



**AGENZIA REGIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE DELLA SARDEGNA
ARPAS**

**PROGRAMMA DI MONITORAGGIO AMBIENTALE DEL POLIGONO INTERFORZE
DEL SALTO DI QUIRRA (PISQ)**

STATO DI AVANZAMENTO DELLE ATTIVITÀ DELL'ARPAS

NELLA SUPERVISIONE DEL PROGRAMMA DI MONITORAGGIO AMBIENTALE DEL PISQ

BOZZA
09/08/2012 8.10

Indice

1.	PREMESSA	3
1.1.	Il contesto Breve cronistoria precedente il coinvolgimento di ARPAS nel programma di monitoraggio	3
1.2.	Inizio attività ARPAS	3
1.3.	Attività preliminari, riunioni di coordinamento e impegni di ARPAS	4
1.3.1.	Riunione del 25 marzo 2010	5
1.3.2.	Riunione del Comitato d'Indirizzo del 17/06/2010 - Indicazioni trattamento dati analitici del Lotto 37	
2.	ATTIVITÀ DI CAMPO DI ARPAS	8
2.1.	Attività lotto 1	8
2.2.	Attività lotto 2	9
2.3.	Attività lotto 3	10
2.3.1.	Confronto dei dati analitici	11
3.	COMMENTI ALLE RELAZIONI FINALI	11
3.1.	Lotto 1	12
3.1.1.	Prime considerazioni	13
3.1.2.	Misure di radioattività – cap. 5 pag. 74 e segg.	14
3.2.	Lotto 2	16
3.3.	Lotto 3	20
4.	DETERMINAZIONE DEI VALORI DI FONDO E ELABORAZIONE DEI DATI DEI SUOLI	31
5.	VALIDAZIONE ANALITICA	25
6.	ALLEGATO – OSSERVAZIONI DI DETTAGLIO RISULTATI LOTTO 1	78
7.	ALLEGATO – OSSERVAZIONI DI DETTAGLIO RISULTATI LOTTO 3 ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.	

1. PREMESSA

Scopo del documento è quello di fornire un rendiconto delle attività svolte dall'ARPAS nell'ambito del programma di monitoraggio ambientale del PISQ.

1.1. Avvio del programma di monitoraggio

In data 28 Aprile 2008 con Decreto del Ministro della Difesa è stato costituito (in base alla Legge 27 Dicembre 2006, n. 296, art. 1 comma 902), il Comitato misto Territoriale di Indirizzo (CIPT) per l'espletamento del monitoraggio ambientale e sanitario nelle aree adiacenti il Poligono di tiro Interforze di Salto di Quirra.

Tale Comitato, presieduto dal Comando Militare, è rappresentato da Militari, dai Presidenti delle Province e dai Sindaci del territorio, da rappresentanti delle ASL di Cagliari e Lanusei e dai rappresentanti delle Associazioni "Gettiamo le Basi" e "Pari Opportunità".

In data 10 Ottobre 2008 gli Assessori alla Difesa dell'Ambiente e alla Sanità, col compito di supportare i rappresentanti del Comitato Territoriale di Indirizzo, hanno costituito un "Comitato di Coordinamento Regionale" nel quale sono presenti rappresentanti dei due Assessorati, delle ASL e dell'ARPAS.

In data 4 Dicembre 2008, come previsto dall'art. 2, comma 2 del Decreto del Ministro della Difesa del 28 Aprile 2008, è stata costituita la Commissione Tecnica Mista di Esperti (CTME) per l'espletamento delle funzioni tecniche di indirizzo, coordinamento, verifica, confronto e supervisione delle attività di monitoraggio e misurazione. Tale Commissione è rappresentata da due tecnici nominati dal Ministero della Difesa e da quattro tecnici nominati rispettivamente dall'Assessorato dell'Ambiente, dai Comuni di Villaputzu e Muravera, dai Comuni di Perdasdefogu e dell'Ogliastra e dalla ASL 8 di Cagliari.

Di fatto quest'ultima Commissione, prevista tra l'altro dal Decreto del Ministro della Difesa del 28 Aprile 2008, ha sostituito il precedente "Comitato di Coordinamento Regionale".

1.2. Coinvolgimento dell'ARPAS – definizione degli obiettivi dell'intervento dell'Agenzia

Con nota del 19/11/2009 prot. 2189/GAB l'Assessore all'Ambiente della Regione ha richiesto il coinvolgimento diretto dell'ARPAS nell'ambito delle attività di controllo delle operazioni di caratterizzazione e monitoraggio in corso presso il Poligono Interforze del Salto di Quirra.

Nella riunione del Comitato d'indirizzo svoltasi il 10 febbraio u.s. presso il PISQ, presso atto della richiesta dell'Assessore all'Ambiente, l'Agenzia si è impegnata a seguire le attività delle ditte con la costituzione di un gruppo di lavoro composto dal Dott. Cappai (con il ruolo di coordinatore), Dott. Lonis e Dott.ssa Fercia del Dipartimento Geologico, Dott.ssa Manca del Dipartimento Olbia Tempio (costituito formalmente con determinazione del direttore Generale ARPAS n. 80 del 23/06/2010) e la collaborazione Dott. Bianco, Dott. Delitala, Dott. Cau, Dott.ssa Peana e Dott. Fois del Dipartimento Idrometeorologico, i Servizi Laboratoristici dei Dipartimenti di Cagliari e Nuoro, la Dott.ssa Corrias del

Dipartimento Nuoro e Ogliastra, il personale del Dipartimento Nuoro/Ogliastra per le attività di campo.

I principali obiettivi dell'attività dell'ARPAS nel contesto del Piano di monitoraggio del PISQ sono i seguenti:

- Supervisione ed ottimizzazione dei programmi di campionamento e monitoraggio
- Validazione delle attività di campo e delle analisi di laboratorio
- Definizione dei criteri per l'analisi dei risultati
- Valutazioni dei risultati conclusivi delle attività dei lotto 1, 2 e 3
- Valutazione preliminare sullo stato dell'ambiente

Il Gruppo di Lavoro ha acquisito il materiale tecnico e i dati analitici di dettaglio delle analisi svolte fino al mese di febbraio 2010 dalle ditte appaltatrici dei lotti 1, 2 e 3. In particolare sui dati prodotti dalla ditta SGS, appaltatrice del lotto 3, ha iniziato un'attività di analisi finalizzata a verificare le prime indicazioni utili a definire, come richiesto nella riunione del 10 febbraio, l'ubicazione dei punti di campionamento sia nelle aree interne al Poligono che nelle aree di pertinenza dei comuni esterne allo stesso Poligono.

E' stata inoltre richiesta la collaborazione del Dipartimento specialistico Idrometeorologico (IMC) al fine di analizzare i dati meteorologici disponibili e fornire informazioni utili per definire la strategia di campionamento e, successivamente, per valutare il contesto meteorologico utile all'interpretazione dei dati di dispersione degli inquinanti derivati dalle attività del lotto 1.

Tali contributi vengono riportati integralmente in allegato.

Il Gruppo di Lavoro ARPAS e il Dipartimento provinciale ARPAS dell'Ogliastra, su richiesta del Presidente della Provincia dell'Ogliastra, ha incontrato, il 17 febbraio u.s., i Sindaci dei comuni adiacenti il Poligono di Quirra. In tale incontro sono state illustrate le linee guida degli impegni dell'ARPAS, anche in termini di supporto tecnico alle Amministrazioni comunali e provinciali.

1.3. Attività preliminari, riunioni di coordinamento e impegni di ARPAS

Sono stati esaminati i dati analitici dei campioni eseguiti fino al mese di febbraio 2010 e sono state eseguite statistiche parametriche elementari al fine di individuare errori di imputazione nel caricamento o altri, che sono stati prontamente segnalati alla Ditta S.G.S. con le note del 12/03/2010 e del 31/03/2010; in seguito alla risposta della Ditta si è provveduto alle correzioni e sono state eseguite analisi statistiche monoelementari per l'intero gruppo dei campioni finora prelevati e per ciascuna delle aree indiziate. A tal fine i campioni sono stati suddivisi producendo delle statistiche esplicative per ciascuna singola area ad alta attività dei due poligoni di tiro di Perdasdefogu e di Capo San Lorenzo, e per ciascun comune interessato dalla presenza del poligono (campioni civili).

Successivamente i risultati analitici sono stati rappresentati in carte monoelementari ottenute con

ArcGis utilizzando simboli puntuali di dimensione crescente in relazione ai valori minimo, 90° percentile dell'intero set di dati, concentrazione soglia di contaminazione (CSC) secondo il D. Lgs 152/06.

E' stata quindi elaborata una carta con l'indicazione dei nuovi punti di prelievo da sottoporre all'attenzione del gruppo di lavoro nella quale, oltre ai campioni di suolo, si è data indicazione di prelevare 25 campioni di sedimenti fluviali.

1.3.1. Riunione del 25 marzo 2010

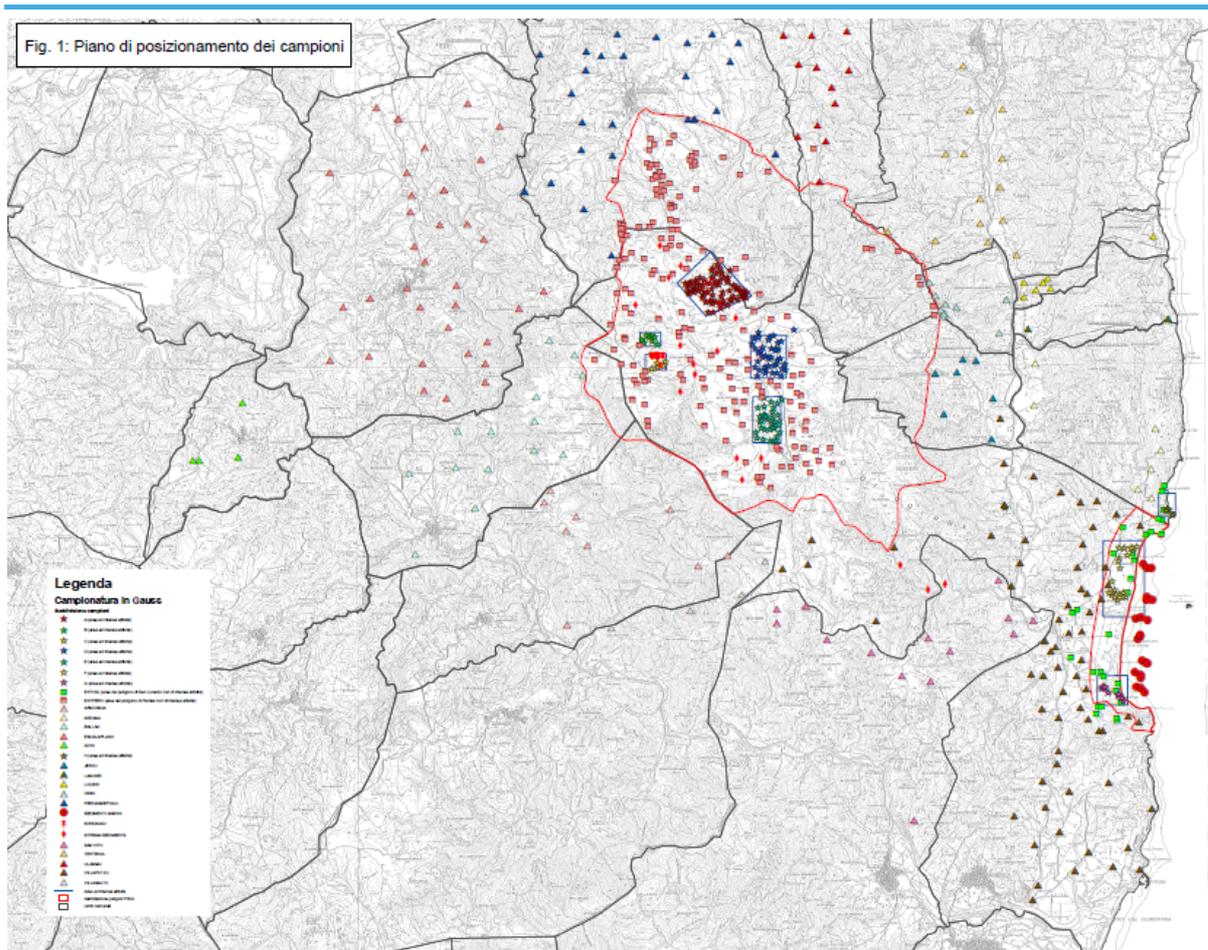
Delle sopra citate attività in capo ad ARPAS si è discusso nel corso di alcune riunioni con il Comitato degli Esperti, finalizzate alla preparazione della riunione tenutasi il 25 marzo presso il Dipartimento di Cagliari nella quale sono stati concordati con le ditte dei lotti 1 e 3 le attività da svolgere in contraddittorio.

In merito alle attività del lotto 1 ARPAS si è dichiarata disponibile a partecipare al campionamento e a prelevare ed analizzare fino a circa una decina di campioni, eseguendo analisi di nanoparticelle in SEM, compresa la microanalisi (a cura del Laboratorio del Dipartimento Specialistico Geologico).

A tale proposito è stato concordato con la ditta che, nelle attività di monitoraggio delle sperimentazioni previste nel mese di giugno, per il campionamento del particolato sarebbero stati utilizzati filtri in policarbonato (più idonei alla campionatura e all'analisi delle nanoparticelle).

Inoltre, allo scopo di poter analizzare le nanoparticelle anche su matrici biologiche, è in fase di acquisizione il modulo aggiuntivo per trasformare il microscopio elettronico SEM in microscopio elettronico ambientale ESEM che, a differenza del primo, lavorerà a pressioni e umidità ambientale col vantaggio di preservare le caratteristiche naturali della matrice.

In merito alle attività del lotto 3 ARPAS ha prodotto cartografia specifica su base GIS con l'indicazione dei campioni che hanno dato maggior evidenza di concentrazione dei metalli e riportato inoltre la cartografia geologica, finalizzata alla ricerca di eventuale influenza del substrato geologico sulle concentrazioni dei metalli.



N.B. Esempio cartografia (la carta è la riproduzione dei punti di campionamento dei suoli di SGS, che esclude parte dei punti di campionamento indicati da ARPAS) – da sostituire con il piano di campionamento concordato.

Nel corso di tale riunione è stato approvato il piano di campionamento per i restanti circa 300 campioni di suolo e sedimento fluviale presentato dall'Arpas.

Si è deciso di presenziare al prelievo di 20 campioni di suolo e dei sedimenti fluviali e all'esecuzione presso i laboratori Arpas delle controanalisi di validazione sui 20 campioni prelevati in contraddittorio e su altri 10 campioni scelti da Arpas tra i 400 già analizzati di cui un testimone è conservato presso i laboratori S.G.S. di Macchiareddu (limitando il quadro analitico ai metalli ed escludendo l'Uranio).

Le attività concordate sono riassunte nel seguente schema:

Lotto	Attività	Impegni Ditta	Impegni ARPAS
Lotto 1	Campionamento Polveri diffuse	Proposta posizionamento campionatori e deposimetri	Validazione posizionamento campionatori

Lotto 1	Campionamento Polveri diffuse/analisi particelle nano	Condivisione metodiche e campionamento in contraddittorio di 10 quarti di filtro	Partecipazione alla preparazione dei campioni in contraddittorio Analisi in SEM-EDF di 10 campioni di filtro per determinazione nanoparticelle
Lotto 3	Campionamento suoli in aree esterne di pertinenza comunale	Campionare nei punti indicati da ARPAS	Indicazione punti di campionamento
Lotto 3	Campionamento sedimenti fluviali in aree del poligono di Perdas	Campionare nei punti indicati da ARPAS	Indicazione punti di campionamento
Lotto 3	Validazione processo di campionamento e analisi	Campionamento in contraddittorio di 20 suoli e fornitura di 10 campioni testimone campionamenti 2009	Supervisione attività di campo per il prelievo dei campioni e analisi dei 30 campioni e validazione

1.3.2. Riunione del Comitato d'Indirizzo del 17/06/2010 - Indicazioni trattamento dati analitici del Lotto 3

Come discusso nel corso della riunione, è stato rilevato che una delle criticità dell'intero programma di monitoraggio consiste nella carenza di indicazioni precise in merito all'analisi dei risultati analitici dell'intero programma di monitoraggio e, nell'ottica di condividere le metodologie per l'analisi dei dati, si è ritenuto necessario fornire indicazioni per procedere all'elaborazione avanzata di questi ultimi.

Si ricorda infatti che, stante che l'obiettivo dell'intero programma di monitoraggio consiste nel produrre elementi per valutare l'influenza ambientale delle attività svolte dal PISQ nell'intera area in esame, indicazioni generiche sul trattamento dei risultati analitici quali produzione di elaborazioni statistiche elementari (medie, deviazioni standard etc.) non si ritengono sufficienti a fornire elementi oggettivi per valutazioni approfondite degli effetti ambientali di attività che, come più volte sottolineato, si svolgono in un contesto territorialmente molto vasto e soprattutto le cui caratteristiche geolitologiche sono estremamente variabili, rendendo impossibile un trattamento dei risultati analitici che prescindano da tale complessità. Si ricorda ancora che le aree di interesse, in virtù di tali caratteristiche geologiche, sono state interessate in passato da numerose attività antropiche di tipo minerario (sia di tipo estrattivo che di prospezione e ricerca) che hanno spesso condizionato in modo rilevante lo stato dell'ambiente circostante e che pertanto l'attività del PISQ spesso si sovrappone ad esse rendendo ulteriormente complessa l'interpretazione dei dati ambientali.

Nel corso della riunione del 17 giugno 2010 è stata proposta l'istituzione di un tavolo tecnico per la discussione delle metodiche di analisi dei dati (analisi multivariata, geostatistica, modellistica di dispersione) che portino alla condivisione delle stesse.

Durante la riunione si è concordato che i metodi di analisi ed elaborazione dei dati risultanti dal lotto 1 e dal lotto 3 relativi alla caratterizzazione ambientale nelle aree interne e limitrofe al Poligono Interforze Salto di Quirra, dovranno essere concordati e condivisi con ARPAS.

In particolare, relativamente al trattamento dei risultati analitici sui campioni del lotto 3, questa Agenzia ha prodotto uno specifico documento nel quale sono riportate in dettaglio le elaborazioni statistiche ritenute necessarie al fine di poter ottenere informazioni utili all'interpretazione dei risultati analitici stessi.

Tali criteri, riportati in dettaglio nella nota "Indicazioni trattamento dati analitici del Lotto 3" in allegato, comprendono in sintesi le indicazioni per:

- il trattamento statistico generale,
- le elaborazioni cartografiche con produzione di carte monoelementari,
- produzione di elaborazioni di tipo geochimico mirate all'individuazione dei "valori di fondo" per le diverse litologie
- il trattamento statistico dei dati per le altre matrici (vegetali e animali).

2. ATTIVITÀ DI CAMPO DI ARPAS

2.1. Attività lotto 1

Nel mese di maggio 2010, a seguito di accordi con il Comando del Poligono e la ditta del lotto 1, sono state avviate, con la collaborazione del Dipartimento provinciale ARPAS dell'Ogliastra, attività di supervisione ai campionamenti relative alle seguenti esperienze:

- ALPHA (test motore razzo ZEFIRO) – poligono a mare Capo San Lorenzo – 25 maggio 2010
- Test razzi bersaglio RB 75 – poligono a mare Capo San Lorenzo – dal 7 al 9 giugno 2010
- Brillamento esplosivi zona EOD – poligono a terra Perdasdefogu – dal 15 al 17 giugno 2010

Per ciascuna delle giornate di campionamento il Dipartimento IMC dell'Agenzia ha fornito le previsioni di intensità e direzione del vento, sulla base delle quali sono state date indicazioni alla ditta per il posizionamento "ottimale" delle centraline di campionamento e dei relativi deposimetri.

Alla conclusione delle attività di campionamento due funzionari dell'Agenzia si sono recati a Firenze presso i laboratori di riferimento della ditta per validare le metodologie di elaborazione dei risultati analitici e per prelevare le aliquote di campioni di filtri di particolato e dei deposimetri per la determinazione delle nanoparticelle.

Le analisi al SEM sono state di condotte nei laboratori del Dipartimento Specialistico Geologico dell'ARPAS nei mesi novembre-dicembre 2010.



Il verbale dell'incontro di Firenze è riportato in allegato.

Rif Verbale incontro Firenze/Pisa

2.2. Attività lotto 2

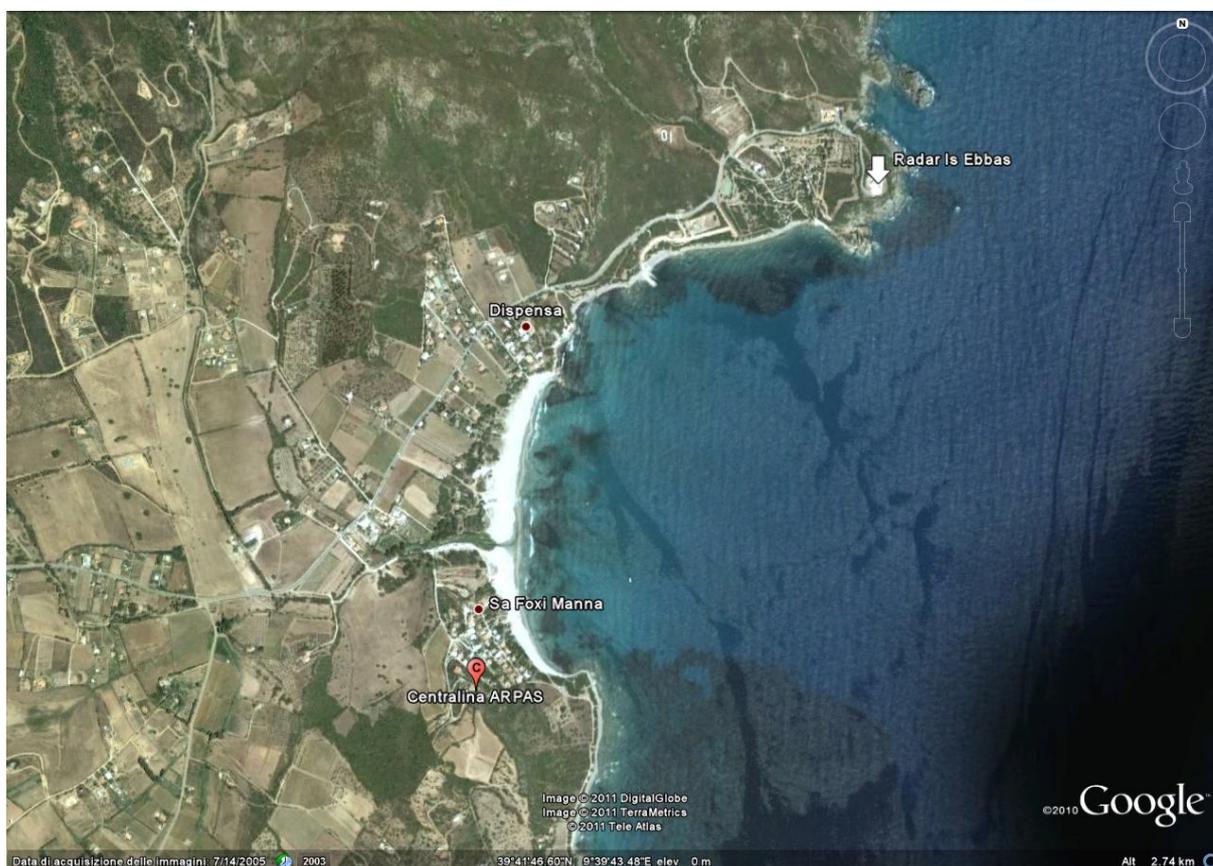
Poiché alla data del coinvolgimento dell'ARPAS la ditta appaltatrice del lotto 2 ha concluso il lavoro e consegnato la relazione finale, si è preso atto del lavoro svolto dalla ditta stessa ed è iniziato il lavoro di disamina delle relazioni consegnate, finalizzato soprattutto alla verifica delle eventuali criticità.

Sulla base della relazione presentata, considerato che nella stessa venivano evidenziate alcune zone nelle quali, secondo il modello previsionale, vi era la maggiore esposizione ai campi elettromagnetici generati dagli impianti presenti nel PISQ, è stato deciso di avviare un'attività di monitoraggio finalizzata a una verifica dei valori di campo elettromagnetico in tali aree "critiche".

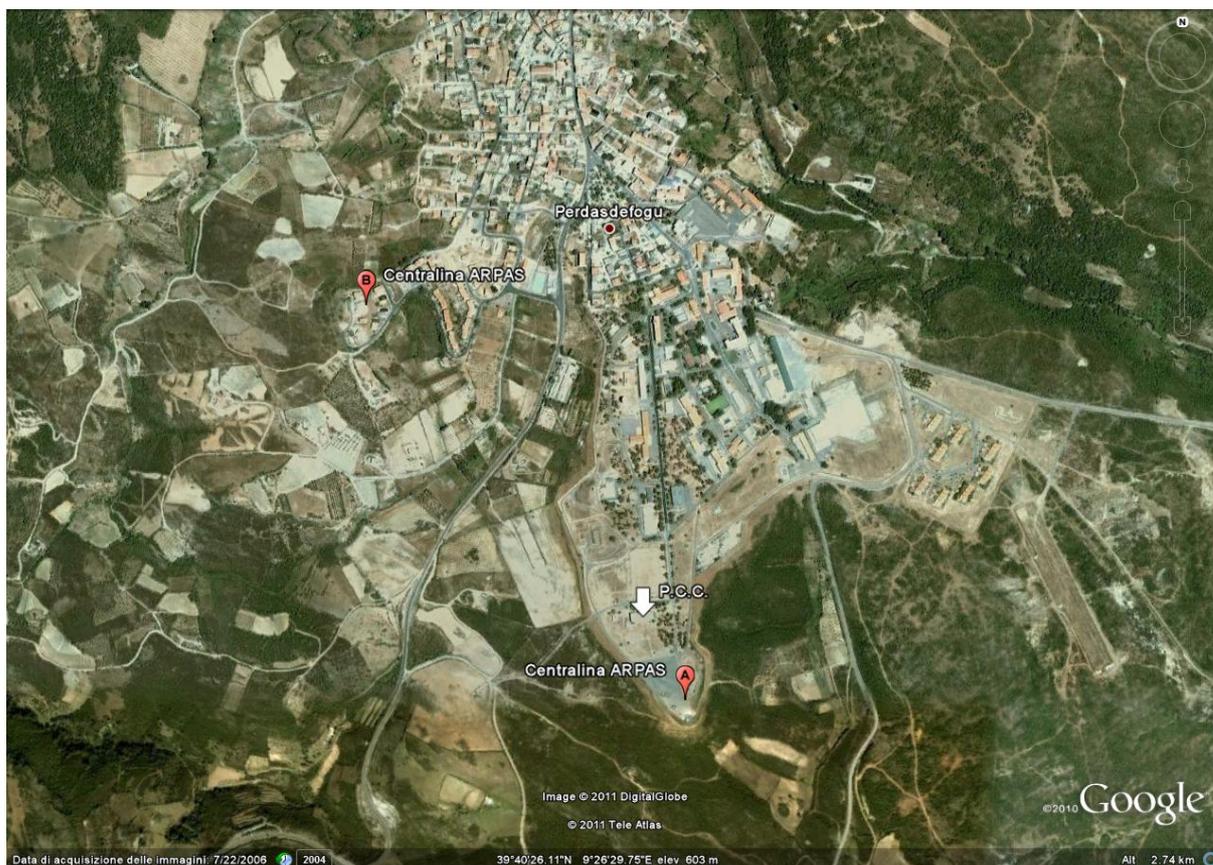
Rif punti relazione con stime valori di campo

Nel mese di giugno 2010 sono state posizionate tre centraline per il monitoraggio dei campi elettromagnetici (1 a Marina di Tertenia e 2 a Perdasdefogu delle quali una all'interno della base vicino alla centralina del PISQ) ed eseguite alcune misure di campi elettromagnetici a banda larga e a banda stretta (nel piazzale area P.C.C. della base di Perdasdefogu).

Posizionamento Centralina Marina di Tertenia



Posizionamento Centraline Perdasdefogu



Vedi sotto - Elaborazione risultati

2.3. Attività lotto 3

Nel corso di 5 sopralluoghi di campagna (a cui hanno partecipato i funzionari del Dipartimento specialistico Geologico Dott.ssa Fercia e Dott. Lonis e il Sig. Pietro Luigi Ibba del Dipartimento dell'Ogliastra), si è proceduto alla validazione dei metodi di campionamento di suoli e sedimenti fluviali presenziando alle fasi di campionatura, omogeneizzazione, quartatura, confezionamento e etichettatura dei campioni.

In particolare, durante i sopralluoghi, sono stati prelevati per le controanalisi, 10 campioni di suolo all'interno del poligono di Perdasdefogu, 5 nel poligono di Capo S. Lorenzo, e 5 campioni nelle aree civili; si è inoltre assistito al prelievo di 7 campioni di sedimenti fluviali.

Rif Verbali campionamento

Rif Verbale prelievo di 11 campioni testimone

Successivamente, nei mesi fra giugno e ottobre 2010 (i campioni testimoni sono stati prelevati dai laboratori SGS di Macchiareddu nel mese di settembre 2010) sono state eseguite, presso i laboratori

dell'ARPAS dei Dipartimenti Provinciali di Cagliari e Nuoro, le relative controanalisi di validazione

2.3.1. Confronto dei dati analitici

A seguito del confronto dei risultati analitici prodotti dai laboratori ARPAS ed SGS si è riscontrato che vi sono delle differenze significative nelle concentrazioni di Al, Sb, Ba, Cd, Cr prodotte dai laboratori Arpas ed SGS.

Si è ritenuto opportuno, come usuale nelle procedure di validazione analitica seguite dall'Agenzia nelle attività istituzionali, eseguire un confronto diretto con i responsabili delle misure di laboratorio per verificare tutti i vari passaggi di pertinenza dei procedimenti analitici, dal trattamento del campione alle condizioni di misura, configurazioni strumentali etc. in modo da verificare le cause di tali differenze ed eventualmente impostare ulteriori attività di confronto.

In data 03 febbraio 2011 tecnici ARPAS e SGS si incontrano presso il laboratorio SGS di Villafranca Padovana per discutere della risultanze del processo di validazione analitica.

Il verbale dalla riunione è riportato in allegato alla presente relazione.

In tale circostanza si è concordato di svolgere ulteriori approfondimenti analitici su un campione secondo una procedura condivisa e della quale si discuterà ampiamente nel seguito.

3. OSSERVAZIONI ALLE RELAZIONI FINALI

E' evidente come l'intero programma di monitoraggio fosse basato su un capitolato che, per quanto estremamente dettagliato in alcune parti, non descriveva in modo esaustivo le modalità per la valutazione dell'impatto complessivo delle attività svolte presso il PISQ su tutti i principali comparti ambientali in quanto non supportato da un'adeguata valutazione preliminare sulle potenziali sorgenti di contaminazione di tali comparti.

E' evidente infatti che qualsiasi azione volta alla caratterizzazione degli effetti sull'ambiente di una qualsiasi attività, sia esse di tipo civile o militare, non possa prescindere da un'attenta valutazione dei processi operati nell'ambiente e di conseguenza, dei materiali e dei residui che derivano dall'attività stessa e che possano dare luogo a contaminazione ambientale.

E' inoltre evidente che l'impostazione generale dell'indagine ambientale fosse maggiormente orientata a caratterizzare gli impatti ambientali delle attività che si svolgono attualmente presso il PISQ, non dedicando lo spazio opportuno al campionamento e all'analisi di indicatori più idonei a evidenziare le tracce di eventuali contaminazioni avvenute negli anni passati.

Sotto questo aspetto inoltre l'indicazione delle aree ad intensa attività militare risente della carenza di indicazioni in merito alle aree utilizzate in passato per le attività del Poligono e che attualmente, essendo in disuso, possono essere state trascurate dal piano di campionamenti e pertanto non adeguatamente caratterizzate nel corso della presente indagine.

Si evidenzia inoltre che per diverse metodiche di indagine (come ad esempio l'analisi delle



nanoparticelle) non esistono tuttora metodi codificati finalizzati a definire le migliori metodiche per valutare l'esposizione dell'uomo e degli animali a questi agenti e di conseguenza può risultare poi complesso valutarne gli esiti in modo oggettivo qualora se ne volessero successivamente evidenziare le potenziali conseguenze per la salute umana o animale.

Tale impostazione, finalizzata come detto più ad evidenziare e caratterizzare gli effetti ambientali delle attività che si svolgono presso il PISQ piuttosto che indagare in modo approfondito sugli effetti delle attività svolte nel corso dei decenni di attività precedente, si ritrovano poi nelle attività dei tre lotti, lotto 1, lotto 2 e lotto 3, dedicati alla caratterizzazione diretta dello stato dell'ambiente nell'area del PISQ.

Nel corso delle diverse riunioni del Comitato d'Indirizzo Territoriale sia la Commissione Tecnica del Esperti che, successivamente, questa stessa Agenzia hanno espresso numerose osservazioni sia alla stazione appaltatrice che alle ditte stesse al fine di correggere, per quanto possibile, alcune carenze dei capitolati stessi e cercare di ottenere con essa, stante il considerevole importo stanziato per la conduzione dello studio, la massima efficacia possibile, compatibilmente con i vincoli contrattuali.

3.1. Lotto 1

L'obiettivo e le relative modalità operative del Lotto 1 sono le seguenti (riportate dal capitolato)

“Il rilevamento dovrà concentrarsi principalmente su:

– Attività in Bq/m³ dei radioisotopi naturali ed artificiali presenti sui filtri correlata con le minime attività rilevabili e le condizioni meteo in continuo ed in tempo reale;

– Individuazione e quantificazione in laboratorio degli isotopi 235U/238U, del loro rapporto isotopico, del 232Th e dei suoi isotopi artificiali e di elementi chimici elencati nel seguito (in fase di gara dovrà essere specificata la metodologia riconosciuta ed adottata con le sensibilità riferite alla portata del prelievo).

.....

Tale attività prevede l'impiego di 2 (due) stazioni fisse disposte secondo quanto segue.

– Poligono di Perdasdefogu

Installazione di una stazione fissa presso la locale Stazione Meteo.

– Poligono di Capo S. Lorenzo

Installazione di una stazione fissa presso la locale Stazione Meteo

.....

Il monitoraggio effettuato mediante 2 (due) stazioni mobili presso il Poligono di Perdasdefogu e di Capo S. Lorenzo (nel quale è di particolare interesse la zona denominata Alfa) dovrà prevedere il campionamento dell'aria in continuo per tutta la durata dell'attività operativa da monitorare. Tale campionamento dovrà iniziare un'ora prima e terminare due ore dopo il termine di suddetta attività.

Il monitoraggio avrà lo scopo di prelevare il pulviscolo atmosferico che si sviluppa all'interno dei Poligoni nel corso di esercitazioni.

L'attività analitica dovrà essere condotta sul materiale aerodisperso depositato sui filtri provenienti dalle stazioni di monitoraggio citate al punto precedente. Tali filtri dovranno essere conservati a cura della Ditta, previa sigillatura tra le parti, in modo da evitare qualsiasi manomissione o contaminazione per almeno un anno, per eventuali controanalisi, e consegnate ad un Ente specializzato dell'A.D. al termine del contratto. La società deve presentare, inoltre, una apposita relazione sulle modalità con la quale intende sviluppare l'attività analitica, indicando le modalità di valutazione del contributo specifico delle emissioni locali rispetto al contributo di fondo; essa dovrà inoltre fornire in particolare informazioni su:

– La concentrazione dei seguenti elementi chimici As, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, W;

– La concentrazione di radionuclidi artificiali e naturali (isotopi 235U/238U, del loro rapporto isotopico, del 232Th e dei suoi isotopi artificiali);

– La presenza e la caratterizzazione di particelle di diametro inferiore a 0.1 µm.

Oltre alle analisi per i filtri della stazione mobile, la ditta dovrà proporre un numero adeguato di analisi sui filtri delle stazioni fisse in funzione delle caratteristiche tecniche delle apparecchiature impiegate per il rilevamento.

Le misure dirette della concentrazione dei radionuclidi dovranno essere eseguite con periodicità regolabile (da 1 ogni 10 minuti ad 1 ogni 4 ore), con analisi da effettuarsi almeno una volta nelle 24 ore durante i periodi di



attività del Poligono. Le periodicità saranno definite in funzione delle attività da controllare”

3.1.1. Prime considerazioni

Il progetto di monitoraggio ambientale del lotto 1 è evidentemente impostato con la duplice finalità di caratterizzare le emissioni di inquinanti da parte delle singole attività sperimentali che si svolgono all'interno del PISQ e, contemporaneamente dare una valutazione dell'esposizione “diffusa” della popolazione che vive nelle aree maggiormente popolate della zona.

Il primo obiettivo consentirebbe pertanto, misurando le concentrazioni di inquinanti disperse in atmosfera nelle immediate vicinanze dei luoghi nei quali si compiano le attività con le centraline mobili, di valutare sia la dispersione a breve distanza delle attività stesse e consente che l'esposizione del personale che si trova ad operare nelle vicinanze dei siti stessi.

Il secondo obiettivo consentirebbe di determinare l'impatto delle attività che si svolgono nelle diverse aree del PISQ sul centro abitato di Perdasdefogu e nell'area della base di Capo San Lorenzo, fornendo una misura in continuo delle concentrazioni di inquinanti sul lungo periodo sia durante le attività del PISQ che in assenza di esse.

Nella presente relazione si è cercato di interpretare con questa duplice chiave di lettura i dati sperimentali riportati dalla Ditta, cercando di estrapolare dai dati stessi tutte le informazioni anche di carattere indiretto che potessero aiutare nell'interpretazione dei dati stessi.

In questo contesto sono stati infatti rivalutati non solo i dati delle concentrazioni degli inquinanti nel filtro analizzati dalla ditta ma è stata avviata un'attività di valutazione dei dati di radioattività di dettaglio, comprendenti essenzialmente dati di radioattività di tipo naturale, per verificare se questi ultimi possano essere utilizzati per fornire indicazioni utili dare una misura della dispersione degli inquinanti nell'ambiente a seguito delle diverse attività svolte nel Poligono, sia che esse siano state “caratterizzate” nel corso delle attività del lotto 1 sia che derivino direttamente dal monitoraggio in continuo effettuato dalle stazioni fisse e mobili.

Dall'esame delle attività di misura e monitoraggio svolte fino a dicembre 2009 e comunque prima dell'acquisto delle nuove stazioni di campionamento delle polveri e dei nuovi deposimetri (oltre che dell'inizio delle attività di supervisione ARPAS) è evidente che l'attività di caratterizzazione e monitoraggio è stata notevolmente penalizzata dal fatto che le direzioni prevalenti del vento non hanno favorito la raccolta dei campioni, spirando esso generalmente lungo direzioni tali da porre nella maggioranza dei casi le stazioni di campionamento sopravvento rispetto ai luoghi delle esperienze e, di conseguenza, non portando a configurazioni di campionamento rappresentative della eventuale contaminazione ambientale o esposizione delle persone agli eventuali agenti inquinanti prodotti dalle attività del Poligono.

A seguito della collaborazione instaurata da questa Agenzia con la ditta, come concordato, nel corso delle attività del 2010, anche a seguito dell'acquisto dei nuovi campionatori e dei deposimetri, i

campionamenti eseguiti nel periodo giugno-luglio 2010 ha dato esiti maggiormente rappresentativi.

3.1.2. Misure di radioattività

Come riportato nella relazione della ditta del lotto 1, l'impostazione del sistema di misura delle PMS è finalizzata a determinare l'attività alfa e beta totale dei soli isotopi artificiali, con energia specifica delle particelle compresa nell'intervallo 3-6 MeV.

Tale determinazione è il risultato della valutazione preliminare dell'attività dei figli del Radon (Rn222) e del Thoron (Rn220), che sono alfa e beta emettitori, e le cui energie di decadimento alfa sono superiori a 6 MeV, mentre la radiazione beta è messa come noto con uno spettro continuo e pertanto non è discriminabile in modo immediato con tecniche spettrometriche.

Tutte le misure di concentrazione alfa e beta sono riferibili pertanto a concentrazione di radioisotopi artificiali la cui origine può essere attribuita a eventi incidentali collegati all'uso impianti di tipo nucleari (impianti di produzione e/o ricerca con reattori nucleari), a sorgenti di radionuclidi artificiali di tipo antropico che non hanno, a quanto è dato sapere, riscontro nelle attività del PISQ o alle emissioni alfa caratteristiche dell'Uranio nei suoi diversi isotopi radioattivi (U-238, U-234, U-235).

Essendo peraltro i limiti di rilevabilità compresi fra 20 e 160 mBq/m³ per la radiazione alfa e fra 90 e 700 mBq/m³ per la radiazione beta si giudica la sensibilità di tale sistema poco adeguata alla determinazione diretta di isotopi dell'Uranio qualora questi fossero dispersi nell'ambiente a seguito delle attività svolte nel Poligono e certamente tali strumenti non sono idonei a determinare in modo diretto le attività dei singoli radioisotopi.

Risulta peraltro evidente che diverse attività che si svolgono nel PISQ possono determinare un aumento della concentrazione del particolato e la dispersione in aria di residui di terreno a seguito di esplosioni, le quali possono comportare la dispersione nel particolato stesso di isotopi radioattivi naturali appartenenti alla famiglia dell'Uranio e del Torio normalmente contenuti nei suoli.

Se i meccanismi di calcolo della concentrazione di alfa e beta nel particolato escludono a priori tali radioisotopi classificandoli esclusivamente quali figli del decadimento radioattività del Radon e del Thoron, può essere trascurato l'eventuale contributo all'esposizioni derivante dall'incremento del particolato in aria.

Valori tipici di concentrazione alfa e beta totale nel particolato (PTS) sono dell'ordine di grandezza di 0.02-0.1 mBq/m³ alfa totale e 0.5-0.5 mBq/m³ beta totale (rete RESORAD stazione SS) e pertanto di gran lunga inferiori ai valori di MDL riportati nel rapporto per gli alfa e beta totali artificiali.

Poiché il sistema di gestione delle stazioni consente la registrazione sia dell'attività alfa e beta totale che delle attività del Radon e del Thoron, che fanno parte della famiglia di decadimento radioattivo del Ra-226 (che a sua volta discende dall'U-238) e del Th-232, è evidente che sarebbe necessario rielaborare completamente i dati forniti in modo da ottenere un'analisi di dettaglio della dispersione di tali inquinanti in atmosfera al fine di poter valutare se vi sia un incremento significativo della

radioattività aerodispersa che non si limiti al contributo degli isotopi artificiali ma valuti in dettaglio il contributo degli isotopi naturali della famiglia del Ra226 e del Th232.

E' peraltro evidente, anche da quanto riportato dalla ditta nella relazione, che il rateo di dose gamma della centrale fissa e mobile sono fortemente influenzati dal valore di fondo caratteristico per il contributo naturale fornito dal substrato geologico.

E' evidente anche in questo caso che un trattamento statistico generale dei dati può portare a non evidenziare fenomeni che possono avere significato dal punto di vista della dose gamma eventualmente generata dalle attività nel modo esposto in precedenza (aumento della dose collegato all'aumento della concentrazione di polveri totali contenenti radionuclidi di origine naturale), per i quali è necessario approfondire l'esame per poter esprimere valutazioni di tipo dosimetrico.

3.1.3. Analisi degli inquinanti chimici

Non risulta inoltre chiaramente evidente la logica utilizzata per la scelta dei campioni da sottoporre ad analisi sia chimica che isotopica.

Dall'analisi dei dati forniti dalla ditta e dalla relazione generale, si ravvisa una certa disomogeneità relativa al periodo monitorato dalle stazioni fisse e mobili che ne pregiudica fortemente il confronto. In particolare le stazioni PDF fissa e CSL fissa hanno funzionato dal febbraio 2009 al marzo 2010, mentre la PDF mobile e la CSL mobile dall'aprile 2009 al giugno 2010. Pertanto per molte delle esperienze effettuate nel poligono dopo il marzo 2010 non si hanno a disposizione i dati delle stazioni fisse. Inoltre, i limiti nella confrontabilità dei dati sono anche riconducibili alla diversa cadenza temporale di acquisizione del dato. Nelle stazioni fisse i monitoraggi erano ogni tre-quattro giorni rispetto al dato generalmente giornaliero acquisito dalle mobili.

Spesso, come già evidenziato in precedenza, i captatori risultano sopravvento rispetto all'area di test, soprattutto per nelle esperienze eseguite nel 2009 probabilmente in conseguenza di una carenza informazione preliminare alle attività in merito alle previsioni sulla direzione ed intensità del vento per le date previste unito alla scarsa manovrabilità delle centraline "mobili". Tuttavia, spesso per le stazioni mobili le piccole distanze rendono probabilmente meno evidente questo problema, ma certamente la scarsa rappresentatività in termini di capacità di caratterizzare correttamente il fenomeno da analizzare, rende spesso poco utilizzabili i dati ottenuti se anche si volessero utilizzare tali dati per validare ragionamenti sulla dispersione degli inquinanti basati su previsioni di tipo modellistico.

A questo proposito si riscontra una scarsa attenzione all'interpretazione dei dati di monitoraggio in funzione dei parametri meteo climatici i quali, per ovvi motivi, determinano in modo evidente la dispersione degli inquinanti nell'ambiente, privilegiando invece un'interpretazione dei dati più marcatamente statistica.

Risulta inoltre scarsamente convincente e discutibile il calcolo da parte della ditta dei “valori di fondo” relativi alle concentrazioni dei metalli considerando l'intero dataset della PDF fissa per l'area di Perdasdefogu e della CSL fissa per l'area di Capo San Lorenzo, senza tenere in considerazione le possibili contaminazioni che potrebbero essere causate in quelle aree dall'attività militare effettuata a pochi chilometri di distanza. In realtà se si fa riferimento al documento APAT-ISS del giugno 2006 dal titolo “Protocollo operativo per la determinazione dei valori di fondo di metalli/metalloidi nei suoli dei siti d'interesse nazionale” si evince come con il termine valore di fondo si faccia riferimento alla distribuzione delle concentrazioni di metalli/metalloidi la cui presenza non è riconducibile ad alcuna sorgente puntuale e/o specifica attiva, nel presente o in passato, sull'area di interesse. Altresì, nel documento US EPA del 1995, il valore di fondo è inteso come la concentrazione di composti inorganici nei suoli o nei sedimenti situati in prossimità dei siti inquinati ma che non sono influenzati dalle attività svolte nel sito o ad esse ricollegabili. Per tale ragione non potendo escludere in maniera assoluta l'effetto delle esercitazioni nelle aree i cui dati sono stati utilizzati come fondo, almeno nel periodo delle esercitazioni, questa Agenzia ritiene opportuno rivedere in maniera critica le elaborazioni effettuate dalla ditta per il calcolo dei valori di riferimento e conseguentemente anche i confronti con le concentrazioni misurate durante le esperienze, pur ricordando tutta una serie di limitazioni legate alla tipologia di dati disponibili.

Tale procedimento porta generalmente a sovrastimare anche del 100% i valori di riferimento UCL o UPL calcolati per i vari inquinanti considerati rispetto a una valutazione del “valore di fondo” basata su periodi di assenza di attività del PISQ (essenzialmente il periodo estivo e brevi periodi nel mese di dicembre).

3.2. Lotto 2

L'obiettivo e le relative modalità operative del Lotto 2 sono le seguenti (riportate dal capitolato)

“Questo lotto ha lo scopo di realizzare una campagna di misure sulle radiazioni non-ionizzanti nelle aree del PISQ dove usualmente il personale svolge attività lavorativa e dove vive la popolazione.

La campagna di misure richiede i seguenti servizi:

- Studio preliminare del sito per l'esame delle caratteristiche delle emissioni prodotte dagli apparati trasmettenti e le aree con maggiore permanenza del personale e della popolazione – Valutazione teorica dei campi elettromagnetici (e.m.) per la validazione dello studio preliminare e delle misure sperimentali*
- Misura dei campi e.m. nelle aree prossime alle antenne trasmettenti e nelle aree occupate dal personale e dalla popolazione, con l'individuazione di eventuali zone di rischio da interdire o limitare alla presenza umana*
- Relazione finale con i risultati delle misure e le valutazioni conclusive sull'impatto e.m. sul personale e sulla popolazione*
- Acquisizione della strumentazione di misura (IM) completa di manuali utente ed addestramento*
- Acquisizione/Installazione della Strumentazione di monitoraggio continuo (ICM) completa di manuali utente, addestramento per l'uso e manutenzione di base.*

.....



Studio preliminare

Lo Studio dovrà avere lo scopo di esaminare il comprensorio del PISQ dal punto di vista elettromagnetico, individuando il numero, la tipologia e l'ubicazione delle antenne trasmettenti in dotazione al PISQ ed eventualmente ospitate temporaneamente. Inoltre dovranno essere prese in considerazione tutte le aree interessate dai lobi delle antenne, in particolare quelle maggiormente frequentate dal personale del PISQ e dalla popolazione interna ed esterna al PISQ. Per fare ciò dovranno essere consultati i dati tecnici degli impianti trasmettenti (disponibili presso il PISQ), compreso il carico di lavoro, l'orografia del terreno, la presenza o particolari aree da esaminare.

Valutazione teorica

La valutazione teorica, sulla base dei dati emersi dallo studio preliminare, avrà lo scopo di orientare e ottimizzare le misure sperimentali e convalidare i risultati.

Per fare ciò è necessario un software di simulazione e.m. in grado di effettuare una predizione sulla base dei dati tecnici degli impianti e delle antenne, dell'orografia e delle caratteristiche elettriche del terreno e della presenza di edifici o altri ostacoli. La simulazione, operata con codici di calcolo adatti in base alle frequenze di lavoro, dovrà fornire una mappatura del PISQ indicando i livelli di campo in tutte le aree di interesse a differenti quote. Il software, al termine delle attività resterà di proprietà dell'AD per lo studio futuro di nuove configurazioni di apparati emittenti.

Il codice di calcolo dovrà essere in grado di predire i livelli di campo vicino e lontano in un ambiente caratterizzato dalla presenza di più antenne e da più edifici. Costituisce elemento di maggior valutazione se il codice consente di valutare i livelli di campo anche all'interno degli edifici.

Misura dei campi e.m.

Questa attività dovrà essere condotta con idonea strumentazione e secondo protocolli di misura indicati nelle normative in riferimento. Le misure dovranno essere svolte con gli impianti in trasmissione alle massime condizioni di emissione.

A seconda del carico di lavoro, le misure potranno essere svolte durante la trasmissione (misure istantanee), oppure in modo continuativo (h24) per valutare la distribuzione dei livelli di campo nell'arco della giornata. Le misure richiederanno strumentazione a banda larga (misuratori di campo) per gli impianti TLC e a banda stretta (analizzatori di spettro) per i radar e nei casi in cui si debba operare la riduzione a conformità.

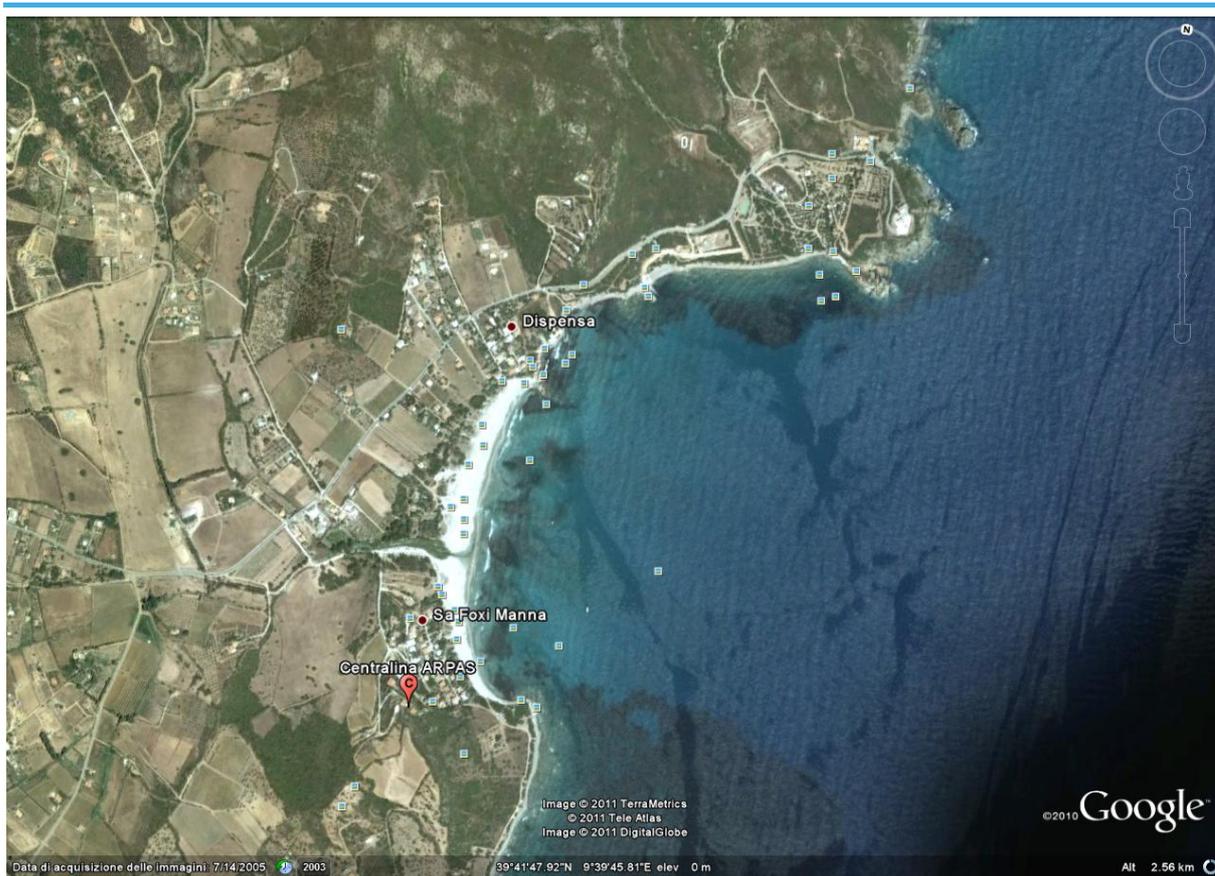
Nel caso in cui si presentassero forti discordanze (> 3 dB) fra le valutazioni teoriche e le misure, si dovranno riprendere in considerazione i codici di calcolo utilizzati e le condizioni al contorno inserite nel programma di simulazione. In caso di persistenza dei risultati teorici, si dovrà ricondurre una nuova campagna di misura.

.....”

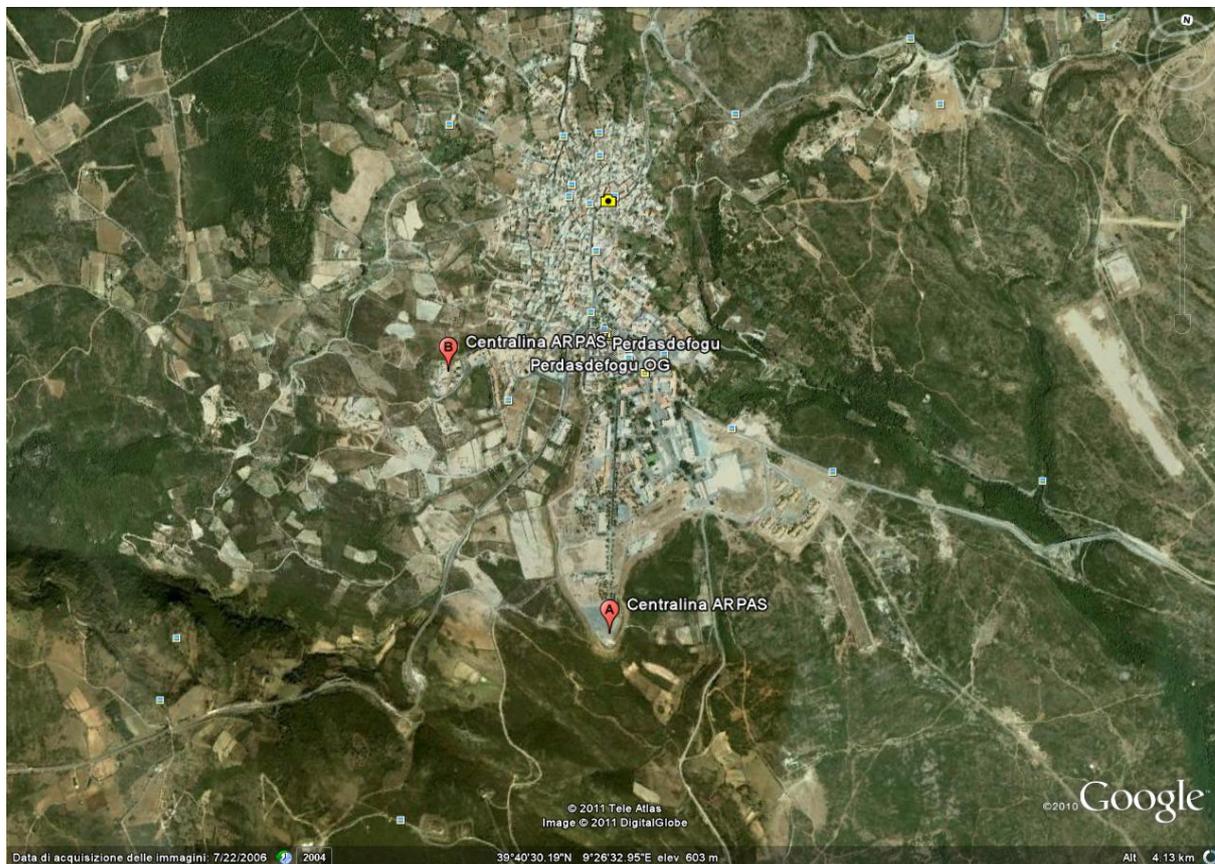
3.2.1. Prime considerazioni

Sono state posizionate alcune centraline mobili per il monitoraggio dei campi elettromagnetici a radiofrequenza in aree indicate nel rapporto della ditta quali potenzialmente critiche.

Le posizioni di misura sono riportate nella figura seguente:



Centralina Marina di Tertenia – loc. Sarrala – sorgente CITE Punta Is Ebbas



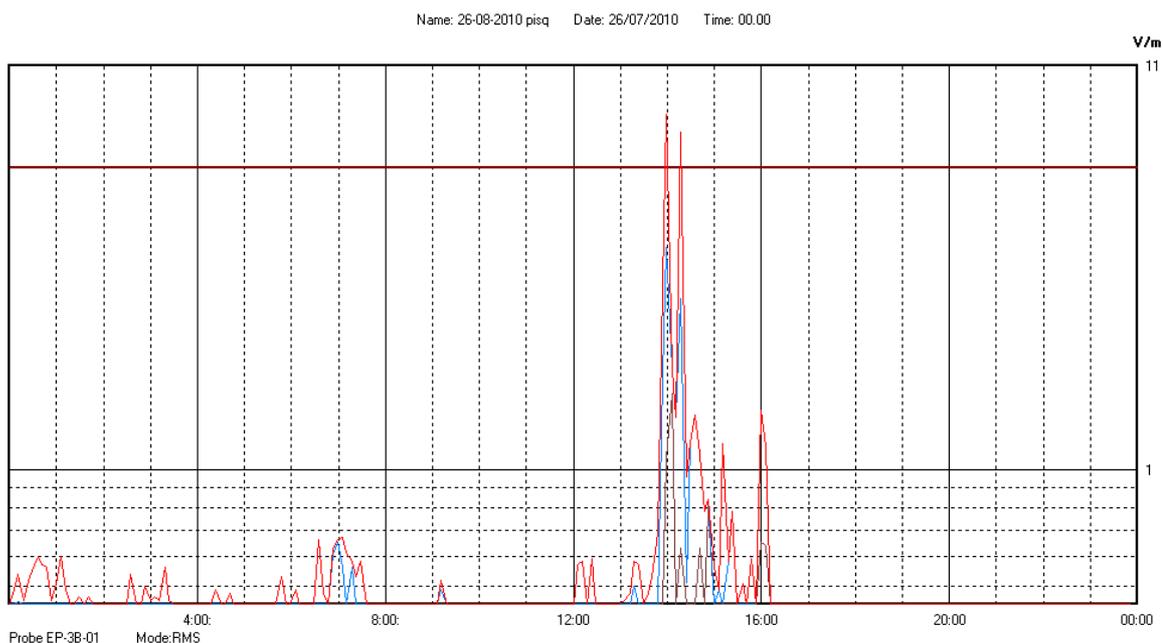
Centralina Perdasdefogu –sorgente PCC Base di Perdasdefogu



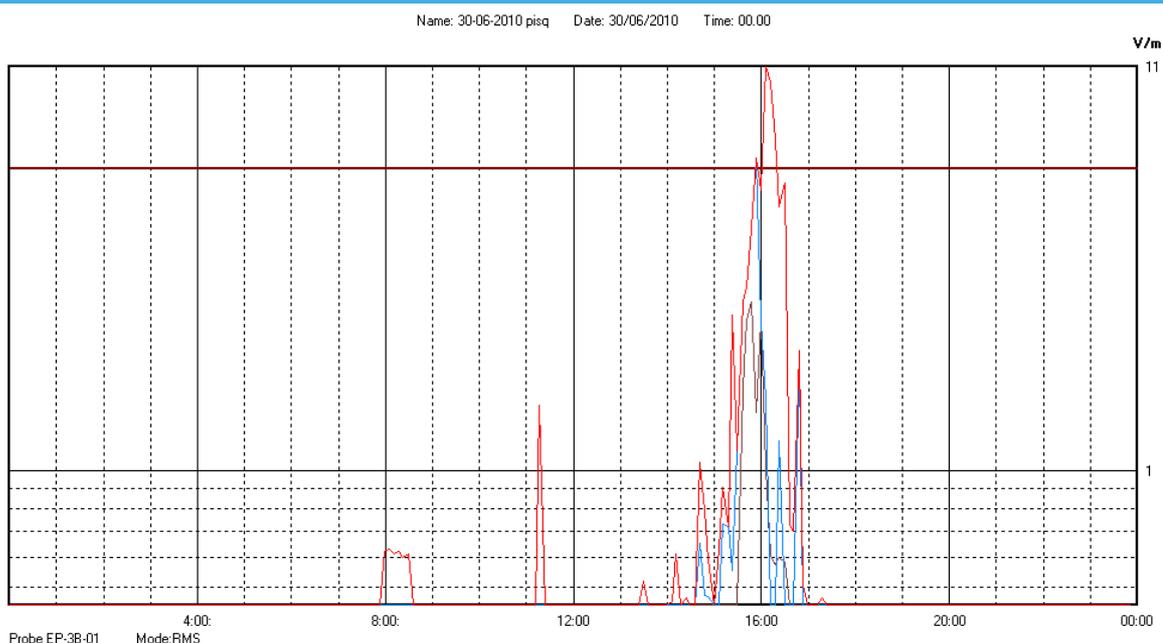
Nelle figure seguenti sono riportati i grafici dei campi elettromagnetici misurati nell'area denominata PCC nella base di Perdasdefogu.

Nei grafici è mostrato il valore di Picco a banda larga (100 kHz-3 GHz)

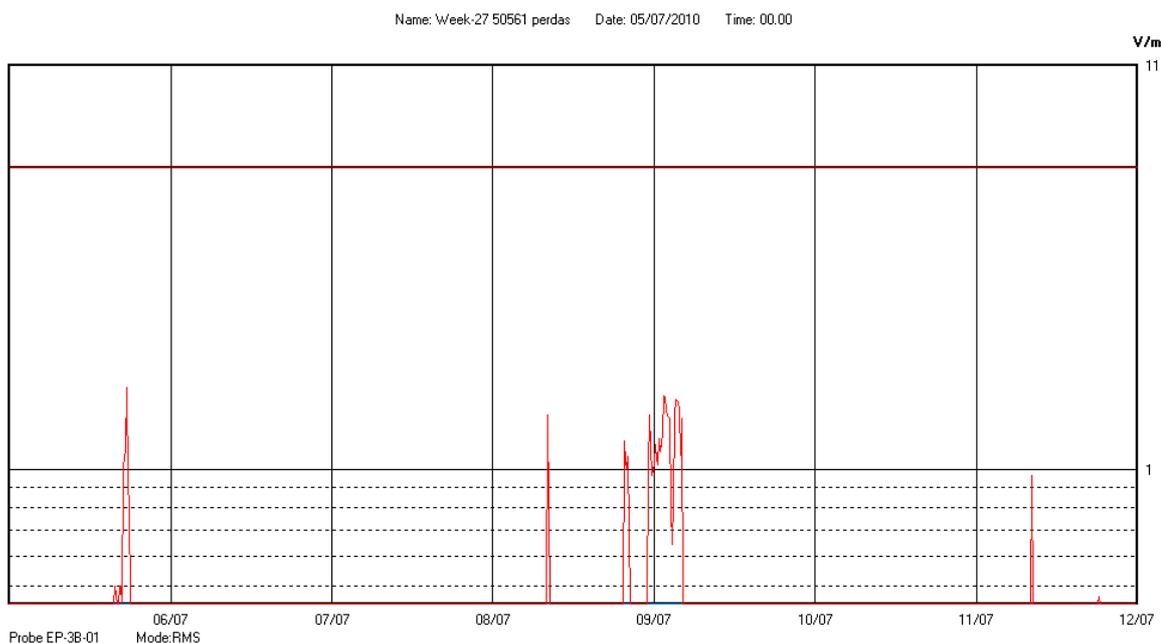
Centralina Base Perdas – 26/07/2010 Campo Elettrico – Misura Banda Larga



Centralina Base Perdas – 30/06/2010 Campo Elettrico – Misura Banda Larga



Centralina Perdas paese – 05/07/2010 Campo Elettrico – Misura Banda Larga



3.3. Lotto 3

L'obiettivo e le relative modalità operative del Lotto 3 sono le seguenti (riportate dal capitolato)

Il presente Disciplinare Tecnico si riferisce al campionamento di matrici ambientali e biologiche (suolo, acque naturali superficiali e sotterranee, organismi vegetali ed animali) da attuarsi presso il Poligono Interforze di Salto di Quirra (Poligono Militare di Perdasdefogu e Poligono Militare di Capo San Lorenzo), e al loro successivo controllo chimico da effettuarsi mediante l'applicazione di metodiche analitiche atte a stabilire la qualità e la quantità degli elementi chimici presenti.



Pubblicazioni applicabili

- Le normative italiane vigenti in fatto di controlli e tutela dell'ambiente in particolare del suolo e delle acque.
- Metodi EPA 8330 o 8095 (Nitroaromatici, nitrammine ed esplosivi) e EPA 314, EPA 331 ed EPA 332 (Perclorati).
- Pubblicazioni UNEP

4. Campionamento

Il piano di campionamento deve basarsi sui più recenti ed idonei protocolli per il prelievo di matrici ambientali e biologiche al fine di prelevare un numero di campioni congruo e rappresentativo della popolazione di interesse e rispettando quanto indicato nel paragrafo 7, in relazione alla tipologia di controllo del territorio e alla sua estensione (come definita nel paragrafo 4.1).

Il piano di campionamento deve prevedere inoltre la realizzazione di carotaggi nella zona nel seguito descritta come area "C". Tali carotaggi devono avere un diametro di circa 5 cm e una profondità fino al raggiungimento della roccia e comunque non superiore ai 5 metri rispetto al piano di campagna.

Per ogni campione relativo al carotaggio, devono essere eseguite le analisi come riportato nel paragrafo 4.4

Durante le attività di campionamento la Ditta deve compilare, contestualmente al prelievo, un modulo dove saranno riportati i dati salienti del sito di prelievo e di ogni singolo campione (identificativo del sito e del campione, data del prelievo, operatore, localizzazione in coordinate chilometriche e/o geografiche, tipologia e quantità del campione prelevato, lineamenti morfologici, geologici, idrologici, pedologici del sito)

L'attività di campionamento deve prevedere una quantità di campione tale da poter ricavare almeno un'aliquota per il controllo chimico e almeno due aliquote da conservare per un minimo di un anno dopo la consegna della relazione finale, di pari quantità.

I contenitori utilizzati per lo stoccaggio dei campioni devono avere una idonea resistenza meccanica e chimica per poter conservare gli stessi per almeno un anno dopo la consegna della relazione finale

4.1 Aree interessate dal campionamento

Il campionamento deve essere eseguito nelle seguenti zone:

– le aree elencate ad intensa attività militare situate nel "Poligono a Terra" a Perdasdefogu:

- o Area A di forma rettangolare e di estensione di circa 289 ettari;
- o Area B di forma rettangolare e di estensione di circa 25 ettari;
- o Area C di forma rettangolare e di estensione di circa 26 ettari;
- o Area D di forma rettangolare e di estensione di circa 155 ettari;
- o Area E di forma rettangolare e di estensione di circa 132 ettari.

– le aree ad intensa attività militare situate nel "Poligono a Mare" a Capo San Lorenzo

- o Area F di forma rettangolare e di estensione di circa 100 ettari;
- o Area G di forma rettangolare e di estensione di circa 30 ettari;
- o Area H di forma rettangolare e di estensione di circa 3 ettari;

– le seguenti zone non direttamente interessate dall'attività militare:

- o zone del Poligono esterne alle aree indicate nei punti precedenti
- o zona 1 (da definirsi in coordinamento con il comitato d'indirizzo politico);
- o zona 2 (da definirsi in coordinamento con il comitato d'indirizzo politico);
- o ...

4.2. Campionamento del suolo

Il piano di campionamento della matrice suolo deve comprendere quanto di seguito specificato.

– Il prelievo dei campioni deve riguardare il suolo superficiale (intervallo 0-20 cm) e deve essere effettuato secondo uno schema di campionamento di tipo sistematico impostato su un predeterminato modello geometrico rappresentato da una griglia di campionamento costituita da maglie di forma opportuna con una distanza tra i nodi di dimensione adeguata;

– nel piano di campionamento la Ditta deve indicare in quali punti della maglia effettuerà il prelievo del suolo;

– devono altresì essere descritte in dettaglio le procedure di prelievo e di trattamento del campione in loco, secondo quanto prescritto da protocolli standard riconosciuti a livello internazionale.

– Prelievo di sedimenti marini nelle acque antistanti le zone specificate nel paragrafo 4.1 per Capo San Lorenzo.

4.3. Campionamento delle acque naturali superficiali e sotterranee

Il piano di campionamento delle acque superficiali deve riguardare il prelievo delle acque dalle aree fluviali di seguito specificate:

- i corsi d'acqua a regime torrentizio che attraversano le aree indicate nel paragrafo 4.1;
- il sistema idrografico del Rio Baccu Locci e del Rio Corr'e Cerbo;
- il corso principale Rio San Giorgio;
- il Rio Pisali e Flumine Durci;

Il piano dovrà prevedere inoltre il prelievo di acqua marina nelle zone antistanti le aree specificate nel paragrafo 4.1 per Capo San Lorenzo.

Inoltre devono essere prelevati campioni di acqua sotterranea da sorgenti e pozzi presenti nei bacini idrografici delle aree fluviali sopra elencate.

Sulle acque fluviali e sotterranee devono essere effettuate in situ le misure dei principali parametri chimico-fisici (temperatura, pH, conducibilità elettrica, potenziale redox), le quali, insieme agli strumenti usati ed ai trattamenti effettuati (i.e. filtrazione e acidificazione), devono essere riportate nella scheda di campionamento.

Le procedure di prelievo e di conservazione dei campioni devono essere effettuate in accordo con quelle suggerite a livello internazionale.

4.4. Campionamento delle specie vegetali.

Il piano di campionamento delle specie vegetali deve comprendere il prelievo di campioni di licheni e funghi nelle zone indicate al punto 4.1. Le analisi chimiche, descritte nel paragrafo 4.6, su tali specie consentiranno di definire la distribuzione di elementi in traccia di interesse ecotossicologico nel territorio in studio. Allo scopo dovranno essere trapiantati talli di una specie lichenica raccolti in un'area incontaminata ed esposti per almeno 6 mesi.

Nelle aree ad intensa attività militare, infine si dovrà prevedere il prelievo e l'analisi di campioni di specie vegetali spontanee, erbacee ed arbustive, nonché di piante marine per i tratti di mare delle aree di Capo S. Lorenzo.

4.5. Campionamento delle specie animali, derivati caseari e miele .

Il piano di campionamento deve comprendere:

- animali pascolanti (ovini, caprini, suini ed equini) nelle zone indicate al punto 4.1,*
- latte e derivati caseari degli animali del precedente punto,*
- esemplari di anellidi terricoli, quali bioindicatori della qualità del suolo nelle zone indicate al punto 4.1,*
- miele proveniente dalle apicolture presenti nelle zone indicate al punto 4.1,*
- ricci di mare nelle zone specificate nel paragrafo 4.1 per Capo San Lorenzo.*

4.6. Analisi chimica.

Le procedure di preparazione ed analisi dei campioni prelevati devono essere conformi a quanto stabilito dalle normative vigenti italiane in fatto di metodiche analitiche.

Negli animali pascolanti, in particolare, dovranno essere analizzati almeno polmoni, reni, intestino, gonadi.

I metodi analitici impiegati devono garantire, per ogni singolo elemento chimico, un limite di rilevabilità minore di un decimo della quantità massima prevista dalle normative italiane in fatto di tutela dell'ambiente e dovrà essere dichiarato al momento della proposta tecnica per la gara.

Nei campioni devono essere determinati almeno i seguenti elementi chimici: Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Sb, Th, Tl, U, W, Zn, Zr, perclorati.

In campioni selezionati devono essere determinati i rapporti degli isotopi dell'uranio.

Nei campioni di origine animale, dovrà essere determinata l'eventuale presenza di nano particelle metalliche.

Si devono determinare, inoltre, i prodotti di degradazione degli esplosivi della classe trinitrotoluene e le relative quantità secondo quanto specificato dalle normative indicate nel paragrafo 3.

.....

6. Presentazione dei risultati

Al termine delle analisi la ditta dovrà presentare un report dettagliato sulle attività svolte e sulle procedure adottate con i riferimenti legislativi e normativi adottati.

La Ditta dovrà altresì fornire:

- le tabelle contenenti i dati analitici riferiti ad ogni singolo campione;*
- le metodiche analitiche applicate;*
- il trattamento statistico dei dati analitici, riportando per ogni elemento i principali indici: media, mediana, deviazione standard, percentili, etc.*
- mappe tematiche che riportano la distribuzione geochimica degli elementi nel suolo.*

I dati devono essere forniti all'A.D. anche in formato elettronico, documenti in PDF e dati in TXT/CSV/XML, al fine di consentire alle procedure automatiche previste dal Lotto 5 ("Realizzazione di un sistema informativo ambientale") di poterli immagazzinare nel Sistema Informativo Ambientale.

3.3.1. Prime considerazioni

Si evidenzia, da una prima analisi della relazione, che mancano informazioni fondamentali per



inquadrare correttamente i risultati del lavoro svolto nel contesto geografico mancando nella documentazione allegata degli elaborati cartografici maggiormente rappresentativi dei risultati ottenuti per tutte le matrici. Nella cartografia allegata alla relazione sono rappresentati unicamente i punti di prelievo delle diverse matrici ambientali ed animali ma la stessa cartografia è assolutamente carente di informazioni in merito ai risultati analitici.

Tali carenze si manifestano sostanzialmente in:

- mancanza delle basi topografiche con il piano di campionatura
- mancanza della topografia nelle carte geologiche
- mancanza delle informazioni in merito alla tettonica nelle carte geologiche
- mancanza della legenda nelle carte geologiche
- mancanza di uniformità nei colori di riferimento nelle varie carte geologiche
- localizzazione dei punti di campionamento di suoli e sedimenti fluviali su foto aeree o su base geologica senza topografia;

Dalla relazione inoltre si evince che non sono state prese in considerazione le indicazioni fornite a suo tempo dall'ARPAS, sia in termini di piano di campionamento concordato che in termini di trattamento dei dati al fine di restituire informazioni esaurienti sui risultati della caratterizzazione sia dei suoli che delle altre matrici. Si rammenta infatti che nella seconda parte delle attività di campagna, lo schema di campionamento proposto alla ditta da ARPAS per il prelievo dei 295 campioni ancora da effettuare, come concordato col Comitato degli Esperti durante la riunione del 25 marzo 2010, è stato eseguito solamente in parte, trascurando un'intera area del Poligono a terra la quale risulta attualmente priva di qualsiasi informazione in merito all'eventuale contaminazione.

Si ricorda inoltre che la scelta di ubicare l'area di bianco a Baunei non può essere stata effettuata perché "simile da un punto di vista geologico, pedologico e vegetazionale" infatti, soprattutto dal punto di vista geologico e pedologico, come già a suo tempo ribadito per le vie ufficiali, le litologie affioranti a Baunei sono in linea di massima diverse da quelle del PISQ, mentre sarebbe accettabile la motivazione relativa alla scarsa antropizzazione presente a Baunei.

Si ricorda che questa Agenzia ha dato anche le indicazioni puntuali su carta per il prelievo di 25 campioni di sedimenti fluviali dei quali, sembrerebbe che siano stati eseguiti solo i campioni eseguiti alla presenza dei tecnici ARPAS durante le attività in contraddittorio svolte nel mese di maggio 2010.

Si evidenzia che nella relazione della ditta SGS si dichiara che i parametri organici non sono mai determinati con concentrazioni superiori ai limiti di rilevabilità, mentre in realtà su 25 campioni, localizzati prevalentemente entro le aree dei poligoni, vi sono dei risultati positivi.

La presenza di campioni con valori positivi nei composti organici, suggerisce la necessità di dover approfondire le indagini con una verifica dettagliata delle sorgenti di contaminazione.

Si nota quindi che il trattamento dei dati non è stato eseguito secondo le indicazioni elaborate da questa Agenzia e che, per tutta la relazione, si continua ancora a considerare l'area di Baunei come rappresentativa di un valore di fondo e utile per il confronto mentre non si elabora in alcun modo lavoro sul dato geologico-litologico pur se l'importanza di tale dato si sottolinea più volte, oltre a eludere costantemente il trattamento dei campioni influenzati da mineralizzazioni e non si lavora sui

dati in tal senso contravvenendo alle indicazioni fornite.

Si censura decisamente l'eliminazione del trattamento dei "valori outliers", fra i quali sono presenti numerosi superamenti dei valori limite per le concentrazioni dei metalli nei suoli secondo il D.Lgs 156/06 in quanto si ritiene che qualsiasi considerazione in merito alla possibile contaminazione delle aree in esame non può assolutamente prescindere da una analisi approfondita dei valori anomali e dalla loro rappresentazione in opportune mappe.

L'analisi statistica è stata eseguita elaborando i risultati dei campioni di suolo provenienti da diverse litologie, da gruppi non omogenei (vedi il trattamento delle aree esterne che comprende tutte le aree comunali dell'area vasta) e senza un valido screening sui campioni influenzati dalla presenza di aree minerarie.

Considerazioni di tale tipo, sulla presenza di una geologia complessa e di mineralizzazioni nell'area, sono anche fatte nel testo a pag. 142, ma tale considerazione non ha comunque "turbato" il procedere dei lavori con l'individuazione di quelle che sono definite nel testo "associazioni caratteristiche". Tali associazioni per giunta sono utilizzate per dimostrare che le attività del poligono non hanno influenza sull'ambiente, essendo queste presenti più o meno in tutto il territorio, e cioè sia in aree militari che nelle aree esterne.

Rapporti isotopici dell'U

Per quanto riguarda la determinazione del rapporto isotopico U235/U238 è opportuna, quale considerazione preliminare, che, essendo risaputo (anche da studi precedenti ad esempio Università di Siena 2004) che le concentrazioni medie di U nei suoli presentano normalmente valori inferiori a 5 mg/kg (media nell'area del PISQ pari a circa 3 mg/kg) ed essendo pertanto risaputo che con la metodica "standard" EPA 6020 utilizzata sarebbe stato possibile determinare il rapporto isotopico per un numero molto ridotto di campioni con concentrazioni al di sopra di valori medi caratteristici, si ritiene che la metodica analitica scelta non consente di fugare oltre ogni ragionevole dubbio i sospetti che nel corso delle attività svolte nel corso degli anni presso il PISQ possano essere state utilizzate munizioni all'Udep in quantità tali da determinare una contaminazione diffusa nei suoli dell'area.

Nonostante inoltre la richiesta rinnovata nel corso della riunione del Comitato d'Indirizzo del 17 giugno volta ad approfondire i criteri per la determinazione del rapporto isotopico a partire dai dati di macchina fornendo una valutazione di dettaglio dell'incertezza analitica con la quale vengono forniti i dati di concentrazione degli isotopi in modo da fornire un riferimento analitico sul quale basare ulteriori ragionamenti sulle probabilità di contaminazione delle aree indagate, nel rapporto vengono fornite indicazioni scarsamente comprensibili in merito all'incertezza di misura (cfr pag 254-255) che non consentono alcun approfondimento.

Nel grafico Fig. 11.7.2 inoltre sono evidenti diversi valori di rapporto isotopico notevolmente inferiori al



valore tipico dell'IR dell'Unat. Non è chiaro se il grafico mostrato nella figura 11.7.2 sia riferito alla procedura di sottrazione del fondo strumentale citata nel capoverso successivo.

Si conclude pertanto che, allo stato attuale e secondo quanto riportato dalla Ditta, non è possibile escludere che i suoli campionati possano risultare contaminati con Udep..

4. VALIDAZIONE ANALITICA

Nel corso del 2010, secondo gli accordi citati in precedenza, ARPAS e SGS hanno prelevato in contraddittorio 20 campioni di suolo, e successivamente ARPAS ha acquisito 11 campioni di suolo dai campioni testimone conservati presso SGS, previa autorizzazione di NAMSA.

L'elenco completo dei campioni analizzati "in contraddittorio" è il seguente: EXT/SUO/137, EXT/SUO/138, EXT/SUO/139, EXT/SUO/140, EXT/SUO/141, EXT/SUO/142, EXT/SUO/143, EXT/SUO/144, EXT/SUO/145, EXT/SUO/146, ARM/SUO/006, BAL/SUO/005, BAL/SUO/006, BAL/SUO/007, BAL/SUO/008, A/SUO/003, A/SUO/030, C/SUO/005, D/SUO/022, D/SUO/030, E/SUO/019, EXT/SUO/026, EXT/SUO/050, EXT/SUO/054, EXT/SUO/055, G/SUO/003, V/SUO/056, V/SUO/057, V/SUO/058, G/SUO/010, F/SUO/026.

La procedura di validazione è stata decisa e concordata nel corso della riunione del febbraio 2010 e, verificate le disponibilità dei Laboratori dei Dipartimenti ARPAS di Cagliari e Nuoro, si è concordato di eseguire le analisi sui seguenti analiti:

Al, Ba, Cd, Cr, Sb, As, Co, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn.

Dal quadro analitico previsto nel capitolato del lotto 3 sono stati esclusi, con la motivazione che i laboratori ARPAS non effettuano la determinazione di tali analiti, Th, Tl, U, W, Zr.

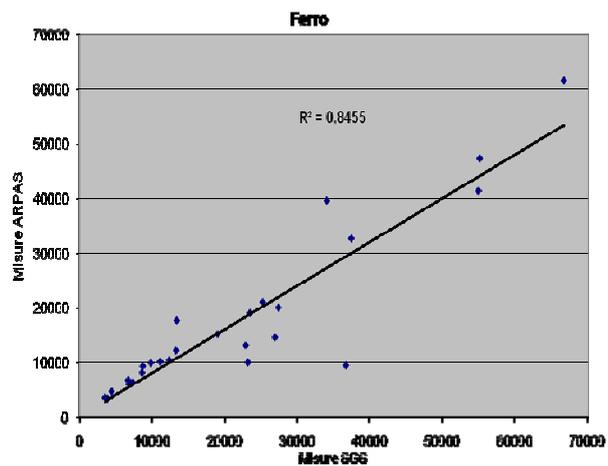
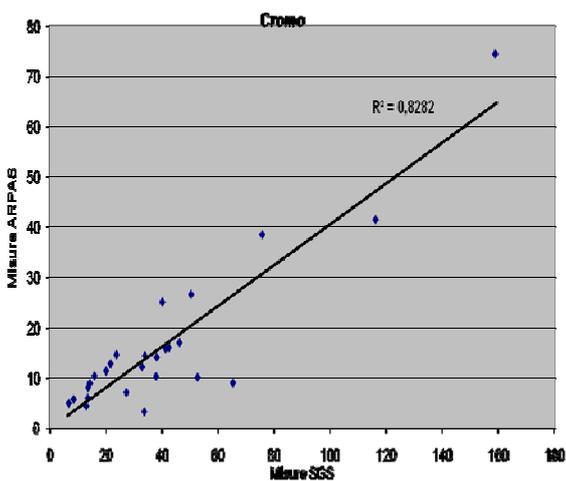
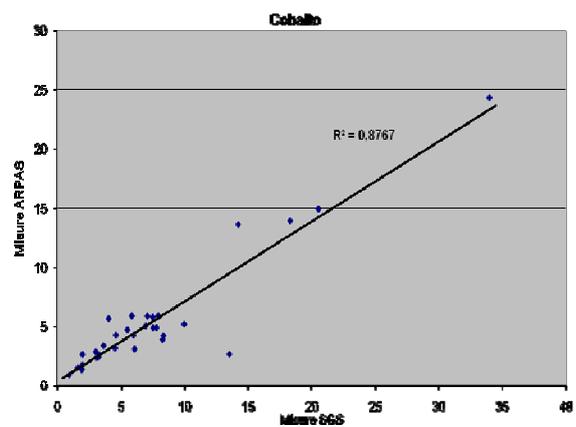
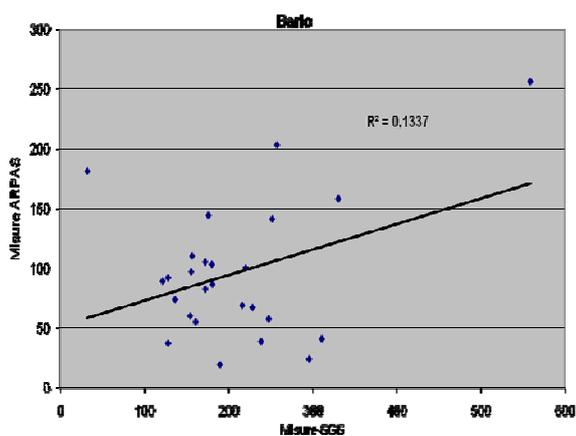
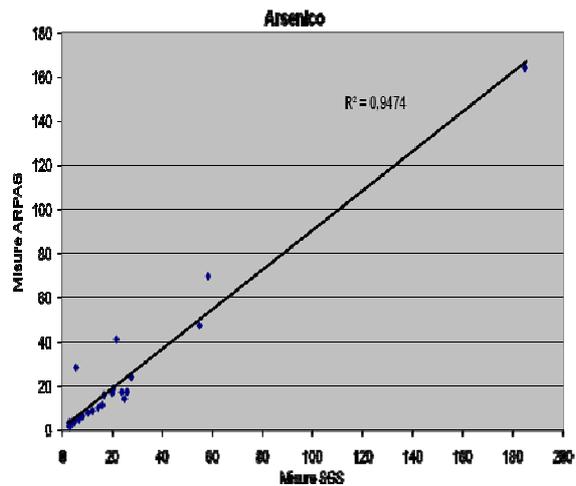
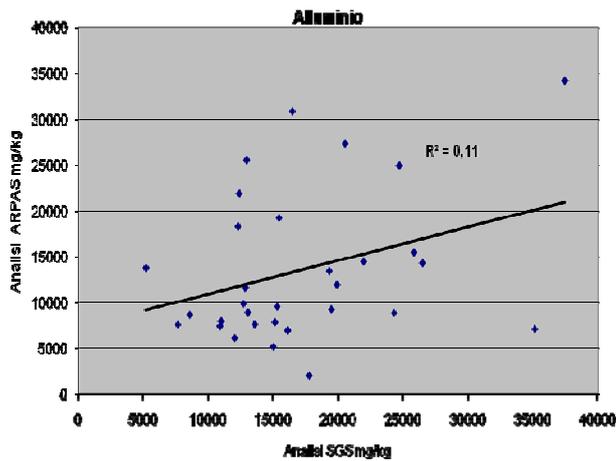
Nella tabella seguente sono riassunti i risultati del confronto dei dati analitici dei due laboratori, espressi con le medie dei valori di concentrazione per ciascun parametro, le relative deviazioni standard, i valori medi degli scarti fra le coppie dei valori per i rispettivi campioni e infine il coefficiente di correlazione fra i valori di concentrazione determinati per ciascun parametro fra i due laboratori.

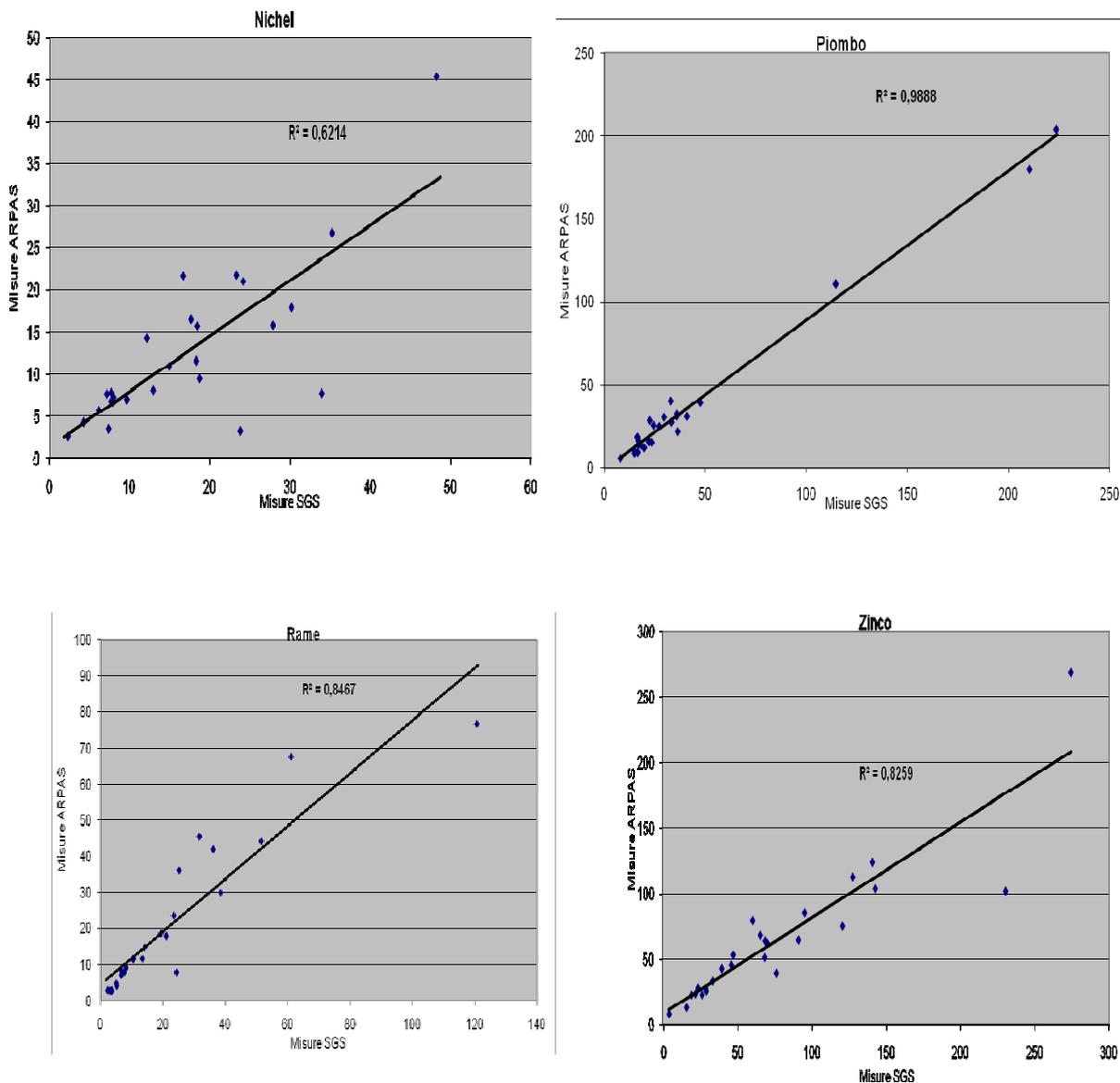
Il processo di validazione si intende concluso positivamente se complessivamente gli scarti fra i valori dei laboratori sono considerati accettabili (normalmente è considerata accettabile una media degli scarti del 20%) e se i valori di concentrazione delle coppie di campioni valutate per i rispettivi parametri sono altamente correlati fra loro ($R^2 > 0.8$). Come discusso successivamente, per la peculiarità della validazione condotta nel presente procedimento, verrà considerato accettabile uno scarto non superiore al 30%.

Parametro	Media di Valore SGS	Dev. standard di Valore SGS2	Media di Valore ARPAS	Dev. standard di Valore ARPAS2	Media di scarto (%)	Coefficiente di correlazione R ²
Alluminio	17114,8	7336,3	13526,5	8073,9	73%	0.11
Antimonio	4,4	10,0	0,4	0,3		
Arsenico	22,8	33,4	20,2	30,6	28%	0.95
Bario	200,1	94,5	93,4	54,1	200%	0.13
Cadmio	1,4	3,0	2,4	2,2		
Cobalto	7,5	6,8	5,4	4,9	47%	0.88
Cromo	38,7	31,3	15,2	14,1	195%	0.82
Ferro	20831,8	15807,7	16832,1	13723,0	29%	0.85
Nichel	16,6	10,4	12,1	8,7	59%	0.62
Piombo	40,2	50,7	35,7	45,7	20%	0.99
Rame	20,8	23,7	19,0	19,0	13%	0.85
Zinco	73,8	61,2	60,4	48,8	18%	0.82

Per quanto riguarda la determinazione di Antimonio e Cadmio i valori di concentrazione misurati dal laboratorio ARPAS sono quasi sempre al di sotto del limite di rilevazione strumentale e pertanto la media degli scarti, così come il coefficiente di correlazione, non sono valutabili.

Nelle figure seguenti sono riportati i diagrammi di correlazione fra i valori di concentrazione determinati da SGS e i valori determinati da ARPAS nei diversi campioni.





Dalla tabella e dai grafici precedente risulta evidente che vi sono differenze significative fra i valori di concentrazione di Al, Ba, Cd, Cr, Sb misurati dai due laboratori sia in termini di scarto percentuale complessivo che in termini di correlazione fra le analisi dei rispettivi analiti. Per quanto riguarda Al infatti lo scarto percentuale medio è pari al 73% e non vi è alcuna correlazione fra i valori dei singoli campioni. Il valore medio determinato da SGS risulta generalmente superiore (spesso in percentuale maggiore del 100%) al valore determinato da ARPAS.

Tale ragionamento si ripete per i parametri Ba, Cr, anche se per quest'ultimo esiste una discreta correlazione fra i valori, pur conducendo a valori di concentrazione pari generalmente al doppio di quanto misurato da ARPAS.

Lo scarto fra le misure è poi rilevante nel caso di Sb e Cd, per i quali le misure di ARPAS sono in

massima parte inferiori al limite di determinazione analitica.

I dati analitici mostrano invece un accordo significativo per le concentrazioni di As, Co, Cu, Fe, Pb, Zn e, in misura minore per il Ni mentre ARPAS, come già ricordato, non effettua la determinazione di Th, Tl, U, W, Zr.

Dati tali risultati si è reso necessario approfondire le cause di tali differenze e, nell'incontro tenutosi a Villafranca Padovana presso il laboratorio di SGS il 3 febbraio 2011, si è ipotizzando che tale discrepanza possa essere dovuta al differente processo di trattamento.

Il laboratorio ARPAS utilizza per la parte di preparativa il metodo EPA 3051A, che presuppone una digestione acida del campione con acido nitrico (HNO₃) e cloridrico (HCl) mentre il laboratorio SGS ha utilizzato per la presente attività il metodo EPA 3052 che prevede la totale decomposizione della matrice con l'utilizzo di acido nitrico (HNO₃), cloridrico (HCl) e acido fluoridrico (HF).

Nel corso dell'incontro ARPAS e SGS hanno convenuto che, stante la sostanziale differenza della metodica di digestione della matrice, è molto elevata la probabilità che le differenze riscontrate nelle determinazioni analitiche siano riconducibili per l'appunto alle suddette metodiche e si è concordato inoltre che, mancando un accordo preliminare sulle metodiche da utilizzare in quanto l'attività analitica era stata intrapresa ormai da tempo fosse necessario provvedere a un ulteriore approfondimento.

Si ritiene opportuno sottolineare che, secondo quanto riportato nelle declaratorie sullo scopo della metodica EPA 3052, tale metodica sia più adatta a applicazioni di ricerca in ambito geologico/geochimico e sia ritenuta dalla stessa EPA appropriata solo per i mandati normativi che richiedono esplicitamente la totale decomposizione della matrice. Di conseguenza essa non è utilizzata usualmente nell'ambito delle attività di caratterizzazione dei siti contaminati secondo la normativa vigente in Italia (D.Lgs 152/06 e s.m.i.), per la quale è generalmente scelta la metodica EPA 3051A in uso presso i laboratori ARPAS.

Si riporta nella figura che segue quanto compare nella sezione introduttiva della procedura EPA 3052:

Note: This technique is not appropriate for regulatory applications that require the use of leachate preparations (i.e., Method 3050, Method 3051, Method 1311, Method 1312, Method 1310, Method 1320, Method 1330, Method 3031, Method 3040). This method is appropriate for those applications requiring a total decomposition for research purposes (i.e., geological studies, mass balances, analysis of Standard Reference Materials) or in response to a regulation that requires total sample decomposition.

L'uso di questa metodica analitica, dando luogo a una completa dissoluzione della matrice in analisi, rende difficile distinguere il contributo dei contaminanti eventualmente dispersi nella matrice da quanto è parte integrante della matrice stessa, conducendo a una interpretazione non corretta dei risultati analitici qualora lo scopo delle analisi fosse quello di determinare, come nell'attività in esame, l'eventuale contaminazione dispersa nei suoli.

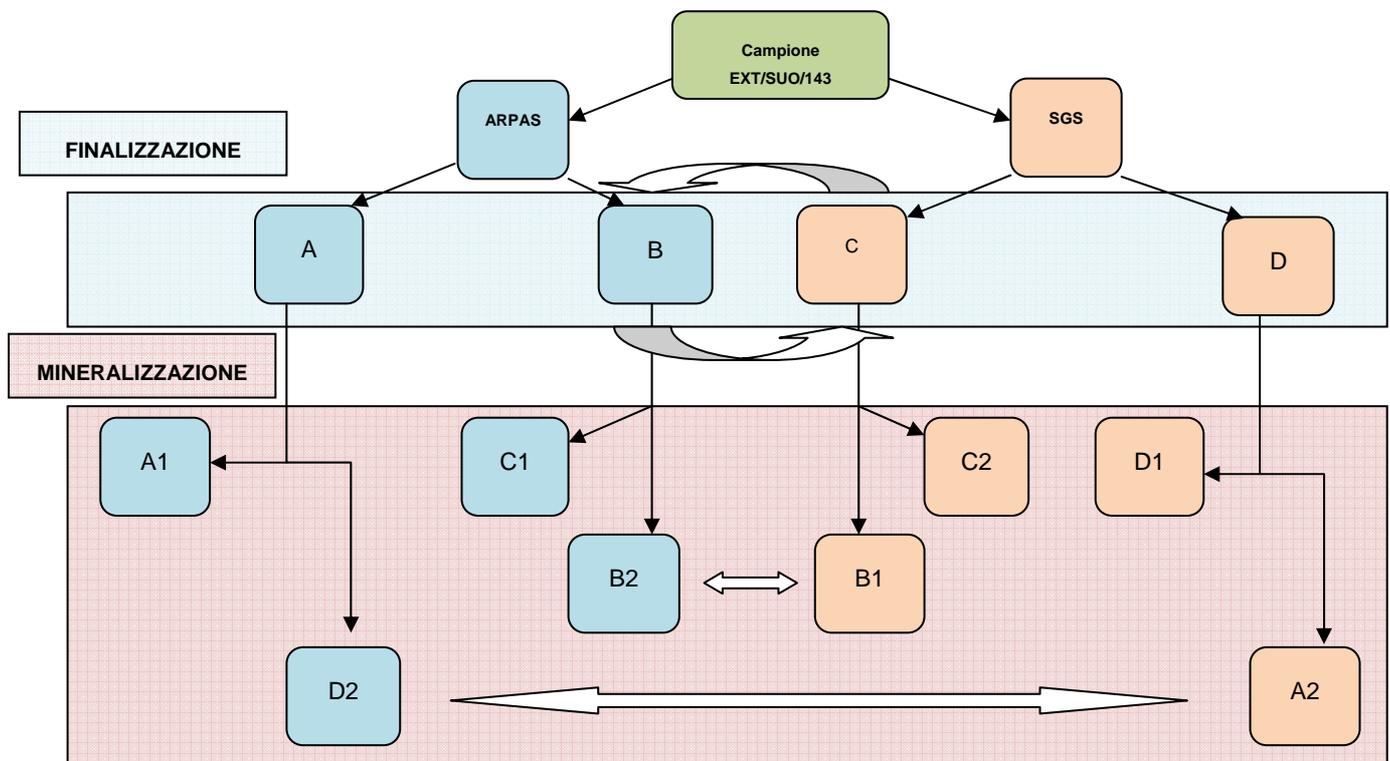
E' peraltro assodato che l'uso di tale metodica analitica, determinando una sovrastima delle concentrazioni degli analiti, conduce a valutazioni, per quanto non corrette, sicuramente di tipo "conservativo" rappresentando per l'appunto delle sovrastime delle concentrazioni reali dei contaminanti.

Non si ritiene comunque, pure alla luce delle considerazioni sopra riportate, che tali risultati analitici possano fornire un supporto adeguato a procedimenti di tipo normativo, a meno di esiti positivi del processo di validazione per cui sia verificato che i risultati ottenuti mediante l'uso di tale metodica siano concordi con quelli derivanti da metodiche più attinenti agli obiettivi dati dalla normativa stessa.

SGS afferma che l'uso di tale metodica era stato concordato con la stazione appaltante in sede di gara e pertanto ad essa si sono attenuti per l'esecuzione delle analisi.

Nell'ottica di proseguire e concludere comunque la procedura di validazione si è concordato di avviare una ulteriore verifica analitica tale da poter certificare che la differenza dei risultati analitici sia effettivamente imputabile alle metodiche di digestione acida della matrice, in modo da rendere riproducibile la differenza fra i dati analitici e pertanto validare l'intero processo.

A tale scopo si concorda di analizzare ex novo un campione da scegliersi fra i testimoni ancora disponibili secondo lo schema che segue.



Per caratterizzare in modo completo i diversi step della procedura analitica si sceglie di utilizzare, piuttosto che un materiale certificato, un campione tal quale omogeneizzato e suddiviso in due

aliquote per i rispettivi laboratori. La procedura concordata prevede, nelle diverse fasi analitiche, lo scambio di aliquote dei campioni in modo da poter "riprodurre" eventuali differenze introdotte nelle diverse fasi di trattamento. Il Laboratorio ARPAS non leggerà con i propri strumenti ICP-MS i campioni mineralizzati in HF per evitare di danneggiare le proprie apparecchiature.

Si concorda inoltre sullo schema di pretrattamento che conduce alla finalizzazione del campione, allegato al presente verbale

Poichè l'utilizzazione dei campioni testimone della presente indagine è soggetta ad autorizzazione da parte della NAMSA, tale autorizzazione verrà prontamente richiesta in modo da poter dare avvio nei tempi più brevi possibile alle successive attività analitiche.

.....

5. CONSIDERAZIONI SULLO STATO DELL'AMBIENTE

Sulla base delle considerazioni esposte in precedenza sulle criticità evidenti nelle relazioni finali delle ditte appaltatrici dei tre lotti relativi alle attività di monitoraggio questa Agenzia, rielaborando i dati grezzi prodotti dalle ditte ed allegati alle relazioni di cui sopra ha iniziato a definire il quadro dello stato dell'ambiente nelle sue componenti principali: suoli, aria, acque e matrici vegetali ed, finora in modo parziale, animali, allo scopo di definire se dai risultati delle attività di monitoraggio sia possibile evincere se le attività che si svolgono all'interno del Poligono abbiano o meno un impatto sull'ambiente.

E' evidente infatti che le conclusioni delle attività delle tre ditte, secondo le quali per l'appunto le attività del Poligono non abbiano alcun impatto rilevante sull'ambiente circostante possono essere messe in discussione nel momento che vengono evidenziate diverse criticità o differenti interpretazioni dei dati analitici derivanti dalle indagini svolte finora.

Visto che, come evidenziato in precedenza, il suolo rappresenta la matrice che, fra tutte le matrici campionate, maggiormente si presta a fornire informazioni sull'accumulo degli eventuali contaminanti e costituisce generalmente la via tramite la quale i contaminanti possono poi trasferirsi agli altri comparti ambientali tramite i processi di risospensione del particolato, la diffusione e dispersione del particolato e del terreno a seguito di esplosioni, la eventuale diffusione degli inquinanti nel comparto acque, la contaminazione diretta ed indiretta dei vegetali da cui il potenziale ingressi di questi nella catena alimentare.

Nel seguito verranno valutate le dispersioni in atmosfera e quindi la contaminazione delle matrici vegetali e, in misura minore, animali, mentre a seguire verrà esaminato il comparto acque superficiali e sotterranee.

5.1. Suoli, sedimenti



Il trattamento dei dati dei suoli, dei sedimenti e dei licheni è riportato in dettaglio in un documento allegato alla presente relazione.

Come già evidenziato in precedenza la mancanza di approfondimenti adeguati, come ad esempio quelli cartografici, non ha consentito la costruzione di un quadro complessivo che potesse riportare i risultati analitici ottenuti sul territorio.

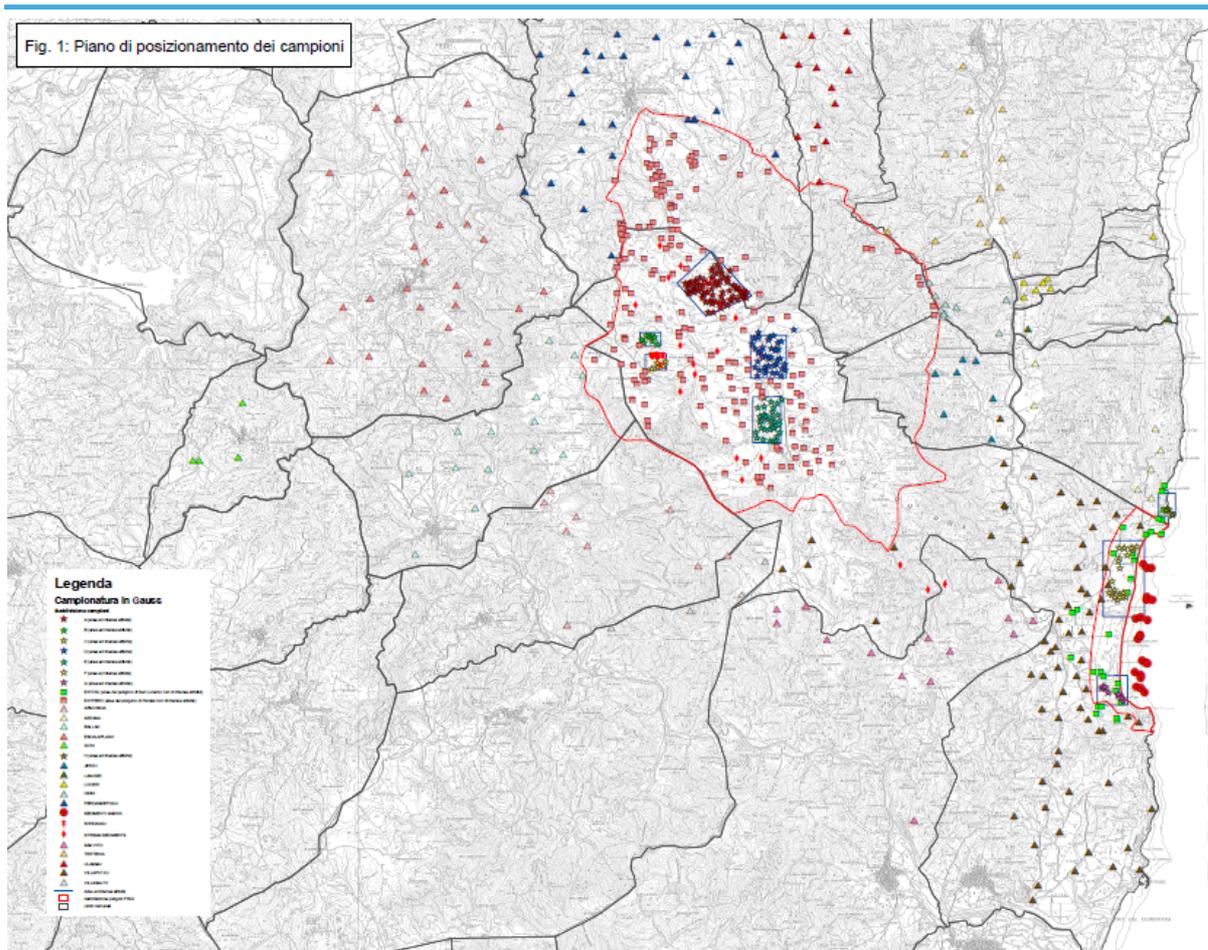
E' stato inoltre sottolineato che nel rapporto finale della ditta SGS non sono state prese in considerazione le indicazioni sui criteri di elaborazione relativi al lotto 3 fornite a suo tempo da ARPAS come concordato.

I dati analitici, una volta ottenute le coordinate dei campionamenti, sono stati completamente rielaborati, soprattutto alla luce della loro classificazione secondo le caratteristiche geolitologiche del substrato dal quale originano i suoli stessi.

Si ricorda che tutti i dati, a partire dalle coordinate dei campioni, il dato geologico e i dati di analitici sono prodotti dalla ditta SGS.

5.1.1. Piano di posizionamento dei campioni

Al fine di illustrare la distribuzione dei campioni di suoli e sedimenti prelevati dalla Ditta SGS per lo studio relativo al lotto 3 è stata prodotta una carta riportante il piano di posizionamento dei campioni con distinte le varie tipologie di campione suddivisi per area di prelievo.



Come meglio descritto del documento allegato questa Agenzia ha pertanto proceduto ad eseguire sia analisi statistiche generali, considerazioni sui superamenti dei valori limite stabiliti dal D.Lgs 152/05 e s.m.i. nonché la valutazione dei valori di fondo naturale caratteristici delle diverse litologie presenti nell'area, dalla quale scaturiscono le successive conclusioni riguardanti lo stato dei luoghi in rapporto alle attività che vi si svolgono.

5.1.2. Sedimenti fluviali

Sono stati campionati i sedimenti di 9 corsi d'acqua tutti localizzati nell'area del poligono di Perdasdefogu. I campioni sono stati prelevati sui corsi d'acqua da monte a valle in corrispondenza delle aree ad intensa attività del poligono di Perdasdefogu (aree A-B-C-D), 3 campioni sono stati prelevati sul rio che insiste entro la miniera di Baccu Locci e sono fortemente influenzati dalla presenza di quest'ultima.

Si rimanda al documento allegato per i dettaglio relativi alle statistiche elaborati sui campioni di sedimento fluviale.

Nella tabella successiva sono riportate le caratteristiche dei 24 campioni prelevati con il dato del corso d'acqua, della litologia del bacino, dell'area del poligono, della vicinanza a mineralizzazioni o miniere.

Tabella 18: Caratteristiche dei campioni di sedimento fluviale

Sigla	ID corso d'acqua campioni in ordine da monte a valle	Litologia	Area poligono	Mineralizzazione
EXT/SED/012	1	arenarie S. Vito	a monte di zona A	
EXT/SED/013	1	arenarie S. Vito	a monte di zona A	
A/SED/004	1	arenarie S. Vito	zona A	
A/SED/002	2a	arenarie S. Vito	zona A	
A/SED/003	2b	arenarie S. Vito	zona A	
A/SED/001	1_2	arenarie S. Vito-F. M. Cardiga	a valle di zona A	
EXT/SED/017	3	arenarie S. Vito	fuori aree IA	
EXT/SED/014	3	arenarie S. Vito	fuori aree IA	
EXT/SED/018	4	arenarie S. Vito	fuori aree IA	
EXT/SED/016	4	arenarie S. Vito	fuori aree IA	
EXT/SED/001	4	arenarie S. Vito	fuori aree IA	
EXT/SED/015	5a	arenarie S. Vito-porfiroidi	a valle zona B	M. Ollasteddu
EXT/SED/005	5b	arenarie S. Vito-porfiroidi	a valle di zona C	M. Ollasteddu
EXT/SED/006	5	arenarie S. Vito-porfiroidi	a valle di zone B C	M. Ollasteddu
EXT/SED/007	6	arenarie S. Vito-porfiroidi	fuori aree IA	M. Ollasteddu
EXT/SED/009	7	arenarie S. Vito-porfiroidi	fuori aree IA	M. Ollasteddu
EXT/SED/008	7	F. M. Cardiga	fuori aree IA	
EXT/SED/010	8a	arenarie S. Vito (porfiroidi)	fuori aree IA	M. Ollasteddu
EXT/SED/011	8b	F. M. Cardiga	fuori aree IA	
D/SED/002	9	F. M. Cardiga	zona D	
D/SED/001	9	F. M. Cardiga	zona D	
EXT/SED/002	10	influenza della miniera	esterni al poligono	Baccu Locci
EXT/SED/003	10	influenza della miniera	esterni al poligono	Baccu Locci
EXT/SED/004	10	influenza della miniera	esterni al poligono	Baccu Locci

Nei bacini dei corsi d'acqua campionati sono presenti le litologie principali della zona del poligono.

I campioni hanno interessato essenzialmente la formazione dei Porfiroidi, la formazione delle Arenarie di San Vito, la formazione eocenica carbonatica di M.te Cardiga.

E' interessante notare che, ad esclusione dei campioni influenzati dalla presenza della miniera, i campioni di sedimento fluviale, mediando le litologie presenti nel bacino, forniscono essenzialmente un'indicazione sui valori elementari legati alle litologie presenti nel bacino del corso d'acqua di interesse.

Tale dato risulta di fondamentale utilità quando si confrontano i valori ottenuti sui sedimenti fluviali rispetto ai valori registrati per i suoli nella stessa area geografica, che invece possono essere influenzati puntualmente anche da eventuali inquinamenti antropici.

Pertanto, come riportato in relazione, si possono trarre le seguenti considerazioni:

- i campioni di sedimenti fluviali prelevati in porfiroidi sembrerebbero caratterizzati da arsenico sopra i limiti della legge 152/06 (aree industriali) con valori intorno a 100 mg/kg; un'analisi dei valori ottenuti in questa litologia e del piano di posizione dei campioni, mette in evidenza la vicinanza di tali campioni alla mineralizzazione di M.te Ollasteddu recentemente scoperta, dove è stata evidenziata la presenza di oro accompagnato da arsenico, e in minor misura antimonio; il valore di riferimento che per il suolo in porfiroidi si attesta, come si vedrà in seguito, intorno a 37 mg/kg, mentre arsenico ha valori negli stream che vanno da 57 a 227 mg/kg, quindi ben più elevati; i valori di antimonio sono invece simili a quelli riscontrati in zone anche lontane da tale mineralizzazione.
- i campioni influenzati dalla presenza della miniera di Baccu Locci a SE del poligono, sono caratterizzati da valori di arsenico intorno a 500 mg/kg; hanno alti valori anche per cadmio,

piombo, rame, zinco, tungsteno.

- i campioni ricadenti nella formazione di M. Cardiga sono caratterizzati da bassissimi alluminio ferro e titanio.

5.1.3. Superamenti dei limiti di legge 152/06

Secondo l'allegato 5 al Titolo V del Decreto Legislativo n. 152/2006 (Norme in Materia Ambientale), contenente le concentrazioni soglia di contaminazione del suolo per siti ad uso verde pubblico (A) o industriale (B), si mettono immediatamente in evidenza qui di seguito i campioni che presentano almeno un superamento dei valori limite di legge nei vari parametri.

Si ricorda che i valori esaminati sono riferiti al campione tal quale e cioè con analisi sulla terra fine riferita al totale del campione, comprensivo del trattenuto ai 2 mm (scheletro), come previsto dal citato Decreto.

Si evidenzia che le tabelle del Decreto non comprendono limiti per bario, ferro, alluminio, torio, uranio e tungsteno, per i quali nel seguito verrà definito un ragionamento specifico, basato sul confronto fra i valori misurati nelle diverse aree e i valori caratteristici delle diverse litologie.

Esaminato il set di dati tal quale, i campioni che presentano almeno un superamento in un parametro tabellare sono in totale 332; la situazione è rappresentata in dettaglio attraverso le tabelle qui di seguito dove i campioni sono suddivisi per gruppi secondo i criteri già descritti.

La tabella seguente mostra il quadro generale degli elementi che presentano superamenti nelle varie aree permettendo un confronto tra di esse; gli elementi in grassetto presentano superamenti per le aree industriali.

poligono Perdasdefogu	As	Cd	Co	Cr	Cu		Pb	Sb	Zn	Tl
area esterna Perdasdefogu	As	Cd	Co		Cu		Pb	Sb	Zn	Tl
poligono C. S. Lorenzo	As	Cd							Zn	Tl
area esterna C. S. Lorenzo	As	Cd							Zn	Tl
civili	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	Zn	Tl
sondaggi	As	Cd			Cu	Ni	Pb		Zn	Tl

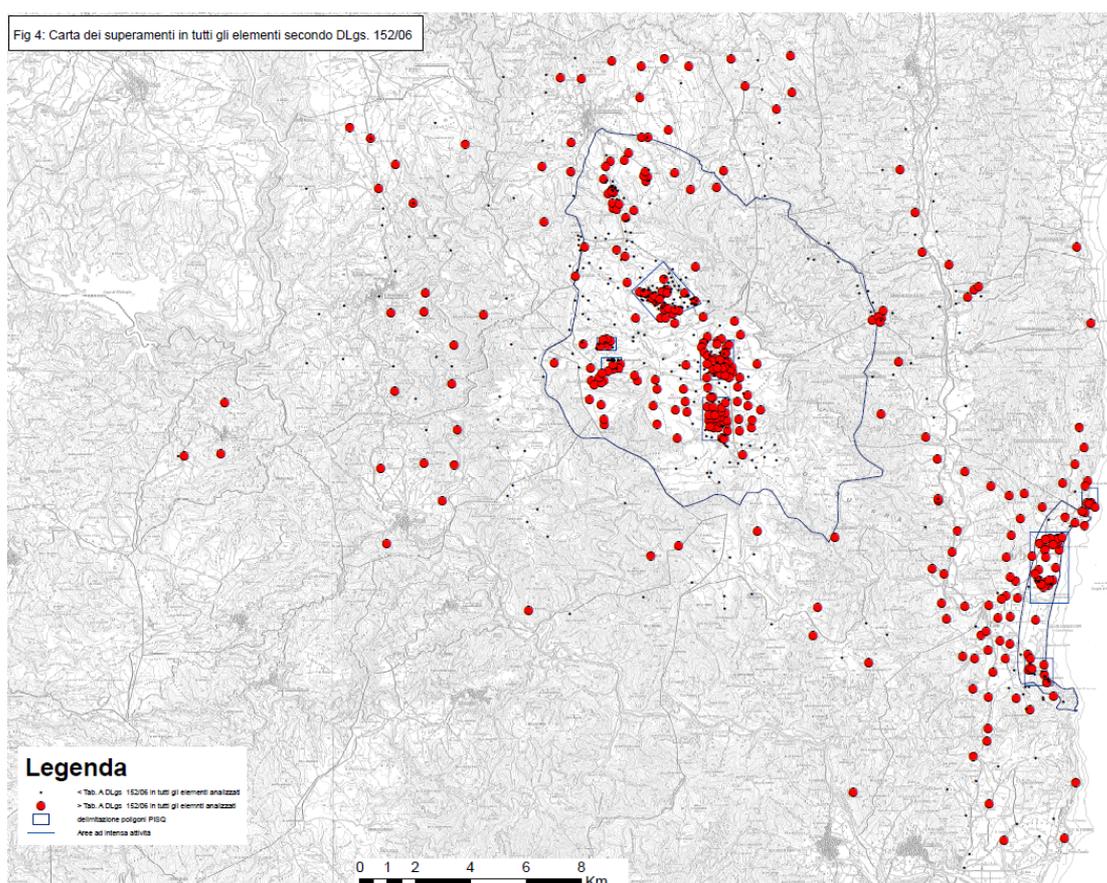
Tab. 4: elementi che presentano superamenti dei valori della tab. A e della tab. B (in grassetto) del DLGs 152/06 nelle varie località.

Per quanto riguarda la diffusa presenza di superamenti in tallio, si ricorda che i limiti di legge per

questo elemento sono piuttosto bassi (valore limite Tab. A 1 mg/kg); un confronto con i dati analitici rilevati tra i campioni prelevati a Baunei permette di osservare che anche in questo caso, 34 campioni su 50 presentano superamenti in tallio.

Nella figura seguente sono riportati i campioni nei quali è stato rilevato un superamento dei limiti di legge per tutti gli elementi presenti nelle tabelle citate.

Mappa dei superamenti di tutti gli elementi



Nella figura i superamenti sono riportati con il cerchio rosso mentre i campioni che non hanno dato luogo a superamenti sono riportati con il punto nero.

Risulta evidente dalla figura precedente che i superamenti sono distribuiti su tutte le aree indagate, siano esse adibite alle attività militari che non.

Nei paragrafi che seguono sono riportate le analisi dei campioni che hanno fatto registrare superamenti in uno o più elementi.

Per un elenco più completi di tali superamenti, della loro entità e distribuzione nelle diverse aree si rimanda alla relazione di dettaglio allegata alla presente.

5.1.4. Area ad intensa attività - Poligono di Perdasdefogu

Come si osserva, 88 campioni mostrano superamenti per siti ad uso verde pubblico e più raramente industriale (in grassetto nella tabella) per arsenico, tallio, e più sporadicamente per cadmio, cobalto, cromo, rame, piombo antimonio e zinco.

5.1.5. Aree esterne - Poligono di Perdasdefogu

Come si osserva, 73 campioni mostrano superamenti per siti ad uso verde pubblico e più raramente industriale (in grassetto nella tabella) per arsenico, tallio, e più sporadicamente per cadmio, cobalto, piombo, antimonio, e zinco.

5.1.6. Area ad intensa attività - Poligono di Capo san Lorenzo

Come si osserva, 29 campioni mostrano superamenti per siti ad uso verde pubblico e più raramente industriale (in grassetto nella tabella) per arsenico, tallio, e più sporadicamente per cadmio, rame e zinco.

5.1.7. Aree esterne - Poligono di Capo san Lorenzo

Nella tabella successiva si mostra l'elenco dei 21 campioni delle aree esterne al Poligono di Capo San Lorenzo che mostrano superamenti per siti ad uso verde pubblico e più raramente industriale (in grassetto nella tabella) per arsenico, tallio, e più sporadicamente per cadmio, e zinco.

5.1.8. Aree civili (esclusi Baunei)

Come si osserva, 121 campioni mostrano superamenti per siti ad uso verde pubblico e più raramente industriale (in grassetto nella tabella), per arsenico con diffusi superamenti in tutte le aree civili, tallio, e più sporadicamente per cadmio, cobalto, piombo, antimonio e zinco; cromo, rame nichel, mostrano superamento in un solo campione o due.

Si osserva come i superamenti sono presenti un po' in tutti i comuni indagati; si rimanda all'osservazione della cartografia allegata.

5.1.9. Sondaggi

Nella tabella 10, si mostra l'elenco dei 17 campioni di sondaggi che presentano superamenti per siti

ad uso verde pubblico per arsenico rame tallio e zinco mentre più rari sono i superamenti per cadmio, nichel e piombo; superamenti dei limiti per le aree industriali (in grassetto nella tabella) si registrano per arsenico e rame.

5.2. SUOLI E SEDIMENTI: Elaborazione dei dati secondo il criterio geo-litologico

Premessa

La suddivisione dei campioni in categorie come sopra, dove non si tiene conto della specificità di ciascun campione in un territorio caratterizzato da una complessità geologica molto marcata e dalla presenza di mineralizzazioni diffuse talora anche sfruttate economicamente, non ha permesso di chiarire l'eventuale presenza di fenomeni di inquinamento antropico poiché le anomalie evidenziate al livello dei superamenti sono diffuse indistintamente in tutte le aree studiate.

Il lavoro fin qui svolto, può pertanto considerarsi preliminare ma non esaustivo costituendo solo un primo approccio allo studio dei risultati, quindi, al fine di individuare la presenza di anomalie, sono stati rielaborati i risultati analitici secondo il criterio geologico.

In questa elaborazione si è ritenuto di utilizzare i dati tal quali senza ulteriori trasformazioni in quanto nella legge 152/06 i valori delle tabelle sono riferiti alle analisi comprensive dello scheletro.

A tal fine, dopo attento esame dei dati, partendo dalla logica che la natura del suolo è legata intimamente al suo "parent material" e cioè alla roccia madre, i lavori sono proceduti secondo un criterio che tiene conto della suddivisione dei campioni in gruppi litologici omogenei e della presenza o meno di mineralizzazioni nell'area di prelievo.

Per questo lavoro, a supporto del ragionamento, si è tenuto conto anche dello studio delle concentrazioni degli elementi chimici dosati nei campioni di rocce eseguito dall'Università di Siena nell'ambito dei lavori in convenzione tra il Ministero della Difesa e il dipartimento di Scienze Ambientali per lo studio geochimico-ambientale dell'area della Sardegna sud-orientale su cui insistono i Poligoni Militari di Perdasdefogu e Capo S. Lorenzo (2004).

Qui di seguito si riportano schematicamente le attività che sono state svolte per il lavoro:

1. è stato riportato il piano di posizionamento dei campioni su base geologica rappresentata dalla cartografia adottata ufficialmente dal PPR dalla Regione Sardegna
2. l'attributo "geologia" dei campioni è stato comunque desunto dal materiale consegnato dalla Ditta SGS
3. anche sulla base del lavoro eseguito nell'anno 2004, in Convenzione con il Ministero della Difesa dall'Università di Siena, che aveva campionato le varie litologie presenti nell'area del

- Poligono e aveva eseguito analisi chimiche di caratterizzazione per un certo numero di elementi inorganici, i campioni sono stati suddivisi in gruppi litologici, eseguendo anche opportuni accorpamenti per limitare il numero di terreni differenti presenti nell'area
4. sono stati selezionati in maniera che risultino "riconoscibili" i campioni ricadenti in aree minerarie o comunque potenzialmente "inquinati" da attività mineraria o a valle di miniere
 5. sono stati selezionati per ciascuna litologia, un certo numero di campioni lontani dalle aree militari o antropizzate, e lontani da aree mineralizzate, da utilizzare come campioni di "bianco" dai quale ottenere dei valori di riferimento per la valutazione dei campioni "anomali"
 6. sono stati evidenziati e mappati i campioni che presentano valori al di sopra dei valori di fondo individuati per le varie litologie o dei limiti di legge D.Lgs 152/06 qualora i valori di fondo fossero inferiori a questi
 7. sono stati inoltre evidenziati e mappati i campioni che presentano valori al di sopra del D. L. per gli elementi organici caratterizzati evidentemente da sicuro inquinamento legato verosimilmente alle attività del poligono

Suddivisione dei campioni in classi geo-litologiche

I campioni di suolo superficiale sono stati suddivisi in base a classi geo-litologiche dedotte dalle informazioni fornite su file dalla ditta come in precedenza richiesto da Arpas.

Successivamente, al fine di semplificare il lavoro, si è proceduto a un raggruppamento delle litologie tra loro simili e all'individuazione in questo modo di 20 classi litologiche presenti sul territorio in esame.

In figura 5 si mostra il piano di posizionamento dei campioni suddivisi per classi geo-litologiche come da legenda.

Individuazione dei campioni influenzati da aree minerarie

Si è provveduto a individuare i campioni localizzati entro una certa distanza da indizi minerari noti o da miniere di cui il caso più importante è costituito dalla miniera di Baccu Locci.

In particolare il lavoro è stato particolarmente impegnativo per quel che riguarda l'accorpamento geologico "terreni clastici quaternari" in cui molti campioni ricadono a valle della miniera di Baccu Locci in un'area di esondazione del fiume sicuramente "inquinata" dall'arsenico dovuto ai "tailings" della miniera.

Oltre all'esempio dell'arsenico, si porta l'esempio dell'antimonio che per i campioni di Ballao e Escalaplano è legato alla presenza delle miniere che insistono in quei territori (min. Corti Rosas, Sa Mina). In figura 7 e 8 si mostrano i grafici relativi a tale elemento dove si osserva chiaramente la presenza di campioni outliers di cui i più alti sono stati eliminati dal grafico per la leggibilità sui valori

più bassi.

Sulla base di un attento esame del territorio e delle conoscenze in campo minerario, oltre che dei dati di analisi, si è provveduto a identificare i campioni “inquinati da presenza di mineralizzazioni” in modo da poterne tenere conto nella discussione dei risultati.

Metodologia ed elaborazioni dei dati

Al fine di ottenere per ciascuna litologia dei valori di riferimento per il set di elementi inorganici analizzati, si sono cercati i campioni “puliti” ricadenti nelle differenti litologie eliminando per principio i campioni ricadenti entro i limiti dei poligoni, i campioni “inquinati” da vicinanza di mineralizzazioni, quelli nei pressi di strutture tettoniche regionali che in un’area così fortemente mineralizzata come quella in esame, potrebbero essere state veicolo di apporti geochimici anomali.

Si è inoltre curato di non scegliere possibilmente campioni con valori “non detect” e dal set dei dati selezionato sono successivamente stati eliminati, come non rappresentativi dell’insieme di dati nel suo complesso, i campioni estremi che potevano essere considerati “outliers”. Tali dati, erano quantitativamente presenti in numero molto ridotto e presentavano valori molto maggiori del data set, e su questi è stata eseguita un’approfondita analisi volta a comprenderne il significato e quindi a inserirli o eliminarli dal data set.

Si è in questo modo raggiunto lo scopo di individuare per ciascuna litologia dei campioni adeguati a individuare i valori di riferimento da utilizzare come “bianco” ambientale.

Per ogni litologia, si fornirà in seguito un elenco dei campioni scelti come “bianco”.

Per ogni gruppo litologico, sono state studiate le distribuzioni di ciascun elemento e calcolati i parametri statistici descrittivi principali come minimo, massimo, media, mediana, deviazione standard, varianza, CV, skewness e curtosi.

Per la stima dei valori di background è stato applicato il software ProUCL V.4 distribuito da EPA (United States Environmental Protection Agency) che calcola i vari parametri in relazione alla distribuzione dei dati; sono stati ritenuti significativi.

Si è scelto di selezionare come rappresentativo del valore soglia di background il valore consigliato dal software proUCL che è dato dal 95% UPL per distribuzioni normali o non parametriche e dall’Upper Percentile (95%) per distribuzioni gamma; tali valori saranno indicati in seguito e nella cartografia come BTV che sta per background threshold value.

Nel caso si disponga di un basso numero di campioni per il “bianco” dei suoli derivati dalle varie litologie individuate, si è ricorso direttamente al valore massimo tra i campioni.

Nel caso in cui si disponeva di un numero esiguo di campioni per una certa litologia (1-2-3 campioni) è

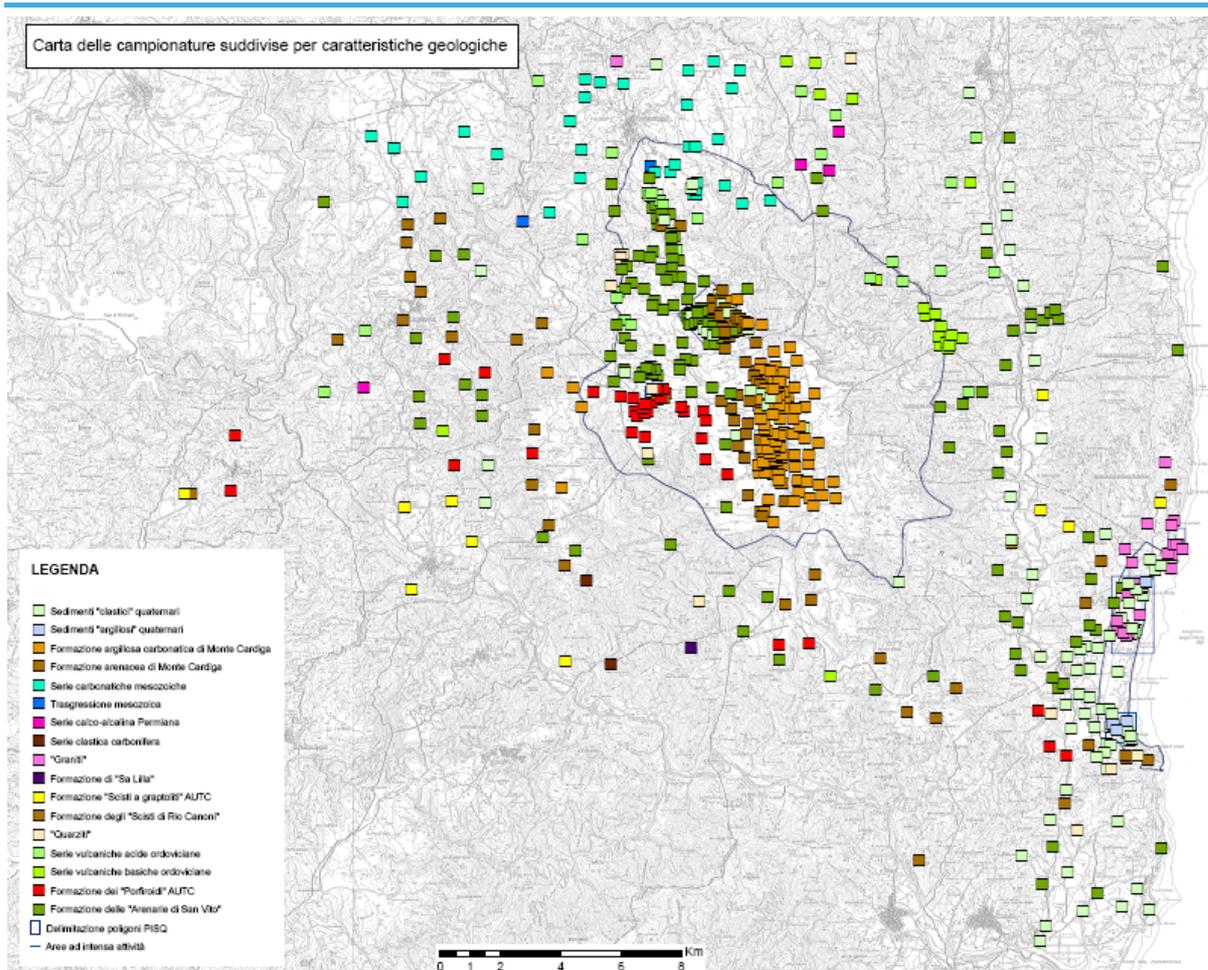
stato evidentemente impossibile individuare campioni per il “bianco” e nella cartografia, per tali litologie, sono stati utilizzati solo i riferimenti dei limiti di legge.

Come ulteriore elemento di ragionamento si fornisce per ogni litologia un confronto tra il valore ottenuto in roccia dall'Università di Siena nell'ambito dei “lavori in convenzione tra il Ministero della Difesa e il dipartimento di Scienze Ambientali per lo studio geochimico-ambientale dell'area della Sardegna sud-orientale su cui insistono i Poligoni Militari di Perdasdefogu e Capo S. Lorenzo” (2004).

Si ricorda che il calcolo dei valori di fondo è finalizzato a verificare per il suolo derivato da ciascuna litologia e per ciascun elemento, un valore che si può considerare “tipico” e intrinsecamente rappresentativo del suolo “figlio” di quella litologia e che questo, qualora sia superiore ai limiti di legge (D. Lgs 152/06 colonna A e colonna B), è da utilizzare in luogo di questi, per la verifica della presenza di campioni da segnalare come “anomali”.

Si potranno pertanto individuare campioni “anomali” sia per il superamento dei valori dei limite di legge per aree verdi o per aree industriali sia del valore caratteristico per quella litologia se questo valore è superiore ai limiti di legge.

I risultati di questo lavoro portano alla realizzazione di cartografia monoelementare che contiene i suddetti superamenti, costruita lavorando sulle singole litologie e utilizzando di volta in volta i valori di riferimento della litologia e quelli di legge.



Nella tabella di seguito si mostra un quadro dei campioni (638 campioni totali) suddivisi per litologie in ordine di frequenza.

LITOLOGIA	Num Obs	BTV
Arenarie S.Vito	150	x
Argille M. Cardiga	106	x
Formazioni clastiche quaternarie	106	x
Clastica arenacea M. Cardiga	78	x
Formazioni carbonatiche mesozoiche	35	x
Porfiroidi auct.	31	x
Vulcaniti acide ordoviciane	31	x
Graniti	31	x
Vulcaniti basiche ordoviciane	20	x
Scisti Rio Canoni	12	x
Quarziti ordoviciane	13	x
Scisti a graptoliti	10	x
Formazioni argillose quaternarie	7	/
Serie calcoalcalina permiana	3	/
Serie clastica carbonifera	2	/
Trasgressione mesozoica	2	/
Serie clastica siluro-carbonifera (Sa Lilla)	1	/

Tab. 22: quadro dei campioni (638 campioni totali) suddivisi per litologie in ordine di frequenza.

Come si osserva, le litologie maggiormente rappresentate per le quali si individueranno i valori di riferimento in suolo da utilizzare come "bianchi" sono le Arenarie di S. Vito, le formazioni di M.te Cardiga, le formazioni detritiche-alluvionali recenti, le formazioni carbonatiche mesozoiche, i graniti, le quarziti e le vulcaniti ordoviciane, gli scisti neri a graptoliti, gli scisti di Rio Canoni.

Per le litologie restanti, non si è proceduto alla determinazione dei valori di BTV dato l'esiguo numero di campioni e per il fatto che spesso questi campioni ricadono all'interno del perimetro del poligono come si verifica per le formazioni argillose di stagno quaternarie.

Per la rappresentazione cartografica di questo gruppo di campioni si è pertanto fatto riferimento esclusivamente ai limiti di legge D. Lgs 152/06.

Risultati valori di fondo

Il risultato finale del lavoro svolto per l'individuazione dei valori di background (BTV) per le varie litologie, è riassunto nella tabella 35 con i valori di BTV rilevati per le litologie studiate.

Variable	Arenarie San Vito	Form. rio Canoni	Form. M. Cardiga	Porfiroidi	F. argillosa M. Cardiga	F. clastica quaternaria	Carbonatico mesozoico	Graniti	Scisti neri	Vulc. Basiche ord.	Vulc. Acide ord.	Quarziti ord.	Limiti D. Lgs 152/06 Tab. A	Limiti D. Lgs 152/06 Tab. B
Al	20193	15380	23353	20900	23230	26440	20219	22350	16470	21630	21280	17400		
As	28,04	34,19	30,2	37,17	10,77	29,69	41,26	5,09	50,41	16,94	13,02	27,36	20	50
Ba	174,2	256,5	295,6	192,3	296,1	338,9	179,6	27,91	392,9	194,9	222,4	171,7		
Cd	0,893	0,73	2,02	1,55	1,468	0,90	2,01	0,48	1,61	0,40	0,84	0,43	2	15
Co	15,77	9,51	6,559	8,91	5,005	14,53	16,29	1,28	13,92	8,78	8,68	18,20	20	250
Cr	45,98	51,08	23,52	22,98	25,51	62,98	92,1	5,169	54,89	28,09	49,02	54,53	150	800
Cu	26,45	36	11,67	8,71	8,73	39,06	25,25	3,45	54,04	11,64	11,73	19,76	120	600
Fe	28766	21010	13964	13920	11190	33095	40943	4739	26380	23820	24420	24680		
Ni	20,76	25,23	13,85	10,11	11,06	35,78	54,79	2,35	32,96	10,60	12,97	27,44	120	500
Pb	39,99	45,09	31,13	34,61	21,99	50,36	69,74	41,0	34,8	27,1	32,2	28,4	100	1000
Sb	2,149	4,43	2,52	6,28	1,844	7,12	4,20	0,20	3,88	9,70	5,42	5,29	10	30
Th	3,84	0,74	1,50	0,49	0,55	1,85	1,11	0,49	0,43	1,17	1,75	0,26		
Tl	0,946	1,44	1,17	1,06	0,77	1,85	1,58	1,53	1,22	0,72	1,02	1,40	1	10
U	2,60	4,46	1,89	2,70	1,70	3,29	4,13	4,50	7,06	2,18	3,21	2,16		
W	2,021	1,78	1,29	4,91	0,759	8,23	4,87	1,21	1,41	1,71	1,07	1,73		
Zn	121,1	88,01	54,25	53,44	37,74	114,1	220,8	22,6	132,2	60,8	65,0	96,2	150	1500
Zr	86,4	86,44	74,12	54,59	77,76	96,48	190,4	52,83	55,06	119,6	126,4	82,11		

Tab. 35: Valori di background (BTV), individuati per i campioni di "bianco" delle litologie studiate. In grassetto i valori che superano i limiti di legge riportati nelle ultime due colonne.

Nel grafico in figura 21 si evidenzia con un diverso simbolo il valore di BTV per le varie litologie e contemporaneamente, si riporta il valore del limite inferiore di legge (Tab. A) del D. Lgs 152/2006 (per i soli elementi valorizzati dal decreto).

L'osservazione della tabella e del grafico, permette di vedere che per la maggior parte degli elementi, i valori di background individuati sono inferiori al limite di legge.

Nel caso di arsenico e tallio (zinco per una sola litologia), i valori di BTV individuati, sono superiori ai limiti di legge per alcune delle litologie studiate. In questi casi, solo per le litologie in oggetto, come previsto dal D.Lgs 152/06, i valori di background propri di quelle litologie, sono stati utilizzati al posto dei valori dei limiti di legge per individuare i campioni anomali.

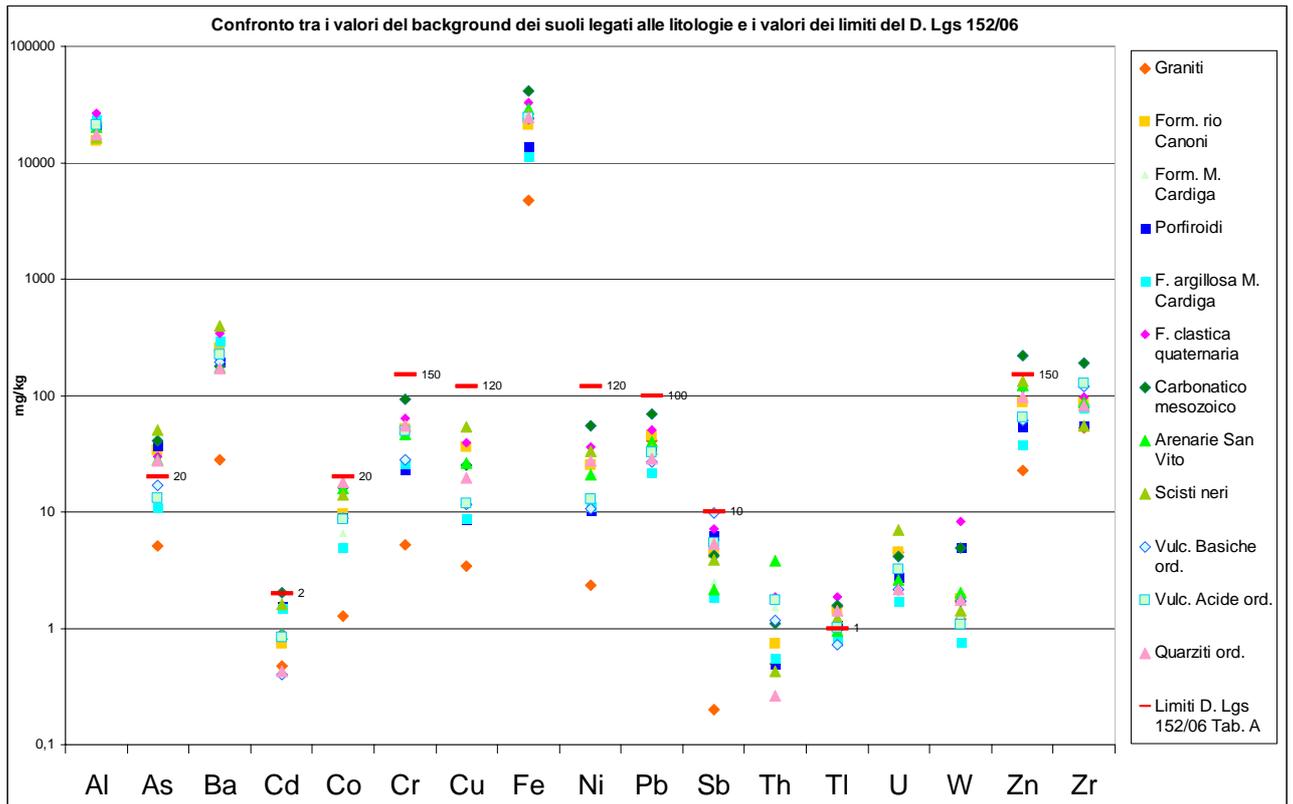


Fig. 21: Comparazione tra i valori di BTV ottenuti per le varie litologie e il valore del limite inferiore di legge (Tab. A) del D. Lgs 152/2006

Questa operazione ha come effetto quello di “scagionare” un certo numero di campioni (individuati nelle tavole con un pallino verde), i cui valori sono da attribuire a caratteristiche proprie delle litologie e non a eventuale “inquinamento” delle aree.

Sulla base di questo lavoro inoltre, per quegli elementi non contemplati dal D.Lgs 152/06 è stato possibile segnalare nelle rappresentazioni cartografiche, i campioni con valori al di sopra dei BTV.

Anche per gli elementi che hanno dei limiti di legge (D.Lgs 152/06 Tab. A) piuttosto alti come cromo, cobalto, rame, nichel, piombo, cadmio, e/o per i quali i campioni di suolo sono in molti casi risultati inferiori ai limiti di legge, nelle rappresentazioni cartografiche, come da legenda, si è scelto di rappresentare oltre ai campioni con valori superiori ai limiti dalla tabella A (pallino rosa) anche, con un ulteriore simbolo (pallino azzurro), i campioni superiori ai valori di BTV per le varie litologie.

Fatte queste premesse e riassumendo:

sulla base dei risultati ottenuti con lo studio dei valori di background (BTV) e dei limiti di legge (D.Lgs 152/06 Tab. A e B), sono stati prodotti degli elaborati cartografici monoelementari allegati in calce al lavoro (tavole da 1 a 17) con rappresentati in evidenza i campioni che mostrano superamenti dei valori di background (BTV) e dei valori dei limiti di legge secondo quanto esposto più sopra e come indicato in legenda.

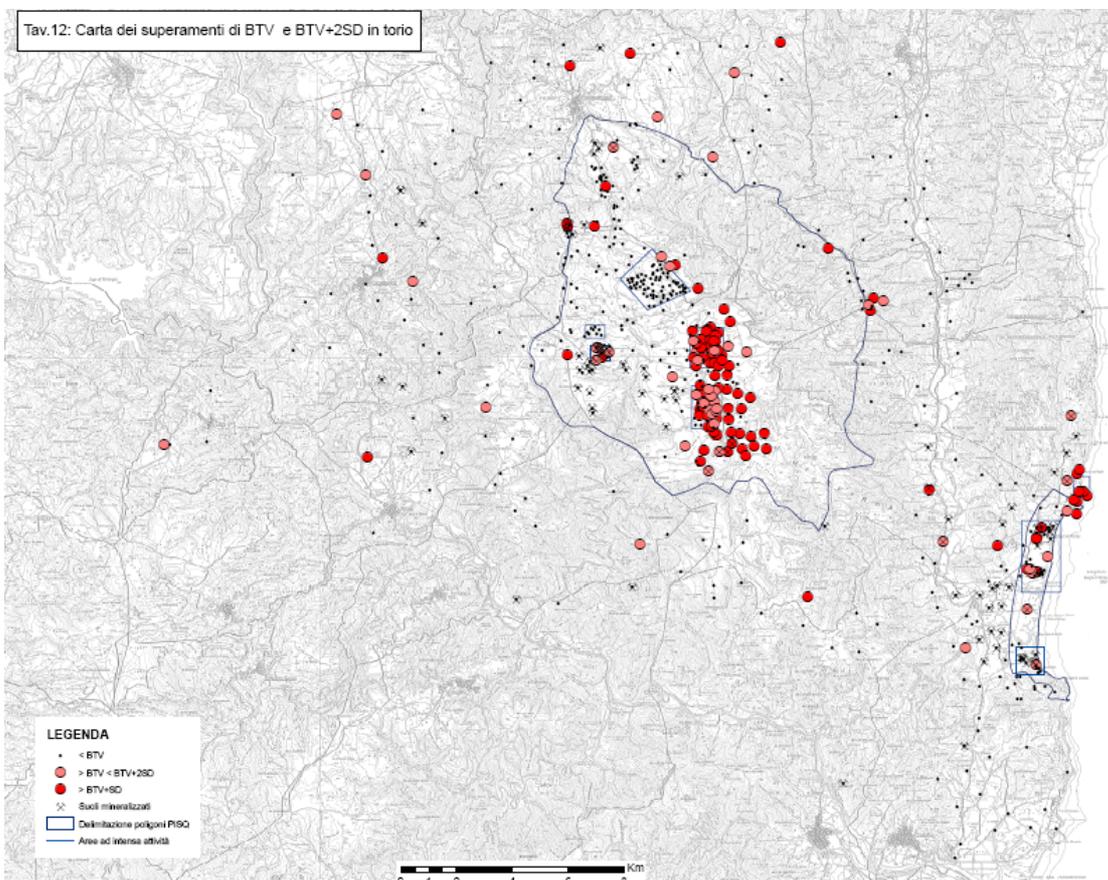
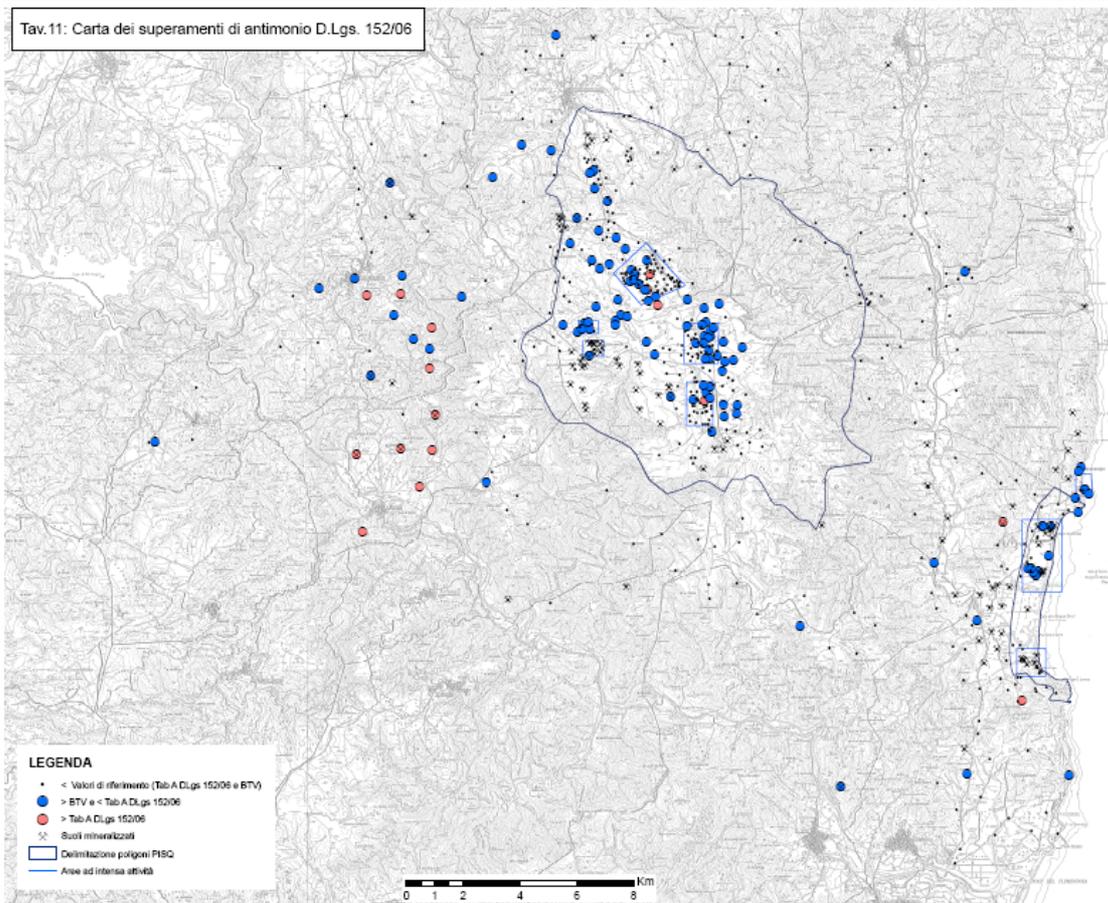
Nelle carte, prodotte in maniera univoca per ogni elemento, i campioni sono indicati con differente simbologia:

- con un puntino nero sono rappresentati i campioni con valore al di sotto dei limiti di attenzione siano questi i limiti di legge D.Lgs 152/06 Tab. A o il BTV di riferimento per la litologia di appartenenza. Questi campioni non destano alcuna preoccupazione.
- con un pallino pieno verde si rappresentano i campioni con valore superiore ai limiti di legge Tab. A, ma inferiore al BTV; questo si verifica quando il BTV, per qualche litologia, è superiore al limite di legge Tab. A (si osservi la figura 21). Anche questi campioni non destano preoccupazione a causa di contenuti elevati in quell'elemento propri di suoli originati da particolari litologie. Questo in particolare si verifica nel caso dell'arsenico (tavola 2), del tallio (tavola 13) e dello zinco (tavola 16).
- con un pallino pieno azzurro si rappresentano i campioni con valore inferiore ai limiti di legge per aree verdi (Tab. A) (ove previsto) ma superiore al valore di background (BTV).
- con un pallino pieno rosa si rappresentano i campioni con valore superiore ai limiti di legge per aree verdi (Tab. A) o ai BTV (solo nel caso di arsenico, tallio, zinco).
- con un pallino pieno rosso si rappresentano i campioni con valore superiore ai limiti di legge per aree industriali (Tab. B D. Lgs 152/06).

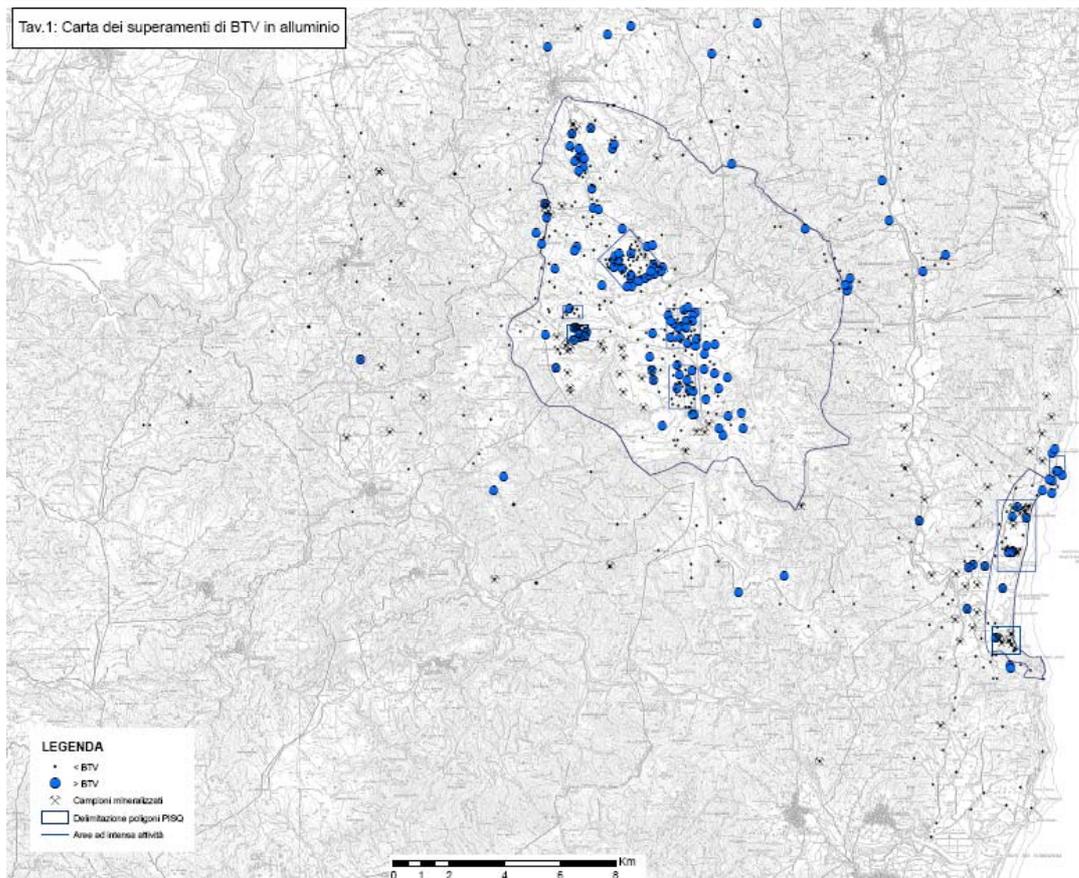
Su tali ultime due classi di campioni si dovrà porre senz'altro l'attenzione perché "inquinata" a termini di legge; anche i campioni che risultano al di sopra dei valori di riferimento per le litologie indagate saranno da prendere in considerazione perché segnalano delle aree nelle quali sarà interessante cercare di comprendere i fenomeni e le cause.

I campioni indiziati per presenza di mineralizzazioni nell'area circostante o posti a valle di aree minerarie e quindi potenzialmente inquinati, sono evidenziati negli elaborati cartografici col sovrassegno dei martelli incrociati.

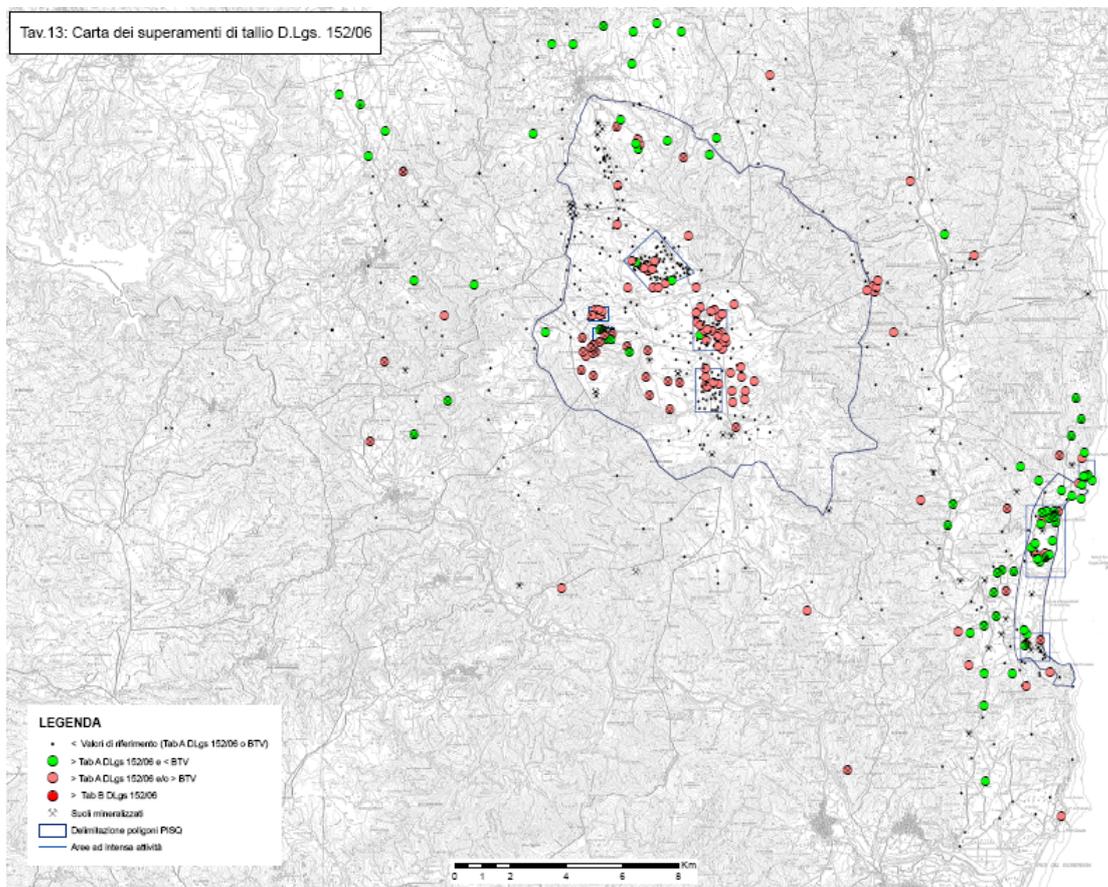
Per quanto riguarda i parametri organici, nella tavola 18 si presenta la carta della presenza di composti organici tra i campioni.

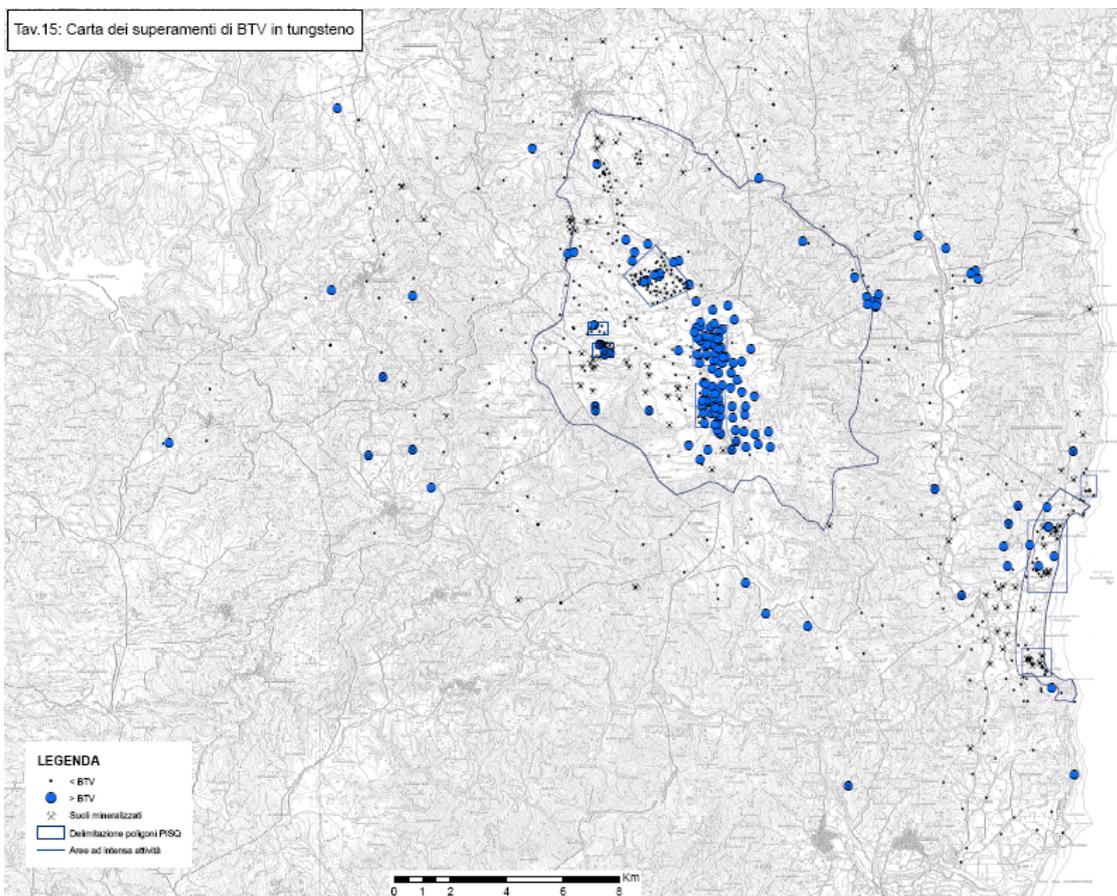
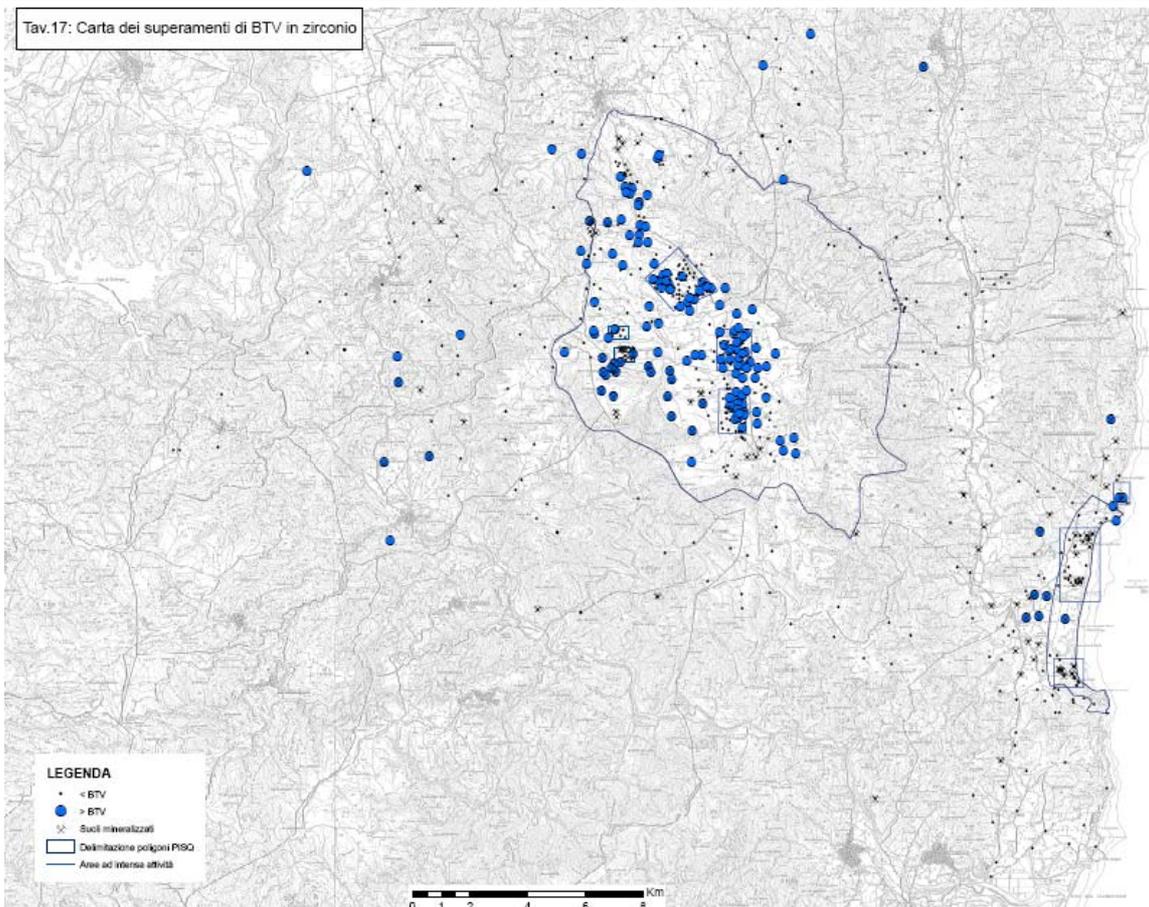


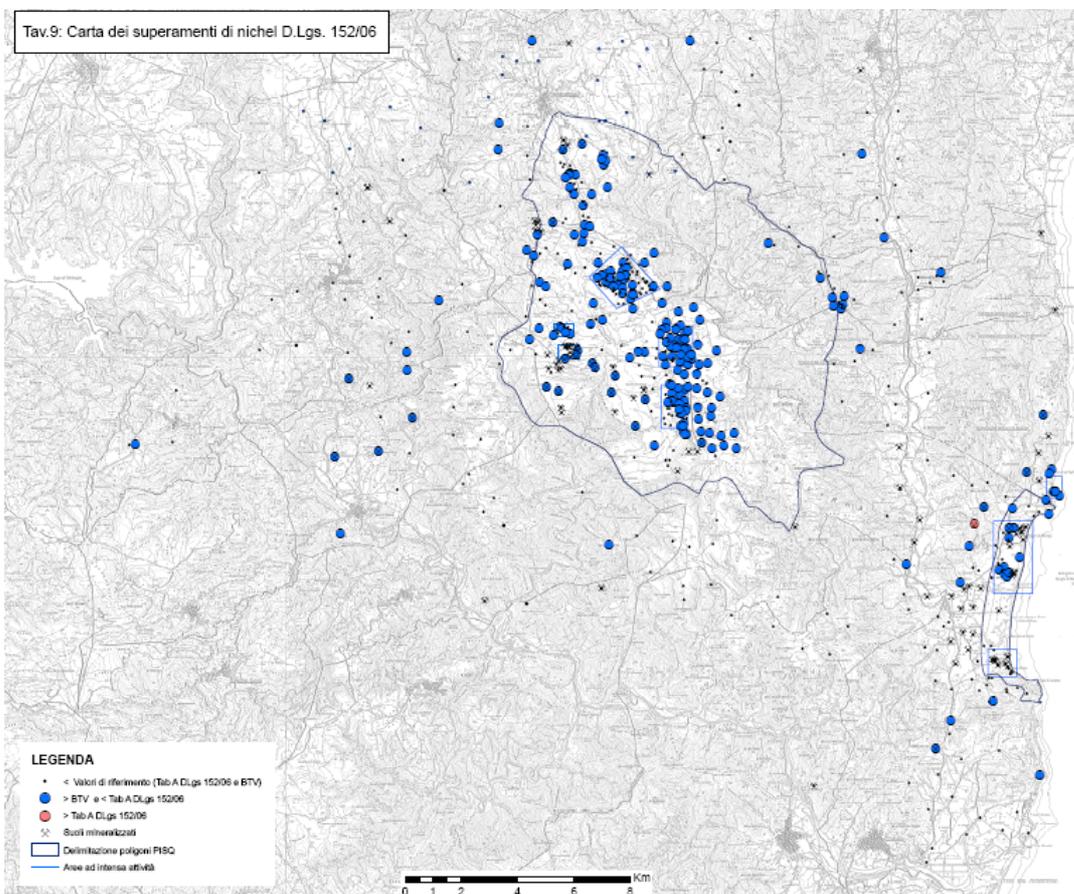
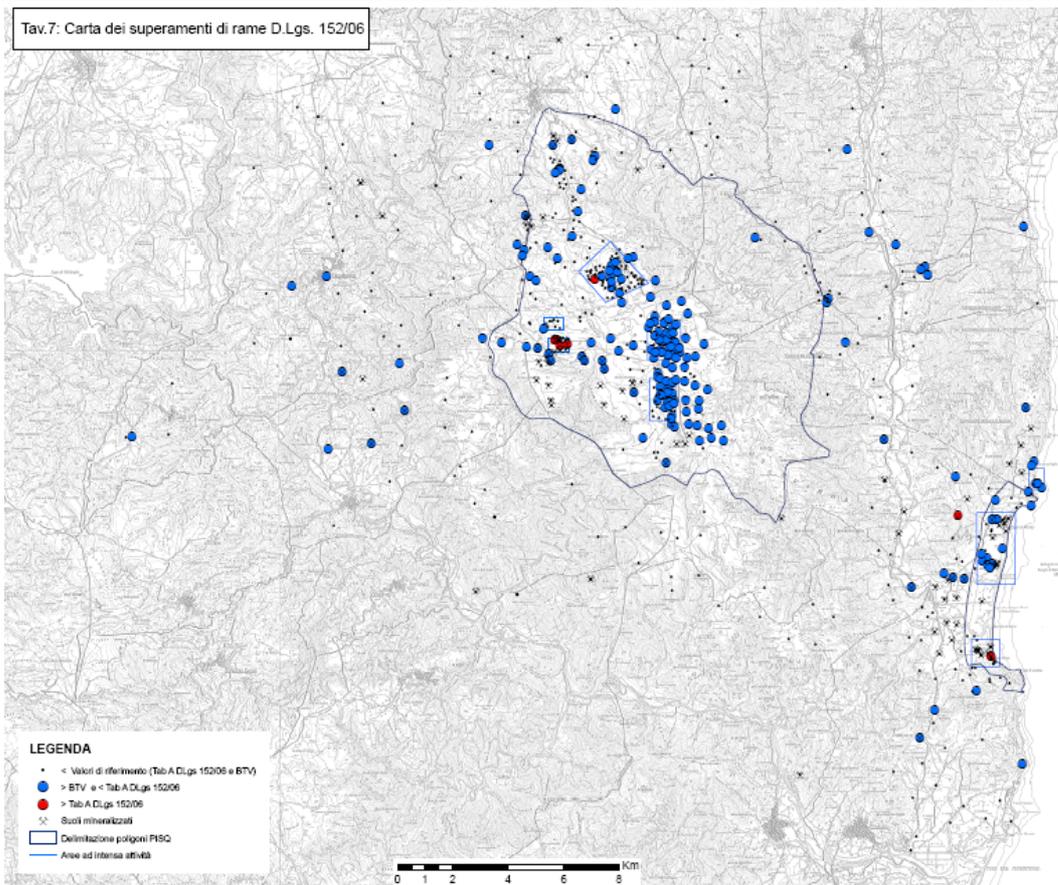
Tav.1: Carta dei superamenti di BTV in alluminio



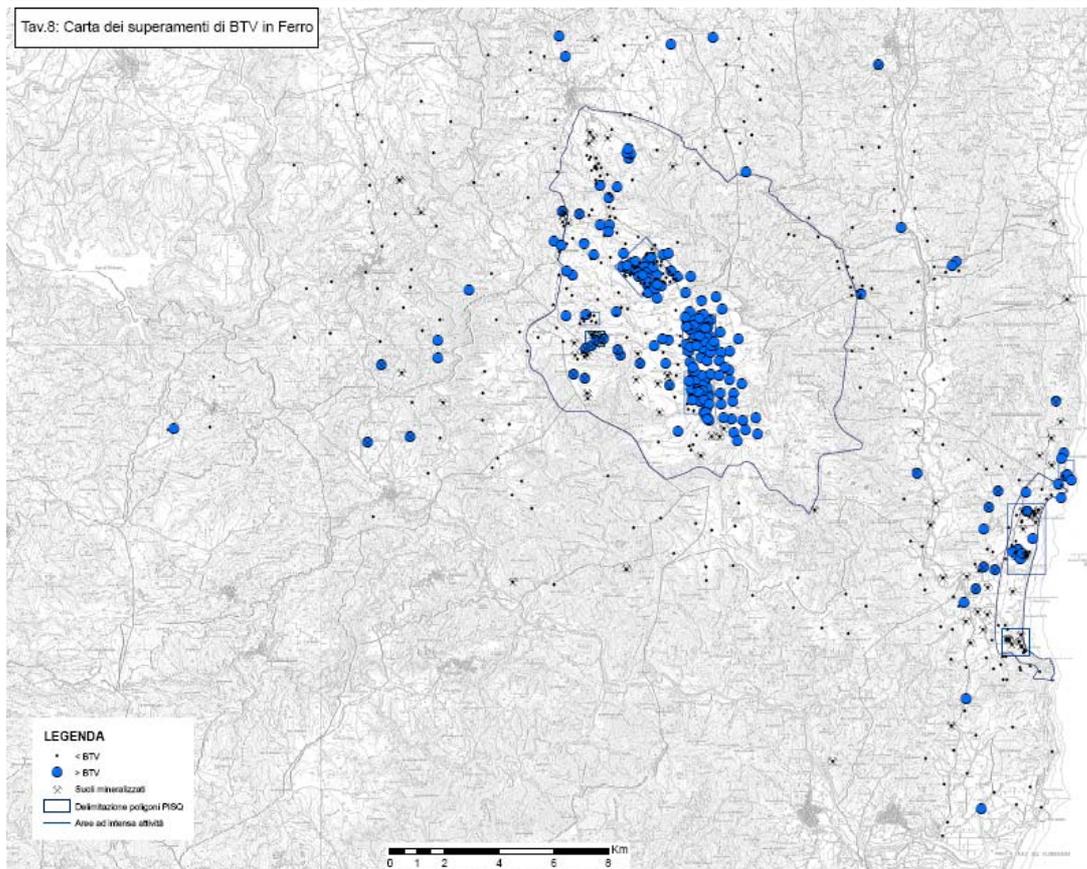
Tav.13: Carta dei superamenti di tallio D.Lgs. 152/06



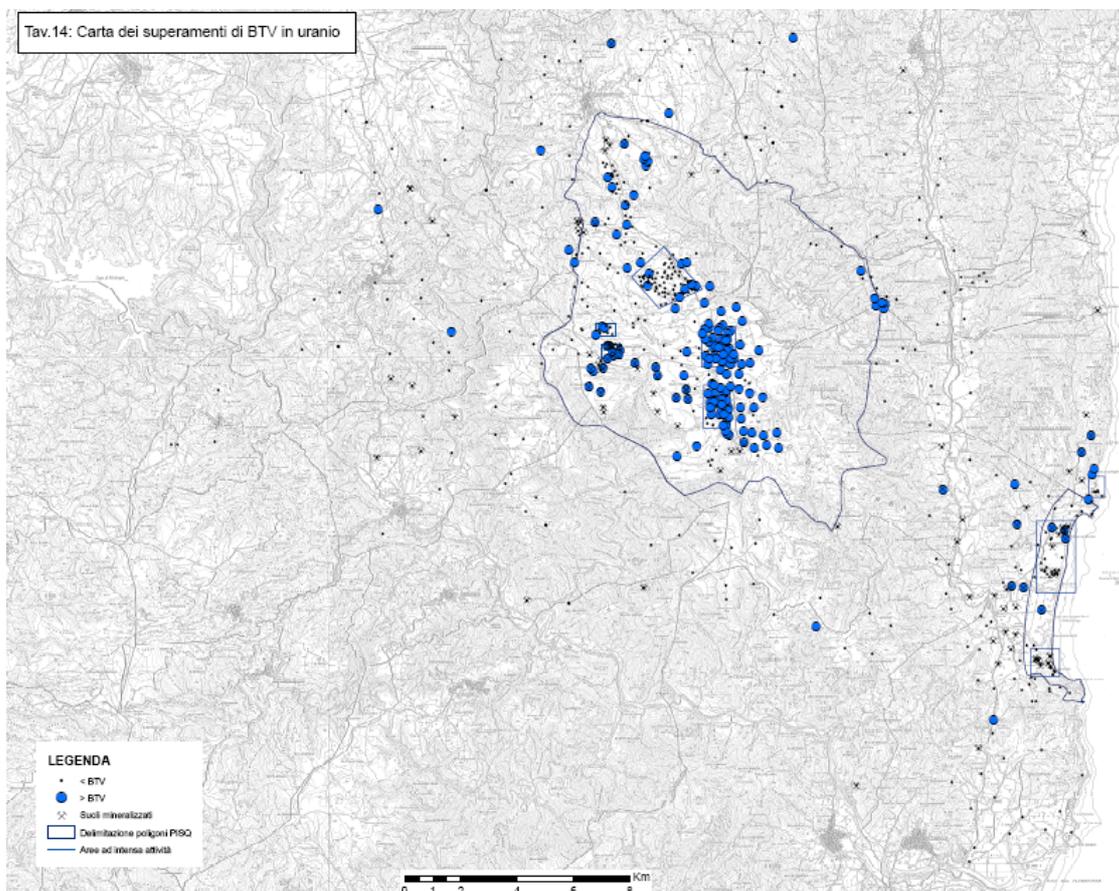




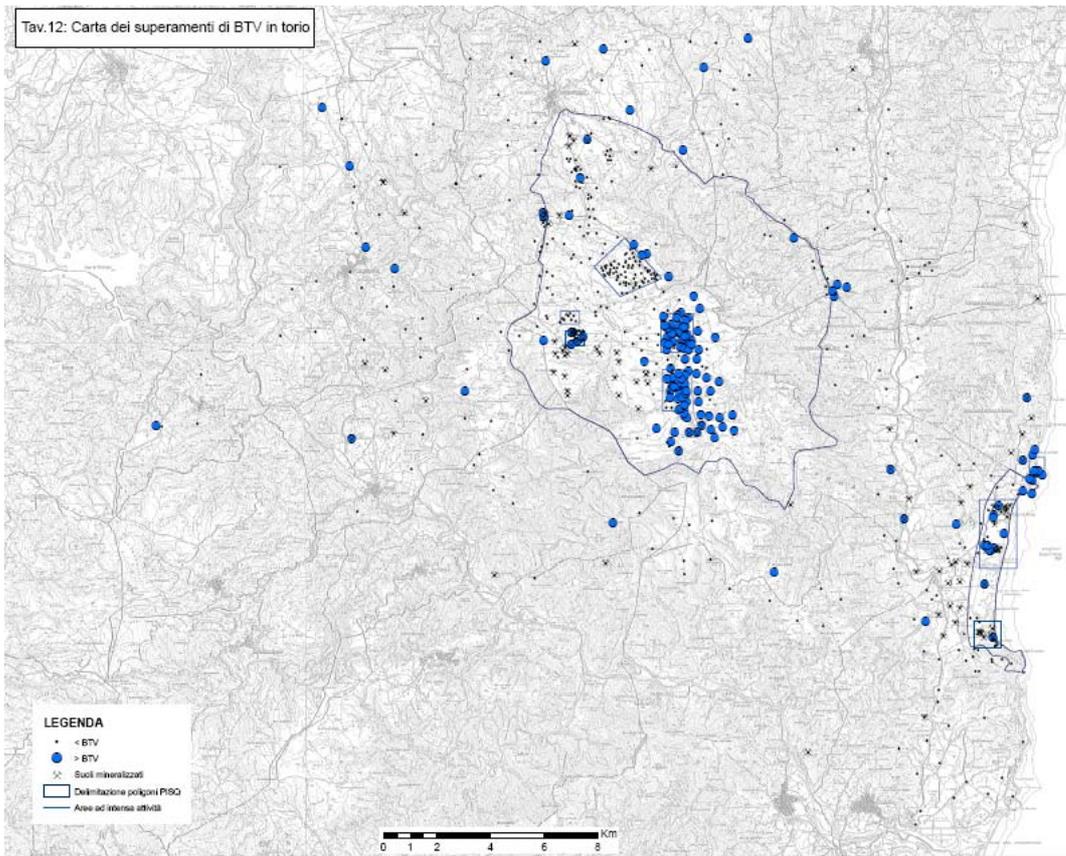
Tav.8: Carta dei superamenti di BTV in Ferro



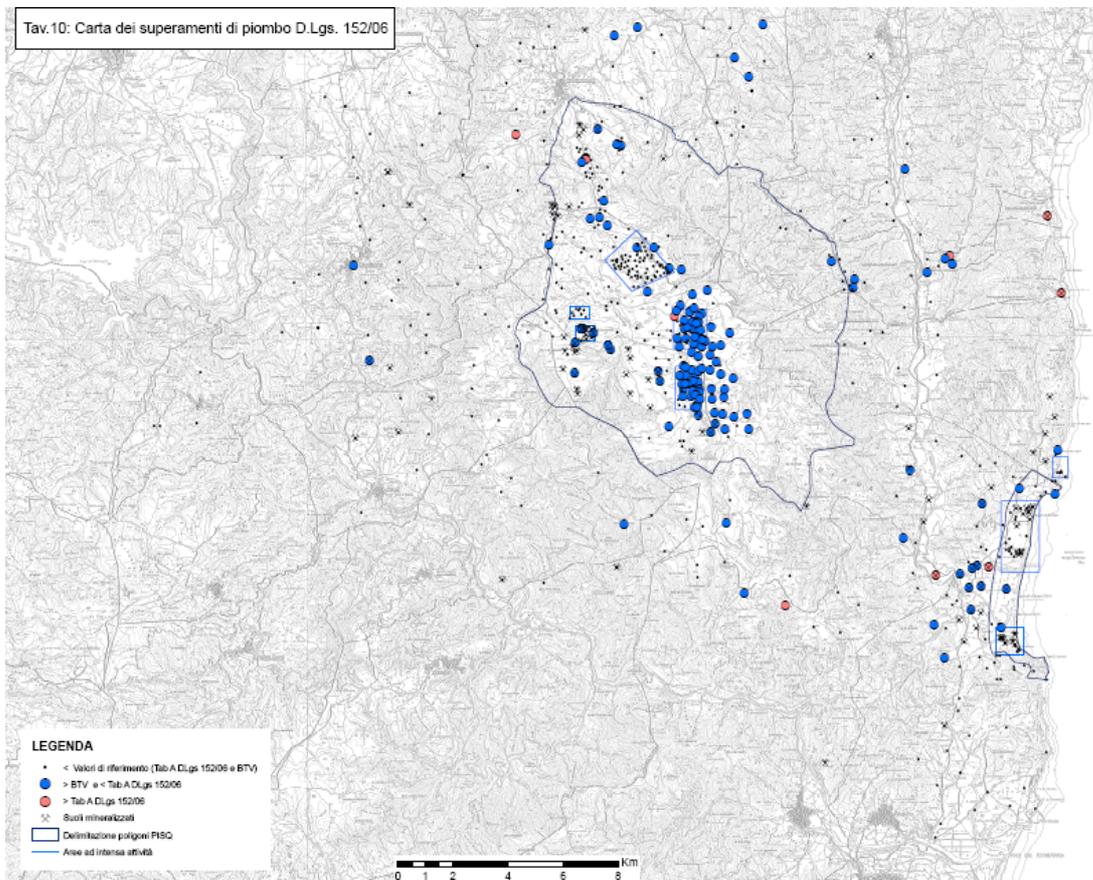
Tav.14: Carta dei superamenti di BTV in uranio

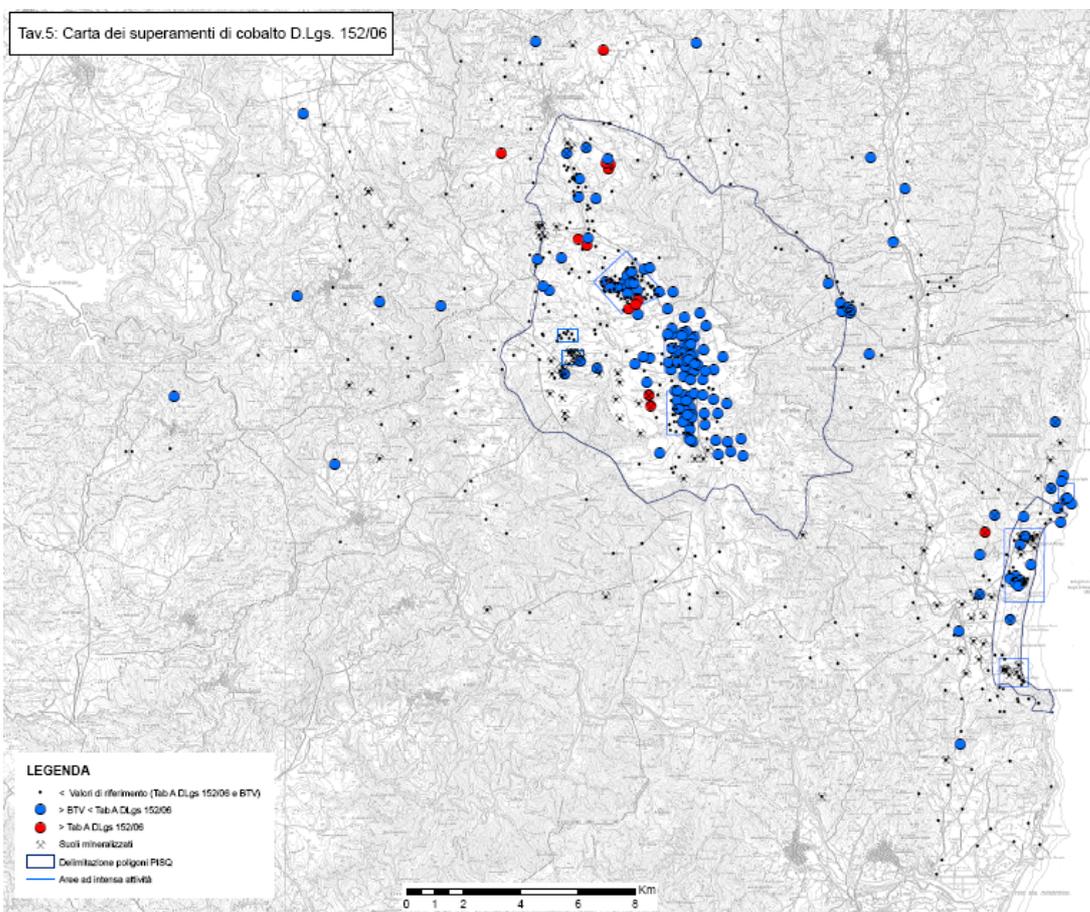
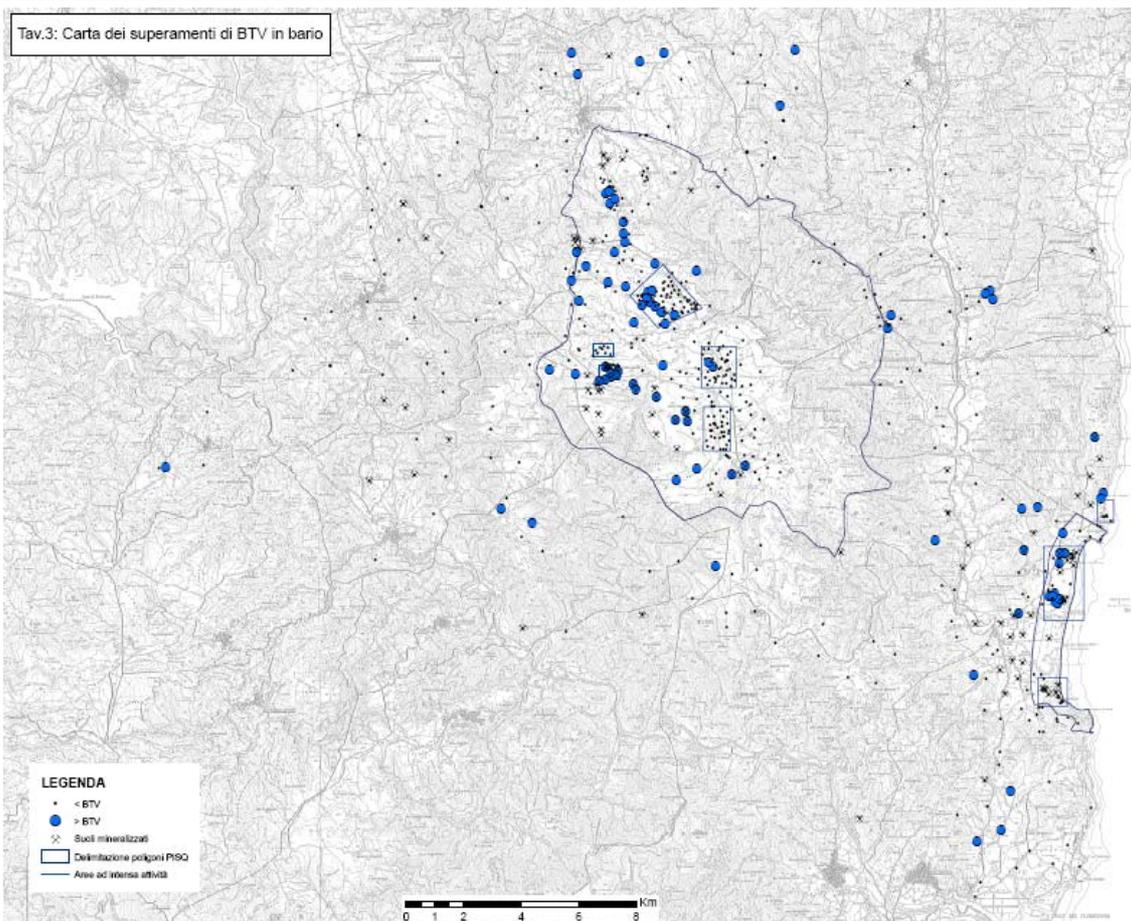


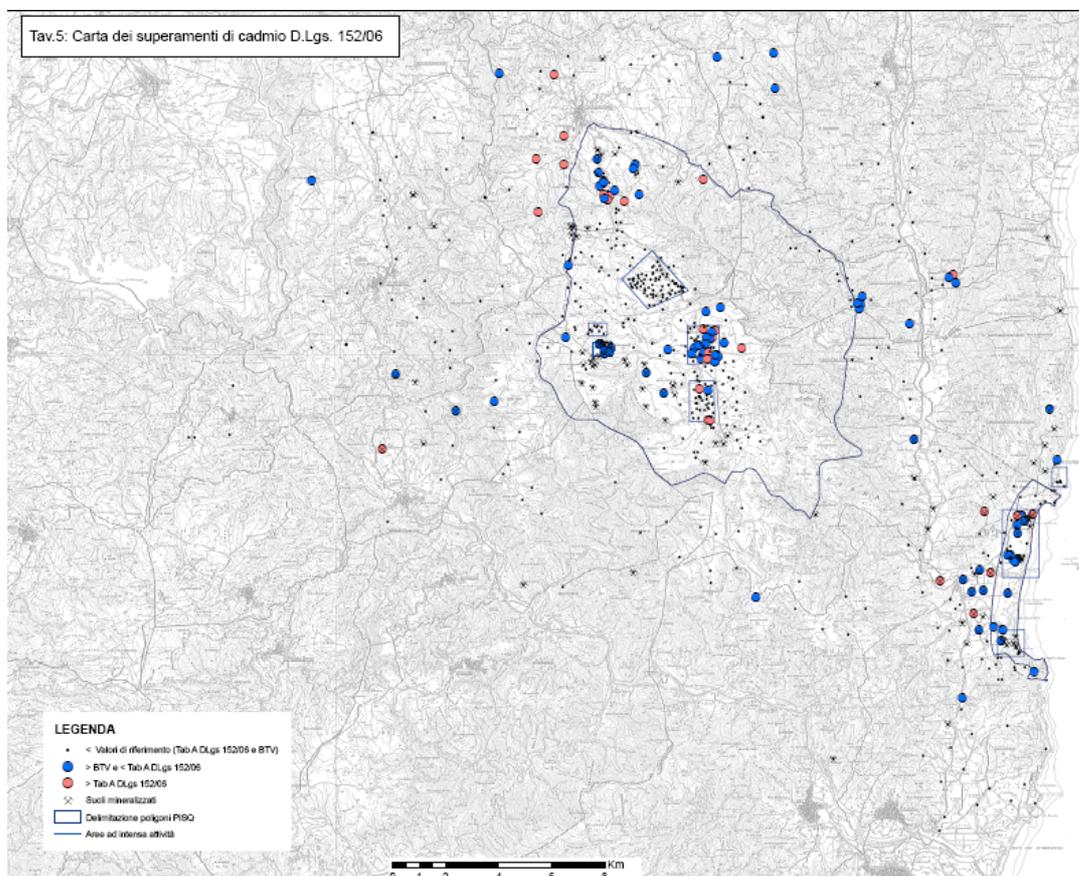
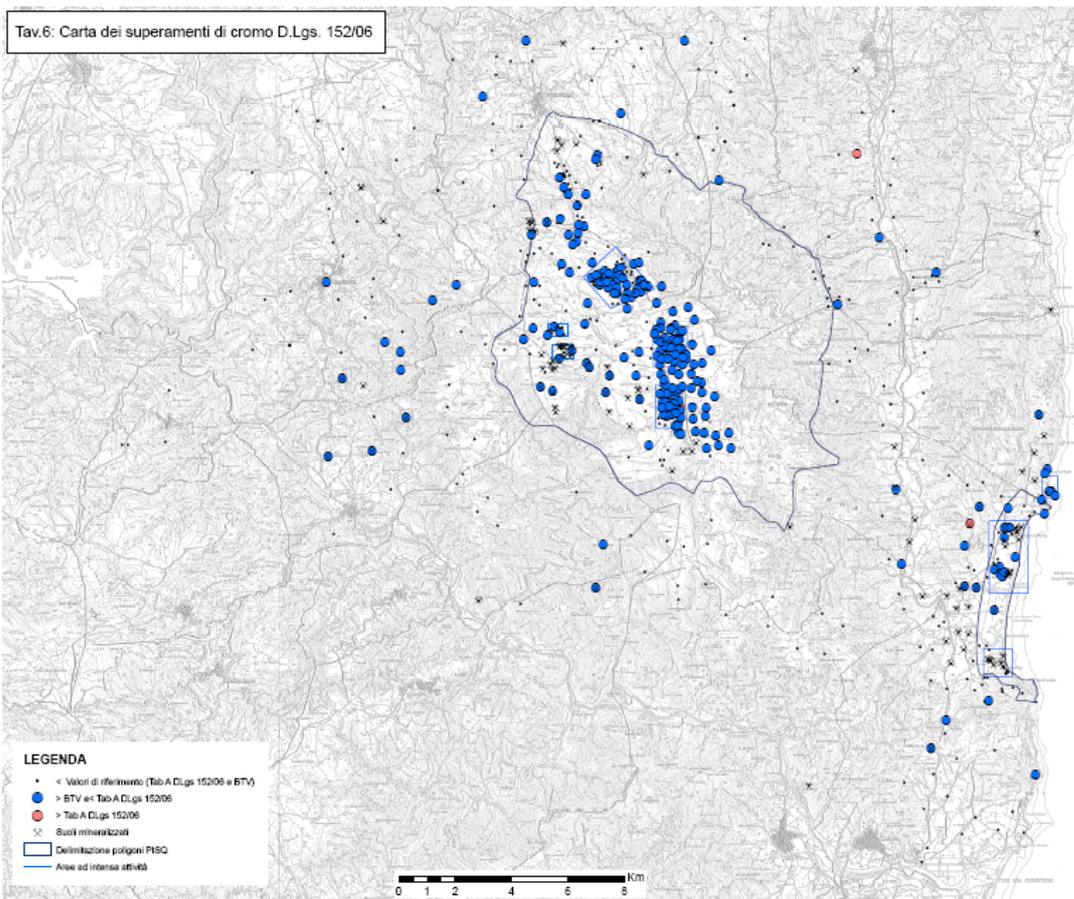
Tav.12: Carta dei superamenti di BTV in torio

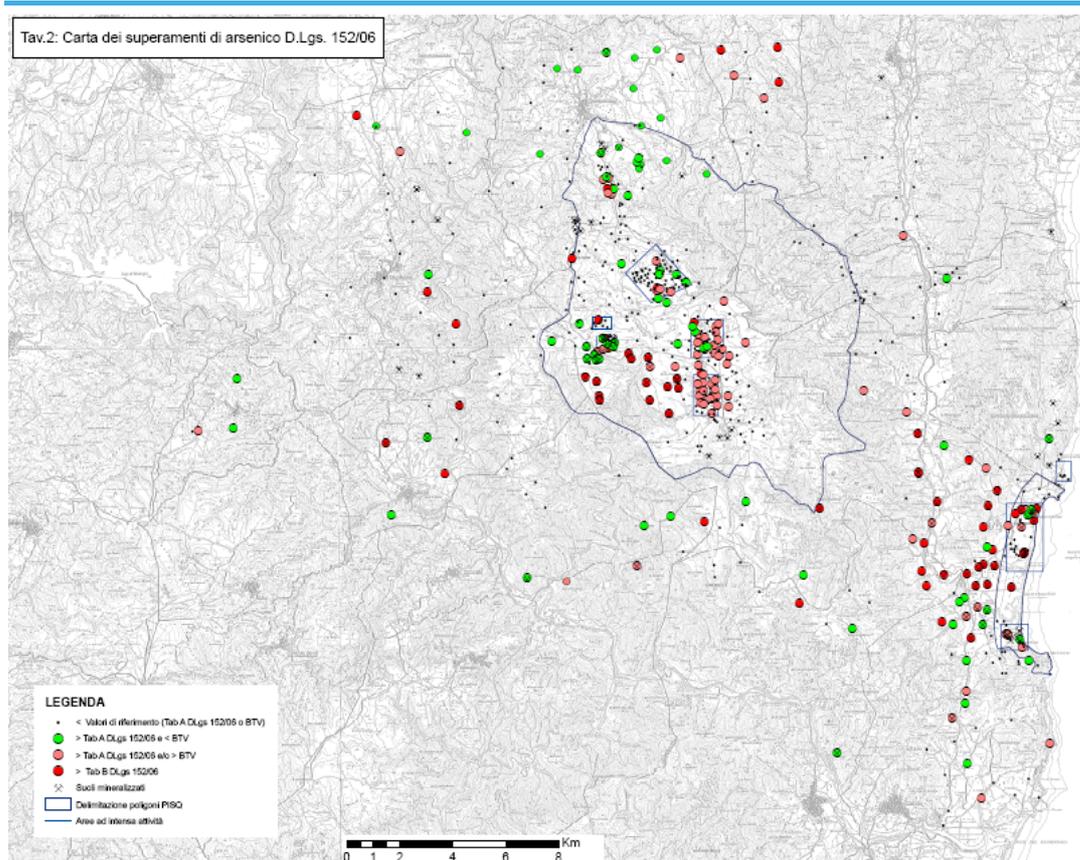


Tav.10: Carta dei superamenti di piombo D.Lgs. 152/06









DISCUSSIONE DEI RISULTATI SUI SUOLI

Individuazione aree anomale

Sulla base delle evidenze sulle tavole riportate in precedenza, prodotte con il lavoro relativo ai suoli superficiali sopra descritto, facendo riferimento alla documentazione inerente le attività del poligono, anche tenendo conto delle aree interessate da mineralizzazioni, comprensive delle aree di esondazione a valle della miniera di Baccu Locci ricadenti nel territorio del poligono di Capo San Lorenzo e tenendo conto anche dei risultati ottenuti sui licheni, si possono trarre alcune considerazioni.

Un discreto numero di campioni presenta valori superiori ai limiti di riferimento del D.Lgs. 152/06 in diversi elementi analizzati, e, grazie al lavoro svolto è stato possibile evidenziare delle aree ove sono presenti valori superiori ai valori di riferimento (BTV) studiati per i suoli delle varie litologie, e individuare così delle aree di interesse per le quali si va qui di seguito a focalizzare l'attenzione. Sulla

base delle conoscenze fornite sulle attività militari e delle evidenze geologiche si è cercato di descrivere e, dove possibile, dare una spiegazione sui fenomeni osservati.

Bisogna tenere presente che l'impatto visivo sulla cartografia è condizionato dalle differenti densità di campionamento delle varie zone.

La discussione che segue entra nel merito delle aree dove il livello di attenzione deve essere tenuto alto per presenza di uno o più inquinanti. Per la localizzazione delle aree si consulti la tavola 19 in allegato.

ZONA A e area esterna - POLIGONO DI PERDASDEFOGU

Dall'analisi della documentazione inerente le attività del poligono risulta per quest'area la seguente attività: "zona arrivo colpi artiglieria e mortai (105,155, 120 mm)".

L'area, indagata con 71 campioni, e con un discreto numero all'esterno a ovest dell'area, è caratterizzata dalla presenza diffusa di arsenico superiore ai limiti di legge tabella A in 4 campioni e 1 campione superiore a tabella B, cobalto superiore ai limiti di legge tabella A in 4 campioni, rame anche superiore ai limiti di legge tabella A in 1 campione, antimonio anche superiore ai limiti di legge tabella A in 3 campioni, tallio sopra i limiti di legge tabella A.

Le carte dei superamenti dei valori di riferimento indicano anche la presenza diffusa di alluminio, cromo, ferro, nichel, zinco e zirconio accompagnati in minore misura anche da tungsteno, uranio, bario, antimonio e torio che si localizza presso il perimetro nord-est della zona.

Inoltre l'area è fortemente indiziata per la presenza di Perclorati, TNT e Tetrile.

L'area esterna a ovest della zona A, dove secondo le dichiarazioni dei militari un tempo si facevano esercitazioni con tiri di armi portatili (9 mm, 5,56 mm, 7,62 mm, 308, 12 mm) ha caratteristiche simili a quelle della zona A: 2 campioni segnalano la presenza nella zona sommitale di Perda is Furionis di uranio, zirconio e tungsteno. Presso i limiti del poligono si osserva la presenza in vicinanza di un indizio minerario, di valori elevati in alluminio, ferro, bario, torio.

I licheni mostrano per quest'area valori più elevati relativamente agli altri campioni, di rame e titanio; i licheni segnalano inoltre un arricchimento rispetto a Baunei in rame e cromo, accompagnati in minore misura da tungsteno.

ZONA B - POLIGONO DI PERDASDEFOGU

Dall'analisi della documentazione inerente le attività del poligono risulta per quest'area la seguente attività: "test di pressurizzazione e scoppio tubi; fuel fire".

L'area, indagata con soli 8 campioni, è caratterizzata dalla presenza di tallio sopra i limiti di legge tabella A, 1 campione con arsenico sopra il limite di legge tabella B.

Le carte dei superamenti dei valori di riferimento indicano anche la presenza di cromo, nichel,

antimonio, uranio mentre solo su 1-2 campioni è stato rinvenuto ferro, rame, alluminio, tungsteno, zinco, zirconio.

Un campione ha fatto rilevare la presenza di TNT al di sopra del limite di rilevabilità.

I licheni mostrano per quest'area valori più elevati relativamente agli altri campioni, di zirconio, titanio, tallio, alluminio e antimonio; i licheni segnalano inoltre un arricchimento rispetto a Baunei in rame, cromo, tungsteno, arsenico, accompagnati in minore misura da titanio, bario e ferro.

ZONA C - POLIGONO DI PERDASDEFUGU

Dall'analisi della documentazione inerente le attività del poligono risulta per quest'area la seguente attività: "test esplosivi EOD".

L'area indagata con 22 campioni è caratterizzata dalla presenza diffusa di uranio, alluminio, arsenico anche superiore ai limiti di legge in 4 campioni tabella A e 1 campione tabella B, bario, cadmio, rame anche superiore ai limiti di legge in tabella A e due campioni superiori a tabella B, torio, tallio anche sopra i limiti di legge tabella A, piombo anche sopra i limiti di legge tabella A, uranio, tungsteno, zinco sopra i limiti di legge tabella A, e in minore misura nichel, ferro, cobalto, cromo, zirconio.

E' da sottolineare che gli elementi organici hanno fatto rilevare in alcuni campioni dei sondaggi, valori anomali con marcata presenza di Perclorati, 2-Ammino-4,6-DinitroToluene, RDX, Tetrile, TNT.

I licheni mostrano per quest'area valori di torio più elevati relativamente agli altri campioni; i licheni segnalano inoltre un arricchimento rispetto a Baunei in arsenico, tungsteno e rame, accompagnati in minore misura da cromo.

L'area quindi risulta ampiamente "anomala"; si deve precisare che l'attività militare comporta un forte sconvolgimento del substrato anche roccioso, in quest'area che è fortemente indiziata per la presenza di mineralizzazioni a oro legate a forte ricircolazione di fluidi idrotermali che hanno evidentemente arricchito la roccia in elementi metallici; a breve distanza dalla zona C, in località M.te S'Ollasteddu, sono stati fatti studi minerari in tempi recenti volti alla valorizzazione economica del sito.

ZONA D - POLIGONO DI PERDASDEFUGU

Dall'analisi della documentazione inerente le attività del poligono risulta per quest'area la seguente attività: "area bersagli per sganci inerti A/S da ala fissa (GBU12, GBU16, Lizard, LGTR, LBR500); tiri da elicottero (70 mm, 81 mm, zona di lancio e dispersione missili Tow e Milan, 12,7 mm, 20 mm, 7,62 mm; tiri armi portatili e di reparto (9 mm, 5,56 mm, 7,62 mm, Panzerfaust, C90, bombe da fucile 40 mm)".

L'area indagata con 40 campioni e con un discreto numero all'esterno a est dell'area (vedi tavole e figura 1 col piano di posizionamento), è caratterizzata dalla presenza diffusa di uranio, torio, tallio spesso sopra i limiti di legge tabella A, arsenico sopra i limiti di legge tabella A e in qualche caso B, cadmio spesso sopra i limiti di legge tabella A, tungsteno, alluminio, cobalto, cromo (anche in un caso

sopra i limiti di legge tabella A), piombo (anche in un caso sopra i limiti di legge tabella A), antimonio, rame, ferro, nichel, zinco, zirconio.

I licheni mostrano per quest'area valori più elevati relativamente agli altri, di rame e cromo; i licheni segnalano inoltre un arricchimento rispetto a Baunei in cromo, rame e tungsteno.

L'area, anche in parte indiziata per la presenza di RDX e tetrile, risulta quindi ampiamente "anomala".

ZONA E - POLIGONO DI PERDASDEFUGU

Dall'analisi della documentazione inerente le attività del poligono risulta per quest'area la seguente attività: "zona di schieramento e area bersagli per tiri con armi portatili e di reparto (9 mm, 5,56 mm, 7,62 mm, 121,7 mm, SRCM, OD82; tiri da elicottero (7,62 mm, 12,7 mm, 20 mm, 12 mm)".

L'area, indagata con 35 campioni all'interno e con un discreto numero all'esterno a est dell'area (vedi tavole e figura 1 col piano di posizionamento), è caratterizzata dalla presenza diffusa di alluminio, arsenico sopra i limiti di legge tabella A e in un caso sopra i limiti di legge tabella B, cadmio anche sopra i limiti di legge tabella A, cobalto, cromo (anche sopra i limiti di legge tabella A per un campione), rame, ferro, nichel, piombo (anche sopra i limiti di legge tabella A per un campione), tallio sempre superiore ai limiti di tabella A, zinco (anche sopra i limiti di legge tabella A con i campioni concentrati in una zona centrale), torio, uranio, tungsteno, zirconio e antimonio (sopra i limiti di legge tabella A per un campione).

I licheni mostrano per quest'area valori più elevati relativamente agli altri, di nichel, cromo, cobalto, rame e tungsteno; i licheni segnalano inoltre un forte arricchimento rispetto a Baunei in cromo, rame e tungsteno.

L'area, anche in parte indiziata per la presenza di HMX e 2,4 Dinitrotoluene, risulta quindi ampiamente "anomala".

CUCCURU LUGGERAS (nel lato più a est del poligono) - POLIGONO DI PERDASDEFUGU

Si tratta di un'area sommitale ai limiti del poligono, dove l'osservazione delle foto aeree mette in evidenza la presenza di variazioni nel tempo legate ad attività antropica, dove, come riportato nella tabella a pagina 5 della relazione del lotto 2 eseguita dalle ditte nell'ambito dell'appalto per la "Valutazione dell'inquinamento elettromagnetico presso il PISQ", attualmente vi è un insediamento militare munito di trasmettitore.

La zona è caratterizzata dalla presenza di uranio, tallio superiore ai limiti di legge tabella A, torio, cadmio, nichel, cobalto e tungsteno e in minore misura da alluminio, rame, piombo, bario, zinco e cromo.

Non lontano da quest'area, sulla sinistra idrografica del Rio San Giorgio, sono stati posizionati due campioni di lichene che hanno segnalato un arricchimento rispetto a Baunei in rame, cromo, e tungsteno.

SEDDA DE LIONI (parte a nord di zona A – POLIGONO DI PERDASDEFOGU)

Si tratta di un'area dove l'osservazione delle foto aeree mette in evidenza la presenza di variazioni nel tempo legate ad attività antropica compatibile con la presenza di una discarica come da segnalazioni.

La zona Sedda de Lioni è caratterizzata dalla presenza diffusa di arsenico anche superiore alla tabella A (4 campioni) e B (1 campione), cadmio anche superiore alla tabella B, piombo anche spesso superiore alla tabella A, zinco spesso superiore alla tabella A, alluminio, bario, nichel e zirconio; sono presenti anche uranio, antimonio, cobalto, cromo, rame, ferro, tungsteno, torio.

M.TE BUDDI D'ABBA (parte a nord di zona A – POLIGONO DI PERDASDEFOGU)

A M.te Buddi d'Abba si osserva un'importante struttura già presente nel 1977 che come riportato nella tabella a pagina 5 della relazione del lotto 2 eseguita dalle ditte nell'ambito dell'appalto per la "Valutazione dell'inquinamento elettromagnetico presso il PISQ", consiste in una postazione militare con un trasmettitore RIS 3C.

Quest'area si segnala per la presenza di cobalto e tallio sopra la tabella A, alluminio, cromo, rame, ferro, nichel, piombo, cadmio, uranio, zirconio.

A nord di quest'area, presso i limiti del poligono si segnala un campione valorizzato per 2-Ammino-4,6- Dinitro-toluene.

Area SU TACCU – Area M.te CODI (Fascia esterna a nord del poligono)

In zona Su Taccu vi è un'area caratterizzata dalla presenza diffusa di cadmio, cobalto e zinco anche con valori superiori ai limiti di legge in un campione, alluminio, bario, cromo, torio, antimonio, ferro, nichel, piombo, (uranio in vicinanza di un indizio minerario).

Nella parte più a E sui rilievi di Br. Genna Cogina e M. Codi dove, dalle informazioni inserite nella documentazione relativa al lotto 2 per la "Valutazione dell'inquinamento elettromagnetico presso il PISQ", è installato un ponte radio, si osserva la presenza abbondante di arsenico superiore alla tabella A e alla tabella B, e per tre di questi campioni si riconosce l'associazione arsenico, alluminio, zirconio, torio; è inoltre presente bario, cadmio, piombo, zinco, tallio anche superiore ai limiti di legge tabella A, (cobalto, ferro, nichel, cromo), un campione segnala uranio.

ESCALAPLANO- BALLAO (Fascia esterna a ovest del poligono in territorio di Escalaplano e in territorio di Ballao)

Nella parte sud di tale area insistono alcuni indizi minerari e alcune miniere che rivestono una certa importanza come quelle di Corti Rosas e Sa Mina la cui associazione caratteristica, ricavata dai campioni prelevati col presente lavoro, sembrerebbe data da cromo, torio, zinco, cobalto, ferro, tallio, arsenico, antimonio e tungsteno.

L'associazione elementare dell'intera area vasta tra Escalaplano e Ballao sembra ricalcare almeno in parte, tale associazione con un discreto numero di campioni che presenta arsenico con valori superiori ai limiti di legge tabella B, antimonio abbondantemente presente spesso con valori superiori ai limiti di legge tabella A, tallio anche superiore ai limiti di legge tabella A spesso in corrispondenza di mineralizzazioni note, cadmio anche sopra i limiti di legge tabella A su un campione interessato da mineralizzazione, rame, ferro, cromo, nichel e cobalto accompagnati talora da torio e tungsteno, zinco su due campioni in aree minerarie; su un solo campione si rileva uranio (il campione ha anche arsenico sopra tabella B, antimonio e tallio sopra tabella A, zirconio).

Nella parte a nord dell'abitato di Escalaplano, si segnalano alcuni campioni per arsenico sopra i limiti delle tabelle A e B, torio, zinco in un solo campione ma sopra i limiti tabella A, (cadmio, cobalto, tungsteno, zirconio); si segnala anche la presenza isolata di uranio (in un solo campione), e di antimonio e tallio (in un solo campione); un campione si segnala per la presenza di arsenico, torio e perclorato in vicinanza di un insediamento abitativo.

Da segnalare in particolare un campione prelevato entro il centro abitato che presenta zinco, rame, piombo, cromo e antimonio.

Tale area risulta fortemente indiziata ma le anomalie presenti sono verosimilmente di natura giacimentologica più che legate alle vicine attività militari.

Area a sud del poligono (miniera Baccu Locci e Sa Lilla in territorio Villaputzu - S. Vito - Villasalto)

Nel sito minerario in senso stretto non sono stati prelevati campioni di suolo ma ne sono stati prelevati una serie a sud della miniera presso i territori di San Vito e Villasalto.

Si sottolinea solo per alcuni campioni la presenza di arsenico anche superiore ai limiti di legge tabella A e ai limiti di tabella B in un campione a valle della miniera di B. Locci, piombo superiore ai limiti di legge tabella A in un campione, alluminio, tungsteno, (antimonio, torio, cadmio, cromo, tallio).

In zona Baccu Scovas si segnala un campione isolato indiziato per uranio, arsenico superiore ai limiti di legge tabella B, piombo e tallio superiori ai limiti di legge tabella A, tungsteno, antimonio; la zona in vicinanza della miniera di sa Lilla, si segnala per arsenico e cromo (torio, nichel).

I licheni, in perfetta concordanza con i suoli, mostrano per quest'area il massimo valore di piombo, di arsenico, di alluminio relativamente alle altre zone; i licheni segnalano inoltre un fortissimo arricchimento rispetto a Baunei in piombo e arsenico, accompagnati in minore misura da rame,

cromo, bario, zinco, alluminio.

Area del RIO DI QUIRRA (a est del poligono in territorio di Tertenia - Loceri – Lanusei)

Si segnalano in particolare alcuni campioni in territorio di Loceri e a sud del territorio di Tertenia, che hanno fatto registrare valori elevati in piombo, tallio (anche superiore ai limiti di legge in un campione), bario, cadmio, ferro, zinco (anche superiore ai limiti di legge tabella A), cromo, rame, antimonio, tungsteno, nichel.

L'origine di tali concentrazioni nel suolo potrebbe essere legata alla presenza di mineralizzazioni non segnalate ma probabili data la vicinanza alle miniere costiere di Sarrala, Barisoni, Sa Canna.

Area del CASTELLO DI QUIRRA (tra RIO DI QUIRRA e il poligono di CAPO S. LORENZO in territorio di Villaputzu)

Più a sud tra il rio di Quirra e il poligono di Capo S. Lorenzo, si registrano ancora un gran numero di campioni con elevati contenuti in metalli come arsenico (anche superiore ai limiti di legge tabella A e B), piombo (anche superiore ai limiti di legge tabella A), cromo (anche superiore ai limiti di legge tabella A), tallio (anche superiore ai limiti di legge tabella A), alluminio, cadmio (anche superiore ai limiti di legge tabella A), cobalto, bario, zinco (anche superiore ai limiti di legge tabella A), zirconio e ferro che potrebbero anche essere attribuiti alla presenza di mineralizzazioni o nella parte più a sud a sedimenti quaternari inquinati da residui minerari trasportati a valle dalla miniera di Baccu Locci.

Area VILLAPUTZU (a sud di Capo S. Lorenzo territorio di Villaputzu)

Tale area si segnala per la presenza di campioni con arsenico (anche superiore ai limiti di legge tabella A), cromo, rame, nichel accompagnati in alcuni casi da antimonio (anche superiore ai limiti di legge tabella A in un campione presso i limiti del poligono), tallio (anche superiore ai limiti di legge tabella A), bario.

Si segnala in particolare un campione costiero presso Torre Motta che presenta l'associazione arsenico (sopra i limiti di legge tabella A), antimonio, cromo, rame, nichel, tungsteno e perclorati.

ZONA H - POLIGONO DI CAPO S. LORENZO

Si tratta del punto dove si eseguono le prove di accensione del motore Zefiro.

I campioni segnalano la presenza di alluminio, torio, cromo, cobalto, rame, ferro, antimonio, nichel, uranio, zirconio, tallio anche oltre il limite di legge, (bario, piombo, cadmio). Non si segnala la presenza di composti organici.

I licheni, posizionati presso la zona H mostrano valori più elevati di rame, relativamente alle altre zone; segnalano inoltre un arricchimento rispetto a Baunei in rame, tungsteno, cromo e arsenico.



ZONA F - POLIGONO DI CAPO S. LORENZO

Comprende le zone ad alta intensità Hawk (a nord) dove si eseguono lanci di missili terra aria hawk e MLRS, e Nike (a sud) dove si esegue la prova di fuoco col cannone Davide; altre sperimentazioni si eseguono con missili Aspide anche con testa in guerra, missili Stinger lanciati contro aérobersagli forniti dall'esercito, lancio di missili Aster 30 da apposito lanciatore SAMP/T etc.

I campioni segnalano la presenza di alluminio, arsenico anche con valori superiori ai limiti di legge Tabella B, bario (zona Nike), cadmio anche oltre i valori di legge, cromo, cobalto, rame, ferro, nichel, antimonio, torio, tallio anche oltre i valori di legge, zinco anche oltre i valori di legge in zona hawk, uranio solo nella zona Hawk. Sono anche presenti composti organici come perclorati e HMX e RDX.

I licheni, posizionati a sud di Torre Murtas presso l'area ad alta intensità F, mostrano valori più elevati di tungsteno e torio relativamente alle altre zone; i licheni segnalano inoltre un arricchimento rispetto a Baunei in tungsteno, arsenico, cromo e rame.

Si segnala tra i sedimenti prelevati in mare un campione che ha fatto registrare perclorato.

ZONA G - POLIGONO DI CAPO S. LORENZO

In questa zona anche chiamata "zona sperimentale", si eseguono sperimentazioni a fuoco col programma Vulcano effettuando tiri da cannone di diverso calibro e lancio razzi RB60 e RB75.

I campioni segnalano la presenza di alluminio, arsenico anche oltre i valori di legge, cadmio, tallio anche oltre i valori di legge, (piombo, torio) oltre a un campione oltre la tabella B per rame e uno vicino contenente il composto organico RDX (i due campioni contengono anche torio e arsenico in quantità significativa sopra i limiti di legge).

Si segnala in particolare un campione nella parte a ovest della zona G (V/SUO/052) prelevato in località Serra Camposa con uno dei massimi valori di uranio rilevati di 8,07 mg/kg, e con arsenico oltre i valori di legge di tabella B, e cadmio, antimonio, rame, nichel, cromo, cobalto, tallio, zinco oltre i valori di legge di tabella A, oltre a bario, ferro, piombo, tungsteno, zirconio.

Il campione è anche segnalato per la presenza di possibile contaminazione mineraria, e in corrispondenza del punto di prelievo si osservano in foto aerea insediamenti militari, con postazioni tipo cineteodoliti etc.

I 2 campioni di lichene, posizionati presso la zona G a sud della baia di Murtas, in concordanza con i suoli specie per quel che riguarda il rame elemento per il quale sembrano particolarmente ricettivi, mostrano valori più elevati di tallio, cromo, e il massimo di rame relativamente alle altre zone; i licheni segnalano un arricchimento rispetto a Baunei in cromo e rame.

Come si legge nella relazione di chiusura delle attività ARPAS 2011 relativamente al PISQ, l'Arpas nel corso del lavoro in oggetto, per quanto riguarda le fasi di prelievo dei campioni ha validato in

campagna una ventina di campioni seguendo le operazioni di prelievo mentre ha validato le analisi chimiche su circa il 5 % dei campioni. Tutte le aree evidenziate nel presente capitolo, sono state segnalate sulla base dei risultati chimici sui campioni prelevati e analizzati dalla ditta incaricata e anche le informazioni geologiche utilizzate sono state fornite dalla stessa ditta.

Si è trattato pertanto di un lavoro essenzialmente svolto a tavolino sui dati certificati dalla ditta, che non ha avuto le verifiche di campagna necessarie a controllare lo stato dei luoghi e a valle del quale sarebbe necessario poter interloquire con il personale del comando del PISQ a conoscenza delle attività militari svolte sul territorio.

Approfondimento sui risultati di uranio e torio

Dalla discussione sopra riportata si evidenziano ampie aree segnalate per un gran numero di elementi. Per quel che riguarda elementi sensibili quali uranio e torio, di particolare interesse in questa ricerca, si fornisce un'ulteriore lettura dei risultati, rappresentando in classi, i valori riscontrati sui campioni.

Per definire le classi si è partiti dal valore di riferimento per ciascuna litologia (BTV) e si è sommato a questo valore fino a tre volte la deviazione standard al fine di differenziare ulteriormente i campioni.

In tavola 20, dove si ha l'andamento dell'uranio dei campioni risultati sopra il valore di riferimento, si nota che i valori massimi si localizzano sia in corrispondenza di alcune mineralizzazioni sia nelle aree militari ad intensa attività C, D, E per il poligono a terra di Perdasdefogu e poco fuori dalle zone H e F per il poligono a mare di capo S, Lorenzo.

In tavola 21, dove si ha l'andamento del torio dei campioni risultati sopra il valore di riferimento, si nota che i valori massimi si localizzano sia in corrispondenza di alcune mineralizzazioni sia nelle aree militari ad intensa attività C, D, E per il poligono a terra di Perdasdefogu sia nelle zone H e F per il poligono a mare di capo S. Lorenzo.

CONCLUSIONI - SUOLI

Il lavoro fin qui svolto, relativo essenzialmente alle elaborazioni di dati chimici su campioni di suolo superficiale prelevati alla profondità di 5-10 cm, particolarmente sensibili pertanto a eventuale influenza di ricadute sul suolo, ha messo in evidenza la presenza diffusa di molti degli elementi inorganici ricercati e di alcuni organici che si concentrano non solo all'interno delle aree ad alta intensità dei poligoni ma anche nelle aree esterne e in quelle civili.

Per gli elementi arsenico, antimonio, cadmio, rame, i campioni di suolo hanno fatto registrare superamenti dei limiti di legge della tabella A e più raramente della tabella B con particolare frequenza di superamenti di arsenico, mentre cobalto, cromo, nichel, piombo, zinco e tallio hanno fatto registrare numerosi superamenti dei limiti di legge della tabella A.

Per gli altri elementi analizzati, che non sono presi in considerazione dalla legislazione (D. Lgs 152/06), il fatto che i valori siano risultati al di sopra del valore di riferimento per le relative litologie, non significa che vi sia una pericolosità intrinseca legata alla loro presenza e abbondanza. Questa informazione, unita ai risultati sugli altri elementi, potrebbe tuttavia risultare significativa per indiziare particolari aree al fine di individuare le attività antropiche ivi svolte e capire se sono riconducibili alle attività militari.

Per molte delle zone indiziate col presente studio, anche i licheni originariamente provenienti da una zona "incontaminata" hanno confermato la presenza nell'ambiente di metalli in associazioni varie e comparabili con i risultati sui suoli e arricchimenti rispetto agli stessi licheni di riferimento.

Si deve mettere in evidenza per l'intera area esaminata la presenza di mineralizzazioni note, o vere e proprie miniere che naturalmente sono caratterizzate da elevate concentrazioni di molti degli elementi inorganici esaminati, o aree a valle di queste come quella di Baccu Locci dove i fumi di laveria sono stati trasportati e risedimentati a valle fino alla piana costiera.

Col presente lavoro non è stato possibile individuare in maniera certa il legame tra i risultati ottenuti e le attività militari di cui sono noti solo alcuni aspetti.

Infatti mentre per quel che riguarda la presenza di composti organici nell'ambiente, non vi sono molti dubbi, per quel che riguarda gli inorganici, non essendo a conoscenza dei componenti chimici legati alle sperimentazioni che si svolgono all'interno del poligono, non si può avere certezze sulle responsabilità da attribuire alle attività svolte nel poligono.

Come più sopra riportato, alcune aree sono interessate da diffuse mineralizzazioni e per queste aree il quadro risulta ancora più problematico.

Di certo i dati in studio mettono in luce una serie di aree fortemente indiziate in corrispondenza delle aree ad alta intensità del poligono. Tra queste si evidenziano le zone D e E nelle quali non sono note mineralizzazioni e per le quali le riscontrate anomalie in una lunga serie di elementi analizzati (uranio, torio, tallio sopra i limiti di legge tabella A, arsenico sopra i limiti di legge tabella A e in qualche caso B, cadmio spesso sopra i limiti di legge tabella A, tungsteno, alluminio, cobalto, cromo (anche in un caso sopra i limiti di legge tabella A), zinco (sempre sopra i limiti di legge tabella A) per la zona E, piombo, antimonio, rame, ferro, nichel, zirconio) non sono spiegabili "naturalmente".

Infine va da sé che l'utilizzo militare di aree mineralizzate, come la zona C (zona torri), dove avvengono esperimenti fortemente impattanti sul suolo fino al substrato roccioso, con esplosioni di ordigni anche di grosso calibro con formazioni di crateri profondi alcuni metri, sarebbe da sconsigliare in quanto gli elementi tossico-nocivi presenti nell'area ad alta intensità presenti nel suolo (uranio, alluminio, arsenico anche superiore ai limiti di legge tabella A e B, bario, cadmio, rame anche superiore ai limiti di legge tabella A e B, torio, tallio anche sopra i limiti di legge tabella A, piombo anche sopra i limiti di legge tabella A, uranio, tungsteno, zinco sopra i limiti di legge tabella A, e in minore misura nichel, ferro, cobalto, cromo, zirconio), vengono diffusi nel particolato e distribuiti su un'ampia superficie di territorio con possibili problemi per la popolazione.

5.3. ARIA

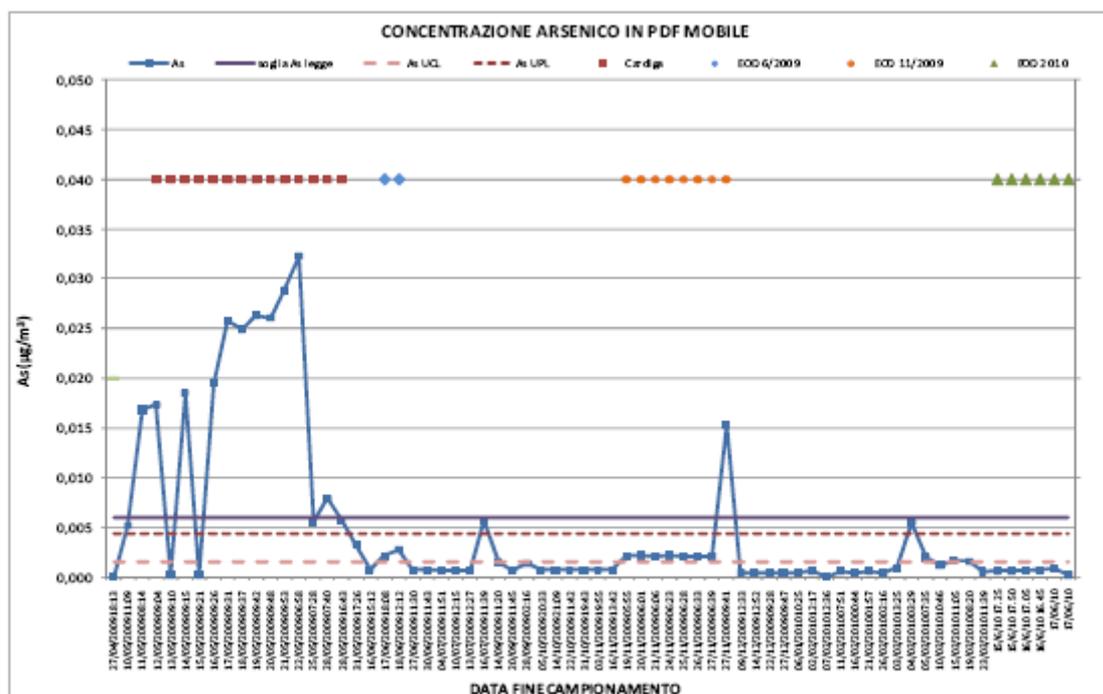


Figura 1. Andamento delle concentrazioni di arsenico nella stazione PDF mobile. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni monitorate all'interno del poligono di Perdasdefogu. La data è riferita alla fine del campionamento.

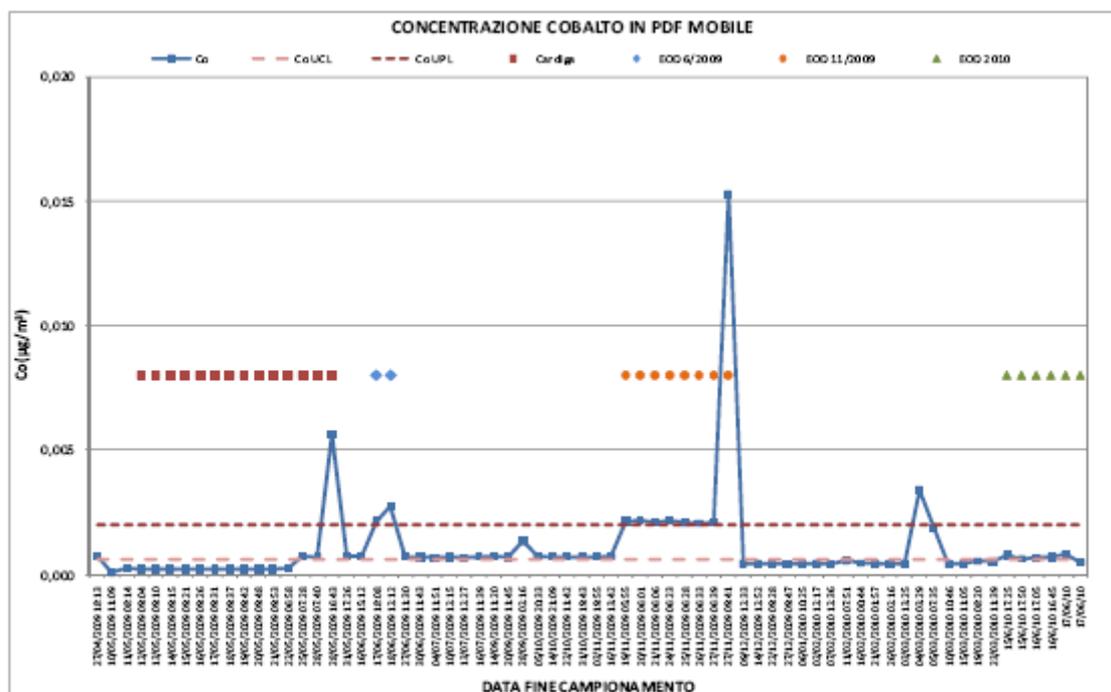


Figura 2. Andamento delle concentrazioni di cobalto nella stazione PDF mobile. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni monitorate all'interno del poligono di Perdasdefogu. La data è riferita alla fine del campionamento.

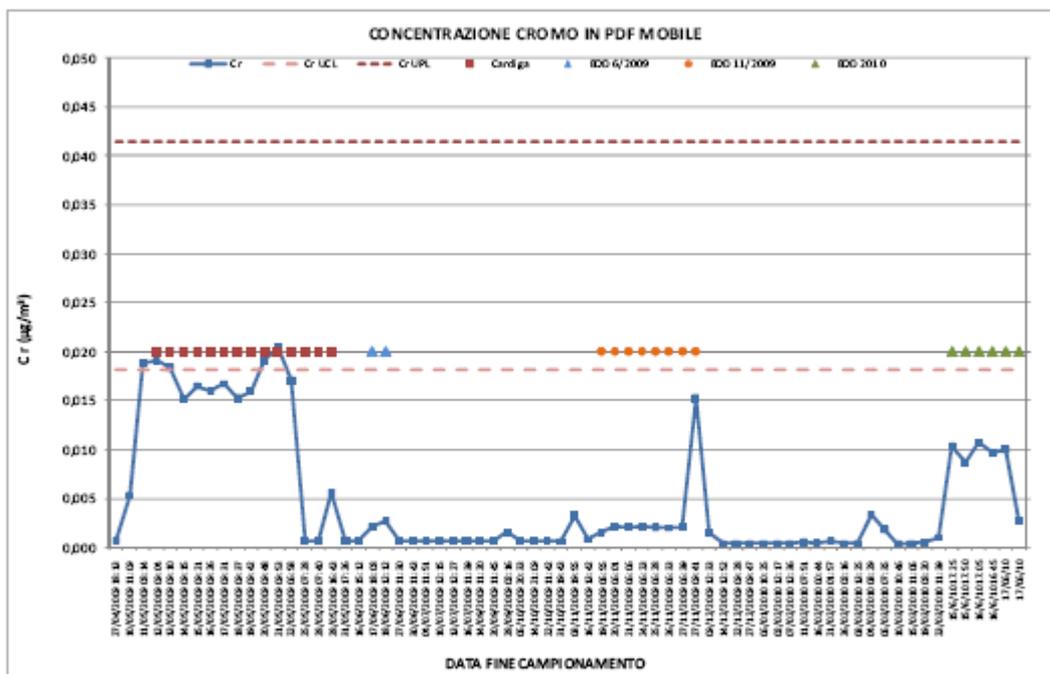


Figura 3. Andamento delle concentrazioni di cromo nella stazione PDF mobile. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni monitorate all'interno del poligono di Perdasdefogu. La data è riferita alla fine del campionamento.

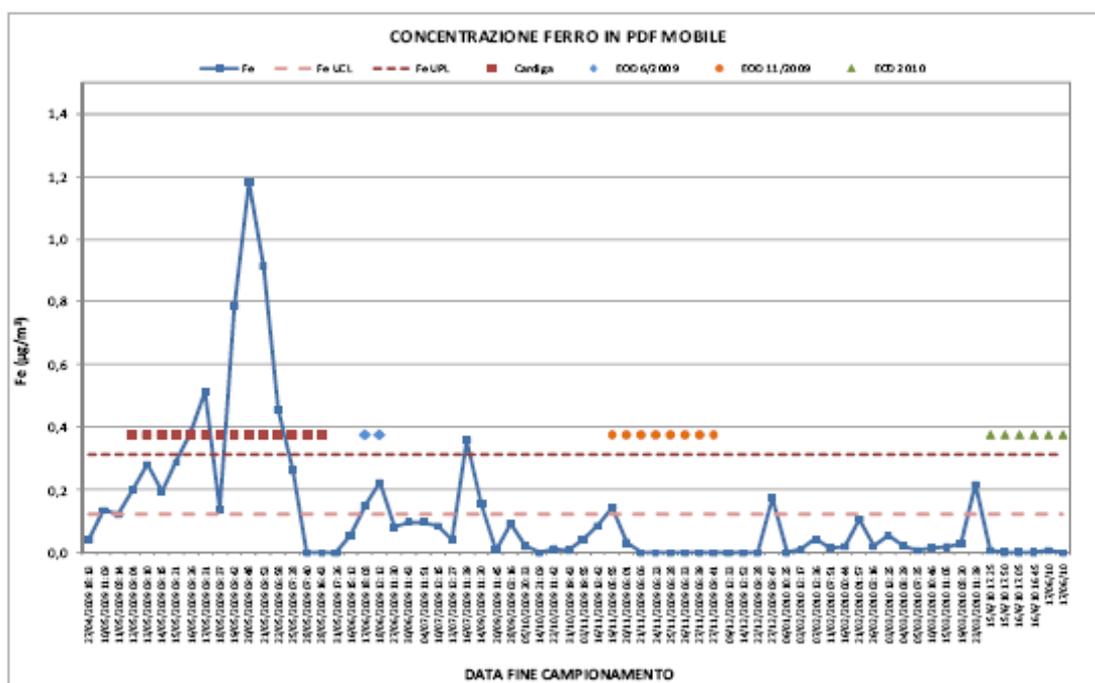


Figura 4. Andamento delle concentrazioni di ferro nella stazione PDF mobile. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni monitorate all'interno del poligono di Perdasdefogu. La data è riferita alla fine del campionamento.

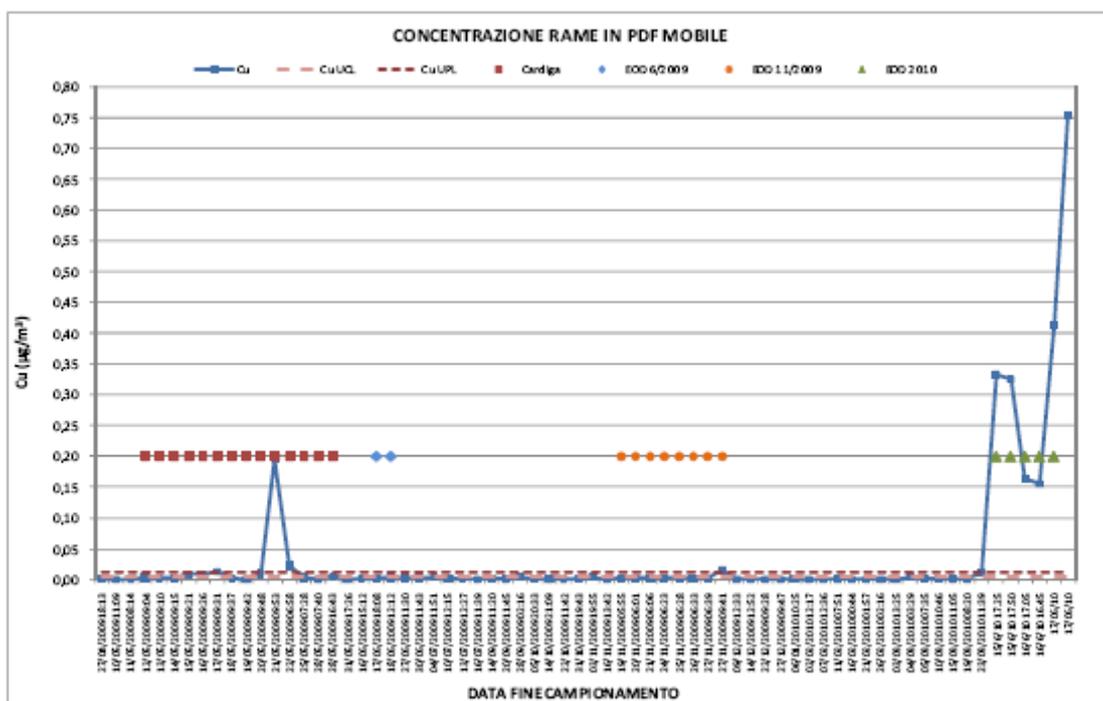


Figura 5. Andamento delle concentrazioni di rame nella stazione PDF mobile. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni monitorate all'interno del poligono di Perdaredefogu. La data è riferita alla fine del campionamento.

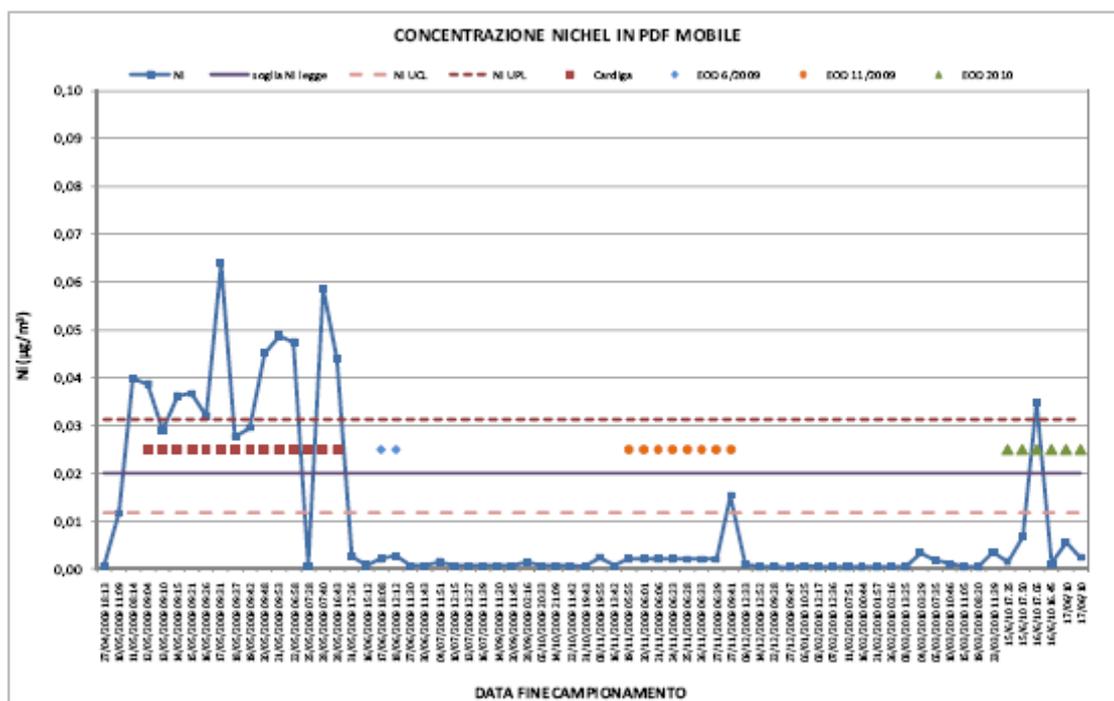


Figura 6. Andamento delle concentrazioni di nichel nella stazione PDF mobile. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni monitorate all'interno del poligono di Perdaredefogu. La data è riferita alla fine del campionamento.

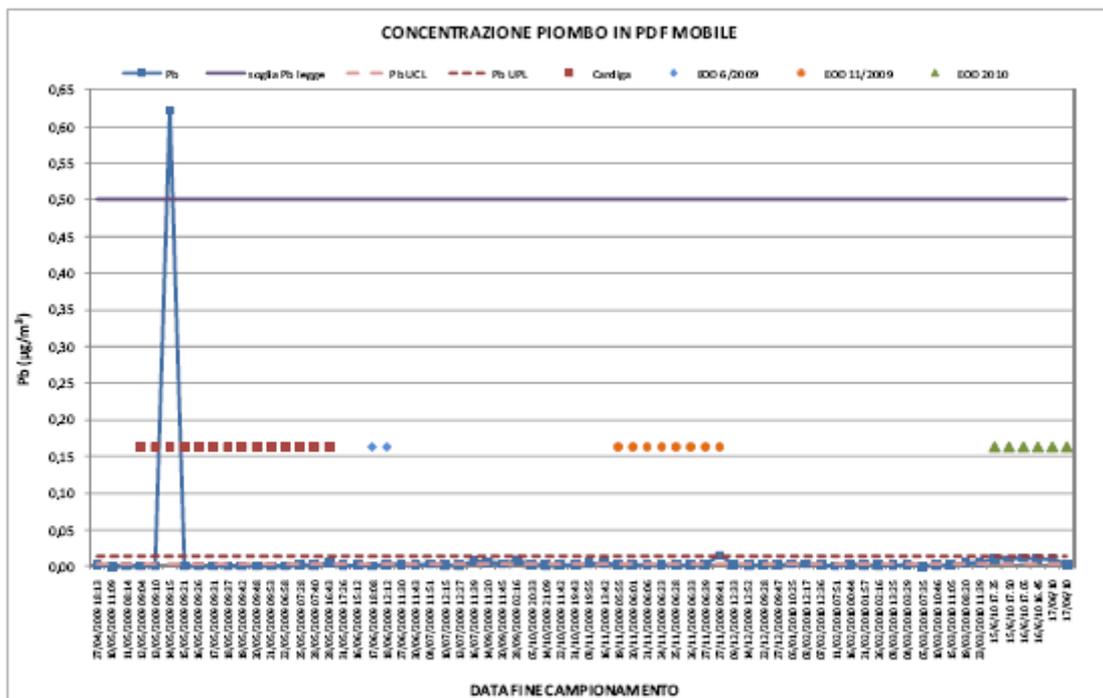


Figura 7. Andamento delle concentrazioni di piombo nella stazione PDF mobile. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni monitorate all'interno del poligono di Perlasdefogu. La data è riferita alla fine del campionamento.

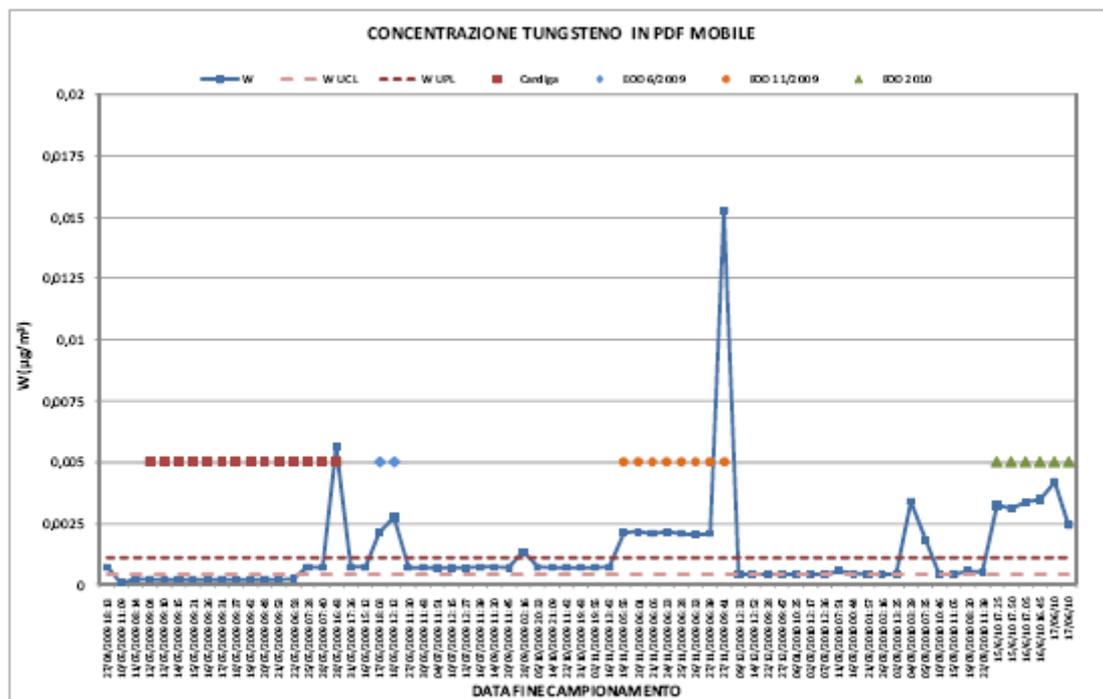


Figura 8. Andamento delle concentrazioni di tungsteno nella stazione PDF mobile. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni monitorate all'interno del poligono di Perlasdefogu. La data è riferita alla fine del campionamento.

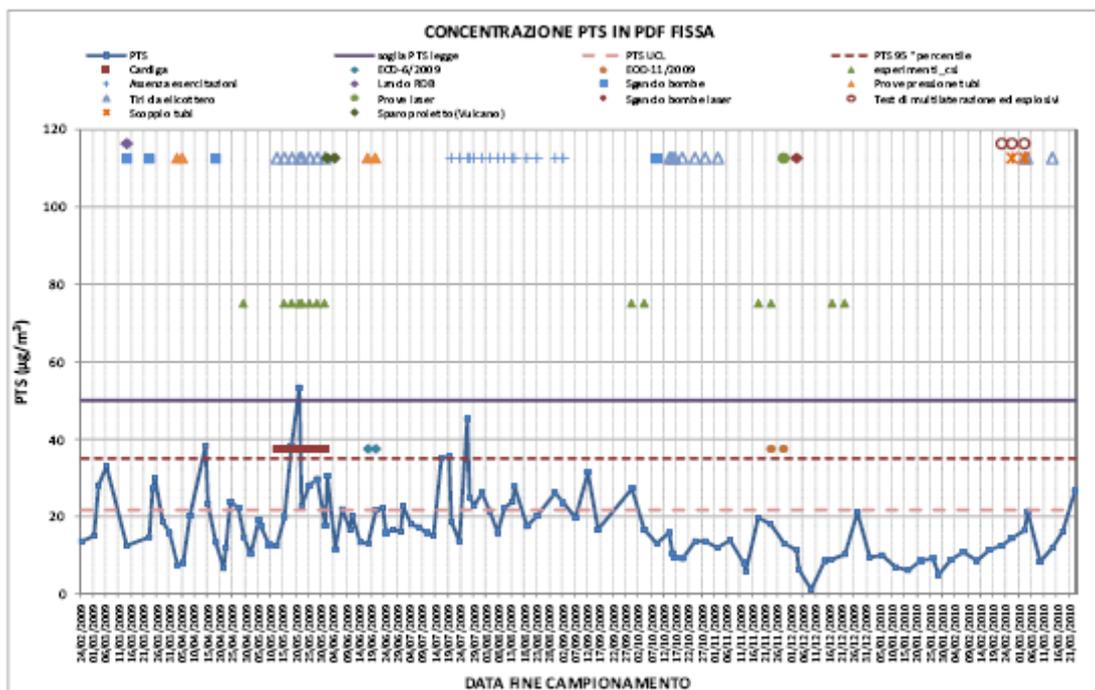


Figura 9. Andamento delle concentrazioni di PTS nella stazione PDF fissa. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni che hanno interessato il poligono. La data è riferita alla fine del campionamento.

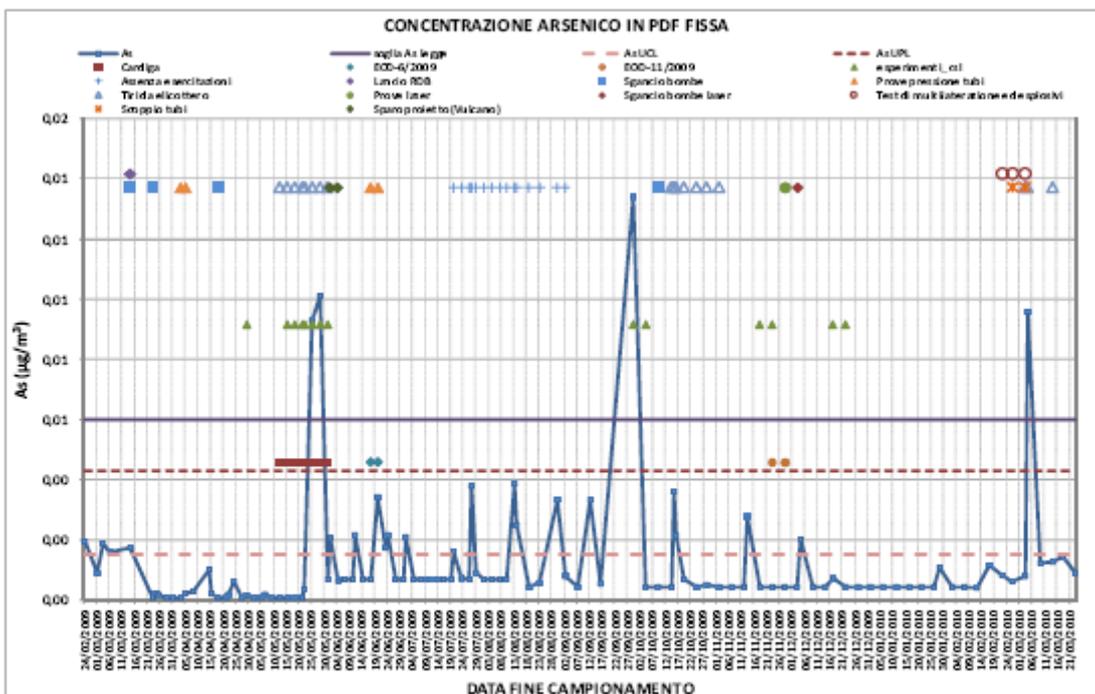


Figura 10. Andamento delle concentrazioni di arsenico nella stazione PDF fissa. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni che hanno interessato il poligono. La data è riferita alla fine del campionamento.

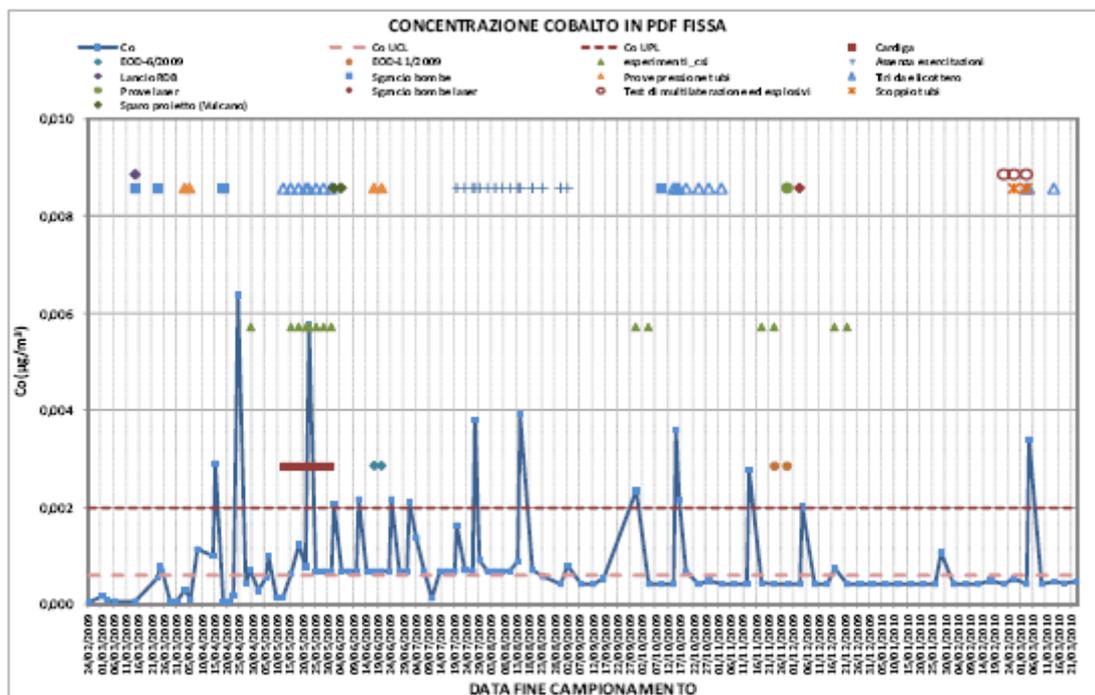


Figura 11. Andamento delle concentrazioni di cobalto nella stazione PDF fissa. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni che hanno interessato il poligono. La data è riferita alla fine del campionamento.

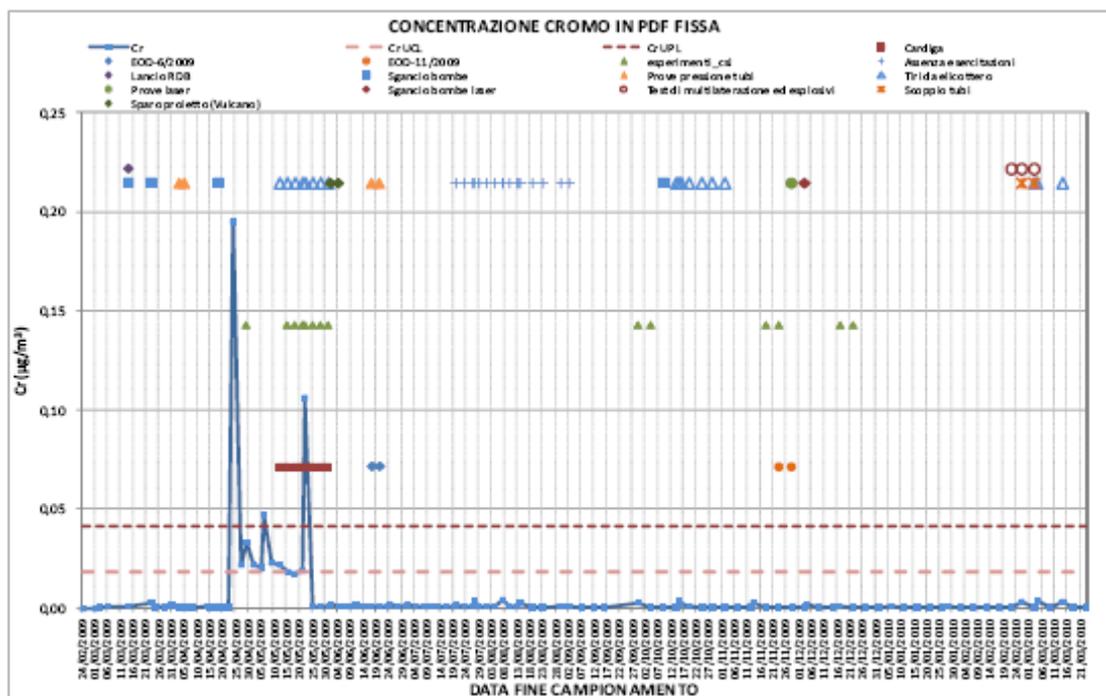


Figura 12. Andamento delle concentrazioni di cromo nella stazione PDF fissa. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni che hanno interessato il poligono. La data è riferita alla fine del campionamento.

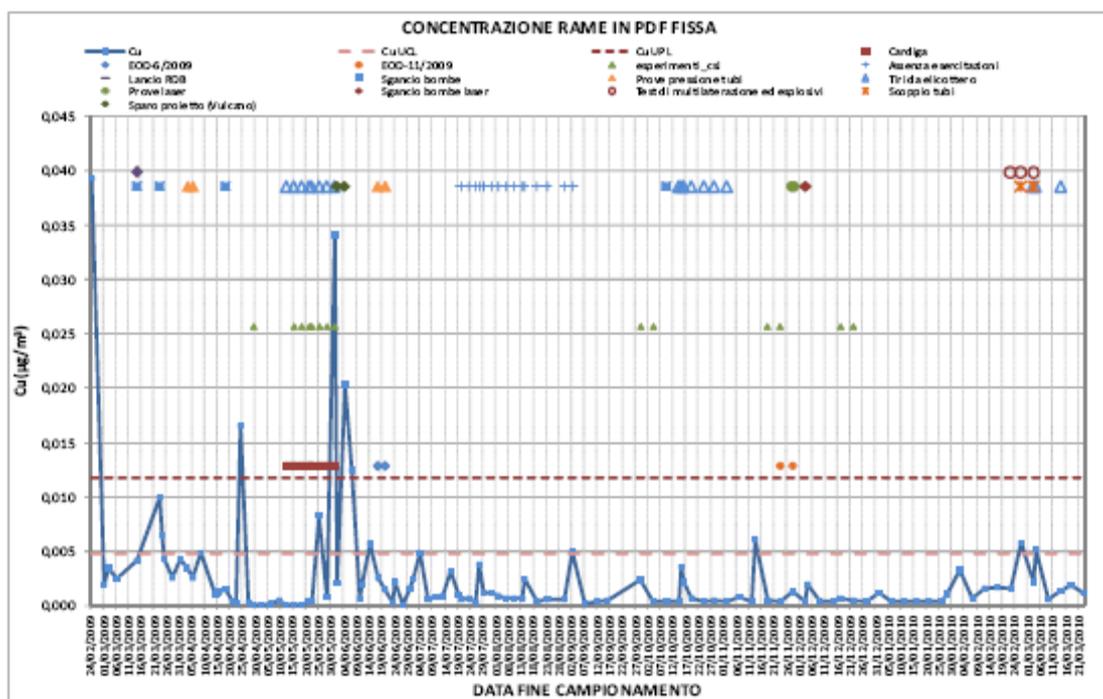


Figura 13. Andamento delle concentrazioni di rame nella stazione PDF fissa. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni che hanno interessato il poligono. La data è riferita alla fine del campionamento.

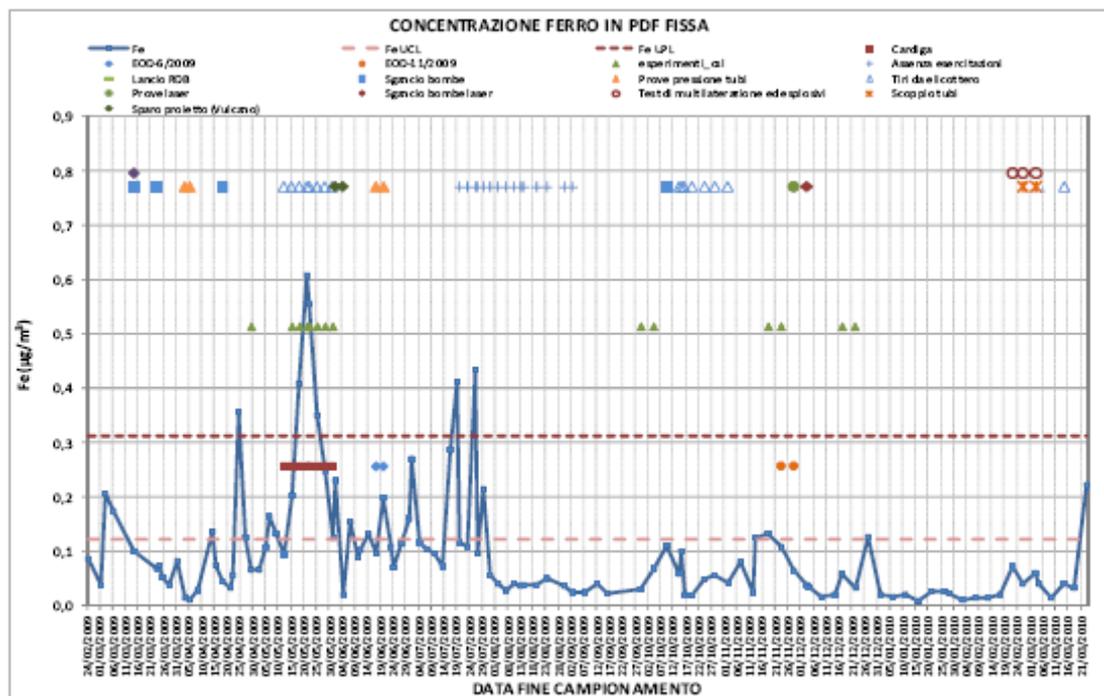


Figura 14. Andamento delle concentrazioni di ferro nella stazione PDF fissa. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni che hanno interessato il poligono. La data è riferita alla fine del campionamento.

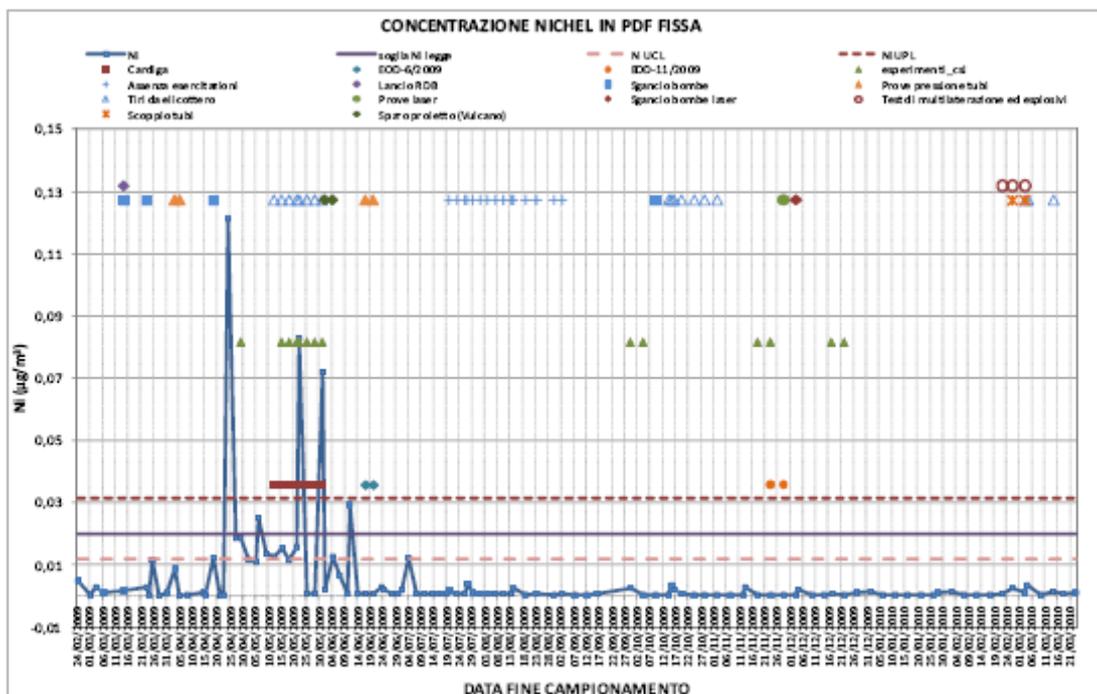


Figura 15. Andamento delle concentrazioni di nichel nella stazione PDF fissa. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni che hanno interessato il poligono. La data è riferita alla fine del campionamento.

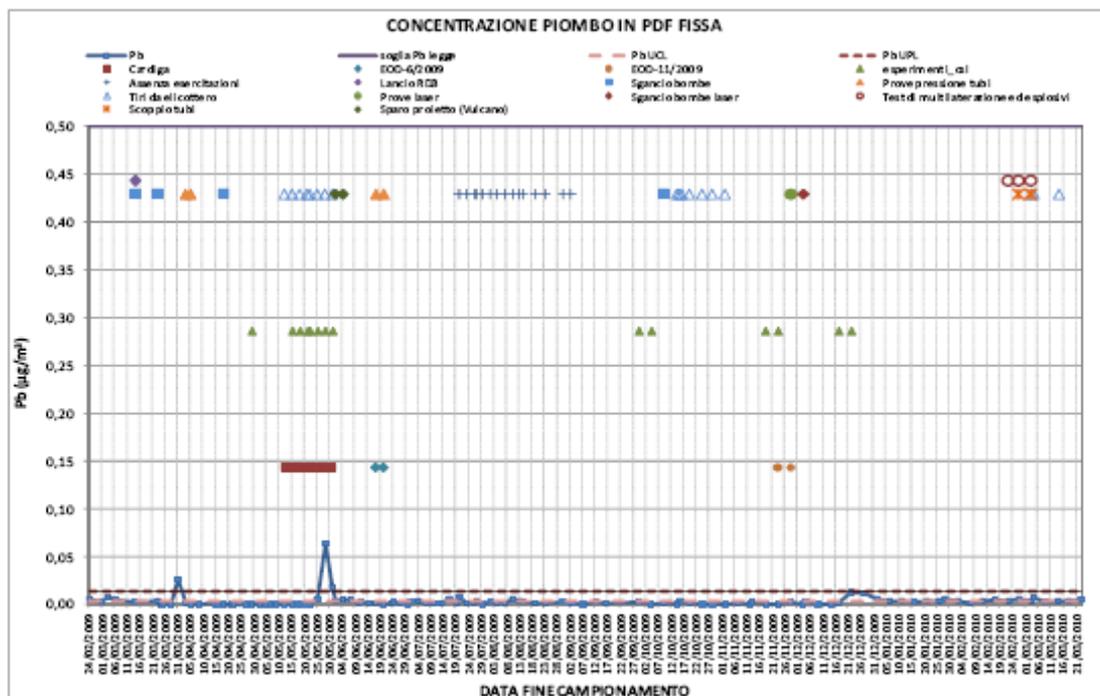


Figura 16. Andamento delle concentrazioni di piombo nella stazione PDF fissa. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni che hanno interessato il poligono. La data è riferita alla fine del campionamento.

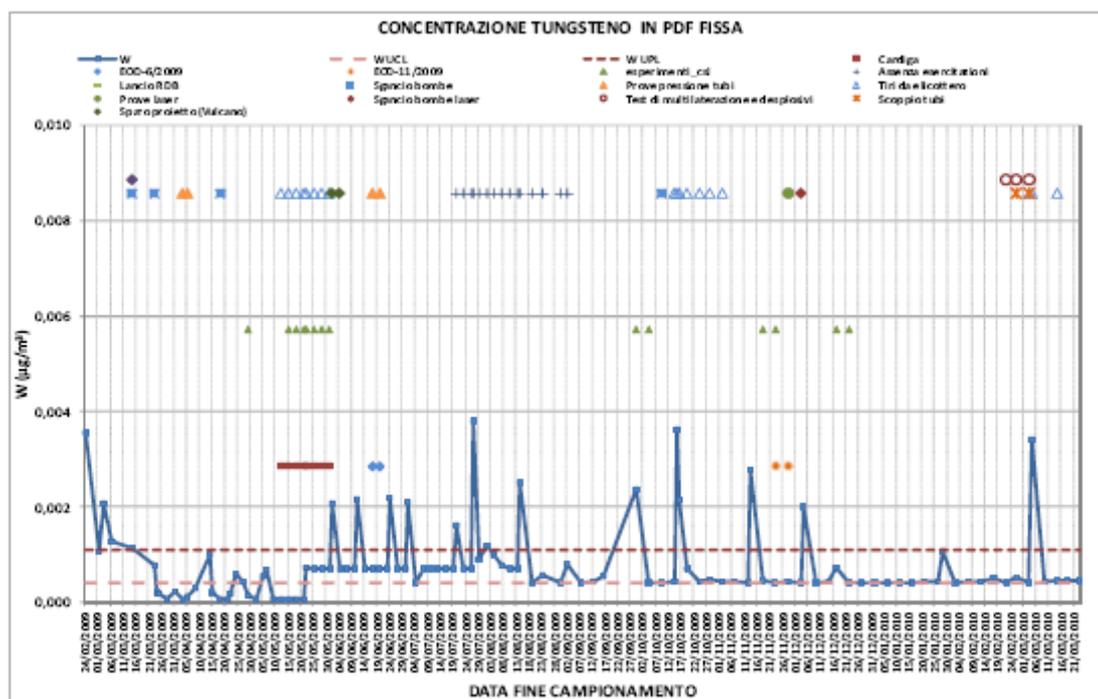


Figura 17. Andamento delle concentrazioni di tungsteno nella stazione PDF fissa. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni che hanno interessato il poligono. La data è riferita alla fine del campionamento.

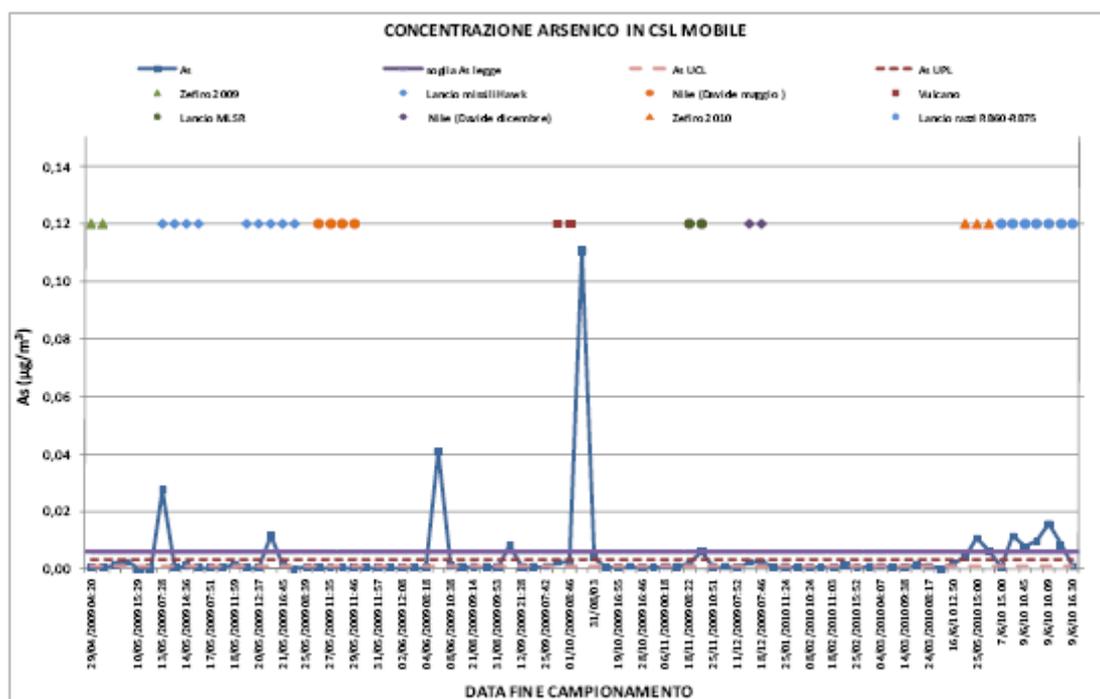


Figura 18. Andamento delle concentrazioni di arsenico nella stazione CSL mobile. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni monitorate all'interno del poligono di Perdasdefogu.

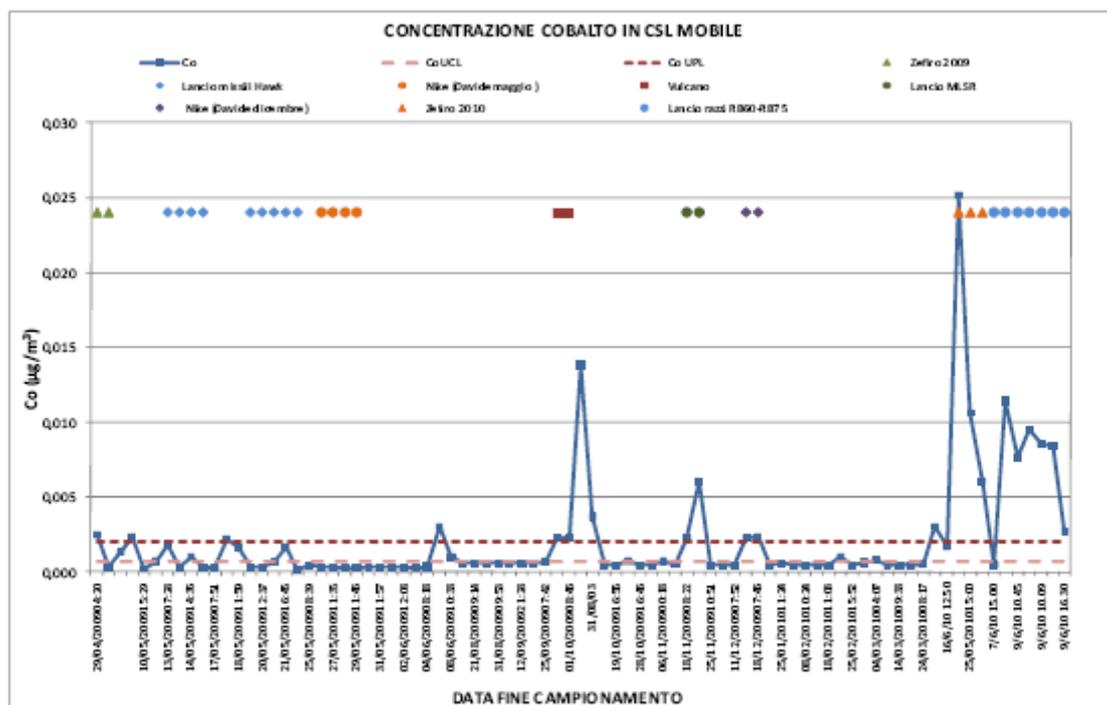


Figura 19. Andamento delle concentrazioni di cobalto nella stazione CSL mobile. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni monitorate all'interno del poligono di Perdasdefogu. La data è riferita alla fine del campionamento.

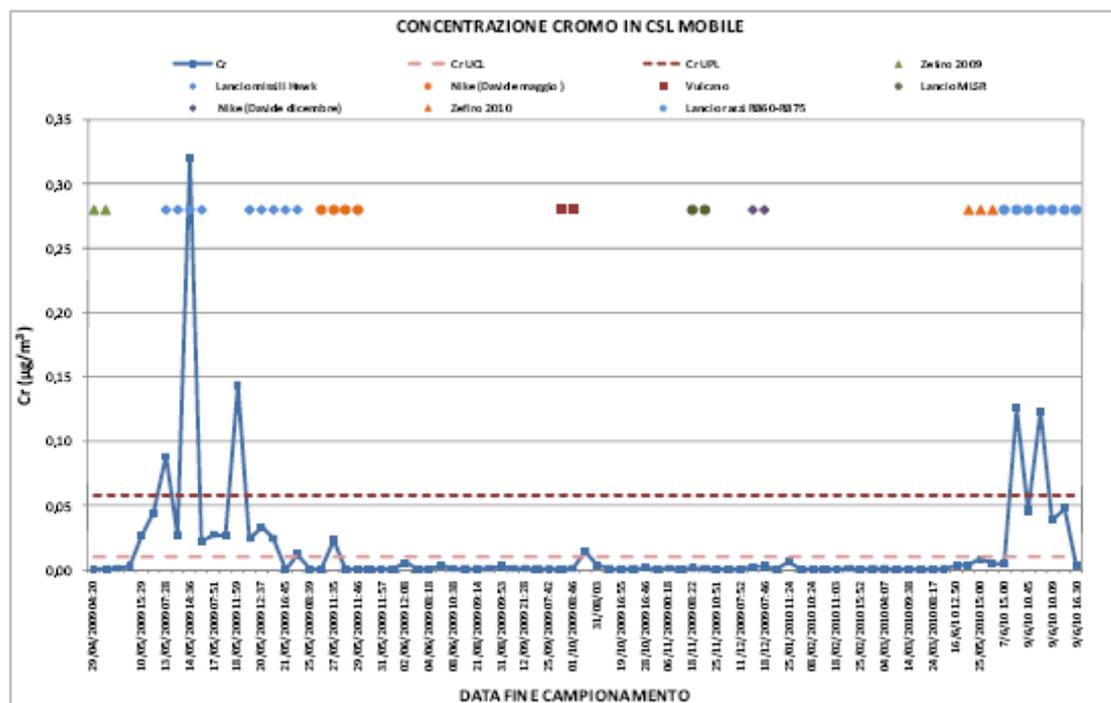


Figura 20. Andamento delle concentrazioni di cromo nella stazione CSL mobile. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni monitorate all'interno del poligono di Perdasdefogu. La data è riferita alla fine del campionamento.

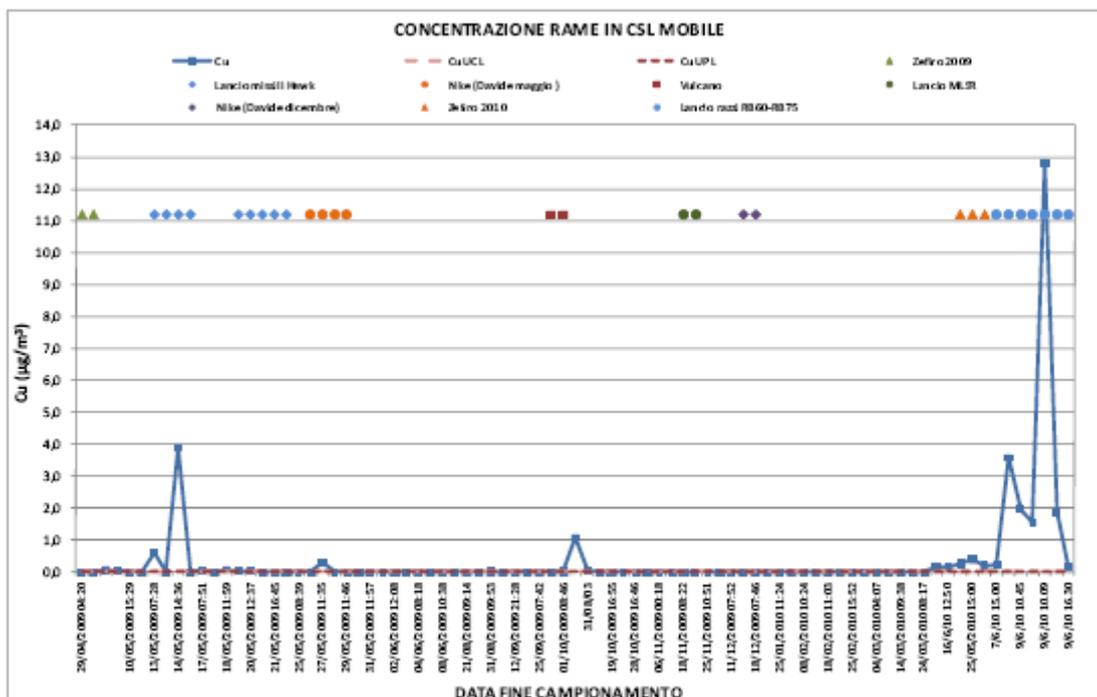


Figura 21. Andamento delle concentrazioni di rame nella stazione CSL mobile. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni monitorate all'interno del poligono di Pardisdefogu. La data è riferita alla fine del campionamento.

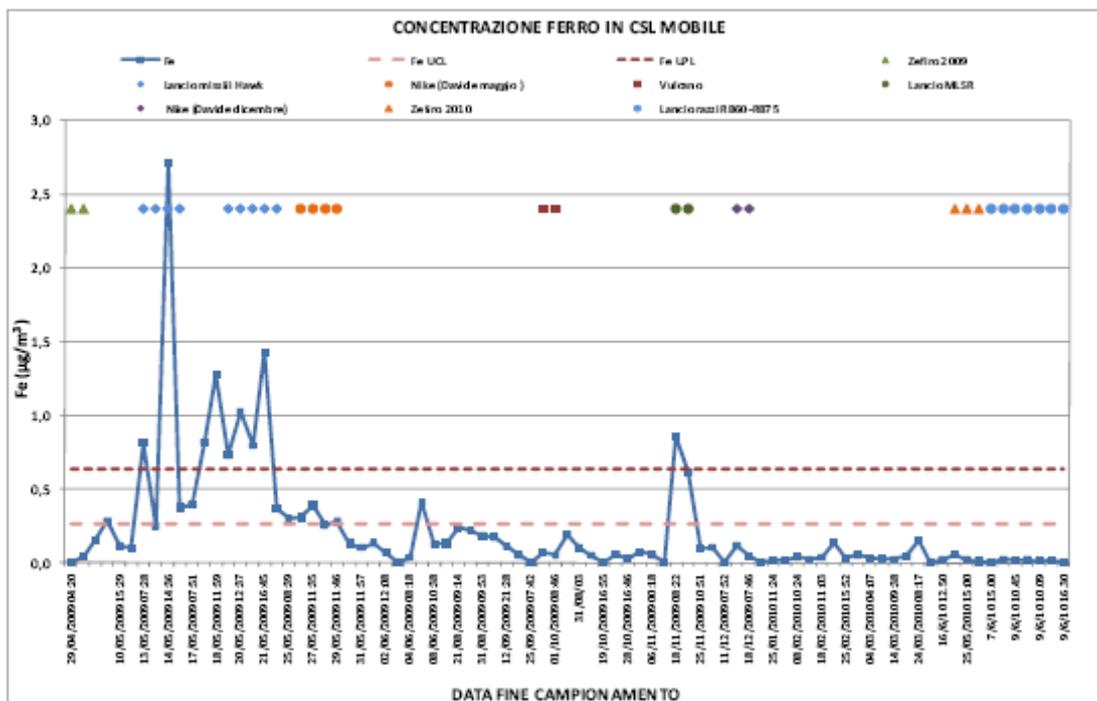


Figura 22. Andamento delle concentrazioni di ferro nella stazione CSL mobile. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni monitorate all'interno del poligono di Pardisdefogu. La data è riferita alla fine del campionamento.

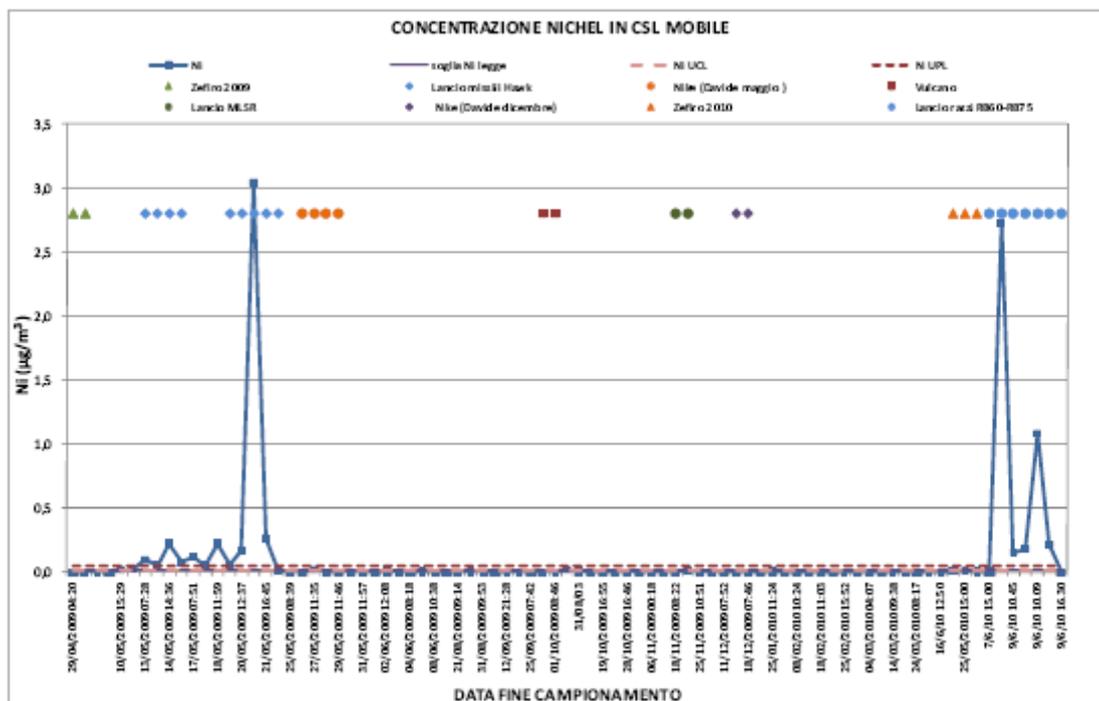


Figura 23. Andamento delle concentrazioni di nichel nella stazione CSL mobile. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni monitorate all'interno del poligono di Perdasdefogu. La data è riferita alla fine del campionamento.

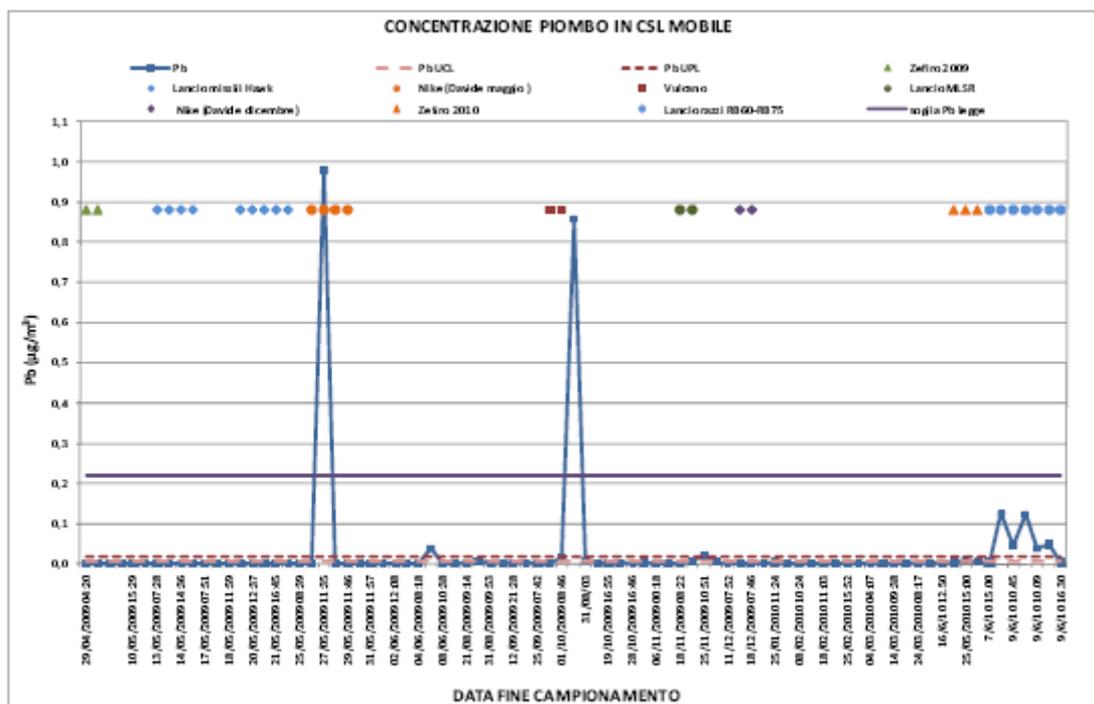


Figura 24. Andamento delle concentrazioni di piombo nella stazione CSL mobile. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni monitorate all'interno del poligono di Perdasdefogu. La data è riferita alla fine del campionamento.

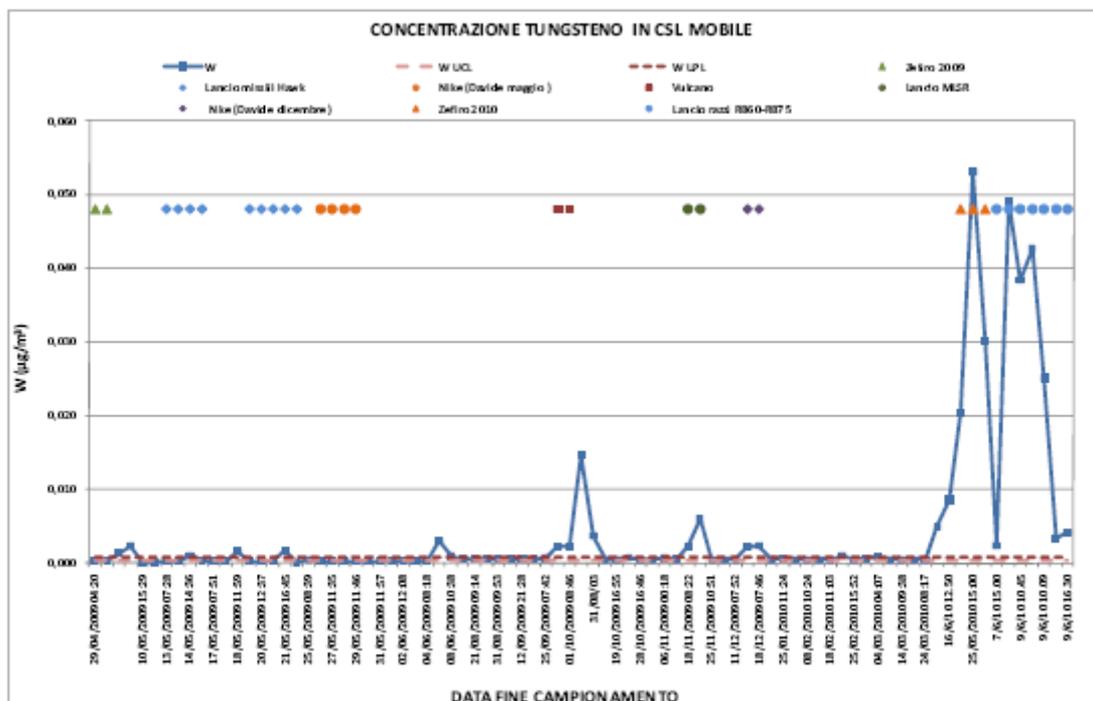


Figura 25. Andamento delle concentrazioni di tungsteno nella stazione CSL mobile. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni monitorate all'interno del poligono di Perdasdefogu. La data è riferita alla fine del campionamento.

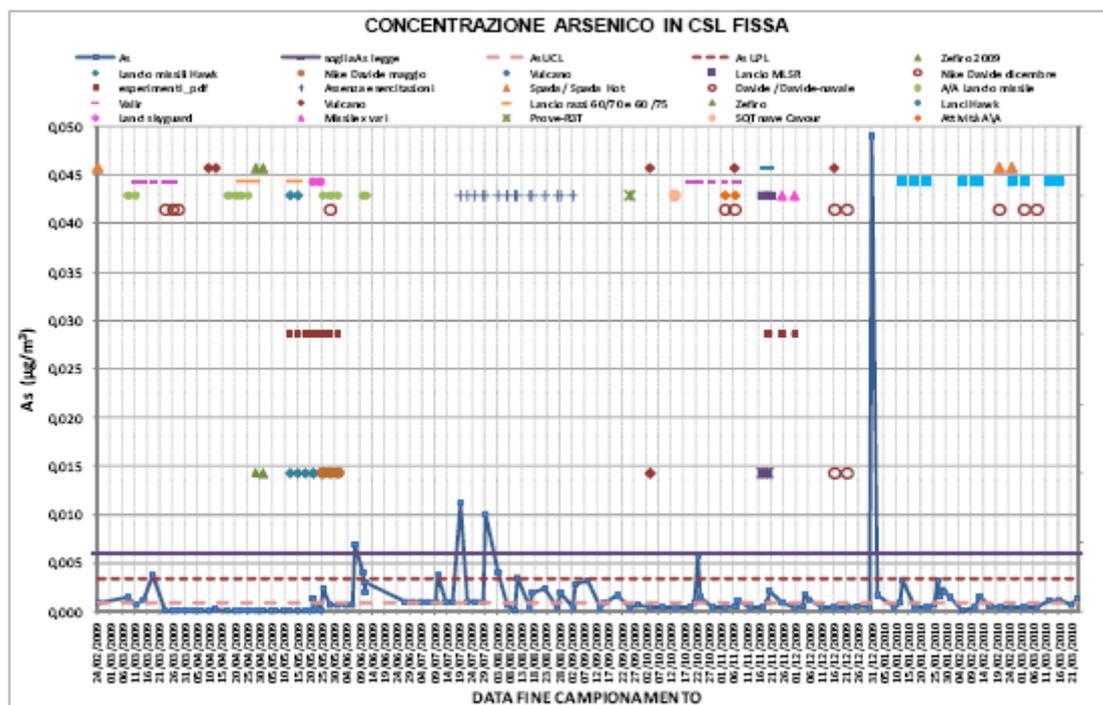


Figura 27. Andamento delle concentrazioni di arsenico nella stazione CSL fissa. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni che hanno interessato il poligono. La data è riferita alla fine del campionamento.

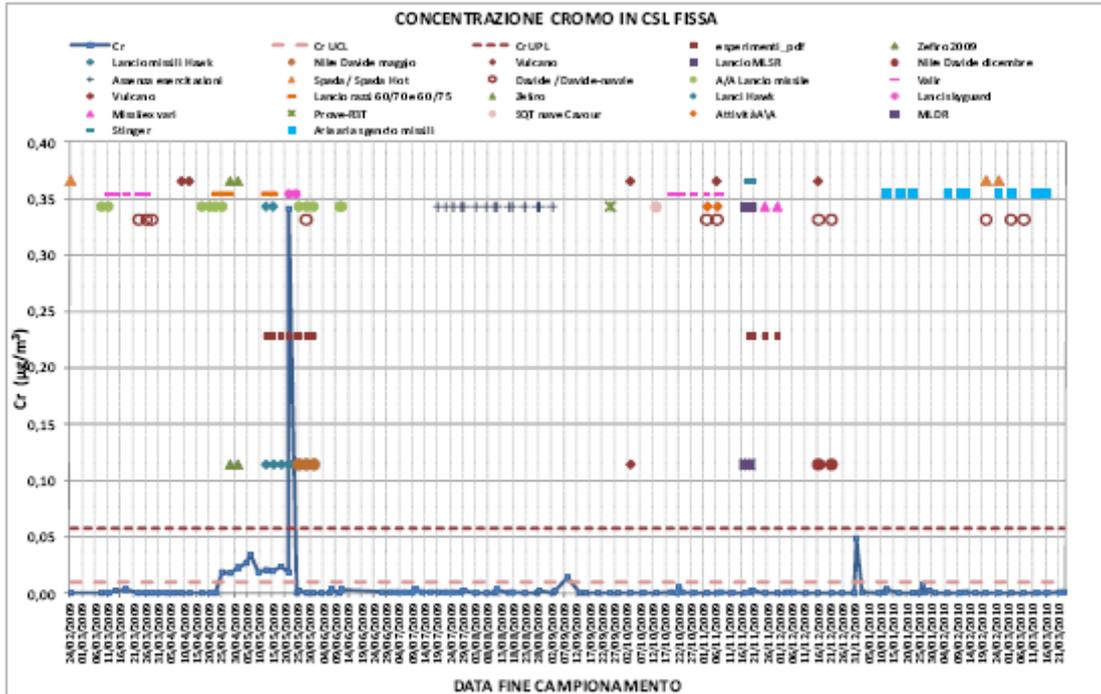


Figura 29. Andamento delle concentrazioni di cromo nella stazione CSL fissa. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni che hanno interessato il poligono. La data è riferita alla fine del campionamento.

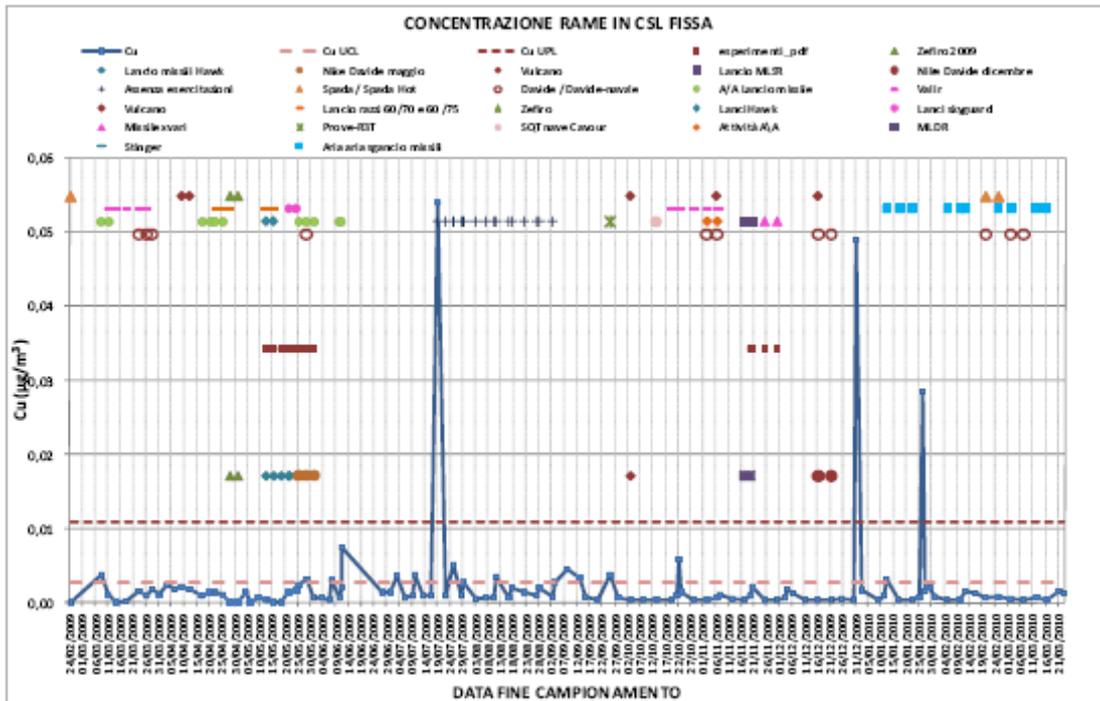


Figura 30. Andamento delle concentrazioni di rame nella stazione CSL fissa. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni che hanno interessato il poligono. La data è riferita alla fine del campionamento.

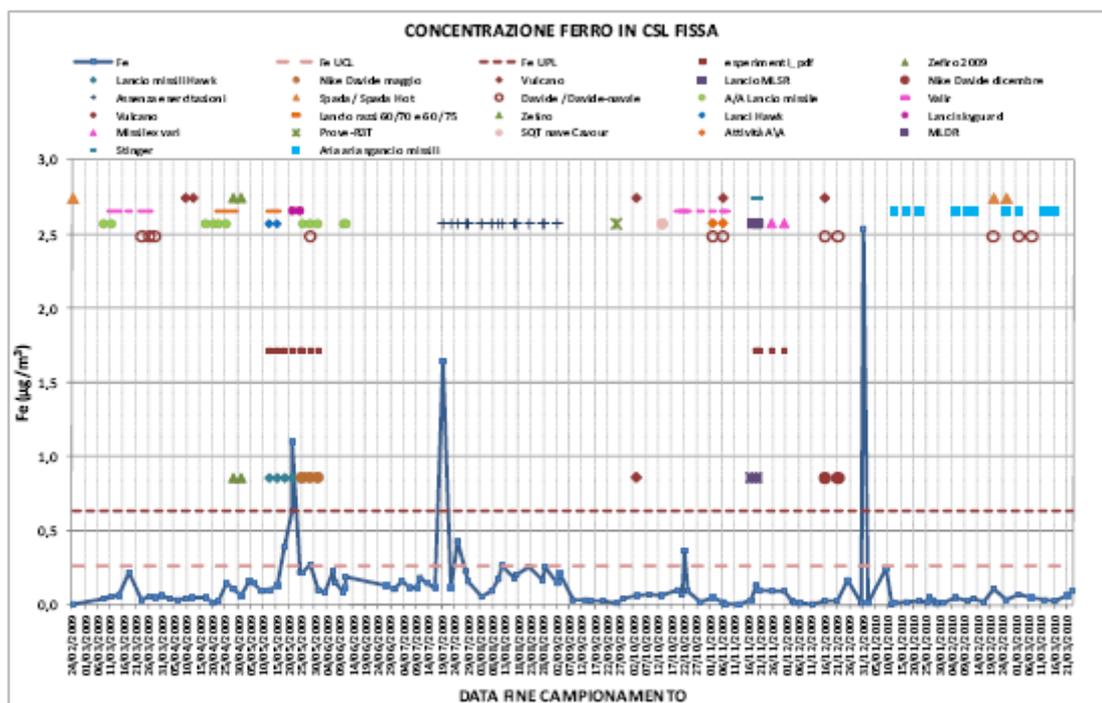


Figura 31. Andamento delle concentrazioni di ferro nella stazione CSL_fissa. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni che hanno interessato il poligono. La data è riferita alla fine del campionamento.

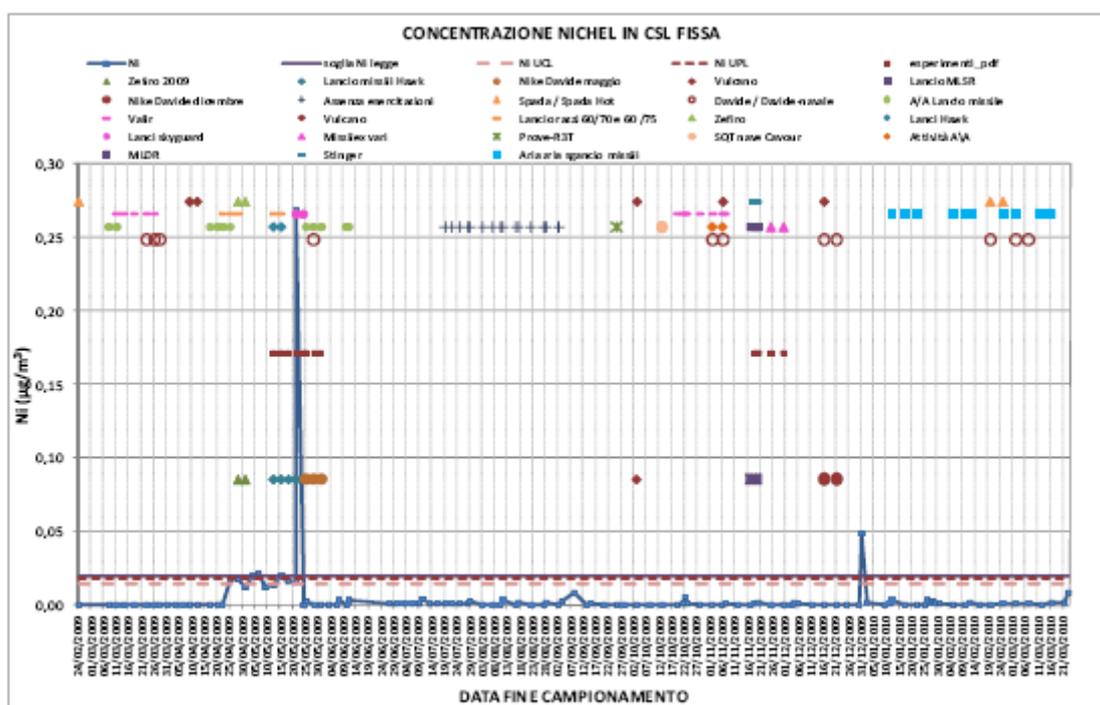


Figura 32. Andamento delle concentrazioni di nichel nella stazione CSL_fissa. Con i vari simboli sono distinte le esercitazioni che hanno interessato il poligono. La data è riferita alla fine del campionamento.

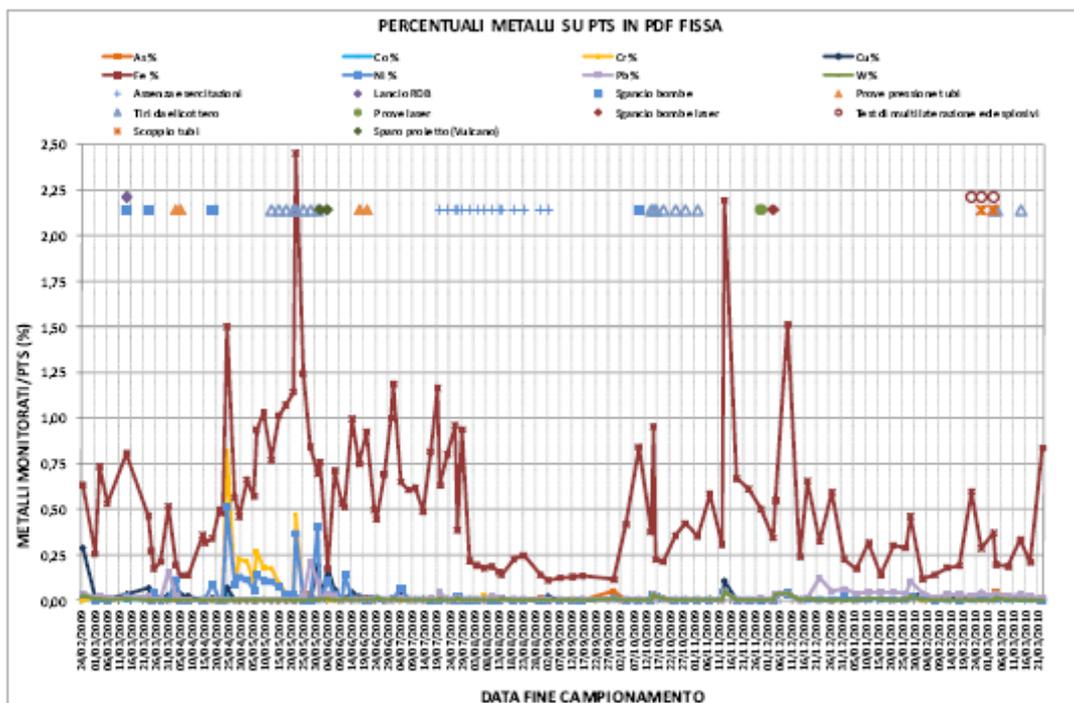


Figura 41. Percentuale diversi metalli su PTS nella stazione PDF fissa.

ALLEGATI

ALLEGATO – BOZZA VERBALE RIUNIONE DI VALIDAZIONE

Attività di Validazione analitica – verbale riunione Villafranca Padovana c/o laboratorio SGS

In data 03 febbraio 2011 i sottoscritti Massimo Cappai della Direzione Tecnico Scientifica dell'ARPAS e Anna Maria Piroddi del Dipartimento Provinciale ARPAS di Nuoro, unitamente all'Ing. Fernando Codonesu in rappresentanza della Commissione Tecnica degli Esperti, si sono recati presso i laboratori della Ditta SGS a Villafranca Padovana (PD). Sono presenti per la Ditta SGS i sigg. Fabiano Volpato, Giovanni Schiavon, Martina De Toni, Salvatore Summonte (responsabile del Sistema di Gestione Qualità). L'incontro è organizzato al fine di proseguire l'attività di validazione da parte di ARPAS sulle procedure e le analisi messe in atto dalla Ditta SGS nel corso del Piano di Monitoraggio ambientale del PISQ, secondo quanto concordato nelle riunioni del Comitato d'Indirizzo del 17/06/2010 e ribadito nella riunione del 01/02/2011. Nel corso del 2010, secondo gli accordi, ARPAS e SGS hanno prelevato in contraddittorio 20 campioni di suolo, mentre ARPAS ha acquisito 11 campioni di suolo dai campioni testimone conservati presso SGS, previa autorizzazione di NAMSА.

L'elenco completo dei campioni analizzati "in contraddittorio" è il seguente: EXT/SUO/137, EXT/SUO/138, EXT/SUO/139, EXT/SUO/140, EXT/SUO/141, EXT/SUO/142, EXT/SUO/143, EXT/SUO/144, EXT/SUO/145, EXT/SUO/146, ARM/SUO/006, BAL/SUO/005, BAL/SUO/006, BAL/SUO/007, BAL/SUO/008, A/SUO/003, A/SUO/030, C/SUO/005, D/SUO/022, D/SUO/030, E/SUO/019, EXT/SUO/026, EXT/SUO/050, EXT/SUO/054, EXT/SUO/055, G/SUO/003, V/SUO/056, V/SUO/057, V/SUO/058, G/SUO/010, F/SUO/026.

La riunione odierna è stata indetta per valutare le possibili cause delle discordanze fra i risultati delle analisi ARPAS e i risultati SGS eseguite sui 31 campioni di suolo di cui sopra.

La riunione ha inizio verso le ore 12.00. Fatte le necessarie premesse (riassunte in precedenza) per inquadrare l'obiettivo dell'attività, ARPAS richiede preliminarmente copia della documentazione relativa all'accREDITAMENTO delle prove analitiche sulle matrici oggetto dell'indagine di monitoraggio al PISQ. Si chiede inoltre se il laboratorio di Villafranca Padovana abbia eseguito, su commissione da parte della ditta appaltatrice del lotto 1, le analisi sui filtri di particolato prelevate nel corso delle attività del lotto1. SGS consegna copia dell'elenco delle prove accreditate dal Laboratorio presso Accredia (documento pubblico estratto dal sito di Accredia). In merito alle analisi sui filtri del lotto 1 SGS risponde di non essere a conoscenza di tale attività pur non escludendo che possa essere stata svolta presso altri laboratori facenti capo alla medesima Ditta. SGS fa rilevare che la Ditta ha avviato la procedura per l'accREDITAMENTO presso il D.O.D. (Department of Defense USA) secondo le procedure di qualità (Q.S.M.) definite dall'AFCEE (Air Force Center for Engineering and the Environment). Le procedure per la garanzia di controllo della qualità del dato analitico sono state definite secondo



quanto stabilito dal protocollo AFCEE, per quanto attualmente il laboratorio non sia formalmente accreditato presso il DOD e tutta l'attività di monitoraggio del PISQ è stata eseguita utilizzando la procedura AFCEE per l'esecuzione delle analisi chimiche. Tale procedura dovrebbe garantire una elevata qualità del dato in quanto caratterizzata da numerosi e rigorosi controlli di qualità durante la misura, solitamente non presenti nelle normali procedure analitiche. SGS consegna inoltre copia dell'istruzione operativa relativa alla determinazione dell'analisi dei metalli con ICP-MS conforme alle specifiche DOD QSM.

SGS inoltre comunica che lo sforzo della Ditta per la garanzia della qualità del dato ha portato a dichiarare, nella politica della qualità della stessa, che si intende raggiungere 80% dei valori di z-score inferiori a $|2|$ nel corso degli interconfronti avviati dalla ditta.

Si discute delle determinazioni del rapporto isotopico U235/U238, per il quale risulta che solamente per 19 campioni di suolo su un totale di circa 700 campioni è stato possibile determinare un valore numerico del rapporto isotopico. SGS afferma che con la metodica e la strumentazione attualmente utilizzata non è possibile giungere a una determinazione "stabile" del valore di concentrazione dell'U235 quando il valore dell'U_{tot} è inferiore a 5 mg/kg e che la ditta fornitrice della strumentazione di misura ICP-MS avrebbe confermato tale limite strumentale intrinseco. Sono stati fatti degli ulteriori approfondimenti con l'Università di Venezia la quale, per concentrazioni di U < 5 mg/kg utilizza infatti uno strumento ICP-HR ad alta risoluzione, del quale il Laboratorio SGS non dispone.

ARPAS fa notare che, anche da studi precedenti, sia noto che le concentrazioni medie di U nei suoli presentano normalmente valori inferiori a 5 mg/kg e che pertanto poteva essere opportuno e prevedibile che la metodica utilizzata avrebbe condotto alla determinazione del rapporto isotopico per un numero molto ridotto di campioni con concentrazioni al di sopra di valori medi caratteristici.

ARPAS rileva inoltre che fra le prove accreditate dal Laboratorio non è compresa la determinazione dell'U nei suoli mentre risultano accreditate le prove relative agli altri metalli.

Durante una breve visita ai laboratori si acquisiscono ulteriori informazioni in merito alle analisi sulle nanoparticelle svolte presso i medesimi laboratori con procedure messe a punto ad hoc (e delle quali ARPAS richiede l'invio in copia).

Si discute quindi del dettaglio dei risultati analitici che hanno condotto alla presente riunione. ARPAS consegna copia di tabulati relativi al confronto fra le analisi svolte dai rispettivi laboratori, nei quali è evidente che vi sono discrepanze fra i valori di concentrazione di Al, Ba, Cd, Cr, Sb, mentre i dati analitici sono concordi per le concentrazioni di As, Co, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn (ARPAS non effettua la determinazione di Th, Tl, U, W, Zr). Da tali tabulati emerge che SGS misura concentrazioni notevolmente superiori a quelle determinate da ARPAS, in taluni casi in percentuale superiore al 100% e conduce SGS alla determinazione della concentrazione di Sb e Cd quando per ARPAS i rispettivi valori di concentrazione risultano inferiori al limite di determinazione analitica.

Si ipotizza che tale discrepanza possa essere dovuta al differente processo di trattamento, infatti



mentre ARPAS utilizza per la parte di preparativa il metodo EPA 3051A, che presuppone una digestione acida del campione con acido nitrico (HNO₃) e cloridrico (HCl), SGS ha utilizzato per la presente attività il metodo EPA 3052 che prevede la totale decomposizione della matrice con l'utilizzo di acido nitrico (HNO₃), cloridrico (HCl) e acido fluoridrico (HF). ARPAS e SGS convengono che, stante la sostanziale differenza della metodica di digestione della matrice, è molto elevata la probabilità che le differenze riscontrate nelle determinazioni analitiche siano riconducibili per l'appunto alle suddette metodiche e si concorda sul concetto che, solitamente, le procedure di validazione analitica presuppongano che ci sia un accordo preliminare sulle metodiche da utilizzare che, nel caso in esame, non è stato possibile attuare in quanto l'attività analitica era stata intrapresa ormai da tempo e pertanto, pur non essendosi raccordati preventivamente, sia comunque da ritenersi significativo un ulteriore approfondimento. ARPAS sottolinea che, secondo quanto riportato nelle declaratorie sullo scopo della metodica EPA 3052, tale metodica sia più adatta a applicazioni di ricerca in ambito geologico/geochimico e sia ritenuta dalla stessa EPA appropriata solo per i mandati normativi che richiedono esplicitamente la totale decomposizione della matrice. Di conseguenza essa non è utilizzata usualmente nell'ambito delle attività di caratterizzazione dei siti contaminati secondo la normativa vigente in Italia (D.Lgs 152/06 e s.m.i.), per la quale è generalmente scelta la metodica EPA 3051A in uso presso i laboratori ARPAS. SGS afferma che l'uso di tale metodica era stato concordato con la stazione appaltante in sede di gara e pertanto ad essa si sono attenuti per l'esecuzione delle analisi.

Si esaminano quindi i risultati analitici dell'Al, per il quale a dispetto delle attese spesso i valori ARPAS sono superiori ai valori SGS, in apparente contraddizione con quanto sopra discusso. Secondo SGS l'uso di HF previsto nella metodica EPA 3052 spesso deprime i valori di concentrazione di Al e pertanto anche questa differenza può essere attribuita alla metodica, così come i valori costantemente più elevati per gli altri analiti possono essere giustificati dalla capacità dell'attacco acido più intenso di estrarre con maggiore efficienza gli altri elementi dalla matrice.

Si concorda pertanto, considerato che la procedura di validazione si deve riferire alla validazione dei risultati analitici conseguiti nel corso della campagna di misura ormai conclusa, che sia necessaria una ulteriore verifica analitica tale da poter certificare che la differenza dei risultati analitici sia effettivamente imputabile alle metodiche di digestione acida della matrice, in modo da rendere riproducibile la differenza fra i dati analitici e pertanto validare l'intero processo analitico.

A tale scopo si concorda di analizzare ex novo un campione da scegliersi fra i testimoni ancora disponibili secondo la bozza dello schema allegato al presente verbale.

Per caratterizzare in modo completo i diversi step della procedura analitica si sceglie di utilizzare, piuttosto che un materiale certificato, un campione tal quale omogeneizzato e suddiviso in due aliquote per i rispettivi laboratori. La procedura concordata prevede, nelle diverse fasi analitiche, lo scambio di aliquote dei campioni in modo da poter "riprodurre" eventuali differenze introdotte nelle diverse fasi di trattamento. Il Laboratorio ARPAS non leggerà con i propri strumenti ICP-MS i

campioni mineralizzati in HF per evitare di danneggiare le proprie apparecchiature.

Si concorda inoltre sullo schema di pretrattamento che conduce alla finalizzazione del campione, allegato al presente verbale.

Poichè l'utilizzazione dei campioni testimone della presente indagine è soggetta ad autorizzazione da parte della NAMSA, tale autorizzazione verrà prontamente richiesta in modo da poter dare avvio nei tempi più brevi possibile alle successive attività analitiche.

Il sopralluogo si è concluso il giorno 03/02/2011 alle ore 18.00.

Il presente verbale viene redatto il giorno 08 febbraio 2011 ed inviato alla Ditta SGS per la relativa accettazione e sottoscrizione.

6. ALLEGATO –