UNIVERSITÁ POLITECNICA DELLE MARCHE

Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali

Corso di Laurea Triennale in Scienze Forestali e Ambientali (SFA)

STUDIO DEI SUOLI DUNALI NELL'AREA MARINA PROTETTA “TORRE DEL CERRANO”

Tesi di laurea di:
Federico Del Trappeto

Relatore:
Prof. Giuseppe Corti

Correlatore:
Prof.ssa Stefania Cocco

Anno Accademico 2013 - 2014

a nonno Generoso

Indice generale

1 Introduzione....5
1.1 Il suolo....5
1.1.1 Organizzazione orizzontale del suolo....8
1.1.2 Organizzazione verticale del suolo....10
1.2 Il carbonio....13
1.2.1 Ciclo del carbonio....15
1.2.2 Ruolo della Sostanza organica nel suolo....16
1.2.3 Turnover della sostanza organica....18
1.3 La duna....20
1.3.1 Formazione della duna....21
1.3.2 Litologia....24
1.3.3 Ecologia....25
1.4 Inquadramento geografico....29
1.4.1 Storia della pineta....29
1.4.2 Clima....31
1.4.3 Geomorfologia....33
1.4.4 Botanica....34
1.4.5 Il Parco Marino Torre del Cerrano....35
2 SCOPO....38
3 MATERIALI E METODI....39
3.1 Disegno sperimentale....39
3.2 Localizzazione e campionamento....40
3.3 Preparazione del campione....41
3.3.1 Essiccamento....41
3.3.2 Setacciatura....41
3.3.2.1 Bilancia analitica....42
3.3.2.2 Centrifuga....42
3.4 Analisi fisiche....44
3.4.1 Tessitura....44
3.5 Analisi chimiche....46
3.5.1 Determinazione del pH....46
3.5.1.1 Misurazione....47
3.5.2 Determinazione del C organico....50
3.5.2.1 Metodo Walkley-Black....50
3.5.2.2 Procedimento per la determinazione del C organico....52
4 RISULTATI E DISCUSSIONE....54
5 CONCLUSIONI....68
6 RINGRAZIAMENTI....70
7 BIBLIOGRAFIA....71

1 Introduzione

1.1 Il suolo

Il termine "suolo" viene ampiamente utilizzato in diversi ambiti e con diversi significati.

Il suolo, secondo la definizione proposta dalla Soil Conservation Society of America (1986) è un corpo naturale costituito da particelle minerali ed organiche che si forma dall'alterazione fisica e chimico-fisica della roccia e dalla trasformazione biologica e biochimica dei residui organici. Capace di sostenere la vita delle piante, è caratterizzato da una atmosfera interna, da una flora e da una fauna determinate e da una particolare economia dell'acqua. Rappresenta il mezzo di interazione dinamica tra atmosfera, litosfera, idrosfera e biosfera.

«[...] Anche il suolo è un membro della comunità che ha bisogno di essere interpretato non meno degli animali e delle piante, ha bisogno di cure amorevoli e intelligenti per farsi fertile dispensatore di raccolti. L'agricoltore simbionte intuisce che tutto, nell'azienda, dipende in primo luogo da questo substrato informe e immobile, il quale pure cela facoltà miracolose, risorse impensate, una vitalità arcana e fragile; e l'uomo si da dà fare anzitutto, e quasi dimentico delle proprie privazioni, per rinvigorire il terreno, per renderlo sano e fecondo prima ancora di pensare a se stesso» (G. Haussmann, 2005)

Il suolo è, quindi, un sistema complesso in continuo divenire che comprende una matrice di costituenti organici e minerali con circolazione di aria ed acqua nei pori; l'arrangiamento strutturale di questi componenti determina una grande variabilità di suoli. Inoltre nel suolo vivono miliardi di microrganismi, che hanno concorso alla pedogenesi e concorrono a regolare la fertilità, formando ed assicurando al terreno i requisiti di supporto nutritivo idoneo alla vegetazione.

Il suolo è lo strato superficiale che ricopre la crosta terrestre, derivante

dall'alterazione di un substrato roccioso, chiamato roccia madre, per azione chimica, fisica e biologica esercitata da tutti gli agenti superficiali e dagli organismi presenti su di esso. Il suolo può comprendere sia sedimenti sia regolite. È chiamato anche pedosfera (dal greco πέδον, *pedon*, suolo, terra e σφαίρός, *sfaíros*, sfera) quando considerato parte della geosfera. (Elissa Levine)

Secondo la definizione della Soil Survey Staff (SSS, 2003) il suolo è un'entità naturale composta da solidi (minerali e sostanza organica), liquidi e gas che si trova sulla superficie dei pianeti, occupa un certo volume e possiede una o entrambe le seguenti caratteristiche:

- organizzazione in orizzonti, strati subparalleli che si differenziano dal materiale parentale dal quale il suolo si è originato attraverso processi di aggiunta, perdita, trasferimento e trasformazione di energia e materia;

- capacità di supportare la vita di piante radicanti in ambienti naturali.

Vi sono due sorgenti basilari della nostra conoscenza attuale del suolo: la prima è la pratica raggiunta dai contadini nell'arco di secoli di esperienze e di errori, mentre la seconda è la Scienza del Suolo che, iniziata nel XVII secolo, ha avuto il suo massimo impulso a partire dalla seconda metà del XIX. (F. Curtaz e al., 2007-2013)

Fattori endogeni, come il vulcanesimo ed esogeni, come le glaciazioni, l'erosione e la sedimentazione, hanno interferito con la genesi e l'evoluzione dei suoli modificando le superfici, i materiali minerali e le condizioni bioclimatiche con cui si trovano in equilibrio.

Pochi suoli relitti conservano caratteristiche legate a condizioni bioclimatiche molto antiche: la maggior parte dei suoli attualmente osservabili si è formata durante il Quaternario ed è pertanto opportuno aver presente la storia geologica, climatologica e botanica degli ultimi due milioni di anni: i cambiamenti climatici e vegetazionali, i cicli di erosione e rideposizione eolica e fluvioglaciale, il livello dei mari e gli agenti geotettonici che perdurano fin dal Pleistocene sono alla base delle profonde

variazioni del substrato su cui il suolo si è evoluto e/o si evolve, nonché responsabili in certi casi dell'interruzione della pedogenesi per seppellimento di suoli già formati che risultano essere pertanto dei paleosuoli. (F. Curtaz e al., 2007-2013)

Importante anche definire il "non suolo" ovvero l'insieme di materiali presenti alla superficie delle terre emerse che non corrispondono alla predetta definizione. Si tratta di materiali dislocati da processi non naturali, spesso di origine antropica, oppure di roccia nuda recentemente esposta agli agenti atmosferici, o ancora da sedimenti sommersi. (F. Curtaz e al., 2007-2013)

I fattori della pedogenesi si possono definire come gli agenti che condizionano i processi pedogenetici; possono essere di carattere litologico, climatico e biologico, e l'alterazione di uno qualsiasi di questi fattori ha importanti conseguenze sullo sviluppo futuro del suolo.
Fu il pedologo russo Dokucaev, nel 1898 (A. Giordano, 1999), a porre l'accento sul fatto che un suolo è il risultato dell'azione dei diversi fattori; il concetto fu formalizzato nel 1941 dal pedologo Jenny, nella prima versione della sua famosa *equazione* che connette le proprietà osservate del suolo con i fattori indipendenti che determinano la sua formazione (H. Jenny, 1941):

$$S = f\,(cl,\ o,\ r,\ p,\ t,\ \ldots)$$

dove:

•S = una qualunque proprietà del suolo

•cl = clima

•o = organismi

•r = topografia (intesa come rilievi, dall'inglese *relief*)

•p = roccia madre (dall'inglese *parent material*)

•t = tempo (momento iniziale della formazione di un suolo)

•... = altri fattori, di importanza locale

Questa equazione fu poi perfezionata, vent'anni più tardi, ad opera dello stesso Jenny:

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

dove:

•l= proprietà dell'ecosistema

•s= proprietà del suolo

•v= proprietà della vegetazione

•a= proprietà della vita animale

•L_0= valore delle proprietà al tempo zero (inizio della pedogenesi)

•P_x= potenziali di flusso

•t= età dell'intero sistema

I diversi fattori non viaggiano mai separatamente; lo stesso clima, ad esempio, può produrre suoli di differenti tipi su differenti substrati rocciosi. Può succedere che, in particolari condizioni, un solo fattore diventi preponderante rispetto a tutti gli altri: nella tundra, ad esempio, il fattore clima acquista grossa importanza, a discapito degli altri; in condizioni di fortissima pendenza diventa molto rilevante il fattore morfologico riducendo il peso degli altri. (H. Jenny, 1941)

1.1.1 Organizzazione orizzontale del suolo

Uno dei problemi affrontati dai pedologi, successivamente a quello relativo alla definizione di suolo, è stato quello di definire la superficie minima che questi deve occupare ai fini di una valida descrizione delle sue caratteristiche fisiche e chimico-fisiche.

Gli autori della Soil Taxonomy hanno offerto una soluzione al problema introducendo

il concetto di *pedon.*

Questi è definito come la *minima area ritenuta necessaria per poter descrivere il suolo, i suoi orizzonti e la loro variabilità.*

Non viene indicata una superficie minima, si specifica solamente che un pedon ha come limite inferiore un *non suolo* (acqua, roccia, permafrost) e come limiti laterali altri pedon adiacenti.

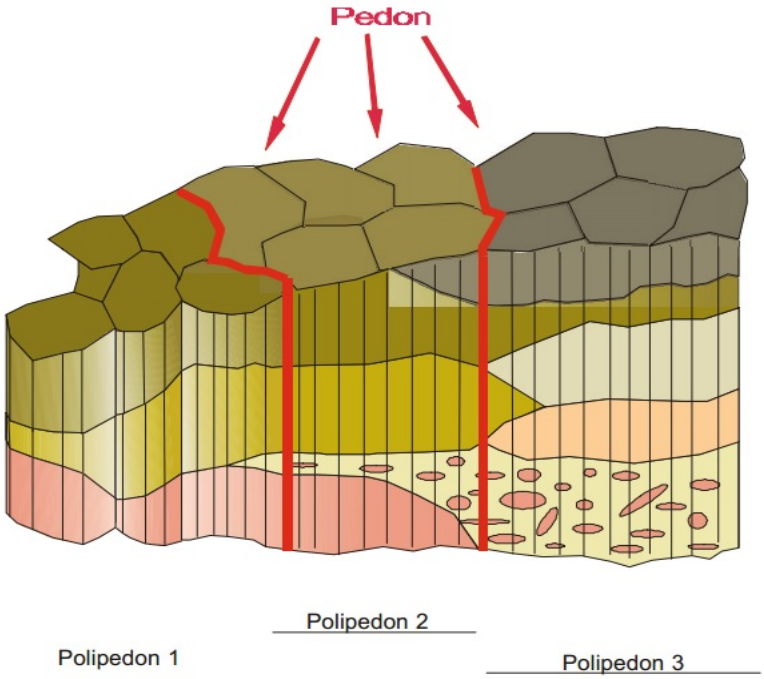


Figura 1

Poichè tra un pedon e quelli adiacenti le caratteristiche possono essere minime, gli autori della Soil Taxonomy hanno introdotto il concetto di *polipedon.* Queste sono delle *entità reali, cioè individuabili in campo, costituite da più pedon adiacenti molto simili fra loro il cui limite è rappresentato dal non suolo o da altri polipedon con caratteristiche significativamente differenti.*

L'introduzione del concetto di pedon e di polipedon permette di superare le difficoltà di rappresentazione e di delimitazione cartografica dovute al fatto che i suoli (pedon) sfumano con gradualità l'uno nell'altro. Il pedopaesaggio può rappresentare

geograficamente la unità tipologica di suolo (UTS) che corrisponde ad uno dei taxa della classificazione pedologica; Alle scale di minor dettaglio, o nei territori dove la variabilità dei suoli è molto elevata, è possibile considerare l'UTS come l'unione di pedopaesaggi che hanno delle specifiche relazioni funzionali tra loro. (E. Costantini, 2007)

1.1.2 Organizzazione verticale del suolo

Si può valutare un suolo si organizza in orizzonti, oppure considerare il suolo nel suo stato stazionario, studiando come può variare nel tempo e nello spazio e determinarne la distribuzione dei differenti tipi di suolo in relazione al tempo e allo spazio (Jenny, 1980)

Un orizzonte pedologico è uno strato ben identificabile di suolo, distinguibile dagli altri sopra- e sottostanti.

Quando la pedogenesi prevale sulla morfogenesi, formando un suolo detto maturo, i movimenti verticali di acqua, minerali e sostanza organica, possono creare locali accumuli o impoverimenti per lisciviazione di alcuni di questi componenti, che caratterizzano gli orizzonti. In questo senso essi si distinguono dagli strati tipici della sedimentologia, costituiti semplicemente da depositi in sequenza.

Secondo il sistema tassonomico internazionale gli orizzonti si possono suddividere in:

- **O - orizzonti organici di suoli minerali**: sviluppati alla sommità dei suoli minerali, sono composti quasi esclusivamente da materia organica in via di decomposizione (foglie e radici morte, escrementi, ecc...), o ancora non decomposta; è costituito in pratica dalla *lettiera*, ed è perciò maggiormente presente in suoli di foresta. Può suddividersi in orizzonti **L**, **F**, **H** a seconda del crescente grado di decomposizione della sostanza organica contenuta. Si distingue in:
    - **O1** La forma del materiale organico originario è riconoscibile

- **O2** L'originaria forma degli animali e delle piante non è riconoscibile ad occhio nudo.

- **A - orizzonti minerali evolutisi a partire dalla superficie**: è un orizzonte di superficie, composto sia da frazione minerale che organica (humus); quest'ultima è il prodotto della crescita vegetale e della decomposizione di sostanze biologiche ad opera dei microrganismi, dei vermi e degli altri piccoli animali del suolo. Questo orizzonte viene intensamente alterato e rimescolato da radici e pedofauna. Sono suddivisi in:
  - **A1** Evoluti in superficie o vicino ad essa tramite un evidente accumulo di sostanza organica umificata associata alla frazione minerale.
  - **A2** L'aspetto appariscente è la perdita di argilla, ferro o alluminio con concentrazione di quarzo o altri minerali resistenti con dimensioni delle sabbie o dei limi.
- **E - orizzonti che hanno subito eluviazione**: È un orizzonte caratterizzato da perdita di minerali per traslocazione verso il basso; è perciò spesso caratterizzato da colori chiari. Dato che i minerali traslocati si accumulano in un particolare tipo di orizzonte, il B (vedi sotto), questi due orizzonti viaggiano sempre insieme.
- **B - orizzonti minerali, differenziati ad opera di diversi processi pedogenetici**: Possono verificarsi semplici fenomeni di alterazione oppure si può avere illuviazione, in cui l'orizzonte è destinatario di materia traslocata dall'alto. Argilla, minerali di ferro, carbonati, humus si accumulano, rendendo questo orizzonte più definito e colorato degli altri. Si differenziano per colore, struttura, accumulo residuale di argilla silicatica in:
  - **B1** È di transizione tra gli orizzonti A e B.
  - **B2** Esprime la proprietà dell'orizzonte B.
  - **B3** È di transizione tra gli orizzonti B e C.

- **C - orizzonti minerali debolmente alterati**. È un orizzonte relativamente poco interessato da processi pedologici; in particolare mancano i segni dell'alterazione biologica ad opera di organismi e, di conseguenza, è quasi totalmente minerale.
- **R - rocce litoidi**: non è propriamente un orizzonte pedologico, dato che è costituito dalla roccia madre situata alla base del suolo.

I **suffissi** sono indicati per meglio definire le caratteristiche di un singolo orizzonte; si scrivono con lettere minuscole, a fianco della lettera maiuscola che segnala il tipo principale di orizzonte. (Soil Taxonomy, USDA, 1998)
Segue un elenco di suffissi:

- **a**: da *s**a**pric*, presenza di sostanza organica ben decomposta;
- **b**: da ***b**uried*, sepolto; indica un orizzonte di superficie la cui normale evoluzione è stata successivamente interrotta da un seppellimento;
- **c**: indica presenza di concrezioni o noduli di titanio, alluminio, ferro, manganese;
- **d**: da ***d**ensità*, indica uno strato con densità elevata che rappresenta un ostacolo per la radicazione;
- **e**: da *h**e**mic*, presenza di sostanza organica parzialmente decomposta;
- **f**: da ***f**rozen*, orizzonte gelato in permanenza (permafrost);
- **ff**: orizzonte gelato, ma che non contiene tanto ghiaccio da essere da questo cementato;
- **g**: da ***g**ley*, parola russa che significa *massa di terra fangosa*; presenza screziature che indicano alternanza di condizioni ossidanti e riducenti;
- **h**: da ***h**umus*, accumulo di humus **illuviale**;
- **i**: da *f**i**bric*, sostanza organica fresca;
- **j**: da ***j**arosite*, un minerale di ferro e potassio;
- **k**: da ***k**alzium*, calcio, indica accumuli di carbonato di calcio;

- **m**: orizzonte *cementato*; si adopera solo in combinazione con l'elemento che compone il cemento;
- **n**: da ***n**atrium*, segnala accumulo di sodio;
- **p**: da ***p**low,* aratro, indica un suolo che ha subito lunghe alterazioni per attività agricola;
- **q**: da ***q**uarzo*, indica accumulo di silice;
- **r**: indica un orizzonte tenero;
- **s**: da ***s**esquiossidi*, nome obsoleto per indicare degli ossidi di ferro, presenti nell'orizzonte a seguito di **illuviazione**;
- **ss**: da ***s**licken**s**ides*, facce di scivolamento, dovute alla presenza di argille a reticolo espandibile;
- **t**: da ***t**on*, argilla, indica accumuli di argilla di origine **illuviale**;
- **v**: segnala la presenza di una plintite;
- **w**: da ***w**eathering*, alterazione **in situ**, rilevabile da particolari strutture, colori, tipologia di argille;
- **x**: indica la presenza di uno strato di terreno più denso del normale ma friabile, denominato fragipan;
- **y**: da *g**y**psum*, gesso, descrive un orizzonte con accumulo **illuviale** di gesso;
- **z**: indica accumulo di sali con solubilità in acqua maggiore del gesso.

1.2 Il carbonio

Gli accordi internazionali e le normative europee e nazionali (Delib. CIPE n. 123 19/12/2002; direttiva 2003/87/CE) richiedono di conoscere sia l'entità delle emissioni di gas serra, da accertare mediante inventari nazionali, sia la potenzialità di riduzione delle emissioni.

Sul pianeta Terra vi sono quattro grandi serbatoi di carbonio: acqua, aria, suolo e piante, sottosuolo. (A. Giordano, 2005)

Ogni tipo di terreno ha una capacità differente di agire come serbatoio di carbonio. I

suoli del pianeta contengono carbonio organico (1500 Gt) in quantità maggiore rispetto all'atmosfera - che ne contiene circa metà, nella forma di anidride carbonica CO2 (720 Gt) – ed alla vegetazione (600 Gt) messe insieme. Per questo motivo, piccoli cambiamenti nel flusso di carbonio in entrata o in uscita dal suolo hanno significativi effetti su scala globale.(FAO, 2008)

<< Le proprietà chimiche e fisiche del suolo forniscono anche informazioni specifiche su come il suolo possa servire da filtro per i rifiuti, ospitare organismi ed agire da serbatoio. Maggiori informazioni riusciamo ad avere sulle proprietà del suolo, meglio possiamo valutarne le qualità e le potenzialità per la produzione alimentare >> (Alexander Müller, Vice Direttore Generale della FAO)

I livelli del carbonio nel suolo dipendono dal bilancio tra cattura di sostanza organica e decomposizione attraverso la respirazione e l'ossidazione (A. Giordano, 2005). E' comunque concorde parere dei ricercatori che un incremento di temperatura fa aumentare la mineralizzazione della sostanza organica in misura superiore rispetto all'aumento della produzione primaria (Woodwell 1989; FAO, 2004).

Ogni serbatoio emetterebbe e riceverebbe anidride carbonica in ugual misura, cosicché, la concentrazione nell'atmosfera rimarrebbe costante. Invece negli ultimi cento anni nell'atmosfera si è verificato un aumento di anidride carbonica. L'equilibrio è rotto a causa degli elevati consumi di carburanti fossili, della produzione di cemento, dei cambiamenti d'uso delle terre (in special modo il taglio dei boschi e la loro sostituzione con campi agricoli) e dell'erosione del suolo. A loro volta i cambiamenti climatici influiscono sia sul consumo dei carburanti che sui cambiamenti di uso delle terre. (A. Giordano, 2005)

Il suolo contiene carbonio nelle seguenti forme (A. Giordano, 2005):

- biologicamente attiva (radici e microrganismi),
- labile (lettiera),
- recalcitrante organica (lignina e tannini),

- recalcitrante inorganica (per lo più carbonato di calcio).

Nel suolo coesistono in fase contemporanea due opposti processi: la cattura e la liberazione del carbonio.

Condizioni favorevoli alla cattura del carbonio da parte del suolo sono (Post e Kwon, 2000):

- aumento degli input di sostanza organica,
- diminuzione del grado di decomposibilità della sostanza organica,
- stoccaggio a maggior profondità della sostanza organica,
- formazione di complessi organo-minerali attraverso legami di chelazione,
- protezione più efficiente del carbonio contenuto nel suolo attraverso formazione di microaggregati.

Le condizioni ora accennate si verificano passando da un uso agricolo ad un nuovo uso che contempli una copertura vegetale di lunga durata.

1.2.1 Ciclo del carbonio

Il ciclo del carbonio viene suddiviso in un ciclo biologico e in un ciclo geochimico.
Il ciclo biologico riguarda il passaggio del carbonio dalle piante agli animali e all'ambiente; il ciclo geochimico il passaggio dalle rocce sedimentarie superficiali, all'atmosfera, alla biosfera e all'idrosfera.
Di fondamentale importanza in entrambi i cicli è il ruolo dell'anidride carbonica.
L'anidride carbonica, presente nell'atmosfera, viene assorbita dalle rocce quando queste vengono alterate e dalle piante nel corso della fotosintesi; la fotosintesi (biochimica del ciclo del carbonio) produce tutto il carbonio organico dell'ecosfera.

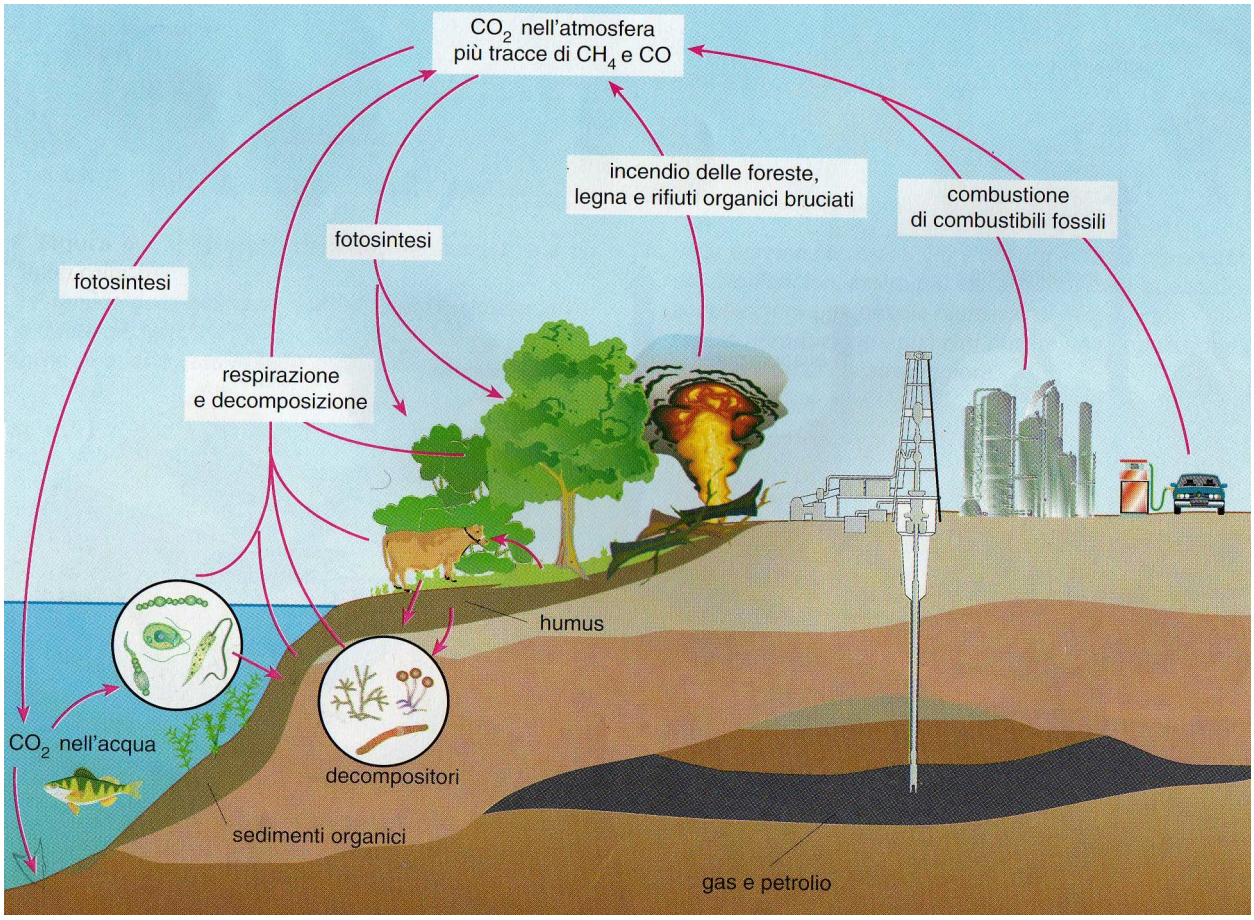


Figura 2

Il carbonio rimane immobilizzato per tempi più o meno lunghi nelle sostanze organiche degli organismi morti e nei rivestimenti rigidi esterni, impregnati di carbonato di calcio, di molluschi o di altre specie animali.

1.2.2 Ruolo della Sostanza organica nel suolo

La sostanza organica del suolo (SOM) rappresenta la più grande riserva terrestre di carbonio organico. I flussi di carbonio negli ecosistemi naturali, attraverso i diversi comparti ambientali, sono naturalmente regolati da meccanismi di equilibrio dinamico capaci di stabilizzare le quantità delle diverse forme di carbonio organico.

La catena alimentare in una spiaggia sabbiosa si basa principalmente da fonti marine come il fitoplancton, alghe, piante acquatiche, carogne (McLachlan and Brown, 2006). Nei sistemi dissipativi, l'elevata produttività può essere attribuita dagli organismi portati dalla risacca (fitoplancton ed altri microorganismi), supportati dalla macrofauna bentonica e zooplancton come loro consumatori principali e di pesci e

uccelli come predatori di questi ultimi. Mentre filtrano l'acqua, riciclano i nutrienti contenuti nella parte biotica della sabbia, mineralizzandola e rendendo l'ecosistema spiaggia un elemento cruciale nella trasformazione della materia organica e delle sostanze nutritive della zona costiera. In questo modo non solo le spiagge sono legate troficamente ai sistemi marini, ma interagiscono anche fisicamente e biologicamente con le dune costiere. (O. Defeo, 2008)

Ci sono diverse classi di sostanza organica:

- *Edaphon*: è la sostanza organica costituita dalla biomassa vivente e nel suolo viene definita come pedofauna (apparati radicali delle piante, microflora batterica e fungina).
- La seconda classe è costituita dalla sostanza organica non decomposta ovvero la biomassa morta. Nei suoli forestali prevalgono i residui della parte aerea delle piante, nelle praterie o pascoli sono più abbondanti i residui degli apparati radicali, mentre nei suoli agrari il tipo di residuo è condizionato dalle tecniche adottate
- Nella terza classe la sostanza organica è in via di decomposizione. E' molto eterogenea e risente delle condizioni ambientali, ma di norma c'è la possibilità di riconoscere ancora il materiale di partenza: nei suoli forestali sono individuabili i miceli fungini che permeano il materiale in decomposizione.
- Humus, ovvero il prodotto finale della trasformazione che non confluisce nella mineralizzazione e che vede la rielaborazione, la polimerizzazione e la condensazione dei composti organici semplici, mediante la pedofauna e la microflora edafica.

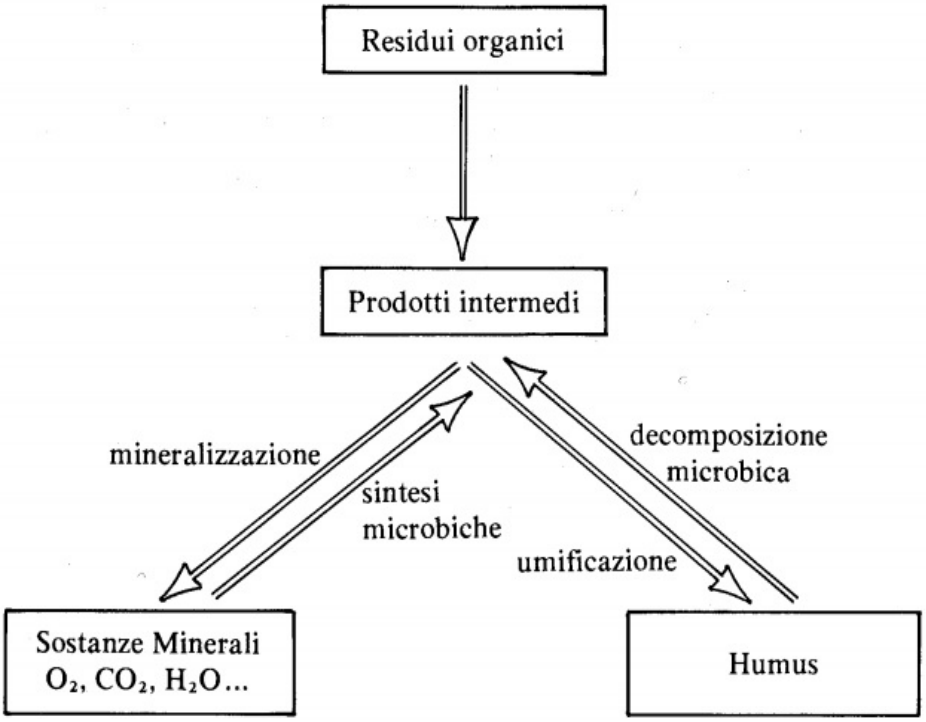


Figura 3

La decomposizione della sostanza organica avviene in due fasi:

1) rapida mineralizzazione dei complessi labili;
2) lenta mineralizzazione legata alla formazione ed all'accumulo di molecole "recalcitranti" (Zech et al., 1997)

1.2.3 Turnover della sostanza organica

I residui rilasciati sia durante le fasi vitali che come necromasse animali, vegetali e microbiche subiscono continuamente nel suolo processi biotici di degradazione, decomposizione e re-sintesi. Il processo di trasformazione degli atomi di C, O, H, N, P e S in forme minerali solubili è chiamato mineralizzazione, il processo inverso è definito immobilizzazione.

La mineralizzazione della sostanza organica consiste nella trasformazione mediata da microrganismi di elementi legati organicamente in composti inorganici (CO_2, CH_4, NH_4^+, ...).

L'umuficazione (immobilizzazione) è un processo complesso che consiste nella idrolisi enzimatica dei polimeri con formazione di composti semplici di natura variabile; nella trasformazione ossidativa delle molecole così ottenute; nella polimerizzazione e policondensazione in maniera spontanea di tali prodotti che flocculati dagli ioni come calcio, magnesio, ferro, idrogeno danno origine a micelle umiche. (Sanesi, 2000)

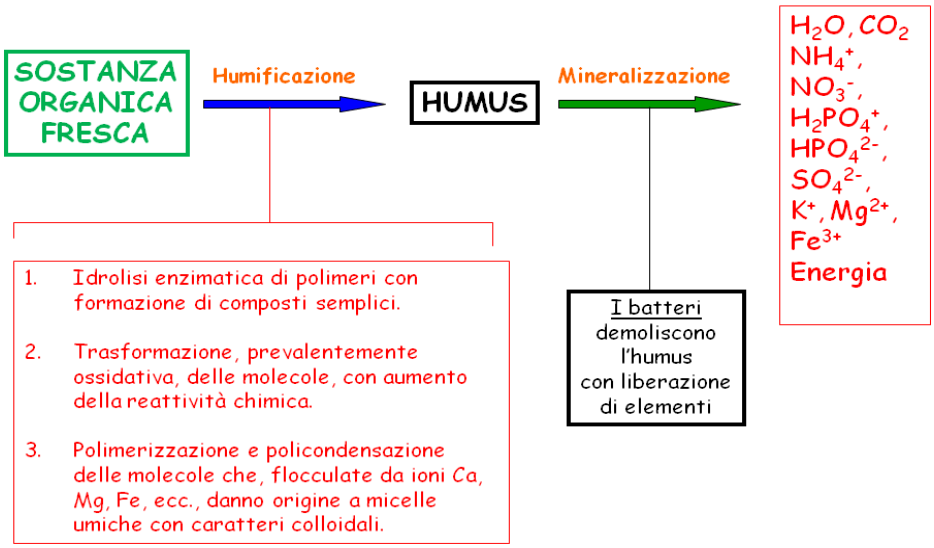


Figura 4

Una micella è un aggregato colloidale di molecole (colloide di associazione) formato da un tensioattivo in soluzione e che esiste in equilibrio con le molecole o ioni che corrono a formare la micella stessa (IUPAC, 2013).

I gruppi funzionali più più importanti delle sostanze umiche sono i gruppi carbossilici

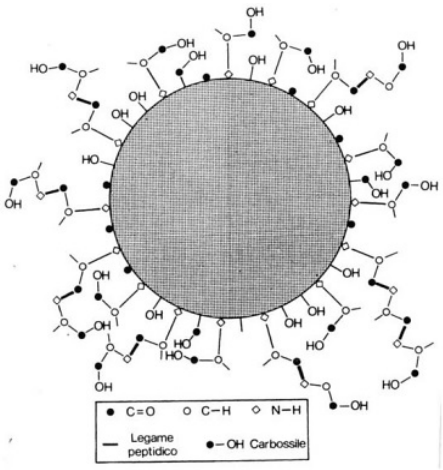


Figura 5

(R – COOH), quelli fenolici (Ar – OH), alcoolici (Alch – OH) ed i carbonili (= C = O). (Businelli, 2007)

La velocità di degradazione non è influenzata solo dalla resistenza intrinseca delle molecole a seconda del tipo di struttura chimica, ma anche dalla loro interazione con la frazione minerale. Gli enzimi prodotti dai microrganismi sono importanti nella prima fase di decomposizione, durante la quale si ha una rapida perdita dei composti facilmente degradabili come zuccheri semplici, amminoacidi, molte proteine ed alcuni polisaccaridi. In uno stadio successivo vengono attaccati i composti più resistenti, come cellulosa e lignina. (L. Celi)

La velocità di decomposizione della sostanza organica dipende da altri fattori tra cui le condizioni climatiche, le proprietà del suolo, la necessità di nutrienti da parte della pianta e l'uso del suolo, anche dalla quantità e qualità dei residui biologici che arrivano al suolo e dal tipo di microflora presente. (L. Celi)

1.3 La duna

Habitat dunali costieri sono ecosistemi importanti in Europa, come contengono un alto valore di biodiversità in termini di habitat ricchezza e specie di interesse (Van der Maarel, 2003; Martínez et al., 2004; Biondi, 2007). Diversi gli habitat dei sistemi dunali costieri sono inclusi nella direttiva Habitat europee 92/43 / CEE del Consiglio (Commissione Europea, 1992; Commissione Europea, 2007). Tuttavia, l'ultimo rapporto della Commissione europea indica che gli habitat dunali hanno un pessimo stato di conservazione tutta di Europa (Commissione Europea, 2008).

Una riduzione di circa il 70% dei sistemi di dune è stato stimato nel secolo scorso in Europa collegato principalmente alla urbanizzazione e altri fattori umani (Mc Lachlan e Brown, 2006). Inoltre, anche in quei sistemi dunali costieri ben conservati la biodiversità è fortemente minacciata (Van der Meulen e Udo de Haes, 1996; Cori, 1999; La Posta et al., 2008). Nel prossimo futuro, il cambiamento climatico dovrebbe influenzare ulteriormente la spiaggia e degli ecosistemi costieri (Feagin et

al, 2005;. Harley et al, 2006;. Schlacher et al, 2008;. Defeo et al., 2009), per cui sarà necessario per molti europei i paesi a promuovere programmi di conservazione costiera duna e restauro (Martínez e Psuty, 2004).

1.3.1 Formazione della duna

Per spiaggia si intende la zona del litorale costituita da materiale sciolto che può subire movimento per azione del moto ondoso. Per convenzione, la si considera estesa, verso terra, fino al limite raggiunto dalle onde di tempesta; verso il mare fino alla profondità corrispondente alla metà della lunghezza d'onda media delle onde durante le mareggiate. Più precisamente si indica come *spiaggia intertidale* la parte compresa tra il livello medio delle alte maree e il livello medio delle basse maree. Berme si chiamano i gradini, modellati in parte dall'erosione in parte per accumulo,

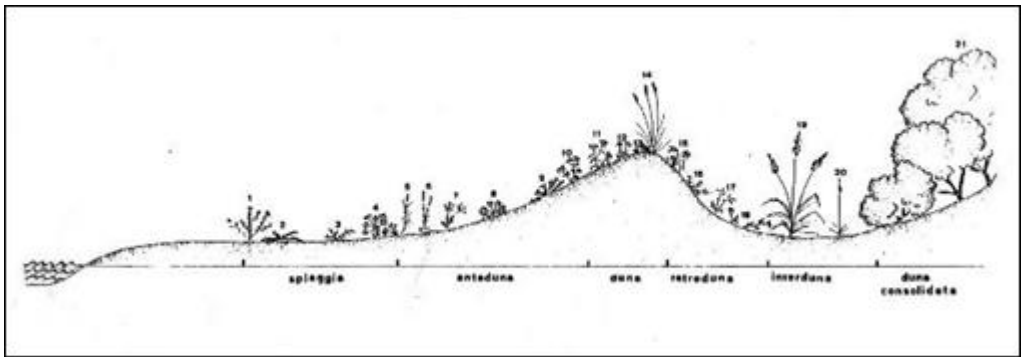
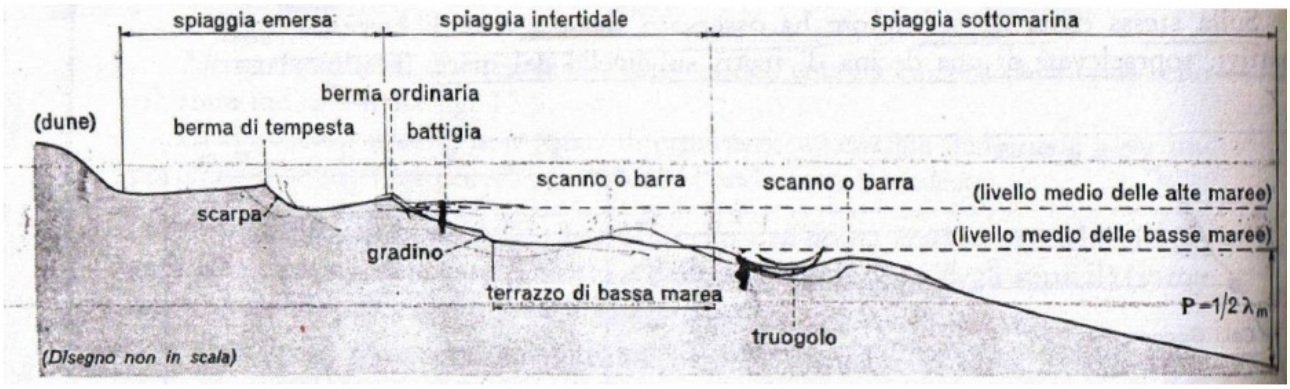


Figure 6 e 7



avviene il movimento alternato del flutto montante e della risacca. Verso il basso la

battigia può terminare con un *gradino*, situato là dove finisce il trasporto di sabbia della risacca. *Barre* o *scanni* o *secche* sono rilievi allungati circa paralleli alla riva, che si formano nella spiaggia sommersa per effetto di parte delle onde, in parte di correnti locali. Dietro la spiaggia sono frequenti le dune costruite dal vento. (G.B. Castiglioni, 1986)

Le sabbie di deflazione eolica si ammassano in accumuli mobili a forma più o meno irregolare oppure con sagome caratteristiche, detti dune. (M. Panizza, 1992)

Viene detta deflazione l'azione di trasporto esercitata dal vento. Con lo stesso nome si indica anche il prelevamento del materiale dal terreno, ossia il momento iniziale del trasporto stesso. (G. B. Castiglioni, 1986)

Il trasporto di frammenti solidi avviene in sospensione e per saltazione; minore importanza ha il trasporto per rotolamento e per reptazione (spinta in avanti per urto con altre particelle). Oltre che dal vento, queste modalità di trasporto dipendono dalle dimensioni e dalla forma delle particelle: le sabbie fini e medie di solito si muovono per saltazione (G.B. Castiglioni, 1986)

Le dune si formano sottovento ad un ostacolo che agisce come ripato alla deflazione eolica, e via via accrescendosi e in molti casi spostandosi. Le forme più frequenti posso essere schematizzate in questo modo: (M. Panizza, 1992)

- Barcane: a forma di mezzaluna, convessa sopravento, sono in continuo movimento, posso superare alcuni metri di altezza.
- Trasversali: hanno forma allungata e si distribuiscono più o meno ortogonalmente alla direzione dei venti dominanti e migrano in corrispondenza dei venti stessi.
- Longitudinali: sono cordoni di sabbia che si sviluppano più o meno parallelamente alla direzione di venti dominanti, per deflazione eolica e possono essere lunghe anche alcuni chilometri.
- Lineari: sono dune di accumulo, allungate nella direzione del vento, con andamento sinuoso, lunghe alcuni chilometri, presentano linee di crescita ondulate.

- Piramidali: sono dune complesse, di grandi dimensioni, connesse a venti che spirano periodicamente in diverse direzioni.

Le dune litoranee sono dei cordoni di sabbia disposti parallelamente alla linea di costa (trasversali).

Questa deposizione è accelerata notevolmente dalla presenza di specie erbacee che, ponendosi a barriera tra la spiaggia e la zona retrodunale, trattengono in maggior quantità i granuli di sabbia trasportati dal vento. Nelle zone interessate dal fenomeno delle praterie psammofile (dune inerbite), si assiste infatti all'avanzamento della linea di costa e non più al suo arretramento. (A. De Ascentiis, 2005)

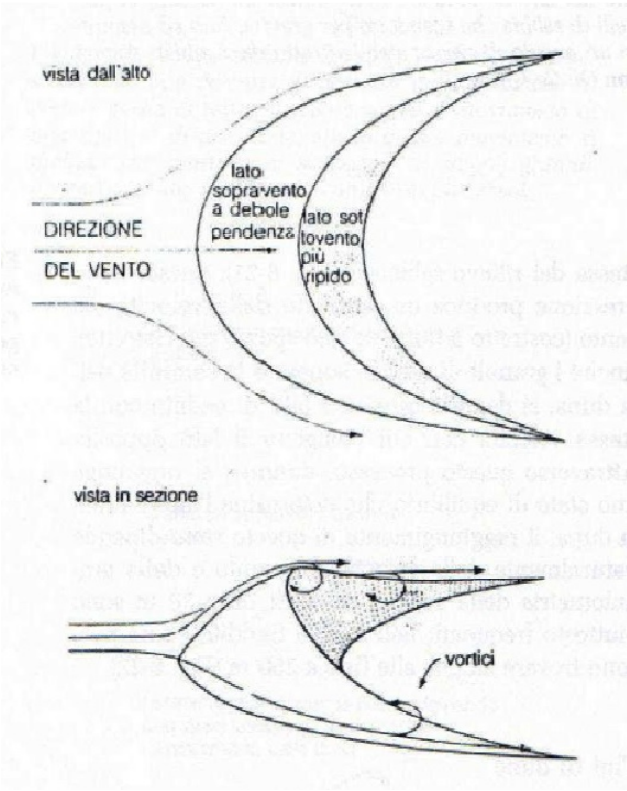


Figura 8

La prima interpretazione scientifica risale allo studio del Burollet (1923) sulla vegetazione costiera della Francia mediterranea. Egli spiegava l'origine della duna come dovuta ad un "binomio dinamico" costituito da vento e vegetazione; un'idea che è stata largamente confermata dalle ricerche successive, anche se oggi si potrebbe piuttosto parlare di un trinomio: sabbia-vento-vegetazione. (S. Pignatti, 2009)

Le dune sono normalmente coperte da ripple (increspature) sabbiose, che si spostano sulla loro superficie determinandone un accrescimento. Mentre una duna si accresce, tende anche a spostarsi nella stessa direzione del vento. (Lena & Osso, 2009)

Le spiagge sono strettamente legate alle zone di risacca e alle dune costiere attraverso lo stoccaggio, il trasporto e lo scambio di sabbia; quindi impatti sulle spiagge hanno conseguenze anche per habitat adiacenti (Komar, 1998).

Un litorale sabbioso è il risultato del bilancio tra i sedimenti che vi pervengono,

rappresentati dal carico solido fluviale, dalla demolizione di coste alte e dal flusso dei sedimenti sommersi verso riva e dai sedimenti che se ne allontanano, per trasporto e deposizione in acque profonde e/o spostati lungo riva da onde e correnti: eccessi o riduzioni degli apporti solidi comportano rispettivamente avanzamenti o arretramenti della linea di riva.(Lena & Osso, 2009)

Negli Stati Uniti occidentali si sono fatti studi sulla relazione che hanno le pendenze delle spiagge in rapporto alle dimensioni dei granuli di sabbia depositati dalle onde: è tanto più acclive quanto più i sedimenti sono grossolani. (R.L. Wiegel, 1964; M. Panizza, 1992)

Il risultato dell'erosione e dell'allontanamento dei detriti prodotti, quindi un deficit nel bilancio dell'apporto di detriti, è la formazione di una ripa d'erosione costiere (gradino). (G.B. Castiglioni, 1986)

1.3.2 Litologia

Dalle caratteristiche topografiche e geomorfologiche delle dune è possibile inferire l'età di queste, o comunque le condizioni ed il periodo nel quale esse possono essersi formate. (S. Pignatti, 2009)

Esistono due tipi di spiaggia sabbiosa: una stretta e ripida (riflettente) , l'altra lunga e piatta (dissipante). La prima è caratterizzata da sedimenti di dimensioni grossi e non hanno una zona di risacca, mentre la seconda presenta una tessitura più fine ed una lunga zona di risacca. Di solito le spiagge si trovano in una situazione intermedia (Short, 1999; Finkl, 2004)

L'aspetto che contraddistingue una duna è la stratificazione incrociata (cross lamination). Questo perché i granuli di sabbia risalgono costantemente il fianco sopravento della duna (a minore pendenza) per poi ricadere nella zona riparata del lato sottovento e scivolare per gravità secondo l' angolo di attrito interno. (Lena & Osso, 2009)

E' normale trovare segni di stratificazione nei depositi eolici; ma questa è ben marcata solo quando esistono differenze di composizione tra strato e strato, o

differenze nel grado di cementazione, sufficientemente nette.

Il loess (termine tedesco) è un materiale fine, con graulometria abbastanza ben determinata: circa il 50% dei granuli ha diametro compreso tra 0,1 e 0,05mm e la loro forma è angolosa. Materiali di questo genere, portati in alto dal vento, sono atti a depositarsi al suolo lentamente. (G.B. Castiglioni, 1986)

1.3.3 Ecologia

L'ambiente litorale è caratterizzato principalmente da umidità, salsedine, natura dei depositi, temperatura e irraggiamento luminoso solare. Secondo la consistenza del substrato, si avranno diverse comunità faunistiche e floristiche; basti pensare alle profonde differenze tra un litorale sabbioso come quello preso in esame e uno roccioso o uno limoso, benché non manchino situazioni intermedie.

Spiagge sabbiose offrono una vasta gamma di servizi ecosistemici, molti dei quali sono essenziali per sostenere gli usi umani delle coste. I più importanti servizi ecosistemici sono: (O. Defeo, 2008)

- lo stoccaggio e il trasporto dei sedimenti;
- dissipazione delle onde e fa da cuscinetto contro eventi estremi (tempeste, tsunami);
- la risposta dinamica di aumento del livello del mare (entro certi limiti);
- abbattimento dei materiali organici e inquinanti;
- filtrazione delle acque e purificazione delle stesse;
- mineralizzazione e il riciclaggio dei nutrienti;
- stoccaggio di acqua nelle falde acquifere di dune e di scarico delle acque sotterranee attraverso le spiagge;
- il mantenimento della biodiversità e delle risorse genetiche;
- aree di accrescimento dei giovani pesci;
- siti di nidificazione per tartarughe e uccelli limicoli, e colonie di pinnipedi;
- habitat per le prede degli uccelli e della fauna selvatica terrestre;
- opportunità ricreative;

- collegamento funzionale tra ambienti terrestre e marino nella zona costiera.

Studi a livello comunitario utilizzano usualmente le specie floristiche come indici di unità di analisi, analizzandone l'abbondanza e la diversità al fine della conservazione (Balaguru et al, 2006;. Greco e Petriccione, 1991; Tchouto et al., 2006), e quindi associandoli a bioindicatore.

Agli ambienti dunali costieri è associabile un complesso di funzioni fisiche e biologiche. Sotto l'aspetto biotico le dune costiere rappresentano, infatti, habitat di comunità vegetali molto specializzate alle quali si devono i meccanismi di formazione, accrescimento e stabilizzazione dei depositi eolici costieri.

Le comunità vegetali delle dune costiere tendono ad essere molto specializzate, questo comporta che la loro posizione è fissa rispetto al gradiente floristico. (Doing, 1981; Frederiksen et al., 2006; GarcíaNovo et al., 2004)

I funghi micorrizici rappresentano un vero e proprio apparato assorbente ausiliario per le piante ospiti, poiché le loro ife sono capaci di operare la nutrizione minerale esplorando per molti metri il terreno circostante, e trasportando acqua e nutrienti minerali all'interno delle radici (Smith e Read, 1997; Giovanetti e Avio, 2002).

Grazie alla simbiosi, le piante micorrizate mostrano non solo una maggiore crescita, ma anche una maggiore tolleranza agli stress biotici ed abiotici, e quindi, in ultima analisi, un benessere generale più elevato, rispetto alle piante non micorrizate. A ragione dunque i funghi micorrizici sono considerati "fertilizzanti biologici" naturali. (Simon et al., 1993)

Carboni, M. Carranza e A. Acosta suggeriscono di analizzare l'aspetto floristico-vegetazionale utilizzando una serie di indicatori di diversità delle specie e la qualità della vegetazione, tra cui l'indice di Shannon della diversità (H) e della uniformità (J).

Il numero di specie floristiche rilevate in ambiente di duna costiera o litoranea è determinato anche dalla presenza umana in quanto molte specie esotiche vengono introdotte dal turismo (Cornelini et al, 1989;. Greco e Petriccione, 1991). Diversi studi hanno infatti evidenziato i forti effetti negativi di calpestio e di altri disturbi

indotti dagli esseri umani sulle comunità vegetali di dune costiere in Mediterraneo così come in altre parti d'Europa, con significativo abbassamento dei valori di diversità nei luoghi calpestati (Grunewald e Schubert, 2007; Kutiel et al., 1999; Vogt Andersen, 1995). Calpestio e altre attività ricreative legate le attività umane, come la pulizia della spiaggia è stato valutato da Brown e McLachlan (2002) tra i fattori più gravi che incidono con le rive sabbiose.

Composizione e abbondanza di gruppi di invertebrati invece sono controllati principalmente l'ambiente fisico, in zone con sciabordio e sabbia ci sono condizioni più favorevoli sulle spiagge dissipative che su quelle riflettive. Di conseguenza, più specie possono colonizzare spiagge dissipative, ma un minor numero di specie, soprattutto crostacei robusti, sono in grado di stabilire le popolazioni sulla ri spiagge riflessive (McLachlan e Dorvlo 2005).

Le dune costituiscono anche un habitat strategico per numerose associazioni animali (invertebrati, mammiferi, rettili e uccelli). Per questo le dune costiere svolgono anche fondamentali funzioni ecologiche (Amodio, Bovina, Callori di Vignale, 2010):

- sostegno e protezione di altri ambienti ed ecosistemi, quali stagni, lagune e foci fluviali, boschi litoranei, agroecosistemi retrodunali;
- in termini di rete ecologica, e più in generale di conservazione della eterogeneità geologica e biodiversità, le dune costiere possono svolgere ruoli articolati (zone tampone, core areas, corridoio ecologico, stepping stone).

Costituendo corpi sedimentari in mutua relazione, l'erosione delle spiagge è frequentemente associata alla demolizione delle dune costiere. L'erosione costiera si colloca poi in uno scenario che vede, come conseguenza del Global Warming, tassi di risalita del livello del mare (lungo le coste oceaniche), valutati in circa 1,7 ÷ 1,8 mm/anno per l'ultimo secolo, e che nel corso dell'ultima decade hanno mostrato incrementi sino a 3 mm/anno. (Armodio, Bovina, Callori di Vignale, 2010)

Sempre Armodio, Bovia e Callori di Vignale individuano delle azioni fisiche attribuibili alle dune:

- Riserva di sabbia. In condizioni naturali, le dune costiere possono costituire un serbatoio di sabbia disponibile per alimentare il trasporto litorale e rifornire le spiagge nelle fasi “ordinarie” di erosione.
- Barriera morfologica. Grazie all’innalzamento del profilo topografico da esse prodotto, le dune costiere si oppongono ai meccanismi di sommersione dell’entroterra prodotti dalle mareggiate.
- Funzione idrogeologica. Lo stesso rilievo morfologico prodotto dalla struttura dunale, oltre a contrastare l’inondazione dei territori costieri, limita i meccanismi di intrusione salina, fenomeno dalle profonde conseguenze ambientali ed economiche. L’intrusione salina è un processo naturale con il quale, all’interno degli acquiferi costieri (prevalentemente quelli relativi a mezzi porosi), le acque sotterranee, salate verso mare dolci verso l’entroterra, per effetto della differenza di densità, tendono a permanere distinte, separate da una zona di transizione e miscelazione, definita schematicamente come interfaccia acqua dolce-acqua salata: l’acqua marina più densa soggiace a quella dolce stratificata su di essa.

Il carico di nutrienti che arriva alla duna stabile è data sia dalla deposizione atmosferica, aumentata drasticamente nell'ultimo secolo (Fowler et al., 2004), e dalle acque sotterranee. Dette acque si arricchiscono di nitrati, fosfati e azotati provenienti dai campi coltivati presenti nel bacino idrografico (J. Rhymes, H. Wallace, N. Fenner, L. Jones, 2014), con tutti i rischi che comportano i loro eventuali valori elevati. Tuttavia, rimane una importante mancanza nella conoscenza di come i nutrienti sotterranei possono influenzare la vegetazione di dune stabili e a quale concentrazioni (Jones et al., 2006).

L'andamento delle falde freatiche sotto le dune tende ad essere al loro massimo in inverno e autunno rispetto ai mesi estivi (Van der Laan, 1979) in quanto la falda freatica è molto dipendente dalle precipitazione e dalla evaporazione, determinandone anche la velocità di scorrimento. (J. Rhymes et al., 2014)

Durante i periodi di livello alto dell'acqua, la mineralizzazione della materia organica

è ridotta, conservando lo stato dei nutrienti che si trovano in profondità e favorendo le specie presenti sulle dune stabili (Berendse et al., 1998). I processi del suolo sono importanti nella regolazione gli impatti dei siti di scambio di N. Il suolo può impegnare attivamente ammonio dalla falda durante i periodi di inondazioni, mentre i batteri denitrificanti possono rilasciare l'azoto di nuovo in l'atmosfera (Myrold, 1998). Quindi è da ricordare che c'è una crescente evidenza dell'impatto di N in habitat dunali non umidi (ad es Jones et al., 2004, 2013; van den Berg et al., 2005; Kooijman, 2004) che porta a modificazioni vegetazionali.

1.4 Inquadramento geografico

La fascia costiera della provincia di Teramo, così come gran parte delle coste adriatiche italiane, si presenta generalmente stretta, bassa e sabbiosa, talora sabbioso-ciottolosa fino a diventare prevalentemente ghiaiosa in corrispondenza degli apparati deltizi dei principali corsi d'acqua. Si estende con tali caratteristiche lungo il fondale marino senza brusche variazioni sedimentologiche, dando così origine a fondali poco profondi e bassi con una situazione morfologica in continua evoluzione con la formazione di sacche e avvallamenti.

Il tratto di spiaggia in studio presenta elementi di alta valenza naturalistica e acchiude al suo interno l'imponente fortilizio medievale di Torre Cerrano.

1.4.1 Storia della pineta

Fu Luigi Corrado Filiani, dopo essere tornato dalla prima guerra mondiale e dopo aver girato il mondo, ecologo ante litteram, ad avviare, ai primi del '900, il progetto che avrebbe segnato la storia e il contesto urbanistico della futura Pineto: la realizzazione di una pineta litoranea, che riproponesse la situazione dell'antica selva litoranea scompasa a causa del forte utilizzo del legname attuato nei secoli precedenti. L'opera doveva serivre a creare << un'ampia striscia ombreggiata in prossimitò immediata delle acque marine (...): significa anche darle un sicuro vantaggio, un pregio invidiato sulle altre attrezzature di sviluppo in condizione di assoluta superiorità >> (AA.VV., 1914) invece che la tanto contestata proposta del

comune di Mutignano di edificazione spinta del litorale. Per questo Luigi Filiani ottenne in concessione dallo Stato l'intera fascia marina antistante i propri possedimenti.

Filiani impegna ingenti risorse umane per realizzare il progetto della pineta e ancor più ne impegnerà per creare il vero polmone verde della futura Pineto, forse il primo progetto di ingegneria naturalistica appositamente studiato per un recuper ambientale: *Parco Filiani.*

L'opera si avviò nel maggio del 1923, il lavoro di bonifica dell'area consisteva nel livellamento, mediante il trasporto di notevoli masse di terra per fertilizzare le sabbie sterili del litorale occupato principalmente da vegetazione di tipo mediterraneo. Vennero poi piantati più di 2.000 alberi tutti di Pino da pinoli (Pinus pinea), alti da 4 a 6 metri e con una sistemazione di protezione e irrigidimento "a castello", per resistere ai forti venti ed all'aereosol marino. La disoccupazione locale è intanto in parte alleviata dall'assorbimento di numerosi operai, che vengono impiegati nei lavori che si rendono necessari per la durata triennale dell'impianto della pineta. Non essendo sufficiente l'acqua dei pozzi scavati nella sabbia per l'irrigazione delle piante, vengono assunte e pagate con somme cospicue, numerose donne, perchè trasportino l'acqua per mezzo di conche di rame. Si rendono anche necessari lavori di arginamento delle acque del mare, per impedire che queste invadano la zona della piantagione. (De Laurentiis, Mattucci, Ripari, 1989)

Successivamente, furono realizzati, ad opera del Corpo Forestale dello Stato, due diversi impianti: il primo a Pino d'Alleppo (*Pinus halepensis*) e il secondo, più recente, anch'esso con Pino da pinoli.

Negli anni '80 la pineta litoranea comincia a mostrare segni di deperimento, sia per cause naturali, che per incuria da parte degli organi preposti alla cura e manutenzione. Fin tanto che la pineta ha ricevuto le cure amorevoli di una persona esperta, quale il Comm. Filiani, si è conservata in tutto il suo rigoglio e bellezza; tutto questo però è venuto a mancare negli anni successivi alla morte del benefattore. Il necessario

abbattimento di circa 300 alberi malati, benchè subito sostituiti con giovani pini, ha toccato i cuori dei cittadini di Pineto, che vedevano il proprio paese <<mutilato>> del bene più prezioso e divenuto ormai parte integrante della propria vita. (De Laurentiis, Mattucci, Ripari, 1989)

Il Pino d'Aleppo è il più mediterraneo dei nostri pini, molto resistente al caldo e alla siccità, è probabilmente autoctono per l'Abruzzo, il Pino da pinoli, spesso anche chiamato domestico, è invece certamente di origine colturale ed è di facile identificazione dal tipo di pigna al cui interno si trovano i tanto conosciuti e prelibati pinoli.

1.4.2 Clima

(Centro Meteo Italiano, 2011)

L'Abruzzo è una Regione dell'Italia Centrale che si affaccia sul Mar Adriatico. L'interno dell'Abruzzo è prevalentemente montuoso con la dorsale Appenninica che raggiunge la sua massima altezza nei massicci del Gran Sasso e della Maiella; di conseguenza il clima dell'Abruzzo risente dell'orografia del territorio, risultando Mediterraneo lungo le coste, e continentale procedendo verso l'Abruzzo interno, dove sui rilievi più elevati presenta caratteristiche tipiche di alta montagna.

- Le piogge sull'Abruzzo sono condizionate dalla disposizione dei rilievi; i versanti esposti ad Ovest come il Parco Nazionale dell'Abruzzo ed in generale le aree confinanti con il Lazio sono maggiormente piovosi con valori di 1500 mm annui e punte anche di 2000mm perchè sopravvento rispetto alla traiettoria delle perturbazioni Atlantiche che sono le principali responsabili delle precipitazioni nell'area Mediterranea; superato lo spartiacque le piogge decrescono fino a scendere su valori di 600-700 mm sul litorale Adriatico e le aree precostiere. Sono poi presenti delle "microaree" più secche, dove le precipitazioni sono ancora più scarse non raggiungendo i 600mm. Si tratta di vallate interne, circondate da rilievi

che schermano sia le perturbazioni Atlantiche che le correnti orientali. Le piogge sono in compenso distribuite più equamente tra le varie stagioni con un massimo invernale più pronunciato sulle coste, mentre sui rilievi Appenninici i periodi più piovosi sono costituiti dalle stagioni intermedie. Ovunque l'Estate è invece la stagione più secca, sebbene rispetto ad altre aree dell'Italia Centro Meridionale si riscontra una maggiore frequenza di temporali di calore. In Inverno sui rilievi le precipitazioni sono prevalentemente nevose ed in corrispondenza di intense irruzioni fredde, la neve può comparire per brevi periodi anche sulle coste.

•I venti che soffiano più frequentemente provengono dai quadranti occidentali e meridionali, che accompagnano il passaggio delle depressioni Atlantiche e Mediterranee; rilevante è anche il peso delle correnti settentrionali od orientali che accompagnano le irruzioni Artiche continentali durante il periodo invernale. Caratteristico delle coste Abruzzesi e delle aree sublitoranee è il vento di Garbino. Originato da correnti Occidentali, in particolare di Libeccio che superata la barriera Appenninica, ove scarica il suo contenuto di umidità, il Garbino provoca consistenti rialzi termici sul litorale Adriatico e tempo asciutto; in Estate può provocare picchi di caldo estremi, generalmente associati ad invasioni di aria calda Africana, mentre nelle altre stagioni tende a mitigare le temperature con ondate di tepore anche in pieno Inverno. Il fatto che alle latitudini Mediterranee prevalgano le correnti Occidentali e Meridionali, cui l'Abruzzo Orientale è sottovento spiega perchè tali aree siano piuttosto secche.

•Le temperature sono condizionate dall'orografia. Sulle coste gli Inverni sono abbastanza miti anche se in corrispondenza di intense irruzioni artiche balcaniche si possono verificare brevi episodi di freddo e neve anche sul litorale Adriatico; le Estati sono calde con valori che oltrepassano spesso la soglia dei 30°C,parzialmente mitigati dalle brezze di mare. Picchi estremi si raggiungono quando le invasioni di aria calda Africana si accompagnano a venti di caduta. Sulle zone interne Appenniniche lo scenario cambia; le escursioni termiche giornaliere e

stagionali si accentuano. D'Inverno le temperature scendono decisamente sotto allo 0°C, con punte inferiori a -20°C sull'alta montagna Appenninica (intorno ad una quota di 2000m) durante gli episodi di freddo invernale. Viceversa in Estate le massime non raramente oltrepassano la soglia dei 35°C nelle conche interne anche se i temporali pomeridiani e l'altitudine mitigano gli effetti delle ondate di calore. Inoltre l'accentuata escursione giornaliera fa si che a giornate calde con massime di oltre 30°C, possano poi seguire nottate molto fresche con minime inferiori a 20°C.

1.4.3 Geomorfologia

L'area del territorio comunale di Pineto è inserita, dal punto di vista tettonico-paleogeografico, nell'unità tettonica denominata Avanfossa periadriatica, costituita da una profonda depressione, allungata parallelamente all'attuale linea di costa interessata, durante il sollevamento della Catena Appenninica avvenuto nel Pliocene, da notevoli fenomeni di subsidenza.

Dal punto di vista geomorfologico il litorale pinetese costituisce parte della lunga "spiaggia bassa" che si estende dal Monte Conero a nord, al promontorio di Lido Riccio nel comune di Ortona (CH) a sud. Questa estesa unità geomorfologica è suddivisa in numerose sottounità, più o meno interagenti tra loro dato che l'apporto sedimentario al litorale è garantito dai principali corsi d'acqua (Tordino, Vomano e Pescara) e dalla deriva litorale; l'unità fisiografica di riferimento è compresa, da sud a nord, tra le foci dei bacini idrografici dei torrenti Vomano e Pescara. (ISPRA, 2008)

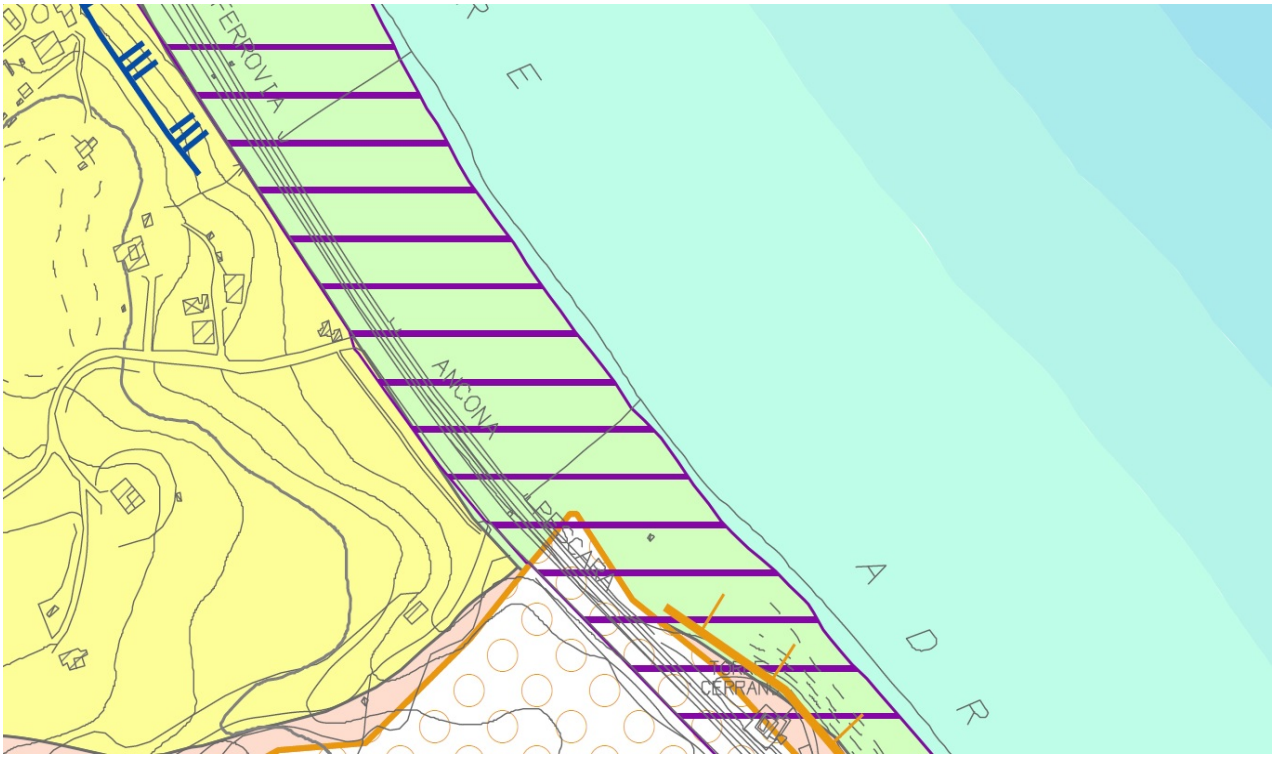


Figura 9

1.4.4 *Botanica*

Il paesaggio vegetale del settore subcostiero (macrobioclima mediterraneo piano bioclimatico mesomediterraneo) è dato da *Coronillo emeroidis – Pineto halepensis sigmetum (Biondi)* caratterizzato da un substrato di arenarie e sabbie a diverso grado di cementazione.

Nell'area sono inoltre da segnalare altre associazioni quali la *Sileno coloratae-Vulpietum membranaceae* e l'*Ambrosio coronopifoliae-Lophochloetum pubescentis* caratterizzanti le dune mobili più elevate, dominate da *Ammophila arenaria* subsp. *australis* (sparto pungente), *Echinophora spinosa* (finocchio litorale), *Eryngium maritimum* (eringio marittimo), *Medicago marina* (erba medica marina), *Silene colorata*, *Vulpia membranacea* (paleo delle spiagge), *Ambrosia coronopifolia* (ambrosia) e *Lophochloa pubescens* (paleo pubescente). Spesso in queste fitocenosi si insediano anche Pesudorlaja pumila, *Lotus creticus* (ginestrino delle spiagge) e *Oenothera adriatica*. (ISPRA, 2008)

Ben 10 delle 80 specie finora rilevate sul litorale pinetese sono minacciate di scomparsa mentre di altre segnalate in passato, non è più stata rilevata la presenza ormai da tempo, se non per qualche sporadica osservazione, come *Romulea rollii* (zafferanetto di Rolli) rilevata da Giuseppe Zodda nel 1967 e nel 2006 dal naturalista Adriano De Ascentiis.

1.4.5 Il Parco Marino Torre del Cerrano

(Sito del AMP Torre del Cerrano)

L'Unione Europa riconosce l'AMP Torre del Cerrano come uno dei Siti di Interesse Comunitario parte della Rete Natura 2000.

Il lavoro di individuazione del sito è partito nel 2010 dagli uffici dell'Area Marina Protetta con il supporto di Federparchi ed ha coinvolto la Regione Abruzzo, che ha approvato la candidatura con Delibera di Giunta nel settembre 2010 (n.738 del 27.09.2010), ed il Ministero dell'Ambiente che ha validato la candidatura nel settembre 2011. L'approvazione ed il riconoscimento del SIC da parte dell'Unione Europea si è avuto il 16 novembre 2012 ed è stato pubblicato in Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea il 26 gennaio 2013 ricomprendendo l'intera estensione dell'Area Marina Protetta.

Banchi di sabbia a debole copertura di acqua, che caratterizzano gran parte della costa adriatica, con presenza di scogliere con biocostruzioni di Sabellaria e dune costiere con ricchezze faunistiche e specie vegetazionali di primario interesse, sono questi gli ambienti riconosciuti come “Habitat prioritari” da salvaguardare in base alla direttiva 92/43/CEE.

Le finalità dell'AMP Torre del Cerrano sono diverse e tutte ugualmente importanti:

- La tutela e la valorizzazione, anche attraverso inteventi di recupero ambientale, delle caratteristiche naturali, chimiche, fisiche e della biodiversità marina e costiera, con particolare attenzione alle biocostruzioni a *Sabellaria halcocki* ed alle biocenosi di sabbia;

- la promozione dell'educazione ambientale e la diffusione delle conoscenze degli ambienti marini e costieri dell'AMP, anche attraverso la realizzazione di programmi didattici e divulgativi;
- la realizzazione di programmi di studio, monitoraggio e ricerca scientifica nei settori delle scienze naturali e della tutela ambientale, al fine di assicurare la conoscenza sistematica dell'area;
- la promozione dello sviluppo sostenibile dell'area, con particolare riguardo alla valorizzazione delle attività tradizionali, delle culture locali, del turismo ecocompatibile e alla fruizione da parte delle categorie socialmente sostenibili.

L'Area Marina Protetta Torre del Cerrano è delimitata dalla foce del Torrente Calvano, al centro di Pineto, fino alla “pinetina” al centro di Silvi (Piazza dei Pini) e comprende, oltre al relativo tratto di mare, anche i territori costieri del demanio marittimo.

La gestione dell'AMP è affidata al Consorzio denominato Co.Ges AMP Torre Cerrano, costituito a tale scopo tra la Regione Abruzzo, la Provincia di Teramo e i Comuni di Silvi e Pineto.

La zonazione dell'area è suddivisa in B, C e D, ogni zona è sottoposta a diverso regime di tutela ambientale.

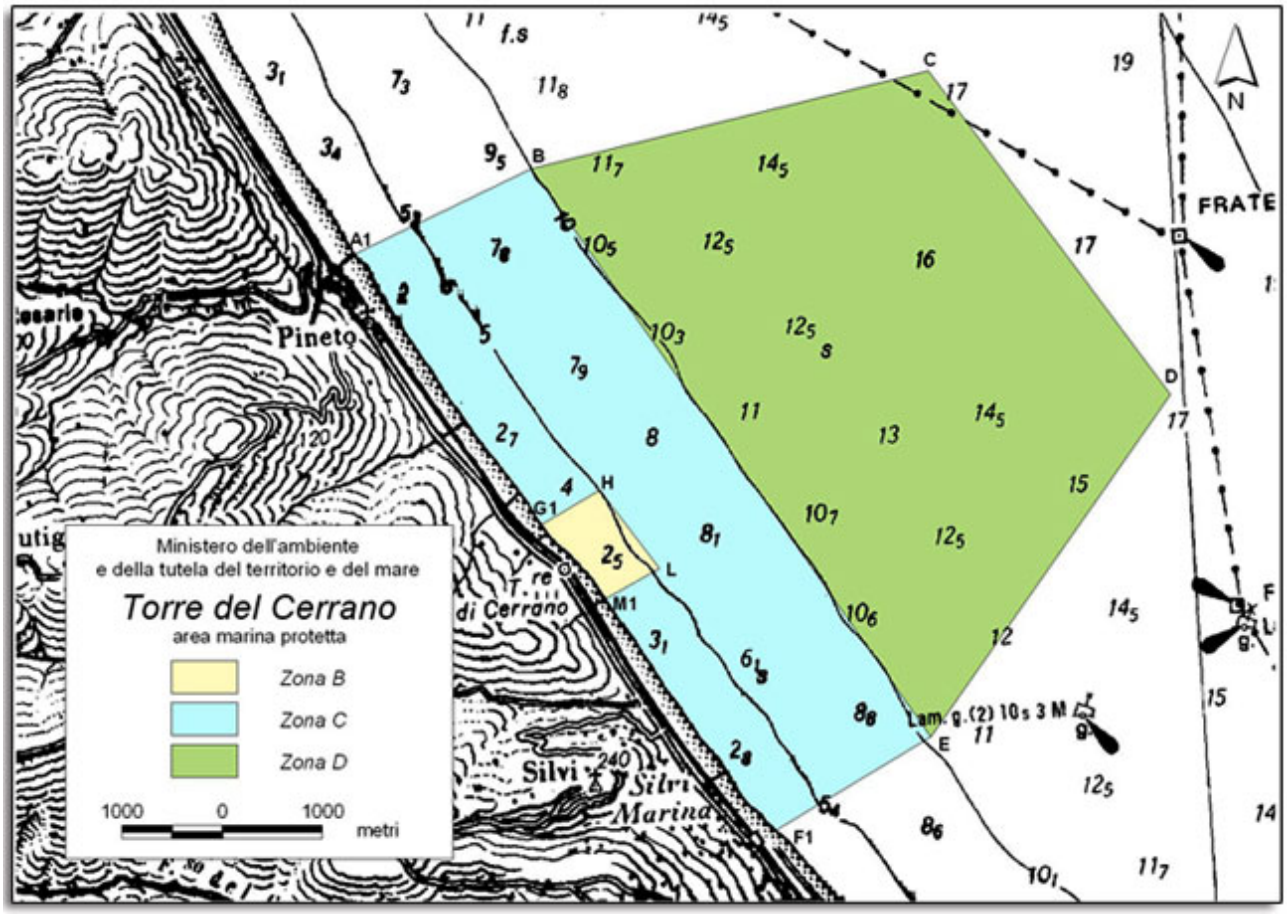

Ministero dell'ambiente
e della tutela del territorio e del mare
Torre del Cerrano
area marina protetta
Zona B
Zona C
Zona D
1000 0 1000
metri
Pineto
Silvi
Silvi Marina
FRATE
N
A1
B
C
D
E
F
F1
G1
H
L
M1

Figura 10

2 SCOPO

Scopo di questa tesi è stato quello di porre le basi per uno studio ecosistemico di suoli dunali e di pineta dell'Area Marina Protetta “Torre del Cerrano”

3 MATERIALI E METODI

3.1 Disegno sperimentale

Nel nostro caso si è scelto di effettuare sei profili su due transetti: profili 1 (sotto pineta), 2 (duna bianca) e 3(spiaggia) sul transetto a sud, profili 4(sotto pineta) ,5 (duna bianca) e 6 (spiaggia) sul transetto a nord; tutti e due i transetti sono situati a nord della Torre di Cerrano e si posizionano a pochi metri da due distinti fossi. I siti di scavo e campionamento sono stati scelti rispettando il gradiente mare-terra e cercando di evidenziare le differenze tra i due transetti in quanto i profili 1 e 4 pur trovandosi entrambi sotto pineta, hanno una storia di piantumazione differente. Tutti i profili si trovano sul territorio del Comune di Pineto.

Prima dell'apertura dei primi tre profili si sono effettuati dei carotaggi sotto la pineta e sulla spiaggia (fino a 70cm/1m). Mediante questa tecnica abbiamo trovato un orizzonte cementato dove, al di sotto di esso, il suolo era impregnato di gas presumibilimente mercaptani, individuabili a livello olfattivo solo per pochi secondi.

I mercaptani sono composti organici di atomi di carbonio, zolfo e idrogeno (R-SH) prodotti dalla fermentazione anaerobica di materie prime organiche. I mercaptani sono caratterizzati da un odore intenso e sgradevole. Sono utilizzati nella rete di

Figura 11

distribuzione del gas naturale per consentire agli utenti di accorgersi di eventuali perdite e fughe di gas. Il gas naturale (metano) è un gas inodore e infiammabile. In caso di perdite l'utente non potrebbe accorgersi del guasto, esponendosi al rischio di saturare con il gas l'ambiente chiuso interno e al conseguente rischio di esplosione.

3.2 Localizzazione e campionamento

La localizzazione del profilo è importante per l"individuazione del punto in cui il suolo è stato descritto e campionato. Si effettua riportando le coordinate dei siti di campionamento (GPS, cartografia), il nome della località e del comune o provincia in cui i siti scelti ricadono (Sanesi et al., 1977).

Successivamente si procede con la classificazione dei suoli presi in esame secondo la U.S. Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2006), che li distingue per caratteristiche pedologiche (es. colore, tessitura, porosità, presenza o meno di scheletro, radici, concrezioni…), e per qualità dei suoli per le quali occorrono dati derivanti da altre discipline (es. regime di umidità).

Il campionamento e la descrizione degli orizzonti di tutti i profili sono stati svolti secondo il metodo ufficiale Shoeneberger et al. (1998). Solo dopo aver preso in considerazione tutte le caratteristiche morfologiche di ogni orizzonte sarà possibile etichettarli con la nomenclatura ufficiale prevista dal Soil Survey Staff (2006).

MASTER, TRANSITIONAL AND COMMON HORIZON COMBINATIONS [1] -

Horizon	Criteria
O	Predominantly organic matter (litter & humus)
A	Mineral, organic matter (humus) accumulation, loss of Fe, Al, clay
AB (or AE)	Dominantly A horizon characteristics but also contains some characteristics of the B (or E) horizon
A/B (or A/E or A/C)	Discrete, intermingled bodies of A and B (or E or C) material; majority of horizon is A material
AC	Dominantly A horizon characteristics but also contains some characteristics of C horizon
E	Mineral, loss of Si, Fe, Al, clay, or organic matter
EA (or EB)	Dominantly E horizon characteristics but also contains some attributes of the A (or B) horizon
E/A	Discrete, intermingled bodies of E and A horizon material; majority of horizon is E material
E and Bt	Thin lamellae (Bt) within a dominantly E horizon
BA (or BE)	Dominantly B characteristics but also contains some attributes of A (or E) horizon
B/A (or B/E)	Discrete, intermingled bodies of B and A (E) material; majority of horizon is B material
B	Subsurface accumulation of clay, Fe, Al, Si, humus, $CaCO_3$, $CaSO_4$; or loss of $CaCO_3$; or accumulation of sesquioxides; or subsurface soil structure
BC	Dominantly B horizon characteristics but also contains some characteristics of the C horizon
B/C	Discrete, intermingled bodies of B and C material; majority of horizon is B material
CB (or CA)	Dominantly C horizon characteristics but also contains some characteristics of the B (or A) horizon
C/B (or C/A)	Discrete, intermingled bodies of C and B (or A) material; majority of horizon is C material
C	Little or no pedogenic alteration, unconsolidated earthy material, soft bedrock
R	Hard. continuous bedrock
W	A layer of liquid water (W) or permanently frozen water (Wf) within the soil (excludes water/ice above soil) [2]

[1] Refer to the "Soil Taxonomy Section" for older horizon nomenclature.
[2] NRCS Soil Classification Staff, 1997; personal communication.

Figura 12 - ***Criteri di nomenclatura degli orizzonti previsti dal metodo ufficiale Shoeneberger et al. (1998).***

3.3 Preparazione del campione

3.3.1 Essiccamento

Una volta in laboratorio, i campioni sono stati subito rilevati dai contenitori plastici e posti ad asciugare all"aria in ambiente buio, asciutto e protetto da possibili inquinamenti. Al fine di garantire un omogeneo essiccamento dei campioni in tempi relativamente brevi, questi sono stati controllati e rivoltati con cadenza giornaliera.

Figura 13

3.3.2 Setacciatura

Il metodo utilizzato è quello della setacciatura a secco del terreno per la determinazione dimensionale delle particelle. I campioni di suolo sono stati dapprima omogeneizzati e successivamente vagliati su setacci a maglie di diametro 2 mm. Con questa operazione il materiale risulta diviso in due frazioni: lo scheletro (particelle di diametro superiore ai 2 mm) e terra fine (particelle di diametro inferiore ai 2 mm) sulla quale verranno poi condotte le analisi. Il materiale, asciutto e suddiviso, è stato posto in contenitori, debitamente contrassegnati da cartellini riportanti le informazioni sul sito del prelievo, profilo, orizzonte e data.

Strumentazione di laboratorio

Gli strumenti fondamentali per le analisi e utilizzati in laboratorio, sono descritti nelle loro peculiarità e funzionamento qui di seguito:

3.3.2.1 Bilancia analitica

La bilancia analitica è uno strumento di misura della massa con un elevato grado di precisione. Il piatto di misura, presenta la precisione di 4 cifre dopo la virgola ed è racchiuso in un contenitore trasparente fornito di sportelli, al fine di non far entrare polveri o materiale che possa falsare le nostre pesate e per fare si che le correnti d'aria della stanza non facciano registrare misure non corrette essendo tutto il sistema assai sensibile ad urti e movimenti. Inoltre il campione da misurare deve presentare una temperatura simile a quella ambientale, affinché non si creino correnti convettive interne al recipiente, che possano distorcere la misura. Le bilance analitiche si contraddistinguono per risultati di pesata riproducibili e tempi di risposta brevi grazie al loro sistema di pesatura monolitico.

Figura 14

3.3.2.2 Centrifuga

La centrifuga, svolge la funzione di facilitare e rendere più rapida la separazione tra corpi aventi densità differenti grazie all"utilizzo della forza centrifuga, o meglio dell'accelerazione centrifuga. Il principio si basa sulla sedimentazione a cui va incontro un corpo solido ad alta densità miscelato con un fluido a densità più bassa. Questo fenomeno fisico si rifà al principio di Archimede: dal momento che la massa

del fluido spostato Ml è minore di quella Ms del solido che lo sposta, e ad ambedue è applicata l'accelerazione di gravità g, si avrà una forza risultante pari a (Ms - Ml) x g applicata al solido; questa forza causa appunto il movimento di sedimentazione. Considerando poi la legge di Stokes sul moto dei solidi in mezzi viscosi, si ha che la velocità terminale di sedimentazione della particella solida è proporzionale alla forza applicata, e quindi all'accelerazione generata, nella sedimentazione ordinaria, dal campo gravitazionale terrestre. Appare quindi naturale la ricerca di mezzi atti ad aumentare il valore dell'accelerazione applicata alla sospensione solido-liquido:

Figura 15

Figura 16

il metodo più semplice consiste nel sostituire (o integrare) l'accelerazione di gravità con l'accelerazione centrifuga generata da un moto circolare uniforme. Le centrifughe sfruttano questo principio, ottenendo accelerazioni pari o superiori a 120,000 m/s2 (o come spesso si usa dire a 12000 rpm).

3.4 Analisi fisiche

3.4.1 Tessitura

Il suolo è costituito da particelle minerali di diverse dimensioni. Le particelle si dividono in scheletro (particelle superiori a 2 mm) e terra fine (particelle di dimensione inferiore a 2 mm). La terra fine si divide in sabbia (particelle di dimensione tra 2 e 0,05 mm), limo (particelle di dimensione tra 0.05 e 0,002 mm) e argille (dimensione inferiore a 0,002 mm). La sabbia, avendo un campo di variazione molto ampio, può essere suddivisa in sabbia molto grossa (2-1 mm), grossa (1-0,5 mm), media (0,5-0,25 mm), fine (0,25-0,1 mm) e molto fine (0,1-0,053 mm). La proporzione relativa delle singole frazioni dimensionali determina la classe tessiturale del suolo in questione. La tessitura è stata determinata secondo il metodo della pipetta (Day, 1965). Un'aliquota pesata di ogni campione è stata posta prima in acqua (che comporta effetti molto blandi di disfacimento dei microaggregati, ma simula meglio la tessitura di un suolo quando questo venga a contatto con l'acqua di pioggia) e poi vagliata a 1, 0.5, 0.25, 0.1 e 0,053 mm per dividere le frazioni di sabbia molto grossa,grossa, media, fine e molto fine. Aggiungendo acqua si favorisce il passaggio

Figura 17

delle particelle da un setaccio all'altro, fino a che rimangono le particelle sabbiose sui vagli e l'insieme di limo e argilla (frazione con diametro <0,053 mm) sul fondo di raccolta.

I setacci contenenti le sabbie vengono essiccati in stufa (40°C) per una notte, dopo di che si prelevano e si pesano le frazioni ottenute. La frazione con dimensioni inferiori a 0,053 mm, contenente il limo e l'argilla, è stata versata in cilindri da 500 ml. Questi sono stati agitati in modo da creare una sospensione omogenea di limo e argilla e lasciati sedimentare per permettere la separazione del limo e dell'argilla. In accordo con la legge di Stokes, infatti, il limo sedimenta con una velocità di 1,25 cm h-1 a 20°C, per cui da cilindri con sospensioni alte 30 cm, si separa il limo dall'argilla in 24h. Una volta che il limo si è sedimentato sul fondo del cilindro, la sospensione contenente la frazione argillosa è stata separata, centrifugata ed asciugata in stufa a circa 50°C. La frazione limosa raccolta recuperando il sedimento dai cilindri è stata centrifugata ed essiccata in stufa per eliminare l'acqua presente. Il residuo essiccato, è stato pesato e rapportato al totale. L'errore eventualmente commesso, identificato con le particelle di suolo perso nei vari passaggi su vagli e cilindri, rientra nella tolleranza del metodo quando si attesta su valori di 1-2% del peso iniziale.

Figura 18

3.5 Analisi chimiche

3.5.1 Determinazione del pH

Il pH di un suolo indica la sua reazione, cioè la sua acidità, neutralità o basicità.

Le condizioni chimiche che si accompagnano alle diverse tipologie di reazione forniscono importanti informazioni sull"accessibilità ad elementi nutritivi indispensabili e sulla disponibilità di elementi banali o anche tossici. Ad esempio, ioni come Fe3+, Zn2+, Cu2+, Mn2+, si trovano liberi nella soluzione circolante quando questa ha bassi valori di pH. Un ulteriore abbassamento provoca un aumento della loro disponibilità che si traduce in tossicità. D"altra parte, all"aumentare del pH, la loro concentrazione diminuisce per insolubilizzazione, arrivando a provocare sintomi di carenza nelle piante. In entrambi i casi, è sempre la produzione a farne le spese. Le radici delle piante, essendo in contatto con la soluzione circolante nel suolo, sono soggette allo stesso pH e ne subiscono direttamente gli effetti.

Il pH è il logaritmo cambiato di segno della concentrazione idrogenionica:

$$pH = - \log [H_3O^+]$$

Esso viene determinato per via potenziometrica mediante piaccametro, una pila di concentrazione che misura la differenza di potenziale che si viene a creare tra due semipile, una a concentrazione nota e l"altra incognita. La differenza di potenziale è data da:

$$E = (RT/nF) * \ln C/Cx$$

dove C è la concentrazione nota e Cx quella incognita.
La sonda, collegata allo strumento, è dotata di due elettrodi: uno di riferimento (Ag/AgCl) viene posto a contatto con la soluzione da misurare; l"altro è costituito da un sottile bulbo di vetro atto a separare la soluzione da misurare da una acida a concentrazione nota, satura di AgCl. I due elettrodi sono collegati mediante ponte salino costituito da una soluzione 4M di KCl, AgCl satura; sul bulbo di vetro si crea una tensione elettrica che risulta proporzionale alla concentrazione di H_3O+ della soluzione incognita.
Il sistema però, prima di effettuare la determinazione del pH, deve essere tarato con soluzioni di riferimento, generalmente a pH 4,7 e 10.

3.5.1.1 Misurazione

Una aliquota di campione è stata posta in beaker con l"aggiunta di acqua deionizzata mantenendo il rapporto 1:2.5 e, dopo agitazione, la sospensione è stata lasciata riposare una nottata prima di procedere alla lettura del pH. All"atto della misurazione, la sospensione è mantenuta in agitazione mediante agitatore ad ancora magnetica. I valori di pH sono espressi con due cifre decimali. Per assicurare una buona lettura è necessario calibrare lo strumento ogni volta lo si usi. Calibrare un piaccametro significa dal punto di vista elettrico aggiustare i valori di guadagno e di offset del circuito amplificatore affinché il valore fornito dallo strumento coincida con quello

previsto dalla lettura di alcune soluzioni standard dal pH noto.

Operativamente la calibrazione viene condotta con due soluzioni tampone standard, preferibilmente prima dell'uso: si usano una soluzione tampone a pH 7,01 (praticamente neutra) e una a pH 4,01(acida).

Guadagno e offset vengono aggiustati ripetutamente fino a quando gli standard utilizzati producono la lettura di pH attesa. Terminata la calibrazione, l'elettrodo viene sciacquato con acqua distillata, asciugato e immerso nel campione. L'elettrodo a vetro è generalmente conservato immerso in una soluzione a pH 3 per impedire che la membrana di vetro si secchi; si tende ad evitare l'uso di acqua distillata perché potrebbe estrarre per osmosi gli ioni idrogeno presenti all'interno dell'elettrodo. Il pH in acqua del terreno misura la concentrazione di idrogenioni nella soluzione circolante. Il pH del terreno dipende soprattutto dalla natura chimica della fase solida del terreno ed in particolare dal numero di siti di scambio (cariche superficiali positive e negative) e dal grado di saturazione e quindi dal numero e dal tipo di basi di scambio (K, Mg, Ca, Na) presenti nel terreno. La possibilità che il pH possa modificarsi dipende dalla capacità delle superfici di rilasciare idrogenioni o basi di scambio per contrastare questa variazione di pH della soluzione circolante (potere tampone); essa dipende dalla quantità e dal tipo di argilla e di sostanza organica nel terreno.

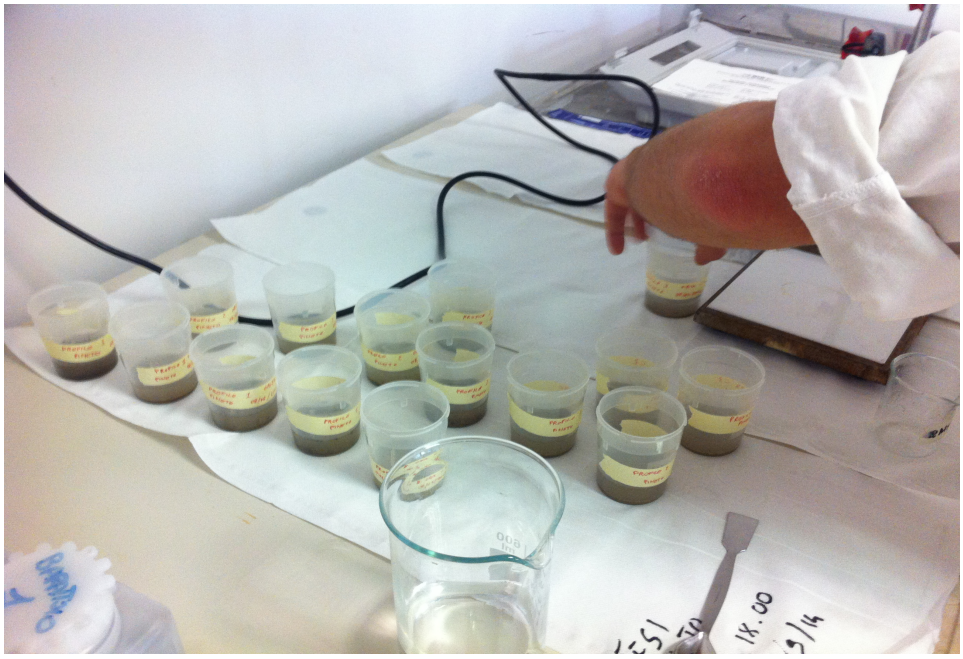


Figura 19

Quindi il pH dipende:

- dalla presenza di idrogenioni nella soluzione circolante
- dal tipo e dal grado di saturazione dei colloidi argillosi ed organici
- dalla natura delle basi di scambio

Il pH del terreno influenza notevolmente:

- l"attività microbiologica: la maggior parte dei batteri, da cui dipendono azotofissazione, nitrificazione, decomposizione della sostanza organica, esigono un ambiente sub-acido o leggermente alcalino (pH 6,8 – 7,2); lo scostamento da tali valori si ripercuote quindi sia sulla disponibilità di elementi nutritivi sia sul processo di umificazione.
- la disponibilità di elementi minerali: il pH del terreno condiziona la solubilità dei vari elementi minerali determinando il loro accumulo in forme più o meno disponibili per le piante o la loro lisciviazione verso strati più profondi. La conoscenza del pH fornisce quindi indicazioni relative alla disponibilità di elementi minerali nella soluzione del terreno sia provenienti dalla

decomposizione dei minerali di origine che dai fertilizzanti distribuiti. Il pH è molto importante nell"insolubilizzazione del fosforo che si accerta sia nei terreni acidi che in quelli ad alcalinità fisiologica (presenza di CaCO3) con formazione, rispettivamente, di fosfati di ferro ed alluminio e forme non solubili di fosfati di tipo apatitico. Elevata alcalinità provoca completa insolubilizzazione di ferro, rame, manganese.

- la mobilità di ioni tossici : pH acidi determinano la mobilità e la conseguente tossicità dell"alluminio che si va ad accumulare sulle pareti cellulari delle radici, impedendo la traslocazione dei nutrienti e riducendo lo sviluppo delle radici stesse.

-**pH in H2O**: 10g di suolo sono stati posti in un beacker ai quali sono stati aggiunti 25 ml di H2O distillata. Il tutto è stato messo in agitazione. Dopo 10 minuti di riposo e stata svolta la misurazione. (Guitián e Carballas, 1976).

-**pH in KCl**: 10 g di suolo sono stati posti in un beacker ai quali sono stati aggiunti 25 ml di KCl 0,1N. Il tutto è stato messo in agitazione. Dopo 2 ore di riposo è stata svolta la misurazione. (Guitián e Carballas, 1976).

3.5.2 Determinazione del C organico

Il C organico delle diverse frazioni della sostanza organica è stato determinato con il metodo Walkley e Black (1934) per la frazione solubile in acqua (WEOM).

3.5.2.1 Metodo Walkley-Black

La determinazione del contenuto di C organico della frazione solubile in acqua è stata eseguita mediante il metodo Walkley e Black (1934). Il metodo si basa sull'ossidazione ad umido della sostanza organica presente nel campione, a contatto con una soluzione acida di dicromato di potassio in presenza di acido solforico concentrato. Il dicromato, riducendosi, ossida il C della sostanza organica da 0 (valore medio) a +4 (della CO_2, la forma più ossidata) secondo la reazione:

$$2Cr_2(+6)\ O_7\ (-2) + 3C(0) + 16H + 4Cr(+3) + 3CO_2(+4) + 8H_2O$$

La quantità di dicromato che non ha reagito con la sostanza organica, viene quantificata mediante titolazione con una soluzione di ferro ammonio solfato, detta Sale di Mohr,

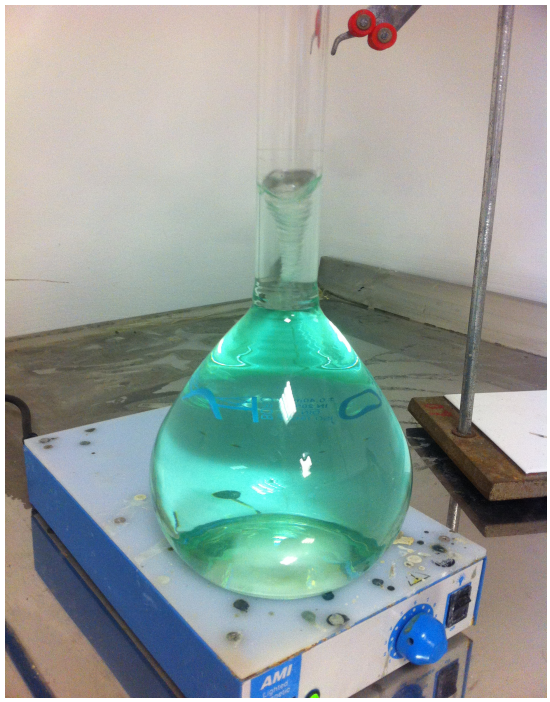


Figura 20

$$[Fe(NH_4)2(SO_4)2 \bullet 6H_2O]$$

$$2Cr_2(+6)\ O_7\ (-2) + 6Fe(+2) + 14H+\ 2Cr(+3) + 6Fe(+3) + 7H_2O$$

in presenza di acido fosforico e dell'indicatore difenilammina (1 g di difenilammina in 100 ml di acido solforico concentrato).

Il metodo Walkley-Black utilizza solo il calore di diluizione dell'H_2SO_4 concentrato, e non risulta pertanto sufficiente per la completa ossidazione dei composti organici. Ne deriva, pertanto, che solo le forme più attive del C vengono ossidate a CO_2 e quindi misurate tramite titolazione del dicromato che non ha reagito (McLeod, 1975). La percentuale di carbonio organico ossidato oscilla, secondo gli autori del metodo, tra il 75% e l'86%.

Il metodo prevede l'utilizzo di una quantità variabile di campione (0,5-2 g) in

proporzione inversa alla quantità del contenuto atteso, per evitare che tutto il dicromato reagisca ed assicurandosi invece il suo eccesso. Il volume di soluzione scelta è a questo punto trasferito in un beacker con l'aggiunta di 10 cc di $K_2Cr_2O_7$ 1 N e 20 cc di H_2SO_4 concentrato al 96%. Dopo trenta minuti la reazione viene spenta con l'aggiunta di 200 ml circa di acqua deionizzata. Si aggiungono 5 ml di H_3PO_4 concentrato, 5-10 gocce di difenilammina, e si titola con la soluzione di ferro ammonio solfato esaidrato 0.5 N, mantenendo il campione in agitazione, fino al viraggio dal blu al verde. Parallelamente si esegue una prova in bianco, nella quale è stato omesso il campione, per avere lo zero del viraggio.

3.5.2.2 Procedimento per la determinazione del C organico

Prima di procedere alla determinazione del contenuto di C organico delle varie frazioni della sostanza organica precedentemente separate, è necessario preparare i seguenti reagenti:

- potassio bicromato $K_2Cr_2O_7$ soluzione 0,4 N: in un matraccio tarato da 1000 ml contenente 600 ml di acqua distillata sciogliere 19,62 g di $K_2Cr_2O_7$, portare a volume ed omogeneizzare;
- potassio bicromato soluzione 1/6 mol/l: in un matraccio tarato da 1000 ml contenente 600 ml di acqua distillata sciogliere 49,032 g di essiccato in stufa a 130 - 140°C, portare a volume con acqua ed omogeneizzare;
- ferro ammonio solfato esaidrato $Fe(NH_4)2(SO_4)2*6H_2O$ soluzione 0,033 N: in un matraccio tarato da 1000 ml contenente 600ml di acqua distillata sciogliere 13,071 g di $Fe(NH_4)2(SO_4)2•6H_2O$. Aggiungere 23 ml di H_2SO_4 18 M, portare a volume ed omogeneizzare;
- ferro ammonio solfato esaidrato $Fe(NH_4)2(SO_4)2•6H_2O$ soluzione 0,5 N: in un matraccio tarato da 1000 ml contenente 600 ml di acqua sciogliere 196,06 g di $Fe(NH_4)2(SO_4)2•6H_2O$. Aggiungere 15 ml di H_2SO_4, portare a volume con acqua ed omogeneizzare.

Il titolo delle soluzioni di ferro ammonio solfato, o Sale di Mohr, non è stabile e deve essere controllato per ogni serie di analisi.

La WEOM il C organico è stato determinato con il metodo Walkley e Black utilizzando reagenti a concentrazione di Potassio bicromato $K_2Cr_2O_7$ soluzione 0,4 N e Ferro ammonio solfato esaidrato $Fe(NH_4)2(SO_4)2•6H_2O$ soluzione 0,033 N, in quanto il C organico è facilmente estraibile e quindi titolabile quando in soluzione acquosa.

Figura 21

L'analisi su carbonio estraibile (WEOM) in acqua la formula sarà:

$$C = 1000• (B-B1) •2•0,003•B-1•P-1$$

dove:

C = contenuto di C organico (g/kg);

B = ml di sale di Mohr consumati per titolare la prova in bianco;

B1 = ml di sale di Mohr consumati per titolare il campione;

0,003 = peso equivalente del carbonio considerato a valenza zero (g)

P = aliquota di campione sottoposto ad analisi (ml, g)

2 = ml di bicromato di potassio utilizzati per l'analisi.

4 RISULTATI E DISCUSSIONE

I sei profili con i relativi orizzonti sono stati presi in esame sotto il profilo morfologico e chimico-fisico; i dati sono stati riassunti nella Tabella 1.

Una prima particolarità è saltata subito all'occhio sottoponendo i profili ad un'analisi tessiturale: il profilo 4 è completamente diverso dagli altri in quanto presenta quattro orizzonti da franco a franco-limosi, secondo gli studi storici si tratta di terreno di riporto utilizzato al fine di fertilizzare le sabbie prima dell'impianto di pino d'aleppo. I restanti orizzonti presentano tessitura che va da sabbioso franco e sabbioso.

Le sabbie sono quasi tutte classate da medie a fini. I movimenti del mare e soprattutto il moto ondoso operano una notevole azione di rimaneggiamento e di classazione sui materiali che vengono via via deposti lungo la costa. (M. Panizza, 1992)

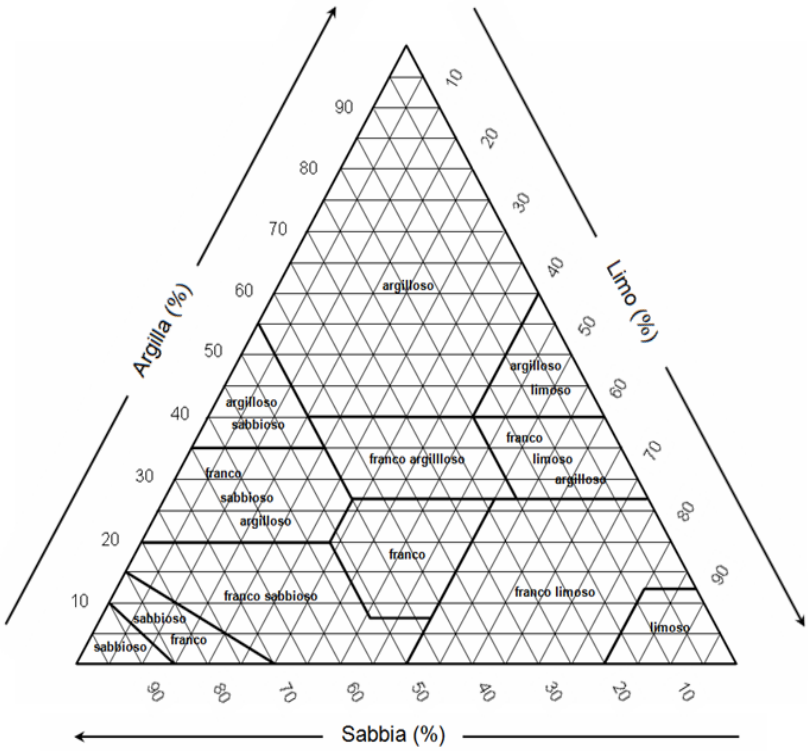


Figura 22

Il pH si comporta tutto sommato secondo le stime. Tutti i risultati descrivono un pH da debolmente acido, negli orizzonti superficiali dei profili 1 e 4, a debolmente basico, in tutti gli altri orizzonti. Per i pH debolmente acidi e neutri in realtà, considerando la notevole quantità di SOM, ci si sarebbe dovuto aspettare un valore leggermente più basso.

I profili 2, 3, 5 e 6 hanno una concentrazione di C organico modesta o quasi assente, naturalmente sulle lettiere e negli orizzonti A dei profili sotto pineta la quantità di C organico aumenta notevolmente.

profilo	orizzonte	tessitura %							pH medio (Errore standard)	C organico g/kg
		sabbia					limo	argilla		
		molto grossa	grossa	media	fine	molto fine				
1	OLn	-	-	-	-	-	-	-	5,42 (0,045)	13,4
1	OLv1	-	-	-	-	-	-	-	5,92 (0,035)	15,4
1	OLv2 >2mm	-	-	-	-	-	-	-	6,42 (0,035)	15,1
1	OLv2 <2mm	-	-	-	-	-	-	-	6,66 (0,045)	15,1
1	A	0,20	0,35	9,50	85,14	1,51	2,75	0,55	7,82 (0,070)	4,1
1	Bw1	0,23	0,30	17,22	80,07	0,20	1,67	0,03	8,08 (0,095)	0,6
1	Bw2	0,23	0,33	12,71	82,92	1,59	1,77	0,45	8,06 (0,115)	1,9
1	Bw3	0,08	0,10	8,58	90,32	0,20	0,72	0,00	8,36 (0,125)	0,3
2	A	0,00	0,00	28,06	71,78	0,00	0,15	0,00	8,25 (0,090)	0,9
2	AB	0,26	0,78	11,87	86,05	0,34	0,70	0,00	8,24 (0,040)	2,2
2	BC	0,00	0,00	7,67	92,03	0,15	0,15	0,00	8,22 (0,090)	1,6
2	BC b1	0,05	0,03	10,31	89,44	0,00	0,18	0,00	8,34 (0,080)	0,5
2	BC b2	0,00	0,08	28,86	71,07	0,00	0,00	0,00	8,36 (0,170)	0,3
2	C	0,05	0,00	9,07	90,48	0,35	0,05	0,00	8,29 (0,165)	0,1
3	C1	0,00	0,00	12,56	87,19	0,25	0,00	0,00	8,39 (0,095)	0,6
3	C2	0,00	0,23	18,47	80,82	0,48	0,00	0,00	8,45 (0,020)	0,1
3	C3	0,05	0,53	22,54	76,61	0,00	0,28	0,00	8,59 (0,060)	0,3
3	C4	0,00	0,23	34,63	64,52	0,58	0,05	0,00	8,55 (0,010)	0,3
3	Cww	0,00	0,58	25,71	73,25	0,38	0,08	0,00	8,48 (0,075)	0,2
4	OLn	-	-	-	-	-	-	-	5,18 (0,055)	13,4
4	OLv >2mm	-	-	-	-	-	-	-	6,43 (0,125)	15,6
4	OLv <2mm	-	-	-	-	-	-	-	6,36 (0,015)	15,6
4	Ot >1mm	-	-	-	-	-	-	-	6,72 (0,115)	9,1
4	Ot >2mm	-	-	-	-	-	-	-	6,56 (0)	9,1
4	Ot2	-	-	-	-	-	-	-	7,40 (0,070)	7,9
4	A	1,50	3,39	9,24	16,10	6,72	47,62	15,42	7,81 (0,070)	25,1
4	Ztc	0,84	1,49	8,78	13,12	7,08	45,43	23,26	8,27 (0,125)	3,7
4	2Ztcb2	0,99	1,48	8,90	12,59	5,87	62,24	7,94	8,31 (0,100)	3,5
4	2Ztcb2	1,13	1,45	8,91	16,95	8,72	43,52	19,32	8,42 (0,140)	3,6
4	3Ab	0,08	0,10	8,34	86,44	1,61	2,65	0,78	8,28 (0,165)	1,9
4	3Cb	0,03	0,00	7,58	89,97	0,86	1,21	0,35	8,38 (0,115)	0,9
5	A	0,00	0,00	5,37	91,97	2,53	0,13	0,00	8,27 (0,065)	0,2
5	BC	0,00	0,00	8,05	90,65	1,17	0,13	0,00	8,34 (0,125)	0,6
5	CB	0,00	0,00	10,81	88,11	0,76	0,33	0,00	8,53 (0,040)	0,6
5	C1	0,00	0,00	15,87	84,03	0,00	0,10	0,00	8,52 (0,185)	0,4
5	C2	0,00	0,10	26,52	73,33	0,00	0,05	0,00	8,51 (0,030)	0,3
6	C1	0,00	0,05	10,06	86,51	0,30	0,08	0,00	8,34 (0,055)	0,4
6	C2	0,00	0,00	3,83	94,91	1,26	0,00	0,00	8,43 (0,060)	0,2
6	C3	0,00	0,00	8,04	91,71	0,23	0,03	0,00	8,45 (0,020)	1,1
6	C4	0,07	0,50	18,86	80,22	0,30	0,05	0,00	8,54 (0,135)	0,3

Tabella 1

Profilo 1:

Figura 23

- La tessitura degli orizzonti organici è prevalentemente sabbiosa, con sabbie fini e medie;
- il pH mantiene un gradiente positivo rispetto la profondità dei campioni;
- Il carbonio organico è più presente nella lettiera e quasi assente negli orizzonti minerali, l'orizzonte A ha un valore di passaggio tra le due parti.

Profilo 2:

Figura 24

- La tessitura è omogenea con prevalenza di sabbie fini e medie;
- il pH presenta un valore simile per tutti gli orizzonti;
- il carbonio organico è quasi assente, con un massimo nell'orizzonte AB e un minimo nell'orizzonte C.

Profilo 3:

Figura 25

- La tessitura è pressochè sabbiosa con sabbie da fini a medie;
- il pH medio è pressochè uguale per tutti gli orizzonti, leggermente più basico degli orizzonti del profilo 2;
- il carbonio organico è quasi assente.

Profilo 4:

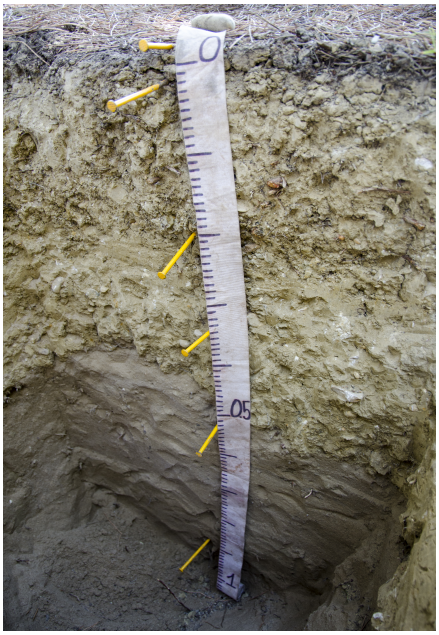


Figura 26

- La tessitura è condizionata dalla presenza di terreno di riporto, ad eccezione dei due orizzonti più profondi, sabbiosi, i restanti orizzonti presentano una quantità rilevante di limo e argilla;

- il pH medio mantiene un gradiente crescende lungo il profilo
- il valore del carbonio organico cresce fino ad un picco massimo all'altezza dell'orizzonte A, poi subisce un drastico calo dall'orizzonte Ztc fino al 3BC

Profilo 5:

Figura 27

- La tessitura è sabbiosa con sabbie comprese tra fini e medie, si nota un aumento della quantità di sabbie medie lungo il profilo a discapito delle sabbie fini;
- anche il pH segue lo stesso andamento con pH meno alcalini in prossimità della superficie;
- il C organico è quasi assente con variazioni minime tra gli orizzonti del profilo.

Profilo 6:

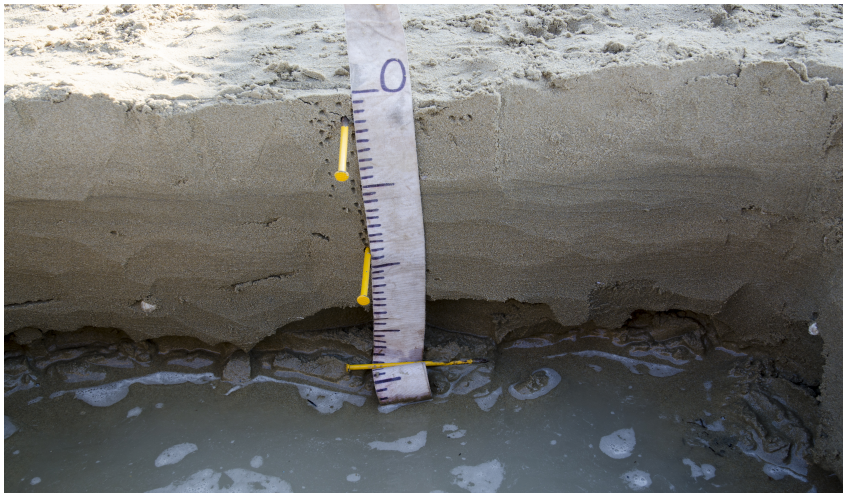


Figura 28

- La tessitura è classata con predominanza di sabbie fini;
- il pH medio aumenta con la profondità degli orizzonti in maniera omogenea;
- la presenza di carbonio organico è quasi assente con un valore quasi anomalo nell'orizzonte C3

Descrizione morfologica profilo 1
Pinus alepensis L **, Pineto, (Central Italy).**

For symbols see legend. Plant species are listed in order of abundance.

Site position: . Landform: – Exposure: N – Altitude: m – Mean annual air temperature: °C – Mean annual precipitation: mm – Drainage class: drained – Vegetation cover: Parent material: .

Horizon USDA	Horizon Ref Pedol	Depth	Colour[a]	Structure	Roots	Mycelia	Boundary	Thickness	Skeleton	Other observations
	OLn	3-2	-	-	-	-				
	OLv1	2-1	-	-	-	-				
	OLv2	1-0	-	-	-	-				
A		0-19	2,5Y4/4	1m;sbk;fr	1mi,vf;2f,m	-	cl			
Bw1		19-36	2,5Y5/6	1m,c;abk,sbk;fr	1f;3m,co	-	sl			
Bw2		36-52	2,5Y5/6	1m;sbk;fr	1f;3m,co	-	sl			
Bw3		52-79+	2,5Y5/6	1-2m;sbk,fr		-	sl		-	gas

[a]moist and crushed, according to the Munsell Soil Color Charts.
[b]1=weak, 2=moderate, 3=strong; th=thin, f=fine, m=medium, c=coarse; cr=crumb, abk=angular blocky, sbk=subangular blocky, pl=platy; [c]fr=friable, fi=firm.
[d]0=absent, v1=very few, 1=few, 2=plentiful, 3=abundant; mi=micro, vf=very fine, f=fine, m=medium, co=coarse.
[e]we referred to the mycelia visible at naked eyes. 0=absent, +=few, ++=plentiful, +++=abundant.
[f]a=abrupt, c=clear; b=broken, w=wavy, s=smooth, i=irregular.l=linear

Descrizione morfologica profilo 2

Suolo di duna bianca, Pineto, (Central Italy).

For symbols see legend. Plant species are listed in order of abundance.

Exposure: N – Altitude: m – Mean annual air temperature: °C – Mean annual precipitation: mm – Drainage class: drained – Vegetation cover: Parent material:

Horizon USDA	Horizon Ref Pedol	Depth	Colour[a]	Structure	Roots	Mycelia	Boundary	Thickness	Skeleton	Other observations
A	OLn	0-10	2,5Y7/6	1f,sbk,fr	3mi,vf,f,1f	-	cl			
C	OLv1	10-48	2,5Y6/6	1f,sbk,fr-	1mi,vf	-	cl			
BC	OLv2	48-83	2,5Y6/6	1f,sbk,fr	v1,f	-	al			
Ab		83-90	2,5Y4/4	1f,sbk,fr	v1,f	-	cl			gas
BCb1		90-123	2,5Y6/4	1f,pl,fr	absent	-	al			
BCb2		123-136	2,5Y5/4	1f,pl,fr	absent	-				

[a]moist and crushed, according to the Munsell Soil Color Charts.
[b]1=weak, 2=moderate, 3=strong; th=thin, f=fine, m=medium, c=coarse; cr=crumb, abk=angular blocky, sbk=subangular blocky, pl=platy; [c]fr=friable, fi=firm.
[d]0=absent, v1=very few, 1=few, 2=plentiful, 3=abundant; mi=micro, vf=very fine, f=fine, m=medium, co=coarse.
[e]we referred to the mycelia visible at naked eyes. 0=absent, +=few, ++=plentiful, ++++=abundant.
[f]a=abrupt, c=clear; b=broken, w=wavy, s=smooth, i=irregular.l=linear

Descrizione morfologica profilo 3

Suolo di battigia, Pineto, (Central Italy).

For symbols see legend. Plant species are listed in order of abundance.

Exposure: N – Altitude: m – Mean annual air temperature: °C – Mean annual precipitation: mm – Drainage class: drained – Vegetation cover: Parent material:

Horizon USDA	Horizon Ref Pedol	Depth	Colour[a]	Structure	Roots	Mycelia	Boundary	Thickness	Skeleton	Other observations
C1		0-13	2,5Y6/4	1pl	-	-	cl			
C2		13-20	2,5Y5/4	1pl	-	-	cl			
C3		20-43	2,5Y5/3	massive	-	-	al			
C4		43-62	2,5Y5/4	massive		-	cl			
Cww		62-70	2,5Y4/4			-	al			

[a]moist and crushed, according to the Munsell Soil Color Charts.
[b]1=weak, 2=moderate, 3=strong; th=thin, f=fine, m=medium, c=coarse; cr=crumb, abk=angular blocky, sbk=subangular blocky, pl=platy; [c]fr=friable, fi=firm.
[d]0=absent, v1=very few, 1=few, 2=plentiful, 3=abundant; mi=micro, vf=very fine, f=fine, m=medium, co=coarse.
[e]we referred to the mycelia visible at naked eyes. 0=absent, +=few, ++=plentiful, +++=abundant.
[f]a=abrupt, c=clear; b=broken, w=wavy, s=smooth, i=irregular.l=linear

Descrizione morfologica profilo 4

Suolo sotto *Pinus alepensis L* , Pineto, (Central Italy).

For symbols see legend. Plant species are listed in order of abundance.

Site position: . Landform: – Exposure: N – Altitude: m – Mean annual air temperature: °C – Mean annual precipitation: mm – Drainage class: drained – Vegetation cover: Parent material: .

Horizon USDA	Horizon Ref Pedol	Depth	Colour[a]	Structure	Roots	Mycelia	Boundary	Thickness	Skeleton	Other observations
	OLn	2-1	-	-	-	-				
	OLv	2-1	-	-	-	-				
	Ot1	1-0	-	-	-	-				
	Ot2									
A		0-2	10YR6/3	2m,pl	2f, 3m	-				
Ztc		2-20	2,5YR6/3	2pl	3mi,vf,f	-			-	
2Ztc1b		20-33	2,5Y7/3	2m,sbk	2mi,vf,f	-				
2Ztc2b		33-52	2,5Y7/4	1pl,fr	2mi,vf,f	-			-	
3Ab		52-91	10YR5/4	1sbk,fr	1f, 2m					
3Cb		91-110	10YR6/4	1sbk,fr	1f					

[a]moist and crushed, according to the Munsell Soil Color Charts.
[b]1=weak, 2=moderate, 3=strong; th=thin, f=fine, m=medium, c=coarse; cr=crumb, abk=angular blocky, sbk=subangular blocky, pl=platy; [c]fr=friable, fi=firm.
[d]0=absent, v1=very few, 1=few, 2=plentiful, 3=abundant; mi=micro, vf=very fine, f=fine, m=medium, co=coarse.
[e]we referred to the mycelia visible at naked eyes. 0=absent, +=few, ++=plentiful, ++++=abundant.
[f]a=abrupt, c=clear; b=broken, w=wavy, s=smooth, i=irregular.l=linear

Descrizione morfologica profilo 5

Suolo di duna bianca , Pineto, (Central Italy).

For symbols see legend. Plant species are listed in order of abundance.

Exposure: N – Altitude: m – Mean annual air temperature: °C – Mean annual precipitation: mm – Drainage class: drained – Vegetation cover: ; Parent material:

Horizon USDA	Horizon Ref Pedol	Depth	Colour[a]	Structure	Roots	Mycelia	Boundary	Thickness	Skeleton	Other observations
A		0-4	10YR7/3	-	1mi,vf, f,m	-	cw			
BC		4-18	10YR7/2	-	3mi,vf, 1:f,m	-	cw			
CB		18-40	10YR7/3	-	2mi,vf,1f	-	cw			
C1		40-61	10YR6/2		1m,vf,f	-	s			
C2		61-95	10YR6/4		1m,vf,f	-			-	

[a]moist and crushed, according to the Munsell Soil Color Charts.
[b]1=weak, 2=moderate, 3=strong; th=thin, f=fine, m=medium, c=coarse; cr=crumb, abk=angular blocky, sbk=subangular blocky, pl=platy; [c]fr=friable, fi=firm.
[d]0=absent, v1=very few, 1=few, 2=plentiful, 3=abundant; mi=micro, vf=very fine, f=fine, m=medium, co=coarse.
[e]we referred to the mycelia visible at naked eyes. 0=absent, +=few, ++=plentiful, +++=abundant.
[f]a=abrupt, c=clear; b=broken, w=wavy, s=smooth, i=irregular.l=linear

Descrizione morfologica profilo 6

Suolo di battigia, Pineto, (Central Italy).

For symbols see legend. Plant species are listed in order of abundance.

Exposure: N – Altitude: m – Mean annual air temperature: °C – Mean annual precipitation: mm – Drainage class: drained –
Vegetation cover: Parent material:

Horizon USDA	Horizon Ref Pedol	Depth	Colour[a]	Structure	Roots	Mycelia	Boundary	Thickness	Skeleton	Other observations
C1		0-3	10YR5/3	1plfr	-	-	-	-	-	
C2		3-18	10YR5/2	1plfr	-	-	-	-	-	
C3		18-36	10YR5/2	1abkfr	-	-	-	-	-	Black lines
C4		36-60	10YR5/2			-	-	-	-	Black lines

[a]moist and crushed, according to the Munsell Soil Color Charts.
[b]1=weak, 2=moderate, 3=strong; th=thin, f=fine, m=medium, c=coarse; cr=crumb, abk=angular blocky, sbk=subangular blocky, pl=platy; [c]fr=friable, fi=firm.
[d]0=absent, v1=very few, 1=few, 2=plentiful, 3=abundant; mi=micro, vf=very fine, f=fine, m=medium, co=coarse.
[e]we referred to the mycelia visible at naked eyes. 0=absent, +=few, ++=plentiful, +++=abundant.
[f]a=abrupt, c=clear; b=broken, w=wavy, s=smooth, i=irregular.l=linear

5 CONCLUSIONI

Al fine di indagare preliminarmente le caratteristiche ecosistemiche di suoli dunali e di pineta all'interno dell'area marina protetta "Torre del Cerrano", sono stati presi in esame due transetti in un gradiente terra-mare, per un totale di 6 profili tra duna, battigia e pineta. Ciò ha permesso di mettere in evidenza tre ambienti differenti fra loro.

I profili 2, 3, 5 e 6, cioè quelli della duna bianca e della battigia, si sono presentati tutto sommato simili secondo l'aspetto chimico-fisico ma con alcune differenze per quanto riguarda la morfologia. Solo i profili 2 e 5 presentano, oltre agli orizzonti C, un orizzonte A. Nel profilo 2, in particolare, l'orizzonte A raggiunge uno spessore di circa 10 cm. Inoltre presenta una serie di ricoprimenti avvenuti in momenti successivi per cui è stato possibile individuare, lungo il profilo, una altro orizzonte Ab.

La tessitura, invece, risulta simile per tutti con una percentuale nettamente maggiore delle sabbie fini e medie rispetto alle altre frazioni. L'argilla, risulta essere completamente assente per tutti e quattro i profili.

Il pH è sub-alcalino con valori che oscillano tra 8,22 e 8,59. Contrariamente, invece, il contenuto di C organico negli orizzonti minerali è molto basso. Il valore maggiore si raggiunge nell'orizzonte AB del profilo 2 con 2,2 g/kg.

I profili 1 e 4, ovvero quelli sotto la pineta, presentano caratteristiche differenti sia rispetto ai profili di duna e battigia che fra di loro. Il profilo 1, per quanto sia posto in un ambiente differente dai profili 2, 3, 5 e 6, presenta ancora una tessitura piuttosto sabbiosa con contenuto di argille molto basso. Morfologicamente molto diverso dal profilo 4 dove la frazione maggiormente presente è quella limosa fino all'orizzonte 2Ztcb2. Da qui in poi, infatti, la tessitura cambia notevolmente e si hanno di nuovo percentuali maggiori per le sabbie fini. Simili invece i valori di pH che risultano tendenzialmente maggiori di 8 fatta eccezione per gli orizzonti minerali superficiali. In generale il pH di entrambi i profili risulta essere leggermente inferiore a quello dei

profili 2,3, 5 e 6. Questo perché entrambi subiscono l'influenza della lettiera, il cui pH risulta essere leggermente acido. Un altro elemento su cui incide la presenza di orizzonti organici è il contenuto di C organico, in particolare per il profilo 4, mentre per il profilo 1 si registrano valori tutto sommato bassi . I valori maggiori si hanno ovviamente per gli orizzonti di lettiera. Le differenze registrate sono riconducibili alle diverse età d'impianto e relativi accorgimenti colturali. Come scritto in precedenza nell'area della pineta del profilo 4 c'è stata una deposizione volontaria di alcuni strati di terreno di riporto prelevato dalla collina pinetese al fine di fertilizzare l'antico suolo sabbioso.

Questa pratica non viene utilizzata più perché troppo impattante, tant'è che il profilo 1 non presenta questi orizzonti “antropogenici”.

L'AMP Torre del Cerrano sta avviando le pratiche per avere la certificazione di Sito d'Interesse Comunitario, secondo quest'ottica non è da sottovalutare il valore ambientale che riveste la conservazione del suolo dunale e retrodunale, specialmente dopo aver rilevato la presenza (anche se non accertata per via analitica) di mercaptani al di sotto dei suoli superficiali. I mercaptani, o tioli, sono composti organici molto volatili, riconoscibili per il forte odore e fanno parte dei gas serra.

Inoltre, vista l'importanza strategica delle micorrize simbiontiche e delle falde acquifere (acqua dolce) nell'habitat dunale c'è da fare particolare attenzione alla quantità di inquinanti presenti nei bacini idrografici dei fossi che sfociano all'interno dell'Area; avere maggiore accortezza nella fascia di rispetto dell'AMP limitando l'utilizzo di concimi chimici, fitofarmaci e tecniche colturali appropriate, volti a salvaguardare l'interesse degli habitat.

6 RINGRAZIAMENTI

Ringrazio il professor Giuseppe Corti, la dottoressa Stefania Cocco, la dottoranda Valeria Caldarelli, il direttore dell'AMP Torre del Cerrano Fabio Vallarola e il Presidente della stessa Benigno D'Orazio, l'ingegner Marcello D'Alberto, responsabile dell'Area Urbanistica, Assetto del Territorio ed Attività Produttive del comune di Pineto.

7 BIBLIOGRAFIA

A. De Ascentiis, 2005; La regina delle dune, collana "I quaderni de La Gramigna" n°5, Sezione provinciale di Teramo del WWF Italia ONLUS, 2005

A. Giordano, 2005; http://www.aip-suoli.it/editoria/bollettino/n1-3a05/n1-3a05_02.htm

A. Giordano, 1999; Pedologia. Edizioni UTET, Torino

AA.VV., 1914; AA.VV. "Rosburgo, stagione balneare 1914, ricordi igienici", Teramo, Tipografia De Carolis (1914)

Balaguru et al, 2006; Balaguru, B., John Britto, S.J.S., Nagamurugan, N., Natarajan, D., Soosairaj, S., 2006. Identifying conservation priority zones for effective management of tropical forests in eastern Ghats of India. Biodivers. Conserv. 15, 1529–1543.

Berendse et al., 1998; Berendse F, Lammerts EJ, Olff H. Soil organic matter accumulation and its implications for nitrogen mineralisation and plant species composition during succession in coastal dune slacks. Plant Ecol 1998;137:71–8.

Biondi, 2007; Biondi, E., 2007. Thoughts on the ecology and syntaxonomy of some vegetation typologies of the Mediterranean coast. Fitosociologia 44 (1), 3e10.

Brown e McLachlan, 2002; Brown, A.C., McLachlan, A., 2002. Sandy shore ecosystems and the threats facing them: some predictions for the year 2025. Environ. Conserv. 29, 62– 77.

Businelli M., 2007; Principi di chimica del suolo, Molacchi Editore.

Centro Meteo Italiano, 2011; http://www.centrometeoitaliano.it/il-clima-dell-abruzzo/

Commissione Europea, 1992; European Commission, 1992. Council Directive 92/43/EEC on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. Off. J. L 206, 7e50

Commissione Europea, 2007; European Commission, 2007. Interpretation Manual of European Union Habitats. Eur 27. Available at: http://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/ habitatsdirective/docs/2007_07_im.pdf.

Commissione Europea, 2008; European Commission, 2008. Article 17 Technical Report 2001-2006. European Topic Centre on Biological Diversity. Available at: http://biodiversity.eionet. europa.eu/article17.

Cori, 1999; Cori, B., 1999. Spatial dynamics of Mediterranean coastal regions. J. Coast. Conserv. 5, 105e112.

Cornelini et al, 1989; Cornelini, P., Loche, P., Pani, F., 1989. The use of the plant information in the definition of environmental quality. Informatore Botanico Italiano 21, 152–164 (in Italian)

Costantini E. A. C. (Ed.) 2007; Linee guida dei metodi di rilevamento e informatizzazione dei dati

pedologici, CRA-ABP, Firenze, Italia, pp. XV, 280

Day, 1965; Day P.R., 1965. Particle fractionation and particle- size analysis. In: C.A. Black D.D. Evans, L.E. Ensminger, J.L. White, F.E. Clarck (eds.). Methods of soil analysis. Part 1. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI. pp. 545-567

De Laurentiis, Mattucci, Ripari, 1989; V. De Laurentiis, F. Mattucci, L. Ripari "Pineto, una città verde sul mare" (1989), stampa di Officine Grafiche Edigrafital S.p.a.

Defeo et al., 2009; Defeo, O., McLachlan, A., Schoeman, D.S., Schlacher, T., Dugan, J., Jones, A., Lastra, M., Scapini, F., 2009. Threats to sandy beach ecosystems: a review. Estuar. Coast. Shelf Sci. 81, 1e12.

Doing, 1981; Doing, H., 1981. A comparative scheme of dry coastal sand dune habitats, with examples from the eastern United States and some other temperate regions. Veröff. Geobot. Inst. Stift. Rübel Zür. 77, 41–72.

Elissa Levine (NASA's Goddard Space Flight Center), The Pedoshphere As A Hub

Feagin et al, 2005; Feagin, R.A., Sherman, D.J., Grant, W.E., 2005. Coastal erosion, global sea-level rise, and the loss of sand dune plant habitats. Front. Ecol. Environ. 7 (3), 359e364.

Finkl, 2004; Finkl, C.W., Walker, H.J., 2004. Beach nourishment. In: Schwartz, M. (Ed.), The Encyclopedia of Coastal Science. Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands, pp. 37–54

Fowler et al., 2004; Fowler D, O'Donoghue M, Muller JBA, Smith RI, Dragosits U, Skiba U, et al. A chronology of nitrogen deposition in the UK between 1900 and 2000. Water Air Soil Pollut 2004;4:9–23

Frederiksen et al., 2006; Frederiksen, L., Kollmann, J., Vestergaard, P., Bruun, H.H., 2006. A multivariate approach to plant community distribution in the coastal dune zonation of NW Denmark. Phytocoenologia 36, 321–342

G. B. Castiglioni, 1986; Geomorfologia, UTET. pp 315-328

GarcíaNovo et al., 2004; García-Novo, F., Diaz-Barradas, M.C., Zunzunegui, M., García-Mora, R., GallegoFernández, J.B., 2004. Plant functional types in coastal dune habitats. In: Martínez, M.L., Psuty, N.P. (Eds.), Coastal Dunes: Ecology and Conservation. Ecological Studies, vol. 171. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 155–169.

Giovanetti e Avio, 2002; Giovannetti M, Avio L., "Biotechnology of Arbuscular Mycorrhizas" (2002). In Applied Mycology and Biotechnology, Vol. 2 Agriculture and Food Production, Khachatourians G. G. & Arora D. K. (Eds), 275-310.

Giovanni Haussmann, La terra come placenta, Libreria Editrice Fiorentina, 2005

Greco e Petriccione, 1991; Greco, S., Petriccione, B., 1991. Environmental quality evaluation in a disturbed ecosystem, on the basis of floristic and vegetational data. In: Ravera (Ed.), Terrestrial

and Aquatic Ecosystems: Perturbation and Recovery. Ellis Horwood Limited, Chichester, UK, pp. 101–108.

Greco e Petriccione, 1991; Greco, S., Petriccione, B., 1991. Environmental quality evaluation in a disturbed ecosystem, on the basis of floristic and vegetational data. In: Ravera (Ed.), Terrestrial and Aquatic Ecosystems: Perturbation and Recovery. Ellis Horwood Limited, Chichester, UK, pp. 101–108.

Grunewald e Schubert, 2007; Grunewald, R., Schubert, H., 2007. The definition of a new plant diversity index "H dunes" for assessing human damage on coastal dunes—derived from the Shannon index of entropy H. Ecol. Ind. 7, 1–21.

F. Curtaz e al., 2007-2013; F. Curtaz, G. Filippa, M. Freppaz, S. Stanchi, E. Zanini, E. Costantini. Alcotra 2007-2013. Realizzato nell'ambito del progetto transfrontaliero Italia-Francia NAPEA. Institut Agricole Regional, Reg. La Rochere 1/A, Aosta.

Guitián e Carballas, 1976; Guitiàn F.,Carballas T.,1976. Tècnicas de anàlisis de suelos. Ed. Pico Sacro, Santiago de Compostela

Harley et al, 2006; Harley, C.D.G., Hughes, A.R., Hultgren, K.M., Miner, B.G., Sorte, C.J.B., Thornber, C.S., Rodriguez, L.F., Tomanek, L., Williams, S.L., 2006. The impacts of climate change in coastal marine systems. Ecol. Lett. 9, 228e241.

Helgason et al., 1998; Helgason T., Daniell T. J., Husband R., Fitter A. H., Young J. P. W. (1998). Nature, 394, 431.

FAO; http://www.fao.org/Newsroom/it/news/2008/1000882/index.html

https://www.regione.vda.it/gestione/riviweb/templates/aspx/environnement.aspx?pkArt=627

ISPRA, 2008: http://www.isprambiente.gov.it/files/ecosistemi-marini/7b-abruzzo-rinaturazione-dune-pineto.pdf

J. Rhymes et al., 2014; J. Rhymes et al. / Science of the Total Environment 490 (2014) 106–113

J. Rhymes, H. Wallace, N. Fenner, L. Jones, 2014; Evidence for sensitivity of dune wetlands to groundwater nutrients, Science of the Total Environment

Jenny, Hans 1994; Factors of Soil Formation. A System of Quantitative Pedology. New York: Dover Press. (Reprint, with Foreword by R. Amundson, of the 1941 McGraw-Hill publication).

Jones et al., 2004; Jones MLM, Wallace HL, Norris D, Brittain SA, Haria S, Jones RE, et al. Changes in vegetation and soil characteristics in coastal sand dunes along a gradient of atmospheric nitrogen deposition. Plant Biol 2004;6:598–605.

Jones et al., 2006; Jones MLM, Reynolds B, Brittain SA, Norris DA, Rhind PM, Jones RE. Complex hydrological controls on wet dune slacks: the importance of local variability. Sci Total Environ 2006;372:266–77

Jones et al., 2013; Jones L, Nizam MS, Reynolds B, Oxley ERB, Bareham S. Upwind impacts of ammonia from an intensive poultry unit. Environ Pollut 2013;180:221–8.

Komar, 1998; Komar, P.D., Marra, J.J., Allan, J.C. 2002. Coastal erosion processes and assessment of setback distances. In: Ewing, L., Wallendorf, L. (Eds.), Proceedings of the Conference on Solutions to Coastal Disasters. American Society of Civil Engi-neering, pp. 808–822.

Kutiel et al., 1999; Kutiel, P., Zhevelev, H., Harrison, R., 1999. The effect of recreational impacts on soil and vegetation of stabilised coastal dunes in the Sharon Park, Israel. Ocean Coast. Manage. 42, 1041–1060.

L. Celi:

La Posta et al., 2008; La Posta, A., Dupre, E., Bianchi, E., 2008. Attuazione della Direttiva Habitat e stato di conservazione di habitat e specie in Italia. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Direzione per la protezione della Natura. Palombi editore, Roma.

Lena & Osso, 2009: Convegno ISPRA-CATAP "SOS Dune. Stato, problemi, interventi, gestione", interventi di G. Lena e G. Osso, L'interazione geomorfologica tra spiagge e dune, 2009

M. Amodio, G. Bovina, C. Callori di Vignale 2009; "L'approccio naturalistico nella conservazione e restauro degli ambienti dunali" in "Interventi per il ripristino degli ecosistemi marino costieri e per la difesa delle coste sabbiose nelle Aree Protette"– Rapporto ISPRA 100/2009.

M. Panizza, 1992; Geomorfologia, Pitagora Editrice Bologna. pp 240-241

Marta Carboni, Maria Laura Carranza, Alicia Acosta, 2008; Assessing conservation status on coastal dunes: A multiscale approach, Science of the Total Environment 2008

Martínez et al., 2004; Martínez, M.L., Psuty, N. (Eds.), 2004. Coastal Dunes: Ecology and Conservation. Springer-Verlag, Heidelberg.

Mc Lachlan e Brown, 2006; Mc Lachlan, A., Brown, A.C., 2006. The Ecology of Sandy Shores. Academic Press, Burlington, MA, USA.

McLachlan and Brown, 2006; McLachlan, A., Brown, A.C., 2006. The Ecology of Sandy Shores. Academic Press, Burlington, MA, USA, 373 pp.

McLachlan e Dorvlo 2005; McLachlan, A., Dorvlo, A., 2005. Global patterns in sandy beach macrofauna communities. Journal of Coastal Research 21, 674–687.

McLeod, 1975; McLeod, S., 1975. Studies in wet oxidation procedures for the determination of "organic C'" in soil. In: Notes on Soil Techniques. CSIRO Aust. Div. of Soils, Adelaide, pp. 73-79.

Myrold, 1998; Myrold DD. Transformations of nitrogen. In: Sylvia DM, Fuhrmann JJ, Hartel PG, Zuberer DA, editors. Principles and applications of soil microbiology. Upper Saddle River, NJ,

USA: Prentice Hall; 1998. p. 259–94.

O. Defeo, 2008; O. Defeo, A. McLachlan, D. S. Schoeman, T. A. Schlacherd, J. Dugan, A. Jones, M. Lastra, F. Scapini, Threats to sandy beach ecosystems: A review, Estuarine, Coastal and Shelf Science (2008)

Post e Kwon, 2000; http://cdiac.ornl.gov/programs/CSEQ/terrestrial/postkwon2000/postkwon2000.pdf

R.L. Wiegel, 1964; Oceanographical Engineereng, Englewood Cliffs. 1964

S. Pignatti, 2009; Convegno ISPRA-CATAP "SOS Dune. Stato, problemi, interventi, gestione", interventi di G. Lena e G. Osso, L'interazione geomorfologica tra spiagge e dune, 2009

Sanesi et al., 1977; Sanesi G., (Ed.), 1977. Guida alla descrizione del suolo. C.N.R. P.F. "Conservazione del Suolo", Firenze, 4, pp. 18-21.

Sanesi G., 2000; Elementi di pedologia, Edagricole – Edizioni agricole della Calderini

Schlacher et al, 2008; Schlacher, T.A., Schoeman, D.S., Dugan, J., Lastra, M., Jones, A., Scapini, F., McLachlan, A., 2008. Sandy beach ecosystems: key features, management challenges, climate change impacts, and sampling issues. Mar. Ecol. 29, 70e90.

Shoeneberger et al., 1998; Schoeneberger, P.J., Wysoki, D.A., Benham, E.C., Broderson, W.D., 1998. Field book for describing and sampling soils. Natural Resources Conservation Service, USDA, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.

Short, 1999; Short, A.D. (Ed.), 1999. Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics. John Wiley, London, 379 pp.

Simon et al., 1993; Simon L., Bousquet J., Levesque R. C., Lalonde M. (1993). Nature, 363, 67-69.

Sito del AMP Torre del Cerrano; http://www.torredelcerrano.it/larea-marina-protetta.html

Smith e Read, 1997; Smith S. E., Read D. J. (1996). Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, San Diego, Ca., USA.

Soil Survey Staff, 2003; Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. Agriculture Handbook Number 436, United States Department of Agriculture & Natural Resources Conservation Service. 2nd Edition. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. 869.

Soil Survey Staff, 2006; Keys to Soil Taxonomy. Tenth Edition. United States Department of Agriculture & Natural Resources Conservation Service. Washington, DC.

Soil Taxonomy, USDA, 1998; Keys to Soil Taxonomy, USDA & Natural Resources Conservation Service, Eighth Edition, 1998;

Sykes and Wilson, 1991; Sykes, M.T., Wilson, J.B., 1991. Vegetation of a coastal sand dune system in souther New Zealand. J. Veg. Sci. 2, 531–538

Tchouto et al., 2006; Tchouto, M.G.P., Yemefack, M., De Boer, W.F., De Wilde, J.J.F.E., Van der Maesen, L.J.G., Cleef, A.M., 2006. Biodiversity hotspots and conservation priorities in the Campo-Ma'an rain forests, Cameroon. Biodivers. Conserv. 15, 1219–1252.

Van der Laan, 1979; Van Der Laan D. Spatial and temporal variation in the vegetation of dune slacks in relation to the ground water regime. Vegetation 1979;39:43–52

Van der Maarel, 2003; van der Maarel, E., 2003. Some remarks on the functions of European coastal ecosystems. Phytocoenologia 33 (2e3), 187e202.

Van der Meulen e Udo de Haes, 1996; van der Meulen, F., Udo de Haes, H.A., 1996. Nature conservation and integrated coastal zone management in Europe: present and future. Landsc. Urban Plan. 34, 401e410

Vogt Andersen, 1995; Vogt Andersen, U., 1995. Resistance of Danish coastal vegetation types to human trampling. Biol. Conserv. 71, 223–230.

You et al,1999; You, S.j., Yin, Y., Allen, H.E., 1999. Partitioning of organic matter in soils: effects of pH and water/soil ratio. Sci.Total Environ., 227, 155-160.

Zech W., Senesi N., Guggenberg G., Kaiser K., Lehmann J., Miano T.M., Miltner A., Schroth G. 1997; Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in tropics. Geoderma.