

AMBIENTI MINERARI DELLA SARDEGNA

PROGETTO REALIZZATO CON IL CONTRIBUTO DI



Le miniere della Sardegna hanno rappresentato per secoli una delle più importanti attività economiche dell'Isola, soprattutto nei territori del Sulcis-Iglesiente, dove i bacini minerari sono stati fra i più importanti dell'Europa occidentale.

Oggi le coltivazioni dei filoni metalliferi (Pb, Zn, Cu, Ag, etc.) sono del tutto cessate, soprattutto a causa della maggiore competitività economica dei distretti di altre parti del mondo. La dismissione delle miniere ha lasciato però sul territorio uno straordinario patrimonio di archeologia industriale, fatto di edifici residenziali e industriali, macchinari, scavi a cielo aperto, gallerie, etc. Si tratta di un'eredità di immenso valore storico, testimonianza di una parte importante del nostro passato.

Tuttavia, accanto a queste preziose testimonianze, le attività estrattive hanno lasciato alterazioni sull'ambiente e sul paesaggio necessitanti di un pronto ed efficace recupero.

Il gruppo di ricerca del CCB studia da anni le caratteristiche geobotaniche dei siti minerari dismessi, allo scopo di ricavare conoscenze utili per una progettazione ecologicamente corretta degli interventi di ripristino e risanamento ambientale previsti dall'attuale normativa.

Miniere e ambiente

Insieme agli interventi di recupero e valorizzazione del patrimonio, la gestione dei siti minerari abbandonati prevede anche importanti opere di risanamento ambientale. Infatti, malgrado il loro grande valore storico e culturale, le aree estrattive dismesse rappresentano un serio problema ambientale, in parte per le gravi ferite prodotte sul paesaggio, ma soprattutto per la presenza di materiali di scarto abbandonati in discariche grandi e piccole, di cui la Sardegna sud-occidentale appare oggi disseminata e che, in molti casi, costituiscono una seria fonte di rischio per la salute ambientale dei territori circostanti.

Le tipologie di questi materiali sono estremamente varie: sterili di miniera e di laveria, fanghi di decantazione ed elettrolisi, spesso eterogenei per composizione chimica e granulometria.

Le discariche di sterili sono per lo più costituite da materiali grossolani che non hanno subito alcuna trasformazione dopo il processo di estrazione. Hanno una composizione chimica e tenori in metalli generalmente vicini a quelli delle rocce incassanti e, conseguentemente, il loro potenziale inquinante può risultare paragonabile a quello del fondo geochimico naturale. I depositi di scorie e fanghi derivati dai procedimenti industriali (mineralurgici e metallurgici) costituiscono invece pericolose fonti di inquinamento per i territori circostanti, in primo luogo per le acque, sia superficiali che profonde, ma anche per i suoli e, indirettamente, per le attività agricole e pastorali.

In entrambi i casi l'inquinamento deriva principalmente dai processi di ossidazione dei solfuri, come la galena e la blenda, che producono una forte acidificazione del substrato rilasciando zinco e piombo liberi. Sono spesso presenti altri pericolosi inquinanti come mercurio, arsenico, cadmio, cromo, etc. Negli ultimi decenni la complessità della problematica ha portato all'interessamento di numerosi ricercatori, che ne hanno studiato gli effetti sulle componenti ambientali dei territori circostanti (Aru, 1993; Di Gregorio & Massoli Novelli, 1988), con particolare attenzione alla chimica delle acque superficiali (Fanfani *et al.*, 1995, 2000) e di quelle sotterranee (Cidu *et al.*, 2001; Cidu & Fanfani, 2002).



Le discariche minerarie sono particolarmente diffuse nel Sulcis-Iglesiente. La foto, scattata presso Monte Scorra (Iglesias), offre un esempio di come spesso questi cumuli di materiali interrompano le formazioni vegetali naturali o seminaturali lungo interi versanti.



Gli scavi a cielo aperto sono presenti sui versanti e sulle cime di numerosi rilievi. Nella foto, che mostra il sito estrattivo di Cugiaus, presso Monteponi, appare evidente come in molti casi la morfologia della collina sia stata profondamente trasformata dagli sfruttamenti minerari.



Le discariche di sterili si presentano spesso come vaste pietraie, ricoperte da una vegetazione rada o del tutto assente. L'instabilità del substrato contribuisce fortemente, insieme alla presenza di sostanze inquinanti, a rendere estremamente difficile lo sviluppo della copertura vegetale e l'evoluzione del suolo.



I "Fanghi Rossi" di Monteponi sono prodotti di scarto di trattamenti industriali di produzione dello zinco. Il loro tenore in questo e altri metalli è molto elevato e la fine granulometria di questi materiali ne facilita la dispersione attraverso le acque e l'atmosfera.

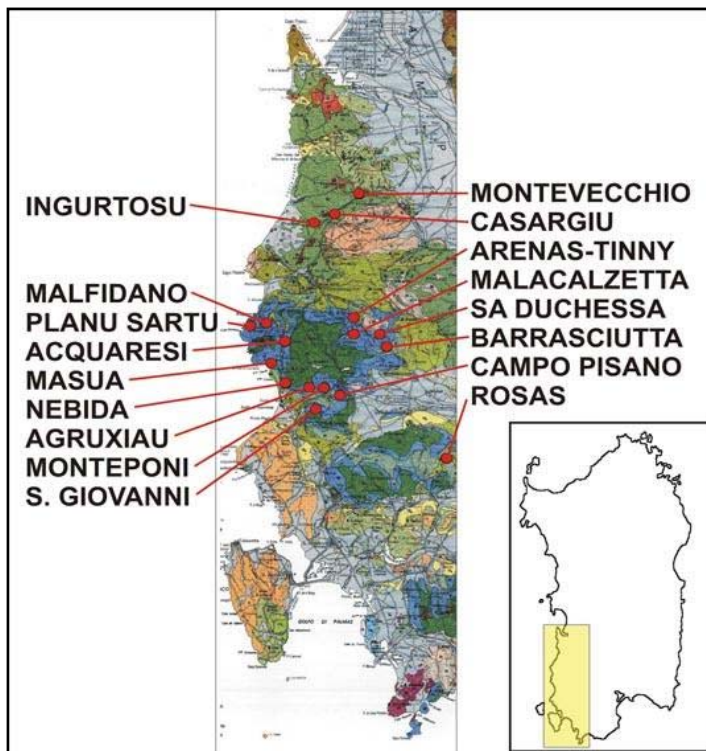


Le sostanze inquinanti che vengono dilavate dalle discariche minerarie sono trasportate dai corsi d'acqua a grande distanza dai luoghi di origine. Nella foto si può vedere come presso la spiaggia di Piscinas (Arbus) l'omonimo Rio trasporti fino al mare, dai centri minerari di Montevecchio e Ingurtosu, ossidi ferrosi e altri metalli, che in parte si depositano a formare uno strato color ruggine sui limi e le pietre del letto del torrente.

L'attività di ricerca del CCB

Malgrado i depositi di materiali derivati dalle attività estrattive rappresentino un substrato inospitale per la maggior parte delle piante, esiste una flora capace di colonizzare queste superfici e di dare vita a comunità vegetali di vario tipo, le cui caratteristiche dipendono dalla composizione e dalla granulometria dei materiali, così come da fattori microtopografici.

Fin dalla nascita del CCB, presso il Centro sono stati condotti studi geobotanici sugli habitat minerari, analizzando la flora e gli aspetti vegetazionali pionieri che si instaurano sui differenti substrati derivati dalle attività estrattive. Tale linea di ricerca, che deriva da studi avviati ancor prima della formale istituzione del Centro, è stata potenziata a partire dal mese di dicembre del 2003, quando la società IGEA ha finanziato un assegno di ricerca per un progetto dal titolo "Studio geobotanico delle discariche minerarie del Sulcis-Iglesiente". Nel corso degli anni, man mano che attraverso tali ricerche si approfondivano le conoscenze di base, gli studi si sono orientati su aspetti di maggiore interesse applicativo. Questi ultimi si sono attuati attraverso le sperimentazioni in vivaio e in laboratorio sulle tecniche di propagazione delle piante metallo-tolleranti, sui loro limiti di tolleranza e sulle loro capacità di estrarre dal terreno e accumulare nei propri tessuti i metalli tossici (Casti *et al.*, 2005).



Nella carta geologica sono indicati i principali siti minerari del Sulcis-Iglesiente su cui sono stati condotti gli studi.

L'attività del CCB per la bonifica dei siti contaminati

Le informazioni ricavate attraverso gli studi di base costituiscono un patrimonio di conoscenze indispensabili per una corretta pianificazione degli interventi di recupero e bonifica ambientale, finalizzati a restaurare gli habitat compromessi e le tipologie ecologicamente compatibili con il contesto territoriale.

Con l'avvio delle bonifiche dei siti estrattivi dismessi, il CCB ha iniziato una più stretta collaborazione con IGEA nella realizzazione delle procedure previste dall'attuale normativa, in osservanza delle "Linee Guida per la redazione dei progetti e la realizzazione degli interventi di bonifica e risanamento ambientale delle Aree Minerarie Dismesse", redatte dalla Regione Sardegna come recepimento del D. M. 471/99.

In una prima fase, il personale del Centro ha preso parte al "Comitato Tecnico Scientifico per la Determinazione dei Valori di Fondo Naturale", istituito presso la stessa IGEA, elaborando due documenti: il primo, di carattere generale, in cui si illustravano il ruolo e l'importanza dei vegetali nell'applicazione delle *Linee Guida*; il secondo, più specifico, che forniva indicazioni metodologiche per lo studio delle relazioni tra vegetali e valori di fondo geochimico per una più efficace applicazione delle stesse *Linee Guida*.

Con l'avvio dei piani della caratterizzazione delle aree vaste, attualmente in fase di realizzazione per la Valle di Iglesias, Su Suergiu (Villasalto), Masua (Iglesias), Sos Enattos (Lula) e Funtana Raminosa (Gadoni), l'attività del CCB ha riguardato specifiche consulenze sulle peculiarità floristiche e vegetazionali dei territori interessati, sull'impatto delle attività minerarie sulla componente floristico-vegetazionale e sulle più opportune misure da adottare per il risanamento e il recupero ambientale, promuovendo l'adozione delle tecniche dell'Ingegneria Naturalistica.

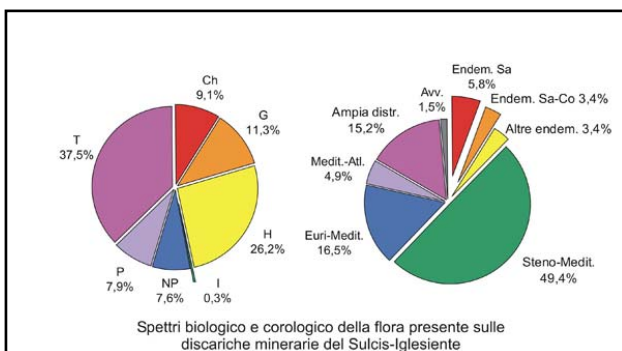
RICERCHE DI GEOBOTANICA

Studi floristici

Le indagini condotte sui siti minerari dismessi del Sulcis-Iglesiente hanno finora consentito il rinvenimento di 328 unità tassonomiche (specie, sottospecie e varietà) sui substrati direttamente derivati dalle attività estrattive. In particolare, per il distretto minerario di Montevecchio si è potuto osservare che, su 373 *taxa* presenti nel territorio, 181 crescono anche sulle discariche e sui bacini minerari. Per l'area vasta della Valle di Iglesias questo valore è pari a 275 su 548.

Da ciò si può vedere come circa la metà delle entità floristiche presenti nei territori che circondano le aree minerarie risultino capaci di crescere su substrati inospitali e contaminati. Alcune di queste si ritrovano solo sporadicamente e in terreni solo moderatamente inquinati, altre riescono a insediarsi nelle situazioni maggiormente compromesse, dove possono formare popolamenti consistenti per estensione e copertura vegetale.

Una particolare caratteristica della flora delle discariche minerarie è l'elevato numero di endemismi che mostrano particolari capacità nel colonizzare questi ambienti, i più significativi di questi sono descritti attraverso apposite schede.



I grafici sono riferiti alle entità floristiche rinvenute nel corso delle indagini geobotaniche sui materiali derivati dalle attività estrattive.



La foto mostra giovani esemplari di *Ptilostemon casabonae* che colonizzano un'area ciottolosa su discarica mineraria. Questa ed altre specie si presentano particolarmente idonee a diffondersi su questi materiali, poveri e incoerenti, grazie all'elevato numero di semi prodotti e alla capacità dell'apparato radicale di svilupparsi in profondità stabilizzando il substrato. A queste caratteristiche si aggiunge una elevata tolleranza ai metalli pesanti presenti nel terreno.

Studi vegetazionali

Gli studi fitosociologici (Angiolini & Bacchetta, 2003; Angiolini *et al.*, 2005) hanno finora consentito di individuare complessivamente 25 comunità vegetali ascrivibili a 6 differenti classi fitosociologiche. La varietà di formazioni osservata riflette da un lato la grande variabilità nella composizione dei materiali depositati e nelle differenti situazioni microtopografiche, dall'altro è dovuta al differente significato dinamico delle comunità vegetali. Queste possono infatti avere le caratteristiche di popolamenti pionieri, oppure di formazioni capaci di subentrare in questi ambiti solo in un secondo tempo, dopo che la presenza delle prime ha permesso l'avvio dei processi di formazione di un vero e proprio suolo.

Gli studi vegetazionali hanno quindi consentito di comprendere le relazioni che intercorrono tra le differenti tipologie vegetazionali presenti sulle discariche minerarie e le caratteristiche dei siti (tipo di materiale, granulometria, microtopografia, intervallo di tempo trascorso dalla dismissione, etc.). Oltre a ciò è stato possibile ricavare informazioni sui processi di colonizzazione dei substrati contaminati da parte delle comunità e la loro evoluzione verso le formazioni più mature non legate agli ambienti minerari.



Il *Rumex bucephalophorus* L. è una piccola erba annuale che forma spesso popolamenti estesi su substrati grossolani, generalmente sabbiosi o ghiaiosi, in particolare negli alvei fluviali. Si adatta molto bene a crescere sulle discariche minerarie dove può formare pratelli con copertura uniforme.



Il *Resedo-Limonietum merxmulleri* è un'associazione vegetale esclusiva del territorio di Iglesias, dove trova il suo massimo sviluppo su terreni fini o grossolani fortemente inquinanti. La foto mostra un popolamento su un bacino di fanghi.



Gli aspetti più comuni sui versanti occupati dalle discariche di sterili ad elevata granulometria sono le garighe, ossia formazioni vegetali costituite da piccoli arbusti suffruticosi con copertura discontinua. Tra i piccoli cespugli si sviluppano varie specie erbacee, sia annuali che perenni.



L'endemismo *Genista sulcitana* può formare garighe e macchie basse sulle discariche di sterili e sui bacini di flottazione.



Una volta che, con il passare del tempo, le formazioni vegetali pioniere hanno favorito la stabilizzazione delle discariche, su queste inizia formarsi un suolo embrionale e possono subentrare piante più esigenti in fatto di suolo e meno tolleranti riguardo all'inquinamento. Sulle discariche si sviluppano allora i cisteti, come quello che la foto mostra in piena fioritura.



I substrati fini delle dighe sterili, così come quelli delle discariche, si presentano poco adatti alla vita dei vegetali e vengono colonizzati in tempi lunghi da una flora pioniera metallo-tollerante. Questa, a differenza di quella che occupa i substrati grossolani, è caratterizzata in gran parte da piante che prediligono i terreni umidi.



La foto mostra la successione catenale delle comunità vegetali lungo il gradiente di disponibilità idrica, in un impluvio su un bacino di fanghi presso Agruxiau (Iglesias). Al centro, dove il terreno è spesso allagato, si sviluppa un formazione di tifeto a dominanza di *Typha angustifolia* (indicata dal numero 1). Ai margini di questa, in condizioni di minore presenza d'acqua, si può osservare un aspetto a erbe perenni giunchiformi, dove predomina *Scirpoides holoschoenus* (2). Infine, sui materiali che si trovano in una situazione di ancor minore igrofilia, esternamente all'area di impluvio, ritroviamo il *Resedo-Limonietum merxmulleri* (3).

STUDI DI BOTANICA APPLICATA

Le funzioni che le piante possono assolvere nel recupero e nella bonifica dei siti degradati sono molteplici:

- La copertura vegetale svolge una funzione di miglioramento estetico e paesaggistico, per questo motivo mitiga efficacemente l'impatto visivo.
- Sui versanti soggetti ad erosione o dissesti, come quelli costituiti dalle discariche minerarie, gli apparati radicali trattengono e consolidano il substrato, mentre le parti aeree attenuano l'azione meccanica delle acque meteoriche.
- Sui substrati inquinati le piante consentono anche i processi di fitostabilizzazione degli inquinanti, in parte per la suddetta azione di trattenimento del terreno, in parte perché consentono lo sviluppo di microrganismi capaci di assimilare i metalli pesanti.
- Su substrati inquinati da metalli pesanti si rinvengono spontaneamente entità vegetali capaci di comportarsi come bioaccumulatori o iperaccumulatori. Queste piante hanno la capacità di estrarre dal terreno significative quantità di metalli e immagazzinarle nei tessuti.

Tenendo conto di queste differenti funzioni, anche gli indirizzi della ricerca e le collaborazioni del CCB sono stati differenziati, sempre però allo scopo di ottenere informazioni applicabili all'utilizzo dei vegetali nella riqualificazione e nel risanamento dell'ambiente.

Sperimentazione sulla possibilità di moltiplicazione su larga scala

Una prima fase di indagine, propedeutica per le successive sperimentazioni sia in campo che in laboratorio, ha avuto come obiettivo quello di verificare la possibilità di moltiplicare su grande scala le entità che presentano in natura migliori capacità colonizzatrici dei siti contaminati e che possono assolvere a distinte funzioni, dalla mitigazione dell'impatto visivo alla stabilizzazione di scarpate e versanti. Sono stati riprodotti in vivaio 17 entità da seme e 9 da talea.

La sperimentazione ha permesso di individuare le specie riproducibili con maggiore successo, così come di elaborare i protocolli più efficaci, oltre che per la loro moltiplicazione, per la raccolta del relativo germoplasma e per una sua corretta ed efficace gestione, selezione e conservazione.



I semi raccolti in campo vengono conservati in camera di post-maturazione, presso la Banca del Germoplasma della Sardegna. Successivamente vengono selezionati e conservati all'interno della stessa struttura a basse temperature (+5°) fino all'avvio dei test sulla propagazione, che vengono effettuati in laboratorio o in vivaio.



Le piante moltiplicate in vivaio sono mantenute in serra fino al completo sviluppo, successivamente vengono trasferite in pieno campo per l'acclimatazione alle condizioni esterne, prima di essere introdotte nei siti minerari per i progetti sperimentali sulla biotolleranza e il recupero ambientale.

Determinazione dei limiti di tolleranza alla contaminazione da metalli

Questa linea di ricerca è stata avviata in corrispondenza con l'inizio delle campagne di monitoraggio delle aree minerarie dismesse da parte dell'IGEA. Infatti, il piano della caratterizzazione di ciascuna area vasta prevede campionamenti diffusi dei suoli e dei centri di pericolo.

Il gruppo di ricerca del CCB ha realizzato rilevamenti floristico-vegetazionali in corrispondenza dei punti campionati. Il confronto fra i dati delle analisi chimiche e quelli sulla presenza/assenza dei vegetali nei punti corrispondenti permette di stabilire, per ciascuna specie, i limiti di concentrazione tollerati per metalli come piombo, zinco, cadmio, mercurio, etc.



L'immagine mostra un punto di campionamento dei materiali delle discariche, contrassegnato con la vernice dal personale del Servizio di Geologia Ambientale dell'IGEA. Il segno rosso permette ai ricercatori del CCB di individuare il punto di prelievo per eseguire il rilevamento floristico-vegetazionale corrispondente.

Studi sulle capacità di bioaccumulo di specie vegetali autoctone sul campo

Queste indagini sono state avviate in collaborazione con il "Departamento de Edafología y Química Agrícola" dell'Università di Granada (Spagna) nel 2004. E' stato determinato il contenuto in metalli nei tessuti fogliari di tre specie spontanee, selezionate per la loro biomassa e plasticità ecologica: *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter, *Cistus salviifolius* L. e *Euphorbia pithyusa* L. ssp. *cupanii* (Guss. ex Bertol.) Radcl.-Sm.

Il campionamento del materiale vegetale è stato realizzato in corrispondenza di substrati contaminati e non. Anche i terreni sono stati campionati e analizzati per stabilire relazioni tra le concentrazioni dei metalli nel suolo e nelle foglie, valutando così la capacità di ciascuna specie di accumulare o meno tali sostanze nei propri tessuti (Jiménez *et al.*, 2005). Nuovi studi stanno prendendo in esame anche il contenuto in metalli nelle radici.



Foglie e suoli vengono campionati contemporaneamente sia sui terreni contaminati dalle attività estrattive che su quelli non contaminati.



I suoli campionati si presentano differenti per granulometria e composizione chimica. Prima di procedere alla loro caratterizzazione fisico-chimica, i campioni di terreno vengono fatti essiccare presso le strutture del CCB.

Studi sulle capacità di bioaccumulo di specie vegetali autoctone con l'ausilio di chelanti

Nel corso del 2005 si è intrapresa una ricerca che prevede lo studio delle relazioni tra vegetali e substrato attraverso indagini di laboratorio, aderendo a un progetto avviato dal personale del DIGITA.

Sono state prodotte in camera di crescita piante dei seguenti *taxa*: *Cistus salviifolius* L., *Scrophularia canina* L. ssp. *bicolor* (Sm.) Greuter e *Teucrium flavum* L. ssp. *glaucum* (Jord. et Fourr.) Ronn. Dopo lo sviluppo delle plantule, queste sono state trasferite in vaso sui banchi termoriscaldati dei laboratori del CCB. Parte delle piante ottenute è stata trasferita in un comune terriccio da vivaio, le restanti in un terreno contaminato da piombo e zinco, prelevato nell'area mineraria di Montevecchio.

Si sono valutate innanzitutto, per le tre specie, le differenze nell'accrescimento nei differenti tipi di terreno, quindi le concentrazioni dei metalli accumulati nelle parti aeree.

In una fase successiva i terreni sono stati trattati con molecole chelanti, cioè con sostanze capaci di legarsi agli atomi metallici formando un complesso facilmente assorbibile dalle radici. Si è quindi misurata la reazione delle piante al trattamento, misurando la variazione nelle concentrazioni di Pb e Zn nelle foglie e nei fusti.



Le piante necessarie alle sperimentazioni vengono moltiplicate in camera di crescita in condizioni di temperatura e illuminazione controllate, prima di essere trasferite in vaso.



La foto mostra giovani piante di *Scrophularia canina* ssp. *bicolor* coltivate in terreno contaminato da piombo e zinco (le prime tre file a sinistra) e in terreno non inquinato (a destra). E' possibile notare come lo sviluppo di questa specie non risenta in modo significativo della presenza dei metalli presenti nel terreno.

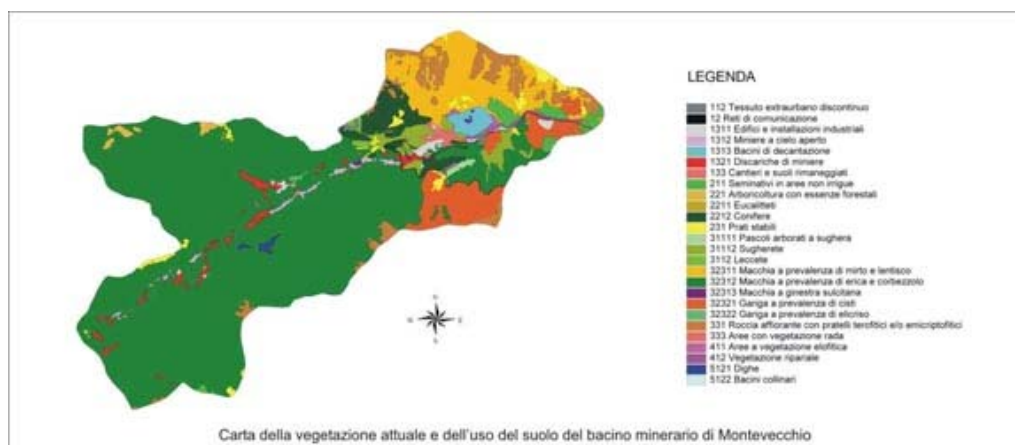


La soluzione circolante nei vasi viene prelevata attraverso appositi campionatori, allo scopo di seguire le variazioni di concentrazioni di metalli nel terreno, in funzione soprattutto del trattamento con le molecole chelanti.

STUDI CARTOGRAFICI

A integrazione degli studi geobotanici, sono state realizzate le carte della vegetazione e dell'uso del suolo dei distretti minerari di Montevecchio e della Valle di Iglesias, per i quali si sono considerati i bacini imbriferi corrispondenti che presentano estensioni rispettivamente di 2077 e 2563 ha.

L'utilizzo dei GIS, attraverso l'applicativo Arc-Wiev 3.2, ha consentito per entrambi i territori la realizzazione di una cartografia multitemporale, grazie alla quale è stato possibile ricostruire i cambiamenti nella copertura vegetale e nel paesaggio durante gli ultimi 50 anni (Zavattero *et al.*, 2005).



L'immagine mostra la carta della vegetazione e dell'uso del suolo attuale dei bacini idrografici che comprendono l'area mineraria di Montevecchio. Il grande poligono di colore verde nella parte occidentale indica la presenza di estese formazioni di macchia alta e dimostra come, nel caso di Montevecchio, le aree estrattive siano andate a inserirsi in un contesto territoriale ad elevata naturalità.

COLLABORAZIONI

Studi geobotanici:

Dipartimento di Botanica, Università degli Studi di Catania
Dipartimento di Scienze Ambientali, Università degli Studi di Siena
Dipartimento di Biologia Vegetale, Università degli Studi di Firenze

Studi cartografici

Dipartimento di Biologia Vegetale, Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

Moltiplicazione in vivaio

Azienda floro-vivaistica *Agricola Euganea Sarda s.r.l.*

Studi su biotolleranza e bioaccumulo

IGEA S.p.A., Servizio di Geologia Ambientale
DIGITA, Università degli Studi di Cagliari
Departamento de Edafología y Química Agrícola, Universidad de Granada (Spagna)

BIBLIOGRAFIA

Lavori citati nei testi

ANGIOLINI C. & BACCHETTA G., 2003 - Analisi distributiva e studio fitosociologico delle comunità a *Santolina insularis* (Gennari ex Fiori) Arrigoni della Sardegna meridionale (Italia). *Fitosociologia*, 40(1): 109-127.

ANGIOLINI C., BACCHETTA G., BRULLO S., CASTI M., GIUSSO DEL GALDO G. & GUARINO R., 2005 - The vegetation of mining dumps in SW-Sardinia. *Feddes Repertorium*, 116 (3-4): 243-276.

ARU A., 1993 - The problem of heavy metals pollution in mining areas of Sardinia. Preliminary findings. *Ann. Fac. Agr. Univ. Sassari* (I), 35(2): 293-300.

BACCHETTA G., BRULLO S. & SELVI F., 2000 - *Echium anchusoides* (*Boraginaceae*), a new species from Sardinia (Italy). *Nordic Journal of Botany*, 20(3): 271-278.

CASTI M., BACCHETTA G. & MOSSA L., 2005 - Ricerche geobotaniche e loro applicazioni in habitat minerari della Sardegna sud-occidentale. *Inform. Bot. Ital.*, 37(1) parte B: 768-769.

CIDU R., BIAGINI C., FANFANI L., LA RUFFA G. & MARRAS I., 2001 - Mine closure at Monteponi (Italy): effect of the cessation of dewatering on the quality of shallow groundwater. *Applied Geochemistry*, 16 (5): 489-502.

CIDU R. & FANFANI N., 2002 - Overview of the environmental geochemistry of mining districts in southwestern Sardinia, Italy. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*, 2: 243-251.

DI GREGORIO F. & MASSOLI-NOVELLI R., 1988 - Impatto ambientale dell'attività mineraria in Sardegna. *Boll. Soc. Sarda Sci. Nat.*, 26: 17-42.

FANFANI L., CIDU R. & ZUDDAS P., 1995 - Il rischio di inquinamento da metalli pesanti nelle aree minerarie. *Memorie dell'Associazione Mineraria Sarda*, 2: 105-109.

FANFANI L., CABOI R., CIDU R., CRISTINI A., FRAE F., LATTANZI P. & ZUDDAS P., 2000 - Impatto ambientale dell'attività mineraria in Sardegna: studi mineralogici e geochimica. *Rend. Sem. Fac. Sc. Università Cagliari*, suppl. vol. 70: 249-264.

JIMÉNEZ M. N., FERNÁNDEZ E., NAVARRO F. B., CONTINI E., CASTI M. & BACCHETTA G., 2005 - Livelli di metalli pesanti in *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter, *Cistus salviifolius* L. e *Euphorbia cupanii* Bertol. ex Moris su suoli contaminati e non contaminati dalle attività estrattive nell'Iglesiente (Sardegna sud-occidentale). *Inform. Bot. Ital.*, 37(1) parte B: 794-795.

ZAVATTERO L., CASTI M., DI PIETRO R., ROSATI L. & BACCHETTA G., 2005 - Analisi vegetazionale e geo-topologica dell'area mineraria di Monteponi (Iglesiente, Sardegna Sud-Occidentale). *Inform. Bot. Ital.*, 37(1) parte A: 296-297.

Lavori di prossima pubblicazione

BACCHETTA G., CASTI M., MOSSA L. & PIRAS L., 2007 - La flora del distretto minerario di Montevecchio (Sardegna sud-occidentale). *Webbia*.

BACCHETTA G., CASTI M., & ZAVATTERO L., 2007 - Analisi della vegetazione del distretto minerario di Montevecchio (Sardegna sud-occidentale). Fitosociologia.

ZAVATTERO L., CASTI M., BACCHETTA G. & DI PIETRO R., 2007 - Analisi multitemporale del paesaggio del distretto minerario Monteponi (Sardegna sud-occidentale). AIT – Rivista della Società Italiana di Telerilevamento.

LINK

Il sito di IGEA S.p.A. www.igeaminiere.it

Altri siti sulle miniere della Sardegna

Parco Geominerario Storico e Ambientale della Sardegna www.parcogeominerario.it/comunita/

sardegnaminiere.it www.sardegnaminiere.it

minieredisardegna.it www.minieredisardegna.it

Sardegne, esperienze turistiche locali - miniere
www.sardegne.com/sardegne/Ambiente/Miniere/37/.it.categorie

Museo dell'arte mineraria di Iglesias www.museoartemineraria.it/

**SCHEDE DELLE SPECIE FLORISTICHE PIU' RAPPRESENTATIVE
DEGLI AMBIENTI MINERARI IN SARDEGNA**

***Limonium merxmulleri* Erben**

Famiglia: *Plumbaginaceae*

Descrizione. E' un piccolo suffrutice pluricaule, con foglie in rosetta basale lanceolato-spatolate, piane o leggermente canalicolate, uninervie, le inferiori più o meno secche alla fioritura. La corolla è di colore violetto.



Distribuzione. E' una specie endemica, esclusiva delle zone minerarie dei dintorni di Iglesias.

Ecologia. Si rinviene esclusivamente sugli accumuli delle discariche minerarie, in particolare forma popolamenti omogenei e talora densi su substrati a matrice limoso-argillosa con buona ritenzione idrica e basse pendenze. Meno frequentemente si può osservare sulle discariche di materiali ghiaiosi o ciottolosi.

***Iberis integerrima* Moris**

Famiglia: *Brassicaceae (Cruciferae)*

Descrizione. E' un piccolo suffrutice che forma piccoli pulvini, con foglie carnose obovato-oblunghe. I fiori, di colore bianco o viola pallido, sono riuniti in un capolino globoso. Il frutto è una siliquetta.



Distribuzione. E' una specie endemica della Sardegna, presente esclusivamente nelle aree calcaree dell'Iglesiente e della Sardegna centrale (Sarcidano, Tacchi di Sadali e Seui, Toneri de Irgini).

Ecologia. Si rinviene, negli ambienti naturali, in garighe rocciose e assolate. Sulle discariche minerarie colonizza soprattutto le pietraie incoerenti a matrice carbonatica ma si ritrova anche su substrati più fini, anch'essi ricchi in carbonati.

***Echium anchusoides* Bacch., Brullo et Selvi**

Famiglia: *Boraginaceae*

Descrizione. E' una pianta perenne, strisciante, erbacea o con fusti lignificati alla base. Le foglie sono oblanceolate, ispide per la presenza di peli rigidi, le basali sono riunite in rosetta, le cauline alterne e sessili. I fiori hanno corolla rosso-purpurea con nervature violacee.



Distribuzione. E' una specie endemica della Sardegna, presente in differenti territori dell'Isola (Bacchetta *et al.*, 2003).

Ecologia. Negli ambienti naturali si ritrova sempre su substrati silicei, in prati o garighe. Si può trovare a basse quote ma è più frequente al di sopra dei 1000 m. Negli ambiti minerari si ritrova in corrispondenza di substrati fini, da limosi ad argillosi, con elevata capacità di ritenzione idrica.

***Santolina insularis* (Gennari ex Fiori) Arrigoni**

Famiglia: *Asteraceae (Compositae)*

Descrizione. E' un piccolo arbusto che raggiunge un'altezza generalmente compresa tra i 40 e i 70 cm. Le foglie sono grigio-canescenti, lineari con lacinie laterali carnosette. I fiori, tutti tubulosi e di colore giallo intenso, sono riuniti in capolini globosi.



Distribuzione. E' una specie endemica, esclusiva della Sardegna meridionale (Iglesiente e Sarrabus) e centrale (Sarcidano, Barbagia, Ogliastra).

Ecologia. Negli ambienti naturali si ritrova su substrati sia carbonatici che silicei, dove forma garighe su suoli poveri. Negli ambiti minerari colonizza soprattutto i substrati ghiaiosi o ciottolosi sulle discariche parzialmente consolidate.

***Linum muelleri* Moris**

Famiglia: *Linaceae*

Descrizione. E' un piccolo arbusto legnoso, che eccezionalmente supera il mezzo metro d'altezza. Le foglie sono sparse, lanceolate e leggermente glaucescenti. I fiori hanno petali lunghi circa 1,5 cm, di color giallo intenso.

Distribuzione. E' una specie endemica, esclusiva dei territori dell'Iglesiente compresi tra Gonnessa e Buggerru.

Ecologia. Negli ambienti naturali si ritrova su substrati calcarei, in formazioni aperte con mosaici di prati perenni e garighe. Negli ambiti minerari si ritrova sulle discariche ben consolidate, in associazione con cisti e altri piccoli arbusti.



***Genista sulcitana* Vals.**

Famiglia: *Fabaceae (Leguminosae)*

Descrizione. E' un arbusto compatto e spinoso, che raramente supera il metro d'altezza. Le foglie sono sparse e trifogliate. I fiori sono di color giallo intenso.

Distribuzione. E' una specie endemica della Sardegna, descritta per la località di Montevecchio ed esclusiva dei territori dell'Iglesiente.

Ecologia. Colonizza differenti tipologie di ambienti rocciosi e ciottolosi. Negli ambiti minerari si ritrova sia sulle discariche parzialmente consolidate, sia sui bacini di flottazione.



***Euphorbia pithyusa* L. ssp. *cupanii* (Guss. ex Bertol.) Radcl.-Sm.**

Famiglia: *Euphorbiaceae*

Descrizione. E' una pianta cespitoso-suffruticosa con fusti ricchi di lattice. Le foglie, addensate nelle parti terminali dei rami, sono opposte, lineari-lanceolate, acute e mucronate. L'infiorescenza è globosa.

Distribuzione. E' una specie endemica dell'area tirrenica, presente in Sardegna, Sicilia e Corsica.

Ecologia. Si ritrova frequentemente sui substrati grossolani di origine naturale (pietraie, alvei fluviali) o artificiale (scarpate e margini delle strade). Sulle discariche minerarie si ritrova frequentemente sulle pietraie instabili, dove assume un ruolo pioniero, forma tuttavia i popolamenti più densi ed estesi sui materiali fini e finissimi, dove si raccoglie una maggiore umidità edafica (impluvi, base dei versanti).



***Ptilostemon casabonae* (L.) Greuter**

Famiglia: *Asteraceae* (*Compositae*)

Descrizione. E' una pianta erbacea perenne, che sviluppa un unico fusto, striato e alto fino a 1,5 m, che porta i capolini alla sommità. Le foglie sono lanceolate e sessili, lucide sulla pagina superiore e molto spinose sul margine. I capolini sono cilindrici o piriformi. La corolla è di colore violetto.

Distribuzione. E' una specie endemica dell'area tirrenica, presente in Sardegna, Corsica, Isola d'Elba e Isole Hyères (Francia).

Ecologia. Si ritrova frequentemente sui substrati da sabbiosi a ciottolosi come le scarpate e i margini delle strade. Sulle discariche minerarie si ritrova prevalentemente sulle pietraie instabili, dove assume un ruolo pioniero.



***Helichrysum microphyllum* (Willd.) Camb. ssp. *tyrrhenicum* Bacch., Brullo et Giusso**

Famiglia: *Asteraceae* (*Compositae*)

Descrizione. E' un pianta suffruticosa fortemente aromatica, con i rami di colore grigiastro e tomentosi, ricoperti di foglie strettamente lineari. All'ascella di queste si sviluppano densi fascetti di foglioline più piccole. I capolini, cilindrici e di color giallo intenso, sono riuniti in dense infiorescenze corimbose.

Distribuzione. E' una sottospecie endemica dei sistemi insulari del Mediterraneo occidentale, presente in Sardegna, Corsica e nell'Arcipelago delle Baleari.

Ecologia. Presenta un'ecologia particolarmente ampia potendo crescere in zone rocciose, nelle aree deposizionali dei torrenti, in garighe, macchie degradate, ambienti sabbiosi di retroduna, etc. Sulle discariche minerarie forma popolamenti continui sui substrati parzialmente consolidati, ma si ritrova frequentemente anche sulle pietraie instabili.



***Scrophularia canina* L. ssp. *bicolor* (Sm.) Greuter**

Famiglia: *Scrophulariaceae*

Descrizione. E' un piccolo suffrutice che raggiunge un'altezza generalmente compresa tra i 30 e i 60 cm. I rami sono legnosi alla base e verdi con strie scure longitudinali nella parte sommitale. Le foglie sono addensate soprattutto alla base, più o meno profondamente divise e con forma che varia da quella spatolata delle basali a quella triangolare delle apicali. I fiori hanno corolla gamopetala con tubo rosso porpora e lobi in parte bianchi.

Distribuzione. E' una sottospecie endemica dell'area tirrenica, presente in Sardegna, Sicilia e Italia peninsulare.

Ecologia. Si rinviene, negli ambienti naturali, sui substrati grossolani per lo più ghiaiosi o ciottolosi. Sulle discariche minerarie si ritrova frequentemente sulle pietraie instabili, dove assume un ruolo pioniero, è inoltre presente, seppur più sporadicamente, sui substrati consolidati.

