



**ASSE 4 LEADER DEL PSR 2007-2013 DELLA BASILICATA
OPERAZIONI A REGIA IN CONVENZIONE - GAL "LE MACINE" s.c.a r.l.
PIANO DI SVILUPPO LOCALE – "IDEAS"**

Sottomisura 4.1.2 - Operazione 4.1.2.3

"Azioni a sostegno dell'ambiente, dello spazio rurale e della gestione del territorio"

PROGETTO "CREDITI DI CARBONIO"

*Studio e definizione del contesto territoriale del Medio Basento
e delle potenzialità di stoccaggio del carbonio nei sistemi agro-forestali locali
nella lotta ai cambiamenti climatici*



INDICE

1	PREMESSA.....	10
2	ANALISI TERRITORIALE: STUDIO E DEFINIZIONE DEL CONTESTO	12
2.1	La superficie agricola utilizzata in Basilicata	12
2.2	Area geografica e amministrativa di riferimento	13
2.3	Contesto socio economico dell'area	16
2.5	Inquadramento geopedologico.....	17
2.6	Inquadramento per categorie fisionomiche forestali di I livello.....	23
3	CRITERI DI SCELTA DELLE TIPOLOGIE DEI SISTEMI AGRARI E DEI SISTEMI FORESTALI	25
3.1	Superficie agricola per tipo di coltivazione (Regione Basilicata).....	27
3.2	Superficie agricola per tipo di coltivazione (macro area Medio Basento)	29
3.3	Superficie forestale tra le categorie fisionomiche (macro area Medio Basento)	32
4	METODOLOGIA DI CAMPIONAMENTO DEI SISTEMI AGRARI	37
4.1	Attività preliminari al rilevamento di campagna.....	37
4.2	Lavori di rilevamento	40
4.3	Costruzione reticolo tramite G.P.S.....	41
4.4	Prelievo di campioni di suolo	43
4.5	Apertura mini profilo.....	45
4.6	Determinazione "Densità Apparente", (DA)	46
4.6	Prelievo in campo della lettiera	47
4.7	Prelievo in campo della biomassa epigea e stima della biomassa ipogea	49
4.8	Prelievo in campo della necromassa	51
4.9	Determinazioni di laboratorio	52
5	DESCRIZIONE DEI SISTEMI AGRARI E RISULTATI OTTENUTI	56
5.1	Sito di rilevamento localizzato in agro di Calciano	56
5.2	Sito di rilevamento localizzato in agro di Tricarico	61
5.3	Sito di rilevamento localizzato in agro di Garaguso	66
5.4	Sito di rilevamento localizzato in agro di Salandra	71
5.5	Sito di rilevamento localizzato in agro di Ferrandina	76
5.6	Riepilogo C-Stock sistemi agrari e grafici rappresentativi.....	82
6	PROIEZIONI DELLA DINAMICA DEI FLUSSI DI C MEDIANTE L'USO DEL MODELLO ROTH C	83
6.1	Premessa all'utilizzo del modello ROTH-C (Rothamsted Carbon Model)	83
6.2	Obbiettivi della simulazione	84
6.3	Dati in input e risultati delle proiezioni.....	85
6.4	Variazioni di stock di carbonio organico dovute a variazioni di uso del suolo.....	97
7	STIMA DEI CREDITI DI CARBONIO PER LA COMPONENTE FORESTALE, METODOLOGIA E RISULTATI.....	99
7.1	Premessa alla metodologia usata e tipologie forestali ricadenti nell'area del Medio Basento.....	99
7.2	Metodologia per la stima della Biomassa Epigea.....	103
7.3	Stima dei pools di Carbonio	109
7.4	Risultati ottenuti	112
7.5	Querceti governati ad altofusto	114

7.6 Querceti governati a ceduo.....	118
7.7 Leccete	122
7.8 Macchia mediterranea e arbusteti termofili.....	125
7.9 Pinete mediterranee	130
8.0 Vegetazione forestale igrofila	134
8.1 Riepilogo C-stock sistemi forestali e grafici rappresentativi	137
8.2 Proiezioni della dinamica dei flussi di C mediante l'utilizzo del modello 3PG-S	140
9 LE PRATICHE CULTURALI SOSTENIBILI FINALIZZATE ALL'AUMENTO DELLA CAPACITA' DI STOCCAGGIO DEL CARBONIO NEI SISTEMI AGRARI.....	146
9.1 Premessa	146
9.2 Gestione dell'acqua.....	147
9.3 Gestione del suolo.....	148
9.4 Uso di risorse di carbonio interne al sistema agricolo	148
9.5 Uso di risorse di carbonio esterne	149
9.6 Gestione della chioma.....	150
9.6 Sintesi delle pratiche sostenibili e dei benefici derivanti.....	150
10 INDIRIZZI DI GESTIONE FINALIZZATI ALL'AUMENTO DELLO STOCCAGGIO DI CARBONIO NEI SISTEMI FORESTALI.....	153
10.1 Ruolo e prospettive della gestione forestale nell'assorbimento del carbonio: aspetti generali.....	153
10.2 Gestione delle foreste della Basilicata e assorbimento del Carbonio.....	154
10.3 Indirizzi di gestione forestale nell'area del Medio Basento	155
11 CONCLUSIONI	158
12 BIBLIOGRAFIA	162

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Ripartizione della SAU Regionale per tipologia di uso prevalente	12
Figura 2: Ripartizione della superficie forestale Regionale	13
Figura 3: Area geografica e amministrativa di riferimento	14
Figura 4: Paesaggi tipici della macro area del Medio Basento	15
Figura 5: La foresta di Gallipoli Cognato	16
Figura 6: Stralcio carta pedologica della Regione Basilicata (macro area Medio Basento)	18
Figura 7: Province pedologiche Regione Basilicata	18
Figura 8: Stralcio carta geologica della Regione Basilicata (macro area Medio Basento).....	20
Figura 9: Stralcio carta granulometria della Regione Basilicata (macro area Medio Basento) e relativa legenda	21
Figura 10: Stralcio carta tessitura della Regione Basilicata (macro area Medio Basento) e relativa legenda	21
Figura 11: Stralcio carta uso del suolo della Regione Basilicata (macro area Medio Basento) e relativa legenda delle classi e sottoclassi	22
Figura 12: Confronto tra superficie territoriale, popolazione e superficie forestale Comunità montana Medio Basento	23
Figura 13: Stralcio carta forestale della Regione Basilicata (comunità montana Medio Basento) e relativa legenda delle categorie fisionomiche di I livello	24
Figura 14: Confronto tra superficie territoriale, popolazione e superficie forestale Comunità montana collina Materana	24
Figura 15: Stralcio carta forestale della Regione Basilicata (Comunità montana collina Materana) e relativa legenda delle categorie fisionomiche di I livello	24
Figura 16: Confronto tra superficie territoriale, popolazione e superficie forestale Comuni non montani della provincia di Matera	25
Figura 17: Stralcio carta forestale della Regione Basilicata (Comuni non montani della provincia di Matera) e relativa legenda delle categorie fisionomiche di I livello	25
Figura 18: Macro Area del Medio Basento rispetto alla Regione Basilicata	26
Figura 19: Macro Area del Medio Basento e Comuni interessati.....	26
Figura 20: Gli 11 siti rappresentativi dei sistemi agro-forestali indicati dal progetto “Crediti di Carbonio” ..	27
Figura 21: Superficie agricola per tipo di coltivazione (Regione Basilicata) con evidenza sulle superfici presenti in quantità maggiore	28
Figura 22: Istogramma delle superfici agricole per tipo di coltivazione (Regione Basilicata)	28
Figura 23: Superficie agricola per tipo di coltivazione (Medio Basento) – prima classificazione.....	29
Figura 24: Grafico a torta delle superfici agricole per tipo di coltivazione (Medio Basento) - prima classificazione	30
Figura 25: Superficie agricola per tipo di coltivazione (Medio Basento) – seconda classificazione.....	31
Figura 26: Grafico a torta delle superfici agricole per tipo di coltivazione (Medio Basento) – seconda classificazione	31
Figura 27: I 5 siti rappresentativi dei sistemi agrari definitivi	32
Figura 28: Ripartizione della superficie forestale della comunità montana Medio Basento	32
Figura 29: Istogramma ripartizione della superficie forestale tra le categorie fisionomiche (comunità montana Medio Basento).....	33
Figura 30: Istogramma ripartizione della superficie forestale distinta per forma di governo (comunità montana Medio Basento).....	33
Figura 31: Ripartizione della superficie forestale della comunità montana Collina Materana.....	34

Figura 32: Istogramma ripartizione della superficie forestale tra le categorie fisionomiche (comunità montana Collina Materana)	34
Figura 33: Istogramma ripartizione della superficie forestale distinta per forma di governo (comunità montana Collina Materana)	34
Figura 34: Ripartizione della superficie forestale dei comuni non montani della provincia di Matera	35
Figura 35: Istogramma ripartizione della superficie forestale tra le categorie fisionomiche (comuni non montani della provincia di Matera).....	35
Figura 36: Istogramma ripartizione della superficie forestale distinta per forma di governo (comuni non montani della provincia di Matera).....	36
Figura 37: I 6 siti rappresentativi dei sistemi forestali definitivi	36
Figura 38: Appezamento dove è stato effettuato il rilievo.....	38
Figura 39: Posizionamento della griglia mediante lo script di ArcView GIS ESRI.....	38
Figura 40: Numerazione e scelta casuale dei blocchi su cui effettuare i rilievi	38
Figura 41: Attività di rilievo in campagna	40
Figura 42: Attività di rilievo in campagna	41
Figura 43: Punti di cui sono state ricavate le coordinate	41
Figura 44: Punti all'interno del quadrato da campionare.	42
Figura 45: Metodo di costruzione dei quadrati in campagna	42
Figura 46: Attività di costruzione dei quadrati in campo	43
Figura 47: Ubicazione dei quadrati in campo secondo la metodologia	43
Figura 48: Operazione di campionamento suolo mediante sgorbia manuale	44
Figura 49: Raccolta e codificazione dei campioni di suolo prelevati	45
Figura 50: Operazioni di apertura minipit	45
Figura 51: Operazioni di apertura minipit	46
Figura 52: Operazioni di prelievo fustella per determinazione della densità apparente all'interno del minipit	46
Figura 53: Operazioni di prelievo fustella per determinazione della densità apparente all'interno del minipit	47
Figura 54: Operazione di raccolta e codificazione delle fustelle prelevate.....	47
Figura 55: Prelievo in campo della lettiera.....	48
Figura 56: Prelievo in campo della lettiera.....	48
Figura 57: Prelievo in campo della lettiera.....	49
Figura 58: Delimitazione dei quadranti di 1 mq	50
Figura 59: Recisione e raccolta della biomassa epigea	50
Figura 60: Prelievo della biomassa epigea	50
Figura 61: Prelievo in campo della necromassa	51
Figura 62: Selezione manuale della necromassa in laboratorio.....	52
Figura 63: Tabella riassuntiva dotazione carbonio organico per classe tessiturale USDA	53
Figura 64: Localizzazione su ortofoto dei 5 sistemi agrari scelti per il progetto "Crediti di Carbonio".....	56
Figura 65: Sito di rilevamento localizzato in agro di Calciano	57
Figura 66: Sito di rilevamento localizzato in agro di Calciano	57
Figura 67: Particella di riferimento.....	58
Figura 68: Griglia di riferimento principale (rosso), blocchi di indagine (azzurro) e delimitazione sito (verde)	58
Figura 69: Densità apparente per quadrante e per profondità.....	60
Figura 70: Carbonio organico per quadrante e carbonio organico medio.....	60

Figura 71: C e Stock di CO ₂ produzione	60
Figura 72: SOC e stock di CO ₂	60
Figura 73: C e stock CO ₂ biomassa ipogea	61
Figura 74: C e Stock di CO ₂ necromassa	61
Figura 75: C-Stock di CO ₂ nei 5 pools.....	61
Figura 76: Sito di rilevamento localizzato in agro di Tricarico.....	62
Figura 77: Sito di rilevamento localizzato in agro di Tricarico.....	62
Figura 78: Particella di riferimento.....	62
Figura 79: Griglia di riferimento principale (rosso), blocchi di indagine (azzurro) e delimitazione sito (verde)	63
Figura 80: Densità apparente per quadrante e per profondità.....	64
Figura 81: Carbonio organico per quadrante e carbonio organico medio	65
Figura 82: C e Stock di CO ₂ produzione	65
Figura 83: SOC e stock di CO ₂	65
Figura 84: C e stock di CO ₂ biomassa epigea.....	65
Figura 85: C e stock di CO ₂ biomassa ipogea.....	65
Figura 86: C e stock di CO ₂ necromassa.....	65
Figura 87: C e stock di CO ₂ lettiera	66
Figura 88: C-Stock di CO ₂ nei 5 pools.....	66
Figura 89: Panoramica dell'intero territorio in agro di Garaguso	67
Figura 90: Sito di rilevamento localizzato in agro di Garaguso	67
Figura 91: Sito di rilevamento localizzato in agro di Garaguso	67
Figura 92: Particella di riferimento.....	68
Figura 93: Griglia di riferimento principale (rosso), blocchi di indagine (azzurro) e delimitazione sito (verde)	68
Figura 94: Densità apparente per quadrante e per profondità.....	70
Figura 95: Carbonio organico per quadrante e carbonio organico medio	70
Figura 96: SOC e stock di CO ₂	70
Figura 97: C e stock di CO ₂ biomassa epigea.....	70
Figura 98: C e Stock di CO ₂ biomassa ipogea.....	70
Figura 99: C e stock di CO ₂ necromassa.....	71
Figura 100: C e stock di CO ₂ lettiera	71
Figura 101: C-Stock di CO ₂ nei 5 pools.....	71
Figura 102: Sito di rilevamento localizzato in agro di Salandra.....	72
Figura 103: Sito di rilevamento localizzato in agro di Salandra.....	72
Figura 104: Particella di riferimento.....	73
Figura 105: Griglia di riferimento principale (rosso), blocchi di indagine (azzurro) e delimitazione sito (verde)	73
Figura 106: Densità apparente per quadrante e per profondità.....	75
Figura 107: Carbonio organico per quadrante e carbonio organico medio	75
Figura 108: SOC e stock di CO ₂	75
Figura 109: C e stock di CO ₂ biomassa epigea piantagione.....	75
Figura 110: C e stock di CO ₂ biomassa ipogea piantagione.....	75
Figura 111: C e stock di CO ₂ biomassa epigea cotico erboso	75
Figura 112: C e stock di CO ₂ biomassa ipogea cotico erboso	76
Figura 113: C e stock di CO ₂ necromassa.....	76

Figura 114: C e stock di CO ₂ lettiera	76
Figura 115: C-Stock di CO ₂ nei 5 pools.....	76
Figura 116: Sito di rilevamento localizzato in agro di Ferrandina	77
Figura 117: Sito di rilevamento localizzato in agro di Ferrandina	77
Figura 118: Particella di riferimento.....	78
Figura 119: Griglia di riferimento principale (rosso), blocchi di indagine (azzurro) e delimitazione sito (verde)	78
Figura 120: Densità apparente per quadrante e per profondità.....	80
Figura 121: Carbonio organico per quadrante e carbonio organico medio	80
Figura 122: C e Stock di CO ₂ produzione	80
Figura 123: SOC e stock di CO ₂	80
Figura 124: C e stock di CO ₂ biomassa epigea piantagione	80
Figura 125: C e stock di CO ₂ biomassa ipogea piantagione.....	80
Figura 126: C e stock di CO ₂ biomassa epigea cotico erboso	81
Figura 127: C e stock di CO ₂ biomassa ipogea cotico erboso	81
Figura 128: C e stock di CO ₂ necromassa	81
Figura 129: C e stock di CO ₂ lettiera	81
Figura 130: C-Stock di CO ₂ nei 5 pools.....	81
Figura 131: Riepilogo C-stock sistemi agrari.....	82
Figura 132: Sistemi agrari - C _{tot} [t/ha].....	82
Figura 133: Confronto C-stock per sink - sistemi agrari [t/ha]	82
Figura 134: Flusso di decomposizione dei 4 comparti del SOC in Roth-C	84
Figura 135: Dati climatici	86
Figura 136: Input di carbonio al suolo.....	86
Figura 137: Proiezione dei flussi di carbonio - range di 20 anni – seminativo	87
Figura 138: Proiezione dei flussi di carbonio - 1° anno - seminativo	87
Figura 139: ΔC relativo al 1° anno e al range di 20 anni	87
Figura 140: Proiezione dei flussi di carbonio - range di 20 anni - seminativo	88
Figura 141: Proiezione dei flussi di carbonio - 1° anno - seminativo	88
Figura 142: ΔC relativo al 1° anno e al range di 20 anni.....	88
Figura 143: Proiezione dei flussi di carbonio - range di 20 anni - seminativo	89
Figura 144: Proiezione dei flussi di carbonio - 1° anno – seminativo.....	89
Figura 145: ΔC relativo al 1° anno e al range di 20 anni.....	89
Figura 146: Dati climatici	89
Figura 147: Input di carbonio al suolo	90
Figura 148: Proiezione dei flussi di carbonio - range di 20 anni - vigneto.....	90
Figura 149: Proiezione dei flussi di carbonio - 1° anno - vigneto	91
Figura 150: ΔC relativo al 1° anno e al range di 20 anni.....	91
Figura 151: Dati climatici	91
Figura 152: Input di carbonio al suolo	92
Figura 153: Proiezione dei flussi di carbonio - range di 20 anni – set-aside	92
Figura 154: Proiezione dei flussi di carbonio - 1° anno – set-aside	92
Figura 155: Proiezione dei flussi di carbonio - 2° anno – set-aside.....	93
Figura 156: ΔC relativo al 1° anno, 2° anno e al range di 20 anni	93
Figura 157: Dati climatici	93
Figura 158: Input di carbonio al suolo.....	94

Figura 159: Proiezione dei flussi di carbonio - range di 20 anni – pascolo arborato	94
Figura 160: Proiezione dei flussi di carbonio - 1° anno – pascolo arborato	94
Figura 161: ΔC relativo al 1° anno e al range di 20 anni.....	94
Figura 162: Caratteristiche degli oliveti a confronto e tecniche culturali adottate	95
Figura 163: Emissioni di CO ₂ calcolate per i due oliveti a confronto	96
Figura 164: Confronto tra flussi di CO ₂ eq nei due oliveti (2001-2008).....	96
Figura 165: ΔC relativo all'oliveto.....	97
Figura 166: ΔC annuo relativo alla variazione di uso del suolo da seminativo a set aside	97
Figura 167: Variazione di stock di carbonio organico superficiale nell'evoluzione da un suolo seminativo a un sistema agrario set aside ventennale	98
Figura 169: Area di progetto del Medio Basento	101
Figura 170: Distribuzione delle tipologie forestali all'interno dell'area di progetto	102
Figura 171: Distribuzione dei punti di controllo.....	105
Figura 172: Curva ipsometrica dell'area di saggio	107
Figura 173: Operazione di misurazione dei diametri delle piante in campo	107
Figura 174: Operazione di misurazione dell'altezza delle piante in campo mediante ipsometro	108
Figura 175: Operazione di misurazione dei diametri delle piante in campo	108
Figura 176: Diagramma di flusso modello <i>for-est</i>	110
Figura 177: Mappa pattern spaziali provvigioni forestali querceti governati ad alto fusto.....	114
Figura 178: Querceti governati ad altofusto località Accettura	116
Figura 179: Querceti governati ad altofusto località Gorgoglione	116
Figura 180: Querceti governati ad altofusto area di saggio località Accettura	117
Figura 181: Mappa pattern spaziali provvigioni forestali querceti governati a ceduo	118
Figura 182: Querceti governati a ceduo Località Accettura	120
Figura 183: Querceti governati a ceduo località Accettura	120
Figura 184: Querceti governati a ceduo località Gorgoglione.....	121
Figura 185: Querceti governati a ceduo località Gorgoglione.....	121
Figura 186: Mappa pattern spaziali provvigioni forestali leccete	122
Figura 187: Lecceta località Aliano	124
Figura 188: Mappa pattern spaziali provvigioni forestali macchia mediterranea e arbusteti termofili	125
Figura 189: Macchia Mediterranea località Ferrandina	127
Figura 190: Macchia Mediterranea Località Ferrandina	127
Figura 191: Macchia Mediterranea località Craco	128
Figura 192: Macchia Mediterranea Località Craco.....	128
Figura 193: Macchia Mediterranea degradata a Gariga località Pisticci	129
Figura 194: Mappa pattern spaziali provvigioni forestali pinete mediterranee	130
Figura 195: Pinete località Ferrandina.....	132
Figura 196: Pinete località Ferrandina.....	132
Figura 197: Pinete località Pisticci	133
Figura 198: Mappa pattern spaziali provvigioni forestali vegetazione forestale igrofila	134
Figura 199: Vegetazione forestale igrofila località Ferrandina	136
Figura 200: Vegetazione forestale igrofila località Ferrandina	136
Figura 201: Vegetazione forestale igrofila Località Pisticci	137
Figura 202: Riepilogo C-stock sistemi forestali [t/ha]	137
Figura 203: Sistemi forestali - C _{tot} [t/ha].....	138
Figura 204: Confronto C-stock per sink - sistemi forestali [t/ha]	138

Figura 205: Riepilogo C-stock sistemi forestali [t]	139
Figura 206: Sistemi forestali - C_{tot} [t]	139
Figura 207: Confronto C-stock per sink - sistemi forestali [t].....	140
Figura 208: Mappa di NEP, per unità di superficie e di tempo, totale foreste lucane	141
Figura 209: Valori totali annui di NEP (espressi in milioni di tonnellate per ettaro) per le diverse classi forestali.....	142
Figura 210: Variabilità di C che si riscontra all'interno di diverse classi forestali di I livello	143
Figura 211: Variabilità di C che si riscontra all'interno di diverse classi forestali di I livello	144
Figura 212: Stima del potenziale Carbonio immagazzinabile e della potenziale CO_2 sequestrabile per anno nei sistemi forestali considerati.....	145
Figura 213: Indicazioni per l'uso delle lavorazioni a complemento di strategie di gestione del suolo conservative	148
Figura 214: Griglia di operazioni e comportamenti consigliati e da evitare, con le relative motivazioni, per la gestione conservativa del suolo in frutteti maturi	150
Figura 215: Sintesi delle pratiche sostenibili e dei benefici derivanti	152

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Estensione delle superfici comunali e forestali nell'area di progetto del Medio Basento	100
Tabella 2: Rilievo dendrometrico dell'area di saggio	106
Tabella 3: Biomass Expansion Factor (BEF), Wood Basic Density (WBD) e rapporto Root/Shoot (R) per tipologie inventariali (Federici et al., 2008).....	111
Tabella 4: Regressioni lineari utilizzate per la stima dei <i>carbon pools</i> relativi alla lettiera e del SOC.	112
Tabella 5: Valori medi di provvigione e stock di carbonio per l'intera area di progetto del Medio Basento	113
Tabella 6: Valori totali di provvigione e stock di carbonio per l'intera area di progetto del Medio Basento	113
Tabella 7: Stock Carbonio medio querceti governati ad alto fusto	115
Tabella 8: Stock Carbonio totale querceti governati ad alto fusto.....	115
Tabella 9: Stock Carbonio medio querceti governati a ceduo.....	119
Tabella 10: Stock Carbonio totale querceti governati a ceduo	119
Tabella 11: Stock Carbonio medio leccete	123
Tabella 12: Stock Carbonio totale leccete	123
Tabella 13: Stock Carbonio medio macchia mediterranea e arbusteti termofili	126
Tabella 14: Stock Carbonio totale macchia mediterranea e arbusteti termofili.....	126
Tabella 15: Stock Carbonio medio pinete mediterranee	131
Tabella 16: Stock Carbonio totale pinete mediterranee	131
Tabella 17: Stock Carbonio medio vegetazione forestale igrofila	135
Tabella 18: Stock Carbonio totale vegetazione forestale igrofila.....	135

1 PREMESSA

Nei prossimi anni i sistemi agro-forestali saranno chiamati non soltanto a produrre beni per alimentare una popolazione in continuo aumento che raggiungerà quota 9 miliardi nel 2050, ma anche a dare il loro contributo alla mitigazione dell'effetto serra, alla conservazione e al miglioramento della biodiversità animale e vegetale, al miglioramento della fertilità dei suoli, all'ottimizzazione del ciclo dell'acqua e alla produzione di biomasse per la loro trasformazione in energia. La riduzione del livello di anidride carbonica (CO₂) in atmosfera rientra fra gli obiettivi internazionalmente condivisi per contribuire alla salvaguardia della salute del pianeta. In questo scenario i suoli agricoli possono, se gestiti correttamente, rappresentare nel medio periodo un enorme contenitore per accumulare carbonio atmosferico. Attualmente, dei 50 miliardi di tonnellate di CO₂ emessi ogni anno in atmosfera a livello mondiale (circa il 10% proviene dal settore agricolo), il 60% viene assorbito dagli oceani (ma tale capacità di assorbimento è in continua diminuzione poiché è stato modificato il loro habitus naturale), una parte viene assorbita dalle piante e il resto continua ad accumularsi in atmosfera. Attualmente la CO₂ atmosferica aumenta a un ritmo di 1,5-2 ppm all'anno e fa registrare un livello prossimo ai 400 ppm. Inoltre, destano molta preoccupazione i tassi di incremento in atmosfera di altri gas a effetto serra (metano, ossidi di azoto) alla cui emissione contribuisce in maniera notevole anche il settore agricolo. (*Ottati, Xiloyannis, 2015*)

OBBIETTIVI DEL PROGETTO

Gli obiettivi principali del progetto "Crediti di Carbonio" sono i seguenti:

- Analisi della baseline di stock di carbonio nei singoli sistemi agro-forestali dell'ambito territoriale del GAL Le Macine;
- Individuazione ed analisi delle criticità per l'aumento della capacità di stoccaggio del carbonio nelle superfici agro-forestali;
- Suggerimento delle possibili innovazioni di processo/prodotto per l'aumento della capacità di stoccaggio del carbonio nelle singole tipologie di sistema analizzate.

Per quanto riguarda i siti agrari, per la valutazione del contenuto della frazione umificata del suolo si è applicata nell'area del Medio Basento della regione Basilicata la metodologia di valutazione proposta da S.

Vladimir et al. (2007) è reperibile nel documento “Soil sampling protocol to certify the changes of organic carbon stock in mineral soils of european union” EUR 21576 EN/2.

La elevata affidabilità di tale metodologia consente:

- Una stima corretta della reale dotazione in carbonio organico del suolo;
- Contenuti impegni analitici;
- La possibilità di seguire l’evoluzione temporale del parametro esaminato;
- La certificabilità dei valori ottenuti.

La stima degli stock di carbonio forestale per i diversi carbon pools, è stata condotta attraverso l’implementazione del modello For-est (*Federici et al., 2008*), che stima i diversi pools di carbonio forestale (biomassa epigea, biomassa ipogea, necromassa, sostanza organica del suolo, lettiera), partendo dalla biomassa epigea espressa in sostanza secca, attraverso il coefficiente di espansione della biomassa (BEF, Biomass Expansion Factor) secondo la metodologia indicata dalle linee guida dell’IPCC, GPG LULUCF (Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry) (*IPCC, 2003*), e adottate su scala nazionale per la stima del Registro Nazionale dei Serbatoi di Carbonio agro-forestali. La metodologia per la stima della biomassa epigea forestale è stata infine validata in campo attraverso la realizzazione di aree di saggio per le diverse tipologie forestali.

Per alcuni siti, sia agrari che forestali, Agreement srl, Spin Off Accademico dell’Università degli studi della Basilicata, ha utilizzato quali valori di confronto dati di letteratura reperibili su pubblicazioni di livello internazionale di ricercatori dell’Università degli Studi della Basilicata.

2 ANALISI TERRITORIALE: STUDIO E DEFINIZIONE DEL CONTESTO

2.1 La superficie agricola utilizzata in Basilicata

La Basilicata è una regione prevalentemente montuosa; tutto il settore occidentale è costituito dall'Appennino Lucano le cui propaggini raggiungono il centro del territorio regionale e degradano poi verso il Mar Jonio in una serie di rilievi collinari. Ad occidente il massiccio del Pollino, la catena appenninica (il Monte Sirino), la costa tirrenica caratterizzano il territorio lucano. Secondo i dati ISTAT del VI censimento dell'agricoltura del 2010 (Figura 1), la Superficie Agricola Utilizzata (SAU) è pari a 519.127 ha, investita per il 60% a seminativi, per il 30% da prati e pascoli e per il restante 10% da colture legnose agrarie (*elaborazione dati PSR della Regione Basilicata 2014-2020 – Fonte: ISTAT*).

Tipologia di uso Prevalente	SAU [ha]	[%]
Seminativi	311476	60
Prati permanenti e pascoli	155738	30
Coltivazioni legnose agrarie	51913	10
Totale	519127	

Figura 1: Ripartizione della SAU Regionale per tipologia di uso prevalente

La coltivazione dei cereali da granella è quella più rappresentativa sia in termini di SAU (183.127,23 ha) che di aziende interessate (23.177 unità), seguita dalla coltivazione dei legumi secchi (11.197 ha di SAU; 1.535 aziende) e dalle ortive che impiegano 7.447,61 ha della SAU regionale destinata a seminativo. La coltivazione dell'olivo è quella più importante nell'ambito delle coltivazioni legnose agrarie, in quanto presente in 32.753 aziende su 28.002 ha, pari al 54,26% della SAU regionale impiegata nelle coltivazioni legnose agrarie. I fruttiferi sono presenti in 4.752 aziende ed occupano il 21,55% della SAU regionale con coltivazioni legnose agrarie. In ultimo, gli agrumi e la coltivazione della vite occupano, rispettivamente, il 12,47% ed il 10,79% della SAU impiegata a coltivazioni legnose agrarie e sono presenti in un numero corrispondente di aziende pari a 3.508 e 9.792.

Le produzioni agricole di qualità sono in netta espansione e costituiscono una delle produzioni più floride, ad esempio, il comparto vitivinicolo in Basilicata assume un'importanza crescente sul piano socio-economico, ambientale e culturale e rappresenta un elemento di traino nei confronti delle altre produzioni agricole in virtù dell'accresciuta qualità dei vini prodotti e della rilevanza assunta sul mercato. Al 2010, le superfici vitate in Basilicata ammontavano a 4.021 ettari, 2.879 localizzati nella

provincia di Potenza e 1.142 in provincia di Matera (*fonte: PSR Basilicata 2014-2020: il settore agricolo e agroalimentare della Basilicata*).

L'uso del suolo per il settore forestale, secondo la Carta Forestale Regione Basilicata - 2006 è pari a 355.409 ettari; tale dato è parzialmente in accordo a quanto riportato nel redigendo Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi di Carbonio che attribuisce alla Regione Basilicata circa 345.000 ettari di superficie boscata.

La superficie forestale ricade per oltre il 70% in provincia di Potenza (Figura 3) e le proprietà pubbliche rappresentano il 28,6% della superficie forestale, di cui il 26% appartenente alle Regioni, Province e comuni; il 2,17% al demanio ed il rimanente 1,4% alla chiesa (*fonte ed elaborazione dati: linee programmatiche del settore forestale per il decennio 2013 – 2022 & piano operativo annuale 2013*).

	Superficie forestale [ha]	Superficie territoriale	% superficie forestale
Matera	86057	344612	24,21
Potenza	269352	654849	75,79
Basilicata	355409	999461	

Figura 2: Ripartizione della superficie forestale Regionale

2.2 Area geografica e amministrativa di riferimento

L'area geografica e amministrativa di riferimento è la macro area del Medio Basento. Il territorio, corrispondente all'area della collina materana e del Medio Basento, coincide con la zona più interna della Provincia di Matera, quella situata al confine con la Provincia di Potenza; quest'area comprende i territori delle comunità montane Collina Materana e Medio Basento, oltre ai comuni di Salandra e Ferrandina. La maggior parte dei Comuni dell'area del Medio Basento appartiene alle "aree interne di collina e di montagna" (D2), eccetto il Comune di Aliano che appartiene all' "aree ad agricoltura con modelli organizzativi più avanzati" (D1). *Fonte: www.lemacine.com con aggiornamento dei dati ISTAT al 15° censimento della popolazione e delle abitazioni 2011 e al VI Censimento generale dell'agricoltura 2010*

MACRO AREA MEDIO BASENTO
 POPOLAZIONE: 33.900,00
 DENSITA': 28,34 ab/kmq
 CLASSIFICAZIONE: D2 (eccetto Comune di Aliano D1)



Figura 3: Area geografica e amministrativa di riferimento

Il Paesaggio

Il paesaggio è caratterizzato da aguzze dorsali ammantate di boschi, estese e antiche foreste, pareti rocciose verticali, guglie monolitiche, gole incassate nelle quali scorrono freschi torrenti. Il tutto si alterna a paesaggi più dolci e regolari, a tratti resi aspri da profondi calanchi. E' qui che risiede lo spirito dei luoghi. I piccoli centri abitati dell'area sono collegati da una fitta rete di sentieri che, se percorsi in religioso silenzio, fanno vivere sensazioni forti, uniche e talvolta irreali. La ricchezza di varietà della vegetazione accompagna i percorsi di tutta l'area delle Macine. Risalendo infatti i dorsali delle montagne si incontrano i boschi di leccio, frassino, olmo e salice, che si alternano a rigogliose macchie di cerro, carpino, acero corniolo, fillirea e agrifoglio. Sui dorsali più assolati troviamo boschi di Roverelle che raggiungono anche dimensioni considerevoli. Camminando per questi boschi non è difficile sentire il canto delle cince e del pettirosso, così come ammirare la bellezza del nibbio reale, della poiana e del picchio rosso. Per chi volesse invece avventurarsi di notte il suo cammino sarebbe accompagnato dallo squittio delle arvicole e dai richiami acuti dei gufi e delle civette. Diverso è invece lo scenario che si prospetta nelle zone più impervie dove molto diffusa è la presenza di specie vegetali tipiche della macchia mediterranea tra le quali spicca l'agave che ha cicli di fioritura pluriennali e produce un'infiorescenza alto fino a quattro metri. Paesaggio a sè è quello che si incontra a cavallo dei territori dei Comuni di Craco, Stigliano e soprattutto Aliano con i cosiddetti "Calanchi" colline argillose scolpite nei secoli dagli agenti atmosferici. All'interno di questo territorio il GAL Le Macine promuove lo sviluppo dei tredici comuni dell'area con una strategia che si articola in 3 dimensioni: quella economica, quella sociale, quella ambientale.



Figura 4: Paesaggi tipici della macro area del Medio Basento

La foresta

La foresta di Gallipoli Cognato rientra nei territori comunali di Accettura, Calciano e Oliveto Lucano ed occupa una superficie complessiva di 4.159 ettari. La foresta, derivante dalla fusione di due distinte tenute boschive, rispettivamente il bosco Gallipoli, 1.117 ha, e il bosco Cognato, 3.357 ha, è caratterizzata da una notevole variabilità altimetrica, si passa, infatti, da quote prossime ai 200 m, sui terreni confinanti con l'alveo del Basento, ai 1.319 m del Monte Impiso. Nel territorio è possibile distinguere diversi ambienti forestali e vegetali, alcuni dei quali occupano vaste e continue estensioni, mentre altri hanno una diffusione puntiforme e localizzata.

La foresta è composta in prevalenze da fustaie di latifoglie (3.700 ha), da ceduo semplice di roverella e di cerro (90 ha), da fustaie miste di resinose e di latifoglie (44 ha); il resto è costituito da seminativi, pascoli e prati nudi, cespugliati. Il sottobosco, fino ad una quota di 600 m, è ricco di sclerofille tipiche della macchia mediterranea; tra queste le più diffuse sono la *Phyllirea angustifolia*, *Rhamnus alaternus*, *Pistacia terebinthus*. Tra i 600 e i 900 m il sottobosco si arricchisce in primavera con fioriture di *Cytisus villosus*, e tra i cerri cominciano a comparire con portamento arbustivo il melo e l'acero. Fanno parte del sottobosco l'agrifoglio, la felce, l'edera e la moneta del papa. Nelle contrade più assolate la macchia cede il posto alla gariga.



Figura 5: La foresta di Gallipoli Cognato

2.3 Contesto socio economico dell'area

L'area ha una superficie territoriale complessiva di Km² 1.196,14 e una densità di abitanti per Km² pari a 26,45 ab/Km² e presenta una popolazione residente pari a 31.367 abitanti (*elaborazione dati ISTAT: 15° censimento della popolazione e delle abitazioni 2011*). Le caratteristiche orografiche dei luoghi, la presenza di estesi fenomeni di dissesto idrogeologico, la scarsità delle risorse agricole, l'isolamento tipico di ogni area interna, hanno prodotto e consentito la permanenza nel tempo di una economia rurale che ha conservato un insieme di tecniche produttive di antica tradizione. L'economia rurale rappresenta un comparto rilevante non solo per il numero delle aziende, ma anche per l'occupazione che le attività agricole riescono ancora a generare (1738 unità lavorative). Le imprese attive nel settore agricolo sono impegnate per due terzi in colture cerealicole; molto sviluppata è la coltivazione dell'olivo e l'allevamento caprino, attività alle quali ultimamente si sono aggiunte produzioni tipiche quali salumi, formaggi e miele. I punti di debolezza del comparto sono rappresentati dalla presenza di aziende agricole marginali, dall'accentuarsi di processi di senilizzazione e di problemi connessi al ricambio generazionale.

In questo contesto, nell'ambito delle produzioni agricole, hanno assunto un'importanza strategica i prodotti tipici, i processi di certificazione di qualità e l'individuazione di un marchio unico per i prodotti dell'area. Nonostante la forte concentrazione di quest'attività il livello occupazionale è estremamente basso.

Secondo il censimento generale dell'agricoltura del 2010, nei 13 comuni dell'area si contano 5.485 aziende agricole; tuttavia il comparto mostra tutta la sua debolezza per l'assenza di fenomeni associativi, utili a favorire la crescita verso la competitività.

Nel complesso le aziende agricole rappresentano il 10,6% di quelle Regionali e il 25,5 % di quelle della Provincia Materana.

Circa il 51% delle aziende agricole si concentra, nuovamente, nei tre comuni più grandi dell'area, Ferrandina, Stigliano e Tricarico. La superficie agricola utilizzata (SAU) è di circa 65 mila ettari per una superficie agricola totale (SAT) di circa 83 mila ettari. La copertura forestale è di circa 40 mila ettari pari al 34,2 % della superficie comunale totale (vedere tabella 1, capitolo 7.1), ed è proprio quello forestale il settore che maggiormente potrebbe risultare coinvolto da investimenti di carattere produttivo in senso agro-forestale e di risorsa turistica - culturale.

Spingere il territorio materialmente verso la comprensione delle potenzialità forestali per la natura stessa dei luoghi è motivo di presa di coscienza di una area fortemente connaturata e dare slancio per imparare ad apprezzare e per superare quelle limitazioni provenienti da forme antiche e locali di pensiero a vantaggio di uno scenario futuro con capacità competitive a livello europeo. La forestazione ha attualmente già importanti risvolti economici visto il peso in termini di estensione, di funzione per la difesa del suolo e protezione della risorsa idrica superficiale e profonda, di numero di lavoratori impegnati del settore forestale, poco meno di 500, in maggioranza di sesso femminile.

2.5 Inquadramento geopedologico

Fonte: Dasrem - Dipartimento Agricoltura, Sviluppo Rurale, Economia Montana, Regione Basilicata, (2006). AA. VV. I suoli della Basilicata. Carta pedologica della Regione Basilicata in scala 1:250.000.

Al fine di avere una informazione più ampia del sistema geomorfologico e geopedologico della Macro Area del Medio Basento, di seguito gli stralci della carta pedologica della Regione Basilicata con le relative legende:

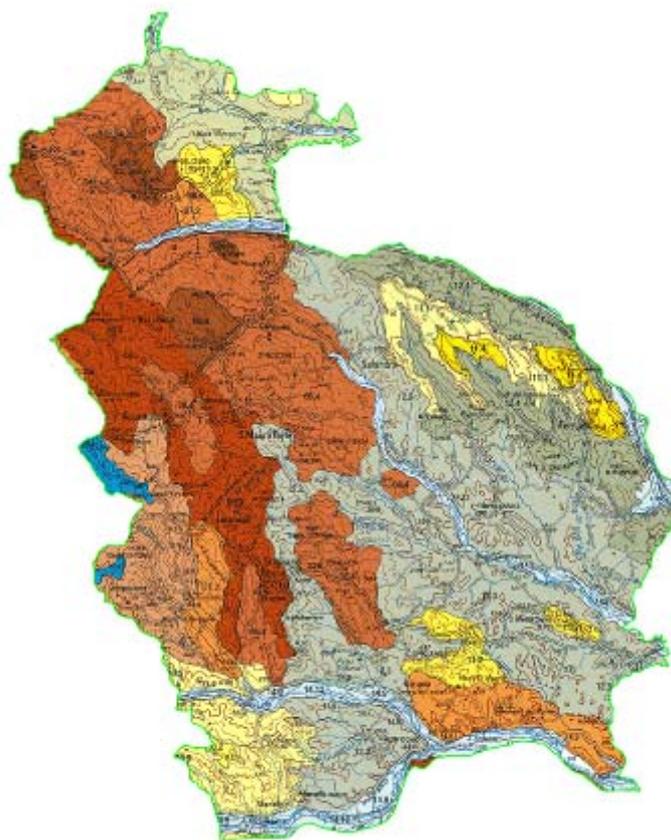


Figura 6: Stralcio carta pedologica della Regione Basilicata (macro area Medio Basento)

La carta pedologica della Regione Basilicata divide la regione in 15 province pedologiche:

Province pedologiche	Regimi prevalenti di umidità dei suoli	Regimi prevalenti di temperatura dei suoli
1 - Suoli dell'alta montagna calcarea	Udico	Mesico
2 - Suoli dei rilievi interni occidentali	Xerico	Mesico
3 - Suoli dei rilievi del versante tirrenico	Udico	Mesico
4 - Suoli dell'area pedemontana e costiera tirrenica	Xerico	Termico
5 - Suoli dell'alta montagna arenaceo - marnosa	Udico	Mesico
6 - Suoli dei rilievi centrali a morfologia aspra	Xerico	Mesico
7 - Suoli dei rilievi centrali a morfologia ondulata	Xerico	Mesico
8 - Suoli delle conche fluvio - lacustri e pianure alluvionali interne	Xerico	Mesico
9 - Suoli dei rilievi vulcanici del Vulture	Udico Xerico	Mesico
10 - Suoli delle colline sabbiose e conglomeratiche del bacino di S. Arcangelo	Xerico	Mesico
11 - Suoli delle colline sabbiose e conglomeratiche della fossa Bradanica	Xerico	Termico
12 - Suoli delle colline argillose	Xerico	Termico
13 - Suoli delle Murge materane	Xerico	Termico
14 - Suoli delle pianure alluvionali	Xerico	Termico
15 - Suoli della piana costiera ionica e dei terrazzi marini dell'entroterra	Xerico	Termico

Figura 7: Province pedologiche Regione Basilicata

Si riportano nel dettaglio solo le descrizioni delle regioni e delle provincie pedologiche in cui ricadono le particelle campionate relative ai sistemi agrari individuati (Comuni di Tricarico, Calciano, Garaguso, Salandra e Ferrandina):

Regione pedologica 61.1 dei Cambisol-Regosols con Luvisols dell'Italia orientale (Appennino orientale e sud-orientale)

Materiali parentali: rocce sedimentarie terziarie (flysch marnosi, argillosi e arenacei)

Regione pedologica 61.3 dei Cambisol-Regosols con Vertisol dell'Italia centrale e meridionale (Toscana, colline costiere dell'Adriatico e colline lucane)

Materiali parentali: depositi terziari marini e di estuario, con depositi fluviali

Provincia pedologica 6 - Suoli dei rilievi centrali a morfologia aspra

Suoli dei rilievi centrali a morfologia aspra, da moderatamente acclivi a molto acclivi, con substrato di rocce sedimentarie terziarie flyscioidi (alternanze di arenarie con marne e argille). In prevalenza hanno profilo moderatamente differenziato per brunificazione, rimozione o redistribuzione dei carbonati, talora melanizzazione. Nelle aree più erose sono poco evoluti in quanto tali processi hanno agito con minore intensità. Nelle superfici più stabili hanno profilo fortemente differenziato per lisciviazione. Sono posti a quote comprese tra 100 e 1.100 m s.l.m., e la loro utilizzazione prevalente è a boschi e pascoli, con aree agricole subordinate. Hanno una superficie complessiva di 166.802 ha, il 16,7% del territorio regionale.

Provincia pedologica 11 - Suoli delle colline sabbiose e conglomeratiche della fossa bradanica

Suoli dei rilievi collinari sabbiosi e conglomeratici della fossa bradanica, su depositi marini e continentali a granulometria grossolana, e, secondariamente, su depositi sabbiosi e limosi di probabile origine fluvio-lacustre. Sulle superfici più antiche hanno profilo fortemente differenziato per rimozione completa o redistribuzione dei carbonati, lisciviazione, moderata rubefazione e melanizzazione, talora vertisolizzazione. Sui versanti hanno moderata differenziazione del profilo per redistribuzione dei carbonati da intensa a iniziale, brunificazione, talora melanizzazione. Nelle superfici più instabili sono poco evoluti. Si trovano a quote comprese tra 100 e 860 m s.l.m. Il loro uso è prevalentemente agricolo, a seminativi asciutti (cereali, foraggere) e oliveti, subordinatamente vigneti e colture irrigue; la vegetazione naturale è costituita da

formazioni arbustive ed erbacee, talora boschi di roverella e leccio. Coprono una superficie di 76.754 ha, il 7,7% del territorio regionale.

Provincia pedologica 12 - Suoli delle colline argillose

Suoli dei rilievi collinari argillosi della fossa bradanica e del bacino di Sant'Arcangelo, su depositi marini a granulometria fine, argillosa e limosa e, subordinatamente, su depositi alluvionali o lacustri. In prevalenza sono a profilo moderatamente differenziato per redistribuzione dei carbonati e brunificazione, e hanno caratteri vertici; sulle superfici più erose sono poco evoluti e associati a calanchi. Sulle superfici sub-pianeggianti hanno profilo differenziato per lisciviazione, redistribuzione dei carbonati, e melanizzazione. Le quote sono comprese tra i 20 e i 770 m s.l.m. L'uso del suolo prevalente è a seminativo, subordinatamente a vegetazione naturale erbacea o arbustiva, spesso pascolata. La loro superficie totale è di 157.705 ha, pari al 15,8 % del territorio regionale.

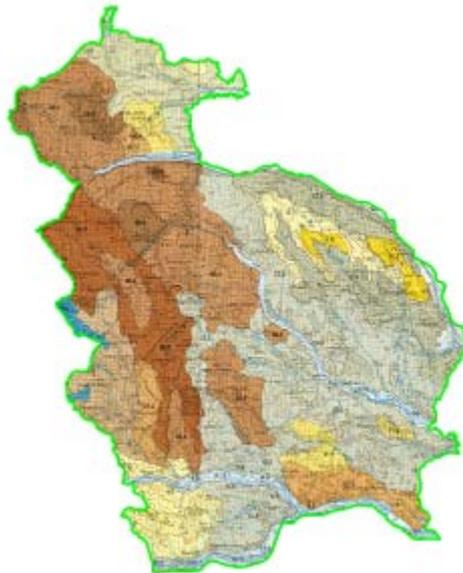


Figura 8: Stralcio carta geologica della Regione Basilicata (macro area Medio Basento)

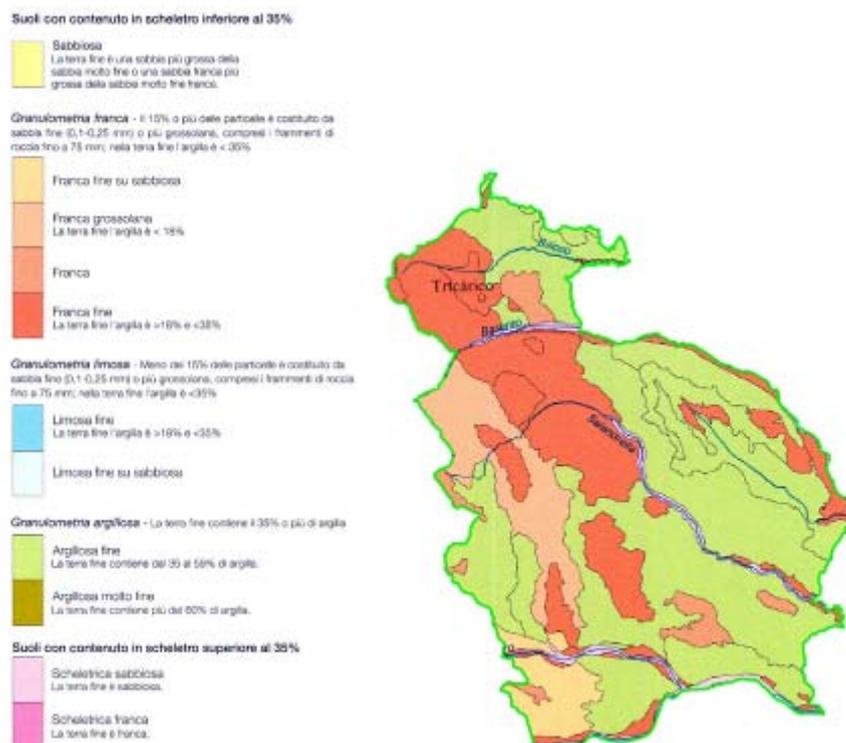


Figura 9: Stralcio carta granulometria della Regione Basilicata (macro area Medio Basento) e relativa legenda

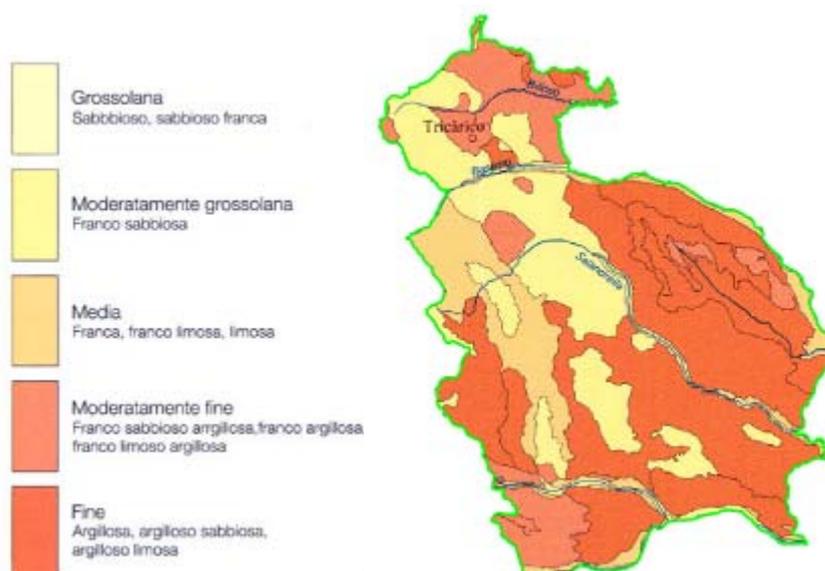


Figura 10: Stralcio carta tessitura della Regione Basilicata (macro area Medio Basento) e relativa legenda

Sottoclassi

- s** - limitazioni pedologiche (tessitura, scheletro, profondità, rocciosità e pietrosità superficiali, capacità di ritenuta idrica, fessurazioni, pH, carbonati totali, salinità, sodicità)
- w** - limitazioni dovute al drenaggio o al rischio di inondazione
- e** - limitazioni dovute all'erosione
- c** - limitazioni dovute al clima



Classe	Descrizione
Suoli adatti a usi agricoli, forestali, zootecnici e naturalistici	
I	Suoli privi o quasi di limitazioni, possono essere usati per una vasta gamma di attività, agricole, forestali e zootecniche. Consentono un'ampia scelta di colture agrarie, orticole ed arboree.
II	Suoli con moderate limitazioni che influiscono sul loro uso agricolo, richiedendo pratiche colturali per migliorare le proprietà o diminuendo moderatamente la scelta e la produttività delle colture. Le limitazioni riguardano prevalentemente lavorabilità, reazione degli orizzonti profondi, rischio di inondazione.
III	Suoli con severe limitazioni, che riducono la scelta o la produttività delle colture, o richiedono pratiche di conservazione del suolo, o entrambe. Le limitazioni, diffusamente modificabili, riguardano tessitura, profondità, rocciosità, pietrosità superficiale, capacità di trattenere l'umidità, lavorabilità, fertilità, drenaggio, rischio di inondazione, rischio di erosione, pendenza, interferenze climatiche. Sono necessari trattamenti o pratiche colturali specifici per evitare l'erosione del suolo e per mantenerne la produttività.
IV	Suoli con limitazioni molto severe, che ne restringono la scelta degli usi e consentono un uso agricolo solo attraverso una gestione molto accurata, adottando considerevoli pratiche di conservazione. La scelta delle colture è piuttosto ridotta, e l'utilizzazione agricola è fortemente limitata a causa di limitazioni per lo più permanenti, inerenti prevalentemente profondità, rocciosità, pietrosità superficiale, capacità di trattenere l'umidità, fertilità, drenaggio, rischio di erosione, pendenza.
Suoli non adatti per l'agricoltura a causa di limitazioni così forti che un uso agricolo è incompatibile con le esigenze di conservazione della risorsa, in particolare per il rischio di erosione. Gli usi sostenibili sono forestali, zootecnici e naturalistici	
V	Suoli con limitazioni molto severe, che ne restringono la scelta degli usi e consentono un uso agricolo solo attraverso una gestione molto accurata, adottando considerevoli pratiche di conservazione. La scelta delle colture è piuttosto ridotta, e l'utilizzazione agricola è fortemente limitata a causa di limitazioni per lo più permanenti, inerenti prevalentemente profondità, rocciosità, pietrosità superficiale, capacità di trattenere l'umidità, fertilità, drenaggio, rischio di erosione, pendenza.
VI	Suoli idonei all'uso forestale e al pascolo per scopi produttivi. Nei pascoli possono essere adottate tecniche di miglioramento. Le limitazioni che ne escludono un uso agricolo sono prevalentemente pendenza e rischio di erosione, ma anche rocciosità, pietrosità superficiale, interferenze climatiche.
VII	Suoli con limitazioni molto forti, per i quali l'utilizzazione a scopi produttivi, forestale o per il pascolo, deve prevedere una gestione molto attenta agli aspetti di conservazione della risorsa suolo. Non è in genere possibile, o comunque conveniente, effettuare interventi di miglioramento dai pascoli. Le limitazioni riguardano profondità, rocciosità, rischio di erosione, pendenza.
Suoli adatti esclusivamente a usi naturalistici	
VIII	Suoli con limitazioni tali da escludere il loro uso per qualsiasi scopo produttivo. Le loro limitazioni, dovute a rocciosità, pietrosità superficiale, falda affiorante, rischio di erosione, sono tali che il loro uso è ristretto alla ricreazione, a usi idrici e a scopi naturalistici ed estetici. In Basilicata, le aree appartenenti a questa classe sono presenti ma la loro continuità nello spazio non è così estesa da permettere una rappresentazione al dettaglio utilizzata per il presente lavoro.

Figura 11: Stralcio carta uso del suolo della Regione Basilicata (macro area Medio Basento) e relativa legenda delle classi e sottoclassi

2.6 Inquadramento per categorie fisionomiche forestali di I livello

Fonte: Costantini G, Bellotti A, Mancino G, Borghetti M, Ferrara A (2006) Carta Forestale della Basilicata – Atlante. INEA – Sede Regionale per la Basilicata. Viale della Regione Basilicata 12, 85100 Potenza. ISBN 88-8145-062-3. 99 pp.

La Carta Forestale è oggi il più importante strumento conoscitivo a servizio della pianificazione, dell'intervento e della gestione dei territori boscati. La carta, infatti, analizza e suddivide i popolamenti forestali in funzione di una serie di parametri, quali l'estensione, la composizione specifica, la tipologia e il grado di accessibilità, proponendo quindi contenuti di notevole valenza tecnica che consentono di qualificare e localizzare sul territorio le risorse legnose esistenti. L'area di interesse è individuata, sulla carta forestale, incorporando due comunità montane (Medio Basento e Colline Materane) e un'area di Comuni non montani ricadenti in provincia di Matera. Di seguito una rappresentazione grafica dove si evidenziano dati relativi alla superficie territoriale, a quella forestale e alla popolazione della macro area del Medio Basento.



Figura 12: Confronto tra superficie territoriale, popolazione e superficie forestale Comunità montana Medio Basento

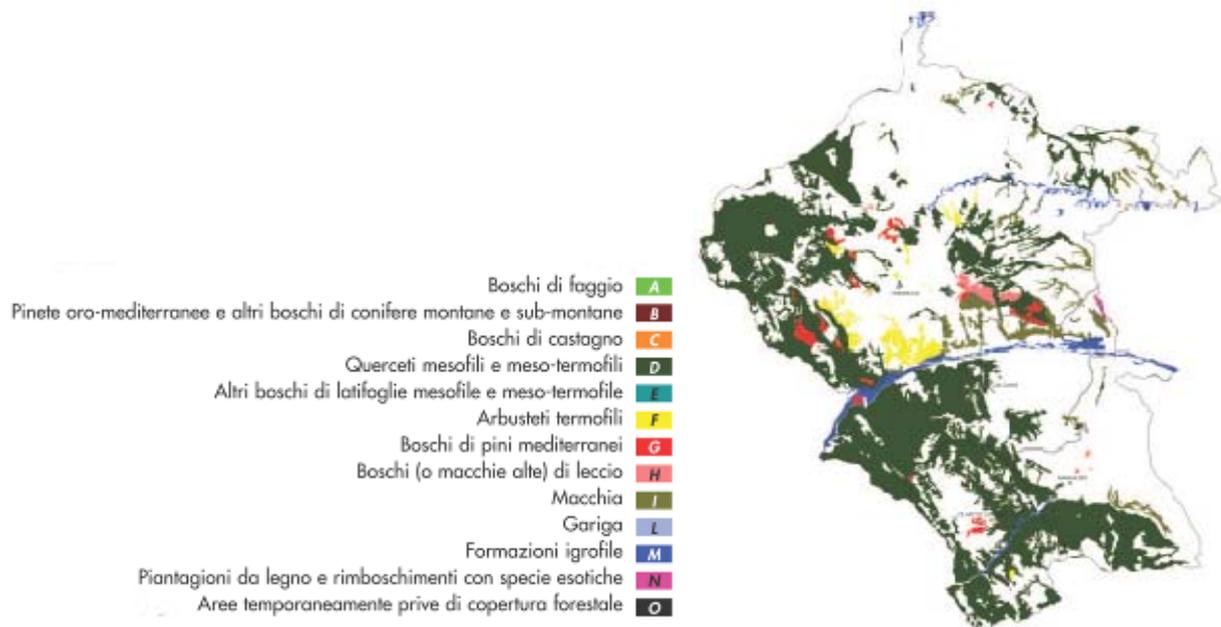


Figura 13: Stralcio carta forestale della Regione Basilicata (comunità montana Medio Basento) e relativa legenda delle categorie fisionomiche di I livello



Figura 14: Confronto tra superficie territoriale, popolazione e superficie forestale Comunità montana collina Materana

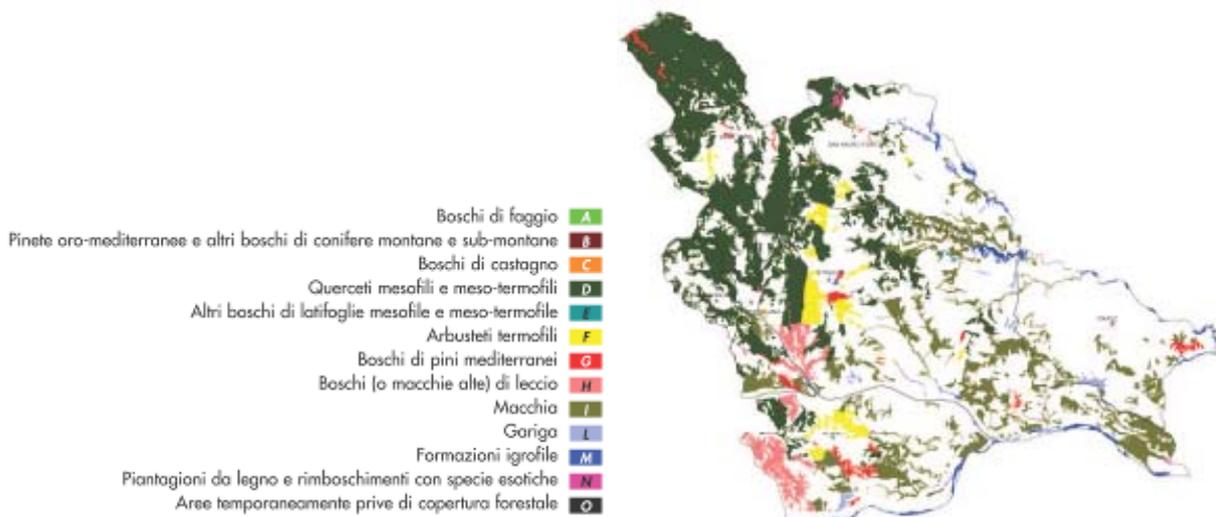


Figura 15: Stralcio carta forestale della Regione Basilicata (Comunità montana collina Materana) e relativa legenda delle categorie fisionomiche di I livello



Figura 16: Confronto tra superficie territoriale, popolazione e superficie forestale Comuni non montani della provincia di Matera

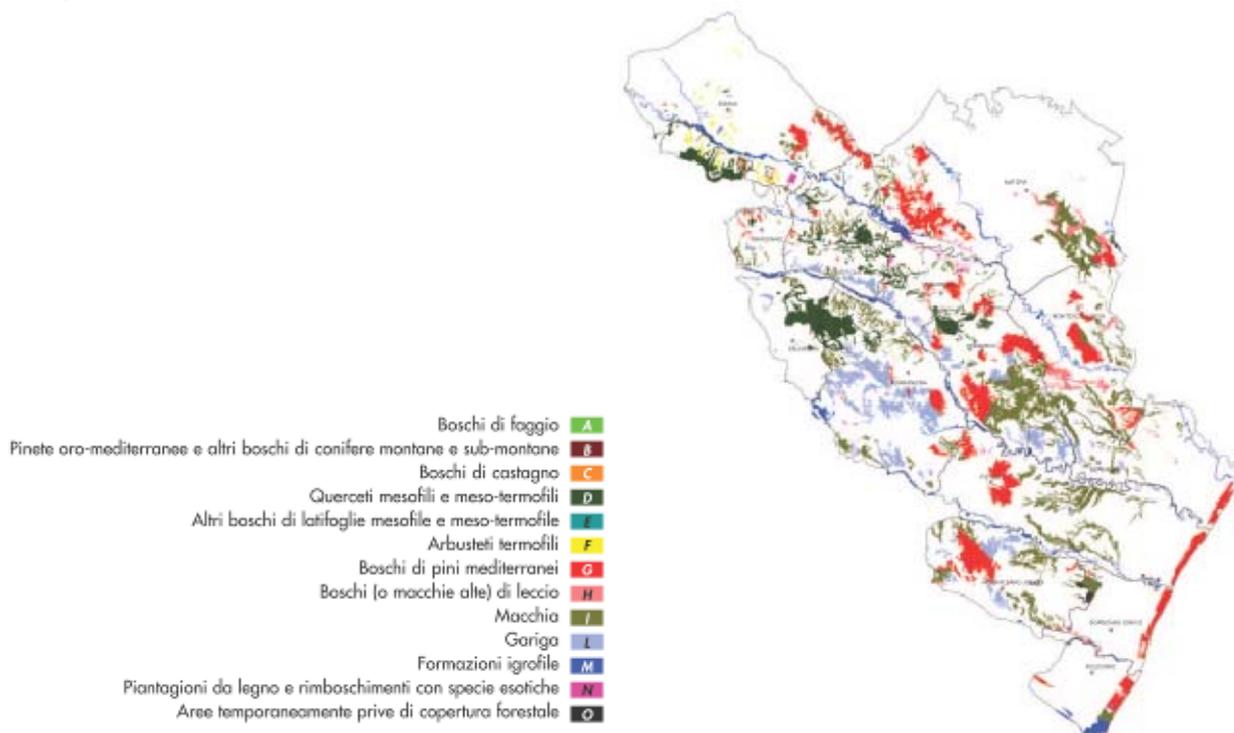


Figura 17: Stralcio carta forestale della Regione Basilicata (Comuni non montani della provincia di Matera) e relativa legenda delle categorie fisionomiche di I livello

3 CRITERI DI SCELTA DELLE TIPOLOGIE DEI SISTEMI AGRARI E DEI SISTEMI FORESTALI

Di seguito si analizzano e confrontano dati ISTAT Regionali e Comunali finalizzati alla scelta dei sistemi agrari più rappresentativi del territorio in oggetto, le categorie fisionomiche di I livello e la ripartizione della superficie forestale distinta per forma di governo.

Questi ultimi parametri hanno indirizzato la scelta verso le popolazioni forestali maggiormente presenti all'interno del Medio Basento.

Di seguito due immagini che contestualizzano l'area geografica oggetto di interesse ossia la macro area del Medio Basento:

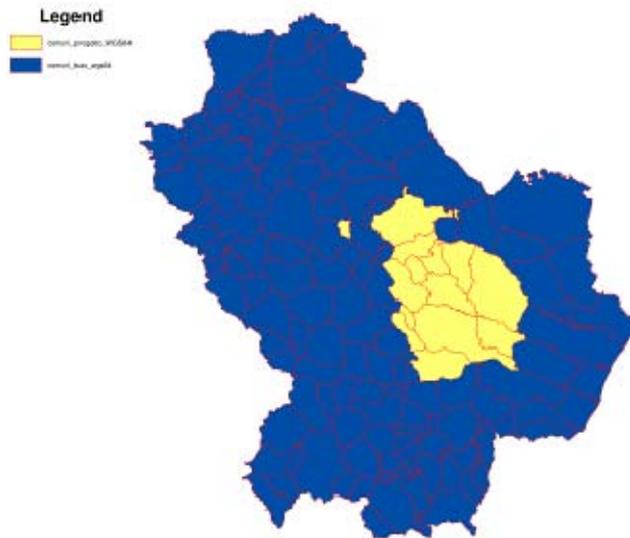


Figura 18: Macro Area del Medio Basento rispetto alla Regione Basilicata

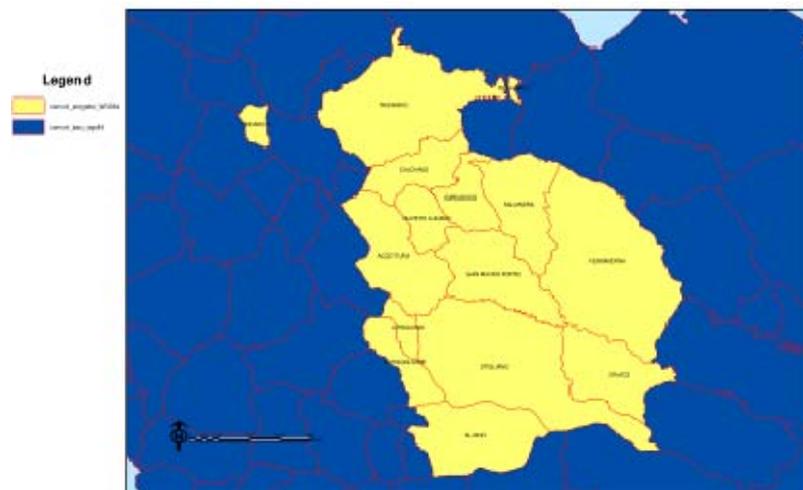


Figura 19: Macro Area del Medio Basento e Comuni interessati

Il progetto “Crediti di Carbonio” individuava, nel territorio d’interesse, **11 siti** rappresentativi ognuno dei seguenti sistemi agrari e forestali e per ogni sito rappresentativo vi era la necessità di caratterizzare i **5 serbatoi di carbonio (sinks)**: sostanza organica del suolo, biomassa epigea, biomassa ipogea, necromassa e lettiera.

Sistemi Agrari	Sistemi Forestali
superfici a "set aside ventennale"	querceti governati a fustaia
superfici a seminativo	querceti governati a ceduo
superfici a colture ortive irrigue	superfici a macchia mediterranea e arbusteti termofili
superfici a pascolo arborato	superfici ad arbusteti termofili
superfici a colture legnose agrarie	superfici con vegetazione forestale igrofila
	pinete mediterranee

Figura 20: Gli 11 siti rappresentativi dei sistemi agro-forestali indicati dal progetto "Crediti di Carbonio"

Si spiegherà in seguito il motivo della variazione di tipologia per due sistemi agrari rispetto alle indicazioni del bando.

Visti gli obiettivi e le finalità di tale attività, per la scelta dei siti su cui svolgere le indagini ci si è basati sui seguenti criteri di scelta:

- Scelta delle tipologie di coltivazione rappresentative della Macro Area (Medio Basento) attraverso l'analisi (reperimento e trattamento) dei dati ISTAT Regionali e Comunali;
- Analisi delle categorie fisionomiche di I livello e ripartizione della superficie forestale distinta per forma di governo (Carta Forestale della Basilicata - <http://basilicata.podis.it/atlanteforestale/>)
- Mediazione dei dati ottenuti con le tipologie indicate nel bando.

3.1 Superficie agricola per tipo di coltivazione (Regione Basilicata)

Fonte: www.istat.it/basilicata. Dati regionali. Agricoltura e zootecnica

Il reperimento e il trattamento di dati ISTAT Regionali ha permesso l'ottenimento di alcuni grafici e tabelle che saranno in seguito commentati:

Superficie agricola per tipo di coltivazione e anno (ha)	
ANNO 2011	
cereali	160429
frumento in complesso	123168
frumento duro	117350
orzo	18509
avena	17712
ortaggi in piena aria	11525
olivo	31351
erbai	20903
erbai polifiti	13950
prati avvicendati	15215
prati avvicendati: monofiti	12372
prati	13380
pascoli	70607
altri pascoli	57888
pascoli poveri	12719
vite	6694

Figura 21: Superficie agricola per tipo di coltivazione (Regione Basilicata) con evidenza sulle superfici presenti in quantità maggiore

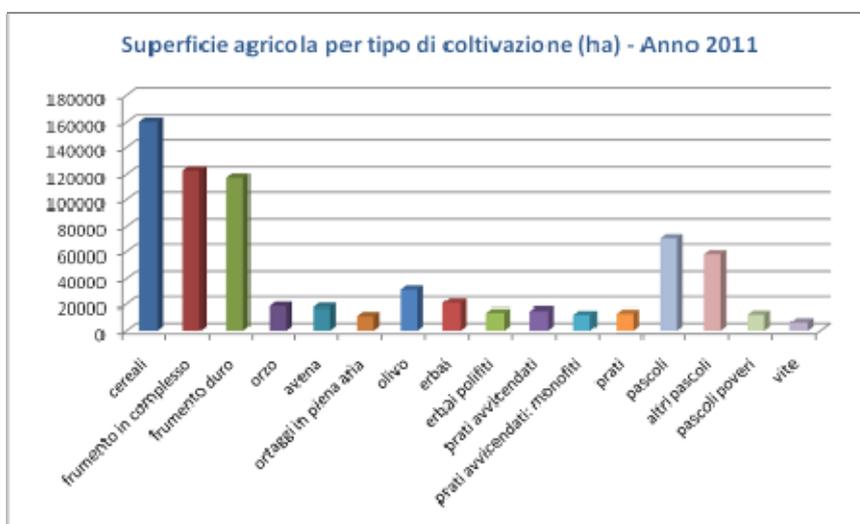


Figura 22: Istogramma delle superfici agricole per tipo di coltivazione (Regione Basilicata)

I dati ISTAT a livello Regionale mostrano come la superficie agricola per tipo di coltivazione (ettari) ordinata in maniera decrescente sia la seguente:

- Cereali;

- Pascoli;
- Olivo;
- Erbai;
- Ortaggi in piena aria;
- Vite;

3.2 Superficie agricola per tipo di coltivazione (macro area Medio Basento)

Fonte: www.dati.regione.basilicata.it - Agricoltura

Sono stati reperiti i dati ISTAT di tutti i Comuni rientranti nella macro area del Medio Basento. Ciò ha permesso di caratterizzare più in dettaglio le tipologie di coltivazioni presenti e di confrontarle con la situazione Regionale per ottenere un risultato paragonabile a scala di macro area:

Superficie agricola per tipo di coltivazione (ha) - Anno 2012					
Comune	Agrumi	Cereali	Legumi	Viti	Olive
Accettura	0	604,43	0	47,5	174,02
Aliano	0,9	749,46	69,93	58,8	576,91
Calciano	0,2	562,71	18,12	11,3	134,17
Cirigliano	0,66	177,05	0	15	69,43
Craco	15,01	1807,34	58	9	157,49
Ferrandina	5,82	4212,48	41,76	96,3	1596,34
Garaguso	0,04	662,41	10,87	5,8	152,31
Gorgoglione	0	581,39	0	2,2	84,76
Oliveto Lucano	0	333,39	0	36,3	77,89
Salandra	1,81	1112,32	74,5	83	414,01
San Mauro Forte	0	2232,22	0	87,4	323,92
Stigliano	43,82	3508,64	253,56	9,7	684,31
Tricarico	2,94	4705,76	213,69	636,4	512,56
Area Medio Basento	71,2	21249,6	740,43	1098,7	4958,12

Figura 23: Superficie agricola per tipo di coltivazione (Medio Basento) – prima classificazione

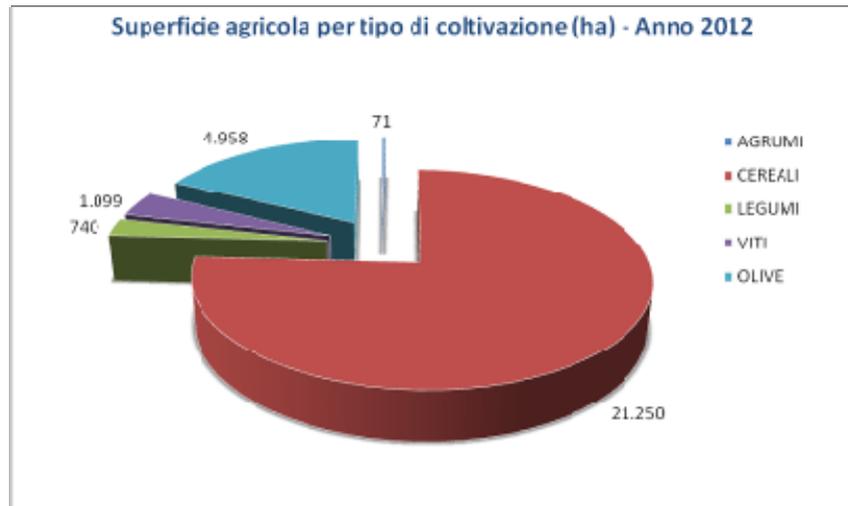


Figura 24: Grafico a torta delle superfici agricole per tipo di coltivazione (Medio Basento) - prima classificazione

L'analisi del grafico a torta relativo ai dati ISTAT a livello della Macro Area oggetto di studio (Medio Basento) mostra come la superficie agricola (ha) per tipo di coltivazione ordinata in modo decrescente sia la seguente:

- Cereali;
- Olive;
- Vite;
- Legumi;
- Agrumi.

Superficie agricola per tipo di coltivazione (ha) - Anno 2012				
Comune	Seminativi	Coltivaz. Legn. Agrar.	Orti Familiari	Prati Perm. E Pasc.
Accettura	911,26	180,06	4,78	2067,35
Aliano	2874,93	626,65	4,27	1500,7
Calciano	841,86	136,1	0,35	762,48
Cirigliano	460,21	72,62	0,75	249,85
Craco	3694,51	223,38	3,27	619,49
Ferrandina	7548,2	1632,63	2,16	4464,43
Garaguso	1123,5	152,93	2,95	215,45
Gorgoglione	1029,53	85,78	0,92	350,04
Oliveto Lucano	472,54	83,13	2,28	920,93
Salandra	2881,4	426,11	8,67	1150,15
San Mauro Forte	3465,76	350,82	1,14	1279,1
Stigliano	7994,61	759,77	4,7	3591,78
Tricarico	6976,43	582,82	6,95	1644,49
Area Medio Basento	40274,74	5312,8	43,19	18816,24

Figura 25: Superficie agricola per tipo di coltivazione (Medio Basento) – seconda classificazione

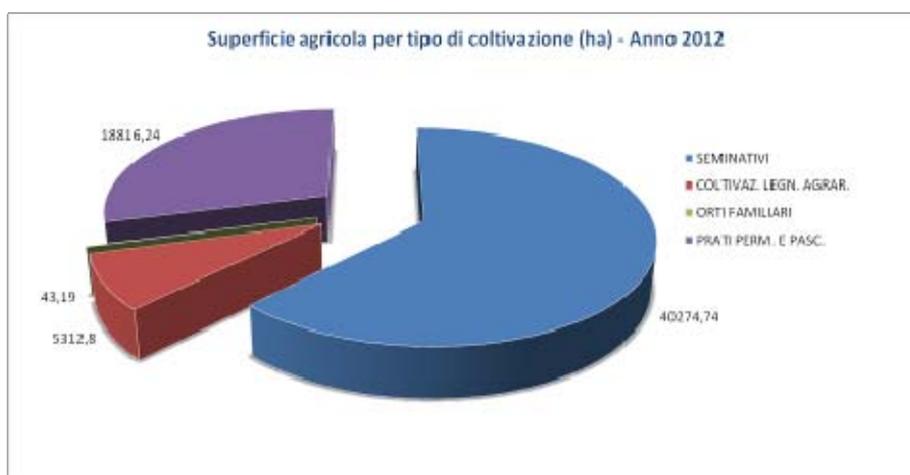


Figura 26: Grafico a torta delle superfici agricole per tipo di coltivazione (Medio Basento) – seconda classificazione

I dati ISTAT a livello della Macro Area oggetto di studio (Medio Basento) mostrano come la superficie agricola per altre tipologie di coltivazione (ettari) ordinati in maniera decrescente sia la seguente:

- Seminativi;
- Prati permanenti e pascoli;
- Coltivazioni legnose agrarie;
- Orti familiari;

Pertanto rispetto alle indicazioni del bando si è scelto di considerare il vigneto e l'oliveto e non le superfici a colture ortive irrigue perché più rappresentati all'interno dell'area del Medio Basento. Di seguito quindi si riporta la situazione definitiva più rappresentativa per le tipologie di sistemi agrari scelti:

Sistemi Agrari
superfici a "set aside ventennale"
superfici a seminativo
superfici a vigneto
superfici a pascolo arborato
superfici a uliveto

Figura 27: I 5 siti rappresentativi dei sistemi agrari definitivi

3.3 Superficie forestale tra le categorie fisionomiche (macro area Medio Basento)

Di seguito si riportano dati relativi alla superficie forestale, dell'area in oggetto, reperiti dalla carta forestale della Regione Basilicata che ci permettono di comprendere attraverso tabelle e grafici, distinte per ripartizione delle categorie fisionomiche e per forme di governo, quelle che sono le popolazioni forestali più rappresentative della macro area Medio Basento. Si riporteranno i valori relativi all'area di interesse che, come già accennato, sulla carta forestale incorpora due comunità montane (Medio Basento e Colline Materane) e un'area di Comuni non montani ricadenti in provincia di Matera

Ripartizione della superficie forestale tra le categorie fisionomiche della comunità montana Medio Basento		Superficie, ha
Categorie fisionomiche di I livello		
B	Pinete oro-mediteranee e altri boschi di conifere montane e sub-montane	2
C	Boschi di castagno	5
D	Querceti mesofili e meso-termofili	8897
F	Arbusteti termofili	434
G	Boschi di pini mediterranei	277
H	Boschi (o macchie alte) di leccio	102
I	Macchia	722
M	Formazione igrofile	472
N	Piantagioni da legno e rimboschimenti con specie esotiche	14
Totale		10926

Figura 28: Ripartizione della superficie forestale della comunità montana Medio Basento

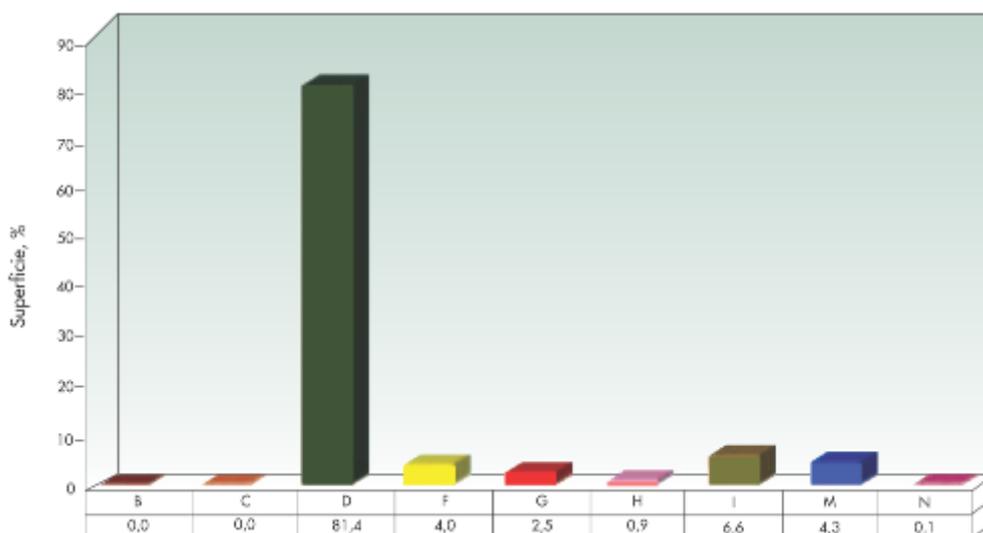


Figura 29: Istogramma ripartizione della superficie forestale tra le categorie fisionomiche (comunità montana Medio Basento)

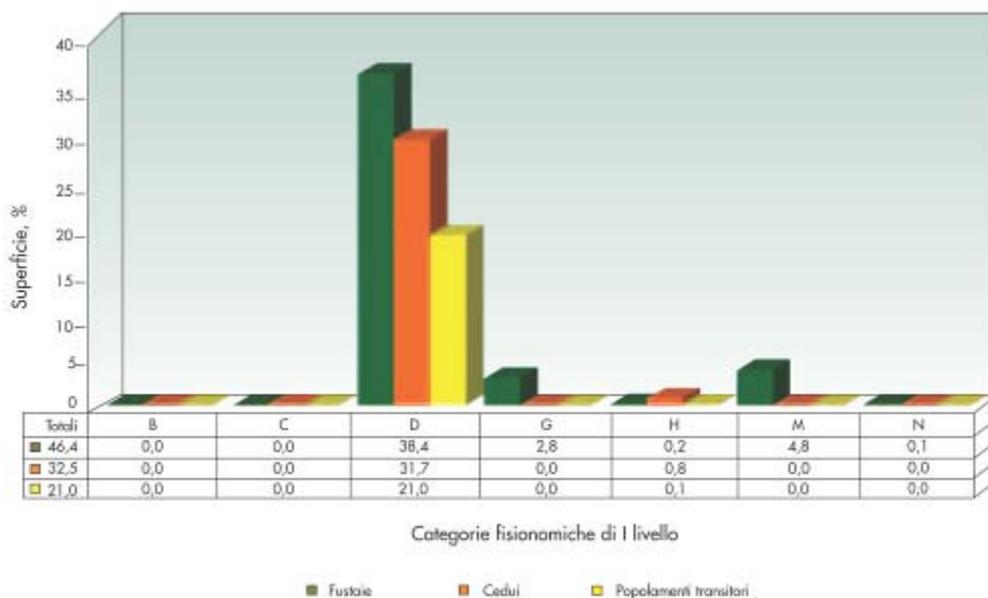


Figura 30: Istogramma ripartizione della superficie forestale distinta per forma di governo (comunità montana Medio Basento)

Ripartizione della superficie forestale tra le categorie fisionomiche della comunità montana Collina Materana		Superficie, ha
Categorie fisionomiche di I livello		
D	Querceti mesofili e meso-termofili	12394
E	Altri boschi di latifoglie mesofile e meso-termofile	18
F	Arbusteti termofili	1276
G	Boschi di pini mediterranei	562
H	Boschi (o macchie alte) di leccio	1201
I	Macchia	5730
L	Gariga	256
M	Formazioni igrofile	707
N	Piantagioni da legno e rimboschimenti con specie esotiche	76
Totale		22221

Figura 31: Ripartizione della superficie forestale della comunità montana Collina Materana

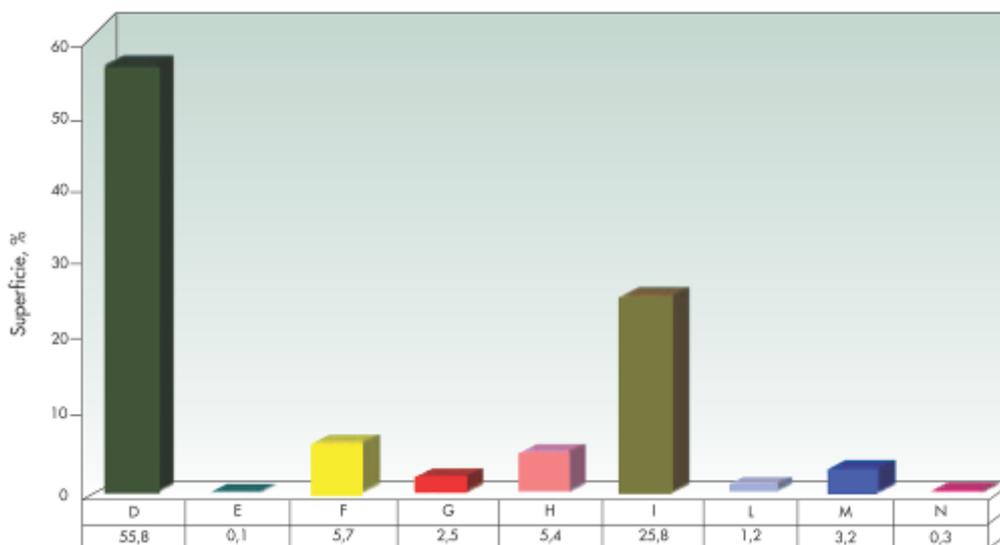


Figura 32: Istogramma ripartizione della superficie forestale tra le categorie fisionomiche (comunità montana Collina Materana)

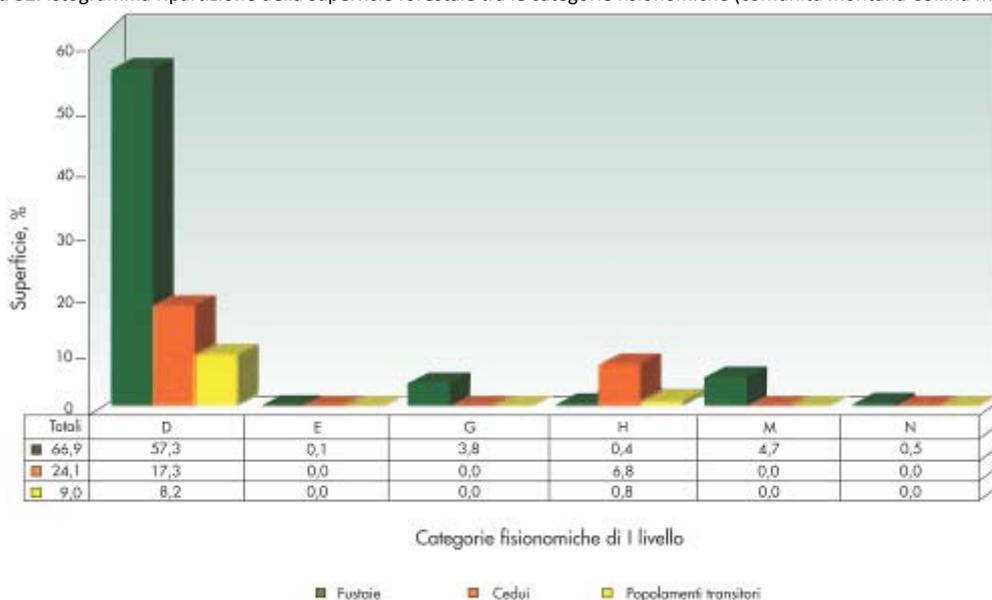


Figura 33: Istogramma ripartizione della superficie forestale distinta per forma di governo (comunità montana Collina Materana)

Ripartizione della superficie forestale tra le categorie fisionomiche dei comuni non montani della provincia di Matera		Superficie, ha
Categorie fisionomiche di I livello		
D	Querceti mesofili e meso-termofili	5511
E	Altri boschi di latifoglie mesofile e meso-termofile	3
F	Arbusteti termofili	492
G	Boschi di pini mediterranei	11143
H	Boschi (o macchie alte) di leccio	1291
I	Macchia	11833
L	Gariga	5659
M	Formazione igrofile	3793
N	Piantagioni da legno e rimboschimenti con specie esotiche	526
O	Aree temporaneamente prive di copertura forestale	134
Totale		40385

Figura 34: Ripartizione della superficie forestale dei comuni non montani della provincia di Matera

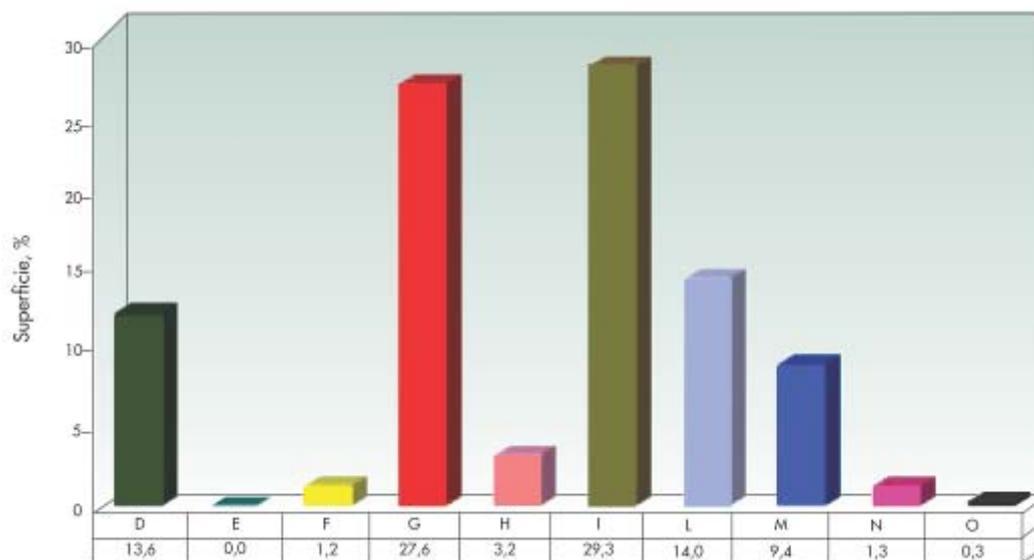


Figura 35: Istogramma ripartizione della superficie forestale tra le categorie fisionomiche (comuni non montani della provincia di Matera)

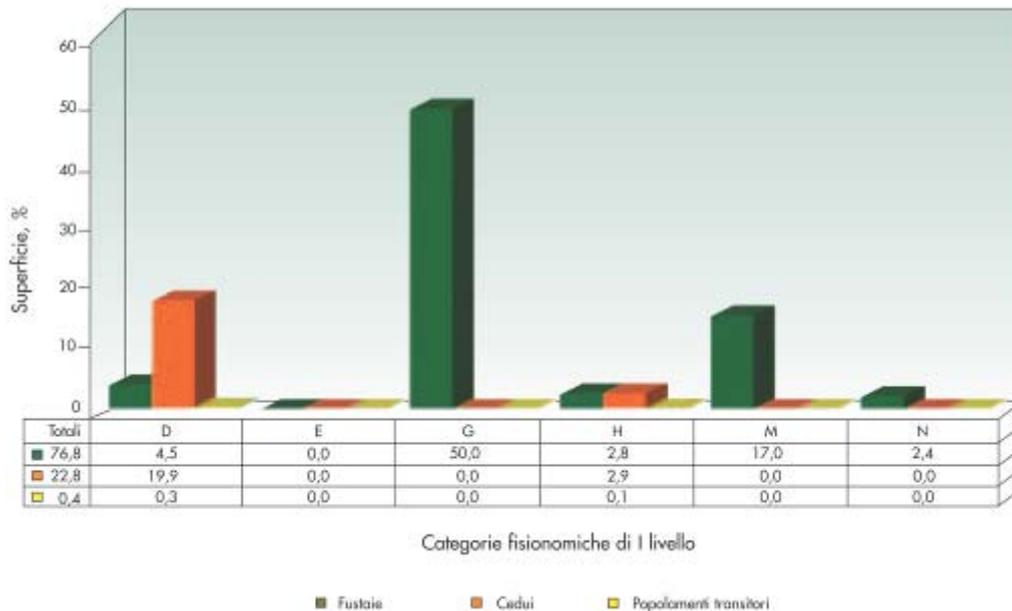


Figura 36: Istogramma ripartizione della superficie forestale distinta per forma di governo (comuni non montani della provincia di Matera)

La ripartizione della superficie forestale e i grafici evidenziano una distribuzione superficiale delle popolazioni forestali in linea con le tipologie indicate nel progetto “Crediti di carbonio” che pertanto restano invariate:

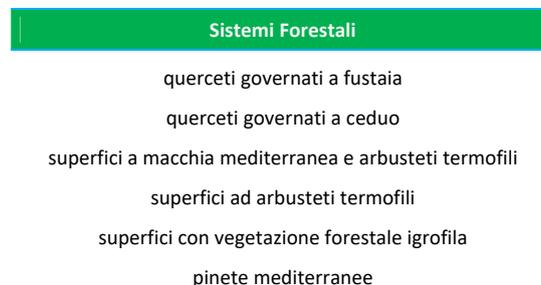


Figura 37: I 6 siti rappresentativi dei sistemi forestali definitivi

Nel paragrafo 7.1 sarà riportata, in dettaglio, la superficie forestale totale nell'area dei Comuni del Medio Basento e la ripartizione delle superfici occupate dalle diverse tipologie forestali su scala comunale. Sarà preso in considerazione, in aggiunta, il popolamento forestale delle leccete (assimilabile al bosco, è un querceto in alto fusto) presente, in quantità considerevole, come categoria di secondo livello.

4 METODOLOGIA DI CAMPIONAMENTO DEI SISTEMI AGRARI

Si descrivono di seguito le principali attività necessarie per l'applicazione della metodologia di valutazione proposta da S. Vladimir et al. (2007) nel documento *"Soil sampling protocol to certify the changes of organic carbon stock in mineral soils of european union"* EUR 21576 EN/2, già sperimentata in altre regioni italiane e contesti.

La finalità è quella di utilizzare tale metodologia in particolare per quanto riguarda i seguenti punti:

- misurazione della reale dotazione in carbonio organico del suolo;
- ripetitività nello spazio e nel tempo;
- valutazione della fattibilità da parte dei futuri certificatori;

4.1 Attività preliminari al rilevamento di campagna

Prima delle attività di campagna si è proceduto a costruire la *"griglia di riferimento"* secondo quanto specificato nel documento *"Soil sampling protocol to certify the changes of organic carbon stock in mineral soils of european union"* EUR 21576 EN/2.

L'elaborazione per la costruzione ed il posizionamento della griglia è stata eseguita mediante lo script di ArcView GIS ESRI denominato AFRSS_Template.avx (scaricabile al seguente link: <http://arcscrips.esri.com/details.asp?dbid=14781>).

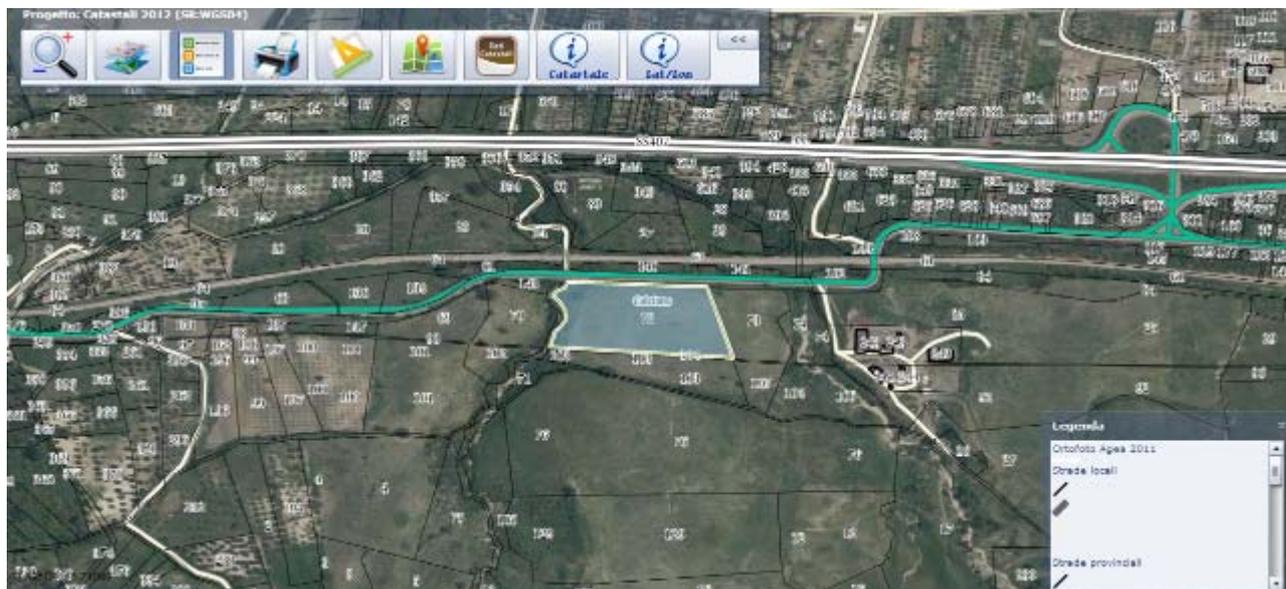


Figura 38: Appezamento dove è stato effettuato il rilievo



Figura 39: Posizionamento della griglia mediante lo script di ArcView GIS ESRI

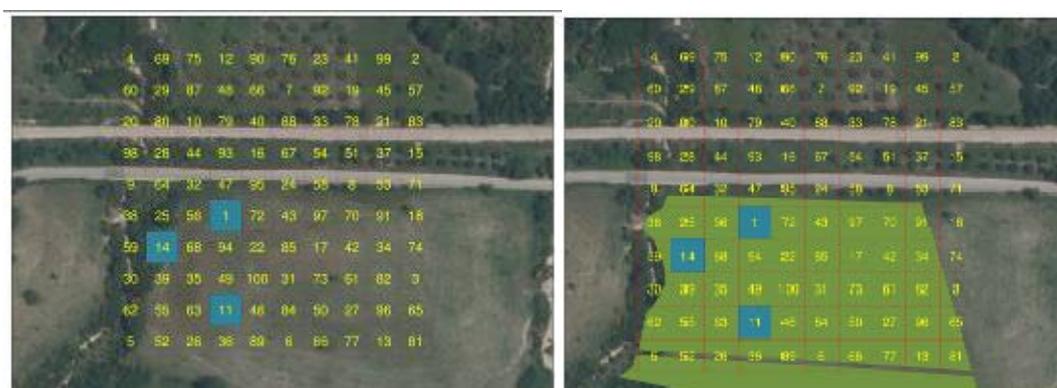


Figura 40: Numerazione e scelta casuale dei blocchi su cui effettuare i rilievi

Tale software come evidenziato nelle figure sopra, ha consentito il posizionamento della griglia principale sul sito di riferimento, individuando nel contempo i blocchi su cui effettuare i rilievi.

Sulla base delle dimensioni dell'appezzamento si è selezionata un'area, all'interno della particella individuata, minore uguale di 5 ha in modo da avere sempre tre blocchi di riferimento in cui effettuare i rilievi (nel caso documentato i blocchi sono i numeri 1, 11 e 14). Nei casi in cui la superficie della particella scelta risultava già \leq di 5 ha, si è selezionata l'area relativa all'intera particella.

Di seguito si riportano dati utili per comprendere le dimensioni dell'area disegnata, i lati dei blocchi da campionare e le coordinate GPS estrapolate che consentono l'esatta ubicazione dei blocchi in campagna:

Grid CALCIANO FG 4 PLLA 72 (SEMINATIVO)

* Plot Info: PARTICELLE_MOD.SHP

- Plot Surface Area : 13231.92 m²
- Maxis Value: 175.95 m (lato reticolo da 100 blocchi disposti in modalita' random)
- The Cell Size : 17.60 m (lato dei blocchi da campionare)

* Template Info: GRID.SHP

- Number of sampling sites: 3 (numero quadrati da campionare)
- Coordinate UTM/WGS84 33N in gradi decimali

LABEL: x,y CENTROID (centroidi e vertici blocchi 1,11,14)

CALF4P72Q1_CENTRO, Y = 40.5953032, X = 16.2108195

CALF4P72Q1_P1, Y = 40.5953835, X = 16.2107170

CALF4P72Q1_P2, Y = 40.5953813, X = 16.2109249

CALF4P72Q1_P3, Y = 40.5952250, X = 16.2107142

CALF4P72Q1_P4, Y = 40.5952229, X = 16.2109221

CALF4P72Q11_CENTRO, Y = 40.5948278, X = 16.2108110

CALF4P72Q11_P1, Y = 40.5949081, X = 16.2107084

CALF4P72Q11_P2, Y = 40.5949059, X = 16.2109163

CALF4P72Q11_P3, Y = 40.5947496, X = 16.2107056

CALF4P72Q11_P4, Y = 40.5947474, X = 16.2109135

CALF4P72Q14_CENTRO, Y = 40.5951491, X = 16.2104009

CALF4P72Q14_P1, Y = 40.5952294, X = 16.2102984

CALF4P72Q14_P2, Y = 40.5952272, X = 16.2105063

CALF4P72Q14_P3, Y = 40.5950709, X = 16.2102955

CALF4P72Q14_P4, Y = 40.5950687, X = 16.2105034

4.2 Lavori di rilevamento

Per la realizzazione delle attività di rilevamento di campagna ed in particolare della costruzione e ubicazione dei reticoli si è proceduto mediante l'ausilio di strumento GPS, capace di garantire un'estrema precisione nelle misure, oltre che un'estrema semplicità d'uso.

Di seguito vengono elencate nel dettaglio le operazioni eseguite per la costruzione dei reticoli in campagna, secondo il metodo sopra elencato.



Figura 41: Attività di rilievo in campagna



Figura 42: Attività di rilievo in campagna

4.3 Costruzione reticolo tramite G.P.S.

Per la costruzione ed ubicazione della griglia di riferimento da utilizzare in fase di rilevamento si è proceduto con una fase preliminare di individuazione delle coordinate geografiche (latitudine e longitudine) dei vertici e dei punti centrali appartenenti ai singoli reticoli rilevati. A tal proposito si veda la figura sotto in cui vengono evidenziati i punti su cui sono state ricavate le coordinate.

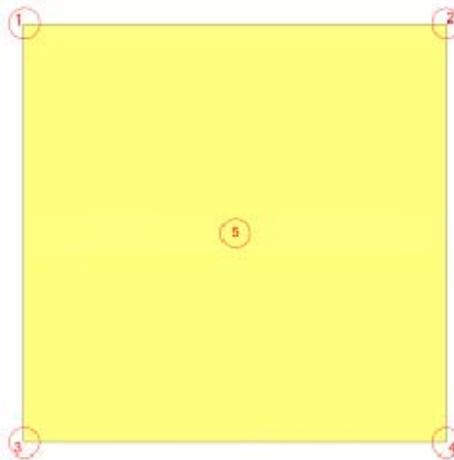


Figura 43: Punti di cui sono state ricavate le coordinate

Sulla base delle coordinate ricavate si è proceduto nella successiva fase di campagna e quindi costruito l'intero quadrato, mediante operazioni di quadrettatura manuale e al posizionamento dei venticinque punti da campionare.

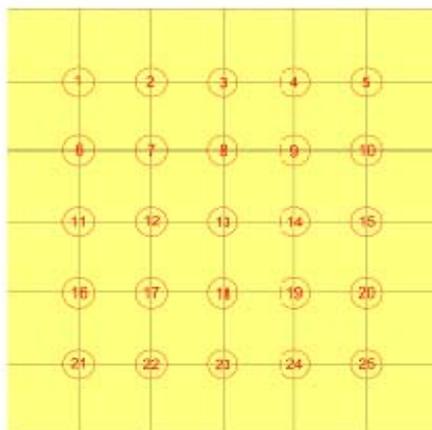


Figura 44: Punti all'interno del quadrato da campionare.

I quadrati sono stati costruiti picchettando il centro della circonferenza che circoscrive il reticolo, stendendo una lenza di lunghezza pari al raggio della circonferenza, partendo dal centro e puntando i vertici che sono stati verificati con le coordinate GPS. Per velocizzare l'operazione di individuazione dei vertici si è utilizzato, uno squadro che posizionato al centro rilevava i 90° di angolazione tra i diversi raggi. Tutti i vertici sono stati verificati con i valori delle coordinate GPS ricavati precedentemente.

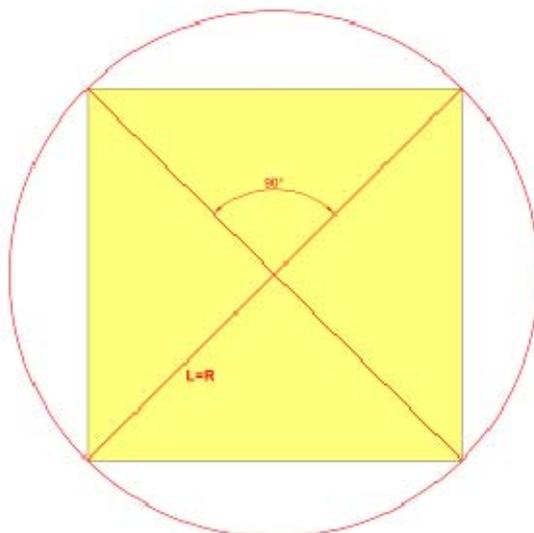


Figura 45: Metodo di costruzione dei quadrati in campagna



Figura 46: Attività di costruzione dei quadrati in campo



Figura 47: Ubicazione dei quadrati in campo secondo la metodologia

L'individuazione dei vertici d'appoggio, tramite coordinate GPS, è necessaria poiché permette anche a diversi rilevatori, sia la verifica dei dati che l'individuazione del sito.

4.4 Prelievo di campioni di suolo

Il prelievo di campioni di suolo da sottoporre ad analisi di laboratorio è stato eseguito su tre blocchi random identificati con i numeri restituiti dallo script AFRSS_Template.avx.

I campioni di suolo sono stati prelevati con idonee attrezzature e strumentazioni.

Il campionamento, è stato eseguito ad una profondità di 0.30 m dal p.c. mediante sgorbia manuale Eijkelkamp (codice: EIJ 04010330N, lunghezza operativa 1 m / diametro 30mm), eseguendo un campione

dato dalla somma dei singoli sub-campioni effettuati con le trivellate (campione composito da 25 sub-campioni).

Si sottolinea che il contributo più elevato, in termini di carbonio organico, è dato dagli orizzonti superficiali (44 % circa nei primi 30 cm), dove avviene l'incorporazione della materia organica proveniente dalla decomposizione dei residui vegetali; invece oltre un metro di profondità è contenuto meno del 20 % del carbonio totale. Inoltre per poter confrontare suoli diversi è necessario che lo spessore di riferimento sia lo stesso per tutti. Per tutti questi motivi si è scelto di determinare lo stock di carbonio organico alla profondità di 0.30 m.

I campioni sono stati codificati in modo da essere identificati sulla base dell'area del territorio, nome proprietario, tipologia sistema agrario e quadrante rilevato.

Successivamente sono stati posti all'interno di sacchetti di polietilene e trasportati in laboratorio per le successive analisi.



Figura 48: Operazione di campionamento suolo mediante sgorbia manuale



Figura 49: Raccolta e codificazione dei campioni di suolo prelevati

In fase di campionamento sono stati osservati i seguenti criteri:

- Quantità campione non inferiore a 2 kg di terreno;
- Campione composito di suolo - ottenuto dai prelievi nei punti previsti – accuratamente miscelato;
- Campione riposto in un sacchetto resistente in polietilene accuratamente chiuso e debitamente etichettato.

4.5 Apertura mini profilo

Per eseguire il campionamento volto alla determinazione della densità apparente si è proceduto all'apertura di tre "minipit" all'interno di ogni quadrante della profondità di 30 cm.

Gli scavi sono stati eseguiti, in maniera casuale nei singoli reticoli, manualmente mediante vanga e piccone.



Figura 50: Operazioni di apertura minipit



Figura 51: Operazioni di apertura minipit

4.6 Determinazione "Densità Apparente", (DA)

Per la determinazione della Densità apparente (Da) dei terreni si è proceduto, come già citato, al campionamento casuale all'interno di ogni reticolo, mediante la realizzazione di tre minipit eseguiti con scavo manuale; Il prelievo è stato eseguito mediante cilindro a bordi taglienti (fustella), inserito nel terreno mediante battitura manuale con utilizzo di travetti (segati) in legno e mazzetta. Per ogni minipit sono state prelevate tre fustelle di suolo a tre diverse profondità (0-0.10 m, 0.10-0.20 m, 0.20-0.30 m).

I campioni sono stati codificati in modo da essere identificati sulla base dell'area del territorio, nome proprietario, tipologia sistema agrario, quadrante rilevato.



Figura 52: Operazioni di prelievo fustella per determinazione della densità apparente all'interno del minipit



Figura 53: Operazioni di prelievo fustella per determinazione della densità apparente all'interno del minipit



Figura 54: Operazione di raccolta e codificazione delle fustelle prelevate

4.6 Prelievo in campo della lettiera

La lettiera o orizzonte superiore è formata dall'accumulo dei residui vegetali ed animali sulla superficie del suolo.

Vi si possono riconoscere, infatti, resti vegetali quali foglie di alberi, erbe secche, resti di muschi. Questo strato superficiale e semimobile è soggetto a marcate fluttuazioni dal punto di vista della temperatura e del suo contenuto in acqua, ciò nonostante vi possono permanere alcuni organismi adattati alle condizioni più stabili del suolo profondo.

Nella lettiera, i detriti organici sono sottoposti ad una lenta decomposizione sotto l'effetto dell'azione congiunta della microflora e della microfauna (dimensioni corporee inferiori a 0,2 mm) e mesofauna (dimensioni corporee comprese tra 0,2 e 2 mm) che abita nello strato superficiale del suolo. La quantificazione della lettiera è stata basata su misure ponderali effettuate, per ogni sistema agrario, all'interno dei quadranti casualmente selezionati dallo script ArcView GIS ESRI, pertanto l'operazione è stata ripetuta 3 volte per ogni tipologia di suolo. All'interno di ogni quadrante si è individuata casualmente una zona, tracciato un quadrante 1 m x 1 m (1 m²) e asportata tutta la lettiera presente.

Il campione è stato posto dentro sacchetti di polietilene puliti e successivamente trasportati in laboratorio per le operazioni di pesatura e di essiccazione in stufa.

I campionamenti descritti permettono il prelievo di un campione che possiede una soddisfacente rappresentatività del suolo in esame.



Figura 55: Prelievo in campo della lettiera



Figura 56: Prelievo in campo della lettiera



Figura 57: Prelievo in campo della lettiera

4.7 Prelievo in campo della biomassa epigea e stima della biomassa ipogea

La biomassa epigea per i sistemi agrari può essere intesa come la vegetazione superficiale (gli organi vegetali che si sviluppano fuori dal terreno) ed è computata con la determinazione del peso fresco della parte epigea asportata con il taglio, o più comunemente del peso secco corrispondente.

Il metodo ha previsto la pesatura della parte epigea della vegetazione fresca asportata con lo sfalcio prima e dopo l'essiccamento in stufa.

Si è applicata la stessa metodologia di campionamento della lettiera e quindi i prelievi di biomassa epigea sono stati ripetuti 3 volte, per ogni sistema agrario e all'interno di quadranti 1 m x 1 m (1 m²) è stata recisa e asportata tutta la biomassa epigea presente (esattamente all'interno delle stesse aree individuate casualmente per il prelievo della lettiera).

I campioni sono stati posti all'interno di sacchetti di polietilene puliti e successivamente trasportati in laboratorio per le operazioni di pesatura, lavaggio dalle particelle di suolo e essiccamento in stufa.



Figura 58: Delimitazione dei quadranti di 1 mq



Figura 59: Recisione e raccolta della biomassa epigea



Figura 60: Prelievo della biomassa epigea

La biomassa ipogea può essere semplicemente definita come la sostanza organica viva sotto terra ed è individuata fisicamente nell'apparato radicale di vegetazione e piante.

Le sperimentazioni relative alla misura della biomassa ipogea sono molto limitate, per gli elevati costi di rilievo e le difficoltà operative che esse comportano. Pertanto, le metodologie di rilievo non sono ancora ben definite e standardizzate.

In genere, si assume che la biomassa radicale vari nel tempo in maniera proporzionale rispetto alla biomassa epigea (Ponce - Hernandez, 2005), Nel caso in esame la biomassa ipogea sarà stimata come il 20% della biomassa vegetale epigea (Celano et al., 2003).

4.8 Prelievo in campo della necromassa

La necromassa può essere definita come l'insieme di organismi non più viventi o la sostanza organica morta attribuibile a residui vegetali e animali.

Sono stati prelevati, per ogni sistema agrario, tre campioni di suolo ad una profondità di circa 30 cm. I punti di prelievo sono stati individuati in modo del tutto casuale sempre però all'interno dei tre quadranti individuati dallo script di ArcGis.

I campioni sono stati posti dentro sacchetti di polietilene puliti e trasportati in laboratorio per le operazioni di pesatura e individuazione della necromassa.

L'individuazione della necromassa è stata effettuata in laboratorio mediante analisi visiva, selezione manuale e pesatura.



Figura 61: Prelievo in campo della necromassa



Figura 62: Selezione manuale della necromassa in laboratorio

4.9 Determinazioni di laboratorio

- *Determinazione del carbonio organico (metodo Walkley e Black) – D.M. agricoltura e foreste 13/09/99:*

Per ogni campione di suolo prelevato la determinazione del contenuto di carbonio organico nei suoli è stata eseguita con il metodo *Walkley-Black*.

Il metodo Walkley – Black, per la determinazione del carbonio organico, prevede l'ossidazione ad anidride carbonica del carbonio organico, presente nel campione di terreno, con soluzione di bicromato di potassio in presenza di acido solforico, in condizioni standardizzate.

Principio (metodo Walkley-Black)

Il carbonio organico viene ossidato ad anidride carbonica, in condizioni standardizzate, con soluzione di potassio bicromato in presenza di acido solforico. La velocità della reazione viene favorita dall'innalzamento della temperatura conseguente alla brusca diluizione dell'acido. Dopo un tempo stabilito, la reazione viene interrotta per aggiunta di un opportuno volume di H₂O e la quantità di potassio bicromato che non ha reagito viene determinata per titolazione con una soluzione di ferro (II) solfato eptaidrato. Il punto finale della titolazione viene accertato con l'aggiunta di un indicatore di ossidoriduzione o per via potenziometrica utilizzando un elettrodo di platino.

- *Sostanza organica (S.O.)*

Per trasformare i g kg⁻¹ di carbonio organico nel corrispondente contenuto di sostanza organica (S.O.) è possibile utilizzare il fattore 1,724:

$$\text{S.O.} = \text{C} \times 1,724$$

L'analisi della sostanza organica ha lo scopo di determinare la frazione organica del suolo di origine animale e vegetale. Il metodo si basa sul dosaggio del contenuto di carbonio organico, ottenuto per ossidazione con bicromato di potassio.

Dotazione	Classe tessiturale USDA		
	S, SF, FS	F, FSA, FL, AS, L, A	FA, AL, FAL
	C. org. [g/kg]		
Scarsa	7	< 8	< 9
Normale	7 - 9	8 - 12	10 - 15
Buona	9 - 12	12 - 17	15 - 22
Molto Buona	>12	>17	>22

Classi tessiturali USDA: sabbiosa (S), sabbioso-franca (SF), franco-sabbiosa (FS), franca (F), franco-limosa (FL), limosa (L), franco-sabbioso-argillosa (FSA), franco-argillosa (FA) franco-limoso-argillosa (FLA), argilloso-sabbiosa (AS) argilloso-limosa (AL), argillosa (A)

Figura 63: Tabella riassuntiva dotazione carbonio organico per classe tessiturale USDA

La sostanza organica del suolo è una componente molto importante ha infatti funzioni sia nutritive che strutturali. Essa aumenta la capacità di scambio cationico favorendo l'assorbimento di cationi e anioni.

- *Determinazione della densità apparente*

Il campionamento per la determinazione della densità apparente, già descritto nei capitoli precedenti, viene effettuato, in prossimità del centro di ogni area di campionamento, scegliendo in maniera casuale i punti da campionare. E' previsto il prelievo, di campioni indisturbati di suolo, in tre punti distinti per quadrante e a tre profondità 10cm, 20cm, 30cm. Si procede nel modo seguente: un cilindro cavo in metallo di volume noto viene inserito orizzontalmente nel terreno posizionandosi alla profondità desiderata, dopo aver aperto il mini-profilo.

Il campione di suolo così raccolto viene essiccato (105°C in stufa sino a raggiungimento di peso costante) e pesato.

Il calcolo della densità viene ottenuto con la seguente formula:

$$DA = M/V$$

dove:

DA = densità apparente del campione (g/cm³)

M = peso del campione (g)

V = volume del campione (cm³) = volume del cilindro campionatore

- *Determinazione della sostanza secca di biomassa epigea e lettiera*

Questa operazione è stata applicata principalmente alla biomassa epigea e alla lettiera risultante dalla raccolta umida e ha come fine l'ottenimento del peso di sostanza secca delle due componenti.

La biomassa epigea, recisa a livello della superficie del suolo, accuratamente lavata dalle particelle di suolo, è stata essiccata in stufa a 80°C sino a raggiungimento di peso costante.

La lettiera raccolta umida dalla superficie del suolo, accuratamente lavata dalle particelle di suolo, è stata essiccata in stufa a 80°C sino a raggiungimento di peso costante.

- *Calcolo dello stock di carbonio organico (CO)*

Per determinare lo stock di carbonio organico all'interno di ogni sito di interesse si è proceduto nel modo seguente.

- calcolo del CO medio (kg/m² o t/ha) riferito alla singola area di campionamento:

$$\overline{CO}_{area} = \sum_{i=1}^{strati} [CO_i \cdot BD_i \cdot h_i \cdot (1 - sk_i)]$$

dove:

BD = densità apparente (g/cm³);

h = spessore degli strati indagati (cm);

CO = contenuto di carbonio organico (g/kg);

sk = contenuto di scheletro (% o dm³/m³).

Il contenuto di scheletro, all'interno dell'orizzonte dei 30 cm, per i suoli considerati varia da "scheletro assente" a "scheletro scarso" (<5%) e per tale motivo si è ritenuto trascurabile tale valore.

$$\overline{CO}_{area} = \sum_{i=1}^{strati} [CO_i \cdot BD_i \cdot h_i]$$

La densità apparente, all'interno della formula, è utile per estendere i risultati ottenuti all'ettaro, moltiplicando il contenuto di carbonio organico per 10000 (m²).

Calcolo dello stock medio unitario di carbonio organico (kg/m² o t/ha) dell'unità di monitoraggio UM in esame (n = numero delle aree di campionamento presenti):

$$\overline{CO}_{UM} = \frac{1}{n} \sum_{area=1}^n (\overline{CO}_{area})$$

- *Potenziale di accumulo di Carbonio (PCS – Potential Carbon Sequestration)*

Il potenziale di accumulo di Carbonio (PCS – Potential Carbon Sequestration) è la capacità potenziale teorica di sequestrare carbonio da parte delle diverse tipologie di suolo in un determinato territorio.

Si farà riferimento per il presente studio alla Produzione primaria netta annua (Ppn)

La Ppn è la grandezza, espressa in tonnellate di carbonio per ettaro all'anno, mediante cui viene indicata la quantità totale di carbonio assorbito dalle piante terrestri ogni anno e fissato nelle strutture vegetali. In assenza di misure dirette, il contenuto in carbonio del materiale vegetale è stimato tenendo presente che 1 g di sostanza secca è pari a 0,4782 g di carbonio (Robin, 1997).

Nel calcolo della Ppn annua, dei suoli, vanno considerati la quantità di sostanza secca relativa a biomassa epigea (e quindi inerbimento), biomassa ipogea, necromassa, lettiera e sostanza organica del suolo (SOC).

Per convertire i grammi di Carbonio presenti nella sostanza secca in CO₂ fissata si tiene conto del rapporto tra i peso molecolari dei due elementi (C = 12u, CO₂=44u)

1 g di sostanza secca = 0,4782 g C

1 g di C = 3,67 g di CO₂ fissata

5 DESCRIZIONE DEI SISTEMI AGRARI E RISULTATI OTTENUTI

Si riportano, in questo capitolo, alcune brevi descrizioni dei sistemi agrari e dei suoli campionati, la documentazione fotografica delle aree esaminate, completa di un serie di foto sul paesaggio circostante, posizionamento delle griglie di riferimento e scelta dei quadranti campionati, coordinate GPS dei quadranti (punto centrale e vertici) ottenuti con lo script di Arcview Gis, utili per il posizionamento in campo.

In fine sono riportati i risultati ottenuti, mediante analisi di laboratorio e trattamento dati, in termini di densità apparente, carbonio organico, sostanza organica nei suoli e C_{stock} (CO_2 incorporata nei 5 pools analizzati ovvero sostanza organica del suolo (SOC), biomassa epigea, biomassa ipogea, necromassa e lettiera).

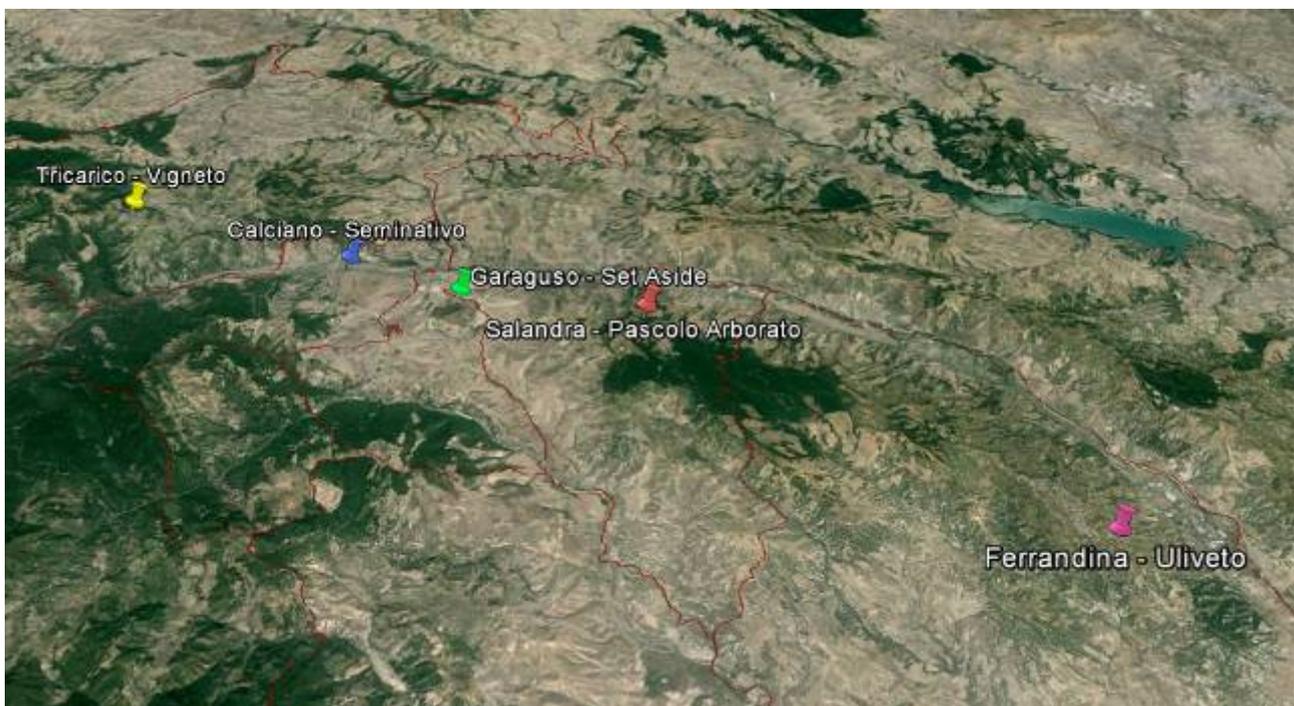


Figura 64: Localizzazione su ortofoto dei 5 sistemi agrari scelti per il progetto "Crediti di Carbonio"

5.1 Sito di rilevamento localizzato in agro di Calciano

Il sito di rilevamento si trova in destra idrografica del fiume Basento a una distanza di circa 500 m dal fiume stesso, su una zona semi pianeggiante a debole pendenza a quota compresa tra 224 e 240 m s.l.m.

Il sito ricade nel comune di Calciano, ed in particolare l'azienda agricola dove sono stati effettuati i rilievi risulta di proprietà del Sig. Cannito Paolo e ad oggi il sito scelto è gestito omogeneamente per la coltura cerealicola.

Uso del suolo: seminativo

Scheletro: scheletro scarso (<5%)

Individuazione catastale: Fg. 4 P.IIa 72

Produzione anno 2014: 30 q/ha

Data campionamento: 21/02/2015



Figura 65: Sito di rilevamento localizzato in agro di Calciano



Figura 66: Sito di rilevamento localizzato in agro di Calciano

Livelli di inquadramento dei paesaggi:

I° livello – Regione Pedologica 61.1: Cambisoil-Regosols con Luvisols dell'Italia orientale (Appennino orientale e sud-orientale)

II° livello – Provincia pedologica 6 - Suoli dei rilievi centrali a morfologia aspra

- *Posizionamento della griglia di riferimento*

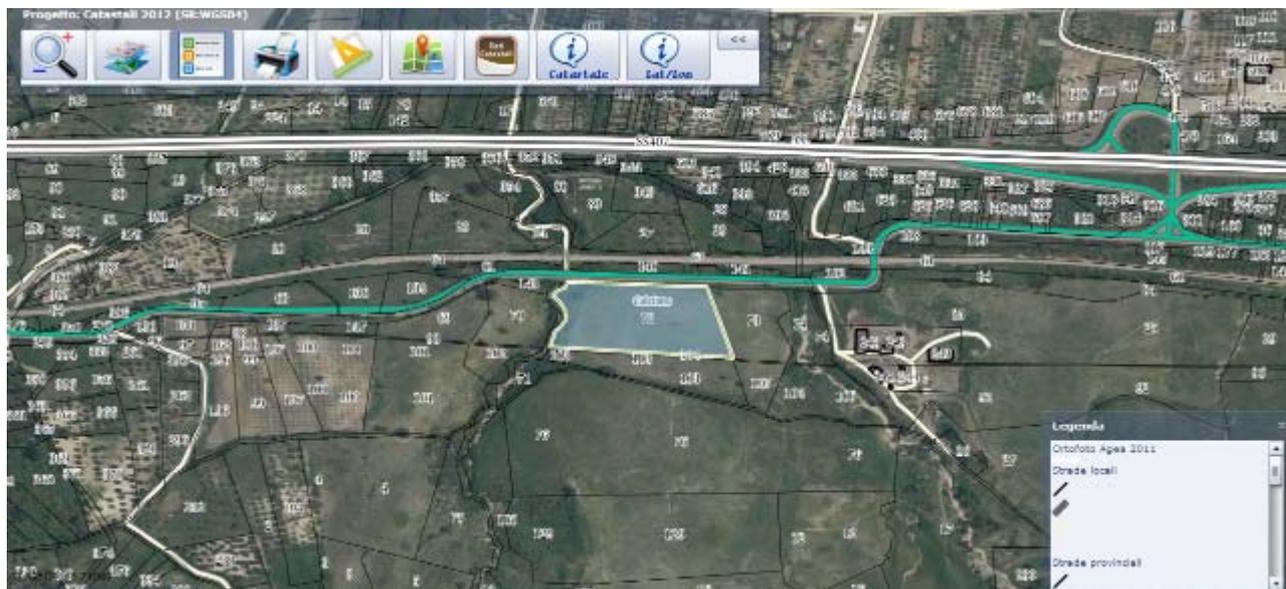


Figura 67: Particella di riferimento



Figura 68: Griglia di riferimento principale (rosso), blocchi di indagine (azzurro) e delimitazione sito (verde)

- *Coordinate GPS dei blocchi di indagine*

Grid CALCIANO FG 4 PLLA 72 (seminativo)

* Plot Info: PARTICELLE_MOD.SHP

- **Plot Surface Area** : 13231.92 m² (area plottata)
- **Maxis Value**: 175.95 m (lato reticolo da 100 blocchi disposti in modalita' random)
- **The Cell Size** : 17.60 m (lato dei blocchi di indagine)

* Template Info: GRID.SHP

- **Number of sampling sites**: 3 (numero quadrati da campionare)
- **Coordinate UTM/WGS84 33N in gradi decimali**

LABEL: x,y CENTROID (centroidi e vertici blocchi 1,11,14)

CALF4P72Q1_CENTRO, Y = 40.5953032, X = 16.2108195

CALF4P72Q1_P1, Y = 40.5953835, X = 16.2107170

CALF4P72Q1_P2, Y = 40.5953813, X = 16.2109249

CALF4P72Q1_P3, Y = 40.5952250, X = 16.2107142

CALF4P72Q1_P4, Y = 40.5952229, X = 16.2109221

CALF4P72Q11_CENTRO, Y = 40.5948278, X = 16.2108110

CALF4P72Q11_P1, Y = 40.5949081, X = 16.2107084

CALF4P72Q11_P2, Y = 40.5949059, X = 16.2109163

CALF4P72Q11_P3, Y = 40.5947496, X = 16.2107056

CALF4P72Q11_P4, Y = 40.5947474, X = 16.2109135

CALF4P72Q14_CENTRO, Y = 40.5951491, X = 16.2104009

CALF4P72Q14_P1, Y = 40.5952294, X = 16.2102984

CALF4P72Q14_P2, Y = 40.5952272, X = 16.2105063

CALF4P72Q14_P3, Y = 40.5950709, X = 16.2102955

CALF4P72Q14_P4, Y = 40.5950687, X = 16.2105034

Agreement srl - Spin Off Accademico Università degli studi della Basilicata

Via Annibale Maria di Francia - 75100 Matera (MT) - P.IVA: 01258430774 - Tel.: +39 392.3873232 - 080.3149588

e-mail: info@agreement.it - pec: agreementsrl@pec.it

- *Densità apparente [t/m³]*

Profondità [cm]	Quadrante			Media ± σ
	11	1	14	
0-10	1,54	1,34	1,54	1,47 ± 0,12
10-20	1,51	1,50	1,57	1,53 ± 0,03
20-30	1,59	1,60	1,62	1,60 ± 0,01
0-30	1,55	1,48	1,58	1,53 ± 0,05

Figura 69: Densità apparente per quadrante e per profondità

- *Carbonio organico nel suolo e sostanza organica nel suolo*

Quadrante	Carbonio organico [g/Kg]	Sostanza organica [g/Kg]	Media C.O. [g/Kg]	Media S.O. [g/Kg]
11	13	22,41		
1	6	10,34	14,00 ± 8,54	24,14 ± 14,73
14	23	39,65		

Figura 70: Carbonio organico per quadrante e carbonio organico medio

- *Produzione*

Produzione quintali [q/ha]	Produzione [t/ha]	Produzione s.s. [t/ha]	C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
30,00	3,00	1,20	0,57	2,11

Figura 71: C e Stock di CO₂ produzione

Nel caso specifico del seminativo la biomassa epigea coincide con quella derivante dalla produzione. Mentre la biomassa ipogea viene stimata come il 20% della biomassa vegetale epigea (Celano et al., 2003).

- *C_{stock} nel suolo, C_{stock} nei 5 pools e C_{stock} totale*

Il valore di C. organico nel suolo (SOC) 0-30cm è pari alla somma delle tC/ha nell'intero orizzonte dei 30 cm.

Territorio	Uso del suolo	Profondità [cm]	C [t/ha]	Media C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
		10	21,16 ± 13,76		
Calciano	Seminativo	20	21,59 ± 13,63	21,74 ± 0,67	239,40 ± 2,46
		30	22,48 ± 13,90		
C. organico nel suolo (SOC) 0-30cm			65,23 ± 0,67		

Figura 72: SOC e stock di CO₂

Biomassa ipogea [t/ha]	C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
0,24	0,11	0,42

Figura 73: C e stock CO₂ biomassa ipogea

Quadrante	Necromassa [g/m ²]	Necromassa [t/ha]	C [t/ha]	Media C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
11	3,90	4,81	2,30		
1	2,60	3,77	1,80	1,84 ± 0,44	6,76 ± 1,61
14	2,20	2,98	1,42		

Figura 74: C e Stock di CO₂ necromassa

CALCIANO - seminativo	C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
Suolo (SOC)	65,23	239,40
Biomassa Epigea	0,57	2,11
Biomassa Ipogea	0,11	0,42
Necromassa	1,84	6,76
Lettiera	0,00	0,00
Totale	67,76	248,68

Figura 75: C-Stock di CO₂ nei 5 pools

5.2 Sito di rilevamento localizzato in agro di Tricarico

Il sito di rilevamento si trova in sinistra idrografica del fiume Basento a una distanza di circa 4 Km dal fiume stesso, su una zona collinare a media pendenza e a quota compresa tra 786 e 762 m s.l.m.

Il sito ricade nel comune di Tricarico, ed in particolare l'azienda agricola dove sono stati effettuati i rilievi risulta di proprietà del Sig. Antonio Amato e ad oggi il sito scelto è gestito omogeneamente a vigneto (vitigno Malvasia).

Uso del suolo: vigneto

Scheletro: scheletro scarso (<5%)

Individuazione catastale: Fg. 59 P.IIa 101

Toponimo: "serra delle vigne"

Produzione anno 2014: 40 q/ha

Data campionamento: 04/03/2015

Ulteriori Informazioni: sesto d'impianto: 2m x 0,8m; il vigneto è gestito da circa 5 anni con l'inerbimento (essenze spontanee); in questo caso specifico sono stati calcolati in campo anche i residui di potatura ma questi non costituiscono un sequestro di CO₂ perchè vengono trasportati fuori dal campo e bruciati.



Figura 76: Sito di rilevamento localizzato in agro di Tricarico



Figura 77: Sito di rilevamento localizzato in agro di Tricarico

Livelli di inquadramento dei paesaggi:

I° livello – Regione Pedologica 61.1: Cambisol-Regosols con Luvisols dell'Italia orientale (Appennino orientale e sud-orientale)

II° livello – Provincia pedologica 6 - Suoli dei rilievi centrali a morfologia aspra

- *Posizionamento della griglia di riferimento*

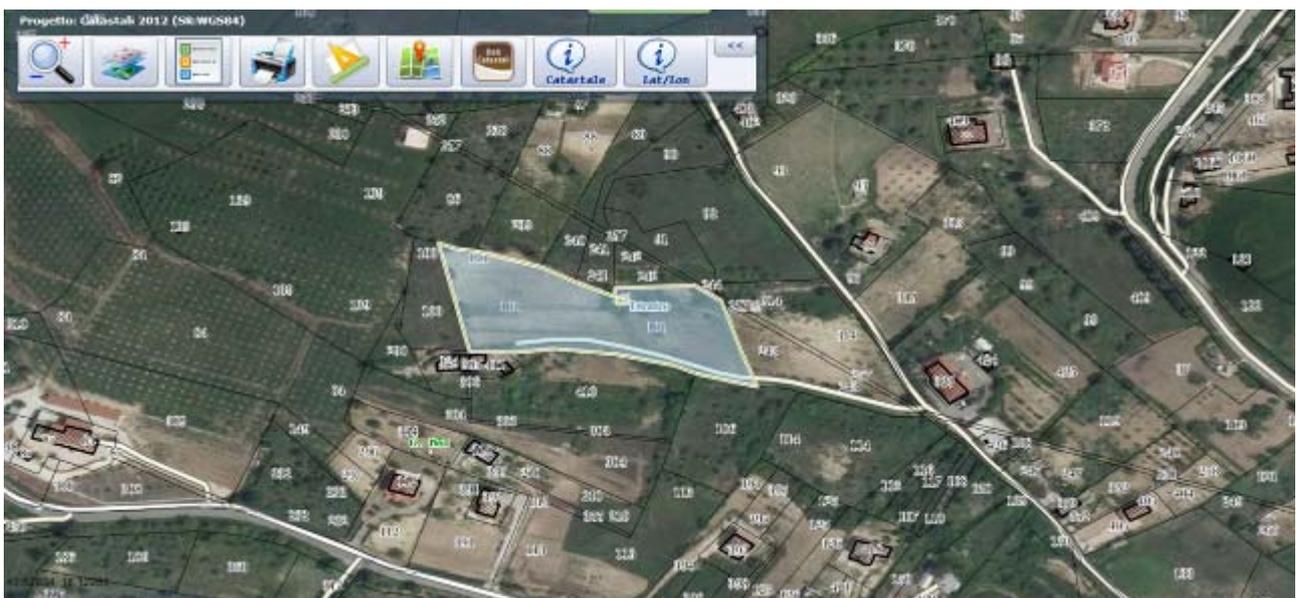


Figura 78: Particella di riferimento



Figura 79: Griglia di riferimento principale (rosso), blocchi di indagine (azzurro) e delimitazione sito (verde)

- *Coordinate GPS dei blocchi di indagine*

Grid_vigneto TRICARICO FG 59 PLLA 101 (vigneto)

* Plot Info: PARTICELLE_MOD_MERGE.SHP

- **Plot Surface Area** : 6939.22 m²
- **Maxis Value**: 154.16 m (lato reticolo da 100 blocchi disposti in modalita' random)
- **The Cell Size** : 15.42 m (lato dei blocchi di indagine)

* Template Info: GRID_VIGNETO.SHP

- **Number of sampling sites**: 3 (numero quadrati da campionare)
- **Coordinate UTM/WGS84 33N in gradi decimali**

Agreement srl - Spin Off Accademico Università degli studi della Basilicata

Via Annibale Maria di Francia - 75100 Matera (MT) - P.IVA: 01258430774 - Tel.: +39 392.3873232 - 080.3149588

e-mail: info@agreement.it - pec: agreementsrl@pec.it

LABEL: x,y CENTROID (centroidi e vertici blocchi 14, 25, 27)

TRIF59P101Q25_CENTRO , 40.6205784, 16.1220070

TRIF59P101Q25_P1 , 40.6206487, 16.1219171

TRIF59P101Q25_P2 , 40.6206469, 16.1220993

TRIF59P101Q25_P3 , 40.6205098, 16.1219148

TRIF59P101Q25_P4 , 40.6205081, 16.1220970

TRIF59P101Q14_CENTRO , 40.6204395, 16.1220047

TRIF59P101Q14_P1 , 40.6205098, 16.1219148

TRIF59P101Q14_P2 , 40.6205081, 16.1220970

TRIF59P101Q14_P3 , 40.6203710, 16.1219124

TRIF59P101Q14_P4 , 40.6203692, 16.1220947

TRIF59P101Q27_CENTRO , 40.6201512, 16.1230934

TRIF59P101Q27_P1 , 40.6202215, 16.1230034

TRIF59P101Q27_P2 , 40.6202197, 16.1231857

TRIF59P101Q27_P3 , 40.6200826, 16.1230011

TRIF59P101Q27_P4 , 40.6200809, 16.1231833

- *Densità apparente [t/m³]*

Profondità [cm]	Quadrante			Media ± σ
	14	25	27	
0-10	1,55	1,52	1,52	1,53 ± 0,02
10-20	1,55	1,64	1,60	1,60 ± 0,04
20-30	1,53	1,67	1,64	1,61 ± 0,07
0-30	1,54	1,61	1,59	1,58 ± 0,03

Figura 80: Densità apparente per quadrante e per profondità

- Carbonio organico e sostanza organica nel suolo

Quadrante	Carbonio organico [g/Kg]	Sostanza organica [g/Kg]	Media C.O. [g/Kg]	Media S.O. [g/Kg]
14	3	5,17		
25	11	18,96	10,33 ± 7,02	17,81 ± 12,11
27	17	29,31		

Figura 81: Carbonio organico per quadrante e carbonio organico medio

- Produzione

Produzione [q/ha]	Produzione [t/ha]	Produzione s.s. [t/ha]	C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
40,00	4,00	0,72	0,34	1,26

Figura 82: C e Stock di CO₂ produzione

- C_{stock} nel suolo, C_{stock} nei 5 pools e C_{stock} totale

Il valore di C. organico nel suolo (SOC) 0-30cm è pari alla somma delle tC/ha nell'intero orizzonte dei 30 cm.

Territorio	Uso del suolo	Profondità [cm]	C [t/ha]	Media C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
Tricarico	Vigneto	10	15,70 ± 10,61		
		20	16,65 ± 11,35	16,43 ± 0,66	180,94 ± 2,41
		30	16,96 ± 11,73		
C. organico nel suolo (SOC) 0-30cm			49,30 ± 0,66		

Figura 83: SOC e stock di CO₂

Quadrante	B. epigea [g/m ²]	B. epigea [t/ha]	C [t/ha]	Media C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
14	330,50	3,30	1,58		
25	118,00	1,18	0,56	1,07 ± 0,51	3,93 ± 1,86
27	222,50	2,2	1,06		

Figura 84: C e stock di CO₂ biomassa epigea

Quadrante	B. ipogea [g/m ²]	B. ipogea [t/ha]	C [t/ha]	Media C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
14	66,10	0,661	0,32		
25	23,60	0,236	0,11	0,21 ± 0,10	0,79 ± 0,37
27	44,50	0,445	0,21		

Figura 85: C e stock di CO₂ biomassa ipogea

Quadrante	Necromassa [g/m ²]	Necromassa [t/ha]	C [t/ha]	Media C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
14	10,20	11,22	5,37		
25	7,10	10,55	5,05	4,13 ± 1,88	15,14 ± 6,90
27	3,50	4,11	1,96		

Figura 86: C e stock di CO₂ necromassa

Quadrante	Lettiera [g/m ²]	Lettiera [t/ha]	C [t/ha]	Media C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
14	165	1,65	0,79		
25	187,5	1,875	0,90	0,79 ± 0,10	2,91 ± 0,37
27	145	1,45	0,69		

Figura 87: C e stock di CO₂ lettiera

TRICARICO - vigneto	C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
Suolo (SOC)	49,30	180,94
Biomassa Epigea	1,41	5,19
Biomassa Ipogea	0,21	0,79
Necromassa	4,13	15,14
Lettiera	0,79	2,91
Totale	55,85	204,97

Figura 88: C-Stock di CO₂ nei 5 pools

5.3 Sito di rilevamento localizzato in agro di Garaguso

Il sito di rilevamento si trova in destra idrografica del fiume Basento a una distanza di circa 1,7 Km dal fiume stesso, su una zona debolmente collinare a medio-alta pendenza a quota compresa tra 235 e 317 m s.l.m.

Il sito ricade nel comune di Garaguso, ed in particolare l'azienda agricola dove sono stati effettuati i rilievi risulta di proprietà del Sig. Amedeo Colamonaco e ad oggi il sito scelto è gestito a set-aside ventennale.

Uso del suolo: set-aside ventennale

Scheletro: scheletro assente

Individuazione catastale: Fg. 18 P.IIa 65

Data campionamento: 21/03/2015

Ulteriori Informazioni: La gestione del sito a set-aside ventennale è al 18° anno ed è presente una sorgente di acqua naturale e ciò rende il terreno in alcune zone quasi sempre bagnato.



Figura 89: Panoramica dell'intero territorio in agro di Garaguso



Figura 90: Sito di rilevamento localizzato in agro di Garaguso



Figura 91: Sito di rilevamento localizzato in agro di Garaguso

Livelli di inquadramento dei paesaggi:

I° livello – Regione Pedologica 61.3: Cambisol-Regosols con Vertisol dell'Italia centrale e meridionale (Toscana, colline costiere dell'Adriatico e colline lucane)

II° livello – Provincia pedologica 12 - Suoli delle colline argillose

- *Posizionamento della griglia di riferimento*



Figura 92: Particella di riferimento



Figura 93: Griglia di riferimento principale (rosso), blocchi di indagine (azzurro) e delimitazione sito (verde)

- *Coordinate GPS dei blocchi di indagine*

Grid_07 GARAGUSO FG 18 PLLA 65 (set-aside)

* Plot Info: PARTICELLE_MOD_MERGE.SHP

- **Plot Surface Area** : 11019.52 m²
- **Maxis Value**: 146.03 m (lato reticolo da 100 blocchi disposti in modalita' random)
- **The Cell Size** : 14.60 m (lato dei blocchi di indagine)

* Template Info: GRID_SETASIDE.SHP

- **Number of sampling sites**: 3 (numero quadrati da campionare)
- **Coordinate UTM/WGS84 33N in gradi decimali**

LABEL: x,y CENTROID (centroidi e vertici blocchi 1, 10, 14)

GARF18P65Q1_CENTRO , 40.5837190 , 16.2515674

GARF18P65Q1_P1 , 40.5837857 , 16.2514824

GARF18P65Q1_P2 , 40.5837838 , 16.2516549

GARF18P65Q1_P3 , 40.5836542 , 16.2514799

GARF18P65Q1_P3 , 40.5836523 , 16.2516524

GARF18P65Q10_CENTRO , 40.5841154 , 16.2514023

GARF18P65Q10_P1 , 40.5841821 , 16.2513172

GARF18P65Q10_P2 , 40.5841803 , 16.2514897

GARF18P65Q10_P3 , 40.5840506 , 16.2513148

GARF18P65Q10_P4 , 40.5840487 , 16.2514873

GARF18P65Q14_CENTRO , 40.5835912 , 16.2512199

GARF18P65Q14_P1 , 40.5836579 , 16.2511349

GARF18P65Q14_P2 , 40.5836560 , 16.2513074

GARF18P65Q14_P3 , 40.5835264 , 16.2511325

GARF18P65Q14_P3 , 40.5835245 , 16.2513050

Agreement srl - Spin Off Accademico Università degli studi della Basilicata

Via Annibale Maria di Francia - 75100 Matera (MT) - P.IVA: 01258430774 - Tel.: +39 392.3873232 - 080.3149588

e-mail: info@agreement.it - pec: agreementsrl@pec.it

- *Densità apparente [t/m³]*

Profondità [cm]	Quadrante			
	14	10	1	Media ± σ
0-10	1,61	1,59	1,66	1,62 ± 0,04
10-20	1,66	1,71	1,71	1,70 ± 0,03
20-30	1,59	1,72	1,67	1,66 ± 0,06
0-30	1,62	1,67	1,68	1,66 ± 0,03

Figura 94: Densità apparente per quadrante e per profondità

- *Carbonio organico e sostanza organica nel suolo*

Quadrante	Carbonio organico [g/Kg]	Sostanza organica [g/Kg]	Media C.O. [g/Kg]	Media S.O. [g/Kg]
14	18	31,03		
10	25	43,10	18,67 ± 6,03	32,18 ± 10,39
1	13	22,41		

Figura 95: Carbonio organico per quadrante e carbonio organico medio

- *C_{stock} nel suolo, C_{stock} nei 5 pools e C_{stock} totale*

Il valore di C. organico nel suolo (SOC) 0-30cm è pari alla somma delle tC/ha nell'intero orizzonte dei 30 cm.

Territorio	Uso del suolo	Profondità [cm]	C [t/ha]	Media C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
Garaguso	Set-aside	10	30,11 ± 9,08		
		20	31,68 ± 10,40	30,98 ± 0,80	341,11 ± 2,92
		30	31,15 ± 10,86		
C. organico nel suolo (SOC) 0-30cm			92,95 ± 0,80		

Figura 96: SOC e stock di CO₂

Quadrante	B. epigea [g/m ²]	B. epigea [t/ha]	C [t/ha]	Media C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
14	121,80	1,22	0,58		
10	98,50	0,98	0,47	0,46 ± 0,13	1,67 ± 0,49
1	65,80	0,65	0,31		

Figura 97: C e stock di CO₂ biomassa epigea

Quadrante	B. ipogea [g/m ²]	B. ipogea [t/ha]	C [t/ha]	Media C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
14	24,36	0,24	0,12		
10	19,70	0,20	0,09	0,09 ± 0,03	0,33 ± 0,10
1	13,16	0,13	0,06		

Figura 98: C e Stock di CO₂ biomassa ipogea

Quadrante	Necromassa [g/m ²]	Necromassa [t/ha]	C [t/ha]	Media C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
14	5,80	9,03	4,32		
10	5,60	7,76	3,71	4,73 ± 1,28	17,37 ± 4,69
1	9,30	12,89	6,17		

Figura 99: C e stock di CO₂ necromassa

Quadrante	Lettiera [g/m ²]	Lettiera [t/ha]	C [t/ha]	Media C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
14	250	2,50	1,20		
10	152	1,52	0,73	0,89 ± 0,27	3,25 ± 0,99
1	153,5	1,53	0,73		

Figura 100: C e stock di CO₂ lettiera

GARAGUSO - set-aside	C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
Suolo (SOC)	92,95	341,11
Biomassa Epigea	0,46	1,67
Biomassa Ipogea	0,09	0,33
Necromassa	4,73	17,37
Lettiera	0,89	3,25
Totale	99,11	363,74

Figura 101: C-Stock di CO₂ nei 5 pools

5.4 Sito di rilevamento localizzato in agro di Salandra

Il sito di rilevamento si trova in destra idrografica del fiume Basento a una distanza di circa 2,6 Km dal fiume stesso, su una zona collinare a medio-bassa pendenza e a quota compresa tra 531 e 504 m s.l.m.

Il sito ricade nel comune di Salandra, ed in particolare l'azienda agricola dove sono stati effettuati i rilievi risulta di proprietà della Sig.ra Celeste Lula e ad oggi il sito scelto è gestito a pascolo arborato.

Uso del suolo: pascolo arborato (con impianto di noci nell'area considerata)

Scheletro: scheletro scarso (<5%)

Individuazione catastale: Fg. 14 P.IIa 5

Contrada: località montagnola – fascia del fonnone

Data campionamento: 31/03/2015

Ulteriori Informazioni: anche se il suolo risulta pascolo arborato non è stata riscontrata in sito la presenza di animali da pascolo ne tantomeno residui del passaggio di animali utili per affermare ciò (letame sul terreno).

Per il calcolo del C-stock totale la biomassa relativa alla piantagione legnosa è stata stimata mediante la relazione (modello perequativo) $M = aD^b$ (Alberti G. et al. 2006), dove D è il diametro medio in cm (rilevato mediante misure in campo) ed a e b sono coefficienti delle relazioni allometriche (per il noce $a = 0,03$ e $b = 2,84$). La parte delle radici, biomassa ipogea della piantagione legnosa, è stata invece stimata come il 20% della biomassa vegetale epigea (Celano et al., 2003).

Per il calcolo dell'accumulo di carbonio organico negli anni si considerano gli alberi, all'interno del pascolo arborato, maturi quindi l'incremento medio annuo in sostanza secca delle strutture permanenti, quali radici di grande calibro, ceppo, tronco e branche di maggiori dimensioni, può essere considerato trascurabile.



Figura 102: Sito di rilevamento localizzato in agro di Salandra



Figura 103: Sito di rilevamento localizzato in agro di Salandra

Livelli di inquadramento dei paesaggi:

I° livello – Regione Pedologica 61.3: Cambisol-Regosols con Vertisol dell'Italia centrale e meridionale (Toscana, colline costiere dell'Adriatico e colline lucane)

II° livello – Provincia pedologica 11 - Suoli delle colline sabbiose e conglomeratiche della fossa bradanica

- Posizionamento della griglia di riferimento



Figura 104: Particella di riferimento



Figura 105: Griglia di riferimento principale (rosso), blocchi di indagine (azzurro) e delimitazione sito (verde)

- *Coordinate GPS dei blocchi di indagine*

Grid_Pascolo_Arb: SALANDRA FG 14 P.LLA 5 (pascolo arborato)

* Plot Info: PARTICELLE_MOD_MERGE.SHP

- **Plot Surface Area** : 9454.91 m² (area plottata)
- **Maxis Value**: 119.70 m (lato reticolo da 100 blocchi disposti in modalita' random)
- **The Cell Size** : 11.97 m (lato dei blocchi di indagine)

* Template Info: GRID_PASCOLO_ARB.SHP

- **Number of sampling sites**: 3 (numero quadrati da campionare)
- **Coordinate UTM/WGS84 33N in gradi decimali**

LABEL: x,y CENTROID (centroidi e vertici blocchi 1, 5, 6)

SALF14P5Q1_CENTRO , 40.5705113 , 16.3228879

SALF14P5Q1_P1 , 40.5705660 , 16.3228183

SALF14P5Q1_P2 , 40.5705644 , 16.3229596

SALF14P5Q1_P3 , 40.5704582 , 16.3228161

SALF14P5Q1_P4 , 40.5704566 , 16.3229575

SALF14P5Q5_CENTRO , 40.5700849 , 16.3224553

SALF14P5Q5_P1 , 40.5701397 , 16.3223856

SALF14P5Q5_P2 , 40.5701380 , 16.3225270

SALF14P5Q5_P3 , 40.5700318 , 16.3223835

SALF14P5Q5_P4 , 40.5700302 , 16.3225249

SALF14P5Q6_CENTRO , 40.5700768 , 16.3231621

SALF14P5Q6_P1 , 40.5701316 , 16.3230925

SALF14P5Q6_P2 , 40.5701299 , 16.3232339

SALF14P5Q6_P3 , 40.5700238 , 16.3230904

SALF14P5Q6_P4 , 40.5700221 , 16.3232318

- *Densità apparente [t/m³]*

Profondità [cm]	Quadrante			Media ± σ
	1	5	6	
0-10	1,47	1,33	1,41	1,41 ± 0,07
10-20	1,50	1,47	1,44	1,47 ± 0,03
20-30	1,34	1,33	1,39	1,35 ± 0,03
0-30	1,44	1,38	1,42	1,41 ± 0,03

Figura 106: Densità apparente per quadrante e per profondità

- *Carbonio organico e sostanza organica nel suolo*

Quadrante	Carbonio organico [g/Kg]	Sostanza organica [g/Kg]	Media C.O. [g/Kg]	Media S.O. [g/Kg]
1	11,00	18,96		
5	14,00	24,14	13,00 ± 1,73	22,41 ± 2,99
6	14,00	24,14		

Figura 107: Carbonio organico per quadrante e carbonio organico medio

- *C_{stock} nel suolo, C_{stock} nei 5 pools e C_{stock} totale*

Il valore di C. organico nel suolo (SOC) 0-30cm è pari alla somma delle tC/ha nell'intero orizzonte dei 30 cm.

Territorio	Uso del suolo	Profondità [cm]	C [t/ha]	Media C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
Salandra	Pascolo Arborato	10	18,21 ± 1,83		
		20	19,09 ± 2,21	18,30 ± 0,74	201,53 ± 2,72
		30	17,61 ± 2,56		
C. organico nel suolo (SOC) 0-30cm			54,91 ± 0,74		

Figura 108: SOC e stock di CO₂

n. piante/ha	D _m [cm]	a	b	M [Kg]	Biomassa epigea [t/ha]	C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
54	20,54	0,03	2,84	160,29	8,66	4,14	15,19

Figura 109: C e stock di CO₂ biomassa epigea piantagione

Biomassa ipogea [t/ha]	C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
2	0,83	3,04

Figura 110: C e stock di CO₂ biomassa ipogea piantagione

Quadrante	B. epigea [g/m ²]	B. epigea [t/ha]	C [t/ha]	Media C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
1	136,00	1,36	0,65		
5	256,56	2,56	1,23	1,14 ± 0,45	4,18 ± 1,66
6	322,00	3,22	1,54		

Figura 111: C e stock di CO₂ biomassa epigea cotico erboso

Quadrante	B. ipogea [g/m ²]	B. ipogea [t/ha]	C [t/ha]	Media C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
1	27,20	0,27	0,13		
5	51,31	0,51	0,25	0,23 ± 0,09	0,84 ± 0,33
6	64,40	0,64	0,31		

Figura 112: C e stock di CO₂ biomassa ipogea cotico erboso

Quadrante	Necromassa [g/m ²]	Necromassa [t/ha]	C [t/ha]	Media C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
1	7,20	11,80	5,64		
5	9,80	19,22	9,19	5,90 ± 3,18	21,64 ± 11,66
6	3,10	5,97	2,86		

Figura 113: C e stock di CO₂ necromassa

Quadrante	Lettiera [g/m ²]	Lettiera [t/ha]	C [t/ha]	Media C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
1	1387	13,87	6,63		
5	1793	17,93	8,57	6,00 ± 2,95	22,00 ± 10,83
6	581	5,81	2,78		

Figura 114: C e stock di CO₂ lettiera

SALANDRA - pascolo arb.	C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
Suolo (SOC)	54,91	201,53
Biomassa Epigea	5,28	19,37
Biomassa Ipogea	1,06	3,88
Necromassa	5,90	21,64
Lettiera	6,00	22,00
Totale	73,14	268,42

Figura 115: C-Stock di CO₂ nei 5 pools

5.5 Sito di rilevamento localizzato in agro di Ferrandina

Il sito di rilevamento si trova in destra idrografica del fiume Basento a una distanza di circa 3,5 Km dal fiume stesso, su una zona debolmente collinare a bassa pendenza e a quota compresa tra 366 e 361 m s.l.m.

Il sito ricade nel comune di Ferrandina, ed in particolare l'azienda agricola dove sono stati effettuati i rilievi risulta di proprietà della famiglia De Ruggeri e ad oggi il sito scelto è gestito ad oliveto (conduzione sostenibile).

Uso del suolo: oliveto

Scheletro: scheletro assente, scheletro scarso (<5%) – due tipologie di province pedologiche

Agreement srl - Spin Off Accademico Università degli studi della Basilicata

Via Annibale Maria di Francia - 75100 Matera (MT) - P.IVA: 01258430774 - Tel.: +39 392.3873232 - 080.3149588

e-mail: info@agreement.it - pec: agreementsrl@pec.it

Individuazione catastale: Fg. 59 P.Illa 188

Contrada: nei pressi di contrada S. Antonio

Data campionamento: 18/04/2015

Ulteriori Informazioni: L'oliveto risulta sito sperimentale dell'Università degli studi della Basilicata ed è gestito secondo un modello alternativo, da un lato, su azioni per mantenere-incrementare il contenuto di sostanza organica nel suolo, come l'inerbimento dell'oliveto con sfalcio biennale della copertura erbacea e la trinciatura in loco dei residui della potatura eseguita annualmente, e, dall'altro, sull'introduzione dell'irrigazione con reflui urbani depurati secondo schemi di trattamento semplificati a basso costo che assicurano una significativa riduzione della carica microbiologica senza abbattere le concentrazioni di elementi minerali quali azoto e fosforo (Lopez et al., 2006; Palese et al., 2009).

Per il calcolo del C-stock totale, la biomassa relativa alla piantagione legnosa è stata stimata considerando le piante presenti in un ettaro (156,25 nel caso specifico) e utilizzando i valori di letteratura scientifica per il C della biomassa epigea (830, 3 g C m⁻²) e per il C della biomassa ipogea (162, 2 g C m⁻²) relativi ad un oliveto secolare con sesto di impianto 10 x 10 m (Almagro et al., 2010). La parte delle radici, biomassa ipogea della piantagione legnosa, è stata invece stimata come il 20% della biomassa vegetale epigea (Celano et al., 2003).

In un oliveto costituito da piante mature l'incremento medio annuo in sostanza secca delle strutture permanenti, quali radici di grande calibro, ceppo, tronco e branche di maggiori dimensioni, può essere considerato trascurabile e pertanto si considera irrilevante l'accumulo di carbonio organico negli anni.



Figura 116: Sito di rilevamento localizzato in agro di Ferrandina

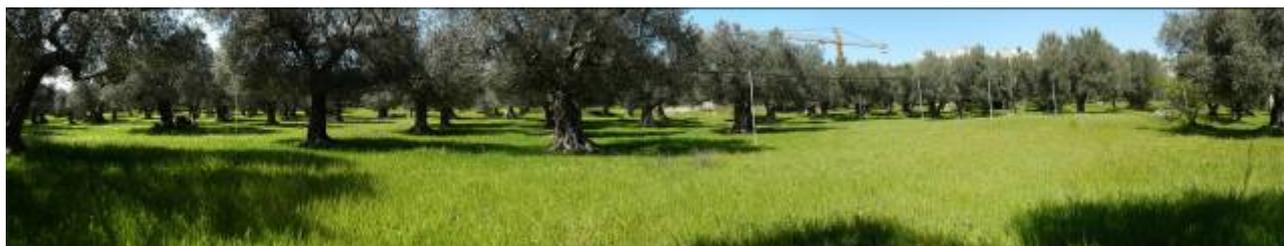


Figura 117: Sito di rilevamento localizzato in agro di Ferrandina

Livelli di inquadramento dei paesaggi:

I° livello – Regione Pedologica 61.3: Cambisol-Regosols con Vertisol dell'Italia centrale e meridionale (Toscana, colline costiere dell'Adriatico e colline lucane)

II° livello – Provincia pedologica 11 - Suoli delle colline sabbiose e conglomeratiche della fossa Bradanica

II° livello – Provincia pedologica 12 - Suoli delle colline sabbiose e conglomeratiche della fossa Bradanica

- *Posizionamento della griglia di riferimento*

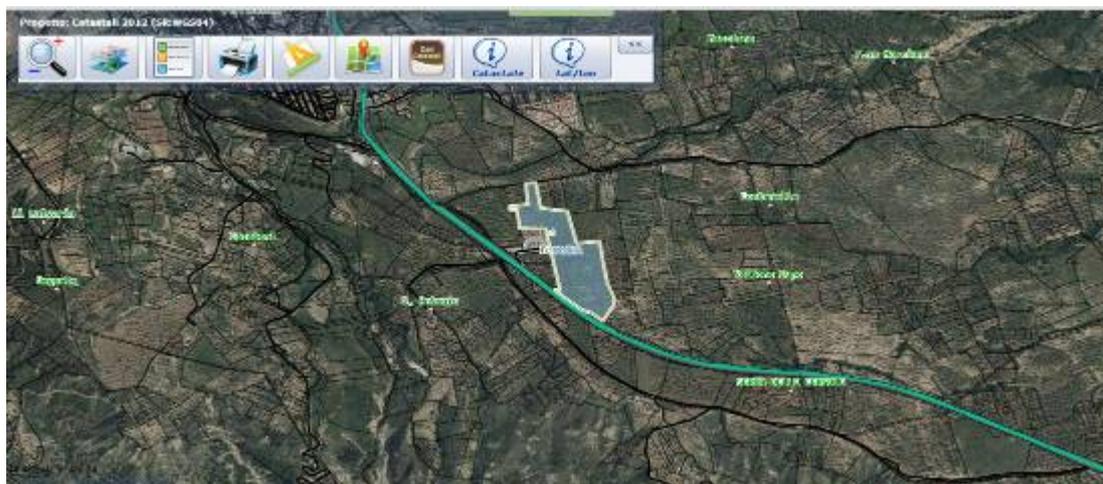


Figura 118: Particella di riferimento

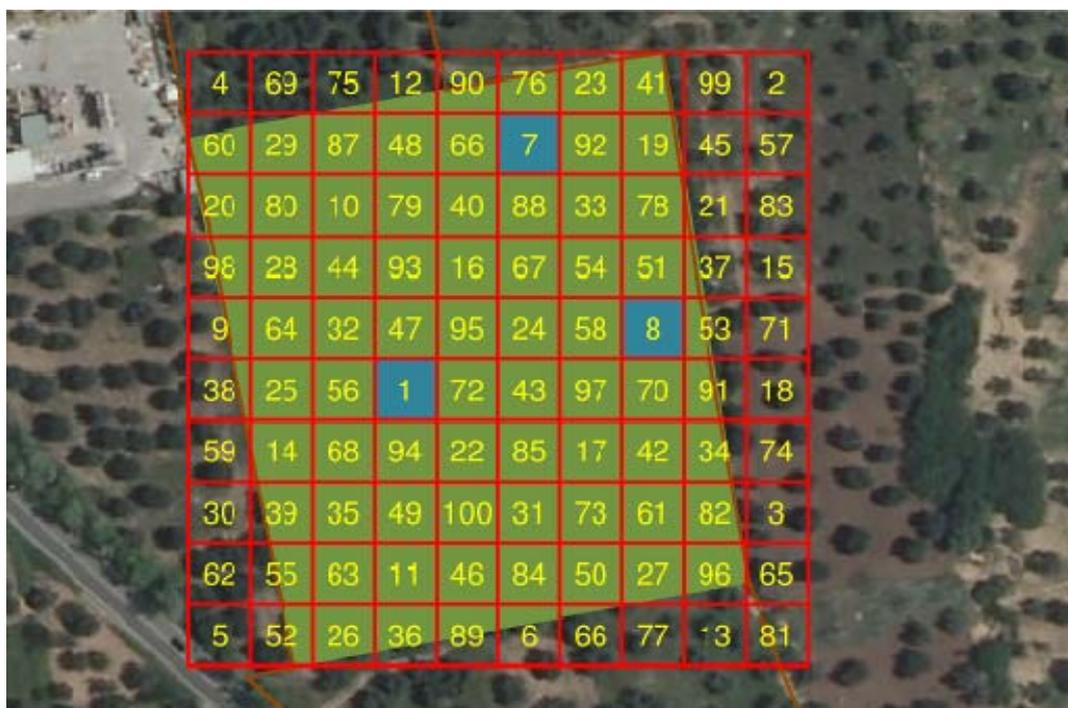


Figura 119: Griglia di riferimento principale (rosso), blocchi di indagine (azzurro) e delimitazione sito (verde)

- *Coordinate GPS dei blocchi di indagine*

Grid FERRANDINA FG 59 P.IIa 188 (oliveto sperimentale)

* Plot Info: PARTICELLE_MOD_MERGE.SHP

- **Plot Surface Area** : 13944.04 m² (area plottata)
- **Maxis Value**: 144.56 m (lato reticolo da 100 blocchi disposti in modalita' random)
- **The Cell Size** : 14.46 m (lato dei blocchi di indagine)

* Template Info: GRID_OLIVETO.SHP

- **Number of sampling sites**: 3 (numero quadrati da campionare)
- **Coordinate UTM/WGS84 33N in gradi decimali**

LABEL: x,y CENTROID (centroidi e vertici blocchi 1, 7, 8)

FERF59P188Q1_CENTRO , 40.4868336 , 16.4649403

FERF59P188Q1_P1 , 40.4868998 , 16.4648564

FERF59P188Q1_P2 , 40.4868976 , 16.4650270

FERF59P188Q1_P3 , 40.4867696 , 16.4648536

FERF59P188Q1_P4 , 40.4867674 , 16.4650241

FERF59P188Q7_CENTRO , 40.4873501 , 16.4652926

FERF59P188Q7_P1 , 40.4874162 , 16.4652088

FERF59P188Q7_P2 , 40.4874141 , 16.4653793

FERF59P188Q7_P3 , 40.4872860 , 16.4652060

FERF59P188Q7_P4 , 40.4872839 , 16.4653765

FERF59P188Q8_CENTRO , 40.4869552 , 16.4656252

FERF59P188Q8_P1 , 40.4870213 , 16.4655413

FERF59P188Q8_P2 , 40.4870192 , 16.4657118

FERF59P188Q8_P3 , 40.4868911 , 16.4655385

FERF59P188Q8_P4 , 40.4868890 , 16.4657090

- *Densità apparente [t/m³]*

Profondità [cm]	Quadrante			Media ± σ
	1	7	8	
0-10	1,34	1,47	1,49	1,43 ± 0,08
10-20	1,46	1,53	1,57	1,52 ± 0,06
20-30	1,50	1,62	1,56	1,56 ± 0,06
0-30	1,43	1,54	1,54	1,50 ± 0,06

Figura 120: Densità apparente per quadrante e per profondità

- *Carbonio organico e sostanza organica nel suolo*

Quadrante	Carbonio organico [g/Kg]	Sostanza organica [g/Kg]	Media C.O. [g/Kg]	Media S.O. [g/Kg]
1	7	12,07		
7	11	18,96	7,00 ± 4,00	12,07 ± 6,90
8	3	5,17		

Figura 121: Carbonio organico per quadrante e carbonio organico medio

- *Produzione*

Produzione [t/ha]	Produzione s.s. [t/ha]	C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
16,20	3,86	1,85	6,78

Figura 122: C e Stock di CO₂ produzione

- *C_{stock} nel suolo, C_{stock} nei 5 pools e C_{stock} totale*

Il valore di C. organico nel suolo (SOC) 0-30cm è pari alla somma delle tC/ha nell'intero orizzonte dei 30 cm.

Territorio	Uso del suolo	Profondità [cm]	C [t/ha]	Media C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
Ferrandina	Oliveto	10	10,01 ± 5,88		
		20	10,59 ± 6,07	10,53 ± 0,50	115,95 ± 1,83
		30	11,00 ± 6,58		
C. organico nel suolo (SOC) 0-30cm			31,59 ± 0,50		

Figura 123: SOC e stock di CO₂

n. piante/ha	C biomassa epigea [gC/m ²]	C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
156,25	830,3	12,97	47,61

Figura 124: C e stock di CO₂ biomassa epigea piantagione

n. piante/ha	C biomassa ipogea [gC/m ²]	C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
156,25	162,2	2,53	9,30

Figura 125: C e stock di CO₂ biomassa ipogea piantagione

Quadrante	B. epigea [g/m ²]	B. epigea [t/ha]	C [t/ha]	Media C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
1	384,78	3,85	1,84		
7	817,65	8,18	3,91	2,87 ± 1,04	10,55 ± 3,80
8	600,17	6,00	2,87		

Figura 126: C e stock di CO₂ biomassa epigea cotico erboso

Quadrante	B. ipogea [g/m ²]	B. ipogea [g/ha]	C [t/ha]	Media C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
1	76,96	0,77	0,368		
7	163,53	1,64	2,87	0,57 ± 0,21	2,11 ± 0,76
8	120,03	1,20	0,574		

Figura 127: C e stock di CO₂ biomassa ipogea cotico erboso

Quadrante	Necromassa [g/m ²]	Necromassa [t/ha]	C [t/ha]	Media C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
1	7,30	15,33	7,33		
7	5,50	10,57	5,06	5,01 ± 2,48	18,39 ± 9,10
8	3,38	5,54	2,65		

Figura 128: C e stock di CO₂ necromassa

Quadrante	Lettiera [g/m ²]	Lettiera [t/ha]	C [t/ha]	Media C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
1	549,98	5,50	2,63		
7	1053,95	10,54	5,04	2,64 ± 2,40	9,68 ± 8,81
8	50,19	0,50	0,24		

Figura 129: C e stock di CO₂ lettiera

FERRANDINA - oliveto	C [t/ha]	Stock CO ₂ [t/ha]
Suolo (SOC)	31,59	115,94
Biomassa Epigea	17,69	64,91
Biomassa Ipogea	3,10	11,41
Necromassa	5,01	18,39
Lettiera	2,64	9,68
Totale	60,02	220,32

Figura 130: C-Stock di CO₂ nei 5 pools

5.6 Riepilogo C-Stock sistemi agrari e grafici rappresentativi

Tipologia agraria	Biomassa Epigea	Biomassa Ipogea	Necromassa	Lettiera	Suolo (SOC)	C tot	Stock CO ₂
	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tCO ₂ /ha
Seminativo	0,57	0,11	1,84	0,00	65,23	67,76	248,68
Set-aside	0,46	0,09	4,73	0,89	92,95	99,11	363,75
Pascolo arb.	5,28	1,06	5,90	6,00	54,91	73,14	268,44
Vigneto	1,41	0,21	4,13	0,79	49,30	55,85	204,97
Oliveto	17,69	3,10	5,01	2,63	31,59	60,02	220,26

Figura 131: Riepilogo C-stock sistemi agrari

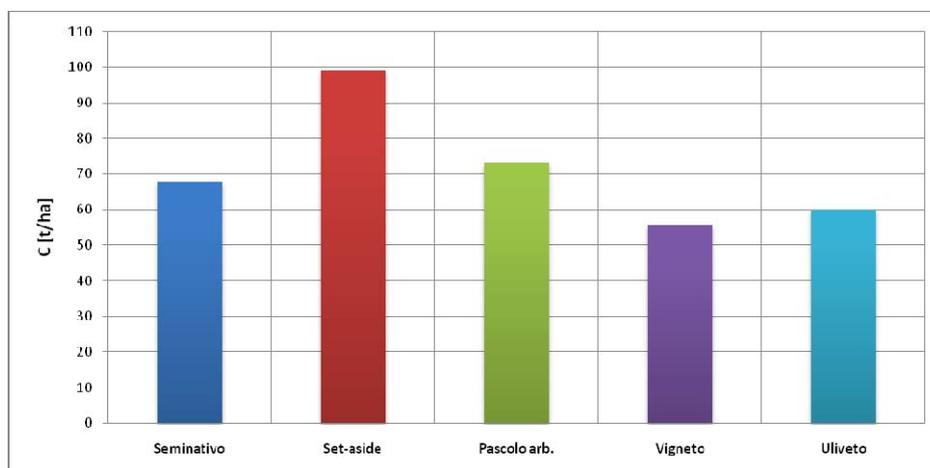


Figura 132: Sistemi agrari - C_{tot} [t/ha]

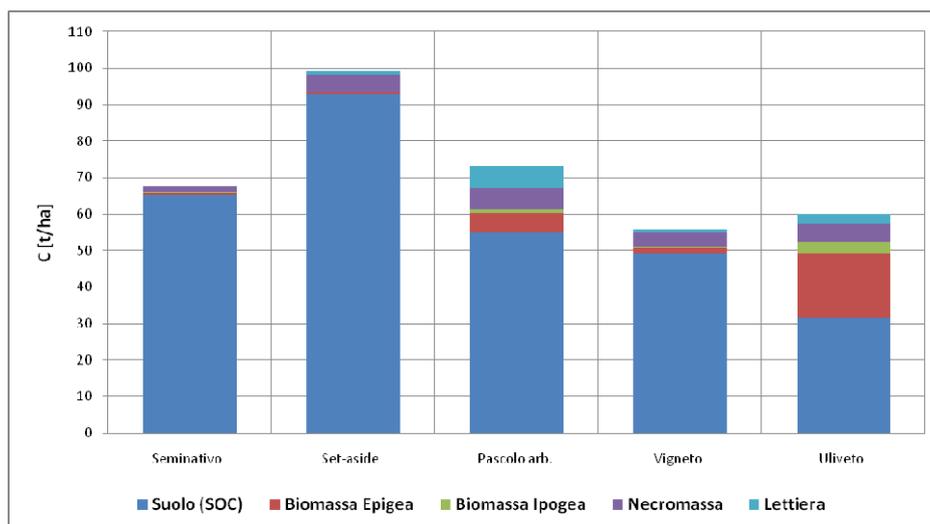


Figura 133: Confronto C-stock per sink - sistemi agrari [t/ha]

I risultati ottenuti e l'analisi dei grafici rappresentativi evidenziano quanto segue:

Agreement srl - Spin Off Accademico Università degli studi della Basilicata

Via Annibale Maria di Francia - 75100 Matera (MT) - P.IVA: 01258430774 - Tel.: +39 392.3873232 - 080.3149588

e-mail: info@agreement.it - pec: agreementsrl@pec.it

- La “fotografia” di tutti i sistemi analizzati mostra come il suolo sia il principale pool di carbonio per tutte le tipologie considerate; un ruolo importante lo ha anche la biomassa epigea, soprattutto per i sistemi oliveto e pascolo arborato, dove la biomassa legnosa delle piantagioni assume un’importanza notevole per lo stock di carbonio riferito all’ettaro.
- Il contenuto di carbonio totale stoccato (C-stock) per ettaro è nettamente superiore per il sistema agrario set-aside ventennale; il sistema analizzato è al 18° anno di tale conduzione e ciò può spiegare l’elevato contenuto di C del suolo continuamente immagazzinato negli anni grazie alle non lavorazioni del suolo, alla crescita indisturbata di biomassa epigea e alla decomposizione della stessa in situ, all’apporto di sostanza organica derivante dal passaggio occasionale di fauna selvatica. Il sistema ha immagazzinato all’anno circa 2,09 tC/ha corrispondenti a 7,67 tCO₂/ha, come sarà evidenziato nel paragrafo 6.4, ipotizzando una variazione di uso del suolo da seminativo a set aside. Tale tesi è stata confermata dalla proiezione mediante Roth-C (vedi capitolo 6) che evidenzia come il sistema set-aside continui a stoccare C nel tempo.

6 PROIEZIONI DELLA DINAMICA DEI FLUSSI DI C MEDIANTE L’USO DEL MODELLO ROTH C

6.1 Premessa all’utilizzo del modello ROTH-C (Rothamsted Carbon Model)

Il contenuto di carbonio organico del suolo Corg è un indicatore di stato della qualità del suolo, in quanto correlato con molti aspetti della produttività e sostenibilità degli ecosistemi agricoli e della conservazione del suolo e degli altri comparti ambientali (acqua ed aria). Il livello di Corg dipende dai principali fattori di formazione del suolo, che sono nell’ordine di importanza: clima (regime idrico e termico), vegetazione (uso del suolo e pratiche agronomiche), topografia e materiale d’origine, età. Relazionando in modo opportuno i 5 fattori sopra elencati è quindi possibile valutare a livello territoriale gli effetti derivanti dalla loro combinazione e ricavare gli stock di Corg immagazzinati nel suolo, espressi in t/ha a partire dal dato elementare di Corg in % ed i corrispondenti quantitativi in equivalenti di CO₂ immagazzinata nel suolo e, quindi, sottratta dall’atmosfera in una particolare combinazione rispetto ad un’altra.

Il declino del contenuto di sostanza organica (SO) nei suoli del bacino del Mediterraneo desta molta preoccupazione, oltre che per la perdita di fertilità dei suoli agrari, anche per i rischi correlati di aumento dei fenomeni erosivi e di desertificazione. Tuttavia, esistono effettive misure e agrotecniche per invertire questa tendenza. Studiare il rapporto tra uso del suolo (avvicendamenti colturali) e contenuto attuale e

potenziale di C riveste una grande importanza nella individuazione delle migliori pratiche agronomiche e di gestione per favorire il sequestro del C nel suolo.

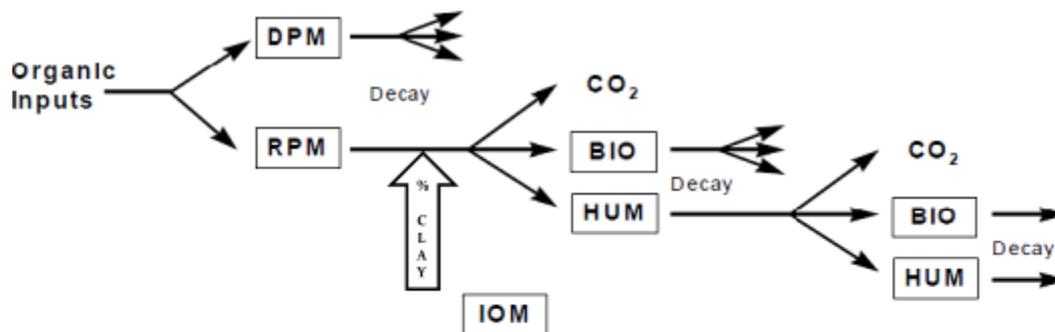
Il modello ROTH-C è uno dei più utilizzati ed accreditati al mondo per la simulazione del turnover del carbonio organico del suolo.

Sviluppato sulla base degli esperimenti parcellari di lungo periodo di Rothamsted, è stato implementato e migliorato grazie alle numerose applicazioni su sistemi colturali, tra cui seminativi, prati e suoli forestali ed è calibrato su differenti tipi di suolo e condizioni climatiche.

Il modello ROTH-C per lo studio del turnover del C organico in suoli tiene conto principalmente del tipo di suolo, della temperatura, del contenuto di umidità e della copertura del suolo, del carico di carbonio organico per unità di superficie.

ROTH-C utilizza step mensili per calcolare il carbonio organico totale (TOC), il carbonio della biomassa microbica e la variazione del ^{14}C .

Il SOC (carbonio organico del suolo) è suddiviso in quattro gruppi attivi: DPM (*decomposable plant material*), RPM (*resistant plant material*), BIO (*microbial biomass*), HUM (*humified organic matter*), più un gruppo, IOM, di materia organica inerte che è resistente alla decomposizione.



RPM : Resistant Plant Material
DPM : Decomposable Plant Material
BIO : Microbial Biomass

HUM : Humified OM
IOM : Inert Organic Matter

Figura 134: Flusso di decomposizione dei 4 compartimenti del SOC in Roth-C

6.2 Obiettivi della simulazione

L'obiettivo è simulare gli effetti delle variazioni d'uso del suolo, partendo dal contenuto di Corg misurato nei punti di rilevamento, utilizzando il modello ROTH-C versione 26.3. Si effettuerà una simulazione dinamica in un range di 20 anni, prevedendo per ogni tipologia di suolo, input di C derivanti da una gestione

sostenibile auspicabile, o in altri casi dalla gestione attuale dell'uso del suolo, in modo da ipotizzare i flussi di C che interessano il suolo, ossia il sink principale di un sistema agrario.

Di seguito i dati richiesti dal modello:

a) Dati climatici mensili:

- temperatura media dell'aria, che nel lungo periodo rappresenta in modo soddisfacente la temperatura del suolo a 30 cm di profondità;
- pioggia mensile;
- evapotraspirazione di riferimento mensile (ET_0)

b) Contenuto percentuale di argilla dello strato superficiale, che regola l'acqua disponibile nel suolo e la decomposizione della sostanza organica.

c) Stima della decomponibilità degli input di residui vegetali, cioè il rapporto DPM/RPM.

d) Presenza o meno di una copertura vegetale durante l'arco dell'anno: la decomposizione della sostanza organica è più veloce in un suolo nudo rispetto ad uno coltivato.

e) Input mensili di residui colturali in t/ha di C (radici, stoppie, ecc.)

f) Input mensili eventuali di apporti organici (FYM) in t/ha di C.

Sarà in seguito misurato il ΔC_{med} relativo al 1° anno (*si sottolinea che il software non considera il tempo di adattamento del terreno al nuovo sistema di gestione mentre i dati sperimentali, ottenuti in campo, mostrano valori variabili tra i 4 – 5 anni come tempo di transizione*) e quello medio relativo alla proiezione attraverso i 20 anni che porterà a determinare i possibili flussi di C e di conseguenza la CO₂ stoccata, quindi a determinare il potenziale credito di carbonio dei sistemi agrari oggetto del presente studio.

I dati climatici provengono dalle stazioni meteorologiche più vicine ai siti di riferimento e rappresentano le medie mensili relative a 10 anni di temperatura (°C), precipitazioni (mm) e ed evapotraspirazione di riferimento (mm).

La simulazione ha carattere puramente dimostrativo e si basa su ipotesi di gestione e apporti di carbonio al suolo derivanti da misure effettuate in campo (es. vigneto), da pratiche di fertilizzazione organica mediante compost o spandimento di letame e a volte da dati di bibliografia.

6.3 Dati in input e risultati delle proiezioni

Si riportano schematicamente, e per ogni tipologia di sistema agrario, i dati in input al modello, le ipotesi di apporto di carbonio al suolo e i risultati sotto forma grafica delle proiezioni del flussi di C restituiti da ROTH-C.

Seminativo – Calciano

- Contenuto percentuale di argilla dello strato superficiale: 21%
- Temperatura, precipitazioni ed evapotraspirazione di riferimento mensili:

Mesi	Temp. [°C]	Prec. [mm]	ET ₀ [mm]
gen.	6,4	63,0	24,8
feb.	6,7	50,7	32,3
mar.	10,0	61,3	58,5
apr.	12,8	62,2	82,9
mag.	18,1	45,9	122,3
giu.	22,7	37,3	146,7
lug.	25,8	27,8	160,0
ago.	25,5	29,2	142,4
set.	20,2	41,7	90,0
ott.	15,9	49,6	58,4
nov.	11,0	59,1	32,1
dic.	7,2	77,7	22,0

Figura 135: Dati climatici

Consideriamo tre scenari differenti:

1) Primo Scenario

Input mensili di carbonio al suolo:

Input di carbonio al suolo	
Mesi	Calciano - Seminativo [tC/ ha]
gen.	-
feb.	-
mar.	-
apr.	-
mag.	-
giu.	-
lug.	-
ago.	-
set.	-
ott.	0.5-0.9
nov.	-
dic.	-

Figura 136: Input di carbonio al suolo

Si ipotizza per i mesi da agosto a luglio il valore medio di input pari a 0,7 t/ha di C, come apporto di carbonio al suolo, che rappresenta la buona pratica auspicata di interrimento delle stoppie per il miglioramento del terreno il cui obiettivo principale è quello di mantenere il livello della sostanza organica del suolo tramite la corretta gestione dei residui culturali.

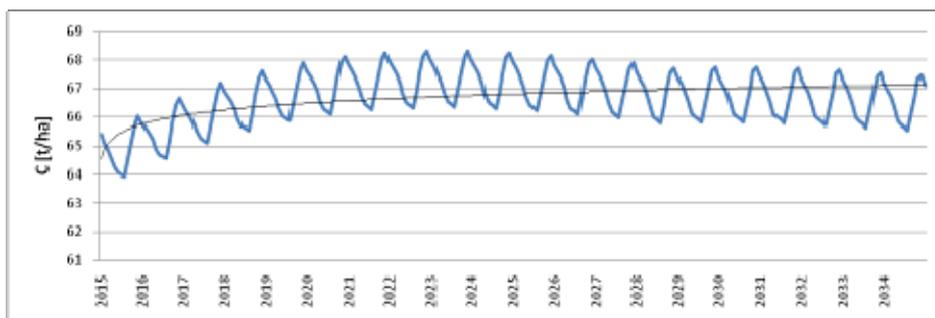


Figura 137: Proiezione dei flussi di carbonio - range di 20 anni - seminativo

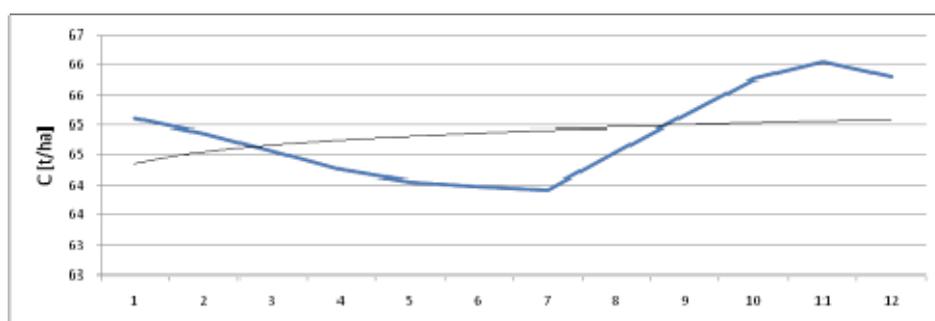


Figura 138: Proiezione dei flussi di carbonio - 1° anno - seminativo

	$\Delta C_{med} - 1^{\circ} \text{ anno [t/ha]}$	$\Delta C_{med} - 20 \text{ anni [t/ha]}$
C [t/ha]	0,70	0,10
CO _{2eq} [t/ha]	2,57	0,37

Figura 139: ΔC relativo al 1° anno e al range di 20 anni

2) Secondo Scenario

Nel secondo scenario si prevede sempre apporto di carbonio derivante dalla pratica di interrimento delle stoppie (come nell'esempio precedente) più un ulteriore input come riportato di seguito:

-Input mensili eventuali di apporti organici (FYM): 2 t/ha di C ipotizzando l'utilizzo nel mese di settembre di compost organico (circa 10 t/ha) o di letame (spandimento sul terreno).

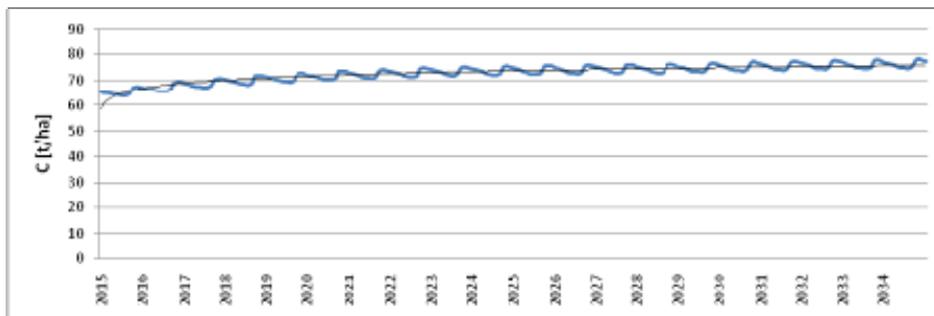


Figura 140: Proiezione dei flussi di carbonio - range di 20 anni - seminativo

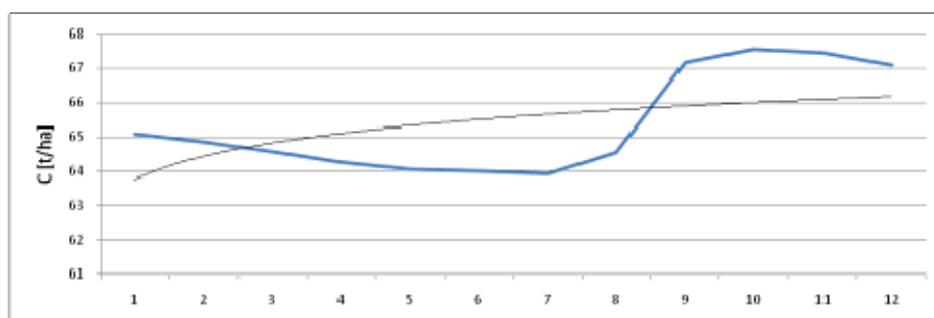


Figura 141: Proiezione dei flussi di carbonio - 1° anno - seminativo

	ΔC_{med} - 1° anno [t/ha]	ΔC_{med} - 20 anni [t/ha]
C [t/ha]	1,98	0,60
CO _{2eq} [t/ha]	7,28	2,22

Figura 142: ΔC relativo al 1° anno e al range di 20 anni

3) Terzo scenario

Nel terzo scenario si prevede una gestione del seminativo alternata, ossia un anno prevedendo l'interramento delle stoppie e l'utilizzo di compost e un anno seminando il favino per la pratica del sovescio. Il sovescio è quella pratica migliorativa della fertilità del terreno che consiste nel seminare una coltura per poi trinciarla e interrarla nello strato fertile una volta raggiunto un determinato stadio vegetativo (lo stadio della fioritura è generalmente considerato il momento migliore). Si considera un apporto annuo di carbonio di 3,6 t/ha rilasciato nell'intervallo dei mesi aprile-giugno.

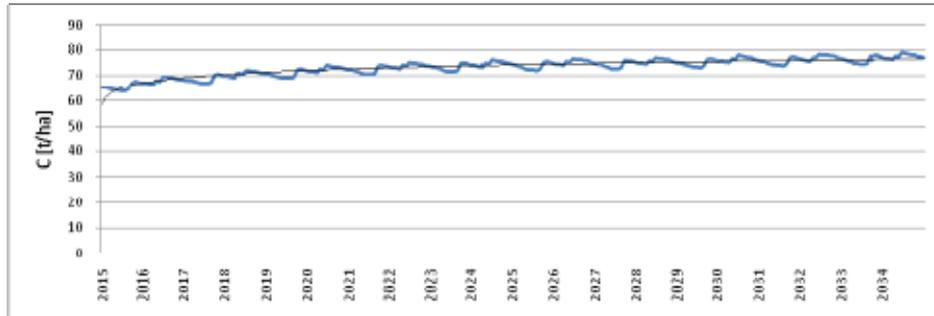


Figura 143: Proiezione dei flussi di carbonio - range di 20 anni - seminativo

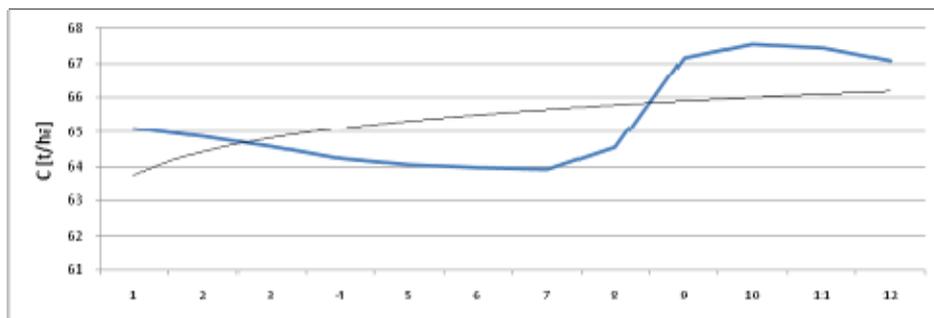


Figura 144: Proiezione dei flussi di carbonio - 1° anno – seminativo

	ΔC_{med} - 1° anno [t/ha]	ΔC_{med} - 20 anni [t/ha]
C [t/ha]	1,69	0,58
CO _{2eq} [t/ha]	6,19	2,12

Figura 145: ΔC relativo al 1° anno e al range di 20 anni

Vigneto - Tricarico

- Contenuto percentuale di argilla dello strato superficiale: 21%
- Temperatura, precipitazioni ed evapotraspirazione di riferimento mensili:

Mesi	Temp. [°C]	Prec. [mm]	ET ₀ [mm]
gen.	4,1	58,2	18,1
feb.	3,9	57,6	22,9
mar.	7,2	52,9	43,5
apr.	10,0	71,0	61,7
mag.	14,6	48,2	92,2
giu.	19,1	39,9	114,7
lug.	22,1	33,2	127,8
ago.	22,0	32,8	113,8
set.	16,9	52,7	70,5
ott.	13,2	59,1	45,3
nov.	8,9	62,1	24,7
dic.	5,0	74,7	16,4

Figura 146: Dati climatici

- Input mensili di carbonio al suolo:

Input di carbonio al suolo	
Mesi	Tricarico - Vigneto [tC/ha]
gen.	-
feb.	0.5-1.2 (residui pot.)
mar.	0.2-0.7 (sfalcio I)
apr.	-
mag.	1.0-1.2 (sfalcio II)
giu.	-
lug.	0.1-0.3 (cimatura)
ago.	
set.	0.1-0.3 (femm.)
ott.	
nov.	
dic.	0.2-0.3 (foglie)

Figura 147: Input di carbonio al suolo

Sono stati considerati i valori medi di t/ha di C per i relativi mesi in cui è previsto l'apporto di carbonio al suolo, che rappresentano le buone pratiche di gestione di un vigneto. Si evidenziano pratiche di cimatura, sfalci, sfemminitura e residui di potatura che vengono lasciati sul terreno.

Il vigneto viene considerato inerbito nell'arco di tutto l'anno (questo scenario rappresenta la reale conduzione del sistema preso in considerazione)

- Input mensili eventuali di apporti organici (FYM): 2 t/ha di C ipotizzando l'utilizzo nel mese di aprile di compost organico (circa 10 t/ha)

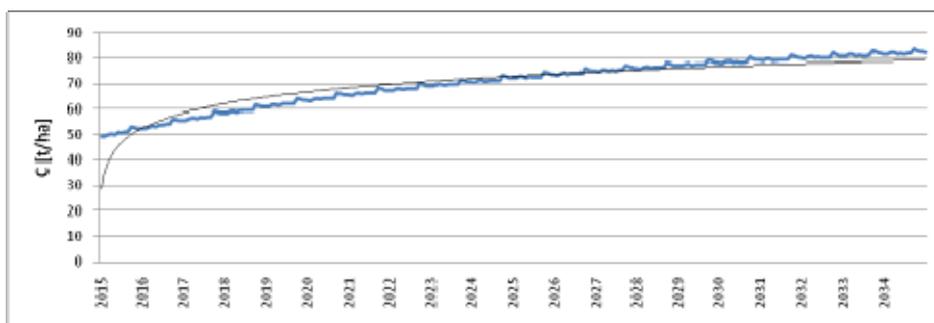


Figura 148: Proiezione dei flussi di carbonio - range di 20 anni - vigneto

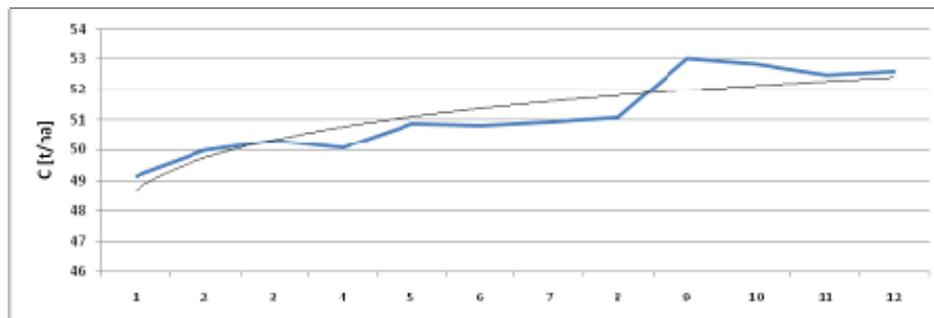


Figura 149: Proiezione dei flussi di carbonio - 1° anno - vigneto

	ΔC_{med} - 1° anno [t/ha]	ΔC_{med} - 20 anni [t/ha]
C [t/ha]	3,44	1,65
CO _{2eq} [t/ha]	12,61	6,07

Figura 150: ΔC relativo al 1° anno e al range di 20 anni

Garaguso – Set aside

- Contenuto percentuale di argilla dello strato superficiale: 34,5%
- Temperatura, precipitazioni ed evapotraspirazione di riferimento mensili:

Mesi	Temp. [°C]	Prec. [mm]	ET ₀ [mm]
gen.	6,4	63,0	24,8
feb.	6,7	50,7	32,3
mar.	10,0	61,3	58,5
apr.	12,8	62,2	82,9
mag.	18,1	45,9	122,3
giu.	22,7	37,3	146,7
lug.	25,8	27,8	160,0
ago.	25,5	29,2	142,4
set.	20,2	41,7	90,0
ott.	15,9	49,6	58,4
nov.	11,0	59,1	32,1
dic.	7,2	77,7	22,0

Figura 151: Dati climatici

- Input mensili di carbonio al suolo:

Input di carbonio al suolo	
Mesi	Garaguso – Set-aside [tC/ ha]
gen.	0,06
feb.	0,06
mar.	0,06
apr.	0,06
mag.	0,06
giu.	0,06

lug.	0,06
ago.	0,06
set.	0,06
ott.	0,06
nov.	0,06
dic.	0,06

Figura 152: Input di carbonio al suolo

E' stato considerato il valore di 0,7 t/ha di C (*Stamati et al. 2013*) per anno relativo ad uno studio effettuato in Grecia e pertanto applicabile anche per la macro area di interesse (condizioni pedo-climatiche simili).

Il set aside viene considerato inerbito nell'arco di tutto l'anno.

- Input mensili eventuali di apporti organici (FYM):

Si ipotizza nessun input di questo tipo

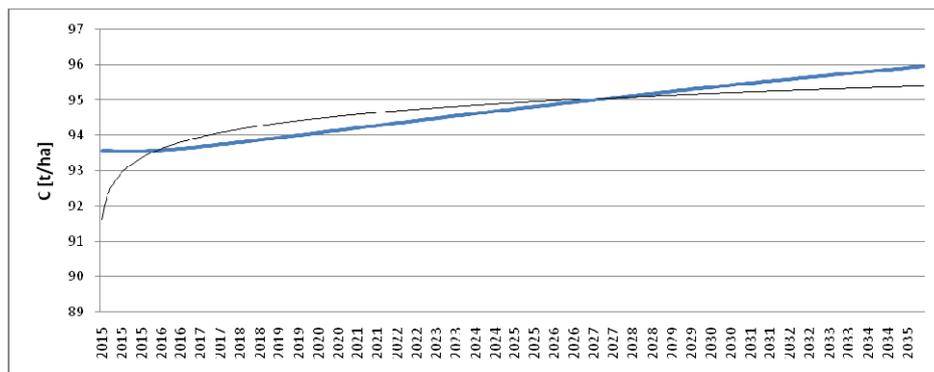


Figura 153: Proiezione dei flussi di carbonio - range di 20 anni – set-aside

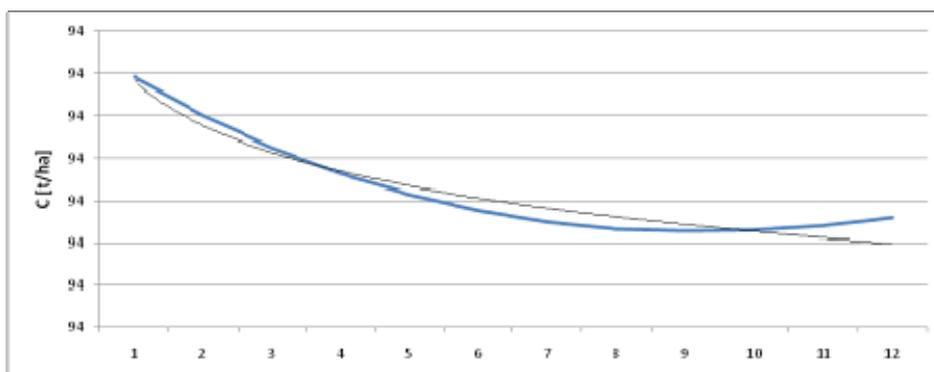


Figura 154: Proiezione dei flussi di carbonio - 1° anno – set-aside

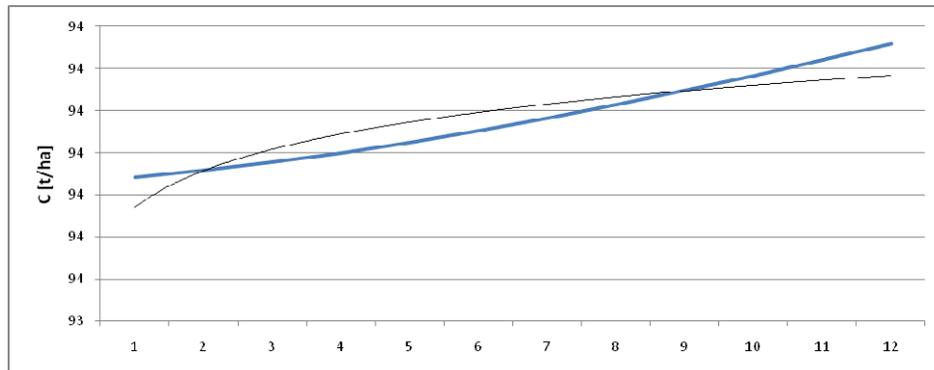


Figura 155: Proiezione dei flussi di carbonio - 2° anno – set-aside

	$\Delta C_{med} - 1^{\circ} \text{ anno [t/ha]}$	$\Delta C_{med} - 2^{\circ} \text{ anno [t/ha]}$	$\Delta C_{med} - 20 \text{ anni [t/ha]}$
C [t/ha]	-0,03	0,06	0,12
CO _{2eq} [t/ha]	-0,12	0,23	0,44

Figura 156: ΔC relativo al 1° anno, 2° anno e al range di 20 anni

Salandra – Pascolo arborato

- Contenuto percentuale di argilla dello strato superficiale: 57,2%
- Temperatura, precipitazioni ed evapotraspirazione di riferimento mensili:

Mesi	Temp. [°C]	Prec. [mm]	ET ₀ [mm]
gen.	6,0	65,1	19,5
feb.	5,9	51,3	25,3
mar.	9,1	63,3	47,0
apr.	11,9	61,0	65,5
mag.	16,9	34,4	99,5
giu.	21,9	39,4	124,4
lug.	24,9	28,2	136,3
ago.	24,6	20,8	119,7
set.	19,3	47,0	75,3
ott.	15,3	60,3	47,5
nov.	10,7	73,6	25,3
dic.	6,8	92,1	17,4

Figura 157: Dati climatici

- Input mensili di carbonio al suolo:

Input di carbonio al suolo	
Mesi	Salandra - Pascolo arb. [tC/ha]
gen.	0,14
feb.	0,14
mar.	0,14
apr.	0,14

mag.	0,14
giu.	0,14
lug.	0,14
ago.	0,14
set.	0,14
ott.	0,14
nov.	0,14
dic.	0,14

Figura 158: Input di carbonio al suolo

Alcuni studi indicano sino a 4 t di C/ha per anno (FAO, 2004) considerando il sistema pasture system, altri studi (Università di Venezia), indicano 0,5 t di C/ ha per anno.

E' stato considerato il valore di 1,7 t/ha di C in un anno come media del range 1,5 – 2 t/ha di C.

- Input mensili eventuali di apporti organici (FYM):

Si ipotizza nessun input di questo tipo

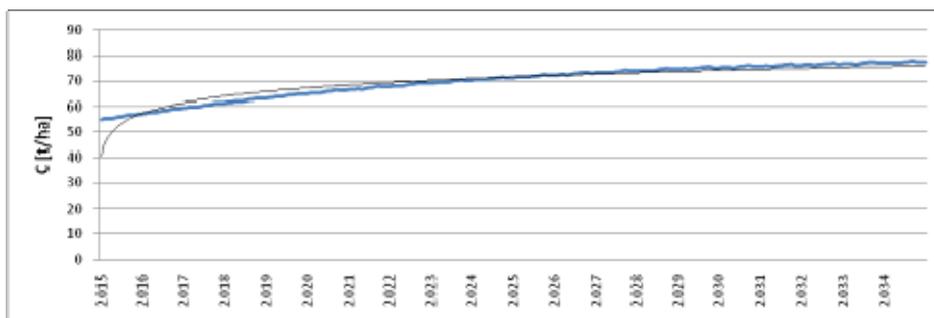


Figura 159: Proiezione dei flussi di carbonio - range di 20 anni – pascolo arborato

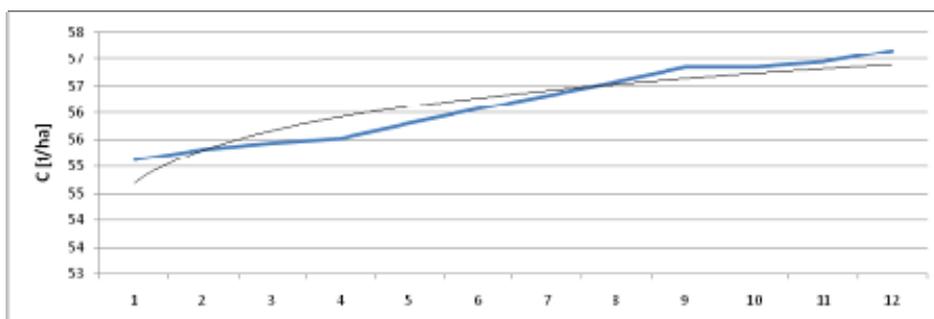


Figura 160: Proiezione dei flussi di carbonio - 1° anno – pascolo arborato

	$\Delta C_{med} - 1^{\circ} \text{ anno [t/ha]}$	$\Delta C_{med} - 20 \text{ anni [t/ha]}$
C [t/ha]	2,04	1,13
CO _{2eq} [t/ha]	7,47	4,14

Figura 161: ΔC relativo al 1° anno e al range di 20 anni

Ferrandina – oliveto

L'oliveto di Ferrandina è ad oggi un sito sperimentale dell'Università degli studi della Basilicata dove vengono applicate tecniche di gestione sostenibile ossia gestione oculata delle tecniche colturali del suolo, finalizzate all'incremento del contenuto in sostanza organica, alla riduzione dei processi di mineralizzazione, alla protezione dall'erosione, ed in ultimo all'ulteriore potenziamento della capacità di stoccaggio della CO₂ dei sistemi arborei da frutto.

La sperimentazione, in atto da diversi anni, può essere un contributo alla valutazione dell'entità degli assorbimenti di CO₂ da parte di un oliveto meridionale maturo sottoposto a tecniche sostenibili di gestione colturale (oliveto sostenibile). I dati sono stati confrontati con quelli ottenuti in un oliveto attiguo gestito secondo le tecniche agronomiche convenzionali dell'area (oliveto convenzionale).

Parametri	Oliveto sostenibile	Oliveto convenzionale
Località	Agro di Ferrandina	Agro di Ferrandina
Cultivar	Maiatica	Maiatica
Sesto d'impianto	8 x 8 m	8 x 8 m
Gestione del suolo	Inerbimento con essenze spontanee sfalciate almeno 2 volte all'anno	Lavorazione superficiali (2-3 all'anno)
Irrigazione	Con acque reflue urbane trattate ⁽¹⁾	Non irrigato
Fertilizzazione	In fertirrigazione con dosi definite secondo l'approccio nutrizionale ⁽²⁾	Fertilizzazione empirica del suolo
Potatura	Lieve e annuale. Residui trinciati e lasciati sul terreno dell'oliveto	Intensa e biennale. Residui allontanati dall'oliveto e bruciati

⁽¹⁾ Palese et al., 2009, 3.425 m³/ha all'anno (media 2000-2008) distribuiti con gocciolatori autocompensanti da 8 L/ora (6 per pianta).
⁽²⁾ Palese et al., 2012b.

Figura 162: Caratteristiche degli oliveti a confronto e tecniche culturali adottate

Le tecniche sostenibili utilizzate hanno potenziato la capacità di stoccaggio dell'oliveto trattato. In media l'oliveto sostenibile ha fissato una quantità di CO₂ pari a più del doppio di quella assorbita dall'oliveto convenzionale.

La copertura erbacea spontanea presente nell'oliveto sostenibile (parte epigea + parte ipogea) costituisce la voce più importante di sequestro pari a circa il 35% della Ppn (produzione primaria netta annua) totale. Anche il materiale di potatura e la produzione rappresentano, in media, voci significative di stoccaggio per entrambi gli oliveti: sono costanti negli anni nell'oliveto sostenibile (grazie alle produzioni regolari e alla potatura annuale) (Palese et al., 2012a); a carattere fluttuante in quello convenzionale a causa dell'alternanza di produzione e della potatura biennale. D'altra parte, nell'oliveto convenzionale la Ppn dei residui di potatura non costituisce un sequestro di CO₂ visto che essi vengono comunemente bruciati.

Oltre alla Ppn sono state calcolate e stimate le emissioni di CO₂. In particolare, esse sono state distinte in emissioni antropiche e naturali:

Parametri	Oliveto sostenibile	Oliveto convenzionale
	CO ₂ [t/ha all'anno]	
Emissioni totali	22,39	26,11
Antropiche	1,07	5,11
Fertilizzanti e fitofarmaci	0,53	0,25
Operazioni colturali e trasporto	0,54	0,22
Brucciatura residui di potatura ⁽¹⁾	-	4,64
Naturali ⁽²⁾	21,32	21

Le emissioni sono state calcolate come CO₂eq. ⁽¹⁾ Considerate eguali alla CO₂ fissata nel materiale di potatura.
⁽²⁾ Stimate secondo Almagro et al. (2009) e Testi et al. (2008).

Figura 163: Emissioni di CO₂ calcolate per i due oliveti a confronto

Il flusso annuale di CO₂ dovuto alla respirazione del suolo dell'oliveto convenzionale è stato considerato pari a 21 t/ha all'anno, mentre quello dell'oliveto sostenibile è stato stimato pari a 21,32 t/ha all'anno. Sicuramente la respirazione del suolo costituisce la voce più importante di emissioni di CO₂ in entrambe gli oliveti a confronto. D'altra parte, le emissioni antropiche totali sono risultate circa 5 volte superiori nell'oliveto convenzionale a causa della pratica della bruciatura del materiale di potatura che ha pesato per il 90% del totale.

Il bilancio netto tra CO₂ assorbita ed emessa in atmosfera permette di stabilire se gli oliveti a confronto accumulano CO₂ o ne rilasciano. Dal confronto dei flussi annuali di CO₂ (Ppn totale annuale versus emissioni totali) si evince come l'oliveto sostenibile abbia avuto un bilancio positivo, con un significativo guadagno di CO₂ (15,45 t/ha all'anno) sequestrata dall'atmosfera (*l'oliveto sostenibile per il sequestro di CO₂ – speciale olio e olivo – l'informatore agrario 2013*).

Parametri	Oliveto sostenibile	Oliveto convenzionale
	CO ₂ [t/ha all'anno]	
Ppn totale annua	-37,84	-15,91
Emissioni totali	22,39	26,11
Differenza	-15,45	10,2

Il simbolo + indica perdite di CO₂ mentre - indica sequestro di CO₂.

Figura 164: Confronto tra flussi di CO₂eq nei due oliveti (2001-2008)

	ΔC_{med} [t/ha]
C [t/ha]	4,21
CO _{2eq} [t/ha]	15,45

Figura 165: ΔC relativo all'oliveto

6.4 Variazioni di stock di carbonio organico dovute a variazioni di uso del suolo

Confrontando i valori unitari di stock che caratterizzano i diversi usi del suolo è stata fatta una stima di quanto carbonio organico si potrebbe accumulare o perdere in un terreno modificandone la destinazione d'uso. In particolare si analizza la situazione più di interesse, per lo specifico contesto territoriale, ossia la variazione di carbonio organico dovuto alla variazione di uso del suolo dal sistema agrario seminativo al set aside ventennale. Quindi partendo dagli stock di carbonio ottenuti dai campionamenti in campo dei due siti di interesse, e ipotizzando una variazione temporale di 15 – 20 anni, si calcola la variazione di stock di carbonio. Il risultato di questo calcolo è visualizzato di seguito:

Stock C Seminativo: 67,76 tC/ha

Stock C Set aside: 99,11 tC/ha

Variazione di stock: $99,11 - 67,76 = 31,35$ tC/ha

Ipotesi di variazione temporale: 15 – 20 anni

C accumulato medio: 1,57 – 2,09 tC/ha * anno

CO₂ assorbita media: 5,72 – 7,67 tCO₂/ha * anno

	ΔC_{med} [t/ha]
C [t/ha]	1,57 – 2,09
CO _{2eq} [t/ha]	5,72 – 7,67

Figura 166: ΔC annuo relativo alla variazione di uso del suolo da seminativo a set aside

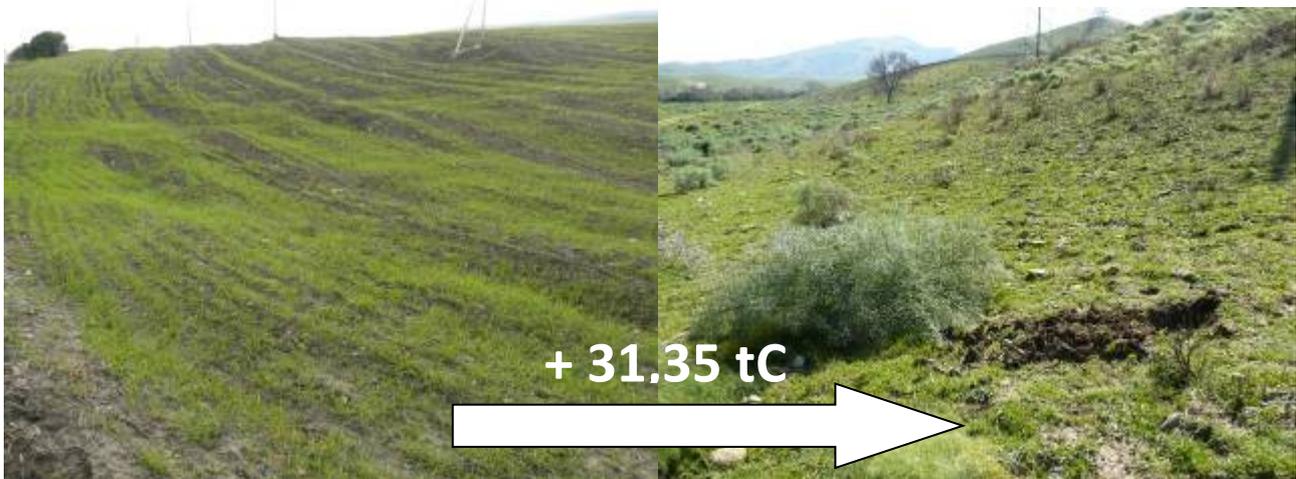


Figura 167: Variazione di stock di carbonio organico nell'evoluzione da un suolo seminativo a un sistema agrario set aside ventennale

Nell'esaminare questi dati va osservato in primo luogo che, essendo basati su dati di stock a scala di macro area, forniscono un'indicazione generale sulle potenzialità ecologiche dei suoli negli ambienti esaminati. In secondo luogo va tenuto presente come la variazione di stock che la trasformazione d'uso del suolo può indurre si realizza normalmente in un arco di tempo più o meno variabile che può essere piuttosto lungo. Dai dati degli stock dei sistemi agrari campionati si può derivare, a titolo di esempio, che cambiare l'uso del suolo da seminativo a set aside potrebbe voler dire aumentare la quantità di carbonio organico accumulato nel suolo di circa 31,35 t/ha (figura 167). Data l'alta variabilità dei suoli e degli ambienti sarebbero necessarie a livello locale verifiche sito specifiche e campionamenti a intervalli di tempo regolari per il perfezionamento delle metodologie di calcolo e di monitoraggio dei flussi di carbonio dei sistemi agrari. Dalle analisi condotte emerge comunque come i passaggi bidirezionali tra usi del suolo agricoli possano comportare significative variazioni di stock e quindi contribuire in modo importante all'assorbimento di CO₂ atmosferica.

7 STIMA DEI CREDITI DI CARBONIO PER LA COMPONENTE FORESTALE, METODOLOGIA E RISULTATI

A cura di

Dott. For. Angelo Nolè

Dott. For. Giuseppe Mancino

Consulenti Agreement – Spin Off Accademico Università degli Studi della Basilicata

7.1 Premessa alla metodologia usata e tipologie forestali ricadenti nell'area del Medio Basento

La stima dei crediti di carbonio relativi alla componente forestale nell'area di Progetto, ricadente nel territorio del Medio Basento e in particolare dei Comuni di Accettura, Aliano, Calciano, Cirigliano, Craco, Ferrandina Garaguso, Gorgoglione, Oliveto Lucano, Salandra, San Mauro Forte, Stigliano e Tricarico, è stata incentrata sulla stima della biomassa epigea dei popolamenti forestali suddivisi secondo le principali tipologie forestali sulla base delle Carta Forestale della Regione Basilicata (2006) (Figura 168). In particolare sono state individuate su base comunale le seguenti tipologie forestali (Figura 169):

- Querceti governati a fustaia
- Querceti governati a ceduo
- Leccete
- Macchia mediterranea e arbusteti termofili
- Pinete mediterranee
- Vegetazione forestale igrofila

Come evidenziato nella tabella 1, la superficie forestale totale nell'area dei Comuni del Medio Basento è pari a 40387.3 ha, pari al 34.2 % della superficie comunale totale, con prevalenza delle formazioni ascrivibili ai querceti termofili e mesotermofili governati ad alto fusto (15626.6 ha) e governati a ceduo (7777.6 ha). La tipologia forestale della Macchia mediterranea e arbusteti termofili rappresenta l'altra componente forestale di maggiore rilievo con una superficie di 12615.8 ha. Infine con estensione inferiore sono stati rilevate le formazioni forestali ascrivibili alle formazioni a vegetazione igrofila (1738.5 ha), alle leccete (1303.5 ha) e alle Pinete Mediterranee (1325.3 ha). Inoltre nella tabella 1 sono riportate le superfici occupate dalle diverse tipologie forestali su scala comunale.

Comune	Superficie Comunale	Copertura forestale	Copertura forestale %	Querceti governati a altofusto	Querceti governati a ceduo	Lecceta	Macchia mediterranea	Pinete mediterranee	Vegetazione igrofila
	ha	ha	%	ha	ha	ha	ha	ha	ha
Accettura	8957.3	6417.9	71.7	5677.74	516.87	-	114.57	108.72	-
Aliano	9751.8	3100.59	31.8	148.5	271.8	744.57	1588.5	176.13	171.09
Calciano	4925.4	2516.58	51.1	1779.3	317.07	-	181.8	14.04	224.37
Cirigliano	1477.3	807.3	54.6	806.85	-	-	0.45	-	-
Craco	7631.8	968.13	12.7	-	-	1.17	796.95	78.57	91.44
Ferrandina	21606.2	6202.08	28.7	69.48	1102.05	-	4077.18	485.01	468.36
Garaguso	3826.7	1117.26	29.2	5.31	1003.77	-	68.31	4.59	35.28
Gorgoglione	3461.8	1662.03	48.0	1169.46	9	64.71	337.59	76.14	5.13
Oliveto Lucano	3090.9	1739.16	56.3	1016.46	653.31	-	7.65	27.99	33.75
Salandra	7673.2	1300.32	16.9	-	1010.7	-	174.24	1.89	113.49
San Mauro Forte	8627.0	2247.03	26.0	857.79	450.9	14.85	735.84	-	187.65
Stigliano	20921.7	6894.18	33.0	1127.7	1340.37	375.66	3675.87	121.77	252.81
Tricarico	16206.1	5414.76	33.4	2968.02	1101.78	102.51	856.89	230.4	155.16
Superfici Totali (ha)	118157.0	40387.3	34.2	15626.6	7777.6	1303.5	12615.8	1325.3	1738.5

Tabella 1: Estensione delle superfici comunali e forestali nell'area di progetto del Medio Basento

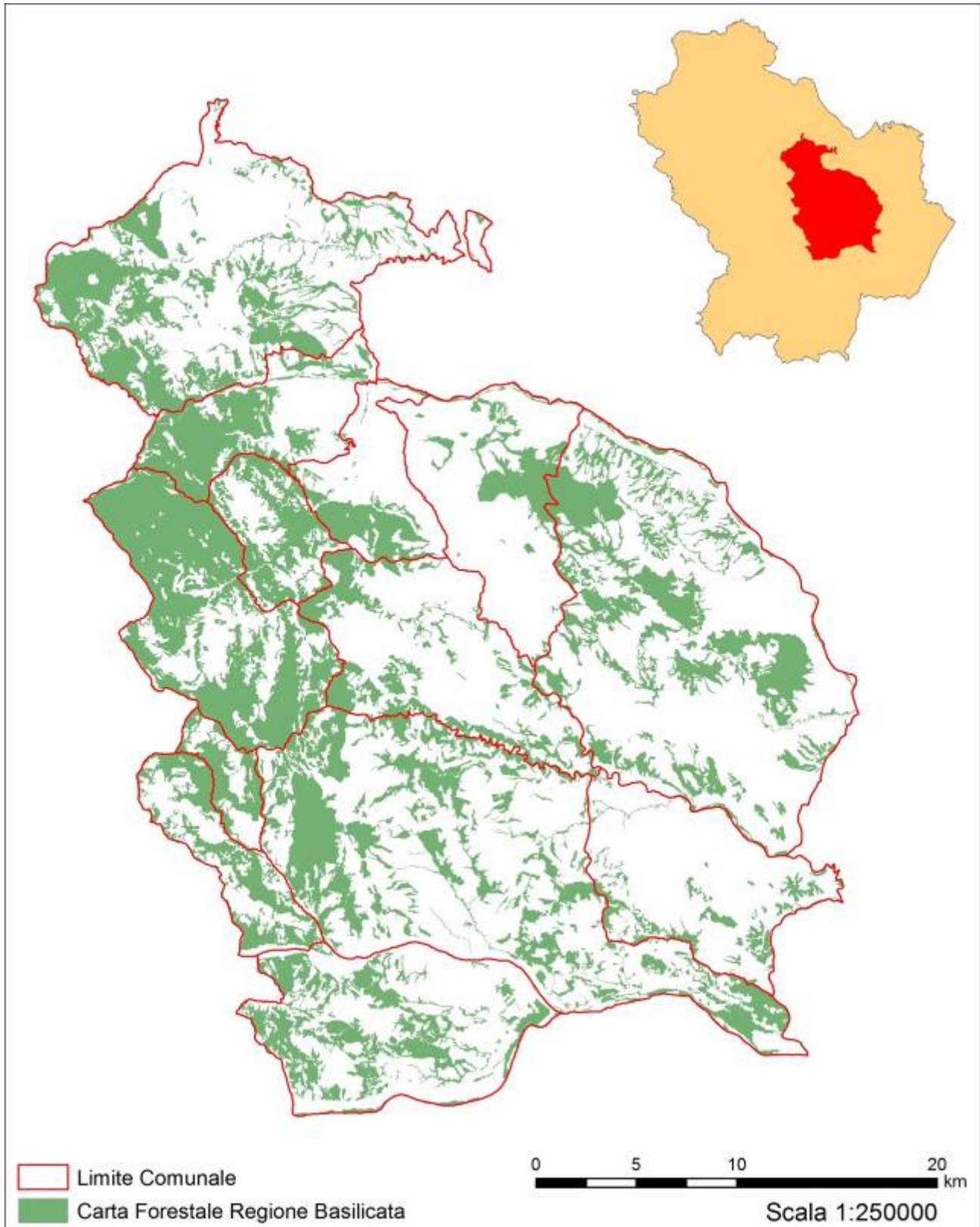


Figura 168: Area di progetto del Medio Basento

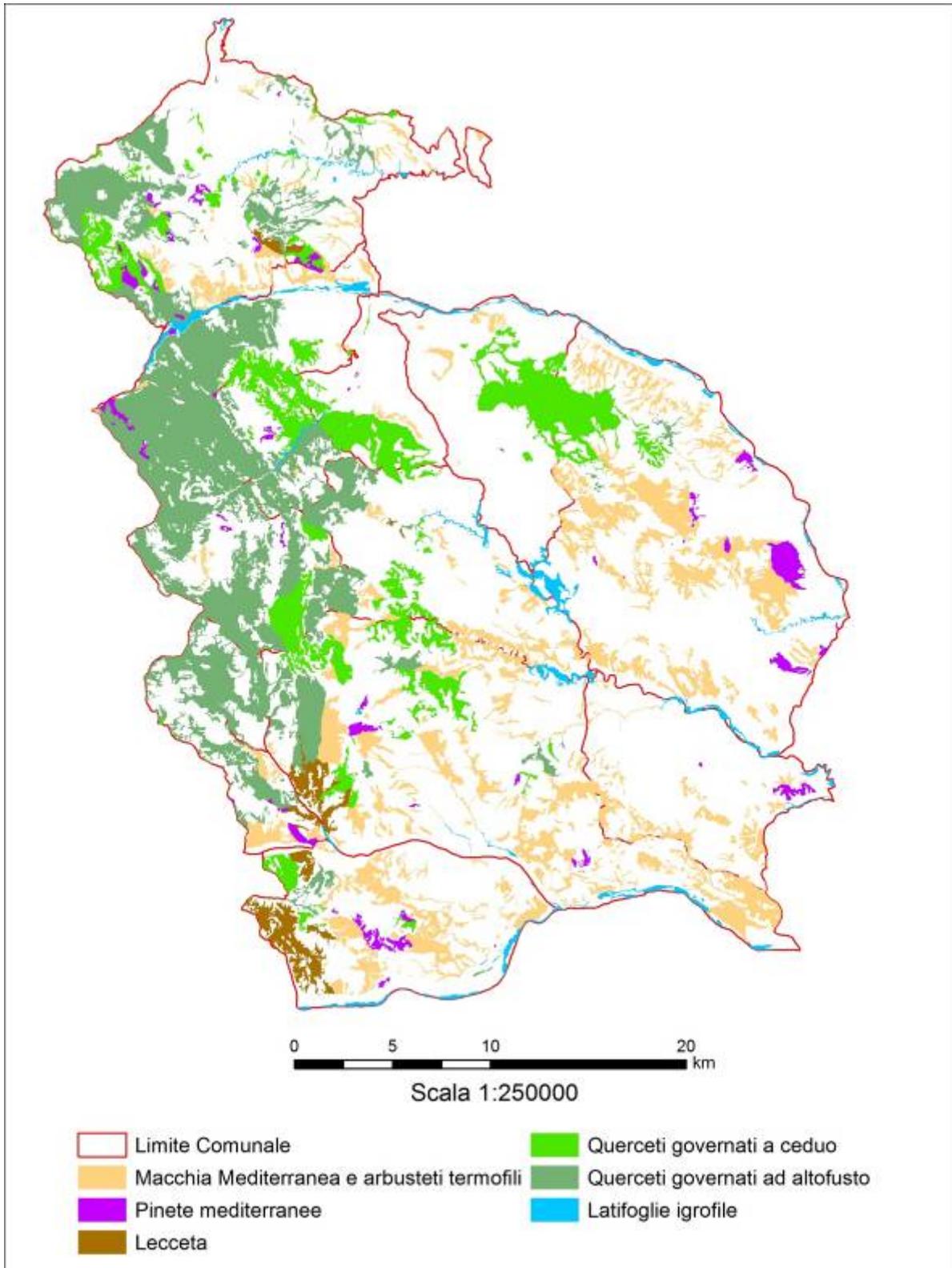


Figura 169: Distribuzione delle tipologie forestali all'interno dell'area di progetto

7.2 Metodologia per la stima della Biomassa Epigea

Per la stima della biomassa epigea dei popolamenti forestali nell'area di progetto, è stato implementato un modello per la spazializzazione di dati inventariali puntuali misurati a terra, utilizzando come forcing una o più variabili ausiliarie ottenute dalle immagini telerilevate multispettrali.

La prima fase di progetto è stata incentrata sull'acquisizione sia su scala comunale che comprensoriale di dati inventariali di biomassa derivanti dai Piani di Assestamento Forestale e da progetti di taglio degli ultimi 5 anni. In particolare le informazioni inventariali e provvigionali raccolte sono state implementate all'interno di un SIT (Sistema Informativo Territoriale) dedicato e georiferite sulla base del dato cartografico particellare assestamentale impiegato. Contestualmente sono state individuate per l'area di progetto due immagini telerilevate LANDSAT 8 con risoluzione a 30 metri, relative al periodo estivo di due diverse annualità ricadenti nel periodo di osservazione (2009-2014). Dalle immagini LANDSAT 8 sono stati quindi calcolati gli indici vegetazionali telerilevati, NDVI ed EVI, per l'individuazione dei pattern spaziali delle potenzialità vegetazionali forestali, infine gli indici vegetazionali telerilevati sono stati interpolati con i dati inventariali georiferiti per l'individuazione di *patterns* spaziali di provvigione forestale in termini di biomassa, sull'intera superficie forestale dei 13 Comuni.

Le aree di saggio e i punti di controllo sono stati individuati nell'ambito dell'area di progetto secondo lo schema individuato in figura 170. Le aree di saggio di forma circolare di 30 m di diametro e con superficie di 706.86 mq, sono state scelte come rappresentative delle diverse tipologie forestali prese in esame e delle diverse condizioni fisionomico-strutturali del soprassuolo. In ciascuna area è stata stimata la provvigione presente per la stima dell'area basimetrica, partendo dalla misurazione per ciascuna pianta del diametro. Inoltre per tutte le piante è stata misurata l'altezza mediante un ipsometro Blume-Leiss, per la stima del volume legnoso rappresentato dalla biomassa epigea. Infine il dato rilevato all'interno dell'area di saggio è stato riferito all'ettaro. A titolo esemplificativo vengono riportati i rilievi relativi a un'area di saggio effettuata all'interno di una cerreta nel comune di Accettura, e le stime relative alle caratteristiche dendrometriche e strutturali del popolamento (Tab. 2 e Fig. 171).

Per quanto concerne la tipologia forestale a Macchia Mediterranea e arbusteti termofili, in mancanza di dati inventariali e provvigionali derivanti da Piani di Assestamento Forestale e Progetti di taglio, si è proceduto alla individuazione di 3 classi di produttività sulla base degli indici vegetazionali telerilevati e successivamente alla individuazione a terra di aree di saggio per la stima della biomassa epigea per

ciascuna classe di produttività. Infine, i dati di biomassa misurati sono stati correlati alle classi di produttività all'interno delle superfici a Macchia. La metodologia per la stima della biomassa epigea forestale è stata infine validata in campo attraverso l'individuazione di aree di saggio per le diverse tipologie forestali, finalizzate alla verifica delle classi di produttività.

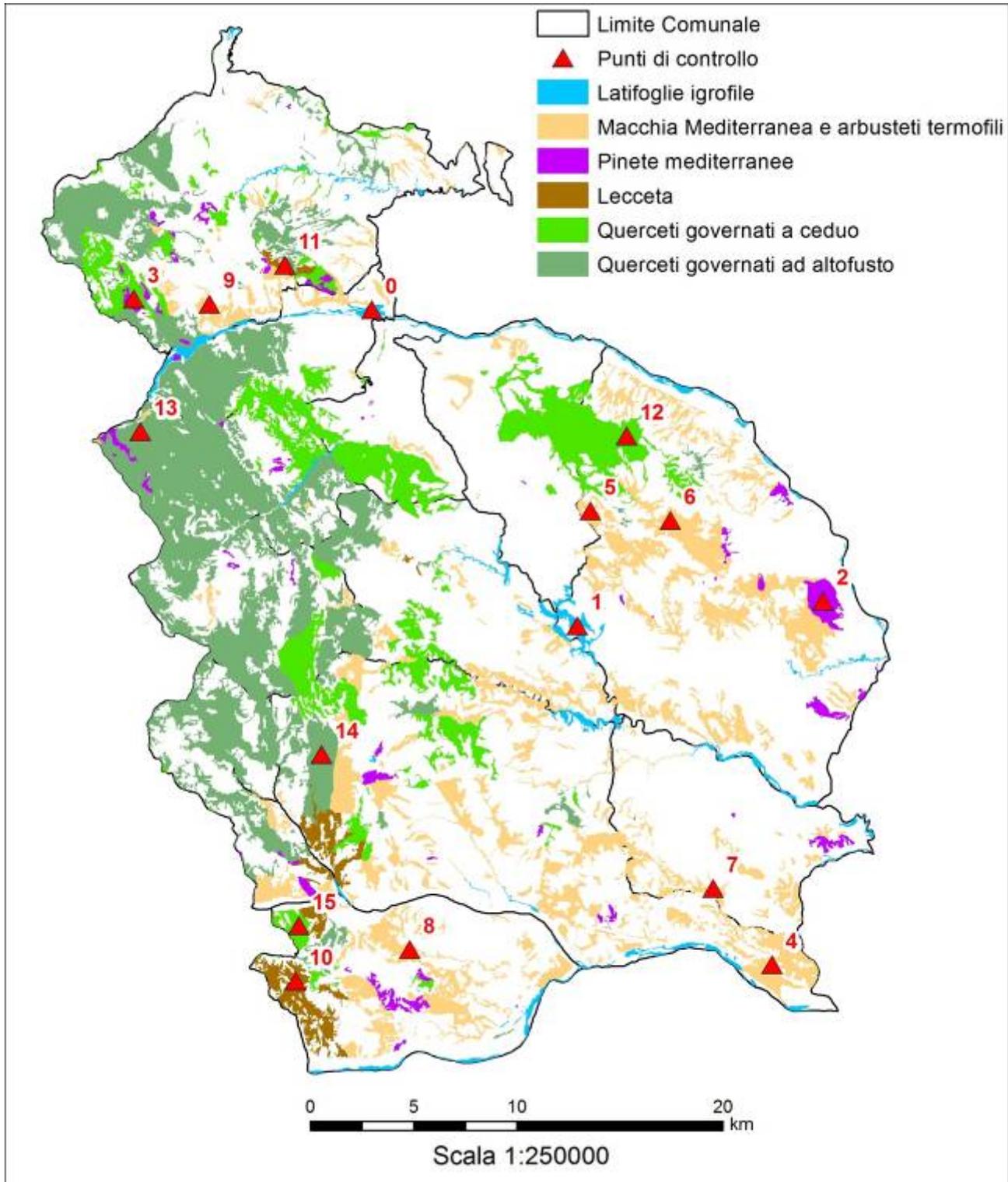


Figura 170: Distribuzione dei punti di controllo

Diametro	n° piante	Area basimetrica (m ²)	h ipsom. m	Volume m ³
5	21	0.0412	7.18	0.0527
6	25	0.0707	8.4	0.1764
7	12	0.0462	9.44	0.1556
8	15	0.0754	10.33	0.3047
9	15	0.0954	11.12	0.4375
10	10	0.0785	11.82	0.3958
11	12	0.114	12.46	0.6194
12	7	0.0792	13.04	0.4572
13	5	0.0664	13.58	0.4036
14	6	0.0924	14.08	0.5872
15	7	0.1237	14.54	0.8176
16	2	0.0402	14.97	0.2751
17	5	0.1135	15.37	0.8007
18	5	0.1272	15.76	0.9231
19	5	0.1418	16.12	1.055
20	2	0.0628	16.46	0.4786
21	4	0.1385	16.79	1.0784
22	5	0.1901	17.1	1.5093
23	3	0.1246	17.4	1.0084
24	2	0.0905	17.68	0.7448
25	2	0.0982	17.96	0.8215
26		0	18.22	0
27		0	18.47	0
28		0	18.71	0
29		0	18.95	0
30		0	19.18	0
31		0	19.4	0
32		0	19.61	0
33		0	19.81	0
<i>totale</i>	170	2.01		13.1
Totale / ha	2045	28.44		185

Tabella 2: Rilievo dendrometrico dell'area di saggio

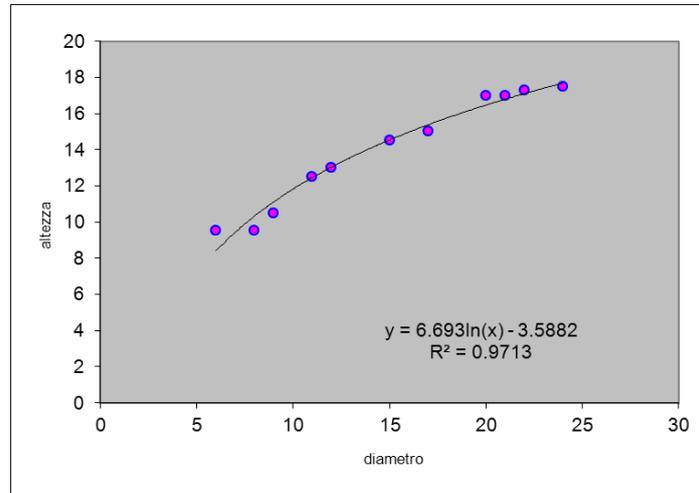


Figura 171: Curva ipsometrica dell'area di saggio



Figura 172: Operazione di misurazione dei diametri delle piante in campo



Figura 173: Operazione di misurazione dell'altezza delle piante in campo mediante ipsometro



Figura 174: Operazione di misurazione dei diametri delle piante in campo

7.3 Stima dei pools di Carbonio

La seconda fase del progetto, finalizzata alla stima degli stock di carbonio forestale per i diversi *carbon pools*, è stata condotta attraverso l'implementazione del modello *For-est* (Federici et al., 2008), che stima i diversi pools di carbonio (biomassa epigea, biomassa ipogea, necromassa, sostanza organica del suolo, lettiera) forestale partendo dalla biomassa epigea espressa in sostanza secca, attraverso il coefficiente di espansione della biomassa (BEF, Biomass Expansion Factor) secondo la metodologia indicata dalle linee guida dell'IPCC, GPG LULUCF (*Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*) (IPCC, 2003), e adottate su scala nazionale per la stima del Registro Nazionale dei Serbatoi di Carbonio agro-forestali (figura 175). In particolare la biomassa epigea espressa in sostanza secca viene calcolata secondo la formula (1):

$$\text{Biomassa Epigea} = GS \cdot A \cdot BEF \cdot WBD \cdot CF \quad (1)$$

In cui *GS* rappresenta il volume della provvigione (m^3ha^{-1}), *A* la superficie in ettari (ha), *WBD* rappresenta la densità basale del legno (Wood Basic Density), *CF* il fattore di conversione tra sostanza secca e carbonio, considerato costante pari a 0.5 (IPCC, 1997) e che rappresenta la frazione di carbonio della sostanza secca. La biomassa ipogea espressa in sostanza secca, è stimata con metodo indiretto a partire dalla provvigione, applicando la relazione (2):

$$\text{Biomassa Ipogea} = GS \cdot A \cdot WBD \cdot R \cdot CF \quad (2)$$

In cui *R* rappresenta il rapporto root/shoot che converte la biomassa epigea in biomassa ipogea. Per la stima della necromassa viene applicato un altro fattore di conversione DCF (Dead mass Conversion Factor) che converte la biomassa epigea in necromassa, espressa in grammi di sostanza secca, secondo la relazione (3):

$$\text{Necromassa} = GS \cdot BEF \cdot WBD \cdot DCF \cdot A \quad (3)$$

Infine per quanto riguarda il *carbon pools* relativi alla lettiera e al contenuto di sostanza organica del suolo, il SOC (soil organic carbon), vengono calcolati in base a una regressione lineare specifica per le diverse

tipologie forestali partendo dallo stock di carbonio rappresentato dalla biomassa epigea. Per quanto riguarda la parametrizzazione del modello sono stati impiegati i dati derivanti dalle GPG LULUCF e da letteratura. In particolare nella tabella 2 sono riportati i valori di BEF, WBD e R, mentre nella tabella 3 sono riportate regressioni lineari utilizzate per la stima dei *carbon pools* relativi alla lettiera e del SOC.

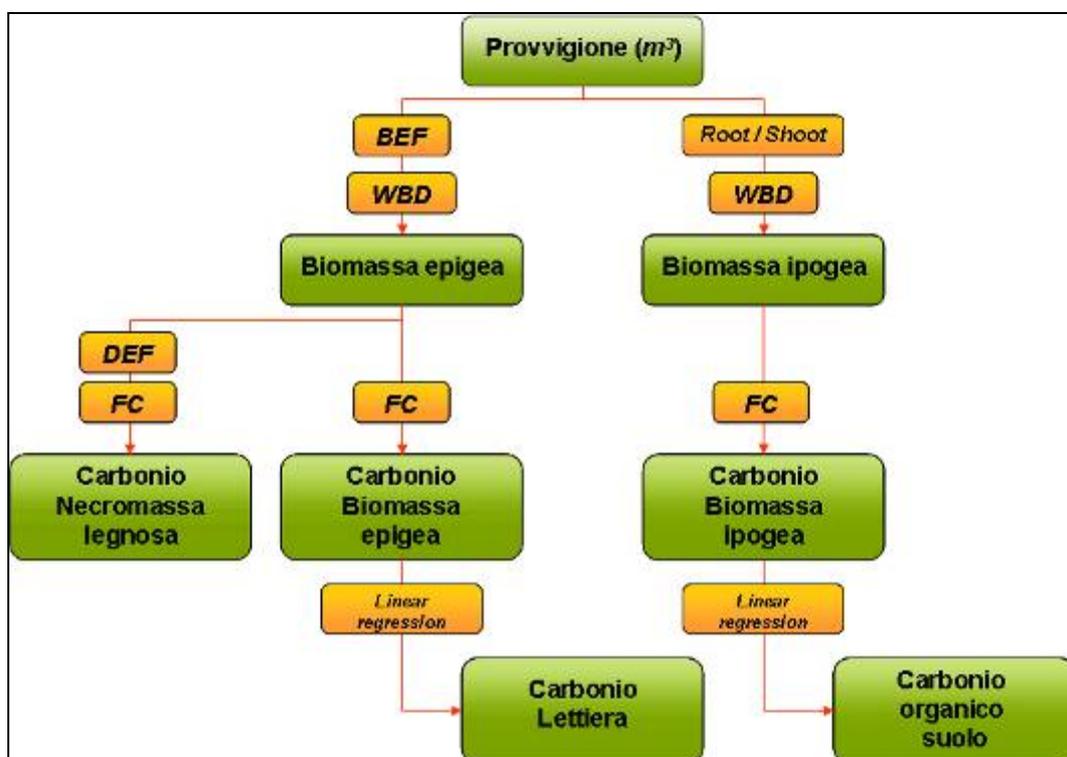


Figura 175: Diagramma di flusso modello *for-est*

Typology	Inventory typology	BEF	Wood Basic Density	R
		volume of above-ground biomass / volume of growing stock	Dry weight t/ fresh volume of above-ground biomass m ³	weight of below-ground biomass / weight of growing stock
Stands	norway spruce	1.29	0.38	0.29
	silver fir	1.34	0.38	0.28
	larches	1.22	0.56	0.29
	mountain pines	1.33	0.47	0.36
	mediterranean pines	1.53	0.53	0.33
	other conifers	1.37	0.43	0.29
	european beech	1.36	0.61	0.20
	turkey oak	1.45	0.69	0.24
	other oaks	1.42	0.67	0.20
	other broadleaves	1.47	0.53	0.24
	<i>partial total</i>	<i>1.35</i>	<i>0.51</i>	<i>0.28</i>
Coppices	european beech	1.36	0.61	0.20
	sweet chestnut	1.33	0.49	0.28
	hornbeams	1.28	0.66	0.26
	other oaks	1.39	0.65	0.20
	turkey oak	1.23	0.69	0.24
	evergreen oaks	1.45	0.72	1.00
	other broadleaves	1.53	0.53	0.24
	conifers	1.38	0.43	0.29
	<i>partial total</i>	<i>1.39</i>	<i>0.56</i>	<i>0.27</i>
	Plantations	eucalyptuses coppices	1.33	0.54
other broadleaves coppices		1.45	0.53	0.24
poplars stands		1.24	0.29	0.21
other broadleaves stands		1.53	0.53	0.24
conifers stands		1.41	0.43	0.29
others		1.46	0.48	0.28
<i>partial total</i>		<i>1.36</i>	<i>0.40</i>	<i>0.25</i>
Protective		rupicolous forest	1.44	0.52
	riparian forest	1.39	0.41	0.23
	shrublands	1.49	0.63	0.62
	<i>partial total</i>	<i>1.46</i>	<i>0.56</i>	<i>0.50</i>
Total	-	1.38	0.53	0.30

Tabella 3: Biomass Expansion Factor (BEF), Wood Basic Density (WBD) e rapporto Root/Shoot (R) per tipologie inventariali (Federici et al., 2008).

Category	Inventory typology	Relation litter Aboveground C / ha	Relation soil Aboveground C / ha
Stands	norway spruce	$y = 0.0659x + 1.5045$	$y = 0.4041x + 57.874$
	silver fir	$y = 0.0659x + 1.5045$	$y = 0.4041x + 57.874$
	larches	$y = 0.0659x + 1.5045$	$y = 0.4041x + 57.874$
	mountain pines	$y = 0.0659x + 1.5045$	$y = 0.4041x + 57.874$
	mediterranean pines	$y = 0.0659x + 1.5045$	$y = 0.4041x + 57.874$
	other conifers	$y = 0.0659x + 1.5045$	$y = 0.4041x + 57.874$
	european beech	$y = -0.0299x + 9.3665$	$y = 0.9843x + 5.0746$
	turkey oak	$y = -0.0299x + 9.3665$	$y = 0.9843x + 5.0746$
	other oaks	$y = -0.0299x + 9.3665$	$y = 0.9843x + 5.0746$
	other broadleaves	$y = -0.0299x + 9.3665$	$y = 0.9843x + 5.0746$
Coppices	european beech	$y = -0.0299x + 9.3665$	$y = 0.3922x + 65.356$
	sweet chestnut	$y = -0.0299x + 9.3665$	$y = 0.3922x + 65.356$
	horbeams	$y = -0.0299x + 9.3665$	$y = 0.3922x + 65.356$
	other oaks	$y = -0.0299x + 9.3665$	$y = 0.3922x + 65.356$
	turkey oak	$y = -0.0299x + 9.3665$	$y = 0.3922x + 65.356$
	evergreen oaks	$y = -0.0299x + 9.3665$	$y = 0.3922x + 65.356$
	other broadleaves	$y = -0.0299x + 9.3665$	$y = 0.3922x + 65.356$
	conifers	$y = 0.0659x + 1.5045$	$y = 0.4041x + 57.874$
Plantations	eucalyptuses coppices	$y = -0.0299x + 9.3665$	$y = 0.3922x + 65.356$
	other broadleaves coppices	$y = -0.0299x + 9.3665$	$y = 0.3922x + 65.356$
	poplars stands	$y = -0.0299x + 9.3665$	$y = 0.9843x + 5.0746$
	other broadleaves stands	$y = -0.0299x + 9.3665$	$y = 0.9843x + 5.0746$
	conifers stands	$y = 0.0659x + 1.5045$	$y = 0.4041x + 57.874$
	others	$y = -0.0165x + 7.3285$	$y = 0.7647x + 33.638$
Protective	rupicolous forest	$y = -0.0165x + 7.3285$	$y = 0.7647x + 33.638$
	riparian forest	$y = -0.0299x + 9.3665$	$y = 0.9843x + 5.0746$
	shrublands	$y = -0.0299x + 9.3665$	$y = 0.3922x + 65.356$

Tabella 4: Regressioni lineari utilizzate per la stima dei *carbon pools* relativi alla lettiera e del SOC.

7.4 Risultati ottenuti

Dall'interpolazione dei dati inventariali con i relativi indici vegetazionali telerilevati, sono stati individuati i pattern spaziali di provvigione forestale per le diverse tipologie forestali, in termini di biomassa, espressa prima in termini di volume di sostanza secca ad ettaro (mc/ha) e quindi in termini di stock di carbonio espresso in tonnellate di carbonio ad ettaro (tC/ha). Partendo dal dato provvigionale stimato in termini di pool di carbonio sono stati infine stimati i pool di carbonio relativi alla biomassa epigea, biomassa ipogea, necromassa, lettiera e sostanza organica del suolo.

Nelle tabelle 4 e 5, vengono riportati rispettivamente i valori medi e totali di provvigione in termini di metri cubi, e di stock di carbonio espresso in tonnellate di carbonio

Stock Carbonio medio						
Tipologia Forestale	Provvigione media	Biomassa epigea	Biomassa ipogea	Necromassa	Lettiera	Carbonio organico del suolo
	mc/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha
Querceti governati a altofusto	186.86	88.9	12.5	12.4	6.7	92.6
Querceti governati a cedui	98.10	44.3	44.3	6.2	8.0	82.7
Lecceta	86.56	43.3	7.2	8.7	8.1	47.7
Macchia mediterranea e arbusteti termofili*	30.16	15.1	9.3	3.0	8.9	71.3
Pinete mediterranee	225.32	91.4	19.7	18.3	7.5	94.8
Vegetazione igrofila	64.36	18.3	3.0	2.6	8.8	23.1

*la provvigione media della Macchia mediterranea e arbusteti termofili è espressa in tonnellate di sostanza secca ad ettaro

Tabella 5: Valori medi di provvigione e stock di carbonio per l'intera area di progetto del Medio Basento

Stock Carbonio totale						
Tipologia Forestale	Provvigione media	Biomassa epigea	Biomassa ipogea	Necromassa	Lettiera	Carbonio organico del suolo
	mc	tC	tC	tC	tC	tC
Querceti governati a altofusto	2919967.0	1389028.3	195637.8	194464.0	104834.7	1446519
Querceti governati a cedui	762987.9	344679.8	344679.8	48255.2	62543.15	643497.5
Lecceta	112822.3	56439.4	9341.7	11287.9	10521.42	62167.84
Macchia mediterranea e arbusteti termofili	380452.5*	190226.3	117940.3	38045.3	112478.5	899127.6
Pinete mediterranee	298609.5	121071.2	26113.4	24214.2	9972.433	125622.4
Vegetazione igrofila	111890.7	31883.3	5275.6	4463.7	15330.63	40205.03

*la provvigione media della Macchia mediterranea e arbusteti termofili è espressa in tonnellate di sostanza secca ad ettaro

Tabella 6: Valori totali di provvigione e stock di carbonio per l'intera area di progetto del Medio Basento

Per quanto riguarda il dettaglio relativo allo stock di carbonio per la componente forestale nell'area dei Comuni del Medio Basento, per ciascuna tipologia forestale di seguito sono riportate le mappe dei pattern spaziali di provvigione forestale e i dati inventariali su scala comunale.

7.5 Querceti governati ad altofusto

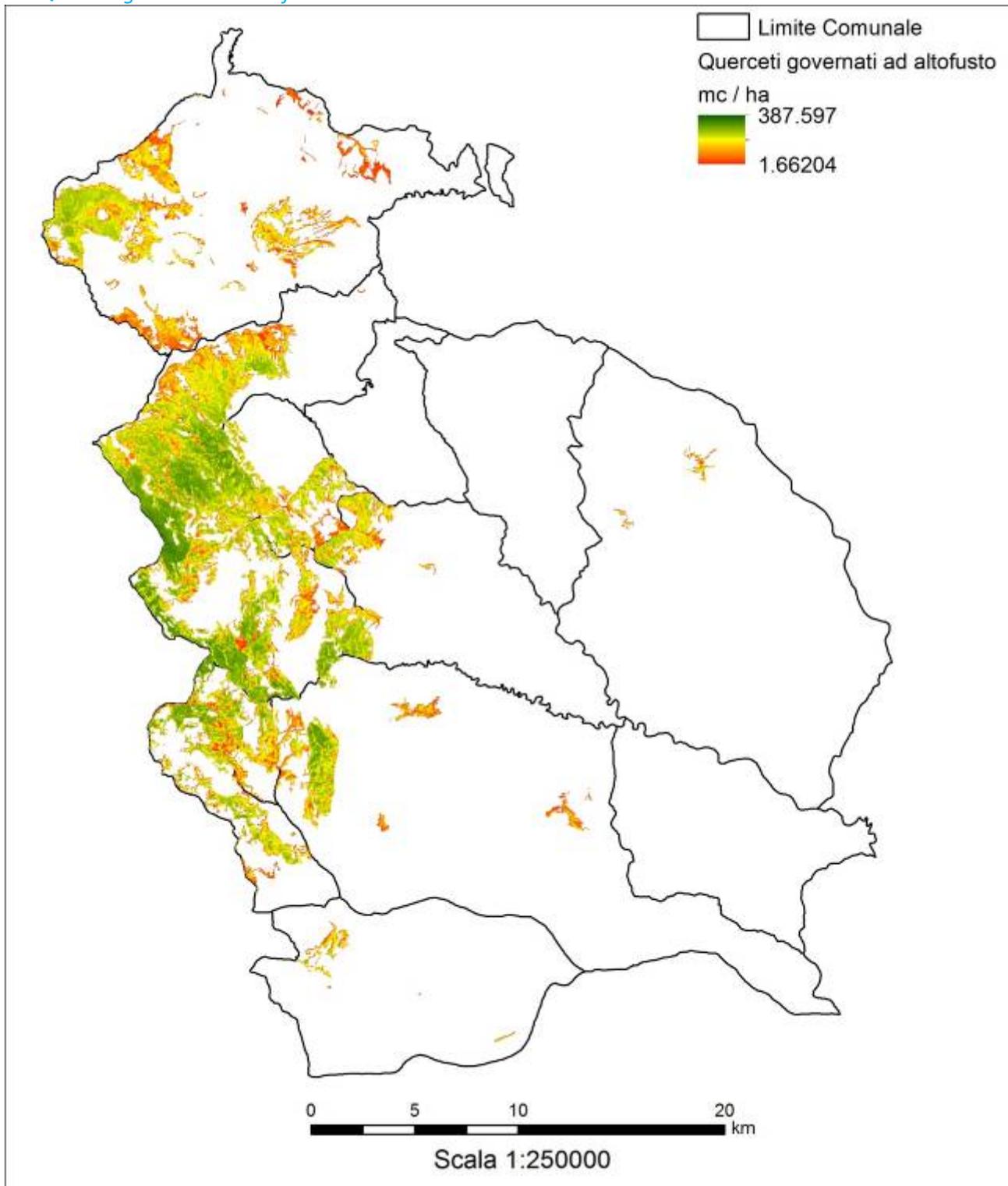


Figura 176: Mappa pattern spaziali provvigioni forestali querceti governati ad alto fusto

Comune	Provvigione media	Biomassa epigea	Biomassa ipogea	Necromassa	Lettiera	Carbonio organico del suolo
	<i>mc/ha</i>	<i>tC/ha</i>	<i>tC/ha</i>	<i>tC/ha</i>	<i>tC/ha</i>	<i>tC/ha</i>
Accettura	223.2	106.2	15.0	14.9	6.2	109.6
Aliano	137.2	65.3	9.2	9.1	7.4	69.3
Calciano	178.4	84.9	12.0	11.9	6.8	88.6
Cirigliano	182.9	87.0	12.3	12.2	6.8	90.7
Craco						
Ferrandina	100.6	47.9	6.7	6.7	7.9	52.2
Garaguso	127.1	60.4	8.5	8.5	7.6	64.6
Gorgoglione	186.4	88.7	12.5	12.4	6.7	92.4
Oliveto Lucano	177.5	84.4	11.9	11.8	6.8	88.2
Salandra						
San Mauro Forte	184.5	87.8	12.4	12.3	6.7	91.4
Stigliano	171.0	81.3	11.5	11.4	6.9	85.1
Tricarico	138.3	65.8	9.3	9.2	7.4	69.8

Tabella 7: Stock Carbonio medio querceti governati ad alto fusto

Comune	Provvigione media	Biomassa epigea	Biomassa ipogea	Necromassa	Lettiera	Carbonio organico del suolo
	<i>mc</i>	<i>tC</i>	<i>tC</i>	<i>tC</i>	<i>tC</i>	<i>tC</i>
Accettura	1267039.9	602730.9	84891.7	84382.3	35158.9	622080.3
Aliano	20374.4	9692.1	1365.1	1356.9	1101.1	10293.5
Calciano	317420.2	150996.8	21267.2	21139.5	12151.0	157655.4
Cirigliano	147572.3	70200.2	9887.3	9828.0	5458.4	73192.5
Craco						
Ferrandina	6990.8	3325.5	468.4	465.6	551.4	3625.9
Garaguso	674.7	320.9	45.2	44.9	40.1	342.9
Gorgoglione	217992.3	103699.0	14605.5	14517.9	7853.1	108005.4
Oliveto Lucano	180403.1	85817.8	12087.0	12014.5	6954.7	89628.6
Salandra						
San Mauro Forte	158236.4	75273.0	10601.8	10538.2	5783.8	78444.2
Stigliano	192843.0	91735.4	12920.5	12843.0	7819.7	96017.8
Tricarico	410419.8	195236.7	27498.1	27333.1	21962.4	207233.0

Tabella 8: Stock Carbonio totale querceti governati ad alto fusto



Figura 177: Querceti governati ad altofusto località Accettura



Figura 178: Querceti governati ad altofusto località Gorgoglione



Figura 179: Querceti governati ad altofusto area di saggio località Accettura

7.6 Querceti governati a ceduo

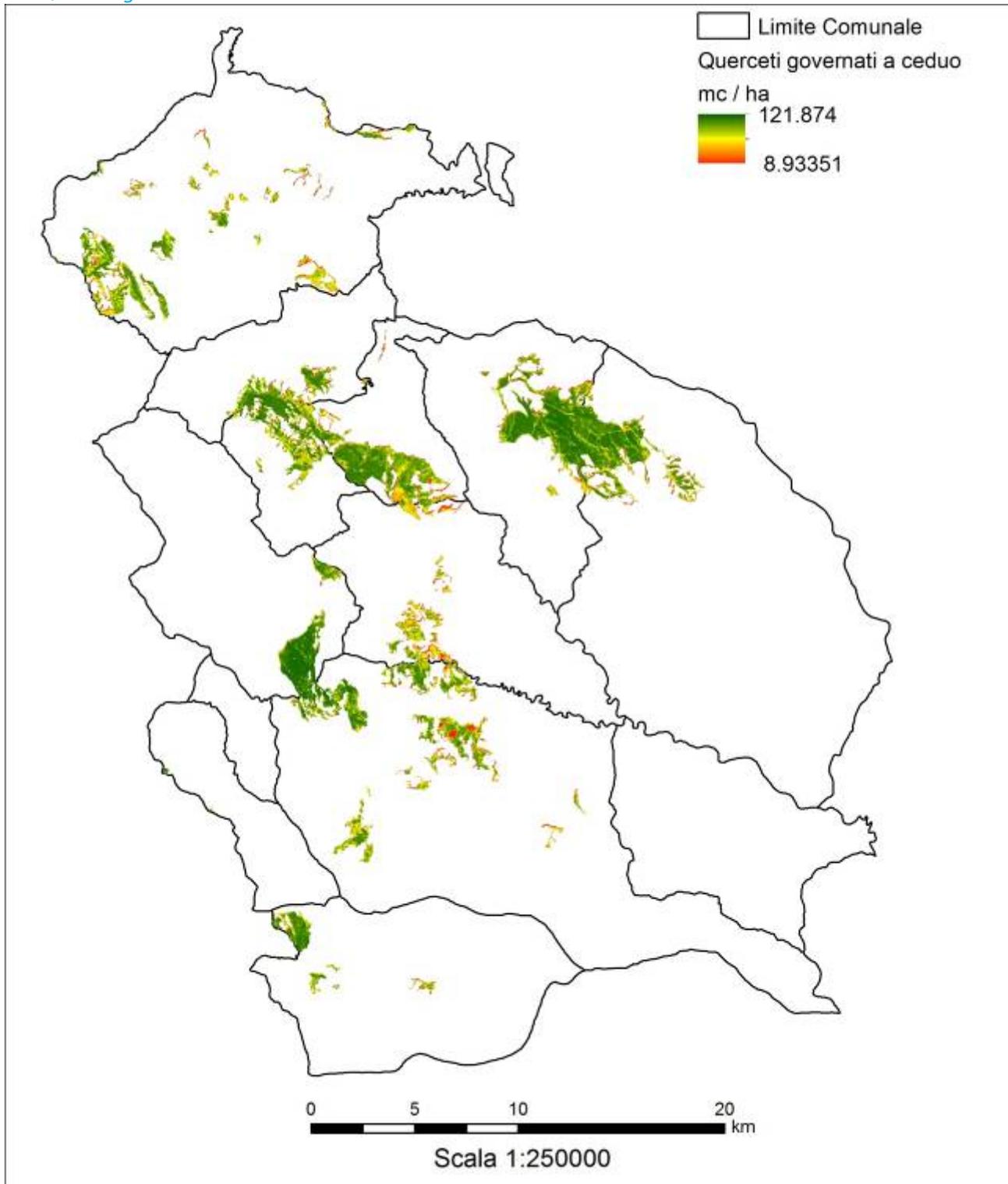


Figura 180: Mappa pattern spaziali provvigioni forestali querceti governati a ceduo

Comune	Provvigione media	Biomassa epigea	Biomassa ipogea	Necromassa	Lettiera	Carbonio organico del suolo
	<i>mc/ha</i>	<i>tC/ha</i>	<i>tC/ha</i>	<i>tC/ha</i>	<i>tC/ha</i>	<i>tC/ha</i>
Accettura	111.3	50.3	50.3	7.0	7.9	85.1
Aliano	100.7	45.5	45.5	6.4	8.0	83.2
Calciano	95.0	42.9	42.9	6.0	8.1	82.2
Cirigliano						
Craco						
Ferrandina	102.4	46.2	46.2	6.5	8.0	83.5
Garaguso	98.4	44.4	44.4	6.2	8.0	82.8
Gorgoglione	103.9	46.9	46.9	6.6	8.0	83.8
Oliveto Lucano	100.4	45.4	45.4	6.3	8.0	83.1
Salandra	103.4	46.7	46.7	6.5	8.0	83.7
San Mauro Forte	80.4	36.3	36.3	5.1	8.3	79.6
Stigliano	95.3	43.0	43.0	6.0	8.1	82.2
Tricarico	92.1	41.6	41.6	5.8	8.1	81.7

Tabella 9: Stock Carbonio medio querceti governati a ceduo

Comune	Provvigione media	Biomassa epigea	Biomassa ipogea	Necromassa	Lettiera	Carbonio organico del suolo
	<i>mc</i>	<i>tC</i>	<i>tC</i>	<i>tC</i>	<i>tC</i>	<i>tC</i>
Accettura	57522.4	25985.7	25985.7	3638.0	4064.3	43972.2
Aliano	27381.9	12369.8	12369.8	1731.8	2176.0	22615.2
Calciano	30114.3	13604.1	13604.1	1904.6	2563.1	26058.0
Cirigliano						
Craco						
Ferrandina	112797.2	50956.1	50956.1	7133.9	8798.8	92010.6
Garaguso	98743.2	44607.3	44607.3	6245.0	8068.1	83097.4
Gorgoglione	935.4	422.5	422.5	59.2	71.7	753.9
Oliveto Lucano	65585.0	29628.0	29628.0	4147.9	5233.4	54317.8
Salandra	104528.1	47220.6	47220.6	6610.9	8054.8	84575.2
San Mauro Forte	36250.3	16376.1	16376.1	2292.7	3733.7	35891.7
Stigliano	127696.4	57686.8	57686.8	8076.2	10829.7	110226.0
Tricarico	101433.8	45822.7	45822.7	6415.2	8949.7	89979.6

Tabella 10: Stock Carbonio totale querceti governati a ceduo



Figura 181: Querceti governati a ceduo Località Accettura



Figura 182: Querceti governati a ceduo località Accettura

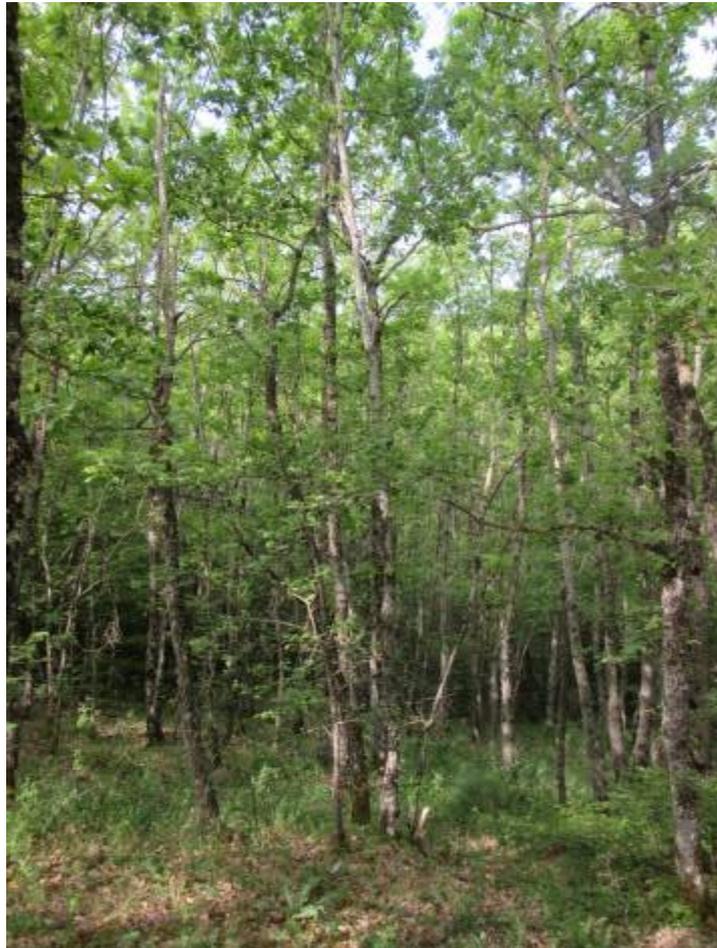


Figura 183: Querceti governati a ceduo località Gorgoglione



Figura 184: Querceti governati a ceduo località Gorgoglione

7.7 Lecce

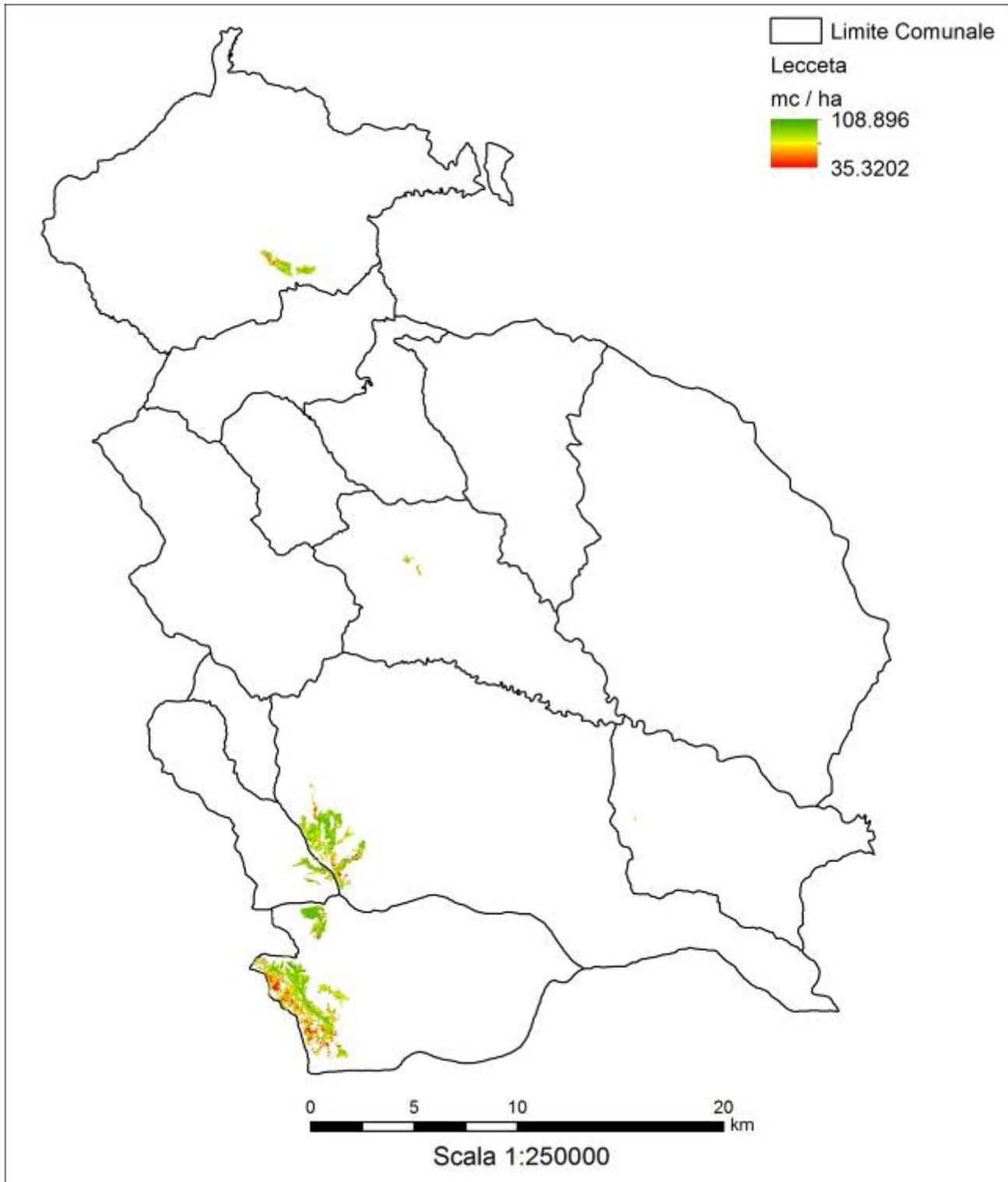


Figura 185: Mappa pattern spaziali provvigioni forestali leccete

Comune	Provvigione media	Biomassa epigea	Biomassa ipogea	Necromassa	Lettiera	Carbonio organico del suolo
	<i>mc/ha</i>	<i>tC/ha</i>	<i>tC/ha</i>	<i>tC/ha</i>	<i>tC/ha</i>	<i>tC/ha</i>
Accettura						
Aliano	85.0	42.5	7.0	8.5	8.1	46.9
Calciano						
Cirigliano						
Craco	79.6	39.8	6.6	8.0	8.2	44.3
Ferrandina						
Garaguso						
Gorgoglione	89.9	45.0	7.4	9.0	8.0	49.4
Oliveto Lucano						
Salandra						
San Mauro Forte	87.6	43.8	7.3	8.8	8.1	48.2
Stigliano	88.7	44.4	7.3	8.9	8.0	48.8
Tricarico	87.5	43.8	7.2	8.8	8.1	48.2

Tabella 11: Stock Carbonio medio leccete

Comune	Provvigione media	Biomassa epigea	Biomassa ipogea	Necromassa	Lettiera	Carbonio organico del suolo
	<i>mc</i>	<i>tC</i>	<i>tC</i>	<i>tC</i>	<i>tC</i>	<i>tC</i>
Accettura						
Aliano	63296.7	31664.2	5241.0	6332.8	6027.3	34945.4
Calciano						
Cirigliano						
Craco	93.1	46.6	7.7	9.3	9.6	51.8
Ferrandina						
Garaguso						
Gorgoglione	5820.3	2911.6	481.9	582.3	519.0	3194.3
Oliveto Lucano						
Salandra						
San Mauro Forte	1300.5	650.6	107.7	130.1	119.6	715.7
Stigliano	33338.8	16677.7	2760.5	3335.5	3020.0	18322.2
Tricarico	8972.9	4488.7	743.0	897.7	825.9	4938.4

Tabella 12: Stock Carbonio totale leccete



Figura 186: Lecceta località Aliano

7.8 Macchia mediterranea e arbusteti termofili

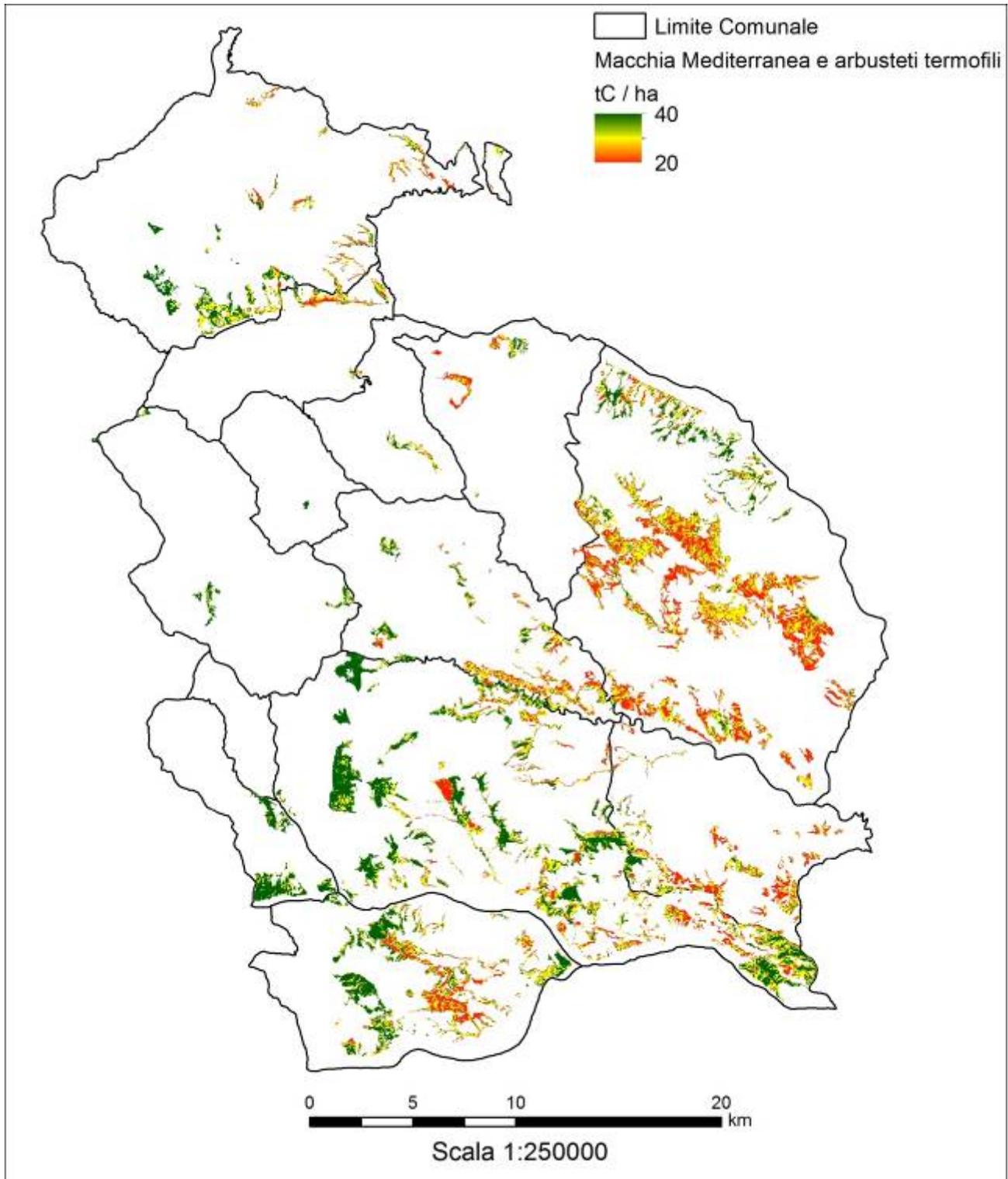


Figura 187: Mappa pattern spaziali provvigioni forestali macchia mediterranea e arbusteti termofili

Comune	Provvigione media	Biomassa epigea	Biomassa ipogea	Necromassa	Lettiera	Carbonio organico del suolo
	<i>mc/ha</i>	<i>tC/ha</i>	<i>tC/ha</i>	<i>tC/ha</i>	<i>tC/ha</i>	<i>tC/ha</i>
Accettura	36.7	18.4	11.4	3.7	8.8	72.6
Aliano	31.4	15.7	9.7	3.1	8.9	71.5
Calciano	28.9	14.4	9.0	2.9	8.9	71.0
Cirigliano	28.0	14.0	8.7	2.8	8.9	70.8
Craco	27.0	13.5	8.4	2.7	9.0	70.6
Ferrandina	26.8	13.4	8.3	2.7	9.0	70.6
Garaguso	31.5	15.7	9.8	3.1	8.9	71.5
Gorgoglione	37.8	18.9	11.7	3.8	8.8	72.8
Oliveto Lucano	39.9	19.9	12.4	4.0	8.8	73.2
Salandra	26.8	13.4	8.3	2.7	9.0	70.6
San Mauro Forte	29.1	14.6	9.0	2.9	8.9	71.1
Stigliano	33.0	16.5	10.2	3.3	8.9	71.8
Tricarico	32.3	16.2	10.0	3.2	8.9	71.7

Tabella 13: Stock Carbonio medio macchia mediterranea e arbusteti termofili

Comune	Provvigione media	Biomassa epigea	Biomassa ipogea	Necromassa	Lettiera	Carbonio organico del suolo
	<i>mc</i>	<i>tC</i>	<i>tC</i>	<i>tC</i>	<i>tC</i>	<i>tC</i>
Accettura	4208.4	2104.2	1304.6	420.8	1010.2	8313.1
Aliano	49904.1	24952.1	15470.3	4990.4	14132.6	113604.2
Calciano	5253.3	2626.7	1628.5	525.3	1624.3	12911.9
Cirigliano	12.6	6.3	3.9	1.3	4.0	31.9
Craco	21484.8	10742.4	6660.3	2148.5	7143.4	56298.6
Ferrandina	109120.5	54560.3	33827.4	10912.1	36557.6	287866.7
Garaguso	2151.0	1075.5	666.8	215.1	607.7	4886.3
Gorgoglione	12768.3	6384.2	3958.2	1276.8	2971.2	24567.4
Oliveto Lucano	305.1	152.6	94.6	30.5	67.1	559.8
Salandra	4662.0	2331.0	1445.2	466.2	1562.3	12301.8
San Mauro Forte	21435.3	10717.7	6644.9	2143.5	6571.8	52295.0
Stigliano	121466.7	60733.4	37654.7	12146.7	32614.1	264059.8
Tricarico	27680.4	13840.2	8580.9	2768.0	7612.2	61431.0

Tabella 14: Stock Carbonio totale macchia mediterranea e arbusteti termofili



Figura 188: Macchia Mediterranea località Ferrandina



Figura 189: Macchia Mediterranea Località Ferrandina



Figura 190: Macchia Mediterranea località Craco



Figura 191: Macchia Mediterranea Località Craco



Figura 192: Macchia Mediterranea degradata a Gariga località Pisticci

7.9 Pinete mediterranee

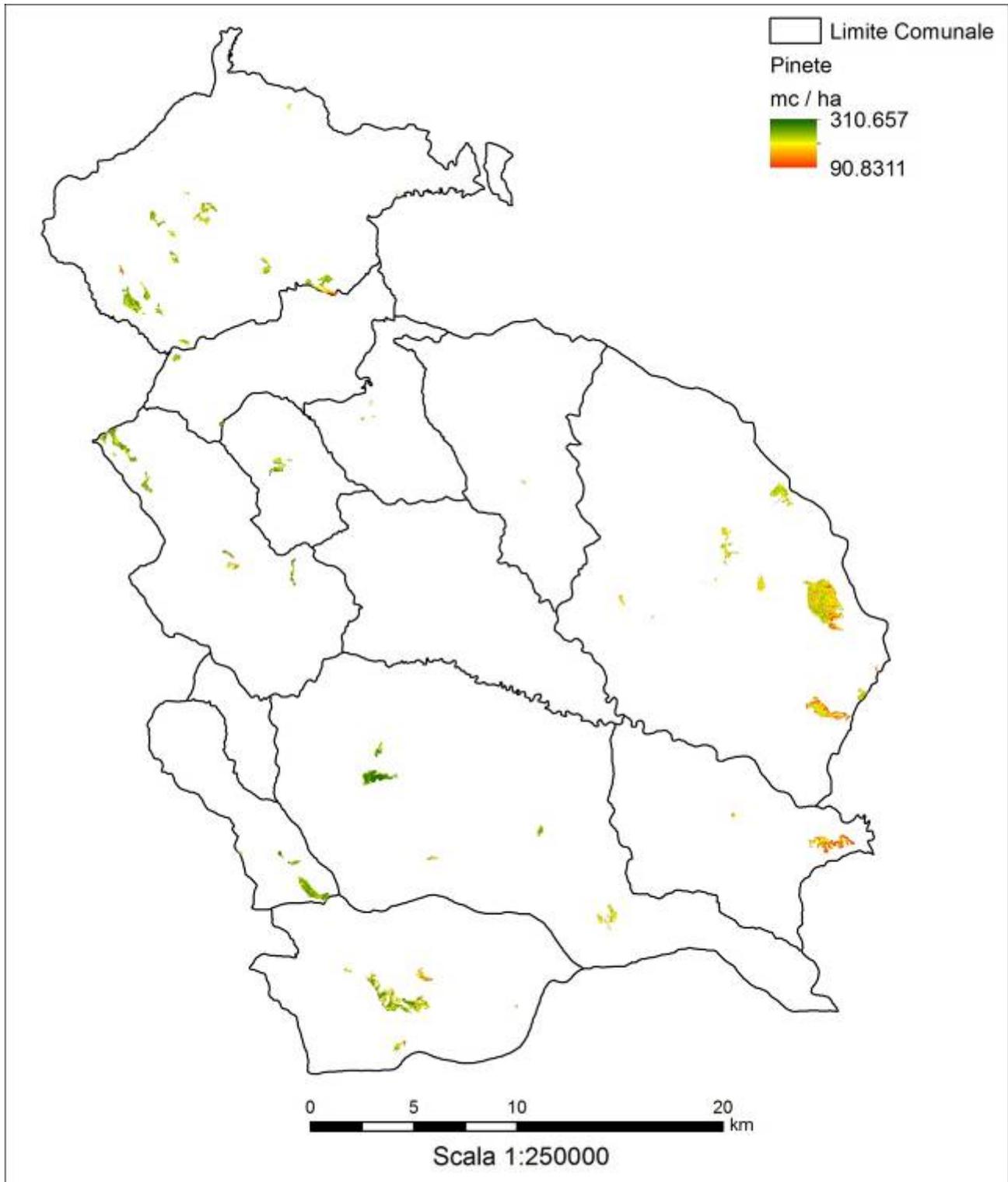


Figura 193: Mappa pattern spaziali provvigioni forestali pinete mediterranee

Comune	Provvigione media	Biomassa epigea	Biomassa ipogea	Necromassa	Lettiera	Carbonio organico del suolo
	<i>mc/ha</i>	<i>tC/ha</i>	<i>tC/ha</i>	<i>tC/ha</i>	<i>tC/ha</i>	<i>tC/ha</i>
Accettura	252.0	102.2	22.0	20.4	8.2	99.2
Aliano	230.4	93.4	20.2	18.7	7.7	95.6
Calciano	250.9	101.7	21.9	20.3	8.2	99.0
Cirigliano						
Craco	167.2	67.8	14.6	13.6	6.0	85.3
Ferrandina	206.9	83.9	18.1	16.8	7.0	91.8
Garaguso	212.0	85.9	18.5	17.2	7.2	92.6
Gorgoglione	256.7	104.1	22.4	20.8	8.4	99.9
Oliveto Lucano	245.7	99.6	21.5	19.9	8.1	98.1
Salandra	196.0	79.5	17.1	15.9	6.7	90.0
San Mauro Forte						
Stigliano	251.8	102.1	22.0	20.4	8.2	99.1
Tricarico	239.6	97.1	20.9	19.4	7.9	97.1

Tabella 15: Stock Carbonio medio pinete mediterranee

Comune	Provvigione media	Biomassa epigea	Biomassa ipogea	Necromassa	Lettiera	Carbonio organico del suolo
	<i>mc</i>	<i>tC</i>	<i>tC</i>	<i>tC</i>	<i>tC</i>	<i>tC</i>
Accettura	27399.6	11109.2	2396.1	2221.8	895.7	10781.3
Aliano	40587.7	16456.3	3549.4	3291.3	1349.5	16843.3
Calciano	3522.2	1428.1	308.0	285.6	115.2	1389.6
Cirigliano						
Craco	13133.2	5324.9	1148.5	1065.0	469.1	6698.9
Ferrandina	100345.3	40685.0	8775.2	8137.0	3410.8	44510.3
Garaguso	973.0	394.5	85.1	78.9	32.9	425.1
Gorgoglione	19546.5	7925.1	1709.3	1585.0	636.8	7609.1
Oliveto Lucano	6878.0	2788.7	601.5	557.7	225.9	2746.8
Salandra	370.4	150.2	32.4	30.0	12.7	170.1
San Mauro Forte						
Stigliano	30659.6	12430.9	2681.2	2486.2	1002.4	12070.7
Tricarico	55194.0	22378.4	4826.7	4475.7	1821.4	22377.3

Tabella 16: Stock Carbonio totale pinete mediterranee



Figura 194: Pinete località Ferrandina



Figura 195: Pinete località Ferrandina



Figura 196: Pinete località Pisticci

8.0 Vegetazione forestale igrofila

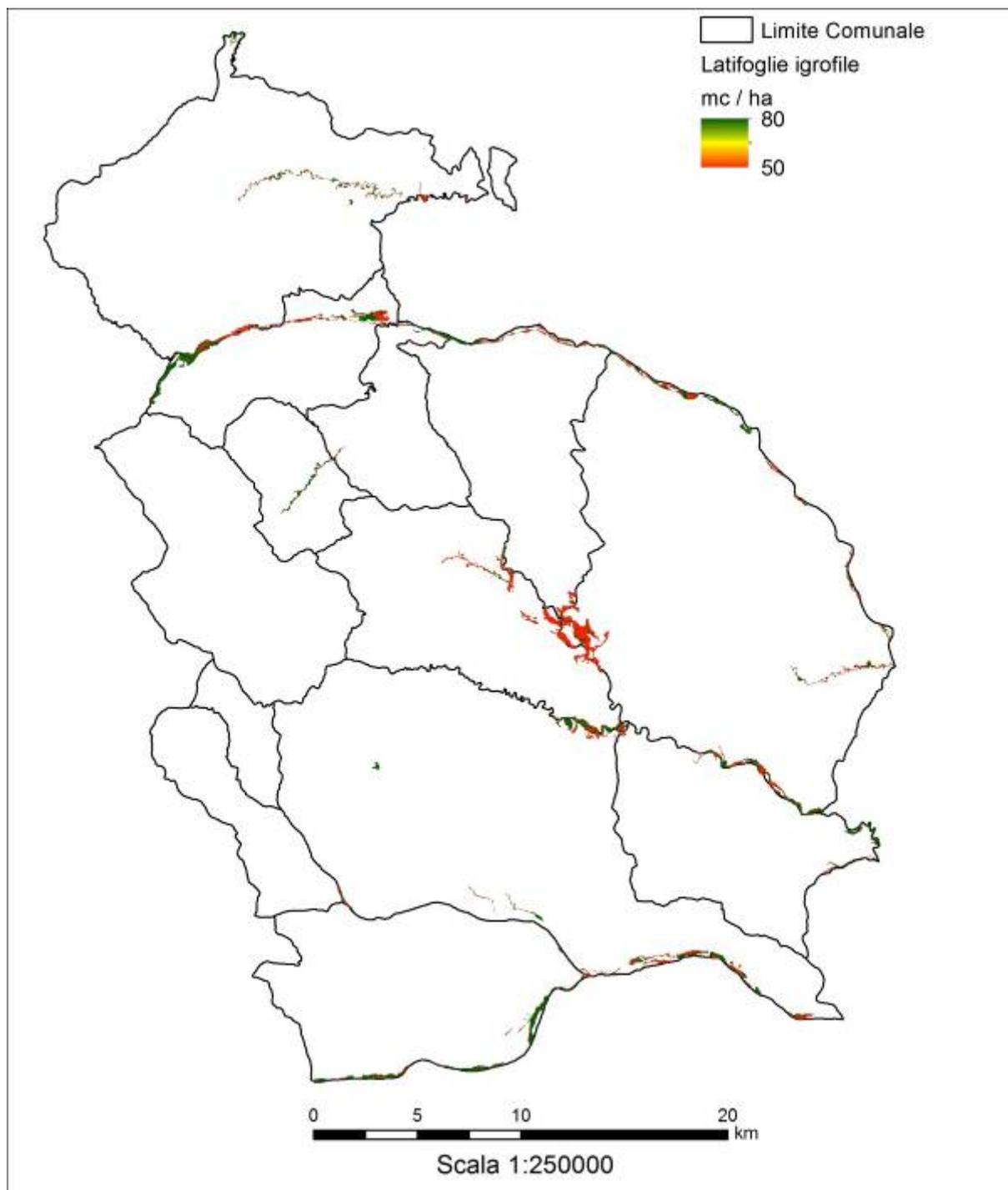


Figura 197: Mappa pattern spaziali provvigioni forestali vegetazione forestale igrofila

Comune	Provvigione media	Biomassa epigea	Biomassa ipogea	Necromassa	Lettiera	Carbonio organico del suolo
	<i>mc/ha</i>	<i>tC/ha</i>	<i>tC/ha</i>	<i>tC/ha</i>	<i>tC/ha</i>	<i>tC/ha</i>
Accettura	72.8	20.7	3.4	2.9	8.7	25.5
Aliano	68.2	19.4	3.2	2.7	8.8	24.2
Calciano						
Cirigliano	67.7	19.3	3.2	2.7	8.8	24.1
Craco	60.7	17.3	2.9	2.4	8.8	22.1
Ferrandina	69.8	19.9	3.3	2.8	8.8	24.7
Garaguso	61.6	17.5	2.9	2.5	8.8	22.3
Gorgoglione	74.2	21.1	3.5	3.0	8.7	25.9
Oliveto Lucano	61.0	17.4	2.9	2.4	8.8	22.2
Salandra	58.3	16.6	2.8	2.3	8.9	21.4
San Mauro Forte	64.7	18.4	3.0	2.6	8.8	23.2
Stigliano	64.3	18.3	3.0	2.6	8.8	23.1
Tricarico	72.8	20.7	3.4	2.9	8.7	25.5

Tabella 17: Stock Carbonio medio vegetazione forestale igrofila

Comune	Provvigione media	Biomassa epigea	Biomassa ipogea	Necromassa	Lettiera	Carbonio organico del suolo
	<i>mc</i>	<i>tC</i>	<i>tC</i>	<i>tC</i>	<i>tC</i>	<i>tC</i>
Accettura	12450.6	3547.8	587.0	496.7	1496.4	4360.3
Aliano	15311.7	4363.1	721.9	610.8	1971.1	5433.2
Calciano						
Cirigliano	6194.7	1765.2	292.1	247.1	803.7	2201.5
Craco	28450.8	8107.1	1341.5	1135.0	4144.5	10356.5
Ferrandina	2463.3	701.9	116.1	98.3	309.5	869.9
Garaguso	315.9	90.0	14.9	12.6	45.4	114.6
Gorgoglione	2502.9	713.2	118.0	99.8	294.8	873.3
Oliveto Lucano	6927.3	1973.9	326.6	276.4	1004.0	2518.9
Salandra	10948.5	3119.8	516.2	436.8	1664.3	4023.0
San Mauro Forte	16344.9	4657.5	770.7	652.0	2228.7	5867.3
Stigliano	9980.1	2843.8	470.6	398.1	1368.3	3586.6
Tricarico	12450.6	3547.8	587.0	496.7	1496.4	4360.3

Tabella 18: Stock Carbonio totale vegetazione forestale igrofila



Figura 198: Vegetazione forestale igrofila località Ferrandina



Figura 199: Vegetazione forestale igrofila località Ferrandina



Figura 200: Vegetazione forestale igrofila Località Pisticci

8.1 Riepilogo C-stock sistemi forestali e grafici rappresentativi

- Valori medi di provvigione, stock di carbonio, e stock di CO₂ per l'intera area di progetto del Medio Basento

Tipologia Forestale	Provvigione media	Biomassa epigea	Biomassa ipogea	Necromassa	Lettieria	Carbonio organico del suolo	C _{tot}	Stock CO ₂
	mc/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tCO ₂ /ha
Querceti governati a altofusto	186,86	88,9	12,5	12,4	6,7	92,6	213,1	782,08
Querceti governati a cedui	98,1	44,3	44,3	6,2	8	82,7	185,5	680,79
Lecceta	86,56	43,3	7,2	8,7	8,1	47,7	115	422,05
Macchia mediterranea e arbusteti termofili	30,16	15,1	9,3	3	8,9	71,3	107,6	394,89
Pinete mediterranee	225,32	91,4	19,7	18,3	7,5	94,8	231,7	850,34
Vegetazione igrofila	64,36	18,3	3,0	2,6	8,8	23,1	55,8	204,79

Figura 201: Riepilogo C-stock sistemi forestali [t/ha]

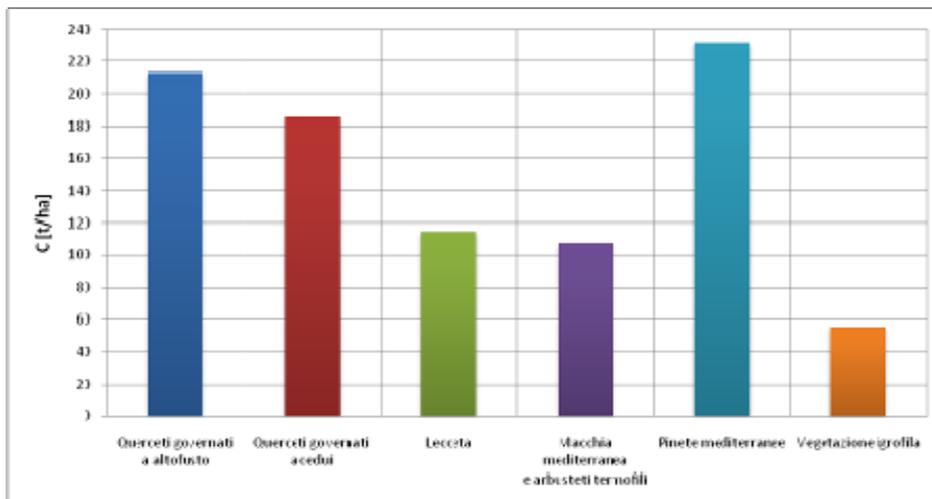


Figura 202: Sistemi forestali - C_{tot} [t/ha]

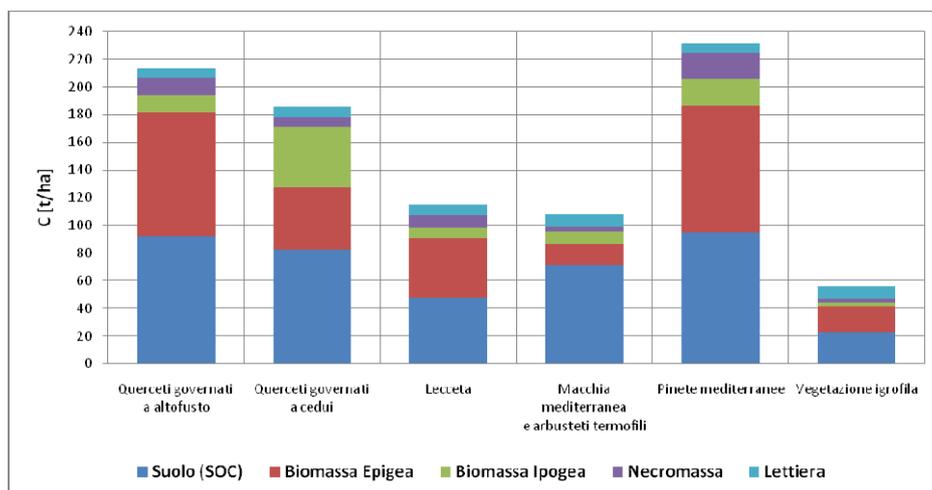


Figura 203: Confronto C-stock per sink - sistemi forestali [t/ha]

L'analisi mostra come gli stock di carbonio per ettaro più importanti si hanno per le tipologie forestali pinete mediterranee, querceti governati ad altofusto e querceti governati a cedui (in ordine decrescente). I grafici evidenziano la rilevanza dei carbon pools biomassa epigea e carbonio organico del suolo che per le prime due tipologie forestali (pinete e querceti governati ad altofusto) assumono valori paragonabili.

Un confronto con i sistemi agrari indica l'importanza assunta, nei sistemi forestali, dalla biomassa ipogea che da un considerevole apporto allo stock totale di carbonio e conferma quanto sia sviluppato e di grande interesse il sistema radicale per dette tipologie.

- Valori totali di provvigione , stock di carbonio, e stock di CO₂ per l'intera area di progetto del Medio Basento

Tipologia Forestale	Provvigione media	Biomassa epigea	Biomassa ipogea	Necromassa	Lettiera	Carbonio organico del suolo	C _{tot}	Stock CO ₂
	mc	tC	tC	tC	tC	tC	tC	tCO ₂
Querceti governati a altofusto	2,57E+06	1,39E+06	1,95E+05	1,94E+05	1,05E+05	1,45E+06	3,33E+06	1,22E+07
Querceti governati a cedui	7,66E+05	3,45E+05	3,45E+05	4,82E+04	6,22E+04	6,43E+05	1,44E+06	5,29E+06
Lecceta	1,13E+05	5,64E+04	9,39E+03	1,13E+04	1,06E+04	6,22E+04	1,50E+05	5,50E+05
Macchia mediterranea e arbusteti termofili	3,97E+05	1,90E+05	1,17E+05	3,78E+04	1,12E+05	9,00E+05	1,36E+06	4,98E+06
Pinete mediterranee	3,02E+05	1,21E+05	2,61E+04	2,43E+04	9,94E+03	1,26E+05	3,07E+05	1,13E+06
Vegetazione igrofila	1,14E+05	3,18E+04	5,22E+03	4,52E+03	1,53E+04	4,02E+04	9,70E+04	3,56E+05
Totale							6,68E+06	2,45E+07

Figura 204: Riepilogo C-stock sistemi forestali [t]

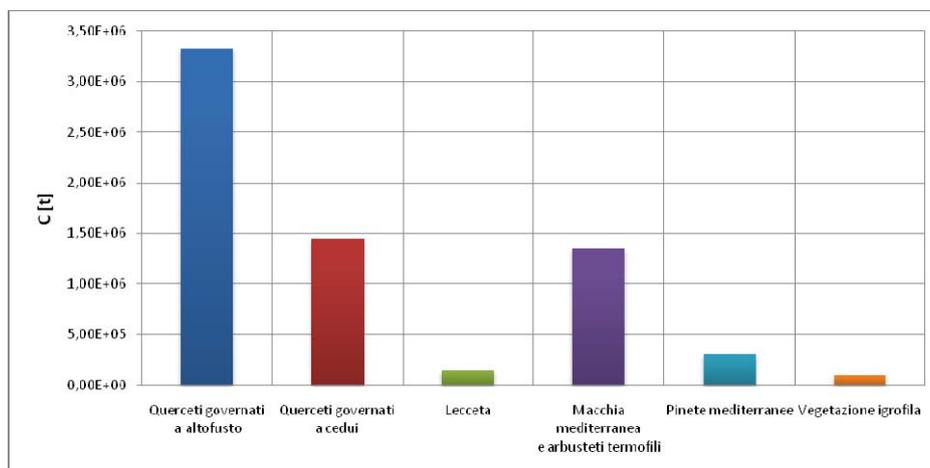


Figura 205: Sistemi forestali - C_{tot} [t]

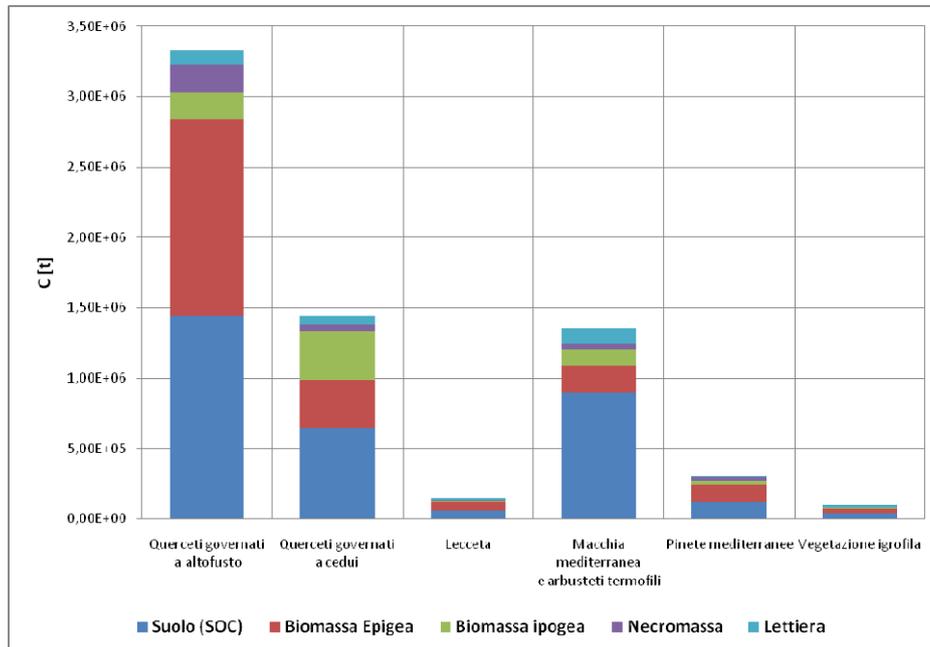


Figura 206: Confronto C-stock per sink - sistemi forestali [t]

L'estensione degli stock sull'intera superficie forestale dei 13 Comuni mette in evidenza la predominanza della tipologia querceti governati ad altofusto e una scarsa presenza della vegetazione igrofila. Da sottolineare l'importanza che hanno, a livello di macro area, la macchia mediterranea e gli arbusteti termofili che assumono valori di carbonio stoccato simili a quelli ottenuti per i querceti governati a cedui.

8.2 Proiezioni della dinamica dei flussi di C mediante l'utilizzo del modello 3PG-S

In mancanza di stime ufficiali si riportano, qui di seguito, i risultati di una stima preliminare degli assorbimenti di carbonio delle foreste lucane (espresso in termini di Produttività Ecosistemica Netta (NEP), vale a dire di bilancio netto fra il carbonio che viene assorbito dall'ecosistema forestale con i processi di assimilazione e quello che viene rilasciato all'atmosfera con i processi respiratori), ottenuta attraverso l'applicazione di un modello semi-funzionale (3PG-S, *Nolè et al. 2009*) che si presta ad essere alimentato da dati satellitari, ed è caratterizzato da un basso numero di variabili e parametri in ingresso.

La NEP è stata stimata preliminarmente stimata per tutto il territorio nazionale, utilizzando la classificazione della Corine Land Cover 2000, dati climatici su medie trentennali (1961-1990) e l'indice di vegetazione NDVI (1980-1998). La NEP relativa alla Basilicata è stata quindi individuata applicando una maschera di ritaglio ricavata dalla Carta Forestale Regionale della Basilicata CFR. In particolare sono state individuate 8 classi forestali, sulla base della classificazione di primo livello della CFR:

1. Boschi di faggio
2. Querceti mesofili e meso-termofili
3. Pinete oro-mediterranee e di conifere Montane
4. Boschi di castagno
5. Macchia - Gariga
6. Boschi o macchia di leccio
7. Boschi di pini mediterranei
8. Altre formazioni

Qui di seguito, si presenta un quadro generale della NEP a scala regionale.

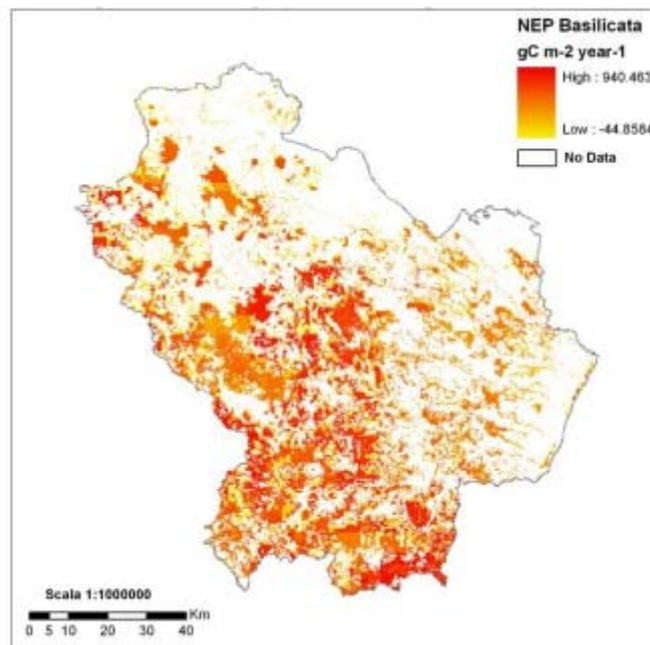


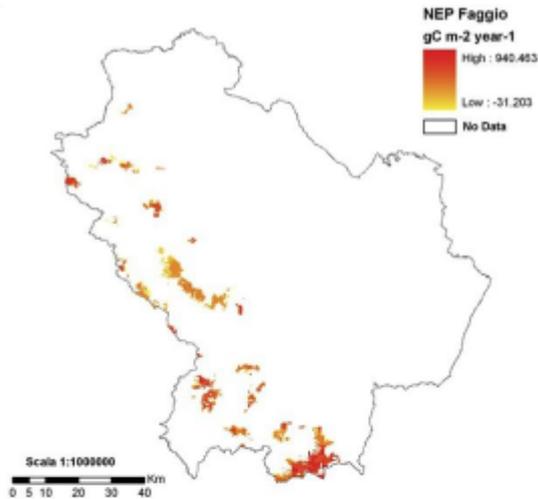
Figura 207: Mappa di NEP, per unità di superficie e di tempo, totale foreste lucane

Classi forestali	NEP [MtC/anno]	Superficie [ha]
Boschi di faggio	0,194	30129
Querceti mesofili e meso-termofili	1,047	185521
Pinete oro-medit. E conifere montane	0,032	5788
Boschi di castagno	0,05	8767
Macchia-garica	0,156	34099
Leccio	0,078	12827
Pinete mediterranee	0,089	18819
Altro	0,321	60580
Totale	1,967	356530

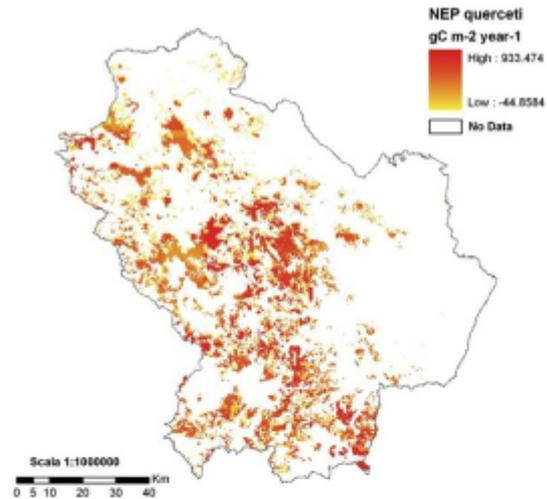
Figura 208: Valori totali annui di NEP (espressi in milioni di tonnellate per ettaro) per le diverse classi forestali

Da questa stima, per il totale delle foreste lucane risulta una NEP annua di poco inferiore a 2 milioni di tonnellate di carbonio (è probabile che si tratti di una stima leggermente in eccesso, data la parametrizzazione non di dettaglio che è stata adottata in prima istanza). Qui di seguito si riportano figure che illustrano in maggior dettaglio la variabilità che si riscontra all'interno delle diverse classi forestali di I livello, così come queste sono ulteriormente specificate dalla CFR.

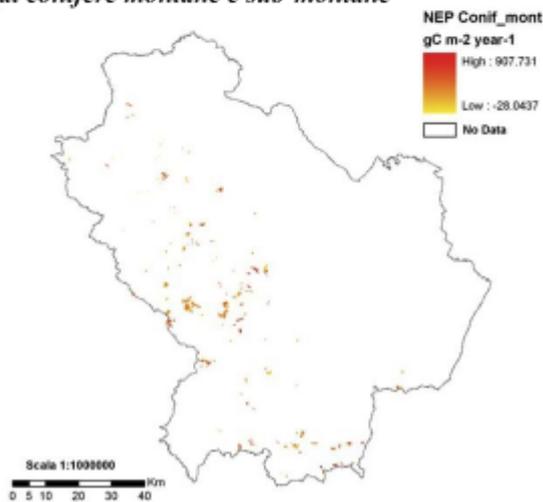
Boschi di faggio



Querceti mesofili e meso-termofili



Pinete oro-mediterranee e altri boschi di conifere montane e sub-montane



Boschi di castagno

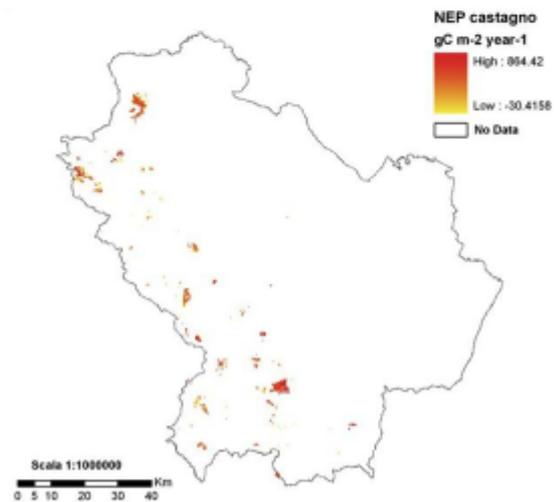
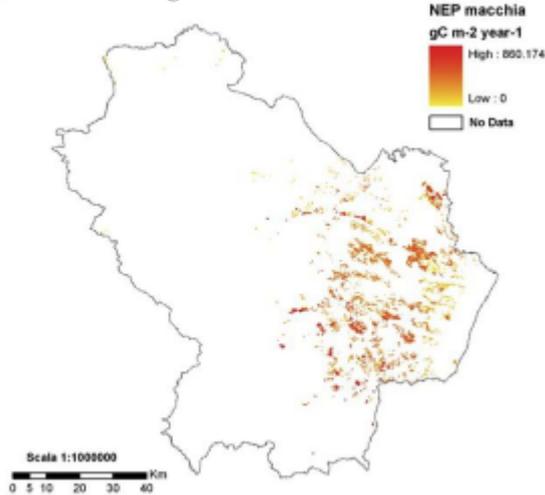
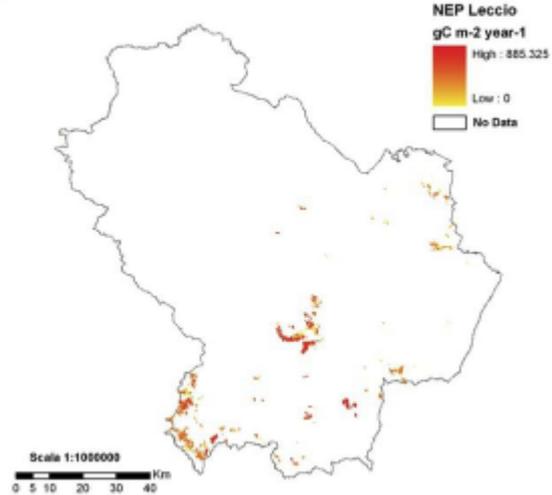


Figura 209: Variabilità di C che si riscontra all'interno di diverse classi forestali di I livello

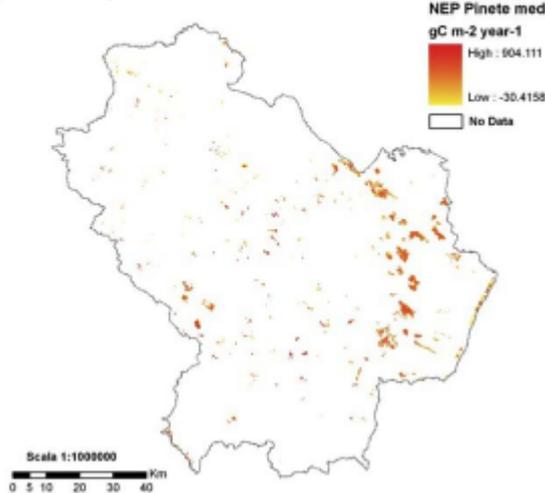
Macchia - Gariga



Boschi o macchia di leccio



Boschi di pini mediterranei



Altre formazioni forestali

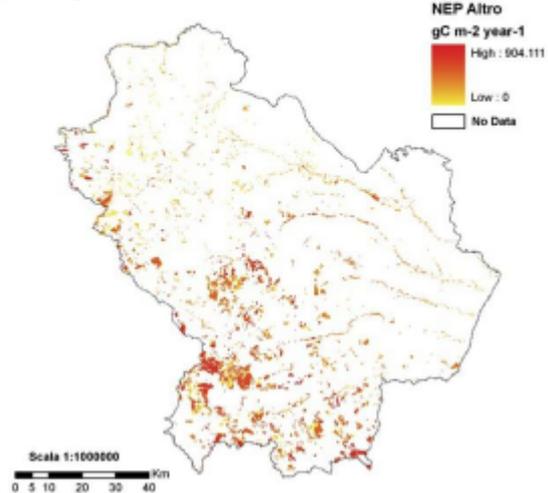


Figura 210: Variabilità di C che si riscontra all'interno di diverse classi forestali di I livello

I valori totali di NEP stimati possono essere, con approssimazione dovuta, assegnati ai sistemi forestali oggetto del presente studio perseguendo l'obiettivo di stima del potenziale Carbonio immagazzinabile per ettaro e per anno e di conseguenza della potenziale CO₂ sequestrabile. Resta fuori da questo contesto la vegetazione forestale igrofila in quanto la sua stima proiettata nel futuro dipende da fattori difficilmente controllabili come le inondazioni, gli adattamenti all'ambiente acquatico, l'evoluzione della morfologia dell'alveo fluviale (detto anche dinamismo dell'alveo), i tempi di ritorno delle piene fluviali e anche dalle variazioni della portata idrica e della falda subalvea.

Classi forestali	NEP [MtC/anno]	Superficie [ha]	ΔC [tC/ha]	ΔCO_2 [tC/ha]
Querceti governati ad alto fusto e a ceduo	1,047	185521	5,64	20,71
Pinete	0,032	5788	5,53	20,29
Arbusteti termofili e Macchia	0,156	34099	4,57	16,79
Leccete	0,078	12827	6,08	22,32

Figura 211: Stima del potenziale Carbonio immagazzinabile e della potenziale CO₂ sequestrabile per anno nei sistemi forestali considerati

9 LE PRATICHE CULTURALI SOSTENIBILI FINALIZZATE ALL'AUMENTO DELLA CAPACITA' DI STOCCAGGIO DEL CARBONIO NEI SISTEMI AGRARI

9.1 Premessa

L'approccio modellistico con Roth C, affrontato al capitolo 6, ha permesso di valutare i possibili effetti di una conversione delle tecniche agronomiche, passando da una gestione convenzionale a una sostenibile. L'analisi effettuata ha confermato che, con l'adozione di tecniche sostenibili meno invasive, il suolo può aumentare il suo contributo come sink di carbonio, aiutando a bilanciare le emissioni da fonti fossili e mitigando il cambiamento climatico. Tale risultato è stato recentemente evidenziato in un rapporto dalla Commissione Europea (*Stolbovoyet et al., 2007*). Risultati scientifici di ricerche condotte in diverse parti del mondo dimostrano l'efficacia di tali tecniche nel mantenere o nel migliorare le caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche dei suoli. È stato osservato che la non lavorazione può aiutare a preservare il contenuto idrico del suolo per l'accumulo di residui in superficie grazie alla minor evaporazione dovuta a una temperatura del suolo più bassa (*Kern and Johnson, 1993; Lal and Kimble, 1997; Ball et al., 1999; Curtin et al., 2000; Al Kaysi and Yin, 2005*). Inoltre, la minor perturbazione dello strato di aggregazione naturale del suolo dovuta a questo tipo di pratiche agronomiche porta a una diminuzione della velocità dei processi di ossidazione della sostanza organica, determinando un processo di mantenimento della fertilità, in particolare negli strati più superficiali (*Daraghmeah et al., 2009*). La concomitante presenza dei residui colturali in superficie aiuta a contenere il processo di mineralizzazione, laddove un interrimento dei residui nella lavorazione convenzionale aumenta notevolmente la superficie di contatto tra suolo e residuo colturale, con conseguente incremento della cinetica dei processi ossidativi, anche in presenza di notevoli apporti di sostanza organica (*Ball et al., 1999*).

Di seguito si riportano quelli che sono i risultati di decenni di sperimentazione su campo svolte dal gruppo del frutticoltura dell'Università degli Studi della Basilicata che vede come group leader il Prof. Cristos Xiloyannis (ecofisiologo ed esperto in arboricoltura). Il gruppo di lavoro di frutticoltura/viticultura, riconosciuto a livello nazionale e internazionale per aver pubblicato numerosi articoli su riviste di carattere divulgativo e scientifico, vanta inoltre anche azioni di trasferimento tecnologico implementate con la costituzione dello spin-off accademico Agreement.

Nei paragrafi seguenti si riportano le principali tecniche/azioni necessarie per una «svolta» nella gestione del sistema frutteto/vigneto finalizzata non soltanto a produrre qualità ma anche a contribuire alla

mitigazione dell'effetto serra. In corrispondenza di ciascuna pratica di gestione sostenibile, vengono forniti i vantaggi ottenibili in termini di risorse (carbonio immagazzinato, acqua risparmiata), ovvero i valori medi rilevati nel corso dei progetti sperimentali sviluppati nell'ultimo decennio nella Regione Basilicata. Anche se i risultati derivano da sperimentazioni fatte principalmente su frutteti, vigneti e oliveti le nozioni ricavate possono essere tranquillamente estese ad altri sistemi agrari con i medesimi risultati di miglioramento che verranno illustrati.

9.2 Gestione dell'acqua

Una gestione corretta del metodo irriguo permette di raggiungere la massima efficienza di uso della risorsa idrica. Essa si esplica attraverso la combinazione di una serie di interventi ed accorgimenti mirati a:

- Miglior utilizzo delle riserve idriche accumulate nel suolo interessato dall'apparato radicale durante la stagione delle piogge;
- Riduzione delle perdite di acqua per percolazione ed evaporazione;
- Precisa definizione dei turni e volumi di adacquamento;
- Adozione dello stress idrico controllato;

L'adozione di un piano di gestione dell'irrigazione, unitamente all'applicazione di stress idrico controllato e della potatura verde anticipata (vedi paragrafo "Gestione della chioma") consentono un risparmio idrico di circa $1.000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$.

Elenco delle pratiche da mettere in atto:

- Riduzione degli sprechi a livello aziendale
- Accumulo dell'acqua piovana e stress idrico controllato
- Incremento dell'accumulo di acqua piovana negli strati profondi del suolo
- Elevata efficienza di uso dell'acqua della pianta
- Gestione dei turni e volumi di adacquamento attraverso il monitoraggio del contenuto idrico del suolo
- Irrigazione con acque reflue urbane

E' necessario valutare oculatamente la gestione dell'acqua di irrigazione in quanto il suo utilizzo in modo non controllato favorisce i processi di mineralizzazione dei suoli, soprattutto d'estate e, di conseguenza, perdita di CO_2 verso l'atmosfera.

9.3 Gestione del suolo

Elenco degli interventi da effettuare:

Consigliato	Da evitare	Motivazioni
Lavorazioni superficiali complementari alla gestione della copertura vegetale (es. leggero interrimento dei residui vegetali) ed all'interrimento di materiale compostato In condizioni di elevata sensibilità agli incendi, interrare leggermente i residui vegetali per assicurare una parziale funzione pacciamante ed antierosiva	Lavorazioni profonde	Evitare di disturbare lo strato vitale (humus, biomassa microbica, radici superficiali degli alberi da frutto) presente nei primi centimetri di suolo;
Lavorazioni che non comportano un eccessivo sminuzzamento del terreno	Lavorazioni tipo fresature non conservative delle risorse naturali	Provocano un peggioramento della struttura del terreno, una rottura delle radici superficiali
Lavorazioni con il terreno in tempera	Lavorazioni dei terreni con eccessi di umidità o troppo asciutti	Compromettono le caratteristiche fisiche del suolo

Figura 212: Indicazioni per l'uso delle lavorazioni a complemento di strategie di gestione del suolo conservative

9.4 Uso di risorse di carbonio interne al sistema agricolo

L'inerbimento e la scelta della copertura vegetale

Le essenze utilizzabili per l'inerbimento possono offrire tipologie di sostanza organica di diversa qualità. Se l'obiettivo di tale pratica è quello di arricchire il terreno, nel breve periodo, di elementi minerali per la coltura arborea, la scelta delle specie erbacee ricadrà su piante in grado di fornire residui di "elevata qualità" (es. favino in fioritura) ovvero caratterizzati da ridotti tenori di prodotti molto resistenti alla decomposizione, da elevate percentuali di azoto e da basso rapporto C/N

Come conservare le risorse idriche del suolo

La produttività dei frutteti, in particolare di quelli gestiti in regime non irriguo, è fortemente dipendente dalle disponibilità idriche naturali ed, in particolare, dalle riserve idriche del suolo disponibili nel periodo estivo (profondità del suolo e capacità di ritenzione idrica). La tecnica dell'inerbimento, contrariamente a quanto ritenuto fino a pochi anni fa, se opportunamente realizzata, può incrementare la riserva idrica del suolo. L'inerbimento può aumentare la quota di infiltrazione delle precipitazioni, riducendo lo scorrimento superficiale, e la capacità di ritenzione del suolo tramite il miglioramento delle sue caratteristiche strutturali (incremento della porosità).

I residui di potatura

Gli apporti annuali legati ai residui di potatura, pari a 2000-5000 kg di sostanza secca ad ettaro, non devono essere trascurati nella gestione globale del sistema produttivo. Tale risorsa, di bassa qualità (rapporto C/N pari a circa 50), può, se abbinata alle colture erbacee, fornire l'indispensabile nucleo di umificazione che rende più efficiente il processo di co-compostaggio nel suolo delle due matrici.

9.5 Uso di risorse di carbonio esterne

Letame e Compost

Consigliato	Da evitare	Motivazioni
<p>Frutteti/oliveti/vigneti in pendenza non irrigui (>7%):</p> <p>Massimizzare il periodo di copertura del suolo con materiale vegetale vivo o morto resistente alla degradazione (lignificato).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inerbimento naturale orientato verso graminacee non ricaccianti e pacciamatura estiva in seguito a trinciatura delle erbacee e dei residui di potatura. Sfalcio primaverile. - Uso di prati artificiali misti di graminacee e leguminose autoriseminanti precoci. - Uso di misture di essenze precoci non autoriseminanti (veccia, favino, lupino, avena) trinciate in primavera e lasciate sul suolo ad esercitare un'azione pacciamante. <p>Frutteti/oliveti/vigneti in pendenza fertirrigui:</p> <ul style="list-style-type: none"> - In tale tipo di sistema sono valide le raccomandazioni di cui sopra ma la tempestività degli interventi di trinciatura /interramento superficiale risulta meno importante che nei sistemi non irrigati. <p>Frutteti/oliveti/vigneti non in pendenza irrigui o non:</p> <p>Anche in questo caso è preferibile la copertura del suolo per l'intero anno. La tempestività degli interventi risulta ulteriormente attenuata in particolare nelle condizioni irrigue.</p>	<p>Lasciare il suolo nudo.</p> <p>Eventuale interrimento profondo dei residui vegetali</p>	<p>La copertura del suolo per tutto l'anno minimizza le perdite per erosione idrica ed aumenta l'accessibilità al campo dei mezzi meccanici.</p> <p>Interramento superficiale dei residui vegetali in aree in cui si manifesta la piaga dell'incendio</p> <p>L'inerbimento naturale svolge in generale l'importante funzione di conservazione della biodiversità (es. mantenimento delle specie avicole frugifere)</p> <p>Non richiedendo lo sfalcio ed avendo una elevata persistenza (es. trifoglio 3 anni) e competitività minimizzano gli interventi colturali.</p> <p>E' possibile evitare le competizioni intervenendo con la fertirrigazione</p>

		<p>La minore sensibilità all'erosione può permettere di adottare tecniche di approfondimento del materiale organico per l'arricchimento e sequestro di carbonio negli orizzonti profondi</p>
--	--	--

Figura 213: Griglia di operazioni e comportamenti consigliati e da evitare, con le relative motivazioni, per la gestione conservativa del suolo in frutteti maturi

9.6 Gestione della chioma

Efficienza energetica

La gestione della chioma di una albero o pianta riguarda aspetti molto importanti. Le operazioni colturali che interessano la chioma hanno ripercussioni sulla pianta e sui suoi prodotti. La produzione di sostanza secca e di frutti è linearmente dipendente dalla quota di radiazione intercettata.

Effetto sul risparmio idrico

La razionale utilizzazione delle risorse idriche, oltre a dipendere dall'appropriata scelta del metodo irriguo e dalla sua gestione, è in relazione all'efficienza dell'acqua da parte della chioma. E' di conseguenza fondamentale la conoscenza dell'architettura della chioma, in relazione alla disponibilità radiativa all'esterno e all'interno di essa, allo sviluppo dell'area fogliare, ed in particolare il rapporto tra foglie esposte e ombreggiate.

9.6 Sintesi delle pratiche sostenibili e dei benefici derivanti

Per cercare di trasformare il suolo agricolo da sorgente a «pozzo» per l'accumulo del carbonio ecco, sinteticamente, alcune strategie attuabili.

- Adottare la non lavorazione o la minima lavorazione del suolo: in questo modo si mantiene un cotico erboso che oltre a vantaggi agronomici consente l'aumento della superficie fotosintetizzante e quindi la capacità di sequestro del carbonio atmosferico da parte del sistema.
- Utilizzare tutti gli "scarti" (ad esempio residui di potatura) all'interno del sistema, da cui dovrebbe uscire soltanto la parte commercializzata.

- Apportare carbonio esterno al sistema (letame, compost, ecc.) riducendo così anche l'apporto di concimi minerali e, indirettamente, contribuendo a ridurre le emissioni di CO₂ legate al processo industriale per la loro sintesi e commercializzazione.
- Favorire la riduzione della respirazione del suolo (eterotrofa e autotrofa) attraverso la non lavorazione del suolo e l'adozione di metodi irrigui che bagnano soltanto una parte della superficie del suolo. Ad esempio, i metodi irrigui a goccia interessano soltanto il 20-25% della superficie, pertanto durante i mesi non piovosi circa l'80% del suolo rimane in asciutto, il che riduce moltissimo l'attività radicale e microbiologica e le relative emissioni di CO₂ legate al processo di respirazione.
- Aumentare l'efficienza dell'acqua, dei concimi e della luce (il che significa anche un risparmio economico ed energetico) attraverso tecniche che riguardano: progettazione e gestione del sistema frutteto/agricolo (migliore utilizzo della luce), scelta del portinnesto e della varietà/vitigno vocati al territorio, del metodo irriguo, della nutrizione e della gestione del suolo.

Pratica sostenibile	BENEFICI AMBIENTALI					Altri benefici
	Incremento efficienza d'uso acqua	Risparmi o idrico	Accumulo di carbonio nel sistema	Riduzione emissioni antropogeniche	Contenimento respirazione suolo	
Utilizzo di sistemi irrigui a goccia	Efficienza di distribuzione del 90-95%	Fino al 50%	-	20-40%	20-40 %	Minori costi
Sviluppo di piani di irrigazione e applicazione di stress idrico controllato	Sfruttamento delle riserve idriche del suolo	Fino al 30%	-	5 %	Fino al 20 %	Minori costi
Corretta gestione della chioma	Incremento water use efficiency	Fino al 30%	-	-	-	Aumento qualità dei frutti
Uso di acque reflue urbane o acque agro-industriali di processo		Fino al 80%	-	Riduzione apporti concimi minerali	-	Biodiversità del suolo

Inerbimento	Incremento dell'accumulo di acqua piovana negli strati profondi del suolo	-	Fissazione di 2-4 t C ha ⁻¹ anno ⁻¹	Riduzione apporti concimi minerali	-	Riduzione dell'erosione
No tillage o minimum tillage		-	Minori perdite per ossidazione	Riduzione delle emissioni derivanti dal ridotto uso di macchine agricole.	10%	Salvaguardia della struttura del suolo, riduzione dell'erosione, non danneggiamento delle radici
Riuso dei residui di potatura	-	-	1-3 t di C ha ⁻¹ y ⁻¹	Riduzione apporti concimi minerali	-	Mancata bruciatura ed emissione in atm
Uso di compost/letami/biochar	SI	-	3-5 t di C ha ⁻¹ y ⁻¹	Riduzione apporti concimi minerali	-	Conversione Rifiuto in risorsa

Figura 214: Sintesi delle pratiche sostenibili e dei benefici derivanti

10 INDIRIZZI DI GESTIONE FINALIZZATI ALL'AUMENTO DELLO STOCCAGGIO DI CARBONIO NEI SISTEMI FORESTALI

10.1 Ruolo e prospettive della gestione forestale nell'assorbimento del carbonio: aspetti generali

Fonte: Regione Basilicata, Dipartimento ambiente territorio e politiche della sostenibilità, ufficio foreste e tutela del territorio. Linee programmatiche del settore forestale per il decennio 2013 – 2022 & piano operativo annuale 2013.

In accordo con la posizione espressa dall'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2007), si condivide l'idea che la gestione forestale sostenibile (GFS) (MCPFE 1993), ovvero quella modalità gestionale che contribuisce a mantenere o ad aumentare gli stock di carbonio della foresta assicurando una regolare produzione di un materiale durevole come il legno, rappresenti la strategia migliore per esaltare la capacità mitigante degli ecosistemi forestali nei confronti dei cambiamenti climatici (EC 2009 a,b).

Per lunghi secoli, quasi ovunque, l'uomo ha esercitato una pressione enorme sulle foreste: dissodamenti estesi, elevatissimi prelievi di biomassa legnosa, asportazione della lettiera, pascolo intenso, ecc. Quest'uso, non sostenibile, ha causato dappertutto una sostanziale riduzione delle superfici a foresta, della fertilità stagionale, della produttività primaria e quindi della quantità di carbonio assorbita e immobilizzata all'interno dell'ecosistema.

In tali situazioni, la GFS rappresenta lo strumento adeguato per mantenere tassi di crescita elevati per tempi lunghi, per ottenere prodotti legnosi con lunghi cicli di vita e per favorire quindi un aumento dell'assorbimento e della requisizione del carbonio nella biosfera. Senza dimenticare che la GFS consente di coniugare quest'obiettivo con la promozione di tutte le altre funzioni della foresta e assicura, a scala di territorio, un importante valore aggiunto nella lotta al degrado e alla desertificazione. E' condivisa l'idea che la GFS debba essere impostata su basi adattative, per tener conto delle incertezze legate al cambiamento climatico e ai suoi effetti sull'ecosistema forestale (Miller et al. 2007).

Sul concreto piano gestionale, il punto critico è quello di identificare le cause del degrado e di mettere in atto strategie di ampio respiro, a scala di territorio, che consentano di ridurle o farle cessare, in modo da garantire dei margini di ripresa all'ecosistema. Fatto auspicabile è che tale recupero possa avvenire prevalentemente attraverso l'incentivazione di dinamiche spontanee: rinnovazione naturale, successioni secondarie, processi di rinaturalizzazione, ecc. La promozione dei meccanismi naturali di recupero

dell'ecosistema è, laddove il degrado non si è spinto a livelli estremi, una strategia più efficace e meno costosa rispetto alle tecniche di ricostituzione artificiale (Sasaki et al. 2011).

10.2 Gestione delle foreste della Basilicata e assorbimento del Carbonio

L'assorbimento dell'anidride carbonica atmosferica da parte della vegetazione è quindi aspetto di grande importanza ambientale. La politica forestale della Regione Basilicata, al pari di quella nazionale, non può peraltro essere esclusivamente finalizzata alla promozione dell'assorbimento e dello stoccaggio del carbonio; come si è cercato di far comprendere nel paragrafo precedente, questi aspetti possono invece costituire l'importante "effetto collaterale" di una razionale GFS, che contempi le varie funzioni e le diverse specificità di boschi; i quali, se ben gestiti, svolgono al meglio anche quella di serbatoi di carbonio. A tal fine, la GFS dovrebbe comunque fondarsi su principi, metodi e tecniche pianificatorie e selvicolturali che mirino il più possibile, ad esempio, verso i seguenti obiettivi:

- ✓ aumento della capacità intrinseca di assorbimento del carbonio attraverso un'ottimale distribuzione nello spazio delle classi di età della foresta, al fine di evitare eccessivi processi di invecchiamento;
- ✓ miglioramento qualitativo della foresta in vista di una maggiore produzione di as-sortimenti legnosi di lunga durata, in grado di stoccare il carbonio per lunghi periodi di tempo;
- ✓ esaltazione della produttività legnosa stazionale, laddove il legno sia utilizzato come vettore energetico e promozione di una più efficace (strategie di "accorciamento") della filiera legno-energia;
- ✓ selvicoltura preventiva per la riduzione della suscettibilità della foresta al rischio d'incendio e ai processi di degrado: attacchi parassitari, erosione idrica, ecc.;
- ✓ salvaguardia della capacità della foresta di conservare il pool di carbonio del suolo.

Strumento principale per definire e inquadrare tali modalità gestionali è il Piano di Assestamento Forestale, inteso come lo strumento che pianifica, nel tempo e nello spazio, le attività selvicolturali più idonee per condurre le singole comprese boschive verso assetti che garantiscano l'assolvimento massimo della multifunzionalità dell'ecosistema forestale.

E' punto di cruciale importanza quello relativo al fatto che le foreste dotate di Piano di Assestamento Forestale potranno soddisfare i requisiti posti dalle Good Practice of Guidance relativamente tanto alla definizione delle pratiche colturali e delle aree interessate dalle stesse, quanto della tempistica di

realizzazione degli interventi, potendo così rappresentare un punto di forza per prefigurare "crediti e/o certificazioni" sulla base delle normative vigenti (V. Perugini et al. 2012).

10.3 Indirizzi di gestione forestale nell'area del Medio Basento

Lo stock di carbonio delle foreste rappresenta una componente fondamentale dei "serbatoi di carbonio" previsti dal Protocollo di Kyoto, e in particolare la gestione forestale rappresenta uno degli strumenti principali per la massimizzazione del sequestro del carbonio da parte dei sistemi forestali, come previsto dall'articolo 3.4 del Protocollo di Kyoto. Gli ecosistemi forestali grazie alla capacità di sequestrare anidride carbonica dall'atmosfera e fissarla sotto forma di sostanza organica, assolvono ad una importante funzione di mitigazione dei fenomeni di cambiamento climatico, contribuendo alla riduzione dei gas serra in atmosfera.

Il carbon stock forestale rappresenta la quantità di carbonio presente nelle diverse componenti dei sistemi forestali definiti carbon pools rappresentati dalla biomassa epigea, biomassa ipogea, necromassa, lettiera e carbonio nel suolo, ed è il risultato della differenza su scala ecosistemica tra incremento di biomassa legata ai processi di assimilazione e perdita di biomassa dovuta ai processi naturali di respirazione ecosistemica e a processi legati alle attività antropiche quali il prelievo di biomassa. In particolare l'incremento di biomassa a livello ecosistemico è rappresentato dalla produttività primaria netta dell'ecosistema (NEP - net ecosystem productivity) dato dalla differenza tra la produttività primaria lorda (carbonio assimilato) (GPP, gross primary productivity) e la quantità di carbonio rilasciato in atmosfera attraverso i processi di respirazione a livello ecosistemico (RE, ecosystem respiration) in un dato intervallo di tempo.

$$\text{NEP} = \text{GPP} - \text{RE}$$

Tale differenza, se positiva, corrisponde ad un incremento del carbon stock forestale rendendo l'ecosistema un serbatoio di carbonio (sink), mentre al contrario se negativa porterebbe ad una riduzione del carbon stock forestale rendendo l'ecosistema una fonte di carbonio (source), con perdita di biomassa.

Al fine della stima del carbon stock forestale va però aggiunta una ulteriore componente legata alle attività antropiche come la gestione forestale e in particolare le utilizzazioni forestali che vanno a ridurre lo stock di carbonio presente nel soprassuolo forestale attraverso il prelievo di biomassa, oltre che ad eventi catastrofici come gli incendi che a seconda dell'intensità dell'evento può portare anche ad una drastica riduzione sia dello stock che delle capacità funzionali del popolamento forestale.

Da questo punto di vista risulta evidente come la gestione forestale sia determinante nell'influenzare tale bilancio andando a modificare le caratteristiche strutturali e funzionali dei popolamenti forestali e pertanto rendendo l'ecosistema forestale un serbatoio di carbonio (sink) capace di incrementare lo stock di carbonio, o al contrario una fonte di carbonio (source). Inoltre la gestione forestale risulta particolarmente determinante in ambiente Mediterraneo naturalmente caratterizzato da condizioni ambientali estreme, in termini di stress idrico e termico, e ulteriormente accentuate dai cambiamenti climatici in atto, che hanno portato negli ultimi 10-15 anni ad un incremento di eventi climatici estremi come ondate di calore e stress idrici prolungati causando in generale una riduzione della produttività dei sistemi forestali e una maggiore vulnerabilità.

Dall'analisi delle cenosi forestali presenti nell'area di progetto risulta evidente una generalizzata semplificazione delle cenosi forestali caratterizzate generalmente da popolamenti monospecifici coetanei con bassi livelli di biodiversità e di resilienza e pertanto di resistenza agli stress climatici e ambientali legati ai cambiamenti climatici. Partendo da queste considerazioni la capacità di stoccaggio di carbonio dei soprassuoli forestali dell'area di progetto e in generale degli ecosistemi forestali in area mediterranea, può essere incrementata grazie all'impiego di orientamenti colturali atti a migliorare le caratteristiche strutturali e funzionali dei popolamenti forestali.

Gli interventi gestionali applicati non possono prescindere dalle condizioni sito specifiche dei popolamenti data l'estrema variabilità ambientale di tipo orografico, edafico e microclimatico. A tal proposito risulta fondamentale l'azione di pianificazione degli interventi attraverso l'adozione di strumenti di pianificazione forestale come il piano di assestamento forestale. In generale l'attenzione andrebbe rivolta al recupero di tutti i soprassuoli degradati (incendi, eccessivo pascolamento, erosione) che opportunamente porterebbero ad un incremento della quantità di carbonio assimilabile nel medio periodo. Un esempio classico è rappresentato dalle aree a Macchia mediterranea dove in molti casi la semplice riduzione dei carichi eccessivi di pascolo porta ad un incremento della biomassa e allo stesso tempo allo sviluppo di cenosi forestali maggiormente evolute e pertanto più resilienti. Inoltre per quanto riguarda l'ambiente mediterraneo caratterizzato da macchia e pinete mediterranee, l'adozione di opportune misure di prevenzione dagli incendi come previsto dal Piano operativo annuale regionale per il settore forestale nell'ambito delle linee programmatiche del settore forestale per il decennio 2013-2022, oltre che dal Piano Antincendio Regionale, contribuisce fortemente alla conservazione e all'incremento degli stock di carbonio presenti.

Per quanto concerne i popolamenti coetaneiformi governati ad alto fusto, ed in particolare i querceti termofili, vengono generalmente proposti moduli di gestione finalizzati all'aumento della provvigione e pertanto dello stock di carbonio, attraverso l'allungamento del turno. Tale intervento non solo porta ad un aumento della provvigione del popolamento, in termini di pools di biomassa epigea, ma allo stesso tempo porta ad un incremento del carbonio del suolo attraverso l'incremento della biomassa ipogea e dell'apporto di biomassa fornita dalla lettiera.

Nelle aree caratterizzate da livelli di produttività più elevate, è possibile adottare moduli gestionali finalizzati alla valorizzazione di produzioni caratterizzati da assortimenti legnosi da opera destinati alla produzione di materiali per l'edilizia o l'arredamento, che garantiscano un ciclo di vita dei manufatti legnosi relativamente lungo. Tale scelta colturale risulta necessaria per il prolungamento dello stock di carbonio e per bilanciare l'impiego di assortimenti legnosi destinati alla produzione di energia che hanno tempi di trasformazione estremamente brevi e che di fatto riducono lo stock di carbonio rilasciando subito in atmosfera il carbonio derivante dai processi di combustione.

Un'altra opzione colturale che potrebbe essere adottata nelle aree maggiormente vocate consiste nella conversione dei boschi in fustaia, permettendo l'allungamento dei turni di utilizzazione e il conseguente aumento della biomassa epigea ed ipogea. tale opzione gestionale andrebbe incontro anche all'esigenza di ridurre la quantità di assortimenti legnosi prodotti per scopi bioenergetici a favore di assortimenti da opera. Infine per quanto riguarda i coniferamenti costituiti da pinete mediterranee, realizzati generalmente con finalità di protezione, e molto diffuse nell'area di progetto, si tratta di popolamenti molto spesso percorsi dal fuoco. In questi casi i moduli colturali da adottare vanno nella direzione di una graduale riduzione della densità dei popolamenti per permettere la rinaturalizzazione dei popolamenti favorendo l'insediamento di latifoglie autoctone sotto copertura e al tempo stesso promuovendo i processi di successione secondaria.

11 CONCLUSIONI

Il suolo riveste un'enorme importanza nel ciclo globale del carbonio in quanto rappresenta il maggiore serbatoio terrestre di carbonio (C). Nel suolo coesistono contemporaneamente due processi opposti: la cattura (sequestro) ed il rilascio di carbonio. Riuscire a delineare il suo ruolo è un compito arduo a causa del fatto che il C nel suolo presenta velocità dinamiche, dove intervengono input e output di varia natura. Il tasso di accumulo di carbonio nel suolo, per esempio, è direttamente influenzato dal tipo di uso e copertura del suolo (carico di carbonio) e dalle pratiche di gestione dei sistemi agroforestali. Inoltre, le stime a scala planetaria, nazionale e locale della quantità di C nel pool suolo sono caratterizzate da un considerevole livello d'incertezza, dovuto principalmente a un'ampia variabilità di dati e di informazioni disponibili.

I risultati ottenuti confermano l'importanza dell'accumulo di carbonio nel suolo per i sistemi agroforestali. Per i sistemi agrari il SOC, rispetto al carbonio totale, costituisce la componente prevalente con una percentuale variabile dal 53% al 96%. Per i sistemi forestali le due componenti prevalenti, in termini di carbonio dei pools analizzati rispetto al carbonio totale, sono il SOC con una percentuale variabile dal 40% al 66% e la biomassa epigea che contribuisce con valori rientranti nel range 14% - 41 %.

La quantificazione delle riserve di carbonio nei suoli rimane pertanto un importante tassello nella decifrazione del ciclo globale del carbonio. Le interazioni tra i vari fattori ambientali che determinano il divenire del C nel suolo sono particolarmente complesse: i diversi fattori presi singolarmente (quota, uso del suolo, tipologia di suolo, gestione del suolo, ecc.) mostrano delle influenze significative, ma solo la comprensione delle loro interazioni e degli effetti complessivi sulla microflora e sulla fauna del suolo può spiegare le differenze nel contenuto in carbonio e le probabili evoluzioni al cambiare delle condizioni.

Indubbiamente le variazioni del C nel suolo si realizzano in intervalli temporali più lunghi rispetto ad altri comparti, come ad esempio la vegetazione, e proprio per questo motivo sono necessari maggiori informazioni e modelli affidabili per ipotizzare realistici scenari futuri nell'ottica dei cambiamenti climatici globali.

Si è evidenziato sia attraverso la simulazione mediante il modello Roth-C sia mediante i dati reali, ottenuti dalla conduzione sostenibile dell'oliveto sperimentale in Ferrandina, che la gestione sostenibile dei sistemi agrari (attuata attraverso la fertirrigazione guidata e concimazione organica, l'inerbimento del suolo, il

riutilizzo dei residui della potatura, la gestione oculata dell'irrigazione) comporta un incremento dei valori di carbonio fissato rispetto alle pratiche tradizionali quali le lavorazioni del suolo, concimazioni minerali empiriche, l'allontanamento e/o la bruciatura dei residui della potatura.

Pertanto, adottare una gestione dei sistemi agrari orientata a recuperare il livello di carbonio nel suolo è sicuramente utile a:

- migliorare la qualità dei suoli e ridurre la dipendenza dagli input esterni;
- migliorare la performance ambientale del sistema espressa, ad esempio, attraverso il sequestro della CO₂ atmosferica, il miglioramento del ciclo delle acque, la riduzione del rischio dell'erosione del suolo.

L'Italia, dal 16 febbraio 2005, data di entrata in vigore del Protocollo di Kyoto e per il periodo 2008-2012, ha deciso d'includere la sola gestione forestale e viceversa di escludere la gestione dei suoli agricoli, dei prati e dei pascoli e la rivegetazione dalle attività opzionali previste all'art. 3.4 del Protocollo di Kyoto, considerando e conteggiando il bilancio netto di emissioni/assorbimenti derivanti da attività di disboscamento/rimboschimento e imboschimento avvenute sul territorio nazionale (art.3.3). Pertanto il calcolo dei carbon stock dei sistemi forestali è stato ampiamente studiato e applicato nei diversi progetti forestali sia per il mercato regolamentato (utilizzati dagli Stati membri per produrre crediti di carbonio) che per quello volontario.

Per il secondo periodo di impegno 2013-2020, del Protocollo di Kyoto, la decisione 529/2013/EU del Parlamento europeo e del Consiglio ha introdotto l'obbligo per gli Stati membri di sviluppare appropriati sistemi per la stima delle emissioni e degli assorbimenti dovuti alla gestione delle terre agricole (cropland management) e gestione dei pascoli (grazing land management). Per il 2016, 2017, e 2018 dovranno essere presentate relazioni annuali sullo sviluppo del sistema e sulle stime annuali di rimozione delle emissioni.

Questa decisione rappresenta una novità assoluta nella politica climatica Europea che, ad oggi, escludeva le emissioni e gli assorbimenti del settore LULUCF. Tale settore, è l'unico capace di sottrarre e trattenere naturalmente anidride carbonica dall'atmosfera e, evidentemente, alcuni usi del suolo, cambiamenti d'uso del suolo, nonché pratiche di gestione, possono migliorare o peggiorare questa capacità naturale di accumulo di carbonio, portando a importanti impatti sulle emissioni di gas serra. Pertanto la stima delle emissioni provenienti da questa categoria, è importante per garantire una maggiore integrità ambientale in termini sia di politiche climatiche ed energetiche, sia di gestione del suolo.

Ad oggi esistono ancora molti punti oscuri riguardanti le metodologie di campionamento per il conteggio del C nei suoli e la dinamica del C nel suolo è considerata estremamente complessa e di difficile determinazione

Sulla base dell'esperienza di campionamento eseguita nei siti agrari individuati, si evidenzia quanto segue: La metodologia adottata per il campionamento (comprensiva cioè dei tre quadranti individuati con metodo statistico), sulla base dell'esperienza maturata risulta a nostro parere facilmente applicabile nella pratica operativa.

Si sottolinea che l'azione di monitoraggio del carbonio organico nei suoli e nella biomassa epigea ed ipogea può concorrere, nell'ambito dello Sviluppo rurale, al raggiungimento dell'obiettivo, identificato come priorità 5, di incentivare l'uso efficiente delle risorse e il passaggio a un'economia a basse emissioni di carbonio e resiliente al clima nel settore agroalimentare e forestale.

L'inserimento di un intervento all'interno dei PSR Regionali dipende dalla coerenza di questo con la strategia generale del programma, oltre che dall'eleggibilità della spesa, e dipende dal peso dato da ciascuna Regione nel quadro del proprio PSR.

L'intervento di campionamenti periodici auspicato, è finalizzato a incrementare la conoscenza scientifica sul sequestro di carbonio delle misure agro-climatico-ambientali e a permettere la progettazione di tecniche/impegni più efficaci a livello di areale. Esso inoltre contribuisce all'adempimento degli obblighi comunitari in termini di accounting del flusso di C organico nei terreni agricoli previsto dalla Decisione 529/2013/EU e al rispetto degli accordi internazionali che hanno istituito il registro nazionale dei serbatoi di carbonio agroforestali.



IL TEAM DI AGREEMENT

Prof. Giuseppe CELANO (COORDINATORE SCIENTIFICO)
Dott. For. Angelo NOLÈ (Consulenti Agreement)
Dott. For. Giuseppe MANCINO (Consulenti Agreement)
Phd. Egidio LARDO
Ing. Teodoro BERLOCO
Ing. Cipriano LOIUDICE
Ing. Giuseppe CARLUCCI
Ing. Domenico LATERZA

12 BIBLIOGRAFIA

IPCC (2003), Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry LULUCF

IPCC (2006) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. The National Greenhouse Gas Inventories Programme (Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Nga-ra T, Tanabe K eds). IGES, Japan.

IPCC (2007) Climate change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Eds.). IPCC, Geneva, Switzerland. pp 104.

Stolbovoy V., Montanarella L., Filippi N., Selvaradjou S., Panagos P. and Gallego J. (2005) Soil Sampling Protocol to Certify the Changes of Organic Carbon Stock in Mineral Soils of European Union. EUR21576EN, Office for Official Publications. of the European Communities, Luxembourg.

Stolbovoy V., Montanarella L., Filippi N., Jones A., Gallego J., Grassi G. (2007) Soil Sampling Protocol to Certify the Changes of Organic Carbon Stock in Mineral Soils of European Union. Version 2 EUR21576EN/2, Office for Official Publications. of the European Communities, Luxembourg.

Dasrem - Dipartimento Agricoltura, Sviluppo Rurale, Economia Montana, Regione Basilicata, (2006). AA. VV. I suoli della Basilicata. Carta pedologica della Regione Basilicata in scala 1:250.000.

Costantini G, Bellotti A, Mancino G, Borghetti M, Ferrara A (2006) Carta Forestale della Basilicata – Atlante. INEA – Sede Regionale per la Basilicata. Viale della Regione Basilicata 12, 85100 Potenza. ISBN 88-8145-062-3. 99 pp.

Marc Greven, Sue Neal, Steve Green, Bartolomeo Dichio, Brent Clothier. The effects of drought on the water use, fruit development and oil yield from young olive trees. Agricultural Water Management. Volume 96, Issue 11, November 2009, Pages 1525–1531;

Adriano Sofo, Vitale Nuzzo, Assunta Maria Palese, Cristos Xiloyannis, Giuseppe Celano, Paul Zukowskyj, Bartolomeo Dichio. Net CO₂ storage in mediterranean olive and peach orchards. *Scientia Horticulturae*, Volume 107, Issue 1, 1 December 2005, Pages 17–24;

Assunta Maria Palese, Vitale Nuzzo, Fabio Favati, Angiolina Pietrafesa, Giuseppe Celano, Cristos Xiloyannis. Effects of water deficit on the vegetative response, yield and oil quality of olive trees (*Olea europaea* L., cv Coratina) grown under intensive cultivation. *Scientia Horticulturae*, Volume 125, Issue 3, 28 June 2010, Pages 222–229;

Assunta Maria Palese, Maria Pergola, Mariafara Favia, Cristos Xiloyannis, Giuseppe Celano. A sustainable model for the management of olive orchards located in semi-arid marginal areas: Some remarks and indications for policy makers. *Environmental Science & Policy*, Volume 27, March 2013, Pages 81–90;

Palese A.M., Pasquale V., Celano G., Figliuolo G., Masi S., Xiloyannis C., 2009. Irrigation of olive groves in Southern Italy with treated municipal wastewater: effects on microbiological quality of soil and fruits. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 129: 43-51.

Celano G., Palese A.M., Xiloyannis C. (2003) - Gestione del suolo. In: «Fiorino P. (Ed.), *Olea- Trattato di Olivicoltura*». Il Sole 24 Ore Edagricole: 349-363.

Farina R., Seddaiu G., Orsini R., Steglich E., Roggero P.P., Francaviglia R. 2011. Soil carbon dynamics and crop productivity as influenced by climate change in a rainfed cereal system under contrasting tillage using EPIC. *Soil and Tillage Research* 112 (1): 236-248.

Francaviglia R., Coleman K., Whitmore A.P., Doro L., Urracci G., Rubino M., Ledda L. 2011. Changes in soil organic carbon and climate change. Application of the RothC model to agro-silvo-pastoral Mediterranean land use systems. 6th International Congress of ESSC, Thessaloniki, 9-14 May 2011, Book of abstracts available at http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/eusoils_docs/Conf/6thESSC.pdf

Robin D. (1997) - Intérêt de la caractérisation biochimique pour l'évaluation de la proportion de matière organique stable après décomposition dans le sol et la classification des produits organominéraux. *Agronomie*, 17: 157-171.

Ponce-Hernandez, R. (2005) *Applied Land Degradation Assessment Methods: Framework and Manual for the West Asia Region*. United Nations Economic and Social Cooperation for West Asia. UN House, Beirut, Lebanon.

Franca Viglia, R.; Koleman, K.; Doro, L.; Urracci, G.; Rubino, M.; Ledda, L. 2011. Turnover del carbonio organico e cambiamenti climatici. Applicazione del modello RothC in sistemi agro-silvo-pastorali Mediterranei. *Atti del Workshop La percezione del suolo* (Ed. C. Dazzi), 169-173.

Regione Lombardia - Direzione Generale Agricoltura, ERSAF, Università degli Studi di Parma, Università degli Studi di Milano, Università Cattolica del Sacro Cuore, FLA, MAC, 2013. *AgriCO2tura*. Valutazione di tecniche per incorporare carbonio nei suoli agricoli e ridurre le emissioni di anidride carbonica in agricoltura - Il ruolo dell'agricoltura conservativa nel bilancio del carbonio. Quaderni della Ricerca n. 153 - giugno 2013

Federici S., Vitullo M., Tulipano S., De Lauretis R., Seufert G. 2008. An approach to estimate carbon stocks change in forest carbon pools under the UNFCCC: the Italian case, *iForest -Biogeosciences and Forestry*. 1: 86-95. SISEF <http://www.sisef.it/iforest/>

Nolè A, Law BE, Magnani F, Matteucci G, Ferrara A, Ripullone F, and Borghetti M (2009). Application of the 3-PGS model to assess carbon accumulation in forest ecosystems at a regional level. *Canadian Journal of Forest Research* 39: 1647–1661.

Borghetti M. (2005). *Linee guida selvicolturali per la gestione sostenibile dei patrimoni forestali demaniali della regione Basilicata*. INEA Basilicata, Potenza, 37 pp.

Istituto Nazionale di Economia Agraria (INEA, 2009). *Gli accordi volontari per la compensazione della CO₂ - Indagine conoscitiva per il settore forestale in Italia*. Quaderno 2

Napoli R., Marchetti A., Marchetti M., Riccioni F., Riviaccio R., Piccini C., Oradini A., Paolanti M., Cibella R., (2011). Relazione tra vegetazione e contenuto di carbonio organico dei suoli nell'ambiente forestale della Sicilia: valutazione e stima degli stock sulla base della variabilità pedologica. In: Atti del Workshop "La Percezione del suolo", a cura di C. Dazzi, Edizioni Le Penseur, 197-201.

Kern, J.S. and M.G. Johnson. 1993. Conservation Tillage Impacts on National Soil and Atmospheric Carbon Levels. *Soil Science Society of America Journal* 57:200-210.

Miller, D. J., and K. M. Burnett (2007), Effects of forest cover, topography, and sampling extent on the measured density of shallow, translational landslides, *Water Resour. Res.*, 43.

Sasaki N, Asner GP, Knorr W, Durst PB, Priyadi HR, Putz FE (2011) Approaches to classifying and restoring degraded tropical forests for the anticipated REDD plus climate change mitigation mechanism. *IForest-Biogeosciences and Forestry* 4, 1-6.

Lal, R. and J.M. Kimble. 1997. Conservation tillage for carbon sequestration. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 49:243-253.

Ball, B.C., Scott, A., Parker, J.P., 1999. Field N₂O, CO₂ and CH₄ fluxes in relation to tillage, compaction and soil quality in Scotland. *Soil Till. Res.* 53, 29–39

D. Curtin, H. Wang, F. Selles, B. G. McConkey and C. A. Campbell. 2000. Tillage Effects on Carbon Fluxes in Continuous Wheat and Fallow–Wheat Rotations

Al-Kaisi, M.M., and M.A. Licht. 2005. Soil Carbon and Nitrogen Changes as Influenced by Tillage and Cropping Systems in Some Iowa Soils. *Ag. Ecosys. Environ.* 105:635-647.

Daraghmeh, O.A., J. R. Jensen, and C.T. Petersen. 2009. Soil structure stability under conventional and reduced tillage in a sandy loam. *Geoderma*, 150 (1-2): 64-71.

Perugini L, Vespertino D, Valentini R (2012) Conferenza di Durban sul clima: nuove prospettive per il mondo forestale. *Forest@* 9 (1): 1-7.

M. Almagro , J. López, C. Boix-Fayos, J. Albaladejo, M. Martínez-Mena 2010. Belowground carbon allocation patterns in a dry Mediterranean ecosystem:A comparison of two models. *Soil biology and biochemistry*: volume 42, issue 9, september 2010, pages 1549–1557

Alberti G., Marelli A., Piovesana D., Peressotti A., Zerbi G., Gottardo E., Bidese F. 2006. Accumulo di carbonio e produttività delle piantagioni legnose (Kyoto forests) del Friuli Venezia Giulia. *Forest@* 3(4): 488 - 495

Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Eds.). IPCC, Geneva, Switzerland. pp 104.

EC (2009a) Decisione 406/2009/EC del Parlamento europeo e del Consiglio del 23 aprile 2009 concernente gli sforzi degli Stati membri per ridurre le emissioni dei gas a effetto serra al fine di adempiere agli impegni della Comunità in materia di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra entro il 2020. *Gazzetta ufficiale dell'Unione europea*, L 140/136.

EC (2009b) Direttiva 2009/28/EC del Parlamento europeo e del Consiglio del 23 aprile 2009 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili. *Gazzetta ufficiale dell'Unione europea*, L 140/16.

MCPFE (1993) Second Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe. Resolution H1, MCPFE Documents, Helsinki

ISTAT (2012), VI Censimento generale dell'agricoltura, Roma

ISTAT, 15° censimento della popolazione e delle abitazioni 2011

Regione Basilicata, Dipartimento ambiente territorio e politiche della sostenibilità, ufficio foreste e tutela del territorio. Linee programmatiche del settore forestale per il decennio 2013 – 2022 & piano operativo annuale 2013.

Programma di sviluppo rurale della Regione Basilicata 2014-2020. Regione Basilicata

PSR Basilicata 2014-2020: il settore agricolo e agroalimentare della Basilicata - Analisi delle principali filiere agricole regionali. Inea - Sede regionale per la Basilicata - Versione del 18 aprile 2014

Open data Regione Basilicata (www.dati.regione.basilicata.it/catalog/dataset)