



A.T.P. "C.C.W.R." progettazioni e soluzioni ambientali, sviluppo equo ed ecosostenibile

SOCIETA' TIRO AL VOLO ARBOREA

Strada 18 Mare Arborea (OR)



RELAZIONE TECNICA AMBIENTALE

IL TECNICO PROGETTISTA/RELATORE :

Ph. Dottore Biologo Francesco Aru

Valutazione Impatto Ambientale. Analisi, soluzioni e ripristini ambientali. Classificazione e analisi pedologica. Landscape Ecology. Classificazione, Pianificazione e Gestione dei sistemi agro-silvo-venatorio-pastorali e della vegetazione forestale. Monitoraggio fauna selvatica. Consulenza agraria e fitopatologia.

Progettazione e gestione del verde pubblico e privato, restauro giardini e parchi.

Metodiche agrobiologiche. Certificazioni ambientali ISO/EMAS/ECOLABEL.

Sicurezza sul lavoro. Certificazione HACCP. Formazione professionale.

Studio tecnico: Via Roma n.11, Villacidro 09039

Tel. e fax 0709315453 - cell. 3487773614

P. I. 02192000921

Mail: francoaru@tiscali.it – f.aru@unica.it

A.T.P. "C.C.W.R." progettazioni e soluzioni ambientali, sviluppo equo ed ecosostenibile

STAFF TECNICO: Prof. Angelo Aru, agronomo – ordinario di geopedologia, dipartimento di scienze della terra Università Cagliari

Ph.D.biol. Francesco Aru, Ph: ingegneria ambientale e metodologie legate all'ambiente ed al territorio; dip. Sci. Bot. UniCa

Dr. Geo. Daniele Tomasi ricercatore, dipartimento di scienze della terra Università Cagliari



INTRODUZIONE

Nel territorio del comune di Arborea sono pienamente espresse e manifeste tutte le ampie contraddizioni che circondano e interessano l'attuale gestione delle aree adibite ad attività antropiche (agricole, turistiche, caccia, pesca, ecc.) e naturali.

Di fatto all'interno di quest'area sono inclusi i territori agricoli più fertili e meglio serviti da infrastrutture produttive di tutta la Sardegna, ma contemporaneamente sono presenti un'insieme di emergenze naturalistiche e biotopi naturali che rendono unico e non duplicabile il valore territoriale.

In un'attenta analisi del sito possiamo osservare che le attività agricole intensive ad alto grado di specializzazione, maggior reddito, ma anche maggior impatto ambientale, si sono concentrate su nuclei fondamentali che rispecchiano non solo la presenza e possibilità di fruizione di adeguate infrastrutture e servizi, ma anche la presenza di difformità culturali tra gli operatori presenti nel territorio. Infatti tra il 1918, anno di fondazione della Società Bonifiche Sarde e, il 29 Ottobre 1928 anno d'inaugurazione del Villaggio Mussolini, assunto a comune autonomo due anni dopo con il nome di Mussolinia di Sardegna, si preferì ricorrere per l'assegnazione delle terre bonificate a coloni continentali. Specialmente coloni padani, che avrebbero assicurato all'impresa un maggior attaccamento al fondo assegnato ed una più matura dimestichezza con il patto di mezzadria sottoscritto e con i ritmi produttivi richiesti. Per ottenere tutto ciò su un territorio vasto 60 kmq, al tempo si fece un'importante bonifica di terreni paludosi e di campi dunali al fine di sconfiggere la malaria.... le paludi furono prosciugate e le dune spianate in modo da ottenere una vasta distesa pianeggiante che si destinò all'agricoltura. Tutto ciò portò a un notevole miglioramento sociale ed economico delle popolazioni ma alterò irreversibilmente, sino a determinarne la scomparsa, gli ecosistemi naturali presenti. Quanto precedentemente affermato per il comprensorio di Arborea si estese nel dopoguerra attorno agli anni 1950 nei territori a NNE di Arborea con le bonifiche di Is Bangius e Sant'Anna, che si estendono sino ad interessare le pendici del Monte Arci. In direzione SSE, rispetto ad Arborea, lungo le direttrici di scorrimento del Flumini Mannu di Arcidano e del rio Mogoro le bonifiche di Sa Zeppara (ETFAS). A NNE di Oristano le bonifiche ETFAS di Pardu Nou tra i comuni di Masama, Siamaggiore, Solarussa, Nuraxinieddu e il decorso del fiume Tirso. Ulteriore vasta area di bonifiche è posta a W, NW di Oristano tra il medesimo, e i comuni di Donigala Fenugheddu, Solanas, Cabras e il mare percorsa al centro dal decorso del fiume Tirso.

In tutto questo vasto territorio sono quasi assenti ecosistemi naturali o seminaturali ad eccezione delle aree stagnali con le loro rive, le aree golenari e di sponda compresi gli alvei fluviali e le sponde dei canali dove si rinvencono formazioni spontanee di piante acquatiche non sempre strutturate e rade boscaglie ripariali. Le varie formazioni rinvenute nell'area vasta, sono ascrivibili agli habitat: 1150* Lagune costiere, 1310 vegetazione annua pioniera di Salicornia e altre delle zone sabbiose, 1410 Pascoli inondati mediterranei (*Juncetalia maritimi*), 1420 Praterie e fruticeti alofili mediterranei e termo-atlantici (*Sarcocornietea fruticosi*), 1510* Steppe salate mediterranee (*Limonietalia*)

Paesaggio ripariale con riferimento all'area vasta

La fitta rete idrografica di fiumi, torrenti e canali artificiali, con gli annessi invasi artificiali e laghetti agricoli disseminati sul territorio, custodiscono svariate comunità vegetali che si sviluppano direttamente in ambito fluviale o nelle superfici limitrofe perifluviali e dei terrazzi alluvionali che ancora subiscono la



dinamica fluviale. La loro ecologia dipende direttamente dalle condizioni fisico-chimiche dei suoli su cui si sviluppano e dalle caratteristiche idrologiche delle acque. Si possono identificare vaste fasce delle comunità elofite a cariceti, scirpeti, canneti, cannuce d'acqua, tife ed arundeti, inquadrabili generalmente nella **classe** *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et V. Novák 1941 e osservabili lungo le sponde ed i suoli umidi presso i fiumi a flusso perenne e/o stagionale. Queste comunità sono ben evidenti lungo l'ultimo tratto del fiume Tirso e sulle aree terrazzate circostanti, oggi in massima parte occupate da colture intensive e risaie. Nelle aree occupate da acque lentamente correnti, paludose e stagnanti, si osservano comunità sommerse della **classe** *Potametea* Klika in Klika et V. Novák 1941 e comunità natanti della **classe** *Lemnetea* Tüxen ex O. Bolòs et Masclans 1955. Le comunità effimere della **classe** *Isoeto-Nanojuncetea* Br.-Bl. et R.Tx. 1943, si ritrovano specialmente su piccole superfici, in prossimità di pozze a carattere stagionale, sorgenti e piccoli stagni anche collinari e montani che subiscono in genere un forte disseccamento estivo. Sui suoli alluvionali, in pianura e sui terrazzi sempre di natura alluvionale con elevata umidità anche estiva, si possono osservare, specialmente dove i campi un tempo erano coltivati ed oggi vengono lasciati a riposo per alcuni anni o dove si è abbandonata la pratica dell'aratura e si è passati alla gestione di pascolo brado, comunità perenni di erbacee come *Paspalum distichum* L. e *Agrostis stolonifera* L. Particolari, ma di ridotta estensione, specialmente nelle aree collinari, presso sorgenti e zone umide e fresche, con acque oligotrofiche, sono le formazioni ad *Hypericum hircinum* L. subsp. *hircinum* e *Carex microcarpa* Bertol. ex Moris. Alle formazioni erbacee fanno seguito formazioni arbustive caratterizzate da comunità a tamerici (*Tamarix sp.pl.*), per le aree pianeggianti termofile, più prossime alle aree lagunari, quando si osserva un gradiente crescente di salinità, dove queste formazioni trovano il loro optimum riuscendo a sviluppare, in aree non più assoggettate ad attività antropiche, vere e proprie boscaglie, come presso Rio Mare Foghe, presso la piana della foce del fiume Tirso, in aree peristagnali o lungo i canali nelle aree di bonifica. Lungo i corsi d'acqua meso-eutrofici, in posizione pianeggiante o a basse altitudini anche sul piano collinare, ma sempre su substrati alluvionali ben sviluppati e sui terrazzi fluviali, si possono sviluppare e trovare residui di boschi caratterizzati da frassini, salici e pioppi; i boschi ad *Ulmus minor* Mill. s.l., riferibili all'**associazione** *Allio triquetri-Ulmetum minoris* Filigheddu et al. 1999 sono pressoché relegati ai bordi stradali o ristretti a singoli filari che fungono da siepi divisorie tra gli appezzamenti terrieri. Le formazioni a pioppo bianco, riferibili al *Populetum albae* (Br. Bl., 1931) Tchou (1948), sono ancora ben evidenti in varie località, posizionandosi sui terrazzi alluvionali od in prossimità delle rive. Si conservano alcune formazioni lungo il percorso del fiume Tirso, presso Oristano, la piana che volge a Cabras e risalendo sino a Simaxis e Solarussa, con imponenti esemplari in località "*Isca Noa*" in territorio di Solarussa, dove al pioppo bianco si accompagnano esemplari di pioppo nero la cui distribuzione sul territorio è più puntiforme e rada. Lungo gli alvei dei fiumi più importanti, nelle condizioni in cui le acque si fanno più lente e gli argini fluviali non hanno ancora subito gravi alterazioni dovute alle attività di regimazione, si ritrovano folte formazioni a salici bianchi, che sfumano verso aggruppamenti a *Salix purpurea* L. subsp. *purpurea* in situazioni in cui i substrati si arricchiscono di materiali grossolani e le acque sono più turbolente. A questa vegetazione, in genere fanno da cornice formazioni ad *Arundo donax* L. che ricoprono vaste superfici nelle aree di espansione delle piene. Nelle situazioni collinari degli alvei fluviali, verso i territori del Monte Arci e specialmente del Montiferru tra Seneghe e Bonarcado, con acque che si fanno più oligo-mesotrofiche, su substrati cristallini e con valli più incise, si rinvencono boschi a galleria dell'**associazione** *Oenanthe crocatae-Alnetum glutinosae* Arrigoni et al. 1996 e boscaglie a *Salix atrocinerea* Brot. subsp. *atrocinerea*, a cui si accompagnano nel sottobosco *Hypericum hircinum* L. subsp. *hircinum* e *Carex microcarpa*



Bertol. ex Moris. Alcuni esempi di boschi a galleria ad ontani si ritrovano lungo il tratto medioalto del Rio Sos Molinos, tra Bonarcado e Santu Lussurgiu, nella cui località sono inoltre presenti, lungo gli impluvi, boschi di modeste estensioni a *Laurus nobilis* L., di grande interesse biogeografico. Formazioni a *Salix atrocinerea* Brot. subsp. *atrocinerea* sono disseminate sui vari torrenti e fiumi montani di una certa portata e presso alcune sorgenti come si osserva in località *Nuraghe Turriu* a Villaurbana, dove nel sottobosco, oltre alle specie endemiche citate in precedenza, si può ritrovare qualche esemplare di *Digitalis purpurea* L. Popolamenti a *Salix atrocinerea* Brot. subsp. *atrocinerea* sono localizzati anche in località di pianura, come presso alcuni canali che affluiscono allo Stagno di Sassu, in località Sant'Anna; in condizioni di pianura si osserva come questo salice venga accompagnato abbondantemente da *Dorycnium rectum* (L.) Ser., *Carex hispida* Willd. ed un folto mantello a *Rubus ulmifolius* Schott.

All'interno dell'area (con particolare riferimento al territorio di Arborea) sono ampiamente presenti popolamenti arborei di origine antropica risalenti al periodo della bonifica organizzati nel modo seguente:

Le fasce frangivento *Pinus pinea*, *Pinus pinaster*

Nella primavera del 1923, il Prof. Pavari su invito dell'Ing. Giulio Dolcetta, giunse in Sardegna per lo studio agronomico della bonifica. Allo studio, seguirono osservazioni sulla direzione e sull'intensità dei venti predominanti, sulla temperatura, umidità e salinità dell'ambiente (Piscetda G., 1985).

Gli impianti forestali, comprendono la pineta litoranea e i frangivento nella zona messa a coltura. Il rimboschimento del litorale è stato eseguito con *Pinus pinea* L. e *Pinus pinaster* Aiton, seminato negli anni 1935-1936, su di una fascia lunga 20 chilometri e per una larghezza dagli 80 ai 600 metri e per una superficie di circa 500 ettari. La riuscita dell'impianto è stata buona nel suo complesso, salvo in alcune zone a bassa giacitura e salmastre, dove fu ripetuto l'impianto. Ma un'effettiva protezione dei campi dall'azione dei venti non poteva ottenersi che creando un sistema a maglie di fasce arboree entro la stessa azienda, a fianco cioè dei terreni da coltivare. Conformemente alle proposte del Prof. Aldo Pavari, la Società iniziò nel 1925 ed ultimò nel 1939 l'impianto della rete completa di frangiventi nella zona dunale, per un totale di 1.430.000 alberi, con una superficie investita pari al 6% della zona appoderata e con una densità media di poco più di 300 piante per ettaro (Morani V., 1957).

E proprio su proposta di questo studioso, nel 1925, che si diede il via alla posa degli alberi frangivento: i primi furono sistemati in località "S'Ungroni", sulla strada 22. Queste fasce frangivento avevano anche il compito di delimitare i campi seminativi che avevano tutti la stessa dimensione (metri 100 x 400) e distavano l'uno dall'altro tra i 12 e i 30 metri (Piscetda G., 1985). Le essenze impiegate furono principalmente, per le fasce, *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., accanto a *Pinus pinea* L., e per le alberature pioppi, salici e robinie. Il *Populus canadensis* L. è stato, nei reimpianti, in gran parte abbandonato, a causa dell'intenso attacco di tarli (Morani V., 1957) a queste colture. Non si trattava di elementari filari di alberi, ma piuttosto di una ingegnosa disposizione a maglie multiple incrociate dei medesimi, in modo tale che potessero trattenere al massimo la salsedine dopo avere moderato sensibilmente la velocità del vento che, da marzo a maggio, raggiungeva punte intensissime. Le fasce di eucalipti e di pioppi venivano sottoposte al taglio con turni di otto o nove anni. Se ne ricavò una produzione legnosa di circa 5000 metri cubi di eucalipto e di alcune centinaia di metri cubi di pioppo. Tale produzione fu destinata prevalentemente alla realizzazione di travi di sostegno, usate in modo particolare in miniera, oltre che a legna da ardere. Le fasce frangivento principali, in seguito alla riforma,



sono rimaste di proprietà della Società Bonifiche Sarde, mentre le altre sono passate agli assegnatari (Piscedda G., 1985).

Il miglioramento delle condizioni climatiche generali, e non soltanto nella velocità del vento, prodotta dalla rete frangivento, fu oggetto di osservazioni e ricerche da parte di A. Pavari, A. de Philippis e di L. Savi. Le velocità massime giornaliere, nei mesi di aprile e maggio 1937 risultarono ridotte al 45% e al 39%, nella zona protetta rispetto a quella scoperta. Si constatarono peraltro anche azioni moderatrici sugli estremi di temperature e sull'umidità atmosferica; le relative escursioni risultarono pertanto attenuate. Soprattutto considerevole è risultata poi la riduzione dell'evaporazione dell'umidità dal suolo nelle zone protette; essa arriva a superare anche il 50%. Ciò compensa ampiamente l'inconveniente, non trascurabile, del prosciugamento del suolo dovuto al consumo idrico degli alberi; questo prosciugamento e il relativo danno alle colture è limitato ad una striscia di alcuni metri di larghezza a fianco della fascia frangivento, mentre la riduzione dell'evaporazione è ancora sentita a distanze fra 20 e 25 volte l'altezza delle alberature (Morani V., 1957).

La pineta litoranea

La pineta litoranea, posta lungo la zona occidentale di Arborea, affacciata sul mare, è il primo cordone protettivo dalla salsedine che, sospinta dal vento, tende ad invadere l'area dell'interno. Ideata dall'Ing. Piero Casini il primo anno stesso della sua presidenza, fu realizzata l'anno successivo nel 1935. L'incarico per l'esecuzione dei lavori fu affidato all'agronomo Luigi Savi. L'intera fascia, larga dai 400 agli 800 metri e lunga una quindicina di chilometri circa, è costituita da circa due milioni di "*Pinus pinea*" piantati col sistema a maglie incrociate. La pineta parte dal limite sud dello stagno "S'Ena Arrubia" e, seguendo a breve distanza la riva del Golfo, dopo aver sfiorato di spalle la peschiera di "Corru S'Ittiri" e il villaggio dei pescatori di Marceddì, ha termine, quasi specchiandosi dentro, nello stagno di San Giovanni. Non c'è dubbio che, senza questa provvidenziale realizzazione, senza questo geniale primo filtro, avrebbero avuto meno efficacia anche le fasce frangivento tra un campo e l'altro, a scapito, quindi, delle diverse produzioni orticole e cerealicole che allora cominciavano a prendere piede (Piscedda G., 1985).

La pineta Barany

Fu l'Ing. Piero Casini a idearla e a metterla in opera, nella primavera-estate del 1938. La pineta "Barany" si estende su otto ettari di piano rialzato, proprio davanti al rettilineo che dall'Idrovora di "Sassu" porta alla cittadina di Arborea, ed è formata da duemila piante di "*Pinus pinea*", equidistanti l'una dall'altra, il cui ombrello chiomato, di colore verde cupo, dà ristoro alle numerose persone che la visitano. Il nome della pineta deriva dal primo dei sedici caduti di Arborea per la patria: la medaglia d'oro Camillo Barany (1889–1936). Ungherese di origine, ma vercellese di nascita, il Barany giunse ad Arborea nel 1928 con la qualifica di "agente agrario". Volontario nella guerra del 1915/18, fu tra i valorosi nella guerra di Tripoli e legionario Fiumano. Chiese di partire volontario in Etiopia dove fu comandante della prima compagnia della 215^a legione della quarta divisione. Dopo varie battaglie fu ferito a morte in quella di Taga Taga il 12 febbraio 1936. Un cippo marmoreo, posto al centro della pineta, ricorda ai posteri le gesta di questo eroe (Piscedda G., 1985).

Appoderamento e colonizzazione

La superficie bonificata nella zona centrale era suddivisa alla fine del 1953 in:



A.T.P. "C.C.W.R." progettazioni e soluzioni ambientali, sviluppo equo ed ecosostenibile

- Terreni appoderati, 4461 ettari;
- Vigneti, frutteti, vivaio, 556 ettari;
- Insediamenti urbani e rurali, 54 ettari;
- Fasce forestali, strade, canali 671 ettari;
- Totale, 5742 ettari.

Nel 1955, con l'istituzione da parte dell'ETFAS di due nuovi poderi in una zona precedentemente non bonificata, la superficie appoderata è salita a 4493 ettari e si prevedeva di portarla a 4550 ettari circa, con successivi ampliamenti. Nel 1956, con l'instaurazione di altri due nuovi poderi il loro numero complessivo è salito a 268. Anche le superfici investite a colture arboree hanno subito recentemente variazioni in aumento. L'appoderamento della zona dunale fu realizzato attraverso l'iniziale creazione di sette centri aziendali; S'Ungroni, Alabirdis, Pompongias, Tanca Marchese, Torrevecchia, Luri e Linnas. L'ampiezza dei poderi variava normalmente da 12 a 24 ettari lordi, comprendendo da tre a sei campi, da quattro ettari ciascuno; il podere più frequente (46%) è tuttavia quello da 16 ettari. Ogni podere era dotato, oltre all'abitazione per la famiglia colonica e dei necessari servizi, della stalla (di cubatura variabile), di concimaia, di pozzo, di ricoveri per il bestiame e per le macchine ed attrezzi. In media il complesso dei fabbricati poderali copriva una superficie di 630 metri quadri. Le famiglie coloniche che immigrarono in Sardegna provenivano prevalentemente dal Veneto (79%), dalla Sardegna (8%), dall'Emilia (8%) e da altre regioni (5%).

La superficie della zona di Sassu era così suddivisa:

- Superficie seminativa irrigua netta, 1816 ettari;
- Frutteti e vigneti, 51 ettari;
- Vivaio, 15 ettari;
- Dune non irrigabili, 99 ettari;
- Strade, canali, fossi, costruzioni, frangivento, 348 ettari;
- Totale, 2.329 ettari;

Fino al 1954 la coltivazione dell'intera superficie era fatta in parte dalla Società Bonifiche Sarde, ed in parte con l'intervento di oltre 400 partecipanti, ai quali veniva affidata una superficie di anno in anno crescente. In attuazione della Riforma Agraria, alla fine del 1956, della superficie seminativa, 92 ettari vennero assegnati a 23 coltivatori locali. Nel 1954-55 si ebbero a Sassu le seguenti colture: 430,50 ettari a risaia, con una produzione di 22.301,91 quintali di risone (in media 51,80 Q.li/ha), 271,40 ettari di frumento con 4077,86 quintali (15,02 Q.li/ha), 195 ettari di bietolai con 54.521,17 quintali (278,16 Q.li/ha), oltre a prati ed erbai su oltre 900 ettari ed a piccole superfici ad altre colture (Morani V., 1957).

Paesaggio delle zone umide

Intrinsecamente correlati alla dinamica costiera sono tutte le aree umide del vasto golfo di Oristano, nella cui formazione sono intervenuti imponenti fenomeni di sprofondamento tettonico. I promontori rocciosi di Capo San Marco e Capo Mannu a nord e Capo Frasca a sud, chiudono e delimitano un territorio dove s'incardinano una serie di cordoni costituiti sia da materiali sabbiosi, ciottolosi, di natura vegetale e d'apporto fluviale, specialmente dovuti al fiume Tirso, che di natura marina, come conchiglie, poseidonie e alghe, ridistribuiti dalle correnti marine e che hanno determinato la formazione di vaste aree lagunari. Oggi questo paesaggio delle zone umide è alterato dall'azione delle opere dell'uomo, che nel tempo ha

A.T.P. "C.C.W.R." progettazioni e soluzioni ambientali, sviluppo equo ed ecosostenibile

STAFF TECNICO: Prof. Angelo Aru, agronomo – ordinario di geopedologia, dipartimento di scienze della terra Università Cagliari

Ph.D.biol. Francesco Aru, Ph: ingegneria ambientale e metodologie legate all'ambiente ed al territorio; dip. Sci. Bot. UniCa

Dr. Geo. Daniele Tomasi ricercatore, dipartimento di scienze della terra Università Cagliari



scavato canali per la regimazione delle acque, per la risalita del novellame di pesce dal mare verso l'interno, mettendo in comunicazione diretta col mare non solo le zone lagunari, ma anche gli stagni più interni. Le opere di bonifica dell'ultimo secolo hanno inoltre eliminato per sempre una gran parte dei "pauli minori", e prosciugato l'ampio Stagno di Sassu, del quale oggi rimane come sua unica testimonianza lo Stagno di S'Ena Arrubia e alcune depressioni umide minori presso Marceddì. Anche l'incanalamento dei corsi d'acqua che confluivano presso gli stagni, come a Mare Foghe, ha determinato un cambiamento dell'assetto originario dell'area. Ultime, ma non meno importanti, le opere che hanno riguardato la costruzione e l'ampliamento del porto industriale di Oristano, che ha comportato una vasta trasformazione di ampie aree dello stagno di Santa Giusta e fenomeni di eutrofizzazione e risalita delle acque saline dello Stagno di Cabras. Pur riscontrando ampie modifiche all'assetto idrogeologico delle aree umide dell'Oristanese, tali ambienti caratterizzano ancora dei paesaggi unici e di gran valore naturalistico. Questi possono essere suddivisi in tre differenti zone ecologiche, così come proposto da Diana S. et. al. (1979) nel lavoro sulla vegetazione gli stagni costieri della Sardegna:

- lacustre: il centro del bacino ed i canali che vi sfociano, con comunità vegetali costantemente sommerse;
- palustre: dove le piante hanno le radici costantemente sommerse anche nel periodo estivo;
- semi-emersa: quella inondata nel periodo invernale e totalmente asciutta nel periodo primaverile-estivo.

Il paesaggio odierno si è modificato in maniera rilevante anche sotto l'aspetto vegetazionale; è sufficiente pensare come è cambiata la situazione dello Stagno di S'Ena Arrubia dagli anni "70" (Valsecchi F., 1972; Corbetta F., Lorenzoni G.G., 1976) ad oggi (Filigheddu R. et al., 2000). Infatti, dal momento in cui la laguna comunica direttamente con il mare tramite un canale artificiale aperto nella duna costiera, la concentrazione salina nelle sue acque è aumentata sostanzialmente, determinando un cambiamento nel gradiente salino, facendo in modo che con uno smaltimento più rapido delle acque dolci provenienti dai suoi affluenti, le comunità subalofile e dulciacquicole a *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. s.l., *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla, *Juncus maritimus* Lam. e *Spartina versicolor* Fabre e le praterie ad *Elymus repens* (L.) Gould subsp. *repens* nonché la vegetazione sommersa a *Potamogeton sp.pl.* e quella natante a *Lemna minor* L., prima dominanti su vaste superfici, provocasse il ritiro in posizione più interna, lasciando spazio all'odierna vegetazione più alofila, ad *Arthrocnemum macrostachyum* (Moric.) Moris (*Salicornia fruticosa* (L.) L.). Nel versante a mare degli stagni e delle lagune, su superfici piane in cordoni dunali, dove la matrice sabbiosa interagisce con quella limosa, s'insedia una vegetazione appartenente all'**ordine Limonietalia** Br.-Bl. et O. Bolòs 1958 (Biondi E. et. al., 2001) che tollera limitati periodi di sommersione e che s'interpone tra gli ambienti salmastri delle superfici più umide occupate da *Arthrocnemum sp.pl.* e quelle più aride ad *Atriplex portulacoides* L., più esterna agli ambienti umidi e che in genere ne costituisce una cornice quasi continua.

Sul versante ad acque dulcicole, e nelle situazioni più elevate, la vegetazione che cinge il margine dello stagno è caratterizzata da formazioni di macchia a *Pistacia lentiscus* L. La situazione descritta per S'Ena Arrubia, con le alterazioni delle fasce vegetazionali può essere ben osservata anche negli altri stagni dell'area in esame, in particolar modo nelle aree circostanti Corru S'Ittiri posizionato a S e a brevissima distanza dal Tiro a Volo Arborea, lo stagno di Pauli Pirastru posizionato a NNE, nonché le aree marginali del campo di Tiro. Oltre a *Pistacia lentiscus* L. nelle fasce di vegetazione circostanti il Tiro a Volo e in



quelle delimitanti il laghetto artificiale ivi presente ritroviamo: *Phillyrea angustifolia* L., *Phillyrea latifolia* L., *Rhamnus alaternus* L. Lungo le sponde dei canali affluenti ed effluenti gli stagni d'acqua dolce o scarsamente salmastra, come in particolare presso Riola Sardo e lungo le ampie sponde di Rio di Mare Foghe, si può incontrare una vegetazione apparentemente natante, per via dei lunghi stoloni che riesce ad emettere, ma in realtà radicante al fondale, fisionomicamente dominata da *Hydrocotyle ranunculoides* L., alla quale, lungo il margine delle rive, si associano tipiche elofite quali *Phalaris arundinacea* L. subsp. *arundinacea*, *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. s.l. e geofite come *Iris pseudacorus* L., che con le sue intense fioriture tardo primaverili, si distingue nettamente dal restante contesto vegetale. In tutti gli ambienti lagunari e degli stagni più interni, comprese piccole porzioni di Sa Salina Manna, che non avendo immissari diretti vive grazie agli apporti meteorici invernali ed al livello piezometrico della falda, si possono riscontrare formazioni ascrivibili alla **classe Phragmito-Magnocaricetea** Klika in Klika et V. Novák 1941, che in ordine decrescente di alofilia, si ritrovano come cenosi del *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla, della *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. s.l. e della *Typha angustifolia* L.



Typha angustifolia L.



Bolboschoenus maritimus (L.) Palla

Il *Phragmitetum australis* (Gams 1927) Schmale 1939, è abbondantemente rappresentato ai bordi degli Stagni di S'Ena Arrubia, Santa Giusta e Cabras mentre sporadico in prossimità di Pauli Maiori e Pauli Figu, dove viene però sostituito maggiormente dal *Typhetum angustifoliae* (Allorge 1922) Soo 1927, decisamente meno alofilo. La vegetazione dei pauli, invece, viene caratterizzata da vaste estensioni a *Juncus maritimus* Lam. che costituisce ampie tessere nell'intricato mosaico vegetazionale degli svariati ambienti umidi dell'Oristanese. Non meno importanti sono le formazioni a *Spartina versicolor* Fabre, che s'inseriscono tra fasce di vegetazione più igrofile come i fragmiteti e fasce di vegetazione meno igrofile come lo *junceto*.



Spartina versicolor Fabre

La spartina è specie tipicamente litoranea, che presenta un'ecologia molto particolare, con esigenze alofilo-psammofilo-igrofila e va ad insediarsi allo sbocco dei corsi d'acqua e sulle rive interne degli stagni salmastri. Da ciò, si deduce come gli ambienti degli stagni dell'Oristanese, oltre ad essere particolarmente interessanti dal punto di vista della vegetazione, che con la sua ricchezza e molteplicità determina un gran numero di paesaggi e nicchie ecologiche, rivestono un carattere di peculiarità per la ricca fauna riscontrabile, specialmente ornitica, sia stanziale che di passo.



Spartina maritima (Curtis) Fernald

Paesaggio litoraneo

Il paesaggio costiero di Arborea e dell'oristanese, in senso generale, testimonia ancora ambiti di elevata naturalità e rilevanza scientifica con una forte caratterizzazione data dal patrimonio culturale ed ambientale. Le peculiarità morfologiche della fascia costiera portarono ad una competizione nell'uso delle risorse a favore di quella dell'entroterra che ancora permane. Al sud, la costa bassa sabbiosa e la complessità delle aree umide indusse lo sviluppo di attività collegate alle aree di transizione, quali pesca in laguna, creazione di saline e infrastrutture per i traffici marittimi. Al nord, la costa alta, difficilmente accessibile, allontanò l'uomo a favore di attività interne di tipo agro-silvo-pastorale. La fascia costiera rappresenta l'area di interfaccia dove si svolgono i processi di interazione tra il sistema marino e quello terrestre; la sua delimitazione non può essere risolta con un unico standard di riferimento, in quanto la complessità degli ambienti e la sensibilità degli ecosistemi in essa presenti, racchiudono una molteplicità di interazioni che non permettono di delineare confini netti di separazione tra loro. La delimitazione del paesaggio litoraneo, in sensu latu, assume quali criteri discriminanti la continuità, a partire dalla costa, dei caratteri ecologici, geomorfologici, idrogeologici e antropico-culturali. In esso si identificano diversi ambienti in cui insistono ecologie differenti, che determinano una molteplicità di situazioni paesaggistico-vegetali. A partire dalle aree sommerse litoranee e sublitoranee, si possono osservare vaste superfici occupate da praterie a fanerogame marine dell'**associazione** *Posidonietum oceanicae* Funk 1927, radicanti su fondali sabbiosi, in presenza di acque da eualine a polialine, le quali ospitano anche diverse alghe, a profondità comprese tra pochi metri e i 35 m. Sulle rupi costiere, come presso Capo Mannu e Capo San Marco, si presenta un'ecologia particolare, dettata essenzialmente dal tipo di substrato, dalle forti pendenze e dalla quasi assenza di suolo che, condizionata dall'elevata presenza di aerosol marino e dall'apporto di nitrati, fa sì che si stabiliscano comunità alorupicole a *Limonium sp.pl.* e *Crithmum*



maritimum L. appartenenti alla **classe** *Crithmo-Limonietea* Br.-Bl. 1947. In questi ambienti sono presenti numerose entità endemiche esclusive sarde e specifiche del territorio in esame come *Limonium lausianum* Pignatti, *Limonium tenuifolium* (Bertol. ex Moris) Erben, *Polygala sinisica* Arrigoni ed *Helianthemum caputfelis* Boiss., tutte concentrate a *Capo Mannu*. Sempre in questa località sono presenti popolazioni di *Erica multiflora* L., sparse tra la macchia a ginepro e lentisco. A San Giovanni di Sinis, Is Aruttas ed altre porzioni del territorio costiero si sviluppa una vegetazione arbustiva a ginepro fenicio (*Juniperus phoenicea* L. subsp. *turbinata* (Guss.) Nyman) e palma nana (*Chamaerops humilis* L.), a cui si associano *Phillyrea angustifolia* L., *Pistacia lentiscus* L., *Rhamnus alaternus* L. subsp. *alaternus*, *Prasium majus* L. e *Asparagus albus* L che può essere inquadrata nell'**associazione** *Chamaeropo humilis-Juniperetum turbinatae* De Marco et al. 1985 che tende a regredire con formazioni dominate da lentisco e palma nana, alle quali si collega una macchia bassa a rosmarino (*Rosmarinus officinalis* L.). Gli ambienti dunali, presentano diverse morfologie e sviluppi differenti a seconda dell'area considerata. Si possono osservare vasti cordoni sabbiosi litoranei che come bracci, cingono e dividono le acque marine da quelle lagunari, come si verifica a *Corru e S'Ittiri*, a *Su Pallosu*, nei pressi dello Stagno di Cabras e a *S'Ena Arrubia*. Inoltre si possono osservare estesi campi dunali che dal mare si espandono verso l'entroterra per svariate centinaia di metri, sino ad estensioni di qualche chilometro come in corrispondenza del sistema dunale di *Is Arenas*; in tutte queste situazioni, la vegetazione psammofila si presenta più o meno evoluta e costituita da un insieme di comunità che si dispongono parallelamente alla linea di costa. In genere si osservano nella prima fascia prospiciente la linea dell'alta marea, una vegetazione pioniera alonitrofila costituita da terofite annuali, individuabile nell' **associazione** del *Salsolo kali-Cakiletum maritimae* Riv.-Mart. et al. 1992 che a causa della scarsità dei nutrienti presenti nei suoli sabbiosi, sopravvivono grazie ai consistenti depositi di sostanza organica che le mareggiate invernali rilasciano sulla spiaggia. A queste seguono, in posizione più interna, comunità perenni dominate da geofite specializzate, quali l'**associazione** *Sporoboletum arenarii* Rothmaler 1943 del primo tratto della spiaggia emersa, l'**associazione** *Sileno corsicae-Elymetum farcti* Bartolo et al. 1992, endemica sardo-corsa sulle dune embrionali presente a *S'Ena Arrubia e Is Arenas* e l'**associazione** *Sileno corsicae-Ammophiletum arundinaceae* Bartolo et al. 1992, endemica sardo-corsa che si sviluppa sulle dune, ben sviluppata a *Is Arenas*. Sempre sui grandi complessi dunali, si sviluppano in condizioni di dune più stabili e compatte, paesaggi caratterizzati da garighe in cui si riscontrano *taxa* ad elevato valore fitogeografico come *Helichrysum microphyllum* (Willd.) Camb. subsp. *tyrrhenicum* Bacchetta, Brullo et Giusso, *Ononis natrix* L. subsp. *ramosissima* (Desf.) Batt., *Ephedra distachya* L. subsp. *distachya*, *Scrophularia canina* L. subsp. *bicolor* (Sm.) Greuter e *Crucianella maritima* L., riferite all'**alleanza** *Crucianellion maritimae* Riva-Goday et Rivas-Martinez 1963 alla quale fanno riferimento le formazioni vegetali ascrivibili all'**associazione** *Crucianello-Helicrysetum microphylli* Bartolo et al. 1992, riconoscibili presso *Su Pallosu* ed *Is Arenas*. A queste formazioni si alternano prati effimeri di composizione terofitica dell'**ordine** *Malcolmietalia* Rivas Goday 1958 alle quali fa riferimento l'**associazione** *Malcolmio-Linarietum sardoae* Bartolo et al. 1992, presso il cordone dunale prospiciente allo stagno di *S'Ena Arrubia* e caratterizzato dalla presenza dell'endemica *Linaria flava* (Poir.) Desf. subsp. *sardoa* (Sommier) A. Terracc. Sulle dune più interne, ormai consolidate, si osserva una vegetazione forestale psammofila, costituita da boscaglie riferibili all'**associazione** *Pistacio-Juniperetum macrocarpae* Caneva, De Marco et Mossa 1981, dominata fisionomicamente da *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *macrocarpa* (Sibth. & Sm.) Neilr., alla quale si accompagnano varie specie arbustive quali il lentisco, la fillirea ed il ginepro fenicio (*Juniperus phoenicea* L. subsp. *turbinata* (Guss.) Nyman). A queste formazioni vegetali naturali, si devono



affiancare le vaste aree dei rimboschimenti litoranei, impiantati su vaste superfici dei complessi dunali, tra i quali ricordiamo la pineta di *S'Ena Arrubia*, quella dell'area del Pontile di Oristano e la vasta pineta di *Is Arenas*, una delle più vaste della Sardegna.

Ornitofauna individuata nel sito

Da svariati anni viene eseguita un'attività di monitoraggio nelle aree circostanti il Tiro a Volo per valutare la consistenza e lo stato di salute dell'ornitofauna presente. All'interno di queste attività si è verificata e valutata l'azione di disturbo all'avifauna arrecata dall'esplosione dovuta alle fucilate durante le attività di tiro. Le attività di tiro avvengono durante tutta la settimana, in particolar modo nelle ore pomeridiane nei periodi di allenamento, con un intensificarsi dell'attività dal venerdì pomeriggio alla domenica. Ad ogni buon conto, l'avifauna si è completamente abituata alle esplosioni, comprendendone la non pericolosità per la loro incolumità, dimostrando una totale indifferenza al rumore, mantenendo comunque la frequentazione delle aree lacustri viciniori, anche durante le gare di tiro. Tuttavia si è osservato che gli uccelli mantengono un elevato grado di vigilanza all'avvicinarsi di soggetti estranei, che se non opportunamente mimetizzati, determinano l'immediato allontanamento degli animali, prima a nuoto e poi in volo, al persistere o intensificarsi dell'azione di disturbo.

Si consiglia, comunque, vivamente di attuare delle misure di contenimento e riduzione del rumore e limitazione dell'impatto visivo, mediante l'allestimento di schermatura da realizzarsi con barriere verdi costituite da sieponi di arbusti in un mix delle specie attualmente presenti nella vegetazione naturale spontanea del sito. Le specie arbustive naturali presenti nell'area e da utilizzare nella realizzazione delle opere a verde sono: *Pistacia lentiscus* L. (prevalente), *Phillyrea angustifolia* L., *Phillyrea latifolia* L., *Rhamnus alaternus* L. (raro ma presente). Le siepi di schermatura andranno realizzate ex novo, dove non presenti e, attuando un rinforzo e ispessimento, ove già presenti. Andrà curato in modo particolare il corretto ispessimento del siepone su tutto il lato da N a NNE confinante (che cinge) con il laghetto (artificiale) che risulta in comunicazione idraulica con *Pauli Pirastu*. Sul lato E, lungo il canale che mette in comunicazione lo stagno di *Pauli Pirastu* con la laguna di *Corru S'Itiri*, andrà eseguita ex novo la completa e totale schermatura. Lungo la consortile n. 18 W nel tratto prospiciente il "Tiro a Volo", andrà realizzata analoga schermatura acustica e visiva con le stesse modalità sopra descritte. Per gli accessi al "Tiro a Volo", per non interrompere la continuità della schermatura, si porrà a dimora il postime in *quinte*.

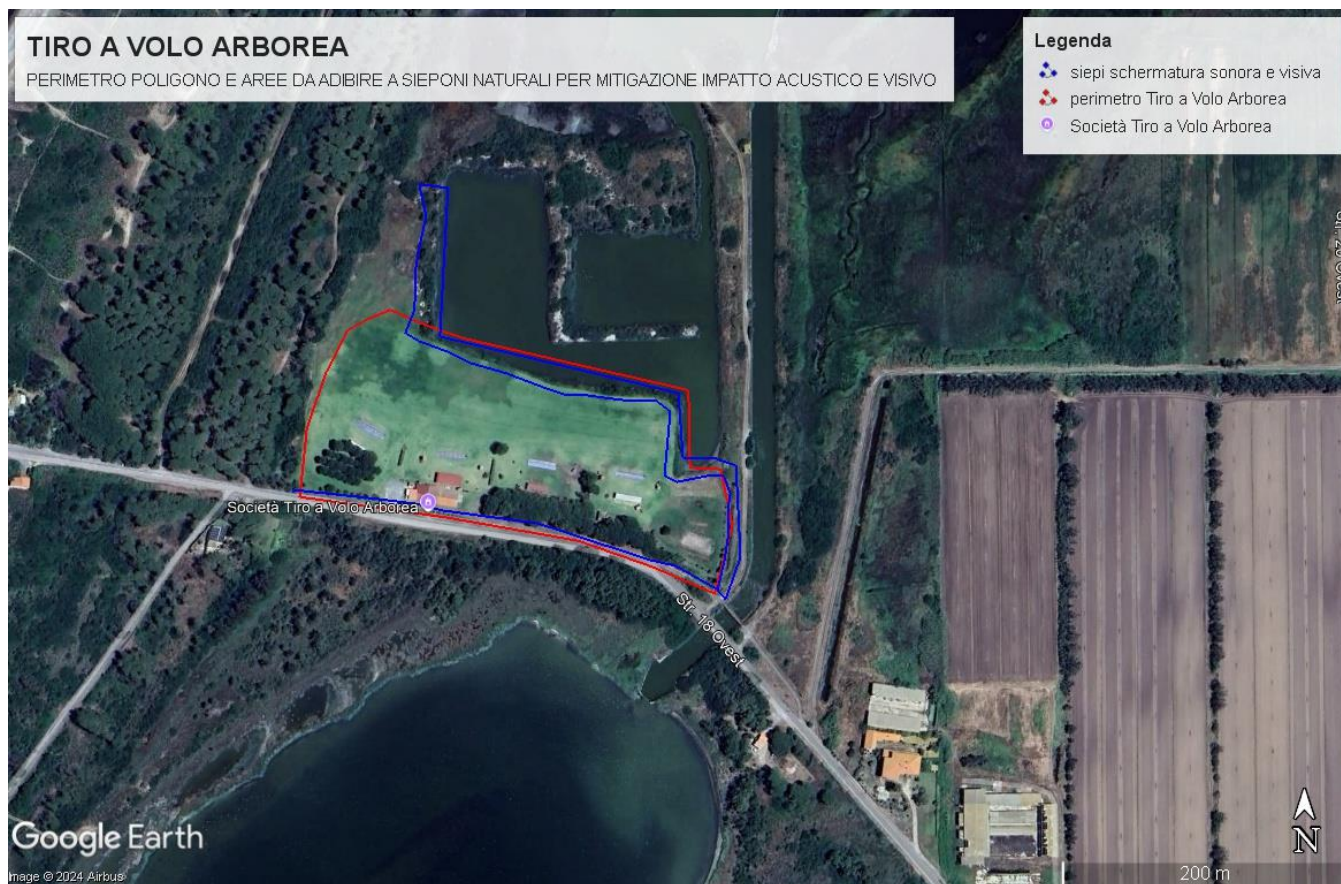
Le aree da sottoporre a opere a verde sono evidenziate in azzurro nella sottostante figura.

Per quanto riguarda le specie ornitiche, durante i sopralluoghi e le attività di monitoraggio nell'area circostante al "Tiro a Volo Arborea", sono state individuate le seguenti specie: *Anas crecca* (alzavola), *Anas platyrhynchos* (germano reale), *Ardea cinerea* (airone cenerino), *Babulcus ibis* (airone guardabuoi), *Recurvirostra avosetta* (avocetta), *Circus aeruginosus* (falco di palude), *Phoenicopiterus roseus* (fenicottero rosa), *Fulica atra* (folaga), *Larus michahellis* (gabbiano), *Phalacrocorax carbo* (cormorano), *Egretta garzetta* (garzetta), *Tadorna tadorna* (volpoca) segnalata la presenza ma non osservata.

In osservanza a quanto espressamente richiesto dall'Assessorato Difesa Ambiente RAS, si comunica che in accordo con la pregressa e pluriennale conoscenza delle aree prospicienti al sito, anche durante le attività di monitoraggio recenti, non sono state rilevate presenze relative al pollo sultano (*Porphyrio porphyrio*) e alla Moretta tabaccata (*Aythya nyroca*). In aggiunta, un'indagine personalmente svolta presso le associazioni di birdwatching (EBN IT) e vari birdwatchers, ha confermato l'assenza o presenza saltuaria e casuale



del Pollo sultano nelle aree circostanti il "Tiro a Volo" e, l'assenza totale da svariati anni in tutto il territorio, della Moretta tabaccata. Viene indicata come zona d'elezione attuale per l'osservazione del Pollo sultano lo Stagno di Pauli 'e Sali presso Cabras, ma segnalato anche a S'Ena Arrubia; anche la Moretta tabaccata, è segnalata tra i nidificanti nello Stagno di S'Ena Arrubia in osservazioni condotte nel gennaio 1991 (Gabriele Pinna - Quaderni di Birdwatching dicembre 2014). La mancata osservazione di queste specie durante le attività di monitoraggio, potrebbe essere messa in relazione con l'apertura di "bocche a mare", per l'incremento delle attività di allevamento di molluschi e pesci, associata alla forte diminuzione delle precipitazioni piovose degli ultimi anni, che hanno comportato un progressivo aumento della salinità delle acque interne, determinando una forte riduzione delle superfici a fragmiteti, giuncheti e scirpeti, habitat naturali di queste specie, a favore di un ampliamento delle aree colonizzate da vegetazione alofila a salicornia, maggiormente idonea alla colonizzazione da parte di altre specie.



In azzurro sieponi mitigazione impatto acustico e visivo

Generalità sul clima del Campidano Centro-Settentrionale

Il clima dominante nel comprensorio del Campidano Centro-Settentrionale è, genericamente, di tipo mediterraneo sub-arido, con inverno mite ed estate, solitamente, calda. Dai dati sino ad ora analizzati si osserva un massimo di precipitazioni durante il periodo autunno/invernale e un minimo nel periodo estivo, con ventosità intensa e frequente e con umidità atmosferica relativamente elevata, in particolare nelle zone comprese all'interno della bonifica irrigua, per i notevoli apporti idrici dovuti all'attività agricola. Le precipitazioni nevose e le grandinate, sulle quali, per altro, mancano serie di dati completi, sono da considerarsi del tutto eccezionali. Da un punto di vista generale, quindi secondo Pinna, 1977, il clima di questa zona, non si discosta dal tipo predominante in Sardegna, con modeste escursioni termiche diurne stagionali e con piovosità concentrata prevalentemente nei mesi autunno/vernini. In particolare, la posizione geografica e la vicinanza al mare determina l'instaurarsi di un clima particolarmente mite,



caratterizzato dalla prevalenza di giornate con cielo sereno e terso. La morfologia pianeggiante dell'area riveste un ruolo fondamentale nel determinare le condizioni climatiche; il territorio esposto ai venti dominanti dei quadranti occidentali è quindi fortemente influenzato dalla vicina presenza del mare. Incorniciano la piana i rilievi montuosi del Montiferru a Nord, la cui vetta più alta è "*Monte Urtigu*" m 1.050 slm, quelli del *Grighine* e del Monte Arci ad Est, con m 812 slm a "*Sa Trebina Longa*", che non impediscono con la loro presenza i movimenti ed il transito delle masse d'aria occidentali, ma tutt'al più accentuando ed incanalando per vie preferenziali queste stesse correnti umide, contemporaneamente ostacolano l'ingresso e la discesa di correnti orientali fredde che nel periodo invernale possono interessare, per brevi periodi, i territori isolani. Non esistono quindi ostacoli geografici che determinando una rapida risalita delle masse d'aria umida, agevolerebbero il loro raffreddamento e una rapida condensazione del vapore acqueo con conseguente caduta della pioggia. Da qui la mitezza del clima, ma anche una forte carenza di pioggia e lunghi periodi di siccità, ulteriormente accentuata dai forti venti che in parte riducono i benefici delle piogge incrementando l'evapotraspirazione e la perdita d'acqua dal suolo.

Parametri climatici

Come detto in precedenza, sono vari e complessi i parametri che dovrebbero essere valutati per la definizione del clima di un territorio; i più importanti, per le piante, sono: la temperatura, in particolare le minime e la loro durata, ma anche le massime e la loro durata soprattutto nel caso di vegetali non assistiti da appropriati apporti irrigui, sono sempre più frequenti i casi di ustioni alle colture da temperature eccessive e lungo irraggiamento; le precipitazioni, soprattutto i quantitativi annui e stagionali e la loro distribuzione nel corso dell'anno; i venti sono un altro parametro che condiziona la crescita e lo sviluppo della vegetazione condizionandone l'aspetto e le forme, agendo direttamente non solo sul manto vegetale, ma anche sulla qualità delle precipitazioni, condizionando in maniera rilevante l'evaporazione al suolo. Altri parametri minori, ma non meno importanti, sono la radiazione solare e le microprecipitazioni che si presentano sotto forma di nebbie e foschie. Più parametri vengono presi in considerazione, maggiore sarà l'accuratezza dello studio climatico di un territorio, senza mai dimenticare la variabilità degli eventi climatici; infatti pur disponendo di dati che abbracciano un intervallo di tempo molto ampio di osservazioni, l'analisi climatica che potrà essere effettuata, consentirà solo di rilevare l'andamento climatico in quel determinato punto per quell'intervallo temporale.

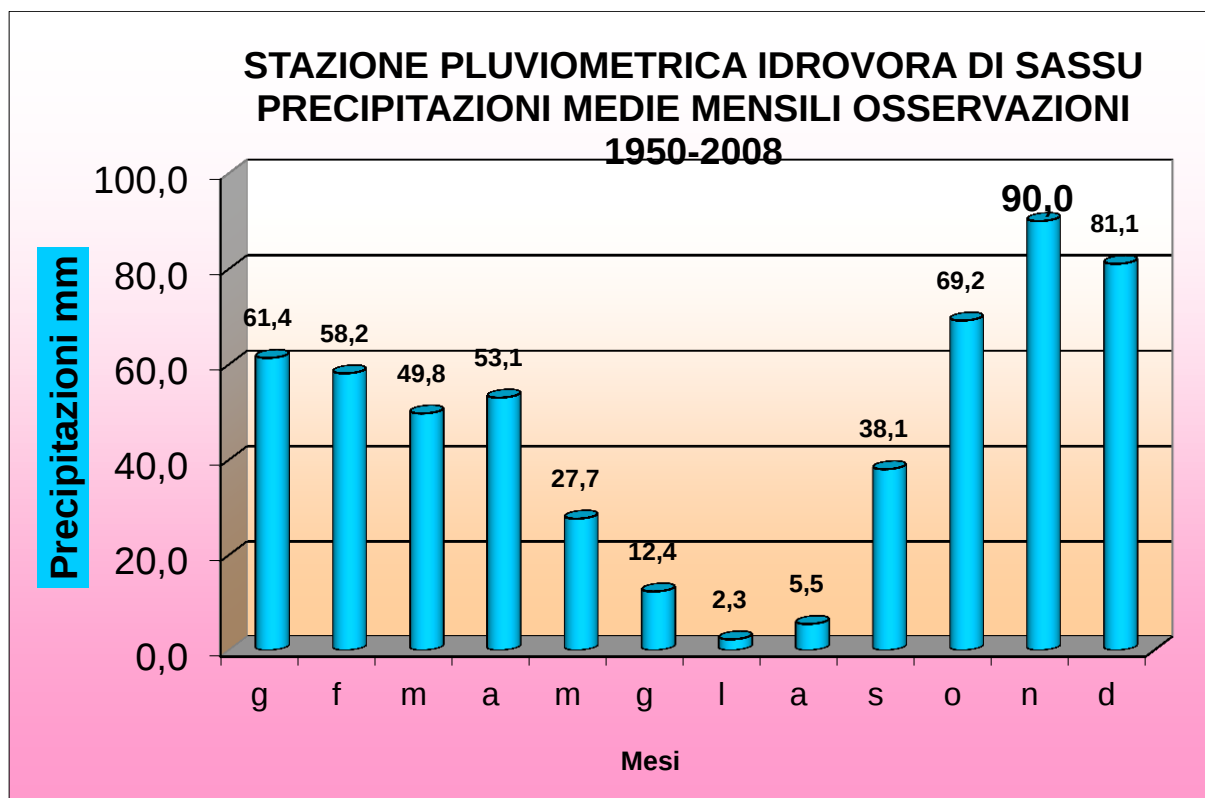
Per il seguente lavoro, vista l'ubicazione del sito, si sono presi in considerazione i dati pluviometrici riferiti alle stazioni di rilevamento di Sassu (Idrovora Sassu), quelli termo pluviometri riferiti alla stazione Termopluviometrica Idrovora 14, i pluviometrici della stazione Pluviometrica di Arborea. Per la stazione termopluviometrica Idrovora 14, vista la disponibilità dei dati, si sono elaborati i diagrammi ombrotermici di Walter e Lieth (1960) per determinare la durata del periodo d'aridità. L'allestimento di questi diagrammi con doppia ordinata, denominati diagramma termo-pluviometrico o ombrotermico o termoudogramma, ci permette una visione sintetica e contemporanea di tutti i dati climatici salienti della località in esame.

Stazione pluviometrica di: Idrovora di Sassu

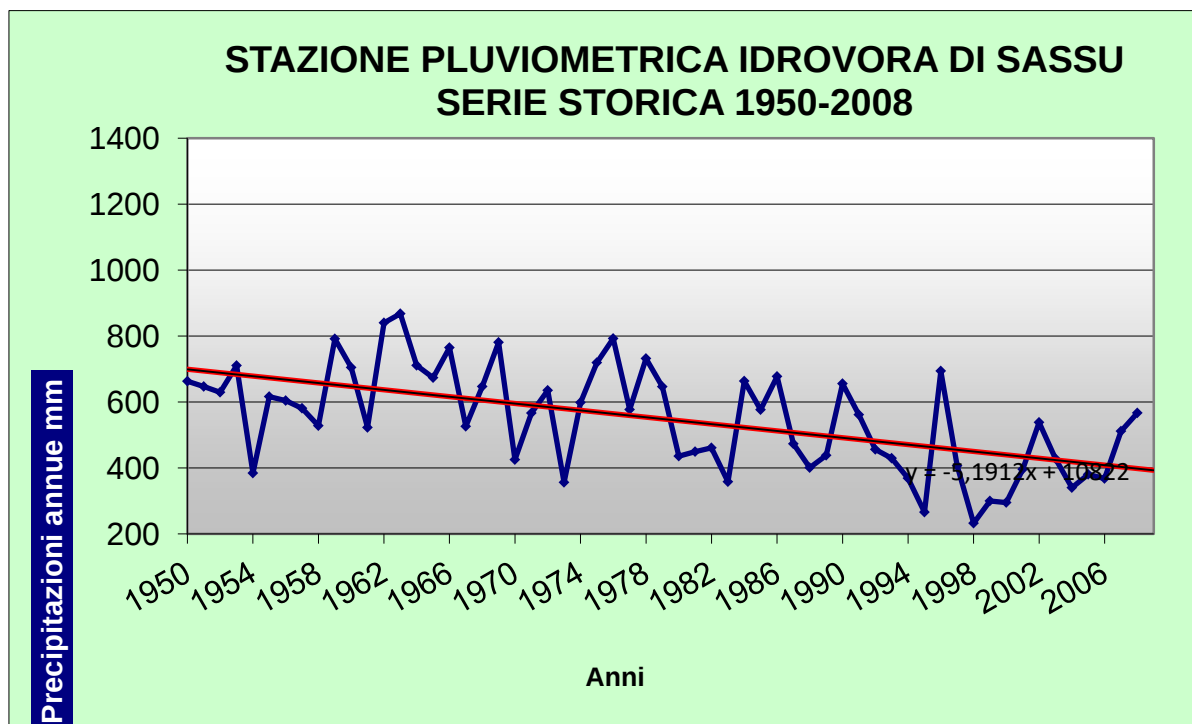
La stazione pluviometrica di Sassu risulta identificata dalle seguenti coordinate (Gauss-Boaga) **E 1463750 N 4408500**, è risulta posizionata ad un'altezza di **5 m H smm**, codice stazione 665.



Dall'analisi della serie storica delle precipitazioni, si evidenzia una forte tendenza alla diminuzione delle stesse. Purtroppo i dati in nostro possesso non sono aggiornati al 2024.



Stazione pluviometrica idrovora di Sassu



Precipitazione totale annua, serie storica con linea di tendenza – osservazioni riferite a 58 anni



Stazione termopluviometrica di: Idrovora 14

La stazione di Idrovora 14 risulta identificata dalle seguenti coordinate (Gauss-Boaga) **E 1464120 N 4402760**, e risulta posizionata ad un'altezza di **7 m H smm**, codice stazione 660.

I dati elaborati per la stazione di Idrovora 14 sono completi all'interno dei 12 anni per T e i 21 per P d'osservazione, possiamo conseguentemente confermare l'attendibilità e validità dei diagrammi riportati, pur mancando alcuni anni completi.

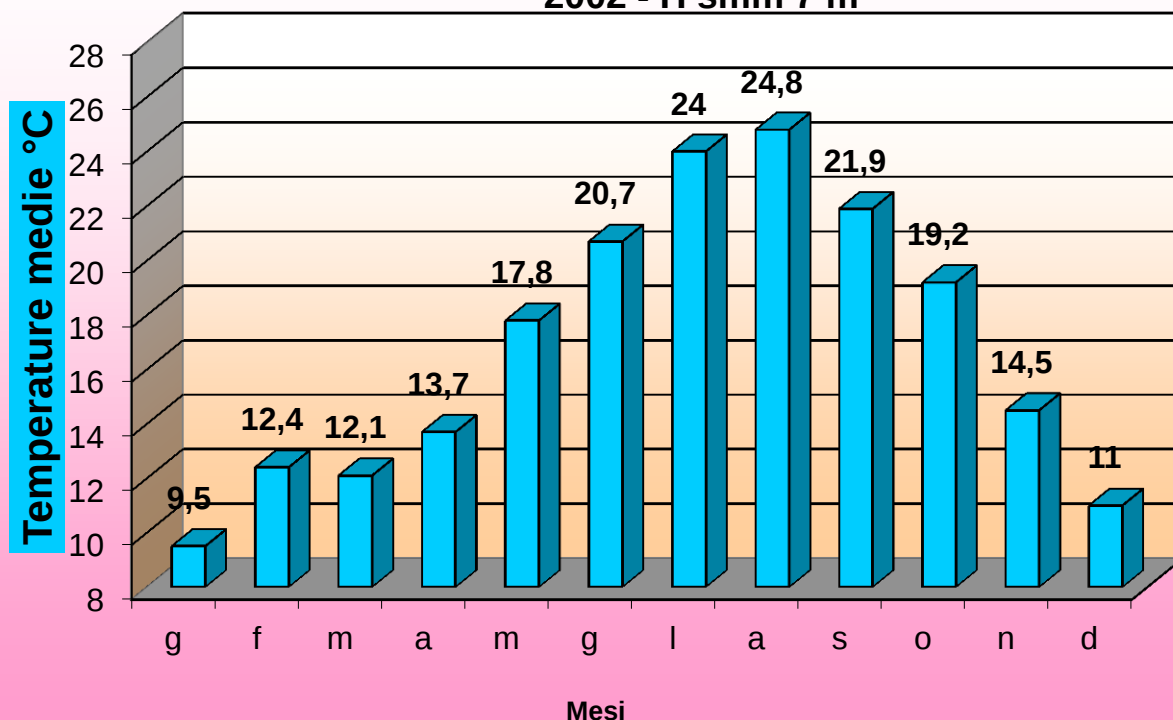
L'analisi dei dati termometrici, evidenziano una T min ass. di -5 nella prima decade di gennaio 2002 preceduta e seguita da svariati giorni con T min ass. comprese tra -4 e -0,5; fatto verificatosi anche nel precedente mese di dicembre 2001 con T min ass -4, fatto che si ripete con una certa frequenza. La T max ass è di 44°C del luglio 1996, ma si rilevano T max ass di 42°C per luglio e 43 °C per agosto anno 2000.

	gennaio		febbraio		marzo		aprile		maggio		giugno		luglio		agosto		settembre		ottobre		novembre		dicembre	
anni	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
1988	20,5	0	18,0	0	23,0	-2,0	25,0	1,0	33,0	10	31,5	11	34,5	12,5	41	13,5	34,5	9,5	31	8	24	-1	23	-4,0
1989	16	-3	20	-1	24,5	0,5	22	4,5	28	7	35	10	38	15	35	11	31	11,5	28	7	25	3	22	-0,5
1990	18	-3	20	0	21	-1,5	22	3	30,5	5	35	8	32	9	34	9	35	12,5	31	12	24	3	15	-1
1991	16	-2	17	-1	22	5	22	3	26	6	34	10	38	12	35	15	36	14	31	10	26	5	16	-1
1992	18	-1	17	-1	20	4	29	4,5	31	6	32	11	38	14	41	17	33	11	28	12	24	6	19	2,5
1994	16	-1	20	0	21	-1	23	3	36	7	35	9,5	39	13	41	10	38	10	31	9,5	26	4	23	2
1995	19	-3	22	1	20	-2	21,5	1	32	7	35	10	39	14	36	13	32	11	30	8	25	0	20	4
1996	20	1	18	1	24,5	0	25	7	30	8	35	10	44	12,5	40	13	32	10	28	10	24	6	23	-1
1999	20	-2	19	-2	23	-0,5	28	5	38	11	38	13	36	16	41	16	36	15	33	7	26	3	-	-
2000	17	-1	19	1	22	3	28	8	31	10	33	11	42	-	43	11	33	10	28	8	23	7	20	2
2001	21	1	20	-1	31	4	29	-1	32	9	35	10	37	12	41	14	32	6	36	10	30	2	22	-4
2002	21,5	-5	22	2	28	-0,6	29	4	33	6	39	11	39	15	42	14	35	7	30	6	28	4	-	2

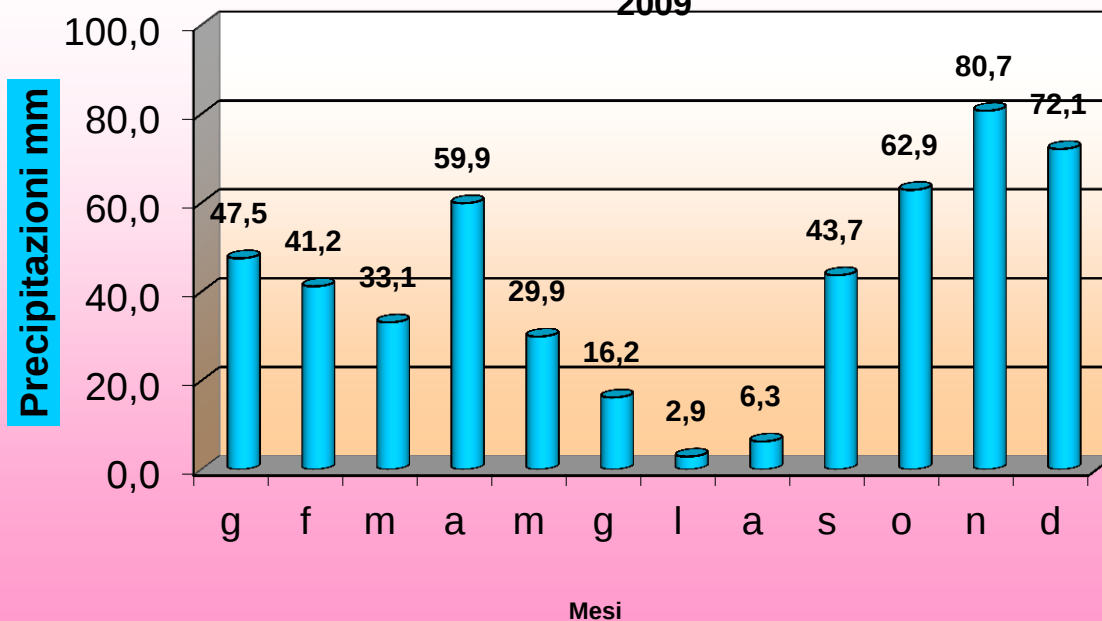
Stazione termometrica Idrovora 14 tabella delle T max ass. e delle T min ass.



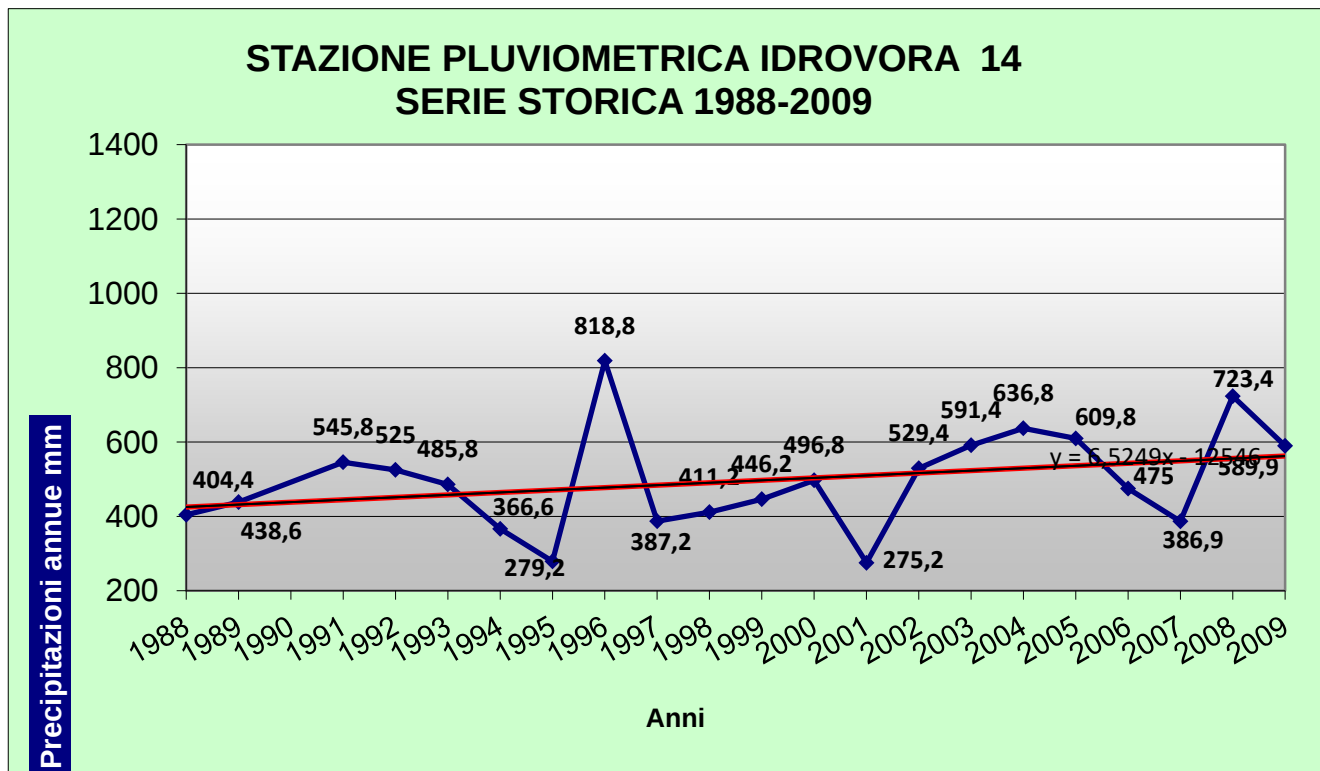
**STAZIONE TERMOMETRICA IDROVORA 14
TEMPERATURE MEDIE MENSILI OSSERVAZIONI 1988-
2002 - H smm 7 m**



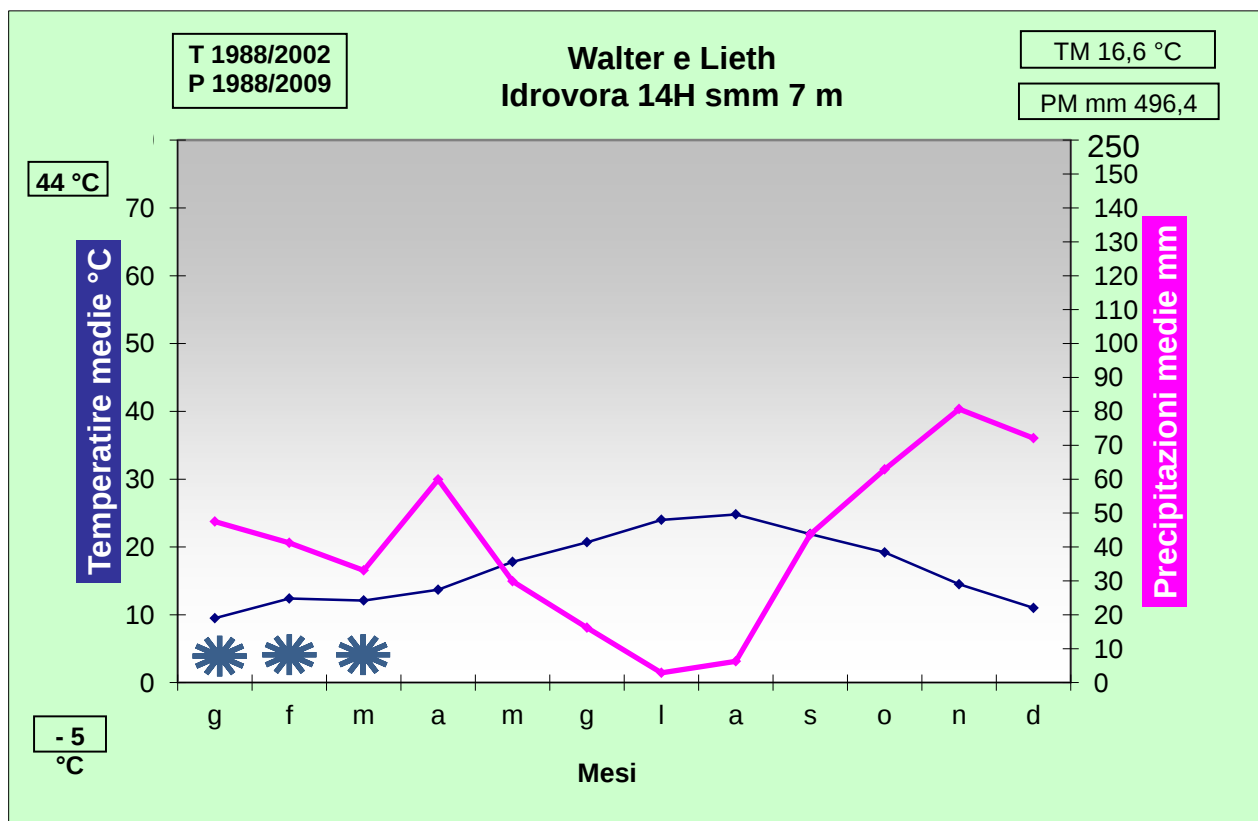
**STAZIONE PLUVIOMETRICA IDROVORA 14 - H smm 7 m
PRECIPITAZIONI MEDIE MENSILI OSSERVAZIONI 1988-
2009**

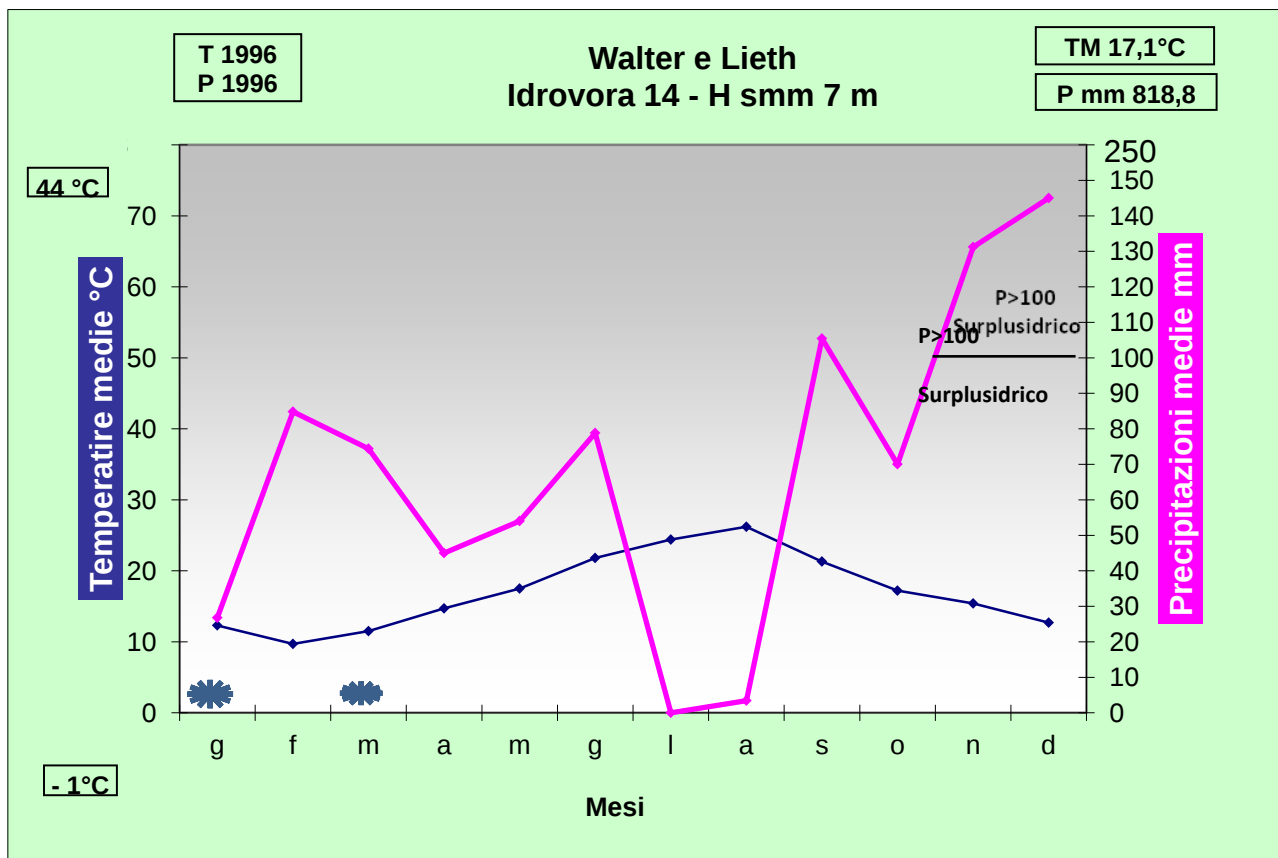
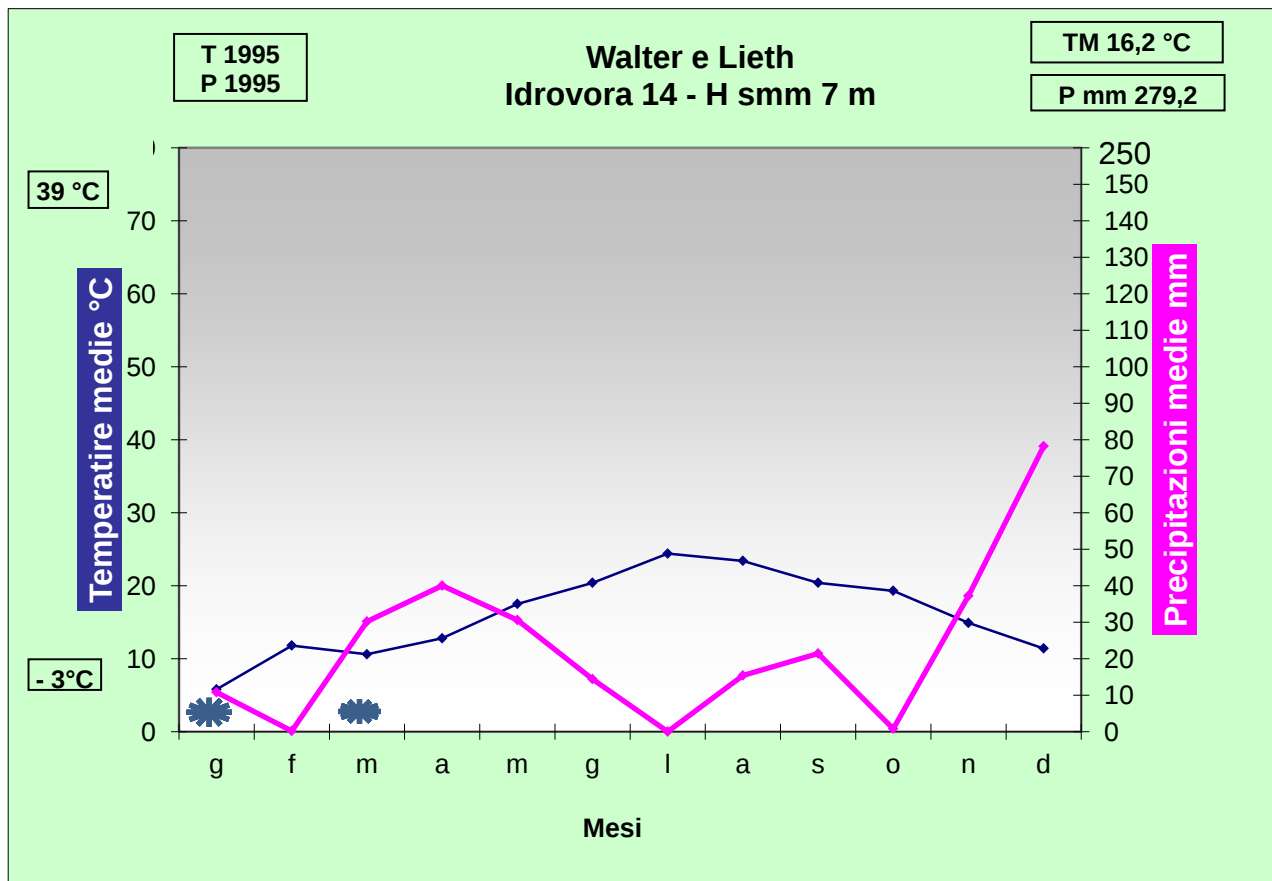


Precipitazione media mensile



Precipitazione totale annua, serie storica 1988-2009

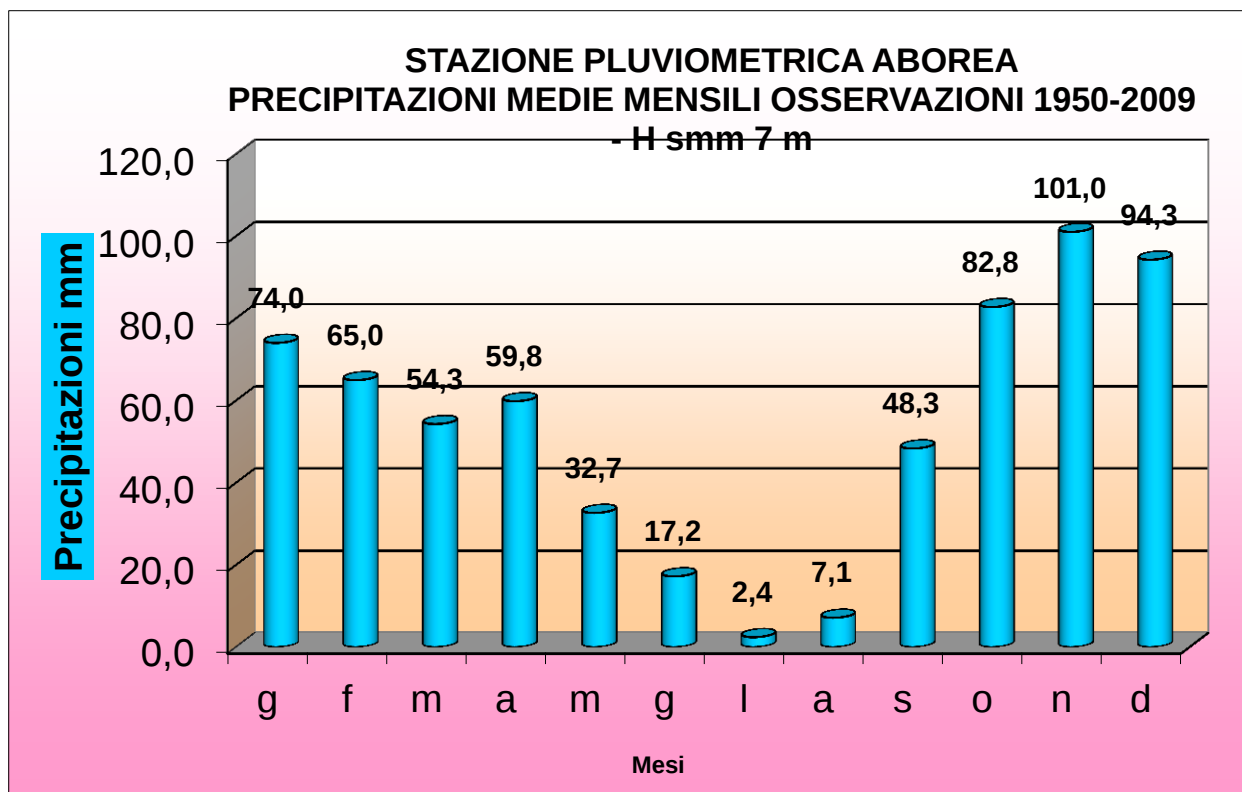




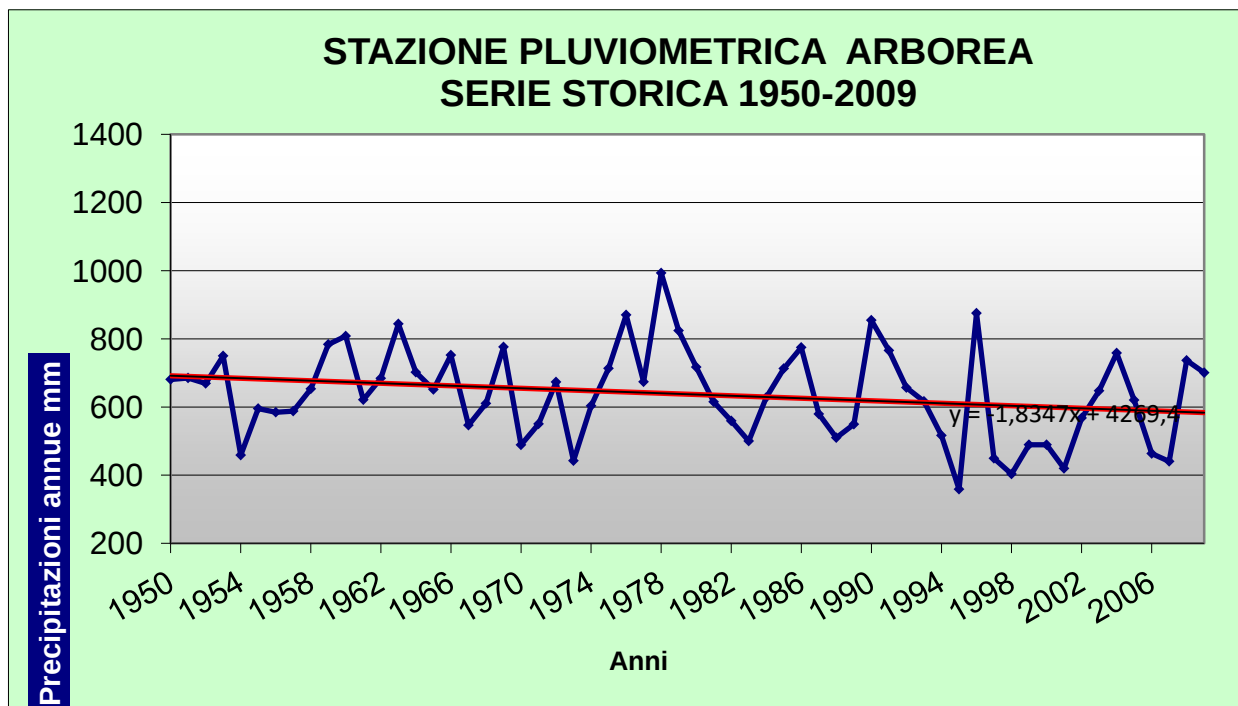


Stazione pluviometrica di: Arborea

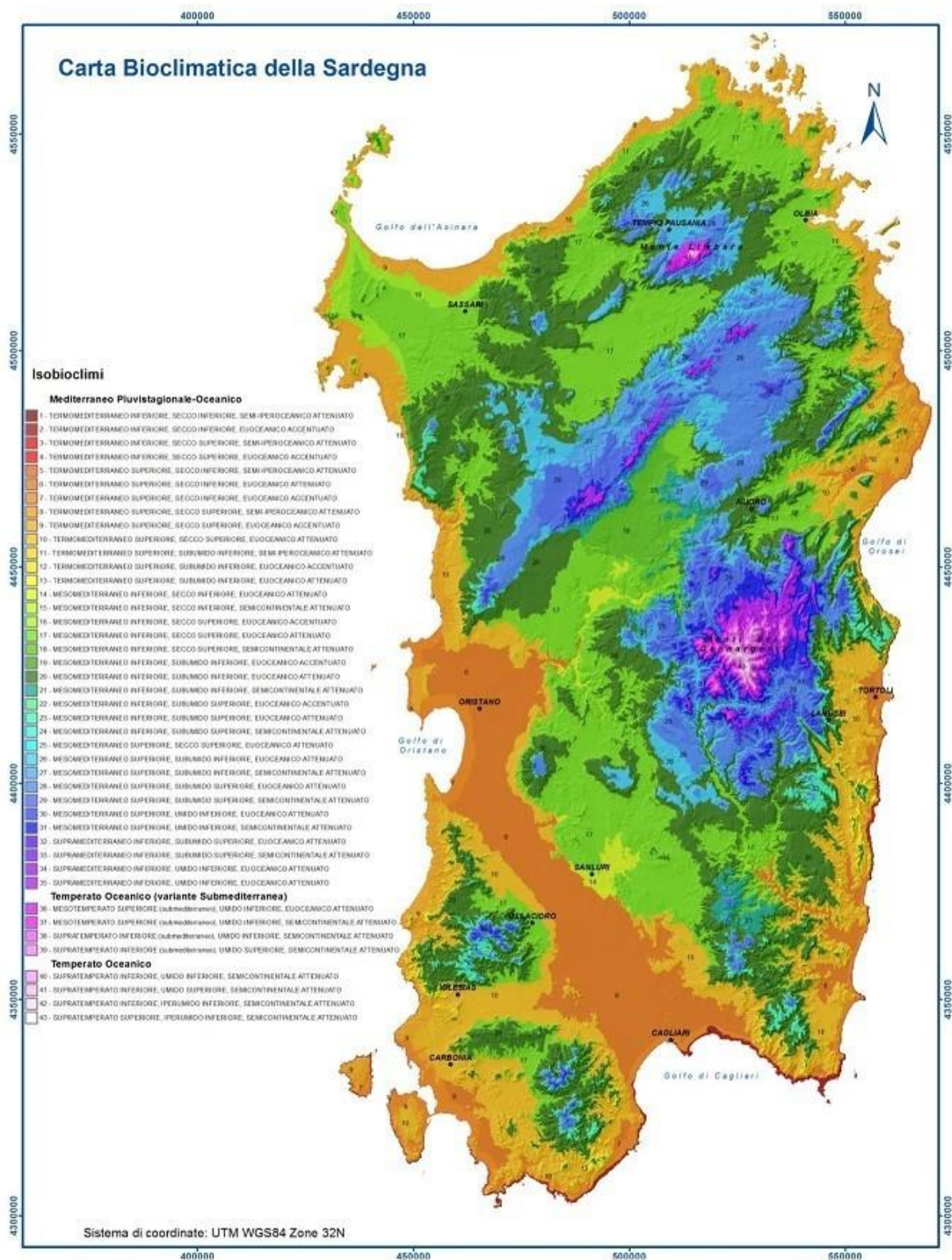
La stazione pluviometrica di arborea risulta identificata dalle seguenti coordinate (Gauss-Boaga) E 1464300 N 4402175, è risulta posizionata ad un'altezza di 7 m H smm, codice stazione 670



Stazione pluviometrica Arborea – 59 anni



Precipitazione totale annua, serie storica con linea di tendenza



Carta bioclimatica della Sardegna, Arborea area 6 – 8 (8 Tiro a Volo)

6 - TERMOMEDITERRANEO SUPERIORE, SECCO INFERIORE, EUOCEANICO ATTENUATO

8 - TERMOMEDITERRANEO SUPERIORE, SECCO SUPERIORE, SEMI-IPEROCEANICO ATTENUATO



Aspetti geologici e morfologici.

L'area in oggetto è ubicata nel territorio costiero interno del Golfo di Oristano, dalla morfologia pianeggiante, posizionata nel comprensorio agricolo di Arborea ad W della cittadina. La conformazione e le caratteristiche paesaggistiche dell'area vasta derivano sia dalla morfologia originaria naturale che da quella antropizzata. La prima è tipica di area costiera paludosa, con possenti coltri alluvionali di delta fluviale e retro-delta a varia granulometria, e stagni e lagune a componente argillo-limosa prevalente. La seconda è il risultato delle operazioni di bonifica che, nei primi decenni del secolo scorso, modificarono il paesaggio trasformandolo nell'attuale territorio a vocazione agro-zootecnica. Dal punto di vista morfologico non ci sono state comunque variazioni, è rimasta un'area senza rilievi e ondulazioni se non nelle parti con depositi dunari sabbiosi della costa.

Importante è la modifica dell'andamento idrografico, infatti gli spandimenti sabbio-limosi hanno omogeneizzato il territorio e le canalizzazioni hanno determinato l'andamento forzato delle acque superficiali in tracciati che consentono di gestirle e di impedire situazioni di alluvione delle aree coltivate.

Per la precisione l'appezzamento di interesse si trova ai margini dell'area bonificata, nella porzione interna della sottile fascia costiera, in un ambiente lagunare e di retro spiaggia dalle tipiche associazioni vegetali e dalla fauna tipica, paesaggisticamente caratterizzato da depositi dunali di sabbie eoliche stabilizzati dalle forestazioni a *Pinus pinea*, precedentemente descritte. Dato l'ambiente di area lagunare, la superficie dell'appezzamento è costellato di fossili di bivalvi.



Fig.1 - Estratto da Google Earth, con posizione dell'area di interesse.



Fig.... - Estratto da Google Earth, con dettaglio dell'area di interesse.



Fig...- Panoramica dell'area di interesse.



Aspetti geologici

Il campo di tiro è posizionato nella parte terminale del *graben* campidanese, definito come Campidano di Oristano. Si trova in un territorio geologicamente caratterizzato da depositi di origine alluvionale sottili, prevalentemente sabbioso-limosi o argillosi, sovrapposti a depositi alluvionali maggiormente grossolani e ciottolosi e a formazioni conglomeratiche, arenacee e marnose, con intervalli di depositi filoniani vulcanici. Questa successione è poggiante su un substrato miocenico carbonatico fossilifero molto potente.

Le sue sequenze litologiche sono legate ai depositi alluvionali, successivi alla formazione del *graben* campidanese, e ai depositi prima marini e poi continentali che hanno determinato il riempimento della "Fossa sarda", sprofondata dagli eventi tettonici oligocenici e colmata dalla conseguente trasgressione marina del Miocene medio, a cui si deve la deposizione di sedimenti arenacei e calcarei riccamente fossiliferi che costituiscono il profondo basamento.

Le figure 5 e 6 mostrano un estratto dalla Carta Geologica d'Italia rappresentante il territorio indagato e il dettaglio dell'appezzamento di interesse.

La fig. 7 riporta le stratigrafie ricavate da perforazioni per ricerche di idrocarburi svolte in vicinanza di Oristano. Di queste perforazioni il pozzo Sassu, visibile nella fig.7, ha raggiunto la profondità di metri 1802 è posizionato al limitare dello stagno di S'Ena Arrubiu, ed è rappresentativo della sequenza litologica anche per l'area oggetto della relazione. L'immagine della stratigrafia ricavata dal carotaggio indica che il limite del substrato carbonatico miocenico è posto intorno agli 800 metri di profondità, a cui è sovrapposta una formazione fossilifera marina di conglomerati, arenarie e marne, e una continentale di ciottoli miocenici, entrambe del Pliocene. Un corpo effusivo basaltico situato tra i 200 e i 300 m di profondità separa queste formazioni dai sovrastanti depositi alluvionali quaternari. Studi successivi hanno indicato come l'areale del comprensorio cartografato con la sigla "qd" non sia costituito litologicamente da una coltre di sabbie dunari di origine eolica più o meno cementate, ma in realtà sia assimilabile alla litologia descritta in legenda alla voce "qd¹", ossia depositi alluvionali ciottoloso-sabbiosi ricoperti da resti di dune antiche, elaborati e "spalmati" dalle operazioni di bonifica del territorio. Al di sopra possono essere presenti depositi olocenici di granulometria fine, alluvionali e palustri oppure di origine eolica, ma spesso questi sono stati asportati o miscelati con i depositi precedenti nei lavori di trasformazione agraria.

Nello specifico, facendo riferimento a quanto esposto, possiamo affermare che l'appezzamento ha un substrato molto profondo carbonatico miocenico-pliocenico, con un cappello basaltico plio-pleistocenico ricoperto da un potente deposito pleistocenico di origine alluvionale. I sedimenti superficiali olocenici, anche miscelati con i sottostanti pleistocenici, sono sabbioso-limosi, di granulometria fine e media, con un ridotto scheletro ciottoloso, incoerenti, estremamente permeabili, ricchi in resti di molluschi bivalvi. La falda superficiale si trova tra i 70 e gli 80 cm di profondità.

La sequenza litologica sarebbe quindi - utilizzando le descrizioni riportate dalla Carta Geologica d'Italia, foglio 216-217 "Capo San Marco-Oristano", scala 1:100.000 - la seguente:

a – Olocene – alluvioni ciottoloso-sabbiose e depositi limo-argillosi palustri o salmastri attuali e recenti. (prevalentemente antropizzati e miscelati con Qm);

Qm - Pleistocene - arenarie, conglomerati e sabbie con fauna tirreniana;

q2 - Pleistocene - depositi alluvionali terrazzati ciottolosi con intercalazioni sabbiose brunastre,



a elementi di quarzo, granito, scisti paleozoici;

q1 - Pleistocene - depositi alluvionali ciottolosi dei terrazzi più alti, generalmente arrossati e spesso a incrostazioni calcaree e con intercalazioni argillose, a elementi di rocce paleozoiche;

Beta - ciclo vulcanico post-miocenico - filoni e *necks* basaltici;

ax - Pliocene - alluvioni ciottolose a elementi calcarei mesozoici e miocenici in prevalenza;

Pl - Pliocene - conglomerati, arenarie e marne siltose a *Pecten bipartitus* (FOREST), *Chlamys pes felis* (I), *Hinnites ercolanianus* (COCCONI) e microfaune del Pliocene inferiore;

M3 - Miocene superiore - marne, argille e calcari ad *Amussium cristatum* (BRONN), *Chlamys multistriata* POLI, *Arca diluvii* LMK e ricche faune e microfaune del Miocene terminale, calcari cavernosi e brecciati, in parte a facies probabilmente lagunare;

M2 - Miocene medio - Marne argillose;

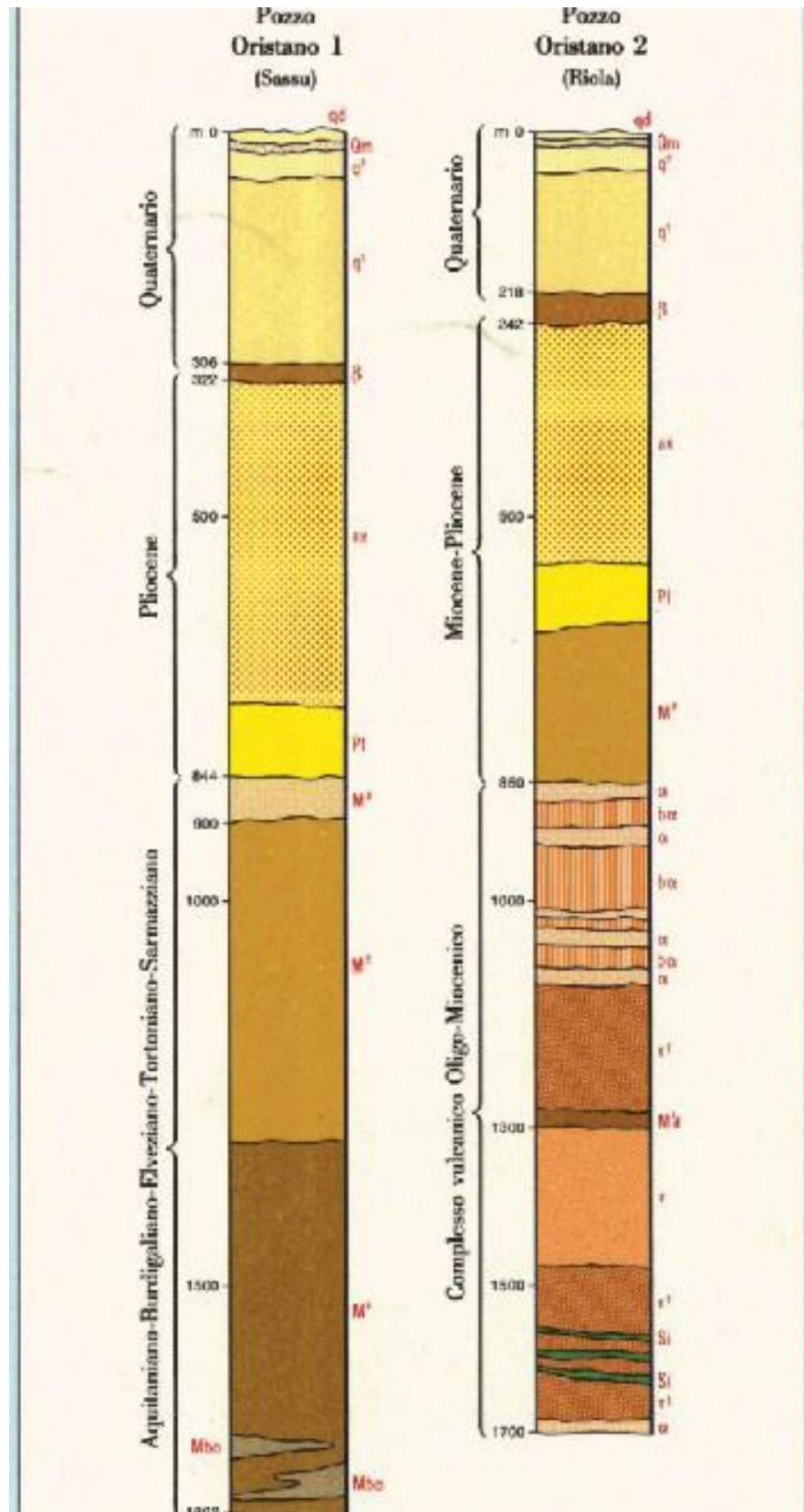
M1 (Mbalfa) - Miocene inferiore - alternanze di marne siltitiche, di arenarie microconglomeratiche, di tufiti e di brecce piroclastiche andesitico-basaltiche, localmente silicizzate, indurite e interessate da fenomeni vulcano tettonici durante e dopo la sedimentazione. Nella parte profonda intercalazioni di brecce e ialoclastiti da lave andesitico basaltiche del ciclo vulcanico oligo-miocenico.



Fig.5 - Estratto dalla Carta Geologica d'Italia, foglio 216-217 "Capo San Marco-Oristano", scala 1:100.000.



Fig.6 - Ingrandimento della fig.5, in corrispondenza dell'area di interesse.





Aspetti pedologici

Sotto l'aspetto pedologico l'area vasta è caratterizzata da suoli con una diversa granulometria in funzione del substrato da cui derivano.

- A-** Suoli a profilo A-C, sabbiosi, profondi oltre 100 cm, drenaggio rapido, per effetto delle sistemazioni da bonifica alternati a suoli a profilo Ap-Bt-Cg e Ap-Btg-Cg, profondi oltre 100 cm, sabbiosi in superficie e franco-sabbio-argillosi o sabbioso-argillosi in profondità. (*Aquic, Psammentic Palexeralfs*)

Sono i suoli più diffusi, derivanti dalle alluvioni del Tirso, presentano una tessitura variabile con la profondità, generalmente sabbiosi in superficie e più argillosi in profondità. La posizione dell'orizzonte con arricchimento in argilla è funzione della distanza dalla costa. La profondità dell'orizzonte eluviale dipende dalle lavorazioni fatte dall'uomo per ottenere campi regolari e razionali per una agricoltura intensiva.

Le variazioni granulometriche, insieme alla sostanza organica, rappresentano i parametri più importanti che condizionano la ritenuta dell'acqua che risulta moderata.

Anche lo scambio cationico risulta modesto, legato sia all'argilla che alla sostanza organica. I cationi di scambio risultano quasi sempre in equilibrio, ad eccezione di alcuni casi ove siano presenti dei sali e pH elevati. Quest'ultimo fatto potrebbe dipendere da intrusioni di acque salmastre nelle falde ed irrigazioni con tali acque.

- B-** Suoli a profilo A-Cg, profondi, argillosi, drenaggio lento (*Typic Hydraquents, Typic e Vertic Fluvaquents*)

L'altro gruppo di suoli diffusi ad Arborea, che derivano dai depositi dello stagno del Sassu, sono caratterizzati da una elevata percentuale di argilla, che negli orizzonti di superficie può arrivare a valori superiori al 70%. Questo carattere influenza fortemente la capacità ed il punto di appassimento, con valori elevatissimi per l'acqua utile, che può arrivare anche al 16%. I valori della capacità di campo, che vanno dal 35 al 40%, ci dicono invece che presentano una elevata possibilità di trattenuta dell'acqua e sopportano volumi elevati di adacquamento. Trattasi di argille a reticolo espandibile, per cui, essendo sempre allo stato umido, la permeabilità è sempre bassissima. La sostanza organica presenta ugualmente valori bassi, svolgendo anche in questi casi una azione ammendante di notevole rilievo, infatti favorisce una maggiore aggregazione e quindi una maggiore permeabilità nei terreni argillosi e l'aggregazione in quelli sabbiosi. Anche la capacità di scambio arriva a valori di circa 30 milliequivalenti o più, e la saturazione in basi è totale, con prevalenza degli ioni Calcio e Sodio. Il Sodio in questi suoli determina una defloculazione dei colloidi, generando un abbassamento della permeabilità all'aria ed all'acqua.

- C-** Suoli a profilo (A)-C, sabbiosi, profondi oltre 100 cm, drenaggio rapido. (*Regolith - Quartzipsamments*).

I suoli sulle dune sono caratterizzati dalla mancanza di orizzonti diagnostici, con un epipedon superficiale, di debole spessore. I suoli sono all'inizio della loro evoluzione con profili (A)-C, sabbiosi, limitatamente ai punti ove la duna non è più in movimento. Talora si riscontrano suoli sepolti, ricchi di sostanza organica che indicano come in origine esistesse una copertura vegetale piuttosto densa.

- D-** Suoli a profilo A-C, franco-sabbiosi, idromorfi (*Aquents*), a tratti salini per l'intero profilo (*Salorthids*).

I suoli situati lungo il bordo dei principali stagni e in prossimità del mare sono a profilo A-C e possono differenziarsi in funzione della presenza o meno di sali solubili nell'intero profilo. Se i sali sono assenti si classificano come Entisuoli idromorfi (*Aquent*), altrimenti rientrano nell'ordine degli Aridosuoli (*Salorthid*). Hanno come carattere predominante l'idromorfia, data la mancanza di quota e per la morfologia depressa, e durante i periodi umidi queste aree sono frequentemente coperte dalle acque.



Anche se non si verifica questo fenomeno, non sono utilizzati per l'agricoltura. Talvolta, nelle zone meno salse, esiste una vegetazione igrofila che copre tutto il suolo.

In sintesi, nell'area vasta i suoli sulle alluvioni appartengono ai sottogruppi *Psammentic Palexeralf* e *Aquic Palexeralf*, quelli sulle argille degli stagni bonificati ai sottogruppi *Typic Hydraquents*, *Typic e Vertic Fluvaquents*, quelli sulle dune ai *Quartzipsamments*, quelli prossimi agli stagni agli *Aquents* o ai *Salorthids*. Fasi intermedie e sovrapposizioni si rilevano nelle transizioni tra gli ambienti.

Le denominazioni sono quelle del sistema tassonomico della *Soil Taxonomy*, realizzato dal *Soil Conservation Service* del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti d'America.

Nello specifico dell'appezzamento in cui è ubicato il campo di tiro, il suolo è in un'areale di ambito laguno-stagnale, è caratterizzato da una granulometria sabbiosa/sabbioso-franca, con un accrescimento delle dimensioni verso il basso; da una elevata permeabilità; da un livello di falda posizionato tra i 60 e gli 80 cm. Date le caratteristiche il suolo rientra nel sottordine degli *Aquents*, con afferenza a livello di grande gruppo e sottogruppo che sono da stabilire con appropriate osservazioni e analisi chimico-fisiche.

Nelle immagini sottostanti sono visibili le sezioni del suolo aperte in occasione del campionamento dei sedimenti. E' possibile notare nei profili la struttura e la granulometria degli orizzonti e la posizione del livello di falda.



Fig.8 (a-b) – Profilo nel punto A.



Fig.9 (a-b) – Profilo nel punto B.



Fig 10



Fig.10-11 (a-b) – Profilo nel punto C.

Attività di bonifica

L'area di pertinenza del "Tiro a Volo Arborea" è stata sottoposta ad attività di attenta e accurata bonifica nell'anno 2014, con il conferimento di tutti i rifiuti presso il centro raccolta di idonea Ditta regolarmente autorizzata.

Aspetti chimico-fisici – campionamento e dati.

Tra il 2013 e il 2014 si è proceduto alla determinazione del contenuto in piombo del suolo e a una ipotetica lisciviazione negli strati profondi, attività che ha comportato l'apertura di alcuni scavi per osservare la successione dei profili pedologici e poter eseguire il campionamento a differenti profondità. Considerando la disposizione delle fosse di lancio dei piattelli, le piazzole di tiro e la dinamica delle attività praticate, è possibile suddividere l'area in due fasce distinte secondo il seguente schema:

1. una fascia anteriore alla zona di tiro, interessata dall'esplosione dello sparo, dalla gittata dei pallini e dal volo del piattello, dalla ricaduta dei resti del piattello rotto e una parte dei pallini, l'area di fine gittata dei pallini medesimi;
2. una fascia retrostante le piazzole di tiro/sparo/lancio, non interessata dalla ricaduta dei pallini.

La suddivisione in fasce è stata eseguita partendo dall'ipotesi che successivamente allo sparo la ricaduta del piombo al suolo sarebbe avvenuta secondo varie modalità:

1. Massima nella fascia uno, per la perdita d'inerzia del piombo a seguito dello scontro col bersaglio o per fine gittata.
2. Nulla nella fascia due trovandosi alle spalle del tiratore



Conseguentemente l'area alle spalle del tiratore può essere considerata come priva da ricadute da piombo e indice della concentrazione di fondo, quindi, presa come "bianco", fascia di riferimento delle condizioni originali del terreno.

Nella fascia 1, di contro, ci si aspetta di rinvenire una certa variabilità nei quantitativi di piombo presenti, che potrebbero essere maggiori nella zona di ricaduta dei frammenti dei piattelli colpiti e dei pallini che colpiscono gli oggetti in volo.



Fig.11 – Distinzione di porzioni dell'appezzamento in funzione della ricaduta dei pallini.

A seguito di quanto sopra ipotizzato, si è proceduto alla apertura di scavi, lungo le direttrici di tiro, per verificare l'ipotetica variazione della concentrazione di piombo con il variare della distanza dalle piazzole di tiro. Sono stati, perciò, scelti tre punti, lungo le citate direttrici, due nella fascia 1 e uno nella fascia 2.

Nei punti di apertura sono state rilevate le coordinate geografiche con GPS, riportate a seguire assieme ai dati sintetici dei profili, i singoli punti di prelievo sono stati, inoltre, identificati e segnalati con palo in ferro e nastro segnaletico bianco/rosso :

Arborea - Campionamento del 3.12.2013								
Fascia	Punto	Profondità scavo	Coordinate		Livello falda	Profondità max radici	Umidità	Struttura
1	A	0-80 cm	39°46.534' N	8°32.414' E	58 cm	38 cm	Umido	Sabbioso friabile
							Bagnato	incoerente
1	B	0-90 cm	39°46.540' N	8°32.423' E	75-80 cm	38 cm	Umido	Sabbioso friabile
							Bagnato	incoerente
2	C	0-60 cm	39°46.514' N	8°32.405' E	-	-	Umido	Sabbioso friabile
							Bagnato	incoerente



Fig.13 – Punti di campionamento e coordinate geografiche (da Google Earth).



Fig.15 – Campionamento tra 45 e 55 cm nel punto A.



Fig.16 – Campionamento tra 15 e 25 cm nel punto A.



Fig.17 – Campionamento tra 55 e 65 cm nel punto B.



Fig.18 – Campionamento tra 25 e 35 cm nel punto B.



Fig.19 – Campionamento tra 20 e 30 cm nel punto C.

Partendo dall'assunto che il piombo dei pallini caduti al suolo possa per ossidazione dar luogo a prodotti solubili che percolando entreranno nel suolo medesimo distribuendosi in diversa concentrazione alle varie profondità, si sono eseguiti i campionamenti a profondità differenti per verificare l'ipotesi. Il primo prelievo è stato eseguito in prossimità della superficie (tra i 10 e i 20 cm), mentre, il secondo è stato definito in funzione della quota della falda superficiale. Nella fascia 2, considerata quale "bianco" quindi scevra da influenze esterne, si è prelevato un unico campione intermedio.

Ciascuno dei campioni è stato sottoposto ad analisi chimiche presso i laboratori S.G.S. Di Macchiareddu (CA) secondo gli standard internazionali di laboratorio, per indagare i seguenti parametri: *pH in H₂O*, *pH in KCl*, *conducibilità e salinità*, *granulometria*, *piombo totale e piombo in cessione*. I dati risultanti sono esposti nella sottostante tabella:



Aspetti chimico-fisici – il piombo.

Il piombo è l'82° elemento nella tavola periodica e il suo peso atomico è di 207,19 u.m.a. E' un metallo noto dall'antichità ed è relativamente abbondante sulla crosta terrestre (13 gr/ton, al 36° posto), si rinviene in numerosi minerali come la galena (PbS), che rappresenta la fonte primaria di piombo allo stato naturale, l'anglesite (PbSO₄) e la cerussite (PbCO₃). Il piombo è un metallo lucido e bluastrò; è piuttosto morbido, molto malleabile e duttile ed è un mediocre conduttore di elettricità. E' molto resistente alla corrosione, ma al contatto con l'aria si ossida e annerisce. Tra le sue caratteristiche vi sono un'alta densità (11,3 g/cm³), comportamento cationico, bassa solubilità degli idrati, tendenza a formare complessi, affinità coi solfuri, ossidazione variabile in funzione del pH. Il Pb, come metallo pesante, non si degrada e tende ad accumularsi negli organismi vegetali e animali diventando tossico ad alte concentrazioni.

La sua presenza nel suolo deriva innanzitutto dal substrato geologico da cui il suolo ha origine, e si muove in soluzione in funzione delle caratteristiche chimico-fisiche esistenti. Le attività antropiche, soprattutto quelle industriali, lo immettono in atmosfera, nelle acque e nei suoli in varie forme.

La solubilità del piombo è inversamente proporzionale ai valori di pH, infatti a valori elevati precipita come carbonato, fosfato e idrossido, mentre a valori di pH bassi viene debolmente solubilizzato. In generale la mobilità del Pb è limitata.

La presenza del piombo nei suoli è tipicamente concentrata negli orizzonti superficiali, favorita dall'accumulo di sostanza organica. La pericolosità del piombo risiede, oltre alla sua intrinseca tossicità per gli organismi, alla suddetta tendenza alla stabilizzazione, che rende l'inquinamento dei suoli praticamente irreversibile. Si stima infatti che la rimozione naturale del 10% del piombo da un suolo inquinato richieda circa 200 anni (Tyler, 1981, Kabata-Pendias e Pendias, 2001).

Sebbene in circostanze di movimentazione meccanica, come la coltivazione del suolo, o di acidità del suolo/sedimento (pH < 6) i tempi di trasformazione e disintegrazione del pallino possono essere più brevi (Scheuhammer e Norris, 1996), la totale disintegrazione del pallino avviene in un intervallo di tempo che va da 30 a 300 anni (Jørgensen e Willems, 1987).

Il principale motivo per cui questo metallo risulta tossico per una molteplicità di organismi animali e vegetali è dovuto alle modalità con cui interagisce con i processi vitali. Il piombo normalmente non è presente all'interno di cellule e tessuti, ma può superare le barriere che ostacolano la penetrazione delle sostanze estranee (xenobiotici) utilizzando le stesse vie seguite dal calcio, che, al contrario, è un elemento fondamentale per tutti gli esseri viventi. Una volta penetrato nelle cellule, il piombo causa disordini metabolici che provocano effetti su diversi apparati (nervoso, respiratorio, escretore, digerente, circolatorio, endocrino); inoltre si sospetta che possa determinare l'insorgenza del cancro.

Riguardo al comportamento del piombo nel terreno e nei sedimenti, si riporta l'accurata analisi scritta in una recente pubblicazione ISPRA (Andreotti & Borghesi, 2012):

“Studi condotti in diverse realtà ambientali mostrano come i pallini nei poligoni tendano a ricadere al suolo ad una distanza di 25-200 m dalle postazioni di tiro, con massime concentrazioni attorno a 80-150 m; essi si accumulano nel terreno nei primi 5 cm di profondità e comunque non oltre i 10- 15 cm.

Quando proiettili e pallini vengono sparati, sfregano contro la canna del fucile e impattano sul terreno; ciò determina abrasioni che portano alla formazione di una polvere fine di piombo che viene rapidamente alterata e trasformata in composti reattivi. Per questa ragione anche nei terreni di poligoni in funzione da poco tempo si possono già rilevare livelli apprezzabili di contaminazione. Una volta nel terreno, il proiettile o i pallini, a contatto con l'aria, l'acqua e le diverse componenti del suolo, tendono ad alterarsi



lentamente, a cominciare dalla parte più superficiale. Il piombo metallico si ossida, dando luogo alla formazione di ossidi, idrossidi, carbonati o solfati che formano una crosta esterna. Le reazioni che si determinano dipendono dalla composizione chimica del substrato e dalla conseguente disponibilità di elementi nella matrice del suolo; generalmente si producono *idrocerussite*, *cerussite*, *anglesite* e *massicotto*, sia pure in proporzioni diverse.

Successivamente questi composti si disciolgono, liberando cationi bivalenti solubili (Pb^{++}), che tendono ad associarsi alla materia organica del suolo. Il tempo necessario perché tutto il piombo di un pallino si dissolva varia molto in relazione alle condizioni chimiche del terreno e può richiedere da 30 a 300 anni; la disgregazione avviene più rapidamente in presenza di ossigeno e ad elevata acidità.

A seguito di questo processo di ossidazione, nelle aree ove si spara con frequenza, con il passare degli anni la quantità di piombo inorganico che può essere mobilizzato nel terreno tende ad aumentare. Mentre in condizioni naturali o di lieve inquinamento antropico le concentrazioni sono in genere molto basse, inferiori a 100 mg/kg, nei poligoni sono stati riscontrati valori molto più elevati, da 1 fino a 150 g/kg. Tali valori sono maggiori rispetto a quelli fissati come limiti di inquinamento dei terreni ad uso verde pubblico privato e residenziale (100 mg/kg) o ad uso commerciale e industriale (1 g/kg) in base all'allegato 5 del Decreto Legislativo n. 152/2006, parte IV, titolo V."

Aspetti chimico-fisici – discussione dei dati.

I dati sopra riportati, vengono di seguito processati alla luce della normativa attualmente in vigore per i valori di accettabilità dei parametri ambientali, ossia il Testo Unico sull' Ambiente, D.Lgs.152/2006, che nell'Allegato 5 al Titolo V definisce le concentrazioni di soglia di contaminazione (**CSC**) - i livelli di contaminazione delle matrici ambientali che richiedono un'analisi di rischio - e le concentrazioni soglia di rischio (**CSR**) – che indicano il livello di rischio attuale e/o potenziale per l'uomo e per l'ambiente.

Per il piombo i valori di CSC sono:

- **100 mg/kg nei siti ad uso verde pubblico e privato residenziale;**
- **1000 mg/kg nei siti ad uso commerciale e industriale.**

Da un attento esame e lettura dei dati di laboratorio, possiamo osservare che la concentrazione di piombo totale nel campione prelevato nel **punto C**, inquadrabile quale "bianco" e conseguentemente indicativo delle condizioni originarie del suolo privo dalle influenze dovute all'attività di sparo, pur essendo inferiore al livello di CSC indicato per *le aree a uso verde pubblico e privato residenziale* 53,9 mg/kg (poco più della metà), possiede comunque una quantità discreta di Pb, indice della naturale presenza, di questo elemento, quale fondo in non trascurabile quantità.

Sempre per lo stesso **punto C** possiamo osservare che la quantità di piombo cedibile è limitatissima (0,1 mg/L), segno che il metallo è sostanzialmente immobile, fissato all'interno del suolo. Questo è in accordo



con l'alcalinità dell'ambiente, segnalata da valori di pH pari a 9 e 8.8, che favorisce la tendenza del Pb a formare complessi stabili con gli anioni presenti.

Dall'analisi dei dati, dei campioni superficiali (15-35 cm), dei punti di prelievo ubicati nella **fascia 1**, con quello del **punto C**, si osserva l'incremento dei valori del piombo totale, ciò è con certezza dovuto alla degradazione dei pallini caduti al suolo e all'adsorbimento del metallo da parte del medesimo.

La quantità del piombo risulta minore nel **punto B** (mg/kg 90,6), ubicato nella porzione della fascia di maggior presenza dei frammenti dei piattelli, rispetto al **punto A** (mg/kg 128,9), probabilmente perché i pallini dopo l'urto col piattello si disperdono in un'area più estesa dei frammenti del medesimo, più grandi e pesanti, e quindi l'area di ricaduta delle due tipologie non coincide.

L'incremento rispetto al "bianco" risulta variabile tra i **37 e i 75 mg/Kg**.

Considerato quale valore di riferimento o naturale il dato di mg/kg 53,9, presente nel bianco, l'incremento non appare considerevole, in particolare se si analizzano i dati in riferimento a quelli pubblicati per analoghi siti nel resto d'Italia.

Per quanto concerne le concentrazioni di Pb presenti all'interno del profilo (-45/55 cm, -55/65 cm), col crescere della profondità si rinviene una consistente riduzione delle quantità dell'elemento presenti nel suolo nel **punto A**, mentre nel **punto B** si rileva un discreto incremento. La differente situazione è certamente correlabile con le recenti lavorazioni del suolo e le varie attività di grigliatura e vaglio praticate per la bonifica, che hanno rivoltato e miscelato i primi 40-50 cm di terreno. Ma queste operazioni erano, del resto, indispensabili per l'asportazione dei bossoli e delle borre presenti sul terreno e che dovevano essere conferite in discarica. Per tale motivo risulta poco attendibile espletare osservazioni su ipotetici fenomeni di lisciviazione e trasporto in falda, se non limitarsi a considerare la scarsa solubilità del Pb nel sito per gli intrinseci elevati valori di pH e di salinità che rendono l'elemento poco mobile.

La dinamica del metallo all'interno del suolo può essere osservata e discussa considerando i contenuti di Pb cedibile, che presentano valori limitati (tra 0,02 e 0,25mg/L), indici, come già affermato, di una ridotta mobilità generale. I valori sono in accordo con il variare del pH e della salinità, e la cedibilità si riduce quando si accrescono l'alcalinità e il contenuto in sali.

Aspetti chimico-fisici – conclusioni.

Per quanto affermato e visionato nelle analisi di laboratorio, possiamo affermare che le concentrazioni di Pb presenti nel suolo dell'area di tiro al volo sono ampiamente compatibili con le attività svolte e rientrano nei parametri previsti dalla normativa attualmente in vigore. La quantità di Pb presente nel suolo è compatibile con la prosecuzione delle attività inerenti al poligono di tiro.

Situazione attuale dell'area del Tiro a Volo Arborea

Attualmente tutta l'area di pertinenza del "Tiro a Volo" è stata inerbita con la semina di un prato di graminacee che presenta una elevata consistenza del cotico erboso che facilita le operazioni di raccolta e pulizia dai residui dei piattelli e delle borre, materiale che viene regolarmente raccolto e smaltito secondo la vigente normativa.

Nella prosecuzione delle attività, onde evitare ulteriori accumuli di Pb, saranno attuate le seguenti misure preventive:



A.T.P “C.C.W.R” progettazioni e soluzioni ambientali, sviluppo equo ed ecosostenibile

1. Utilizzo di munizionamento alternativo senza Pb, es. con proiettili al Tungsteno/nichel/ferro e peso specifico g/m^3 12 cioè superiore al Pb ma di minor impatto ambientale, o altro come acciaio. Come previsto dal Decreto 17 ottobre 2007 “*Criteri minimi uniformi per la definizione di misure di conservazione relative a Zone Speciali di Conservazione (ZSC) e a Zone di Protezione Speciale (ZPS)*”
2. Costante e continua raccolta di borre e residui dei piattelli a mezzo di macchina spazzolatrice/raccogliatrice Peruzzo ROTOVAC 1600.
3. Posizionamento di contenitori stagni nelle pedane di tiro per la raccolta dei bossoli.
4. Utilizzo di munizionamento di nuova concezione con possibilità di raccolta differenziata dei materiali componenti il bossolo, cioè fondello metallico e corpo plastico.
5. Allontanamento e idoneo smaltimento dei residui della falciatura del prato onde evitare fenomeni di bioaccumulo e/o biomagnificazione del piombo.

Riduzione della mobilità e della lisciviazione del Pb:

Si vuole sottolineare che, come già espresso in vari punti della relazione, il Pb nel suolo è sostanzialmente in una situazione di mobilità estremamente ridotta, dovuta alla situazione chimico-fisica presente. Un eventuale ulteriore riduzione della mobilità può essere ottenuta con un incremento del pH mediante la semplice dispersione sul suolo di carbonato di calcio o idrossido di calcio (calcitazione a mezzo di calce agricola).

Un altro metodo, per ridurre la mobilità e la biodisponibilità consiste nel determinare la formazione di fosfati di Pb: “Si è constatato che il Pb è precipitato velocemente ed efficacemente dalla soluzione da ortofosfato (P acquosa, da idrossiapatite, o dalla roccia fosfatica) per formare una serie di fosfati di Pb. Usando l'idrossiapatite e la fosforite naturale come fonte primaria P, si è dimostrata l'efficienza per quanto riguarda l'attenuazione del piombo nell'ambiente. Il prodotto finale di immobilizzazione del Pb è soprattutto l'idrossipiromorfite ($\text{Pb}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$), che è stabile anche a pH bassi (fino a 3). I risultati alla diffrazione chimica e ai raggi X, insieme ad altri tipi di analisi sostengono fortemente il meccanismo di dissoluzione di idrossiapatite e la precipitazione di idrossipiromorfite. La concentrazione acquosa di P è un fattore chiave nella determinazione dell'efficacia di immobilizzazione del Pb e della formazione di idrossipiromorfite, così come il pH è importante poiché determina la solubilità di idrossiapatite o della fosforite naturale. L'idrossiapatite o la fosforite naturale forniscono non soltanto il P per immobilizzare il Pb, ma forniscono il Ca per sostituire il Pb dai luoghi di scambio.”

La formazione nel suolo di composti meno tossici può essere ottenuta anche tramite l'utilizzo di piante che con il loro apparato radicale inducono la reazione del piombo con il fosforo (Chaney et al., 1997). Un altro metodo consiste nella coltivazione di specie in grado di assorbire e accumulare il piombo (Chaney et al., 1997); periodicamente la massa vegetale viene rimossa e trattata per estrarne i contaminanti. In questi casi la capacità di bioaccumulo delle piante può essere accresciuta grazie all'azione dei lombrichi (Ruiz et al., 2009).

Per un sicuro proseguo dell'attività, l'unica soluzione realmente efficace e definitiva per prevenire l'insorgenza delle problematiche ambientali e sanitarie precedentemente descritte, consiste nell'abbandonare l'uso del piombo in tutte le forme di caccia e tiro, a favore di munizioni atossiche.

In fede di scienza e coscienza

A.T.P “C.C.W.R” progettazioni e soluzioni ambientali, sviluppo equo ed ecosostenibile

STAFF TECNICO: Prof. Angelo Aru, agronomo – ordinario di geopedologia, dipartimento di scienze della terra Università Cagliari

Ph.D.biol. Francesco Aru, Ph: ingegneria ambientale e metodologie legate all'ambiente ed al territorio; dip. Sci. Bot. UniCa

Dr. Geo. Daniele Tomasi ricercatore, dipartimento di scienze della terra Università Cagliari



Dottore Biologo Francesco Aru

Villacidro lunedì 24 febbraio 2014

Sardegna	ITB034001	Stagno di S'Ena Arrubia
Sardegna	ITB034004	Corru S'Ittiri, stagno di S. Giovanni e Marceddì
Sardegna	ITB034005	Stagno di Pauli Majori
Sardegna	ITB034006	Stagno di Mistras
Sardegna	ITB034007	Stagno di Sale E' Porcus
Sardegna	ITB034008	Stagno di Cabras

[Torcia Subacquea Speleo S.S.N., Modello H04, Maniglia Goodman, 3 LED XM L2 U2, 3000 Lm \(subacqueasportenatura.it\)](http://subacqueasportenatura.it)