

PROPONENTE:

K4 ENERGY s.r.l.

Sede in: Via Vecchia Ferriera, 22
36100 Vicenza (VI) - ITALIA
Pec: k4-energy-srl-vi@pec.it

K4 ENERGY



PROVINCIA DI ORISTANO



COMUNE DI NARBOLIA



COMUNE DI SAN VERO MILIS



REGIONE SARDEGNA

OGGETTO:

PROGETTO DEFINITIVO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO E RELATIVE
OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN CON POTENZA COMPLESSIVA DI
23,8 MW NEI COMUNI DI SAN VERO MILIS (OR) E NARBOLIA (OR)

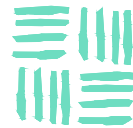
NOME ELABORATO:

RELAZIONE PEDOLOGICA

PROGETTO SVILUPPATO DA:

AGREENPOWER s.r.l.

Sede legale: Via Serra, 44
09038 Serramanna (SU) - ITALIA
Email: info@agreenpower.it



agreenpower s.r.l.

GRUPPO DI LAVORO:

Ing. Simone Abis
Ing. Giovanni Cis
Dott. Gianluca Fadda
Ing. Federico Micheli

COLLABORATORI:

Ing. Federico Miscali
Dott. Agr. Vincenzo Satta
Dott.ssa Archeol. Anna Luisa Sanna
Ing. Michele Pigliaru
Dott. Geol. Giovanni Mele
Per.Ind. Alberto Laudadio
Geom. Mario Dessì

TIMBRO E FIRMA:

SCALA:	CODICE ELABORATO	TIPOLOGIA	FASE PROGETTUALE			
-	REL09	IMPIANTO AGRIVOLTAICO	DEFINITIVO			
FORMATO:						
-						
3						
2						
1						
0	Prima emissione	Luglio 2023	Vincenzo Satta	AGREENPOWER	AGREENPOWER	
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	

INDICE

Introduzione: l'importanza dei suoli	2
Inquadramento geografico.....	4
Materiali e metodi	6
Analisi dei toponimi.....	7
Evoluzione dei suoli negli ultimi 70 anni	8
Analisi delle caratteristiche climatiche	12
Fonti bibliografiche Pedologiche di riferimento.....	14
Commento delle fonti bibliografiche	15
Carta delle aree irrigabili della Sardegna	16
Carta dei Suoli della Regione Sardegna	18
La classificazione dei Suoli (cenni).....	19
Descrizione del profilo caratteristico	20
I suoli dell'area d'interesse	21
La Capacità di uso del Suolo - Land Capability Classification Model (LCC).....	24
La LCC nell'area d'indagine	27
Conclusioni	28

INTRODUZIONE: L'IMPORTANZA DEI SUOLI

Nell'ambito dello Studio di Impatto Ambientale per la realizzazione di Sistema Agrivoltaico la risorsa suolo assume un particolare significato e peso nella definizione delle caratteristiche pedologiche attuali, necessarie per la definizione delle attività agricole future e per migliorare le caratteristiche dei Servizi ecologici forniti dal suolo stesso, come la riduzione della CO₂, attraverso il "sequestro" del Carbonio organico.

Quindi, il suolo non è un mero substrato d'interfaccia tra elementi litici, vegetazione e strutture, ma un complesso sistema biologico non rinnovabile che subisce le azioni dirette ed indirette da parte dell'uomo e per questo motivo deve essere tutelato.

I suoli sono una delle componenti ambientali più fragili e sensibili, dove aspetti come consumo, erosione, inquinamento e perdita di fertilità sono insiti in ogni attività antropica e potenzialmente sempre presenti. Ricevono energia, sotto diverse forme, e diventano un elemento di stoccaggio di materia ed energia, e nel processo di pedogenesi, una eventuale perturbazione degli equilibri ha fasi di latenza che corrispondono a momenti di perdita della capacità di sostenere energia e materia, che sono alla base della desertificazione.

Ecco perché i suoli sono importanti ed è importante preservarne l'uso per il futuro.

Un primo formalismo speculativo fu codificato dal pedologo russo Dokučaev (1898) con l'equazione di sintesi dove ogni singola proprietà viene così rappresentata con $S = f(Kl, S, R, P, T, \dots)$

Il suolo viene ben rappresentato dall'equazione di Jenny (1949, 1961) non attraverso una proprietà, difficilmente isolabile nel suo contesto, proprio come nel caso dell'habitat, vegetazione, microbiota del suolo, attività antropiche; altri aspetti non vengono influenzati dal suolo stesso, ma sono dati dall'azione di tutte le componenti prima indicate come, per esempio, il valore delle proprietà ad un determinato tempo zero (L₀), il potenziale di flusso, l'età dell'intero sistema. In pratica un insieme condizionato da una molteplicità di relazioni che mette l'ecosistema al centro di qualsiasi cosa.

$$l,s,v,a = f(L_0, P_x, t)$$

Ma non c'è un aspetto più importante di un altro: il clima condiziona la pedogenesi e l'evoluzione della vegetazione, ed entrambe sono condizionate dal substrato litologico, ma a loro volta il loro maturare determina una reciproca modifica delle caratteristiche con l'evolversi di nuove proprietà. Così anche l'uso del suolo modifica la pedogenesi ed il suolo stesso, soprattutto le attività antropiche. Possiamo affermare che ogni suolo ha una sua coltura ottimale ed altre che devono essere adattate (pH per esempio), ovvero adattare le piante alle caratteristiche del suolo (i portainnesti) e per ogni suolo abbiamo un prodotto con specificità differenti (vedi il caso del vermentino). Le parti di questo sistema complesso dell'insieme tendono verso l'equilibrio di Nash, senza mai raggiungerlo per l'instabilità del sistema e la sua fragilità intrinseca.

Mettendo il suolo al centro dell'attenzione rispetto agli altri fattori ed osservando questo rispetto ai fattori della pedogenesi parliamo di suolo, della sua tassonomia e sistematica, e quindi delle sue proprietà che si riflettono sulle sue effettive e/o potenziali utilizzazioni.

Ma i più temibili processi di degradazione sono imputabili all'intervento antropico, capace di infondere nel sistema grandi quantità di energia, fisica e/o chimica, portando delle alterazioni talora irreversibili dell'ecologia

del suolo. Aspetti come quelli dapprima citati per il consumo e degrado della risorsa suolo, sono spesso determinati da azioni apparentemente innocue, o ritenute tali.

Per esempio, una lavorazione profonda di un suolo può trasportare in superficie l'orizzonte C ricco di pietrosità che diventa un problema rilevante se è quarzifera. Può alterare il regime idrico del suolo o formare col tempo una suola di lavorazione. Ma anche delle concimazioni possono per esempio determinare un accumulo di sali nel terreno.

Sono tutte forme d'immissione di energia che condizionano la vita del terreno (pedogenesi, intesa in senso evolutivo). Così, nel caso di un incendio si ha una distruzione dei cementi organici e di quelli chimico-fisici, ma anche della componente biologica, con un cambiamento importante del suolo da tanti punti di vista.

Ecco perché è importante lo studio dei suoli, quando ci raccontano la storia di un'area e, soprattutto, prevedere il risultato delle nostre azioni sopra una determinata superficie, così da prevedere quelle azioni di alterazioni antropiche, allorché non volute, ricordando che il suolo non è una risorsa rinnovabile e non ricostruibile, ma con processi di resilienza profondamente segnati dalla sua storia.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in esame è ubicata all'interno della sezione 514 II – San Vero Milis della Carta Topografica d'Italia serie 25K dell'Istituto Geografico Militare, anno di edizione 1994.

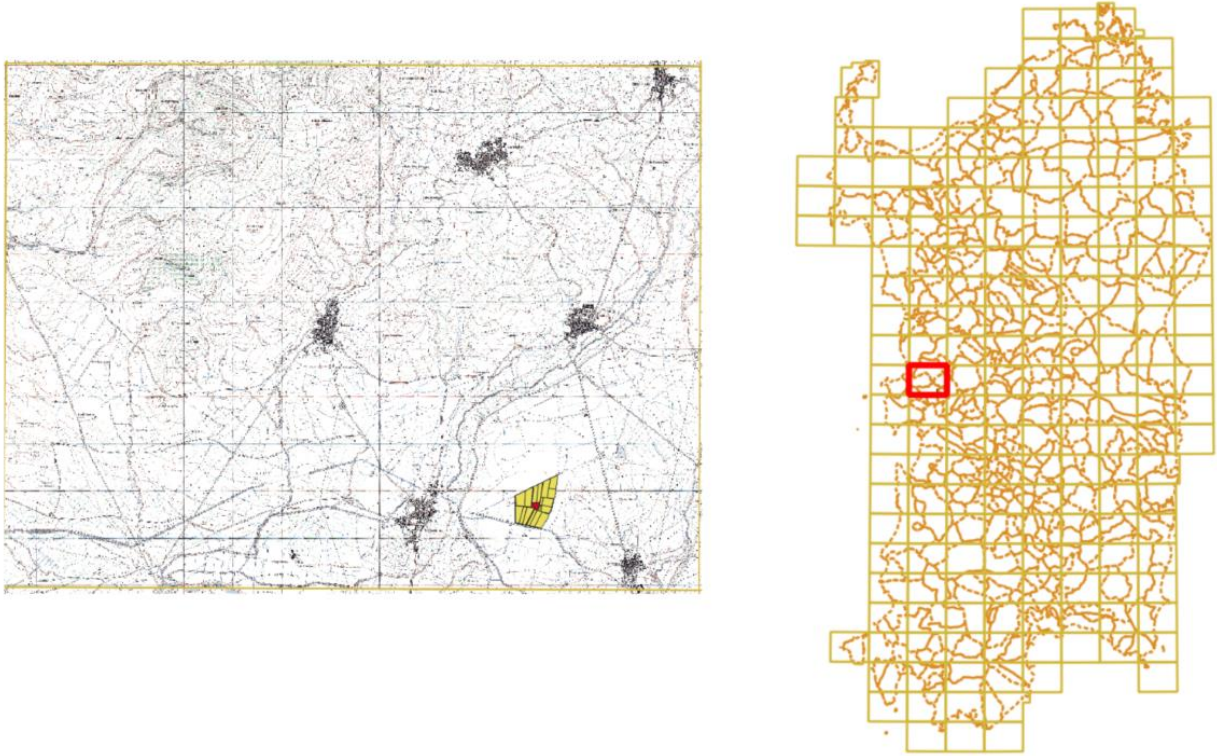


Figura 1 - Inquadramento nella Carta Topografica d'Italia IGM Serie 25K

Mentre, nella Carta Tecnica Regionale in scala 1: 10.000 l'area è compresa all'interno della sezione 514140

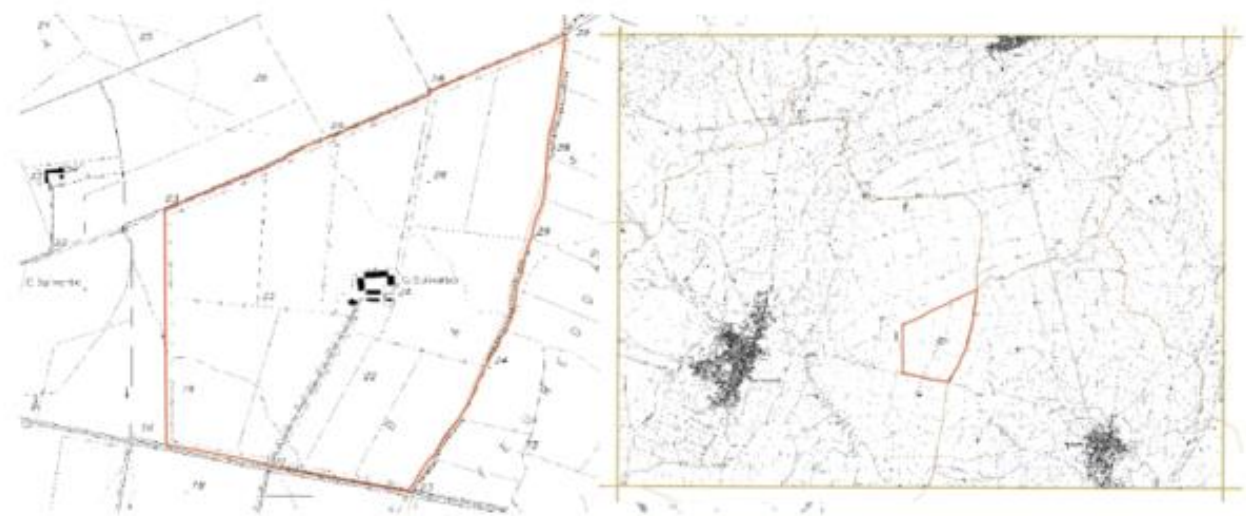


Figura 2 – Inquadramento dell'area d'interesse nella CTR 514140 San Vero Milis

L'area vasta è stata estesa ad un chilometro dai limiti dell'area d'interesse, poiché dal punto di vista pedologico, le interferenze appaiono piuttosto limitate e concentrate al solo sito d'intervento.
L'altra dimensione analizzata è l'ambito regionale, ma per mero inquadramento.

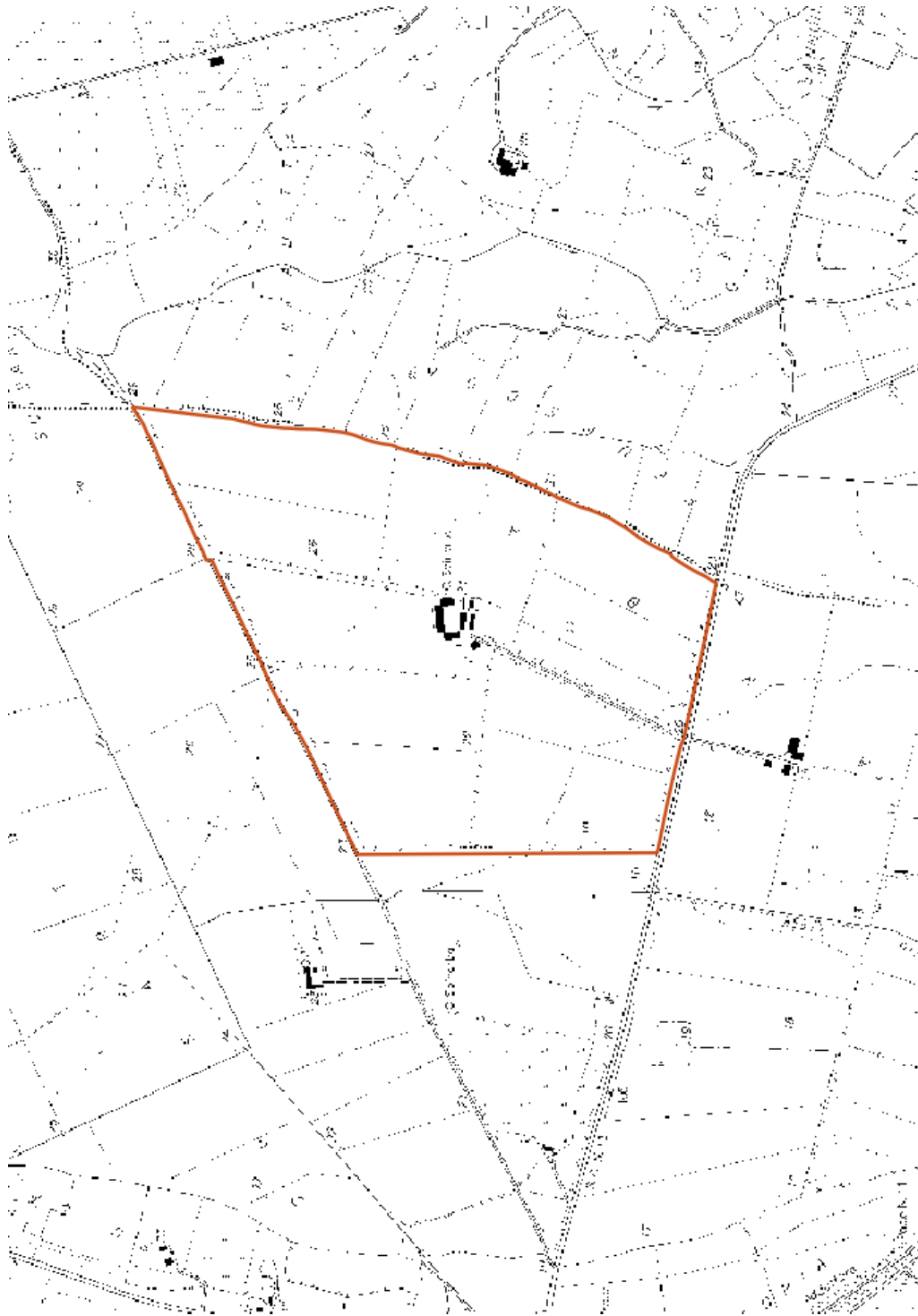


Figura 3 - Inquadramento di dettaglio nella Carta Tecnica Regionale

MATERIALI E METODI

La definizione dei materiali e metodi è definita secondo la cornice definita dalla normativa vigente a livello sovranazionale, nazionale e regionale, di tipo primaria e secondaria.

In tal senso, un particolare peso operativo è stato determinato dalle linee guida dell'ISPRA a partire dall'individuazione delle aree di riferimento e studio, oltreché ai contenuti della relazione pedologica.

Il processo utilizzato è di tipo TOP-DOWN, secondo un percorso che dall'aspetto generale si muove verso il particolare tessendo le serie di relazioni tra le diverse componenti e mantenendo attive solo quelle importanti e precipue.

Una prima fase è stata svolta con una verifica delle fonti, ivi comprese quelle relative a Piani e programmi, generalmente rappresentati a piccola o media scala, quindi con uno scarso dettaglio.

A questa prima è seguita una di fotointerpretazione sull'area d'intervento mirata al riconoscimento di aspetti specifici legati all'uso e copertura del suolo, come la presenza di aree arate o di prati pascoli, nonché di aree idromorfe o rocciosità affiorante.

I rilievi in campo sono stati condotti con il fine di identificare e classificare i suoli presenti sino alla identificazione del sottogruppo della *Soil Taxonomy* (USDA, 1975 e ss.mm.ii.).

Per poter procedere con questa classificazione sono state eseguite alcune valutazioni ed analisi chimico fisiche, anche se non in laboratorio certificato, per quanto riguarda la tessitura, contenuto di sostanza organica, pH, conducibilità, Grado di Saturazioni in basi e Capacità di Scambio Cationico, oltre che il contenuto dei macroelementi (azoto, fosforo e potassio).

La rappresentazione cartografica e i commenti riguardanti i suoli sono riferiti ad unità cartografiche, o meglio ad associazioni di suoli per la presenza in natura di sottogruppi dominanti su altri dominanti, allorché presenti per almeno il 25% della superficie o quando si è in presenza di pedotipi diagnostici riguardanti condizione pregresse (p.e. suoli naturali in aree agricole e quindi con orizzonti Ap).

L'inquadramento climatico è trattato separatamente, qui si riportano solo gli aspetti salienti necessari alla classificazione pedologica.

Infine, la valutazione dell'attitudine dei suoli e del loro utilizzo viene rappresentata con Land Capability Classification (USDA, 1961 – Klingebiel and Montgomery).

Località San Vero Milis ACW= 100

ANALISI DEI TOPONIMI

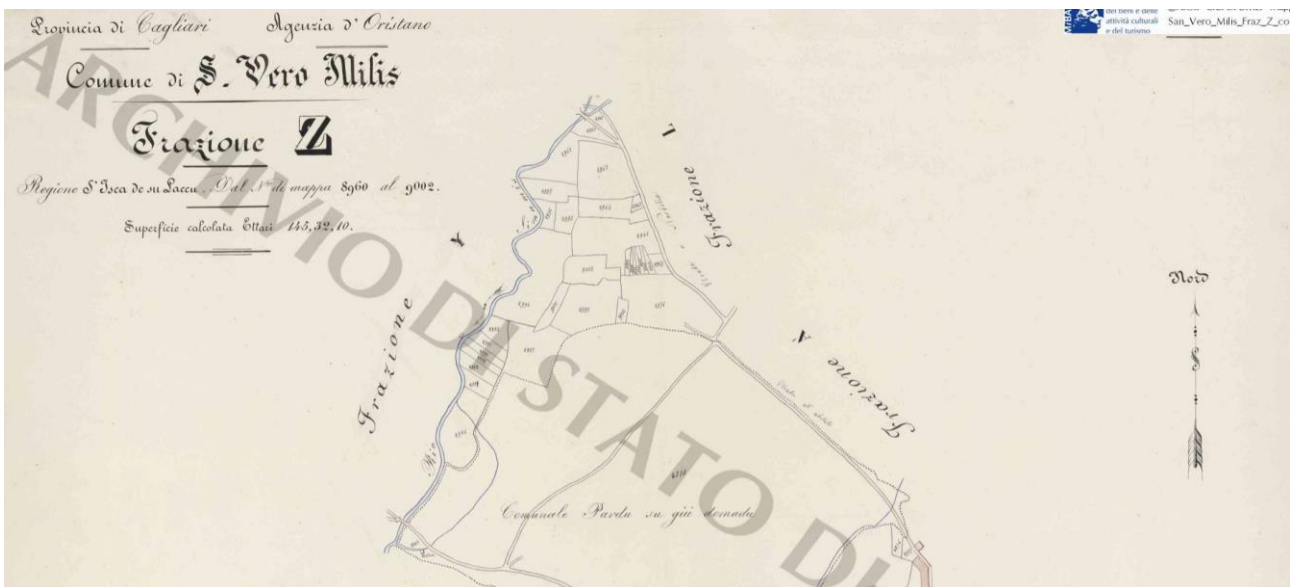
L'analisi dei toponimi è una rappresentazione della conoscenza ed uso del territorio che assume una particolare importanza nell'attribuzione di proprietà specifiche attribuite ai singoli luoghi, sia in senso singolo, sia in senso collettivo.

Nella carta in scala 1: 100.000 l'area viene denominata Spinarba e riferisce della presenza *dell'Eryngium campestre* L. (eringio dei campi), legato alle coltivazioni di graminacee da granella, come specifica specie commensale.

Un altro importante toponimo è quello che definisce l'uso collettivo del settore settentrionale *Su Sar(l)tu Mannu*, che di un'area coltivata comune, adibita a pascolo (classe V LCC, vedi dopo).

Mentre, il rio che determina il confine di ponente dell'area in esame è il *Rio Tro(t)tu*, che corrispondeva ad un vecchio percorso, una vecchia viabilità. Mentre, sull' alto di levante viene indicata la presenza di abbondante *Conium maculatum* L. (cicuta) con il toponimo *Feuredda*. Poco distante, si trova anche il toponimo di *Cheu Fenugiu*, il fosso del finocchietto, per indicare un avvallamento dominato dal *Anethum foeniculum* L. (= *Phoeniculum vulgare* L.)

I toponimi rendono la presenza di una importante viabilità confermata anche da altri toponimi esterni l'area in esame, ma anche la presenza di importanti aree coltivate e pascolate, come i *saltus*, originariamente pascoli e le aree soggette ad aratura e coltivate a cereali, dove è possibile ritrovare una infestante come *E. campestre*. La presenza di aree umide, indicate nella Carta Topografica 1: 100.000 è segnata dalla presenza della cicuta, in tratto depresso, oggi rappresentato da un fosso o canale solo in parte naturale e nel tratto esterno a nord dell'area in esame, con andamento rettificato dall'uomo.



EVOLUZIONE DEI SUOLI NEGLI ULTIMI 70 ANNI

Utilizzando le immagini presenti nel sito della Regione Sardegna (Sardegna Geoportale) è possibile ricostruire e mettere in evidenza alcuni elementi significativi di questi suoli.

L'area in questione è collocata Detriti, alluvioni terrazzate, fluviolacustri e fluvioglaciali (Pleistocene), grossolani con ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie grossolane spesso compatte per cementi inorganici.

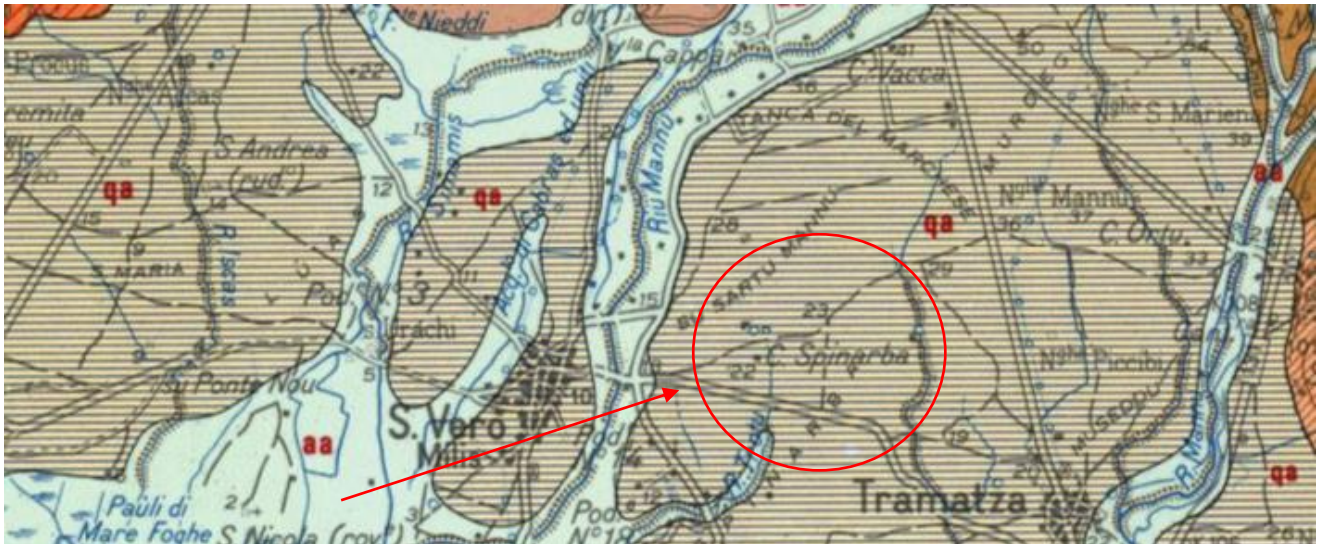


Figura 4 - Estratto della Carta Geologica d'Italia 1: 100.000.

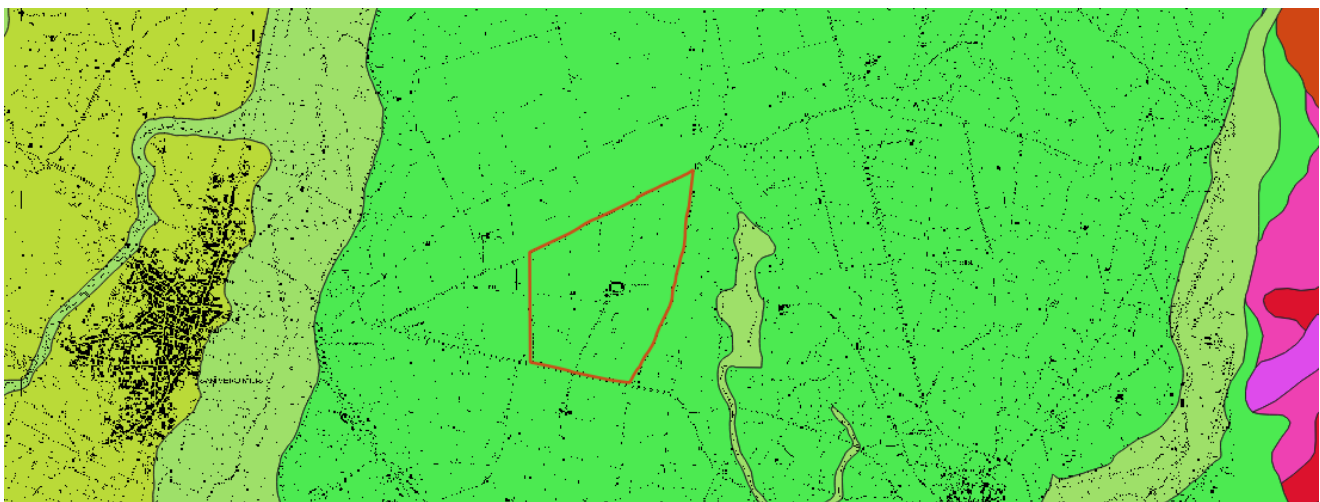


Figura 5 - Estratto della Carta Geologica della Sardegna - Layer areali in scala di dettaglio 1: 25.000

Queste superfici sono dei depositi stratificati con andamento variamente inclinato e con pack anisomorfi talora contrastanti, caratterizzati da una direzionalità di deposito e da una inclinazione variabile soprattutto nei fenomeni di cementificazione.

Questi depositi presentano un materiale parentale di diversa origine, forma e dimensione, ma è soprattutto quello di tipo quarzifero che limita le lavorazioni meccaniche.

Queste superfici presentano una idromorfia superficiale condizionata dalle sistemazioni di pianura con scoline a sezione crescente, ma anche e soprattutto dalla presenza di subalvei e aree a diversa permeabilità negli strati più profondi.

Utilizzando la Carta dei Suoli della Sardegna è stata ottenuta una rappresentazione della permeabilità che è medio alta per porosità negli strati superficiali, ma assai variabile in quelli profondi.

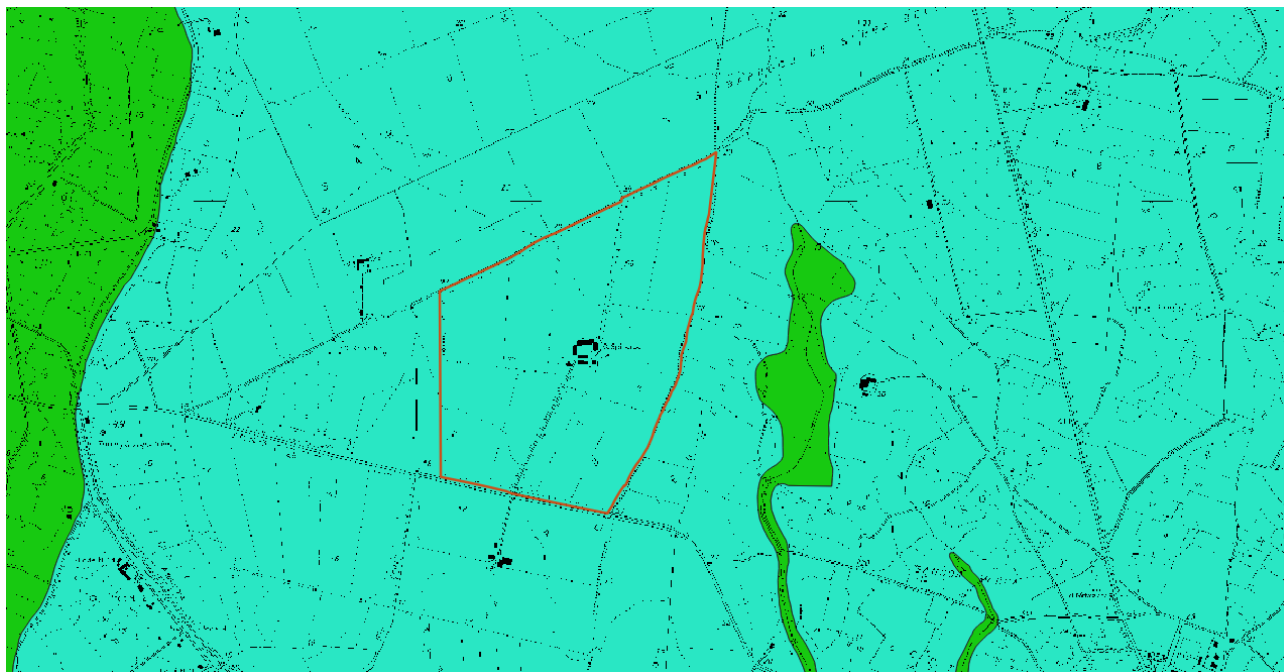


Figura 6 - Carta della permeabilità dei suoli - Dettaglio in scala 1: 250.000

Infatti, è possibile notare come nel 1954 le superfici in esame risultano già oggetto d'interventi di sistemazione di pianura, con un canale di scolo collocato centralmente al fondo in esame, ed ancora invisibile nei pressi del cancello di accesso, dove si ritrova una formazione puntuale di *Arundo donax* L. che segnala la presenza di acque con un bassissimo tenore di salinità e non stagnati.

La mappatura delle aree idromorfe è necessaria per definire le tipologie di suoli e gli interventi previsti di drenaggio per il miglioramento fondiario.

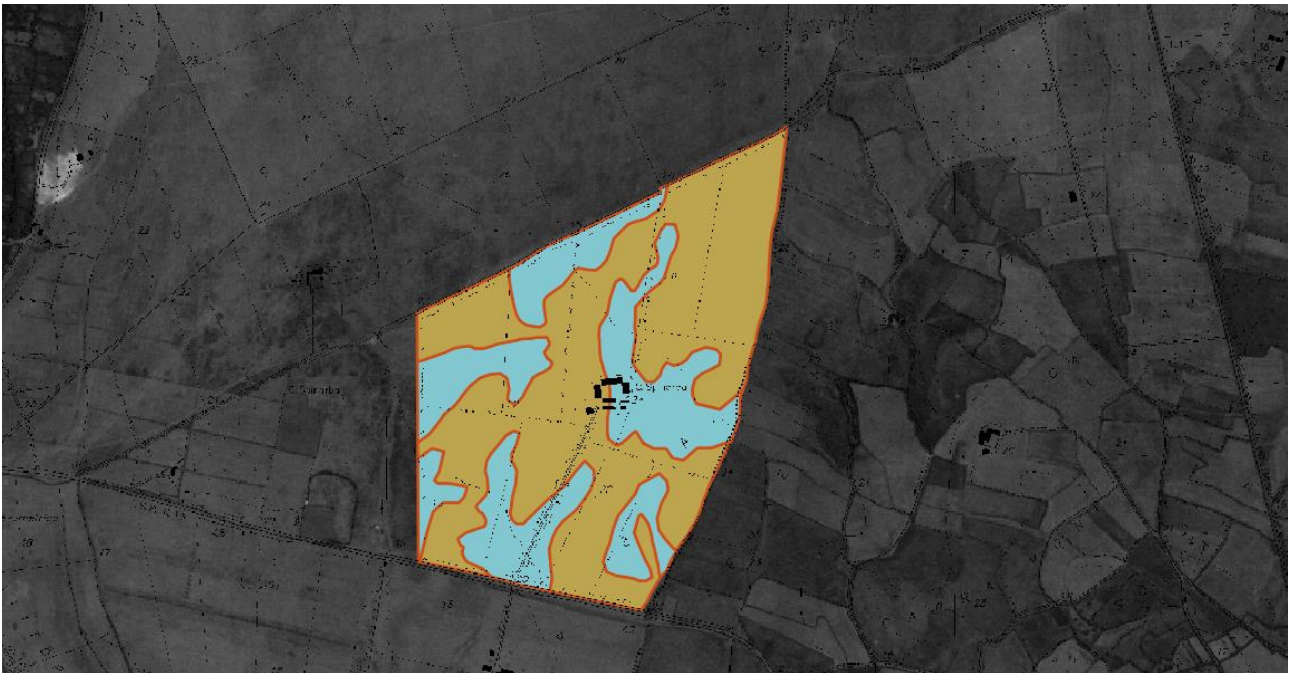
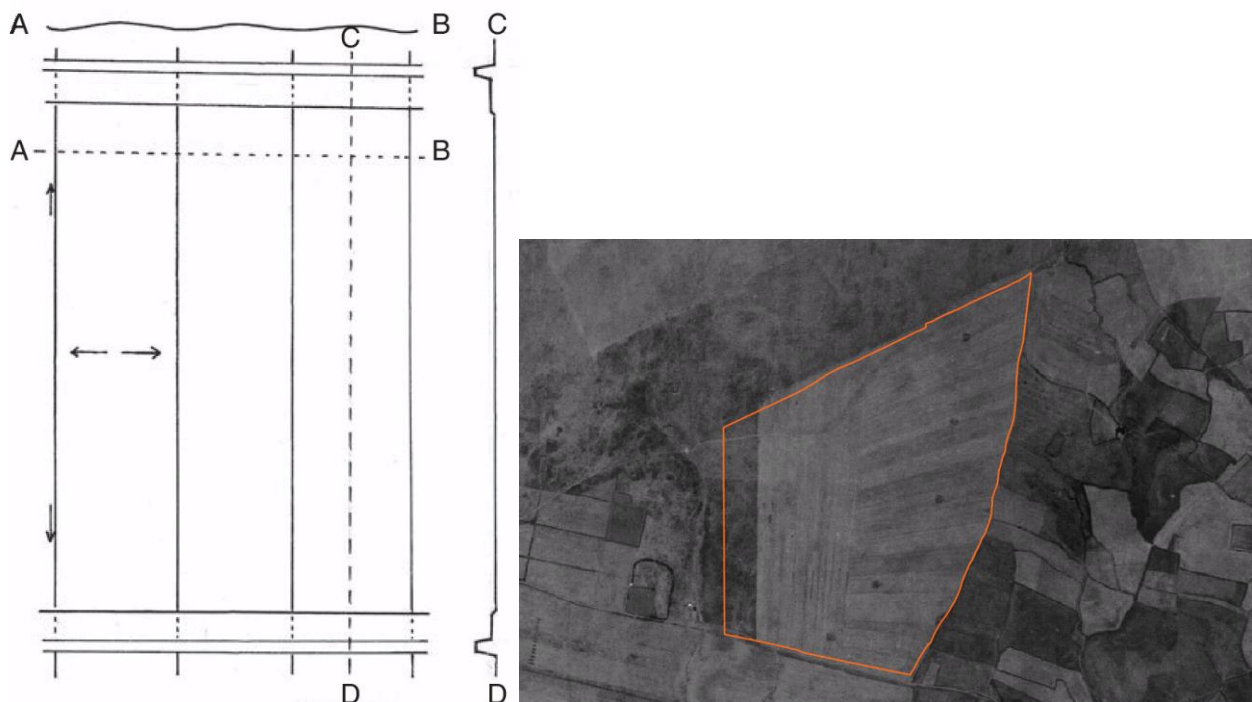


Figura 7 - Le aree di scorrimento in subalveo sono indicate in celeste.

Mentre, nella figura seguente è rappresentata in rosso la linea di pendenza con una sistemazione alla piantata, anche se probabilmente originariamente doveva presentarsi come un cavino, con raccolta delle acque parallela alla testa del campo, per la presenza di due falde e raccolta d'acqua in capezzagna del campo.



Le frecce in rosso indicano le pendenze attuali ancora ben attive che conducono ad un canale sul lato ovest distante circa 90 m, utilizzando lo scorrimento subalveo presente e già messo in evidenza in precedenza. Il settore di levante ha subito delle lavorazioni che hanno cancellato la precedente situazione, alterando le quote presenti in campo, già dotate di modestissima pendenza prossima al metro, creando una gleba di maggior dimensioni.



Figura 8 - Piano quotato prodotto dal modello digitale del terreno.

ANALISI DELLE CARATTERISTICHE CLIMATICHE

Il clima è uno dei fattori della pedogenesi di maggior peso ed interesse, così importante da essere alla base della classificazione della USDA – Soil Taxonomy (il prefisso Xero- indica proprio il tipo di clima definito xerico). L'analisi delle temperature medie, medie delle massime e delle minime, mette in evidenza temperature minime assolute vicino allo zero, ma sempre superiori, durante la stagione invernale, dove il mese più freddo è febbraio, mentre quello più caldo è agosto con 5 giorni sopra i 35°C.

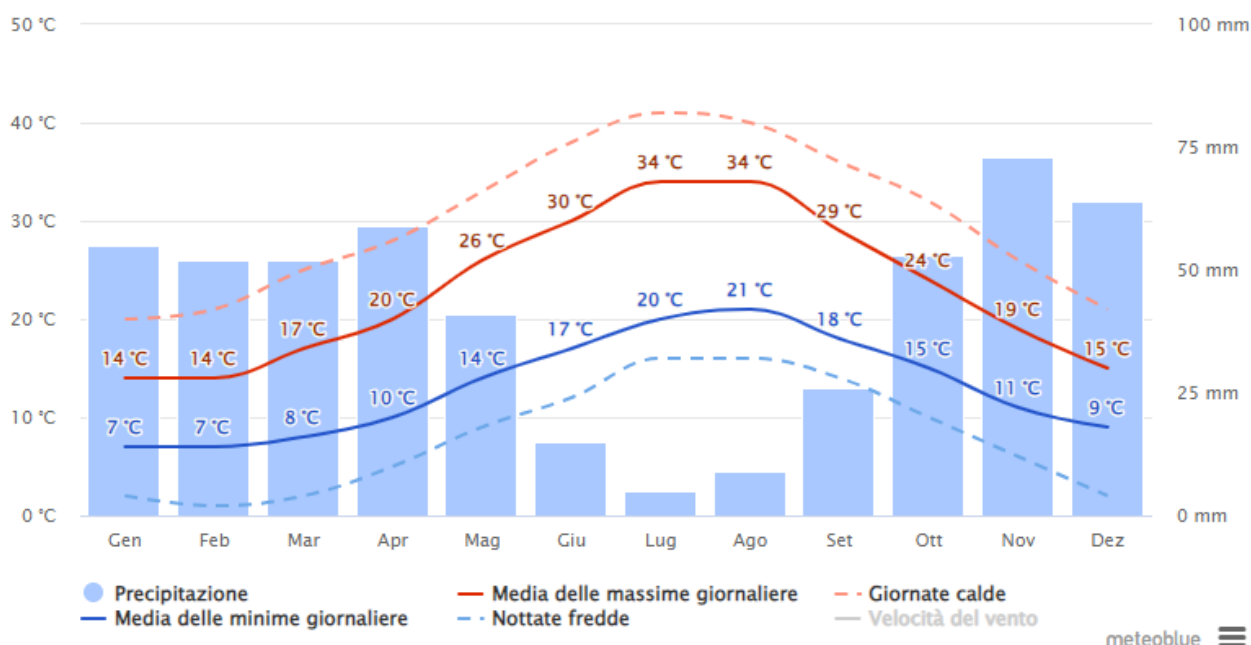


Figura 9 - Andamento delle temperature negli ultimi 30 anni.

Le precipitazioni sono scarse a partire dalla tarda primavera sino alla fine dell'estate, dove i mesi piovosi di novembre e dicembre determinano un surplus idrico importante. Il deficit idrico dei suoli parte dalla fine di aprile sino a tutto il mese di settembre. Pertanto, qualsiasi coltura agraria pluriennale è condizionata dalla necessità di irrigazione primaverile estiva con volumi irrigui crescenti in modo esponenziale.

La nota alternanza di due stagioni (clima bi-stagionale), dove una è caratterizzata dalle basse temperature e dalle abbondanti precipitazioni, mentre l'altra da una aridità importante superiore a quattro mesi (clima xerico), richiama le tipiche condizioni del clima Mediterraneo.

Il periodo critico per la crescita delle piante (Mitrakis, 1992) è individuato in due momenti, da metà giugno sino alla prima decade di settembre per le temperature sopra i 30°C e le scarse precipitazioni; mentre lo stress da freddo è presente dall'inizio del mese di dicembre sino a metà aprile.

Altro elemento da considerare è il vento che qui soffia con dominanza da ponente e secondariamente da libeccio. Vento quasi sempre presente con almeno la metà dei valori con una velocità superiore ai 5 nodi per 20 giorni al mese.

Il vento accentua la disidratazione delle piante e del suolo, ed è parte del fenomeno dell'evapotraspirazione che determina il fabbisogno irriguo delle piante.

Un'altra caratteristica è determinata dal tipo di volume irriguo, determinato dalla tessitura del suolo, che condiziona la quantità di acqua che è possibile trasferire al suolo, evitando inutili sprechi o fenomeni di sofferenza per le piante.

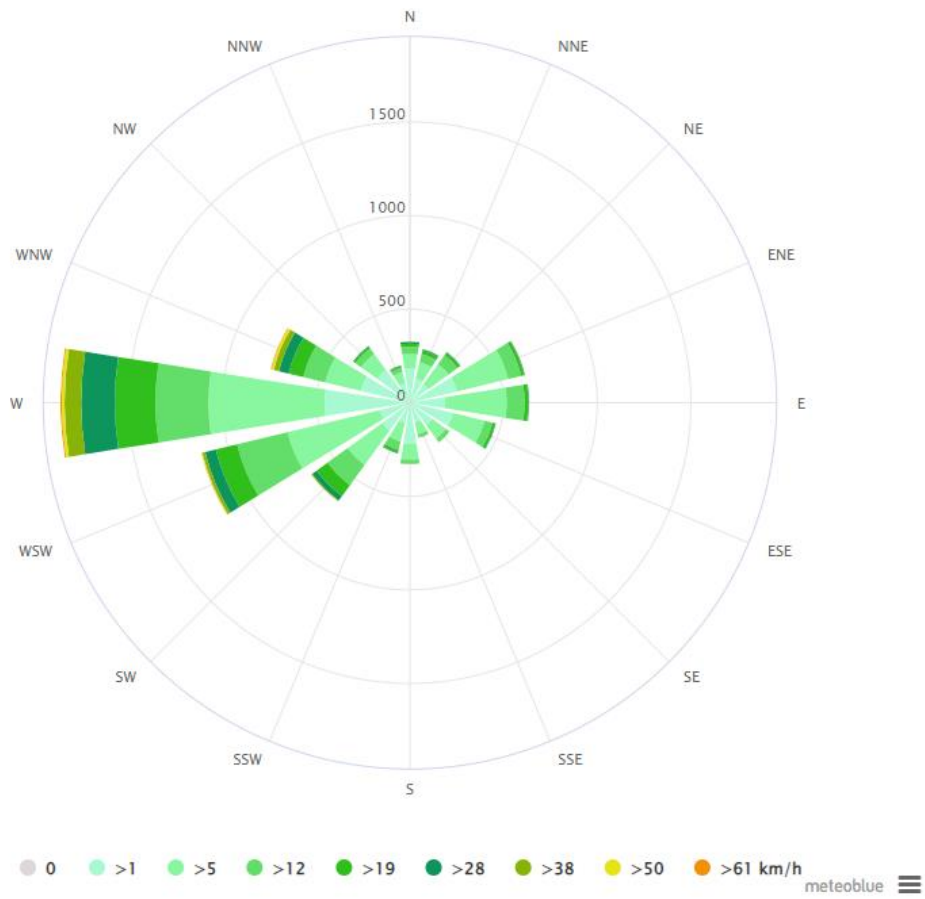


Figura 10 - Diagramma eolico, rosa dei venti di San Vero Milis

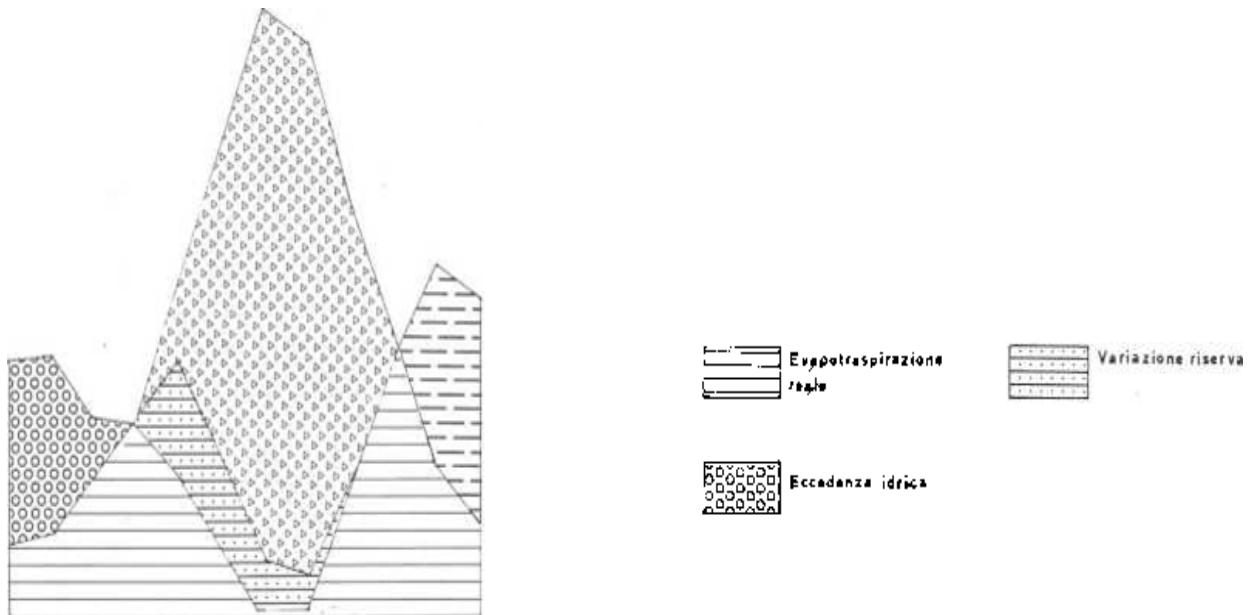


Figura 11 - Diagramma ETP AWC= 100

FONTI BIBLIOGRAFICHE PEDOLOGICHE DI RIFERIMENTO

Le fonti consultate sono di seguito riportate distinte tra pubblicazione scientifiche e pubblicazioni in strumenti di pianificazione di pubblico dominio facendo riferimento alle fonti.

Pubblicazioni di riferimento:

- ARANGINO F., ARU A., BALDACCINI P., 1986 - Carta dei suoli delle aree irrigabili della Sardegna. Ente Autonomo Flumendosa
- ARU A., BALDACCINI P., VACCA A., 1991 – Carta dei Suoli della Regione Sardegna. RAS
- AA.VV. (per la Sardegna Madrau S.), 2006 – Carta Ecopedologica d'Italia. MATTM
- FANNI S., MARRONE V.A., PUDDU R., 2015 - Applicazione dei dati e della cartografia pedologica all'analisi territoriale: la carta del rischio potenziale di erosione a confronto con la capacità d'uso dei suoli in Sardegna. AGRIS.
- PUDDU R., FANNI S., MANCA D., 2005 - La salinizzazione in aree agricole costiere. AGRIS.
- CASTRIGNANO A., BUTTAFUOCO G., PUDDU R., 2008 - *Multi-scale assessment of the risk of soil salinization in an area of south-eastern Sardinia (Italy)* Precision Agric (2008), I.
- SALIS L., PUDDU R., FANNI S., VARGIU M., 2007 - Vegetational and Pedological Characterization of a Grazing Land in Central Sardinia and First Proposals for Improvement and Rational Use
- MADRAU S., LOJ G., BALDACCINI P., 1998 - Modello per la valutazione della attitudine al miglioramento dei pascoli dei suoli della Sardegna. ERSAT

Bibliografia tecnica di riferimento

- FAO, 1979. Land evaluation criteria for irrigation. FAO World Soil Resources Report n. 50, Rome, 219.
- FAO, 1985. Guidelines: land evaluation for irrigated agriculture. FAO Soils Bulletin n. 55, Rome, 231.
- INEA, 2001b. Atlante dell'Irrigazione nelle Regioni Meridionali – Capitolo 5 Elementi Fisici Pedologia: Irrigabilità dei suoli regioni Obiettivo 1. A cura di R. Napoli, Ed. INEA, MiPAF, Min.
- Infrastrutture e Trasporti e UE, Fondo Europeo di Sviluppo Regionale, Roma.
- SOIL SURVEY STAFF, 1999. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. Second edition. Agriculture Handbook N. 436, USDA-NRCS. U.S. Gov. Print. Office, Washington, D.C.

COMMENTO DELLE FONTI BIBLIOGRAFICHE

In questo paragrafo vengono riportate le modalità di utilizzo delle fonti bibliografiche presenti e gli studi riportati in allegato agli strumenti di pianificazione, quando significativi per i contenuti presenti e che non siano la mera trasposizione di fonti qui riportate.

La conoscenza dei suoli in Sardegna è segnata dal grande sforzo scientifico prodotto dalla scuola di Angelo Aru, Paolo Baldaccini e Antonio Pietracaprina, che dagli anni '60 in poi hanno indagato i suoli di tutta la Regione, con gli importanti contributi di Salvatore Madrau, Andrea Vacca, Rita Puddu e tanti altri pedologi che hanno fornito un importante apporto scientifico e professionale in questo tipo di indagini, da cui spesso si attinge a piene mani sia dal punto di vista metodologico, sia dal punto di vista sostanziale, allorché davanti ad una scala piuttosto piccola e non sempre esattamente spazializzabile.

L'importanza dei dati contenuti nella bibliografia citata è molteplice.

Infatti, non solo si hanno dei riferimenti oggettivi sulle caratteristiche e importanza dei suoli presenti nell'area vasta e nell'area d'interesse, allorché rappresentati in piccola scala, ma questi dati sono disposti secondo una serie diacronica ed è possibile tracciare l'evoluzione pedo-ecologica dell'area in esame (MADRAU S., 2006).

Quindi, a partire dalla possibilità di affermare la presenza o assenza di unità pedologiche di particolare rilievo o interesse, all'espressione di giudizio contenuta in questi documenti sul valore delle terre, che deve essere letta come capacità di recupero (resilienza) conseguente ad un disturbo antropico, e soggiungo, la necessità di attenzione nella gestione della risorsa suolo in base alle sue caratteristiche, valutata la necessità di ripristinare queste condizioni al cessare delle azioni antropiche.

Tutte le pubblicazioni citate rappresentano dei punti fermi anche dal punto di vista metodologico e non solo descrittivo, mettendo alla luce aspetti critici, spesso trascurati come il degrado dei suoli e perdita di fertilità conseguenti all'abbandono antropico (Progetto MEDALUS, 1991 in poi).

Questa acquisizione dei dati rispetta l'esigenza di tracciare quella che è la tendenza dei suoli interessati dall'intervento in termini di:

- qualità dei suoli;
- utilizzo futuro;
- sistema di fragilità pedologiche.

Questo non solo per la necessità di conservare la risorsa suolo, ma la potenzialità di coltivazione di utilizzo legata ai suoi stessi.

In sintesi, tutte le pubblicazioni citate della scuola sarda di pedologia rappresentano in sostanza quanto fatto e investigato riportando in poco più di mezzo secolo di attività.

In particolare, con la Carta dei Suoli della Sardegna si è raggiunto un traguardo importante con la pubblicazione di un lavoro che rappresenta il riferimento metodologico e informativo per numerose applicazioni in campo pratico e applicativo.

acido con la formazione locale di Ultic Palexeralfs. Il drenaggio rappresenta il problema limitante e favorisce le sole colture a ciclo primaverile estivo, a discapito di altre utilizzazioni.

CARTA DEI SUOLI DELLA REGIONE SARDEGNA

Questa pubblicazione è uno degli strumenti di base della pianificazione più copiato in assoluto, proprio per l'importanza delle informazioni contenute in esso.

Rappresenta il punto di arrivo fondamentale della Scuola Sarda di Pedologia, anche se doveva esserne il punto di partenza, consentendo un'azione di inquadramento dei suoli in modo funzionale agli obiettivi dettati dalla scala 1: 250.000, e fornendo gli strumenti di base per le successive valutazioni pedologiche di dettaglio. Questo limite viene evidenziato nell'immagine seguente, sia in termini di precisione geometrica, sia in termini di dettaglio nella classificazione dei suoli, portando ad apparenti incongruenze tra i poligoni presenti. In questa analisi si rafforza l'elemento di indirizzo nella classificazione del suolo e non una mera applicazione copia/incolla delle caratteristiche pedologiche, soprattutto per la grande variabilità dei suoli.

Per poter rappresentare quanto detto viene utilizzata, con successo, le associazioni di suoli, con una o più unità dominante ed altre secondarie, localmente presenti anche in pedo-sequenze definite da caratteristiche fisiografiche e morfologiche, con contatti catenali e altri con altre serie, soprattutto antropiche.



Figura 13 - Sovrapposizione della Carta dei Suoli della Sardegna e l'area in esame. L'uniformità pedologica è solo apparente.

L'uniformità pedologica è solo apparente, infatti lo scorrimento subalveo, interpretato da molti come ristagno idrico e le sistemazioni dei suoli volte a favorire le colture cerealicole o comunque quelle primaverili – estive, determina una notevole diversità pedologica, soprattutto per il diverso contenuto di acqua nel suolo che deve essere valutata con attenzione in ogni singola fase dell'attività di progetto agronomico.

LA CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI (CENNI)

Nella sua articolazione la *Soil Taxonomy* rispecchia in parte il sistema di classificazione linneano utilizzato da botanici e zoologi, permettendo una esatta definizione delle principali caratteristiche dei tipi pedologici.

Il sistema tassonomico ha l'obiettivo di permettere la descrizione di tutti i tipi di suoli esistenti a livello mondiale. Pertanto, lo schema di classificazione è soggetto a revisioni biennali che vengono pubblicate con il nome di "Keys to Soil Taxonomy".

Questa è articolata su più livelli di classificazione, dove il primo l'ordine permette di definire i principali processi che hanno portato alla genesi del suolo. Gli ordini attualmente riconosciuti sono 12. I nomi degli ordini sono distinti dal suffisso *sols*. I livelli successivi sono:

- sottordine che evidenziano i regimi di umidità o le caratteristiche chimico-fisiche principali del suolo,
- grande gruppo, che evidenzia altri pedogenetici o se non indicato nel sottordine il regime di umidità,
- sottogruppo, con il quale vengono specificate alcune caratteristiche secondarie dei suoli, es. spessore, colore, presenza di carbonati,
- famiglia, permette con serie di aggettivi di indicare le principali caratteristiche chimiche del suolo, substrato e il suo regime di temperatura,
- serie, permette tramite un aggettivo o un nome di specificare la località dove quel tipo pedologico è più diffuso o più rappresentativo.

Fino al livello di grande gruppo il nome del suolo è ottenuto una serie di sillabe chiave che richiamano la o le proprietà del suolo stesso, per il sottogruppo si usano degli aggettivi. Sia le sillabe chiave che gli aggettivi sono derivate da parole greche o latine o comunque di uso comune tra i pedologici.

Come esempio si riporta il nome e il significato del tipo pedologico più diffuso nel territorio in studio i Lithic Xerorthents dove:

- ents: è la sillaba chiave che contraddistingue i suoli iscritti all'ordine degli Entisuoli, ovvero quelli che sono nella fase iniziale del loro sviluppo
- orth: dal greco *orthos*, vero, questa sillaba prefisso contraddistingue tutti gli Entisuoli ascritti al sottordine degli Orthents, cioè quelli che rispondono al modello tipo di Entisuolo essendo privi di particolari proprietà fisiche e chimiche,
- xer: dal greco *xeros*, secco, questa sillaba prefisso contraddistingue tutti gli Orthents che hanno un regime di umidità del suolo di tipo xerico
- Lithic: dal greco *lithos*, pietra, distingue tutti gli Xerorthents che hanno uno spessore (potenza), inferiore a 50 cm.

Nell'area in esame i suoli più diffusi appartengono ai Palexeralfs. Sono degli Alfisuoli (ordine di appartenenza), sviluppatasi in condizioni di clima xerico (perciò molto diffusi nelle aree del Mediterraneo), sono caratterizzati dall'essere secchi nella stagione estiva e umidi in quella invernale. Sono molto lisciviati e sono suoli di lunga formazione.

DESCRIZIONE DEL PROFILO CARATTERISTICO

Dobbiamo premettere che i profili rilevati nell'area sono caratterizzati da orizzonti antropici piuttosto importanti con due confini ben distinti ai 35 cm (Ap1) e 70 cm (Ap2), corrispondenti alle lavorazioni superficiali e profonde eseguite ripetutamente in campo.

Nei pochi tratti non soggetti a coltivazione, soprattutto nei reliquati stradali, sono presenti dei suoli indisturbati. Questi presentano un profilo di tipo A- Bt (c) (B3) - C o A-Btg- Cg, ossia con orizzonti argillici ben evidenziati. A tratti sono cementati per la presenza di Ferro, Alluminio e Silice in relazione alla maggiore o minore età del suolo e ovviamente in base alle vicende paleoclimatiche. Anche il grado di saturazioni in basi è in relazione all'età del suolo, e in campo all'intensità dei cicli di irrigazione che condiziona questo parametro. Presentano una tessitura differenziata tra superficie e profondità, dapprima da franco-sabbiosa a franco-sabbioso-argillosa (per lo più franco sabbiosa nel caso di suoli con orizzonte antropico) e tendente ad una tessitura decisamente argillosa in profondità. Gli orizzonti inferiori possono presentare un accumulo di sodio derivante da sorgenti locali quali affioramenti vulcanici del Pleistocene, e il loro scorrimento produce una notevole quantità di Sali segnata dalla presenza di tamerici.

La struttura varia da poliedrica angolare a sub-angolare, con permeabilità variabile, ma con un rischio di erodibilità basso, come quello di salinizzazione.

La reazione varia da sub-acida ad acida, per via del materiale parentale, assente di carbonati e con una Capacità di Scambio Cationico comunque definibile come da bassa a media e un grado di saturazione in basi bassissimo (desaturati).

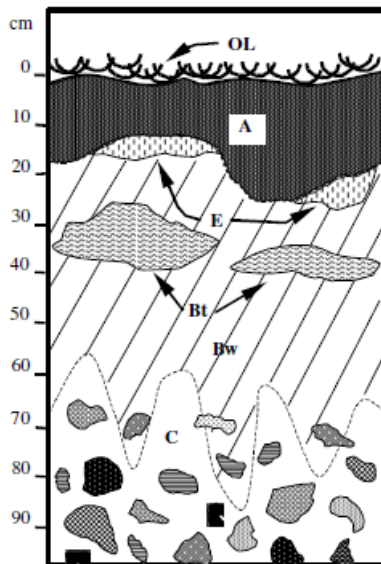


Figura 14 - Rappresentazione del profilo tipo

I SUOLI DELL'AREA D'INTERESSE

Nell'area d'intervento i suoli sono soggetti a coltivazione e sistemazione idraulica di pianura sin dal secondo dopoguerra, come già messo in evidenza.

Ma solo successivamente con l'aumento di potenza dei mezzi meccanici, a partire dagli anni '60 e '70 le lavorazioni del suolo hanno interessato anche gli orizzonti più profondi in maniera sistematica, cancellando anche le vecchie sistemazioni, determinando inizialmente un migliore drenaggio, almeno apparentemente, ma trasportando in superficie la pietrosità grossolana degli orizzonti inferiori e determinando un limite nel drenaggio, modificando gli scorrimenti in subalveo. Con queste lavorazioni fu anche cancellato un piccolo ruscello che scorreva in vicinanza dell'attuale centro aziendale, dove era presente un pozzo artesiano.

Dal punto di vista pedologico distinguiamo tre unità cartografiche dove la presenza dell'orizzonte antropico superiore è ben evidente, ad una profondità di 35 cm, mentre a 70 cm si trovano i segni dei dissodamenti (lavorazioni profonde) eseguiti con il ripper.

Un elemento importante è il contenuto di acqua nel suolo particolarmente importante nel periodo invernale per le piogge l'assenza di una vera e propria pendenza, specie nel tratto orientale dell'azienda, mentre in quello occidentale è ben evidente lo scorrimento in subalveo.

Questi suoli di antica formazione su superfici pianeggianti in clima xerico e decisamente antropizzati, sono segnati dall'associazione di tre condizioni i *Typic*, *Ultic* e *Aquic Palexeralf*.

La dominanza delle caratteristiche di uno di questi descrive l'unità in esame.

Typic Palexeralf antropici (dominante), associati per contatto ad *Ultic* ed *Aquic Palexeralf*: suoli profondi, con un orizzonte organico solo in caso di riposo colturale e per la permanenza dei resti delle colture dell'annata agraria precedente. L'orizzonte O è definito dalle radici delle graminacee (tessitura decisamente franco sabbiosa), ma in realtà sfuma senza apparente soluzione di continuità in quello antropico superficiale Ap e successivamente, invece con un limite lineare nell'orizzonte Bt1(p), con inversione della pietrosità modesta, e Bt2, che rappresenta il limite non interessato da lavorazioni del B, tra le altre cose non sempre presente. Infine, è presente l'orizzonte C con un limite abrupto. Se la tessitura dell'orizzonte Ap varia da franco a franco sabbiosa, in profondità è di tipo franco argillosa, sino a divenire argillosa. Possono essere presenti noduli di ferro, al centro di una struttura poliedrica sub-angolare.

Il contenuto di nutrienti è condizionato dalle coltivazioni in atto e dagli apporti (concimazioni) eseguite per ogni singola coltura. Mentre, il contenuto di sostanza organica è condizionato dagli apporti e dal ciclo colturale, generalmente è pari almeno al 2,5%.

Il pH è sub-acido, sono suoli con un basso grado di saturazione e con una bassa CSC. Gli apporti in calcio sono di origine antropica e distribuiti con la concimazione.

Ultic Palexeralf antropici (dominante), associati per contatto a *Typic* ed *Aquic Palexeralf*, con un orizzonte Ap antropico sabbioso e per elementi grossolani, sopra i 2 mm. Sono evidenti i segni di ristagno idrico e l'eluviazione verso gli strati inferiori di argille, colore matrice da umido marrone grigiastro scuro (10YR 4/2); 1,5% di scheletro costituito da 4,98% di ghiaia fine e med. (2-20 mm).

ghiaia fine e med. (2-20 mm) ;. Lo strato superiore Op (antropico) è segnato dai processi di mineralizzazione della sostanza organica, mentre le radici delle piante presenti (spontanee) sono per lo più superficiali. L'orizzonte Ap1 mediamente di 30 cm ha un limite lineare e struttura poliedrica angolare con evidenti accumuli ferro e il deposito di elementi grossolani verso l'orizzonte Ap2 frutto di vecchie lavorazioni e movimenti di terra

e dello spessore variabile da pochi centimetri sino a 20 cm (colmature). Segue l'orizzonte Bt (w) (E). Il grado di saturazioni in basi è bassissimo.

Aquic Palexeralf antropizzati (dominante) associato per contatto a *Typic* e *Ultic Palexeralf*. Caratteristico delle aree con scorrimento in subalveo e superficiale, decisamente profondi con una tessitura che varia da franco sabbioso a franco-argillosa, con contenuto in scheletro assai vario ma che, in alcuni casi, può essere anche molto abbondante struttura: poliedrica sub-angolare ed angolare, generalmente permeabili ma con evidenti limiti per la determinati dallo presenza di acqua in scorrimento per gran parte dell'anno che può determinare evidenti ristagni. Questi presentano un profilo di tipo Ap – Bt(p) - C o più propriamente Ap-Btg-Cg, ossia con orizzonti argillici ben evidenziati. A tratti sono cementati per la presenza di Ferro, Alluminio e Silice in relazione non solo all'età del suolo, ma ai processi di movimento di acqua nel profilo del suolo. Anche il grado di saturazioni in basi è bassissimo, e in campo all'intensità dei cicli di irrigazione che condiziona questo parametro. Presentano una tessitura differenziata tra superficie e profondità, dapprima da franco-sabbiosa a franco-sabbioso-argillosa (per lo più franco sabbiosa nel caso di suoli con orizzonte antropico) e tendente ad una tessitura decisamente argillosa in profondità.

A tal fine sono state eseguite dei campioni di suolo tramite la tecnica della trivellata e sottoposti ad analisi chimico fisica:

Coltura_Pr	Prato stabile	Frumento	Frumento	Frumento	Frumento	Frumento
Coltura_suc	Pascolo	Pascolo	Pascolo	Pascolo	Pascolo	Pascolo
Coltura	Prato	Prato	Prato	Prato	Prato	Prato
Profo_cm	0-100	0-100	0-100	0-100	0-100	0-100
Sabbia_G	498	127	155	498	175	145
Sabbia_F	151	171	127	173	178	144
Limo_G	49	115	120	65	97	69
Limo_F	99	198	364	131	296	342
Argilla	203	374	234	133	254	300
Tessitura	FAS	FA	F	FS	F	FA
pH_H2O	6,43	6,9	6,6	6,5	6,32	7,73
Calc_Tot	0	0	0	0,05	0	0
Calc_Att	0	0	0	1,00E-05	0	0
Carb_Org	6,9	0	15,7	5,24	11,7	9,52
Sost_Org	12	0	18	18	19	16
N_Tot	0,72	0	1,59	0,65	1,17	0,94
C_N	9,6	0	10,8	10,1	9,4	10,1
ECE_1_2_5	0,09	0,87	0,11	0,15	0,07	0,46
Na_Scamb	173,8	141	194	200	232	530
K_Scamb	152,5	145	373	168	257	81,5
Ca_Scamb	598	1340	1704	834	886	1813
Mg_Scamb	266	580	547	196	240	1080
Ca_Mg	1,4	0	2,3	9	4,6	1
Mg_K	5,6	0	4,7	3,8	3	42,6
BASI_TOT	6,32	0	14,96	20,83	5,56	20,45
E_S_P_	4,79	4,93	4,18	7,81	5,31	9
C_S_C_	15,77	12,44	20,2	11,14	19	25,61
AC_COMPL	8	0	5,4	4,07	10,8	3,88
P_ASSIM	14,29	0	36,6	10,2	22	12,27

Pertanto, si tratta di suoli di buona potenza, con un pH sub-neutro, il rapporto Carbonio/Azoto è generalmente nella norma e dimostra la necessità di integrare la sostanza organica per le continue attività di coltivazione. Il prelevamento di Azoto e Fosforo effettuato con le colture agrarie determina qualche piccolo scempenso nella fertilità, per cui si ritiene necessario apportare questi due macroelementi con una certa continuità.



Figura 15 Rischio di salinizzazione dell'area (dati Regione Autonoma della Sardegna)

Anche il rischio di salinizzazione dell'area è piuttosto basso (in rosso le aree urbanizzate).



Figura 16 - Preparazione del letto di semina per il mais

Come si vede, dalle formazioni erbacee di colore verde chiaro, sono ben leggibili le aree di leggero ristagno idrico.

LA CAPACITÀ DI USO DEL SUOLO - LAND CAPABILITY CLASSIFICATION MODEL (LCC)

(Riassunto della metodologia)

Questa metodologia espressione di giudizio comunemente utilizzata in agricoltura è quella della LCC, che esprime un giudizio sui limiti intrinseci di un tratto omogeneo di territorio, ed ha un particolare significato in termini di pianificazione e nella definizione dei piani di investimento, piani di comprensorio e bonifica, per esempio.

In tal senso la Land Capability Classification Model (LCC) è un modello di valutazione categorico della Capacità di Uso di un territorio. Proposto a partire dal 1943 dal Servizio del Suolo dell'U.S. Dept. of Agriculture e pubblicato nella sua versione definitiva nel 1961, (Klingebiel e Montgomery), ed esprime l'approccio produttivo dell'agricoltura, oggi interpretato con una versione conservativa e per sviluppare un ragionamento logico sulle proposte di miglioramento fondiario proprio per quel sistema categorico che permette di raggruppare, in un numero ridotto e definito di classi, porzioni di territorio omogenee nella loro intensità d'uso. Il numero di categorie ammissibili è in funzione delle proprietà del suolo e del territorio in grado di imporre delle limitazioni permanenti all'uso agricolo.

Nel LCC il territorio che viene classificato al più elevato livello di capacità d'uso dovrebbe essere sia il più versatile, sia permettere la più ampia scelta di colture e usi che in termini economici si traduce in aree di maggiore importanza e significato per l'agricoltura classica.

In queste superfici la scelta della coltura o dell'uso è in funzione delle capacità dell'imprenditore, delle richieste del mercato o degli usi locali.

Le classi successive registrano la natura e la gravità delle limitazioni presenti che riducono progressivamente la scelta delle possibili colture, dei sistemi di irrigazione, della meccanizzazione delle operazioni colturali. Questo conduce ad una valutazione puntuale che introduce ai cicli di vita dell'investimento e alla valutazione delle condizioni ante intervento e a quelle post ripristino.

L'ultima classe di capacità d'uso raggruppa porzioni di territorio nelle quali le limitazioni sono di natura e gravità tale da destinare le aree alle sole coperture forestali finalizzate alla protezione del suolo.

La LCC articola il giudizio nei seguenti due livelli: Classe e Sottoclasse.

- Classe, il giudizio è in funzione della gravità delle limitazioni, è indicata numeri romani, nel modello originale da I a VIII,
- Sottoclasse, permette la qualificazione delle limitazioni e queste sono indicate da lettere minuscole come simbolo della classe.

Gli Autori del sistema hanno proposto i seguenti 4 gruppi di limitazioni:

- e- limitazioni dovute a gravi rischi di processi erosivi;
- w- limitazioni dovute a eccessi di ristagno idrico nel suolo;
- s- limitazioni nel suolo nello strato esplorato dalle radici;
- c- limitazioni di natura climatica.

Sono ammesse fino ad un massimo di due lettere apposte per classe. Per definizione la classe I non ammette sottoclassi.

i-Unità di LCC, permette di indicare le richieste di gestione colturale tramite uno o più numeri arabi apposti al simbolo della sottoclasse. L'elevato numero di informazioni necessarie per definire le unità di LCC ne consente la definizione solo a scala di maggior dettaglio su areali limitati quali piccoli comprensori o raggruppamenti di aziende.

Klingebiel e Montgomery (cit.), hanno sottolineato che la LCC deve essere realizzata rispettando le seguenti indicazioni fondamentali:

- La LCC è una classificazione interpretativa basata sulle caratteristiche e qualità del territorio. La copertura vegetale, compresi gli arbusti, alberi ecc., non è considerata una caratteristica permanente;
- I territori ascritti alla stessa classe sono simili nella gravità delle limitazioni, ma essendo possibile ascrivere alla stessa classe suoli tra di loro differenti, non lo sono necessariamente nella natura delle limitazioni, né nella richiesta di pratiche gestionali;
- La LCC non permette di quantificare il livello di produttività per una specifica coltura nonostante il livello di input produttivi e la stessa produttività siano di aiuto nella determinazione della classe
- Ai fini della valutazione di un territorio si deve fare riferimento ad un livello di gestione aziendale moderatamente elevato;
- La LCC non indica l'uso più remunerativo a cui può essere destinato il territorio;
- Se le limitazioni d'uso sono facilmente eliminabili o sono state comunque eliminate, la valutazione deve fare riferimento al livello di gravità di quelle rimanenti dopo gli interventi di miglioramento;
- La valutazione LCC di un territorio può essere modificata se la stessa viene sottoposta a interventi di bonifica in grado di modificare o eliminare in modo permanente le limitazioni e la natura e/o delle superfici interessate dalle stesse limitazioni;
- L'attribuzione ad una classe di LCC può essere modificata in seguito alla acquisizione di nuove informazioni sui suoli;
- Le distanze dai mercati, natura delle strade, capacità e risorse dei singoli operatori non sono criteri utilizzabili ai fini della valutazione LCC.

La adattabilità del modello alle diverse situazioni territoriali è possibile, secondo gli stessi Autori, tramite:

- i- Variazioni del numero delle classi ammesse;
- ii- Utilizzazione di fattori limitanti in funzione delle caratteristiche del territorio;
- iii- Variazioni nel numero delle sottoclassi in funzione delle principali limitazioni presenti nel territorio oggetto di valutazione;
- iv- Variazioni nei valori nelle diverse sottoclassi delle caratteristiche considerate ai fini della valutazione;
- v- Mancata accettazione di una o più delle indicazioni fondamentali proposte dagli Autori del modello.



Figura 17 - Formazione di pianura e predisposizione dell'irrigazione

LA LCC NELL'AREA D'INDAGINE

Come detto abbiamo censito suoli profondi, con un limite antropico della lavorazione a 70 cm (vecchio dissodamento), ma la loro profondità può essere maggiore. La tessitura è per lo più franca (F) e varia da franco sabbiosa a franco argillosa. Lo scheletro grossolano è modesto, mentre i segni di materiale litoide tipicamente arrotondato nei margini dei campi indica la presenza di vecchie alluvioni e soprattutto le attività di miglioramento delle superfici con un intenso spietramento realizzato in passato, seppur ancor oggi è possibile ritrovare a tratti dello scheletro grossolano in forma abbondante.



Figura 18 - Superficie del suolo con resti delle colture dell'annata precedente (mais) e in evidenza modesta pietrosità superficiale

Dal punto di vista pratico sono adatti a qualsiasi tipo di coltura anche se è necessario effettuare le giuste ed opportune concimazioni e utilizzare gli opportuni ammendanti.

Resta un problema determinato dal rischio di ristagno idrico e dal lento deflusso delle acque superficiali. Questa condizione diventa più stringente, rispetto a tutte le altre, che definiremo non ideali.

I principali limiti attualmente rilevabili riguardano:

- ristagno e lento deflusso delle acque superficiali;
- scheletro abbondante e grossolano;

Questi due valori esprimono due limiti che nelle condizioni attuali consentono un utilizzo limitato delle colture agricole, riducendo (per la presenza di rischio) un utilizzo primaverile e tardo estivo, a causa dei c.d. ristagni idrici. Mentre, la tessitura induce a determinare evidenti limiti nelle lavorazioni del suolo.

Pertanto, è possibile indicare nella III Classe della LCC per la presenza delle seguenti sottoclassi:

- *Sottoclasse w (water)*, alla sottoclasse vengono ascritte tutte le limitazioni connesse ad eccessi di acqua nel suolo, quali difficoltà di drenaggio interno, eccessiva umidità, o condizioni similari per le quali è necessario il ricorso a interventi di drenaggio di varia importanza;
- *Sottoclasse s (soil)*, in questa sottoclasse vengono ascritte le aree interessate da limitazioni dovute alle caratteristiche del suolo date da tessitura eccessivamente fine o grossolana, elevata pietrosità.

CONCLUSIONI

Questi suoli derivano dalle azioni di bonifica e miglioramento fondiario che hanno preso origine nel periodo autarchico, con la necessità di produrre frumento, con la realizzazioni di sistemazioni di pianura volte ad un utilizzo dell'area allora ritenuto piuttosto remunerativo.

Pertanto, nonostante una monotonia pedologica apparente, determinata dalle azioni di antropizzazione, sono evidenti delle differenze che determinano una profonda differenza nella qualità dei suoli e conducono alle scelte operative poste in essere nello studio agronomico, ed in particolare, più che alla profondità, velocità di drenaggio e ristagno idrico, quest'ultimo determinato dalla morfologia dei luoghi, appaiono gli elementi condizionanti.

Sono dei suoli antropici per l'uso recente, ascrivibili ai Palexeralf nelle tre forme prima descritte, Typic, Ultic ed Aquic. È possibile affermare che questo suolo è in grado di soddisfare le esigenze produttive di un gran numero di colture ed assumere un significato agronomico di rilievo, se, viene mantenuta una adeguata morfologia o quelle opere che facilitano il drenaggio delle acque superficiali, condizione limite che limita l'ampio uso del suolo stesso. Le limitazioni determinate dalla pietrosità ed in particolare quella degli strati inferiori per la sua qualità (quarzifera) sono il limite secondario, a cui si affiancano quelli chimico fisici rimediabili con l'uso di ammendanti.

Attualmente sono utilizzati per la produzione di foraggio e di cereali da granella e in quest'ottica si determina il mantenimento della continuità produttiva, potendo con interventi mirati, legati proprio al drenaggio.

Come dimostrato in passato, il mantenimento della fertilità di questi suoli è condizionato da un loro corretto utilizzo. Un loro abbandono comporta l'instaurarsi di processi di degrado che conducono alla formazione di importanti aree di ristagno e allo sviluppo di una successione secondaria tipica delle aree abbandonate.

La capacità di uso di questi suoli è la III_w con la presenza di limitate per il solo rischio di ristagno (W al pedice della classe). Pertanto, gli interventi di regimazione delle acque e in tal senso la manutenzione di queste opere appare come fondamentale per mantenere questa condizione e ridurre il rischio colturale. Il passaggio alla II classe è condizionato da importanti interventi sul drenaggio, con opere molto importanti e la modifica del contenuto di sostanza organica nel suolo, che con i cicli colturali deve essere in realtà continuamente integrato. Pertanto, possiamo definire questi come dei suoli utilizzabili soprattutto per le colture legate alla produzione di foraggio (biomassa) e secondariamente per la produzione di cereali da granella.

In fede,

Ph.D. Vincenzo Satta

dottore agronomo e ingegnere ambientale