

Ministeri dell'Economia e delle Finanze, dell'Istruzione, Università e Ricerca, dell'Ambiente della Tutela del Territorio, delle Politiche Agricole e Forestali

Fondo Integrativo Speciale per la Ricerca

A1) PROGRAMMA STRATEGICO: B) SVILUPPO SOSTENIBILE E CAMBIAMENTI CLIMATICI

A2) Progetto-Obiettivo: 1) Simulazioni, Diagnosi e Previsioni del Cambiamento Climatico

Titolo del progetto:

**Cambiamenti Climatici e Sistemi Produttivi Agricoli e Forestali:
Impatto sulle Riserve di Carbonio e sulla Diversità Microbica del Suolo
(SOILSINK)**

Linea 1

Sistemi produttivi agroforestali

capofila: Prof. Pier Paolo Roggero

UO-02 Università degli Studi di Sassari: sistemi agroforestali

Capofila: Dott. Luigi Ledda

Titolare del finanziamento:

Dipartimento di Scienze Agronomiche e Genetica Vegetale Agraria (direttore Prof. A. Spanu)

**Relazione sulle attività svolte nel 1° anno di attività
(21/2/2006-30/6/2007)**

Il Responsabile scientifico
(Dott. Luigi Ledda)

Visto, Il coordinatore del Progetto
(Dr.ssa Rosa Francaviglia)

Composizione unità di ricerca	3
1. Premessa	4
2. Identificazione, delimitazione e caratterizzazione pedologica, bioclimatica e vegetazionale di aree rappresentative dei sistemi produttivi agro-forestali della Sardegna (attività n. 4)	4
2.1 Identificazione delle aree di studio	4
2.2 Analisi bioclimatiche	5
2.3 Analisi floristiche e vegetazionali	6
2.4 Analisi pedologiche	10
3 Caratterizzazione agronomica dei sistemi culturali (attività 5)	16
3.1 <u>Berchidda</u>	16
3.2 <u>Arborea</u>	23
3.2.1 Erbaio di mais	23
3.2.2 Erbaio di loglio italico	25
3.3 La calibrazione del modello EPIC per il sistema foraggero irriguo di Arborea	26
3.3.1 Informazioni pedologiche	26
3.3.2 Informazioni climatiche	27
3.3.3 Sistema culturale	27
3.3.4 Simulazioni per la calibrazione del modello	30
4. Implementazione di un data base georeferenziato (attività 6)	30
5. Bibliografia	32

Composizione dell'Unità di Ricerca:

Personale di ruolo

Prof. G. Marras (Dip. Scienze Agronomiche e Gen. Veg. Agr.)

Prof. A. Murtas (Dip. Scienze Agronomiche e Gen. Veg. Agr.)

Prof.ssa R. Filigheddu (Dip. Botanica)

Dott.ssa S. Bagella (Dip. Botanica)

Prof. S. Madrau (Dip. Ingegneria del Territorio)

Prof. G. Ghiglieri (Dip. Ingegneria del Territorio)

Dott. M. Dore (Dip. Ingegneria del Territorio)

Sig. M. Deroma (Dip. Ingegneria del Territorio)

Dott. M. Loddo (Dip. Scienze Agronomiche e Gen. Veg. Agr.)

Sig.ra N. Tramontana (Dip. Scienze Agronomiche e Gen. Veg. Agr.)

Personale a contratto

Dott.ssa G. Urracci (Dip. Scienze Agronomiche e Gen. Veg. Agr.)

Dott. L. Doro (Dip. Scienze Agronomiche e Gen. Veg. Agr.)

Dott. E. Farris (Dip. Botanica)

Dott.ssa M. C. Caria (Dip. Botanica)

1. Premessa

Questa relazione è allegata al rendiconto finanziario del primo anno di attività svolta dall'Unità di Ricerca n. 2 del progetto SOILSINK. La relazione è stata organizzata seguendo lo schema del progetto esecutivo presentato a suo tempo, suddiviso cioè in attività con i relativi obiettivi e risultati conseguiti.

La caratterizzazione climatica, agronomica, vegetazionale e pedologica effettuata dalla UR 2 ha rappresentato quindi una fase propedeutica alla calibrazione di modelli di simulazione del ciclo del carbonio implementati dalla UR 2 e alla raccolta di dati per il monitoraggio della dinamica del C nel suolo, oltre che all'avvio delle attività di raccolta dati e analisi di tutte le altre unità di ricerca del progetto. A questo si sono aggiunte le specifiche attività di raccolta dati per la calibrazione dei modelli di simulazione del ciclo del carbonio in alcuni dei più rappresentativi sistemi colturali intensivi di Arborea, che è stata svolta unicamente dalla UR 2.

2. Identificazione, delimitazione e caratterizzazione pedologica, bioclimatica e vegetazionale di aree rappresentative dei sistemi produttivi agro-forestali della Sardegna (attività n. 4)

2.1 Identificazione delle aree di studio

Nell'ambito del progetto SOILSINK, l'Unità di ricerca n. 2 ha da subito collaborato con il coordinamento del progetto e con le altre unità di ricerca per l'individuazione di uno dei due siti di riferimento nazionale al quale tutte le altre Unità dovevano fare riferimento per lo svolgimento delle ricerche. A questo scopo, il gruppo di lavoro della UR 2 ha individuato diverse opzioni che sono state prospettate a tutte le altre unità in occasione di incontri collegiali con i responsabili di tutte le unità di ricerca. Le opzioni prese in esame, coerentemente a quanto indicato nel progetto esecutivo, sono caratterizzate da situazioni ben differenziate per substrato pedologico, tipologie di uso del suolo e contesto socio-economico e sono illustrate sinteticamente nella tabella 1. I criteri di scelta delle aree erano basati sulla opportunità di individuare, nell'ambito di diversi contesti ambientali, situazioni di uso del suolo mantenute stabilmente da oltre un decennio, che potessero quindi essere prese come riferimento per le analisi previste dal progetto SOILSINK relativamente alla dinamica dei principali processi di ricambio del C nel suolo in condizioni di equilibrio.

Tabella 1 – Principali caratteristiche dei siti presi in esame nella prima fase del lavoro.

<i>Descrittore</i>	<i>Berchidda-Monti</i>	<i>Arborea</i>	<i>Sassarese</i>
Ubicazione	40,82 N 9,29 E	34,74 N 8,57 E	40,64 N 8,47 E
Substrato	Granodioriti e granitoidi foliati	Arenarie pleistoceniche	Calcari arenacei
pH	acido	subacido	alcalino
Quota	300-400 m s.l.m.	0-20 m s.l.m.	100-300 m s.l.m.
Piovosità	650-850	500-600	550-650
Temperatura media annuale	14,5	16,7	16,0
Tipologie di uso del suolo prevalenti	Sughereta, pascoli arborati, foraggere avvicendate, vigneti	Orticoltura intensiva, Foraggicoltura intensiva per prod latte bovino, zone umide	lecceta, macchia mediterranea, pascoli, cerealicoltura, orticoltura intensiva

Come risultato degli incontri collegiali, è stata selezionata come area campione di riferimento quella di Berchidda, in quanto si è ritenuto particolarmente rilevante per il progetto l'analisi del ciclo del C nei vigneti. Per questo motivo, gran parte degli sforzi profusi dalla UR 2 nel primo anno di attività sono stati concentrati verso la caratterizzazione di questo sito. L'Unità di Ricerca n. 2, coerentemente con gli obiettivi dichiarati nel progetto esecutivo e in accordo con il coordinamento del progetto, ha scelto di effettuare alcuni approfondimenti anche nel sito di Arborea, un'area

agricola irrigua molto intensiva che ha subito una bonifica integrale negli anni '20, nella quale si è identificato un estremo a massima intensificazione colturale utile come confronto rispetto al sito di agricoltura estensiva di Berchidda.

La scelta dei siti su cui effettuare i rilevamenti è stata guidata dall'analisi fitoclimatica, vegetazionale e pedologica. Non potendo disporre di sperimentazioni di campo di lunga durata attraverso le quali effettuare un confronto tra diverse tipologie di uso del suolo e/o sistemi colturali, si sono identificate delle aree caratterizzate da medesimo potenziale ecologico, come indicato dall'analisi delle serie di vegetazione e dalle analisi pedologiche, ma utilizzate da almeno dieci anni con il medesimo sistema colturale.

L'area di studio "Berchidda" è stata delimitata con il metodo della classificazione gerarchica del paesaggio. Questo metodo è di tipo deduttivo, si sviluppa cioè attraverso un percorso discendente: regioni di paesaggio, definite in base al macrobioclima (Rivas-Martínez & Rivas y Sáenz, 2007), sistemi di paesaggio definiti in base alla geolitologia (Barca *et al.*, 1996), sottosistemi di paesaggio definiti in base alla morfologia e, infine, unità di paesaggio definite in base alle classi fitoclimatiche (Blasi *et al.*, 2000).

In base a questa classificazione l'area di studio ricade nella regione mediterranea, sistema del basamento ercinico, sottosistema di fondovalle, unità mesomediterranea inferiore.

Una volta definita l'unità ambientale oggetto di indagine, attraverso un percorso inverso di tipo induttivo, quindi ascendente, si è proceduto alla sua caratterizzazione floristica e vegetazionale. Sono state identificate in una prima fase le specie e le comunità vegetali presenti all'interno dell'unità ambientale e successivamente sono stati studiati i rapporti esistenti tra comunità vegetali, distinguendo quelli dinamici da quelli catenali. Questo processo ha consentito di riconoscere una serie edafo-mesofila, che rappresenta la serie prevalente all'interno dell'unità di paesaggio, e le serie con le quali essa si pone in contatto catenale. La tessella relativa alla serie edafo-mesofila è quella entro la quale sono presenti i vigneti. All'interno dell'unità ambientale è stata successivamente definita una sottoarea delimitata dalla linea spartiacque entro la quale è stata avviata la realizzazione del GIS.

Infine nell'area Berchidda è stata individuata una vasta area, rappresentata dal bacino idrografico le cui acque affluiscono nell'invaso del Coghinias, relativamente omogenea dal punto di vista geologico e morfologico e che racchiude tutte le aree di saggio, oggetto di un rilevamento pedologico finalizzato alla individuazione dei rapporti suolo-morfologia.

2.2 Analisi bioclimatiche

Con riferimento all'area di studio Berchidda è stata individuata, come stazione meteo di riferimento, la stazione ubicata nel territorio comunale di Monti. In relazione all'esigenza di disporre di un database storico dei dati acquisiti da questa stazione, è stata condotta l'acquisizione dei dati meteo storici (1976-1999) attraverso la collaborazione con il S.A.R. (Servizio Agrometeorologico Regionale) e l'Assessorato ai Lavori Pubblici (Servizio Idrografico) della Regione Sardegna.

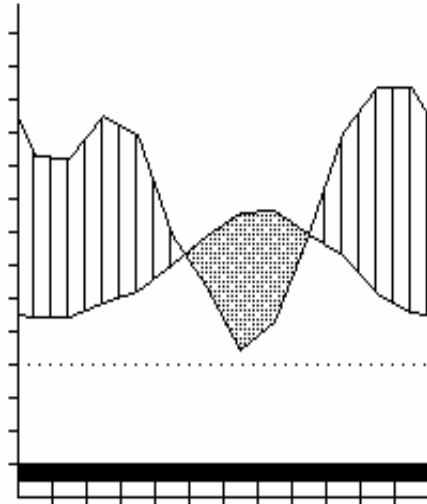
I dati acquisiti sono stati organizzati in un data base e successivamente sottoposti a verifica, in relazione all'individuazione di eventuali dati mancanti o falsati da possibili errori di trascrizione.

La serie storica è stata messa a disposizione dell'U.R. n. 3 per la successiva generazione, in collaborazione, degli scenari climatici futuri da impiegare in simulazioni condotte attraverso l'impiego di un specifico modello (WinEPIC) in grado di prevedere la dinamica del carbonio nel suolo.

L'analisi bioclimatica è stata effettuata sulla base dei dati meteorologici rilevati nella stazione di Monti negli anni 1976-1999 (Fig.1).

In accordo con gli indici bioclimatici di Rivas-Martínez & Rivas y Sáenz (2007) questa stazione ricade nel bioclima mediterraneo pluvistagionale oceanico, mesomediterraneo inferiore, subumido inferiore.

Monti (Italy)			296 m
P= 632	40° 48'N	9° 19'E	24/ 24 a
T= 14.2°	Ic= 16.1	Tp= 1704	Tn= 0
m= 3.2	M= 11.0	Itc= 284	Io= 3.7



**MEDITERRANEAN PLUVISEASONAL-OCEANIC
LOW MESOMEDITERRANEAN LOW SUBHUMID**

P precipitazione annuale

T temperatura media annuale

Ic indice di continentalità = t_m (mese +caldo) - t_m (mese + freddo) dove t_m è la temperatura media mensile

Tp temperatura positiva annuale = t_i con $t_i > 0$

Tn temperatura negativa annuale = t_i con $t_i < 0$

m media delle temperature minime

M media delle temperature massime

Itc indice di termicità compensato = $I_t = 10(T + M + m) - c$ dove M è la temperatura massima del mese più caldo m la temperatura minima del mese più freddo e c valutato in base all'indice di continentalità

Io indice ombrotermico annuale = $(P_p / T_p) * 10$ dove P_p = precipitazione dei mesi con temperatura media > 0

Fig. 1 – Diagramma termopluviometrico e indici bioclimatici relativi alla stazione di Monti.

2.3 Analisi floristiche e vegetazionali

La caratterizzazione della vegetazione spontanea rappresenta una base dati in condizioni “di campo” che potrà essere utilizzata come riferimento per la validazione del modello di simulazione della dinamica del carbonio nel suolo, in stretta collaborazione con l’U.O. 3.

Le aree di studio costituiranno inoltre una base sperimentale per ulteriori studi sui processi biofisici che regolano la dinamica del carbonio nel suolo, da svolgere in collaborazione con le altre UO del progetto.

Le analisi floristiche, effettuate durante tutto l’arco dell’anno al fine di realizzare elenchi floristici il più possibile esaustivi, hanno consentito di censire nell’area di studio 241 entità vegetali (Tab. 1). I campioni raccolti sono conservati presso l’Erbario del Dipartimento di Botanica ed Ecologia Vegetale dell’Università degli Studi di Sassari (SS). L’elenco floristico segue l’ordine alfabetico, la nomenclatura segue Pignatti (1982), Greuter *et al.* (1984-89), Tutin *et al.* (1964-80 e 1993), Valdés *et al.* (1987).

Le analisi vegetazionali hanno consentito di produrre dati quantitativi utili per caratterizzare le comunità vegetali e le loro reciproche relazioni spazio-temporali. Tali analisi sono state effettuate con i diversi livelli del metodo fitosociologico:

fitosociologia classica – individuazione e caratterizzazione floristico-vegetazionale delle comunità vegetali e loro inquadramento nel sistema sintassonomico;

fitosociologia seriale – individuazione dei rapporti dinamici tra le comunità vegetale e ricostruzione della serie di vegetazione;

fitosociologia catenale – individuazione delle serie che si trovano in contatto topografico con la serie indagata.

A) *Fitosociologia classica*

L'applicazione del metodo fitosociologico classico (Géhu & Rivas-Martínez, 1981) ha consentito di identificare le associazioni vegetali presenti nel territorio. Sono stati effettuati 55 campionamenti, chiamati rilievi, consistenti in inventari floristici e relativi valori di copertura per ciascuna specie, realizzati in aree con vegetazione uniforme. Il valore di copertura è stato attribuito a ciascuna specie presente nella superficie esaminata, secondo le classi di copertura definite da Braun-Blanquet (1951).

I rilievi sono stati successivamente riportati in una matrice 55 (campioni) x 241 (entità). A partire da questa è stata elaborata la matrice di somiglianza (Bray e Curtis, 1957) sulla quale è stata effettuata la cluster analysis al fine di individuare le affinità tra rilievi e gruppi di rilievi. Il risultato di questa elaborazione ha consentito di definire insiemi omogenei di rilievi corrispondenti a diverse comunità vegetali (associazioni). Il livello di presenza delle diverse entità, unitamente alla fedeltà (grado di legame di un'entità ad un gruppo), ha consentito di procedere all'inquadramento sintassonomico delle comunità vegetali studiate. Le associazioni sono state inserite in unità superiori di rango gerarchico crescente fino al livello superiore, quello di classe, che viene definita su basi ecologiche (Rivas-Martínez et al., 2002).

Sono state riconosciute, caratterizzate e classificate diverse tipologie di comunità vegetali ripartite in 7 classi di vegetazione:

Stellarietea mediae – vegetazione annuale effimera ruderale. Nell'ambito di questa classe di vegetazione sono state individuate le comunità che si sviluppano nei vigneti lavorati e in quelli inerbiti e in alcune aree frequentate in maniera intensiva dagli animali al pascolo. Nei primi sono presenti comunità molto povere dal punto di vista floristico (27 specie), a sviluppo molto precoce, caratterizzate da una netta dominanza della cosmopolita *Spergula arvensis* L. Nei vigneti inerbiti sono invece presenti comunità più ricche dal punto di vista floristico (69 specie).

Poetea bulbosae – vegetazione strettamente legata al pascolo, in particolar modo ovino. È caratterizzata da un'elevata percentuale di emicriptofite e diverse specie annuali del genere *Trifolium*. Nelle aree campionate la ricchezza floristica è risultata pari a 84. Le comunità riferibili a questa classe di vegetazione occupano vaste superfici in molti casi caratterizzate dalla presenza di copertura arborea (*Quercus suber*) molto rada (*dehesa*).

Tuberarietea guttatae – vegetazione pioniera primaverile dominata da specie annuali di piccola taglia non nitrofile. Le comunità vegetali riferibili a questa classe di vegetazione, che rappresentano la prima fase dinamica della serie su suoli nudi non disturbati, sono state individuate su piccole superfici dell'area di studio. Si presentano tuttavia floristicamente molto ricche (75 specie).

Artemisietea vulgaris - vegetazione erbacea perenne caratterizzata da un elevato contingente di emicriptofite e geofite che si sviluppa su aree precedentemente coltivate o utilizzate per il pascolo e successivamente abbandonate. Nell'area di studio si presenta molto diversificata dal punto di vista floristico (95 specie).

Cisto-Lavanduletea – vegetazione camefitica di gariga che si sviluppa prevalentemente in seguito alla distruzione della vegetazione potenziale sclerofillica determinata dal taglio degli alberi, dalle lavorazioni o dagli incendi. Le garighe più diffuse nell'area di studio sono quelle a dominanza di *Cistus monspeliensis*. In settori limitati sono presenti anche garighe basse, di recupero a dominanza

di *Helichrysum italicum* subsp. *microphyllum* che si sviluppano su suoli decapitati (vigneti abbandonati) a matrice grossolana.

Cytisetea scopario-striati – vegetazione arbustiva seriale o permanente dominata da *Leguminosae* nano o microfanerofite. Le comunità riferibili a questa classe di vegetazione sono caratterizzate dalla dominanza di *Cytisus villosus* e costituiscono mantelli di contatto con i boschi o formazioni arbustive in aree aperte o con copertura arborea (*Quercus suber*) molto rada.

Quercetea ilicis – vegetazione sempreverde o decidua che si rinviene dal piano termo-mediterraneo al supra-mediterraneo da semiarido a umido. Comprende comunità arboree, alto arbustive e di macchia. A questa classe di vegetazione possono essere riferite nell'area di studio le formazioni boschive a *Quercus suber*, la macchia alta pre-forestale e alcune tipologie di arbusteti. Le sugherete potenziali, presenti in settori molto limitati, sono rappresentate da boschi di sughera maturi, densi, con strato erbaceo sciafalo, strato arbustivo e componente lianosa. Molto più diffuse sono invece le sugherete aperte, con copertura arborea del 60-80%, strato arbustivo con bassi valori di copertura, strato lianoso scarso o assente, componente erbacea sciafila quasi completamente scomparsa a causa di lavorazioni meccaniche ripetute. Gli arbusteti pre-forestali sono rappresentati dalla macchia alta a *Erica arborea* ed *Arbutus unedo*. Le altre formazioni arbustive a dominanza di sclerofille costituiscono prevalentemente siepi edafo-igrofile a dominanza di *Rubus ulmifolius* e *Myrtus communis* ed edafo-mesofile a dominanza di *Rhamnus alaternus* e *Myrtus communis*.

B) Fitosociologia seriale

Per lo studio dei processi dinamici a scale temporali storiche o comunque brevi è stato utilizzato il metodo sinfitosociologico, che consente di evidenziare l'influenza dei processi antropici sulla vegetazione. La sinfitosociologia, o fitosociologia seriale (Rivas-Martínez, 1976), ha come oggetto di studio le associazioni legate da rapporti dinamici, in quanto rappresentano tappe successive di uno stesso processo evolutivo o regressivo, definito dalla serie di vegetazione (o sigmetum). Le dinamiche della successione secondaria sono quindi state concettualizzate mediante il modello della serie di vegetazione, che è costituita dall'insieme di tutte le associazioni legate da rapporti dinamici, che si rinvengono in uno spazio omogeneo con le stesse potenzialità vegetazionali: la tessella.

In base alle analisi effettuate si ritiene che la serie prevalente nell'area di studio sia la serie sarda centro-occidentale edafo-mesofila, mesomediterranea, della sughera (*Violo dehnhardtii-Quercus suberis* sigmetum). La testa di serie è rappresentata da mesobosco a dominanza di *Quercus suber* riferibile all'associazione *Violo dehnhardtii-Quercetum suberis* nella subass. *oenanthesum pimpinelloidis*, che include gli aspetti più mesofili dell'associazione, localmente arricchita dalla presenza di orniello (*Fraxinus ornus* L.).

Oltre che sui substrati granitici della Sardegna settentrionale, la serie si rinviene sui substrati vulcanici Oligo-Miocenici e Plio-Pleistocenici della Sardegna Nord-occidentale, nel piano fitoclimatico mesomediterraneo inferiore subumido (subass. *myrtetosum communis*) e mesomediterraneo superiore umido (subass. *oenanthesum pimpinelloidis*). La presenza della subass. mesofila *oenanthesum pimpinelloidis*, nell'area di studio, in un'area ad altitudine modesta ricadente nel piano fitoclimatico mesomediterraneo inferiore, è attribuibile al tipo di substrato geo-pedologico e al contatto topografico con corsi d'acqua (contatto catenale con ontanete igrofile).

Nell'ambito della serie sono state individuate le principali tappe regressive e alcune possibili deviazioni. La distanza delle comunità di sostituzione dalla vegetazione naturale potenziale è stata valutata attraverso l'analisi delle corrispondenze (Fig. 2). Questa ha consentito di ordinare i rilievi lungo un gradiente continuo, a partire da quelli relativi alle formazioni boschive più mature fino a quelli relativi ai vigneti inerbiti. I rilievi effettuati nei vigneti lavorati si dispongono invece all'esterno del gradiente.

Tra le comunità vegetali individuate all'interno dell'area di studio sono state scelte quelle più significative per superficie occupata o per distanza reciproca nei processi di recupero, come punti di riferimento per il campionamento del suolo da parte delle unità operative interessate.

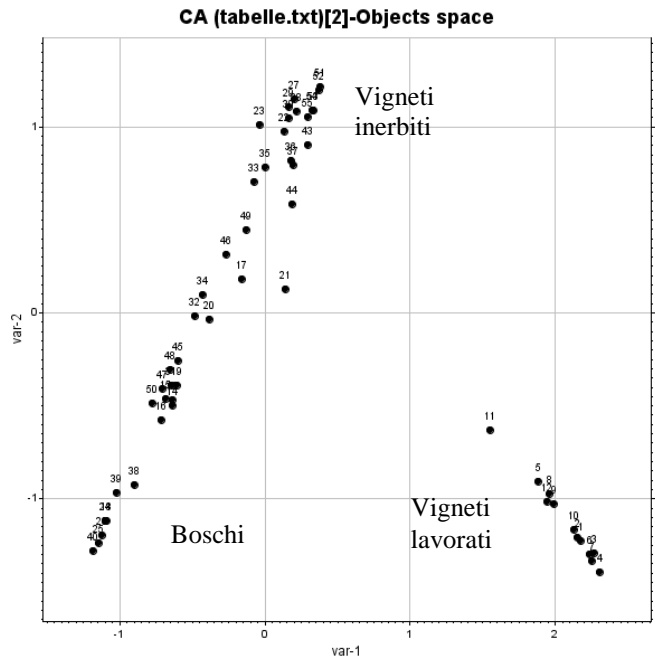


Fig. 2 – CA relativa alla matrice dei rilievi

C) Fitosociologia catenale

La serie della sughera nell'area di studio presenta contatti catenali con due serie edafoferofile: la serie sarda, termomediterranea, dell'olivastro (*Asparago acutifolii-Oleo sylvestris* sigmetum) che si rinviene negli affioramenti rocciosi e la serie sarda, termo-mesomediterranea, del leccio (*Prasio majoris-Quercu ilicis* sigmentum) che si sviluppa a quote superiori e su versanti più acclivi. Lungo i corsi d'acqua la serie della sughera si pone invece in contatto catenale con il geosigmeto sardo-corso, edafoigrofilo, calcifugo (*Hyperico hircini-Alnenion glutinosae*)

D) Analisi lineare

Il metodo dell'analisi lineare permette di quantificare la composizione floristica rilevando la presenza delle specie lungo transetti (linee di flora) materializzati tramite una cordicella sottile.

I rilievi sono stati effettuati lungo linee di flora di lunghezza variabile mediante il contatto con un'asta calata verticalmente al suolo in corrispondenza di punti prestabiliti distribuiti regolarmente lungo la linea stessa (Daget e Poissonet, 1969). Ad ogni calata è stata inoltre rilevata l'altezza della specie che intersecava l'asta nel punto più alto.

A partire dai dati rilevati possono essere calcolati diversi parametri (Tabella 1).

Sono state realizzate analisi lineari nel vigneto inerbito e nel pascolo nel periodo del massimo sviluppo vegetativo e in corrispondenza dei rilievi per la quantificazione della fitomassa e del LAI massimo.

Nel vigneto le linee di flora sono state realizzate in 4 filari tenendo conto della posizione rispetto alle viti e alla fascia di azione del diserbante usato sulla fila. Nell'ambito di ogni filare sono state realizzate tre linee, una centrale e due laterali, per un totale di 12 linee con 25 punti di lettura ciascuna.

Nel pascolo, al fine di valutare la composizione floristica in presenza ed in assenza di pascolamento, sono stati impiantati 3 recinti di esclusione di 10x10 m. Le linee di flora sono state realizzate all'interno di ciascun recinto (4 linee da 20 punti ciascuna per ciascun recinto) e all'esterno, nelle immediate vicinanze (4 linee da 20 punti ciascuna per ciascun recinto), per un totale di 24 linee.

Tabella 1 - Parametri rilevati e calcolati col metodo dell'analisi lineare.

Parametro	sigla	Significato
Frequenza Specifica	FS	punti di rilevamento in cui è presente la specie
Frequenza Centesimale	FC	$FS/(n. \text{ totale di punti rilevati}) * 100$
Contributo Specifico di Presenza	CSP	$FC / \text{totale FC}$
Ricoprimento globale	R	$n. \text{ di punti con presenza di vegetazione} / n. \text{ punti rilevati}$

I risultati conseguiti con questi rilievi costituiscono la base di conoscenza per l'interpretazione dei rilievi effettuati sul suolo e per la identificazione di idonei parametri per la calibrazione dei modelli di simulazione del ciclo del carbonio nel suolo.

Una sintesi dei risultati ottenuti, in parte ancora in corso di elaborazione, è riportata nella tabella 2.

Tabella 2 – Elenco delle specie presenti in ordine di abbondanza (CSP medio).

Vigneto	Pascolo
1) <i>Geranium molle</i> L.	1) <i>Hordeum leporinum</i> Link
2) <i>Hordeum leporinum</i> Link	2) <i>Trifolium subterraneum</i> L.
3) <i>Medicago polymorpha</i> L.	3) <i>Trifolium nigrescens</i> Viv.
4) <i>Avena barbata</i> Potter	4) <i>Sisymbrium officinale</i> (L.) Scop.
5) <i>Medicago arabica</i> (L.) Hudson	5) <i>Agrostis salmantica</i> (Lag.) Kunth

2.4 Analisi pedologiche

Berchidda

Con l'obiettivo di avviare la caratterizzazione dell'area di studio dal punto di vista pedologico, nel corso del primo anno di attività sono stati aperti, descritti e campionati 25 profili nell'area Berchidda. I profili, in accordo con i componenti degli altri gruppi di ricerca locali sono stati aperti in funzione di:

- uso del suolo (attuale e/o pregresso);
- variazioni di morfologia all'interno delle aree di saggio;
- tipo di copertura vegetale;
- sottochioma o fuorchio per pascolo, sughereta ed erbaio.

Le condizioni di uso di suolo considerate nell'area Berchidda sono:

- a- vigneto non inerbito, 4 profili: (dal numero 1 al numero 4);
- b- vigneto inerbito, 3 profili: (dal numero 5 al numero 7);
- c- erbai e pascoli su erbai, 9 profili: (dal numero 8 al numero 16);
- d- bosco di sughera: (profili numero 17 e 18);
- e- vigneti abbandonati con ripristino in corso della vegetazione naturale 7 profili: (dal numero 19 al numero 25).

Il substrato pedogenetico è costituito da graniti con cristalli a grana media, interessati dalla presenza localizzata di filoni di quarzo e di porfidi.

La morfologia varia dalla ondulata alla pianeggiante. I processi di erosione idrica incanalata sono evidenti solo negli erbai realizzati su pendenze superiori al 15 % circa e nell'area di saggio del vigneto abbandonato in condizioni di pendenze elevate e di scarsa copertura vegetale.

Tutti i profili aperti hanno una successione di orizzonti del tipo A-Bw-C o A-Bw-BC-C o più raramente A-Bw-R.

La potenza dei profili, limitatamente ai soli orizzonti A e Bw, varia da un minimo di 38 cm nel profilo 2 ad un massimo di 100 nel 14.

Nei profili 1, 2, 4, 7, 10, 12, il passaggio tra gli orizzonti A e Bw ed il substrato alterato è graduale per la presenza di un orizzonte BC, dalla tessitura grossolana, la cui potenza varia dai 30 cm circa nel profilo 10 ai 90 cm del profilo 16.

Il contatto diretto con la roccia madre inalterata, orizzonte R, è stato osservato solo nei due profili 3 e 25.

Le classi tessiturali prevalenti sono la sabbioso-franca e la franco-sabbiosa.

Tessiture franco-sabbioso-argillose sono state osservate nell'orizzonte Bw del profilo 18, e nell'orizzonte BC del profilo 16 dove è stato osservato il più elevato valore in argilla fra i campioni analizzati: 20,3%.

Il contenuto di sostanza organica negli orizzonti A non è mai molto elevato, valore medio intorno al 3% circa. I valori massimi di sostanza organica sono l'8,6% nell'orizzonte A del profilo 17 e l'11,8%, sempre dell'orizzonte A, del profilo 18. Entrambi i profili sono stati aperti all'interno di un bosco disetaneo di sughera.

Il complesso di scambio, in accordo con il ridotto contenuto in argille nella frazione terra fine, non è mai elevato.

Il grado di saturazione in basi è in prevalenza inferiore al 60% (condizioni *distriche* della Soil Taxonomy USDA). Fanno eccezione i profili 5, 6, 7, (vigneto inerbito) 8 (pascolo su erbaio di avena) e 21 aperto nel vigneto abbandonato con una copertura vegetale costituita da macchia a cisto molto fitta.

I profili dal complesso di scambio con un grado di saturazione in basi inferiore al 60% in tutti gli orizzonti compresi tra 25 e 75 cm, sono stati classificati come *Typic Dystrocherepts* (Key to Soil Taxonomy, 2006). I restanti sono stati classificati come *Typic Haploxerepts*.

Secondo il WRB (2006) classificabili rispettivamente come *Haplic Endoleptic Cambisols (Dystric)* e *Haplic Endoleptic Cambisols (Eutric)*.

Tassonomia dei suoli

Al momento non esiste un sistema unico di classificazione dei suoli.

Attualmente, a livello mondiale, si fa riferimento ad un numero ristretto di sistemi tassonomici: *Soil Taxonomy* USDA, *World Reference Base for Soil Resources* (WRB) della FAO-ISSS, *Référentiel Pédologique* dell'INRA, *Classificazione e Determinazione dei Tipi di Suoli* russo.

Nel progetto in corso si farà riferimento per la classificazione dei suoli alla Soil Taxonomy e, per le correlazioni con le altre tassonomie, al WRB.

Nell'area Berchidda sono diffusi suoli di media potenza, sviluppatasi a spese di graniti fortemente alterati. Negli orizzonti profondi, indicati con la sigla Bw, sono particolarmente evidenti i risultati del processo di alterazione del substrato. Il complesso di scambio è di norma insaturo. Il contenuto di umidità dei suoli è caratterizzato da un forte deficit estivo (regime di umidità *xerico*), mentre quello delle temperature, è stato attribuito sulla base delle temperature medie ed annuali atmosferiche al regime *termico* (temperatura media annua del suolo 15°C - 22°C, differenze tra la temperatura media estiva e quella invernale del suolo > 5°C misurate alla profondità standard di 50 cm).

Questi suoli sono stati attribuiti al sottogruppo dei *Typic Dystrocherepts* dove:

- *epts.*, è la sillaba chiave dell'ordine degli *Inceptisuoli*, suoli nella fase iniziale di sviluppo caratterizzati da un orizzonte, denominato *cambico*, che è il risultato di profondi processi di alterazione del substrato;
- *Xerepts*, sottordine, in cui vengono ascritti gli Inceptisuoli caratterizzati da un regime di umidità del suolo xerico;
- *Dystroxerepts*, grande gruppo in cui ricadono gli Xerepts caratterizzati da un grado di saturazione in basi < 60% in tutti gli orizzonti compresi tra 25 e 75 cm dalla superficie del suolo;
- *Typic Dystroxerepts*, sottogruppo in cui sono ascritti tutti i Dystroxerepts le cui caratteristiche chimiche e fisiche corrispondono a quelle considerate come tipiche del sottogruppo.

Quale prima ipotesi, in attesa dei risultati di alcune analisi tra quelle relative alla mineralogia delle argille, i Typic Dystroxerepts presenti nell'area Berchidda sono attribuibili alla famiglia *scheletrico-franca* (> 35% di scheletro), *mista* (< 40% di minerali diversi dal quarzo e dai feldspati), *non acida, termica*. Il nome della serie potrebbe essere *Stazzo Puntu d'Olia*.

Il WRB nella sua versione del 2006, rappresenta l'evoluzione più recente della Legenda FAO-UNESCO alla Carta Mondiale dei Suoli pubblicata a partire dal 1977.

Anche questo sistema prevede l'utilizzo degli orizzonti diagnostici e il ricorso a parole greche, latine o termini comunemente accettati dai pedologi per definire i suoli nei diversi livelli tassonomici. A differenza della Soil Taxonomy nel WRB non viene data importanza alcuna alle condizioni pedoclimatiche.

Il WRB prevede due livelli di classificazione dei suoli. Il più elevato è il *Soil Reference Group*, (*SRG*). L'attribuzione univoca di un suolo ad uno dei 32 SRG si basa sulla presenza di orizzonti diagnostici o di particolari condizioni fisiche del suolo, esempio scarsa profondità, presenza di ristagni idrici, ecc., definite *proprietà e materiali diagnostici*.

Nel secondo livello, definito come unità di secondo livello vengono specificate, mediante l'uso di aggettivi prefissi e suffissi al nome del SRG, le proprietà fisiche e chimiche e la presenza di proprietà e materiali diagnostici del singolo suolo.

Il WRB indica per ciascun SRG gli aggettivi utilizzabili sia come prefissi che suffissi.

Il tipo pedologico più comune nell'area Berchidda è stato attribuito agli *Haplic Endoleptic Cambisols (Dystric)* dove:

- *Cambisols*, è il SRG caratterizzato da una minima evoluzione del profilo e dalla presenza di un orizzonte cambico;
- *Haplic*, sono i Cambisols che non presentano caratteristiche accessorie;
- *Endoleptic*, Cambisols caratterizzati da una potenza complessiva compresa tra 50 e 100 cm;
- *Dystric*, proprietà diagnostica non determinabile in campo, indica la presenza di una percentuale di saturazione del complesso di scambio inferiore al 50% tra 20 e 100 cm di profondità.

Di seguito si riporta una sintesi dei dati pedologici raccolti e riferita alla stima dello stock di carbonio organico nel suolo nelle diverse tipologie di uso suolo. Tali dati rappresentano la base informativa sulla quale si articolano tutte le attività del progetto.

Carbonio organico (g kg⁻¹)

Vigneto lavorato

	Profilo 1	Profilo 2	Profilo 3	Profilo 4
orizzonte Ap	11	23	11	12
orizzonte Bw	9	8	17	7
orizzonte Bc	2	10		2

Vigneto inerbito

	Profilo 5	Profilo 6	Profilo 7
orizzonte Ap	6	11	15
orizzonte A2			2
orizzonte Bw	3	5	
orizzonte Bc			2

Erbaio

	Profilo 8	Profilo 9	Profilo 10	Profilo 11	Profilo 12
A (0-20)		27	39		
A (20-40)		14	22		
A (40-45)		16			
orizzonte Ap	25			15	15
orizzonte Bw	7			3	
Bw (40-60)			9		
Bw (55-75)		6			
Bw (60-80)			8		
Bw (75-95)		3			
Bw (80-100)			5		
Bw (95-125)		8			
Bc			5		5

Pascolo

	Profilo 13	Profilo 14	Profilo 15	Profilo 16
orizzonte A	21	19		
orizzonte A1				23
orizzonte A2				14
orizzonte A(p)			14	
orizzonte Bw	8	4	7	
orizzonte Bc				3

Sughereta

	Profilo 17	Profilo 18
orizzonte A1	50	69
orizzonte A2	13	14
orizzonte Bw		3

Vigneto abbandonato

	Profilo 19	Profilo 20	Profilo 21	Profilo 22	Profilo 23	Profilo 24	Profilo 25
orizzonte A	21	14	19	15	14	15	23
orizzonte Bw	9	9	12	10	16	18	19

Arborea

Nell'area Arborea sono state effettuate, al momento, le ricognizioni generali dell'area finalizzate alla individuazione in campo delle principali unità di paesaggio pedologiche e di uso del suolo.

Nell'area il substrato geologico è rappresentato da una successione di depositi eolici di età variabile dal Pleistocene all'Olocene. Alla base dei depositi sono presenti delle alluvioni e depositi lacustri pleistocenici.

Per raccogliere le informazioni necessarie alla caratterizzazione del suolo nell'area oggetto di studio è stato necessario scavare un profilo pedologico. Questo è stato realizzato in un appezzamento ritenuto rappresentativo dei terreni presenti nell'area di interesse. Tramite l'escavazione del profilo sono state raccolte le seguenti informazioni: la profondità del terreno, dalla superficie sino alla



Foto del profilo pedologico scavato nell'area in esame.

matrice litologica, e il numero, la tipologia e lo spessore dei singoli orizzonti individuati. Inoltre è stato prelevato un campione di terreno da ogni orizzonte, necessario per eseguire le analisi fisico chimiche, e sono stati presi, sempre per ogni orizzonte, tre campioni per la determinazione della densità apparente.

Questi ultimi sono stati prelevati seguendo la metodologia del carotaggio che prevede la collezione di campioni di suolo per mezzo di carotatori di volume noto che possono essere gestiti sia manualmente, che assistiti da un sistema idraulico. La massa volumica apparente viene calcolata una volta essiccato il campione in stufa e pesato secondo quanto indicato dalla metodologia ufficiale (Suppl. Ord. n.173 alla G.U. n.204 del 2/9/1997).

Di seguito si riportano la descrizione del profilo e i risultati delle analisi fisico-chimiche dei campioni di terreno prelevati ed eseguite presso il laboratorio del Dipartimento di Ingegneria del Territorio sezione di Geopedologia e Geologia Applicata dell'Università degli Studi di Sassari.

Caratteristiche della stazione

Comune: Arborea (OR); Località: Ala Birdi - Strada 24

Riferimento cartografico: 538 -1;

Coordinate UTM: 32S462474-445239

Quota: 5 m s.l.m. Pendenza: < 2 %; Esposizione: assente

Morfologia: origine: eolica; forma: campi di dune;

Pietrosità superficiale: assente; Rocciosità affiorante: assente

Drenaggio esterno: ben drenati;

Erosione: idrica, diffusa, debole;

Substrato: depositi eolici recenti su depositi palustri associati a depositi di sabbie pleistoceniche.

Uso del suolo: seminativo, loglio e mais in rotazione;

Osservazioni: il proprietario ricorda uno spianamento delle dune su un'ampia estensione di territorio durante la bonifica degli anni 20. Possibile una discontinuità litologica tra il Bt1 e il Bt2 (2Bt) per probabile differenza di età nei depositi eolici.

Orizzonti

Orizzonte Ap1 da 0 a 12 cm. Colore allo stato asciutto 10 YR 6/3 (bruno chiaro). Tessitura sabbiosa. Scheletro: assente. Aggregazione poliedrica subangolare, fine, tra debole e moderata, friabile allo stato asciutto. Non adesivo e non plastico. Porosità abbondante per pori molto piccoli e piccoli. Effervescenza assente. Drenaggio interno tra normale e rapido. Radici abbondanti, piccole ad

andamento obliquo e verticale. Attività biologica media. Limite con il sottostante orizzonte abrupto e lineare.

Orizzonte Ap2 da 12 a 30 cm. Colore allo stato asciutto 10 YR 5/3 (bruno). Tessitura sabbiosa. Scheletro assente. Aggregazione poliedrica subangolare, da fine a media, moderata, friabile allo stato umido. Non adesivo e non plastico. Porosità comune per pori molto piccoli e piccoli. Effervescenza assente. Drenaggio interno tra normale e rapido. Radici comuni, piccole ad andamento obliquo e verticale. Attività biologica media. Limite con il sottostante orizzonte abrupto e lineare.

Orizzonte E da 30 a 75 cm. Colore allo stato intermedio tra l'umido e l'asciutto 10 YR 6/4 (bruno giallastro chiaro). Tessitura sabbiosa. Scheletro assente. Aggregazione poliedrica subangolare, media, moderata, friabile allo stato asciutto. Non adesivo e non plastico. Porosità assente. Effervescenza assente. Drenaggio interno tra normale e rapido. Radici da scarse ad assenti, piccole ad andamento obliquo e verticale. Attività biologica scarsa. Limite con il sottostante orizzonte abrupto e lineare.

Orizzonte Bt1 da 75 a 95 cm. Colore allo stato umido 10 YR 5/4 (bruno giallastro). Tessitura sabbiosa. Scheletro assente. Rivestimenti di argille con ossidi di Fe-Mn, comuni, disposti come ponti tra i granelli di sabbia. Aggregazione tra la poliedrica subangolare e l'angolare, media, tra moderata e forte, da friabile a resistente allo stato umido, poco duro allo stato asciutto. Non adesivo e debolmente plastico. Porosità assente. Effervescenza assente. Drenaggio interno normale. Radici da scarse ad assenti, piccole ad andamento obliquo e verticale. Attività biologica assente. Limite con il sottostante orizzonte abrupto , tra il lineare e l'ondulato.

Orizzonte Bt2 da 95 a 140 cm ed oltre. Colore allo stato umido 10 YR 6/4 (bruno giallastro chiaro). Tessitura franco-sabbiosa. Scheletro assente. Rivestimenti di argille con ossidi di Fe-Mn, abbondanti, disposti come ponti tra i granelli di sabbia. Aggregazione tra la poliedrica subangolare e l'angolare, da media a grossolana, tra moderata e forte, da friabile a resistente allo stato umido, poco duro allo stato asciutto. Non adesivo e debolmente plastico. Porosità assente. Effervescenza assente. Drenaggio interno da normale a rapido. Radici assenti. Attività biologica assente.

Classificazione USDA (2006): *Psammentic Palexeralfs*
WRB (FAO-IUSS 2006): *Haplic Lixisols (Epidystric, Epiarenic)*

Profilo/Orizzonte		Ap1	Ap2	E	Bt1	Bt2
Profondità orizzonte	(cm)	0 - 12	12 - 30	30 - 75	75 - 95	95 - 140
ANALISI FISICO-MECCANICHE						
Scheletro (>2 mm)	(%)	2.7	1.7	2.5	0.5	2.7
Sabbia molto grossa (2+1 mm)	(%)	9.7	9.7	6.8	7.2	16.7
Sabbia grossa (1+0,5 mm)	(%)	19.5	18.3	14.5	17.6	16.5
Sabbia media (0,5+0,25 mm)	(%)	39.2	38.2	37.0	39.7	31.2
Sabbia fine (0,25+0,02 mm)	(%)	24.7	24.5	36.9	31.9	20.8
Limo (0,02+0,002 mm)	(%)	3.8	7.3	2.0	0.3	0.5
Argilla (<0,002 mm)	(%)	3.1	2.0	2.8	3.3	14.3
ANALISI CHIMICHE						
pH (H2O)		5.8	5.8	6.1	6.8	6.8
pH (KCl)		4.6	4.7	4.6	5.6	5.9
Calcare totale	(g/Kg)	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
Calcare attivo	(g/Kg)	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
Carbonio	(g/Kg)	13	6	3	4	2
Sostanza organica	(g/Kg)	22	10	5	7	3
Azoto totale	(g/Kg)	0.7	0.6	0.2	0.3	0.2
C/N		18	11	15	12	8
Fosfati assimilabili (P2O5)	(mg/Kg)	105	136	28	20	10
COMPLESSO DI SCAMBIO						
Ione Calcio	(meq/100 g)	1.87	2.34	0.62	2.18	3.12
Ione Magnesio	(meq/100 g)	0.23	0.26	0.03	0.21	0.54
Ione Sodio	(meq/100 g)	0.38	0.71	0.05	0.16	0.27
Ione Potassio	(meq/100 g)	0.13	0.29	0.13	0.19	0.10
Somma basi di scambio	(meq/100 g)	2.61	3.59	0.83	2.74	4.03
C.S.C.	(meq/100 g)	11.53	8.73	8.23	9.61	9.03
G.S.B.	(%)	23	41	10	29	45
Acidità di scambio	(meq/100 g)	8.92	5.14	7.40	6.86	5.01
Classificazione		Soil Taxonomy (2006) <i>Psammentic Palexeralfs</i> WRB (2006) <i>Haplic Hyperalbic Arenosol (Dystric)</i>				

Inoltre, si riportano i risultati della determinazione della densità apparente dei singoli orizzonti. I singoli campioni di terreno sono stati prelevati in corrispondenza della parte centrale di ogni orizzonte.

Orizzonte	Densità apparente (g cm ⁻³)
Ap2	1,54 ± 0,015
Bt1	1,56 ± 0,048
Bt2	1,74 ± 0,014
E	1,55 ± 0,003

3 Caratterizzazione agronomica dei sistemi colturali (attività 5)

3.1 Berchidda

Nell'ambito dell'area di studio Berchidda e della medesima tessella di riferimento, sono state individuate differenti tipologie di uso del suolo ed in particolare, rispettivamente con livello

crescente di intensivizzazione dell'attività agricola: sughereta, vigneto abbandonato, pascolo, erbaio vigneto inerbito e vigneto lavorato. Per ciascuna tipologia di uso del suolo è stata inoltre determinata la sua incidenza in termini di percentuale di superficie interessata nell'ambito del bacino oggetto di studio.

Secondo il criterio della rappresentatività ed in relazione alle caratteristiche pedologiche, vegetazionali e di gestione, è stato individuato un campo sperimentale per ciascuna tipologia di uso suolo. Sui 6 campi sperimentali è stata avviata la caratterizzazione agronomica condotta nel corso del primo anno di attività del progetto.

La prima fase ha previsto la conduzione di numerose interviste, progressivamente caratterizzate da un livello di approfondimento crescente. Attraverso il contatto diretto con i proprietari e/o conduttori, è stato possibile acquisire informazioni storiche relative alla gestione delle superfici, oltre che dati preziosi relativi alla gestione presente, quali ad esempio il carico di bestiame, il piano di concimazione adottato nell'annata 2006/07 etc.

Si riporta di seguito, per i diversi campi sperimentali, il numero di anni in cui la gestione si è mantenuta invariata:

- sughereta: >30 anni;
- pascolo: >30 anni;
- erbaio: 30 anni;
- vigneto inerbito: 22 anni;
- vigneto lavorato: 13 anni;
- vigneto abbandonato: impiantato tra il 1943 e il 1951. Abbandonato nel 1976 (31 anni).

Obiettivo finale della caratterizzazione agronomica dei sistemi colturali è quello del monitoraggio della dinamica del carbonio attraverso la calibrazione di modelli di simulazione. In particolare, in accordo con l'unità di ricerca 3, è stato individuato il modello di simulazione WinEPIC e pertanto, l'attività della unità di ricerca 2 è stata da subito orientata alla determinazione delle variabili necessarie per la calibrazione del modello prescelto.

In accordo con l'unità di ricerca 3, sono state identificate le variabili maggiormente sensibili, in grado cioè di influenzare significativamente i risultati delle simulazione in relazione a loro variazioni anche di modesta entità.

L'attività è stata condotta secondo una precisa scala temporale, concordemente alle diverse fasi fenologiche e agronomiche delle colture. Tali informazioni sono state inserite in un archivio informatizzato utile per la validazione del modello di simulazione individuato in accordo con l'UO 3.

All'interno di ciascun campo sperimentale sono state individuate numerose aree da impiegare per il campionamento entro tipologia di uso suolo, secondo il modello statistico del sottocampionamento. In particolare, nel campo sperimentale relativo al pascolo si è resa necessaria la costruzione di 3 recinti per l'esclusione degli animali dal pascolamento, al fine di disporre della copertura vegetale naturale in condizioni indisturbate anche nella primavera inoltrata.

Nel corso del primo anno di attività, sono state rilevate e/o monitorate le seguenti variabili:

- presenza di residui colturali sfalciati;
- presenza di residui colturali non sfalciati;
- presenza di biomassa verde;
- densità piante in asciutto;
- densità piante in irriguo;
- frazione della stagione di crescita in cui il LAI inizia a diminuire;
- altezza massima della coltura;
- LAI massimo;
- frazione di acqua nel foraggio;

- frazione di acqua nella granella;
- Harvest Index (HI);
- efficienza di rimescolamento delle lavorazioni (stimato);
- profondità di lavorazione;
- dose di concime;
- frazione di azoto minerale;
- frazione di fosforo minerale;
- frazione di potassio scambiabile;
- frazione di azoto organico;
- frazione di fosforo organico;
- frazione di ammonio.

L'acquisizione dei dati relativi alle caratteristiche fisico-chimiche del suolo, all'avvicendamento colturale, alle pratiche agronomiche in uso, alla produttività delle colture, al contenuto di N e C nei residui colturali e nel prodotto asportato consente la caratterizzazione dal punto di vista agronomico delle tipologie di uso del suolo, necessaria per la validazione dei modelli di simulazione.

Per ciascuna tipologia di uso del suolo si riportano di seguito le schede relative.

SCHEMA VIGNETO LAVORATO

Ubicazione: comune di Berchidda

Coordinate: 32T 525394 4519336 (sistema di riferimento: UTM 32)

Altitudine: 275 m s.l.m.

Superficie: 0,98 ha

Anno di impianto: 1994

Vitigno: Vermentino

Forma di allevamento: guyot, in cui vengono lasciate in media 5 -7 gemme per pianta.

Sesto di impianto: 2,5 x 1,3 m (3076 piante/ha).

Lavorazioni: eseguite dal 1994.

Tipo di lavorazioni: fresatura e lavorazioni mediante tiller eseguite dopo la potatura (fine febbraio) inoltre, viene effettuata una seconda fresatura nel periodo maggio/giugno e una eventuale terza lavorazione in luglio/agosto. Scalzatura (un solo intervento per anno, nel periodo marzo/aprile).

Potatura: intervento manuale verso la fine di gennaio o primi di febbraio. Inoltre, sono eseguite operazioni di potatura verde sia meccaniche che manuali. I residui di potatura sono allontanati dal campo.

Concimazione: eseguita da cinque anni. Il fertilizzante utilizzato è un concime per l'agricoltura biologica: "Fertil" (12,5 % di N organico, 40% di C organico, 70% di S.O., pH: 4 e rapporto C/N: 3,2). **Quantità e tempi di somministrazione:** 5 q/ha distribuiti alla fine di gennaio (dopo il pascolamento con ovini).

Irrigazione: non condotta

Trattamenti fitosanitari: zolfo ramato 5%, in 1 -2 interventi durante l'estate e in funzione degli eventi piovosi.

Raccolta: fine settembre. La produzione media è di circa 100 q/ha.

Osservazioni fenologiche: in data 19/04/2007 è stata osservata una differenza nello stadio fenologico raggiunto dalle viti presenti nel versante a quota maggiore (stadio fenologico foglie distese – primi grappoli visibili) e la porzione di vigneto ubicata a quota inferiore (viti allo stadio apertura gemme – prime foglie distese).

Biomassa media da copertura erbacea interrata con la lavorazione: 2,34 t/ha

Altezza media della cotica con sward-stick: 3,51 cm

Composizione cotico erboso (specie più abbondanti):

- *Spergula arvensis* L.
- *Poa annua* L.
- *Crisantemum segetum* (L.) Cass.
- *Lamium amplexicaule* L., *Echium vulgare* L'Her, *Cerastium glomeratum* Thuill

Biomassa media da sarmenti (asportata con la potatura): 1,26 t/ha di sostanza secca.

NOTE: occasionalmente si possono verificare danni da gelo e raramente danni da grandine.

SCHEDA VIGNETO INERBITO (inerbimento naturale)

Ubicazione: comune di Berchidda

Coordinate: 32T 524669 4518989 (sistema di riferimento: UTM 32)

Altitudine: 286 m s.l.m.

Superficie: 3,4 ha

Anno di impianto: parte sud: 1991; parte nord: 1985.

Vitigno: Vermentino

Sesto di impianto: 2,5 x 1 m. (densità d'investimento: 4000 piante/ha).

Forma di allevamento: spalliera, in cui vengono lasciate in media 15 - 20 gemme per pianta.

Lavorazioni: non condotte.

Potatura: intervento manuale verso la fine di gennaio (in alcuni annate precedenti è stata eseguita a marzo). Operazione di potatura verde: manuale in maggio/giugno. I residui di potatura vengono sistematicamente trinciati e lasciati in campo.

Concimazione: Nelle annate precedenti il piano di concimazione prevedeva la distribuzione di 2,5 q/ha di concime ternario con titolo 11-22-16. Nell'annata in corso è stato effettuato un intervento in pre-fioritura, distribuendo un concime ternario con titolo 24 - 6 - 12 alla dose di 5 q/ha in concimazione fogliare. In totale sono stati distribuiti 120 Kg ha⁻¹ di N e 30 kg ha⁻¹ di P2O5.

Irrigazione: E' condotta attraverso l'impiego di un impianto per irrigazione a distribuzione localizzata (goccia). **Volumi stagionali e turno irriguo:** sono estremamente variabili in funzione dell'andamento meteorologico dell'annata. Sono calcolati con l'obiettivo di evitare periodi di stress idrico alle piante allevate.

Trattamenti fitosanitari: vengono utilizzati prodotti sistemici contro l'oidio (trattamenti effettuati anche ogni 15 giorni). Inoltre, vengono condotti: 1) trattamenti (1-2 trattamenti ai primi di maggio) a base di Mancozeb contro l'escoriosi e 2) trattamenti a base di Ridomil, rame e zolfo, a partire dalla fioritura, con controllo a cadenza bisettimanale ed esecuzione del trattamento solo se necessario.

Raccolta: fine settembre. La produzione media è di circa 100 q/ha.

Osservazioni fenologiche: in data 19/04/2007 le viti si trovavano nello stadio fenologico tra apertura gemme e foglie distese.

Biomassa media interrata da copertura erbacea: 3,51 t/ha

Altezza media con sward-stick: 20,4 cm

Altezza media erbometro: 12,5 cm

Composizione cotico erboso (specie più abbondanti):

- *Geranium molle* L.
- *Hordeum leporinum* Link
- *Medicago arabica* Hudson
- *Medicago polymorpha* L.
- *Trifolium nigrescens* Viv
- *Avena barbata* Potter

Biomassa media da sarmenti (potatura) trinciata e lasciata in campo: 1,52 t /ha di sostanza secca.

AZIENDA ZOOTECNICA

Superficie complessiva: 61,5 ha suddivisi in 18 appezzamenti.

Capi di bestiame presenti: 226 pecore in lattazione (produzione media: 1,25 l di latte per capo);
39 saccaie;
61 agnelle in allevamento;
7 arieti;
5 vacche.

SCHEDA PASCOLO

Ubicazione: comune di Berchidda

Coordinate: 32T 524765 4518635 (sistema di riferimento: UTM 32)

Altitudine: 285 m s.l.m.

Superficie: 11 ha

Età: > 30 anni

Utilizzo: ovini da latte. Il carico medio istantaneo è pari a 170 capi sull'intera superficie.

Gestione del pascolo: il pascolo è suddiviso in settori. Il terreno è stato arato e seminato per tre annate consecutive. Il pascolamento avviene tre volte all'anno. Lo sfalcio viene eseguito solamente quando viene effettuata la semina (in questi ultimi tre anni non è stato effettuato).

Concimazione: Sì, a base di solfato di potassio. **Tempi e dosi:** un intervento all'anno in copertura a metà gennaio, distribuendo il fertilizzante alla dose di 1 q/ha.

SCHEDA ERBAIO

Ubicazione: comune di Berchidda

Coordinate: 32T 524412 4518520 (sistema di riferimento: UTM 32)

Altitudine: 300 m s.l.m.

Superficie: 6 ha

Specie presenti: *Avena sativa* L., *Lolium multiflorum* Lam., , *Trifolium michelianum* Savi.

Utilizzo: SI, con ovini e bovini. Il carico medio relativo alla specie ovina è pari a 170 capi adulti.

Gestione delle lavorazioni e semina:

- Aratura mediante aratro a dischi;
- Epoca di semina semina ottobre;
- Semina dell'avena alla dose di 1 q/ha;
- Concimazione con concime binario avente titolo 18-46 alla dose di 2 q/ha;
- Erpicatura mediante erpice a catena (2-3 passaggi in croce);
- Semina del loglio e del trifoglio, in miscuglio con dose di seme pari rispettivamente a: 30 kg/ha e 25/ kg/ha;
- Erpicatura mediante erpice a catena (2-3 passaggi in croce).

Concimazione: SI, concime binario avente titolo 18-46. **Tempi e dosi:** alla semina, in dose di 2 q/ha. In totale sono stati distribuiti 36 kg ha⁻¹ di N e 92 kg ha⁻¹ di P₂O₅.

Gestione del pascolamento: pascolamento effettuato a partire dal mese di dicembre e fino al 20 marzo per 2,5 ore al giorno. Integrazioni della razione alimentare mediante mangimi in quantità di 250 g/capo durante la mungitura.

Biomassa media asportata con lo sfalcio: 6,8 t/ha;

Altezza media con sward stick (avena): 79,4;

Altezza media con sward stick (loglio): 65,3;

Altezza media con sward stick (trifoglio): 35,3.

SCHEMA SUGHERETA

Ubicazione: comune di Berchidda

Coordinate: 32T 524611 4519000 (sistema di riferimento: UTM 32)

Altitudine: 300 m s.l.m.

Superficie: 15 ha

Età: gestito da 30 anni.

Specie presenti: copertura erbacea rappresentata in prevalenza da avena, loglio, trifoglio, orzo (da tre anni non viene effettuata la semina).

Utilizzo: pascolamento con bovini da carne. Il carico istantaneo è di 20 – 25 capi su tutta la superficie (il pascolamento viene effettuato per circa 30 giorni all'anno).

Gestione del pascolamento: la gestione del pascolo varia in funzione dell'andamento meteorologico. L'aratura viene eseguita solamente prima della semina (il terreno non viene arato da tre anni).

Concimazione: SI, fosfato biammonico. **Tempi e dosi:** 1 q/ha solo in corrispondenza dell'aratura. In totale sono stati distribuiti 18 kg ha⁻¹ di N e 46 kg ha⁻¹ di P₂O₅.

SCHEDA VIGNETO ABBANDONATO

Ubicazione: comune di Berchidda

Coordinate: 32T 523965 4518876 (sistema di riferimento: UTM 32)

Altitudine: 340 m s.l.m.

Impianto: nel 1951 nella parte a monte. La parte a valle, zona dove attualmente è presente l'Elicriso, è stata impiantata prima della seconda guerra mondiale.

Vitigno: Vernaccia, mentre nella parte dove ora c'è l'Elicriso era presente il vitigno Nuragus.

Sesto d'impianto: 1,50-1,80 m tra le file e 1 m sulla fila.

Forma di allevamento: alberello;

Gestione: dal 1975-'76 è stata abbandonata la parte a monte e qualche anno dopo anche la parte a valle. Prima dell'espianto la gestione prevedeva: aratura annuale con aratro trainato da buoi (dic-gen); pulizia dalle infestanti alla base delle viti e rincalzatura a giugno; potatura a 2-3 gemme, concimazione: zolfo + solfato di rame;

Prima dell'impianto del vigneto il terreno presentava una fitta copertura di cisto. La gestione consisteva in una pulizia occasionale alla quale seguiva la utilizzazione della vegetazione spontanea attraverso il pascolamento. Erano inoltre presenti alcuni alberi di mandorlo e pero.

3.2 Arborea

Il sistema foraggero sul quale è stata effettuata una preliminare calibrazione del modello EPIC è un ciclo di erbai tipicamente diffuso in allevamenti intensivi di bovini da latte ad alta produzione. Nello specifico, si tratta di un erbaio autunno-primaverile (loiessa) in successione ad un erbaio primaverile-estivo (mais). Questo sistema è in grado di fornire un valore di UF molto elevato apportando nel contempo un quantitativo di "fibra lunga" necessario all'alimentazione dell'animale.

3.2.1 Erbaio di mais

L'azienda zootecnica rappresentativa, presso la quale sono state condotte le prove coltiva silomais in successione alla loiessa. Vengono impiegati due ibridi appartenenti alle classi F.A.O. di maturità 600 e 700, il cui nome commerciale è rispettivamente Varenne e Calcio.

Tecnica colturale dell'erbaio di mais

Preparazione del terreno: la preparazione del terreno per la semina del mais si basa su una lavorazione profonda, di rinnovo, per consentire un ampio e profondo sviluppo dell'apparato radicale. Viene eseguita una lavorazione preparatoria principale, con aratro trivomere nel periodo che segue la raccolta del fieno di loiessa, ad una profondità compresa tra 0.35-0.40 m, durante la quale si interra il liquame precedentemente distribuito. All'aratura segue una lavorazione complementare che permette di affinare la preparazione del letto di semina: una erpicatura con erpice rotante avente una larghezza di lavorazione di 3 m.

Concimazione: il mais, essendo una coltura che svolge il proprio ciclo nel periodo primaverile-estivo, si avvantaggia enormemente della concimazione organica, in quanto il processo di mineralizzazione della sostanza organica procede di pari passo con le esigenze nutritive della coltura. La distribuzione di liquame è alla base della concimazione del silomais. Prima di eseguire le lavorazioni, si distribuiscono 600 q ha⁻¹ di liquame maturo (5 mesi di stoccaggio) che vengono interrati con l'aratura.

Oltre alla concimazione organica viene eseguita anche la concimazione minerale che può essere distinta a sua volta in una concimazione di fondo e una di copertura.

La concimazione di fondo prevede l'impiego di un concime binario a lenta cessione, un 25-15-00 (nome commerciale: Entec) in dose di 600 kg ha⁻¹ ed inoltre viene effettuata una integrazione potassica con 200 kg ha⁻¹ di solfato potassico. Entrambi i concimi vengono interrati con l'erpicatura.

La concimazione di copertura è basata sull'impiego di azoto sottoforma di urea, in quantità pari a 150 kg ha⁻¹ distribuiti circa un mese dopo la semina.

Concimazione organica	Liquame	600 q ha ⁻¹
Concimazione minerale di fondo	25-15-00	600 kg ha ⁻¹
	solfato potassico	200 kg ha ⁻¹
Concimazione minerale di copertura	Urea	150 kg ha ⁻¹

Piano di concimazione per silomais considerando una produzione di 550-600 q ha⁻¹.

Semina: l'epoca di semina del mais ceroso si colloca a metà maggio, dopo la raccolta della coltura precedente.

Condizione importantissima ai fini di una buona produzione è che la fittezza sia giusta e regolare; poiché il mais non presenta culmi di accostamento l'investimento ottimale va perseguito con il giusto numero di piante per m². Nel silomais la densità di semina è sempre superiore di 1-2 piante per m² rispetto alla coltura da granella; nel caso specifico viene impiegato un numero di semi che varia da 62.000 a 75.000/ha a seconda che si impieghi un ibrido di classe 600 o 700. La semina viene effettuata mediante una seminatrice pneumatica a 6 file con interrimento del seme a 4 cm di profondità; le distanze di semina adottate sono normalmente 0.75m tra le file e 0.19-0.21m sulla fila.

Irrigazione: poiché la coltura ha una elevata potenzialità produttiva, espressa in un periodo molto breve e normalmente poco piovoso, la disponibilità idrica risulta uno dei fattori limitanti la produzione. L'effetto negativo dello stress idrico sulla resa della coltura è più accentuato durante la fioritura e l'ingrossamento delle cariossidi; il periodo critico per la coltura del mais nei confronti della disponibilità idrica inizia 10-15 giorni prima della fioritura e si protrae fino a fecondazione avvenuta, ma la pianta è molto sensibile alla carenza idrica, con intensità decrescente fin quasi alla maturazione cerosa delle cariossidi.

Il metodo di irrigazione impiegato nell'azienda studio è l'irrigazione a pioggia; si interviene a cadenza settimanale con dosi crescenti di acqua distribuita, da un minimo di 210 m³ ha⁻¹ ad un massimo, nel mese più caldo, di 700 m³ ha⁻¹. In prossimità della raccolta (circa 10 giorni prima) si sospende l'irrigazione per consentire un agevole passaggio delle macchine per la raccolta.

I volumi di adacquamento consigliati sono tendenzialmente alti, soprattutto per gli interventi nei mesi più caldi, quando i consumi idrici della coltura sono più elevati.

Raccolta: la raccolta viene eseguita con macchine falcia-trincia-caricatrici, in grado di tagliare il mais all'altezza desiderata e di schiacciare la cariosside. La raccolta viene effettuata nei primi 20 giorni di settembre, a seconda di quando è avvenuta la semina. Le produzioni medie si aggirano sui 550-600 q ha⁻¹ di massa insilata, valore soggetto a variazioni dipendenti in particolare dall'andamento meteorologico dell'annata.

Silomais: campagna 2006 dati rilevati su 154 campioni		
	T. Q.	S. S.
S.S.	31,85	100
P.G.	2,42	7,6
E.E.	1,11	3,49
Ceneri	1,42	4,88
NDF	14,59	45,95
NSC	12,3	38,45
ADF	8,38	26,45
Amido	8,29	25,87
Amido + zuccheri	10,22	31,88
pH	1,19	3,74
Azoto: N ammoniacale	2,33	7,37
Mannitolo	0,14	0,43
Etanolo	0,19	0,62
Acido lattico	1,55	4,89
Acido acetico	0,75	2,4
Acido propionico	0,24	0,77
Acido butirrico	0,029	0,092

Tabella riassuntiva delle analisi chimiche effettuate sul trinciato di mais insilato.

3.2.2 Erbaio di loglio italico

Il loglio italico o loiessa (*Lolium multiflorum* Lam) è una graminacea esclusivamente foraggera, dotata di grande adattabilità. In primavera, grazie alle condizioni climatiche favorevoli, cresce rapidamente e può essere impiegata per foraggiamento verde, per affinamento o per insilamento. La loiessa è certamente tra le graminacee microterme quella a crescita più rapida e a produttività più alta di tutte, per questo motivo ha avuto una rapidissima espansione soprattutto nelle aree in cui è diffuso l'allevamento intensivo di bovini da latte, dove tende a sostituire i prati. In ambiente irriguo, la loiessa si presta a formare con il mais un sistema foraggero di altissima produttività: erbaio di loiessa seminato in ottobre e utilizzato con il taglio maggengo, seguito immediatamente da un erbaio di mais. In questo modo è possibile superare, sia pure ad un alto costo in termini di energia per le concimazioni azotate e per l'irrigazione, le 15.000UF/ha come produzione complessiva delle due colture (indicativamente 6.000 per la loiessa e 9.000 per il mais). Come già citato, l'azienda zootecnica di riferimento si avvale del sistema foraggero mais-loglio italico; nel caso del loglio, viene impiegato un miscuglio di sementi definito "miscuglio Zan" costituito da quattro varietà (vedi tabella) ed avente una germinabilità dell' 87% e una purezza del 98%.

Varietà	% misc
Loietto it.meritra	25%
Loietto it. Mowester	25%
Loietto it. Ivan	25%
Loietto it. Littorio	25%

Tabella esplicativa della composizione del miscuglio di varietà utilizzato per la semina del loglio.

Tecnica colturale dell'erbaio di loglio

Preparazione del terreno: la preparazione del terreno per la coltivazione della loiessa è molto simile a quella del mais. Viene eseguita un' aratura ad una profondità di 0.35-0.40 m con lo scopo di interrare sia il liquame distribuito in precedenza, sia i residui colturali del mais. Alla lavorazione principale segue l'erpatura molto superficiale, per affinare il letto di semina. Le lavorazioni sono eseguite in genere a partire dalla fine del mese di settembre.

Concimazione: concimazioni azotate abbondanti sono necessarie per far esprimere alla coltura tutto il suo altissimo potenziale di produzione. Anche in questo caso viene eseguita sia la concimazione organica che la concimazione minerale; la prima consiste nella distribuzione di 600 q ha⁻¹ di liquame maturo prima delle lavorazioni, la seconda consiste nella distribuzione di 350-400 kg ha⁻¹ di nitrato ammonico in copertura. Quest'ultima operazione viene eseguita utilizzando uno spandiconcime, nella seconda metà di febbraio, quando le temperature invernali divengono meno rigide.

Semina: la semina della loiessa viene eseguita a metà ottobre, utilizzando 60 kg ha⁻¹ di semente. Si effettua con seminatrice a file (17 file) che consente una distribuzione uniforme del seme in campo; la distanza tra le file è pari a 12 cm e la profondità di interrimento del seme è di 1 cm. Il motivo per il quale si impiega un quantitativo di seme così elevato è dovuto al fatto che l'azienda si pone come obiettivo l'ottenimento di una cotica erbosa il più uniforme possibile.

Irrigazione: la loiessa è una tipica coltura foraggera da erbaio autunno-primaverile perciò la sua coltivazione viene condotta in assenza di irrigazione. Gli apporti idrici naturali sono infatti sufficienti a soddisfare le esigenze idriche della coltura. Generalmente, a seconda dell'andamento climatico dell'annata, si effettuano due interventi irrigui nel mese di aprile apportando un volume di acqua pari a 350 m³ ha⁻¹ per ciascun intervento.

Raccolta: il momento migliore per la raccolta della loiessa corrisponde alla fase di spigatura o, ancor meglio, alla fase di pre-spigatura, quando i tessuti sono ancora teneri e perciò facilmente digeribili dall'animale. La raccolta viene eseguita a fine aprile-primi di maggio utilizzando una macchina falcia-condizionatrice e l'erba falciata viene lasciata in campo per circa una settimana, esposta all'irraggiamento solare affinché possa perdere il giusto quantitativo di acqua. Durante questa settimana il foraggio viene sottoposto ad alcune operazioni meccaniche (arieggiamento, rivoltamento, spandimento) con macchina voltafieno; successivamente viene raccolto e pressato in rotoballe. La fienagione rappresenta il sistema più diffuso di conservazione delle piante foraggere con stelo relativamente sottile, basato su una serie di operazioni mirate a ridurre nel più breve tempo possibile il contenuto in acqua dell'erba fino a valori tali da inibire l'attività biologica dell'erba stessa e dei microrganismi presenti in essa. Durante il periodo di permanenza in campo il foraggio subisce delle perdite in sostanze nutritive, la cui entità dipende in gran parte dalla velocità di essiccazione, che sono dovute ad una serie di fattori. Complessivamente, in condizioni normali di fienagione, le perdite rappresentano circa il 15-30 % della sostanza secca.

La produzione di fieno si aggira mediamente tra 75-80 q ha⁻¹.

3.3 La calibrazione del modello EPIC per il sistema foraggero irriguo di Arborea

Prima di procedere alla calibrazione vera e propria del modello è stato necessario inserire nel database le informazioni relative al suolo e al clima dell'area di Arborea, comune dove è situata l'azienda presso la quale sono state reperite le informazioni necessarie alla calibrazione del modello stesso.

3.3.1 Informazioni pedologiche

E' stato inserito il dato riguardante la tessitura del terreno, individuata in base ai risultati delle analisi fisiche e basandosi sulla classificazione USDA. In base a questa classificazione il suolo è stato identificato come sabbioso. È stato indicato il gruppo idrologico, il quale è correlato alla

velocità di infiltrazione dell'acqua nel terreno, determinando come il modello dovrà simulare il fenomeno del ruscellamento. Il terreno in esame, date le sue caratteristiche, è stato inserito nella classe idrologica A. I terreni appartenenti a questa classe sono caratterizzati da un ruscellamento limitato anche quando sono estremamente umidi e l'acqua si muove velocemente attraverso gli orizzonti. I suoli di questa tipologia hanno meno del 10% di argilla e più del 90% di sabbia o scheletro e tessitura sabbiosa o a scheletro prevalente (NEH, Part 630 Hydrology, 2007).

Al terreno oggetto di studio è stato attribuito un valore di albedo pari a 0,3 in accordo con la classificazione di Cecon e Borin (1995).

Inoltre, sono stati immessi i valori richiesti dal modello per ogni singolo orizzonte, determinati in buona parte dalle analisi fisico-chimiche eseguite. Alcuni dati richiesti (punto di appassimento, capacità di campo e velocità di infiltrazione dell'acqua nel terreno a saturazione) sono stati stimati attraverso l'utilizzo del modello per le caratteristiche idrologiche del terreno SPAW (Saxton e Willey, 2006). Tale modello è in grado di stimare le caratteristiche idrologiche di un terreno basandosi sulla tessitura, sul contenuto di sostanza organica, sullo scheletro e sul grado di compattazione del terreno. Al momento della realizzazione del nuovo suolo alcuni valori non noti, ma non richiesti obbligatoriamente dal modello (contenuto di azoto in forma organica, concentrazione iniziale dei nitrati e le voci relative all'elemento fosforo nel terreno), non sono stati inseriti, tali valori sono stati infatti generati direttamente da EPIC durante la simulazione.

3.3.2 Informazioni climatiche

Nel caso specifico per la calibrazione del modello è stato necessario reperire i dati meteorologici della zona di Arborea.

I dati meteorologici sono stati forniti dal Servizio Agrometeorologico Regionale della Sardegna e integrati con altri dati forniti dal Consorzio di Bonifica di Marrubiu. In questo modo è stata creata una breve serie storica di 13 anni coprendo il periodo che va dal 1995 ad oggi.

Le informazioni meteorologiche richieste da EPIC in formato giornaliero sono:

- radiazione netta (MJ);
- temperatura massima (°C);
- temperatura minima (°C);
- pioggia (mm);
- umidità relativa (%);
- velocità del vento (m/s).

3.3.3 Sistema colturale

Per la simulazione è stato creato un sistema colturale basato sulle tecniche agronomiche realmente adottate nell'azienda di riferimento, modificando alcuni valori presenti nel database con i valori direttamente rilevati in campo.

Le operazioni inserite per simulare il sistema gestionale adottato sono state:

- spargimento di liquami: è stato specificato sia la quantità (kg/ha) che il momento di ogni distribuzione. Inoltre sono stati modificati i valori relativi alla composizione chimica in base ai risultati delle analisi effettuate dall'ERSAT di Arborea;

Risultati analisi chimiche su liquame maturo (5 mesi di stoccaggio)	
Elemento	Contenuto (‰)
Azoto	3,2
Fosforo	1,8
Potassio	3,9

- aratura: è stato specificato il tipo di aratro utilizzato e il giorno in cui tale operazione è stata eseguita. L'aratura, nell'azienda considerata, viene eseguita ad una profondità di 35 cm. In base a questo dato è stata modificato il valore di default per tale operazione;
- affinamento del letto di semina: anche per questa operazione è stato indicato il tipo di macchina utilizzata (erpice rotante) e il momento in cui viene eseguita l'operazione;
- semina: oltre al momento in cui viene eseguita è stato indicato il quantitativo di seme impiegato (kg/ha).
Questo valore è stato inserito anche nella scheda "*Crop Data*" andando a modificare il valore di base presente nel database. Inoltre, esclusivamente per la coltura del loglio, dato che EPIC non è in grado di simulare l'accestimento sempre nella finestra "*Crop/Data*" è stato inserito il numero di piante presenti per ettaro considerando ogni culmo come una pianta. Questo valore è stato rilevato direttamente in campo utilizzando un quadrato metallico avente superficie di 1/16 di m² e contando i culmi presenti all'intero dell'area da esso delimitata. Il valore individuato è stato di circa 1700 steli per m², inserendo quindi una densità di circa 17000000 piante per ettaro;
- concimazione: dal database di EPIC sono stati selezionati i concimi utilizzati all'interno dell'azienda per entrambe le colture. Solo per il mais è stato necessario modificare il titolo di un concime binario già presente in base al titolo del concime realmente impiegato;
- irrigazione: poiché il metodo irriguo utilizzato era già stato specificato in precedenza, in questa fase è stato specificato solamente il giorno di ogni singola adacquata e la quantità distribuita;
- raccolta: è stata specificata esclusivamente la data dell'operazione;
- funzione "*kill*": operazione necessaria per far sì che il modello arresti in modo definitivo lo sviluppo della coltura dopo la raccolta.

Per arrivare alla calibrazione del modello è stata necessaria la modifica di alcuni parametri relativi alle colture. Tali valori, sia per il loglio che per il mais, sono stati:

- altezza massima raggiunta dalla pianta. Per il loglio è stato inserito il valore di 1,0 metri mentre per il mais è stato impostato il valore medio di 3,3 metri. Tali valori sono stati ottenuti misurando l'altezza di 50 culmi di loglio e 50 stocchi di mais poco prima del loro sfalcio e trinciatura;
- valore del "*Leaf Area Index*" massimo della coltura. Il valore massimo di LAI per il loglio è stato misurato direttamente in campo tramite un rilievo distruttivo eseguito al momento di massimo LAI della coltura. Questo è stato individuato tramite il monitoraggio continuo del valore di LAI della coltura attraverso la misura del LAI di piccoli campioni prelevati durante la stagione di massimo sviluppo della coltura. Il rilievo per la determinazione del LAI massimo è stato effettuato nella prima decade di aprile e il valore misurato, tramite l'utilizzo di un planimetro, è stato pari a 4,5; tale valore è stato quindi inserito alla voce "*Maximu Leaf Area index*" della coltura. Per il mais il valore di LAI massimo è stato ottenuto su base bibliografica (Baldoni e Giardini, 2000) e per tale parametro è stato inserito il valore di 4,5;
- "*plant population*": ovvero il numero di piante presenti per unità di superficie (ha). Oltre che per il loglio (come già illustrato precedentemente) questo parametro è stato modificato anche per la coltivazione del mais inserendo una popolazione di 60000 piante per ettaro;
- quantitativo di seme impiegato: per il loglio è stato posto il valore di 60 kg/ha mentre per il mais 18 kg/ha. Entrambe i valori rispecchiano i quantitativi di seme realmente utilizzati nell'azienda di Arborea sulla quale si vuole calibrare il modello.

Altri parametri calibrati sono stati:

- 1) ROOT GROWTH-SOIL STRENGTH. Utilizzato per valutare lo stress radicale causato dalla tenacità del terreno (valori bassi = maggiore stress). Il valore impostato (2) è stato suggerito dai ricercatori del Blackland Research Center (sviluppatori del modello EPIC) in occasione di un workshop tenutosi presso la sede del centro (Temple, Texas).
- 2) DENITRIFICATION RATE CONSTANT. Controlla la velocità di denitrificazione. Il valore impostato (0,1) è stato suggerito, viste le caratteristiche del terreno, dai ricercatori del Blackland Research Center.
- 3) WINTER DORMANCY. Simula la dormienza nelle specie con accrescimento nel periodo invernale bloccando lo sviluppo quando il numero di ore di luce è inferiore al numero di ore di luce del giorno più breve più il valore del Parm6. Trattandosi di una specie annuale non si riscontra il fenomeno della dormienza durante il periodo invernale.
- 4) CRACK FLOW COEF. Infiltrazione dell'acqua dovuta alla crepacciatura del terreno. Dato che nel terreno considerato il fenomeno del crepacciamento è assente è stato impostato il valore 0 in accordo con quanto suggerito dai ricercatori del Blackland Research Center.
- 5) FRACTION OF MATURITY AT SPRING GROWTH INITIATION. Azzera l'indice delle unità termiche quando la coltura supera il mese più freddo. Il valore (0,52) è stato ottenuto calcolando la percentuale di unità termiche che la coltura deve accumulare dal mese successivo a quello più freddo sino al momento della raccolta rispetto alle unità termiche potenzialmente accumulabili dalla stessa nel periodo che va dalla semina sino alla raccolta.
- 6) MAXIMUM DEPTH FOR BIOLOGICAL MIXING. Espressa in metri, influenzata dalla profondità di lavorazione. Valore (0,35) derivante dalla massima profondità raggiunta dalle lavorazioni.
- 7) FRACTION OF ABOVE GROUND PLANT MATERIAL BURNED. Parte dei residui colturali eventualmente bruciati. Dato che nell'azienda considerata i residui colturali non vengono bruciati è stato impostato il valore 0.
- 8) WEIGHTING FACTOR FOR ESTIMATING SOIL EVAPORATION. Regola la perdita di acqua dal terreno in funzione dell'evaporazione e della risalita capillare dagli orizzonti più profondi ai più superficiali. Viste le caratteristiche del terreno e in accordo con quanto consigliato dai ricercatori del Blackland Research Center è stato impostato il valore 0. In questo modo viene impostato il blocco della risalita capillare dell'acqua nel terreno riducendo quindi le perdite per evaporazione.

Per le simulazioni necessarie alla preliminare calibrazione del modello è stato creato un “*Control Table*” denominato “Arborea” nel quale sono stati modificati i seguenti valori di default:

- la durata della simulazione espressa in anni;
- l'anno di inizio della simulazione;
- la concentrazione dell'anidride carbonica nell'atmosfera all'inizio della simulazione (fonte IPCC, 2001);
- la concentrazione di nitrati e dei sali nell'acqua di irrigazione sulla base dei risultati ottenuti dalle analisi chimiche delle acque.

3.3.4 Simulazioni per la calibrazione del modello

La prima simulazione è stata effettuata considerando le condizioni di gestione ordinaria del sistema colturale ed è stata utilizzata per verificare la calibrazione del modello attraverso la sua validazione. Per la calibrazione è stata considerata la produzione media ottenuta nell'azienda nelle differenti annate (1995 – 2007), e questa è stata messa a confronto con le produzioni annuali stimate tramite la simulazione e con la media derivante da tali valori. Tale procedura è stata seguita sia per l'erbaio di mais che per quello di loglio.

Nell'azienda per la quale è stata effettuata la calibrazione del modello le produzioni medie registrate sono di:

- 6.66 t/ha di sostanza secca per il loglio;
- 17.05 t/ha di sostanza secca per il mais.

Tali valori derivano da una produzione di 7,5 – 8,0 t/ha di fieno di loglio avente un contenuto di umidità del 14% e una produzione di circa 55 t/ha di trinciato di mais avente un contenuto di sostanza secca di circa 31% al momento della raccolta.

Nel confronto tra dati osservati e dati derivanti dalla simulazione, per entrambe le colture, l'analisi della varianza non ha mostrato differenze statisticamente significative tra le medie.

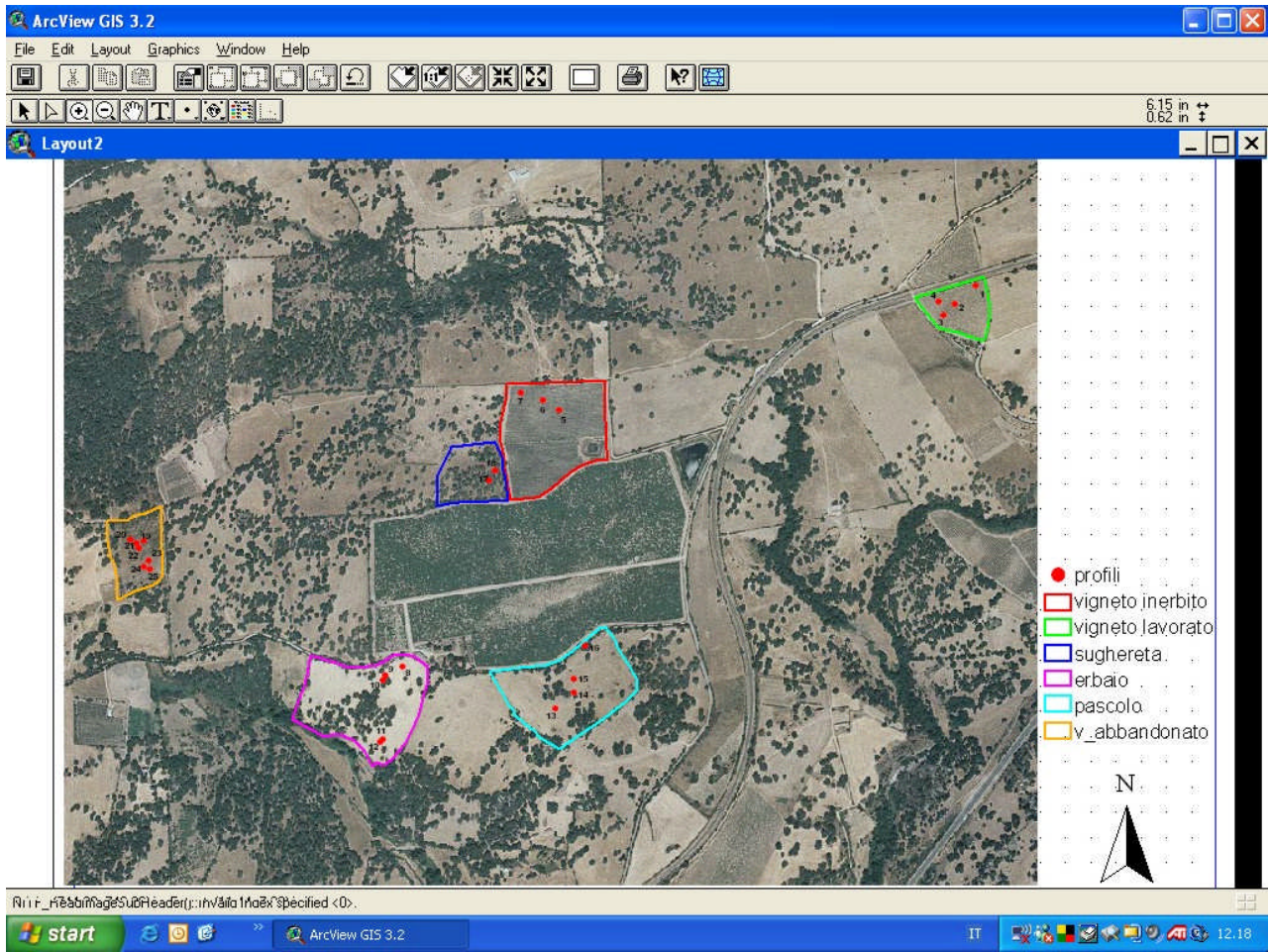
4. Implementazione di un data base georeferenziato (attività 6)

Nell'ambito delle attività condotte con l'obiettivo di implementare un data base georeferenziato relativo all'area di studio, è stata avviata la raccolta dei dati e in particolare, sono state avviate le attività finalizzate alla determinazione della incidenza delle diverse tipologie di uso del territorio considerate (sugherete, pascoli, erbai e vigneti).

È stata reperita la cartografia digitale attuale nonché le ortofoto relative agli anni 1955 e 1977, utili sia per l'individuazione delle serie di vegetazione che per la ricostruzione dell'uso del territorio, indispensabile per l'interpretazione dei processi evolutivi attualmente in atto.

L'U.O. 2, in stretta collaborazione con le altre U.O., ed in particolare la U.O. 3, contribuirà alla implementazione di un sistema informativo geografico (GIS) relativo a due casi di studio scelti nelle aree identificate nell'ambito dell'attività 4.

L'U.O. 2 prevede di utilizzare il GIS messo a punto dall'U.O. 3 con i dati forniti da tutte le U.O., per la quantificazione dei principali processi del ciclo del C e dell'N a livello territoriale e per la simulazione dei processi oggetto di studio in relazione a futuri scenari climatici. Attraverso il GIS e il modello di simulazione, in collaborazione con l'U.O. 3, verranno realizzate delle mappe tematiche e sarà possibile effettuare una quantificazione a livello territoriale dei processi che controllano il ciclo del carbonio nel suolo in rapporto ai fattori climatici e all'uso del suolo.



5. Bibliografia

Geopedologia

- U. S. Dept. of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 1999 - Soil Taxonomy. Agriculture Handbook n. 436, 2nd ed., Washington D.C.
- U. S. Dept. of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 2006 – Keys to Soil Taxonomy. 10th ed., Washington D.C.
- FAO, ISSS, ISRIC, 2006 - World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resource Report n. 103, Roma

Botanica

Barca S., Carmignani L., Oggiano G., Pertusati P.C., Salvatori I., 1996. Carta Geologica della Sardegna, Servizio Geologico Nazionale, Carmignani L. (ed.). Litografia Artistica Cartografica, Firenze.

Blasi, C., Carranza M.L., Frondoni R., Rosati L., 2000. Ecosystem classification and mapping: a proposal for Italian landscapes. *Applied Vegetation Science* 3: 233-242.

Braun-Blanquet J., 1951. *Pflanzensoziologie. Grundzüge der vegetationnskunde*. Springer-Verlag, Wien.

Bray, J.R. & J.T. Curtis, 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* 27: 325-349.

Daget Ph. e Poissonet T., 1969 - *Analyse phytologique des prairies*. INRA, Montpellier Document, 48:1-66.

Gehu J.-M., Rivas-Martinez S., 1981. Notions fondamentales de phytosociologie. *Ber. Int. Simp. Int. Vereinigung Vegetationsk.* 5-33.

Greuter W., Burdet H. M., Long G., 1984-89. *Med-Checklist, voll.I-IV*. Genève, Suisse.
Pignatti S., 1982. *Flora d'Italia. Voll. I-III*. Edagricole, Bologna.

Rivas-Martínez, 1976. *Sinfitosociologia, una nueva metodología para el estudio del paisaje vegetal*. *Ann. Inst. Bot. Cavillanes*, 33:179-188.

Rivas-Martínez S., Diaz T.E., Fernández-Gonzalez F., Izco J., Loidi J., Lousã M., Penas A., 2002. *Vascular plant communities of Spain and Portugal*. *Itinera Geobotanica*, 15 (2): 433-922.

Rivas-Martínez S. & Rivas y Sáenz S., 2007 - <http://www.globalbioclimatics.org/>

Tutin T.G., Burges N.A., Chater A.O., Edmondson J.R., Heywood V.H., Moore D.M., Valentine

D.H., Walters S.M., Webb D.A. (eds.), 1993. *Flora Europaea 2nd Edition, vol. I*. University Press, Cambridge, UK.

Tutin T.G., Heywood V.H., Burges N.A., Moore D.M., Valentine D.H., Walters S.M., Webb D.A. (eds.), 1964-1980. *Flora Europaea voll. I-V*. University Press, Cambridge, UK.

Valdés B., Talavera S., Fernández-Galiano E. (eds.), 1987. Flora Vasculare de Andalucía Occidental, voll. I-III. Ketres Editoria S.A., Barcelona, España.

Agronomia e sistemi colturali

Brown R. A., Rosenberg N. J.; 1997. Sensitivity of crop yield and water use to change in a range of climatic factors and CO₂ concentrations: a simulation study applying EPIC to the central USA. *Agricultural and Forest Meteorology*, 83, pagg 171-203.

Causarano H. J., Shaw J. N., Franzluebbers A. J., Reeves D. W., Raper R. L., Balkcom K. S., Norfleet M. L., Izaurralde R. C.; 2007. Simulating Field-Scale Soil Organic Carbon Dynamics Using EPIC. *Soil Science Society of America Journal*, 71, pagg 1174-1185.

Doraiswamy P.C., McCarty G.W., Hunt Jr. E.R., Yost R.S., Doumbia M., Franzluebbers A.J.; 2007. Modeling soil carbon sequestration in agricultural lands of Mali. *Agricultural Systems*, 94, pagg 63-74.

Izaurralde R. C., Williams J. R., McGill W., Rosenberg N.J.; 2001. Simulating Soil Carbon Dynamics, Erosion and Tillage with EPIC. Lavoro presentato al “First National Conference on Carbon Sequestration” organizzato dal “U.S. Department of Energy— National Energy Technology Laboratory” Laboratory, Washington, DC, dal 14 al 17 maggio 2001.

Izaurralde R.C., Williams J.R., McGill W.B., Rosenberg N.J., Quiroga Jakas M.C.; 2006. Simulating soil C dynamics with EPIC: Model description and testing against long-term data. *Ecologica Modelling*, 192, pagg 362-384.

Izaurralde R. C., Williams J., Post W., Thomson A., McGill W., Owens L.; Lal R.; 2007. Long-term modeling of soil C erosion and sequestration at the small watershed scale. *Climatic Change*, Vol. 80, N° 1-2, pagg. 73-90.

He X., Izaurralde R. C., Vanotti M. B., Williams J. R., Thomson A. M.; 2006. Simulating Long-Term and Residual Effects of Nitrogen Fertilization on Corn Yields, Soil Carbon Sequestration, and Soil Nitrogen Dynamics. *Journal of Environmental Quality*, 35, pagg 1608-1619.

Tan G., Shibasaki R.; 2003. Global estimation of crop productivity and the impact of global warming by GIS and EPIC integration. *Ecologica Modelling*, 168, pagg 357-370.

Thomson A. M., Izaurralde R. C., Rosenberg N. J., He X.; 2006. Climate change impacts on agriculture and soil carbon sequestration potential in the Huang-Hai Plain of China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114, pagg 195-209.

Agronomia e modelli

Abruna, F., Rodriguez, J., Silva S., 1982. Crop response to soil acidity factors in Ultisols and Oxisols in Puerto Rico. VI Grain sorghum. *J. Agric. Univ. P.R.* 61:28-38.

Allison M. Thomson, R. Ce´sar Izaurralde, Norman J. Rosenberg, Xiaoxia He, 2006. Climate change impacts on agriculture and soil carbon sequestration potential in the Huang-Hai Plain of China. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114 (2006) 195-209

- Backer, C.K., Gallagher, J.N., Monteith J.L., 1980. Daylength change and leaf appearance in winter wheat. *Plant, Cell Environ.* 3:285-287.
- Baldoni, R., Giardini, L., 2000. *Coltivazioni Erbacee, Cereali e Proteaginose*. Patron editore.
- Baldoni, R., Giardini, L., 2002. *Coltivazioni Erbacee, Foraggere e Tappeti erbosi*. Patron editore.
- Bonciarelli, F., 1995. *Fondamenti di agronomia generale*. Ed. Edagricole.
- Bonciarelli, F., Bonciarelli, U., 2004. *Coltivazioni erbacee*. Ed. Calderini Edagricole.
- Brenes, E., Bearson, R.W., 1973. Root responses of three Gramineae species to soil acidity in an Oxisols and an Ultisols. *Soil Sci.* 116:295-302.
- Brown, R.A., Rosenberg, N.J., 1997. Sensitivity of crop yield and water use to change in a range of climatic factors and CO₂ concentrations: a simulation study applying EPIC to the central USA. *Agricultural and Forest Meteorology* 83 (1997) 171-203.
- Ceccon, P., Borin, M., 1995. *Elementi di Agrometeorologia e Agroclimatologia*. Ed Imprimerie.
- Cole, G.W., Lyles, L., Hagen, L.J., 1982. A simulation model of daily wind erosion soil loss. 1982 ASAE Winter Meeting, Paper No. 82-2575.
- Costantini, E.A.C, Bocci, M., L'Abate, G., Fais, A., Leone, G., Loj, G., Magini, S., Napoli, R., Nino, P., Urbano, F., 2004. Mapping the state and risk of desertification in Italy by means of remote sensing, soil GIS and the EPIC model. methodology validation in the Sardinia island, Italy. *International Symposium: Evaluation and Monitoring of Desertification. Synthetic Activities for the Contribution to UNCCD*, Tsukuba, Ibaraki, Japan, February 2 2004, NIES publication.
- Doorenbos, J. e Kassam, A.H., 1979. Yield response to water. *Irrigation and drainage paper* 33. Food. Agric. Org. United Nations, Rome.
- Doraiswamy, P.C., McCarty, G.W., Hunt, E.R. Jr., Yost, R.S., Doumbia, M., Franzluebbers, A.J., 2007. *Agricultural Systems* 94 (2007) 63-74.
- Eavis B.W., 1972. Soil physical condition affecting seedling root growth. I. Mechanical impedance, aeration and, moisture availability as influenced by bulk density moisture levels in a sandy loam soil. *Plant Soil* 36:613-622.
- Foy, C.D., Lafever, H.N., Schwartz J.W., Fleming A.L., 1974. Aluminum tolerance of wheat cultivars related to region of origin. *Agron. J.* 66:751-758.
- Gerik, T.J., Harman W.L., Williams J.R., Francis, L., Greiner, J., Magre, M., Meinardus, A., Steglich, E., 2006. *Researcher's guide for WinEPIC, Verison 3.0*. Texas A&M Blackland Research Center. BRC Report No. 05-01. Temple, Texas.
- Hanks, R.J., 1983. Yield and water use relationships: an overview. Pagg 393-411. In Taylor, H.M., Jordan, W.R., Sinclair, T.R. (Eds.) *Limitation to efficient water use in crop production*, CSSA and SSSA, Madison, Wis.

- Izaurrealde, R.C., Williams, J.R., McGill, W.B., Rosenberg, N.J., Quiroga Jakas, M.C., 2007. Long-term modeling of soil C erosion and sequestration at the small watershed scale. *Climatic Change* (2007) 80:73–90.
- Izaurrealde, R.C., Williams, J.R., McGill, W.B., Rosenberg, N.J., Quiroga Jakas, M.C., 2006. Simulating soil C dynamics with EPIC: Model description and testing against long-term data. *Ecological Modelling* 192 (2006) 362–384
- Jones, C.A., Cole, C.V., Sharpley, A.N., Williams J.R., 1984. A simplified soil and plant phosphorus model, I. documentation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48(4):800-805.
- Monsi, M., Saeki T., 1953. Uber den Lichtfaktor in den pflanzengesellschaften und sein bedeutung fur die stoffproduktion. *Japan J. Bot.* 14:22-52.
- Monteith N.H. e Banath C.L., 1965. The effects of soil strength on sugarcane growth. *Trop. Agric.* 42:293-296.
- Mugwira, L.M., Patel, S.J., Fleming A.L., 1980. Aluminum effects on growth and Al, Ca, Mg, K, and P levels in triticale, wheat, and rye. *Plant Soil* 57:467-470.
- NEH (National Engineering Handbook), Part 630 Hydrology, 2007. Chapter 7: Hydrologic Soil Groups. United States Department of Agriculture.
- Nicks, A.D., 1974. Stochastic generation of the occurrence, patterns and location of maximum amount of daily rainfall. In *Proc. Symp. Statistical Hydrology*, Aug.-Sept. 1971, Tucson, AZ. U.S. Dep. Agric., Misc. Publ. No. 1275. Pagg 154-171.
- Onstad, C.A. e Foster G.R., 1975. Erosion modeling on a watershed. *Trans. ASAE* 18(2):288-292.
- Pavan, M.A., Bringham, F.T., Pratt, P.F. 1982. Toxicity of aluminum to coffee in Ultisols and Oxisols amended with CaCO_3 , MgCO_3 and $\text{CaSO}_4/2\text{H}_2\text{O}$. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46:1201-1207.
- Richardson, C.W., 1981. Stochastic simulation of daily precipitation, temperature and solar radiation. *Water Resour. Res.* 17(1) pagg, 182-190.
- Richardson, C.W. and Wright, D.A., 1984. WGEN: A model for generating daily weather variables. U.S. Dep. Agric., Agric. Res. Ser., ARS-8. Pag 83.
- Ritchie, J.T., 1972. A model for prediction evaporation from a row crop with incomplete cover. *Water Resour. Res.* 8:1204-1213.
- Saxton, K. E., Rawls, W. J., Romberger, J. S. and Papendick, R. I., 1986. Estimating generalized soil water characteristics from texture. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 50(4):1031-1036.
- Saxton, K.E., Willey, P.H., 2006. The SPAW model for agricultural field and pond hydrologic simulation. In *Watersheds Models*, V.P. Singh, D.K. Frevert. CRC Press.
- Seligman, N.G., van Keulen H., 1981. PAPERAN: A simulation model of annual pasture production limited by rainfall and nitrogen. Pagg 192-221. In M.J. Frissel and J.A. van Veen eds., *Simulation of Nitrogen behavior of Soil-Plant Systems*, Proc. Workshop, Wageningen, gen.- feb. 1980.

Taylor, H.M., Robertson, G.M., Parker J.J. Jr, 1966. Soil strength – root penetration relations for medium to coarse – textured soil materials. *Soil Sci.* 102:18-22.

Taylor, H.M., 1983. A program to increase plant available water through rooting modification. Pagg 463-462. In *Root Ecology and Its Pratical Application*. Int. Symp., Gumpenstein. Sep 1982. Budndesanstalt fur alpenlandische Landwirtschaft, A-8952 Irding.

Williams, J.R., 1975. Sediment yield prediction with universal equation using runoff energy factor. U.S. Dep. Agric., Agric. Res. Ser., ARS-S-40.

Williams, J.R., Jones, C.A., Dyke, P.T., 1984. A modelling approach to determining the relationship between erosion and soil productivity. *Trans. ASAE* 27, 129–144.

Williams, J.R., Jones C.A., Dyke P.T.,1990. The EPIC model. In *EPIC-Erosion/Productivity Impact Calculator model documentation*. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. Technical bulletin number 1768, 3-92.

Williams, J.R., 1995. The EPIC model, 1995. In: Singh, V.P. (Ed.), *Computer Models of Watershed Hydrology*. Water Resources Publications, Highlands Ranch, CO, pp. 909–1000.

Williams, J.R., Renard K.G., 1995. Assessments of soil erosion and crop productivity with process models (EPIC). In R.F. Follett and B.A. Stewards, ed., *Soil Erosion end Crop Productivity*. Am. Soc. Agron., Crop Sci. Soc. Am., Soil Sci. Soc. Am.. Madison, WI. Pagg 67-103.

Wischmeier, W.H. e Smith, D.D., 1978. Predicting rainfall erosion losses, a guide to conservation planning. U.S. Dep. Agric., Agric. Handb. No. 537. Pag 58.