

DNT	M	182,03331	2
	M - H	181,02548	
TNT	M	227,01838	5
	M - H	226,01056	
RDX	M	222,11634	0,5
	M + Cl-35	257,00428	
	M + NO ₂	268,02833	
	M + Cl-37	259,0013	
	M - H	221,02761	
HMX	M	296,15612	0,25
	M + Cl-35	331,01591	
	M + Cl-37	333,01301	
	M + NO ₂	342,03996	
	M - H	295,03923	
	M + NO ₃	358,03488	
TETRYL	M	287,15689	0,25
	M - H	286,00654	
	M - NO ₂ - H	240,01363	
	M - NO ₂	241,02151	
	M + NO ₃	349,00218	
	M + Cl-35	321,98321	
	M + Cl-37	323,97917	
PETN	M	316,13712	0,1
	M + Cl-35	350,98327	
	M + Cl-37	352,97923	
	M + NO ₂	362,00723	
	M - H	315,00659	
	M + NO ₃	378,00165	
EC	M	169,08861	0,25
	M + H	170,09654	
MC	M		0,5
	M + H	241,13354	
AKII	M		2
	M + H	227,11788	

Tabella 1: Valori di LOD e LOQ

4.5 Strumentazione utilizzata. UHPLC-HRMS Q-Exactive “Orbitrap”.

4.5.1 Cromatografia Liquida.

Le soluzioni ottenute dai reperti sono state sottoposte ad analisi cromatografica eseguita utilizzando il sistema *Dionex UltiMate® 3000 Rapid Separation LC (RSLC)* della Thermo Fischer Scientific, munito di un auto-campionatore con iniettore, con loop da 100 µL e degassatore sotto vuoto.

Per la separazione cromatografica è stata utilizzata una colonna Luna Omega C18 Phenomenex da 1,6 μm (per le analisi in ESI) ed una colonna “Hypersil Gold PFP 150 x 2.1 mm” e diametro interno delle particelle di 3 μm , della Thermo Fischer Scientific (per le analisi in APCI).

L’impaccamento della colonna ha un’elevata purezza dei supporti di silice, è altamente attivo, molto stabile e offre una buona riproducibilità ad alti e bassi pH.

L’efficienza della colonna utilizzata nella separazione dei vari analiti è stata verificata utilizzando condizioni sviluppate in lavori di messa a punto del metodo, eseguiti presso il laboratorio del R.I.S.

Per la fase mobile sono state utilizzate due soluzioni, una acquosa e una organica, rispettivamente composte da:

- Fase A: H_2O + Cloroformio;
- Fase B: ACN 70% + MeOH 30% + Cloroformio (25 microlitri ogni 100ml fase)

con gradiente che parte da 20% B fino a 100% B. Corsa totale 13 minuti.

4.5.2 Spettrometria di massa.

Interfacciato all’UHPLC, è stato usato uno spettrometro di massa tandem ad alta risoluzione Q-Exactive della Thermo Fisher Scientific, con sorgenti di ionizzazione electrospray H-ESI ed APCI, in modalità positiva e negativa, utilizzato anche per le analisi di caratterizzazione delle sostanze, per cui non è stata eseguita la corsa cromatografica, bensì soltanto l’infusione della soluzione della sostanza. Tutte le analisi, sia le caratterizzazioni sia le quelle post-cromatografia, sono state compiute utilizzando la spettrometria di massa ad altissima risoluzione.

Lo spettrometro è calibrato attraverso l’infusione, per via di una pompa a siringa, lavorante a un flusso di 15 μL al minuto, di una soluzione standard fornita dalla casa produttrice dello strumento e contenente:

- n-Butilammina: $m/z=74$;
- **Caffeina: $m/z=195$ ed il suo frammento caratteristico con $m/z=138$;**
- MRFA (Met-Arg-Phe-Ala): $m/z=524$;
- **Ultramark 1621: frammenti con $m/z=1022, 1122, 1222, 1322, 1422, 1522, 1622, 1722, 1822$.**

L’utilizzo di questa soluzione permette di regolare la risoluzione dello strumento e di ricoprire un’ampia gamma di valori di m/z , che va appunto da 74 a 1822, permettendo così di effettuare una calibrazione dello strumento nel range di interesse ovvero quello da $m/z=50$ a $m/z=2000$.

Le analisi sono state eseguite in modalità Full-Scan, eseguendo quindi una scansione di tutte le masse da $m/z=50$ a $m/z=2000$, sia in modalità *Target MS/MS*, selezionando così lo ione precursore

di ogni analita, al fine di ottenere anche i segnali con le abbondanze relative dei frammenti caratteristici, che in modalità *DDS*.

In seguito alla calibrazione esterna dello strumento, l'accuratezza di massa, relativa alle analisi in *Full Scan* eseguite sulle specie ioniche molecolari protonate $[M+H]^+$, è inferiore a 5 ppm.

Metodo analisi di massa “Full-DDS” 2 corse contemporanee (con ionizzazione positiva e ionizzazione negativa)

Per la ionizzazione Negativa:

Scansione FULL: Risoluzione 70.000; AGC $1e^6$; 100ms; Range ms 80-400.

DD-MS²: Risol. 17.500; AGC $1e^5$; 80ms; Loop Count 6; nCE 15; ddSet $6e^3$.

Per la ionizzazione Positiva:

Scansione FULL: Risol. 35.000; AGC $1e^6$; 100ms; Range ms 50-400.

DD-MS²: Risol. 17.500; AGC $1e^5$; 50ms; Loop Count 3; nCE 30; ddSet $8e^3$.

4.4 Risultati analitici.

Nella seguente tabella sono riportati i risultati analitici ottenuti dall'analisi dei reperti e, per alcuni di essi, la quantificazione delle tracce degli esplosivi rilevati:

Reperto	Esplosivo rilevato (quantità ng)
Rep. A (tampone scatola A)	<i>PETN, HMX</i>
Rep. B (tampone scatola B)	<i>HMX</i>
Rep. D busta 1 (tampone busta nr 1)	<i>Nn</i>
Rep. D busta 4 (tampone busta nr 4)	<i>PETN</i>
Rep. D busta 8 (tampone busta nr 8)	<i>PETN</i>
Rep. D busta 11 (tampone busta nr 11)	<i>PETN</i>
Rep. E busta 16 (tampone busta nr 16)	<i>PETN (64.7 ng), HMX (0.3 ng)</i>
Rep. E busta 18 (tampone busta nr 18)	<i>PETN (494.2 ng)</i>
Rep. E busta 23 (tampone busta nr 23)	<i>Nn</i>
Rep. E busta 24 (tampone busta nr 24)	<i>PETN (57.8 ng)</i>
Rep. E busta 25 (tampone busta nr 25)	<i>PETN (20.8 ng)</i>
Rep. 2	<i>Nn</i>
Rep. 6	<i>Nn</i>

Rep. 15 (10D)	<i>TNT (3.4 ng)</i>
Rep. 16 (1 D)	<i>Nn</i>
Rep. 17 3D	<i>Nn</i>
Rep. 17 4D	<i>Nn</i>
Rep. 17 5D	<i>Nn</i>
Rep. 18 6D	<i>Nn</i>
Rep. 18 7D	<i>Nn</i>
Rep. 18 8D	<i>Nn</i>
Rep. 19 (motore eliche)	<i>Nn</i>
Rep. 20 (lato G telefono)	<i>Nn</i>
Rep. 21	<i>TNT (1.75 ng)</i>
Rep. 22	<i>TNT (0.97 ng)</i>
Rep. 23 (motore lato F)	<i>Nn</i>
Rep. 24 8F	<i>TNT (11.4 ng) PETN (1.23 ng)</i>
Rep. 24 9F	<i>TNT (6.3 ng)</i>
Rep. 24 10F	<i>TNT (2.78 ng)</i>
Rep. 24 12F	<i>TNT (21.8 ng)</i>
Rep. 24 13F	<i>TNT (89.0 ng), PETN (2.4 ng), RDX (0.16 ng)</i>
Rep. 24 16F	<i>DNT, TNT (3.67 ng), RDX (0.56 ng)</i>
Rep. 24 17F	<i>TNT (1.1 ng), RDX (0.13 ng)</i>
Rep. 24 18F	<i>DNT, TNT (0.66 ng), RDX (4.59 ng)</i>
Rep. 24 19F	<i>TNT (11.7 ng)</i>
Rep. 24 F	<i>PETN (0.88 ng)</i>
Rep. 25 A (11D)	<i>Nn</i>
Rep. 25 B (11D)	<i>Nn</i>
Rep. 25 C (11D)	<i>Nn</i>
Rep. 25 D (11D)	<i>Nn</i>

Tabella 2: Esiti analisi per la ricerca di esplosivi.

5. CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI

Sono stati analizzati in totale 40 campioni provenienti da reperti di varia tipologia, costituiti da oggetti vari, materiale combusto e tamponamenti delle superfici dei contenitori.

Al fine di valutare eventuali contaminazioni ambientali (da esplosivi) potenzialmente verificatesi con la manipolazione dei plichi negli anni passati, a scopo orientativo, sono stati analizzati alcuni tamponi ottenuti dai lavaggi effettuati sulle superfici esterne delle scatole A e B e da alcune delle buste contenenti i reperti.

Le analisi di questi campioni hanno consentito di rilevare la presenza di esplosivi quali la Pentrite (PETN) e l'HMX sull'esterno delle due scatole (A e B) e sulla superficie esterna delle buste identificate (in origine) con i numeri 1, 4, 8, 11, 16, 18, 23, 24 e 25.

Tale risultato consente di confermare i dubbi sulle possibili contaminazioni, ovvero che i plichi contenenti i reperti siano stati custoditi in luoghi contaminati da esplosivi oppure siano stati manipolati da personale contaminato.

Le analisi sui reperti contenuti all'interno delle buste hanno consentito di rilevare la presenza di tracce di Tritolo (TNT) sui Reperti "15", "21", "22", "24 8F", "24 9F", "24 10F", "24 12F", "24 13F", "24 16F", "24 17F", "24 18F", "24 19F", con quantità che oscillano nell'intervallo tra 1 e 90 ng, Pentrite (PETN) sui Reperti "24 8F", "24 13F", "24 F", RDX (Octagen) sui Reperti "24 13F", "24 16F", "24 17F" e "24 18F".

Alla luce dei risultati ottenuti ed in considerazione:

- della bassa quantità di esplosivo (TNT) rilevato sui campioni positivi poco compatibile con i quantitativi generalmente rilevati a seguito di un'esplosione;
- del fatto che tali campioni provengano da prelievi effettuati in varie zone della nave, non strettamente connesse al sito di una possibile esplosione, a suo tempo identificato nel locale eliche di prua;
- dell'accertata contaminazione esterna delle buste e delle scatole utilizzate per custodire i reperti,

è possibile ragionevolmente supporre che tale positività al TNT possa essere attribuita ad una effettiva contaminazione piuttosto che a residui di esplosione.

Tuttavia, non è possibile stabilire se la contaminazione, all'epoca, possa essere avvenuta in fase di repertamento o, successivamente, in laboratorio, nel corso delle attività tecniche di ispezione ed analisi dei reperti.

Analisi di laboratorio e conclusioni curate da
IL COMANDANTE DI SEZIONE
Ten. Col. inv. sc. Adolfo GREGORI



Raggruppamento Carabinieri Investigazioni Scientifiche

Reparto Investigazioni Scientifiche di Roma

Sezione di Chimica Esplosivi ed Infiammabili

Commissione Parlamentare d'Inchiesta
sulle cause del disastro della nave "Moby Prince"

Fascicolo fotografico relativo alla
relazione tecnica nr. RM_21_2621
costituito da nr. 76 riprese fotografiche.



FOTO NR. 1 plico scatola A



FOTO NR. 2 ulteriore veduta del plico scatola A



FOTO NR. 3 ulteriore veduta del plico scatola A



FOTO NR. 4 ulteriore veduta del plico scatola A



FOTO NR. 5 ulteriore veduta del plico scatola A



FOTO NR. 6 apertura del plico scatola A



FOTO NR. 7 apertura del plico scatola A



FOTO NR. 8 apertura del plico scatola A



FOTO NR. 9 - reperti dal nr. 1 al nr. 6



FOTO NR. 10 - reperti dal nr. 7 al nr. 11

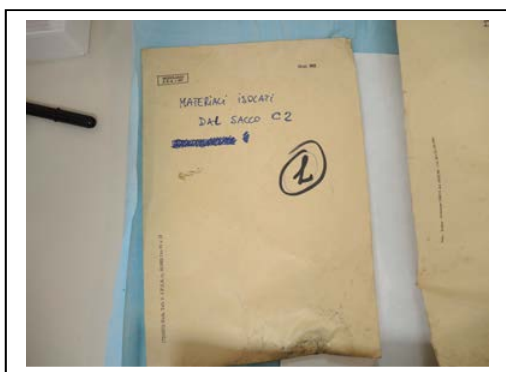


FOTO NR. 11 - reperto nr. 1



FOTO NR. 12 - reperto nr. 1

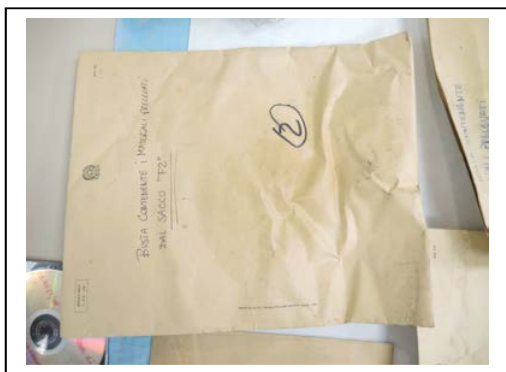


FOTO NR. 13 - reperto nr. 2



FOTO NR. 14 - reperto nr. 2



FOTO NR. 15 - reperto nr. 3



FOTO NR. 16 - reperto nr. 3 "reperti sacco C2"



FOTO NR. 17 - "reperti sacco C2 dopo lavaggio"



FOTO NR. 18 - reperto nr. 4



FOTO NR. 19 - reperto nr. 4



FOTO NR. 20 - reperto nr. 5



FOTO NR. 21 - reperto 5 "reperti sacco B dopo lavaggio"



FOTO NR. 22 - reperto 5 "residui sacco B dopo lavaggio"



FOTO NR. 23 - reperto 5 "reperti sacco B dopo lavaggio"



FOTO NR. 24 - reperto 5 "reperti sacco B dopo lavaggio"

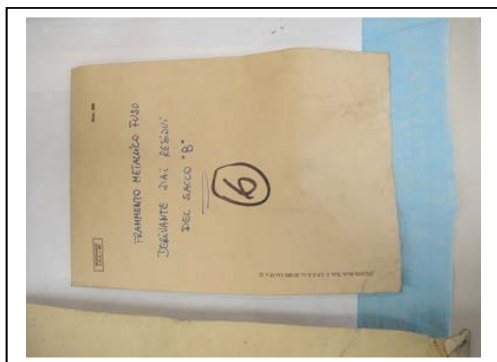


FOTO NR. 25 - reperto nr. 6



FOTO NR. 26 - reperto nr. 6

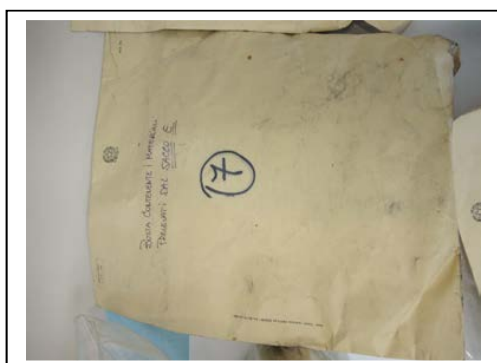


FOTO NR. 27 - reperto nr. 7



FOTO NR. 28 - reperto nr. 7



FOTO NR. 29 - reperto nr. 8



FOTO NR. 30 - reperto nr. 8 "lato E motore"



FOTO NR. 31 - reperto nr. 8 "lato D supporto metallico cornice imbullonata"



FOTO NR. 32 - reperto nr. 8 "lato A dopo pulizia"

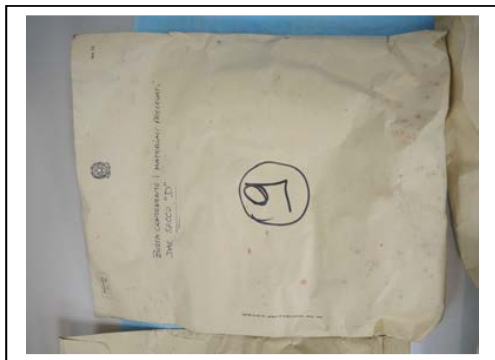


FOTO NR. 33 - reperto nr. 9



FOTO NR. 34 - reperto nr. 9



FOTO NR. 35 - reperto nr. 10



FOTO NR. 36 - reperto nr. 10



FOTO NR. 37 - reperto nr. 10 "Busta contenente materiali prelevati sacco A"



FOTO NR. 38 - reperto nr. 10 "residui metallici sacco A"



FOTO NR. 39 - reperto nr. 10 "frammenti di carta combusta relativi al sacco A"

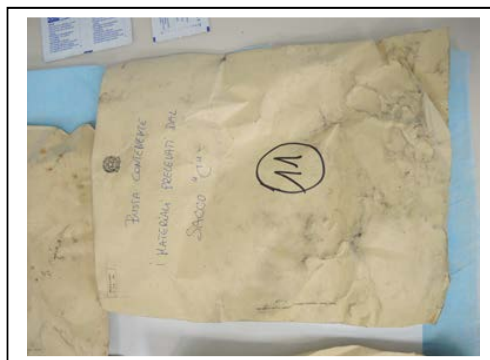


FOTO NR. 40 - reperto nr. 11

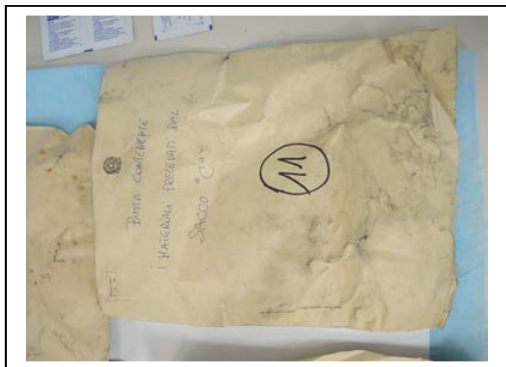


FOTO NR. 41 - reperto nr. 11



FOTO NR. 42 - reperto nr. 11



FOTO NR. 43 - reperto nr. 12 recante dicitura 9D



FOTO NR. 44 - reperto nr. 12



FOTO NR. 45 - reperto nr. 13 recante dicitura 6D

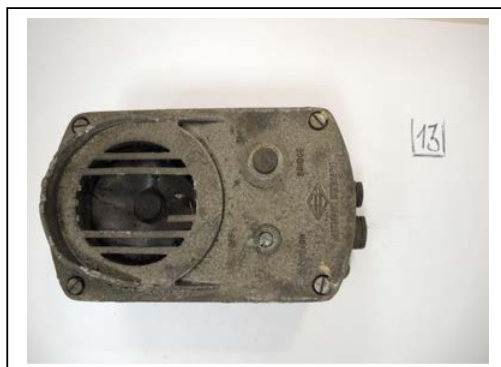


FOTO NR. 46 - reperto nr. 13



FOTO NR. 47 - reperto nr. 14



FOTO NR. 48 - reperto nr. 14 recante dicitura 2



FOTO NR. 49 - plico scatola B



FOTO NR. 50 - ulteriore veduta del plico scatola B



FOTO NR. 51 - ulteriore veduta del plico scatola B



FOTO NR. 52 - reperti del plico scatola B

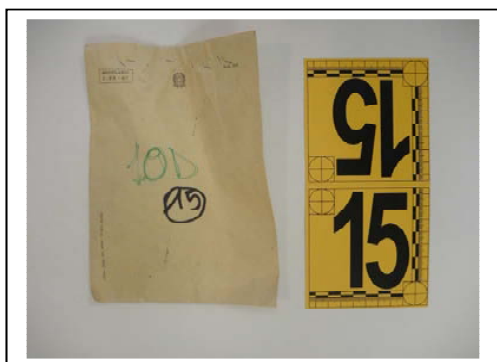


FOTO NR. 53 - reperto nr. 15 recante dicitura 10D

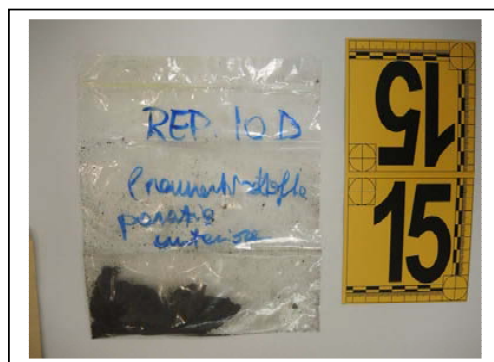


FOTO NR. 54 - reperto nr. 15 recante dicitura 10D

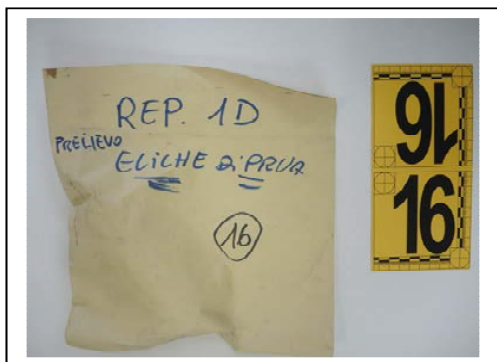


FOTO NR. 55 - reperto nr. 16 recante dicitura 1D

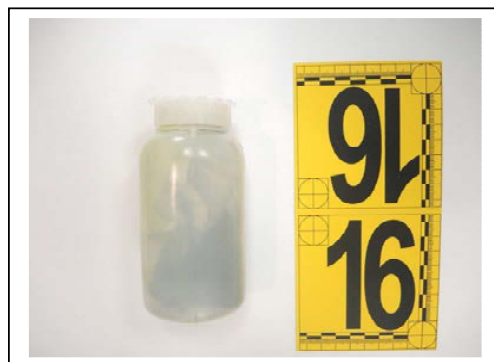


FOTO NR. 56 - reperto nr. 16 recante dicitura 1D

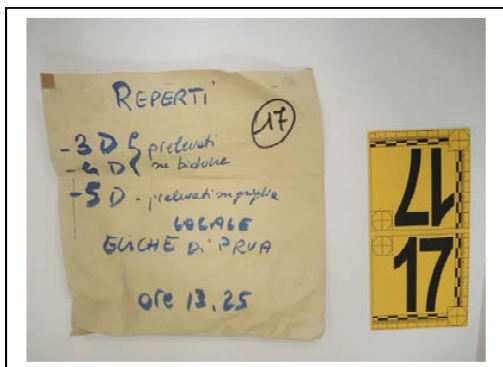


FOTO NR. 57 - reperto nr. 17 recante dicitura 3D - 4D - 5D.



FOTO NR. 58 - reperto nr. 17



FOTO NR. 59 - reperto nr. 17 recante dicitura 3D - 4D - 5D.



FOTO NR. 60 - reperto nr. 17 recante dicitura 3D - 4D - 5D.



FOTO NR. 61 - reperto nr. 18 recante dicitura 6D - 7D - 8D.



FOTO NR. 62 - reperto nr. 18 recante dicitura 6D - 7D - 8D.



FOTO NR. 63 - reperto nr. 19



FOTO NR. 64 - reperto nr. 19



FOTO NR. 65 - reperto nr. 20



FOTO NR. 66 - reperto nr. 21

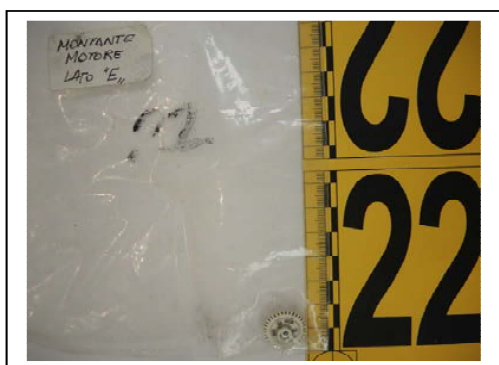


FOTO NR. 67 - reperto nr. 22



FOTO NR. 68 - reperto nr. 23



FOTO NR. 69 - reperto nr. 24



FOTO NR. 70 - reperto nr. 24 recante numerazione con lettera F.

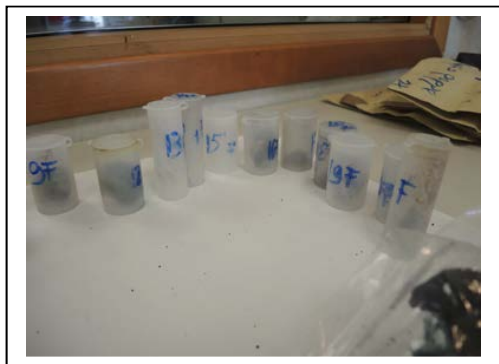


FOTO NR. 71 - reperto nr. 24 recante numerazione con lettera F.

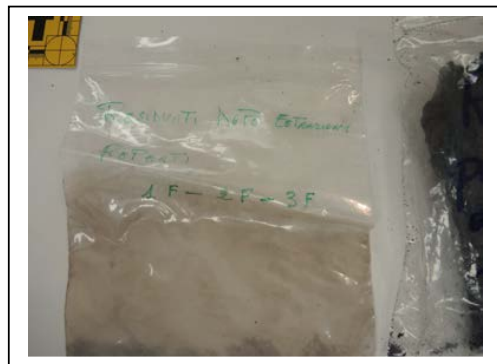


FOTO NR. 72 - reperto nr. 24 recante numerazione con lettera F.

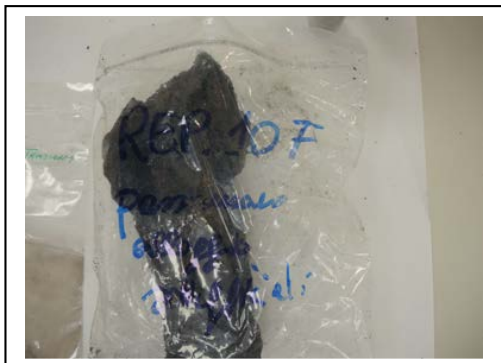


FOTO NR. 73 - reperto nr. 24 recante dicitura 10F.

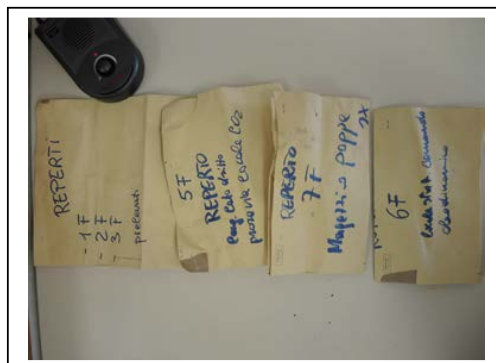


FOTO NR. - 74 reperto nr. 24 recante numerazione con lettera F.



FOTO NR. 75 - reperto nr. 25



FOTO NR. 76 - reperto nr. 25 A, 25B, 25C e 25D.