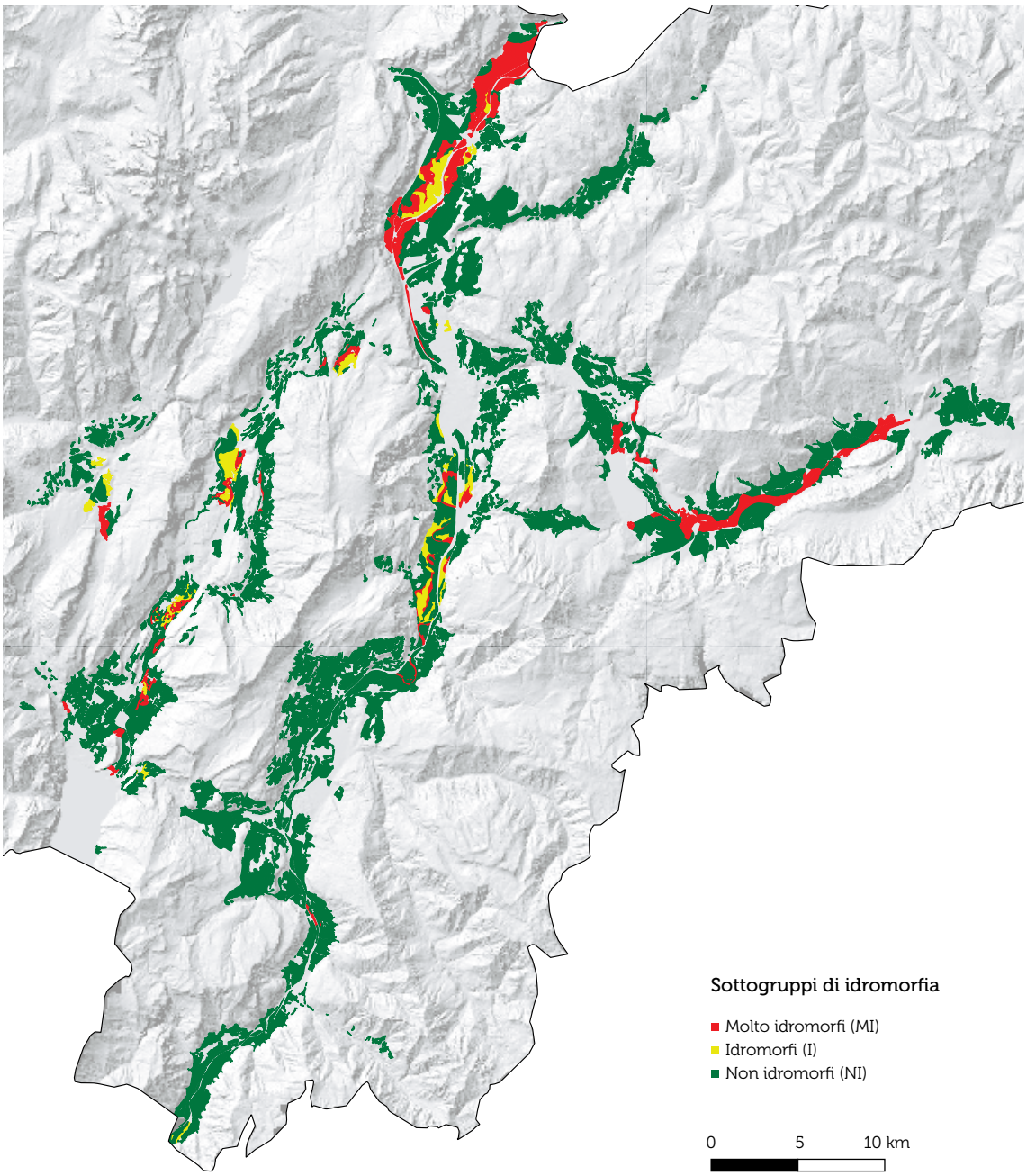


Figura 8
Mappa della distribuzione spaziale dei tre Sottogruppi di idromorfia

GRUPPI DI SUBSTRATO	SOTTOGRUPPO DI PROFONDITÀ	TESSITURA (SOTTOGRUPPO DI TESSITURA)	SIGLA GRUPPI FUNZIONALI AWC_{PU}
Suoli su alluvionale	2	Fine (F-FL)	AL2f
	2	Grossolana (FS)	AL2g
	3	Fine (F-FL)	AL3f
	3	Grossolana	AL3g
Suoli dei conoidi dolomitici	2 - 3	-	COdo
Suoli dei conoidi ad altre litologie[18]	2	-	COmi2
	3	-	COmi3
Suoli su glaciale[19]	2	Fine (F-FL)	GL2f
	2	Grossolana (FS)	GL2g
	3	Fine (F-FL)	GL3f
	3	Grossolana (FS)	GL3g
Suoli sottili	0 - 1	-	Sottili

Tabella 5
Gruppi funzionali per l'AWC_{PU}

grossolana). Nei suoli di conoide dolomitico, invece, né il Sottogruppo di profondità né quello di tessitura hanno peso statistico, quindi non sono suddivisi. E anche per i suoli Sottili (Sottogruppi di profondità scarsa e moderatamente bassa, <75 cm) non vi è influenza della tessitura. La distribuzione spaziale dei Gruppi funzionali per l'AWC è riportata nella figura 17 del Capitolo 5.
Nella tabella 6 si possono osservare i Gruppi funzionali che l'analisi statistica ha permesso di individuare per l'insieme dei caratteri chimici, caratteri fisici di tessitura e % di scheletro (definiti come caratteri chimici, fisici e tessiturali). In questo caso la profondità del suolo non entra in gioco, mentre i Gruppi dei suoli su materiali alluvionali, su glaciali a litologia mista e glaciali silicatici vengono suddivisi a seconda della tessitura (anche qui F e FL = tessitura fine, FS = tessitura grossolana). Nella figura 9 sono rappresentate le percentuali della superficie cartografata occupate da ciascuno di tali Gruppi.

(18) Comprende i Gruppi di substrato dei suoli dei conoidi calcarei (COca), silicatici (COsi) e a litologia mista (COmi), e anche il Gruppo di substrato gessi (GE, 2 solo profili).

(19) Comprende i Gruppi di substrato dei suoli su glaciale misto (GLmi), silicatico (GLsi), dolomitico (GLdo) e anche i Gruppi CM (calcari marnosi), basalto (BA), siltiti del *Werfen* (SI) e (glaciale)

GRUPPI DI SUBSTRATO	SIGLA	TESSITURA (SOTTOGRUPPO DI TESSITURA)	SIGLA GRUPPI FUNZIONALI CARATTERI CHIMICI, FISICI E TESSITURALI
Suoli su alluvionale	AL	Fine (F-FL)	AL_f
		Grossolana (FS)	AL_g
Suoli dei conoidi dolomitici	COdo	-	COdo
Suoli dei conoidi a litologie miste[20]	COmi	-	COmi
Suoli dei conoidi silicatici	COsi		COsi
Suoli dei conoidi calcarei	COca	-	COca
Suoli su glaciale a litologie miste	GLmi	Fine (F-FL)	GLmi_f[21]
		Grossolana (FS)	GLmi_g
Suoli su glaciale silicatico[22]	GLsi	Fine (F-FL)	GLsi_f
		Grossolana (FS)	GLsi_g
Suoli su calcari marnosi	CM		CM
Suoli su basalto	BA		BA

Tabella 6
Gruppi funzionali per i caratteri chimici, fisici e tessiturali

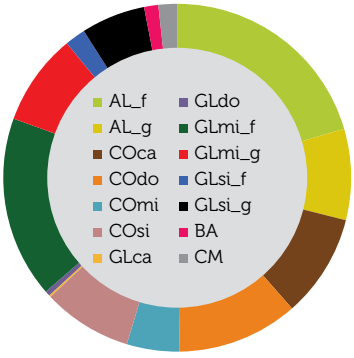


Figura 9
Percentuali della superficie cartografata occupate dai Gruppi funzionali per i caratteri chimici, fisici e tessiturali

(20) Comprende anche il Gruppo di substrato GE (gessi) (solo due profili).

(21) Comprende anche i Gruppi di substrato del glaciale calcareo (GLca) e dolomitico (GLdo).

(22) Comprende anche il Gruppo di substrato SI (siltiti del *Werfen*).





5

PROPRIETÀ AGRONOMICHE DEI SUOLI

Giacomo Sartori, Costanza Calzolari,
Daniela Bertoldi, Francesco Bigaran,
Andrea Parisi, Duilio Porro, Fabrizio Ungaro

FERTILITÀ DEI SUOLI DEI VIGNETI

Nei paragrafi che seguono vengono presentate e discusse le principali proprietà fisiche e chimiche dei suoli dei vigneti del Trentino, trattando più in dettaglio quelle più significative dal punto di vista agronomico, più influenti sullo sviluppo delle viti, e più legate alla qualità delle uve. Tale disanima si basa sulle elaborazioni statistiche dei risultati delle analisi fisiche e chimiche di laboratorio, routinarie o anche più approfondite (in particolare per quanto riguarda i parametri idrologici), degli orizzonti superficiali e profondi dei profili studiati.
È noto che i suoli più vocati per la viticoltura non sono i più fertili in senso agronomico generale. I vini rossi migliori sono anzi spesso a legati a limitazioni edafiche più o meno severe (van Leewuen, 2010), in genere di ordine fisico (in particolare capacità idrica limitata), o anche chimico (in particolare limitata disponibilità di azoto). Ne consegue allora che la valutazione dei singoli parametri utilizzati per caratterizzare i suoli viticoli, è diversa, e molto più delicata, rispetto a quella impiegata per le altre colture, per le quali la condizione ottimale è in genere la massima fertilità chimica e fisica. In altre parole i vari caratteri, anche se le classi utilizzate sono le stesse, vanno visti alla luce dei risultati qualitativi che si possono ottenere per i singoli vitigni, e non secondo griglie prefissate. La conduzione migliore dei terreni viticoli, in un'ottica mirata alla qualità, è quella che non annulla le limitazioni naturali, ma ne accentua le potenzialità, in vista di ottenere ben determinati prodotti.
Molte ricerche degli anni recenti mettono in luce in modo più sistematico rispetto al passato (e alle stesse "zonazioni" effettuate in Trentino) il ruolo delle caratteristiche del suolo, della disponibilità di elementi (in particolare azoto e potassio) e della disponibilità di acqua (AWC), sulla qualità delle uve (Poni *et al.*, 2018). È però un campo di investigazioni, rese possibili anche dalle nuove tecnologie, in piena espansione, che nei prossimi anni conoscerà presumibilmente un grande impulso.

La profondità degli apparati radicali

Le radici della vite si spingono fino a profondità che possono essere anche molto elevate, con differenze a seconda dei suoli, dei portainnesti[(1)] e della conduzione (in particolare gli apporti idrici). In ogni caso esse non si limitano mai, a meno che i suoli siano Sottili[(2)] o comunque non esplorabili dalle radici in profondità[(3)], all'orizzonte

(1) Se un tempo si dava per scontata una grande influenza dei portainnesti sulla profondità di radicazione, i lavori più recenti, basati su risultati statistici, mettono in discussione o ridimensionano tale relazione, mettendo in luce differenze riguardo alla densità degli apparati (Smart *et al.,* 2006).

(2) È il caso in particolare dei suoli nei quali sotto l'orizzonte di superficie c'è uno strato ghiaioso (es. suoli Entichiari, ENT1) o la roccia (es. suoli Oltrecastello, OLT3).

(3) È il caso, per esempio, dei suoli con falda freatica vicina alla superficie (es. suoli Roverè della Luna, ROV1 e ROV2), dove il franco di coltivazione utilizzabile dalle radici della vite si limita all'orizzonte di superficie, perché al di sotto di questo il suolo è saturo di acqua, per la presenza di una falda molto superficiale.

di superficie (Ap). Va quindi sempre considerato tutto lo spessore effettivo interessato dall'apparato radicale della pianta, e non solo il primo orizzonte. Per questo vengono di seguito presi in considerazione e discussi in dettaglio anche i dati relativi agli orizzonti sottosuperficiali (orizzonti B, o AC, ecc). E non va dimenticato che pure gli strati al di sotto della zona esplorata dalle radici possono avere una grande influenza sullo stato del suolo (esempio strati compattati, o rocciosi, che determinano un ristagno idrico), e sono importanti per la scelta delle pratiche ordinarie e straordinarie (lavorazioni o scassi pre-impianto) più opportune.

Un apparato radicale adeguatamente esteso e funzionale è comunque il presupposto per un equilibrio vegeto-produttivo della pianta in grado di assicurare l'ottenimento di produzioni con standard qualitativi elevati. Generalmente il volume degli apparati radicali è strettamente relazionato alla vigoria delle piante ed al contesto pedo-climatico in cui sono inserite le piante stesse, nonché alla gestione idrica. Infatti, l'irrigazione localizzata più vicina al ceppo favorisce un incremento della densità radicale, ma non stimola l'esplorazione degli strati più profondi, che viceversa si riscontra in condizioni di irrigazione mancante e/o ridotta. In terreni ricchi di sabbia, infatti, è noto che le radici tendano a svilupparsi maggiormente e ad esplorare gli strati più profondi del suolo, diversamente da quanto accade in terreni ricchi di argilla (Soar e Loveys, 2007).

In questo capitolo si utilizzano anche, come parametri di sintesi per i più importanti caratteri fisici e chimici, le medie ponderate sui primi 70 centimetri di suolo. Per molti suoli questa profondità è certo insufficiente, visto che in media nei primi 60 centimetri di suolo si trovano solo il 60% degli apparati radicali della vite (Smart *et al.*, 2006), i quali in genere vanno fino alla profondità utile del suolo. Essa ha però il vantaggio di permettere un confronto su basi omogenee tra i vari Gruppi di suoli. E si può considerare che nella maggior parte dei casi la maggior parte della captazione degli elementi nutritivi avvenga prevalentemente in questo intervallo di profondità soprattutto grazie al contributo delle radici più fini, ovvero quelle con diametro inferiore ad 1 mm. Non si esclude però che in particolari condizioni (es. suoli profondi a tessitura grossolana, dove una fitta densità di radici può spingersi molto in profondità) anche gli orizzonti inferiori svolgano un ruolo considerevole per l'alimentazione della pianta.

Le analisi dei suoli e la loro interpretazione

Le analisi di laboratorio sono assolutamente necessarie prima dell'impianto di un vigneto, per guidare tutte le scelte di ordine agronomico e viticolo, e in particolare le concimazioni di fondo e la scelta del portainnesto. Non è sufficiente un unico campione relativo all'orizzonte di superficie (in genere circa 40 cm)[4], ma almeno due, campionando anche l'orizzonte sottosuperficiale (es. 40-70 cm).

(4) Campionando si evitino i primi 5-7 centimetri, interessati in genere dal feltro di radichette dello strato erbaceo, e più ricchi di sostanza organica.

Per quanto riguarda l'orizzonte di superficie, si consiglia di ripetere le analisi ogni cinque anni, evitando quelle relative ai parametri che non cambiano nel tempo (in particolare tessitura e carbonati totali), e incrociando i risultati con quelli delle analisi fogliari.
I risultati analitici vanno interpretati, utilizzando le rispettive classi (Allegato II e III) alla luce dei dati medi della rispettiva tipologia di suolo, che si trovano nel Catalogo delle UTS (Allegato I). Per la maggior parte dei parametri che sono stati considerati l'insieme dei dati mostra infatti una variabilità più o meno grande, ma sempre tendenzialmente elevata. Ognuna delle numerose tipologie di suolo (UTS) descritte (Allegato I) presenta invece per ogni proprietà chimica e fisica una forchetta di valori relativamente contenuta.
Per permettere una sintesi relativa a ogni parametro rilevante ai fini agronomici e viticoli, di seguito si utilizzano i Gruppi funzionali di UTS descritti nel capitolo precedente, basati sui Gruppi di substrato e sui Sottogruppi di profondità e tessitura. In questo modo la grande variabilità dei numerosi tipi di suolo è stata ricondotta su base statistica a un numero contenuto di raggruppamenti. Per qualsiasi valutazione a livello di singolo vigneto tali dati accorpati sono utili come valori di riferimento, ma per forza di cose sono meno precisi di quelli della tipologia di suolo (UTS) che lo caratterizza. E quindi vanno considerati di preferenza questi ultimi, soprattutto quando si tratta di UTS con grado di fiducia molto alto o alto, per i quali si dispone di molte analisi.
È molto importante che i dati di tutti i rilievi puntuali che vengono effettuati non vengano persi, ma siano inseriti nella banca dati, in modo che questa diventi via via più dettagliata e affidabile. È evidente che alla lunga disporre di uno strumento molto preciso e solido è nell'interesse di tutti i viticoltori e di tutti i tecnici, ferma restando la piena libertà di manovra, e la privacy, di ogni singolo soggetto coinvolto. Va tenuto conto che il presente studio è basato su un numero di rilievi totale relativamente alto, ma per evidenti ragioni di costo la maglia sul territorio rimane tendenzialmente insufficiente per le scelte aziendali, soprattutto in certe zone[5].

PROPRIETÀ FISICHE

I suoli delle aree viticole trentine mostrano proprietà fisiche molto diverse, le quali sono legate in primo luogo alle caratteristiche dei rispettivi materiali di partenza. Va notato comunque che non sono presenti suoli con tessiture estreme, e in particolare argillose. I suoli che vengono definiti in loco come "argillosi", hanno in genere contenuti di argilla moderati, e presentano una dominanza della frazione limosa. Nello stesso modo non sono presenti suoli sabbiosi veri e propri, e i terreni così definiti dai coltivatori hanno quasi sempre

(5) Per avere un'idea del numero di rilievi disponibili per una data UTS, si osservi il Grado di fiducia (si veda il Glossario), nel Catalogo delle UTS (Allegato I). Si tenga però presente che può capitare che per una data UTS si disponga di molti dati (es. Grado di fiducia molto alto), però poi i rilievi nell'area di interesse di un determinato viticoltore siano scarsi.

frazioni fini non trascurabili, che influenzano il comportamento idrologico. Di qui l'importanza di adottare una terminologia precisa, quella delle classi tessiturali in uso in Italia (triangolo tessiturale USDA – Allegato II), valida per tutte le zone, e che permetta di effettuare confronti ed estrapolazioni.

Molti suoli dei vigneti trentini hanno contenuti di elementi grossolani (scheletro) moderati o anche alti. Riducendo la capacità di immagazzinare acqua, lo scheletro ha una grossa influenza, che si riflette sulla qualità delle uve. Va specificato che in moltissimi casi lo scheletro attualmente osservabile è in parte dovuto anche agli effetti degli interventi antropici passati (molte superfici sono coltivate da secoli), e ai processi erosivi che questi hanno innescato (basta una pendenza anche modesta). L'erosione idrica asporta e rimescola infatti gli strati superiori, portando in superficie gli elementi grossolani presenti nei suoli di origine solo in profondità (gli strati sono meno alterati, e quindi hanno più elementi grossolani).

Come già detto la maggior parte dei suoli viticoli attuali presenti sui versanti in pendenza sono quindi il risultato del rimaneggiamento più o meno spinto di suoli originari più sviluppati e meno pietrosi (in superficie). Ma anche gli interventi recenti o attuali, a cominciare dalle sistemazioni e alle lavorazioni profonde pre-impianto, possono condurre a un aumento degli elementi grossolani in superficie (pietrosità superficiale) e nel franco di coltivazione. Solo sulle superfici pianeggianti o sub-pianeggianti i suoli ben sviluppati, sempre poveri di scheletro (quello eventualmente presente è stato alterato), sono ben conservati.

Nella figura 1 si riporta una visione di insieme delle medie ponderate (sui primi 70 cm) delle tessiture di tutti i profili analizzati (637) riportate sul triangolo tessiturale USDA. Da questa figura è possibile evidenziare che la maggior parte dei suoli delle zone viticole trentine ricadono, come già visto prendendo in considerazione le tessiture delle UTS (Capitolo 4), nelle classi di tessitura franco sabbiosa, franca, e franco limosa, mentre sono poco presenti le tessiture più fini (franco limoso argillosa e franco argillosa), e più grossolane (sabbioso franca).

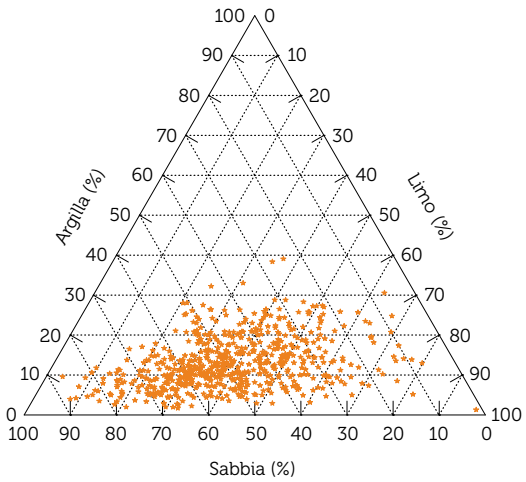


Figura 1
Distribuzione delle medie ponderate della tessitura dei diversi profili analizzati (637 casi) sul triangolo tessiturale USDA

Tessitura

La tessitura rappresenta le percentuali rispettive di sabbia, limo e argilla nella frazione fine (<2 mm) del suolo[6]. È un parametro fondamentale, perché condiziona in maniera più o meno stretta la maggior parte delle proprietà chimiche e fisiche del suolo.

Analizzando la media del contenuto di sabbia sui primi 70 cm di tutti i profili studiati, il valore medio è 49% (Tab. 1). Questo contenuto medio corrisponde a una tessitura franca ("medio impasto"), ai limiti però con una tessitura grossolana (>52% di sabbia).

Accorpando le tipologie di suolo secondo i Gruppi funzionali, i contenuti di ogni Gruppo si rivelano molto diversi (Fig. 1). I valori medi sono di poco superiori al 52% (soglia tra la tessitura franca e franca sabbiosa) nei suoli dei conoidi calcarei (53%, la mediana è però 51%), mentre sono superiori in quelli dei conoidi dolomitici (55%) e misti (56%), e soprattutto in quelli silicatici (59%). Valori intermedi si hanno nei suoli su calcari marnosi (40%), basalto (45%), e su glaciale dolomitico (42%) o calcareo (51%). Per quanto riguarda i suoli su alluvionale, la distinzione tra le tipologie di suolo (UTS) a tessitura fine (FL, F e FLA) da quelle a tessitura grossolana (FS e SF), raggruppamenti funzionali che mostrano contenuti di sabbia molto diversi (rispettivamente 32% e 60%), risulta molto utile anche ai fini pratici. Lo stesso criterio permette di separare i suoli su glaciale misto a tessitura fine (42%) da quelli a tessitura grossolana (62%), e i suoli su glaciale silicatico a tessitura fine (44%) da quelli a tessitura grossolana (63%).

Analizzando la media ponderata del contenuto di argilla, sempre sui primi 70 cm, di tutti i profili studiati, il valore medio è 13% (Tab. 1). Questo contenuto, anche restando nell'ambito delle classi franca e franco sabbiosa, che abbiamo visto essere prevalenti, è relativamente basso.

Anche qui, accorpando le tipologie di suolo per Gruppi funzionali basati sui Gruppi di substrato, i contenuti di ogni Gruppo si rivelano

	SCHELETRO	SABBIA	LIMO	ARGILLA	DENSITÀ APPARENTE	$AWC_{100\ cm}$	AWC_{PU}
Media	18,9	48,8	38,2	13,1	1,42	133,1	154,6
Mediana	17,3	49,7	38,0	12,0	1,43	121,9	131,9
Dev. standard	16,3	15,5	13,4	6,3	0,10	65,5	90,8
Errore standard	0,64	0,61	0,53	0,25	0,00	2,58	3,58
Numero di casi	641	640	640	640	552	641	641

Tabella 1
Valori medi delle frazioni granulometriche e della densità apparente (medie ponderate sui primi 70 cm), e acqua disponibile (AWC sui primi 100 cm e alla profondità utile) nei suoli dei vigneti trentini

(6) La granulometria tiene conto anche degli elementi grossolani.

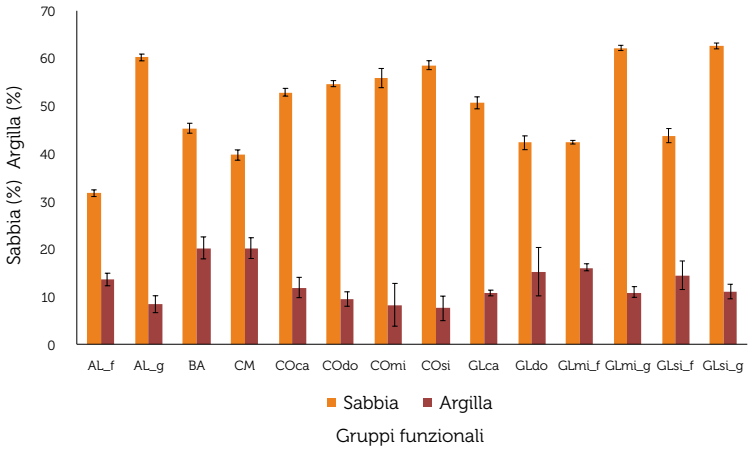


Figura 2
Valori medi ± errore standard del contenuto di sabbia e di argilla (medie ponderate sui primi 70 cm) nei differenti Gruppi funzionali

diversi (Fig. 2). I valori medi più alti si osservano nei suoli su basalto e calcari marnosi (entrambi 20%). Valori intermedi si evidenziano in particolare nei suoli a tessitura fine su alluvionale (14%), glaciale misto (16%) e glaciale silicatico (14%). I valori più bassi si trovano nei suoli su conoidi misti (8%) dolomitici (10%) e calcarei (12%), e su quelli a tessitura grossolana su alluvionale (8%), glaciale misto e glaciale silicatico (entrambi 11%).

La figura 3 riporta sul triangolo tessiturale USDA le medie delle tessiture (media ponderata sui primi 70 cm) dei diversi Gruppi funzionali. Essa permette di avere una visione di insieme, evidenziando che i vari raggruppamenti hanno tessiture ben differenziate.

Per quanto riguarda i conoidi, la tessitura media (sui primi 70 cm) è franco sabbiosa, seppure con un contenuto di sabbia relativamente non elevato. Quella dei conoidi calcarei, in particolare, è al limite con la classe franca (questo significa, trattandosi di una media, che una parte consistente dei profili ha tessitura franca), e mostra un contenuto di argilla un po' più alto rispetto a quelli dei conoidi dolomitici e misti. Come si vedrà nel seguente paragrafo queste tessiture medio-grossolane si accompagnano a una notevole frazione di scheletro (più elevata nei conoidi dolomitici).

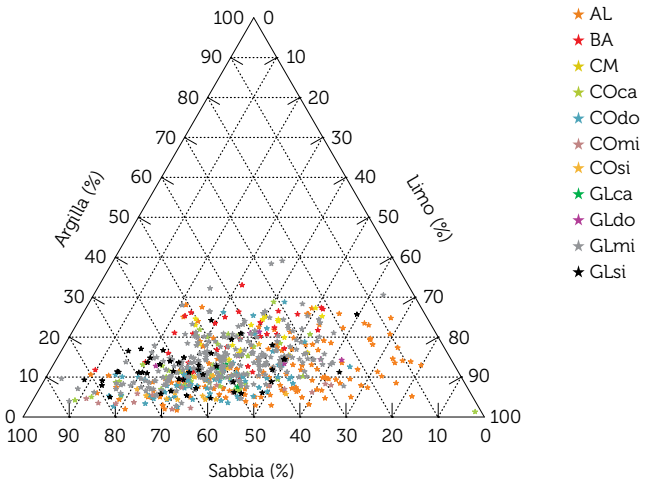


Figura 3
Distribuzione delle medie delle tessiture (media ponderata sui primi 70 cm), riportate sul triangolo tessiturale USDA, dei diversi Gruppi funzionali

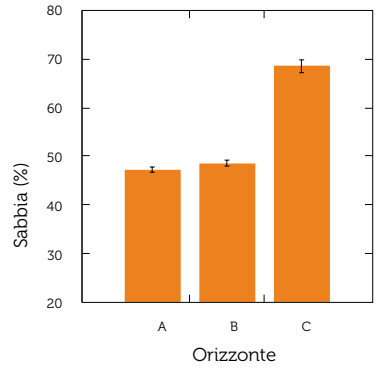


Figura 4
Valori medi ± errore standard del contenuto di sabbia per orizzonte

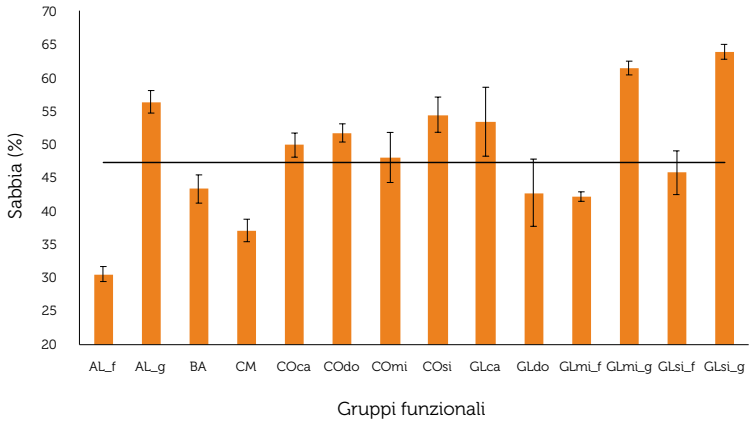


Figura 5
Valori medi ± errore standard del contenuto di sabbia dell'orizzonte A nei differenti Gruppi funzionali

I suoli su basalto e su calcari marnosi hanno una tessitura media franca, con un notevole contenuto di argilla. Per i suoli sul glaciale misto e silicatico si distinguono due raggruppamenti, rispettivamente a tessitura franca (GLmi_f e GLsi_f) e franco sabbiosa (GLmi_g e GLsi_g), quest'ultima con una frazione argillosa notevolmente minore. Per i suoli su alluvionale si evidenziano due raggruppamenti, rispettivamente a tessitura franco limosa (seppure non lontana dal limite con la classe franca: AL_f) e franco sabbiosa (AL_g), quest'ultimo con meno argilla.

Il contenuto di sabbia è in genere più alto in profondità, dove gli orizzonti sono poco alterati, e nel materiale parentale del suolo. La media degli orizzonti di superficie A[7] è infatti 47%, quella degli orizzonti sottosuperficiali B è 49%, mentre quella degli orizzonti profondi C è 69% (Fig. 4). Per quanto riguarda gli A e i B, siamo quindi nell'ambito della classe tessiturale franca, anche se con la profondità si va verso la classe franco sabbiosa (>52% di sabbia).

Nell'orizzonte A le differenze nei contenuti dei diversi Gruppi funzionali (Fig. 5) rispecchiano quelle delle medie sui primi 70 cm, pur essendo i valori leggermente più bassi. È da notare, per quanto

(7) Si utilizzano qui delle sigle semplificate: negli A sono compresi tutti gli orizzonti di superficie lavorati (Ap), nei B gli orizzonti Bw (B di alterazione), i Bt (B con accumulo di argilla), gli AC (orizzonti di transizione tra A e C) e i BC (orizzonti di transizione tra B e C), nei C sono compresi tutti gli orizzonti C e CB (orizzonti di transizione tra B e C, con prevalenza dei caratteri di C).

riguarda i conoidi, che la media di quelli calcarei (50%) resta nella classe tessiturale franca, quella dei dolomitici (52%) è sul limite tra le classi franca e franco sabbiosa, mentre quella dei silicatici (54%) è nella classe franco sabbiosa.

Per quanto riguarda il contenuto di argilla la media degli orizzonti di superficie A è 13%, quella dei B 14%, quella degli orizzonti profondi C 7% (Fig. 6). Il fatto che i contenuti percentuali non aumentino negli orizzonti sottosuperficiali, indica che nel complesso i suoli non sono evoluti. Come si è già evidenziato questo è dovuto in parte anche alla secolare azione dell'uomo, e ai conseguenti processi erosivi e "di rimescolamento" dei suoli originari. Come è noto i contenuti nei B dei luvisuoli aumentano sensibilmente rispetto a quelli degli A, ma anche nei cambisuoli relativamente ben sviluppati i materiali del Bw sono più alterati di quelli dell'Ap, e contengono più argilla[8].

Guardando i dati dei Gruppi di substrato (Fig. 7) si nota che solo nei suoli a tessitura fine su alluvionale e su glaciale misto, in quelli su calcari marnosi, e in quelli a tessitura grossolana su glaciale silicatico, si ha un modesto aumento dei contenuti di argilla nell'orizzonte

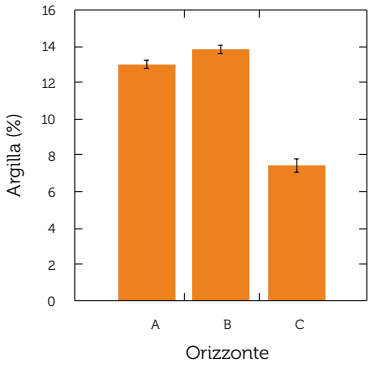


Figura 6
Valori medi ± errore standard del contenuto di argilla per orizzonte

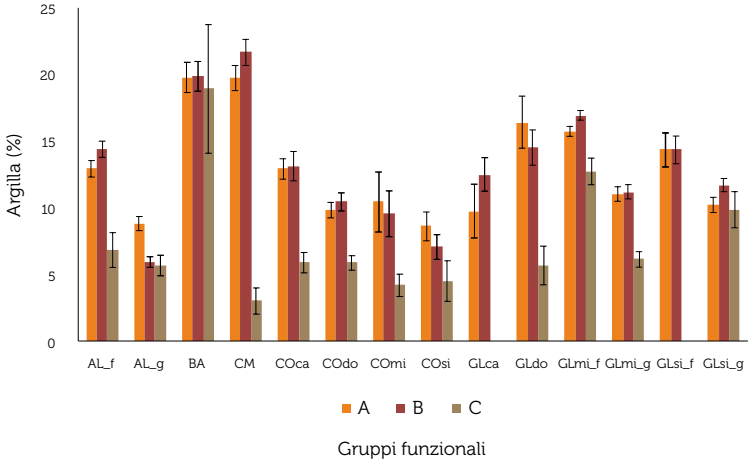


Figura 7
Valori medi ± errore standard del contenuto di argilla degli orizzonti A, B e C nei differenti Gruppi funzionali

(8) Nelle Valli del Noce, dove i suoli relativamente molto evoluti sono assai diffusi (i luvisuoli occupano 24% della superficie), si passa da un contenuto medio di argilla del 12% negli A ad un contenuto di 18% nei B e, sia su glaciale misto che su conoidi calcarei, l'aumento nei B è notevole (Porro *et al*, 2017a).

B, mentre in tutti gli altri raggruppamenti il contenuto di argilla rimane analogo o cala. Questi raggruppamenti sono in effetti quelli dove si trovano anche UTS con suoli ben sviluppati, con una traslocazione di argilla dall'orizzonte di superficie al B (luvisuoli).
Come si è già visto a proposito della diffusione spaziale dei Sottogruppi di tessitura (Capitolo 4), le tessiture più frequenti nei vigneti trentini sono nettamente le franco sabbiose, seguite dalle franche, e dalle franche limose. Come si vedrà, la disanima dei dati chimici mostra che per i Gruppi di substrato di gran lunga prevalenti, i suoli su glaciale misto e su alluvionale (ciascuno occupa circa un quarto della superficie cartografata), ma anche per i suoli su glaciale silicatico, è molto utile differenziare i suoli con tessiture grossolane (Sottogruppo franco sabbioso) da quelli con tessiture fini (Sottogruppi franco e franco limoso). Per i tre Gruppi i due sottoinsiemi tessiturali si differenziano in modo più o meno netto per la maggior parte dei parametri chimici, e quindi si rivelano categorie molto utili ai fini gestionali. Si sottolinea che nel glaciale misto prevalgono le tessiture grossolane rispetto alle fini (16% contro 8%), così come anche nel glaciale silicatico (rispettivamente 6% e 2%). Nell'alluvionale prevalgono invece le tessiture fini (20% contro 8% delle grossolane), sebbene queste risultino sovrastimate, in quanto molte delle corrispondenti superfici non sono viticole.

Scheletro

Lo scheletro è costituito dai frammenti >2 mm, fino a pietre di dimensioni decimetriche, presenti all'interno del suolo[9]. La sua determinazione si basa su una stima visuale, aiutandosi con tavole di riferimento, nel corso della descrizione del profilo. Esso rappresenta un comparto non esplorabile dalle radici, inerte chimicamente e fisicamente. Ha poi un'influenza sulla permeabilità del suolo, aumentandola, il che ha un effetto considerabile in particolare in suoli superficiali e/o già molto drenanti.

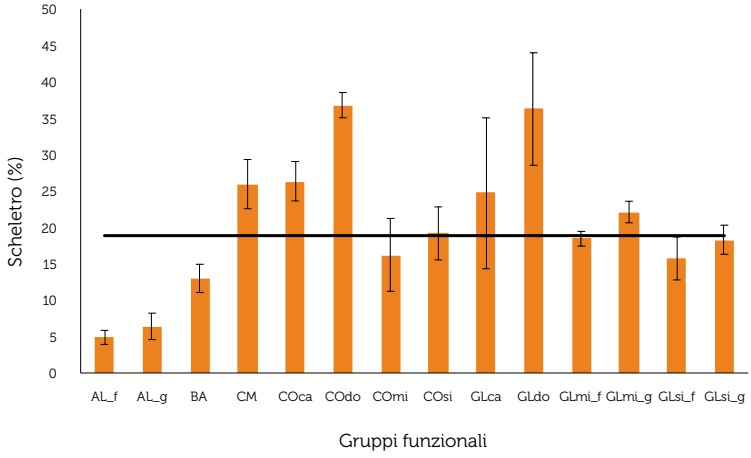


Figura 8
Valori medi ± errore standard dello scheletro nei differenti Gruppi funzionali

(9) Gli elementi grossolani presenti in superficie, e quindi visibili, sono denominati invece pietrosità superficiale.



1


2

Foto 1 e 2
Suolo superficiale scheletrico di conoide dolomitico (Suoli Maso Nuovo di Mezzocorona, MAS1)

Nei vigneti trentini dominano nettamente i suoli con quantità di scheletro non trascurabile. Prendendo in esame le medie ponderate calcolate sui primi 70 cm di tutti i profili, la media generale è 19% (Tab. 1). Questo valore, che corrisponde a un quinto del volume del suolo, è alto, e fornisce una misura dell'importanza di questo comparto.

I vari Gruppi funzionali mostrano però contenuti medi molto diversi (Fig. 8). I valori percentuali sono molto elevati nei suoli dei conoidi dolomitici (37%) (Foto 1 e 2), e elevati in quelli da calcari marnosi e da conoidi calcarei (entrambi 26%). Valori più contenuti, ma sempre notevoli, si trovano sui conoidi silicatici (19%) e misti (16%), e nei suoli su basalto (13%). È importante sottolineare che su glaciale misto i suoli a tessitura grossolana hanno valori tendenzialmente superiori rispetto a quelli a tessitura fine (22% contro 19%), come si evidenzia anche per quelli su glaciale silicatico (18% contro 16%). I valori dei suoli su alluvionale sono contenuti (5-6%), sebbene alcune UTS siano scheletriche (Foto 3 e 4).

I suoli privi di scheletro si ritrovano esclusivamente su materiali parentali privi di elementi grossolani, con il risultato che anche la copertura pedologica che ne deriva ne è sprovvista. È il caso dei



3



4

Foto 3 e 4
Suolo alluvionale superficiale scheletrico (suoli Sarche, SAR1)



Foto 5
Luvisuolo su materiali glaciali misti (suoli Villazzano profondi, VIL3), con scarso scheletro (dolomitico)

depositi alluvionali dei fondovalle dell'Adige e delle Sarche a tessitura franco limosa (in particolare suoli Roveré della Luna, ROV1 e ROV2, Maso Pradazzo di Zambana, PRA1 e PRA2, Ischia Perotti, ISP1 e ISP2, Loppio, LOP1, Ziresi, ZIR1, e Pergolese, PGL1, PGL2 e PGL3), o anche franco sabbiosa, laddove gli eventuali strati ciottolosi si trovano solo in profondità (in particolare suoli Maso del Gusto, GUS1, Maso Plotegher di Aldeno, PLO1 e Pradi PDI1). Anche nell'area poco estesa con sedimenti non ciottolosi del conoide della Piana Rotaliana sono presenti suoli profondi privi di scheletro (suoli Morei, MRE1, e Campazzi di Mezzolombardo, CPA1).

Nei luvisuoli relativamente molto evoluti (relativamente alla pedogenesi postglaciale della regione alpina) delle piane glaciali, i luvisuoli (con sequenza di orizzonti A-Bt-BC-C) gran parte degli elementi grossolani presenti nei materiali di origine sono stati sgretolati e alterati dal processo pedogenetico. I suoli hanno quindi scheletro scarso,

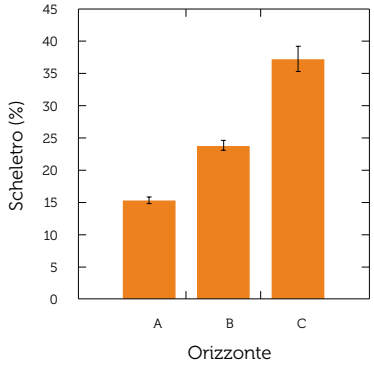


Figura 9
Valori medi ± errore standard del contenuto di scheletro per orizzonte

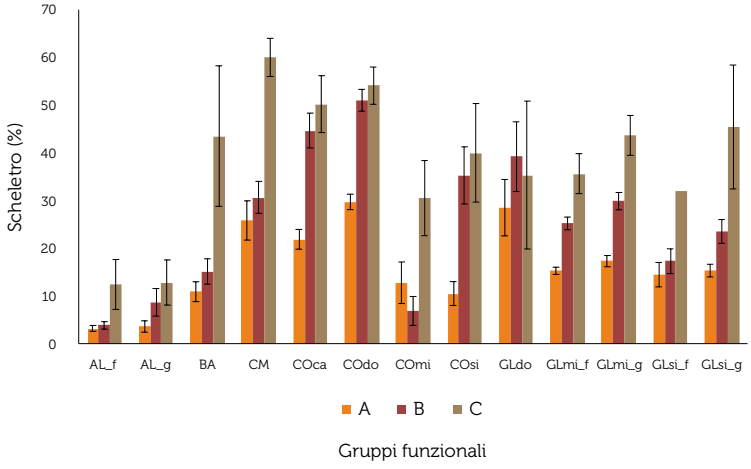


Figura 10
Valori medi ± errore standard del contenuto di scheletro degli orizzonti A, B e C nei differenti Gruppi funzionali

più abbondante scendendo in profondità, e costituito dai litotipi più resistenti all'alterazione, vale a dire ciottoli porfirici e dolomie (es. suoli Villazzano, VIL1, Pressano molto profondi, PRE3, Pilcante senza scheletro, PIL2, Cavedine, CVD1, Le Coste di Tierno, LCT1) (Foto 5). In qualche caso l'intero profilo è sprovvisto di scheletro, o è presente solo qualche raro elemento. Anche i suoli (anch'essi luvisuoli) della piana alluvionale antica di Dro hanno caratteristiche analoghe (suoli Piana di Dro, PDD1 e PDD2).

Lo scheletro aumenta in genere con la profondità, mano a mano che gli orizzonti sono meno alterati e ci si avvicina al materiale parentale scheletrico. La media degli orizzonti di superficie A è infatti 16%, quella degli orizzonti sottosuperficiali B 25%, e quella degli orizzonti profondi C 42% (Fig. 9).

I valori più alti negli orizzonti A (Fig. 10) si hanno nei suoli da conoidi dolomitici (30%) e calcarei (22%), da calcari marnosi (26%), e nei suoli rispettivamente a tessitura grossolana e fine da glaciale misto (rispettivamente 17% e 15%) e silicatico (entrambi 15%). Tutti questi Gruppi funzionali rientrano quindi nella classe di scheletro "frequente" (15-35%), ed è evidente l'importanza di questo carattere. Valori minori si osservano nei suoli da conoidi misti (13%) e silicatici (11%), mentre i suoli alluvionali hanno percentuali molto basse (rispettivamente 4% in quelli a tessitura grossolana, e 3% in quelli a tessitura fine).

Per quanto riguarda i B (Fig. 10), valori molto elevati (classe "abbondante", >35%) si osservano nei suoli di tutti i conoidi, sia dolomitici (45%) che calcarei (51%), che silicatici (35%). Se consideriamo le alte percentuali di sabbia di questi stessi orizzonti (>50%), è evidente che essi rappresentano comparti molto poveri sia dal punto di vista fisico che chimico. Percentuali più ridotte, ma pur sempre alte (classe "frequente", 15-35%), si notano nei suoli a tessitura grossolana e fine su materiali glaciali misti (rispettivamente 30 e 25%) e silicatici (rispettivamente 24 e 17%), e su basalti (15%). Come ci si poteva aspettare i valori di scheletro più elevati si trovano negli orizzonti C di ogni Gruppo funzionale.

La natura litologica degli elementi grossolani rispecchia quella dei materiali parentali (per es. depositi di conoide, glaciali misti, o alluvionali), o del substrato (per es. calcari marnosi), quando esso è presente e non ci sono apporti alloctoni (in particolare materiali glaciali), o del substrato e dei materiali alloctoni, quando questi sono presenti in concomitanza con il substrato (es. basalto con sottile copertura glaciale). Nei suoli dei conoidi calcarei o dolomitici sono in genere assenti gli elementi silicatici, ma può esserci qualche sporadico (o molto sporadico) frammento silicatico (spesso porfirico) di origine glaciale, presente nel bacino di origine del torrente, e trascinato assieme ai materiali carbonatici. Nei suoli da depositi a litologia mista silicatica e carbonatica (Gruppi del glaciale misto e dei conoidi misti), sono più frequenti gli elementi dei litotipi meno alterabili, quali la dolomia e i porfidi, e questo tanto più quanto è avanzata l'alterazione (mai spinta nei suoli di



Foto 6
Riesumazione in superficie e nel suolo di elementi grossolani in seguito a lavorazioni profonde (suoli Gabbiolo, GAB1)

conoide, che hanno ricevuto materiali, nella maggior parte dei casi, fino a tempi molto recenti).
Nei suoli da materiali glaciali silicatici della Valle di Cembra e della zona di Civezzano c'è in genere una componente minoritaria, spesso più abbondante in profondità, di materiali carbonatici (e in particolare dolomia, molto resistente all'alterazione), presenti nel bacino di origine del ghiacciaio (Val di Fassa). Nei suoli dei conoidi silicatici del versante sinistro della Valsugana sono assenti gli elementi carbonatici.
Lo scheletro presente nei suoli basaltici è in genere solo subordinatamente basaltico, vista la grande alterabilità dei litotipi basaltici e dei tufi basaltici. A causa della limitata (o anche molto limitata) diffusione degli affioramenti di tali litologie vulcaniche, sono invece spesso presenti elementi calcarei o dolomitici di origine glaciale o colluviale.
È da notare che la quasi totalità delle litologie dominanti in Trentino (calcari duri, calcari marnosi con frazione argillosa relativamente



Foto 7
Estrema pietrosità dopo intervento di sistemazione delle superfici (suoli Oltrecastello Sottili, OLT1)

scarsa, quali la *Scaglia Rossa*, dolomie, porfidi) sono caratterizzate da notevole durezza, e quindi gli elementi che compongono lo scheletro dei suoli vitati non hanno capacità di trattenere acqua. Diversamente da altre zone viticole, si può quindi considerare che la componente grossolana non abbia alcuna capacità di stoccaggio dell'acqua.
Nella maggior parte dei casi i contenuti di scheletro attuali sono il risultato anche delle lavorazioni profonde (Foto 6) e/o scassi pre-impianto e/o sistemazioni delle superfici (Foto 7), che hanno portato in superficie elementi grossolani contenuti negli orizzonti profondi, come si è visto in genere più scheletrici. È evidente che qualsiasi operazione che conduca a un aumento di ciottoli e pietre nel suolo, e in particolare le arature troppo profonde o il rimescolamento mediante escavatore, rappresenta un danno grave e permanente, perché l'alterazione delle litologie prevalenti è un processo estremamente lento. Questo danno, riparabile solo parzialmente con onerosi spietramenti, è senz'altro sottovalutato, anche perché con l'irrigazione è possibile ottenere, in viticoltura, ottimi prodotti anche da suoli molto scheletrici. Si deve comunque creare una consapevolezza a questo riguardo[10].
Va considerato anche che la riesumazione dello scheletro legata alle lavorazioni si accompagna di solito a un aumento del calcare nel suolo, in quanto gli orizzonti profondi sono più ricchi di carbonati. E può quindi aumentare anche il calcare attivo, il che rappresenta un danno aggiuntivo nei suoli che ne sono già ricchi.

Densità apparente

La densità apparente del suolo dà una misura della porosità totale del suolo, vale a dire della somma della macroporosità (legata all'areazione) e della microporosità (legata alla capacità di trattenere l'acqua). Suoli diversi hanno valori anche molto diversi di densità apparente, in relazione alle differenze di tessitura, contenuto di sostanza organica, e struttura. Per uno stesso tipo di suolo, tanto più i valori sono bassi tanto più ridotta è in genere la macroporosità, a causa del compattamento del suolo. È importante quindi avere valori di riferimento per le diverse tipologie, i quali possono poi essere impiegati proprio per quantificare il danno dovuto al transito dei mezzi agricoli. Si sottolinea però che lo stesso rischio di compattamento dipende anch'esso dal tipo di suolo, e è minore in particolare nei suoli con alto contenuto di sabbia e di sostanza organica.
Il metodo utilizzato per misurare la densità organica (cilindretto di acciaio) non ha permesso di effettuare misure nei suoli scheletrici, che abbiamo visto essere molto diffusi. I valori stimati a partire dalle equazione ricavate dalle misure eseguite[11] vanno quindi presi con

(10) Un suolo reso molto scheletrico, in particolare, non potrà essere destinato ad altri usi agricoli, se se ne presentasse la necessità.

(11) Rispettivamente per gli orizzonti lavorati e non lavorati (si veda Capitolo 1).

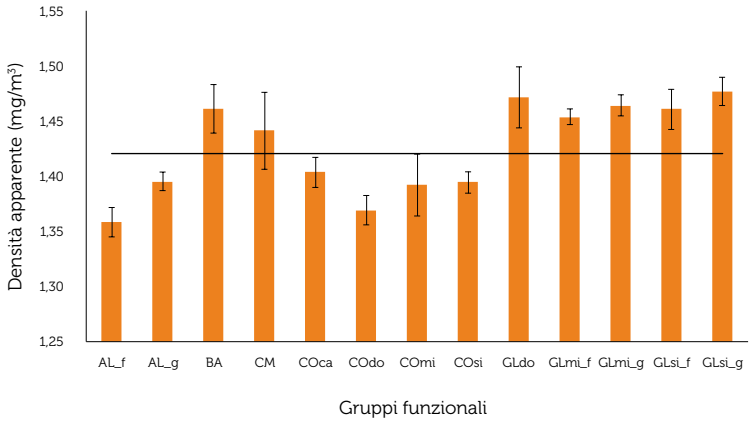


Figura 11
Valori medi ± errore standard della densità apparente (medie ponderate sui primi 70 cm) nei differenti Gruppi funzionali

estrema prudenza. E in futuro si dovrebbero assolutamente prevedere, vista l'importanza centrale di questo parametro (in particolare per la stima dell'AWC), delle misure con altri metodi adatti a tali suoli, in modo da avere dati sicuri e affidabili.
Tenendo presente queste riserve, analizzando la media ponderata (sui primi 70 cm) della densità apparente sulla profondità utile di tutti i profili studiati, il valore medio risulta essere 1,42 mg m^{-3} (Tab. 1). Prendendo in considerazione i Gruppi funzionali (Fig. 11), i valori sono significativamente più alti della media generale nei suoli su glaciale silicatico e misto (rispettivamente 1,46 mg m^{-3} e 1,45 mg m^{-3} per le tessiture fini, e 1,48 mg m^{-3} e 1,46 per quelle grossolane), e nei suoli su basalto (1,46 mg m^{-3}) e su calcari marnosi (1,44 mg m^{-3}). Valori più bassi si osservano nei suoli a tessitura fine su alluvionale (1,36 mg m^{-3}) e su conoidi dolomitici (1,37 mg m^{-3}).

Acqua disponibile (AWC)

Il contenuto di acqua trattenuta dal suolo e disponibile per la pianta (Awailable Water Capacity, o AWC) è un parametro fondamentale, perché rappresenta la riserva alla quale la pianta attinge per le proprie esigenze. Quanto più ridotta è la capacità di stoccaggio del suolo, e tanto prima si raggiunge il punto di appassimento. La frequenza e le modalità degli interventi irrigui dipendono quindi da tale proprietà, rapportata allo strato esplorato dalle radici della specie considerata (l'acqua trattenuta più in profondità non può essere utilizzata). Un suolo con una AWC molto bassa non solo arriverà prima degli altri a una condizione di secchezza, ma avrà bisogno di apporti frequenti e ridotti.
Per quanto riguarda la vite, molti studi recenti hanno dimostrato la correlazione delle disponibilità idriche con i parametri delle uve, e in particolare il contenuto zuccherino, e la qualità dei vini rossi e bianchi (van Leeuwen *et al.*, 2018). Il valore di questo parametro fondamentale, che condensa diverse proprietà fisiche (tessitura, porosità, contenuto in scheletro, profondità utile) e chimiche (contenuto in sostanza organica), e il suo impiego nella gestione idrica dei vigneti, vanno visti quindi alla luce del vitigno e dei risvolti qualitativi.

Una stima sufficientemente precisa dell'acqua disponibile dei singoli suoli, e quindi poi delle varie UTS e dei Gruppi di UTS, presuppone di conoscere la profondità alla quale arrivano le radici, in quanto l'acqua eventualmente accumulata al di sotto di tale soglia non può venire assorbita dalla pianta. In mancanza di una informazione sufficientemente precisa riguardante la profondità e la densità degli apparati radicali, che dipende da molti fattori, e quindi può variare in una stessa tipologia di suolo, per la stima dell'AWC in questo studio si considera la profondità utile alle radici, assumendo che gli apparati radicali sfruttino sempre tutto lo spessore disponibile. La stima visiva degli apparati radicali effettuata durante le descrizioni dei profili permette di dire che effettivamente nella maggior parte dei casi le radici dei vigneti trentini si spingono fino allo strato limitante, che può essere per esempio un livello ghiaioso (orizzonte C), o la roccia (orizzonte R). Nei suoli profondi la densità degli apparati radicali è però in genere minore, o anche ridottissima, alla base del suolo, e questo soprattutto nei terreni a tessitura fine, dotati di elevata disponibilità d'acqua[12]. Se quindi non tutto il volume della profondità utile è esplorato dalle radici, il calcolo che utilizza tale parametro risulta sovrastimato[13] (si tratta comunque di suoli con riserva utile alta o molto alta).

Le stime dell'acqua disponibile effettuate[14] su tutti i profili disponibili, hanno evidenziato una forchetta di valori molto diversi, da molto ridotti (<40 mm) a molto alti (>400 mm). È stato quindi possibile associare a ogni UTS una classe di AWC (Allegato I). Questa grande variabilità nella capacità di ritenzione riflette le rilevanti differenze di profondità, tessitura, scheletro, e di sostanza organica dei vari suoli. La media generale, considerando i valori relativi ai primi 100 cm (o nella profondità utile, se questa è inferiore a 100 cm), è 130 mm, mentre quella sulla profondità utile (AWC_{PU}) è 151 mm.

La capacità di ritenzione idrica all'interno delle varie tipologie di suolo (UTS) mostra invece intervalli di variabilità relativamente contenuti, vista l'omogeneità di caratteri fisici di ognuna di queste. Tali valori medi delle UTS, pur non essendo il frutto di misure effettuate in campo (molto onerose)[15], costituiscono un'informazione basilare per una gestione ottimale dell'irrigazione calibrata sulle reali

(12) Nei suoli a tessitura grossolana (sottogruppo FS) e scheletrici, invece, gli apparati radicali si spingono in genere fino in profondità con una notevole densità.

(13) Per parare a questo inconveniente i tecnici francesi e svizzeri introducono per gli orizzonti di profondità un fattore correttivo che tiene conto dell'effettiva densità delle radici, stimata durante lo studio del profilo pedologico, diminuendo del 50% (laddove le radici fini sono scarse) o del 90% (dove le stesse sono rare) la stima della quantità di acqua disponibile (Letessier e Marion, 2007).

(14) Le stime sono basate sulle analisi routinarie di laboratorio, su analisi specifiche riguardanti le capacità di ritenzione idrica (piastra di Richards) e su una pedofunzione messa a punto nel corso delle analisi statistiche (per i dettagli si veda il Capitolo 1).

(15) Le misure effettuate nell'ambito di alcune sperimentazioni in campo effettuate dalla FEM confermano i valori stimati.

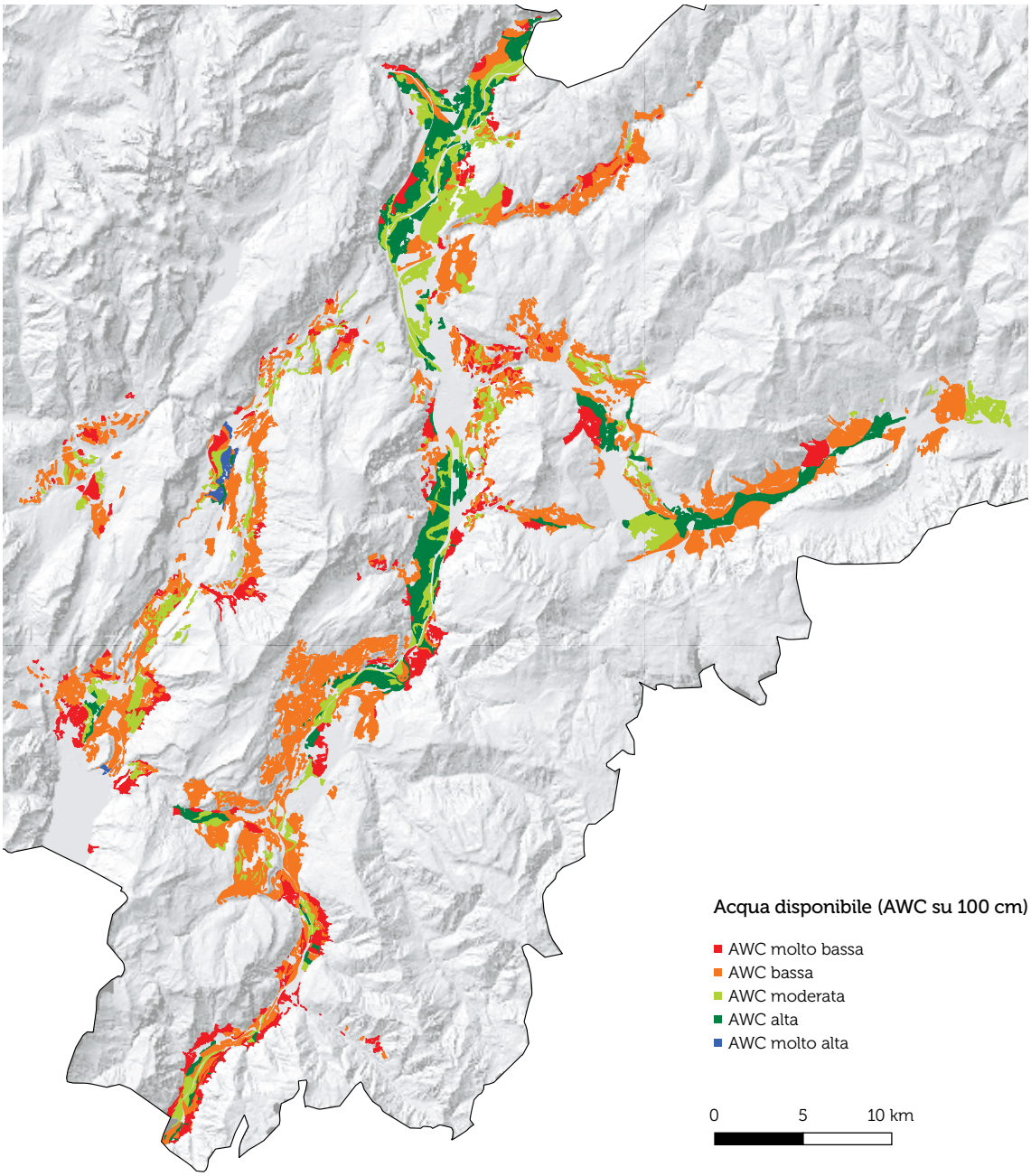


Figura 12
Mappa delle classi di acqua disponibile su 100 cm di profondità ($AWC_{100\ cm}$)

capacità di ritenzione del suolo, e finalizzata da una parte a evitare sprechi di acqua, con la perdita di elementi nutritivi ad essi legata, e gli eventuali eccessi nel terreno, e dall'altra a ottenere i risultati qualitativi desiderati. Eventuali misure in campo puntuali via via disponibili permetteranno di validare le stime per una particolare zona, e se necessario di correggerle.

La cartina della figura 12 mostra le classi di contenuto di acqua disponibile stimata sui primi 100 centimetri di suolo ($AWC_{100\ cm}$) dei suoli (le UTS) dei vigneti trentini. Essa consente di avere una visione d'insieme, evidenziando le notevoli differenze tra le varie aree, che

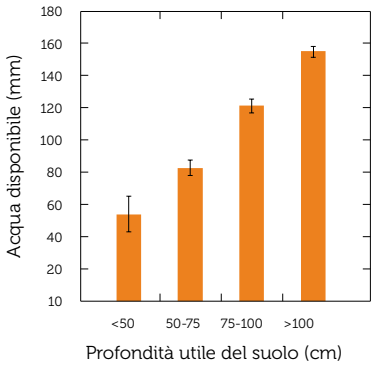


Figura 13
Valori medi ± errore standard del contenuto di acqua disponibile in relazione alla classe di profondità utile del suolo

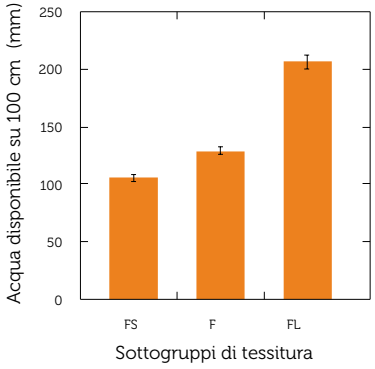


Figura 14
Valori medi ± errore standard del contenuto di acqua disponibile su 100 cm in relazione ai Sottogruppi di tessitura (F = franchi, FL = franco limosi, FS = franco sabbiosi)

ricadono in classi che vanno dalla più povera (AWC molto bassa, <75 mm) alla meglio dotata (AWC molto alta, >300 mm)[16]. La stima a questa profondità omogenea, sebbene rappresenti per difetto l'AWC dei suoli profondi (>100 cm), ha il vantaggio di facilitare il confronto tra tutti i suoli, evitando i possibili errori a cui si è già accennato derivati dall'eventuale utilizzo parziale dell'acqua immagazzinata in profondità.

Il fattore che più influisce sulla AWC è la profondità utile del suolo. Passando dai suoli a profondità utile scarsa (<50 cm) a quelli che l'hanno moderatamente bassa (50-75 cm), moderatamente alta (75-100 cm) ed elevata[17] (>100 cm), l'acqua disponibile cresce rispettivamente da 41 mm, a 82 mm, 122 mm, e 155 mm, con differenze che sono statisticamente significative tra ciascuna classe (Fig. 13).

L'influenza della tessitura, pur marcata, è più contenuta, nell'insieme dei fattori in gioco. Considerando il valore su 100 cm (Fig. 14), si nota un aumento mano a mano che le tessiture sono più fini. I suoli del Sottogruppo con tessitura franco sabbiosa (sono incluse anche le tessiture sabbioso franche) hanno un valore di 103 mm, statisticamente differenti da quelli con tessitura franca (128 mm). Quelli con tessitura franco limosa (sono incluse anche le tessiture

(16) Per le unità cartografiche con due UTS (es. RAV1/ALD1), e nel caso che le classi di AWC delle due UTS siano diverse, si è utilizzata quella più limitante, vale a dire la più bassa.

(17) Sono state accorpate anche le UTS con profondità utile molto elevata (>150 cm).

franco limose argillose), presentano i valori significativamente più elevati (205 mm), differenziandosi in maniera netta.
Per avere una visione più sintetica a scala provinciale, sono stati individuati su base statistica 4 Gruppi funzionali sintetici per l'AWC calcolata alla profondità utile (AWC_{PU}) (Fig. 15):

- suoli alluvionali (AL), con media dell'AWC_{PU} di 250 mm;
- suoli su substrati glaciali (GL)[18], con media dell'AWC_{PU} di 152 mm;
- suoli dei conoidi (CO)[19], con media dell'AWC_{PU} di 123 mm;
- suoli sottili (Sottili), vale a dire con profondità utile <75 cm, con media dell'AWC_{PU} di 79 mm.

Tali macro-raggruppamenti mostrano che i suoli alluvionali considerati nel loro complesso hanno valori alti, mentre i suoli su materiali glaciali e dei conoidi hanno nell'insieme valori moderati-bassi, e i suoli sottili (<75 cm), indipendentemente dalla loro origine, valori molto bassi.
L'osservazione dei valori dei Gruppi funzionali (Tab. 5 - Capitolo 4) permette di apprezzare (Fig. 16) la notevole influenza della profondità e della tessitura all'interno dei primi due Gruppi funzionali, i suoli alluvionali e su materiali glaciali. In entrambi i Gruppi i valori più alti

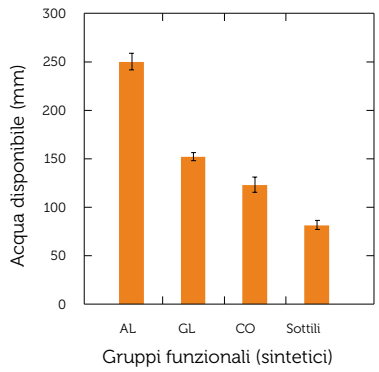


Figura 15
Valori medi ± errore standard del contenuto di acqua disponibile sulla profondità utile dei Gruppi funzionali (sintetici) di AWC

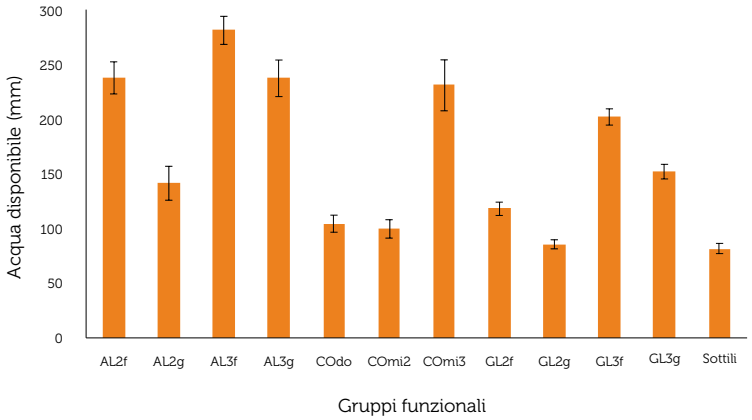


Figura 16
Valori medi ± errore standard del contenuto di acqua disponibile sulla profondità utile dei Gruppi funzionali di AWC

(18) Come si è visto nel capitolo precedente questo raggruppamento comprende le UTS su glaciale misto (GLmi) e silicatico (GLsi), e anche quelle su calcari marnosi (CM), BA (basalto), SI (siltiti del *Werfen*).

(19) Questo raggruppamento comprende le UTS su tutti i conoidi: calcarei (COca), dolomitici (COdo), silicatici (COsi) e misti (COmi).

si hanno nei suoli profondi[20] (profondità utile >100 cm) e a tessitura fine (franca o franco limosa). Si noti in particolare, per il glaciale, il valore molto alto rispetto alla media generale del Gruppo dei suoli a profondità utile alta e a tessitura fine (202 mm). I valori più bassi si hanno invece nei suoli a profondità utile moderatamente alta (75-100 cm), soprattutto se con tessitura grossolana (franco sabbiosa o sabbioso franca). È da notate che come nell'alluvionale i suoli a profondità utile moderatamente bassa e a tessitura grossolana (141 mm) si discostano in modo netto dalla media generale. In altre parole, quando si tratta di suoli alluvionali o su glaciale, per avere una prima stima dell'AWC vanno sempre considerate profondità utile e tessitura (fine o grossolana).
Per quando riguarda i suoli su conoidi, quelli su materiali dolomitici finiscono in un solo raggruppamento (con una media di 105 mm), e non si osserva quindi un'influenza significativa della profondità (va specificato che solo tre UTS, e poco diffuse, hanno profondità utile alta) e della tessitura. Per quanto riguarda i conoidi calcarei, silicatici, o misti, riuniti in unico Gruppo funzionale (COmi), che si suddivide solo per la profondità, si noti l'alto valore, ben superiore a quello della media generale del Gruppo, delle UTS con profondità utile alta (231 mm).
I suoli Sottili (prevalentemente su conoidi, materiali alluvionali e roccia in posto) finiscono in un unico raggruppamento funzionale, indipendentemente dalla tessitura e dalla profondità scarsa (<50 cm) o moderatamente bassa (50-75 cm).
La cartina sintetica (Fig. 17) mostra la distribuzione spaziale di tali Gruppi funzionali (AWC_{PU}) e ha il pregio di dare una visione di insieme legata alle diverse origini dei suoli nettamente più diffusi (alluvionali, di conoide o su materiali glaciali), in stretto legame con i pedopaesaggi, e ai caratteri edafici più influenti (tessitura e profondità). Per avere una stima della ritenzione idrica di un determinato vigneto è bene però riferirsi alla carta dei suoli e al valore medio dell'AWC della rispettiva UTS (Allegato I), relativamente più preciso.

PROPRIETÀ CHIMICHE

I suoli dei vigneti trentini mostrano caratteri chimici nel complesso diversi, o anche molto diversi, che riflettono in maggiore o minore misura le peculiarità dei vari materiali parentali. Le singole proprietà chimiche sono influenzate in modo più o meno determinante dalla natura dolomitica (conoidi e detriti dolomitici), o calcarea (conoidi calcarei), o a litologia mista carbonatica e silicatica (glaciale misto), o silicatica (glaciale silicatico), dei materiali di partenza, e dei relativi suoli (Tab. 1 - Capitolo 3). Le differenti tipologie di suolo di una stessa litologia, seppure ciascuna caratterizzata da una variabilità più ristretta per ogni singolo parametro (Allegato I), hanno pur sempre

(20) Sono state accorpate anche le UTS con profondità utile molto elevata (>150 cm).

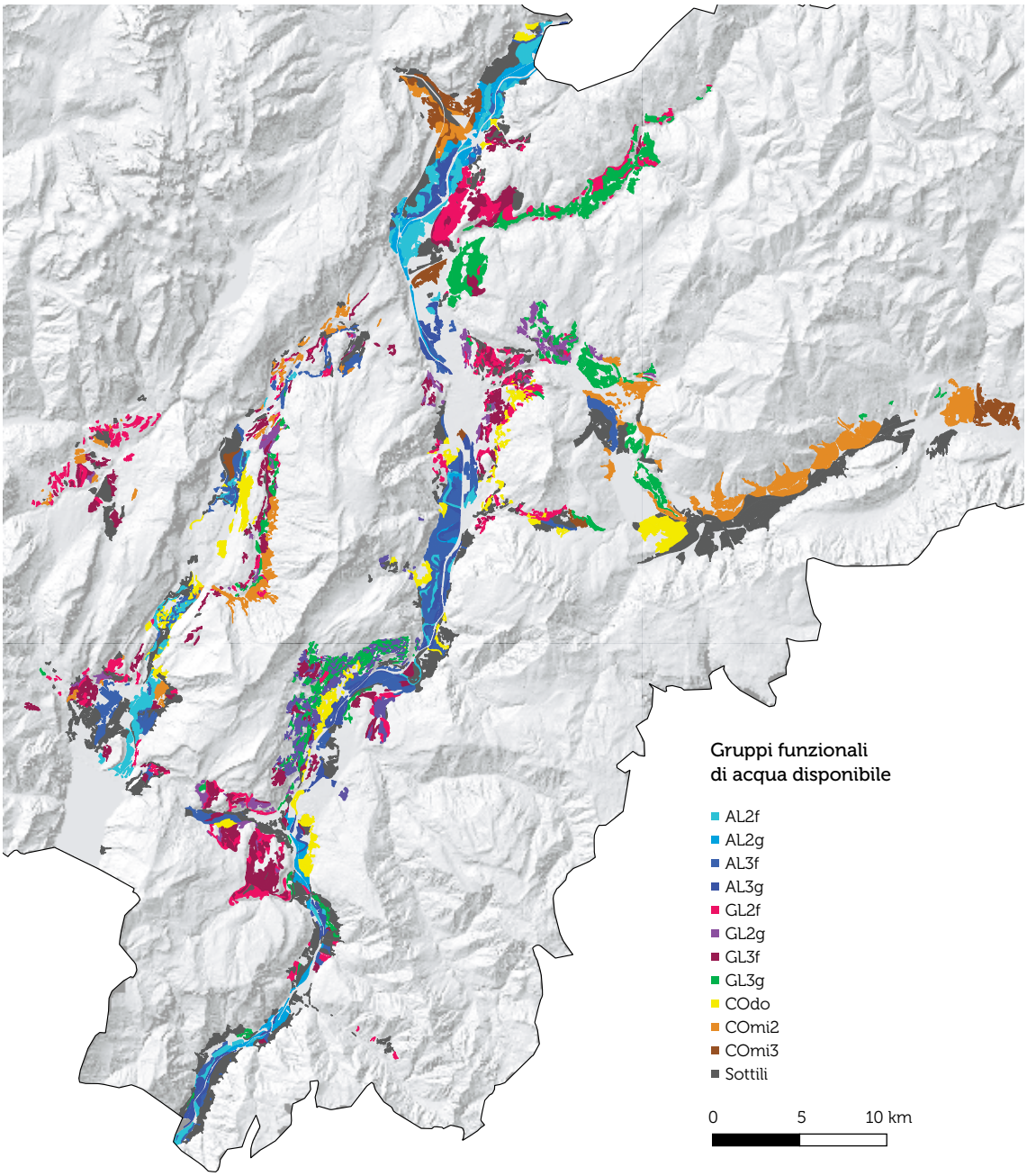


Figura 17
Mappa dei Gruppi funzionali per il contenuto di acqua disponibile sulla profondità utile (Gruppi non semplificati)

molti caratteri in comune, e questo è un solido aiuto per guidare le pratiche agronomiche e viticole, e per estrapolare i risultati di ricerche ed esperienze.

Alcuni parametri chimici, e in particolare quelli legati al contenuto in sostanza organica (contenuto di carbonio e di azoto, capacità di scambio, ecc.), dipendono anche dal clima, che controlla l'intensità della mineralizzazione della sostanza organica, vale a dire la sua degradazione. Come si è visto, le differenze delle condizioni climatiche tra aree diverse possono essere notevolissime (Capitolo 1).

Tutti i parametri chimici sono però legati anche alla conduzione, e in particolare alle concimazioni inorganiche e organiche, comprese quelle pre-impianto. Le varie pratiche hanno un effetto più o meno cospicuo, e più o meno duraturo, che bisogna cercare di conoscere, e prevedere, il meglio possibile. L'influenza dell'uomo risulta quindi determinante, a differenza di quello che succede per la maggior parte dei parametri fisici, e in particolare tessitura e scheletro (e in certa misura l'AWC, sebbene questa risenta in parte anche del contenuto di sostanza organica).
Anche per questi dati l'utilizzo dei Gruppi funzionali (Tab. 6 - Capitolo 4) di tipologie di suolo (UTS), basati sui Gruppi di substrato, permette di ricondurre la grande variabilità a un numero ridotto di raggruppamenti. Analizzando un gran numero di dati, le influenze degli interventi si smorzano, e si riescono a evidenziare le differenze legate ai materiali parentali e le forchette di valori che contraddistinguono, per le singole proprietà, i vari insiemi di suoli. Sono informazioni meno precise di quelle riferite alle singole UTS, ma più solide, perché basate su molte analisi.
Tenendo conto dei dati medi dei Gruppi funzionali, lo stesso valore di un parametro in un determinato vigneto (per es. il contenuto di sostanza organica o il contenuto di magnesio), può essere giudicato ottimale, o invece troppo alto o troppo basso. Questo approccio, che potrebbe essere visto come una complicazione, apre la strada a una più attenta gestione dei vigneti, che tiene conto delle effettive condizioni di ogni zona (e delle relative problematiche ed eventuali rischi), agevolando la risoluzione dei problemi riscontrati, che sono sempre legati a ben precise condizioni. Uno stesso elemento problematico (per es. la clorosi ferrica, come si vedrà) può avere origini diverse, e quindi dovrà essere trattato in modo diverso a seconda del contesto pedologico.
Non bisogna dimenticare che le variazioni legate alle pratiche agronomiche intervengono su situazioni anche profondamente diverse, e vanno valutate nel contesto preciso in cui vengono applicate. La stessa pratica (per es. un dato tipo di concimazione organica o minerale, o il sovescio) può avere effetti molto differente a seconda della tipologia pedologica.
Va sottolineato che i campioni analizzati per questo studio sono stati prelevati tutti nell'interfila, in genere al centro, dove è stato scavato il profilo pedologico. I dati rappresentano quindi la situazione del suolo nell'interfilare. Sotto la fila alcuni parametri potrebbero presentare valori più o meno diversi. Il contenuto di carbonio è in genere inferiore sulla fila, soprattutto quando è stato praticato per molti anni il diserbo, e alla maggiore mineralizzazione ad esso legata. Per gli elementi della fertilità, si deve considerare che le fertilizzazioni organiche vengono di norma effettuate sulla fila, facendo così rilevare contenuti più alti di alcuni elementi rispetto a quelli misurati nell'interfilare.
Le classi utilizzate per i vari parametri sono riportate nell'Allegato III. Si sottolinea che esse sono le più usate a livello nazionale e hanno

quindi un valore di inquadramento generale. Esse agevolano il confronto con altre zone viticole, ma in alcuni casi non rispecchiano in maniera ottimale la specificità dei suoli del Trentino[21].

Carbonati (calcare totale)

I suoli dei vigneti trentini sono in grandissima parte calcarei, vale a dire contengono carbonati in quantità più o meno grandi (un suolo è calcareo anche se contiene solo 2% di carbonati)[22]. Questo perché essi derivano nella maggior parte dei casi da materiali esclusivamente o in parte carbonatici: depositi di conoide (e subordinatamente gravitativi o colluviali) dolomitico-calcarei o calcarei, depositi glaciali e alluvionali a litologia mista carbonatica-silicatica, calcari marnosi. I carbonati che si ritrovano nei suoli sono quelli dei materiali di origine, anche se in molti casi gli orizzonti di superficie sono relativamente più poveri a causa di una parziale perdita di carbonati nelle acque di drenaggio (processo di decarbonatazione), e quindi si assiste a un aumento delle percentuali con la profondità.

Su tali materiali carbonatici i suoli privi di carbonati, o con contenuti molto ridotti, si ritrovano solo sulle superfici più pianeggianti e più stabili, dove il tempo intercorso dopo l'ultima glaciazione (circa 15.000 anni) ha permesso una decarbonatazione totale o quasi totale (processo molto lento, nell'ordine delle migliaia di anni). Questo succede nelle piane glaciali o fluvioglaciali (Capitolo 2), dove i suoli, quando non sono disturbati, sono spesso non calcarei o scarsamente/molto scarsamente calcarei[23]. Si citano come esempi la piana glaciale di Villazzano, sulla collina di Trento (suoli Villazzano molto profondi e Villazzano profondi, VIL1 e VIL2), la piana fluvioglaciale di Pilcante (suoli Pilcante senza scheletro e Pilcante franchi, PIL2 e PIL3) e alcune superfici sub-pianeggianti della

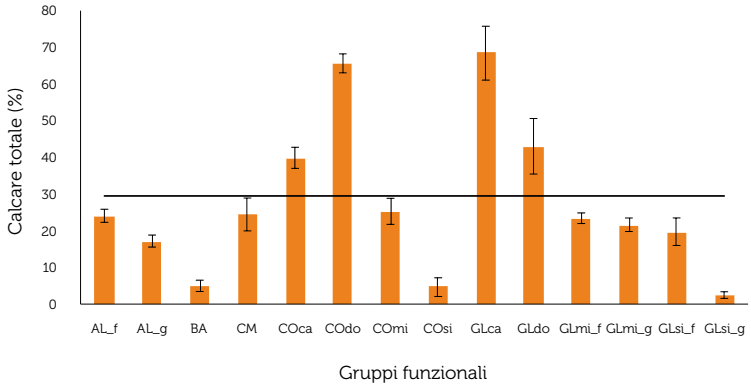


Figura 18
Valori medi ± errore standard del contenuto di calcare totale (medie ponderate sui primi 70 cm) nei differenti Gruppi funzionali

(21) È il caso in particolare del magnesio, perché i valori riscontrati sono nel complesso molto più alti di quelli più frequenti altrove.

(22) Un suolo si considera privo di carbonati se il calcare quantificato analiticamente è <1%; valori inferiori, difficilmente quantificabili, sono talvolta rilevati anche in assenza di carbonati.

(23) In alcuni casi le lavorazioni profonde dei suoli hanno riportato in superficie i carbonati presenti negli strati profondi di questi suoli non calcarei, o molto scarsamente calcarei (ricarbonatazione secondaria).

collina di Mori (suoli Le Coste di Tierno, LCT1) e della piana di Cavedine (suoli Cavedine, CVD1).
In Val di Cembra dominano suoli con bassi o molto bassi contenuti di calcare, o anche non calcarei (suoli Cembra e Cembra scheletrici, CEM1 e CEM3). Questa caratteristica si spiega con il fatto che i materiali glaciali o fluvioglaciali di origine (in particolare le grandi piane di Lisignago, Cembra, Piazzo) sono già in partenza relativamente poveri di carbonati, visto il bacino di alimentazione del ghiacciaio, prevalentemente silicatico (porfidi). L'allontanamento per dilavamento della componente carbonatica è quindi facilitato, rispetto a materiali più calcarei, e anche qui i suoli decarbonati sono più frequenti nelle piane. Analoga situazione si osserva nella zona di Civezzano, dove però i suoli non calcarei sono presenti solo localmente, a parte la vasta piana fluvioglaciale di Civezzano (suoli Civezzano, CVZ1).
In tutti i suoli dei vigneti del versante idrografico sinistro della Valsugana da Ciré fino a Scurelle, i suoli sono privi di carbonati. I materiali dai quali si originano, glaciali (zona di Vigalzano, Canzolino e Serso, suoli Tenna, TNA1 e TNA2) o di conoide (da Levico fino a Telve, suoli Novaledo, NVD1 e NVD2, e Scurelle, SLL1), non contengono calcare totale (litologie filladiche).
I suoli su basalto sono non calcarei solo quando si originano esclusivamente dal substrato vulcanico, come si osserva in particolare, sulla collina di Mori, nei suoli Besagno (BSG1). Più frequentemente i suoli basaltici sono scarsamente calcarei, in quanto gli affioramenti vulcanici sono in genere di piccole dimensioni, e sono intervallati ad affioramenti di tufi e/o ad apporti glaciali a litologia mista. Questo si osserva nella zona di Isera (suoli Isera, ISE1, solo localmente non calcarei, e suoli Isera franco sabbiosi ISE2) e sulla collina di Trento nelle aree di Maso Bergamini e Villa Manci (solo i suoli Villa Manci profondi, VMA3, poco diffusi, sono non calcarei).
Analizzando la media ponderata del contenuto di carbonati sui primi 70 cm di tutti i profili studiati[24], il valore medio è 30%. Questo contenuto medio è decisamente alto (Allegato II). Considerando i Gruppi funzionali (Tab. 6 - Capitolo 4), i contenuti di ogni Gruppo si rivelano molto diversi (Fig. 18). I suoli su conoidi dolomitici mostrano valori estremamente alti (65%), così come quelli su glaciale calcareo (68%), mentre valori alti si hanno in quelli su conoidi calcarei (40%), su calcari marnosi (24%), su glaciale misto (24% e 22%, rispettivamente nei sottogruppi a tessitura fine e grossolana) e su materiali alluvionali (24% e 17%, rispettivamente nei sottogruppi a tessitura fine e grossolana). Nei suoli su glaciale silicatico si evidenzia una grande differenza tra i suoli a tessitura fine (19%) e grossolana (3%), mentre i suoli su basalto hanno nel complesso un basso contenuto (5%), così come quelli su conoidi silicatici (5%).
Si sottolinea che se considerando le medie generali nessun Gruppo risulta privo di carbonati, come già accennato, c'è però anche un numero limitato di UTS che sono non calcaree. Esse si trovano

(24) Compresi quindi anche quelli non calcarei.

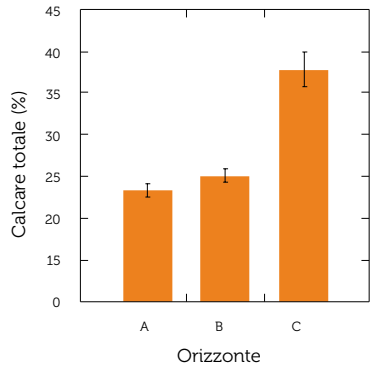


Figura 19
Valori medi ± errore standard del contenuto di calcare totale per orizzonte

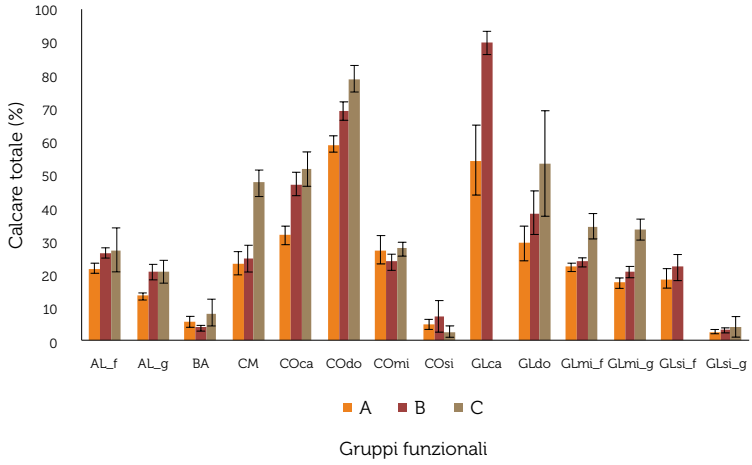


Figura 20
Valori medi ± errore standard del contenuto di calcare totale per orizzonte nei differenti Gruppi funzionali

sia su glaciale silicatico (suoli Cembra e Cembra scheletrici, CEM1, CEM3, suoli Tenna e Tenna scheletrici, TNA1, TNA2, e suoli Serso, SRS1), tutte nel Sottogruppo a tessitura grossolana, che su conoidi silicatici (suoli Novaledo e Novaledo su materiali granitici, NVD1 e NVD2, suoli Pergine, PGN1, e Scurelle, SLL1). Tali tipologie prive di carbonati nell'intero profilo sono localizzate in Val di Cembra e in Valsugana. Anche nei suoli su basalto si trova una UTS non calcarea (suoli Villa Manci profondi, VMA3), con una estensione areale molto ridotta, mentre due UTS possono essere non calcaree come scarsamente calcaree (suoli Villa Manci Sottili, VMA2, e suoli Isera, ISE1).

Nei suoli calcarei il contenuto di carbonati aumenta in genere con la profondità, mano a mano che il processo di decarbonatazione dei materiali parentali, più intenso in superficie, è più attenuato, e ci si avvicina a questi ultimi, molto calcarei. La media degli orizzonti di superficie A è infatti 23%, quella degli orizzonti sottosuperficiali B 25%, e quella degli orizzonti profondi C 38% (Fig. 19)[25].

Nel grafico di figura 20 sono riportati gli andamenti dei contenuti negli orizzonti A, B e C dei vari Gruppi funzionali. I valori più alti negli orizzonti A si hanno sui conoidi dolomitici (59%) e calcarei (34%), su

(25) Si fa notare che valori analoghi sono stati trovati per i suoli delle Valli del Noce (Porro *et al.*, 2017a).

conoidi misti (27%) e su calcari marnosi (23%). È interessante notare come i suoli a tessiture fine abbiano contenuti tendenzialmente superiori a quelli a tessitura grossolana sia sui materiali alluvionali (rispettivamente 22% e 13%), che su glaciale misto (21% e 17%) e su glaciale silicatico (16% e 2%).
Per quanto riguarda gli orizzonti C, si notino i valori estremamente elevati dei suoli sui conoidi dolomitici (80%) e calcarei (57%), e dei calcari marnosi (47%), e analoghe differenze legate alla tessitura nei suoli su alluvionale e su glaciale misto. Nei suoli su conoidi misti i valori in profondità sono invece analoghi a quelli in superficie.

Calcare attivo

Il contenuto di calcare attivo dà una misura delle frazioni più fini e più reattive di carbonati presenti nel suolo. Esso è un parametro estremamente importante perché valori alti sono legati a un potenziale rischio di clorosi ferrica, legato all'insolubilizzazione del ferro nel suolo. Quest'ultimo è tanto più grande quanto più elevati sono i contenuti di calcare attivo, e valori >5% possono essere considerati, per la vite, l'indice di un rischio potenziale, o comunque una soglia di attenzione.
Come è noto i vari portainnesti mostrano sensibilità molto diverse alla clorosi, così come in certa misura anche i vari vitigni. I portainnesti 140Ru, 41B, 333 E.M. e Fercal sono specifici per l'assorbimento di ferro (Fe), soprattutto in situazioni di suoli caratterizzati da livelli molto elevati di calcare attivo, mentre 3309 C e SO4 ne assorbono meno e quindi sono più sensibili alla fisiopatia (Porro *et al.*, 2013).
Si ricorda che i fattori del suolo che aggravano la clorosi, a parità di condizioni, sono l'eccesso idrico, in relazione a piogge abbondanti e/o ad apporti eccessivi con l'irrigazione, soprattutto con temperature basse, in quanto viene provocato un innalzamento della concentrazione dello ione bicarbonato nel suolo che tende a bloccare la disponibilità del ferro, e ridotti contenuti di sostanza organica (Whiting *et al.*, 2011). Anche il compattamento degli strati profondi, che porta indirettamente a un eccesso idrico, è un fattore spesso decisivo. Per quanto riguarda la sensibilità varietale alla clorosi ferrica, si ricorda che tra i vitigni coltivati in Trentino, i *Pinot* (in particolare il *grigio*), i *Moscati*, il *Cabernet Sauvignon*, il *Cabernet franc* (Bavaresco *et al.*, 2006), così come *Muller Thurgau* e *Traminer aromatico* (AA. VV., 2010) sono particolarmente sensibili alla fisiopatia.
Prendendo in esame la media ponderata del calcare attivo sui primi 70 cm di tutti i profili studiati, il valore medio è 2,7%, quindi un contenuto relativamente basso (Allegato III). I contenuti in carbonati totali sono invece, come si è visto, da moderati ad alti. Va sottolineato, anche se non c'è una mai precisa correlazione, che molti suoli calcarei dei vigneti trentini sono di natura dolomitica, e hanno altissimi contenuti di carbonati totali, ma calcare attivo molto basso. L'andamento nel profilo mostra una distribuzione sostanzialmente uniforme, con una media di 1,6% nell'orizzonte A, lievissimi aumenti nel B (2,3%) e nel C (1,9%).

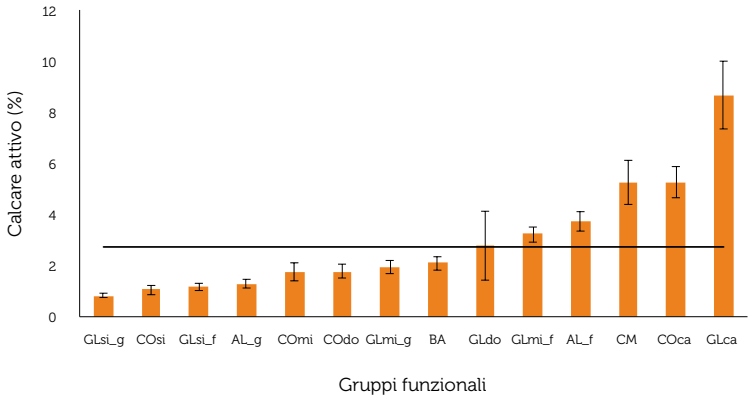


Figura 21
Valori medi ± errore standard del contenuto di calcare attivo (medie ponderate sui primi 70) nei Gruppi funzionali

Analizzando i Gruppi funzionali (Fig. 21), si nota che i valori più alti, che restano comunque moderati, si hanno nei suoli del glaciale calcareo (8,7%) e dei calcari marnosi (5,3%) e dei conoidi calcarei (5,3%). I valori più bassi si osservano invece nei suoli su conoidi dolomitici (1,8%), che hanno percentuali di carbonati altissime, e su conoidi silicatici (1,0%), così come nei suoli a tessitura fine (1,2%) e grossolana (0,8%) su glaciale silicatico. In altre parole, tutti i suoli su materiali dolomitici o silicatici hanno contenuti molto scarsi. Contenuti bassi, ma con una marcata differenza (statisticamente significativa) tra suoli con tessiture fini o grossolane, si hanno nei suoli su depositi alluvionali (rispettivamente 3,7% e 1,3%) e su depositi glaciali misti (rispettivamente 3,2% e 1,9%). Anche i suoli su conoidi misti e su basalto hanno valori bassi (rispettivamente 1,8% e 2,1%).
È interessante sottolineare il contenuto molto basso nei suoli su conoidi dolomitici e del glaciale dolomitico, nonostante il contenuto di carbonati totali sia molto elevato. I carbonati sono dunque prevalentemente presenti in questi suoli nelle frazioni meno fini. I problemi di clorosi che si riscontrano su questi suoli sono quindi dovuti a una carenza di ferro, non a una immobilizzazione. L'indice di potere clorosante (IPC)[26], proposto dall'INRA francese, ha il vantaggio di tenere conto sia del calcare attivo che della disponibilità di ferro nel suolo, e quindi rappresenta un parametro valido per tutti i tipi di suoli calcarei, che dovrebbe essere utilizzato comunemente anche per i vigneti trentini.

Reazione (pH)

La reazione si misura e viene espressa come valore di pH. Nei suoli calcarei, e anche se il contenuto di carbonati è molto ridotto (suoli scarsamente calcarei), il pH è sempre subalcalino (7,4-7,8) o più frequentemente alcalino (7,9-8,4). Questo grazie al potere tampone dei carbonati. Si può quindi dire che nei suoli calcarei, che dominano in tutti i vigneti trentini, eccettuando la Valsugana e alcune aree della Valle di Cembra, esso non è un parametro di grande rilevanza.

(26) IPC = A x 10000 / $(B)^2$ dove A = Calcare attivo (%), B = Fe assimilabile estratto in ammonio ossalato (mg/kg).

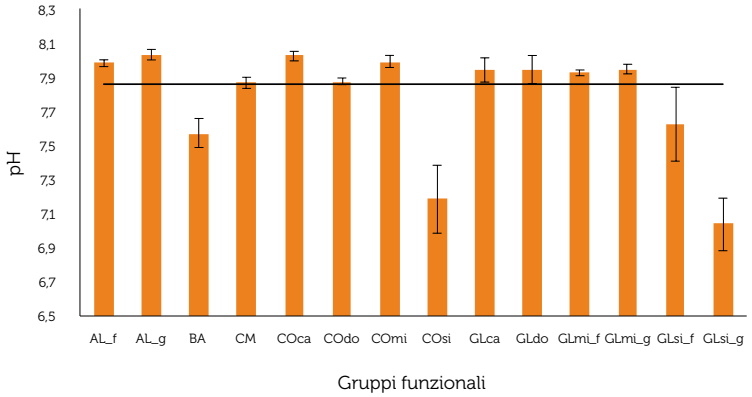


Figura 22
Valori medi ± errore standard del contenuto di pH (medie ponderate sui primi 70 cm) nei differenti Gruppi funzionali

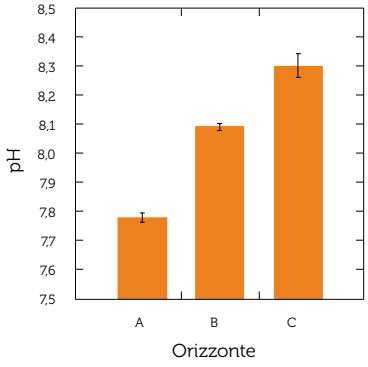


Figura 23
Valori medi ± errore standard del contenuto di pH per orizzonte

Prendendo in esame le medie ponderate (sui primi 70 cm) dei vari profili studiati il valore medio è 7,9. Considerando i Gruppi funzionali (Fig. 22), i valori della maggior parte dei Gruppi, vale a dire quelli su materiali alluvionali e glaciali misti (indipendentemente dalla tessitura), su conoidi calcarei, dolomitici e misti, e su calcari marnosi, sono compresi tra 7,9 e 8,0. Sono da notare dei valori medi tendenzialmente superiori (8,0) nei conoidi calcarei e misti rispetto ai conoidi dolomitici (7,9).

Valori medi nettamente più bassi si osservano nei suoli dei conoidi silicatici (7,2) e su glaciale silicatico, dove è presente una differenza notevole[27] tra i suoli con tessitura grossolana (7,0) e con tessitura fine (7,6). I suoli su basalto hanno un valore medio di 7,6.

La figura 23 mostra l'andamento del pH con la profondità, con un aumento scendendo lungo il profilo. Il valore medio degli orizzonti A è 7,8, quello dei B 8,1, e quello dei C 8,3[28].

Considerando i valori distinti anche per orizzonte, si nota (Fig. 24) che valori medi sotto la neutralità si osservano solo negli orizzonti A dei suoli a tessitura grossolana su glaciale silicatico (7,0) e sui suoli dei conoidi silicatici (7,2). Come si è visto questi gruppi comprendono le sole UTS prive di carbonati, che si originano da materiali silicatici acidi (poveri di basi) che si ritrovano in Val di Cembra (depositi

(27) La differenza è statisticamente significativa.

(28) Valori medi molto simili (7,7, 8,2 e 8,3) sono stati trovati per gli analoghi orizzonti dei suoli delle Valli del Noce (Porro *et al.*, 2017a).

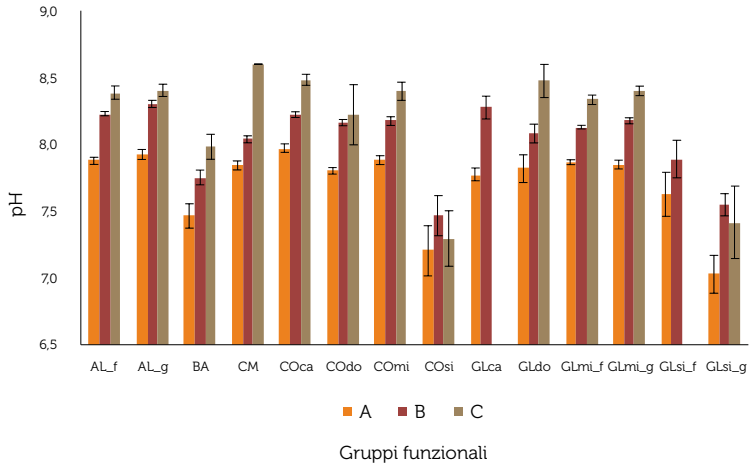


Figura 24
Valori medi ± errore standard del contenuto di pH degli orizzonti A, B e C nei differenti Gruppi funzionali

a prevalenza porfirica, di solito con anche una componente carbonatica) e in Valsugana (depositi a prevalenza filladica). Gli orizzonti sottosuperficiali degli stessi orizzonti di tali Gruppi sono in media subalcalini (rispettivamente 7,6 e 7,5), e anche gli orizzonti A e B di tutti gli altri Gruppi sono subalcalini e alcalini.
Al di là dei valori medi, non è raro sui suoli delle UTS prive di carbonati sviluppate sui materiali glaciali silicatici (filladici) di conoide e glaciali della Valsugana, trovare casi di orizzonti Ap con un pH subacido (5,5-6,5), e in qualche raro caso (4 casi) acido (<5,5). In Val di Cembra sembrano essere piuttosto rari i suoli con orizzonti A subacidi a giudicare dagli scarsi dati disponibili, perché come si è già specificato i materiali glaciali hanno anche una frazione dolomitica.
Va considerato che i valori che si osservano nei suoli non calcarei possono abbassarsi nel tempo e quindi vanno tenuti monitorati. Mano a mano che la riserva di basi presenti nel suolo (principalmente ioni calcio e magnesio) viene consumata, per l'asporto del vigneto e il dilavamento, il pH infatti si abbassa, se non vengono effettuati apporti di basi (per esempio con il letame). Questo processo di acidificazione progressiva, relativamente veloce e più marcato nell'orizzonte di superficie, fa sì che il pH possa scendere mano a mano a valori sotto il 6,0 o anche sotto 5,5, che sono da considerarsi soglie da non superare. Al di sotto di questi valori si hanno rilevanti conseguenze negative consistenti in una ridotta disponibilità di basi per la pianta, una minore disponibilità di fosforo e un rallentamento dell'attività biologica del suolo. Il rimedio agronomico è la calcitazione, che riporta il pH alla neutralità o anche a valori superiori.

Carbonio organico e sostanza organica

La sostanza organica ha un ruolo fondamentale nei terreni per le molteplici funzioni essenziali che essa svolge. Per quanto riguarda la nutrizione, essa cede elementi alla pianta attraverso il processo di mineralizzazione, trattiene elementi, costituendo una frazione cospicua del complesso di scambio, e consente la vita degli organismi del suolo. Tutti questi aspetti, e in particolare la quantità di azoto

fornita dalla mineralizzazione, che a parità di fattori è tanto maggiore quanto è più abbondante la sostanza organica, sono legati intimamente alla qualità (van Leewuen, 2010). Per quanto riguarda la struttura essa consente la formazione di aggregati stabili, da cui dipende la macroporosità del suolo, che rende possibile l'areazione e limita i fenomeni di compattamento.
Il valore medio delle medie ponderate (sui primi 70 cm) del contenuto di carbonio organico dei profili a disposizione è 1,3%, valore che corrisponde a un contenuto di sostanza organica di 2,3%[29]. Questo valore medio, moderato (Allegato III), è legato in primo luogo alla diffusione delle varie tipologie di suolo.
Come si è visto dominano i suoli molto calcarei, nei quali la mineralizzazione della sostanza organica è rallentata. Nei suoli a tessitura grossolana, a parità di fattori la mineralizzazione è invece favorita dall'abbondanza di ossigeno e quindi i contenuti di sostanza organica sono più bassi. Il valore medio è beninteso in relazione anche agli interventi agronomici, e in particolare gli apporti di concimi organici, più diffusi in passato, la pratica della frantumazione dei residui di potatura, nonché l'inerbimento, che sul lungo periodo tende a incrementare i contenuti di sostanza organica. Si ricorda che ogni forma di lavorazione, ossigenando il terreno, si traduce in una perdita di sostanza organica. C'è poi l'effetto climatico dell'altitudine, in quanto con l'aumentare della quota, a causa della diminuzione della temperatura, la velocità di decomposizione diminuisce e così l'accumulo di sostanza organica nel suolo aumenta (Shanks e Olson, 1961) poiché ne viene rallentata la sua degradazione.
In molti vigneti è osservabile in superficie un sottile orizzonte organico, riconoscibile per la colorazione nerastra e la consistenza leggera di polvere di caffè (con eventuali residui fibrosi più grossolani), costituita da resti della fauna del suolo. Lo spessore varia da qualche millimetro fino a 4-5 centimetri (Foto 8 e 9). La presenza di questo sottile strato è il sintomo che la sostanza organica, e in particolare quella derivata dal trinciato dei sarmenti di potatura, non viene incorporata nel suolo, ma rimane in superficie, accumulandosi


8


9

Foto 8
Strato organico in superficie, derivato dall'accumulo dei trinciati dei sarmenti, in un suolo di conoide misto (Settepergole di Mezzolombardo moderatamente profondi, SET2)

Foto 9
Strato organico in superficie, derivato dall'accumulo dei trinciati dei sarmenti, in un suolo alluvionale (Prato Saiano di Arco, PRT1)

(29) Il valore di sostanza organica si ottiene moltiplicando per 1,72 il valore della percentuale di carbonio organico.

via via. Ciò è dovuto in primo luogo a una attività ridotta dei lombrichi[30], molto spesso causato da un accumulo di rame nel terreno, e/o da condizioni prolungate di scarsità di umidità nell'interfila (con l'irrigazione a goccia, che bagna solo la fila), più frequenti nei suoli superficiali (con una bassa riserva idrica, che si esaurisce rapidamente). L'unico modo per incorporare tale orizzonte organico nel suolo è quindi quello di effettuare una lavorazione superficiale.

Esaminando le medie ponderate (sui primi 70 cm), si nota che le differenze tra i valori dei singoli Gruppi funzionali (Fig. 25) sono notevoli (Foto 10 e 11). I valori più alti[31] si osservano sui suoli dei conoidi dolomitici (1,9%) e calcarei (1,6%), e sui suoli dei calcari marnosi (1,9%). Valori relativamente bassi si hanno su tutti i materiali silicatici, di conoide (1,1%) o glaciali (rispettivamente 1,0 e 0,9% nei suoli a tessitura fine e grossolana). È da notare che, sia per i materiali alluvionali che per i depositi glaciali misti, c'è una notevole differenza[32] tra i suoli a tessitura fine (1,4% per entrambi) e grossolana (0,9% nei primi e 1,0% nei secondi).

I suoli più superficiali risultano essere i più ricchi di sostanza organica. Osservando i valori medi del carbonio organico dei suoli (medie ponderate) con profondità utile alle radici crescenti (Fig. 26), si vede che si va da valori significativamente più elevati dei suoli con profondità utile scarsa (3,31%) a livelli medi in quelli a profondità moderatamente bassa e alta (1,47% - per le classi 1 e 2), fino a valori decisamente minori per i suoli con profondità utile elevata (1,15%).

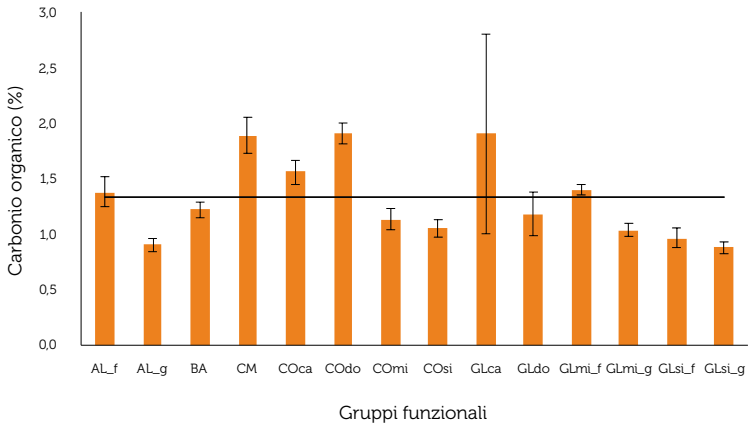


Figura 25
Valori medi ± errore standard del contenuto di carbonio organico (medie ponderate sui primi 70 cm) nei differenti Gruppi funzionali

(30) I lombrichi anecici, e in primo luogo il *Lumbricus terrestris*, si nutrono in superficie, e scavano gallerie (permanenti) in profondità, ingerendo e miscelando a frazione minerale con la sostanza organica, per poi risalire e lasciare le loro deiezioni (turricoli) alla superficie. I lombrichi epigei, più piccoli (1-5 cm) e di colore rosso scuro, vivono invece nell'orizzonte organico di superficie, e non scavano e rimescolano il suolo (Vigot e Cluzeau, 2014). La loro eventuale presenza nel sottile strato organico di superficie non implica che siano presenti anche i lombrichi anecici, più grandi, e i soli responsabili del rimescolamento del suolo.

(31) Come si è visto in entrambi i gruppi la percentuale di sabbia è relativamente elevata (rispettivamente 55% e 53%) e il contenuto di scheletro è notevole (rispettivamente 37% e 26%), quindi l'alto contenuto di sostanza organica è da mettere in relazione con l'effetto negativo dei carbonati (rispettivamente 65% e 37%) sulla mineralizzazione.

(32) La differenza è statisticamente significativa.

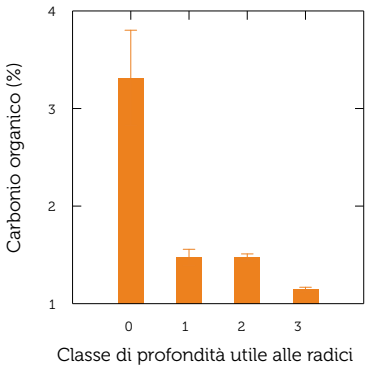
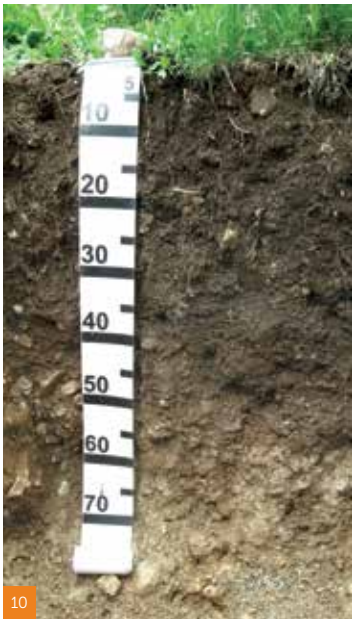


Figura 26
Contenuto di carbonio organico (medie ponderate sui primi 70 cm) nei differenti Sottogruppi di profondità utile alle radici (0 = <50 cm, 1 = 50-75 cm, 2 = 75-100 cm, 3 = >100 cm)

Ciò è dovuto verosimilmente all'abbondanza di carbonati nei suoli superficiali, ovvero quelli a profondità scarsa e moderatamente bassa, che limitano la mineralizzazione.
I suoli a tessitura grossolana (Sottogruppo di tessitura FS, franco sabbiosi) hanno contenuti significativamente minori di carbonio organico (1,18%) rispetto a quelli a tessitura più fine dei Sottogruppi di tessitura F (franchi) e FL (franco limosi), che mostrano valori superiori (rispettivamente pari a 1,44% e 1,48%). Essi hanno infatti una mineralizzazione più veloce, in relazione alla maggiore aereazione. Le differenze nelle medie ponderate dipendono anche da fattori climatici, in quanto l'area di studio è ampia, con una notevole escursione altimetrica e di microclimi. L'influenza dell'altitudine è visibile analizzando le medie dei valori nelle varie fasce altitudinali, ovvero fondovalle o della bassa collina (quota altimetrica inferiore a 250 m s.l.m.), collina (quota altimetrica compresa tra 250 e 500 m s.l.m.) e montagna (quota altimetrica superiore a 500 m s.l.m.). I suoli presenti nel fondovalle-bassa collina presentano valori di carbonio organico pari a 1,16% statisticamente inferiori rispetto a quelli del-



10



11

Foto 10 e 11
A sinistra esempio di suolo ricco di sostanza organica (suoli Calavino moderatamente profondi, CLA2), a destra suolo con contenuto di sostanza organica basso (suoli Settepergole di Mezzolombardo moderatamente profondi, SET2)

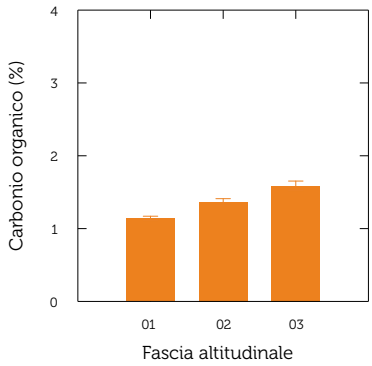


Figura 27
Contenuto di carbonio organico (medie ponderate sui primi 70 cm) nelle differenti fasce altitudinali (01 = <250 metri s.l.m., 02 = 250-500 metri s.l.m., 03 = >500 metri s.l.m.)

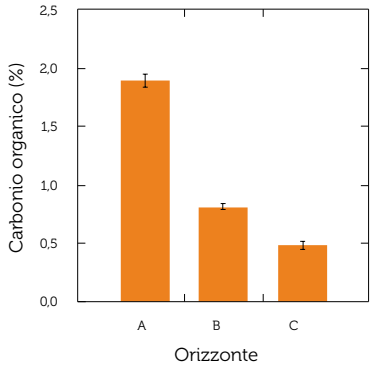


Figura 28
Valori medi ± errore standard del contenuto di carbonio organico per orizzonte

le fasce superiori, che fanno rilevare valori di 1,43% in collina e di 1,60% in montagna (Fig. 27). Evidentemente le alte temperature delle quote inferiori favoriscono una mineralizzazione più rapida. Sempre considerando le medie ponderate, si rilevano valori del rapporto carbonio/azoto significativamente inferiori nelle quote più elevate della collina e della montagna (rispettivamente 10,4 e 10,2) rispetto al fondovalle-bassa collina (11,6).

La figura 28 mostra l'andamento dei contenuti del carbonio organico con la profondità, con una notevole diminuzione scendendo lungo il profilo. Il valore medio degli orizzonti A è 1,9%, quello dei B 0,7%, e quello dei C 0,5%[33]. In altre parole, il contenuto medio è moderato in superficie e basso negli orizzonti profondi.

I valori medi negli orizzonti A nei vari Gruppi funzionali (Fig. 29) mostrano differenze per certi aspetti analoghe a quelle delle medie ponderate. Anche in questo caso i suoli dei conoidi dolomitici (2,3%) e calcarei (2,0%), e sui calcari marnosi (2,2%) mostrano valori più elevati della media. Valori relativamente bassi si hanno sui conoidi silicatici e misti (entrambi 1,5%). È da notare che anche qui sia per i materiali alluvionali che per i depositi glaciali misti c'è una differenza[34] tra i suoli a tessitura fine (rispettivamente 2,0% e 1,7%) e

(33) È interessante il confronto con gli analoghi dati relativi alle Valli del Noce (A = 3,2%, B = 0,9%, C = 0,7%; (Porro *et al.*, 2017a), che permette di apprezzare che la differenza riguarda l'orizzonte di superficie, mentre quelli profondi hanno valori dello stesso ordine di grandezza, sebbene anch'essi superiori.

(34) La differenza non è statisticamente significativa, diversamente da quanto riportato per le medie ponderate.

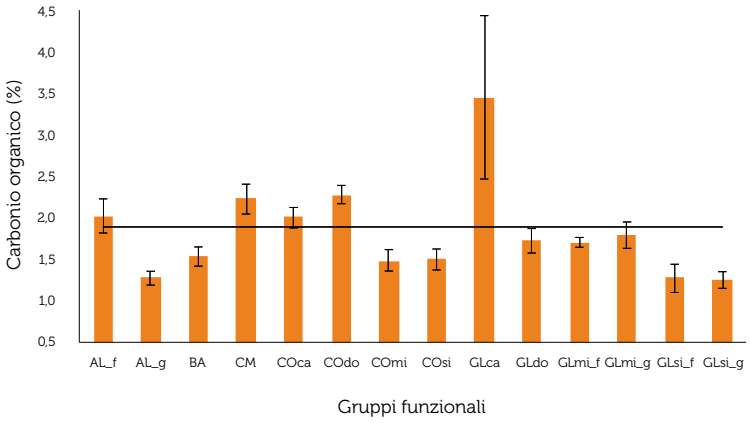


Figura 29
Valori medi ± errore standard del contenuto di carbonio organico dell'orizzonte A nei differenti Gruppi funzionali

grossolana (1,3% nei primi e 1,9% nei secondi). Il contenuto di carbonio dipende anche dall'idromorfia. Considerando tutti i campioni (di superficie e profondi), il Sottogruppo dei suoli molto idromorfi ha un contenuto medio di 1,6%, statisticamente superiore rispetto al Sottogruppo dei suoli non idromorfi (1,3%). L'eccesso di acqua nel suolo porta quindi a un rallentamento dell'attività microbiologica e della mineralizzazione.

Da quanto sopra esposto ne consegue che il giudizio della dotazione organica di un determinato appezzamento non può essere espresso solo in base al dato di laboratorio, ma anche in relazione alla forchetta di valori che caratterizza la tipologia del suolo. Il dato analitico va confrontato con quello della UTS del suolo e/o con quello del Gruppo a cui essa appartiene. Un contenuto di carbonio nell'orizzonte A del 2,1%, per fare un esempio, corrispondente a un tasso di sostanza organica del 3,6%, è normale nel caso dei suoli Aldeno, ALD1, su conoide dolomitico, visto che corrisponde alla media dell'UTS (Allegato I), e ben superiore alla media, quindi ottimo, per un suolo Pedersano, PED1, su glaciale misto (con tessitura fine).

Il contenuto nei singoli appezzamenti dipende però, come è noto, anche dalle pratiche agronomiche, e in particolare le lavorazioni, gli scassi e gli apporti di ammendanti pre-impianto. Questi interventi possono influire anche in modo determinante sui valori puntuali. Ma le "potenzialità" dei vari tipi di suolo e delle zone, così come i relativi valori medi, restano pur sempre diversi. Si tiene a precisare che si può considerare che gli apporti di ammendanti seguenti all'impianto, effettuati in genere sulla fila, non abbiano un significativo e duraturo effetto sul contenuto di sostanza organica dei suoli.

Capacità di scambio cationico

La capacità di scambio cationico (CSC) è una misura della fertilità chimica del suolo, perché quanto più essa è alta tanto più elevata è la capacità del suolo di trattenere elementi nutritivi. Essa è in generale tanto maggiore quanto più alti sono i contenuti di sostanza organica e argilla.

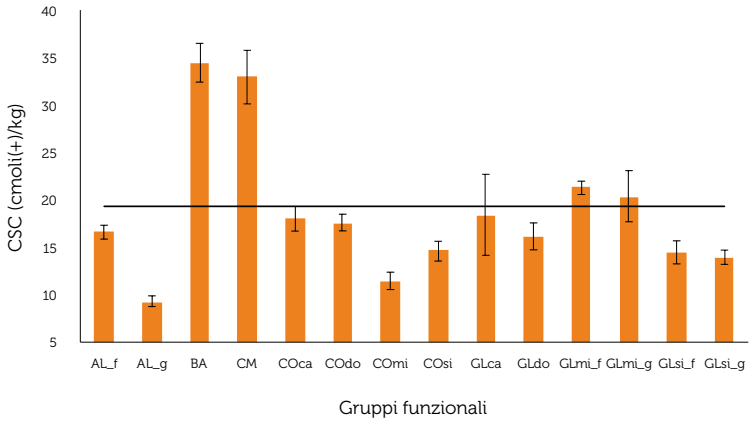


Figura 30
Valori medi ± errore standard della capacità di scambio cationico (medie ponderate sui primi 70 cm) nei differenti Gruppi funzionali

Analizzando le medie ponderate (sui primi 70 cm) della capacità di scambio dei profili studiati, la media generale è 21 cmoli(+)/kg[35]. Questo valore è alto se si tiene conto che sono compresi anche i campioni sub-superficiali, ed è in relazione con i contenuti di sostanza organica relativamente elevati, visto che le dotazioni di argilla sono nel complesso contenute[36].

Analizzando le medie dei singoli Gruppi funzionali (Fig. 30), e tendendo conto delle tessiture, si nota che le differenze sono notevoli. Hanno valori superiori i suoli su basalto (35 cmoli(+)/kg), come è normale per questa tipologia pedologica[37], e i suoli su calcari marnosi (33 cmoli(+)/kg), i due Gruppi con contenuto di argilla più alto (entrambi 20%). I valori più bassi (12 cmoli(+)/kg) si hanno nei suoli dei conoidi misti, che abbiamo visto avere un contenuto molto basso di argilla (8%) e relativamente basso di carbonio organico (1,1%). I suoli dei conoidi calcarei e dolomitici hanno una media molto simile (entrambi 18 cmoli(+)/kg), il che ricalca il fatto che i primi sono più ricchi di sostanza organica, ma più poveri di argilla. È da notare la notevole differenza tra i suoli a tessitura fine e grossolana su

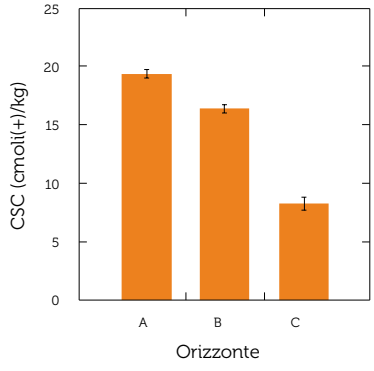


Figura 31
Valori medi ± errore standard della capacità di scambio cationico per orizzonte

(35) Si sottolinea che i valori espressi nell'unità di misura corretta e attualmente in uso (cmoli(+)/kg) corrispondono a quelli espressi con la vecchia unità di misura (meq/100g).

(36) L'analisi dei dati ha mostrato una correlazione positiva con il contenuto di argilla (r^2=0,31) e una correlazione negativa con quello di sabbia (r^2 = 0,21).

(37) I suoli basaltici, ricchi di argille montmorillonitiche, hanno spesso valori estremamente elevati della CSC.

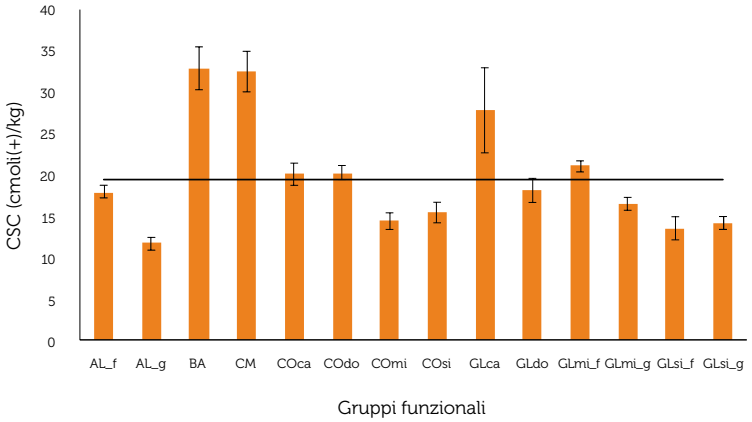


Figura 32
Valori medi ± errore standard della capacità di scambio cationico dell'orizzonte A nei differenti Gruppi funzionali

materiali alluvionali (rispettivamente 17 e 9 cmoli(+)/kg), in relazione ai maggiori contenuti di argilla, e come si è visto anche di sostanza organica, nei suoli a tessitura fine.
La figura 31 mostra l'andamento della capacità di scambio cationico con la profondità, caratterizzato da valori decrescenti. Il valore medio degli orizzonti A è 19 cmoli(+)/kg, quello dei B 16 cmoli(+)/kg, e quello dei C 8 cmoli(+)/kg[38]. Si noti che per gli orizzonti la media degli A è medio-alta e quello dei B è media.
I valori medi negli orizzonti A nei vari Gruppi funzionali (Fig. 32) mostrano differenze nell'insieme simili a quelle delle medie dei primi 70 cm. Anche in questo caso i suoli su basalto e su calcari marnosi hanno i valori più alti (entrambi 33 cmoli(+)/kg). I suoli dei conoidi calcarei e dolomitici hanno un analogo valore sopra la media (entrambi 20 cmoli(+)/kg), mentre quelli dei conoidi misti hanno un valore inferiore alla media (14 cmoli(+)/kg). I valori medi più bassi in assoluto si hanno nei suoli a tessitura fine su depositi alluvionali (12 cmoli(+)/kg).

Calcio scambiabile

Esaminando le medie ponderate (sui primi 70 centimetri) del calcio scambiabile dei vari profili studiati, la media generale è 4,67 g/kg. Questa media è molto alta e corrisponde a una dotazione molto buona. Va però sottolineato che il metodo adottato (estrazione con ammonio acetato) comporta nei suoli calcarei una sovrastima anche notevole dell'elemento, in relazione a una parziale dissoluzione del carbonato di calcio. I dati per questi suoli vengono quindi riportati solo nell'intento di fornire dei valori di riferimento, a titolo indicativo, visto che questo è comunque uno dei metodi più utilizzati, e tenendo presente che altri estraenti (es. bario cloruro) possono ridurre il problema, ma non eliminarlo. Tuttavia, dal punto di vista agronomico, la determinazione del calcio di scambio ha rilevanza solo nel caso di terreni non calcarei (neutri o subacidi) che possono eventualmente presentare problemi di carenze e per i quali i vari metodi forniscono risultati del tutto confrontabili.

(38) I rispettivi valori per le Valli del Noce erano 20 cmoli(+)/kg per gli A (quindi un valore analogo), 12 cmoli(+)/kg per i B e 7 cmoli(+)/kg per i C.

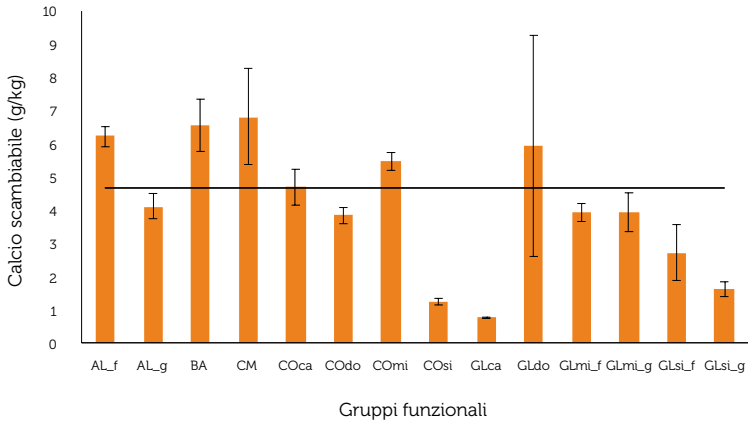


Figura 33
Valori medi ± errore standard del contenuto di calcio scambiabile (medie ponderate sui primi 70 cm) nei differenti Gruppi funzionali

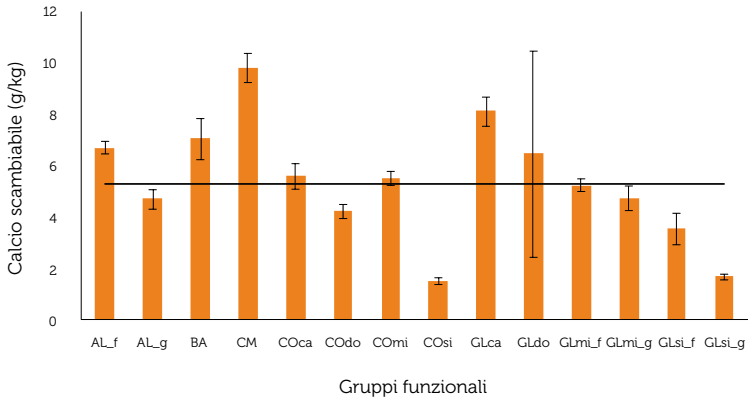


Figura 34
Valori medi ± errore standard del contenuto di calcio scambiabile dell'orizzonte A nei differenti Gruppi funzionali

Considerando i valori dei singoli Gruppi funzionali (Fig. 33) si nota che valori molto inferiori alla media, e che ricadono nelle classi scarse e medie (Allegato III), si osservano nei suoli non calcarei su materiali silicatici, di conoide (1,24 g/kg), o glaciali (rispettivamente 1,62 g/kg e 2,72 g/kg per le tessiture grossolane e fini). Anche i conoidi dolomitici hanno contenuti inferiori alla media (3,83 g/kg). Valori medi ben superiori alla media generale, tenendo conto della sovrastima di cui sopra, hanno i Gruppi dei suoli su calcari marnosi (6,82 g/kg), su basalto (6,56 g/kg), e il raggruppamento dei suoli a tessitura fine su alluvionale (6,21 g/kg).
I valori medi negli orizzonti A nei vari Gruppi funzionali (Fig. 34) mostrano differenze nell'insieme simili a quelle delle medie ponderate, sebbene i valori siano relativamente più alti. Anche qui i valori più bassi si osservano nei suoli non calcarei su materiali silicatici, di conoide (1,50 g/kg), o glaciali (rispettivamente 1,65 g/kg e 3,53 g/kg per le tessiture grossolane e fini).

Potassio scambiabile

Prendendo in esame le medie ponderate (sui primi 70 cm) del potassio scambiabile dei vari profili studiati, la media generale è 141 mg/kg (K_2O)[39]. Se si tiene conto che sono compresi anche i campio-

(39) Si sottolinea che nel testo che segue tutti i valori dell'elemento sono espressi come K_2O. I *range* riportati si riferiscono a questa unità di misura. Per essere confrontati, eventuali valori espressi come elemento vanno prima trasformati moltiplicando per 1,205.

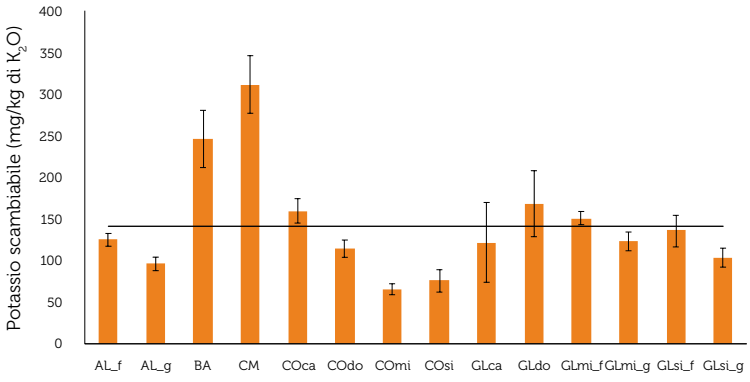


Figura 35
Valori medi ± errore standard del contenuto di potassio scambiabile (medie ponderate sui primi 70 cm) nei differenti Gruppi funzionali

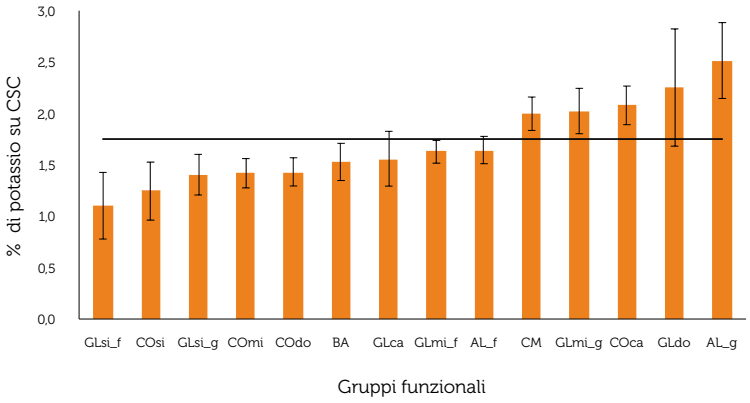


Figura 36
Valori medi ± errore standard della percentuale K/CSC (medie ponderate sui primi 70 cm) nei differenti Gruppi funzionali

ni sub-superficiali questa media è alta, e corrisponde a una buona dotazione media (Allegato III).

Sebbene il contenuto dell'elemento sia in stretta relazione con le concimazioni, e quindi con la conduzione agronomica, esaminando i valori dei singoli Gruppi funzionali (Fig. 35) si notano significative differenze legate ai materiali di origine (van Leewuen, 2010). I suoli su calcari marnosi (311 mg/kg) e su basalto (246 mg/kg) mostrano valori elevati[40], mentre valori bassi caratterizzano i conoidi misti (66 mg/kg) e i conoidi silicatici (76 mg/kg)[41]. Anche i suoli su conoidi dolomitici hanno valori inferiori alla media generale (114 mg/kg). Per quanto riguarda gli altri Gruppi, va sottolineata la tendenziale differenza tra i suoli con tessiture fini, che mostrano valori più elevati, e quelli con tessiture grossolane, riscontrata sul glaciale misto (rispettivamente 151 e 124 mg/kg), sul glaciale silicatico (rispettivamente 136 e 104 mg/kg) e su materiali alluvionali (rispettivamente 125 e 96 mg/kg).

L'osservazione delle percentuali dell'elemento sul complesso di scambio (% K/CSC in cmoli(+)/kg) (Fig. 36) permette di rilevare che i valori sono bassi nei conoidi silicatici (1,3%), misti (1,4%) e dolomitici (1,4%). In altre parole, in questi suoli le basse quantità di elemento

(40) Le differenze per i due Gruppi con tutti gli altri sono statisticamente significative.

(41) Nello studio sui suoli delle Valli del Noce (Porro *et al.*, 2017a) i valori maggiori si osservano su materiali calcarei o misti (il basalto non è presente), quelli più bassi su materiali silicatici.

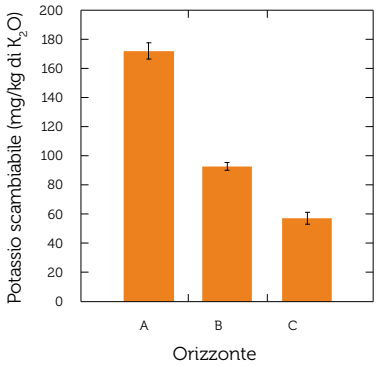


Figura 37
Valori medi ± errore standard del contenuto di potassio scambiabile per orizzonte

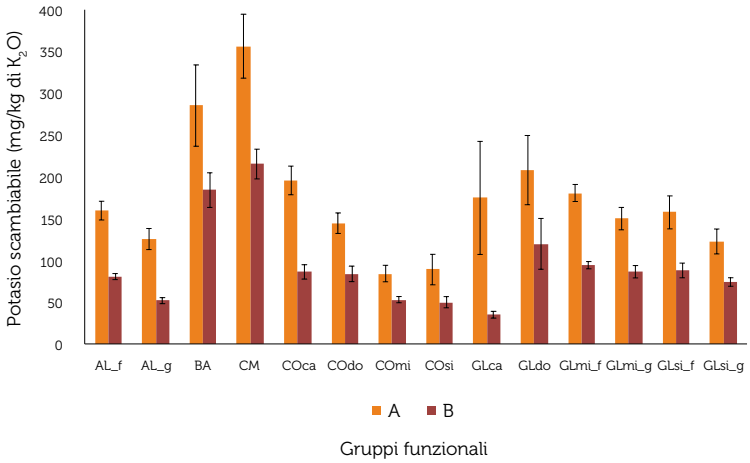


Figura 38
Valori medi ± errore standard del contenuto di potassio scambiabile degli orizzonti A e B nei differenti Gruppi funzionali

disponibili nella soluzione circolante corrispondono a una scarsa presenza relativa dell'elemento sul complesso di scambio. E si può notare che anche i suoli a tessitura fine e grossolana su glaciale silicatico hanno valori inferiori a 1,5% (rispettivamente 1,1% e 1,4%), sebbene la minore presenza dell'elemento nella soluzione circolante nei secondi si accompagni a una presenza lievemente più alta sul complesso di scambio[42]. I suoli di tutti gli altri Gruppi funzionali, che abbiamo visto essere ben dotati di potassio[43], mostrano valori percentuali dell'elemento sul complesso di scambio >1,5%.

Per i suoli viticoli francesi Delas (2011) considera come ottimale l'intervallo tra 2,5% e 5% dell'elemento sul complesso di scambio. Solo un sesto dei campioni di superficie studiati rientra in questa forchetta, mentre la grande maggioranza sono sotto il valore inferiore, e circa il 5% hanno un valore superiore. L'alto contenuto di magnesio, in media, rende infatti peculiare la situazione dei suoli dei vigneti del Trentino. Il limite di 1,5% per l'elemento sul complesso di scambio potrebbe rappresentare, per la situazione locale, la soglia

(42) Si noti che anche nei suoli a tessitura fine e grossolana su glaciale la minore presenza dell'elemento nella soluzione circolante nei secondi si accompagna a una presenza percentuale più alta sul complesso di scambio.

(43) L'analisi statistica rivela una forte correlazione significativa (r^2 = 0,51) tra contenuto dell'elemento e rapporto K/CSC. Una correlazione negativa più debole (r^2 = -0,26) si osserva tra contenuto di calcio scambiabile e rapporto K/CSC.

minima per una buona dotazione di potassio assimilabile, tenendo in debita considerazione anche il suo contenuto assoluto e, quando disponibili, i dati fogliari.
La figura 37 mostra l'andamento dei contenuti di potassio scambiabile nel profilo, che diminuisce con la profondità. Il valore medio degli orizzonti A è 172 mg/kg, quello dei B 93 mg/kg, e quello dei C 57 mg/kg. Si noti che il valore medio degli orizzonti A è medio-alto, il che riflette una buona dotazione generale di potassio in superficie, mentre nel B il contenuto è in media basso.
Le differenze tra i vari Gruppi funzionali riguardanti l'orizzonte A (Fig. 38) ricalcano sostanzialmente quelle dei primi 70 cm, ma è interessante notare i valori molto bassi che si riscontrano sui conoidi misti (84 mg/kg) e silicatici (89 mg/kg), che staccano nettamente rispetto agli altri raggruppamenti, nei quali i contenuti medi sono medi o alti, e molto alti nei suoli su calcari marnosi (356 mg/kg) e su basalto (285 mg/kg). Nei conoidi misti e silicatici i contenuti negli orizzonti B sono molto bassi (rispettivamente 53 e 50 mg/kg), così come nei suoli a tessitura grossolana su alluvionale (53 mg/kg), mentre in tutti gli altri raggruppamenti, sempre eccettuando i suoli su calcari marnosi (215 mg/kg) e basalti (184 mg/kg), i contenuti sono bassi.
Se la media dell'orizzonte A è alta, non sono rari (Fig. 39) i valori molto bassi (<60 mg/kg). Questi ultimi, più frequenti nei Gruppi caratterizzati da medie contenute, indicano possibili situazioni di carenza. All'opposto non sono infrequenti i valori superiori a 350-400 mg/kg, osservabili in particolare nei suoli da calcari marnosi e basalti, ma non solo. Essi rappresentano degli eccessi, con possibili ripercussioni negative, in particolare riguardo all'assorbimento del magnesio (Delas, 2011), ed effetti sulla qualità delle uve (van Leewuen, 2010). In altre parole, a fronte di medie nella norma, si è riscontrato un numero non trascurabile di casi di carenze o eccessi.
Si ricorda che la lettura del dato analitico dell'elemento va fatta tenendo conto anche del rapporto K/CSC, e del rapporto Mg/K. Essa va poi affiancata, per avere una fotografia precisa e certa dello stato nutrizionale del vigneto e del suo contesto edafico, che sola può guidare una gestione ottimale, con i dati delle analisi fogliari.

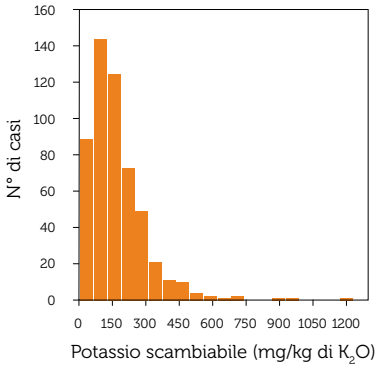


Figura 39
Distribuzione dei valori di potassio scambiabile rilevati nell'orizzonte A

Magnesio scambiabile

La media generale delle medie ponderate (sui primi 70 cm) del contenuto di magnesio scambiabile dei profili studiati è 361 mg/kg (MgO)[44]. Questo valore è elevato (Allegato III), e riflette la notevole diffusione dei materiali dolomitici (conoidi e detriti dolomitici), e la presenza di una significativa componente dolomitica nella maggior parte dei materiali glaciali misti e nei depositi alluvionali da cui si originano i suoli.

Il contenuto dell'elemento è in relazione anche con le concimazioni e con gli apporti fogliari per combattere la fisiopatia del disseccamento del rachide[45] applicati in maniera indiscriminata, e quindi con la conduzione agronomica. I valori dei singoli Gruppi funzionali (Fig. 40) mostrano alcune significative differenze legate ai materiali di origine. I suoli su basalto (839 mg/kg) e su conoidi dolomitici (641 mg/kg) hanno valori molto elevati, così come, seppure in misura inferiore, quelli su calcari marnosi (560 mg/kg). Analogamente a quanto osservato per il potassio, valori relativamente bassi caratterizzano i conoidi misti (202 mg/kg), e si nota una differenza tendenziale tra i suoli con tessiture fini, con valori

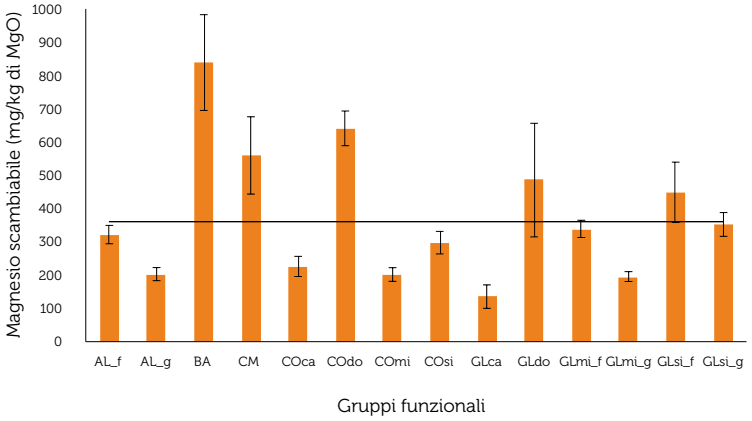


Figura 40
Valori medi ± errore standard del contenuto di magnesio scambiabile (medie ponderate sui primi 70 cm) nei differenti Gruppi funzionali

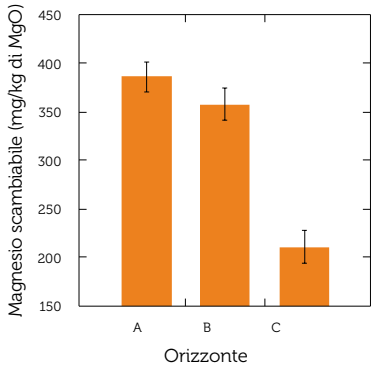


Figura 41
Valori medi ± errore standard del contenuto di magnesio scambiabile per orizzonte

(44) Si sottolinea che nel testo che segue tutti i valori dell'elemento sono espressi come MgO. I *range* riportati si riferiscono a questa unità di misura. Per essere confrontati, eventuali valori espressi come elemento vanno prima trasformati moltiplicando per 1,658.

(45) Dovuta come noto ad uno squilibrio tra i tre cationi, K, Ca e Mg.

più elevati, e quelli con tessiture grossolane, sul glaciale misto (rispettivamente 339 e 196 mg/kg), sul glaciale silicatico (rispettivamente 449 e 349 mg/kg), e su materiali alluvionali (rispettivamente 322 e 203 mg/kg).

La figura 41 mostra l'andamento dei contenuti del magnesio scambiabile con la profondità: il valore medio degli orizzonti A è 386 mg/kg, quello dei B 358 mg/kg e quello dei C 211 mg/kg[46]. I valori negli orizzonti A e B (che assieme costituiscono la profondità utile alle radici) sono quindi poco differenti, e quello del B è molto vicino alla media sui primi 70 cm.

L'abbondanza negli orizzonti A nei vari Gruppi funzionali (Fig. 42) ricalca quella già osservata per le medie sui primi 70 cm. E anche qui si nota una differenza significativa tra i suoli con tessiture fini, con valori più elevati, e quelli con tessiture grossolane, sul glaciale misto (rispettivamente 365 e 213 mg/kg), così come sul glaciale silicatico (rispettivamente 481 e 356 mg/kg) e su materiali alluvionali (rispettivamente 326 e 241 mg/kg).

Per quanto riguarda gli orizzonti C, valori molto elevati si osservano solo nei Gruppi dei conoidi dolomitici (435 mg/kg) e dei basalti (456 mg/kg).

I dati sopra esposti provano che i valori di magnesio scambiabile molto elevati, frequenti in molti vigneti trentini, e che si riflettono poi su un rapporto Mg/K molto o estremamente squilibrato, sono quindi legati a determinate tipologie di suolo, in relazione alla natura dolomitica dei materiali parentali. La cartina sintetica di figura 43, elaborata a partire dai valori (media sui primi 70 cm) dei Gruppi di substrato sopra discussi, mostra i contenuti nelle varie zone, riducendo per semplicità a tre sole classi. Essa ha il pregio di mettere in risalto in modo sintetico le zone molto ricche di magnesio (in rosso).

I suoli del Gruppo dei conoidi dolomitici (che comprende anche i suoli su detriti dolomitici) mostrano valori molto elevati, che sono

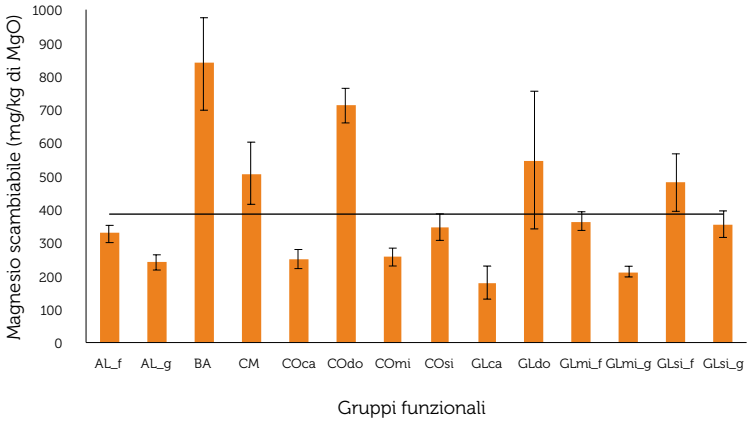


Figura 42
Valori medi ± errore standard del contenuto di magnesio scambiabile dell'orizzonte A nei differenti Gruppi funzionali

(46) Un andamento analogo, sebbene i valori siano nettamente superiori (per una maggiore presenza della dolomia), con una forte diminuzione nel C, si è osservato anche per i suoli delle Valli del Noce (Porro *et al.*, 2017a).

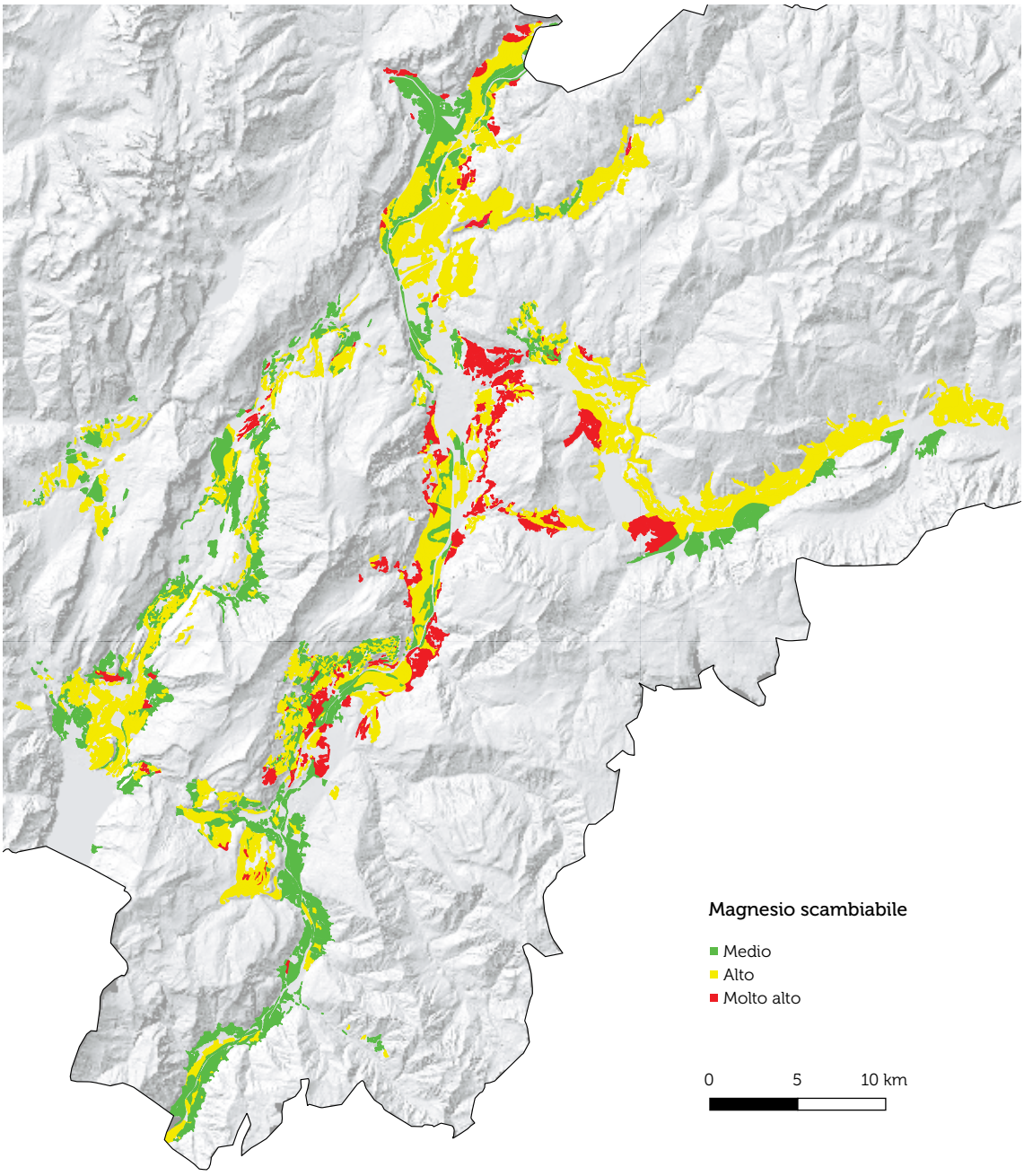


Figura 43
Cartina dei contenuti di magnesio scambiabile nei suoli dei vigneti trentini (elaborata a partire dai valori dei Gruppi funzionali)

estremamente alti in particolare nei suoli Novaline (NOA1, 1249 mg/kg), Novaline grossolani (NOA2, 793 mg/kg), San Rocco (SRO1, 1266 mg/kg), Villa Lubich (VLA, 1129 mg/kg) e Vigolo Vattaro (VLA, 1275 mg/kg), diffuse a Valsorda (TN), a Vigolo Vattaro e sulla collina est di Trento (Allegato I).

Va specificato che le medie relativamente alte dei suoli, in particolare quelli a tessitura fine, riferiti ai Gruppi dei materiali glaciali silicatici (GLsi) e dei conoidi silicatici (COsi) si deve al fatto che nei materiali glaciali a prevalenza silicatica è presente una frazione

dolomitica, responsabile dei valori relativamente alti osservati[47]. Per quanto riguarda i materiali glaciali misti, se le medie generali (rispettivamente per tessiture fini e grossolane) sono medio-alte, si notano notevoli differenze a seconda delle zone.

Il magnesio è abbondante (si vedano i contenuti delle varie UTS nell'Allegato I) nei suoli della collina di Trento, in rapporto alla prossimità degli affioramenti dolomitici, e relativamente abbondante in quelli della Valle di Cavedine. I contenuti sono invece più ridotti sui versanti della fascia collinare tra Isera e Savignano, sono medi sulla collina di Arco e Riva e bassi sulla collina di Mori e in Val di Gresta. Concludendo si può dire che certo una frazione della quantità rilevata dall'analisi di laboratorio potrebbe derivare anche dalle pratiche agronomiche (concimazioni), ma il fattore più influente resta il tipo di suolo[48].

L'analisi statistica ha rilevato che quanto più alti sono i contenuti del magnesio scambiabile, tanto più elevata è la presenza dell'elemento sul complesso di scambio (% Mg/CSC)[49]. È evidente quindi che quando il contenuto è già alto va evitato ogni ulteriore apporto, che non può essere che negativo a causa del possibile effetto antagonista dell'elemento sull'assorbimento del potassio (Delas, 2011).

La Figura 44 mostra la distribuzione dei valori degli orizzonti A. Essa permette di vedere che, accanto ai preponderanti valori alti sopra discussi, è presente un numero discreto di siti con contenuti molto scarsi (<80 mg/kg) o scarsi (80-160 mg/kg). La maggior parte riguardano UTS (Allegato I) della zona di Mori (suoli Crosano, CRO1 e CRO2, suoli Le Coste di Tierno, LCT1, Suoli Val di Gresta, VGR1 e VGR2, suoli Pilcante, PIL1 e PIL4, suoli Pradi, PRA1) e delle Sarche (suoli Sarche,

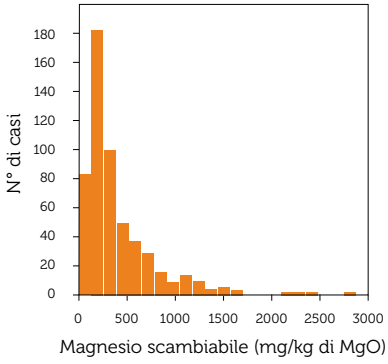


Figura 44
Distribuzione dei valori di magnesio scambiabile rilevati nell'orizzonte A

(47) Questo vale in particolare per i suoli della Valle di Cembra (suoli Cembra, CEM1, Cembra scheletrici, CEM3, e Cembra poco profondi e calcarei, CEM4), afferiti al Gruppo del glaciale silicatico (GLsi), e per quelli del conoide di Lavis (suoli Lavis, LVS1 e LVS2), Trento (suoli Fersina, FER1) e Vigolo Vattaro (suoli Vigolo Vattaro decarbonatati, VVA2). Nei suoli su materiali silicatici della Val di Sole, dove non ci sono apporti dolomitici, i contenuti dell'elemento sono bassi (Porro *et al.*, 2017a).

(48) Sui suoli dei materiali silicatici della Valle di Sole (Porro *et al.*, 2017a), dove i valori relativamente elevati si limitano agli orizzonti A, è invece verosimilmente consistente la frazione di origine antropica.

(49) La correlazione è molto forte ($r^2 = 0,90$).

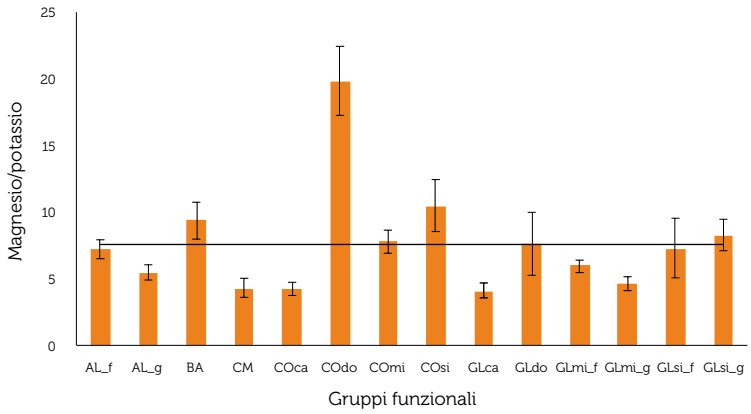


Figura 45
Valori medi ± errore standard del rapporto magnesio/potassio (medie ponderate sui primi 70 cm) nei differenti Gruppi funzionali

SAR2 e SAR3, suoli Pergolese, PLG1, PLG2, PLG3) e di Arco (suoli Padaro, PAD1, e Varone moderatamente profondi, VRN2)[50].
Si ribadisce che solo l'utilizzo combinato dei vari parametri del suolo (contenuto di potassio, magnesio e calcio, loro rispettiva percentuale sul complesso di scambio, rapporto Mg/K), affiancato dalle analisi fogliari, permette di avere un quadro completo della situazione, escludendo possibili effetti indesiderati.

Rapporto magnesio/potassio

Quando il rapporto tra magnesio e potassio[51] nel suolo è alto, la pianta può avere difficoltà ad assorbire il potassio, per l'azione antagonista esercitata dal magnesio, presente in alto quantitativo (relativo). Si considera che ci sia un possibile rischio di carenze di potassio, ricordando ancora che vanno considerati congiuntamente i vari parametri (K, K/CSC, Mg, Mg/K, Ca), quando i valori di tale rapporto sono superiori a 5.
Analizzando le medie ponderate (sui primi 70 cm) dell'insieme dei profili, il valore medio è 7, vale a dire moderatamente alto e superiore alla soglia di attenzione citata[52]. Tale anomalia si spiega con l'abbondanza di magnesio nella zona di studio vista sopra. Anche qui si evidenziano però differenze sostanziali a seconda dei substrati di origine (Fig. 45).
I suoli dei Gruppi funzionali dei conoidi dolomitici presentano un valore estremamente elevato (20) e anche quelli sui conoidi silicatici (11), su basalto (9) e sui conoidi misti (8) hanno rapporti elevati. Valori supe-

(50) I dati fogliari confermano nel complesso tali dati dei suoli, seppure con alcune differenze. Il rapporto K/Mg nelle foglie è infatti superiore a 5 (e quindi maggiormente a rischio) nelle UTS CRO2, PGL1, PRA1, SAR3 e VRN2, e compreso tra 4 e 5 nelle UTS PIL1 e PIL4. Il rapporto è invece minore di 4 (quindi considerabile normale secondo quanto riportato in Porro *et al.*, 2017a) per le UTS CRO1, LCT1 e SAR2 e VGR2. Per le UTS PAD1, PGL3 e VGR1 non si hanno dati.

(51) Il rapporto Mg/K è calcolato a partire dai contenuti dei due elementi espressi in millequivalenti. Per trasformare i valori di Mg espresso come mg di Mg elemento/kg in Mg espresso in meq/100 g è necessario dividere per 121.5. Per trasformare i valori di K espresso come mg di K elemento /kg in K espresso in meq/100 g è necessario dividere per 391.

(52) Nei suoli delle Valli del Noce (Porro *et al.*, 2017a) il valore medio è ancora superiore (Mg/K = 11).

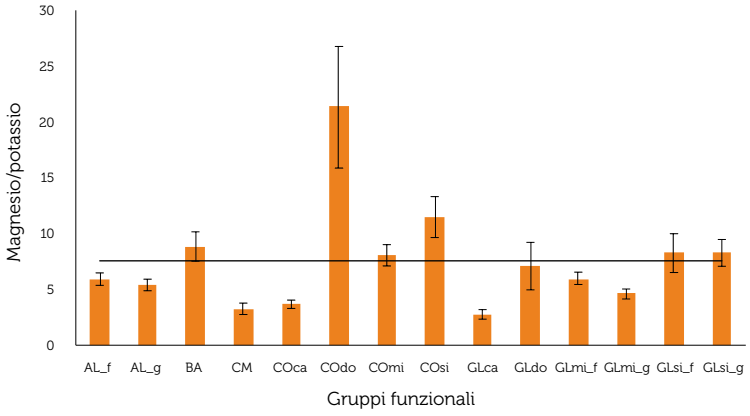


Figura 46
Valori medi ± errore standard del rapporto magnesio/potassio dell'orizzonte A nei differenti Gruppi funzionali

riori alla soglia di attenzione si notano anche nei suoli a tessitura fine e grossolana su glaciale silicatico (rispettivamente 7 e 8) e su alluvionale (rispettivamente 7 e 6) e in quelli a tessitura fine su glaciale misto.
Considerando solo gli orizzonti di superficie (orizzonti A) i valori del rapporto sono in generale leggermente più bassi (Fig. 46), visto che il potassio in superficie è più abbondante. Anche qui i Gruppi di substrato dei suoli su conoidi dolomitici e silicatici mostrano le medie più alte (rispettivamente 21 e 12), mentre gli altri Gruppi hanno medie <10.
In generale quindi i suoli dei vigneti trentini mostrano un rapporto squilibrato tra i due elementi, o anche molto squilibrato (>10), con ripercussioni misurabili sulla nutrizione nella pianta (Capitolo 6).

Fosforo assimilabile

Analizzando le medie ponderate (sui primi 70 cm) del contenuto di fosforo assimilabile dei profili studiati, la media generale è 40 mg/kg (P_2O_5)[53]. Questo valore è alto (Allegato III), se si tiene conto che sono compresi anche i campioni sub-superficiali, e denota una buona dotazione generale dell'elemento. Si fa presente che le carenze dell'elemento sono estremamente rare per la vite, anche con contenuti bassi, e sembrano essere tutte legate a terreni acidi (Delas, 2011).
Sebbene il contenuto dell'elemento sia in relazione con gli apporti con le concimazioni inorganiche e organiche, i valori dei singoli Gruppi funzionali (Fig. 47) mostrano alcune significative differenze legate ai materiali di origine. I valori medi più alti si osservano nei suoli dei conoidi calcarei (54 mg/kg), dolomitici (52 mg/kg) e silicatici (53 mg/kg)[54]. Anche i suoli su glaciale silicatico mostrano valori tendenzialmente superiori alla media generale, e in particolare quelli con tessiture fini (50 mg/kg), mentre quelli con tessiture grossolane sono più vicini al valore medio (42 mg/kg). È da notare che, sia su

(53) Si sottolinea che nel testo che segue tutti i valori dell'elemento sono espressi come P_2O_5. I *range* riportati si riferiscono a questa unità di misura. Per essere confrontati, eventuali valori espressi come elemento vanno prima trasformati moltiplicando per 2,291.

(54) Anche nei suoli delle Valli del Noce (Porro *et al.*, 2017a) si sono osservati valori alti nei conoidi silicatici e dolomitici (non però in quelli calcarei).

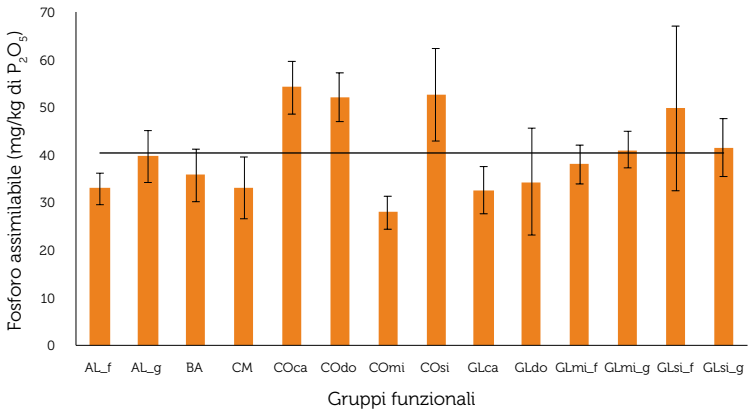


Figura 47
Valori medi ± errore standard del contenuto di fosforo assimilabile (medie ponderate sui primi 70 cm) nei differenti Gruppi funzionali

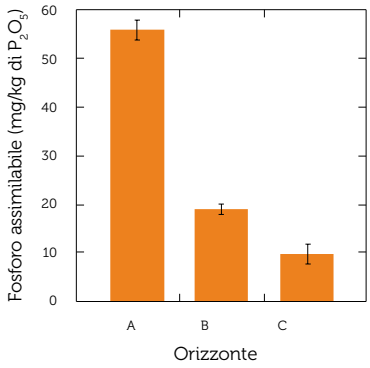


Figura 48
Valori medi ± errore standard del contenuto di fosforo assimilabile per orizzonte

alluvionale che su glaciale misto, i suoli con tessiture grossolane hanno valori medi leggermente più alti (rispettivamente 40 e 33 mg/kg per i primi e 41 e 38 mg/kg per i secondi), a differenza degli andamenti osservati per potassio e magnesio. I valori medi più bassi si osservano nei suoli su conoidi misti (28 mg/kg) e anche quelli su calcari marnosi sono relativamente contenuti (33 mg/kg).

La figura 48 mostra l'andamento dei contenuti di fosforo assimilabile con la profondità, che è molto alto nell'orizzonte A di superficie (56 mg/kg), basso nell'orizzonte B (19 mg/kg) e molto basso nel C (10 mg/kg). L'elemento non è infatti mobile e quindi tutti gli apporti restano nell'A.

I Gruppi con i valori medi più alti in questo orizzonte (Fig. 49) sono quelli, analogamente per quanto osservato per le medie ponderate, dei suoli dei conoidi calcarei (73 mg/kg), dolomitici (68 mg/kg) e silicatici (69 mg/kg). Si noti che invece i suoli su glaciale silicatico mostrano valori tendenzialmente inferiori (rispettivamente 55 mg/kg e 53 mg/kg su quelli a tessiture fini e grossolane) alla media generale. I valori medi relativamente più bassi, ma pur sempre medi-alti in termini assoluti, si osservano nei suoli su conoidi misti (39 mg/kg), su calcari marnosi (48 mg/kg) e su basalto (47 mg/kg). Solo sui suoli alluvionali, e in minor misura su glaciale misto, i suoli con tessiture grossolane mostrano valori medi leggermente più alti (rispettivamente 55 e 50 mg/kg per i primi, e 54 e 52 mg/kg per i secondi).

Come per il potassio scambiabile, i valori relativi ai vari Gruppi fun-

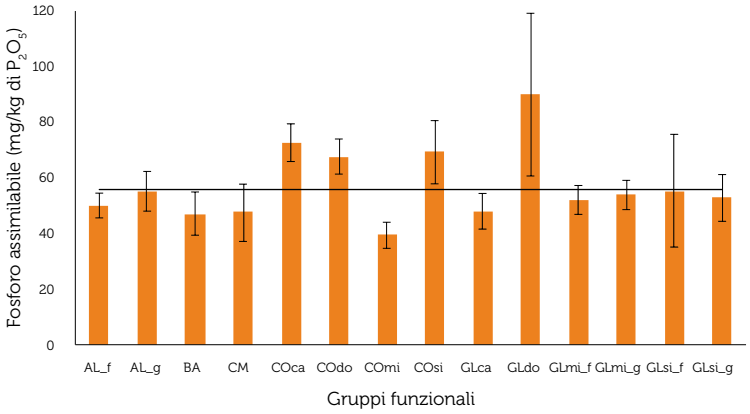


Figura 49
Valori medi ± errore standard del contenuto di fosforo assimilabile dell'orizzonte A nei differenti Gruppi funzionali

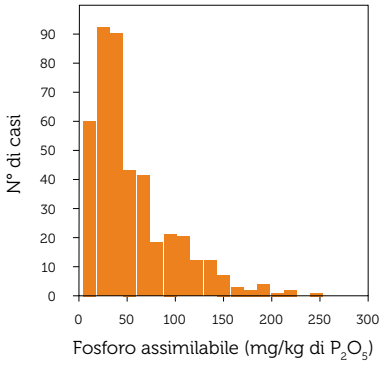


Figura 50
Distribuzione dei valori di fosforo assimilabile nell'orizzonte A

zionali esprimono soprattutto delle tendenze generali, perché la variabilità è alta, e inoltre le differenti tipologie di suolo all'interno di uno stesso Gruppo possono avere valori medi diversi (Allegato I). E soprattutto il contenuto effettivo nei suoli dei singoli appezzamenti risente degli apporti recenti o anche non recenti, vista la persistenza dell'elemento. Le medie dei Gruppi vanno quindi considerate dei dati di riferimento.

Guardando più in dettaglio i dati degli orizzonti A si nota che non sono rari i valori estremi (Fig. 50). In un terzo circa dei profili disponibili il contenuto è molto alto (>60 mg/kg) e in un quinto è estremamente alto >90 mg/kg (con valori fino a 250 mg/kg). Si sottolinea che gli eccessi di fosforo possono aggravare gli eventuali problemi di clorosi ferrica (Whiting *et al.*, 2011). Non sono poi rari i casi di valori molto bassi (<15 mg/kg). Ne consegue quindi che per questo elemento vanno utilizzate in modo più sistematico le analisi di laboratorio del suolo, sempre in abbinamento con i dati fogliari.

Boro solubile

Le carenze di boro nei vigneti dipendono sempre da una carenza dell'elemento nel suolo. Questa è legata di solito a scarsi contenuti di sostanza organica e/o ad alti contenuti di carbonati (Delas, 2011). Senza trascurare l'efficacia e la prontezza degli apporti fogliari, l'aumento delle quantità nel suolo porta alla risoluzione duratura delle eventuali carenze.

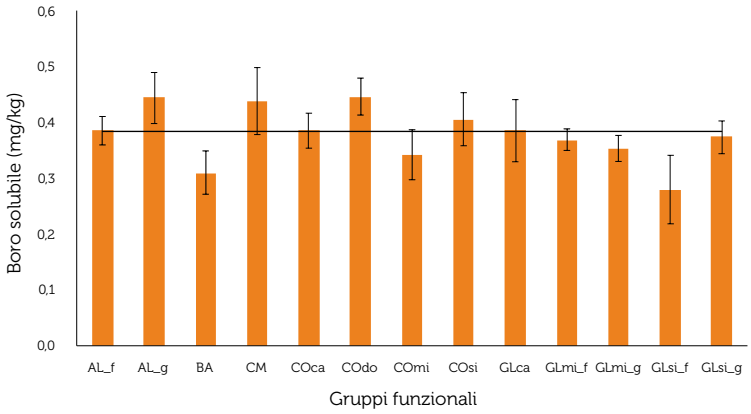


Figura 51
Valori medi ± errore standard del contenuto di boro solubile dell'orizzonte A nei differenti Gruppi funzionali

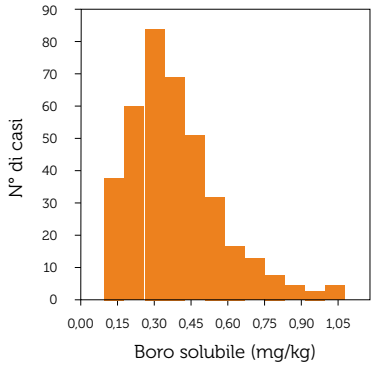


Figura 52
Distribuzione dei valori del boro solubile nell'orizzonte A

La soglia di carenza del boro solubile per un terreno destinato a vigneto è fissata attorno a 0,15 mg/kg. Va comunque ricordato che le soglie di attenzione suggerite per l'elemento, che dipendono anche dai caratteri del suolo[55], sono meno certe rispetto a quelle degli altri elementi. La media generale degli orizzonti di superficie (Ap), l'unico per il quale si disponga di dati, è 0,38 mg/kg. Questo valore può essere considerato normale (Allegato III). L'osservazione della media dei contenuti medi nei singoli Gruppi funzionali (Fig. 51) non mostra differenze significative[56]. I suoli su glaciale silicatico fine e su basalto hanno le medie più basse (rispettivamente 0,28 mg/kg e 0,31 mg/kg), tutti gli altri Gruppi sono invece più vicini alla media generale.
L'osservazione dei dati (Fig. 52) mostra che in circa il 5% dei campioni di superficie i contenuti sono estremamente bassi, e inferiori alla soglia di attenzione (<0,15 mg/kg). Per la maggior parte si tratta di campioni che diminuiscono la disponibilità del boro, presentando valori alti di carbonati e relativamente alti di calcare attivo e/o contenuti relativamente bassi di carbonio organico.

(55) L'ARPA del Veneto (ARPAV, 2007) pone come soglia di carenza un contenuto di <0,1 mg/kg, la SISS definisce una classe di contenuto "molto basso" per i valori <0,3 mg/kg, e una classe "basso" con valori da 0,3 mg/kg a 0,8 mg/kg, a seconda della tessitura.

(56) Si tiene a precisare per i suoli delle Valli del Noce (Porro *et al.*, 2017a), dove la media generale risultava sensibilmente più alta (0,72 mg/kg), probabilmente come conseguenza degli apporti fertilizzanti legati alla coltivazione del melo (che ne utilizza quantità piuttosto rilevanti), si osservavano invece differenze significative tra i vari raggruppamenti di UTS.

POTENZIALE DI VIGORE

In relazione alle notevoli differenze nei caratteri fisici e chimici viste più sopra, le varie tipologie di suolo inducono nella vite, a parità di fattori, una diversa e caratteristica vigoria. Il ritmo e l'intensità della crescita della pianta, che dipendono anche dal materiale vegetale, vale a dire varietà e portainnesto, e dalle pratiche colturali (Coulon, 2012), possono essere valutati, in particolare, dal peso dei sarmenti di potatura (Barbeau, 2008).

Vista l'importanza ai fini pratici di conoscere tale attitudine del suolo a favorire lo sviluppo vegetativo, nel presente studio si è introdotto a titolo preliminare un indice parametrico di valutazione (Allegato I). Esso è basato sulla capacità di immagazzinare acqua del suolo (Coulon, 2012), vale a dire la classe di acqua disponibile (classe di AWC_{PU}) (Allegato II), sulla profondità utile alle radici (classe di PU) e sull'eventuale presenza di idromorfia (Tab. 2). Quest'ultima, presente nei suoli vitati del Trentino solo nei suoli alluvionali[57], e causata dalla presenza di una falda freatica in prossimità alla superficie, induce sempre, determinando una continua ricarica dal basso della riserva idrica, un notevole vigore, con inerente diluizione di alcuni elementi minerali nella parete fogliare.

Il potenziale proposto, che allo stato attuale non include parametri chimici (e in particolare la quantità di sostanza organica), andrà validato con dati sperimentali sull'effettivo sviluppo delle viti nei vari suoli. Esso rappresenta quindi una prima valutazione, per ora teorica, dell'attitudine a indurre vigore.

L'effetto dell'idromorfia è confermato da dati sperimentali disponibili. I dati relativi al LAI (Leaf Area Index) - che può essere considerato una stima del vigore - per la varietà *Chardonnay,* mostrano che nei suoli idromorfi e molto idromorfi i valori sono significativamente più elevati rispetto a suoli non idromorfi, con valori rispettivamente pari a 2,88 e 2,10. Questa tendenza ad una maggior vigoria nei suoli idromorfi è confermata dai valori di azoto fogliare, pari a 2,94%, nettamente più elevati di quelli delle piante dei suoli non idromorfi, pari a 2,46%.

CORREZIONE PER L'IDROMORFIA		PARAMETRO DEL POTENZIALE DI VIGORE (somma classe di PU, classe di AWC e correzione per l'idromorfia)	CLASSE DEL POTENZIALE DI VIGORE
Non idromorfi	0	1-3	Basso
Idromorfi	3	4-6	Medio
Molto idromorfi	4	>7	Alto

Tabella 2
Determinazione del potenziale di vigore. La classe del "potenziale di vigore" è determinata sommando classe di PU (0 = 0-50 cm; 1 = 50-75 cm; 2 = 75-100 cm, 3 >100 cm), la classe di AWC (1 = <75 mm; 2 = 75-150 mm; 3 = 150-225 mm; 4 = 225-300 mm; 5 = >300 mm), e una correzione per l'idromorfia, ovvero 0 per i non idromorfi, 3 per gli idromorfi e 4 per i molto idromorfi

(57) Fanno eccezione solo due UTS, sviluppate su materiali glaciali o fluvioglaciali e a tessitura fine, i suoli Berlonga (BER1) e Cares (CAR1).



6

NUTRIZIONE DELLA PIANTA E SUOLI

Duilio Porro, Andrea Cristoforetti,
Stefano Pedò, Diego Trainotti

STATO NUTRIZIONALE DELLA PIANTA

Un corretto stato nutrizionale sta alla base di qualsiasi decisione da prendere in campo agronomico, in quanto l'estrinsecazione delle potenzialità qualitative delle piante è possibile solo in condizioni nutrizionali ottimali. La conoscenza e l'individuazione dell'equilibrio nutrizionale delle piante, in relazione alle diverse tipologie di suolo ed ambientali caratterizzanti la viticoltura del contesto produttivo indagato, sono quindi un presupposto per ottenere indicazioni agronomiche mirate e finalizzate all'ottenimento delle migliori *performance* produttive. L'impostazione di piani di concimazione o interventi mirati di razionalizzazione delle fertilizzazioni non può prescindere da tali preziose informazioni.

La valutazione dello stato nutrizionale delle viti dell'area provinciale comprende il lavoro dell'attività routinaria svolta dai colleghi della consulenza tecnica dell'attuale Centro Trasferimento Tecnologico della Fondazione E. Mach di San Michele all'Adige, che già dalla fine degli anni '80 avevano iniziato un monitoraggio di diversi vigneti di riferimento trentini, nonché molteplici sperimentazioni effettuate in studi di caratterizzazione territoriale (zonazioni e/o progetti qualità) o in ambito nutrizionale (prove di fertilizzazione sia radicale che fogliare) e di fisiologia della vite.

Sono state considerate le analisi fogliari, effettuate nel periodo 1987-2019, di 5101 campioni. Questi provenivano per la maggior parte da vigneti rappresentativi delle più frequenti condizioni ambientali e colturali delle diverse zone viticole trentine, in condizioni vegetative equilibrate e con produzioni di buona qualità. Nell'indagine sono stati considerati anche campioni anomali portati al laboratorio per verificare carenze ed eccessi nutrizionali, i quali rappresentano circa il 10% del totale dei dati.

I 5101 dati disponibili si riferiscono a diverse combinazioni di varietà in 1175 siti differenti. In genere i diversi siti venivano seguiti per più annate, mentre solo pochi casi rappresentano osservazioni singole. La metà dei campioni (50%) riguarda vigneti seguiti dalla consulenza tecnica della provincia di Trento, il 37% dei campioni da studi di caratterizzazione territoriale e zonazione viticola o da progetti qualità di strutture cooperative (Cavit, LA VIS, SAV), mentre la frazione restante (13%) da prove di fisiologia e fertilizzazione della vite oggetto di sperimentazioni specifiche svolte da FEM.

Per queste ultime ciascun dato rappresenta la media di più parcelle ripetute in relazione ai diversi piani sperimentali adottati, ed è pertanto da considerarsi un valore molto affidabile.

Le foglie, come descritto nel Capitolo 1, venivano campionate in diversi momenti della stagione vegetativa: quelle prelevate nella fase fenologica di prefioritura e fioritura (prelievo 0), e nella fase di allegagione (prelievo 1) sono state successivamente aggregate nel campionamento denominato "precoce" (contrassegnato come '01'), mentre quelle prelevate nelle fasi fenologiche comprese tra chiusura grappolo ed invaiatura (prelievo 2) e quelle prelevate in

pre-raccolta ed alla vendemmia (prelievo 3) sono state successivamente aggregate nel campionamento denominato "tardivo" (contrassegnato come '02'). Tali aggregazioni sono state effettuate in quanto la numerosità dei campioni dei prelievi 0 e 3 risultavano piuttosto esigue, e soprattutto, presenti solo in talune annate dell'indagine. Gli standard di riferimento generalmente proposti per l'interpretazione delle analisi fogliari della vite (Porro *et al.*, 2001), sono inoltre riferiti generalmente alle fasi fenologiche di allegagione (per campioni precoci) ed invaiatura (per campioni tardivi), sebbene ne esistano anche per fasi fenologiche molto precoci (Aichner *et al.*, 2004; Bigot *et al.*, 2009).
Le determinazioni analitiche hanno riguardato i contenuti fogliari di azoto, fosforo, potassio, calcio, magnesio, zolfo, ferro, manganese, boro, rame e zinco.
Alla luce dell'esperienza acquisita, il momento ottimale per campionare le foglie dipende dalle finalità per le quali vengono effettuati i rilievi. Se le analisi hanno uno scopo diagnostico, ovvero come test nutrizionale per verificare la fertilità dei suoli, i prelievi precoci sembrano maggiormente adatti per gli elementi fosforo, potassio, calcio e magnesio, mentre quelli tardivi per l'azoto. Se invece si intendono valutare i legami esistenti con resa produttiva, vigore delle viti e principali indici qualitativi del mosto (zuccheri, acidità titolabile, acido malico, potassio e pH), va considerato che i prelievi precoci sono più adatti per l'azoto ed il boro e quelli tardivi per gli altri macroelementi, in quanto i valori di correlazione sono più elevati (Porro *et al.*, 1995; Porro *et al.*, 1996).
Le determinazioni effettuate negli anni permettono di individuare i *range* ottimali di riferimento dei diversi nutrienti al fine di garantire prestazioni quanti-qualitative di alto livello e di indirizzare adeguatamente pratiche di concimazione "specifiche" per ciascun contesto pedoclimatico (Webster, 1991).

Distribuzione dei campioni fogliari

I campioni di foglie analizzati nel corso del periodo superiore a trenta anni nell'area provinciale sono stati 5101, provenienti da 1175 siti differenti. Le diverse annate hanno avuto un numero differente di analisi fogliari, dipendendo in larga misura dalle diverse sperimentazioni in corso. La maggior parte dei campioni è stata effettuata dal 1987 al 2000, con il 21,8% nel periodo 1987-1990 ed il 45,4% del periodo 1991-2000. I successivi periodi 2001-2010 e 2011-2019, per contro, hanno riguardato rispettivamente il 18,2% e il 14,6% del totale dei campioni.
Non è stato possibile distinguere le forme di allevamento utilizzate, in quanto i dati raccolti non fornivano sempre tale informazione. La forma di allevamento prevalente in Trentino (circa il 75%) è però rappresentata dalla tradizionale "pergola trentina" nella variante semplice (ad un'unica ala) o doppia (a due ali opposte), mentre le forme di allevamento a parete verticale (Guyot, spalliera, cordone speronato, ecc.) interessano solo il 25% circa della superficie vitata

(AA.VV., 2018). Solo negli ultimi anni nel panorama viticolo trentino si è assistito ad un aumento considerevole delle forme a parete verticale.
Come recentemente riportato (Pedò, 2014), le forme a spalliera generalmente fanno rilevare contenuti di azoto, fosforo, zolfo e

VARIETÀ	CAMPIONI NORMALI				CAMPIONI ANOMALI				TOTALI	
	'01'	'02'	Tot	%	'01'	'02'	TOT	%	TOT	%
Altre	207	82	289	6,31	1	7	8	1,53	297	5,82
Cabernet franc	33	43	76	1,66	3	8	11	2,10	87	1,71
Cabernet Sauvignon	123	204	327	7,14	12	33	45	8,59	372	7,29
Chardonnay	520	657	1177	25,72	39	79	118	22,52	1295	25,39
Incrocio Manzoni 6.0.13	25	29	54	1,18	0	0	0	0,00	54	1,06
Lagrein	64	70	134	2,93	6	3	9	1,72	143	2,80
Lambrusco a foglia frastagliata	15	16	31	0,68	10	0	10	1,91	41	0,80
Marzemino	114	133	247	5,40	3	21	24	4,58	271	5,31
Merlot	112	166	278	6,07	8	11	19	3,63	297	5,82
Moscato giallo	34	44	74	1,70	4	3	7	1,34	85	1,67
Moscato rosa	26	32	58	1,27	0	0	0	0,00	58	1,14
Müller Thurgau	107	199	306	6,69	15	44	59	11,26	365	7,16
Nosiola	27	86	113	2,47	1	13	14	2,67	127	2,49
Pinot bianco	3	19	22	0,48	3	4	7	1,34	29	0,57
Pinot grigio	56	161	217	4,74	46	25	71	13,55	288	5,65
Pinot nero	136	234	370	8,08	8	11	19	3,63	389	7,63
Rebo	15	18	33	0,72	0	3	3	0,57	36	0,71
Riesling renano	36	42	78	1,70	1	2	3	0,57	81	1,59
Sauvignon blanc	138	166	304	6,64	11	13	24	4,58	328	6,43
Schiava	75	94	169	3,69	1	5	6	1,15	175	3,43
Teroldego	37	52	89	1,94	4	43	47	8,97	136	2,67
Traminer	33	94	127	2,77	6	14	20	3,82	147	2,88
Totali	1936	2641	4577	100	182	342	524	100	5101	100

Tabella 1
Numero di campioni fogliari, distinti tra normali ed anomali, e relative percentuali, raccolti nel periodo 1987-2019, suddivisi per varietà ed epoca di campionamento (01 = precoce, 02 = tardivo)

boro sempre superiori, rispetto ai due tipi di pergola, le quali invece riducono il contenuto in magnesio. Tra le due forme espanse, la pergola doppia favorisce maggiori contenuti in azoto, potassio, ferro e boro rispetto alla pergola semplice. La maggior concentrazione per molti elementi su spalliera può essere giustificata quale effetto "concentrazione" dovuto al fatto che si tratta di una forma più contenuta, sia in termini di vegetazione, di dimensione della pianta, sia in termini produttivi.
La distribuzione dei campioni nei due periodi aggregati di campionamento ("precoce" e "tardivo" contrassegnati rispettivamente come '01' e '02') mostra la prevalenza di analisi effettuate in epoca tardiva, per il 58,5% del totale.
La maggior parte delle analisi (Tab. 1) ha interessato la cultivar *Chardonnay*, fino a pochi anni fa la più diffusa in termini di ettari coltivati in Trentino, seguita da *Pinot nero*, *Cabernet Sauvignon*, *Müller Thurgau*, *Sauvignon blanc*, *Merlot*, *Pinot grigio* e *Marzemino*. Le cultivar *Sauvignon blanc* e *Pinot nero* sono molto rappresentate, parimenti allo *Chardonnay*, in quanto per tre anni si è condotta su di esse una sperimentazione in aree marginali, comprendente svariati siti.
Nella voce "altre", relativamente consistente, sono comprese anche le varietà resistenti, sulle quali negli ultimi anni si sta facendo un approfondito lavoro di studio.
I campioni anomali portati al laboratorio come verifica di problemi nutrizionali rappresentano in modo più fedele la distribuzione attuale (AA.VV., 2018). *Chardonnay* (22,5%), *Pinot grigio* (13,6%) e *Müller Thurgau (*11,3%), *Sauvignon blanc* (4,6%), *Traminer* (3,8%) e *Nosiola* (2,7%) tra le principali uve a bacca bianca - destinate alla produzione di vini bianchi e spumanti - rappresentano infatti il 71% della produzione di vino. *Teroldego* (9%), *Cabernet Sauvignon* (8,6%), *Marzemino* (4,6%) e *Merlot* (3,6%), tra quelle a bacca rossa, destinate alla produzione di vini rossi e rosati, costituiscono il 29% della produzione totale di vino.
I diversi campioni di foglie sono stati prelevati per un 56,2% in vigneti dei fondovalle o della bassa collina (quota altimetrica inferiore a 250 m s.l.m.), per un 27,1% in collina (quota altimetrica compresa tra 250 e 500 m s.l.m.) e per un 16,7% in montagna (quota altimetrica superiore a 500 m s.l.m.). Tali percentuali riflettono in modo fedele la suddivisione della superficie vitata in Trentino distinta in fasce altimetriche (AA.VV., 2018).
Per quanto riguarda i diversi raggruppamenti, si rimanda al Capitolo 4 per quelli relativi alle tipologie di suolo. I Gruppi di substrato pedologico più frequenti nei quali sono stati prelevati campioni fogliari sono i materiali glaciali a litologia mista (32,5%), i conoidi calcarei (20,8%) e i materiali alluvionali (17,0%), seguiti dai conoidi dolomitici (13,1%) e misti (5,7%). Una modesta percentuale di campioni è stata effettuata in vigneti con suoli da substrati di natura silicatica, di conoide (3,2%) o glaciali (4,7%). Esigua è risultata la percentuale di analisi riguardanti i suoli su substrati basaltici (1%), di calcari marnosi (1,2%) e di materiali glaciali dolomitici (0,8%).

Il 41,2% dei campioni fogliari ricadevano nel Sottogruppo a tessitura franca (tessiture franca e franco argillosa), il 37,5% in quello franco sabbioso (tessiture franco sabbiosa e sabbioso franca) e il 21,3% in quello franco limoso (tessiture franco limosa e franco limoso argillosa).
Relativamente alla profondità utile del suolo (Capitolo 4), solo lo 0,7% dei campioni proveniva da suolo con profondità utile scarsa (<50 cm). Il 22,4% delle analisi fogliari effettuate ha riguardato suoli con profondità utile moderatamente bassa (50-75 cm), il 31,5% suoli con profondità utile moderatamente alta (75-100 cm), mentre quasi metà dei campioni (45,4%) rientrava nella classe di suoli con profondità utile alta (>100 cm). Nell'interpretazione dei risultati, la classe inferiore è stata aggregata a quella moderatamente bassa. I campioni fogliari che ricadevano nei Sottogruppi di suoli idromorfi o molto idromorfi rappresentavano rispettivamente soltanto il 2,4% ed il 5,4%.
Per quanto riguarda la distribuzione di campioni fogliari in relazione ai Gruppi funzionali (semplificati) di AWC, il raggruppamento AL comprendeva il 17,6% del totale (AL2f, AL2g, AL3f e AL3g rappresentavano rispettivamente 5%, 1,9%, 7% e 3,7%), il raggruppamento CO il 26,9% (COdo, COmi2 e COmi3 costituivano 18,3%, 6,6% e 2%), quello GL il 32,4% (GL2f, GL2g, GL3f e GL3g facevano riscontrare rispettivamente 13,8%, 1,7%, 10,3% e 6,6%) e quello Sottili il 23,1%.

ELABORAZIONE DEI DATI E DIFFERENZE NUTRIZIONALI

Per l'analisi statistica si è utilizzata per le diverse fonti di variazione (epoca di campionamento, annata, varietà, quota altimetrica, classi relative a Gruppi di suolo, Sottogruppi di suolo e Gruppi funzionali) l'analisi di varianza ad una via, evitando di analizzare aspetti interattivi legati alle diverse fonti di variazione che richiederebbero analisi più specifiche. Le variazioni tra i contenuti fogliari dei diversi elementi, in relazione alle diverse fonti di variazione che si considerano, sono nel complesso piuttosto esigue. La disponibilità di un numero di dati consistente (5101 dati), permette comunque di rilevare differenze significative dal punto di vista statistico.

Trend stagionali e *range* di riferimento

Dal punto di vista dei *trend* stagionali (Fig. 1) si può notare che azoto, fosforo, boro e zinco calano significativamente nel corso della stagione vegetativa in modo lineare, passando da fasi fenologiche più precoci a quelle tardive, sino al momento della vendemmia. Il ferro aumenta invece in modo lineare dall'inizio della stagione vegetativa sino alla vendemmia. Il potassio non varia molto nel corso della stagione, mentre calcio, magnesio e zolfo, dopo un iniziale calo fisiologico tra la fase di prefioritura-fioritura e quella di allegagione, tendono ad aumentare sino all'invaiatura, per poi comportarsi in modo differenziato, ovvero aumentando ancora (calcio), stabilizzandosi (magnesio) o decrescendo (zolfo) alla vendemmia.

Le distribuzioni di frequenza dei valori fogliari dei macroelementi (Fig. 2) e dei microelementi (Fig. 3) delle due epoche di campionamento accorpate in "precoce" e "tardivo" confermano questi *trend*. Per manganese e rame, di cui non sono stati riportati i *trend* in figura 1,

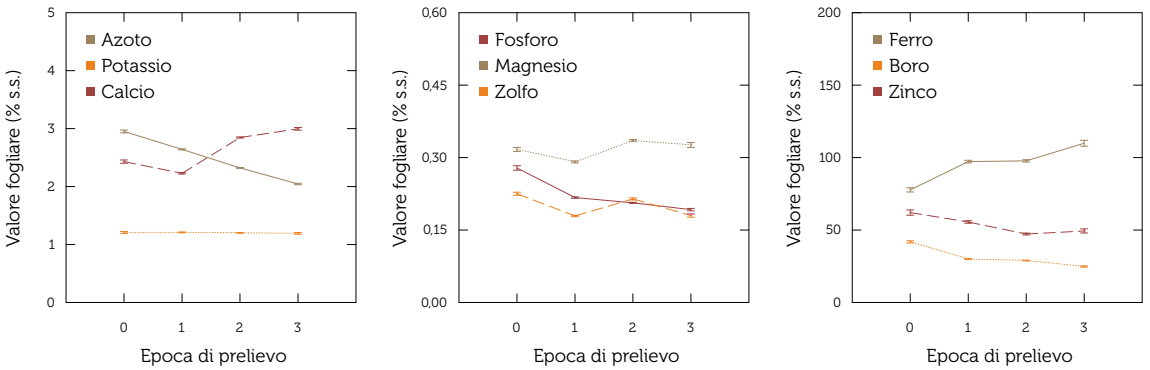


Figura 1
Andamento degli elementi presenti nelle lamine fogliari nel corso della stagione vegetativa, in relazione all'epoca di prelievo. Valori medi ± errore standard dei 5101 campioni fogliari nel periodo 1987-2019. Legenda per epoca di prelievo: 0 = prefioritura-fioritura; 1 = allegagione; 2 = chiusura grappolo-invaiatura; 3 = pre-raccolta-vendemmia

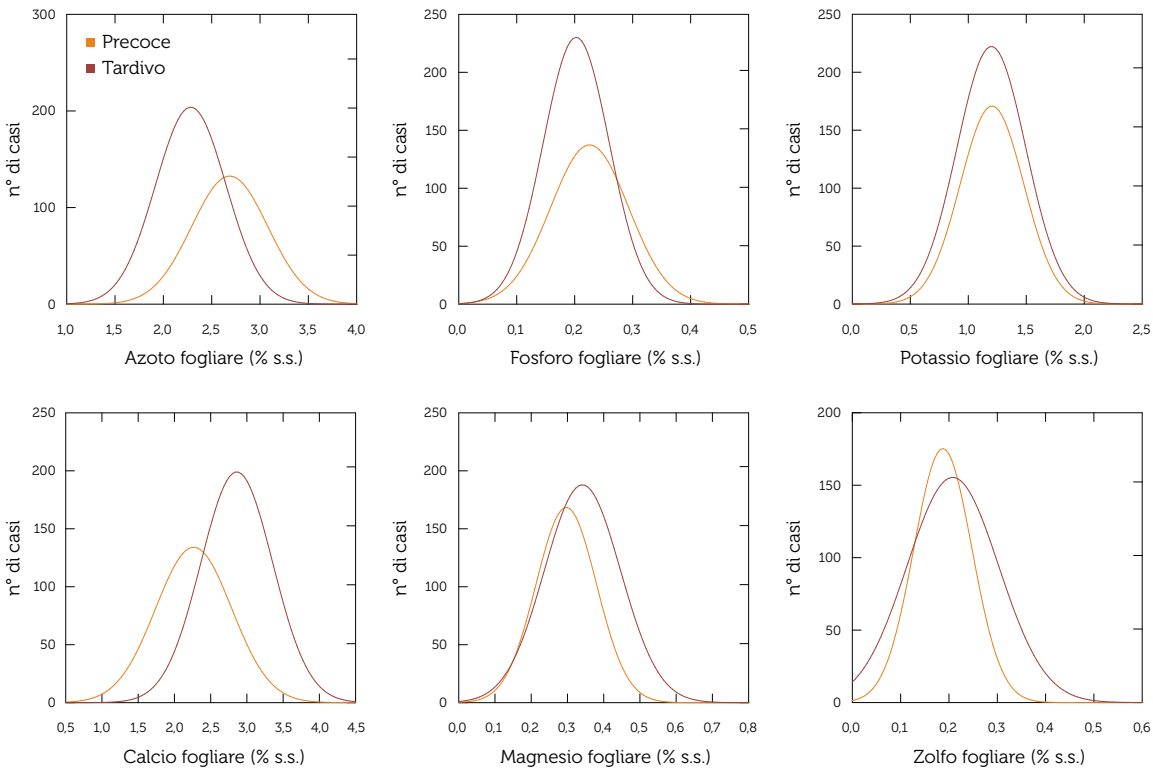


Figura 2
Distribuzione di frequenza dei valori dei macroelementi dei 5101 campioni fogliari raccolti nel periodo 1987-2019 nelle due epoche accorpate di campionamento

si evidenzia che il primo elemento diminuisce nel corso della stagione, mentre il secondo aumenta.
Per quanto concerne i valori di zolfo, manganese, zinco e rame, va precisato che la variabilità dei dati è apparsa piuttosto elevata, per il fatto che questi elementi sono presenti nei prodotti utilizzati per la difesa fitosanitaria. Nonostante le foglie vengano lavate, i residui sulle foglie possono essere piuttosto consistenti, alterando il dato reale.
Le strategie di difesa utilizzate dai viticoltori nel corso degli anni, hanno subito modificazioni molto consistenti, determinando oscillazioni dei valori molto forti. Negli ultimi 15 anni è aumentato il numero di agricoltori che coltiva in biologico, utilizzando maggiori quantitativi di rame e zolfo. E negli ultimi anni, da quando è avvenuta l'esclusione del prodotto fitosanitario Mancozeb, a base di manganese e zinco, si è verificata una netta diminuzione dei valori dei due microelementi nelle foglie.
Dalle figure 2 e 3 si evince che azoto, fosforo, calcio e rame sono gli elementi che variano maggiormente in relazione all'epoca di campionamento, seguiti da magnesio e manganese.
Dalla tabella 2, in cui sono riportate le medie generali dei dati nutrizionali distinte per epoca di campionamento, risulta evidente quanto sopra riportato: tutti gli elementi, ad eccezione del potas-

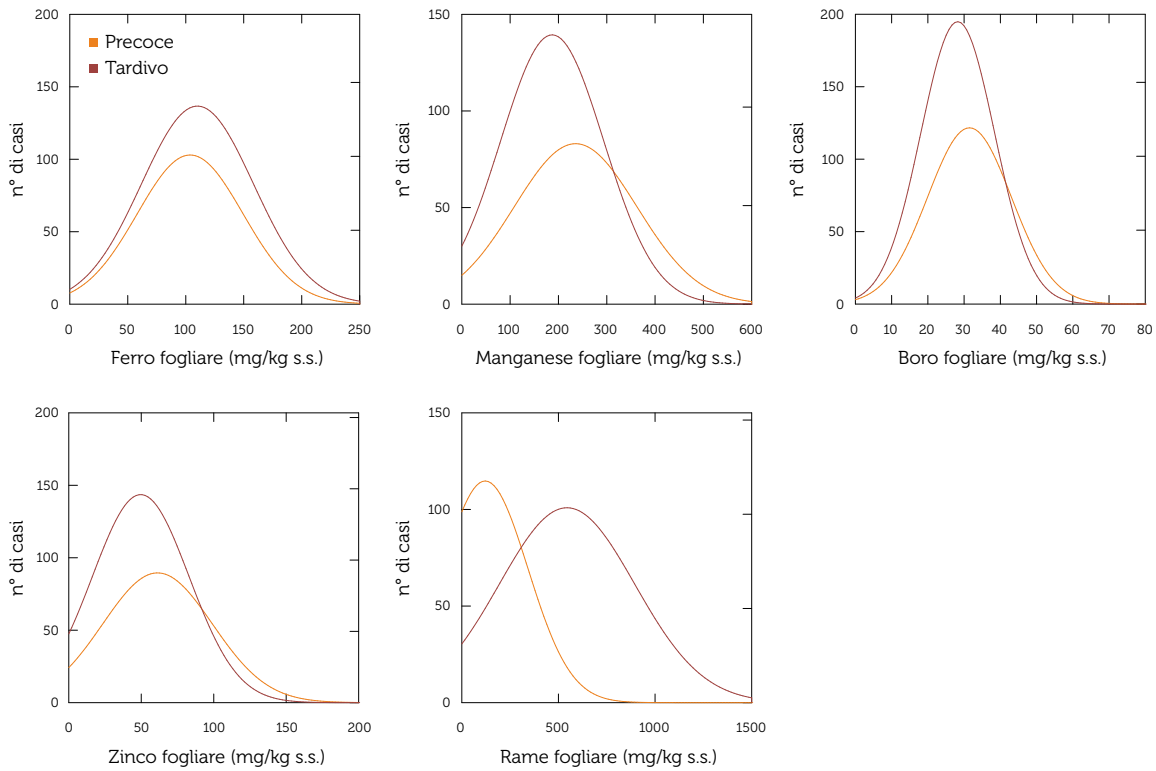


Figura 3
Distribuzione di frequenza dei valori dei microelementi dei 5101 campioni fogliari raccolti nel periodo 1987-2019 nelle due epoche accorpate di campionamento

sio, hanno fatto registrare differenze significative. Azoto, fosforo, manganese, boro e zinco mostrano i valori più elevati nel campionamento precoce, diversamente da calcio, magnesio, zolfo, ferro e rame che li evidenziano in quello tardivo.
Il confronto delle medie generali dei dati con gli standard di riferimento normalmente utilizzati nel Nord Italia in relazione alle fasi fenologiche (Tab. 3), posiziona tali valori nei *range* di normalità, ad eccezione del manganese.
In tabella 4 vengono proposti nuovi *range* nutrizionali distinguendo i campioni di foglie prelevate in fasi fenologiche più precoci (pre-fioritura e fioritura) o più tardive (pre-raccolta e vendemmia), in accordo a quanto suggerito da lavori precedenti (Stringari *et al.*, 1997; Robinson, 2005). Le classi individuate permettono di valutare adeguatamente lo stato nutrizionale che alcuni fattori (anno, varietà, quota altimetrica, tessitura, idromorfia, profondità utile del suolo, substrato pedologico e AWC) che si andranno a discutere possono influenzare in modo più o meno determinante.

CAMPIONAMENTO	MACROELEMENTO						MICROELEMENTO				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	B	Cu	Zn
	% sulla sostanza secca						mg/kg sulla sostanza secca				
Precoce	2,70 a	0,23 a	1,21	2,26 b	0,30 b	0,19 b	104 b	235 a	31 a	121 b	61 a
Tardivo	2,28 b	0,21 b	1,20	2,87 a	0,34 a	0,21 a	110 a	187 b	28 b	544 a	50 b
Significatività	***	***	n.s.	***	***	***	***	***	***	***	***

Tabella 2
Valori medi dei macroelementi e microelementi dei campioni fogliari nel periodo 1987-2019 in relazione all'epoca di campionamento. Numero di casi: 2118 per precoce e 2983 per tardivo. A lettere diverse corrispondono differenze significative al test di Tukey (i livelli di significatività riportati e contrassegnati con n.s. e ***, indicano rispettivamente non significativo e significatività per valori di P <0,001)

CAMPIONAMENTO	MACROELEMENTO						MICROELEMENTO			
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	B	Zn
	% sulla sostanza secca						mg/kg di sostanza secca			
Allegagione	2,1-3,1	0,13-0,31	0,8-1,5	1,6-2,8	0,20-0,39	0,10-0,23	60-130	50-220	15-45	30-80
Invaiatura	1,8-2,7	0,09-0,30	0,7-1,6	2,3-3,9	0,22-0,47	0,09-0,35	40-220	35-220	16-41	10-90

Tabella 3
Range di normalità ($\mu \pm 1{,}25\delta$) per macroelementi e microelementi fogliari nella vite nel Nord Italia in relazione alla fase fenologica (Porro *et al.*, 2001)

Nelle figure 4 e 5 si possono osservare le distribuzioni dei campioni fogliari nelle diverse classi in relazione al campionamento. Si può notare che in entrambi i campionamenti ci si trova in situazioni di nutrizione ottimale per tutti gli elementi, ad eccezione di rame e manganese.

ELEMENTO		CLASSE DI STATO NUTRIZIONALE						
		CARENTE	MOLTO BASSO	BASSO (INFERIORE AL NORMALE)	NORMALE	ALTO (SUPERIORE AL NORMALE)	MOLTO ALTO	ECCESSIVO
Azoto	% sulla sostanza secca	<1,70	1,70-2,30	2,30-2,60	2,60-3,10	3,10-3,40	3,40-3,70	>3,70
		<1,50	1,50-1,75	1,75-2,00	2,00-2,40	2,40-2,70	2,70-3,00	>3,00
Fosforo		<0,13	0,13-0,15	0,15-0,20	0,20-0,30	0,30-0,40	0,40-0,50	>0,50
		<0,12	0,12-0,14	0,14-0,18	0,18-0,25	0,25-0,30	0,30-0,45	>0,45
Potassio		<0,75	0,75-0,90	0,90-1,10	1,10-1,40	1,40-1,70	1,70-2,00	>2,00
		<0,65	0,65-0,80	0,80-1,00	1,00-1,30	1,30-1,55	1,55-1,85	>1,85
Calcio		<1,00	1,00-1,40	1,40-1,90	1,90-2,50	2,50-2,90	2,90-3,30	>3,30
		<1,60	1,60-1,90	1,90-2,30	2,30-3,10	3,10-3,70	3,70-4,20	>4,20
Magnesio		<0,13	0,13-0,18	0,18-0,22	0,22-0,34	0,34-0,42	0,42-0,55	>0,55
		<0,18	0,18-0,22	0,22-0,26	0,26-0,40	0,40-0,50	0,50-0,65	>0,65
Zolfo		<0,04	0,04-0,10	0,10-0,15	0,15-0,28	0,28-0,33	0,33-0,50	>0,50
		<0,04	0,04-0,10	0,10-0,15	0,15-0,28	0,28-0,36	0,36-0,60	>0,60
Ferro	mg/kg sulla sostanza secca	<50		50-65	65-150	150-220	>220	
		<50		50-70	70-175	175-250	>250	
Manganese		<15	15-20	20-30	30-100	100-150	>150	
		<15	15-20	20-30	30-100	100-150	>150	
Boro		<12	12-16	16-20	20-38	38-42	42-60	>60
		<14	14-18	18-22	22-36	36-40	40-60	>60
Rame		<5		5-8	8-15	15-20	>20	
		<5		5-8	8-15	15-20	>20	
Zinco		<12	12-15	15-25	25-70	70-100	100-150	>150
		<12	12-15	15-20	20-70	70-120	120-150	>150

Tabella 4
Classi di stato nutrizionale (*range* di riferimento) per macroelementi e microelementi fogliari nella vite per il Trentino in relazione al campionamento (riga senza sfondo colorato = "precoce", riga con sfondo colorato = "tardivo")

Come già ricordato, essendo utilizzati come prodotti fitosanitari, questi elementi possono lasciare residui consistenti - con valori prevalentemente concentrati nelle classi comprese tra superiore al normale ed eccessivo.
Tra i macroelementi (Fig. 4), azoto, fosforo e potassio fanno rilevare una percentuale di campioni con valori bassi (da carenti a molto bassi) più consistenti, rispettivamente pari al 15%, 8% e 11% nel campionamento precoce. In quello tardivo sono magnesio, fosforo e potassio che risultano più problematici, con percentuali che si attestano rispettivamente a 12%, 10% e 8%.
Se si considerano anche i valori inferiori al normale, le frequenze di valori bassi per i macroelementi sono in generale piuttosto alte. In particolare, questi valori bassi sono dell'ordine del 40% circa per azoto, fosforo e potassio nel campionamento precoce e superiori al 23% per gli altri macroelementi, ad eccezione del calcio, nel campionamento tardivo. Valori eccessivi o molto alti, per contro, sono

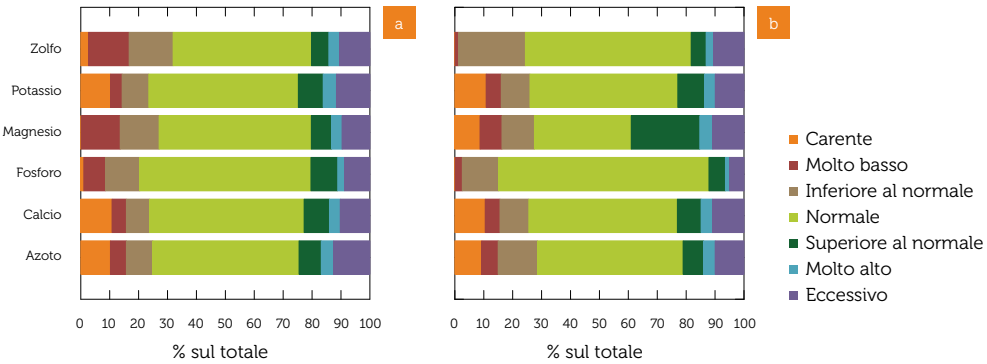


Figura 4
Distribuzione percentuale nelle diverse classi di livello nutrizionale dei macroelementi dei 5101 campioni fogliari nel periodo 1987-2019; (a) campionamento "precoce", (b) campionamento "tardivo")

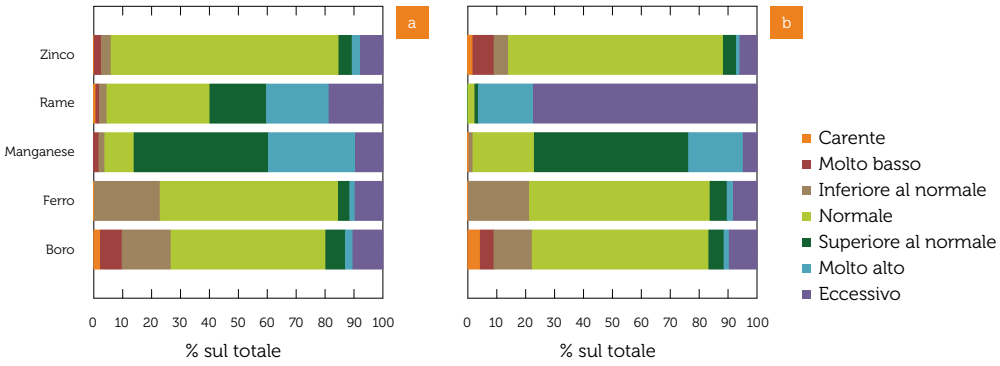


Figura 5
Distribuzione percentuale nelle diverse classi di livello nutrizionale dei microelementi dei 5101 campioni fogliari nel periodo 1987-2019; (a) campionamento "precoce", (b) campionamento "tardivo")

più contenuti (minori del 15%) in entrambi i campionamenti, con l'azoto maggiormente coinvolto.
Tra i microelementi (Fig. 5), invece, sono boro e zinco che fanno registrare le frequenze dei valori bassi (da carenti a molto bassi) più consistenti, nell'ordine del 10% circa, soprattutto nel campionamento tardivo. Considerando anche i valori inferiori al normale, i microelementi più problematici risultano il ferro, in entrambi i campionamenti (con valori attorno al 20%), il boro e lo zinco. Questi ultimi soprattutto nel campionamento tardivo, con valori rispettivamente superiori o prossimi al 20%. Come già evidenziato, valori molto alti si registrano per rame e manganese, e valori eccessivi per zinco e boro.

Variabilità annuale

Le diverse annate dell'indagine sono state caratterizzate da temperature, precipitazioni ed umidità molto diverse tra loro, in relazione agli andamenti climatici, e in particolare alla distribuzione delle piogge nel corso della stagione vegetativa. Questi ultimi hanno una notevole influenza sull'assorbimento e sul trasporto dei nutrienti all'interno della pianta. Al fine di avere un quadro generale relativo alle diverse annate di indagine sono stati presi in considerazione i dati climatici medi annuali delle temperature medie, dell'umidità relativa dell'aria e della sommatoria delle precipitazioni annue, ottenendo tramite analisi *Cluster* una aggregazione di annate simili (Fig. 6).
In particolare, l'annata 2014 si è discostata nettamente dalle altre, per aver avuto le maggiori precipitazioni piovose (1600 mm di pioggia) e condizioni calde (13,3 °C) ed umide (74%). Essa è però risultata molto vicina al gruppo (unito da linee azzurre) delle annate caratterizzate da precipitazioni, umidità e temperature medie piuttosto

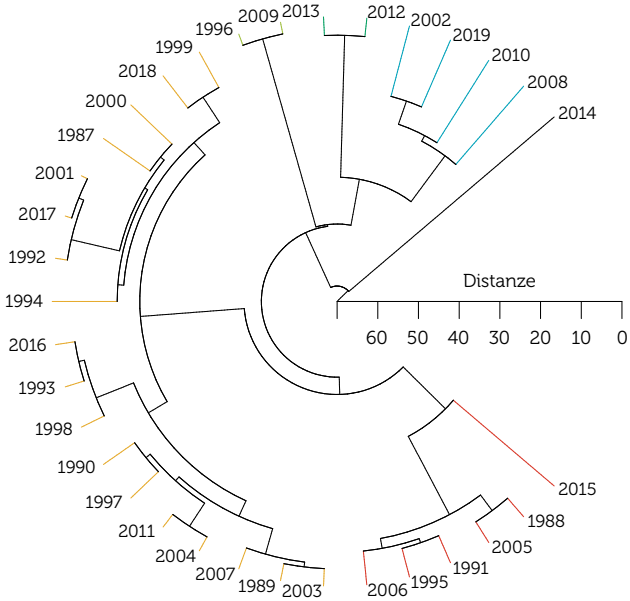


Figura 6
Raggruppamento delle diverse annate in relazione ai dati climatici medi annuali (temperature medie, umidità relative dell'aria e sommatorie delle precipitazioni annuali) mediante *Cluster Analysis*

elevate, con 1400 mm di pioggia, temperature medie di 12,6°C e umidità relative dell'aria di 72%. Il gruppo di annate più secche, ma tendenzialmente meno calde (unito da linee rosse), con poco più di 700 mm di pioggia e temperature medie di 12°C, si posiziona all'estremo opposto del *Cluster*. Esso si discosta significativamente da quelle più umide. In posizione più interna al *Cluster* si situano gruppi di annate intermedie (contrassegnate da linee di congiunzione verde e gialle), con condizioni variabili rispettivamente più prossime all'uno o all'altro degli estremi appena descritti.

Il legame esistente tra alcuni parametri climatici, quali umidità e precipitazioni piovose, e la disponibilità di nutrienti per la pianta risulta particolarmente forte, soprattutto per gli elementi che sono molto mobili a livello floematico (azoto, fosforo e potassio) e quindi facilmente traslocabili in presenza di acqua. È però elevato anche per altri elementi, quali calcio (praticamente immobile) e magnesio, caratterizzato da mobilità intermedia.

Per il calcio solo condizioni di bassa umidità, nei momenti prossimi alla fioritura, sono in grado di aumentare il flusso traspirazionale, riuscendo a favorire la traslocazione dell'elemento nella pianta.

Va inoltre ricordato che in generale la maggior piovosità dei periodi autunno-primaverili o primaverili-estivi può favorire attività radicali superiori e di conseguenza maggiori assorbimenti di azoto. Tali condizioni rendono più facilmente assorbibili anche il fosforo ed il potassio, e la maggior disponibilità di quest'ultimo può essere la causa del minor assorbimento di calcio e magnesio, vista la nota relazione di antagonismo esistente.

Per avere indicazioni precise, i dati climatici andrebbero scorporati in relazione alla stagionalità (periodo in cui le piante svolgono il proprio ciclo annuale) ed alle diverse fasi fenologiche, tenendo conto - soprattutto per le precipitazioni piovose - delle quantità che si verificano sia in autunno-inverno che in primavera-estate. Tali fattori sono infatti in grado di modificare gli assorbimenti da parte delle piante ed incidono, pertanto, sulla reale maggiore o minore disponibilità di nutrienti per la stagione vegetativa dell'annata in corso. Non è stato possibile effettuare tale analisi, in quanto le molteplici variabili coinvolte e la non linearità della distribuzione dei dati (numerosità diverse in relazione alle annate, alle varietà ed ai siti) non permetterebbero di ottenere informazioni adeguate e precise.

Ciononostante, dai dati considerati e riferendosi alla figura 6, è possibile riscontrare che i valori medi fogliari (espressi sulla sostanza secca) di azoto e potassio dei campioni prelevati nell'annata 2014, si sono attestati rispettivamente a 3,37% e 1,50% per il campionamento precoce e a 2,34% e 1,39% per il campionamento tardivo, risultando i più elevati in assoluto. Essi confermano la relazione tra piovosità e disponibilità di azoto e potassio, con un incremento dei valori nell'ordine del 25%. Per contro, i livelli di magnesio e zinco della stessa annata sono risultati i più bassi, con riduzione dei contenuti nell'ordine del 35% rispetto alla media generale, facendo

rilevare valori di 0,18% e 0,27% per il magnesio e di 37 e 21 mg/kg per lo zinco in campionamento precoce e tardivo.
Le annate più secche ma fresche, caratterizzate da una media di precipitazioni di 700 mm e temperature medie annue di 12 °C, hanno fatto registrare valori di azoto, fosforo e boro decisamente inferiori rispetto a tutte le altre annate, soprattutto nel campionamento tardivo, riducendo i valori nell'ordine del 20%. L'effetto sulla depressione dei valori di boro in condizioni di minor piovosità si conferma anche nelle annate caratterizzate da temperature più elevate (unite da linee gialle e più prossime all'estremo del *Cluster*, quello delle annate unite da linee rosse).

Effetti varietali

Le diverse cultivar indagate hanno mostrato profili nutrizionali differenziati (Tab. 5), confermando quanto già riportato in lavori precedenti (Failla *et al.*, 1991 e 1993; Porro *et al.*, 1996). *Cabernet franc*, *Moscato rosa*, *Pinot bianco* e *Schiava* fanno registrare i più bassi livelli di azoto, mentre *Chardonnay*, *Incrocio Manzoni 6.0.13*, *Merlot*, *Müller Thurgau* e *Pinot grigio* quelli più elevati. I valori di fosforo superiori si possono rilevare nelle cultivar *Pinot grigio*, *Riesling renano* e *Traminer*, mentre quelli più bassi in *Rebo* e *Moscato rosa*.
Pinot grigio e *Marzemino* presentano i più alti valori di potassio, mentre *Incrocio Manzoni 6.0.13* quelli inferiori (sotto i livelli di normalità). Per contro, i valori di magnesio di quest'ultima varietà, ottenuta dall'incrocio tra *Riesling renano* e *Pinot Bianco*, sono decisamente elevati (sopra la normalità). Anche il *Riesling renano* presenta valori piuttosto alti in magnesio.
D'altra parte, *Marzemino*, *Lambrusco a foglia frastagliata*, *Cabernet franc* e altre varietà, tra cui sono inserite anche quelle prevalentemente resistenti e/o tolleranti alle principali malattie fungine, presentano livelli di magnesio molto ridotti. Il dato relativo alla maggior sensibilità a carenze in magnesio a carico delle varietà resistenti è già stato oggetto di un recente lavoro (Pedò *et al.*, 2019).
Relativamente al calcio, il gruppo "altre", *Schiava* e *Müller Thurgau* mostrano i valori più bassi rispetto alla media generale, mentre *Pinot grigio* e *Traminer* quelli più alti.
Per i valori di zolfo, si evidenzia un effetto genetico. Infatti, la varietà *Incrocio Manzoni 6.0.13* ed i suoi relativi genitori, ne riducono i contenuti fogliari. I valori più bassi in assoluto, comunque, si rilevano in *Moscato rosa*, mentre quelli più elevati in *Pinot grigio* e *Traminer*.
Per quanto concerne i microelementi, meritano particolare attenzione solo le differenze varietali riguardanti boro e zinco. *Moscato giallo* e *Teroldego* mostrano i più bassi livelli di boro, mentre *Merlot* e *Pinot grigio* quelli più elevati. Il gruppo "altre" in cui si trovano anche varietà resistenti e/o tolleranti, fa rilevare i valori più bassi di zinco.
La figura 7, ottenuta tramite *Cluster Analysis* utilizzando i dati nutrizionali fogliari medi di azoto, fosforo, potassio, calcio, magnesio, zolfo, boro e zinco standardizzati per anno ed epoca di prelievo

del campionamento, sintetizza quanto appena descritto e permette di cogliere i legami di vicinanza o meno tra le varietà oggetto dell'indagine.

VARIETÀ	MACROELEMENTO						MICROELEMENTO				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	B	Cu	Zn
	% sulla sostanza secca						mg/kg sulla sostanza secca				
Altre	2,43	0,19	1,11	2,30	0,28	0,18	91	114	29	90	28
Cabernet franc	2,26	0,21	1,16	2,69	0,29	0,16	105	219	30	281	42
Cabernet Sauvignon	2,40	0,22	1,13	2,66	0,36	0,20	98	223	32	355	51
Chardonnay	2,52	0,23	1,25	2,63	0,31	0,19	111	216	27	333	55
Incrocio Manzoni 6.0.13	2,56	0,23	0,95	2,69	0,51	0,15	94	210	25	175	36
Lagrein	2,44	0,21	1,20	2,49	0,33	0,18	78	181	32	220	52
Lambrusco a foglia frastagliata	2,43	0,19	1,23	2,67	0,25	0,18	156	263	29	458	98
Marzemino	2,36	0,20	1,30	2,47	0,27	0,23	131	221	31	427	91
Merlot	2,64	0,23	1,19	2,75	0,32	0,23	90	240	37	293	58
Moscato giallo	2,43	0,21	1,22	2,67	0,33	0,19	102	241	23	289	62
Moscato rosa	2,25	0,18	1,19	2,56	0,31	0,13	87	187	27	173	40
Müller Thurgau	2,51	0,21	1,19	2,41	0,32	0,21	113	208	29	426	48
Nosiola	2,34	0,22	1,28	2,75	0,33	0,17	116	212	27	496	55
Pinot bianco	2,24	0,21	1,29	2,66	0,33	0,15	132	169	26	552	49
Pinot grigio	2,56	0,24	1,33	3,02	0,30	0,27	106	173	36	508	50
Pinot nero	2,47	0,21	1,20	2,67	0,33	0,18	111	207	29	415	47
Rebo	2,40	0,17	1,20	2,72	0,35	0,18	95	204	28	214	46
Riesling renano	2,34	0,24	1,12	2,39	0,41	0,15	92	173	28	238	41
Sauvignon blanc	2,46	0,20	1,17	2,60	0,36	0,17	130	239	28	457	62
Schiava	2,27	0,21	1,24	2,39	0,31	0,19	108	195	26	428	64
Teroldego	2,34	0,22	1,17	2,81	0,36	0,25	114	219	22	462	72
Traminer	2,33	0,24	1,11	2,95	0,33	0,27	92	163	33	579	40
Medie (4577 casi totali)	2,41	0,21	1,19	2,63	0,33	0,19	107	203	29	358	54

Tabella 5
Valori medi dei macroelementi e microelementi di 4577 campioni fogliari (solo normali) raccolti nel periodo 1987-2019 in relazione alle varietà

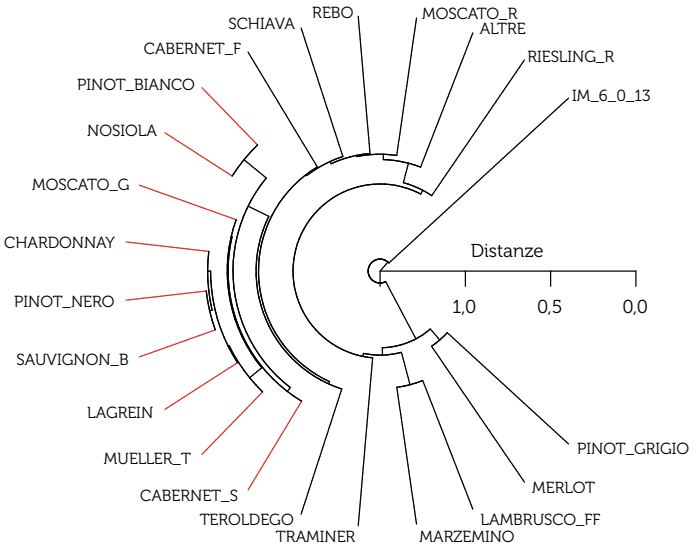


Figura 7
Raggruppamento delle diverse cultivar in relazione ai dati nutrizionali fogliari medi di azoto, fosforo, potassio, calcio, magnesio, zolfo, boro e zinco standardizzati (per anno ed epoca di prelievo) mediante *Cluster Analysis*

All'estremo inferiore del *Cluster* sono situate *Pinot grigio* e *Merlot*, varietà che fanno accumulare più azoto, fosforo, potassio e boro, seguite da *Lambrusco a foglia frastagliata* e *Marzemino*, varietà accomunate poiché presentano livelli di magnesio molto bassi, ma con livelli di potassio medio alti. All'estremo superiore del *Cluster*, invece, è situata la cultivar *Incrocio Manzoni 6.0.13*, accumulatrice di magnesio e fosforo, molto prossima a *Riesling renano*, anch'essa caratterizzata da alte dotazioni di entrambi i due elementi. Sono poi accomunate il gruppo "altre" e *Moscato rosa*, per i bassi valori di azoto, fosforo e zinco, subito accanto alle varietà *Cabernet franc*, *Schiava*, *Pinot bianco*, *Nosiola* e *Rebo* con bassi livelli azotati e di calcio. Nel centro del *Cluster*, invece, si situano varietà a dotazioni medio alte per tutti gli elementi, quali *Chardonnay*, *Sauvignon blanc*, *Pinot nero*, *Lagrein*, *Müller Thurgau* e *Cabernet Sauvignon*. Isolate compaiono poi *Teroldego*, caratterizzato dai più bassi livelli di boro e *Traminer*, per le elevate dotazioni di zolfo, avvicinandole così a *Pinot grigio*.
Una chiave di lettura dei valori nutrizionali può essere ricavata dalla figura 8, che evidenzia i legami tra i vari elementi. È interessante notare come i valori di magnesio rispetto a quelli di potassio e boro si posizionino agli estremi, evidenziando quindi antagonismo. Azoto e fosforo, per contro, sono molto vicini. Il calcio, che come noto è in antagonismo col potassio, ha invece un forte legame con i microelementi ferro e zinco (deprimendone l'assorbimento) e con quelli legati alla difesa fitosanitaria, quali zolfo, manganese e rame.

Quota altimetrica

L'effetto dell'altitudine è risultato netto per tutti gli elementi, ad eccezione del rame (Tab. 6). In particolare, azoto, magnesio, ferro e manganese sono significativamente più elevati alle quote superiori, sebbene non si registrino differenze tra i valori di fondovalle e quelli di collina. Fosforo, potassio, calcio, zolfo e zinco, invece, fanno

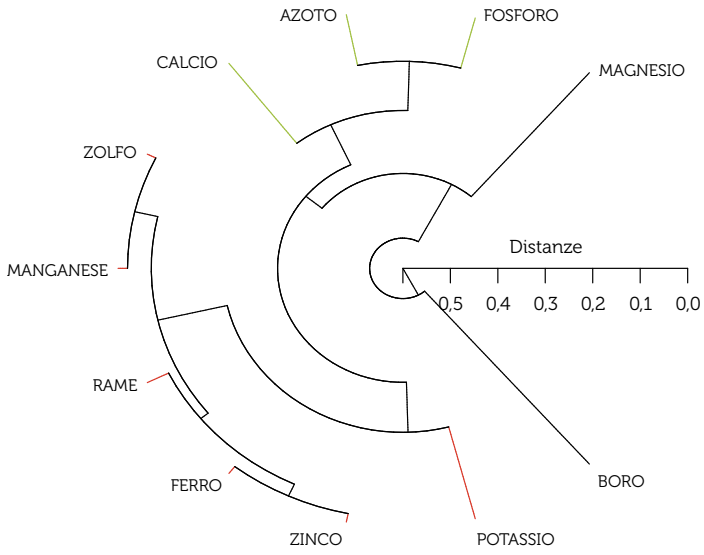


Figura 8
Relazione tra i diversi elementi in base ai dati nutrizionali fogliari medi standardizzati (per anno ed epoca di prelievo)

rilevare valori statisticamente più elevati nel fondovalle, cioè alle quote inferiori. Per questi elementi non si registrano differenze tra i valori di collina e quelli di montagna. Il boro presenta valori significativamente più ridotti in collina nei confronti sia del fondovalle che della montagna.
Tali risultati concordano parzialmente con quanto rilevato nell'indagine svolta sui suoli delle valli del Noce per il melo (Porro *et al.*, 2017a), ove si è evidenziato che le concentrazioni di azoto, magnesio e manganese nelle foglie aumentano con l'aumentare della quota altimetrica, mentre quelle di calcio e zinco diminuiscono.
Le quote superiori favoriscono nei suoli l'accumulo di un maggior contenuto di carbonio organico e concentrazioni di biomassa microbica più elevate (He *et al.*, 2016), generalmente portando ad un

QUOTA ALTIMETRICA	MACROELEMENTO						MICROELEMENTO				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	B	Cu	Zn
	% sulla sostanza secca						mg/kg sulla sostanza secca				
Fondovalle (0-250 m s.l.m.)	2,45 b	0,22 a	1,22 a	2,69 a	0,322 b	0,21 a	112 b	211 b	31 a	438	68 a
Collina (250-500 m s.l.m.)	2,42 b	0,21 b	1,18 b	2,55 b	0,324 ab	0,19 b	117 b	205 b	27 b	443	52 b
Montagna (500-750 m s.l.m.)	2,55 a	0,21 b	1,20 b	2,50 b	0,333 a	0,19 b	133 a	239 a	31 a	482	58 b
Significatività	***	***	**	***	*	***	***	***	***	n.s.	***

Tabella 6
Valori medi dei macroelementi e microelementi dei 5101 campioni fogliari raccolti nel periodo 1987-2019 in relazione alla quota altimetrica. A lettere diverse corrispondono differenze significative al test di Tukey (i livelli di significatività riportati e contrassegnati con n.s., *, **, ***, indicano rispettivamente non significativo e significatività per valori di $P \leq 0,05$ e $P \geq 0,01$ - $P<0,01$ e $P \geq 0,001$ - $P<0,001$)

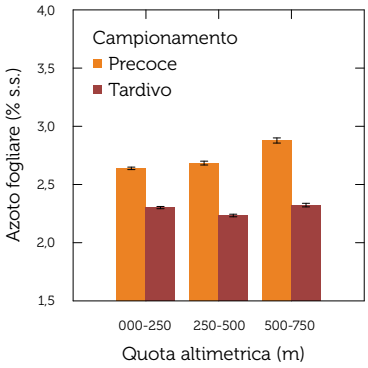


Figura 9
Azoto fogliare in relazione alla quota altimetrica nei diversi campionamenti. Valori medi ± errore standard dei 5101 campioni fogliari nel periodo 1987-2019

minor sviluppo della biomassa (Dierig *et al.*, 2006), a stomi di larghezza inferiore (Kok e Bahar, 2015), ma permettendo una captazione dell'energia luminosa superiore nell'ordine del 10-12% (van Leeuwen *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2020). Tali condizioni in generale portano ad una maggior concentrazione di azoto nelle foglie (Körner, 1989), probabilmente in seguito alla ridistribuzione della aumentata disponibilità dell'elemento per una minor unità di superficie fogliare.
Il comportamento degli elementi in relazione alla quota nei diversi campionamenti non è sempre lineare. Per alcuni elementi (N, P, Ca, B e Zn) si può ritenere che l'effetto quota sia prevalente. Solo a titolo esemplificativo si riportano in figura 9 i dati relativi all'azoto. Da tale figura è possibile evidenziare che l'effetto quota sui contenuti fogliari di azoto è evidente nel campionamento precoce, facendo rilevare valori significativamente più elevati passando dalle quote inferiori a quelle superiori e con differenze nette tra fondovalle, collina e montagna. Nel campionamento tardivo, invece, è la fascia di collina che presenta i valori minori.

RELAZIONI CON I GRUPPI E SOTTOGRUPPI DI SUOLI

I valori fogliari degli elementi azoto, fosforo e potassio possono risentire maggiormente di altri delle fertilizzazioni che gli agricoltori effettuano. Ciononostante, dall'analisi globale dei dati in riferimento alle diverse tipologie di suolo si possono estrapolare alcune indicazioni generali di notevole interesse, considerando l'ampiezza del *set* disponibile, che compensa la variabilità nella conduzione agronomica.

Tessitura o Sottogruppi di tessitura

Emergono differenze statistiche tra i tre raggruppamenti tessiturali individuati, ovvero i Sottogruppi dei suoli franchi, franco limosi e franco sabbiosi (Tab. 7), sebbene i discostamenti dei valori siano piuttosto limitati.
L'azoto fogliare è meno abbondante nelle viti coltivate in suoli franco limosi, intermedio in quelli franchi, e più elevato nei suoli franco sabbiosi. Questi ultimi fanno registrare anche valori significativa-

SOTTOGRUPPI DI TESSITURA	MACROELEMENTO						MICROELEMENTO				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	B	Cu	Zn
	% sulla sostanza secca						mg/kg sulla sostanza secca				
Suoli franchi (F e FA)	2,46 b	0,213 b	1,20	2,62 ab	0,33 a	0,19 c	118	227 a	30 b	422	57 c
Suoli franco limosi (FL e FLA)	2,40 c	0,216 b	1,19	2,66 a	0,33 a	0,20 b	117	190 c	28 c	453	70 a
Suoli franco sabbiosi (FS e SF)	2,49 a	0,224 a	1,21	2,59 b	0,32 b	0,22 a	116	214 b	31 a	471	63 b
Significatività	***	***	n.s.	*	***	***	n.s.	***	***	n.s.	***

Tabella 7
Valori medi dei macroelementi e microelementi dei 5101 campioni fogliari raccolti nel periodo 1987-2019 in relazione ai Sottogruppi di tessitura dei suoli. A lettere diverse corrispondono differenze significative al test di Tukey (i livelli di significatività riportati e contrassegnati con n.s., * e ***, indicano rispettivamente non significativo e significatività per valori di $P \leq 0,05$ e $P \geq 0,01$ - $P<0,001$)

mente più alti di fosforo e più bassi di magnesio rispetto alle altre due tipologie.
Il calcio fogliare di piante coltivate in suoli franco sabbiosi è significativamente più basso rispetto a quello dei suoli franco limosi. Per lo zolfo, invece, sono i suoli franchi a presentare i valori più bassi, seguiti da quelli franco limosi, entrambi con livelli significativamente inferiori rispetto a quelli rilevati nei suoli franco sabbiosi. Potassio, ferro e rame non vengono modificati in relazione alla classe tessiturale, mentre manganese, boro e zinco subiscono un effetto dovuto alla tessitura: in particolare, i suoli franco limosi mostrano i minori tenori di manganese e boro ed i maggiori in zinco. I suoli franchi presentano rispettivamente i più elevati valori di manganese ed i più ridotti di zinco.

Sottogruppi di idromorfia

I contenuti fogliari di azoto, fosforo, potassio, calcio, magnesio, manganese e zinco subiscono un effetto significativo in relazione alla presenza o meno di condizioni idromorfe nel suolo (Tab. 8).
In particolare, si evidenzia che la presenza di idromorfia (Sottogruppi dei suoli idromorfi e molto idromorfi) riduce i valori di azoto, magnesio, manganese e zinco, mentre fa aumentare quelli di potassio e calcio. Gli elementi che subiscono le più forti variazioni sono calcio, magnesio, manganese e zinco, analogamente a quanto verificato nell'indagine sui suoli delle valli del Noce per il melo (Porro *et al.*, 2017a). In particolare, il magnesio delle foglie di piante coltivate in suoli idromorfi o molto idromorfi risulta più ridotto in entrambi i campionamenti, e la riduzione del contenuto dell'elemento è tanto più elevata quanto più i suoli sono idromorfi (Fig. 10). Tale comportamento, probabilmente dipende dal maggior assorbimento di potassio, più facilmente disponibile per le piante in presenza di ec-

SOTTOGRUPPI DI IDROMORFIA	MACROELEMENTO						MICROELEMENTO				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	B	Cu	Zn
	% sulla sostanza secca						mg/kg sulla sostanza secca				
Suoli non idromorfi	2,46 a	0,22 a	1,20 b	2,60 b	0,33 a	0,20	116	216 a	30	431	62 a
Suoli idromorfi	2,42 b	0,21 b	1,24 a	2,83 a	0,29 b	0,21	122	163 b	30	460	50 b
Significatività	*	*	*	***	***	n.s.	n.s.	***	n.s.	n.s.	**

Tabella 8
Valori medi dei macroelementi e microelementi dei 5101 campioni fogliari raccolti nel periodo 1987-2019 in relazione ai Sottogruppi di idromorfia dei suoli. A lettere diverse corrispondono differenze significative al test di Tukey (i livelli di significatività riportati e contrassegnati con n.s., *, **, ***, indicano rispettivamente non significativo e significatività per valori di P≤0,05 e P≥0,01 - P<0,01 e P≥0,001 - P<0,001)

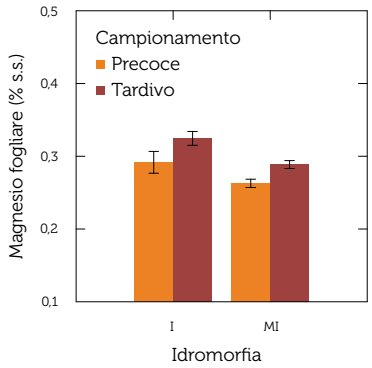


Figura 10
Magnesio fogliare in relazione all'idromorfia (I = Sottogruppo dei suoli idromorfi; MI = Sottogruppo dei suoli molto idromorfi) ed al campionamento. Valori medi ± errore standard di 396 campioni raccolti nel periodo 1987-2019

cesso di acqua, con effetto antagonista nei confronti del magnesio. I dati fogliari medi (espressi sulla sostanza secca) dei campionamenti relativi al potassio risultano di 1,15% in suoli idromorfi e di 1,28% in suoli molto idromorfi. L'antagonismo del potassio si osserva anche nei confronti del calcio: i valori fogliari medi di tale elemento sono più elevati nei suoli idromorfi (2,97% s.s.) rispetto a quelli nei suoli molto idromorfi (2,77% s.s.).
La riduzione dei livelli fogliari di manganese e zinco che si verifica nei suoli idromorfi rispetto a quelli non idromorfi è particolarmente evidente su substrati alluvionali. Essa però risulta indipendente dal grado di idromorfia e comporta una depressione media dei valori pari al 20% per il manganese e pari al 50% per lo zinco.

Sottogruppi di profondità utile del suolo

Più la profondità utile di suolo è elevata, parametro che è correlato positivamente con la riserva idrica, maggiori sono gli assorbimenti e le relative concentrazioni nelle foglie di potassio (Tab. 9).
Si verifica l'opposto per quanto riguarda le dotazioni di azoto, fosforo, calcio, magnesio, zolfo, boro, manganese e rame. Per questi elementi si rilevano valori superiori nelle foglie quando la profondità

PROFONDITÀ UTILE DEL SUOLO	MACROELEMENTO						MICROELEMENTO				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	B	Cu	Zn
	% sulla sostanza secca						mg/kg sulla sostanza secca				
<75 cm (scarsa-mod. bassa)	2,50 a	0,24 a	1,17 c	2,68 a	0,35 a	0,21 a	111 b	222 a	32 a	463 a	61 ab
75-100 cm (mod. alta)	2,46 ab	0,21 b	1,20 b	2,60 b	0,32 b	0,21 a	123 a	209 b	29 b	481 a	58 b
>100 cm (alta)	2,44 b	0,21 b	1,22 a	2,60 b	0,31 b	0,19 b	116 b	213 b	30 b	415 b	65 a
Significatività	**	***	***	***	***	***	***	*	***	**	**

Tabella 9
Valori medi dei macroelementi e microelementi dei 5101 campioni fogliari raccolti nel periodo 1987-2019 in relazione alla profondità utile del suolo. A lettere diverse corrispondono differenze significative al test di Tukey (i livelli di significatività riportati e contrassegnati con *, ** e ***, indicano rispettivamente significatività per valori di P≤0,05 e P≥0,01 - P<0,01 e P≥0,001 - P<0,001)

utile del suolo è inferiore ai 75 cm. Gli effetti sui contenuti di ferro e zinco non sembrano avere un legame diretto con la profondità del suolo, facendo rilevare differenze difficilmente spiegabili.

Gruppi di substrato

Considerando la natura del substrato pedologico, per tutti gli elementi si sono riscontrate differenze importanti. Le variazioni rilevate forniscono in particolare informazioni interessanti riguardo ai macroelementi (Tab. 10).

L'azoto è risultato significativamente più abbondante nelle foglie di viti dei suoli su glaciale silicatico, dove però la sostanza organica è generalmente inferiore, in confronto a quelle coltivate in suoli su basalto, su calcari marnosi e dei conoidi a litologie miste che generalmente presentano contenuti elevati di sostanza organica. Tali incongruenze, come riportato nel Capitolo 5, potrebbero dipendere però più che dalla natura del substrato dalle pratiche agronomiche condotte e dal contesto climatico.

Anche nelle foglie di viti di suoli su alluvionale l'azoto è piuttosto alto, soprattutto nei suoli caratterizzati da tessitura grossolana (ALg), come riportato in seguito.

I suoli dei conoidi silicatici (COsi) riducono in modo netto i valori fogliari di fosforo, potassio, calcio, magnesio e zolfo, facendo rilevare in assoluto i valori più bassi e prossimi a sub carenze. Per i primi due elementi anche i contenuti nei suoli sono molto bassi.

I valori fogliari di fosforo significativamente più elevati si sono registrati nei suoli su basalto e su substrati dolomitici (siano essi suoli dei conoidi o su glaciale) in confronto a quelli dei conoidi silicatici, dei conoidi calcarei e dei glaciali a litologie miste o su silicatico, nonché a quelli su alluvionale e dei conoidi a litologie miste che fanno rilevare i valori minori. Questo dato sembra concordare solo

GRUPPO DI SUBSTRATO	MACROELEMENTO					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	% sulla sostanza secca					
AL Suoli su alluvionale	2,48 ab	0,22 cd	1,27 ab	2,76 ab	0,28 de	0,23 abc
BA Suoli su basalto	2,40 b	0,25 a	1,23 abc	2,55 bcd	0,29 cd	0,27 a
CM Suoli su calcari marnosi	2,37 b	0,23 abc	1,11 de	2,79 ab	0,31 c	0,26 ab
COca Suoli dei conoidi calcarei	2,47 ab	0,21 d	1,22 bcd	2,62 cd	0,31 c	0,18 e
COdo Suoli dei conoidi dolomitici	2,44 ab	0,24 b	1,15 cde	2,66 bc	0,37 a	0,21 cde
COmi Suoli dei conoidi a litologie miste	2,41 b	0,22 cd	1,18 cde	2,88 a	0,33 bc	0,25 ab
COsi Suoli dei conoidi silicatici	2,45 ab	0,18 e	1,08 e	1,79 e	0,27 e	0,18 e
GLdo Suoli su glaciale dolomitico	2,50 ab	0,26 a	1,22 abcd	2,59 bcd	0,36 ab	0,21 cde
GLmi Suoli su glaciale a litologie miste	2,45 ab	0,21 d	1,19 bcd	2,60 c	0,34 b	0,19 de
GLsi Suoli su glaciale silicatico	2,54 a	0,21 d	1,28 a	2,39 cde	0,29 cd	0,19 de
Significatività	*	***	***	***	***	***

Tabella 10
Valori medi dei macroelementi dei 5101 campioni fogliari raccolti nel periodo 1987-2019 in relazione al Gruppo di substrato. A lettere diverse corrispondono differenze significative al test di Tukey (i livelli di significatività riportati e contrassegnati con * e ***, indicano rispettivamente significatività per valori di $P \leq 0,05$ e $P \geq 0,01$ - $P < 0,001$)

parzialmente con le reali dotazioni di fosforo assimilabile dei suoli, decisamente basse nei conoidi a litologie miste e in quelli su calcari marnosi, molto alte in quelle dei conoidi dolomitici, ma piuttosto bassi invece in quelli su basalto.
I substrati a matrice silicatica di origine glaciale o su conoide, siano essi in purezza (GLsi) o in composizioni litologiche miste (GLmi e COmi), tendono generalmente a ridurre i valori fogliari degli elementi fosforo, calcio, magnesio e zolfo.
I suoli su alluvionale, su basalto e su glaciale silicatico fanno rilevare i più elevati valori fogliari di potassio, mentre quelli dei conoidi (dolomitici, a litologie miste e silicatici) tendono a ridurne i valori, in accordo con le scarse dotazioni di potassio scambiabile riscontrate in tali suoli. Anche nei suoli su calcari marnosi i valori di potassio nelle foglie sono inferiori: il dato, però, è in contrasto con le dotazioni medie nel suolo, decisamente elevate.
Relativamente al calcio, i conoidi a litologia mista (COmi) fanno rilevare i valori fogliari più elevati. Come ci si poteva aspettare quelli su materiali silicatici, caratterizzati da livelli di calcare attivo e calcio scambiabile decisamente ridotti, mostrano i valori più bassi.
Per il magnesio sono i suoli su materiali dolomitici (COdo e GLdo),

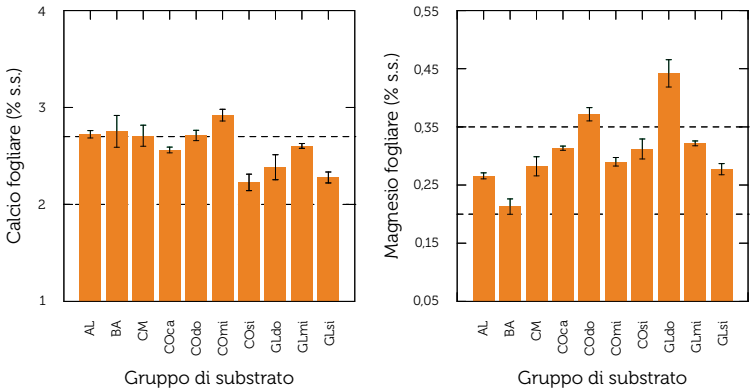


Figura 11
Calcio (a sinistra) e magnesio (a destra) fogliari in relazione al Gruppo di substrato nella cultivar *Chardonnay*. Valori medi ± errore standard di 1177 campioni raccolti nel periodo 1987-2019. Le linee tratteggiate sottendono intervalli di normalità dei valori

ricchissimi dell'elemento, che spingono le piante ad assorbirne in maggiori quantità e a concentrarli nelle lamine fogliari. Tale risultato conferma quanto osservato per i meleti delle Valli del Noce (Porro *et al.*, 2017a). Per contro, i suoli su substrati silicatici (sia di conoide che su glaciale), così come quelli su alluvionale ne abbassano i livelli. Nei Gruppi di substrato di origine dolomitica il risultato riflette la ricchezza di magnesio scambiabile del suolo, come osservato anche per le Valli del Noce (Porro *et al.*, 2017a). Per contro i suoli su basalto, anch'essi con altissimi contenuti dell'elemento (ma con un rapporto Mg/K molto più basso, e con più calcio), presentano valori fogliari di magnesio tra i più bassi in assoluto. E anche per gli altri Gruppi non si osserva una relazione tra contenuti nel suolo e fogliari.
I risultati relativi a calcio e magnesio appaiono piuttosto evidenti, considerando i dati relativi ai campioni normali della sola varietà *Chardonnay* (Fig. 11), presente su tutti i diversi Gruppi di substrato. Nei suoli su substrati basaltici, molto ricchi di magnesio scambiabile, l'assorbimento del magnesio viene probabilmente inibito per la contemporanea presenza di elevati valori di potassio scambiabile e quindi per rapporti Mg/K meno squilibrati, che si attestano a valori di 9, ma con i più elevati valori del rapporto K/Mg nelle foglie predisponenti la comparsa del disseccamento del rachide (Porro *et al.*, 2017b). Nella sola varietà in questione, i valori di K/Mg fogliari su suoli da basalto sono risultati, infatti, superiori a 5,5 e a 6,8 rispettivamente nei campionamenti precoce e tardivo.
I substrati basaltici, anche per quanto inerente allo zolfo, fanno aumentare i livelli fogliari dell'elemento distanziandosi nettamente dai substrati su matrice silicatica (COsi e GLsi) e dai suoli dei conoidi calcarei e su glaciale a litologie miste che ne riducono invece le concentrazioni fogliari.
Le informazioni relative ai valori fogliari dei microelementi (Tab. 11), sebbene come già ricordato per taluni elementi (manganese, rame

e zinco) esista una forte influenza dipendente dai prodotti antiparassitari utilizzati, evidenziano nel complesso interessanti tendenze, dalle quali si possono trarre alcune indicazioni operative.
Il ferro è maggiormente concentrato nelle foglie di viti coltivate in suoli su glaciale silicatico, su glaciale a litologie miste, su alluvionale e su conoidi misti e silicatici, i cui suoli hanno i contenuti di calcare attivo più bassi. È invece decisamente inferiore in quelli dei calcari marnosi, del glaciale dolomitico e dei conoidi calcarei, i cui suoli hanno i contenuti di calcare attivo più alti, e in quelli del glaciale dolomitico e dolomitici, i cui suoli hanno bassi contenuti di calcare attivo, ma sono molto poveri di ferro (il dato non è purtroppo disponibile nel presente studio).
I valori fogliari di manganese inferiori si riscontrano nei suoli su alluvionale, dei calcari marnosi e dei conoidi a litologie miste, mentre quelli più elevati sono rilevabili nei suoli su glaciale silicatico, dei conoidi calcarei e su glaciale dolomitico.
A riguardo del boro è interessante osservare che i suoli su substrati basaltici, che hanno i minori livelli dell'elemento, fanno invece rilevare i valori fogliari più elevati. Quelli su substrati silicatici, calcarei o a litologie miste ne riducono invece la concentrazione, riflettendo

GRUPPO DI SUBSTRATO	MICROELEMENTO				
	Fe	Mn	B	Cu	Zn
	mg/kg sulla sostanza secca				
AL Suoli su alluvionale	122 a	178 d	33 ab	474 bc	81 ab
BA Suoli su basalto	110 ab	211 abcd	36 a	529 abc	108 a
CM Suoli su calcari marnosi	98 b	195 cd	32 b	673 ab	50 d
COca Suoli dei conoidi calcarei	108 b	230 b	29 cd	370 de	55 cd
COdo Suoli dei conoidi dolomitici	105 b	217 bc	32 b	411 cd	65 bc
COmi Suoli dei conoidi a litologie miste	117 ab	193 cd	27 d	711 a	66 bc
COsi Suoli dei conoidi silicatici	119 ab	202 bcd	22 e	213 e	47 d
GLdo Suoli su glaciale dolomitico	98 b	239 abc	32 b	356 bcde	50 d
GLmi Suoli su glaciale a litologie miste	125 a	220 bc	29 cd	467 bc	55 cd
GLsi Suoli su glaciale silicatico	130 a	265 a	28 cd	446 bcd	59 bc
Significatività	***	***	***	***	***

Tabella 11
Valori medi dei microelementi dei 5101 campioni fogliari raccolti nel periodo 1987-2019 in relazione al Gruppo di substrato. A lettere diverse corrispondono differenze significative al test di Tukey (i livelli di significatività riportati contrassegnati con *** indicano significatività per valori di P<0,001)

soprattutto per i substrati di origine silicatica la minor presenza di boro nel suolo.
I dati relativi al rame fogliare mostrano grandi variazioni in funzione della tipologia di substrato, ma appaiono di difficile interpretazione, non disponendo dei contenuti nel suolo. Le più elevate differenze riguardano i suoli dei conoidi silicatici e calcarei, con i livelli inferiori, e i suoli dei conoidi a litologie miste, dei calcari marnosi e su basalto, con i tenori più alti. Tali dati andrebbero letti alla luce del contenuto delle differenti forme dell'elemento nei suoli e della loro biodisponibilità (minore in linea di principio nei suoli molto calcarei e/o ricchi in sostanza organica), e tenendo presente che essi risentono probabilmente anche dalle strategie di difesa utilizzate nel presente e nel passato nelle varie zone.
I substrati basaltici ed alluvionali fanno rilevare più alte concentrazioni di zinco fogliare, mentre quelli su calcari marnosi, da conoidi silicatici e su glaciale dolomitico le minori.

RELAZIONI CON I GRUPPI FUNZIONALI DI SUOLI

Gruppi funzionali per i caratteri chimici, fisici e tessiturali dei suoli

Anche relativamente ai diversi Gruppi funzionali per gli altri caratteri dei suoli (Capitolo 5) si sono riscontrate differenze importanti nei contenuti fogliari di tutti gli elementi (Tab. 12 e 13).
I risultati sono nel complesso analoghi a quelli descritti per i Gruppi di substrato, perché tali raggruppamenti funzionali sono stati aggregati basandosi prevalentemente sulla base di questi ultimi.
Nei suoli su alluvionale e in quelli su glaciale a litologie miste si osservano però per alcuni elementi differenze legate alla differenziazione delle tessiture (fini o grossolane).
L'azoto è apparso significativamente più abbondante nelle foglie di viti dei Gruppi funzionali GLsi e ALg in confronto a quelle del Gruppo funzionale COmi. Nei primi si riscontra una elevata mineralizzazione della sostanza organica ad opera dei microrganismi con più veloce formazione di composti nitrici e conseguente maggior azoto disponibile per le viti, ma si assiste ad una riduzione dei livelli di sostanza organica nei suoli. I secondi, invece, sono generalmente caratterizzati da condizioni esattamente opposte, con bassa mineralizzazione della sostanza organica, minor azoto a disposizione per il *turnover* delle piante ed alto accumulo nei suoli di sostanza organica.
Il Gruppo funzionale COsi, analogamente a quanto descritto per il Gruppo di substrato, presenta i più bassi valori fogliari di fosforo, potassio, calcio, magnesio e zolfo, attestandosi a livelli quasi carenti.
Relativamente alla distinzione delle tessiture fini o grossolane emerge che nei suoli su alluvionale fine (ALf) si riscontrano minori valori di potassio, zolfo e boro e maggiori di magnesio, di calcio (come tendenza) e di zinco nei confronti di quelli su materiale grossolano (ALg). Il Gruppo funzionale ALg è quello che presenta in assoluto

rispettivamente i più elevati valori fogliari di potassio e boro e quelli minori di magnesio.
Si noti che per calcio, magnesio e boro queste differenze rispecchiano quelle osservate nei suoli, mentre per il potassio sono i suoli a tessitura fine ad avere i contenuti della forma scambiabile tendenzialmente superiori. Nei suoli su glaciale a litologie miste l'unica differenza degna di nota legata alle tessiture si registra invece per lo zolfo, meno concentrato nel GLmi_f rispetto a GLmi_g.

Gruppi funzionali per l'acqua disponibile (AWC_{PU})

Va ricordato che il fattore che più influisce sulla AWC è la profondità utile del suolo, che quanto più è elevata e tanto maggiori sono i valori di acqua disponibile, mentre si nota un aumento dei valori a mano a mano che le tessiture sono più fini. Per i Gruppi funzionali (semplificati) individuati per tale parametro, i suoli alluvionali (AL) presentano medie di AWC_{PU} di 250 mm, i suoli su substrati glaciali (GL) di 152 mm, i suoli dei conoidi (CO) di 123 mm e i suoli Sottili di 79 mm.

GRUPPO FUNZIONALE PER I PARAMETRI CHIMICI, FISICI E TESSITURALI DEI SUOLI	MACROELEMENTO					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	% sulla sostanza secca					
ALf	2,446 bc	0,222 c	1,247 b	2,800 ab	0,296 d	0,221 c
ALg	2,542 a	0,221 abcd	1,328 a	2,683 b	0,262 e	0,243 b
BA	2,399 bc	0,254 a	1,229 abcd	2,548 cde	0,286 de	0,267 a
CM	2,369 bc	0,228 abcd	1,111 cde	2,787 ab	0,306 bcd	0,256 ab
COca	2,467 b	0,212 cd	1,222 bc	2,617 c	0,312 cd	0,182 e
COdo	2,442 bc	0,237 b	1,150 de	2,651 c	0,374 a	0,213 cd
COmi	2,408 c	0,224 bc	1,182 bcd	2,882 a	0,327 bc	0,252 b
COsi	2,448 bc	0,181 d	1,079 e	1,794 e	0,275 de	0,178 e
GLmi_f	2,448 bc	0,212 cd	1,177 bcd	2,581 bcd	0,350 b	0,186 e
GLmi_g	2,471 abc	0,215 cd	1,244 bc	2,682 b	0,303 bcd	0,216 bcd
GLsi (f e g)	2,537 ab	0,213 cd	1,277 ab	2,392 cde	0,290 d	0,191 de
Significatività	**	***	***	***	***	***

Tabella 12
Valori medi dei macroelementi dei 5101 campioni fogliari raccolti nel periodo 1987-2019 in relazione al Gruppo funzionale per i parametri chimici dei suoli. A lettere diverse corrispondono differenze significative al test di Tukey (i livelli di significatività riportati e contrassegnati con ** e *** indicano rispettivamente significatività per valori di $P<0,01$ e $P\geq0,001$ - $P<0,001$)

GRUPPO FUNZIONALE PER I PARAMETRI CHIMICI, FISICI E TESSITURALI DEI SUOLI	MICROELEMENTO				
	Fe	Mn	B	Cu	Zn
	mg/kg sulla sostanza secca				
ALf	124 a	189 d	31 b	471 bc	91 a
ALg	117 ab	155 e	37 a	478 bc	63 b
BA	110 ab	211	36 ab	529 abc	108 a
CM	98 b	195	32 b	673 ab	50 b
COca	108 b	230 ab	29 bc	370 d	55 b
COdo	104 b	218 c	32 b	408 bcd	64 b
COmi	117 ab	193	27 c	711 a	66 b
COsi	119 ab	202	22 d	213 e	47 b
GLmi_f	123 a	219 bc	29 bc	445 c	55 b
GLmi_g	135 a	223 bc	30 bc	588 ab	60 b
GLsi (f e g)	130 a	265 a	28 bc	446 c	59 b
Significatività	***	***	***	***	***

Tabella 13
Valori medi dei microelementi dei 5101 campioni fogliari raccolti nel periodo 1987-2019 in relazione al Gruppo funzionale per i parametri chimici dei suoli. A lettere diverse corrispondono differenze significative al test di Tukey (i livelli di significatività riportati e contrassegnati con *** indicano significatività per valori di P<0,001)

Questi quattro Gruppi funzionali semplificati per l'acqua disponibile mostrano differenze molto consistenti nei contenuti fogliari di tutti gli elementi (Tab. 14). I Gruppi AL e Sottili fanno registrare valori significativamente superiori di azoto fogliare rispetto a quelli del Gruppo funzionale CO, che tra l'altro fa rilevare i minori livelli di fosforo fogliare, discostandosi significativamente sia da GL e AL, che mostrano valori intermedi, sia da Sottili che, invece, presentano le maggiori concentrazioni.
Il potassio fogliare fa rilevare notevoli differenze fra i diversi Gruppi funzionali, con assorbimenti significativamente più elevati in funzione delle maggiori disponibilità di acqua, risultando così più concentrato in AL, medio in GL e minore nei Gruppi Sottili e CO.
Andamento opposto si verifica per quanto riguarda il magnesio fogliare che fa rilevare contenuti statisticamente diversi tra i Gruppi funzionali calando in modo lineare e proporzionalmente ai valori di AWC, risultando così significativamente più ridotto ad elevate disponibilità idriche (AL) e più concentrato man mano che queste si riducono a medie (CO), medio-basse (GL) e basse (Sottili).

GRUPPO FUNZIONALE SEMPLIFICATO AI GRUPPI DI SUBSTRATO PER AWC_{PU}	MACROELEMENTO						MICROELEMENTO				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	B	Cu	Zn
	% sulla sostanza secca						mg/kg sulla sostanza secca				
AL	2,47 a	0,22 b	1,27 a	2,75 a	0,28 d	0,23 a	122 a	181 b	33 a	479 a	80 a
CO	2,42 b	0,20 c	1,19 bc	2,53 c	0,31 c	0,19 c	110 b	220 a	28 b	377 b	58 b
GL	2,45 ab	0,21 b	1,20 b	2,58 c	0,33 b	0,19 c	125 a	222 a	29 b	477 a	56 b
Sottili	2,50 a	0,24 a	1,17 c	2,68 b	0,35 a	0,21 b	111 b	222 a	32 a	463 a	61 b
Significatività	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

Tabella 14
Valori medi dei macroelementi e microelementi dei 5101 campioni fogliari raccolti nel periodo 1987-2019 in relazione al Gruppo funzionale semplificato ai Gruppi di substrato per l'acqua disponibile calcolata alla profondità utile (AWC_{PU}). A lettere diverse corrispondono differenze significative al test di Tukey (i livelli di significatività riportati e contrassegnati con *** indicano significatività per valori di P<0,001)

Gli andamenti di calcio e zolfo fogliari, invece, risultano significativamente più elevati nel Gruppo funzionale AL, diversi da quelli del Gruppo Sottili che presentano livelli intermedi e da quelli inferiori dei Gruppi CO e GL.
Per il ferro si registrano valori fogliari più elevati nei Gruppi funzionali AL e GL in confronto a CO e Sottili. Il manganese e lo zinco sono rispettivamente meno e più concentrati nelle foglie di viti appartenenti al Gruppo funzionale AL, confermando quanto riportato discutendo i risultati in relazione al Gruppo di substrato, ovvero minori livelli di manganese e maggior presenza di zinco in suoli su alluvionale.
Il boro è risultato significativamente più elevato nelle foglie di viti dei Gruppi funzionali AL e Sottili in confronto a quello di CO e GL.
Per il rame, si evidenzia che le foglie del Gruppo funzionale CO, hanno minori concentrazioni rispetto alle altre combinazioni.

CONSIDERAZIONI AGRONOMICHE GENERALI

I dati analitici dei numerosi campioni fogliari a disposizione ed utilizzati nel presente lavoro, come precedentemente riportato, evidenziano che, considerando anche i valori inferiori al normale, per i macroelementi gli elementi più problematici risultano azoto, fosforo, potassio e magnesio (quest'ultimo soprattutto nel campionamento tardivo), mentre per i microelementi ferro, boro e zinco, sia all'inizio della stagione vegetativa, sia nella fase finale della stessa. Per il boro ciò conferma l'elevata richiesta nel periodo di trasporto degli assimilati e degli zuccheri che avviene dall'invaiatura fino alla maturazione delle uve, essendo inoltre richiesto per costituire riserve adeguate, utili a garantire la ripartenza nella stagione successiva.





I dati confermano quanto evidenziato dalla consulenza tecnica nelle linee guida, ovvero che non è raro trovare carenze o condizioni al di sotto della normalità nei vigneti del Trentino. Va ricordato che quando si usa il termine carenza non necessariamente ci si riferisce a livelli deficitari cronici irreversibili, ma prevalentemente a livelli bassi e/o molto bassi.

Va inoltre segnalato che anche per il manganese, soprattutto nel campionamento precoce, negli ultimi anni sono state rilevate carenze. Situazioni al limite della deficienza a carico dello zinco, sono state riscontrate soprattutto su varietà resistenti e/o tolleranti alle principali malattie fungine, come riportato recentemente (Pedò *et al.*, 2019).

Relativamente ai valori alti, considerando anche quelli superiori al normale, così come segnalato da parte dei tecnici della consulenza tecnica, sono azoto, potassio e boro che presentano le maggiori frequenze, con valori anche eccessivi nel caso del boro.

È opportuno ricordare che manganese, rame e zinco, elementi che come lo zolfo sono utilizzati per la difesa fitosanitaria, mostrano elevate frequenze di valori molto alti, che nel caso dello zinco possono anche risultare eccessivi.

Le carenze di azoto, caratterizzate da un ingiallimento uniforme delle foglie basali, si ritrovano maggiormente su *Schiava*, *Cabernet franc*, *Nosiola* e *Rebo*, prevalentemente in annate secche e su suoli

Foto 1
Ingiallimento uniforme prevalente sulle foglie basali nella cultivar *Marzemino*, sintomo di carenza di azoto

Foto 2
Carenza di azoto (ingiallimento uniforme di foglie basali) nella cultivar *Traminer*



Foto 3
Arrossamento di foglie basali, sintomo di carenza di fosforo, nella cultivar *Cabernet franc*



4a



4b

Foto 4 a e b
Ingiallimento e arrossamento dei margini di foglie basali rispettivamente su cultivar a bacca bianca (a) e a bacca rossa (b) per carenza di potassio

del Sottogruppo a tessitura franco limosa, e/o profondi. Si ritrovano anche sulle cultivar *Marzemino* (Foto 1) e *Traminer* (Foto 2).
Le carenze di fosforo, che si manifestano su foglie più vecchie con arrossamenti o bronzature (Foto 3), sono difficilmente riscontrabili e riconoscibili in vigneto. Sono più frequenti in annate calde e secche, su substrati silicatici e, generalmente sui conoidi carbonatici. Nei suoli alluvionali esse possono verificarsi con maggior frequenza in seguito a pesanti concimazioni azotate.
Le deficienze a carico del potassio, anch'esse più frequenti in annate secche, si manifestano con ingiallimento (su cultivar a bacca bianca - Foto 4a) e/o arrossamento (su cultivar a bacca rossa - Foto 4b) del margine fogliare, arrivando nelle fasi acute o croniche ad una necrotizzazione dei tessuti (Foto 5). Il processo iniziale della carenza di potassio (Foto 6) avviene per decolorazione del margine con una fase che viene definita "translucida", perché l'ingiallimento se osservato in controluce evidenzia una certa lucidità del tessuto della lamina fogliare. È più facile riscontrarle su suoli silicatici e in quelli dei conoidi carbonatici, soprattutto in quelli più sottili.
La carenza di potassio sembra essere anche legata alla comparsa della fisiopatia *berry shrivel*, (avvizzimento dell'acino) che si contraddistingue da acini raggrinziti, acidi, a bassa concentrazione zuccherina, ma con rachidi verdi (Foto 7). Essa è particolarmente diffusa sulla cultivar *Traminer* ed appare in una finestra temporale molto

Foto 5
Ingiallimenti dei margini di foglie basali con parziale necrotizzazione dei tessuti dovuti a carenze di potassio

Foto 6
Evidente ingiallimento del margine di foglia basale, sintomo iniziale della carenza di potassio



5



6





ristretta, soprattutto nella fase finale della maturazione in annate caratterizzate da periodi di caldo secco seguiti da periodi freschi (Porro *et al.*, 2014).

Le carenze di magnesio (Foto 8, 9 e 10) sono piuttosto frequenti. La sintomatologia è legata alle foglie basali che ingialliscono nelle cultivar a bacca bianca, o si arrossano nelle cultivar a bacca rossa tra le nervature, con manifestazioni anche a macchie. Esse si verificano soprattutto in annate piovose in seguito ad un più elevato assorbimento di potassio dal suolo, notoriamente antagonista del magnesio. I suoli in cui si verificano con più alta frequenza sono quelli silicatici e alluvionali con tessitura grossolana. Anche i suoli su basalto, nonostante ricchi in magnesio scambiabile, possono evidenziare carenze di magnesio, in seguito alla contemporanea presenza di elevati contenuti di potassio scambiabile. Varietà molto soggette alla carenza di magnesio sono il *Marzemino*, il *Cabernet franc* e quelle resistenti e/o tolleranti alle malattie fungine.

La carenza di magnesio è più facilmente riscontrabile a cavallo dell'invaiatura (Foto 11) o più tardivamente (Foto 12), ma può evidenziarsi anche in epoca più precoce, nella fase fenologica di chiusura grappolo, momento ottimale per intervenire con opportune fertilizzazioni fogliari mirate. La carenza di magnesio è spesso legata al disseccamento del rachide (Foto 13, 14, 15 e 16), fisiopatia piuttosto diffusa su varietà magnesio-carenti quali *Marzemino* e

Foto 7
Grappolo di *Traminer* affetto da *berry shrivel*, in cui è possibile osservare avvizzimento degli acini

Foto 8
Ingiallimento internervale di foglie basali su cultivar a bacca bianca, sintomo di carenza di magnesio

Foto 9
Ingiallimento internervale di foglie basali su cultivar a bacca rossa, sintomo di carenza di magnesio

Foto 10
Diffusa carenza di magnesio con ingiallimenti internervale di foglie basali e parziale necrotizzazione dei tessuti









Foto 11
Carenza di magnesio su cultivar a bacca rossa all'invaiatura

Foto 12
Carenza di magnesio su *Traminer* nella fase fenologica compresa tra invaiatura e maturazione

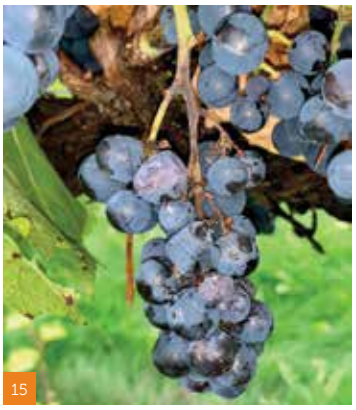
Cabernet franc, ma che si può manifestare anche su varietà non particolarmente povere di magnesio quali *Cabernet Sauvignon*, *Teroldego* e *Traminer*.

A riguardo delle carenze di potassio e magnesio va evidenziato che, talvolta possono essere confuse rispettivamente con il virus dell'accartocciamento fogliare o con il mal dell'esca. Il virus dell'accartocciamento fogliare evidenzia la "piegatura" del tessuto della lamina verso il basso, diversamente da quanto si verifica nella carenza di potassio, che tende, invece, a piegare le foglie verso l'alto. Nel mal dell'esca i contorni di decolorazione sono molto netti, in corrispondenza di una parziale perdita di consistenza o rottura del tessuto delle lamine stesse, fenomeno che invece non si verifica nella carenza di magnesio. Le carenze di calcio, che si verificano come ingiallimenti fogliari uniformi con mantenimento delle nervature verdi, sono simili a quelle di ferro e interessano le foglie più giovani. Esse sono più frequenti su *Schiava* e *Müller Thurgau* in suoli caratterizzati da pH basso, ovvero su substrati silicatici, siano essi da conoide o glaciale. Alcuni casi sono stati riscontrati anche su substrati basaltici. Va notato che tra i macronutrienti il calcio, elemento poco mobile, è l'unico a presentare carenze su tessuti più giovani. Infatti, generalmente le foglie vecchie sono un indicatore più sensibile delle carenze di elementi molto mobili a livello floematico come azoto, fosforo, potassio e



Foto 13
Disseccamento del rachide nella cultivar *Traminer*


14


15

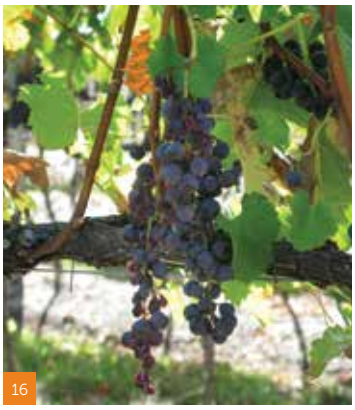

16

Foto 14, 15, 16
Sintomi della fisiopatia disseccamento del rachide con necrotizzazione dello stesso in diverse parti del grappolo (prevalentemente le parti distali o le porzioni centrali) e conseguente disidratazione delle bacche

magnesio rispetto a quelle più giovani, che invece lo sono per quelli praticamente immobili come calcio e boro, e per quelli a mobilità intermedia come zolfo, ferro, manganese, rame e zinco.
Le carenze di zolfo, simili a quelle azotate, si manifestano come ingiallimenti uniformi delle lamine fogliari e sono visibili soprattutto sulle foglie giovani, sebbene si possano riscontrare anche su foglie più adulte (Foto 17). Esse sono più frequenti in alcune cultivar quali *Incrocio Manzoni 6.0.13*, *Pinot bianco* e *Riesling renano* in suoli su substrati silicatici, soprattutto nelle tessiture più fini, e su quelli dei conoidi calcarei e dolomitici.
Per il ferro le carenze si manifestano con ingiallimento di carattere uniforme, mentre le nervature delle foglie restano verdi. Queste iniziano su foglie più giovani (Foto 18) per poi estendersi anche a quelle più adulte (Foto 19 e 20). La clorosi ferrica è più frequente in condizioni asfittiche (suoli mal drenati, pluviometrie eccessive, sistemazioni e lavorazioni del suolo inopportune), in suoli molto calcarei e con bassa sostanza organica. In tali condizioni viene inibita l'acidificazione della rizosfera, deprimendo la riduzione del ferro a livello radicale dallo stato bivalente (Fe^{++}) a quello trivalente (Fe^{+++}), la forma utile per le piante. In Trentino le più alte frequenze si riscontrano in suoli dei conoidi calcarei e dolomitici, o su calcari marnosi, interessando in maggior misura *Cabernet franc*, *Cabernet Sauvignon*, *Müller Thurgau*, *Pinot grigio*, *Schiava* e *Traminer*. Si posso-

Foto 17
Sintomi di carenza di zolfo con ingiallimento uniforme delle foglie sia apicali che basali

Foto 18
Sintomi iniziali della clorosi ferrica con ingiallimento uniforme delle foglie apicali che mantengono le nervature verdi


17


18


19


20

Foto 19 e 20
Foglie adulte affette da clorosi ferrica, rispettivamente sulle cultivar *Prior* e *Traminer*

no ritrovare con una certa frequenza anche su *Chardonnay*, *Moscato giallo*, *Pinot nero* e su alcune delle varietà resistenti e/o tolleranti alle malattie fungine.

Le carenze di manganese, più frequenti in Trentino negli ultimi anni soprattutto su alcune varietà resistenti e/o tolleranti alle malattie fungine, quali *Cabernet Cantor*, *Cabernet Cortis*, *Prior* e *Jasmine*, si manifestano principalmente su foglie giovani come ingiallimenti internervali a mosaico con manifestazioni anche necrotiche ad aspetto chiazzato tra le nervature che rimangono scure e a reticolo (Foto 21); non è frequente che la carenza poi si estenda anche a foglie più adulte (Foto 22, 23 e 24). Le condizioni che favoriscono tale carenza sono riconducibili ad eccessivo compattamento ed alla presenza di ristagni idrici in tipologie di suoli neutri o alcalini, quindi non in Valsugana, dove si trovano suoli subacidi, nei quali la disponibilità del manganese è invece favorita, anche in condizioni idromorfe. Va ricordato che il manganese è poco disponibile anche in terreni sabbiosi, con pH superiore a 6,5 (e quindi nei suoli calcarei) e in quelli ricchi in sostanza organica. Le maggiori frequenze delle carenze di manganese in Trentino si verificano in suoli del Sottogruppo a tessitura franco limosa, profondi ed idromorfi e in substrati su alluvionale, specialmente in annate fredde ed umide, in cui si verificano abbassamenti di temperatura nei periodi di maggiore richiesta che ne limitano l'assorbimento.



Foto 21
Foglie apicali interessate da carenza di manganese (foto Penner)


22


23

Queste condizioni climatiche predispongono anche alle carenze di zinco. Esse, pur presentando talvolta sintomi analoghi a quelli del manganese, possono evidenziare anche ingiallimenti con macchie (Foto 25 e 26) ed interessano prima le foglie intermedie per poi estendersi sia a quelle vecchie che a quelle più giovani. In alcuni casi, tale carenza può assumere inoltre sfumature bronzee, può ridurre la taglia delle foglie, modificarne l'angolo del seno peziolare e deformarle.

Come appena riportato, risultano più frequenti su varietà resistenti quali *Aromera*, *Bronner*, *Monarch* e *Solaris*, soprattutto in suoli del Sottogruppo a tessitura franca. Esse possono essere ritrovate anche in suoli a tessiture grossolane e con alto calcare e pH, così come su calcari marnosi e su glaciale dolomitico, caratterizzati da elevate concentrazioni di magnesio scambiabile che limitano la disponibilità dello zinco e in quelli silicatici ad alto contenuto di fosforo assimilabile. Nei casi in cui la carenza di zinco è forte si possono avere conseguenze visibili anche sui grappoli che manifestano l'acinellatura verde. Talvolta, nonostante non siano evidenti sintomi di carenza di zinco, le rese produttive sono più ridotte ed apporti di tale elemento risultano importanti per riequilibrarne le rese (Porro *et al.*, 1999).

Nei suoli del Sottogruppo a tessitura franco limosa non è difficile riscontrare la contemporanea presenza di carenze di manganese, zinco e potassio (Foto 27).

Foto 22 e 23
Ingiallimenti internervali a mosaico per carenza di manganese di foglie mediane con nervature che rimangono scure e a reticolo

Foto 24
Foglia opposta al grappolo che evidenzia carenza di manganese

Foto 25
Ingiallimenti di foglie mediane a mosaico per carenza di zinco; i sintomi sono simili a quelli della carenza di manganese


24


25

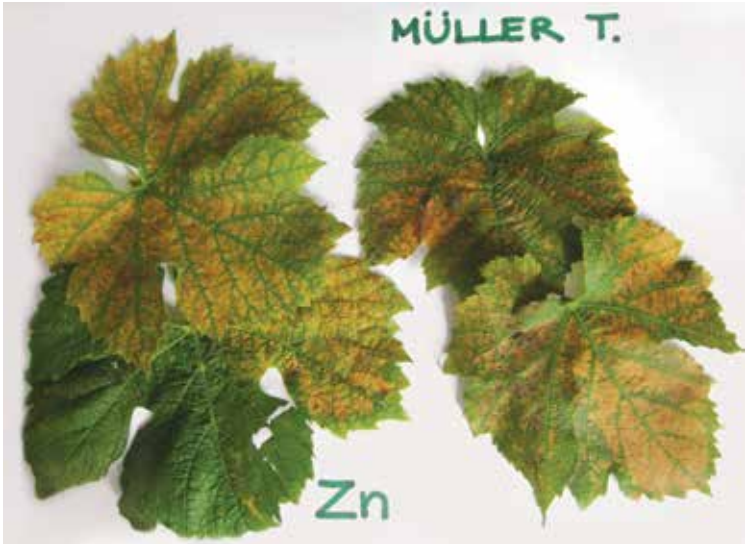


Foto 26
Ingiallimenti di foglie adulte per carenza di zinco sulla cultivar *Müller Thurgau*

Per quanto concerne le carenze di boro, esistono diverse manifestazioni, ma non è facile diagnosticare visivamente che la pianta necessita proprio di tale elemento. In generale gli apici vegetativi possono presentare internodi raccorciati con foglie apicali caratterizzate da bollosità, ispessimenti e clorosi (Foto 28).
Quando la carenza di boro è in fase acuta, essa può comportare una forte colatura dei grappoli e/o acinellatura detta "dolce", che in casi più gravi, conduce alla deformazione degli acini con presenza di spaccature, simili a danni meccanici imputabili a grandine.
Livelli carenti di boro sono più frequenti nelle annate secche e calde (con periodi siccitosi), in suoli su substrati silicatici, dove è bassa sia la dotazione di boro sia quella della sostanza organica, che come è noto svolge un ruolo di riserva importante per tale elemento. Le carenze si possono anche rilevare in condizioni opposte, ovvero con clima freddo ed umido, con elevate disponibilità di azoto, soprattutto su varietà più sensibili alla carenza quali *Chardonnay* e *Teroldego*.
Talvolta la carenza e l'eccesso del boro possono presentare sintomatologie simili. Va ricordato che per quanto riguarda tale elemento la soglia di carenza e quella di eccesso sono molto vicine e, pertan-



Foto 27
Coesistenza di carenze di manganese, zinco e potassio



Foto 28
Pianta affetta da sintomi di carenza di boro con internodi raccorciati, foglie bollose, ispessite e clorotiche

to, qualora si intervenga con prodotti specifici per una correzione occorrerà fare molta attenzione ai dosaggi consigliati senza superarne le dosi. Infatti, la definizione di limiti di sufficienza e/o tossicità per il boro può compromettere l'efficacia di trattamenti preventivi o curativi (Pinton, 2007).
Nel caso delle tossicità da boro, così come gli eccessi di molti elementi, i sintomi appaiono su foglie più adulte (mediane o basali) come bronzature ed anche con disseccamenti marginali.
Gli eccessi di manganese, al limite della tossicità, si manifestano con macchie brunastre e sono favoriti in condizioni di suoli a pH acido o fortemente soggetti a concimazioni potassiche. Eventuali correzioni possono essere effettuate apportando correttivi calcareo-magnesiaci.
Le informazioni riportate comportano che per gestire in modo ottimale la nutrizione del vigneto occorre tenere in considerazione la varietà e il contesto nel quale essa è coltivata.
I materiali parentali dai quali si sviluppano i suoli e le caratteristiche dei suoli stessi assumono un ruolo fondamentale nel modificare le dotazioni di elementi a livello del terreno, con ripercussioni notevoli nell'assorbimento degli stessi nelle foglie.
Pertanto, tutti i fattori legati alla natura del suolo - che sono stati descritti e che sono stati riportati in mappe funzionali - possono rappresentare una guida per razionalizzare la gestione nutrizionale ed idrica dei vigneti dell'area indagata.

CONSIGLI DI CONCIMAZIONE

I risultati delle analisi di laboratorio del suolo, sempre necessari per una razionale conduzione, e imprescindibili prima dell'impianto, devono essere letti in funzione della tipologia di suolo, associando tali informazioni ad eventuali analisi fogliari che rappresentano fotografie istantanee del reale stato nutritivo fisiologico delle viti e sono in grado di fornire anche una stima indiretta della fertilità del terreno. Si ricorda che le analisi del suolo vanno ripetute ogni 4-5 anni, mentre quelle fogliari andrebbero effettuate annualmente.
La tipologia di suolo ha una influenza sul contenuto di elementi nutritivi (Capitolo 5), e quest'ultimo si ripercuote sullo stato nutrizionale delle viti, come si è visto più sopra. Per delimitare zone in cui i vigneti risultano più a rischio di carenza e per giudicare lo stato nutrizionale rispetto alla forchetta di valori più frequenti per ciascuna tipologia, l'utilizzo dei dati delle mappe riportate nel Capitolo 5 rappresenta quindi uno strumento imprescindibile, assieme alle analisi fogliari, necessario per razionalizzare i consigli di concimazione proposti in un'ottica di più elevata sostenibilità.
Diversi aspetti, che coinvolgono molteplici meccanismi, necessitano di ulteriori approfondimenti, e dovranno essere chiariti in futuro. Già da ora, però, si possono estrapolare alcuni consigli di concimazione specifici per varietà e contesto pedoclimatico per le diverse aree vitate del Trentino, cercando di razionalizzare gli apporti fertilizzanti in funzione delle diverse tipologie di suolo e degli obiettivi enologici prefissati, garantendo l'assenza di problematiche particolari.
La vite utilizza per la crescita primaverile principalmente i carboidrati e gli elementi minerali, in particolare azoto, fosforo, zolfo ed in minor quantità potassio, rimobilizzati dalle sostanze di riserva immagazzinate nelle radici e nei tessuti legnosi permanenti nel corso della stagione vegetativa precedente, ed elementi assorbiti e/o sintetizzati nella nuova stagione (microelementi in generale, calcio, magnesio e parte di potassio), mentre l'assimilazione dei fotoassimilati inizia alla fine della fioritura (Conradie, 1980 e 1992; Christensen *et al.*, 1994; Peacock *et al.*, 1991; Roubelakis-Angelakis e Kliewer, 1992).
Dopo la fioritura, invece, la richiesta dei diversi nutrienti risulta molto variabile in relazione allo sviluppo della biomassa della pianta ed alla fase fenologica: man mano che la vite aumenta la quantità di massa vegetale prodotta necessita di una maggior quantità di elementi minerali per svolgere le diverse funzioni fisiologiche richieste nelle specifiche fasi di sviluppo.
Elementi poco mobili come calcio e boro, o a mobilità intermedia come zinco e manganese, vengono assimilati in quantità che aumentano regolarmente fino alla fine della stagione vegetativa, diversamente da quelli più mobili a livello floematico, come azoto, fosforo e magnesio (moderatamente mobile), che presentano una richiesta costante o decrescente nel corso della stagione, presentando picchi differenziati. Ciascun nutriente, mostra picchi di assorbimento e picchi di richiesta che necessariamente non coincidono

come temporalità e dipendono anche dalle condizioni idriche del terreno. Azoto e potassio, in particolare, sono richiesti dalla vite per tutta la stagione. Il maggior *sink* (organo che richiede la più alta quantità di un particolare nutriente minerale) per l'azoto è rappresentato dalle foglie fino all'allegagione e da foglie e grappoli dall'allegagione in poi, mentre per il potassio è il grappolo (Williams e Biscay, 1991).
Le fasi più critiche riguardano il germogliamento soprattutto per i microelementi, la pre-fioritura, quando si verifica la maggiore attività radicale ed è massimo l'assorbimento di tutti i nutrienti, quella compresa tra chiusura grappolo e crescita delle bacche, quando è invece massima la traslocazione dei fotoassimilati e si assiste ad un elevato assorbimento di potassio e zolfo (particolarmente importante come precursore di composti aromatici), e la fase di post-raccolta, momento in cui si verifica il secondo picco di assorbimento radicale, particolarmente elevato per l'azoto - che verrà trasformato nelle radici in arginina e stoccato negli organi permanenti per la riutilizzazione nel corso della primavera successiva - per il fosforo, il potassio il ferro ed il boro.

Macroelementi

Per mantenere stabili nel tempo le dotazioni di elementi nutritivi presenti nel terreno e prevenire l'impoverimento progressivo che si verifica in seguito alle asportazioni degli elementi presenti negli organi rinnovabili ed alle sottrazioni legate ai fenomeni correnti quali dilavamento, volatilizzazione, insolubilizzazione, erosione superficiale, ecc., si interviene fornendo al terreno i quantitativi di elementi nutritivi asportati annualmente dalla vite (principio della restituzione o dell'anticipazione), mirando a minimizzare le perdite che avvengono nell'ambiente. Alla luce delle dosi di concimazione consigliate per la vite nella realtà trentina (45-50 unità di azoto per cultivar a bacca rossa e 60-70 per cultivar a bacca bianca, 25-30 di fosforo - P_2O_5, 70-80 di potassio - K_2O e 20-30 di magnesio - MgO) sembra doveroso suggerire alcune specifiche, soprattutto in relazione alle diverse cultivar, alle diverse tipologie di suoli (Gruppi di substrato) ed alle indicazioni riportate precedentemente.
La restituzione annuale (cioè l'apporto di quanto asportato annualmente), infatti, dovrà essere fatta scegliendo quale tecnica (fertilizzazione minerale, organica, "mista") e quale modalità (per via radicale, fogliare o in fertirrigazione) di reintegro utilizzare da parte di ciascun viticoltore, in base agli obiettivi enologici da perseguire in ciascun contesto pedologico ed in relazione al vigore delle viti, senza tralasciare le interazioni esistenti con le tecniche colturali (sistemi di allevamento, inerbimenti, pacciamature, lavorazioni) che vengono adottate. Eventuali apporti di sostanza organica hanno un ruolo prevalentemente ammendante e bioattivatore e dovranno essere considerati nel calcolo globale delle unità fertilizzanti.
Indipendentemente dalle tecniche e dalle modalità individuate, che rimangono una scelta esclusiva che ciascun viticoltore effettua, si

ricorda che il frazionamento nell'apporto di sostanze nutritive al terreno ed alle viti nell'arco della stagione vegetativa, risulta la soluzione migliore (Porro e Dorigatti, 2009). Questo perché il frazionamento permette di coprire i fabbisogni nutrizionali nei momenti di massima richiesta e di rifornire le viti con maggior tempestività nelle diverse fasi del ciclo fisiologico, garantendo le migliori *performances* quanti-qualitative. Pertanto, si consiglia di apportare i quantitativi totali necessari suddividendoli in più momenti.

Il frazionamento è particolarmente necessario per l'azoto: gli interventi possono essere ripartiti per il 30% in post-raccolta (10 giorni dopo la vendemmia) e per la restante parte in primavera, concentrandoli subito dopo il germogliamento (30%) e quindici giorni dopo l'allegagione (40%).

Qualora la tecnica scelta preveda la fertilizzazione per via radicale, va precisato che le quote autunnali e primaverili precoci possono utilizzare concimi minerali ed organo-minerali tradizionali o a rilascio controllato, mentre in fioritura/post-allegagione sono da preferirsi forme più prontamente disponibili, quali quelle nitriche.

In vigneti nei quali non si applica la concimazione al terreno, applicazioni di fertilizzanti fogliari a base azotata (urea in particolare) possono risultare utili per stimolare lo sviluppo a verde della pianta nelle prime fasi di crescita, quando le riserve si esauriscono precocemente, soprattutto in annate caratterizzate da elevata allegagione, ma con limitato assorbimento radicale a causa delle basse temperature e/o dall'elevata umidità del suolo. Apporti fogliari in post-raccolta, specialmente in suoli poco fertili, sono da consigliare per favorire la ricostituzione delle riserve negli organi perenni.

Qualora le condizioni dell'annata fossero predisponenti a bassi tenori acidici si renderà opportuno intervenire con concimazione fogliare a base di azoto in periodo estivo.

Per le cultivar *Schiava*, *Cabernet franc*, *Nosiola* e *Rebo*, come sopra riportato, soprattutto in annate secche e su suoli a tessitura fine (Sottogruppo a tessitura franco limosa), e/o profondi o su conoidi occorrerà porre particolare attenzione, aumentando eventualmente del 15% le dosi di azoto indicate, qualora la vigoria delle viti risultasse debole. Analoga indicazione riguarda anche le cultivar resistenti *Solaris* e *Cabernet Cortis*, particolarmente soggette a bassi livelli di azoto (Pedò *et al.*, 2019).

Per i vigneti con eccessi di vigore, soprattutto in annate con forti precipitazioni, invece, è importante sospendere la concimazione azotata e le irrigazioni, per cercare di riportare il vigneto in situazioni di equilibrio, adottando anche l'inerbimento sul filare.

Per la produzione di vini base spumante i quantitativi indicati di 60-70 unità di azoto, possono essere più elevati arrivando anche a 80-100 kg/ettaro, soprattutto per lo *Chardonnay* ed in generale per tutte le varietà a bacca bianca spumantizzabili, con la dose superiore indicata per vigneti coltivati con sistemi diversi dalla spalliera. Per il *Pinot nero*, invece, i quantitativi di 45-50 unità ad ettaro sembrano

più che adeguati anche per uve destinate alla spumantizzazione, in quanto dosi superiori predispongono le bacche ad attacchi di marciumi e botriti a cui la varietà è particolarmente soggetta.
Come si è visto (Capitolo 5) le dotazioni del terreno di fosforo (P_2O_5) sono in genere molto alte o alte, e i valori estremamente alti, che in molti casi possono essere considerati degli eccessi, sono frequenti (un quinto del totale). Solo i suoli su conoidi misti e basalti, e più ancora su calcari marnosi, mostrano valori medi relativamente contenuti, ma pur sempre alti. A fronte di questa situazione generale, si è pur sempre rilevata una quota limitata di contenuti molto bassi. Gli apporti vanno quindi calibrati sulla base del contenuto effettivo nel suolo, rilevato dalle analisi. Essi si possono frazionare in quote autunnali e primaverili, tenendo presente che già dalla ripresa vegetativa l'elemento è fortemente richiesto.
Va inoltre ricordato che qualora l'obiettivo enologico fosse la produzione di vini da invecchiare e/o affinare in barrique, la dose di fosforo potrà se necessario essere aumentata, arrivando anche a 30-40 unità/ettaro in quanto l'elemento può favorire una maggior sintesi di sostanze che danno origine all'aroma del vino, oltre che aumentarne la concentrazione in alcool e la sensazione di morbidezza, caratteristiche ricercate in simili tipologie di vini.
Relativamente al potassio (K_2O) le dosi indicate di 70-80 unità/ettaro potranno essere se necessario leggermente aumentate (15-20%) nei suoli dei conoidi silicatici e misti (che hanno tendenzialmente contenuti bassi) e dolomitici (che hanno un rapporto Mg/K molto alto), soprattutto quando questi risultano sottili e caratterizzati da tessiture grossolane, e specialmente in annate più secche. Un arricchimento in potassio risulta necessario per la cultivar *Incrocio Manzoni 6.0.13* e per varietà resistenti quali *Cabernet Cantor*, *Cabernet Cortis* e *Solaris* particolarmente soggette a livelli carenziali (Pedò *et al.*, 2019), così come nel *Traminer* per contrastare la comparsa del *berry shrivel*, intervenendo tramite fertilizzazione fogliare.
Anche per il potassio gli apporti vanno comunque dosati in base all'effettivo contenuto nel terreno, tenendo presente che nei suoli su calcari marnosi, su conoidi dolomitici e in quelli a tessitura fine su glaciale misto e silicatico i valori tendono ad essere alti. La distribuzione potrà essere effettuata in autunno o all'inizio della ripresa vegetativa, sia in un'unica soluzione che frazionando gli interventi, preferibilmente sotto forma di solfato, a causa dei minori effetti negativi esercitati sulla struttura del terreno. Nel caso di uve destinate alla produzione di base spumante, si dovrà sempre contenere la dose ad un massimo di 40-50 unità/ettaro, in modo tale da evitare innalzamenti dei valori di pH e di ione potassio nei mosti con relativa perdita di acidità e quindi minor conservabilità e durata dei vini.
Per il calcio (CaO) non vengono indicate volutamente dosi di restituzione, in quanto come si è visto nei vigneti della provincia prevalgono nettamente i suoli da molto a estremamente calcarei, molto ricchi dell'elemento. Eventuali apporti dovranno essere considerati

per suoli non calcarei e subacidi su substrati silicatici (di conoide o glaciali), soprattutto in annate particolarmente umide. Tali condizioni climatiche possono favorire maggiori marciumi delle bacche, soprattutto sulle cultivar con grappoli molto compatti come i *Pinot*. In questi casi si possono quindi prevedere interventi fogliari a base di calcio per arricchire le bucce delle bacche a scopo protettivo.

Come si è visto i contenuti di magnesio (MgO) sono in genere elevati o molto elevati, in particolare nei suoli dei conoidi dolomitici e su basalto, che hanno un rapporto Mg/K molto elevato (rispettivamente 20 e 9), e su calcari marnosi (rapporto Mg/K di 4). Tranne situazioni particolari, non sono opportuni ulteriori apporti nei suoli dolomitici, in quanto sbilancerebbero ancora di più il rapporto con il potassio. Valori tendenzialmente contenuti si osservano invece nei suoli dei conoidi misti e in quelli a tessitura grossolana su glaciale misto e su alluvionale. Le dosi indicate per l'elemento di 20-30 unità/ettaro potranno eventualmente essere aumentate in annate particolarmente piovose e in questi ultimi suoli mediamente più poveri. Pure gli apporti di magnesio, comunque, andranno calibrati sulla base delle analisi del suolo, e andranno monitorati anche in relazione alla dotazione idrica, in quanto quando questa è elevata si riduce l'assorbimento dell'elemento.

In Trentino, le varietà più soggette a problemi di carenza magnesiaca e/o disseccamento del rachide risultano *Cabernet Sauvignon*, *Lagrein*, *Marzemino*, *Müller Thurgau*, *Nosiola*, *Pinot nero*, *Riesling renano*, *Schiava*, *Traminer* e *Teroldego* tra quelle di *Vitis vinifera*, e *Bronner*, *Cabernet Cantor*, *Cabernet Carbon*, *Johanniter*, *Monarch* e *Souvignier gris* tra le varietà resistenti di recente introduzione (Pedò *et al.*, 2019). In annate particolarmente piovose, nei contesti pedologici sopra indicati e sulle varietà più a rischio, anche senza aspettare le condizioni di maggior rischio di disseccamento del rachide (fioriture precoci e basse temperature nel periodo tra fioritura e invaiatura associate ad alte precipitazioni e valori di umidità relativa elevati), sarebbe opportuno effettuare preventivamente interventi fogliari a base di solfato di magnesio (16% MgO), partendo molto precocemente prima della fioritura e ripetendoli fino all'invaiatura, apportando globalmente in 4 momenti un totale di 40 kg/ettaro di prodotto (Porro *et al.*, 2017).

Anche per i vigneti che produrranno uve destinate a vini da invecchiare e/o affinare in barrique, le dosi di magnesio andrebbero aumentate sino a 25-35 unità/ettaro, perché l'elemento favorisce una maggiore sintesi di zuccheri, proteine e sostanze pectiche che sono maggiormente richieste per simili destinazioni enologiche.

Relativamente allo zolfo (SO_3) le dosi di restituzione annuale si attestano a 8-10 unità/ettaro. Queste sono generalmente soddisfatte dagli apporti imputabili alle concentrazioni atmosferiche, alla mineralizzazione della sostanza organica, agli interventi di difesa contro l'oidio, nonché alle quantità presenti in formulazioni di concimi a base di macroelementi. Eventuale attenzione, comunque, andrà posta nei substrati silicatici, particolarmente a rischio carenza.

Microelementi

Per ferro, manganese, boro, rame e zinco le dosi di restituzione annuale sono poco consistenti, e si attestano rispettivamente a 125, 300, 90, 450 e 125 g/ettaro. Per il rame gli apporti sono già integralmente coperti dai prodotti usati nella difesa fitosanitaria. Per gli altri, invece, non è consuetudine un apporto per via radicale e si preferisce quello per via fogliare nei momenti di maggiore richiesta, in quanto risulta più efficace e tempestivo, superando limitazioni quali l'elevata piovosità primaverile o viceversa condizioni troppo siccitose che potrebbero interferire qualora questi venissero apportati al suolo. Nel caso del boro, comunque, va precisato che anche gli apporti autunnali al suolo sono piuttosto efficaci e con effetti relativamente duraturi per qualche anno.

Gli interventi fogliari a base di microelementi, oltre che a garantire i limitati fabbisogni annui nei diversi contesti pedologici, servono a tamponare situazioni di carenze - dopo controllo visivo ed in presenza di deficienze confermate tramite analisi fogliari - che si manifestano durante la stagione, e a prevenire le fisiopatie, soprattutto quando gli apparati radicali delle viti sono danneggiati ed in condizioni climatiche caratterizzate da ritorni di freddo primaverili che ostacolano il normale assorbimento radicale. Soprattutto nelle fasi che vanno dalla ripresa vegetativa all'allegagione, l'attività radicale non è infatti in grado di soddisfare completamente le esigenze nutritive delle viti e necessita di un supporto.

Nei suoli dei conoidi calcarei e su calcari marnosi, dove il ferro è bloccato in forma non assimilabile, e nei suoli dei conoidi dolomitici, dove il ferro è molto scarso, è consigliabile predisporre interventi fogliari precoci preventivi della clorosi ferrica eventualmente ripetuti, utilizzando prevalentemente chelati di ferro sulle cultivar più sensibili come *Cabernet franc*, *Cabernet Sauvignon*, *Müller Thurgau*, *Pinot grigio*, *Schiava* e *Traminer*. Tali interventi sono necessari soprattutto nei suoli sottili e/o con un basso contenuto di sostanza organica, specialmente in condizioni caratterizzate da elevate disponibilità di fosforo e/o nitrati. In molti casi, una forma efficace di prevenzione della clorosi consiste nell'apporto di sostanza organica.

Per il manganese, soprattutto in suoli su alluvionale ed idromorfi, specialmente nel Sottogruppo a tessitura franco limosa e in annate fredde ed umide, gli interventi devono essere concentrati all'inizio della stagione vegetativa, quando si registrano abbassamenti di temperatura fortemente limitanti l'assorbimento dell'elemento. Interventi più tardivi, da posizionare a mezza estate, vanno consigliati invece nel caso di terreni calcarei compattati con pH superiore a 6,5, con elevate disponibilità di sostanza organica e ferro.

Nelle annate secche, o in condizioni di terreni secchi e molto compattati di suoli su substrati silicatici e calcarei, scarsamente dotati di sostanza organica, specialmente in vigneti allevati a pergola, si rendono necessari interventi fogliari a base di boro. Nonostante siano consigliate applicazioni autunnali tramite somministrazione per via radicale, per le realtà viticole trentine vanno previsti inter-

venti fogliari primaverili precoci nella fase antecedente la fioritura, ripetibili sino all'invaiatura. Occorrerà avere l'accortezza di utilizzare dosaggi ottimali per non incorrere in fenomeni che potrebbero provocare eccessi.
Relativamente allo zinco, le carenze si riscontrano soprattutto nei suoli molto calcarei e/o poveri in sostanza organica (gli agenti chelanti derivanti dalla decomposizione della frazione organica facilitano l'assorbimento dell'elemento), specialmente se a tessitura grossolana, molto ricchi in fosforo (per apporti eccessivi dell'elemento) e/o in ferro (suoli su basalto) o magnesio (suoli su materiali dolomitici). Come già ricordato, gli interventi fogliari dovranno essere effettuati a scopo preventivo in tali suoli, nonché, per quanto riguarda le varietà resistenti, nei suoli a tessitura franca (Sottogruppo a tessitura franca). Gli apporti, che vanno previsti soprattutto in annate molto fredde e piovose, vanno somministrati molto precocemente, partendo da schiusura gemme sino alla fioritura. In post-raccolta i trattamenti fogliari possono essere utili a scopo preventivo per nutrire le gemme nel periodo autunnale e incrementare le rese produttive.

EFFETTO DI AMMENDANTI E DELLE CONCIMAZIONI ORGANICHE

Si riportano i risultati relativi alla sperimentazione triennale (2016-2018) recentemente condotta dalla Fondazione Mach per verificare gli effetti della somministrazione di ammendanti ottenuti sul territorio, per fertilizzare il vigneto, in confronto alla normale gestione della fertilità aziendale (Pedo *et al.*, 2020). Tale ricerca preliminare, troppo breve e circoscritta per fornire risultati di utilizzo pratico nelle differenti tipologie di suolo, fornisce pur sempre utili indicazioni per eventuali futuri approfondimenti, sia per quanto riguarda gli elementi nutritivi che per l'attività biologica.

Caratterizzazione dei suoli

La caratterizzazione dei suoli (Tab. 15) dei quattro vigneti sperimentali (Maso Toresella, Maso Romani, Cavedine e Volano) sono state eseguite in base alle analisi effettuate nello strato superficiale funzionale all'analisi biologica dei suoli nel triennio (20 cm al netto dell'orizzonte O, organico), e basandosi sulla carta dei suoli e sul Catalogo delle Unità tipologiche di suolo (Allegato I).
Il suolo del vigneto di Maso Toresella si caratterizza per essere subalcalino e molto calcareo, di tessitura franco sabbiosa, con una dotazione moderatamente alta di sostanza organica (2,8%) in superficie, frutto del fatto che negli anni precedenti la prova è stata distribuita una buona quantità di letame secondo gestione aziendale. Presenta una capacità di scambio cationico (CSC) media, e una medio-buona dotazione degli elementi di fertilità, ad eccezione del magnesio scambiabile, piuttosto scarso.
L'apporto di ammendanti in tale vigneto non fa rilevare negli anni differenze significative rispetto al testimone né per la sostanza organica

VIGNETO MASO TORESELLA	
Suoli	UTS Sarche non scheletrici (SAR2)
Gruppo di substrato	Suoli su conoidi misti
Descrizione del suolo	Suoli a profilo Ap-Bw- C, moderatamente profondi, tessitura franco sabbiosa (sabbiosa in profondità), scheletro assente, calcarei, drenaggio moderatamente rapido
Profondità utile alle radici	Moderatamente bassa
Caratteri idrologici	Acqua disponibile (AWC) molto alta
Tessitura media (1 metro)	Franco sabbiosa
Dotazione sostanza organica	Bassa
Mg/K	Squilibrato
VIGNETO MASO ROMANI	
Suoli	UTS Loppio (LOP1)
Gruppo di substrato	Suoli su depositi alluvionali
Descrizione del suolo	Suoli a profilo Ap1-Bw-BC-Cg
Profondità utile alle radici	Elevata
Acqua disponibile (AWC)	Molto alta
Tessitura media (1 metro)	Franca
Dotazione sostanza organica	Moderatamente bassa
Mg/K	Equilibrato
VIGNETO CAVEDINE	
Suoli	UTS Vezzano (VZZ1)
Gruppo di substrato	Suoli su conoidi di deiezione calcarei
Descrizione del suolo	Suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, moderatamente profondi, tessitura franca (franco sabbiosa in profondità), scheletro frequente in superficie e da abbondante a molto abbondante in profondità, estremamente calcarei, drenaggio moderatamente rapido
Profondità utile alle radici	Moderatamente alta
Acqua disponibile (AWC)	Bassa
Tessitura media (1 metro)	Franca
Dotazione sostanza organica	Moderatamente alta
Mg/K	Equilibrato
VIGNETO VOLANO	
Suoli	UTS Pedersano (PED1)
Gruppo di substrato	Suoli su depositi glaciali a litologia mista
Descrizione del suolo	Suoli a profilo Ap-Bw-BCp-BC, profondi, tessitura franca, scheletro da scarso a frequente in superficie e da frequente a abbondante in profondità, calcarei, drenaggio buono
Profondità utile alle radici	Elevata
Acqua disponibile (AWC)	Bassa
Tessitura media (1 metro)	Franca
Dotazione sostanza organica	Moderata
Mg/K	Equilibrato

Tabella 15
Descrizione dei suoli dei quattro vigneti sperimentali

né per l'azoto, probabilmente perché la dotazione naturale in sostanza organica era già elevata prima dell'impostazione della prova. I parametri che invece fanno registrare differenze eclatanti ed una crescita significativa, nelle tesi letame e nei tre campionamenti dopo l'apporto degli ammendanti, sono fosforo assimilabile, potassio e magnesio scambiabile. Per P_2O_5 assimilabile e MgO scambiabile l'aumento si inserisce in un quadro di disponibilità rispettivamente media e scarsa al primo anno, mentre K_2O scambiabile passa da un contenuto da buono nel 2015 a molto ricco nel 2017. Il risultato di tale effetto è l'influenza negativa sul rapporto Mg/K che è nella quasi totalità dei casi troppo basso (<2), anche se il magnesio è molto più alto della soglia di sufficienza, mitigando problemi di carenza di tale elemento.

Il suolo del vigneto di Maso Romani, nello strato superficiale, si caratterizza per essere subalcalino di tessitura franca, con una media dotazione di sostanza organica (2,3%) ed una CSC media. Si presenta scarsamente calcareo con una scarsa dotazione anche in calcare attivo.

La dotazione di azoto è medio-buona, mentre quelle di fosforo assimilabile e potassio scambiabile sono piuttosto scarse. Da evidenziare l'elevatissima dotazione di magnesio scambiabile del suolo, anche se il rapporto Mg/K rimane su valori ottimali.

Anche in questo caso l'apporto di ammendanti non ha determinato aumenti significativi di sostanza organica e azoto, mentre si registra una crescita significativa a carico di P_2O_5 assimilabile e K_2O scambiabile nelle tesi trattate con letame al secondo campionamento, nel marzo 2017.

Nel vigneto di Cavedine, il suolo si caratterizza per essere subalcalino di tessitura franca, con una buona dotazione di sostanza organica (2,6%) e CSC alta. Lo strato superficiale è molto calcareo con una buona dotazione in calcare attivo. La dotazione degli elementi di fertilità è medio-buona, ad eccezione di quella medio-scarsa in fosforo assimilabile.

Azoto, fosforo assimilabile, potassio e magnesio scambiabili sono tendenzialmente più elevati nelle tesi ammendate con letame ed in tutti i campionamenti successivi all'apporto, mentre nelle tesi trattate con compost solo in alcuni campioni sono più elevati che nel testimone. Il rapporto Mg/K è da considerarsi da basso a equilibrato; l'elevata dotazione di magnesio scongiura però carenze per tale elemento.

Lo strato più superficiale del suolo del vigneto di Volano si caratterizza per essere subalcalino di tessitura franco sabbiosa, con una moderata dotazione di sostanza organica (1,7%) ed una CSC media. Il terreno è molto calcareo ma con un contenuto medio-basso di calcare attivo. La dotazione degli elementi di fertilità è piuttosto bassa per quel che concerne azoto e fosforo assimilabile. Nello specifico i tenori di fosforo assimilabile, potassio e magnesio scambiabili sono solo tendenzialmente superiori nelle tesi ammendate, mentre sostanza organica ed azoto non si differenziano sostanzialmente tra le tesi. Il rapporto Mg/K è ottimale.

Effetto sulle proprietà chimiche dei suoli

Dall'analisi dei dati ottenuti in questi tre anni di sperimentazione emergono due diversi effetti generali relativi a tutti i vigneti: un incremento significativo del contenuto di alcuni elementi nutritivi (P_2O_5, K_2O e MgO) e nessuna variazione in termini quantitativi di sostanza organica e azoto nelle tesi ammendate a confronto con quelle testimoni. Per quanto riguarda la sostanza organica, va detto che a Maso Toresella, Maso Romani e Cavedine anche sulle tesi testimone è stato effettuato il sovescio annuale senza interramento, che, come è noto, può incrementare la sostanza organica e può avere avuto un effetto omogeneizzante sulle tesi sperimentali. D'altronde, anche a Volano, senza apporti organici sul testimone, nelle tesi ammendate la sostanza organica resta costante. La dotazione naturalmente buona in termini di sostanza organica e la gestione agronomica dei vigneti (sovesci) possono aver fatto sì che l'apporto di ammendanti, nel breve periodo, non abbia influenzato il tenore di tali parametri. Per quanto riguarda invece la dinamica degli elementi nutritivi, nei vigneti con testimone non concimato (Maso Toresella e Maso Romani) l'aumento di P_2O_5 assimilabile e K_2O e MgO scambiabili nelle tesi letame si protrae per tre anni dopo l'apporto, mentre negli altri due vigneti nessun elemento di fertilità è stato incrementato nel triennio di prova.

Come detto l'azoto ha invece un andamento differente e non ha evidenziato incrementi nelle tesi ammendate, ma tre dei suoli esaminati si caratterizzano, comunque, per una dotazione buona e quello di Volano media. Da sottolineare che ove il testimone era concimato (Cavedine), la mancanza di ripetizioni non ha consentito l'elaborazione statistica. Si rileva comunque che i valori di macroelementi, in questo caso azoto compreso, nelle tesi testimone non concimate non superano mai quelli delle tesi letame e sono superiori alle tesi compost solo nei campioni del 2018.

L'impiego di ammendanti a dosi elevate su suoli provenienti da anni di concimazione chimica porta addirittura ad un eccesso di disponibilità di alcuni elementi, con rischi di lisciviazione anche a causa del mancato assorbimento da parte delle colture. Questo effetto dovrebbe calare di intensità dopo periodi medio-lunghi di impiego mirato di fertilizzanti.

Effetto sulla Biodiversità (Qualità Biologica dei Suoli)

Le comunità invertebrate, con particolar riferimento ad artropodi e lombrichi, amplificano gli effetti delle componenti batteriche e fungine nel suolo, agendo da catalizzatori nei processi di riciclo dei nutrienti. L'Indice QBS-ar si occupa specificamente di caratterizzare la comunità artropodologica presente in ambiente ipogeo restituendo valori crescenti al crescere dei livelli qualitativi riscontrati: valori di QBS-ar uguali o superiori a 94 sono associabili in letteratura a suoli generici di buona qualità, comprendendo quindi nel computo arativi e suoli a gestione importante, mentre per il comparto viticolo vengono ri-

portati valori medi attorno a 120 punti. Il *range* previsto per le Classi di qualità è variabile da 0 a 7, mentre gli indici ecologici accessori H' di Shannon e J di Pielou presentano *range* compresi rispettivamente tra 0-3,66 e 0-1, con valori tipici rispettivamente attorno a 1 e 0,3. Il rapporto acari/collemboli A/C, in condizioni di naturalità presenta valori maggiori di 1. Il QBS-MAX, ovvero la biodiversità complessiva rilevabile nella tesi, ottenuta dall'armonizzazione delle sue repliche nei rispettivi anni, è stato elaborato per le sole annate 2017-2018, in quanto le uniche con sufficiente numero di repliche.

I risultati complessivi dei diversi parametri analizzati sono riportati nel grafico Radar-plot (Fig. 12), che esprime la percentuale di saturazione dei valori mediani delle tesi rispetto a quelli osservabili in formazioni naturali mature (climax).

Le analisi effettuate hanno restituito indicazioni di profili qualitativi e cenotici non statisticamente differenti. Sotto il profilo tendenziale, emergono indicazioni circa una miglior prestazione ecologica della tesi letame, suggerita dai punteggi QBS-ar e confermata dai livelli di Classi di qualità, numero di taxa e QBS-MAX. Il lieve decremento nelle cenosi mostrato dalle tesi letame e compost se confrontate con la tesi testimone è verosimilmente ascrivibile agli stress meccanici legati al passaggio mezzi per l'implementazione delle tesi stesse, ed è quindi osservabile in un'ottica di contro bilanciamento dagli apporti chimico-fisici.

Con l'esclusione del sito Maso Toresella, giustificata dall'anomalo livellamento basale dei valori espressi in tutte le tesi, la tesi letame restituisce valori QBS-ar mediani superiori sia alla soglia di riferimento indicata per suoli generici con buona qualità (94) che alla soglia di riferimento qualitativo indicata per vigneti (120) e tendenzialmente migliori della tesi compost. Ciò trova conferma anche nei valori di cenosi/m^2, nelle Classi di qualità e nel numero di taxa ospitati.

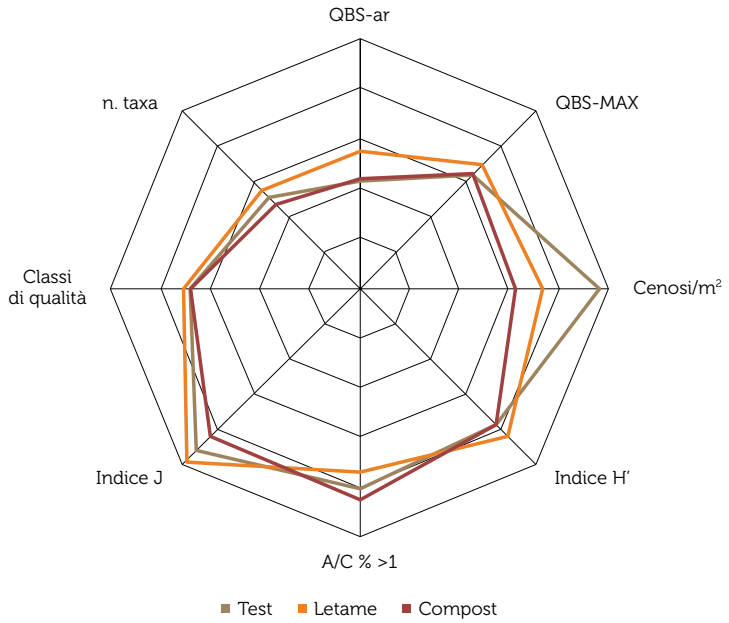


Figura 12
Diagnostica comparativa dei valori mediani dei diversi parametri restituiti dalle tesi in confronto a quelli mediani in ambienti climax

Effetto sui parametri vegetativi e nutrizionali

Per quel che concerne gli indici descrittivi dei parametri vegetativi, sia a Maso Romani sia a Maso Toresella, i valori delle medie triennali di NDVI e SPAD sono risultati superiori per le tesi ammendate rispetto al testimone aziendale (Figg. 13 e 14).

Questo tipo di risposta è confermata anche a Volano per quel che riguarda il colore della vegetazione, descritto dallo SPAD, meno per l'indice NDVI che risente del sistema di acquisizione del dato; ricordiamo che questo è l'unico vigneto a pergola trentina e lo strumento, su tale sistema di potatura, misura in uno strato di vegetazione più basale, caratterizzato da foglie più mature.

Il vigneto di Cavedine, fortemente pendente e sistemato a rittochino, risente di una grande variabilità sulla fila (estremi della fila vigorosi e parte centrale fino a molto debole) che rende il dato NDVI estremamente variabile intorno al valore medio. Il valore di SPAD, per contro, tende a confermare un migliore colore verde della tesi letamata.

Per quel che riguarda il contenuto fogliare in nutrienti nel vigneto Maso Romani, il controllo ha presentato valori di fosforo fogliare significativamente più elevati rispetto alla tesi trattata con letame, minori valori di potassio nei confronti di entrambe le tesi ammendate e più basse concentrazioni di ferro e manganese rispetto alle

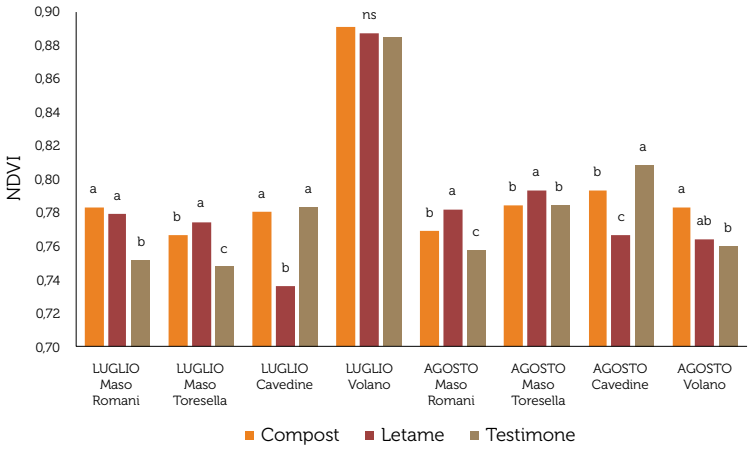


Figura 13
Valori medi dell'indice NDVI nel triennio, distinte per vigneto e periodo di rilievo. A lettere differenti corrispondono medie statisticamente diverse entro la stessa data.
n.s. = non significativo

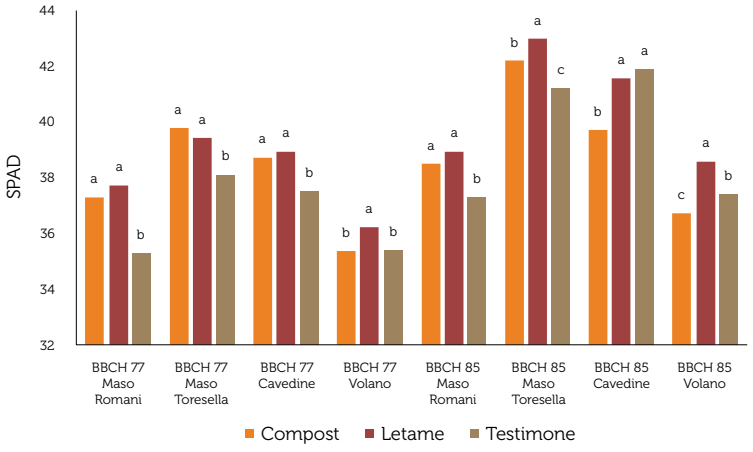


Figura 14
Valori medi dell'indice SPAD nel triennio, distinte per vigneto e fase fenologica di rilievo. A lettere differenti corrispondono medie statisticamente diverse entro la stessa data.
n.s. = non significativo

piante trattate con compost, che hanno manifestato un incremento significativo dei valori di boro rispetto alla tesi letame (Tab. 16).
Le differenze riguardanti i parametri NDVI e SPAD a Maso Toresella sono avvalorate anche dalle variazioni osservate a carico dei parametri nutrizionali fogliari disponibili per l'intero triennio nei vigneti Maso Toresella e Maso Romani. Le piante trattate con letame presentavano valori significativamente più elevati di azoto, fosforo,

Tabella 16
Valori medi dei parametri nutrizionali nel triennio a Maso Romani e Maso Toresella. A lettere diverse corrispondono differenze significative al test di Tukey (i livelli di significatività riportati e contrassegnati con n.s, *, ** e *** indicano rispettivamente non significativo e significatività per valori di P≤0,05 e P≥0,01 - P<0,01 e P≥0,001 - P<0,001)

MASO ROMANI

PARAMETRO	SIGNIF.	TESI		
		COMPOST	LETAME	TESTIMONE
N (% s.s.)	n.s.	2,10	2,03	2,04
P (% s.s.)	**	0,18 ab	0,17 b	0,19 a
K (% s.s.)	**	1,13 a	1,18 a	0,92 b
Ca (% s.s.)	n.s.	2,67	2,59	2,33
Mg (% s.s.)	n.s.	0,36	0,35	0,39
S (% s.s.)	n.s.	0,45	0,38	0,33
Fe (mg/kg s.s.)	**	73 a	70 ab	64 b
Mn (mg/kg s.s.)	*	93 a	79 ab	71 b
B (mg/kg s.s.)	*	55 a	44 b	47 ab
Cu (mg/kg s.s.)	n.s.	753	600	548
Zn (mg/kg s.s.)	n.s.	18	19	17

MASO TORESELLA

PARAMETRO	SIGNIF.	TESI		
		COMPOST	LETAME	TESTIMONE
N (% s.s.)	**	2,37 b	2,52 a	2,30 b
P (% s.s.)	***	0,17 b	0,20 a	0,17 b
K (% s.s.)	***	1,13 b	1,47 a	0,89 c
Ca (% s.s.)	n.s.	3,45	3,43	3,33
Mg (% s.s.)	***	0,30 b	0,25 b	0,41 a
S (% s.s.)	n.s.	0,45	0,46	0,40
Fe (mg/kg s.s.)	n.s.	62	64	62
Mn (mg/kg s.s.)	**	33 a	35 a	27 b
B (mg/kg s.s.)	**	25 b	29 a	24 b
Cu (mg/kg s.s.)	n.s.	322	349	320
Zn (mg/kg s.s.)	n.s.	25	24	28

potassio, manganese e boro fogliari rispetto al testimone. Va evidenziato che il compost riesce a mantenere più elevati rispetto al test i livelli fogliari di manganese e di potassio, rispettivamente senza differenziarsi e discostandosi dal letame. Le piante del testimone fanno rilevare maggiori concentrazioni di magnesio, elemento maggiormente assorbito a causa del basso assorbimento di potassio che si attesta sempre a livelli prossimi alla carenza.

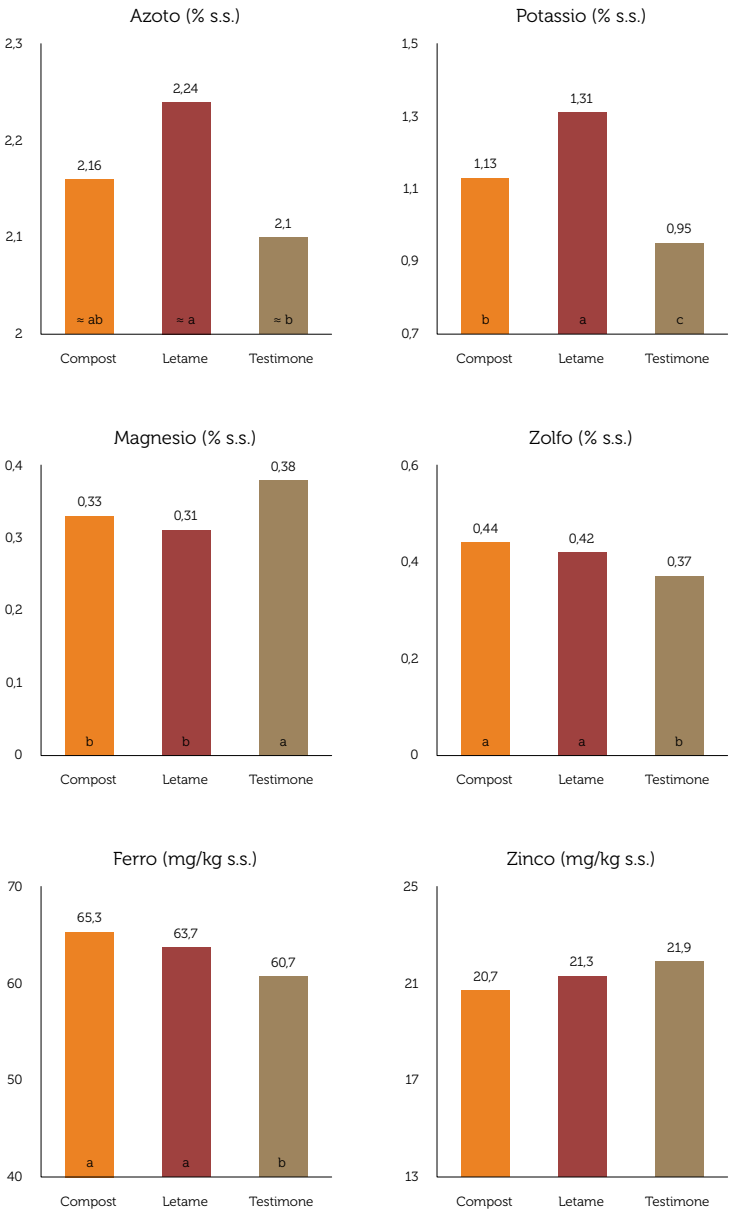


Figura 15
Valori medi triennali di alcuni elementi di fertilità fogliari di tutti i vigneti in relazione alle tesi. A lettere differenti corrispondono medie statisticamente diverse; ≈ = quasi significativo, indica che è appena sopra la significatività per P = 5%

Per i vigneti di Volano e Cavedine non sono disponibili analisi triennali, ma solo relative al 2016.
Sinotticamente si integrano tutti i dati nutrizionali disponibili con l'obiettivo di fornire indicazioni più generali in relazione all'effetto delle diverse tesi (Fig. 15).
La tesi ammendata con letame ha presentato valori di azoto, al limite della significatività statistica, e potassio fogliare significativamente più elevati rispetto alla tesi testimone, mentre quella ammendata con compost per questi due parametri mostrava valori intermedi, comunque, significativamente superiori rispetto al test. Il controllo, in seguito al minor assorbimento di potassio ed alla nota relazione di antagonismo tra i cationi potassio e magnesio, fa rilevare valori significativamente più elevati di magnesio fogliare. Entrambe le tesi ammendate presentano generalmente una maggior concentrazione fogliare di zolfo e ferro rispetto al test e livelli di zinco più bassi in valore assoluto.

Effetto sui parametri produttivi e qualitativi

L'analisi dei dati produttivi di tutti i vigneti dimostra che nessun effetto generale sulla produttività è imputabile alle diverse forme di ammendamento. Solo dall'elaborazione effettuata per vigneto si evidenzia qualche effetto peculiare. In primo luogo, a Maso Romani le piante non ammendate hanno prodotto significativamente di più rispetto a quelle ammendate (3,26 kg/pianta contro i 2,35 e 2,48 delle tesi compost e letame rispettivamente), mentre a Maso Toresella le piante di controllo presentavano pesi medi dei grappoli superiori (143 g/grappolo contro i 127 delle tesi ammendate), ma un numero di grappoli inferiore sicché la produttività era la medesima delle tesi ammendate. Le piante ammendate con letame hanno mostrato valori significativamente superiori di fertilità delle gemme rispetto a quelle non trattate.
Nei siti di Volano e Cavedine, invece, non sono state rilevate differenze a carico dei parametri produttivi in relazione alle tesi a confronto. A tale proposito si rimarca che le tesi di controllo dei Masi Romani e Toresella erano gestite con semina di essenze per sovescio e *mulching* a filari alterni; ciò può giustificare spinte produttive maggiori in tale tesi nei confronti delle rispettive degli altri due vigneti.
Per quel che concerne i parametri qualitativi dei mosti, l'elaborazione dei dati d'insieme di tutti i vigneti mostra che le tesi ammendate tendono ad avere un'acidità dei mosti superiore, in misura maggiore per la tesi letamata. L'apporto di letame, a fronte di un incremento di acidità, dovuto ad un aumento dell'acido malico, determina altresì un incremento dello ione potassio. Tale dinamica, sebbene in minor misura, viene rilevata anche per la tesi ammendata con compost (dati non mostrati).
L'analisi dei dati qualitativi distinta per vigneto permette di evidenziare una certa differenziazione a Maso Romani e a Maso Toresella (Tab. 17).

In particolare, a Maso Romani l'acidità dei mosti è risultata significativamente minore nella tesi testimone, in confronto alle tesi ammendate che mostravano generalmente più elevati contenuti di acido malico e minori di tartarico nei confronti del test. I contenuti in ione potassio provenienti da piante trattate con letame sono risultati significativamente più elevati rispetto a quelli del controllo.
Gli effetti dei trattamenti ammendanti sulla qualità dei mosti a Maso Toresella hanno evidenziato una significativa minore gradazione zuccherina della tesi trattata con letame rispetto alle altre due tesi. In tale vigneto l'uso di ammendanti ha comportato significativi innalzamenti dell'acidità dei mosti rispetto al testimone, più forte nel caso del letame e di minore entità nel caso del compost, comunque sempre superiore rispetto al testimone. Tale effetto è dovuto prevalentemente ai contributi dell'acido malico, più elevati nella tesi trattata con letame e intermedi in quella ammendata con compost, nonché ai contributi dell'acido tartarico nella tesi ammendata a compost.
Analogamente a quanto osservato a Maso Romani, il dato relativo al potassio nel mosto è risultato significativamente minore nel

MASO ROMANI

PARAMETRO	SIGNIF.	TESI		
		COMPOST	LETAME	TESTIMONE
Zuccheri (°Brix)	n.s.	20,07	20,01	20,2
pH	n.s.	3,34	3,36	3,32
Acidità titolabile (g/L)	***	5,22 b	5,62 a	4,46 c
Acido malico (g/L)	***	2,84 b	3,34 a	2,06 c
Acido tartarico (g/L)	*	4,44 b	4,34 b	4,74 a
Ione potassio (g/L)	*	1,47 ab	1,54 a	1,39 b
APA (mg/L)	n.s.	70	73	69

MASO TORESELLA

PARAMETRO	SIGNIF.	TESI		
		COMPOST	LETAME	TESTIMONE
Zuccheri (°Brix)	*	19,90 a	18,55 b	19,40 ab
pH	***	3,28 a	3,32 a	3,22 b
Acidità titolabile (g/L)	**	7,82 b	8,46 a	7,21 b
Acido malico (g/L)	***	3,88 b	4,87 a	3,14 c
Acido tartarico (g/L)	*	7,80 a	7,64 ab	7,51 b
Ione potassio (g/L)	***	1,74 a	1,84 a	1,51 b
APA (mg/L)	*	308 ab	333 a	274 b

Tabella 17
Valori medi dei parametri qualitativi in relazione alle tesi (Masi Romani e Toresella). A lettere diverse corrispondono differenze significative al test di Tukey (i livelli di significatività riportati e contrassegnati con n.s, *, ** e *** indicano rispettivamente non significativo e significatività per valori di $P \leq 0,05$ e $P \geq 0,01$ - $P<0,01$ e $P \geq 0,001$ - $P<0,001$)

controllo nei confronti della tesi trattata con letame; in questo sito, però, anche la tesi con compost ha fatto registrare valori superiori rispetto al test e statisticamente non diversi dalla tesi trattata con letame. Tale effetto, in entrambi i vigneti, sembra riflettere comunque quanto evidenziato precedentemente in merito alle significative maggiori disponibilità di potassio (a livello fogliare e quindi anche a livello di pianta) riscontrate nelle tesi ammendate rispetto al testimone, più alte soprattutto quando le piante ricevevano letame. Come conseguenza di tale innalzamento di potassio nelle due tesi ammendate, si sono rilevati valori di pH significativamente più alti rispetto al testimone.

Per quanto riguarda i valori di APA, va evidenziato che il trattamento con letame ha provocato un significativo innalzamento dei valori nei confronti del testimone, mentre quello con compost ha mostrato valori intermedi di APA non diversi né dal test né dal letame. Questi dati riflettono coerentemente le maggiori disponibilità di azoto in pianta registrate attraverso l'analisi fogliare e i più elevati livelli di SPAD e di biomassa fotosinteticamente attiva misurati nelle tesi ammendate.

Nel vigneto di Cavedine nessuna differenza qualitativa è stata riscontrata, mentre a Volano solo l'acido malico è risultato significativamente inferiore nella tesi controllo, in confronto alla tesi ammendata con letame.

Conclusioni e prospettive future

L'effetto dell'ammendamento (Foto 28 e 29) sulle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli è stato quello di un incremento significativo del contenuto di fosforo, potassio e magnesio e di nessuna variazione in termini quantitativi di sostanza organica e azoto nelle tesi ammendate a confronto con quelle testimoni. È importante ricordare che queste considerazioni si limitano al contenuto quantitativo di sostanza organica, mentre come è noto il suo apporto induce tutta una serie di effetti benefici sul suolo, non ultimo il suo mantenimento nel tempo grazie all'apporto di carbonio in forma recalcitrante.



Foto 28
Distribuzione autunnale dell'ammendante compost nel vigneto di Maso Romani



Foto 29
Particolare della distribuzione autunnale dell'ammendante letame sulla fila nel vigneto di Maso Romani

Inoltre, è noto che l'incremento del contenuto di sostanza organica del suolo in maniera stabile richiede apporti ripetuti ed in tempi medio-lunghi. A questo proposito giova ricordare che l'input di sostanza organica al suolo può andare incontro a complessi differenti destini: l'umificazione, la conservazione selettiva e la graduale decomposizione. Le tecniche analitiche oggi a disposizione ci possono aiutare a capire ed indagare in profondità quali siano gli specifici meccanismi nelle diverse tipologie di suolo indagati che vanno a costituire e formare la frazione organica più stabile e recalcitrante. Pertanto, questi aspetti potranno essere oggetto di ulteriori approfondimenti, relativi alle pratiche di mantenimento della sostanza organica in viticoltura nel lungo periodo e del diverso effetto indotto in tal senso da differenti tipologie di ammendanti.
Per quanto riguarda invece la dinamica degli elementi nutritivi, il quadro che emerge evidenzia che l'impiego periodico di ammendanti, in particolare di letame maturo, è in grado di surrogare, o integrare in larga misura, le concimazioni minerali per apportare elementi nutritivi al suolo, incrementandone addirittura il tenore rispetto alla tesi controllo sia per macroelementi (N, P, K) sia per microelementi (Mn, Fe, B). Nei vigneti con testimone non concimato (Maso Toresella e Maso Romani) l'aumento di P_2O_5 assimilabile e K_2O e MgO scambiabili nelle tesi letame è evidente e si protrae fino a tre anni dopo l'apporto. Ove il testimone era concimato (Cavedine), i valori di macroelementi, in questo caso azoto compreso, non superano mai quelli delle tesi letame e sono superiori alle tesi compost solo nei campioni del 2018.
L'effetto sulla qualità biologica è solo tendenziale e riferirebbe, comunque, di una miglior prestazione ecologica dei vigneti ammendati con letame, come indicato da diversi indici di biodiversità.
In senso generale la produttività delle tesi ammendate è risultata pari, ed in specifici casi superiore, rispetto al confronto con le fertilizzazioni aziendali, a fronte di un risultato sulla qualità dei mosti che sembra suggerire più un quadro di ritardo maturativo, compatibile coi parametri vegetativi, che di vera differenza qualitativa.

RAPPORTI CON LE ALTRE PRATICHE AGRONOMICHE

In questo capitolo non sono stati affrontati altri aspetti legati alla natura del portinnesto e alle pratiche colturali (inerbimento, pacciamatura, ecc.), che vanno sempre scelte in base alla tipologia di suolo. Solo a titolo esemplificativo si riportano alcune conoscenze ormai acquisite che possono essere utili per una migliore gestione agronomica.

Per quanto riguarda il portinnesto, si ricorda che il suo ruolo è determinante nel favorire l'assorbimento degli elementi nutritivi, anche se la tessitura del suolo, le sue componenti organiche e le caratteristiche chimico-fisiche (comprendenti l'umidità) possono fortemente influenzarne le disponibilità reali per le viti. In particolare, 420A, Kober 5BB, SO4 e 125 AA sembrano favorire l'assorbimento di azoto, SO4 e 110 Richter fanno aumentare il potassio, 420 innalza il calcio, 1103 Paulsen incrementa il magnesio, mentre 140 Ruggeri, 41B, 333 E.M. e Fercal sono specifici per l'assorbimento del ferro (Porro *et al.*, 2013). Va ricordato che i portinnesti caratterizzati da elevata selettività nell'assorbimento di potassio, in suoli in cui il potassio è elevato ed il magnesio non è presente in quantità elevate (più frequenti su calcari marnosi), possono indurre più facilmente carenze magnesiache e provocare sensibili danni di disseccamento del rachide. Una elevata assunzione di potassio, favorita in tali suoli già ricchi dell'elemento, può provocare una maggiore salificazione dell'acido tartarico con conseguente abbassamento dell'acidità del mosto e minor conservabilità e stabilità dei vini ottenuti. In tali contesti, soprattutto se le uve sono destinate alla produzione di vini base spumante, occorrerà avere una particolare gestione oculata della fertilizzazione potassica.

Per quanto riguarda il vigore, si sottolinea che questo non dipende solo dal portinnesto, ma anche dal tipo di suolo e dalla sua dotazione di sostanza organica. Infatti, con il medesimo portinnesto, i suoli con profondità utile alle radici limitata e/o con tessiture grossolane e alta pietrosità, con riserva idrica limitata, o con bassi contenuti di sostanza organica, determinano una vigoria inferiore. La classe di potenziale di vigore (basso, medio, alta) indicata nel Catalogo (Allegato I) dei suoli costituisce una prima stima, in attesa di dati sperimentali, del vigore delle differenti tipologie.

Relativamente all'inerbimento occorre ricordare che tale pratica colturale comporta in linea di principio una competizione tra l'erba e le viti, soprattutto in termini di acqua e nitrati. Quest'ultima è maggiormente visibile in primavera e nella prima parte dell'estate, quando la crescita del manto erboso è più intensa, ed è tanto maggiore quanto più la profondità utile alle radici e la riserva idrica sono limitate (potenziale di vigore basso o medio). Lo stato nutrizionale viene modificato e le piante possono presentare minori livelli di azoto, calcio e magnesio associati a minor produzione ed a minor vigore. Da osservazioni effettuate in vigneti di collina gestiti da più

anni con la tecnica dell'inerbimento totale, si nota, in alcuni casi, una riduzione eccessiva della vigoria.
In merito alla pacciamatura, ovvero la copertura del terreno con materiali vegetali di vario tipo, va evidenziato che tale pratica favorisce la crescita dei sistemi radicali nella porzione superficiale del suolo - dove la fertilità è superiore - e un migliore stato idrico, modificando positivamente anche l'assorbimento degli elementi nutritivi. Pertanto, in situazioni più magre potrebbe essere una soluzione interessante da adottare.
Anche quando si ricorre alla fertilizzazione con ammendanti, di cui sono state riportate alcune sperimentazioni effettuate, si dovranno detrarre dal calcolo degli apporti totali le quantità di elementi con essa immessi nel terreno. È consigliato l'utilizzo di ammendanti ben umificati, quali, ad esempio, il letame maturo, che come evidenziato può incrementare i tenori di azoto, fosforo, potassio, ferro, manganese e boro, oltre che migliorare le prestazioni ecologiche dei vigneti, grazie a valori superiori degli indici di biodiversità.
Il ricorso alla concimazione organica è particolarmente indicato in fase di impianto, e interrando superficialmente l'ammendante, in modo da minimizzare le perdite di sostanza organica per mineralizzazione e volatilizzazione. In alternativa esso può essere effettuato nei giovani impianti, avendo cura di distribuire l'ammendante prima di effettuare l'inerbimento del vigneto. In impianti in produzione e con un buon equilibrio vegeto-produttivo è sufficiente eseguire la concimazione organica con cadenza triennale. Il momento ideale per distribuire gli ammendanti è il periodo successivo alla vendemmia, facendo attenzione al rischio di immissione di nitrati in falda.
Per migliorare la fertilità del terreno e allo stesso tempo apportare sostanza organica, può essere utile il ricorso al sovescio, seminando miscugli di erbe foraggere e leguminose: la semina delle essenze viene effettuata dopo la vendemmia, mentre la trinciatura e l'interramento sono fatti in primavera-estate, quando le essenze hanno raggiunto lo sviluppo ottimale. Nei suoli a profondità utile ridotta, tale pratica può però portare a una competizione per l'acqua e gli elementi della fertilità tra il manto erboso e la vite, e questo soprattutto in vigneti con poco vigore e nei vigneti in pendenza. Anche con inclinazioni ridotte, inoltre, i ruscellamenti superficiali, legati alle piogge prima che lo sviluppo delle specie erbacee protegga la superficie, possono portare a perdite di suolo anche molto gravi.
Anche la conoscenza del carico produttivo dei vigneti (biomassa prodotta o resa ad ettaro), del suo vigore (crescita vegetativa) e delle tecniche colturali utilizzate per modificare l'equilibrio vegeto-produttivo possono risultare di estrema importanza per l'individuazione e correzione di eventuali squilibri nutrizionali. Infatti, la forte competizione che si instaura tra i grappoli e le foglie per l'assunzione dei nutrienti può essere prevista e corretta: un'alta produttività deprime generalmente i livelli fogliari di potassio a causa della sua traslocazione dalle foglie ai grappoli, mentre bassi carichi produttivi possono tradursi in livelli fogliari azotati prossimi alla carenza.

L'interazione tra nutrienti e risorse idriche, che dipendono dalle caratteristiche del suolo e dalla gestione dell'irrigazione, deve essere conosciuta e razionalizzata. Per ridurre in modo oculato gli apporti dei nutrienti e dell'acqua, si rende necessario dosare l'irrigazione in maniera ragionata, sulla base di stime del bilancio idrico basate sulla effettiva capacità di immagazzinare l'acqua (AWC) che caratterizza ogni tipologia di suolo, e sfruttando quando possibile le informazioni ottenute tramite strumentazioni in grado di monitorare l'umidità del suolo (Capitolo 7). Una elevata disponibilità idrica nel terreno induce un maggior assorbimento di azoto, fosforo e potassio, limitando invece quello di magnesio, così come evidenziato anche dai valori fogliari sopra discussi.

Pertanto, gli apporti di azoto, fosforo e potassio, laddove le disponibilità idriche siano elevate (suoli profondi e con alta ritenzione, o idromorfi), potrebbero essere ridotti in modo drastico. Andrà invece posta una più forte attenzione in tali tipologie di suolo alla gestione degli apporti magnesiaci.

Nell'ottica di una gestione sostenibile dei vigneti, la calibrazione degli apporti idrici e nutrizionali sulle reali esigenze degli stessi, limitando gli eccessi e le relative perdite nell'ambiente, è pertanto di prioritaria importanza. Si sottolinea ancora una volta che gli eccessi idrici e di elementi, oltre a rappresentare di per sé un costo, hanno conseguenze negative determinanti sullo stato delle piante.

I quantitativi irrigui, soprattutto in annate caratterizzate da piovosità consistenti nel corso della stagione vegetativa, come anche nel precedente periodo autunnale e del riposo vegetativo, risultano in molti casi superiori alle necessità. Questo si verifica soprattutto nei suoli profondi a tessitura fine (franco limosa), caratterizzati da una riserva idrica molto elevata, e nei suoli che presentano condizione di saturazione idrica nei periodi umidi (suoli idromorfi e molto idromorfi), che rappresentano comunque una quota di poco inferiore al 15% dell'area vitata.





7

CLIMATOLOGIA E IRRIGAZIONE

Fabio Zottele, Stefano Corradini,
Roberto Zorer, Duilio Porro

CLIMATOLOGIA DEL TRENTINO

La particolare conformazione morfologica del Trentino richiederebbe una dettagliata analisi climatica (Di Piazza ed Eccel, 2012) per descrivere in dettaglio la variabilità dei regimi di temperatura e di piovosità durante l'anno specifici per ciascuna valle e ciascun contesto viticolo. In generale, va evidenziato che il clima del Trentino è oceanico con aree a transizione verso l'alpino e presenta precipitazioni distribuite prevalentemente in autunno ed in primavera.

Il cambiamento climatico in atto sta però portando ad un innalzamento delle temperature medie annuali globali, facendo riscontare soprattutto variazioni nella distribuzione e nell'intensità delle precipitazioni, decisamente più ridotte attualmente e spesso accoppiate a marcate ondate di calore estive. In questo nuovo scenario risulta di fondamentale importanza monitorare i consumi idrici effettivi del vigneto e caratterizzare gli episodi di stress idrico, presenti nonostante le precipitazioni annue siano ancora abbondanti. Come verrà di seguito descritto, gli apporti piovosi estivi in Trentino restano piuttosto consistenti, rendendo relativamente circoscritte le situazioni di potenziale deficit idrico.

Le caratteristiche climatiche delle aree coltivate trentine si sviluppano su un gradiente climatico, passando, in base alla classificazione di Köppen (Rubel e Kottek, 2011), dal gruppo Mesothermal temperato-oceanico Cfb (al limite con il clima continentale umido con estate calda, Dfb), fino ai climi più mediterranei riscontrabili nelle zone vicine al lago di Garda, privi però di un'aridità estiva[1]. Tale classificazione permette di affermare che il Trentino non ha problemi di aridità: eventuali periodi siccitosi sono possibili dalla fine dell'inverno fino a metà primavera, mentre durante la stagione vegetativa sono frequenti gli apporti meteorici, seppure caratterizzati da una forte variabilità temporale.

Ciononostante, in relazione alle diverse annate, e soprattutto alle differenti aree viticole ed al contesto pedologico, le tendenze significative della diminuzione delle precipitazioni e delle escursioni termiche durante il periodo vegetativo destano una certa apprensione. Va quindi prestata una particolare attenzione, tramite la ricerca di strategie di adattamento che dovrebbero interessare, in primo luogo, le tecniche di gestione del vigneto, soprattutto quella relativa alle risorse idriche ed ai relativi reintegri.

L'aumento delle temperature, infatti, può comportare un anticipo delle fasi fenologiche, *in primis* della apertura delle gemme con connessi rischi di gelate primaverili, e della fioritura, con conseguente

(1) La classificazione di "clima temperato" comprende numerose sotto-classificazioni che vanno dal clima subtropicale umido fino al clima mediterraneo con estate fredda. Uno dei parametri usati per distinguere i vari climi temperati è la presenza dell'aridità (invernale, estiva o assente) e le caratteristiche dell'estate (calda o fredda). Le zone vitate trentine, che si trovano in regimi sia di clima temperato sia continentale, godono di precipitazioni durante tutto l'anno e quindi non si possono considerare aride.

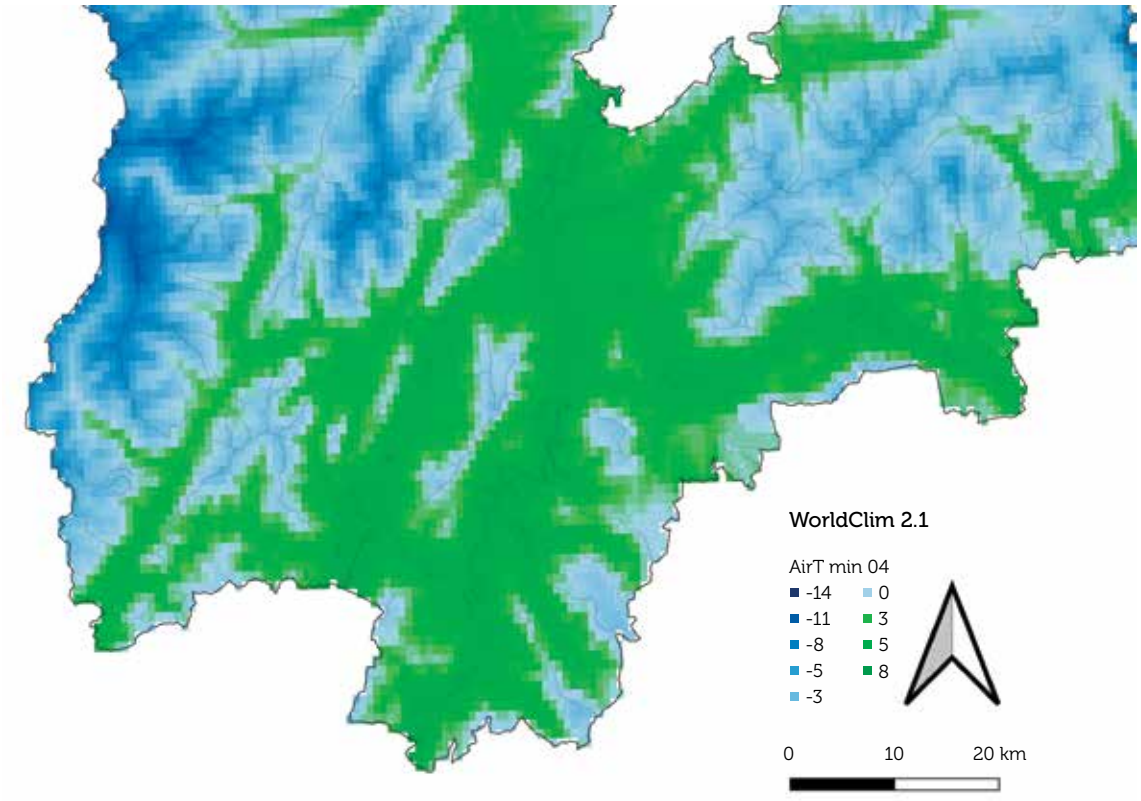


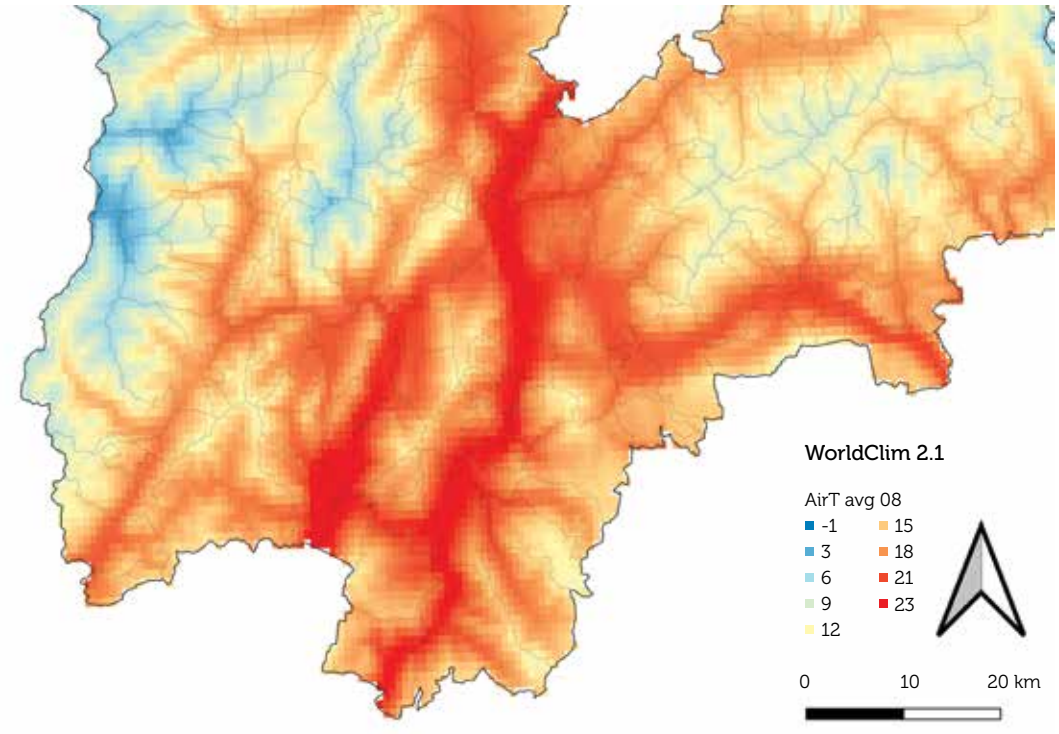
Figura 1
Mappa climatica WorldClim ver 2.1 relativa alla temperatura minima (°C) dell'aria ad aprile, calcolata su una media di 30 anni di dati (1970-2000)

ripercussione sulla accelerazione del processo di maturazione delle uve. Esso può poi rendere più vulnerabili gli acini a fenomeni di disidratazione e di scottature ed aumentare l'evapotraspirazione massima dei vigneti.

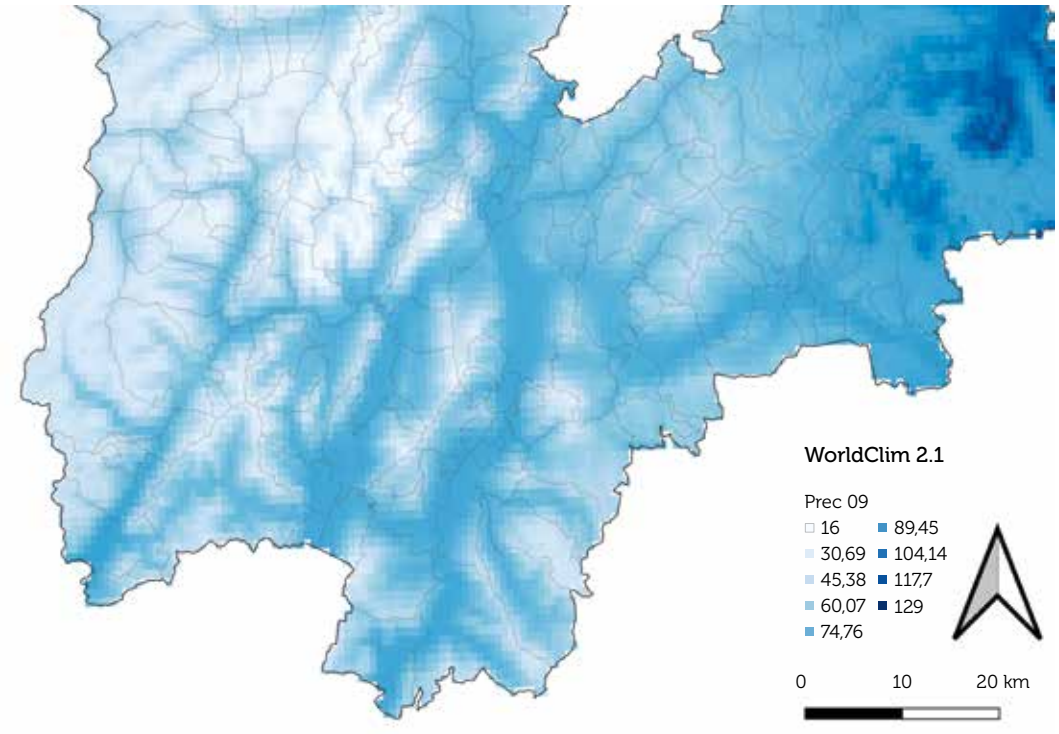
Nei casi più estremi l'anticipo di maturazione può comportare una maggior concentrazione zuccherina ed un relativo tenore alcolico dei vini, un decremento dell'acidità ed aumento del pH, con conseguenti ripercussioni negative sul colore e sulla stabilità microbiologica degli stessi. Si verifica, inoltre, un disaccoppiamento tra la maturazione tecnologica - che risulta più accelerata - e quella fenolica.

L'utilizzo di mappe raster WordClim 2.1 ha permesso di valutare la variabilità climatica del territorio viticolo. I dati relativi alla temperatura minima dell'aria del mese di aprile (Fig. 1), periodo importante per la fase iniziale del germogliamento della vite, sono utili per individuare zone particolarmente soggette a rischi di gelate primaverili, ed evidenziano come i diversi areali viticoli mostrino valori nettamente differenti, spaziando da medie di 8 °C nel fondovalle a 5 °C in collina, sino a 3 °C in alta collina-montagna, portando di conseguenza ad una gradualità nel germogliamento in relazione alle temperature minime. Le zone viticole più meridionali (Bassa Vallagarina) sono le più precoci, seguite da quelle lungo l'asta dell'Adige nel fondovalle e da zone in collina sia in Vallagarina, sia a nord che a sud di Trento ed in Valsugana o in Valle dei Laghi.

La figura 2, che riporta la mappa climatica relativa alla temperatura media dell'aria ad agosto, permette la delineazione di aree più



2



3

Figura 2
Mappa climatica WorldClim ver 2.1 relativa alla temperatura media (°C) dell'aria ad agosto, calcolata su una media di 30 anni di dati (1970-2000)

Figura 3
Mappa climatica WorldClim ver 2.1 relativa alla precipitazione (mm) di settembre, calcolata su una media di 30 anni di dati (1970-2000)

vulnerabili ad ondate di calore che si verificano in tale periodo. Le aree particolarmente sensibili e più a rischio sono quelle collinari più a sud e prossime al Lago di Garda, in Bassa Vallagarina e lungo l'asta dell'Adige nel fondovalle (gestite con sistemi di allevamento a spalliera), in quanto presentano temperatura media dell'aria sopra i 23 °C. Tali zone potrebbero allontanarsi dalle temperature ideali, raggiungendo anche punte indesiderate superiori ai 35 °C di temperatura massima. Esse andrebbero monitorate gestendo la fase finale della maturazione delle uve con tecniche colturali in grado di ridurre il rischio di scottature ed il decadimento compositivo delle uve, grazie anche ad opportuni interventi irrigui in grado di modificare temporaneamente il microclima a livello dei grappoli.
Una ulteriore esemplificazione (Fig. 3) in grado di mostrare le grandi potenzialità ottenibili dall'utilizzo di mappe raster WordClim 2.1 consente di individuare le zone caratterizzate da più elevate precipitazioni in prossimità della vendemmia, condizioni che possono favorire l'instaurarsi di eventuali marciumi e/o attacchi di botrite. L'utilizzo di tali informazioni risulta strategico nella scelta della varietà da coltivare, arrivando a consigliare vitigni a grappolo meno compatto e/o più spargolo nelle aree a maggior piovosità, e consigliando la sospensione di eventuali apporti idrici.

DISTRIBUZIONE DELLA SUPERFICIE VITATA IN RELAZIONE A INDICI BIOCLIMATICI E SUOLI

Dai risultati relativi alla classificazione bioclimatica in Regioni Winkler[2] derivata da dati satellitari MODIS-LST e calibrata con stazioni meteo (FEM CTT) emerge che i vigneti in Trentino si ritrovano principalmente nelle regioni II, III e IV, ovvero a clima rispettivamente definito temperato, temperato/caldo e caldo (Fig. 4).
Si ricorda infatti che la classificazione bioclimatica di Winkler prevede sei regioni (o zone), con clima di riferimento variabile, in relazione a gradi giorno (GDD) calcolati con la sommatoria delle temperature attive (Tab. 1).
Le aree vitate ricadono per il 6% nella regione Ib con clima freddo, il 42% nella II a clima temperato, il 46% nella III a clima temperato-caldo ed il 5% nella regione IV con clima caldo. La maggior parte dei

(2) L'indice di Winkler (https://en.wikipedia.org/wiki/Winkler_index) riporta la cumulata degli scarti giornalieri tra le temperature medie e lo zero di vegetazione, intesa come temperatura sopra la quale si ha la ripresa dell'attività vegetativa (10 °C). Esso viene calcolato durante il periodo vegetativo della vite fino a maturazione e raccolta (dal 1 aprile al 31 ottobre, sommando le temperature attive -Ta del periodo, ovvero i gradi giornalieri medi superiori ai 10 °C). L'indice serve a valutare la potenzialità ambientale del vigneto, sotto forma di disponibilità termica, in una forma che può essere definita quantitativa, ovvero legata alle possibilità di accumulo degli zuccheri e alla maturazione delle bacche. Esso fornisce informazioni relative alla vocazionalità del territorio stesso ad essere coltivate con determinate varietà d'uva, dal momento che ciascuna cultivar necessita di una specifica cumulata termica per concludere il ciclo vegetativo e giungere a maturità.

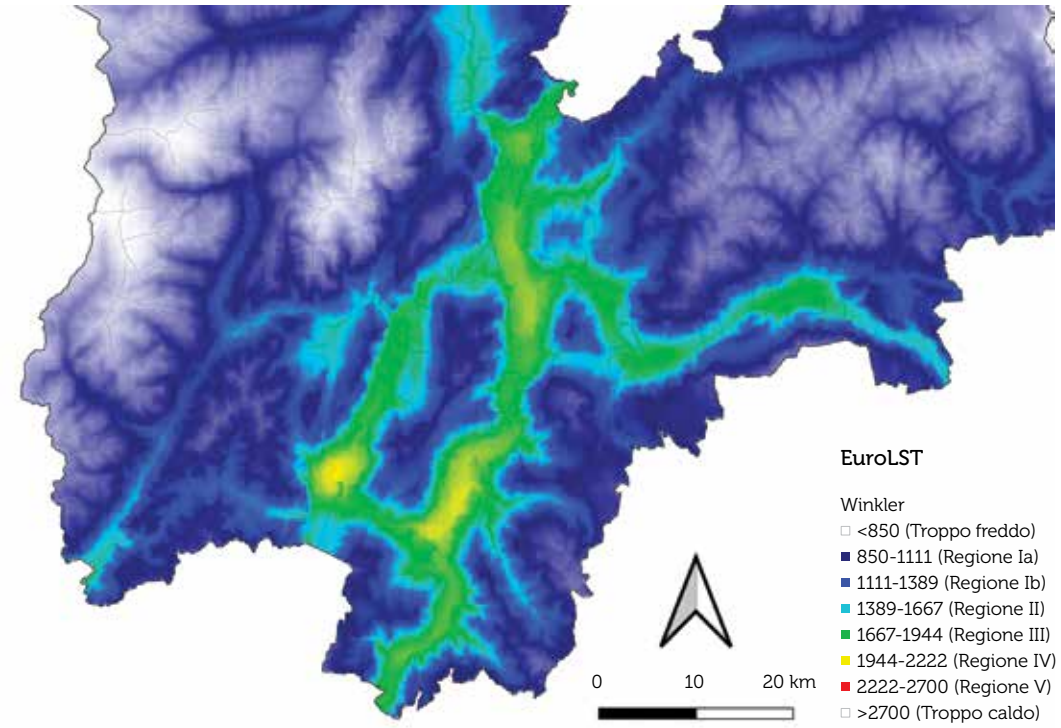


Figura 4
Mappa bioclimatica del Trentino secondo la classificazione Winkler per la viticoltura

vigneti si situa pertanto in condizioni comprese tra clima temperato e temperato-caldo, decisamente ottimali per la viticoltura.
Come riportato nel Capitolo 1 e da AA.VV. (2018), i vigneti si ritrovano prevalentemente nel fondovalle o nella bassa collina (il 55% è situato a quote inferiori a 250 m s.l.m.), in minor misura in collina (il 29,6% a quota altimetrica compresa tra 250 e 500 m s.l.m.) e solo per un 15,4% in montagna (quota altimetrica superiore a 500 m s.l.m.). Va evidenziato che negli ultimi anni, i vigneti in montagna si sono spinti anche sino a quote superiori agli 800 m s.l.m. - una volta considerato il limite per la coltivazione - arrivando fino ai 1150 m s.l.m., questo utilizzando varietà resistenti e/o tolleranti alle principali malattie fungine, che richiedono una minore disponibilità termica in GDD.
La regione più calda dell'intera area di studio risulta quella dell'Alto Garda a nord del lago omonimo, che influenza fortemente il clima delle aree meridionali della Provincia, agendo positivamente sulla disponibilità termica. In tale zona le sommatorie raggiungono valori superiori ai 1950 GDD (Regione IV). Seguono poi le aree situate in fondovalle in diverse zone viticole, spaziando da quelle a quote basse in Vallagarina (GDD 1900) a quelle nella Valle dell'Adige tra Trento e Lavis (GDD 1850). Queste zone ricadono nelle aree contrassegnate in verde e corrispondenti alla Regione III (temperata/calda). Anche le zone afferenti alla Regione II (clima temperato, contrassegnato con colore ciano) sono piuttosto diffuse.
Un quadro molto simile a quanto appena descritto è risultato dal calcolo della mappa della temperatura media durante il periodo vegetativo (GST - Jones *et al.*, 2004), utilizzata in molti studi di voca-

ZONE	CLIMA	INDICE DI WINKLER (ΣTa)
Ia	Molto freddo	850 ÷ 1111
Ib	Freddo	1111 ÷ 1389
II	Temperato	1389 ÷ 1667
III	Temperato/Caldo	1667 ÷ 1944
IV	Caldo	1944 ÷ 2222
V	Molto caldo	2222 ÷ 2700

Tabella 1
Regioni climatiche di riferimento per l'indice di Winkler

zionalità del territorio per la viticoltura e per l'applicazione di scenari di cambiamento climatico.
I Gruppi di substrato delle tipologie di suolo (Capitolo 4) si dispongono a macchie/mosaico, quindi in modo non direttamente riconducibile alla classificazione climatica delle regioni Winkler. Sono pur sempre osservabili alcuni legami con il clima (in particolare le temperature). I suoli su glaciale sono situati infatti prevalentemente in collina, mentre quelli su conoidi e su alluvionale in zone più basse, a ridosso del fondovalle. I Gruppi dei materiali silicatici caratterizzano per parte loro le valli più fredde (GLsi in Val di Cembra e COsi in Valsugana).
Le differenze sono piuttosto consistenti tra i Gruppi di substrato su alluvionale, su glaciale e su conoidi calcarei. Decisamente interessante appare il dato delle temperature minime di aprile, fase iniziale del germogliamento della vite, utile per individuare zone particolarmente soggette a rischi di gelate primaverili. Nei suoli su alluvionale è possibile evidenziare che le variazioni delle temperature minime oscillano molto di meno (tra 5 e 7 °C) rispetto a quanto si osserva nei suoli su glaciale (tra 2,5 e 7 °C, con un 30% di valori inferiori ai 4 °C) e in quelli dei conoidi calcarei (con variazioni comprese tra 3 e 6 °C). I vigneti riferibili ai due ultimi Gruppi sono quindi più a rischio.
Analoghe considerazioni riguardano i rapporti che i diversi Gruppi di substrato hanno con le temperature massime di fine giugno e inizio luglio (che hanno una forte incidenza sull'evapotraspirazione), quando è più elevata la richiesta idrica. I Gruppi di suoli su alluvionale, pur presentando temperature più elevate, sono in media più profondi e quindi risentono meno della maggiore evapotraspirazione. I suoli su glaciale, in collina, pur presentando temperature massime inferiori di almeno 3 °C rispetto al fondovalle, sono più sottili e risentono maggiormente di elevati consumi di acqua.
Tali informazioni possono risultare strategiche per gestire in modo più razionale le disponibilità idriche e le restituzioni che i viticoltori devono reintegrare.

L'IRRIGAZIONE DELLA VITE IN TRENTINO

Scopo dell'irrigazione è quello di fornire un adeguato quantitativo di acqua per rispondere al fabbisogno della pianta e per far fronte alla variabilità degli eventi piovosi, alla luce dei risultati qualitativi desiderati. Calibrando la quantità di acqua distribuita si evitano condizioni di stress idrico severo, si garantisce uno sviluppo equilibrato e si mantengono rese produttive e qualitative regolari nel tempo.
In Trentino, zona di viticoltura intensiva, la gestione del consumo d'acqua tra i vari settori economici risulta un argomento cruciale per quanto riguarda la sostenibilità dell'uso della risorsa: gli studi e le sperimentazioni per incrementare l'efficienza dell'utilizzo dell'acqua irrigua hanno un'immediata ricaduta applicativa, con innegabili benefici sia per il settore agricolo, sia per la collettività.
A conferma dell'importanza strategica dell'acqua irrigua, da più di un secolo in Trentino vengono stanziati imponenti finanziamenti pubblici per la realizzazione delle "grandi adduzioni", dei bacini di immagazzinamento dell'acqua irrigua e, nell'ultimo trentennio, per la transizione dai sistemi di irrigazione "a pioggia" verso il sistema di irrigazione "a goccia".
Attualmente questo sistema irriguo copre la quasi totalità della superficie viticola. I Consorzi di Miglioramento Fondiario, attraverso un sistema di concessione delle acque pubbliche, gestiscono gli interventi di irrigazione (durata e quantità) su base empirica, adattando l'esperienza maturata negli anni con l'andamento meteorologico stagionale e basandosi sulle previsioni meteorologiche della precipitazione. Ad esempio, si ritiene che il consumo di acqua di una chioma di vite, misurato in una giornata con condizioni favorevoli alla traspirazione, possa variare da 0,6 a 1,2 litri/m^2 al giorno. Il che corrisponderebbe mediamente ad un consumo di acqua per unità di superficie pari ad una precipitazione di 2,5 mm di acqua (corrispondente a 25.000 litri/ettaro), sebbene questo dipenda dal sistema di allevamento utilizzato e dalla superficie fogliare disponibile, suscettibile di modificare l'attività traspiratoria (Poni e Tombesi, 2015).
I consumi idrici sono piuttosto variabili in relazione al sistema di allevamento utilizzato, variando da 2.200 m^3/ettaro nelle spalliere (Guyot e/o cordone speronato) a 2.800 nella pergola semplice, fino a 3.700 in quella doppia. Per le condizioni del Trentino viticolo, pertanto, tali informazioni devono assolutamente essere tenute in conto per la gestione irrigua valutando che forme espanse richiedono più acqua, soprattutto se a maggior carico produttivo.
Al fine di sostenere l'intensa attività dello sviluppo vegetativo e produttivo, la vite necessita di un adeguato rifornimento idrico soprattutto nelle fasi comprese tra la fioritura e i primi stadi di sviluppo dell'acino, e più precisamente da pre-fioritura a un mese dopo la fioritura (in post-allegagione), sino all'invaiatura. Successivamente i fabbisogni idrici diminuiscono in modo inversamente proporziona-

le all'accrescimento vegetativo. Quest'ultimo infatti cala, lasciando che vengano favorite le sintesi di composti più interessanti a livello qualitativo (zuccheri, aromi, sostanze coloranti, ecc.).
Il reintegro va pertanto effettuato tra fioritura e maturazione, tenendo presente che fino all'invaiatura la pianta è più sensibile allo stress, mentre successivamente si assiste un maggior adattamento al fenomeno, anche grazie al fatto che si interrompe parzialmente la connessione idraulica tra germoglio e grappolo a livello xilematico. In tale fase fenologica gli acini risultano pertanto meno sensibili alle contrazioni giornaliere dovute all'accrescimento diametrale (dipendenti dal contenuto idrico delle bacche e dalla connessione xilematica), come si verifica nella fase di intensa crescita delle bacche.
Qualora questa necessità d'acqua non venga integrata dalle precipitazioni, essa deve essere gestita con input di "pioggia equivalente" fornita per irrigazione. Il sistema irriguo "a goccia", utilizzando volumi d'acqua ridotti su aree limitate (tanto più quanto la tessitura dei suoli è grossolana), comporta il rischio di non coprire tempestivamente eventuali deficit idrici. È quindi frequente che, per contrastare l'eventuale stress indotto alla vite, e quindi la riduzione della resa, e per distribuire equamente i turni irrigui sui vari settori dei consorzi, si irrighi più del necessario.
Generalmente restituzioni stagionali[3] di 20-30 mm per ettaro (200-300 m^3/ha), che corrispondono approssimativamente a turni irrigui di 4 ore, possono essere sufficienti. Si arriva a un massimo di 80–100 mm per ettaro (800-1.000 m^3/ha) nelle annate caratterizzate da scarse o nulle precipitazioni estive.

SISTEMI DI SUPPORTO ALL'IRRIGAZIONE

Per mantenere elevate le performance in termini quantitativi e qualitativi del vigneto e allo stesso tempo promuovere un uso consapevole dell'acqua utilizzata per l'irrigazione, occorrono strumenti tecnici che stimino e predicano correttamente il fabbisogno irriguo, necessari per agire al momento giusto e con la corretta quantità d'acqua. In questo modo vengono ripristinate le condizioni ideali per lo sviluppo della vite evitando, al contempo, gli sprechi. Tali sistemi confluiscono nelle strategie aziendali dell'agricoltura di precisione (McBratney *et al.*, 2005), sviluppatasi nell'ultimo trentennio unendo le scienze agrarie con quelle informatiche, con l'obiettivo di supportare gli agricoltori nelle loro azioni. In questo contesto,

(3) Nel processo di stima del bilancio idrico, occorre considerare che l'irrigazione bagna solamente una quota-parte dell'appezzamento, mentre la pioggia cade in maniera uniforme su tutta la superficie. La superficie bagnata per irrigazione, e quindi il rapporto totale tra la superficie bagnata e la superficie totale, cambia in base a caratteristiche aziendali come, ad esempio, la distanza tra i gocciolatori, il sesto d'impianto, dalla distanza interfilare, del sistema di allevamento, ecc. A livello modellistico si calcola dapprima il fabbisogno irriguo in termini di "pioggia equivalente" (quindi misurata in mm o in m^3/ha) e, eventualmente, si trasforma il dato in litri/ora quando si conoscano le caratteristiche aziendali.

l'irrigazione di precisione utilizza le misure automatiche di variabili ambientali risolvendo i bilanci di massa e di energia legati agli scambi d'acqua nel sistema pianta-suolo-atmosfera e stimando il fabbisogno irriguo delle colture nel tempo e nello spazio.
Le sperimentazioni condotte presso FEM hanno mostrato che esiste un sensibile margine operativo per ridurre i volumi d'acqua irrigua in viticoltura con questo approccio: l'ottimizzazione non riguarda solamente "quanta acqua in meno" si possa somministrare, ma anche il "quando irrigare", passando da un modello "a calendario" ad una strategia basata non solo sulla quantità d'acqua disponibile nel suolo (AWC), ma sul variabile fabbisogno della vite durante la stagione. I modelli, affiancati alla misura in tempo reale dell'umidità del suolo, potranno quindi coadiuvare sia la strategia irrigua sia monitorare un "adeguato grado di stress" compatibile con gli obiettivi qualitativi della produzione (Deloire *et al.*, 2004; Tiercelin e Vidal, 2006; Baeza *et al.*, 2019).
Per tutti questi motivi è stato sviluppato in FEM un sistema digitale di calcolo del bilancio idrico orientato al supporto alla decisione irrigua. La catena modellistica è stata chiamata *Soil-Water Advanced Budget* (*SWAB*) e implementa il calcolo del fabbisogno idrico (la quantità d'acqua necessaria a compensare le perdite per evapotraspirazione) e del fabbisogno irriguo, cioè la differenza tra il fabbisogno idrico e tutti gli altri apporti idrici, che si sommano alla riserva d'acqua già disponibile nel suolo. *SWAB* è la completa riscrittura ed estensione del software *irri4web* (Zottele *et al.*, 2010), sviluppato più di un decennio fa e già disponibile sulla piattaforma PICA: analogamente ad *irri4web*, *SWAB* attinge alle informazioni dei suoli provenienti da essa.
Altre parametrizzazioni del comportamento dell'acqua nel suolo sono state inserite grazie alle misure dirette effettuate negli anni dal gruppo di lavoro dell'Unità Agrometeorologia e Sistemi Informatici del Centro Trasferimento Tecnologico di FEM, che al contempo monitora lo stato dell'atmosfera ed elabora i parametri climatici necessari al modello. Seguendo questo approccio, la capacità di ritenzione idrica dei suoli è stata considerata una costante idrologica (*Hard Constraints, SWAB-HC*) ed è quantificata mediante *pedotransfer functions* validate attraverso i dati ottenuti con il metodo delle piastre di Richards. Il contenuto d'acqua effettivamente disponibile per le piante varia però nel tempo adattandosi in maniera fortemente non-lineare agli input di pioggia e alla durata delle bagnature). Per questo motivo è in fase di realizzazione una versione sperimentale di *SWAB*, denominata "*Soft Constraints*" che potrà modulare l'irrigazione di conseguenza.

Irrigazione e raggruppamenti di suolo

Per comprendere quanto i fabbisogni irrigui del Trentino differiscano a seconda della variabilità intrinseca dei processi coinvolti nel sistema pianta-suolo-atmosfera, sono stati selezionati alcuni profili di suoli rappresentativi dei quattro Gruppi funzionali sintetici per

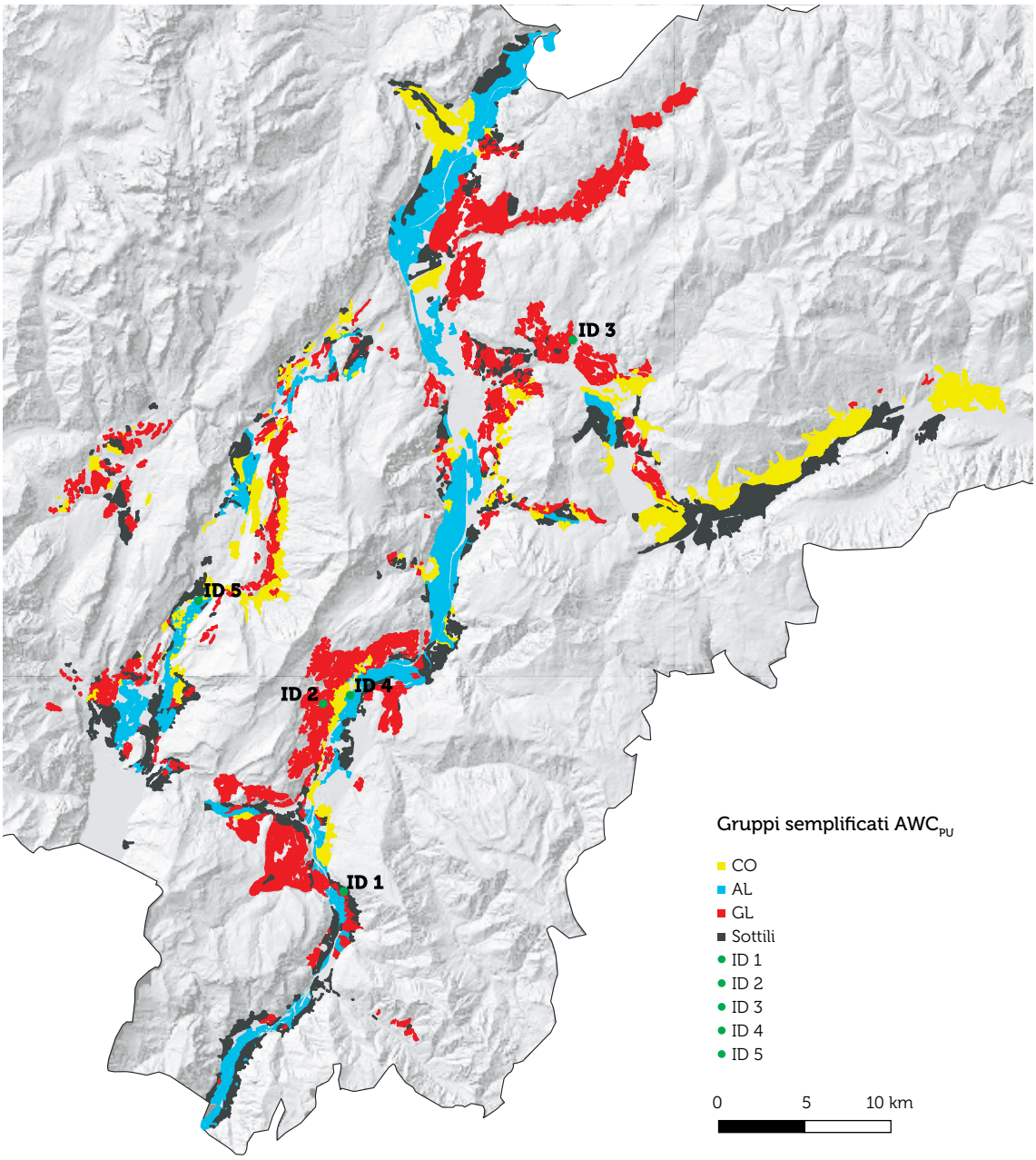


Figura 5
Mappa dei Gruppi funzionali sintetici per il contenuto di acqua disponibile sulla profondità utile (AWC_{PU}) e localizzazione dei 5 profili di suoli rappresentativi (ID da 1 a 5)

ID PROFILO RAPPRESENTATIVO	UNITÀ TIPOLOGICA DI SUOLO (UTS)	LONG. E LAT. N DEL PROFILO RAPPRESENTATIVO	GRUPPO	GRUPPO FUNZIONALE SINTETICO PER AWC_{PU}[4]	AWC (mm)	PROFONDITÀ UTILE (cm)
1	RAV1	11.022670 45.809185	COdo 1fs	Sottili	58	70
2	OLT1	11.010759 45.907437	CM 2f	GL	131	85
3	CVZ1	11.205029 46.093929	GLsi 3fs	GL	142	145
4	NGA1	11.031277 45.911483	COdo 3f	CO	164	133
5	PDD2	10.919328 45.962869	AL 3fl	AL	185	95

Tabella 2
Unità tipologica di suolo (UTS) dei 5 profili rappresentativi, relativa localizzazione (Longitudine Est e Latitudine Nord), Gruppo (Allegato I), Gruppo funzionale sintetico per AWC_{PU}, acqua disponibile (AWC) e profondità utile

l'AWC stimata alla profondità utile (AWC_{PU}) (Fig. 5 e Capitoli 4 e 5). Per semplicità di trattazione viene introdotto un codice identificativo per ognuno dei cinque profili rappresentativi, i quali esemplificano le casistiche più diffuse nel panorama dei suoli viticoli trentini (Tab. 2). Essi costituiscono quindi una chiave di lettura utile a ciascun viticoltore.

Si è preso un suolo di conoide dolomitico (UTS RAV1) per il Gruppo Sottili, un suolo su calcari marnosi (OLT1) e un suolo su glaciale silicatico (CVZ1) per il Gruppo GL (suoli su substrati glaciali), un suolo profondo di conoide (NGA1) per il Gruppo CO (suoli dei conoidi), e un suolo su alluvionale (PDD2) per il Gruppo AL (suoli alluvionali). Come si può vedere nella tabella 2, la riserva idrica e la profondità esplorabile delle radici sono molto diverse.

Si è simulata la risposta delle differenti tipologie di suolo in base a due regimi pluviometrici modello, denominati "secco" e "piovoso", utilizzando la serie storica di dati meteorologici (precipitazioni piovose raccolte per 20 anni dal 1° gennaio 2002 al 31 dicembre 2021, per un totale di 7.304 giorni) raccolti da FEM.

Va evidenziato che nel territorio trentino i regimi di pioggia variano, specialmente nel periodo estivo, da zona a zona. Sono molto numerosi gli eventi piovosi classificabili come semicontinui: piove in alcune zone, mentre in altre non si registra alcun apporto. Considerando che il modello *SWAB* lavora a scala giornaliera, e quindi è pienamente soggetto a tale variabilità, per rendere confrontabili i risultati è stata introdotta un'ulteriore semplificazione, prendendo come riferimento i dati di precipitazione misurati dalla sola stazione agrometeorologica di San Michele all'Adige (203 m s.l.m., Fig. 6).

Al regime "piovoso" corrisponde un input meteorico totale di 1.078 mm, mentre nel regime "secco" le precipitazioni totali sono pari a

(4) Si ricorda che, come riportato nel Capitolo 4, i Gruppi funzionali sintetici per l'acqua disponibile alla profondità utile (AWC_{PU}) associati come GL o glaciale comprendono i Gruppi di substrato dei suoli su glaciale misto (GLmi), silicatico (GLsi), dolomitico (GLdo) e anche i Gruppi CM (calcari marnosi), su basalto (BA), su siltiti del *Werfen* (SI) e (glaciale); quelli associati come "Sottili" appartengono quasi esclusivamente a suoli di conoide, quelli del Gruppo funzionale CO o di conoide comprendono i Gruppi di substrato dei suoli dei conoidi dolomitici (COdo), calcarei (COca), silicatici (COsi) e a litologia mista (COmi), e anche il Gruppo di substrato su gessi (GE).

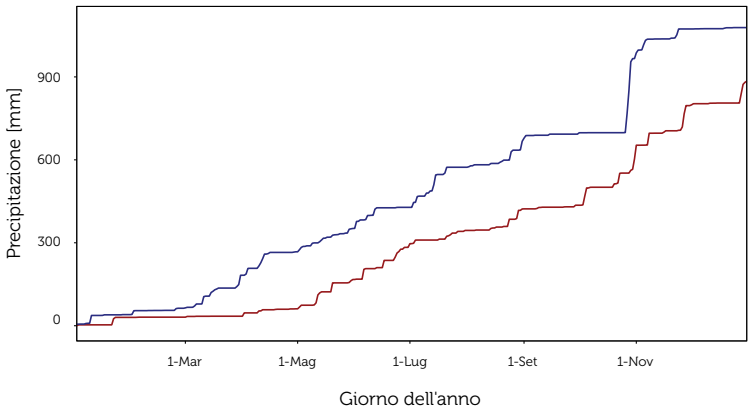


Figura 6
Andamento della precipitazione cumulata misurata nella stazione meteorologica di San Michele all'Adige per il regime "piovoso" (linea blu continua) e per il regime "secco" (linea rossa continua)

885 mm, con una differenza del 18% tra i due regimi. Emerge inoltre che da metà aprile fino a fine di settembre, periodo che corrisponde a grandi linee alla stagione vegetativa della vite, il differenziale di precipitazione medio tra i due regimi è invece pari a 56 mm (-13% nel secondo). Dal punto di vista irriguo, la distinzione sostanziale tra i due regimi è riferibile al periodo primaverile, che nel "regime secco" corrisponde a precipitazioni scarse, e a quello autunnale. Le copiose precipitazioni in tale periodo (fine ottobre) sono solitamente in grado di riportare i terreni alla saturazione e quindi, nel tempo, alla capacità di campo. In entrambi i regimi per tutta la stagione vegetativa si verificano numerosi eventi di precipitazione: se da una parte le piogge garantiscono che parte dell'acqua utilizzata dalla pianta venga reintegrata, dall'altra questi eventi aumentano il rischio di fitopatologie fungine da gestire con gli appropriati metodi di difesa.
L'evapotraspirazione di riferimento è stata stimata mediante il modello di *Penman-Monteith*(5) (Allen, 2004) utilizzando le misure dello stato dell'atmosfera nella stazione meteorologica di San Michele

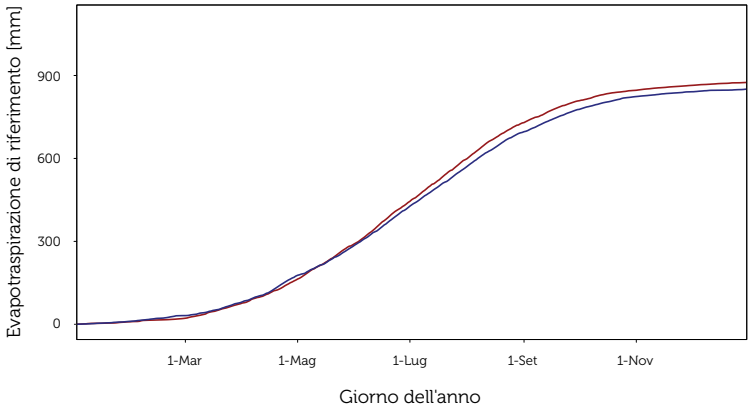


Figura 7
Andamento dell'evapotraspirazione di riferimento (Penman-Monteith) per il regime "piovoso" (linea blu continua) e per il regime "secco" (linea rossa continua)

(5) Il modello calcola l'evapotraspirazione di riferimento accoppiando il bilancio energetico con quello di massa, ovvero considerando i flussi d'acqua entranti ed uscenti nel sistema pianta-suolo-atmosfera, prendendo in considerazione dati meteorologici e stimando indirettamente l'evapotraspirazione. Esso è ampiamente utilizzato, tanto che è accettato dall'Organizzazione delle Nazioni Unite per modellizzare l'evapotraspirazione in agricoltura, nonostante, rispetto a misure dirette o ad altre tecniche, si possano stimare errori variabili dal 10 al 40%.

all'Adige. Durante il regime "secco" viene mobilitata un'energia equivalente all'evaporazione di 877 mm d'acqua, di fatto bilanciando il cumulo annuale della pioggia (Fig. 7). L'assorbimento dell'umidità da parte dell'atmosfera nel regime umido è logicamente minore (-9,3%).

L'andamento da inizio aprile a fine settembre mostra come la differenza tra i due regimi abbia un andamento costante e regolare. Pertanto, il contenuto d'acqua di ognuno dei cinque suoli sarà diverso a seconda del regime considerato. Ciò è legato in misura importante, ma non esclusiva, alla variabilità delle precipitazioni nell'arco dell'anno.

Un ruolo di primaria importanza rivestono gli input di precipitazione al termine della stagione secca invernale fino alla ripresa vegetativa. Scarsi apporti piovosi, combinati con i processi evaporativi prima, ed evapotraspirativi poi, aumentano il rischio di arrivare precocemente alla situazione di stress idrico. Tale aspetto è estremamente rilevante nel dimensionamento e nella progettazione dei bacini di accumulo d'acqua irrigua. Per dettagli relativi a metodi ed analisi dell'eventuale rischio di condizioni di stress idrico primaverile, si rimanda al lavoro sui suoli delle Valli del Noce (Porro *et al.*, 2017a).

Per potere confrontare visivamente i differenti andamenti del contenuto d'acqua nelle cinque tipologie di suolo individuate (Tab. 2), viene utilizzata una scala comune utile per comprendere tali tendenze che vengono illustrate nelle figure da 8 a 17. Il valore inferiore (0%) rappresenta il contenuto d'acqua in corrispondenza del "punto di appassimento permanente". Quando si raggiunge tale stato, la situazione della vite è compromessa ed i tessuti della pianta non riuscirebbero a recuperare la turgidità nemmeno con interventi di irrigazione. Il valore superiore (100%) corrisponde al contenuto d'acqua alle condizioni di "capacità di campo", ovvero nella condizione più favorevole per le radici, in cui i macropori sono pieni d'aria e le radici della vite assorbono con sforzo minimo l'acqua dai micropori. L'intervallo tra valore superiore e inferiore rappresenta la riserva teorica d'acqua disponibile per la vite giorno per giorno.

Precipitazioni o irrigazioni che aumentano il contenuto d'acqua nel suolo al di sopra del limite della capacità di campo contribuiscono al temporaneo riempimento dei macropori fino, eventualmente, alla completa saturazione: tali quantitativi vengono calcolati, ma non rappresentati nelle figure. L'area compresa tra la linea tratteggiata ed il limite superiore rappresenta il volume percentuale di "acqua rapidamente disponibile". Avanzando sotto questa soglia una quota significativa dell'energia prodotta dalla vite viene spesa per approvvigionarsi, in quanto l'umidità è trattenuta nei micropori con forza sempre maggiore. In tali condizioni la pianta subisce uno "stress" via via crescente. Una pioggia o un turno irriguo ripristinano le condizioni di più facile assorbimento. Lo stress non è necessariamente negativo: è anzi dimostrato che uno stato di "stress controllato" può migliorare alcuni parametri qualitativi delle produzioni, quali il contenuto di zuccheri, antociani e polifenoli totali.

Suolo del Gruppo funzionale sintetico Sottili con AWC bassa - ID 1

A causa della modesta profondità, che limita la riserva idrica, il suolo reagisce molto velocemente a periodi senza precipitazioni, soprattutto durante la stagione vegetativa. Da metà giugno in poi, senza irrigazione, si può passare repentinamente da condizioni di adeguata disponibilità idrica a condizioni di stress molto severo, con valori inferiori al 15% della riserva idrica. Piogge estive anche di modesta entità, al contrario, riescono a ripristinare condizioni di massima disponibilità per la pianta.

In un suolo così "reattivo" risulta difficile controllare lo stress idrico per la vite[6]. Anche nel caso di brevi periodi secchi occorre intervenire frequentemente, ma con ridotte quantità di acqua, per evitare il veloce passaggio alle condizioni di stress severo (Fig. 8). Aumenta, al contempo, il rischio di sovrairrigare nel caso in cui i turni di irrigazione vengono schedulati indipendentemente dai fenomeni piovosi. Anche nell'annata "secca" la strategia irrigua deve tenere conto della "reattività" del suolo, in particolare nella primavera caratterizzata da scarse precipitazioni (fino a maggio), periodo di fioritura che si verifica quindi in condizioni di leggero stress. Le perturbazioni tipiche della tarda primavera riescono in seguito a far fronte allo stress (Fig. 9). La gestione dell'irrigazione in suoli con analoghe caratteristiche idrologiche andrebbe quindi supportata da previsioni meteorologiche affidabili sui quantitativi di pioggia previsti. Ciò consentirebbe di evitare turni di irrigazione a ridosso dell'incursione di perturbazioni, che costituirebbero uno spreco idrico (e anche energetico, nel caso l'acqua venga pompata). D'altro canto, condizioni di stress severo in estate (luglio-settembre) vengono raggiunte sia nell'annata "piovosa"

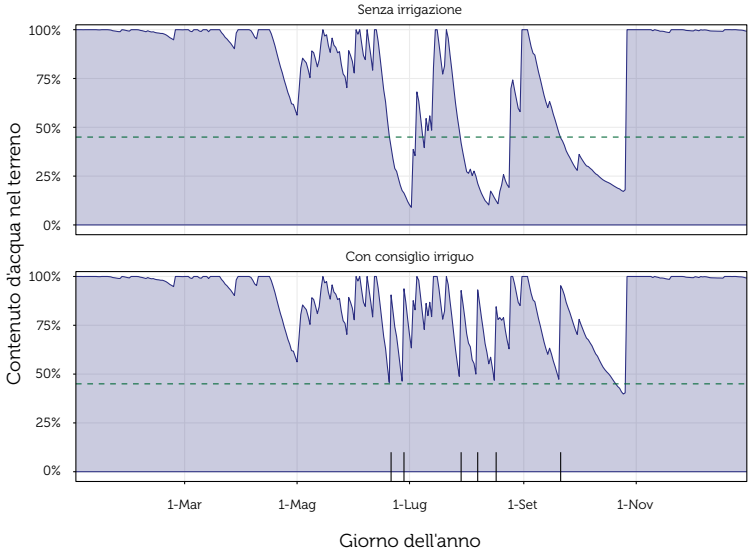


Figura 8
Andamento del contenuto d'acqua nel suolo "1" in condizione di regime meteorologico "piovoso". L'area azzurra sottende il contenuto d'acqua nel suolo nel caso in cui non si irrighi oppure si somministri acqua seguendo un consiglio basato sul fabbisogno nei momenti ottimali in cui occorre intervenire (segmenti neri)

(6) Soprattutto quando non si disponga a livello di Consorzio irriguo di una rete di sensori di misura dell'umidità del suolo affidabile e fitta in modo da intercettare la intrinseca variabilità spaziale a scala di grande dettaglio.

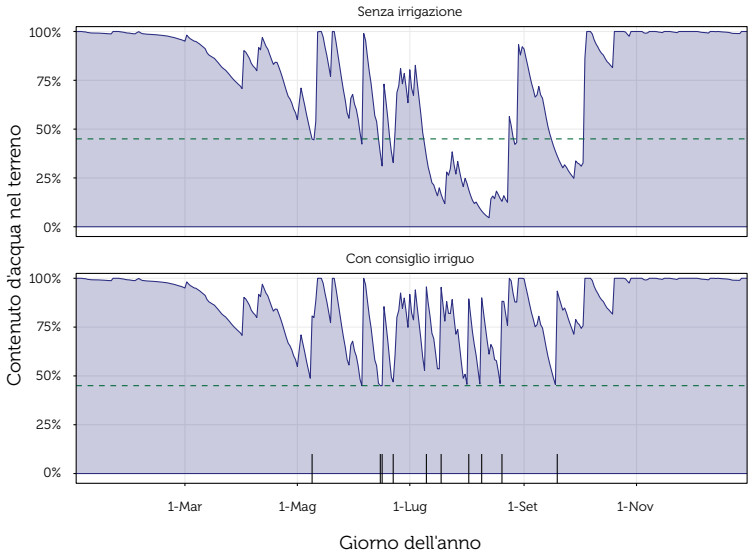


Figura 9
Andamento del contenuto d'acqua nel suolo "1" in condizione di regime meteorologico "secco". L'area azzurra sottende il contenuto d'acqua nel suolo nel caso in cui non si irrighi oppure si somministri acqua seguendo un consiglio basato sul fabbisogno nel momento ottimale per intervenire (segmenti neri)

che in quella "secca". Ciò rende l'irrigazione un sistema di salvaguardia della produzione, che andrebbe combinato con la riduzione della superficie evapotraspirante (mediante interventi di potatura a verde) e/o gestendo adeguatamente l'inerbimento del suolo.
Per far fronte alla ridotta capacità di immagazzinamento d'acqua sono necessari frequenti interventi irrigui durante tutta la stagione estiva (luglio-agosto): in tal modo le viti, non entrando mai in condizioni di stress, possono massimizzare l'efficienza traspirante. Nelle annate caratterizzate da primavere con scarse precipitazioni è però auspicabile irrigare anche nel mese di aprile per evitare condizioni di stress nella fase delicata di fioritura. In entrambi i regimi, occorre evidenziare che, per le caratteristiche di questi suoli, è necessario intervenire con irrigazioni frequenti che riportino sopra la soglia di stress. Pertanto, la strategia irrigua sostanzialmente non cambia se l'annata è "piovosa" o "secca". I volumi d'acqua irrigua (in volume di pioggia equivalente) consigliati nell'annata "secca" sono il 30% maggiori rispetto a quelli dell'annata "piovosa".

Suolo del Gruppo funzionale sintetico GL con profondità utile moderatamente alta e AWC media - ID 2

Il suolo scelto come esempio è caratterizzato da una profondità utile di poco maggiore rispetto al suolo "1", ma ha una quantità più che doppia di acqua rapidamente disponibile. Nel regime piovoso gli apporti per irrigazione consigliati sono in numero limitato e concentrati nel periodo che va da agosto fino alla vendemmia. Essi sono mirati a ripristinare l'acqua rapidamente disponibile in corrispondenza di leggeri stress della vite (Fig. 10).
Nel caso di un regime meteorologico "secco", il suolo riesce a far fronte al periodo prolungato di siccità primaverile. Durante la piena stagione vegetativa la riserva d'acqua viene mobilitata rapidamente dalla vite, conducendo a condizioni di stress severo. I turni irrigui

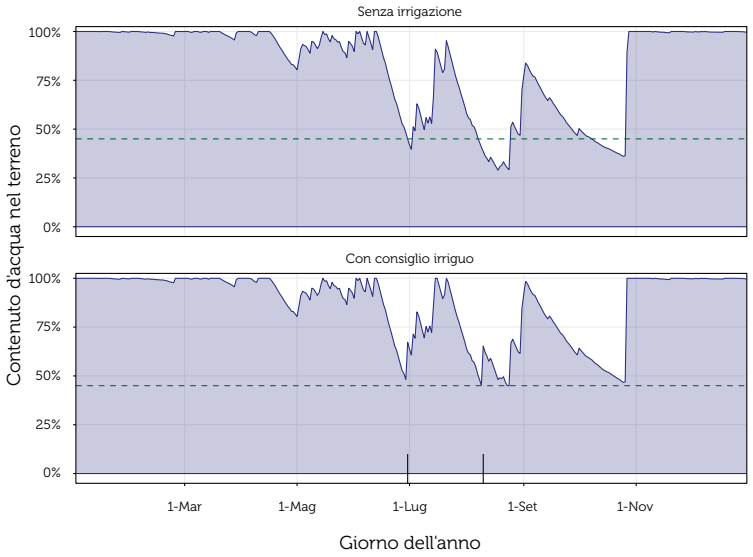


Figura 10
Andamento del contenuto d'acqua nel suolo "2" in condizione di regime meteorologico "piovoso". L'area azzurra sottende il contenuto d'acqua nel suolo nel caso in cui non si irrighi oppure si somministri acqua seguendo un consiglio basato sul fabbisogno nel momento ottimale per intervenire (segmenti neri)

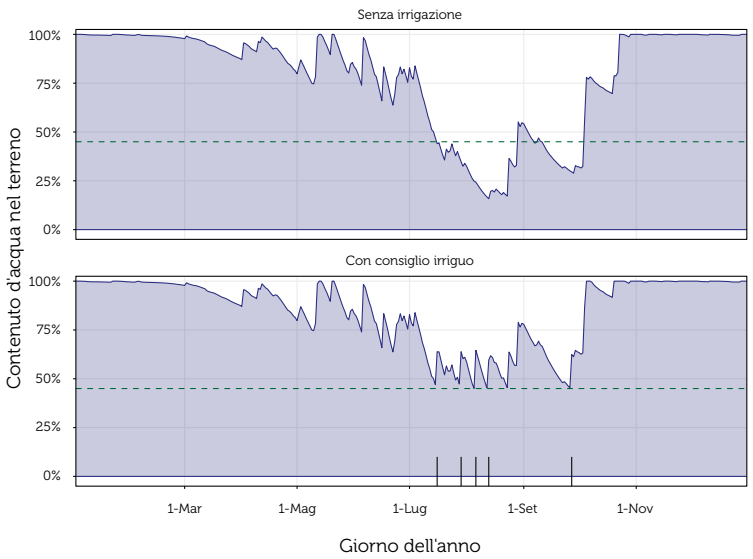


Figura 11
Andamento del contenuto d'acqua nel suolo "2" in condizione di regime meteorologico "secco". L'area azzurra sottende il contenuto d'acqua nel suolo nel caso in cui non si irrighi oppure si somministri acqua seguendo un consiglio basato sul fabbisogno nel momento ottimale per intervenire (segmenti neri)

possono però giorno per giorno far fronte agli output evapotraspirativi (Fig. 11). Diventa quindi cruciale, per ottimizzare il consumo d'acqua irrigua, modulare gli input d'acqua anche in funzione delle precipitazioni previste nei giorni successivi. Nelle annate più secche i volumi d'acqua utilizzati seguendo il consiglio irriguo sono il 200% maggiori rispetto alle annate "piovose".

Suolo del Gruppo funzionale sintetico GL con profondità utile elevata e AWC media - ID 3

Tale suolo è caratterizzato da una disponibilità d'acqua lievemente maggiore a quella dell'esempio precedente, ma da una profondità utile per le radici maggiore. Nel regime "piovoso" gli apporti meteorologici consentono di mantenere una notevole quantità d'acqua durante la stagione vegetativa facendo rilevare un solo episodio di leggero stress da metà agosto fino agli inizi di settembre. Nel caso

si vogliano evitare queste condizioni è possibile intervenire, avendo disponibilità di risorsa, con un intervento mirato, facendo fronte all'evapotraspirazione effettiva della pianta nella parte finale della fase di maturazione delle uve, in attesa delle precipitazioni di fine agosto - inizio settembre (Fig. 12).
Nel regime "secco" si verificano, invece, due episodi di prolungato e marcato stress idrico dovuti al fatto che le precipitazioni non riescono a far fronte ai processi evapotraspirativi. È interessante notare come, in questa tipologia edafica, si riesca a contrastare la siccità di settembre intervenendo con irrigazioni mirate durante il periodo che va da metà luglio a metà di agosto. Avendo arricchito la disponibilità idrica del suolo, le successive precipitazioni riescono a coprire i fabbisogni della vite senza necessità di ulteriori interventi (Fig. 13). Nel regime "secco" il volume d'acqua utilizzato seguendo il consiglio irriguo è del 316% maggiore rispetto a quanto consigliato nel regime "piovoso".

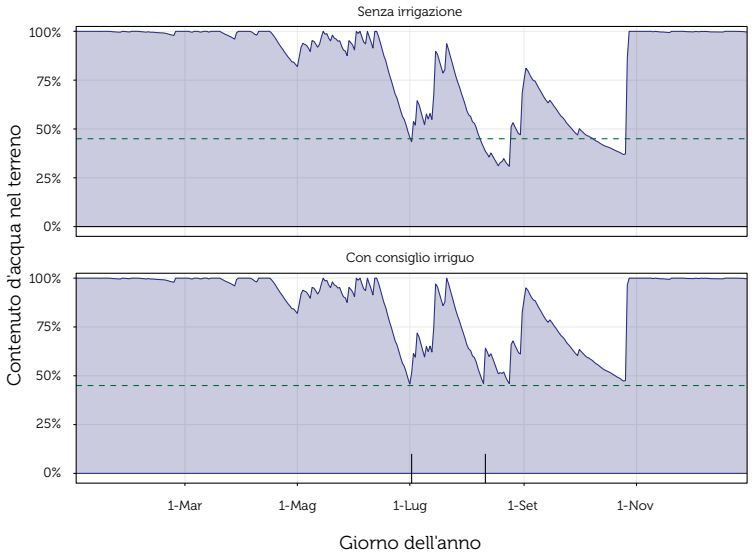


Figura 12
Andamento del contenuto d'acqua nel suolo "3" in condizione di regime meteorologico "piovoso". L'area azzurra sottende il contenuto d'acqua nel suolo nel caso in cui non si irrighi oppure si somministri acqua seguendo un consiglio basato sul fabbisogno nel momento ottimale per intervenire (segmenti neri)

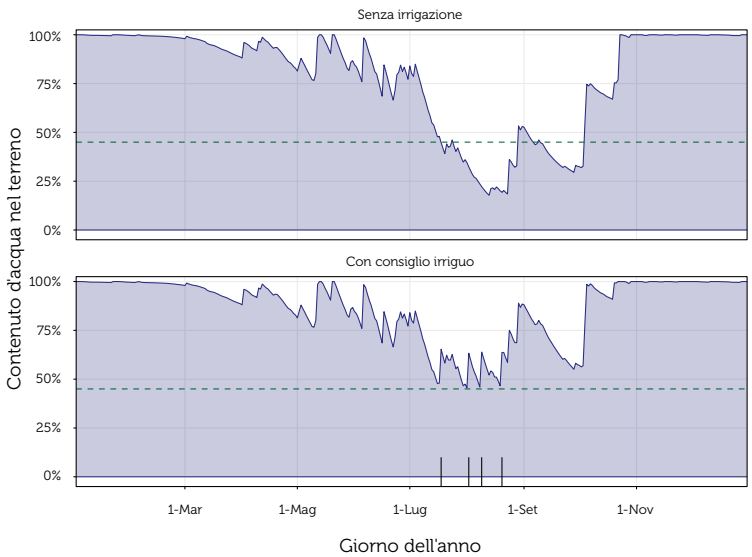


Figura 13
Andamento del contenuto d'acqua nel suolo "3" in condizione di regime meteorologico "secco". L'area azzurra sottende il contenuto d'acqua nel suolo nel caso in cui non si irrighi oppure si somministri acqua seguendo un consiglio basato sul fabbisogno nel momento ottimale per intervenire (segmenti neri)

Suolo del Gruppo funzionale sintetico CO con profondità utile elevata e AWC alta - ID 4

Tale suolo è caratterizzato da elevata acqua disponibile (classe "alta") e da una elevata profondità esplorabile dalle radici. Esso può quindi incamerare gli apporti piovosi e mantenere una sufficiente disponibilità idrica per far fronte ai fabbisogni della vite.

Nel caso di un regime "piovoso", il suolo raggiunge le condizioni di un leggerissimo stress idrico a fine agosto, che può essere evitato con un solo turno irriguo (Fig. 14). Lo stress modesto in questo periodo dell'anno potrebbe anche essere funzionale a particolari obiettivi produttivi. In questo caso pertanto è necessario quantificare il grado di stress auspicabile in funzione dell'obiettivo enologico e decidere se reintegrare o meno le riserve con apporti idrici.

Come nel caso del suolo precedente, in un regime "secco", il periodo tardo estivo (fino alla raccolta) può portare la pianta a condizioni di

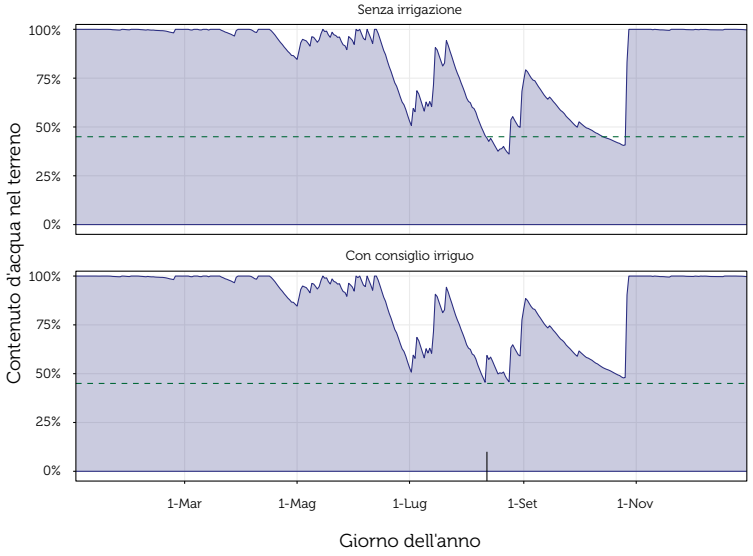


Figura 14
Andamento del contenuto d'acqua nel suolo "4" in condizione di regime meteorologico "piovoso". L'area azzurra sottende il contenuto d'acqua nel suolo nel caso in cui non si irrighi oppure si somministri acqua seguendo un consiglio basato sul fabbisogno nel momento ottimale per intervenire (segmento nero)

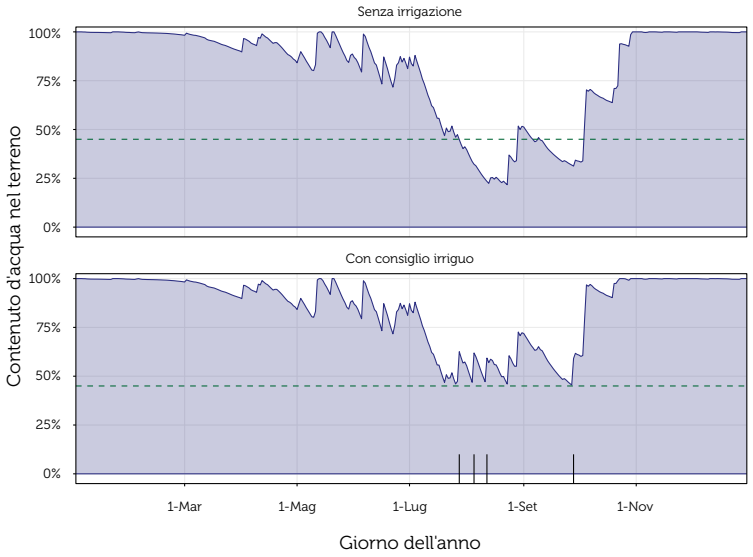


Figura 15
Andamento del contenuto d'acqua nel suolo "4" in condizione di regime meteorologico "secco". L'area azzurra sottende il contenuto d'acqua nel suolo nel caso in cui non si irrighi oppure si somministri acqua seguendo un consiglio basato sul fabbisogno nel momento ottimale per intervenire (segmenti neri)

stress da medio a severo, in quanto le precipitazioni non riescono a far fronte ai bisogni evapotraspirativi. La modulazione dei turni irrigui in funzione delle precipitazioni tardo estive permette di sfruttare pienamente le potenzialità del sistema a supporto delle decisioni irrigue (Fig. 15). Per il suolo di tipo "4", con un regime "secco" si utilizzerebbe il 240% di acqua in più rispetto a quanto consigliato nel regime "piovoso".

Suolo del Gruppo funzionale sintetico AL con profondità utile moderatamente alta e AWC media - ID 5

Questo suolo è caratterizzato da una relativamente cospicua disponibilità idrica nonostante una profondità utile piuttosto ridotta, inferiore al metro (classe "moderatamente alta"). Nel regime "piovoso" le costanti idrologiche sono tali da mantenere una riserva di

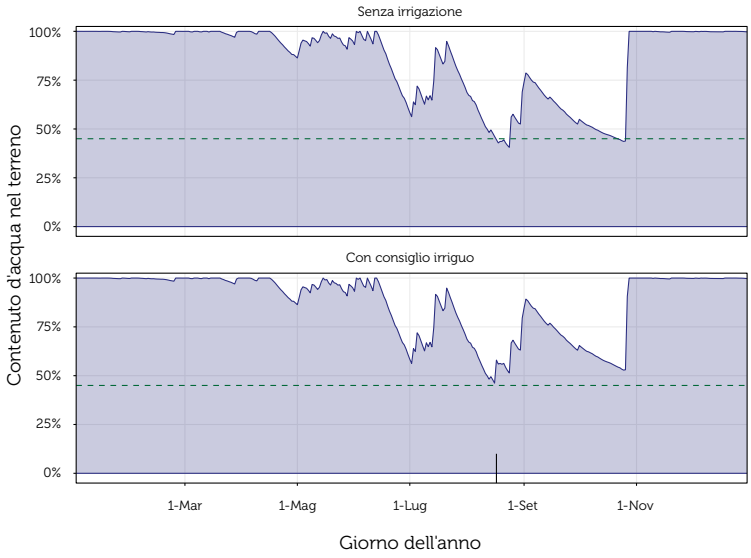


Figura 16
Andamento del contenuto d'acqua nel suolo "5" in condizione di regime meteorologico "piovoso".
L'area azzurra sottende il contenuto d'acqua nel suolo. Le costanti idrauliche del suolo e le condizioni meteorologiche sono tali da rendere quasi superfluo l'intervento irriguo

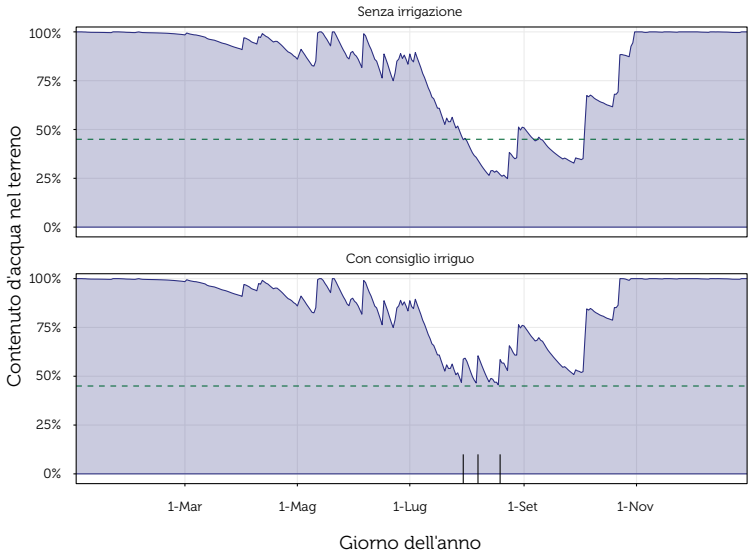


Figura 17
Andamento del contenuto d'acqua nel suolo "5" in condizione di regime meteorologico "piovoso".
L'area azzurra sottende il contenuto d'acqua nel suolo nel caso in cui non si irrighi oppure si somministri acqua seguendo un consiglio basato sul fabbisogno nel momento ottimale per intervenire (segmenti neri)

acqua rapidamente disponibile per le radici per tutto il corso della stagione vegetativa (Fig. 16).
Durante un'annata "secca" si hanno condizioni analoghe a quelle registrate per gli esempi "3" e "4". In questo caso, i fabbisogni irrigui estivi possono essere gestiti, grazie alla notevole riserva d'acqua disponibile, con interventi irrigui tempestivi e mirati. Grazie al sistema di supporto alle decisioni SWAB, così come evidenziato e disponendo di precise previsioni meteorologiche, è possibile evitare irrigazioni da fine agosto in poi. In relazione alla maggiore riserva disponibile, il volume totale delle irrigazioni consigliate è del 10% minore rispetto al suolo "4" pur seguendo una strategia irrigua del tutto analoga (Fig. 17).

OTTIMALE GESTIONE DELL'IRRIGAZIONE

In viticoltura è fondamentale poter effettuare interventi tempestivi di irrigazione per mantenere un'adeguata umidità dei suoli tali da sostenere i fabbisogni, con particolare attenzione alla ripresa vegetativa e alla fioritura, ma anche alle successive fasi delicate del processo di maturazione delle uve. Per la pianificazione irrigua a scala di bacino idrologico è auspicabile condurre un'analisi pedoclimatica dei fabbisogni del periodo aprile-maggio, per identificare l'estensione e la localizzazione delle aree più a rischio di stress idrico.
In piena stagione è strategico mantenere sotto controllo il contenuto d'acqua del suolo mediante una corretta gestione irrigua, sfruttando gli apporti di precipitazione tipici del clima temperato. Diventano pertanto estremamente importanti i sistemi di supporto alle decisioni irrigue che, tenendo conto dell'andamento meteorologico, stimano in tempo reale lo stato idrico della vite.
Per decidere quando intervenire con l'apporto idrico è necessario disporre di informazioni (stime ed eventuali misure di controllo in campo) relative allo stato idrico del suolo e del vigneto, ricordando che la vite può supportare anche leggeri stress idrici prima di compromettere la funzionalità fogliare. Ciò deve essere tenuto presente maggiormente nei suoli sottili e/o con bassa capacità di ritenzione, dove gli stress acuti sono la norma anche nelle annate umide. Occorrerà quindi prevedere interventi tempestivi più frequenti al momento opportuno e con la corretta quantità d'acqua.
Oltre al monitoraggio in campo del contenuto idrico del suolo quando sono disponibili dei sensori (Foto 1), prima di intervenire è consigliabile effettuare puntuali osservazioni del comportamento della pianta direttamente in vigneto per poter rilevare eventuali manifestazioni di stress idrici iniziali. Qualora i sintomi visivi dovessero confermare condizioni di stress, sarà necessario procedere con interventi irrigui onde evitare limitazioni della funzionalità fogliare e quindi del processo fotosintetico, della sintesi di zuccheri, sostanze aromatiche e di tutti i composti che innalzano il livello qualitativo delle uve.

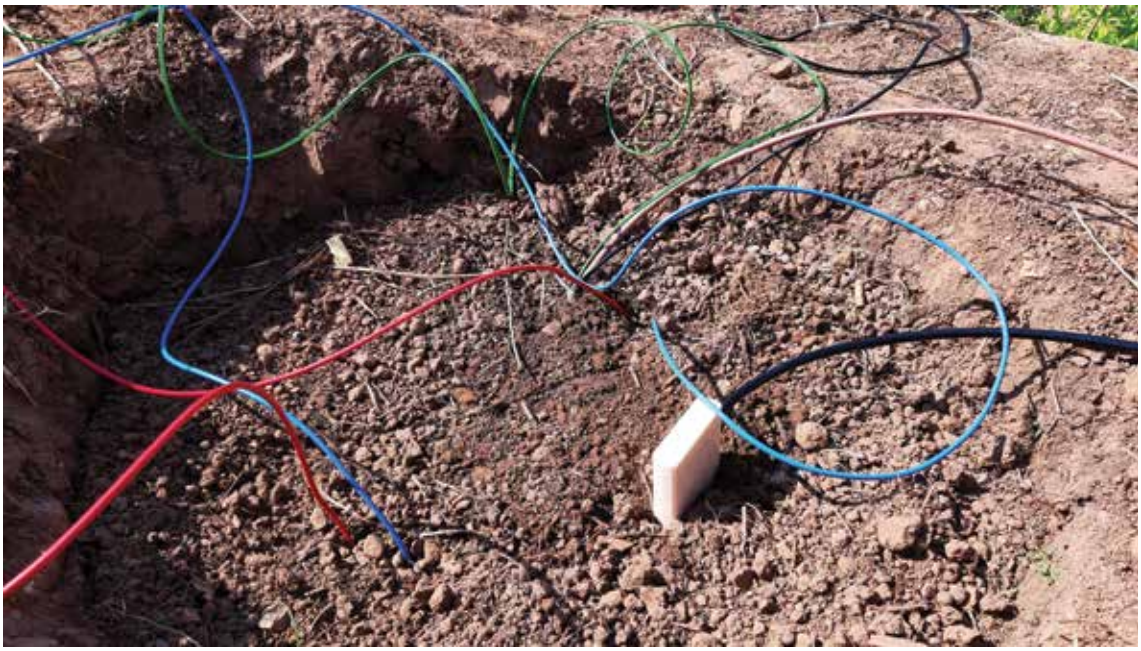


Foto 1
Installazione di diverse tipologie di sensori per la misurazione dell'umidità del terreno

Nei suoli sottili (profondità utile <75 cm), tanto più è elevata la percentuale di scheletro, tanto più la vite incorre in situazioni di stress idrico. Nei suoli più profondi, dove le riserve idriche sono più elevate, ridotti apporti irrigui possono risultare funzionali per favorire un maggior sviluppo delle radici verso strati più profondi, sfruttando meglio la riserva del suolo (e rendendo più efficaci gli interventi).
Gli stress idrici possono anche verificarsi quando i suoli sono troppo compatti limitando lo sviluppo delle radici. Pertanto, tutti gli interventi volti all'attenuazione del compattamento del suolo ed al miglioramento della macro-porosità e dell'aerazione sono fondamentali per assicurare sviluppi radicali ottimali e garantire le esigenze idriche e nutritive della chioma.
Una affidabile stima del bilancio idrico permette di quantificare interventi irrigui opportuni e razionali, dimensionando anche adeguatamente gli impianti[7]. Il quadro sarebbe completo se si potessero effettuare simulazioni degli andamenti meteorologici più probabili nei decenni a venire, includendo l'impatto del cambiamento climatico previsto nell'arco alpino sul regime delle piogge e delle temperature. Queste proiezioni consentirebbero di valutare "se, dove e quanto" le zone vulnerabili al rischio di stress idrico primaverile possano estendersi.
Poiché è prevedibile l'intensificarsi degli eventi estremi (periodi siccitosi e piogge particolarmente "impulsive") sarà tanto più necessario contemplare, in fase di rinnovo degli impianti, una serie di buone pratiche per evitare l'erosione dei suoli e per regolare in maniera

(7) Le distanze dei gocciolatori, ad esempio, dovranno essere più ravvicinate nei suoli sciolti e con minore riserva idrica, e maggiori in quelli più pesanti, con valori rispettivamente compresi tra 40-50 cm e 90-100 cm.

efficace il deflusso superficiale. Uno studio approfondito dell'intensità e della probabilità degli eventi piovosi e dei fabbisogni irrigui nel futuro potrebbe poi aiutare nella valutazione dell'insorgere di nuove situazioni di rischio per l'approvvigionamento concorrente d'acqua in piena estate per uso civile, agrario e turistico (Sinisi, 2011; EEA, 2017), fornendo strumenti operativi per valutare con largo anticipo l'eventualità di ampliare i bacini di raccolta delle acque o di aumentare l'efficienza degli impianti irrigui.

Emergono quindi quattro elementi che possono aiutare la gestione sostenibile dell'irrigazione:

1. la conoscenza precisa dell'acqua disponibile nei suoli, in particolare nelle tipologie scheletriche, per le quali i dati disponibili sono meno affidabili, mediante stime calibrate con misure in campo;
2. la messa a punto di strumenti diagnostici per stimare correttamente il bilancio idrico del suolo nel corso dell'annata, basandosi su modelli predittivi, così come esemplificato per diverse tipologie di suolo utilizzando SWAB;
3. la disponibilità di previsioni meteorologiche affidabili della quantità di precipitazione attesa per stimare eventuali stress idrici prolungati;
4. la messa a punto di modelli climatici per predire i fabbisogni irrigui futuri, per la pianificazione e la gestione di medio e lungo periodo.

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (2010). *La zonazione della DOC Terra dei Forti. Manuale d'uso del territorio*. Veneto Agricoltura, Legnaro (PD), pp. 151.

AA.VV. (2018). *La vitivinicoltura in Trentino 2017*. In: Camera di Commercio I.A.A. di Trento (ed.), I quaderni dell'Enoteca - Palazzo Roccabruna. Grafica Futura, Trento, pp. 70.

Aichner M., Drahorad W., Lardschneider E., Mantinger H., Matteazzi A., Menke F., Raifer B., Rass W., Stimpfl E., Thalheimer M., Zöschg M. (2004). *Die Blattanalyse*. In: Boden und Pflanzenernährung im Obstau, Weinbau und Bioanbau, Südtiroler Beratungsring für Obst- und Weinbau, Laimburg (BZ), Italy, 105-117.

Allen R.G. (2004). *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2004.

ARPA Veneto (2005). *Carta dei suoli del Veneto*. Dipartimento Provinciale di Treviso, pp. 382.

ARPA Veneto (2007). *L'interpretazione delle analisi del terreno*. Padova, pp. 72.

ARPA Veneto (2008). *Manuale per la descrizione delle Unità tipologiche di suolo*. Treviso, pp. 97.

ARPA Veneto (2011). *Manuale per la descrizione del suolo*, pp. 108 (documento scaricabile sul sito di ARPA VENETO).

Bachelier G. (1978). *La faune des sols, son écologie et son action*. Initiation-Documents Techniques n°38. O.R.S.T.O.M. Paris, pp. 391.

Baeza P., Junquera P., Peiro E., Lissarrague J. R., Uriarte D., Vilanova M. (2019). *Effects of Vine Water Status on Yield Components, Vegetative Response and Must and Wine Composition*. In: Morata A., Loira I. (Eds.). Advances in grape and wine biotechnology, IntechOpen.

Barbeau G. (2008). *Influence du fonctionnement de la vigne sur la qualité du vin*. VI Foro Mundial del Vino - Logroño, Spagna - 22/24 aprile 2008, 6.

Bavaresco L., Civardi S., Pezzutto S., Gatti M., Ferrari F. (2006). *Effetti sulla vite della clorosi ferrica da calcare*. L'Informatore Agrario, 21: 50-54.

Bigot G., Degano F., Chiavoni A., Paladin M., Visintini A., Battistutta F., Tat L., Brotto L., Martellos S., Pivetta F., Porro D., Sivilotti P. (2009). *Zolfo e azoto per aromi al top*. VQ, 7: 20-26.

Cantina di Mori Colli Zugna (ed.) (2005). *La terra, l'ambiente, la vite: la conoscenza dei suoli e del clima per orientare i viticoltori della cantina Mori Colli Zugna*. Editore Cantina Mori Colli Zugna, pp. 206.

Christensen P.L., Bianchi M.L., Peacock W.L., Hirschfelt D.J. (1994). *Effects on nitrogen fertilizer timing and rate of inorganic nitrogen status, fruit composition, and yield of grapevines*. American Journal of Enology and Viticulture, 45(4): 377-387.

Conradie W.J. (1980). *Seasonal uptake of nutrients by Chenin blanc in sand culture: I. Nitrogen*. South African Journal for Enology and Viticulture, 1: 59-65.

Conradie W.J. (1992). *Partitioning of nitrogen in grapevines during autumn and the utilization of nitrogen reserves during the following season*. South African Journal for Enology and Viticulture, 13: 45-51.

Corradini F., Mancabelli A., Pinamonti F., Sartori G., Tomasi T., Turri F. (1997). *Il territorio agricolo di S. Margherita di Ala*. Istituto Agrario di San Michele all'Adige, pp. 179.

Costantini E.A.C., Bucelli P. (2008). *Suolo, vite ed altre colture di qualità: l'introduzione e la pratica dei concetti "terroir" e "zonazione"*. Italian journal of agronomy, 1 Suppl.: 23-33

Costantini E.A.C. (2015). *La componente pedologica del terroir*. Italus Hortus, 22 (1), 15-30

Costantini E.A.C. (a cura di) (2007). *Linee guida dei metodi di rilevamento e informatizzazione dei dati pedologici*. CRA-ABP, Firenze, Italia, pp. XV, 280.

Coulon C., (2012). *Méthode de caractérisation systémique du fonctionnement de la vigne à partir de l'évaluation des effets combinés du milieu et des pratiques culturales pour prévoir les types de vins.* Agronomy. Université d'Angers, pp. 244.

D'Avino L. (2002). *Esposizione del metodo di Vittorio Parisi per la valutazione della Qualità Biologia del Suolo (QBS) e proposta di standardizzazione delle procedure*. Museo di Storia Naturale dell'Università di Parma. CD ROM - Parma, Gennaio 2002.

Delas J. (2011). *La fertilisation de la vigne: contribution à une viticulture durable*. Edition Féret, Bordeaux, pp. 166.

Deloire A., Carbonneau A., Wang Z., Ojeda H. (2004). *Vine and water: a short review*. OENO One, 38, 1: 1-13.

Di Piazza A., Eccel E. (2012). *Analisi di serie giornaliere di temperature e precipitazione in Trentino nel periodo 1958-2010*. A cura di Osservatorio Trentino sul clima, Dipartimento Protezione Civile, incarico Dirigenziale per la Programmazione di protezione civile. Litotipografia Alcione: Trento, pp. 92.

Dierig D.A., Adama N.R., Mackey B.E., Dahlquist G.H., Coffelt T.A. (2006). *Temperature and elevation effects on plant growth, development, and seed production of two Lesquerella species*. Industrial Crops and Products, 24: 17-25.

EEA (2017). https://www.eea.europa.eu/ds_resolveuid/CPW80TZ56U

Failla O., Scienza A., Stringari G., Mescalchin E. (1991). *Risultati di un triennio di applicazione della diagnostica fogliare nei vigneti del Trentino*. Vignevini, 9: 65-70.

Failla O., Stringari G., Porro D., Scienza A. (1993). *Stato nutrizionale di alcune zone viticole dell'Italia centro-settentrionale*. Vignevini, 3: 77-82.

Falcetti M., De Biasi C., Aldrighetti C., Costantini E. A. C., Pinzauti S. (1998). *Atlante viticolo. Il contributo del progetto di zonazione alla conoscenza, gestione e valorizzazione del vigneto della Cantina LaVis.* Cantina LaVis, Trento.

Falcetti M., De Biasi C., Aldrighetti C., Molinari P., Costantini E. A. C., Pinzauti S. (2007). *Atlante viticolo della Valle di Cembra. Il contributo del progetto di zonazione alla conoscenza, gestione e valorizzazione del vigneto della Cantina LaVis e Valle di Cembra.* Cantina LaVis, Trento.

Fitzpatrick R.W. (2013). *Demands on Soil Classification and Soil Survey Strategies: Special-Purpose Soil Classification Systems for local Practical Use*. In: Shahid S., Taha F., Abdelfattah M. (eds.), Developments in Soil Classification, Land Use Planning and Policy Implications, Springer, 51-83.

GlobalSoilMap Science Committee (2013). Specifications: Tiered GlobalSoilMap.net Products, Release 2.3.

He X., Hou E., Liu Y., Wen D. (2016). *Altitudinal patterns and controls of plant and soil nutrient concentrations and stoichiometry in subtropical China*. Scientific Reports-Nature (6), Article number: 24261.

ISRIC - FAO (2002). *Procedures for soil analysis*. VI edition, pp. 101.

IUSS Working Group WRB (2006). *World reference base for soil resources 2006*. 2nd edition. World Soil Resources Reports No. 103, FAO, Rome.

IUSS Working Group WRB (2015). *World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015*. World Soil Resources Reports No. 106, FAO, Rome.

Jones G.V., Nelson P., Snead N. (2004). *Modeling Viticultural Landscapes: A GIS Analysis of the Terroir Potential in the Umpqua Valley of Oregon*. Geoscience Canada, 31(4): 167-178.

Jones, G.V. (2006). *Climate and Terroir: Impacts of Climate Variability and Change on Wine*. In: Macqueen R.W. and Meinert, L.D. (eds.), Fine Wine and Terroir - The Geoscience Perspective, Geoscience Canada, Reprint Series Number 9, Geological Association of Canada, St. John's, Newfoundland, pp. 247.

Kadayifçı A., Şenyiğit U., Dağdelen N, Öz H., Atılgan A. (2010). *The effects of different irrigation methods on root distribution, intensity and effective root depth of young dwarf apple trees.* African Journal of Biotechnology, Vol. 9(27): 4217-4224.

Kok D., Bahar E. (2015). *Effects of different vineyard altitudes and grapevine directions on some leaf characteristics of cv. Gamay Vitis Vinifera L*. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 21 (2): 320-324.

Körner C. (1989). *The nutritional status of plants from high altitudes: A worldwide comparison*. Oecologia, 81(3): 379-391.

Letessier I., Marion J. (2007). *Etude des terroirs viticoles valaisans (Suisse). Etude géo-pédologique, partie générale, méthodologie*. Rapports Sigales, Etudes de sols et de terroirs, Letessier-Marion, 38410 St-Martin d'Uriage, pp. 123.

Lv G., Kang Y., Li L., Wan S. (2009). *Effect of irrigation methods on root development and profile soil water uptake in winter wheat.* Irrigation Science, 28: 387-398.

Maltman A. (2008). *The Role of Vineyard Geology in Wine Typicity*. Journal of Wine Research, 19,1:1- 17.

Mariani M. (1673). *Trento con il sacro Concilio, et altri notabili. Aggiunte varie cose miscellanee universali*. Descrittion' historica libri tre. Carlo Zanetti, Trento.

McBratney A., Whelan B., Ancev T., Bouma J. (2005). *Future directions of precision agriculture*. Precision Agricolture, 6: 7-23.

Mendez-Costabel M., Morgan A., Dokoozlian N., Thoreson B., Clark B. (2014). *Remote sensing of irrigation requirements in wine grapes; validation of an energy model and potential application of vegetation indices*. Acta Horticolturae, 1038: 249-254.

Metz M., Andreo V., Neteler M. (2017). *A new fully gap-free time series of land surface temperature from MODIS LST data.* Remote sensing, 9(12), 1333: 1-19.

Metz M., Rocchini D., Neteler M. (2014). *Surface temperatures at the continental scale: tracking changes with remote sensing at unprecedented detail*. Remote Sensing, 6(5): 3822-3840.

Monteith J.L. (1965). *Radiation and Crops*. Experimental Agriculture, 1: 241-251.

OIV (2012). *OIV Guidelines for vitiviniculture zoning methodologies on a soil and climate level*. Resolution OIV-VITI 423-2012 REV1. Adopted by the 10th General Assembly of the OIV. June 2012, Izmir, Turkey, pp. 18.

Palese C. (2013). *Irrigare la vite? Quando? Quanto?* L'Informatore Agrario, Speciale Irrigazione vite: 41-43.

Parisi A. (2008). *Relazione tra minerali argillosi e qualità del vino: il caso del Marzemino*. Tesi di laurea, Università di Bologna, Facoltà di Scienze MM. FF. NN., anno accademico 2007/2008.

Parisi V. (2001). *La qualità biologica del suolo: un metodo basato sui microartropodi.* Acta naturalia de "L'Ateneo Parmense", 37, 3/4: 97-106.

Parisi V., Menta C., Gardi C., Jacomini C., Mozzanica E. (2005). *Microarthropod communities a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy*. Agriculture, Ecosystems and Environment, 105: 323-333.

Peacock M.L., Christensen L.P., Hirschfelt D.J. (1991). *Influence of timing of nitrogen fertilizer application on grapevines in the San Joaquin Valley*. American Journal of Enology and Viticulture, 42: 322-326.

Pedò S, Porro D., Cristoforetti A., Bona D., Ippolito M.C.C., Zanzotti R., Trainotti D. (2020). *Letame e compost validi surrogati nella concimazione viticola*. L'Informatore Agrario, 32: 51-55.

Pedò S. (2014). *Stato vegeto-produttivo dei vigneti e situazione nutrizionale*. Relazione attività svolta nel triennio 2011-2013 "Progetto PICA" - Cavit, pp 21.

Pedò S., Bottura M., Porro D. (2019). *Nutrizione, fattore critico per le viti resistenti*. L'Informatore Agrario, 4: 42-46.

Penman H.L. (1948). *Natural evaporation from open water, bare soil and grass*. Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences, 193: 120-145.

Pielou, E.C. (1966). *The measurement of diversity in different types of biological collections*. Journal of Theoretical Biology, 13: 131-144.

Pinton R. (2007). *Microcarenze, come riconoscerle*. L'Informatore Agrario, 22: 27-34.

Pollini L., Bucelli P., Calò A., Costantini E.A.C., L'Abate G., Lorenzetti R., Lisanti M.T., Malorgio G., Moio L., Pomarici E., Storchi P., Tomasi D. (2013). *Atlante dei territori del vino italiano*. Enoteca Italiana, Pacini Ed. Siena, pp. 864.

Poni S., Gatti M., Palliotti A., Dai Z., Duchêne E., Truong T. T., Ferrara G., Matarrese A. M. S., Gallotta A., Bellincontro A., Mencarelli F., Tombesi S. (2018). *Grapevine quality: a multiple choice issue*. Scientia Horticulturae, 234:445-462.

Poni S., Tombesi S. (2015). *Gestione dell'acqua*. In: Palliotti A., Poni S., Silvestroni O. (a cura di), Manuale di viticoltura. Edagricole-New Business Media, Milano: 185-205.

Porro D., Bertoldi D., Pedò S. (2017b). *Ruolo di K, Ca e Mg nel disseccamento del rachide*. Supplemento a L'Informatore Agrario, 44: 11-16.

Porro D., Bortolotti L., Pedò S. (2014). *Vecchie e nuove fisiopatie della vite: influenze climatiche e nutrizionali*. CTT Fondazione E. Mach Rapporto 2013: 77-80.

Porro D., Dalpiaz A., Stringari G. (1996). *Valutazione dello stato nutrizionale mediante diagnostica fogliare*. L'Informatore Agrario, 8: 107-115.

Porro D., Dorigatti C. (2009). *Meglio concimare la vite con apporti frazionati.* L'Informatore Agrario, Speciale nutrizione della vite, 9: 27-47.

Porro D., Pedò S., Bortolotti L., Dorigatti C., Stefanini M. (2013). *Vecchi e nuovi portinnesti della vite.* L'Informatore Agrario, Speciale Impianto vigneto, 44: 35-42.

Porro D., Sartori G., Venturelli M.B. (a cura di) (2017a). I *suoli delle Valli del Noce: terreno, frutteto, ambiente.* Fondazione Edmund Mach, San Michele all'Adige, pp. 325.

Porro D., Stefanini M., Dorigatti C. (1999*). Utilizzo di zinco e boro su vite in aree marginali*. L'Informatore Agrario, 40: 59-63.

Porro D., Stefanini M., Failla O., Stringari G. (1995). *Optimal leaf sampling time in diagnosis of grapevine nutritional status*. Acta Horticulturae, 383: 135-142.

Porro D., Stefanini M., Menegoni R., Pinzauti S., Campostrini F., Falcetti M. (2002). *La zonazione del vigneto SAV*. Società Agricola Vallagarina, Rovereto (TN).

Porro D., Stringari G., Failla O., Scienza A. (2001). *Thirteen years of leaf analysis applied to Italian viticulture, olive and fruit growing.* Acta Horticolturae, 564: 413-420.

Priori S., Pellegrini S., Perria R., Puccioni S., Storchi P., Valboa G., Costantini E.A.C. (2019*). Scale effect of terroir under three contrasting vintages in the Chianti Classico area (Tuscany, Italy).* Geoderma, 334: 99-112.

Richards L.A. (1941). *A pressure-membrane extraction apparatus for soil solution*. Soil Science, 51(5): 377-386.

Richards L.A., Weaver L.A. (1944). *Moisture retention by some irrigated soils as related to soil moisture tension*. Journal of Agricultural Research, 69 (6): 215-235.

Robinson J.B. (2005). *Critical plant tissue values and application of nutritional standards for practical use in vineyards*. In: Christensen L.P., Smart D.R. (eds.), Proceedings of the Soil Environment and Vine Mineral Nutrition Symposium, 29-30 June 2004, San Diego, CA (USA), 61-68.

Roubelakis-Angelakis K.A., Kliewer W.M. (1992). *Nitrogen metabolism in grapevine*. Horticultural Reviews, 14(9): 407-452.

Rubel F., Kottek M. (2011). *Comments on: "The thermal zones of the Earth" by Wladimir Köppen (1884).* Meteorologische Zeitschrift, 20(3), 361-365.

Salome C., Coll P., Lardo E., Villenave C., Blanchart E., Hinsinger P., Le Cadre E. (2014). *Relevance of use-invariant soil properties to assess soil quality of vulnerable ecosystems: The case of Mediterranean vineyards*. Ecological Indicators, 43, 83-93.

Santos J.A, Fraga H., Malheiro A.C, Moutinho-Pereira J., Dinis L-T., Correia C., Moriondo M., Leolini L., Dibari C., Costafreda-Aumedes S., Kartschall T., Menz C., Molitor D., Junk J., Beyer M., Schultz H.T. (2020). *A review of the potential climate change impacts and adaptation options for european viticulture*. Applied Sciences, 10, 3092.

Sartori G., Mancabelli A. (a cura di) (2009). *Carta dei suoli del Trentino alla scala 1:250.000*. Museo Tridentino di Scienze Naturali, Trento.

Sartori G., Mancabelli A., Corradini F. (1997). Verso un catalogo dei suoli del Trentino: 1. I suoli bruni lisciviati (*Luvisols*). Studi Trentini di Scienze Naturali - Acta Geologica, 72:55-77.

Shanks R.E., Olson J.S. (1961). *First-Year breakdown of leaf litter in southern appalachian forests*. Science, 134, 3473: 194-195.

Shannon, C.E. (1948). *A mathematical theory of communication*. The Bell System Technical Journal, 27: 379-423 and 623-656.

Sinisi, L. (2011). *Guidance on water supply and sanitation in extreme weather events*. Geneva: World Health Organization, 2011.

Smart D., Schwass E., Lakso A., Morano L. (2006). *Grapevine rooting patterns: A comprehensive analysis and review.* American Journal of Enology and Viticulture, 57(1):89-104.

Soar C.J., Loveys B.R. (2007). *The effect of changing patterns in soil-moisture availability on grapevine root distribution, and viticultural implications for converting full-cover irrigation into point-source irrigation system.* Australian Journal of Grape and Wine Research, 13: 2-13.

Sokalska D., Haman D., Szewczuk A., Sobota J., Dereń D. (2009). *Spatial root distribution of mature apple trees under drip irrigation system.* Agricultural Water Management, 96: 917-924.

Stefanini M., Tomasi T. (2010). *Antichi vitigni del Trentino*. San Michele all'Adige (TN): Fondazione Edmund Mach, pp. 271.

Stringari G., Porro D., Failla O., Möller F. (1997). *A method to assess and manage leaf analysis standards according to genetic and environmental variability*. Acta Horticulturae, 448: 145-153.

Tempesta T., Giancristofaro R. A., Corain L., Salmaso L., Tomasi D., Boatto V. (2010*). The importance of landscape in wine quality perception: An integrated approach using choice-based conjoint analysis and combination-based permutation tests*. Food Quality and Preference, 21(7): 827-836.

Tiercelin J.R., Vidal A. (2006). *Traité d'irrigation*. Éditions TEC & DOC, Lavoisier, Paris, pp. 1262.

Ungaro F., Calzolari C., Tarocco P., Giapponesi A., Sarno G. (2005). *Quantifying spatial uncertainty of soil organic matter content using conditional sequential simulations: A case study in Emilia Romagna Plain (Northern Italy).* Canadian Journal of Soil Science, 85(4): 499-510.

Ungaro F., Staffilani F., Tarocco P. (2010). *Assessing and mapping topsoil organic carbon stock at regional scale: A scorpan kriging approach conditional on soil map delineations and land use.* Land Degradation and Development, 21(6): 565-581.

USDA (2017). *Soil survey manual.* USDA Handbook 18. Government Printing Office, Washington, D.C.

van Leeuwen C. (2010). *Terroir: the effect of the physical environment on vine growth, grape ripening and wine sensory attributes*. In: Reynolds A. (Ed.), Managing wine quality, volume 1: Viticulture and wine quality, Woodhead Publishing Ltd., Oxford, UK., 273-315.

van Leeuwen C., Destrac-Irvine A., Dubernet M., Duchêne E., Gowdy M., Marguerit E., Pieri P., Parker A., de Rességuier L., Ollat N. (2019). *An update on the impact of climate change in viticulture and potential adaptations*. Agronomy, 9(514): 1-20.

van Leeuwen C., Roby J. P., de Rességuier L. (2018). *Soil-related terroir factors: a review*. OENO One 2018, 52, 173-188.

Vaudour E., Costantini E.A.C., Jones G. V., Mocali S. (2015). *An overview of the recent approaches to terroir functional modelling, footprinting and zoning*. Soil, 1: 287-312.

Vigot M., Cluzeau D. (2014). *Les vers de terre. Guide pratique auxiliaires de cultures*. Chambre Régionale d'Agriculture de Poitou-Charentes, Mignaloux-Beauvoir, pp. 20.

Webster D.H. (1991). *Role of field trials in development and refinement of soil and tissue diagnostic criteria*. Acta Horticolturae, 274: 509-513.

Whiting D., Card A., Wilson C., Reeder J. (2011). *Iron chlorosis*. Colorado Master Gardener GardenNotes (Disponibile online: www.cmg.colostate.edu).

Williams L.E., Biscay P.J. (1991). *Partitioning of dry weight, nitrogen and potassium on Cabernet Sauvignon grapevines from anthesis until harvest.* American Journal of Enology and Viticulture, 42(2): 113-117.

WMO (2010). World Meteorological Organization. *Convention on Biological Diversity (CBD).* WMO-No. 1063.

Zorer R., Fontanari S., Sartori G., Toller G., Venturelli M.B., Faustini A. (2017). *PICA: sistema per supportare e conoscere la viticoltura.* L'Informatore Agrario, (7): 65-67.

Zorer R., Rocchini D., Metz M., Delucchi L., Zottele F., Meggio F., Neteler M. (2013). *Daily MODIS Land Surface Temperature Data for the Analysis of the Heat Requirements of Grapevine Varieties*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 51: 2128-2135.

Zottele F., Toller G., Eccel E. (2010). *Irri4web: crop water needs definition by webGIS*. Italian Journal of Agrometeorology, 15(3): 5-14.

Allegato I

CATALOGO DELLE UNITÀ TIPOLOGICHE DI SUOLO

NOTE AL CATALOGO DELLE UTS

- Le Unità tipologiche di suolo (UTS) sono presentate in **ordine alfabetico** (della sigla).
- La località presente nella **denominazione** di ogni UTS coincide in genere con la zona di maggiore diffusione della tipologia. Le UTS più diffuse sono però presenti, come si può osservare nella cartina di ogni scheda, in aree anche molto distanti geograficamente dalla località che dà il nome. Alcune UTS sono invece presenti solo in modo marginale in aree (più o meno grandi) distanziate dal luogo più tipico. Il nome delle UTS non ha pertanto sempre un preciso significato geografico.
- La **superficie** indicata per ogni UTS è quella delle unità cartografiche, non quella dei vigneti. Essa comprende infatti anche le aree non coltivate (strade, ecc.) ed eventuali altre culture, le quali, in alcune zone (in particolare nelle piane alluvionali), possono essere prevalenti. Esse hanno quindi un valore solo indicativo, con una approssimazione tanto più grande quanto i vigneti sono meno diffusi.
- Il "**grado di fiducia**" dell'UTS indica il grado di affidabilità della descrizione della UTS (e dei relativi parametri fisici e chimici). Dipende principalmente (si veda il glossario) dal numero di osservazioni (e quindi di dati di laboratorio).
- Per quanto riguarda la sigla del "**Gruppo**" (esempio AL 2fl MI), le prime lettere (AL) si riferiscono ai Gruppi di substrato:

GRUPPI DI SUBSTRATO	SIGLA
Suoli su alluvionale	AL
Suoli dei conoidi dolomitici	COdo
Suoli dei conoidi calcarei	COca
Suoli dei conoidi a litologie mista	COmi
Suoli dei conoidi silicatici	COsi
Suoli su glaciale a litologie mista	GLmi
Suoli su glaciale calcareo	GLca
Suoli su glaciale dolomitico	GLdo
Suoli su glaciale silicatico	GLsi
Suoli su calcari marnosi	CM
Suoli su basalto	BA
Suoli su siltiti	SI
Suoli su gessi	GE

La cifra che segue (2) si riferisce alla classe di profondità utile alle radici (0 = 0-50 cm; 1 = 50-75 cm; 2 = 75-100 cm; 3 >100 cm), e le lettere minuscole che l'accompagnano (fl) alla tessitura media sui primi 70 cm (fla = franco limoso argillosa; fl = franco limosa; f = franca; fs = franco sabbiosa). Le ultime lettere maiuscole sono presenti solo quando il suolo è idromorfo (MI = Molto Idromorfi, idromorfia presente a <50 cm di profondità; I = Idromorfi, idromorfia presente tra 50 e 100 cm).

- La classe del "**potenziale di vigore**" è determinata sommando classe di PU (0 = 0-50 cm; 1 = 50-75 cm; 2 = 75-100 cm, 3 >100 cm), la classe di AWC (1 = <75 mm; 2 = 75-150 mm; 3 = 150-225 mm; 4 = 225-300 mm; 5 = >300 mm), e una correzione per l'idromorfia.

CORREZIONE PER L'IDROMORFIA		PARAMETRO DEL POTENZIALE DI VIGORE (SOMMA CLASSE DI PU, CLASSE DI AWC E CORREZIONE PER L'IDROMORFIA)	CLASSE DEL POTENZIALE DI VIGORE
Non idromorfi	0	1-3	Basso
Idromorfi	3	4-6	Medio
Molto idromorfi	4	>7	Alto

- Per **l'acqua disponibile** (AWC) si riporta il valore del contenuto di acqua stimato sui primi 100 centimetri di suolo ($AWC_{100\ cm}$) e anche, per i suoli con una profondità utile >100 cm, quello stimato su quest'ultimo valore (AWC_{PU}).
- Gli **aspetti nutrizionali** sono stati calcolati considerando la media ponderata dei valori su una profondità del suolo di 70 cm. Per tali aspetti la dicitura d.a. significa che la misura non è stata effettuata (determinazione assente).

ALD1

ALDENO

SUPERFICIE: 227 ha

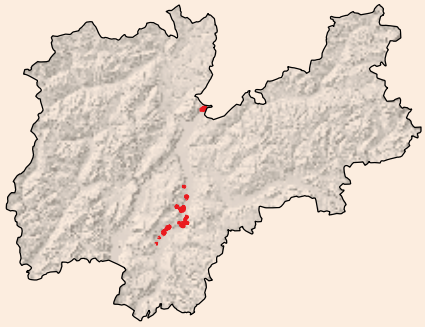
ZONE: Valle dell'Adige tra Roveré della Luna e Rovereto

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: conoidi di deiezione da subpianeggianti a molto inclinati

MATERIALE PARENTALE: ghiaie dolomitico-calcaree

GRADO DI FIDUCIA: molto alto

GRUPPO: COdo 2fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, da moderatamente profondi a profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro frequente (molto abbondante in profondità), estremamente calcarei*

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Phaeozems (Calcaric, Endoskeletic); Haplic Cambisols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): abbondante (36%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 56%; arg. 10%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (94 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,6%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 86 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,9%)
CSC: media (17 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (452 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,9%
Mg/K: squilibrato (7,8)
B (oriz. A): basso (0,45 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



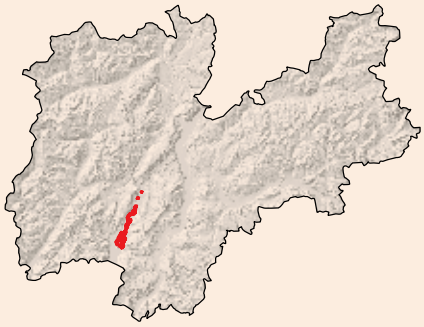
* media del contenuto di carbonati totali (su 70 cm): 68%

ARCO

SUPERFICIE: 283 ha

ZONE: Riva del Garda, Torbole, Arco e Dro

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: superfici subpianeggianti di terrazzi intermedi, e aree allungate di flusso, della piana alluvionale attuale del fiume Sarca

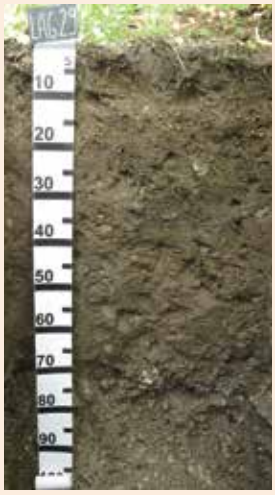


MATERIALE PARENTALE: sabbie e ghiaie alluvionali a litologia mista (prevalentemente carbonatica)

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: AL 1fs

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-BC-C, moderatamente profondi, tessitura tra franca e franco sabbiosa (sabbioso franca in profondità), scheletro frequente (abbondante in profondità), calcarei



CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Regosols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (31%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 62%; arg. 10%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente bassa (74 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,7%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 93 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,5%)
CSC: media (13 cmol/kg)
Mg sc.: medio (217 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,2%
Mg/K: squilibrato (7,2)
B (oriz. A): molto basso (0,30 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: basso



ARC2

ARCO PROFONDI

SUPERFICIE: 191 ha

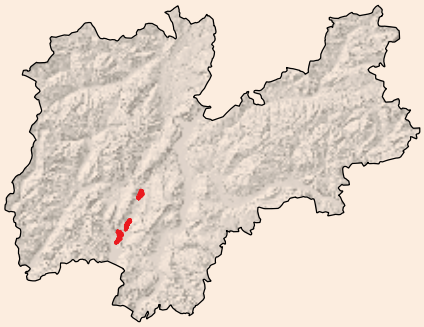
ZONE: Riva del Garda, Torbole, Arco e Dro

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: superfici subpianeggianti di terrazzi intermedi, e aree allungate di flusso, della piana alluvionale del Sarca

MATERIALE PARENTALE: sabbie e ghiaie alluvionali a litologia mista (prevalentemente carbonatica)

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: AL 3f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-2BCg-2Cg, profondi, tessitura franca, scheletro da comune a frequente (assente in profondità), calcarei

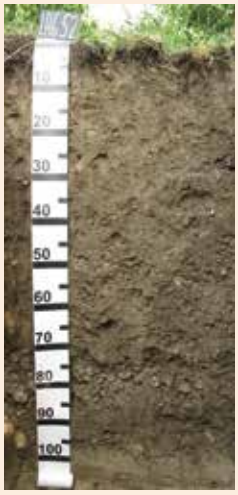
CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Endogleyic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (17%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 49%; arg. 10%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (104 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,3%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 190 mm
AWC_{PU}: 207 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,7%)
CSC: media (17 cmol/kg)
Mg sc.: medio (228 mg/kg MgO)
K/CSC: 2,4%
Mg/K: equilibrato (2,8)
B (oriz. A): molto basso (0,22 mg/kg)

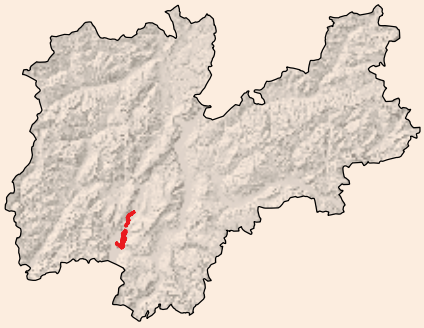
POTENZIALE DI VIGORE: medio



ARCO FRANCO LIMOSI

SUPERFICIE: 114 ha

ZONE: Riva del Garda, Torbole, Arco e Dro



DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: superfici subpianeggianti di terrazzi intermedi, e aree allungate di flusso, della piana alluvionale del Sarca

MATERIALE PARENTALE: limi alluvionali che ricoprono ghiaie a litologia mista (prevalentemente carbonatica)

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: AL 2fl

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, moderatamente profondi, tessitura franco limosa, scheletro scarso (abbondante in profondità), calcarei

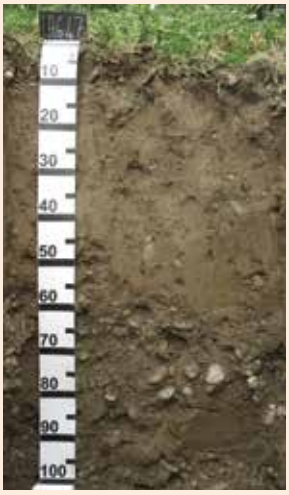
CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): comune (10%)

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 29%; arg. 10%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (95 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente alta (4,3%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 169 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (2,1%)
CSC: alta (22 cmol/kg)
Mg sc.: ricco (351 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,1%
Mg/K: squilibrato (7,1)
B (oriz. A): basso (0,45 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



AVI1

AVIO

SUPERFICIE: 598 ha

ZONE: Valle dell'Adige tra Rovereto e Borghetto

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: conoidi di deiezione e depositi detritici, gravitativi e colluviali, da dolcemente inclinati a molto inclinati

MATERIALE PARENTALE: ghiaie calcareo-dolomitiche

GRADO DI FIDUCIA: molto alto

GRUPPO: COca 1fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-AC-C, moderatamente profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro abbondante (molto abbondante in profondità), estremamente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Regosols (Calcaric, Episkeletic), Rendzic Phaeozems (Episkeletic)*

SCHELETRO (70 cm): abbondante (39%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 62%; arg. 10%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente bassa (66 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,8%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: molto bassa
$AWC_{100\ cm}$: 68 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,5%)
CSC: media (12 cmol/kg)
Mg sc.: scarso (127 mg/kg MgO)
K/CSC: 2,3%
Mg/K: equilibrato (2,6)
B (oriz. A): basso (0,30 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: basso



BERLONGA DI CAVEDINE

SUPERFICIE: 95 ha

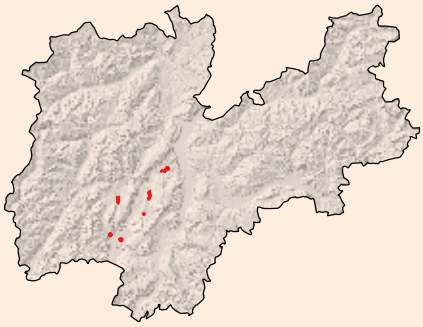
ZONE: Valle di Cavedine, Arco e Riva

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: terrazzi fluvioglaciali, e terrazzi glaciali di contatto, da subpianeggianti a molto inclinati

MATERIALE PARENTALE: materiali glaciolacustri limoso-argillosi, scarsamente scheletrici

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLmi 1fla MI



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bwg-BCg-Cg, moderatamente profondi, tessitura franco limoso argillosa, scheletro scarso, calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Gleysols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): scarso (4%)

TESSITURA (70 cm): franco limosa argillosa (sab. 15%; arg. 27%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente bassa (71 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,3%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: molto lento
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 147 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: alto (11,5%)
CSC: media (17 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (544 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,6%
Mg/K: squilibrato (9,4)
B (oriz. A): molto basso (0,25 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



BNT1

BRENTONICO

SUPERFICIE: 10 ha

ZONE: tra Brentonico e Crosano

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti da dolcemente inclinati a molto inclinati, interessati da coperture glaciali

MATERIALE PARENTALE: depositi glaciali a litologia mista (calcarea e silicatica), con apporti basaltici

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLmi 1f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-R, moderatamente profondi, tessitura franca, scheletro comune (abbondante in profondità), non calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Endoleptic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): comune (14%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 34%; arg. 17%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente bassa (63 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,8%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 117 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: d.a.
CSC: alta (24 cmol/kg)
Mg sc.: medio (165 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,3%
Mg/K: equilibrato (3,4)
B (oriz. A): d.a.

POTENZIALE DI VIGORE: basso



BARCO

SUPERFICIE: 761 ha

ZONE: destra idrografica della Valsugana:
Barco, Santa Giuliana, Quaere di Levico, Marter



DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: conoidi di deiezione, e secondariamente depositi detritici, gravitativi e colluviali, da dolcemente inclinati a inclinati

MATERIALE PARENTALE: ghiaie, frammiste a sabbie e blocchi, di natura calcareo-dolomitica

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: COdo 1fs

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-AC-C, moderatamente profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro da frequente ad abbondante (molto abbondante in profondità), estremamente calcarei*



CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Regosols (Calcaric, Episkeletic), Rendzic Phaeozems (Episkeletic)*

SCHELETRO (70 cm): abbondante (42%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 59%; arg. 4%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente bassa (73 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente alta (6,4%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 85 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,4%)
CSC: media (17 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (516 mg/kg MgO)
K/CSC: 0,9%
Mg/K: estremamente squilibrato (19,5)
B (oriz. A): basso (0,62 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: basso



* media del contenuto di carbonati totali (su 70 cm): 81%

BSC1

BOSCO

SUPERFICIE: 61 ha

ZONE: Civezzano, Bosco, Sant'Agnese, Barbaniga, Torchio e Madrano



DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: superfici da subpianeggianti ad inclinate di versanti e dorsali ignimbritiche, con discontinue coperture colluviali o glaciali

MATERIALE PARENTALE: materiali glaciali silicatici e substrato roccioso (presente alla base del suolo)

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLsi 2fs

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-(BC-)R, moderatamente profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro comune (frequente in profondità), non calcarei, subacidi in superficie e neutri in profondità



CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Endoleptic Cambisols (Eutric)*

SCHELETRO (70 cm): comune (13%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 64%; arg. 12 %)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (75 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,7%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 103 mm



ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,7%)
CSC: media (14 cmol/kg)
Mg sc.: medio (245 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,2%
Mg/K: squilibrato (7,2)
B (oriz. A): basso (0,39 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio

BESAGNO

SUPERFICIE: 56 ha

ZONE: Castione e Besagno (nord)



DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti da dolcemente inclinati a molto inclinati, su roccia o colluvi basaltici, con sporadici depositi glaciali a litologia mista

MATERIALE PARENTALE: basalti, e secondariamente depositi glaciali a litologia mista

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: BA 3f

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-R, da profondi a molto profondi, tessitura franca, scheletro scarso, non calcarei e alcalini



CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Eutric), Luvic Phaeozems (Eutric)*

SCHELETRO (70 cm): scarso (4%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 35%; arg. 20%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (121 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,1%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 180 mm
AWC_{PU}: 229 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: d.a.
CSC: media (20 cmol/kg)
Mg sc.: medio (227 mg/kg MgO)
K/CSC: 0,6%
Mg/K: squilibrato (9,2)
B (oriz. A): d.a.

POTENZIALE DI VIGORE: alto



CAB1

CA' BIANCA

SUPERFICIE: 110 ha

ZONE: tra rovereto e borghetto

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: conoidi di deiezione e depositi detritici, gravitativi, colluviali, di versante e glaciali, da subpianeggianti a dolcemente inclinati

MATERIALE PARENTALE: ghiaie dolomiticho calcaree

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: GLdo 2f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, moderatamente profondi, tessitura franca, scheletro da frequente ad abbondante (abbondante in profondità), fortemente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Phaeozems (Calcaric, Endoskeletic); Haplic Cambisols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): abbondante (36%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 42%; arg. 15%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (77 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,0%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 113 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (2,7%)
CSC: media (16 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (486 mg/kg MgO)
K/CSC: 2,2%
Mg/K: squilibrato (7,6)
B (oriz. A): d.a.

POTENZIALE DI VIGORE: medio



CAMPEI DI AVIO

SUPERFICIE: 231 ha

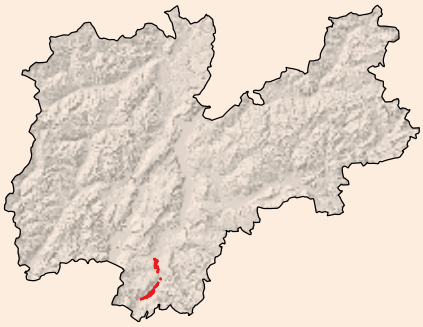
ZONE: Valle dell'Adige a sud di Rovereto

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: terrazzi rilevati e intermedi, della piana alluvionale, da subpianeggianti a dolcemente inclinati

MATERIALE PARENTALE: ghiaie e sabbie fluviali a litologia mista, (prevalentemente carbonatica)

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: AL 2fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franco sabbiosa (sabbioso franca in profondità), scheletro comune (molto abbondante in profondità), calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): comune (11%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 61%; arg. 10%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (82 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,2%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 123 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,8%)
CSC: bassa (9,6 cmol/kg)
Mg sc.: medio (244 mg/kg MgO)
K/CSC: 3,1%
Mg/K: equilibrato (4,5)
B (oriz. A): basso (0,79 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



CAR1

CARES

SUPERFICIE: 68 ha

ZONE: Cares e Campo Lomaso

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: aree subpianeggianti dei terrazzi fluvioglaciali e fluviali

MATERIALE PARENTALE: materiali fluvioglaciali fini (depositi lacustri) intercalati a livelli sabbiosi

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: GLmi 3f I



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bt-BCg-Cg, profondi, tessitura franca (franco limosa in superficie), scheletro scarso (abbondante in profondità), non calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Cutanic Luvisols (Endogleyic)*

SCHELETRO (70 cm): assente (1%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 40%; arg. 16%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (102 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,4%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: mediocre
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
  $AWC_{100\ cm}$: 210 mm
  AWC_{PU}: 216 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente
CSC: alta (20 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (417 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,5%
Mg/K: squilibrato (6,2)
B (oriz. A): basso (0,61 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



CASTELLANO

SUPERFICIE: 86 ha

ZONE: alta collina tra Nomi e Isera (destra idrografica della Valle dell'Adige)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: terrazzi di contatto glaciale da dolcemente inclinati a molto inclinati, con terrazzamenti antropici

MATERIALE PARENTALE: materiali glaciali a litologia mista, con apporti basaltici

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: GLmi 3f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw(BCp)-BC, profondi, tessitura franca, scheletro frequente (abbondante in profondità), calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2015): *Calcaric Cambisols*

SCHELETRO (70 cm): frequente (19%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 47%; arg. 15%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (120 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,6%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 130 mm
AWC_{PU}: 158 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (2,6%)
CSC: alta (32 cmol/kg)
Mg sc.: buono (301 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,3%
Mg/K: equilibrato (2,9)
B (oriz. A): basso (0,42 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



CEM1

CEMBRA

SUPERFICIE: 730 ha

ZONE: porzione medio bassa della Valle di Cembra, e Meano

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: terrazzi fluvioglaciali erosi, con morfologia da inclinata a moderatamente ripida

MATERIALE PARENTALE: materiali fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi porfirici

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: GLsi 3fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bt(Bw)-BC-C, profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro da comune a frequente (abbondante in profondità), non calcarei, da neutri a subalcalini

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Cutanic Luvisols (Eutric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (22%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 65%; arg. 13%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (113 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,6%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 132 mm
AWC_{PU}: 144 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente
CSC: medio (15 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (495 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,7%
Mg/K: squilibrato (8,4)
B (oriz. A): basso (0,33 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



CEMBRA SABBIOSO FRANCHI E CALCAREI

SUPERFICIE: 231 ha

ZONE: porzione medio bassa della Valle di Cembra



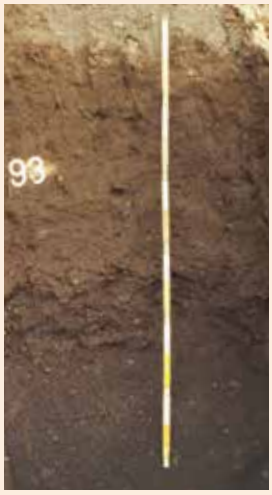
DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: terrazzi fluvioglaciali erosi, con morfologia da inclinata a moderatamente ripida

MATERIALE PARENTALE: materiali fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi a litologia mista

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLsi 3sf

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura sabbioso franca, scheletro da comune a frequente, moderatamente calcarei



CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (17%)

TESSITURA (70 cm): sabbioso franca (sab. 81%; arg. 6%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (133 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,3%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 133 mm
AWC_{PU}: 179 mm



ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,5%)
CSC: bassa (8 cmol/kg)*
Mg sc.: scarso (140 mg/kg MgO)*
K/CSC: 5,4%*
Mg/K: equilibrato (2,6)*
B (oriz. A): basso (0,42 mg/kg)*

POTENZIALE DI VIGORE: medio

* dati per un solo profilo

CEM3

CEMBRA POCO PROFONDI

SUPERFICIE: 147 ha

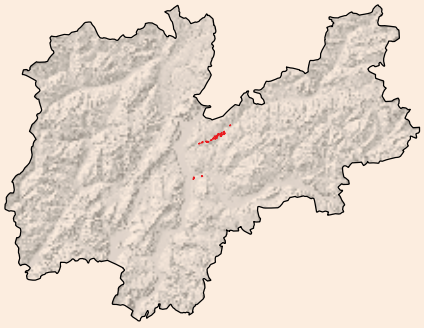
ZONE: parte centrale della Valle di Cembra

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: forme di contatto glaciale, con morfologie da subpianeggianti a dolcemente inclinate

MATERIALE PARENTALE: materiali fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi, porfirici

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLsi 2fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-AC-C, moderatamente profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro frequente (abbondante in profondità), non calcarei e neutri

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Phaeozems (Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (35%)*

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 68%; arg. 11%)*

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (76 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,1%)*



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: molto bassa
$AWC_{100\ cm}$: 61 mm*

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,4%)*
CSC: d.a.
Mg sc.: d.a.
K/CSC: d.a.
Mg/K: d.a.
B (oriz. A): d.a.

POTENZIALE DI VIGORE: basso



* dati disponibili per 2 profili

CEMBRA POCO PROFONDI E CALCAREI

SUPERFICIE: 301 ha

ZONE: parte medio alta della Valle di Cembra

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: forme di contatto glaciale, con morfologie da subpianeggianti a dolcemente inclinate

MATERIALE PARENTALE: materiali fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi a litologia (abbondante frazione porfirica)

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLmi 2f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, moderatamente profondi, tessitura franca (franco sabbiosa in profondità), scheletro frequente (molto abbondante in profondità), calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): abbondante (43%)*

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 52%; arg. 14%)*

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (99 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,2%)*



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: molto bassa
$AWC_{100\ cm}$: 75 mm*

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,1%)
CSC: alta (22 cmol/kg)*
Mg sc.: molto ricco (810 mg/kg MgO)*
K/CSC: 2,2%*
Mg/K: equilibrato (4,1)*
B (oriz. A): basso (0,34 mg/kg)*

POTENZIALE DI VIGORE: basso



* dati disponibili per un unico profilo

CEM5

CEMBRA POCO CALCAREI

SUPERFICIE: 190 ha

ZONE: porzione medio bassa della Valle di Cembra, Meano, Torchio, Civezzano, Sant'Agnese e Bosco

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: forme di contatto glaciale, con morfologie da inclinate a moderatamente ripide

MATERIALE PARENTALE: materiali fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi a litologia mista (abbondante frazione porfirica)

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: GLmi 3fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw(Bt)-BC-C, profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro da comune a frequente (abbondante in profondità), calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (22%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbioso (sab. 65%; arg. 9%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (127 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,8%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 132 mm
AWC_{PU}: 188 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,8%)
CSC: media (12 cmol/kg)
Mg sc.: buono (300 mg/kg MgO)
K/CSC: 2,1%
Mg/K: squilibrato (9,5)
B (oriz. A): basso (0,33 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



CENIGA

SUPERFICIE: 118 ha

ZONE: Dro, Ceniga e Bolognano di Arco



DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: superfici pianeggianti della piana alluvionale antica, ribassate rispetto alle emergenze (corpi isolati connessi alle Marocche), e rilevate rispetto alle superfici di flusso

MATERIALE PARENTALE: materiali alluvionali calcarei scarsamente scheletrici, con abbondante matrice limosa

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: AL 2fl MI

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bwg-BCg-Cg, moderatamente profondi, tessitura franco limosa, scheletro comune, fortemente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Gleysols (Calcaric), Endogleyic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): comune (7%)

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 21%; arg. 22)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (87 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,2%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: molto lento o lento
Falda: profonda
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 157 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: moderato (7,5%)
CSC: alta (21 cmol/kg)
Mg sc.: buono (276 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,3%
Mg/K: squilibrato (6,0)
B (oriz. A): molto basso (0,25 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



CEN2

CENIGA NON IDROMORFI

SUPERFICIE: 30 ha

ZONE: Dro, Ceniga e Bolognano di Arco

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: superfici di collegamento da subpianeggianti a dolcemente inclinate della piana alluvionale antica di Dro

MATERIALE PARENTALE: materiali alluvionali calcarei scarsamente scheletrici, con abbondante matrice limosa

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: AL 2fl



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, moderatamente profondi, tessitura franco limosa, scheletro scarso, calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): scarso (3%)

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 12%; arg. 22%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (75 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (2,0%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 188 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: moderato (6,6%)
CSC: alta (23 cmol/kg)
Mg sc.: buono (296 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,3%
Mg/K: equilibrato (4,6)
B (oriz. A): molto basso (0,16 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



CENIGA FRANCHI E SCHELETRICI

SUPERFICIE: 10 ha

ZONE: Dro, Ceniga e Bolognano di Arco



DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: porzioni laterali, da subpianeggianti a dolcemente inclinate, connesse a depositi di frana (Marocche), della piana alluvionale antica

MATERIALE PARENTALE: ridotti spessori di materiali alluvionali scarsamente scheletrici, con abbondante matrice limosa, su materiali di frana ghiaioso pietrosi (prevalentemente calcarei)

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: AL 1f

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, moderatamente profondi, tessitura franca, scheletro frequente (molto abbondante in profondità), calcarei



CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): abbondante (40%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 38%; arg. 23%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente bassa (70 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,3%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: molto bassa
$AWC_{100\ cm}$: 65 mm



ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (2,3%)
CSC: alta (23 cmol/kg)
Mg sc.: medio (220 mg/kg MgO)
K/CSC: 2,1%
Mg/K: equilibrato (2,2)
B (oriz. A): molto basso (0,25 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: basso

CLA1

CALAVINO

SUPERFICIE: 123 ha

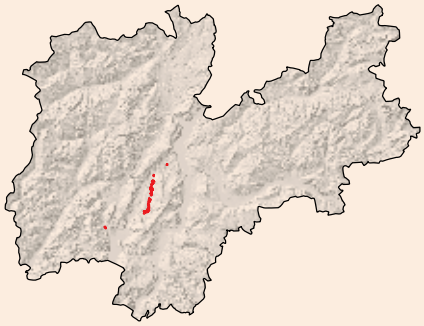
ZONE: settore centro settentrionale della Valle dei Laghi, Valle di Cavedine, Bleggio e Stenico

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti con estese coperture glaciali, da dolcemente inclinati a inclinati

MATERIALE PARENTALE: materiali glaciali, e colluvi di materiali glaciali, moderatamente scheletrici, a litologia mista (prevalentemente carbonatica)

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLmi 3fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro frequente (abbondante in profondità), calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (23%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 55%; arg. 13%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (122 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,2%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 118 mm
AWC_{PU}: 142 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,5%)
CSC: media (19 cmol/kg)
Mg sc.: medio (215 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,7%
Mg/K: equilibrato (4,5)
B (oriz. A): basso (0,37 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



CALAVINO MODERATAMENTE PROFONDI

SUPERFICIE: 124 ha

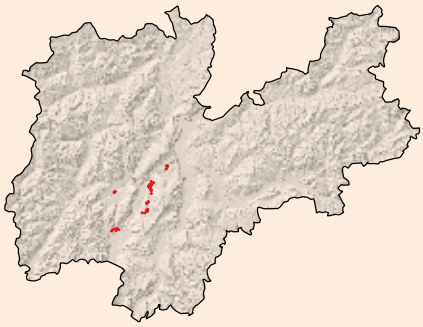
ZONE: settore centro settentrionale della Valle dei Laghi, Valle di Cavedine, Bleggio e Stenico

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: terrazzi fluvioglaciali o glaciali di contatto, da dolcemente inclinati a molto inclinati

MATERIALE PARENTALE: materiali glaciali moderatamente scheletrici, a litologia mista (prevalentemente carbonatica)

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: GLmi 2fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, moderatamente profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro frequente (abbondante in profondità), fortemente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (29%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 58%; arg. 13%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (81 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente alta (4,5%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 92 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (3,1%)
CSC: media (17 cmol/kg)
Mg sc.: medio (164 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,4%
Mg/K: equilibrato (4,1)
B (oriz. A): basso (0,40 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



CLA3

CALAVINO MODERATAMENTE PROFONDI E FRANCHI IN SUPERFICIE

SUPERFICIE: 145 ha

ZONE: settore centro settentrionale della Valle dei Laghi, Valle di Cavedine, Bleggio e Stenico

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: terrazzi fluvioglaciali o glaciali di contatto, da dolcemente inclinati a molto inclinati

MATERIALE PARENTALE: materiali glaciali moderatamente scheletrici, a litologia mista (prevalentemente carbonatica)

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLmi 2f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, moderatamente profondi, tessitura franca, scheletro frequente (abbondante in profondità), fortemente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (26%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 41%; arg. 14%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (82 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente alta (5,2%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 97 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (4,4%)
CSC: alta (22 cmol/kg)
Mg sc.: buono (278 mg/kg MgO)
K/CSC: 0,9%
Mg/K: squilibrato (8,3)
B (oriz. A): basso (0,35 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



CAMPAZZI DI MEZZOLOMBARDO

SUPERFICIE: 54 ha

ZONE: Piana Rotaliana (Mezzolombardo e Mezzocorona)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: aree allungate (zone di deposito da correnti trattive o paleo alvei abbandonati), del conoide del torrente Noce, da subpianeggianti a pianeggianti

MATERIALE PARENTALE: ghiaie e sabbie a litologia mista, prevalentemente carbonatica

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: COmi 3sf



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-AC-2Bw-2C, moderatamente profondi, tessitura sabbioso franca, scheletro assente, calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): assente (1%)

TESSITURA (70 cm): sabbioso franca (sab. 84%; arg. 5%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (147 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,8%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 198 mm
AWC_{PU}: 304 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,6%)
CSC: bassa (7 cmol/kg)
Mg sc.: medio (167 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,5%
Mg/K: squilibrato (8,6)
B (oriz. A): molto basso (0,25 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



CPE1

CAMPEDELLI DI ZAMBANA

SUPERFICIE: 37 ha

ZONE: tra Mezzolombardo e Zambana

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: ventagli di rotta del Noce, da subpianeggianti a dolcemente inclinati

MATERIALE PARENTALE: sabbie e ghiaie a litologia mista, prevalentemente calcarea

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: AL 0fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-C, sottili, tessitura franco sabbiosa (sabbiosa in profondità), scheletro comune (molto abbondante in profondità), fortemente calcarei

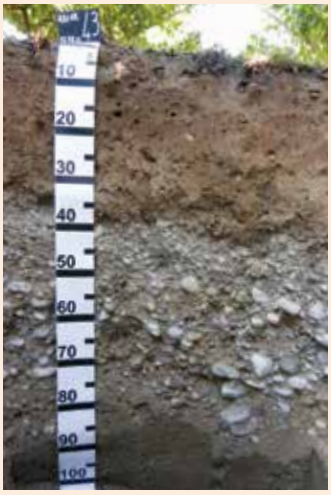
CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Regosols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): abbondante (39%)

TESSITURA (70 cm): sabbioso franca (sab. 82%; arg. 4%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: scarsa (32 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,6%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: molto bassa
$AWC_{100\ cm}$: 46 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,1%)
CSC: bassa (7,5 cmol/kg)
Mg sc.: medio (178 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,7%
Mg/K: squilibrato (7,8)
B (oriz. A): basso (0,70 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: basso



CAMPEDELLI DI ZAMBANA IDROMORFI

SUPERFICIE: 51 ha

ZONE: tra Mezzolombardo e Zambana

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: ventagli di rotta del Noce, da subpianeggianti a dolcemente inclinati

MATERIALE PARENTALE: sabbie del Noce alternate a limi alluvionali dell'Adige

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: AL 3fl I



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-ACg-Cg, profondi, tessitura franco limosa (livelli franco limosi e franco sabbiosi in profondità), scheletro assente, fortemente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Endogleyic Regosols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): assente

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 29%; arg. 8%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: profondo (120 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,4%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: mediocre
Falda: profonda
Acqua disponibile: alta
$AWC_{100\ cm}$: 278 mm
AWC_{PU}: 338 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: moderato (6,9%)
CSC: media (13 cmol/kg)
Mg sc.: medio (228 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,8%
Mg/K: equilibrato (4,6)
B (oriz. A): molto basso (0,29 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



CRO1

CROSANO

SUPERFICIE: 264 ha

ZONE: Besagno, Crosano e Sano

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti da dolcemente inclinati a molto inclinati, interessati da depositi glaciali

MATERIALE PARENTALE: depositi glaciali a litologia mista, e eventuali apporti basaltici

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: GLmi 3f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-BC, profondi, tessitura franca, scheletro frequente (comune in superficie, abbondante in profondità), calcarei

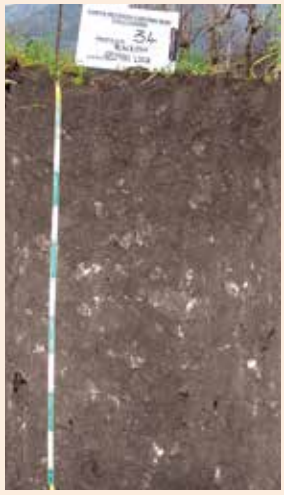
CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, [Endoskeletic])*

SCHELETRO (70 cm): frequente (22%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 47%; arg. 14%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (120 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente alta (4,6%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 133 mm
AWC_{PU}: 164 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: d.a.
CSC: alta (21 cmol/kg)
Mg sc.: scarso (146 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,2%
Mg/K: equilibrato (3,3)
B (oriz. A): d.a.

POTENZIALE DI VIGORE: medio



CROSANO MODERATAMENTE PROFONDI

SUPERFICIE: 458 ha

ZONE: Besagno, Crosano e Sano

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti da dolcemente inclinati a molto inclinati, interessati da depositi glaciali

MATERIALE PARENTALE: depositi glaciali a litologia mista, e eventuali apporti basaltici

GRADO DI FIDUCIA: molto alto

GRUPPO: GLmi 2f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC, moderatamente profondi, tessitura franca, scheletro da comune a frequente (molto abbondante in profondità), calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (20%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 42%; arg. 15%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (75 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,6%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 102 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: moderato (5,1%)*
CSC: media (19 cmol/kg)
Mg sc.: scarso (131 mg/kg MgO)
K/CSC: 2,4%
Mg/K: equilibrato (2,3)
B (oriz. A): basso (0,32 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



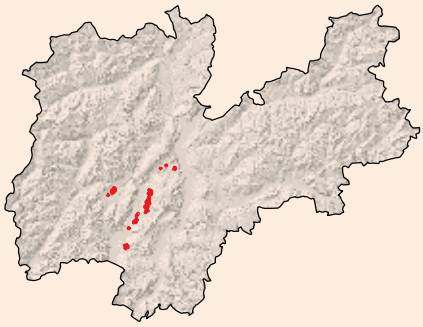
* dati disponibili per 2 profili

CVD1

CAVEDINE

SUPERFICIE: 158 ha

ZONE: Valle dei Laghi e Valle di Cavedine



DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: superfici subpianeggianti interessate da depositi glaciali di fondo, terrazzi di contatto glaciale subpianeggianti o dolcemente inclinati, o aree rilevate con depositi glaciali relativamente antichi (fortemente decarbonatati)

MATERIALE PARENTALE: materiali glaciali moderatamente scheletrici a litologia mista (prevalentemente carbonatica)

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: GLmi 3f

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profili Ap-BE-Bt-BC-C, profondi, tessitura da franca a franco limosa (sabbioso franca in profondità), scheletro comune, da non calcarei a moderatamente calcarei



CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Cutanic Luvisols*

SCHELETRO (70 cm): comune (7%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 42%; arg. 15%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (129 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,1%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 171 mm
AWC_{PU}: 225 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,3%)
CSC: alta (22 cmol/kg)
Mg sc.: ricco (342 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,7%
Mg/K: squilibrato (6,8)
B (oriz. A): basso (0,39 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



CAVEDINE SCHELETRICI IN SUPERFICIE

SUPERFICIE: 43 ha

ZONE: Valle dei Laghi (settore settentrionale) e Valle di Cavedine



DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: vallecole interne a montonature glaciali, con depositi fluvioglaciali o glaciolacustri, da dolcemente inclinate a inclinate

MATERIALE PARENTALE: materiali glaciali moderatamente scheletrici a litologia mista (prevalentemente carbonatica), con variabili e discontinui apporti colluviali scheletrici

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLmi 3f

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profili Ap-BE-Bt-BC-C, profondi, tessitura da franca a franco limosa (sabbioso franca alla base del suolo), scheletro frequente (scarso in profondità), scarsamente calcarei



CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Cutanic Luvisols*

SCHELETRO (70 cm): frequente (23%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 36%; arg. 16%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (150 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,1%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 165 mm
AWC_{PU}: 282 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,1%)
CSC: alta (24 cmol/kg)
Mg sc.: buono (322 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,2%
Mg/K: squilibrato (5,7)
B (oriz. A): basso (0,35 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



CVD3

CAVEDINE SCHELETRICI IN PROFONDITÀ

SUPERFICIE: 26 ha

ZONE: Valle dei Laghi (settore settentrionale) e Valle di Cavedine

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti da dolcemente inclinati a inclinati, con coperture glaciali

MATERIALE PARENTALE: materiali glaciali moderatamente scheletrici, a litologia mista (calcareo-dolomitica)

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: GLmi 3f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profili Ap-BE-Bt-BC-C, profondi, tessitura franca in superficie, franco limoso argillosa nel Bt e franco sabbiosa in profondità, scheletro frequente (molto abbondante in profondità), molto calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Cutanic Luvisols*

SCHELETRO (70 cm): frequente (16%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 31%; arg. 23%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (110 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,4%)



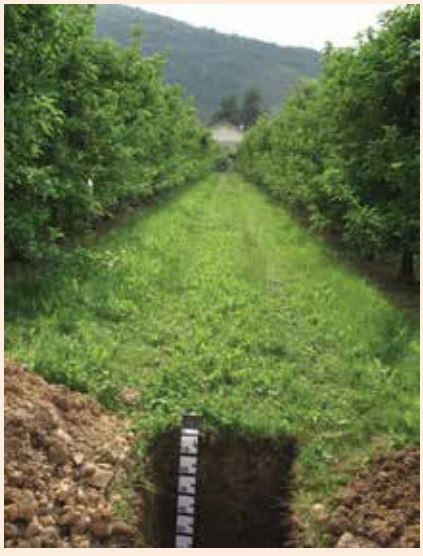
CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 112 mm
AWC_{PU}: 116 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,6%)
CSC: alta (22 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (611 mg/kg MgO)
K/CSC: 2,2%
Mg/K: squilibrato (6,3)
B (oriz. A): molto basso (0,28 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



CAVEDINE MODERATAMENTE PROFONDI

SUPERFICIE: 17 ha

ZONE: Valle dei Laghi (settore settentrionale) e Valle di Cavedine

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti da dolcemente inclinati a inclinati, con coperture glaciali

MATERIALE PARENTALE: materiali glaciali moderatamente scheletrici, a litologia mista (calcareo-dolomitica)

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: GLmi 1f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profili Ap-Bt-BC-C, moderatamente profondi, tessitura franco limosa (franco sabbiosa in profondità), scheletro comune (abbondante in profondità), calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Cutanic Luvisols (Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): comune (8%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 30%; arg. 22%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: scarsa (50 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,9%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 80 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,3)%
CSC: alta (24 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (785 mg/kg MgO)
K/CSC: 0,9%
Mg/K: molto squilibrato (16,9)
B (oriz. A): basso (0,39 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: basso



CVZ1

CIVEZZANO

SUPERFICIE: 75 ha

ZONE: Civezzano, Orzano di Civezzano, Bosco, Sant'Agnese e Torchio

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: terrazzi di contatto e fluvioglaciali, con morfologie da subpianeggianti a dolcemente inclinate

MATERIALE PARENTALE: depositi glaciali moderatamente scheletrici a litologia mista (prevalentemente porfirica e filladica)

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: GLsi 3fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-BE-Bt-BC-C, da profondi a molto profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro comune, non calcarei o scarsamente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Cutanic Luvisols (Eutric)*

SCHELETRO (70 cm): comune (7%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 63%; arg. 13%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (134 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,2%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 148 mm
AWC_{PU}: 211 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,7%)
CSC: media (15 cmol/kg)
Mg sc.: ricco (384 mg/kg MgO)
K/CSC: 2,2%
Mg/K: squilibrato (6,4)
B (oriz. A): basso (0,43 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



CALDONAZZO

SUPERFICIE: 232 ha

ZONE: Caldonazzo

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: porzioni apicali e intermedie, dolcemente inclinate, del conoide

MATERIALE PARENTALE: ghiaie sabbiose, di natura mista (prevalentemente dolomitico calcaree, e secondariamente filladiche)

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: COdo 2fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro comune (molto abbondante in profondità), estremamente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): comune (9%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 54%; arg. 4%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (95 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente alto (4,8%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 165 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: moderato (9,8%)
CSC: media (11 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (539 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,8%
Mg/K: estremamente squilibrato (16,3)
B (oriz. A): basso (0,40 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



CZZ2

CALDONAZZO CON IDROMORFIA IN PROFONDITÀ

SUPERFICIE: 65 ha

ZONE: Caldonazzo

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: aree basali, subpianeggianti, del conoide

MATERIALE PARENTALE: sabbie ghiaiose di natura mista: (prevalentemente dolomitico calcaree, e secondariamente filladiche)

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: COdo 3fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-Cg, profondi, tessitura franco limosa (franco sabbiosa in profondità), scheletro comune (molto abbondante in profondità), estremamente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Oxyaquic)*

SCHELETRO (70 cm): comune (6%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 51%; arg. 5%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: profondo (124 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,9%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: molto profonda
Acqua disponibile: moderata
  $AWC_{100\ cm}$: 158 mm
  AWC_{PU}: 171 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,9%)
CSC: media (11 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (641 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,3%
Mg/K: estremamente squilibrato (23,9)
B (oriz. A): basso (0,67 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



DAZIO VECCHIO

SUPERFICIE: 178 ha

ZONE: Valle dell'Adige a sud di Rovereto

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: terrazzi intermedi e bassi della piana alluvionale, da subpianeggianti a dolcemente inclinati

MATERIALE PARENTALE: sabbie e ghiaie fluviali a litologia mista (prevalentemente carbonatica)

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: AL 3fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-AC-C, da moderatamente profondi a profondi, tessitura da franco sabbiosa a sabbioso franca, scheletro assente, calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2015): *Calcaric Fluvisols*

SCHELETRO (70 cm): assente

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 70%; arg. 6%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: profondo (129 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,5%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: alta
$AWC_{100\ cm}$: 171 mm
AWC_{PU}: 239 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,9%)
CSC: bassa (6 cmol/kg)
Mg sc.: medio (195 mg/kg MgO)
K/CSC: 2,9%
Mg/K: squilibrato (8,0)
B (oriz. A): molto basso (0,29 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



DRE1

DRENA

SUPERFICIE: 152 ha

ZONE: Drena e passo San Udalrico

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: conoidi di deiezione, con morfologie da dolcemente inclinate ad inclinate

MATERIALE PARENTALE: ghiaie a litologia mista

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: COmi 2fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-AC-C, moderatamente profondi, tessitura franco sabbiosa (sabbioso franca in profondità), scheletro abbondante (molto abbondante in profondità), calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Phaeozems (Calcaric, Episkeletic)*

SCHELETRO (70 cm): abbondante (44%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 72%; arg. 6%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (100 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,3%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: molto bassa
$AWC_{100\ cm}$: 49 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,9%)
CSC: media (13 cmol/kg)
Mg sc.: medio (172 mg/kg MgO)
K/CSC: 0,7%
Mg/K: molto squilibrato (10,4)
B (oriz. A): molto basso (0,16 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: basso



ENTICHIARI DI MEZZOLOMBARDO

SUPERFICIE: 108 ha

ZONE: Piana Rotaliana (Mezzolombardo e Mezzocorona)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: aree del conoide del Noce adiacenti agli alvei prima della recente deviazione del fiume, da subpianeggianti a pianeggianti

MATERIALE PARENTALE: ghiaie e sabbie a litologia mista, (prevalentemente carbonatica)

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: COmi 1fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-(Bw)-BC-C, da sottili a moderatamente profondi, tessitura da franca a franco sabbiosa (franco sabbiosa in profondità), scheletro da scarso a comune (molto abbondante in profondità), calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric), Haplic Regosols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (18%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 62%; arg. 7%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: scarsa (50 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,8%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 97 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,2%)
CSC: media (11 cmol/kg)
Mg sc.: medio (214 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,6%
Mg/K: squilibrato (8,2)
B (oriz. A): molto basso (0,29 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: basso



FDE1

FAEDO

SUPERFICIE: 47 ha

ZONE: aree collinari tra Faedo e Lavis

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: superfici da inclinate a molto inclinate, interessate da depositi di alloggiamento o da colluvi di materiali glaciali

MATERIALE PARENTALE: materiali glaciali moderatamente scheletrici a litologia mista

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: GLmi 1f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, da moderatamente profondi a profondi, tessitura franca (franco sabbiosa in profondità), scheletro frequente (molto abbondante in profondità), calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (20%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 47%; arg. 18%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente bassa (70 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,5%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 103 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,5%)
CSC: media (11 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (581 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,5%
Mg/K: estremamente squilibrato (17,8)
B (oriz. A): molto basso (0,23 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: basso



FERSINA

SUPERFICIE: 15 ha

ZONE: Trento

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: conoide di deiezione, da subpianeggiante a dolcemente inclinato

MATERIALE PARENTALE: ghiaie a litologia mista (prevalentemente silicatica)

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: COsi 3fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franco sabbiosa (sabbioso franca in profondità), scheletro comune (molto abbondante in profondità), scarsamente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): comune (13%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 72%; arg. 7%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (120 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,7%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 93 mm
AWC_{PU}: 101 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,5%)
CSC: media (11 cmol/kg)
Mg sc.: ricco (356 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,9%
Mg/K: squilibrato (8,2)
B (oriz. A): basso (0,43 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



GAB1

GABBIOLO

SUPERFICIE: 23 ha

ZONE: Gabbiolo (Trento)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: base di versanti da dolcemente inclinati a inclinati, impostati su substrati rocciosi, da subpianeggianti a dolcemente inclinati

MATERIALE PARENTALE: colluvi di siltiti calcaree (Werfen)

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: SI 3fl



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-Bt-BC, molto profondi, tessitura franco limosa, scheletro frequente, calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Cutanic Luvisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (19%)

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 26%; arg. 11%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (120 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,8%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 201 mm
AWC_{PU}: 234 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,9%)
CSC: media (14 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (798 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,3%
Mg/K: estremamente squilibrato (21,2)
B (oriz. A): molto basso (0,10 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



GABBIOLO POCO PROFONDI

SUPERFICIE: 34 ha

ZONE: Gabbiolo e sotto Villazzano (Trento)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: base di versanti da inclinati a ripidi, impostati su substrati rocciosi, da subpianeggianti a dolcemente inclinati



MATERIALE PARENTALE: siltiti calcaree (*Werfen*), con eventuali apporti colluviali della stessa litologia

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: SI 2f

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-R, moderatamente profondi, tessitura franca, scheletro scarso (abbondante in profondità), calcarei



CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): scarso (5%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 39%; arg. 18%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (88 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,5%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 170 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,4%)
CSC: media (12 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (545 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,9%
Mg/K: molto squilibrato (11,7)
B (oriz. A): molto basso (0,14 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



GIA1

PRA' DEI GIARONI DI SAN MICHELE

SUPERFICIE: 450 ha

ZONE: Valle dell'Adige tra Roverè della Luna e Trento

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: terrazzi intermedi (su linee di accrescimento fluviale e aree delimitate da linee di accrescimento meandriforme) della piana alluvionale, da subpianeggianti a dolcemente inclinati

MATERIALE PARENTALE: sabbie fluviali

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: AL 2fs MI



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-ACg-Cg, moderatamente profondi, tessitura franco sabbiosa (sabbioso franca in profondità), scheletro assente, calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Gleysols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): assente (1%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 57%; arg. 8%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (78 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,2%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: molto lento
Falda: moderatamente profonda
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 164 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,8%)
CSC: media (12 cmol/kg)
Mg sc.: buono (264 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,3%
Mg/K: squilibrato (9,4)
B (oriz. A): basso (0,50 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



MASO DEL GUSTO

SUPERFICIE: 164 ha

ZONE: Valle dell'Adige Roverè della Luna e Trento

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: aree delimitate da linee di accrescimento meandriforme, e aree allungate debolmente rilevate, della piana alluvionale, da subpianeggianti a dolcemente inclinate



MATERIALE PARENTALE: sabbie fluviali

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: AL 3fs I

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BCg-Cg, profondi, tessitura franco sabbiosa (livelli sabbiosi o franco limosi in profondità), scheletro assente, calcarei



CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Endogleyic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): assente (1%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 62%; arg. 4%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (109 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,8%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: mediocre
Falda: profonda
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 204 mm
AWC_{PU}: 229 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,7%)
CSC: media (10 cmol/kg)
Mg sc.: medio (160 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,4%
Mg/K: squilibrato (5,7)
B (oriz. A): basso (0,43 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



ISC1

ISCHIELLO

SUPERFICIE: 109 ha

ZONE: conoide dell'Avisio (Lavis)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: porzioni distali di conoidi alluvionali, raccordate con la superficie del terrazzo alluvionale principale, da subpianeggianti a dolcemente inclinate

MATERIALE PARENTALE: materiali fini di decantazione del conoide e alluvionali, intercalati in profondità a ghiaie di conoide (prevalentemente porfiriche)

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: AL 2fl



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-C, moderatamente profondi, tessitura franco limosa (sabbioso franca in profondità), scheletro assente (molto abbondante in profondità), calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): assente (1%)

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 29%; arg. 10%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (85 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,8%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: alta
$AWC_{100\ cm}$: 254 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,1%)
CSC: d.a.
Mg sc.: d.a.
K/CSC: d.a.
Mg/K: d.a.
B (oriz. A): d.a.

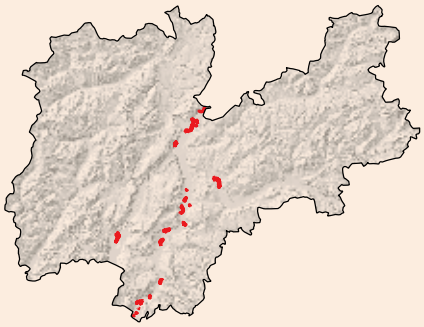
POTENZIALE DI VIGORE: medio



ISCHIELLO DA MATERIALI CALCAREI

SUPERFICIE: 532 ha

ZONE: Valle dell'Adige, Valle dei Laghi e Valsugana



DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: porzioni distali di conoidi calcareo-dolomitici, raccordate con le superfici del terrazzo alluvionale principale, da subpianeggianti a dolcemente inclinate

MATERIALE PARENTALE: materiali fini di decantazione del conoide, con discontinui livelli di materiali fini alluvionali, su ghiaie di conoide

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: AL 3fl

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franco limosa (o franca), scheletro da assente a comune, fortemente calcarei



CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric), Haplic Phaeozems (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): comune (7%)

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 32%; arg. 15%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (125 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,2%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: alta
  $AWC_{100\ cm}$: 230 mm
  AWC_{PU}: 293 mm



ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (3,4%)
CSC: media (14 cmol/kg)
Mg sc.: buono (261 mg/kg MgO)
K/CSC: 2,4%
Mg/K: squilibrato (5,1)
B (oriz. A): basso (0,36 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto

ISE1

ISERA

SUPERFICIE: 35 ha

ZONE: Valle dell'Adige: Isera e Marano d'Isera (destra idrografica), e Sant'Ilario di Rovereto (sinistra idrografica)



DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti su substrato roccioso vulcanico, localmente ricoperto da ridotti spessori di materiali glaciali o detritici, da dolcemente inclinati a inclinati

MATERIALE PARENTALE: basalti, tufi basaltici o ialoclastiti basaltiche

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: BA 3f

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bt-BC-C, profondi, tessitura tra franca e franco argillosa, scheletro comune, scarsamente calcarei (o non calcarei)



CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Luvic Phaeozems*

SCHELETRO (70 cm): comune (8%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 45%; arg. 24%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (133 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,6%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 112 mm
AWC_{PU}: 157 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,2%)
CSC: alta (38 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (851 mg/kg MgO)
K/CSC: 0,8%
Mg/K: estremamente squilibrato (16,7)
B (oriz. A): basso (0,45 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



ISERA FRANCO SABBIOSI

SUPERFICIE: 17 ha

ZONE: Valle dell'Adige: Isera e Marano d'Isera (destra idrografica), e Sant'Ilario di Rovereto (sinistra idrografica)



DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti su substrato roccioso vulcanico, localmente ricoperto da ridotti spessori di materiali glaciali o detritici, da dolcemente a molto inclinati

MATERIALE PARENTALE: basalti, tufi basaltici o ialoclastiti basaltiche

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: BA 1fs

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-R, moderatamente profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro frequente, scarsamente calcarei



CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Endoleptic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (18%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 56%; arg. 18%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente bassa (60 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,4%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 100 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (3,7%)
CSC: alta (40 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (627 mg/kg MgO)
K/CSC: 2,2%
Mg/K: squilibrato (5,3)
B (oriz. A): d.a.

POTENZIALE DI VIGORE: basso



ISP1

ISCHIA PEROTTI

SUPERFICIE: 249 ha

ZONE: Valle dell'Adige tra Trento e Rovereto

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: aree di collegamento tra argini naturali e aree di espansione, e argini naturali poco rilevati, da subpianeggianti a dolcemente inclinate

MATERIALE PARENTALE: limi alluvionali intercalati con sottili livelli di sabbie

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: AL 3fl



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC(g)-Cg, profondi, tessitura franco limosa (con livelli franco sabbiosi), scheletro assente, calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Oxyaquic)*

SCHELETRO (70 cm): assente

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 44%; arg. 3%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (103 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,6%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono o mediocre
Falda: molto profonda
Acqua disponibile: alta
$AWC_{100\ cm}$: 298 mm
AWC_{PU}: 313 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,9%)
CSC: media (10 cmol/kg)
Mg sc.: medio (181 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,6%
Mg/K: squilibrato (6,2)
B (oriz. A): basso (0,44 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



ISCHIA PEROTTI SU MATERIALI SABBIOSI

SUPERFICIE: 45 ha

ZONE: Valle dell'Adige tra Trento e Rovereto



DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: aree di collegamento tra argini naturali e aree di espansione, e argini naturali poco rilevati, da subpianeggianti a dolcemente inclinate

MATERIALE PARENTALE: limi alluvionali che ricoprono sabbie fluviali

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: AL 3fl

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC(g)-C, profondi, tessitura franco limosa (sabbiosa in profondità), scheletro assente, calcarei



CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Oxyaquic)*

SCHELETRO (70 cm): assente

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 35%; arg. 7%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (109 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,8%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: molto profonda
Acqua disponibile: alta
  $AWC_{100\ cm}$: 244 mm
  AWC_{PU}: 268 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,8%)
CSC: media (11 cmol/kg)
Mg sc.: medio (243 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,8%
Mg/K: squilibrato (6,2)
B (oriz. A): basso (0,52 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



IST1

ISTITUTO AGRARIO DI SAN MICHELE ALL'ADIGE

SUPERFICIE: 19 ha

ZONE: San Michele all'Adige e Masetto

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: conoidi di deiezione, con superfici da inclinate a molto inclinate

MATERIALE PARENTALE: ghiaie a litologia mista (calcarea, marnosa e silicatica)

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: COca 3f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franca (franco sabbiosa in profondità), scheletro comune (abbondante in profondità), estremamente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): comune (11%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 35%; arg. 18%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (130 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,4%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 164 mm
AWC_{PU}: 195 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (2,2%)
CSC: media (12 cmol/kg)
Mg sc.: ricco (352 mg/kg MgO)
K/CSC: 2,9%
Mg/K: equilibrato (4,7)
B (oriz. A): basso (0,28 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



LE COSTE DI TIERNO

SUPERFICIE: 46 ha

ZONE: Mori e Crosano

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: superfici subpianeggianti interessate da depositi glaciali, o terrazzi glaciali subpianeggianti o dolcemente inclinati

MATERIALE PARENTALE: depositi glaciali moderatamente scheletrici a litologia mista (prevalentemente carbonatica)

GRADO DI FIDUCIA: alta

GRUPPO: GLmi 3f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bt-BC, molto profondi, tessitura franca, scheletro comune, da non calcarei a calcarei e da subalcalini ad alcalini

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Cutanic Luvisols (Eutric), Luvic Phaeozems (Eutric)*

SCHELETRO (70 cm): comune (7%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 41%; arg. 14%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (143 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,6%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 203 mm
AWC_{PU}: 290 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: d.a.
CSC: media (17 cmol/kg)
Mg sc.: medio (165 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,4%
Mg/K: equilibrato (4,9)
B (oriz. A): d.a.

POTENZIALE DI VIGORE: alto



LEN1

LENZIMA

SUPERFICIE: 44 ha

ZONE: Lenzima (Isera)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: superfici da subpianeggianti a dolcemente inclinate

MATERIALE PARENTALE: colluvi glaciali con componente basaltica elevata

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: BA 3f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw1-Bw2(Bt)-BC, profondi, tessitura franca (o franco argillosa), scheletro frequente, calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2015): *Calcaric Cambisols, Endocalcaric Luvisols*

SCHELETRO (70 cm): frequente (18%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 39%; arg. 23%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (127 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente alta (4,2%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 133 mm
AWC_{PU}: 173 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (2,7%)
CSC: alta (38 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (483 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,4%
Mg/K: equilibrato (3,1)
B (oriz. A): basso (0,35 mg/kg)

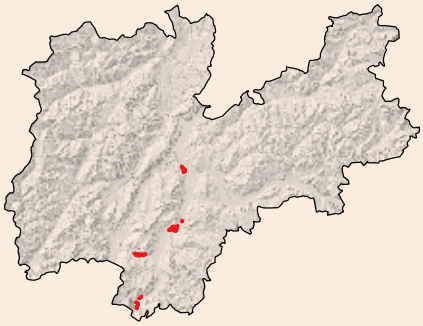
POTENZIALE DI VIGORE: medio



LOPPIO

SUPERFICIE: 399 ha

ZONE: Valle dell'Adige tra Trento e Rovereto, e piana di Loppio



DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: terrazzi intermedi, e aree delimitate da linee di accrescimento meandriforme, di piane alluvionali, da subpianeggianti a dolcemente inclinati

MATERIALE PARENTALE: limi alluvionali

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: AL 3fl

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C(g), molto profondi, tessitura da franco limosa a franca, scheletro assente, calcarei



CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): assente

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 32%; arg. 16%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (145 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,4%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: alta
$AWC_{100\ cm}$: 261 mm
AWC_{PU}: 388 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: d.a.
CSC: bassa (7 cmol/kg)
Mg sc.: d.a.
K/CSC: d.a.
Mg/K: d.a.
B (oriz. A): d.a.

POTENZIALE DI VIGORE: alto



LVI1

FRANA LAVINI DI MARCO

SUPERFICIE: 157 Ha

ZONE: Marco (Rovereto)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: aree pianeggianti su detrito grossolano di frana

MATERIALE PARENTALE: apporti antropici e materiali di frana

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: COca 2fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli rimaneggiati a profilo Ap-(Bw)-C, da moderatamente profondi a profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro comune, fortemente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Terric Cambisols (Calcaric); Aric Regosols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): comune (9%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 61%; arg. 9%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderata (89 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,3%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 149 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: d.a.
CSC: bassa (7 cmol/kg)
Mg sc.: molto scarso (55 mg/kg MgO)
K/CSC: 2,8%
Mg/K: squilibrato (1,9)
B (oriz. A): d.a.

POTENZIALE DI VIGORE: medio



LAVIS

SUPERFICIE: 121 ha

ZONE: Lavis

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: conoide di deiezione (dell'Avisio), con morfologie da subpianeggianti a inclinate

MATERIALE PARENTALE: sabbie e ghiaie di natura quasi esclusivamente porfirica

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: COsi 1f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, moderatamente profondi, tessitura franca (franco sabbiosa in profondità), scheletro scarso in superficie (molto abbondante in profondità), calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): comune (13%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 50%; arg. 13%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente bassa (61 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,3%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 109 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (2,3%)
CSC: d.a.
Mg sc.: d.a.
K/CSC: d.a.
Mg/K: d.a.
B (oriz. A): d.a.

POTENZIALE DI VIGORE: basso



LVS2

LAVIS PROFONDI

SUPERFICIE: 106 ha

ZONE: Lavis

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: conoide di deiezione (dell'Avisio), con morfologie da subpianeggianti a inclinate

MATERIALE PARENTALE: sabbie e ghiaie di natura quasi esclusivamente porfirica

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: COsi 3fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro scarso, fortemente calcarei

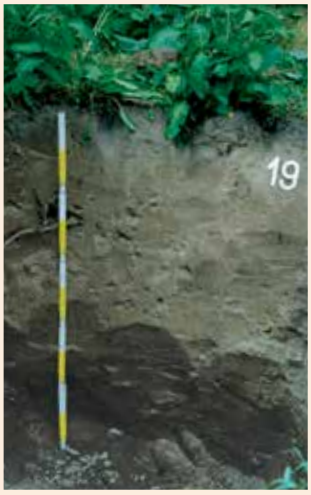
CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): scarso (1%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 64%; arg. 6%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (102 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,8%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 212 mm
AWC_{PU}: 215 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: d.a.
CSC: d.a.
Mg sc.: d.a.
K/CSC: d.a.
Mg/K: d.a.
B (oriz. A): d.a.

POTENZIALE DI VIGORE: medio



MARANO D'ISERA

SUPERFICIE: 71 ha

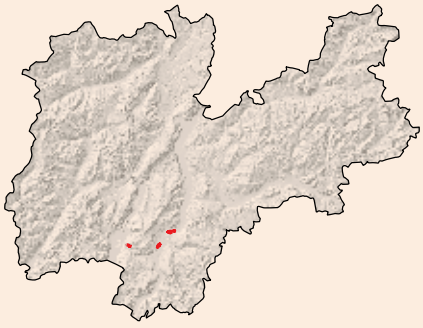
ZONE: Nogaredo e Isera

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: terrazzi di contatto glaciale sulla bassa collina, da subpianeggianti a dolcemente inclinati

MATERIALE PARENTALE: materiali glaciali scheletrici a litologia mista (prevalentemente calcarea), con apporti basaltici

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLmi 3f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franca, scheletro da comune a frequente (abbondante in profondità), calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Endoskeletic); Haplic Phaeozems (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (15%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 42%; arg. 21%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (131 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,8%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 135 mm
AWC_{PU}: 168 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (2,8%)
CSC: alta (30 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (526 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,5%
Mg/K: equilibrato (5,0)
B (oriz. A): basso (0,37 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



MAS1

MASO NUOVO DI MEZZOCORONA

SUPERFICIE: 198 ha

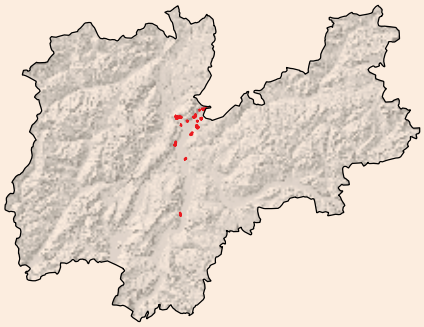
ZONE: Valle dell'Adige tra Roveré della Luna e Trento

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: conoidi di deiezione, con superfici da subpianeggianti a molto inclinate

MATERIALE PARENTALE: ghiaie dolomitiche

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: COdo 1fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-AC-C, moderatamente profondi, tessitura franco sabbiosa (sabbioso franca in profondità), scheletro abbondante (molto abbondante in profondità), estremamente calcarei*

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Regosols (Calcaric, Episkeletic), Rendzic Phaeozems (Episkeletic)*

SCHELETRO (70 cm): abbondante (38%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 68%; arg. 6%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente bassa (57 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,3%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: molto bassa
$AWC_{100\ cm}$: 51 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,1%)
CSC: media (11 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (518 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,3%
Mg/K: estremamente squilibrato (18,4)
B (oriz. A): basso (0,67 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: basso



* media del contenuto di carbonati totali (su 70 cm): 62%

MASO BERGAMINI

SUPERFICIE: 30 ha

ZONE: Maso Bergamini, e sotto Maderno e Moià (Trento)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti basaltici, con morfologia da molto a dolcemente inclinata

MATERIALE PARENTALE: brecce di esplosione e tufi basaltici, o materiali glaciali ricchi di materiali basaltici (sotto Moià)

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: BA 3fl



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-BE-Bt1-Bt2, molto profondi, tessitura franco limosa, scheletro scarso, scarsamente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Cutanic Luvisols*

SCHELETRO (70 cm): scarso (5%)

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 25%; arg. 25%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (145 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,2%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 188 mm
AWC_{PU}: 281 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (2,1%)
CSC: alta (49 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (2718 mg/kg MgO)
K/CSC: 2,1%
Mg/K: molto squilibrato (14,0)
B (oriz. A): basso (0,40 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



MBE2

MASO BERGAMINI POCO PROFONDI

SUPERFICIE: 46 ha

ZONE: Maso Bergamini e Moià (Trento)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti basaltici, con morfologie da moderatamente ripide a molto inclinate

MATERIALE PARENTALE: tufi e brecce di esplosione basaltiche

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: BA 2f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-R, moderatamente profondi, tessitura franca, scheletro comune, calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): comune (10%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 45%; arg. 18%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (96 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,8%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 142 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (2,8%)
CSC: alta (40 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (1151 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,3%
Mg/K: molto squilibrato (12,5)
B (oriz. A): molto basso (0,16 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



MORI

SUPERFICIE: 46 ha

ZONE: Mori (a ovest)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: conoidi di deiezione, da subpianeggianti a dolcemente inclinati

MATERIALE PARENTALE: ghiaie calcaree e materiali fini basaltici

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: COca 3fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-R, profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro scarso (comune in profondità), scarsamente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): scarso (4%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 64%; arg. 7%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (110 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,3%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 153 mm
AWC_{PU}: 189 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: d.a.
CSC: alta (30 cmol/kg)
Mg sc.: buono (277 mg/kg MgO)
K/CSC: 0,8%
Mg/K: squilibrato (5,2)
B (oriz. A): d.a.

POTENZIALE DI VIGORE: medio



MRC1

MAROCCHE

SUPERFICIE: 146 ha

ZONE: Marocche di Drò, di Trebi e tra Pergolese e Cavedine



DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: aree pianeggianti o dolcemente inclinate, di origine antropica, all'interno di corpi di frana

MATERIALE PARENTALE: detriti ghiaioso-pietrosi, e colluvi, calcarei

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: COca 3fs

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli rimaneggiati a profilo Ap1-Ap2-AC-C, profondi, tessitura da franca a franco sabbiosa, scheletro frequente (molto abbondante in profondità), estremamente calcarei



CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Regosols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (23%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 54%; arg. 10%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (112 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,6%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 121 mm
AWC_{PU}: 131 mm



ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: moderato (6,9%)
CSC: media (15 cmol/kg)
Mg sc.: medio (222 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,9%
Mg/K: equilibrato (4,1)
B (oriz. A): basso (0,44 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio

MOREI DI MEZZOLOMBARDO

SUPERFICIE: 74 ha

ZONE: Piana Rotaliana (Mezzolombardo e Mezzocorona)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: superfici del conoide del Noce a media stabilizzazione, interne a porzioni più antiche, o a ridosso di porzioni più recenti, da pianeggianti a subpianeggianti

MATERIALE PARENTALE: sabbie ghiaiose a litologia mista

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: COmi 3fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franco sabbiosa (franca in profondità), scheletro assente, calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): assente

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 62%; arg. 7%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (135 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,5%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 206 mm
AWC_{PU}: 295 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,7%)
CSC: bassa (9 cmol/kg)
Mg sc.: medio (182 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,2%
Mg/K: squilibrato (8,1)
B (oriz. A): molto basso (0,23 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



MRT1

MARTIGNANO

SUPERFICIE: 71 ha

ZONE: Martignano, Sardagna e Ravina

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: superfici da inclinate a moderatamente ripide interessate da accumuli glaciali di alloggiamento

MATERIALE PARENTALE: depositi glaciali scheletrici di natura mista (prevalente carbonatica)

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLmi 2fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, moderatamente profondi, tessitura franco sabbiosa (sabbioso franca in profondità), scheletro frequente (molto abbondante in profondità), calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (27%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 62%; arg. 9%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (94 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,6%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 94 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (2,4%)
CSC: medio (14 cmol/kg)
Mg sc.: medio (247 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,8%
Mg/K: squilibrato (5,6)
B (oriz. A): molto basso (0,27 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



MARTIGNANO FRANCHI IN SUPERFICIE

SUPERFICIE: 37 ha

ZONE: Martignano

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: superfici da inclinate a moderatamente ripide interessate da accumuli glaciali di alloggiamento

MATERIALE PARENTALE: depositi glaciali scheletrici di natura mista (prevalente carbonatica), con componente basaltica



GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLmi 2f

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, moderatamente profondi, tessitura franca (franco-sabbiosa in profondità), scheletro frequente (abbondante in profondità), calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (24%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 46%; arg. 15%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (75 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,1%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 97 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (2,2%)
CSC: alta (27 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (738 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,2%
Mg/K: molto squilibrato (10,6)
B (oriz. A): molto basso (0,23 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



MSS1

SANTA MASSENZA

SUPERFICIE: 61 ha

ZONE: Santa Massenza, Padergnone e Vezzano

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: fondivalle alluvionali sospesi, e vallecole a sezione piana o debolamente concava, da dolcemente inclinate a inclinate

MATERIALE PARENTALE: materiali alluvionali fini

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: AL 3fl



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw1-Bw2-BC-C, profondi, tessitura franco limosa, scheletro comune, estremamente calcarei*

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): comune (9%)

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 36%; arg. 9%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (130 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,7%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 210 mm
AWC_{PU}: 273 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: moderato (7,8%)
CSC: media (19 cmol/kg)
Mg sc.: medio (171 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,4%
Mg/K: equilibrato (3,1)
B (oriz. A): basso (0,40 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



* media del contenuto di carbonati totali (su 70 cm): 60%

SANTA MASSENZA MODERATAMENTE PROFONDI

SUPERFICIE: 34 ha

ZONE: Santa Massenza, Padergnone e Vezzano

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: fondivalle alluvionali sospesi, e vallecole a sezione piana o debolmente concava, da dolcemente inclinate a inclinate

MATERIALE PARENTALE: materiali alluvionali fini scarsamente scheletrici

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: AL 2fl



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, moderatamente profondi, tessitura franco limosa (franco sabbiosa in profondità), scheletro scarso (abbondante in profondità), estremamente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): scarso (4%)

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 37%; arg. 7%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (75 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente alta (5,3%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 130 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: alto (10,9%)
CSC: alta (22 cmol/kg)
Mg sc.: medio (235 mg/kg MgO)
K/CSC: 0,7%
Mg/K: squilibrato (7,2)
B (oriz. A): basso (0,36 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



NAG1

NAGO

SUPERFICIE: 35 ha

ZONE: Nago e Vigolo Baselga

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: fondivalle alluvionali sospesi, e dorsali scolpite dal ghiacciaio con coperture colluviali fini, da dolcemente inclinati a inclinati

MATERIALE PARENTALE: colluvi di materiali glaciali a litologia mista, con componente basaltica

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: AL 3fl I



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-Cg, profondi, tessitura franco limosa (franca in profondità), scheletro comune, calcarei

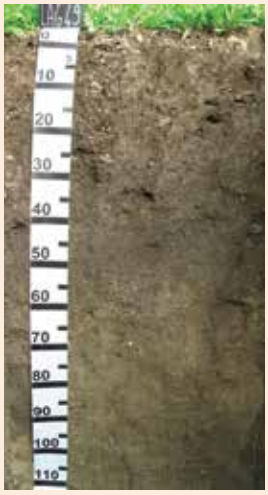
CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Gleyic Phaeozems (Calcaric), Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): comune (11%)

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 26%; arg. 22%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (115 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,3%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: mediocre
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 160 mm
AWC_{PU}: 185 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (2,8%)
CSC: alto (32 cmol/kg)
Mg sc.: ricco (397 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,6%
Mg/K: equilibrato (3,6)
B (oriz. A): basso (0,46 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



NOGAREDO

SUPERFICIE: 89 ha

ZONE: Valle dell'Adige tra Pomarolo e Isera

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: superfici subpianeggianti o dolcemente inclinate, in posizione distale, dei conoidi

MATERIALE PARENTALE: ghiaie prevalentemente calcaree, con variabili apporti basaltici

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: COdo 3f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franca, scheletro comune (molto abbondante in profondità), fortemente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric), Haplic Phaeozems (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): comune (13%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 38%; arg. 24%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (128 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,9%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 123 mm
AWC_{PU}: 144 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (2,6%)
CSC: alto (32 cmol/kg)
Mg sc.: ricco (390 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,7%
Mg/K: equilibrato (3,4)
B (oriz. A): basso (0,31 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



NGL1

MASO NOGAROLE DI ROMAGNANO

SUPERFICIE: 39 ha

ZONE: Valle dell'Adige tra Roverè della Luna e Rovereto

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: ventagli di rotta dell'Adige, rilevati rispetto alla piana alluvionale, da subpianeggianti a dolcemente inclinati

MATERIALE PARENTALE: sabbie fluviali

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: AL 2fs MI



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-ACg-Cg, moderatamente profondi, tessitura da franco limosa a franca (sabbioso franca in profondità), scheletro assente, calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Gleysols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): assente

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 67%; arg. 5%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatmente alta (95 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,6%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: molto lento
Falda: moderatamente profonda
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 154 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,8%)
CSC: bassa (10 cmol/kg)
Mg sc.: medio (242 mg/kg MgO)
K/CSC: 2,4%
Mg/K: equilibrato (3,0)
B (oriz. A): basso (0,42 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



MASO NOGAROLE DI ROMAGNANO NON IDROMORFI

SUPERFICIE: 39 ha

ZONE: Valle dell'Adige tra Roverè della Luna e Rovereto



DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: ventagli di rotta dell'Adige, rilevati rispetto alla piana alluvionale, da subpianeggianti a dolcemente inclinati

MATERIALE PARENTALE: sabbie e ghiaie fluviali a litologia prevalentemente carbonatica

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: AL 2fs

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-AC-C, moderatamente profondi, tessitura franco sabbiosa (sabbioso franca in profondità), scheletro assente, calcarei



CLASSIFICAZIONE WRB (2015): *Calcaric Fluvisols*

SCHELETRO (70 cm): assente (1%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 69%; arg. 5%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatmente alta (85 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,2%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 151 mm



ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,8%)
CSC: bassa (8 cmol/kg)
Mg sc.: medio (163 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,1%
Mg/K: squilibrato (7,8)
B (oriz. A): molto basso (0,20 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio

NOA1

NOVALINE

SUPERFICIE: 65 ha

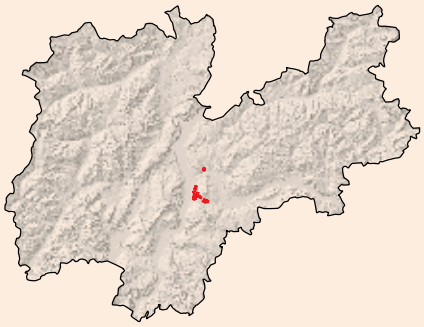
ZONE: Novaline, e Val Sorda (Trento)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: conoidi, detriti di versante e di frana, e accumuli colluviali, con morfologie da inclinate a moderatamente ripide

MATERIALE PARENTALE: depositi scheletrici dolomitici

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: COdo 0f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-CA(AC)-C, sottili, tessitura franca (franco sabbiosa in profondità), scheletro frequente (da abbondante a molto abbondante in profondità), estremamente calcarei*

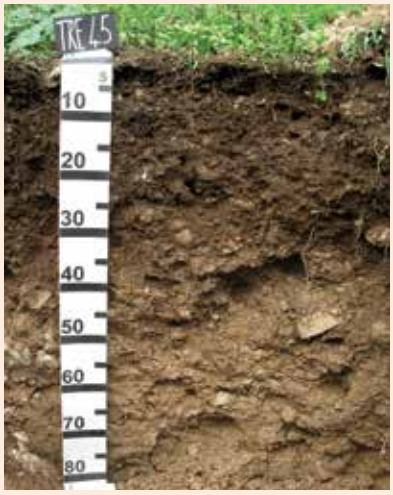
CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Regosols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): abbondante (38%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 47%; arg. 8%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: scarsa (50 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente alta (7,1%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: molto bassa
$AWC_{100\ cm}$: 39 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,8%)
CSC: alta (22 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (1249 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,0%
Mg/K: estremamente squilibrato (38,0)
B (oriz. A): basso (0,66 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: basso



* media del contenuto di carbonati totali (su 70 cm): 70%

NOVALINE GROSSOLANI

SUPERFICIE: 24 ha

ZONE: Val Sorda (Trento)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: detriti di versante e di frana, e conoidi, con morfologie da inclinate a moderatamente ripide

MATERIALE PARENTALE: depositi scheletrici dolomitici

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: COdo 1fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-CA(AC)-C, da sottili a moderatamente profondi (40-60 cm), tessitura franco sabbiosa, (sabbioso franca o sabbiosa in profondità), scheletro frequente, (molto abbondante in profondità), estremamente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Regosols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): abbondante (40%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 66%; arg. 4%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente bassa (53 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente alta (4,7%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: molto bassa
$AWC_{100\ cm}$: 48 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,8%)
CSC: media (13 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (793 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,0%
Mg/K: estremamente squilibrato (38,5)
B (oriz. A): basso (0,32 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: basso



NVD1

NOVALEDO

SUPERFICIE: 1144 ha

ZONE: sinistra idrografica della Valsugana: Levico, Novaledo e Telve

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: conoidi di deiezione e depositi detritici, gravitativi e colluviali, da dolcemente inclinati a inclinati

MATERIALE PARENTALE: ghiaie, frammiste a sabbie e blocchi, a litologia filladica

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: COsi 2fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-BC-C, moderatamente profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro frequente (abbondante in profondità), non calcarei e neutri

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Regosols (Eutric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (35%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 59%; arg. 5%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (82 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,2%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 78 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,9%)
CSC: media (15 cmol/kg)
Mg sc.: buono (291 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,6%
Mg/K: squilibrato (9,0)
B (oriz. A): basso (0,38 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



NOVALEDO SU MATERIALI GRANITICI

SUPERFICIE: 150 ha

ZONE: sinistra idrografica della Valsugana: Marter

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: conoide di deiezione e depositi detritici, gravitativi e colluviali, da dolcemente inclinati a inclinati

MATERIALE PARENTALE: ghiaie, frammiste a sabbie e blocchi, a litologia granitica

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: COsi 2fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-AC-C, moderatamente profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro frequente (abbondante in profondità), non calcarei, subacidi o neutri

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Regosols (Eutric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): abbondante (37%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 67%; arg. 5%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (75 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,8%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: molto bassa
$AWC_{100\ cm}$: 69 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,9%)
CSC: media (11 cmol/kg)
Mg sc.: buono (252 mg/kg MgO)
K/CSC: 0,9%
Mg/K: molto squilibrato (13,5)
B (oriz. A): basso (0,39 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: basso



OLT1

OLTRECASTELLO

SUPERFICIE: 167 ha

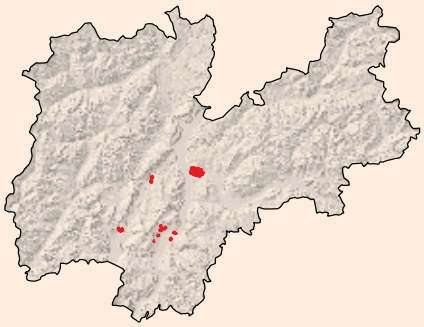
ZONE: area tra Martignano e Villamontagna, e Oltrecastello (Trento), e Arco

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti su substrati rocciosi, con morfologie da dolcemente inclinate a inclinate

MATERIALE PARENTALE: calcari marnosi (*Scaglia Rossa*), localmente con apporti basaltici

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: CM 2f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-R, moderatamente profondi, tessitura franca, scheletro frequente, fortemente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (24%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 38%; arg. 21%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (80 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,7%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 93 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: moderato (5,0%)
CSC: alta (32 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (518 mg/kg MgO)
K/CSC: 2,2%
Mg/K: equilibrato (4,2)
B (oriz. A): basso (0,50 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



OLTRECASTELLO PROFONDI

SUPERFICIE: 35 ha

ZONE: piane di Oltrecastello e di Martignano (Trento), e Arco

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: superfici da subpianeggianti a dolcemente inclinate alla base di versanti impostati su roccia

MATERIALE PARENTALE: colluvi di calcari marnosi (*Scaglia Rossa*), localmente con apporti basaltici

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: CM 3f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw1-Bw2-BC, profondi, tessitura franco limosa (franca in profondità), scheletro comune o frequente (frequente in profondità), calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (21%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 33%; arg. 20%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (114 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,9%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 123 mm
AWC_{PU}: 142 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: moderato (5,6%)
CSC: alta (35 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (734 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,7%
Mg/K: squilibrato (5,6)
B (oriz. A): basso (0,38 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



OLT3

OLTRECASTELLO SOTTILI

SUPERFICIE: 163 ha

ZONE: area tra Martignano e Villamontagna, e Oltrecastello (Trento), e Arco

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti rimaneggiati, su substrati rocciosi, con morfologie da dolcemente inclinate a moderatamente ripide

MATERIALE PARENTALE: calcari marnosi (*Scaglia Rossa*), localmente con apporti basaltici

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: CM 0f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-(CB-)R, sottili, tessitura franca, scheletro da comune a frequente, calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Epileptic Regosols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (30%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 35%; arg. 21%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: scarsa (41 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente alta (4,2%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: molto bassa
$AWC_{100\ cm}$: 48 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,6%)
CSC: alta (37 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (540 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,8%
Mg/K: equilibrato (3,4)
B (oriz. A): basso (0,42 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: basso



ORZANO DI CIVEZZANO

SUPERFICIE: 89 ha

ZONE: Civezzano, Orzano, Bosco, Sant'Agnese e Torchio

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti da dolcemente inclinati a inclinati interessati da depositi glaciali di alloggiamento

MATERIALE PARENTALE: depositi glaciali moderatamente scheletrici a litologia mista (calcarea e silicatica)

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLmi 2fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, moderatamente profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro frequente (da frequente ad abbondante in profondità), calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric [Endoskeletic])*

SCHELETRO (70 cm): frequente (20%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 67%; arg. 11%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (87 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,6%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 82 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,1%)
CSC: media (13 cmol/kg)
Mg sc.: buono (289 mg/kg MgO)
K/CSC: 2,2%
Mg/K: squilibrato (5,1)
B (oriz. A): basso (0,36 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



ORZ2

ORZANO DI CIVEZZANO SCHELETRICI

SUPERFICIE: 19 ha

ZONE: Civezzano, Orzano, Bosco, Sant'Agnese e Torchio

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti da inclinati a molto inclinati, interessati da depositi glaciali di alloggiamento

MATERIALE PARENTALE: depositi glaciali scheletrici a litologia mista (calcarea e silicatica), e relativi colluvi

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: GLmi 1fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, moderatamente profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro frequente (abbondante in profondità), calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Episkeletic)*

SCHELETRO (70 cm): abbondante (42%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 71%; arg. 7%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente bassa (70 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,1%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: molto bassa
$AWC_{100\ cm}$: 35 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,9%)
CSC: medio (13 cmol/kg)
Mg sc.: ricco (371 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,1%
Mg/K: molto squilibrato (11,5)
B (oriz. A): basso (0,30 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: basso



PADARO

SUPERFICIE: 38 ha

ZONE: Padaro

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: superfici da dolcemente inclinate a molto inclinate con materiali glaciali

MATERIALE PARENTALE: materiali glaciali ghiaiosi, quasi esclusivamente di natura calcarea

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLca 2f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-AC-C, moderatamente profondi, tessitura da franca a franco sabbiosa (franca in profondità), scheletro da comune a frequente in superficie e da frequente ad abbondante in profondità, estremamente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Regosols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (25%)

TESSITURA (70 cm): franco (sab. 52%; arg. 11%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (77 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente alta (5,9%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 100 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: moderato (8,6%)
CSC: media (18 cmol/kg)
Mg sc.: scarso (135 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,7%
Mg/K: equilibrato (4,1)
B (oriz. A): basso (0,39 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



PDD1

PIANA DI DRO

SUPERFICIE: 33 ha

ZONE: Dro, Ceniga e Bolognano di Arco

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: zone di flusso, depresse, subpianeggianti, della piana alluvionale antica di Dro (rilevata rispetto alla piana attuale)

MATERIALE PARENTALE: materiali alluvionali scarsamente scheletrici, con abbondante matrice limosa

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: AL 3fl I



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-BEg-Btg-BCg-Cg, profondi, tessitura franco limosa (franco limoso argillosa nel Bt), scheletro scarso, calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Cutanic Gleyic Luvisols*

SCHELETRO (70 cm): scarso (4%)

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 22%; arg. 20%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (111 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,9%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: lento
Falda: moderatamente profonda
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 200 mm
AWC_{PU}: 231 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: moderato (5,9%)
CSC: alta (22 cmol/kg)
Mg sc.: buono (287 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,3%
Mg/K: squilibrato (6,2)
B (oriz. A): molto basso (0,28 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



PIANA DI DRO NON IDROMORFI

SUPERFICIE: 33 ha

ZONE: Dro, Ceniga e Bolognano di Arco



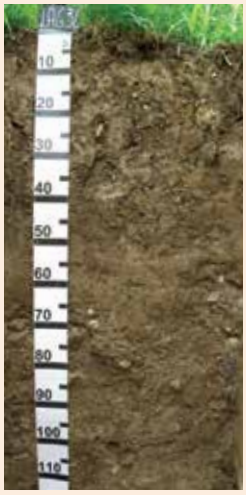
DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: zone di flusso, depresse, subpianeggianti, della piana alluvionale antica di Dro (rilevata rispetto alla piana attuale)

MATERIALE PARENTALE: materiali alluvionali scarsamente scheletrici, con abbondante matrice limosa, su depositi di frana ghiaioso-pietrosi

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: AL 3fl

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-BE-Bt-BC-C, profondi, tessitura franco limosa, scheletro comune (da frequente ad abbondante in profondità), calcarei



CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Cutanic Luvisols*

SCHELETRO (70 cm): comune (6%)

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 26%; arg. 18%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (115 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,5%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 184 mm
AWC_{PU}: 207 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (2,3%)
CSC: alta (22 cmol/kg)
Mg sc.: buono (287 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,3%
Mg/K: squilibrato (6,2)
B (oriz. A): basso (0,44 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



PDI1

PRADI

SUPERFICIE: 441 ha

ZONE: Valle dell'Adige tra Trento e Rovereto

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: terrazzi intermedi, e aree delimitate da linee di accrescimento meandriforme, della piana alluvionale, da subpianeggianti a dolcemente inclinati

MATERIALE PARENTALE: sabbie fluviali

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: AL 3fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro assente, calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): assente

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 56%; arg. 10%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (125 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,8%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 223 mm
AWC_{PU}: 283 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: d.a.
CSC: bassa (6 cmol/kg)
Mg sc.: molto scarso (66 mg/kg MgO)
K/CSC: 5,1%
Mg/K: squilibrato (1,1)
B (oriz. A): d.a.

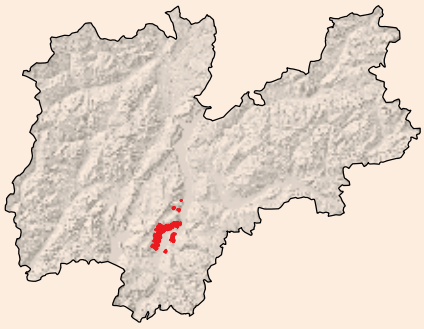
POTENZIALE DI VIGORE: alto



PEDERSANO

SUPERFICIE: 582 ha

ZONE: collina tra Nomi e Isera (destra idrografica della Valle dell'Adige), e tra Volano e Rovereto (sinistra idrografica)



DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti da dolcemente inclinati a molto inclinati, generalmente terrazzati, con depositi glaciali di contatto

MATERIALE PARENTALE: ghiaie e sabbie a litologia mista (prevalentemente calcarea)

GRADO DI FIDUCIA: molto alto

GRUPPO: GLmi 3f

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BCp-BC, profondi, fortemente antropizzati (vagliatura, e interramento frazione grossolana), tessitura franca (o franco sabbiosa con <55% di sabbia e >13% di argilla), scheletro frequente (abbondante in profondità), calcarei



CLASSIFICAZIONE WRB (2015): *Endoskeletic Calcaric Cambisols*

SCHELETRO (70 cm): frequente (25%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 48%; arg. 16%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (117 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,4%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 143 mm
AWC_{PU}: 170 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,1%)
CSC: alta (21 cmol/kg)
Mg sc.: buono (269 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,3%
Mg/K: equilibrato (3,3)
B (oriz. A): basso (0,35 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



PGL1

PERGOLESE

SUPERFICIE: 89 ha

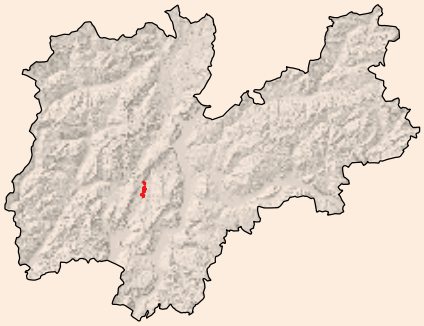
ZONE: Pergolese e Masi di Cavedine

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: piana alluvionale del Sarca, subpianeggiante

MATERIALE PARENTALE: materiali alluvionali limosi di decantazione

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: AL 3fl I



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BCg-Cg, profondi, tessitura franco limosa, scheletro assente, calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Endogleyic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): assente

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 31%; arg. 4%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (123 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,5%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: mediocre
Falda: molto profonda
Acqua disponibile: molto alta
$AWC_{100\ cm}$: 347 mm
AWC_{PU}: 421 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (2,6%)
CSC: media (11 cmol/kg)
Mg sc.: scarso (159 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,7%
Mg/K: equilibrato (4,3)
B (oriz. A): molto basso (0,24 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



PERGOLESE MOLTO IDROMORFI

SUPERFICIE: 62 ha

ZONE: Pergolese

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: aree depresse, a sezione concava, subpianeggianti, della piana alluvionale del Sarca

MATERIALE PARENTALE: materiali alluvionali limosi di decantazione

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: AL 2fl MI



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bwg-BCg-Cg, profondi, tessitura franco limosa (limosa in profondità), scheletro assente, calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Gleysols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): assente

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 31%; arg. 7%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (90 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,1%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: molto lento
Falda: profonda
Acqua disponibile: molto alta
$AWC_{100\ cm}$: 306 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (2,8%)
CSC: bassa (9 cmol/kg)
Mg sc.: scarso (153 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,6%
Mg/K: squilibrato (5,1)
B (oriz. A): basso (0,38 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



PGL3

PERGOLESE MOLTO IDROMORFI E FRANCO SABBIOSI

SUPERFICIE: 20 ha

ZONE: Pergolese

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: aree debolmente rilevate (argini naturali o ventagli di rotta), subpianeggianti, della piana alluvionale del Sarca

MATERIALE PARENTALE: sabbie alluvionali, intercalate a livelli limosi

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: AL 3fs MI



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-ACg-Cg, profondi, tessitura franco sabbiosa con livelli franco limosi in profondità, scheletro assente, calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Gleysols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): assente

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 68%; arg. 3%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (110 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,2%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: molto lento
Falda: molto profonda
Acqua disponibile: alta
$AWC_{100\ cm}$: 261 mm
AWC_{PU}: 299 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,3%)
CSC: bassa (7 cmol/kg)
Mg sc.: scarso (126 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,6%
Mg/K: squilibrato (5,1)
B (oriz. A): molto basso (0,23 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



PERGINE

SUPERFICIE: 162 ha

ZONE: Pergine

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: conoide di deiezione, con morfologia da subpianeggiante a dolcemente inclinata

MATERIALE PARENTALE: ghiaie sabbiose, di natura porfirica e filladica

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: COsi 2fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-AC-C, moderatamente profondi, tessitura franco sabbiosa (sabbioso franca in profondità), scheletro scarso nell'orizzonte di superficie (abbondante in profondità), non calcarei, subacidi

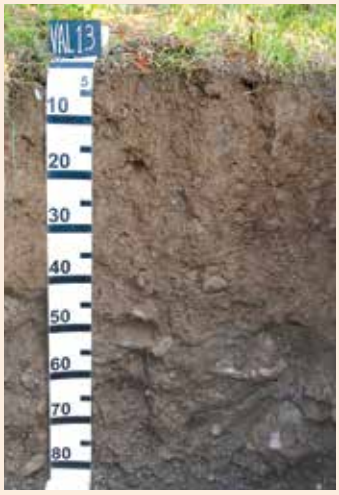
CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Regosols (Eutric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): comune (13%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 69%; arg. 6%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (76 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,5%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 80 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,9%)
CSC: media (16 cmol/kg)
Mg sc.: scarso (153 mg/kg MgO)
K/CSC: 0,9%
Mg/K: squilibrato (5,2)
B (oriz. A): basso (0,32 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



PIL1

PILCANTE

SUPERFICIE: 49 ha

ZONE: Valle dell'Adige tra Volano e Borghetto



DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: aree subpianeggianti o dolcemente inclinate, delimitate da scarpate erosive, dei terrazzi fluvioglaciali (elevati rispetto alla piana alluvionale)

MATERIALE PARENTALE: ghiaie e sabbie di origine fluvioglaciale a litologia mista, prevalentemente carbonatica

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLmi 3fs

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-BE-Bt-BC-C, profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro da comune a frequente, calcarei



CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Cutanic Luvisols*

SCHELETRO (70 cm): frequente (17%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 64%; arg. 10%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (128 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,8%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 136 mm
AWC_{PU}: 169 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,3%)
CSC: bassa (9 cmol/kg)
Mg sc.: scarso (158 mg/kg MgO)
K/CSC: 2,9%
Mg/K: squilibrato (6,9)
B (oriz. A): basso (0,75 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



PILCANTE SENZA SCHELETRO

SUPERFICIE: 43 ha

ZONE: Valle dell'Adige tra Volano e Borghetto

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: aree subpianeggianti o dolcemente inclinate, delimitate da scarpate erosive, dei terrazzi fluvioglaciali (elevati rispetto alla piana alluvionale)



MATERIALE PARENTALE: sabbie fluvioglaciali

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLmi 3fs

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-BE-Bt-BC-C, profondi, tessitura da franco sabbiosa a sabbioso franca, scheletro scarso, scarsamente calcarei o non calcarei, subalcalini



CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Cutanic Luvisols*

SCHELETRO (70 cm): scarso (2%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 74%; arg. 10%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (126 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,4%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 145 mm
AWC_{PU}: 196 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,3%)
CSC: media (10 cmol/kg)
Mg sc.: buono (309 mg/kg MgO)
K/CSC: 6,5%
Mg/K: squilibrato (5,1)
B (oriz. A): molto basso (0,21 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



PIL3

PILCANTE FRANCHI

SUPERFICIE: 92 ha

ZONE: Valle dell'Adige tra Volano e Borghetto

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: aree subpianeggianti o dolcemente inclinate, delimitate da scarpate erosive, dei terrazzi fluvioglaciali (elevati rispetto alla piana alluvionale)

MATERIALE PARENTALE: sabbie e limi fluvioglaciali

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: GLmi 3f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-BE-Bt-BC-C, profondi, tessitura franca, scheletro scarso, non calcarei o scarsamente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Cutanic Luvisols*

SCHELETRO (70 cm): scarso (3%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 46%; arg. 15%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (132 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,1%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 194 mm
AWC_{PU}: 244 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: d.a.
CSC: media (18 cmol/kg)
Mg sc.: medio (248 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,4%
Mg/K: squilibrato (5,5)
B (oriz. A): d.a.

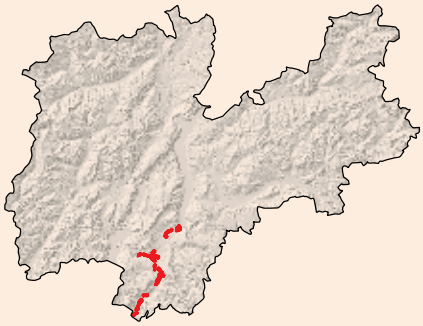
POTENZIALE DI VIGORE: alto



PILCANTE MODERATAMENTE PROFONDI

SUPERFICIE: 346 ha

ZONE: Valle dell'Adige tra Volano e Borghetto



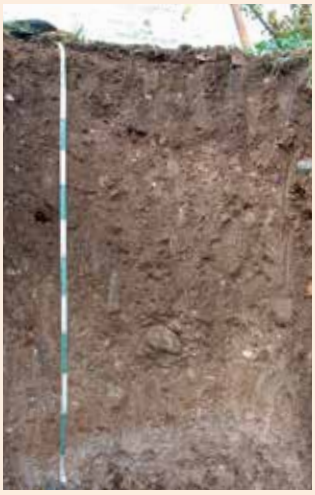
DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: aree subpianeggianti o dolcemente inclinate, delimitate da scarpate erosive, dei terrazzi fluvioglaciali (elevati rispetto alla piana alluvionale)

MATERIALE PARENTALE: ghiaie e sabbie fluvioglaciali a litologia mista, prevalentemente carbonatica

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: GLmi 1fs

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, moderatamente profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro da comune a frequente, calcarei



CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): comune (12%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 57%; arg. 14%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente bassa (74 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,1%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 104 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,5%)
CSC: media (13 cmol/kg)
Mg sc.: scarso (112 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,9%
Mg/K: squilibrato (6,2)
B (oriz. A): d.a.

POTENZIALE DI VIGORE: basso



PIL5

PILCANTE MODERATAMENTE PROFONDI E SCHELETRICI

SUPERFICIE: 163 ha

ZONE: Valle dell'Adige tra Volano e Borghetto



DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: aree subpianeggianti o dolcemente inclinate, delimitate da scarpate erosive, dei terrazzi fluvioglaciali (elevati rispetto alla piana alluvionale)

MATERIALE PARENTALE: ghiaie e sabbie fluvioglaciali a litologia mista, prevalentemente carbonatica

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: GLmi 1fs

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-BC-C, moderatamente profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro da frequente ad abbondante, calcarei



CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Regosols (Calcaric, Episkeletic o Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): abbondante (38%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 65%; arg. 12%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente bassa (74 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,2%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: molto bassa
$AWC_{100\ cm}$: 55 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,4%)
CSC: media (10 cmol/kg)
Mg sc.: medio (184 mg/kg MgO)
K/CSC: 2,8%
Mg/K: equilibrato (4,1)
B (oriz. A): optimum (0,89 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: basso



MASO PLOTEGHER DI ALDENO

SUPERFICIE: 231 ha

ZONE: Valle dell'Adige tra Trento e Rovereto

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: argini naturali della piana alluvionale, costituiti da aree allungate debolmente rilevate, da subpianeggianti a dolcemente inclinate



MATERIALE PARENTALE: sabbie fluviali

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: AL 3 fs

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro assente, calcarei



CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): assente

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 62%; arg. 6%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (120 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,5%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 218 mm
AWC_{PU}: 268 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,7%)
CSC: bassa (6 cmol/kg)
Mg sc.: medio (198 mg/kg MgO)
K/CSC: 2,8%
Mg/K: equilibrato (4,0)
B (oriz. A): basso (0,58 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



PLU1

PALÙ DI TERLAGO

SUPERFICIE: 56 ha

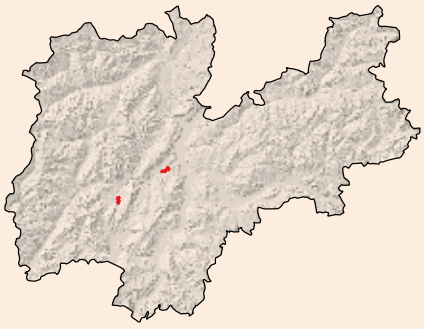
ZONE: Terlago, Vigo Cavedine e Vezzano, e a sud di Lomaso

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: porzioni depresse e non drenate di vallecole con depositi alluvionali, con morfologia subpianeggiante

MATERIALE PARENTALE: torbe intercalate a materiali alluvionali fini, limosi o sabbiosi

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: AL 1fl MI



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-OA-BCg-Cg, profondi, tessitura franco limosa, scheletro scarso, fortemente calcarei

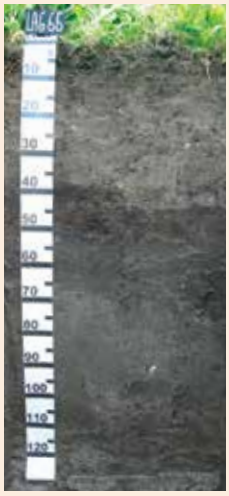
CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Histic Gleysols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): scarso (2%)

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 30%; arg. 12%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente bassa (65 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): molto alta (20,2%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: molto lento
Falda: superficiale
Acqua disponibile: molto bassa
$AWC_{100\ cm}$: 53 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: moderato (6,0%)
CSC: alta (37 cmol/kg)
Mg sc.: ricco (360 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,1%
Mg/K: equilibrato (4,2)
B (oriz. A): optimum (0,94 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



MASO PRADAZZO DI ZAMBANA

SUPERFICIE: 941 ha

ZONE: Valle dell'Adige tra Roverè della Luna e Trento

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: aree di espansione dei flussi in genere debolmente ribassate, tra la piana alluvionale e superfici maggiormente rilevate, da subpianeggianti a dolcemente inclinate



MATERIALE PARENTALE: limi alluvionali

GRADO DI FIDUCIA: molto alto

GRUPPO: AL 2fl MI

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bwg-BCg-Cg, profondi, tessitura franco limosa, scheletro assente, calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Gleysols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): assente

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 28%; arg. 11%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (94 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente alta (4,0%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: molto lento
Falda: moderatamente profonda
Acqua disponibile: alta
$AWC_{100\ cm}$: 241 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (2,1%)
CSC: media (14 cmol/kg)
Mg sc.: ricco (399 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,5%
Mg/K: molto squilibrato (11,3)
B (oriz. A): basso (0,59 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



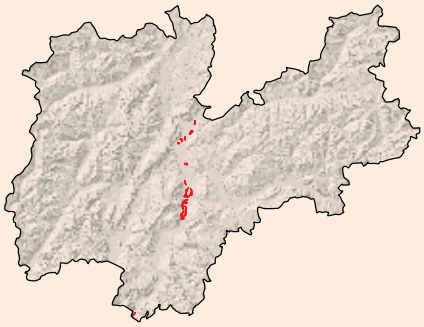
PRA2

MASO PRADAZZO DI ZAMBANA CON IDROMORFIA SOLO IN PROFONDITÀ

SUPERFICIE: 456 ha

ZONE: Valle dell'Adige tra Roverè della Luna e Trento

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: aree di espansione dei flussi in genere debolmente ribassate, tra la piana alluvionale e superfici maggiormente rilevate, da subpianeggianti a dolcemente inclinate



MATERIALE PARENTALE: limi alluvionali

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: AL 3fl I

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BCg-Cg, profondi, tessitura franco limosa, scheletro assente, calcarei



CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Endogleyic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): assente

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 33%; arg. 9%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (100 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,9%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: mediocre
Falda: molto profonda
Acqua disponibile: alta
$AWC_{100\ cm}$: 257 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,4%)
CSC: media (13 cmol/kg)
Mg sc.: ricco (371 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,9%
Mg/K: squilibrato (6,6)
B (oriz. A): basso (0,56 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



PRESSANO

SUPERFICIE: 262 ha

ZONE: Valle dell'Adige tra Faedo e Meano, Valle di Cembra tra Verla e Masen



DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti da subpianeggianti a dolcemente inclinati, con coperture di materiali glaciali

MATERIALE PARENTALE: materiali glaciali ghiaioso-sabbiosi a litologia mista (prevalentemente calcarea), e localmente substrato roccioso (calcari marnosi e marne)

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: GLmi 3fl

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franco limosa, scheletro da comune a frequente, estremamente calcarei



CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): comune (15%)

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 34%; arg. 14%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (114 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,7%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 203 mm
AWC_{PU}: 230 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,9%)
CSC: bassa (7 cmol/kg)*
Mg sc.: buono (327 mg/kg MgO)*
K/CSC: 3,3%*
Mg/K: squilibrato (7,4)*
B (oriz. A): molto basso (0,22 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



* dati disponibili per un unico profilo

PRE2

PRESSANO MODERATAMENTE PROFONDI

SUPERFICIE: 368 ha

ZONE: Valle dell'Adige tra Faedo e Meano, Valle di Cembra tra Verla e Masen



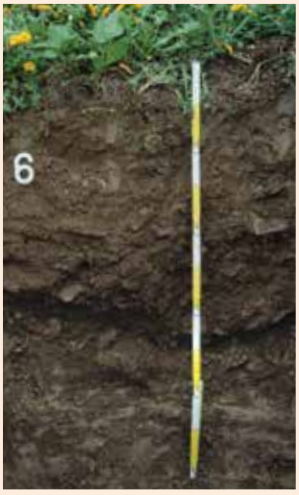
DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti da subpianeggianti a dolcemente inclinati, con coperture di materiali glaciali

MATERIALE PARENTALE: substrato marnoso o calcareo marnoso e localmente materiali glaciali ghiaioso sabbiosi a litologia mista, (prevalentemente calcarea)

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: GLmi 2f

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franca, scheletro da comune a frequente, fortemente calcarei



CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (17%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 34%; arg. 17%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (94 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,9%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 171 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,5%)
CSC: d.a.
Mg sc.: d.a.
K/CSC: d.a.
Mg/K: d.a.
B (oriz. A): d.a.

POTENZIALE DI VIGORE: medio



PRESSANO MOLTO PROFONDI

SUPERFICIE: 93 ha

ZONE: Valle dell'Adige: fascia tra Faedo e Meano

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: superfici da subpianeggianti a dolcemente inclinate con coperture glaciali

MATERIALE PARENTALE: materiali glaciali a litologia mista (prevalentemente dolomitico calcareo)

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLmi 3f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-BE-Bt-BC-C, molto profondi, tessitura da franca a franco argillosa, scheletro da scarso a comune, fortemente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Cutanic Luvisols*

SCHELETRO (70 cm): comune (8%)

TESSITURA (70 cm): franco (sab. 31%; arg. 22%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (150 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,8%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: alta
$AWC_{100\ cm}$: 185 mm
AWC_{PU}: 290 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,9%)
CSC: media (14 cmol/kg)*
Mg sc.: molto ricco (749 mg/kg MgO)*
K/CSC: 2,5%*
Mg/K: molto squilibrato (11,1)*
B (oriz. A): molto basso (0,26 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



* dati disponibili per un unico profilo

PRT1

PRATO SAIANO DI ARCO

SUPERFICIE: 136 ha

ZONE: Riva del Garda e Bolognano

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: porzioni distali di conoidi, subpianeggianti, raccordate alle superfici del terrazzo alluvionale principale

MATERIALE PARENTALE: ghiaie e sabbie a litologia mista (prevalentemente calcarea)

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: AL 3f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franca (sabbioso franca in profondità), scheletro comune (abbondante in profondità), fortemente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): comune (9%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 40%; arg. 14%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (118 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,7%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 171 mm
AWC_{PU}: 203 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: moderato (7,6%)
CSC: media (19 cmol/kg)
Mg sc.: medio (186 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,2%
Mg/K: equilibrato (3,9)
B (oriz. A): molto basso (0,14 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



PASQUALI

SUPERFICIE: 59 ha

ZONE: tra Volano e Rovereto (sinistra idrografica Valle dell'Adige)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti da dolcemente inclinati a inclinati, su substrato calcareo, con coperture glaciali e/o detritico-colluviali

MATERIALE PARENTALE: ghiaie a litologia mista (prevalentemente calcarea)

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLmi 2f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, da moderatamente profondi a profondi, tessitura franca, scheletro frequente (abbondante in profondità), calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): abbondante (37%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 43%; arg. 14%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (88 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,1%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 105 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: d.a.
CSC: media (14 cmol/kg)
Mg sc.: d.a.
K/CSC: d.a.
Mg/K: d.a.
B (oriz. A): d.a.

POTENZIALE DI VIGORE: medio



RAV1

RAVINA

SUPERFICIE: 604 ha

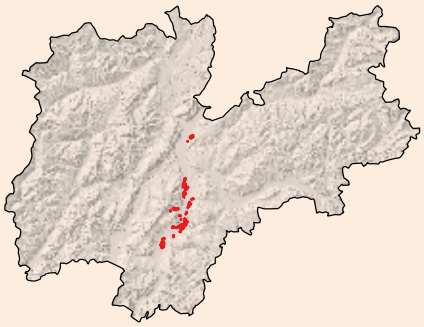
ZONE: Valle dell'Adige tra Trento e Rovereto

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: conoidi di deiezione e depositi detritici, gravitativi e colluviali, da subpianeggianti a molto inclinati

MATERIALE PARENTALE: ghiaie dolomitico-calcaree

GRADO DI FIDUCIA: molto alto

GRUPPO: COdo 1fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-AC-C, moderatamente profondi, tessitura franco sabbiosa (da franco sabbiosa a sabbioso franca in profondità), scheletro da frequente ad abbondante (molto abbondante in profondità), estremamente calcarei*

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Regosols (Calcaric, Episkeletic), Rendzic Phaeozems (Episkeletic)*

SCHELETRO (70 cm): abbondante (45%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 59%; arg. 10%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente bassa (73 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,2%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: molto bassa
$AWC_{100\ cm}$: 59 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,7%)
CSC: media (14 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (551 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,2%
Mg/K: molto squilibrato (12,8)
B (oriz. A): basso (0,35 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: basso

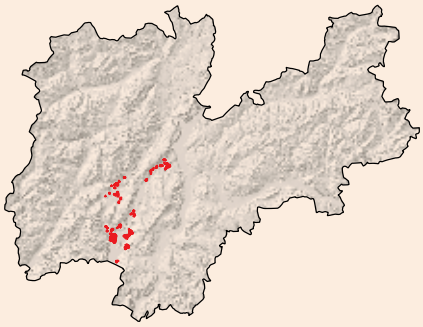


* media del contenuto di carbonati totali (su 70 cm): 77%

RIVA

SUPERFICIE: 748 ha

ZONE: Valle dei Laghi, da Terlago a Riva del Garda, Stenico e Bleggio



DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: conoidi di deiezione e depositi detritici, gravitativi e colluviali, da dolcemente inclinati a molto inclinati

MATERIALE PARENTALE: ghiaie quasi esclusivamente calcaree o calcareo-dolomitiche

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: COca 1fs

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-AC-C, moderatamente profondi, tessitura franca (sabbioso franca in profondità), scheletro abbondante, estremamente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Regosols (Calcaric, Episkeletic)*

SCHELETRO (70 cm): abbondante (41%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 54%; arg. 11%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente bassa (72 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,9%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: molto bassa
$AWC_{100\ cm}$: 62 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (4,9%)
CSC: alta (31 cmol/kg)
Mg sc.: buono (263 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,7%
Mg/K: squilibrato (5,1)
B (oriz. A): basso (0,33 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: basso



RON1

RONCHI

SUPERFICIE: 39 ha

ZONE: Valle dei Laghi, tra Calavino e Ponte Oliveti

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: vallecole interne a aree montonate, con depositi fluvioglaciali o glaciolacustri, da dolcemente inclinate a inclinate

MATERIALE PARENTALE: apporti colluviali marnosi, su materiali glaciali a litologia mista (prevalentemente carbonatica)

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: CM 3fl



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profili Ap-Bw-(Bt)-BC-C, profondi, tessitura franco argillosa (franco sabbiosa in profondità), scheletro frequente (abbondante in profondità), calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Cutanic Luvisols*

SCHELETRO (70 cm): frequente (22%)

TESSITURA (70 cm): franco argillosa (sab. 23%; arg. 27%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (150 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,1%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 139 mm
AWC_{PU}: 166 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (3,2%)
CSC: alta (29 cmol/kg)
Mg sc.: medio (200 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,5%
Mg/K: equilibrato (2,2)
B (oriz. A): molto basso (0,11 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



ROVERÈ DELLA LUNA

SUPERFICIE: 143 ha

ZONE: Valle dell'Adige tra Roverè della Luna e Mezzocorona



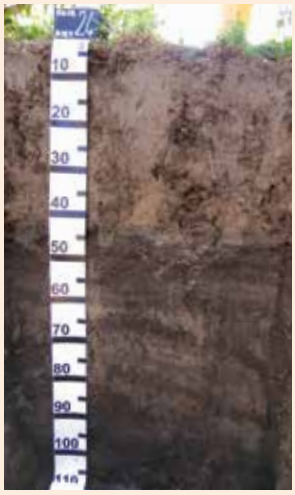
DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: aree alluvionali maggiormente ribassate ed idromorfe, in superfici di espansione dei flussi, da subpianeggianti a dolcemente inclinate

MATERIALE PARENTALE: limi alluvionali alternati a livelli di torbe

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: AL 0fl MI

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bwg-BCg-Cg, con sottili orizzonti organici, profondi, tessitura franco limosa, scheletro assente, calcarei



CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Gleysols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): assente

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 9%; arg. 19%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: scarsa (48 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,9%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: molto lento
Falda: superficiale
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 137 mm



ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (2,3%)
CSC: alta (21 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (1099 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,1%
Mg/K: estremamente squilibrato (24,3)
B (oriz. A): basso (0,47 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio

ROV2

ROVERÈ DELLA LUNA ORGANICI

SUPERFICIE: 34 ha

ZONE: Valle dell'Adige tra Roverè della Luna e Mezzocorona

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: aree alluvionali di contorno, leggermente più stabili, delle superfici ribassate di espansione dei flussi, da subpianeggianti a dolcemente inclinate

MATERIALE PARENTALE: torbe alternate a sottili livelli alluvionali limosi

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: AL 0fl MI



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bwg-Og, sottili, tessitura franco limosa, scheletro assente, calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Hemic Histosols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): assente

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 12%; arg. 14%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: scarsa (33 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): alta (14,4%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: molto lento
Falda: superficiale
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 79 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,9%)
CSC: alta (24 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (1175 mg/kg MgO)
K/CSC: 0,7%
Mg/K: estremamente squilibrato (31,7)
B (oriz. A): d.a.

POTENZIALE DI VIGORE: medio



SARCHE

SUPERFICIE: 80 ha

ZONE: conoide e piana delle Sarche

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: conoidi di deiezione e argini naturali del Sarca, sub pianeggianti

MATERIALE PARENTALE: ghiaie a litologia mista

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: Comi 1fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-AC-C, moderatamente profondi, tessitura franco sabbiosa (sabbioso franca in profondità), scheletro frequente (abbondante in profondità), calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Regosols (Calcaric Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (30%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 70%; arg. 3%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente bassa (60 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,9%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: molto bassa
$AWC_{100\ cm}$: 63 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,9%)
CSC: media (12 cmol/kg)
Mg sc.: buono (254 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,6%
Mg/K: molto squilibrato (11,7)
B (oriz. A): basso (0,62 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: basso



SAR2

SARCHE NON SCHELETRICI

SUPERFICIE: 76 ha

ZONE: conoide delle Sarche

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: porzioni distali subpianeggianti di conoide, raccordate con la superficie alluvionale

MATERIALE PARENTALE: ghiaie e sabbie a litologia mista

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: COmi 1fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-C, moderatamente profondi, tessitura franco sabbiosa (sabbioso franca in profondità), scheletro assente, calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): assente

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 57%; arg. 4%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente bassa (59 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,2%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 141 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,7%)
CSC: media (11 cmol/kg)
Mg sc.: scarso (140 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,3%
Mg/K: squilibrato (6,7)
B (oriz. A): molto basso (0,27 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: basso



SARCHE NON SCHELETRICI E IDROMORFI

SUPERFICIE: 63 ha

ZONE: piana delle Sarche

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: aree di collegamento subpianeggianti tra argini naturali e aree di espansione

MATERIALE PARENTALE: sabbie a litologia mista

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: COmi 3sf I



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-ACg-Cg, moderatamente profondi, tessitura sabbioso franca (franco limosa in profondità), scheletro assente, calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Endogleyic Regosols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): assente

TESSITURA (70 cm): sabbioso franca (sab. 78%; arg. 3%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (98 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,1%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: lento
Falda: profonda
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 190 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,9%)
CSC: bassa (7 cmol/kg)
Mg sc.: scarso (122 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,2%
Mg/K: squilibrato (6,7)
B (oriz. A): basso (0,26 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



SAV1

SAVIGNANO

SUPERFICIE: 363 ha

ZONE: collina tra Nomi e Isera (destra idrografica della Valle dell'Adige), e tra Volano e Rovereto (sinistra idrografica)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti da dolcemente inclinati a molto inclinati, generalmente terrazzati, con depositi glaciali di contatto

MATERIALE PARENTALE: ghiaie e sabbie a litologia mista (prevalentemente calcarea)

GRADO DI FIDUCIA: molto alto

GRUPPO: GLmi 3fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BCp-BC, profondi, fortemente antropizzati, tessitura franco sabbiosa (con >55% di sabbia e <13% di argilla), scheletro frequente (abbondante o molto abbondante in profondità), fortemente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2015): *Endoskeletic Calcaric Cambisols*

SCHELETRO (70 cm): frequente (32%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 60%; arg. 12%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (101 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderato (2,3%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 96 mm
AWC_{PU}: 111 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (3,4%)
CSC: media (15 cmol/kg)
Mg sc.: medio (198 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,5%
Mg/K: equilibrato (2,8)
B (oriz. A): basso (0,30 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



STAZIONE DI NOVALEDO

SUPERFICIE: 758 ha

ZONE: tra Caldonazzo e Borgo Valsugana

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: piana alluvionale, pianeggiante, del Brenta

MATERIALE PARENTALE: depositi alluvionali fini di decantazione o depositi lacustri

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: AL 1fl MI



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bwg-BCg-Cg, profondi, tessitura franco limosa, scheletro assente, estremamente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Gleysols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): assente

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 15%; arg. 8%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente bassa (75 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,2%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: molto lento
Falda: moderatamente profonda
Acqua disponibile: alta
$AWC_{100\ cm}$: 249 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (2,7%)
CSC: media (14 cmol/kg)
Mg sc.: buono (318 mg/kg MgO)
K/CSC: 2,3%
Mg/K: squilibrato (4,7)
B (oriz. A): molto basso (0,28 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



SEG1

SEGONZANO

SUPERFICIE: 52 ha

ZONE: parte centrale della valle di Cembra

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: forme di contatto glaciale, con morfologia da subpianeggiante a inclinata

MATERIALE PARENTALE: materiali glaciolacustri fini

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: GLsi 3f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw(Bt)-BC-C, profondi, tessitura franca, scheletro da assente a comune in superficie e da assente a frequente in profondità, da scarsamente calcarei a calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Eutric), Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): comune (11%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 42%; arg. 15%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (139 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,4%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 156 mm
AWC_{PU}: 224 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,4%)
CSC: media (14 cmol/kg)
Mg sc.: buono (312 mg/kg MgO)
K/CSC: 2,7%
Mg/K: squilibrato (6,9)
B (oriz. A): molto basso (0,26 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



SETTEPERGOLE DI MEZZOLOMBARDO

SUPERFICIE: 210 ha

ZONE: Piana Rotaliana

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: aree debolmente ondulate accostate ai rilievi (parti di più antica stabilizzazione) del conoide del Noce, da pianeggianti a subpianeggianti

MATERIALE PARENTALE: limi sabbiosi e sabbie ghiaiose a litologia mista

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: COmi 3fl



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franco limosa, scheletro assente (molto abbondante in profondità), calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): scarso (3%)

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 35%; arg. 7%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (120 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,6%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: alta
$AWC_{100\ cm}$: 285 mm
AWC_{PU}: 359 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (2,6%)
CSC: media (15 cmol/kg)
Mg sc.: buono (299 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,2%
Mg/K: squilibrato (8,3)
B (oriz. A): molto basso (0,25 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



SET2

SETTEPERGOLE DI MEZZOLOMBARDO MODERATAMENTE PROFONDI

SUPERFICIE: 234 ha

ZONE: Piana Rotaliana

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: superfici a morfologia regolare del conoide del Noce in prossimità delle aree di recente deposizione o in posizione distale, da subpianeggianti a pianeggianti

MATERIALE PARENTALE: limi sabbiosi su sabbie ghiaiose a litologia mista

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: COmi 2fl



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, moderatamente profondi, tessitura franco limosa (sabbiosa in profondità), scheletro scarso (molto abbondante in profondità), calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): scarso (3%)

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 34%; arg. 6%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (90 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,4%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: alta
$AWC_{100\ cm}$: 262 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (2,8%)
CSC: media (15 cmol/kg)
Mg sc.: medio (184 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,7%
Mg/K: equilibrato (3,5)
B (oriz. A): basso (0,50 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



SCURELLE

SUPERFICIE: 235 ha

ZONE: Scurelle

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: conoide di deiezione, con morfologia da subpianeggiante a dolcemente inclinata

MATERIALE PARENTALE: depositi sabbiosi e limosi di natura mista (calcarea e silicatica)

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: COsi 3fl



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franco limosa (franca in profondità), scheletro comune, non calcarei e neutri

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Eutric)*

SCHELETRO (70 cm): comune (7%)

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 40%; arg. 6%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (125 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,9%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 215 mm
AWC_{PU}: 258 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,9%)
CSC: media (18 cmol/kg)
Mg sc.: buono (279 mg/kg MgO)
K/CSC: 0,6%
Mg/K: molto squilibrato (13,3)
B (oriz. A): basso (0,55 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



SRA1

SARDAGNA

SUPERFICIE: 28 ha

ZONE: Sardagna, e sopra Ravina

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: superfici da inclinate a moderatamente ripide, con accumuli glaciali di alloggiamento

MATERIALE PARENTALE: depositi glaciali di natura mista (prevalente carbonatica)

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: GLmi 3f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franca, scheletro comune (abbondante in profondità), estremamente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006) (oriz. A): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): comune (12%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 51%; arg. 11%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (110 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,4%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 140 mm
AWC_{PU}: 150 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: moderato (9,5%)
CSC: media (16 cmol/kg)
Mg sc.: scarso (157 mg/kg MgO)
K/CSC: 0,6%
Mg/K: squilibrato (8,3)
B (oriz. A): basso (0,31 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



SORNI

SUPERFICIE: 10 ha

ZONE: collina a sud di Sorni (Lavis)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti da dolcemente inclinati a molto inclinati, su substrato roccioso

MATERIALE PARENTALE: gessi e siltiti calcaree

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: GE 3fl



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franco argillosa (franca in profondità), scheletro frequente, estremamente calcarei

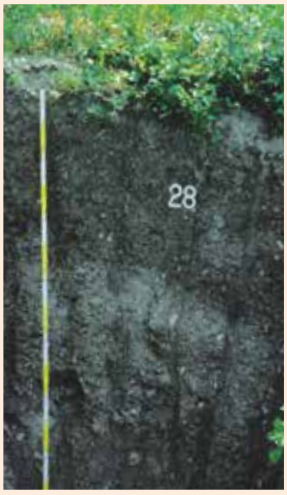
CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (24%)

TESSITURA (70 cm): franco argillosa (sab. 27%; arg. 38%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (112 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,7%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 122 mm
AWC_{PU}: 139 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,6%)
CSC: d.a.
Mg sc.: d.a.
K/CSC: d.a.
Mg/K: d.a.
B (oriz. A): d.a.

POTENZIALE DI VIGORE: medio



SRN2

SORNI ANTROPICI

SUPERFICIE: 1 ha

ZONE: a sud di Sorni (Lavis)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: aree utilizzate in passato come deposito del "cappellaccio" di limitrofe cave di gesso

MATERIALE PARENTALE: materiali di risulta derivanti dalla coltivazione di cave di gesso, prevalentemente siltiti calcaree e dolomie

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: GE 3f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-2Bw-2BC-2C, profondi, tessitura franca, scheletro molto abbondante in superficie e scarso in profondità, calcarei

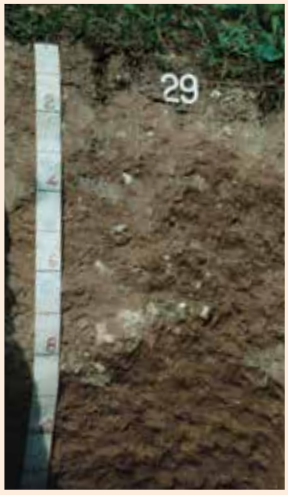
CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Episkeletic)*

SCHELETRO (70 cm): molto abbondante (74%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 46%; arg. 21%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (120 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,4%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: molto bassa
$AWC_{100\ cm}$: 66 mm
AWC_{PU}: 104 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,3%)
CSC: d.a.
Mg sc.: d.a.
K/CSC: d.a.
Mg/K: d.a.
B (oriz. A): d.a.

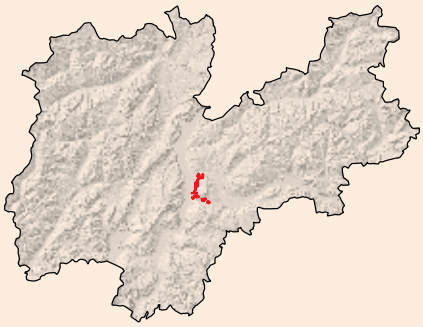
POTENZIALE DI VIGORE: medio



SAN ROCCO

SUPERFICIE: 139 ha

ZONE: tra Gabbiolo e Mattarello, e sopra Oltrecastello (Trento)



DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: accumuli colluviali ai piedi dei versanti, detriti di versante, e conoidi, con morfologie da dolcemente inclinate a moderatamente ripide

MATERIALE PARENTALE: depositi dolomitici

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: COdo 2fl

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, moderatamente profondi, tessitura da franco limosa a franca, scheletro frequente (da abbondante a molto abbondante in profondità), estremamente calcarei



CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Rendzic Phaeozems (Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (24%)

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 36%; arg. 10%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (99 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente alta (5,0%)

CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 113 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,9%)
CSC: alta (22 cmol/kg)
Mg sc.: estremamente ricco (1266 mg/kg MgO)
K/CSC: 0,6%
Mg/K: estremamente squilibrato (41,4)
B (oriz. A): molto basso (0,28 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



SRS1

SERSO

SUPERFICIE: 59 ha

ZONE: Pergine e Tenna

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: terrazzi fluvioglaciali o di contatto, da subpianeggianti a dolcemente inclinati

MATERIALE PARENTALE: depositi glaciali o fluvioglaciali moderatamente scheletrici, a litologia silicatica (filladica e porfirica)

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLsi 3fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro frequente, non calcarei e subacidi

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Eutric)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (27%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 56%; arg. 8%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (137 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,0%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 164 mm
AWC_{PU}: 231 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,9%)
CSC: media (14 cmol/kg)
Mg sc.: scarso (136 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,9%
Mg/K: squilibrato (5,2)
B (oriz. A): basso (0,52 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



SUSÀ

SUPERFICIE: 197 ha

ZONE: Susà (Pergine)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: conoide di deiezione da dolcemente inclinato a inclinato

MATERIALE PARENTALE: ghiaie, frammiste a sabbie e blocchi, a litologia mista (marnosa, dolomitica e filladica)

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: COdo 1f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, moderatamente profondi, tessitura da franco limosa a franca (franco sabbiosa in profondità), scheletro frequente (molto abbondante in profondità), estremamente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): abbondante (39%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 47%; arg. 9%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente bassa (65 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente alto (6,9%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: molto bassa
$AWC_{100\ cm}$: 51 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,9%)
CSC: media (17 cmol/kg)
Mg sc.: estremamente ricco (888 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,4%
Mg/K: estremamente squilibrato (21,3)
B (oriz. A): basso (0,62 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: basso



STN1

STENICO

SUPERFICIE: 100 ha

ZONE: Stenico, Bleggio, e Covelo, Terlago, Ciago e Vezzano

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: conoidi di deiezione e fondovalle alluvionale sospeso, da dolcemente inclinati a molto inclinati

MATERIALE PARENTALE: ghiaie quasi esclusivamente calcaree o calcareo-dolomitiche

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: COca 2fl



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw1-Bw2-BC-C, profondi, tessitura franco limosa, scheletro frequente (molto abbondante in profondità), estremamente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (27%)

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 31%; arg. 15%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (76 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente alta (6,6%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 80 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (2,3%)
CSC: alta (26 cmol/kg)
Mg sc.: ricco (389 mg/kg MgO)
K/CSC: 0,9%
Mg/K: squilibrato (7,8)
B (oriz. A): basso (0,32 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



STENICO MOLTO SCHELETRICI

SUPERFICIE: 87 ha

ZONE: Bolognano

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: conoidi di deiezione, da dolcemente inclinati a inclinati

MATERIALE PARENTALE: ghiaie calcaree e marnose (con apporti basaltici)

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: COca 2f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franco argillosa (franca in profondità), scheletro abbondante (molto abbondante in profondità), fortemente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Episkeletic)*

SCHELETRO (70 cm): abbondante (41%)

TESSITURA (70 cm): franco argillosa (sab. 31%; arg. 29%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (98 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente alta (4,1%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 127 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (3,9%)
CSC: alto (32 cmol/kg)
Mg sc.: medio (218 mg/kg MgO)
K/CSC: 2,8%
Mg/K: equilibrato (2,8)
B (oriz. A): basso (0,47 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



SVA1

SAN VALENTINO

SUPERFICIE: 43 ha

ZONE: tra Faedo e Meano

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti con depositi glaciali e discontinue coperture colluviali, da dolcemente inclinati a molto inclinati

MATERIALE PARENTALE: materiali glaciali ghiaiosi di natura quasi prevalentemente calcarea, o calcareo-dolomitica

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLmi 2fl



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, moderatamente profondi, tessitura da franco limosa a franca, scheletro da comune a frequente (abbondante in profondità), estremamente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (29%)

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 33%; arg. 15%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (82 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,0%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 128 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,1%)
CSC: d.a
Mg sc.: d.a
K/CSC: d.a
Mg/K: d.a
B (oriz. A): d.a

POTENZIALE DI VIGORE: medio



TELVE

SUPERFICIE: 13 ha

ZONE: Roncegno e Telve

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti da dolcemente inclinati a inclinati, con depositi glaciali

MATERIALE PARENTALE: materiali glaciali scheletrici a litologia mista

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: GLsi 3fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro frequente (abbondante in profondità), non calcarei e neutri

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Eutric)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (18%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 61%; arg. 5%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (110 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,3%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 184 mm
AWC_{PU}: 204 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,9%)
CSC: alta (20 cmol/kg)
Mg sc.: medio (177 mg/kg MgO)
K/CSC: 0,6%
Mg/K: squilibrato (6,5)
B (oriz. A): basso (0,42 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



TNA1

TENNA

SUPERFICIE: 194 ha

ZONE: Madrano e Tenna

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: terrazzi e versanti con depositi glaciali di contatto, da subpianeggianti a inclinati

MATERIALE PARENTALE: materiali glaciali scheletrici a litologia prevalentemente filladica

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLsi 3fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro frequente (abbondante in profondità), da subacidi a neutri

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Eutric)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (16%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 57%; arg. 7%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (110 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,6%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 153 mm
AWC_{PU}: 164 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,9%)
CSC: bassa (9 cmol/kg)
Mg sc.: medio (188 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,6%
Mg/K: squilibrato (6,6)
B (oriz. A): basso (0,33 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



TENNA MOLTO SCHELETRICI IN PROFONDITÀ

SUPERFICIE: 191 ha

ZONE: Madrano e Tenna

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti con depositi glaciali di alloggiamento, da dolcemente inclinati a molto inclinati

MATERIALE PARENTALE: materiali glaciali scheletrici a litologia prevalentemente filladica

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLsi 3fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franco sabbiosa (sabbioso franca in profondità), scheletro frequente (abbondante in profondità), non calcarei, da subacidi a neutri

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Eutric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (22%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 53%; arg. 7%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (115 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,1%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 116 mm
AWC_{PU}: 133 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,9%)
CSC: media (14 cmol/kg)
Mg sc.: ricco (356 mg/kg MgO)
K/CSC: 0,8%
Mg/K: molto squilibrato (14,7)
B (oriz. A): basso (0,37 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



VGR1

VAL DI GRESTA

SUPERFICIE: 32 ha

ZONE: tratto inferiore della Val di Gresta

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti con coperture glaciali, a morfologia da dolcemente inclinata ad inclinata

MATERIALE PARENTALE: depositi glaciali a litologia mista, (prevalentemente carbonatica, con eventuali apporti basaltici)

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLmi 3fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC, profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro comune (abbondante in profondità), calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric), Luvic Phaeozems (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): comune (15%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 57%; arg. 11%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (131 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente alta (4,6%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 140 mm
AWC_{PU}: 182 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: d.a.
CSC: media (19 cmol/kg)
Mg sc.: scarso (145 mg/kg MgO)
K/CSC: 2,4%
Mg/K: equilibrato (2,6)
B (oriz. A): d.a.

POTENZIALE DI VIGORE: medio



VAL DI GRESTA MODERATAMENTE PROFONDI

SUPERFICIE: 119 ha

ZONE: tratto inferiore della Val di Gresta

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti con coperture glaciali, a morfologia da dolcemente inclinata ad inclinata

MATERIALE PARENTALE: depositi glaciali a litologia mista, (prevalentemente carbonatica, con eventuali apporti basaltici)

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: GLmi 2fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro frequente (abbondante in profondità), calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, [Endoskeletic]), Haplic Phaeozems (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (22%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 60%; arg. 7%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (79 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,3%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 131 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,3%)
CSC: media (17 cmol/kg)
Mg sc.: scarso (104 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,2%
Mg/K: equilibrato (3,7)
B (oriz. A): d.a.

POTENZIALE DI VIGORE: medio



VIL1

VILLAZZANO MOLTO PROFONDI

SUPERFICIE: 84 ha

ZONE: Povo, Mesiano e Villazzano, e Sardagna (Trento)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: superfici subpianeggianti o dolcemente inclinate, con materiali glaciali di alloggiamento

MATERIALE PARENTALE: depositi glaciali di natura mista (carbonatica e silicatica)

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLmi 3f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bt1-Bt2-BC-C, molto profondi, tessitura da franca a franco limosa, scheletro comune, calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Cutanic Luvisols*

SCHELETRO (70 cm): comune (11%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 34%; arg. 19%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (165 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,0%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 176 mm
AWC_{PU}: 259 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (2,5%)
CSC: media (19 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (625 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,8%
Mg/K: squilibrato (9,6)
B (oriz. A): molto basso (0,29 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



VILLAZZANO PROFONDI

SUPERFICIE: 37 ha

ZONE: Povo, Mesiano e Villazzano (Trento)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: superfici da dolcemente inclinate a inclinate, con materiali glaciali di alloggiamento

MATERIALE PARENTALE: depositi glaciali di natura mista (carbonatica e silicatica)

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: GLmi 3f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bt1-Bt2-BC, profondi, tessitura franca (franco sabbiosa in profondità), scheletro comune, calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Cutanic Luvisols*

SCHELETRO (70 cm): comune (9%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 49%; arg. 20%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (140 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,9%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 139 mm
AWC_{PU}: 200 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,6%)
CSC: media (15 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (592 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,1%
Mg/K: estremamente squilibrato (17,3)
B (oriz. A): molto basso (0,28 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



VIL3

VILLAZZANO MODERATAMENTE PROFONDI

SUPERFICIE: 7 ha

ZONE: Povo, Mesiano e Villazzano (Trento)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: superfici da dolcemente inclinate a molto inclinate (aree erose e/o rimaneggiate) interessate da materiali glaciali di alloggiamento

MATERIALE PARENTALE: depositi glaciali di natura mista, carbonatica e silicatica

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLmi 2f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, moderatamente profondi, tessitura franco limosa, scheletro comune, fortemente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): comune (12%)

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 32%; arg. 14%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (80 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,4%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 150 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (2,6%)
CSC: media (14 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (544 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,1%
Mg/K: estremamente squilibrato (19,6)
B (oriz. A): molto basso (0,20 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



VILLA LUBICH

SUPERFICIE: 33 ha

ZONE: Villa Lubich, Borino (Trento)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: conoidi da dolcemente inclinati a moderatamente ripidi

MATERIALE PARENTALE: depositi scheletrici di conoide, dolomitici

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: COdo 3fl



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franca, scheletro frequente (abbondante in profondità), estremamente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (33%)

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 29%; arg. 19%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (110 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente alto (4,1%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 106 mm
AWC_{PU}: 113 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (0,9%)
CSC: alta (20 cmol/kg)
Mg sc.: estremamente ricco (1129 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,5%
Mg/K: estremamente squilibrato (17,3)
B (oriz. A): molto basso (0,16 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



VMA1

VILLA MANCI

SUPERFICIE: 62 ha

ZONE: Villa Manci, Valnigra e San Bartolomeo (Trento)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti su roccia, da dolcemente inclinati a inclinati

MATERIALE PARENTALE: lave andesitiche

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: BA 2fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-CB-R, moderatamente profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro frequente (abbondante in profondità), scarsamente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (30%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 59%; arg. 11%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (80 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,8%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 101 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,8%)
CSC: media (18 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (414 mg/kg MgO)
K/CSC: 2,3%
Mg/K: squilibrato (6,5)
B (oriz. A): basso (0,32 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



VILLA MANCI SOTTILI

SUPERFICIE: 16 ha

ZONE: Villa Manci, e Ronco (Trento)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti su roccia, da dolcemente inclinati a molto inclinati

MATERIALE PARENTALE: lave e tufi andesitici

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: BA 1fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-(CB-)R, da sottili a moderatamente profondi (40-70 cm), tessitura franco sabbiosa, scheletro da comune a frequente, non calcarei o scarsamente calcarei

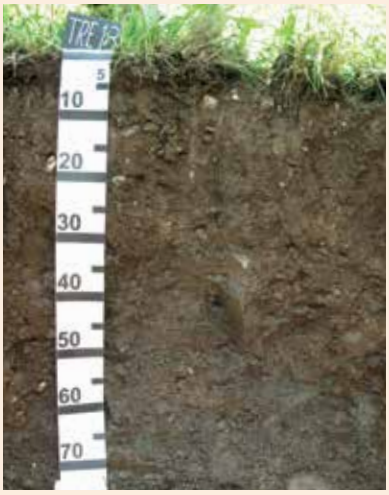
CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Endoleptic o Epileptic Regosols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (20%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 53%; arg. 17%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente bassa (61 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,4%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: molto bassa
$AWC_{100\ cm}$: 66 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,4%)
CSC: media (20 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (663 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,7%
Mg/K: squilibrato (7,8)
B (oriz. A): basso (0,31 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: basso



VMA3

VILLA MANCI PROFONDI

SUPERFICIE: 1 ha

ZONE: Villa Manci (Trento)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: versanti su roccia, da subpianeggianti a inclinati

MATERIALE PARENTALE: lave andesitiche

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: BA 3fs



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-2Bw-2BC, profondi, tessitura franco sabbiosa, scheletro scarso, non calcarei e neutri

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Eutric)*

SCHELETRO (70 cm): scarso (5%)

TESSITURA (70 cm): franco sabbiosa (sab. 57%; arg. 14%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (140 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,4%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
$AWC_{100\ cm}$: 182 mm
AWC_{PU}: 259 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,9%)
CSC: media (14 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (510 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,8%
Mg/K: squilibrato (9,8)
B (oriz. A): molto basso (0,19 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



VO' DESTRO

SUPERFICIE: 128 ha

ZONE: Valle dell'Adige a sud di Rovereto

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: terrazzi intermedi e bassi della piana alluvionale, da subpianeggianti a dolcemente inclinati

MATERIALE PARENTALE: sabbie e limi fluviali

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: AL 2f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-AC-C, moderatamente profondi, tessitura franca (franco sabbiosa in profondità), scheletro scarso, calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2015): *Calcaric Fluvisols*

SCHELETRO (70 cm): scarso (4%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 47%; arg. 12%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (80 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente bassa (1,5%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 148 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,9%)
CSC: media (11 cmol/kg)
Mg sc.: scarso (92 mg/kg MgO)
K/CSC: 2,9%
Mg/K: squilibrato (5,6)
B (oriz. A): d.a.

POTENZIALE DI VIGORE: medio



VRN1

VARONE

SUPERFICIE: 236 ha

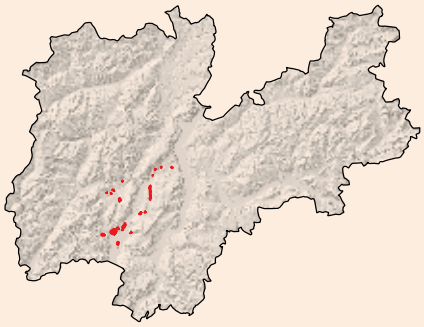
ZONE: Varone e Tenno, Bleggio e Stenico

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: terrazzi glaciali di contatto, e versanti da dolcemente inclinati a inclinati, con coperture glaciali, eventualmente rielaborate in superficie

MATERIALE PARENTALE: materiali glaciali, e relativi colluvi, moderatamente scheletrici, a litologia mista (prevalentemente carbonatica)

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLmi 3f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franca, scheletro frequente, fortemente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (22%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 37%; arg. 17%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (109 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente alta (4,1%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 122 mm
AWC_{PU}: 142 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (3,1%)
CSC: alta (22 cmol/kg)
Mg sc.: medio (220 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,9%
Mg/K: equilibrato (3,3)
B (oriz. A): basso (0,44 mg/kg)

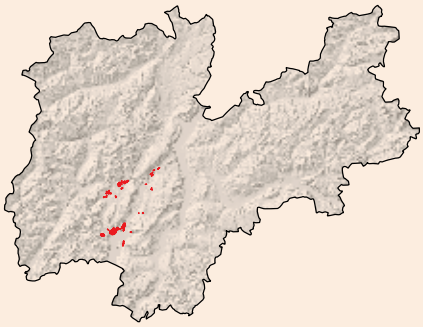
POTENZIALE DI VIGORE: medio



VARONE MODERATAMENTE PROFONDI

SUPERFICIE: 261 ha

ZONE: Varone e Tenno, Bleggio e Stenico



DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: terrazzi glaciali di contatto, e versanti da dolcemente inclinati a molto inclinati, con coperture glaciali, eventualmente rielaborate in superficie

MATERIALE PARENTALE: materiali glaciali, e relativi colluvi, moderatamente scheletrici, a litologia mista (prevalentemente carbonatica)

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLmi 2f

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, moderatamente profondi, tessitura franca, scheletro frequente (abbondante in profondità), fortemente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (27%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 40%; arg. 13%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (86 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente alta (4,3%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 109 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: moderato (6,6%)
CSC: alta (23 cmol/kg)
Mg sc.: scarso (148 mg/kg MgO)
K/CSC: 0,8%
Mg/K: squilibrato (8,6)
B (oriz. A): basso (0,38 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



VSO1

VALSORDA

SUPERFICIE: 137 ha

ZONE: Valsorda, Dosso di San Rocco, e Celva (Trento)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: superfici da dolcemente inclinate a molto ripide interessate da materiali glaciali di alloggiamento

MATERIALE PARENTALE: depositi glaciali scheletrici di natura mista, (prevalentemente dolomitica)

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLmi 2f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-(BC-)C, profondi, tessitura franca, scheletro frequente (abbondante in profondità), fortemente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (22%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 37%; arg. 14%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (86 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente alta (4,3%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 116 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,8%)
CSC: alta (20 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (1035 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,8%
Mg/K: molto squilibrato (11,2)
B (oriz. A): basso (0,54 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



VALSORDA PROFONDI

SUPERFICIE: 37 ha

ZONE: Dosso di San Rocco, e Valsorda (Trento)



DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: superfici da dolcemente inclinate a molto ripide interessate da materiali glaciali di alloggiamento o fluvioglaciali

MATERIALE PARENTALE: depositi glaciali scheletrici di natura mista, (prevalentemente dolomitica)

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: GLmi 3f

DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franca (franco sabbiosa in profondità), scheletro frequente (abbondante in profondità), fortemente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (18%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 41%; arg. 13%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (130 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,8%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: moderata
  $AWC_{100\ cm}$: 178 mm
  AWC_{PU}: 211 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (1,4%)
CSC: media (12 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (481 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,5%
Mg/K: molto squilibrato (13,2)
B (oriz. A): basso (0,30 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



VSO3

VALSORDA SOTTILI

SUPERFICIE: 70 ha

ZONE: Casteller (Trento)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: superfici da dolcemente inclinate a molto ripide interessate da accumuli fluvioglaciali

MATERIALE PARENTALE: depositi glaciali scheletrici di natura mista (prevalentemente dolomitica)

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: GLmi 1fl



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-CB-R, da sottili a moderatamente profondi (40-55 cm), tessitura franca, scheletro frequente (molto abbondante in profondità), estremamente calcarei*

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Endoleptic Regosols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (29%)

TESSITURA (70 cm): franco limosa (sab. 38%; arg. 11%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente bassa (52 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,5%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: molto bassa
$AWC_{100\ cm}$: 74 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: basso (3,7%)
CSC: alta (26 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (930 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,4%
Mg/K: molto squilibrato (10,7)
B (oriz. A): basso (0,50 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: basso



* media del contenuto di carbonati totali (su 70 cm): 66%

VIGOLO VATTARO

SUPERFICIE: 51 ha

ZONE: Bosentino

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: conoide (porzione ovest) con superfici da subpianeggianti a inclinate

MATERIALE PARENTALE: depositi scheletrici di natura mista (prevalentemente dolomitica)

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: COdo 1f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bt-BC-C, moderatamente profondi, tessitura franco limosa (franca in profondità), scheletro scarso (molto abbondante in profondità), calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Cutanic Luvisols*

SCHELETRO (70 cm): frequente (28%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 37%; arg. 14%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente bassa (75 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente alta (5,2%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 90 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,4%)
CSC: media (19 cmol/kg)
Mg sc.: estremamente ricco (1275 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,9%
Mg/K: estremamente squilibrato (17,0)
B (oriz. A): optimum (0,84 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: basso



VVA2

VIGOLO VATTARO DECARBONATATI

SUPERFICIE: 37 ha

ZONE: Vigolo Vattaro

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: conoide (porzione a est) con superfici da subpianeggianti a inclinate

MATERIALE PARENTALE: depositi scheletrici di natura mista, prevalentemente filladica

GRADO DI FIDUCIA: basso

GRUPPO: COsi 3f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, profondi, tessitura franca (franco sabbiosa in profondità), scheletro frequente (molto abbondante in profondità), non calcarei e neutri (calcarei in profondità)

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Eutric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (17%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 49%; arg. 8%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: elevata (120 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (3,1%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: moderatamente rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 139 mm
AWC_{PU}: 150 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,4%)
CSC: media (16 cmol/kg)
Mg sc.: molto ricco (473 mg/kg MgO)
K/CSC: 0,6%
Mg/K: estremamente squilibrato (23)
B (oriz. A): basso (0,45 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



VEZZANO

SUPERFICIE: 304 ha

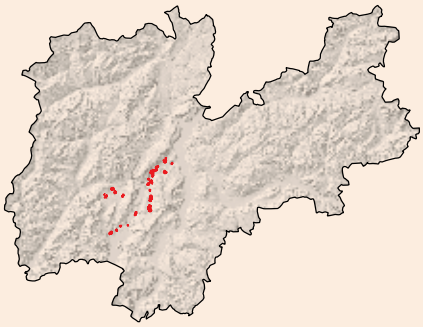
ZONE: alta Valle dei Laghi e Valle di Cavedine

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: conoidi di deiezione e terrazzi glaciali sepolti da coperture colluviali, da dolcemente inclinati a molto inclinati

MATERIALE PARENTALE: depositi detrico-alluvionali prevalentemente ghiaiosi, quasi esclusivamente calcarei

GRADO DI FIDUCIA: alto

GRUPPO: COca 2f



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-Bw-BC-C, moderatamente profondi, tessitura franca (franco sabbiosa in profondità), scheletro frequente (abbondante o molto abbondante in profondità), estremamente calcarei

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Haplic Cambisols (Calcaric, Endoskeletic)*

SCHELETRO (70 cm): frequente (34%)

TESSITURA (70 cm): franca (sab. 43%; arg. 15%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: moderatamente alta (85 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderatamente alta (4,7%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: rapido
Falda: assente
Acqua disponibile: bassa
$AWC_{100\ cm}$: 94 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: moderato (6,1%)
CSC: alta (22 cmol/kg)
Mg sc.: medio (185 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,8%
Mg/K: equilibrato (3,6)
B (oriz. A): basso (0,39 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: medio



ZIR1

ZIRESI DI VOLANO

SUPERFICIE: 45 ha

ZONE: Ziresi (Volano), e Brancolino

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE: terrazzi alluvionali antichi rilevati rispetto alla piana alluvionale attuale, da subpianeggianti a dolcemente inclinati

MATERIALE PARENTALE: limi alluvionali

GRADO DI FIDUCIA: medio

GRUPPO: AL 3fl



DESCRIZIONE DEL SUOLO: suoli a profilo Ap-(BE)-Bt-BC(g), molto profondi, tessitura da franco limosa a franco limoso argillosa, scheletro assente, scarsamente calcarei (talvolta calcarei)

CLASSIFICAZIONE WRB (2006): *Cutanic Luvisols*

SCHELETRO (70 cm): assente (0,8%)

TESSITURA (70 cm): franca limosa (sab. 29%; arg. 18%)

PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI: molto elevata (157 cm)

SOSTANZA ORGANICA (oriz. A): moderata (2,4%)



CARATTERI IDROLOGICI

Drenaggio: buono
Falda: assente
Acqua disponibile: alta
$AWC_{100\ cm}$: 227 mm
AWC_{PU}: 369 mm

ASPETTI NUTRIZIONALI (70 cm)

Calcare attivo: assente (0,9%)
CSC: media (15 cmol/kg)
Mg sc.: molto alta (637 mg/kg MgO)
K/CSC: 1,3%
Mg/K: molto squilibrato (14,3)
B (oriz. A): molto basso (0,16 mg/kg)

POTENZIALE DI VIGORE: alto



Allegato II

CLASSI DELLE PROPRIETÀ DEL SUOLO

PROFONDITÀ DEL SUOLO (cm)	CLASSE
< 25	Molto sottile
25 - 50	Sottile
50 - 100	Moderatamente profondo
100 - 150	Profondo
> 150	Molto profondo

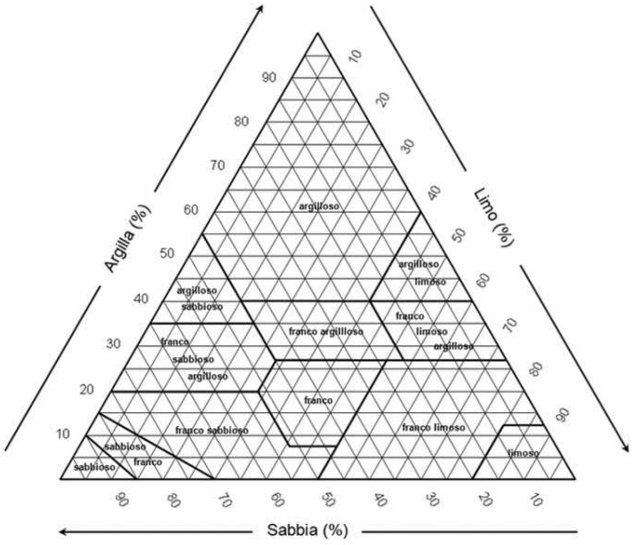
PROFONDITÀ UTILE ALLE RADICI (cm)	CLASSE
< 50	Scarsa
50 - 75	Moderatamente bassa
75 - 100	Moderatamente alta
100 - 150	Elevata
> 150	Molto elevata

SCHELETRO (%) (% del volume dei frammenti grossolani [>2 mm] sul volume totale)	CLASSE
< 1	Assente
1 - 5	Scarso
5 - 15	Comune
15 - 35	Frequente
35 - 60	Abbondante
> 60	Molto abbondante

DRENAGGIO
Rapido
Moderatamente rapido
Buono
Mediocre
Lento
Molto lento
Impedito

REAZIONE (pH)	CLASSE
< 4,5	Fortemente acido
4,5 - 5,4	Acido
5,5 - 6,5	Subacido
6,6 - 7,3	Neutro
7,4 - 7,8	Subalcalino
7,9 - 8,4	Alcalino
> 8,5	Fortemente alcalino

TRIANGOLO TESSITURALE USDA: classi di tessitura



CALCARE TOTALE (%)	CLASSE
< 0,5	Non calcareo
0,5 - 1	Molto scarsamente calcareo
1 - 5	Scarsamente calcareo
5 - 10	Moderatamente calcareo
10 - 25	Molto calcareo
25 - 40	Fortemente calcareo
> 40	Estremamente calcareo

CONTENUTO SOSTANZA ORGANICA (contenuto in carbonio organico) (%)	CLASSE
< 0,5 (< 0,3)	Molto basso
0,5 - 1,2 (0,3 - 0,7)	Basso
1,2 - 2 (0,7 - 1,2)	Moderatamente basso
2 - 4 (1,2 - 2,4)	Moderato
4 - 8 (2,4 - 5)	Moderatamente alto
8 - 20 (5 - 12)	Alto
> 20 (> 12)	Molto alto

AWC (acqua disponibile) (mm)	CLASSE
< 75	Molto bassa
75 - 150	Bassa
150 - 225	Moderata
225 - 300	Alta
> 300	Molto alta

Allegato III

CLASSI DEI PARAMETRI DELLA FERTILITÀ CHIMICA

CALCARE ATTIVO (%)	CLASSE
< 1	Assente
1 - 5	Basso
5 - 10	Moderato
10 - 15	Alto
> 15	Molto alto

CSC (cmoli(+)/kg)	CLASSE
< 5	Molto bassa
5 - 10	Bassa
10 - 20	Media
> 20	Alta

P ASSIMILABILE (metodo Olsen) (mg/kg P_2O_5)	CLASSE
0 - 15	Molto basso
15 - 30	Basso
30 - 45	Medio
45 - 60	Alto
> 60	Molto alto

K SCAMBIABILE (mg/kg K_2O)	CLASSE
0 - 60	Molto basso
60 - 120	Basso
120 - 180	Medio
180 - 240	Alto
> 240	Molto alto

RAPPORTO Mg/K (Mg e K espressi in cmoli/kg)	CLASSE
< 0,5	Estremamente squilibrato
0,5 - 1	Molto squilibrato
1 - 2	Squilibrato
2 - 5	Equilibrato
5 - 10	Squilibrato
10 - 15	Molto squilibrato
> 15	Estremamente squilibrato

B SOLUBILE (mg/kg)	CLASSE
< 0,3	Molto basso
0,3 - 0,8	Basso
< 0,8	Optimum

Ca SCAMBIABILE (g/kg)	CLASSE
< 1	Molto scarso
1 - 2	Scarso
2 - 3	Medio
3 - 4	Buono
> 5	Molto ricco

Mg SCAMBIABILE (mg/kg MgO)	CLASSE
< 80	Molto scarso
80 - 160	Scarso
160 - 250	Medio
250 - 330	Buono
330 - 415	Ricco
415 - 800	Molto ricco
> 800	Estremamente ricco

GLOSSARIO*

* Per gentile concessione di ARPA Veneto, semplificato e leggermente modificato

Acidità: vedi Reazione.

Alcalinità: vedi Reazione.

Alterazione: trasformazione chimica di rocce, minerali, sedimenti e suoli che avviene in presenza dell'acqua che trasporta agenti attivi quali ossigeno, acidi organici e anidride carbonica. I minerali originari vengono parzialmente o totalmente trasformati in minerali secondari, cristallini o amorfi.

Argilla: frazione minerale del suolo costituita da particelle di diametro inferiore a 0,002 mm.

AWC (Available Water Capacity - Capacità d'acqua disponibile): massima quantità di acqua in un suolo che può essere utilizzata dalle piante. È data dalla differenza tra la quantità di umidità presente nel suolo alla capacità di campo e al punto di appassimento permanente. È calcolata sui primi 100 cm di spessore (o fino alla roccia/materiale parentale se il suolo è più sottile), valore che facilita i confronti tra suoli differenti, oppure sulla profondità utile alle radici (valore più realistico, vista la capacità di radicazione della vite).

AWC	mm
Molto bassa	<75
Bassa	75 - 150
Moderata	150 - 225
Alta	225 - 300
Molto alta	>300

Calcare attivo: frazione finemente suddivisa del calcare totale, suscettibile a solubilizzarsi rapidamente sotto forma di bicarbonato. Suoli con grandi quantità di calcare attivo spesso mostrano fissazione del fosforo e una disponibilità ridotta di alcuni elementi minori, in particolare il ferro, che causa clorosi.

CALCARE ATTIVO	%
Assente	<1
Basso	1 - 5
Moderato	5 - 10
Alto	10 - 15
Molto Alto	>15

Calcare totale: quantitativo totale di carbonati (calcare) presente nella frazione del suolo inferiore a 2 mm, espresso come carbonato di calcio.

CALCARE TOTALE	%
Non calcareo	<0,5
Molto scarsamente calcareo	0,5 - 1
Scarsamente calcareo	1 - 5
Moderatamente calcareo	5 - 10
Molto calcareo	10 - 25
Fortemente calcareo	25 - 40
Estremamente calcareo	>40

Calcare marnoso: roccia calcarea relativamente tenera, di origine sedimentaria, che contiene una frazione consistente di argille.

Capacità d'acqua disponibile: vedi AWC.

Capacità di campo: massima quantità di acqua che un suolo può trattenere una volta che sia stata eliminata l'acqua gravitazionale. Corrisponde all'acqua presente nel suolo (pF 2,0) quando esso, dopo essere stato saturato, ha subito la fase di drenaggio rapido che generalmente dura da uno a tre giorni.

Capacità di scambio cationico (CSC): quantità massima di cationi adsorbibili (cationi scambiabili, tra cui Ca^{2+}, Mg^{2+} e K^{+}) dai colloidi organici e minerali del suolo, espressa in cmoli(+)/kg (o anche, i valori si equivalgono, in milliequivalenti per 100 grammi di suolo).

CAPACITÀ DI SCAMBIO CATIONICO	cmoli(+)/kg
Bassa	<10
Media	10 - 20
Alta	>20

Carbonati totali: vedi Calcare totale.

Carbonio organico: vedi Sostanza organica.

C/N: rapporto carbonio organico/azoto totale in un orizzonte del suolo. Il rapporto è un indice del grado di decomposizione della sostanza organica nei suoli minerali. Valori normali sono fra 9 e 10, mentre valori superiori rivelano una lenta decomposizione della sostanza organica.

Colluviale: materiale trasportato da acqua di ruscellamento diffuso, e deposto lungo un versante o al suo piede.

Complesso: unità cartografica costituita da due o più suoli differenti che non è possibile o conveniente separare alla scala in cui è effettuato il rilevamento.

Conducibilità idraulica satura: vedi Permeabilità.

Delineazione: ogni singola area delimitata sulla carta. Diverse delineazioni ubicate variamente nel territorio indagato appartengono alla medesima unità cartografica se sono simili i suoli contenuti nell'area delineata.

Dilavamento: allontanamento di materiali solubili dal suolo.

Drenaggio del suolo: infiltrazione dell'acqua nel suolo per effetto della gravità. Si riferisce alla frequenza e alla durata del periodo di saturazione totale o parziale del suolo durante il periodo di crescita delle piante. È correlato direttamente alla disponibilità di ossigeno nel suolo.

CLASSE	DEFINIZIONE
Rapido	Questi suoli hanno una conducibilità idraulica alta (da 10 a 100 µm/s) e molto alta (>100 µm/s) e un basso valore di acqua utilizzabile (AWC bassa o molto bassa, <100 mm).
Moderatamente rapido	Questi suoli hanno una alta conducibilità idraulica (da 10 a 100 µm/s) ed un più alto valore di acqua utilizzabile (AWC bassa o moderata, >50 mm ma <150 mm).
Buono	Questi suoli trattengono una quantità ottimale di acqua (AWC elevata o molto elevata, >150 mm), ma non sono abbastanza umidi in superficie o per un periodo abbastanza lungo nella stagione di crescita da condizionare negativamente le colture.
Mediocre	Questi suoli sono abbastanza umidi in superficie per un periodo sufficientemente lungo da condizionare negativamente le operazioni di impianto e raccolta delle colture mesofitiche a meno che non venga realizzato un drenaggio artificiale. I suoli moderatamente ben drenati hanno comunemente uno strato a bassa conducibilità idraulica (da 0,1 a 0,01 µm/s), uno stato di umidità relativamente alto nel profilo, un apporto di acqua per infiltrazione o una combinazione fra queste condizioni. Possono avere screziature da scarse a comuni sia rosse che grigie tra 75 e 100 cm.
Lento	Questi suoli sono abbastanza umidi in superficie o per un periodo sufficientemente lungo da ostacolare gravemente le operazioni di impianto, di raccolta o di crescita delle piante a meno che non venga realizzato un drenaggio artificiale. I suoli piuttosto mal drenati hanno comunemente uno strato a bassa conducibilità idraulica, un elevato stato di umidità nel profilo, un apporto di acqua per infiltrazione o una combinazione fra queste condizioni. Generalmente hanno screziature con chroma ≤2 e/o rosse da comuni ad abbondanti tra 50 e 75 cm; oppure possono mostrare screziature da ristagno temporaneo dovute alla presenza di una suola di aratura.
Molto lento	Questi suoli sono generalmente umidi vicino o in superficie per una parte considerevole dell'anno, cosicché le colture a pieno campo non possono crescere in condizioni naturali. Le condizioni di scarso drenaggio sono dovute ad una zona satura, ad un orizzonte con bassa conducibilità idraulica, ad infiltrazione di acqua o ad una combinazione fra queste condizioni. Generalmente hanno screziature con chroma ≤2 da comuni ad abbondanti entro i primi 50 cm.
Impedito	Questi suoli sono umidi vicino o in superficie per la maggior parte del tempo. Generalmente hanno screziature con chroma ≤2 abbondanti fin dalla superficie del suolo.

Effervescenza all'HCl: test di campagna utilizzato per rilevare la presenza di carbonato di calcio nel suolo. Si esegue facendo gocciolare poche gocce di acido cloridrico (concentrazione al 10%) su un frammento di suolo, osservandone l'effervescenza prodotta.

Erosione: distacco e allontanamento dalla loro sede di particelle di suolo, causate soprattutto dall'acqua corrente (erosione idrica).

Falda permanente: si identifica, in un contesto pedologico, con la prima falda libera o falda freatica.

FALDA	PROFONDITÀ (cm)
Assente	-
Molto superficiale	<25
Superficiale	25 - 50
Moderatamente profonda	50 - 100
Profonda	100 - 150
Molto profonda	>150

Falda temporanea: si forma nel suolo nei periodi piovosi in corrispondenza di strati poco permeabili, per accumulo di acque meteoriche. Si esaurisce poi nei periodi meno umidi per fenomeni di evapotraspirazione.

Fase: suddivisione di una qualsiasi categoria tassonomica del suolo, e in particolare delle *serie*, orientata all'uso ed alla gestione; si individuano fasi di pendenza, di erosione, di pietrosità, ecc.

Fertilità del suolo: giudizio globale qualitativo basato su parametri morfologici, fisico-chimici e biologici, riguardante la capacità di un suolo di sostenere lo sviluppo vegetativo.

Fluvioglaciali (depositi): materiali trasportati dai ghiacciai e quindi ripresi e risedimentati da corsi d'acqua alimentati dallo scioglimento dei ghiacci. La composizione granulometrica evidenzia la presenza di clasti isolati, di elevate dimensioni, immersi in una più minuta matrice.

Franco: suolo che contiene il 7-27% di particelle di argilla, il 28-50% di particelle di limo e meno del 52% di particelle di sabbia (corrisponde grosso modo alla antica denominazione "medio impasto").

Geomorfologia: descrizione e interpretazione delle forme del rilievo terrestre.

Gley (orizzonte): orizzonte di colore blu grigiastro formatosi nella zona di oscillazione o di permanenza della falda freatica, con alternanze di aerobiosi e anaerobiosi. Durante le prime il Fe precipita in forma ferrica, producendo screziature ferruginose di colore rossastro; durante le seconde, il Fe precipita in forma ferrosa, concentrandosi in screziature e macchie verdastre o bluastre. Tale fenomeno interessa anche il Mn.

Grado di differenziazione del suolo: si intende il grado di differenziazione del profilo, legata allo sviluppo più o meno evidente di orizzonti genetici.

GRADO DI DIFFERENZIAZIONE	SEQUENZA DEGLI ORIZZONTI
Basso	A-C
Moderato	A-Bw-C o A-Ck
Alto	A-Bk-C o A-Bt-C

Grado di fiducia dell'UTS: indica il grado di affidabilità della descrizione delle Unità tipologiche di suolo. Il grado di fiducia dipende dal numero di osservazioni e dalla confidenza nella relazione suolo-paesaggio.

GRADO DI FIDUCIA	DEFINIZIONE
Molto alto	Unità tipologica di suolo in cui l'elevato numero di osservazioni consente una buona caratterizzazione dal punto di vista genetico, tassonomico e funzionale. Sono necessari una forte confidenza nella relazione suolo-paesaggio e almeno 15 profili e 50 osservazioni.
Alto	Unità tipologica di suolo in cui il numero di osservazioni e la concordanza con le ipotesi di partenza consentono una buona caratterizzazione in termini qualitativi degli aspetti genetici, tassonomici e funzionali ma non un'analisi quantitativa. Sono necessari una forte confidenza nella relazione suolo-paesaggio e almeno 6 profili e 30 osservazioni.
Medio	Per le Unità tipologiche di suolo attribuite a questa classe è necessaria la descrizione e l'analisi di alcuni profili per migliorare la caratterizzazione dal punto di vista genetico, tassonomico e funzionale. Sono richiesti forte confidenza nella relazione suolo-paesaggio e un numero minimo di 2 profili e 20 osservazioni.
Basso	Un singolo profilo analizzato, almeno 5 osservazioni e una forte confidenza nella relazione suolo-paesaggio.
Molto basso	Un singolo profilo con o senza analisi e poche osservazioni; è un'unità tipologica di comodo, una prima idea.

Granulometria: suddivisione in classi dimensionali delle particelle minerali del suolo; comprende lo scheletro e la terra fine (<2 mm). Non equivale alla tessitura che si riferisce solo alla frazione di terra fine.

Humus: sostanza colloidale amorfa, di colore da giallo bruno scuro fino a nero, prodotta dalla trasformazione dei materiali organici del suolo e successiva resintesi polimerizzante. Non è sinonimo di sostanza organica: è la frazione più resistente alla biodegradazione, legata alle argille, dalle quali non è separabile per via meccanica.

Idromorfia: attributo del suolo che ne indica la saturazione idrica, permanente o temporanea.

Limo: frazione minerale di un suolo le cui particelle hanno un diametro compreso tra 0,05 e 0,002 mm.

Litologia: tipo di roccia.

Lisciviazione: migrazione meccanica (in sospensione) di piccole particelle minerali (principalmente argilla) dagli orizzonti superficiali a quelli profondi con relativo arricchimento (formazione di un orizzonte Bt).

Materiale parentale: sedimenti (materiali di conoidi, alluvionali, glaciali, ecc.) o roccia non consolidata da cui si è sviluppato il suolo; da non confondere con il substrato che è la roccia consolidata (di rado il suolo deriva direttamente da essa).

Orizzonte: strato del profilo, generalmente parallelo alla superficie, in cui si evidenziano gli effetti dei processi pedogenetici.

Orizzonte cambico: orizzonte in cui non è possibile individuare la struttura del substrato o del materiale di partenza, e in cui la maggior parte dell'argilla rinvenuta è di neoformazione, in situ. Corrisponde all'orizzonte Bw.

Orizzonte profondo: è la designazione di tutti gli strati compresi fra l'orizzonte superficiale ed il substrato, denominati "B" e distinti mediante suffissi secondo le modalità di genesi.

Orizzonte superficiale: è lo strato posto a contatto con l'atmosfera; nei suoli coltivati coincide con lo strato interessato dalle normali lavorazioni, denominato "A" e ulteriormente qualificato mediante il suffisso "p" (ploughed = arato).

Pedogenesi: processo di formazione del suolo a partire da materiali parentali o da substrati di varia natura. Si realizza attraverso processi di trasformazione, accumulo, perdita e traslocazione dovuti ad un insieme di fattori pedogenetici: clima, roccia, morfologia, esseri viventi e tempo.

Pendenza: indica la classe di pendenza.

CLASSE DI PENDENZA	LIMITI % DEL GRADIENTE	LIMITI IN GRADI DEL GRADIENTE
Pianeggiante	<0,2	<0,1
Subpianeggiante	0,2 - 2	0,1 - 1
Dolcemente inclinato	2 - 5	1 - 3
Inclinato	5 - 10	3 - 6
Molto inclinato	10 - 15	6 - 9
Moderatamente ripido	15 - 30	9 - 17
Ripido	30 - 60	17 - 31
Molto ripido	60 - 90	31 - 42
Estremamente ripido	>90	>42

Percorribilità: viene intesa come facilità di percorrenza con mezzi meccanici. Per valutare le classi di percorribilità si considerano come fattori limitanti pendenza, pietrosità superficiale (si veda Pietrosità superficiale) e portanza dei terreno (che indirettamente considera anche il drenaggio) e si fa riferimento al seguente schema, utilizzando il fattore più limitante per determinare la classe di percorribilità.

CLASSI DI PERCORRIBILITÀ	PENDENZA %	FASI DI PIETROSITÀ SUPERFICIALE	RISCHIO DI SPROFONDAMENTO E/O PERDITA DI TRAZIONE
Buona	<10	Non pietroso	Assente
Discreta	10 - 20	Pietroso	Moderato
Moderata	20 - 35	Molto pietroso	Elevato
Scarsa	>35	Estremamente pietroso	Molto elevato

Permeabilità: carattere che esprime la capacità di un orizzonte ad essere attraversato dall'acqua o dall'aria.

Pietrosità superficiale: indica la quantità e le dimensioni dei frammenti grossolani (>2 mm) che si trovano sulla superficie del suolo.

PIETROSITÀ	CLASSE	DENOMINAZIONE
0 - 0,1	Assente	Non pietroso
0,1 - 3	Scarsa	Scarsamente pietroso
3 - 15	Moderata	Moderatamente pietroso
15 - 50	Comune	Pietroso
50 - 90	Elevata	Molto pietroso
>90	Molto elevata	Estremamente pietroso

pH: misura dell'acidità o alcalinità di un suolo, indicata dalla concentrazione di ioni idrogeno. Vedi Reazione.

Pori: spazi vuoti che separano i costituenti solidi del suolo.

Porosità: volume degli spazi vuoti lasciati nel suolo dai granuli (materiale secco, inorganico e organico) di varie dimensioni solitamente riempito di aria e di acqua. Quando l'acqua occupa tutto lo spazio libero della porosità il terreno è saturo. In un terreno saturo inizia un processo di percolazione dell'acqua che si arresta solo quando i macropori (maggiori di 8 micron) si sono svuotati.

Profilo: sezione verticale del suolo che si estende dalla superficie al materiale parentale/substrato, in cui risulta evidente la successione degli orizzonti.

Profondità utile alle radici: volume del suolo, identificato dalla componente verticale, esplorabile dalle radici delle piante, al di sopra degli strati impenetrabili (per compattezza, alta pietrosità, carenza di umidità e/o elementi...) sottostanti. Si veda Allegato II.

Reazione: grado di acidità e di alcalinità del suolo, indicato dalla concentrazione di ioni idrogeno in un terreno, espresso come valore di pH. Si veda Allegato II.

Rischio di inondazione: temporanea ricopertura della superficie del suolo da parte di acqua fluitata da ogni tipo di sorgente. Viene valutato sulla base della frequenza e sulla durata media di eventi passati.

Sabbia: frazione minerale di un suolo le cui particelle hanno un diametro che varia da 0,05 a 2,0 mm. Si può ulteriormente suddividere in sabbia molto grossolana (2,0-1,0 mm), sabbia grossolana (1,0-0,5 mm), sabbia media (0,5-0,25 mm), sabbia fine (0,25-0,1 mm) e sabbia molto fine (0,1-0,05 mm).

Salinità: definisce il contenuto in sali solubili del suolo e la misura in cui essi interferiscono con la crescita delle piante. Si determina misurando la conducibilità elettrica nell'estratto saturo (ECe) oppure con diversi rapporti terreno-acqua. I suoli delle regioni umide o sub-umide (come il Trentino) non sono mai salini, quindi la sua determinazione è superflua.

Scheletro: frammenti di roccia e pietre presenti nel suolo, con dimensioni superiori ai 2 millimetri di diametro.

SCHELETRO DIAMETRO (mm)		QUANTITÀ PERCENTUALE (%)	
Ghiaioso fine	2 - 5	Assente	<1
Ghiaioso medio	5 - 20	Scarso	1 - 5
Ghiaioso grossolano	20 - 75	Comune	5 - 15
Ciottoloso	75 - 250	Frequente	15 - 35
Pietroso	250 - 600	Abbondante	35 - 60
Pietroso a massi	>600	Molto abbondante	>60

Screziature: macchie o sfumature di colore diverso comprese in una matrice di colore dominante; generalmente sono dovute a processi di ossidoriduzione. In molti casi sono importanti per individuare la presenza di idromorfia.

QUANTITÀ	%	DIMENSIONI	mm
Poche	<2	Piccole	<5
Comuni	2 - 10	Medie	5 - 15
Frequenti	10 - 20	Grossolane	>15
Molte	>20		

Sostanza organica: materiale di origine vegetale e animale, più o meno eterogeneo, presente nel terreno in diversi stati di trasformazione. Le classi di dotazione di sostanza organica sono basate sul contenuto di carbonio organico del campione.

CLASSE	CONTENUTO IN CARBONIO ORGANICO %	CONTENUTO IN SOSTANZA ORGANICA %
Molto basso	<0,3	<0,8
Basso	0,3 - 0,7	0,8 - 1,2
Moderatamente basso	0,7 - 1,2	1,2 - 2
Moderato	1,2 - 2,4	2 - 4
Moderatamente alto	2,4 - 5	4 - 8
Alto	5 - 12	8 - 20
Molto alto	>12	>20

Struttura del suolo: ordinamento spaziale delle singole particelle del suolo in aggregati di maggiori dimensioni. Le particelle elementari (primarie) del suolo (sabbia, limo, argilla) sono riunite ad opera di forze di attrazione chimico-fisica e per intervento di sostanze prodotte dagli apparati radicali e dall'attività microbica e microbiologica.

Substrato: roccia consolidata presente (eventualmente) al di sotto del suolo.

Suolo: strato superficiale della crosta terrestre in grado di ospitare la vita delle piante; è costituito da sostanze minerali ed organiche ed è sede di processi chimici, fisici e biologici. È il risultato della pedogenesi.

Suoli idromorfi: suoli che si sono formati in condizioni di drenaggio molto scarso, fino a impedito, che di conseguenza hanno subito processi di ossido-riduzione del ferro e degli altri elementi. Presentano tipiche colorazioni grigiastre e screziature di colore giallo aranciato

Terrazzo: superficie residuale, da pianeggiante a lievemente ondulata, di una pianura alluvionale o glaciale preesistente. Il terrazzo è delimitato da scarpate che lo raccordano a superfici costruite dalla dinamica fluviali in tempi diversi.

Tessitura: proporzione relativa delle particelle minerali con diametro inferiore ai 2 mm, costituenti la *terra fine* del suolo.

CLASSE DIMENSIONALE	DIAMETRO
Argilla	<0,002 mm
Limo	0,002 - 0,050 mm
Sabbia	>0,050 mm

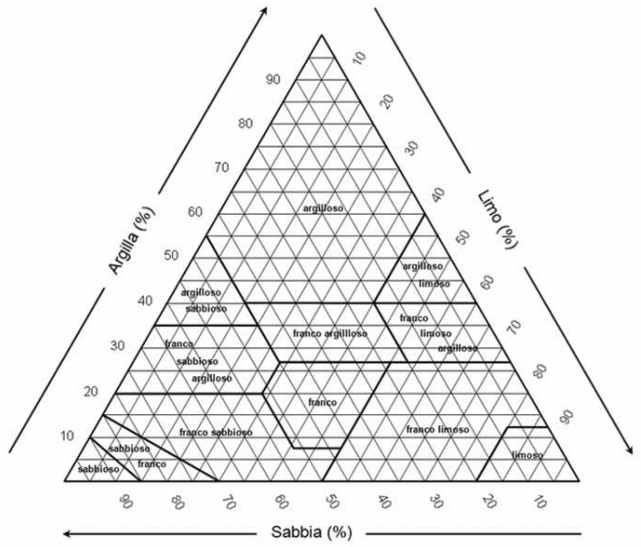
La combinazione quantitativa specifica di sabbia, limo e argilla viene espressa nelle classi tessiturali (USDA):

	CLASSE TESSITURALE (USDA)
A	Argillosa
AL	Argilloso limosa
AS	Argilloso sabbiosa
FLA	Franco limoso argillosa
FA	Franco argillosa
FSA	Franco sabbioso argillosa
FL	Franco limosa
L	Limosa
F	Franca
FS	Franco sabbiosa
SF	Sabbioso franca
S	Sabbiosa

Le classi tessiturali USDA possono essere aggregate secondo il seguente schema:

TESSITURA USDA	DIAMETRO
S, SF	Grossolana
FS	Moderatamente grossolana
F, FL, L	Media
FSA, FA, FLA	Moderatamente fine
A, AS, AL	Fine

Triangolo tessiturale (USDA): grafico impiegato per l'attribuzione delle classi tessiturali ai campioni di suolo. Per individuare la classe tessiturale, partendo dal valore analitico della percentuale di argilla si traccia una linea parallela alla base del triangolo. Partendo in seguito dal valore della percentuale di sabbia, si traccia una linea parallela al cateto dove è rappresentato il limo. Il punto d'incontro permette di identificare la classe tessiturale. Es.: suolo con 10% di argilla, 45% di sabbia = suolo franco.



Unità cartografica: insieme di poligoni delimitati nella carta dei suoli (delineazioni) che presentano, per la maggior parte della loro superficie, i suoli indicati dalla medesima sigla cartografica.

Unità di paesaggio: porzione di territorio relativamente omogenea per caratteri climatici, geolitologici, idrografici, morfologici e vegetazionali, nella quale si trovano suoli in prima approssimazione simili tra loro.

CREDITI FOTOGRAFICI

Giovanni Cavulli
Foto di pagina 112-113, 164-165

Albert Ceolan
Copertina
Foto di pagina 12-13, 42-43, 44, 56, 68 (foto 21), 69, 98 (foto 9)

Francesco Penner
Foto di pagina 194 (foto 5), 198 (foto 21), 199 (foto 24)

Marco Simonini
Foto di pagina 45, 47, 51, 54 (foto 7), 54 (foto 8), 55, 58 (foto 12), 58 (foto 13), 60, 61, 62, 63, 64 (foto 18 e 19), 68 (foto 22), 70, 71, 74-75, 77, 80 (foto 9), 82 (foto 15), 83 (foto 16), 83 (foto 17), 90-91, 95, 96, 97 (foto 7), 98 (foto 10), 224-225

Roberto Zorer
Foto di pagina 46

RINGRAZIAMENTI

Il presente lavoro è stato realizzato con il prezioso contributo di

Presidenti, direttori, enologi, agronomi e soci viticoltori delle Cantine socie di Cavit*, tecnici e agronomi dell'Ufficio Viticoltura e analisti del Laboratorio Enochimico di Cavit

Tecnici, tecnologi e ricercatori della Fondazione Edmund Mach che a vario titolo hanno contribuito al progetto

Andrea Borsato - Dipartimento di Scienze del suolo - Università di Newcastle (Australia) - per il supporto alla revisione dei testi

ARPA Veneto per aver messo a disposizione l'architettura della propria banca dati

MPA Solutions, Trento

* Cantina Mori Colli Zugna, Cantina Rotaliana di Mezzolombardo, Vivallis, Cantina d'Isera, Cantina Aldeno, Cantina Sociale Roverè della Luna, Cantina sociale di Trento, Cantina di La-Vis e Valle di Cembra, Cantina Sociale Viticoltori in Avio, Agraria Riva del Garda, Cantina Toblino

Finito di stampare nel mese di giugno 2022
da Litotipografia Alcione, Lavis (TN)

FSC
www.fsc.org
MISTO
Carta da fonti gestite in maniera responsabile
FSC® C021956



ISBN 978-88-7843-057-0