

# **Sistemi innovativi di spegnimento e difesa dalle conseguenze degli incendi**

## **Dati sperimentali rilevati da ARPA LAZIO e ARPA TOSCANA**

Attività di studio sui reflui originati dallo spegnimento di incendi in  
condizioni controllate

Ing. Maila Strappini – ARPA Lazio

Ing. Francesca Andreis – ARPAT



## Il gruppo di lavoro

### ARPA LAZIO



- DPA SRM CO1  
Roma
- DPL SCO Roma e  
Rieti

### ARPAT



- SRI AV Centro
- Lab. AV Costa
- DIP. Livorno

# Quale è il ruolo delle ARPA quando c'è un incendio?

- Nel territorio nazionale negli ultimi anni si è assistito ad un incremento degli incendi che hanno interessato materiali, rifiuti, grandi impianti (nel Lazio possiamo citare la ECO-X di Pomezia o più recentemente il TMB Salario di A.M.A., il TMB Lonzi di Livorno) ma anche più frequentemente impianti più piccoli di autodemolizione, carrozzerie rivendite di pneumatici, e anche ci sono i continui roghi nei Villaggi della solidarietà, centri raccolta rifiuti ingombranti
- Ma...quali sono gli aspetti ambientali connessi agli incendi? Quale è il ruolo delle ARPA?
- Monitoraggio della qualità dell'aria, modellistica previsionale per le ricadute, contenimento dei reflui prodotti

# Perché partecipare all'attività di sperimentazione di Montelibretti?



# Impatti ambientali degli incendi

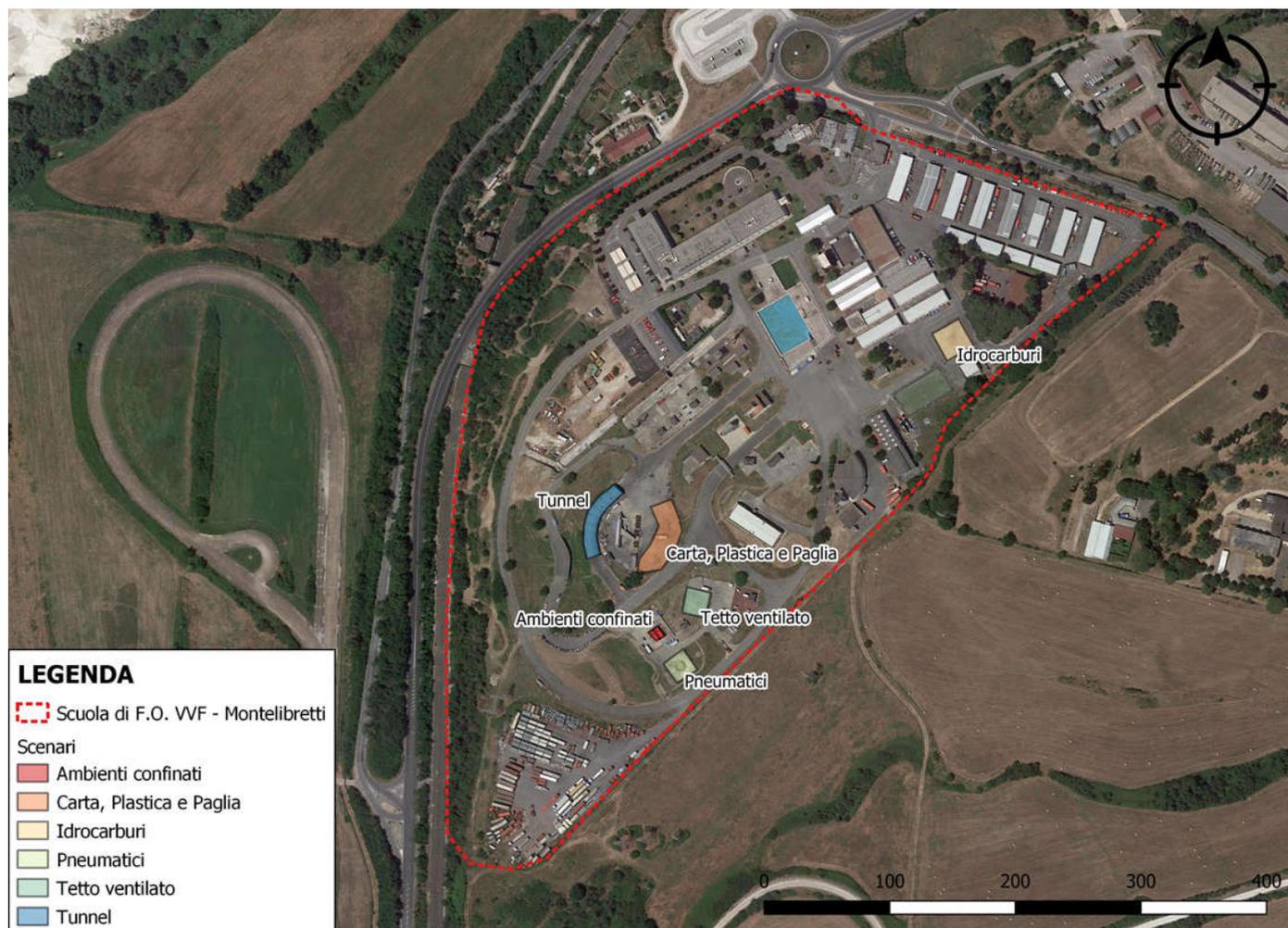


# Non solo qualità dell'aria...





# Pianificazione delle attività e allestimento degli scenari



# Pianificazione delle attività e allestimento degli scenari

- Operazioni preliminari:
  - Cura degli aspetti ambientali e contenimento della contaminazione dell'esercitazione
  - selezione degli scenari da investigare: criteri
  - individuazioni delle variabili e delle condizioni al contorno
  - pianificazione delle attività di campo
- Attività di campionamento delle acque reflue
- Definizione dei profili analitici
- Gestione dei campioni prelevati
- Risultati analitici

## Descrizione degli scenari indagati

Sono stati presi in considerazione per lo studio dell'impatto ambientale gli scenari:

- Carta
- Plastica
- Idrocarburi
- Pneumatici
- Tetto ventilato
- Tunnel

Gli scenari sono stati allestiti in modo che fosse possibile convogliare e raccogliere il reflu prodotto

I campioni sono stati effettuati in modo da mantenere il controllo di alcune delle condizioni al contorno

**Sono state eseguite per ogni scenario prove in bianco (spegnimento solo con acqua metodo tradizionale)**

Gli scenari allestiti dai VVF sono stati dotati di sistemi di convogliamento e raccolta dei reflui di spegnimento separati al fine di permettere il prelievo di campioni rappresentativi per ciascuna combinazione sistema estinguente/ materiali combustibili

## Carta e plastica

- volume gabbie metalliche 1 m<sup>3</sup>
- materiale pesato
- **bacini di contenimento** circolari del **diametro** di circa **1,5 m** e **altezza** di circa **20 cm** per raccolta reflui
- innesco termico mediante cannello a gas
- accelerante della combustione: benzina
- le squadre sono intervenute per lo spegnimento al “flash over”
- i bacini di contenimento a fine giornata sono stati svuotati dai reflui di combustione e bonificati



## Gomma (pneumatici)

- gabbia metallica contenente circa 80 kg di pneumatici
- bacino di contenimento a base quadrata di lato di circa 2,5 m e altezza di circa 20 cm per il contenimento dei reflui di spegnimento
- innesco termico mediante cannello a gas
- accelerante della combustione: benzina
- le squadre sono intervenute per lo spegnimento al “flash over”
- i bacini di contenimento a fine giornata sono stati svuotati dai reflui di combustione e bonificati
- lo scenario gomme ha dato luogo al maggiore sviluppo di fumi e di polveri (nerofumo) diffusi nell’ambiente circostante



## Liquidi infiammabili (idrocarburi)

- contenitore circolare del **diametro** di circa **3 m** e **altezza** di circa **20 cm** riempito con circa **200 l di acqua** al di sopra della quale è stato versato un volume di **gasolio** pari a di **20 l**
- innesco termico mediante cannello a gas
- accelerante della combustione: benzina
- le squadre sono intervenute per lo spegnimento al “flash over”
- i bacini di contenimento a fine giornata sono stati svuotati dai reflui di combustione e bonificati
- il campionamento è risultato particolarmente critico per la scarsa riproducibilità dei campioni effettuati; infatti spesso il gasolio incombusto residuo del primo spegnimento è stato utilizzato per eseguire successive accensioni..
- Per lo scenario idrocarburi sono stati utilizzati anche sistemi robotizzati di spegnimento



## Tetto ventilato

- è stata predisposta, attraverso l'utilizzo di una gru mobile, una struttura metallica inclinata sulla quale sono stati posizionati pannelli multimateriale (**legno, guaina bituminosa e polistirolo**) sormontati da una **lamiera zincata**.
- Lo scenario tetto ventilato è stato posizionata su una piazzola in cemento delimitata da cordoli e dotata di una pendenza tale da far confluire i reflui di spegnimento in un pozzetto di raccolta;
- dal pozzetto sono stati prelevati i campioni dei reflui di spegnimento
- al termine di ogni prova il pozzetto è stato svuotato del contenuto liquido
- per l'innescò è stata utilizzata benzina nell'intercapedine tra la lamiera zincata e i pannelli multimateriale e utilizzando un cannello a gas
- Al "flash over" le squadre del CNVVF sono intervenute per procedere all'estinzione salendo sulla sommità della struttura



Lo scenario "Tetto ventilato" è stato quello che ha richiesto l'impiego del maggiore quantitativo di estinguente per spegnere l'incendio

# Tunnel

- sono stati utilizzati degli autoveicoli sui cui allestimenti interni è stata cosparsa della benzina successivamente innescata termicamente con una cannula a gas
- all'ingresso e all'uscita del tunnel è stata predisposta una barriera di acqua nebulizzata allo scopo di ridurre al minimo la fuoriuscita in atmosfera dei di fumi di combustione.
- Per tale scenario è risultato complicato procedere al campionamento delle acque di spegnimento, sia per le esigue quantità di estinguenti utilizzati (per lo più residue all'interno delle vetture) sia per l'utilizzo di sistemi di spegnimento specifici (teli di soffocamento) che sono stati apposti direttamente a copertura dei veicoli incendiati



# Ambiente confinato

NON E' STATO POSSIBILE CONVOGLIARE I REFLUI



# Sistemi di spegnimento innovativi

**Ad ogni incendio il suo estinguente**

**Ad ogni estinguente la sua formula**



**UNIVERSALE A.R. FILMANTE**

Per incendi di sostanze polari (alcoli e solventi in genere)  
Per incendi di idrocarburi - Bassa, media ed alta espansione

**Composizione**

Il liquido schiumogeno **PROFILM AR AFFF** è composto da una formulazione di tensioattivi fluorocarbonici, tensioattivi idrocarburi, inibitori della corrosione e speciali polimeri naturali idrosolubili che donano alla schiuma quella particolare caratteristica di formare oltre che un film acquoso sulla superficie degli idrocarburi, una spessa pellicola gelatinosa che si interpone tra il liquido di natura polare (alcoli, eteri, chetoni) e la schiuma, impedendo la fuoriuscita di questi vapori solitamente distruttivi per le tradizionali schiume.

**Utilizzo**

Grazie alla polivalenza d'uso il **PROFILM AR AFFF** può essere usato per l'estinzione di incendi di idrocarburi, dove sfrutta le ottime capacità filmanti per ottenere un rapido controllo del fuoco, e trova la sua migliore applicazione nell'estinzione di incendi difficili di sostanze chimiche ossigenate (alcoli, eteri, chetoni, ecc.) oltre che nell'impedire il rilascio dei vapori solitamente tossici ed aggressivi.

**Concentrazione d'uso**

Il liquido schiumogeno **PROFILM AR AFFF** è disponibile in tre versioni\* concentrate:

- 6-6 6% su incendi di idrocarburi e 6% su incendi di solventi polari.
- 3-3 3% su incendi di idrocarburi e 3% su incendi di solventi polari.
- 3-6 3% su incendi di idrocarburi e 6% su incendi di solventi polari.

- 6% (6 litri di schiumogeno + 94 litri acqua = 100 litri soluzione schiuma)  
- 3% (3 litri di schiumogeno + 97 litri acqua = 100 litri soluzione schiuma)

**Metodo di applicazione**

Il liquido schiumogeno **PROFILM AR AFFF** può essere utilizzato con applicazione diretta (lance, monitori, impianti sprinkler) oltre

## Sistemi estinguenti

- I test sugli incendi di **materiali solidi** quali legno, carta, indumenti, plastica, gomma sono stati spenti con **gli schiumogeni di Classe A**: a base sintetica, vengono utilizzati in concentrazioni dallo 0,1% all'1%. Sono pertanto economicamente vantaggiosi perché con quantità minime di prodotto si ottengono schiume particolarmente efficaci (soprattutto se utilizzati in combinazione con sistemi CAFS (COMPRESSED AIR FOAM SYSTEM))
- I test sugli incendi di **liquidi infiammabili** sono stati condotti con degli **schiumogeni di Classe B**: la concentrazione di utilizzo è variabile dallo 0,5% al 6%. Esistono prodotti AFFF (Aqueous Film Forming Foam) e AR-AFFF che possono essere miscelati anche allo 0,5% sia per incendi di idrocarburi che alcoli (in questo caso si rende necessario un dosaggio che consenta la massima precisione di miscelazione)

## Schiumogeni utilizzati nei test:

- Elenco schiumogeni usati:
  - AQUAFILM AFF1 (1%, 3%)
  - AQUAFILM ARN 1 (1%, 3%)
  - AQUAFILM ARN 3 (3%, 0,5%,1%)
  - PLUREX A 1%
  - PROFLEX 3%
  - RFC 109 0,5%
  - STHAMEX (1%, 3%)
  - PLUREX M 1%

# Campionamento

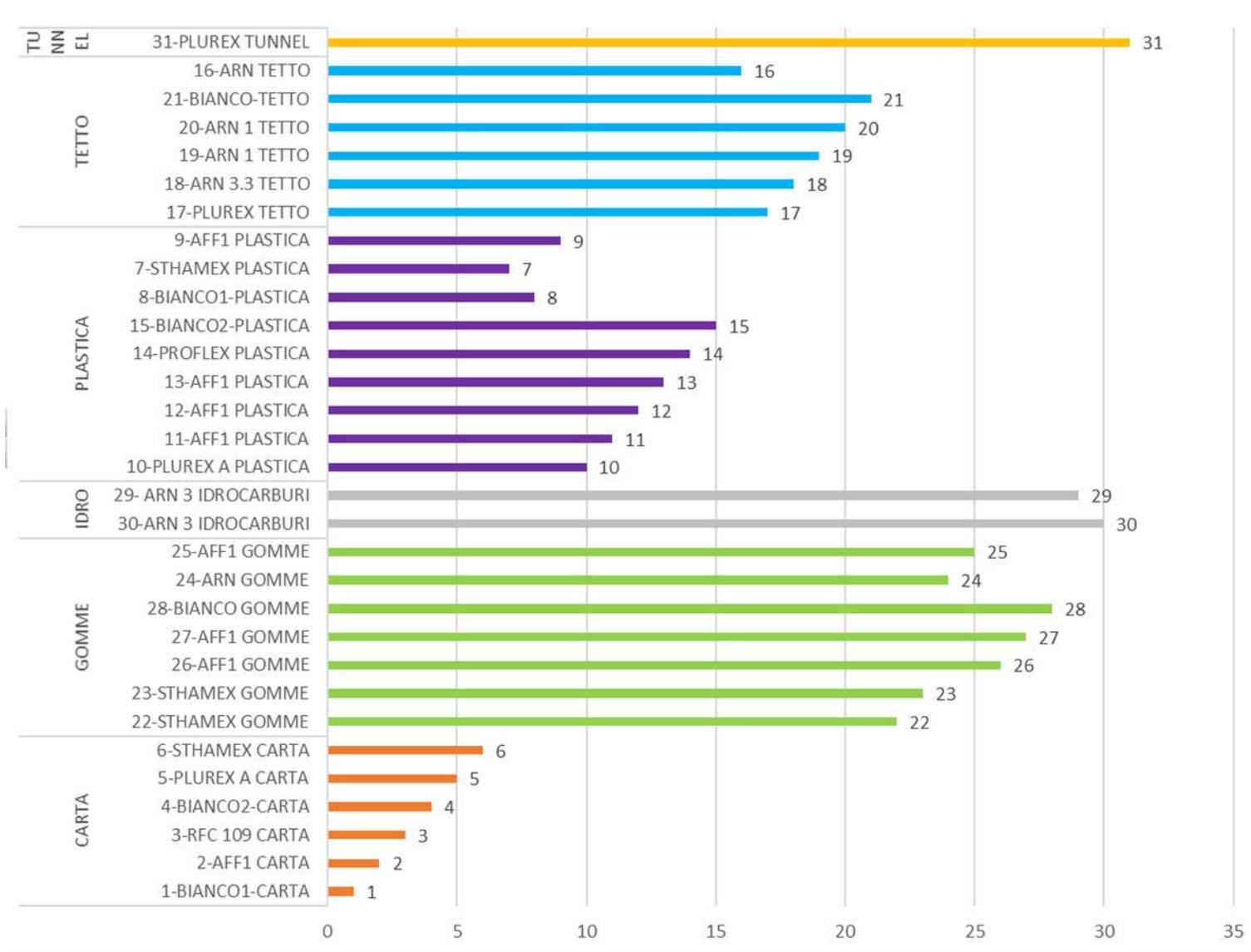
Prelievi effettuati dai tecnici di ARPA  
Lazio:

- Metodiche standard per il prelievo e la conservazione acque di scarico:
- n. 8 aliquote per ciascuna combinazione scenario/estinguente annotando:
  - quantità di miscela estinguente utilizzata
  - percentuale e tipologia di agente estinguente
  - sistema di erogazione utilizzato (es. tipologia di lancia e ugelli, sistemi water-mist, CAPS ecc.



## Alcune precisazioni sui campionamenti

- I test avevano il fine di valutare le prestazioni di spegnimento sia in termini di durata che sia di quantità di acqua complessivamente utilizzata in combinazione con i più innovativi sistemi e moduli di spegnimento
- Per ogni scenario sono state condotte più prove di spegnimento, tenendo fissa sia la quantità di materiale che il tempo di innesco, variando di volta in volta la tipologia dello schiumogeno utilizzato in aggiunta all'acqua e al sistema di erogazione scelto
- I campionamenti di ARPA si sono inseriti in questo contesto in modo da non inficiare i test principali ma al contempo cercando delle condizioni al contorno ripetibili e delle variabili controllabili



# Variabili e gestione

- Variabili:
  - Tipologia e allestimento scenario (tipologia e quantitativi di materiale, modalità di innesco incendio, tempo  $t$  a cui si presenta il flash-over)
  - volumi di acqua utilizzati
  - tempo di spegnimento dell'incendio
  - combinazione sistemi estinguenti/schiumogeni
  - abilità della squadra nello spegnimento dell'incendio (variabile sistematica)

Pertanto, fissata la tipologia di scenario e le sue variabili di allestimento è stata valutata la variabilità delle concentrazione chimica degli analiti presenti nelle acque reflue in funzione del sistema estinguente utilizzato

**Nei grafici che seguono quindi saranno mostrati i dati in termini di quantitativo totale di sostanza emessa durante l'intera operazione di spegnimento fissato lo scenario e il sistema estinguente**

# RISULTATI ANALITICI

Schema riepilogativo dei campioni di acque di spegnimento prelevati

		N. CAMPIONI EFFETTUATI								
SCENARIO	<b>TUNNEL</b>									1
	NRG									
	795									
	<b>IDROCARBURI</b>									2
	NRG	NRG								
	735	874								
	<b>TETTO VENTILATO</b>									6
	NRG	NRG	NRG	NRG	NRG	NRG				
	738	801	1425	1662	1759	2301				
	<b>CARTA</b>									6
NRG	NRG	NRG	NRG	NRG	NRG					
736	798	976	1356	1357	2206					
<b>PNEUMATICI</b>									7	
NRG	NRG	NRG	NRG	NRG	NRG	NRG				
802	879	977	1358	1429	1663	2302				
<b>PLASTICA</b>									9	
NRG	NRG	NRG	NRG	NRG	NRG	NRG	NRG	NRG		
737	803	878	880	1427	1664	1760	2207	2300		
										31
										N. CAMPIONI TOTALI

NRG numero di registro generale

✓ verbale di campionamento

✓ campione n.8 aliquote (totale 248)

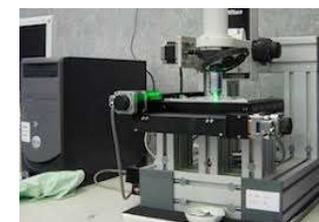
# ATTIVITA' DI LABORATORIO

Tutti i campioni prelevati sono stati suddivisi nelle opportune aliquote e analizzati al fine di identificare le concentrazioni di:

- parametri chimici di base (ph, SST, BOD5, COD, NH3, Nitrati e nitriti, fosforo, fluoruri, cloruri, fenoli, solfati)
- solventi clorurati e aromatici
- idrocarburi alifatici leggeri e pesanti
- tensioattivi
- diossine e furani
  
- metalli (Be, B, Al, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Cd, Sn, Sb, Ba, Te, Pb, Ag)
- idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

**ARPA LAZIO**

**ARPAT  
(Toscana)**



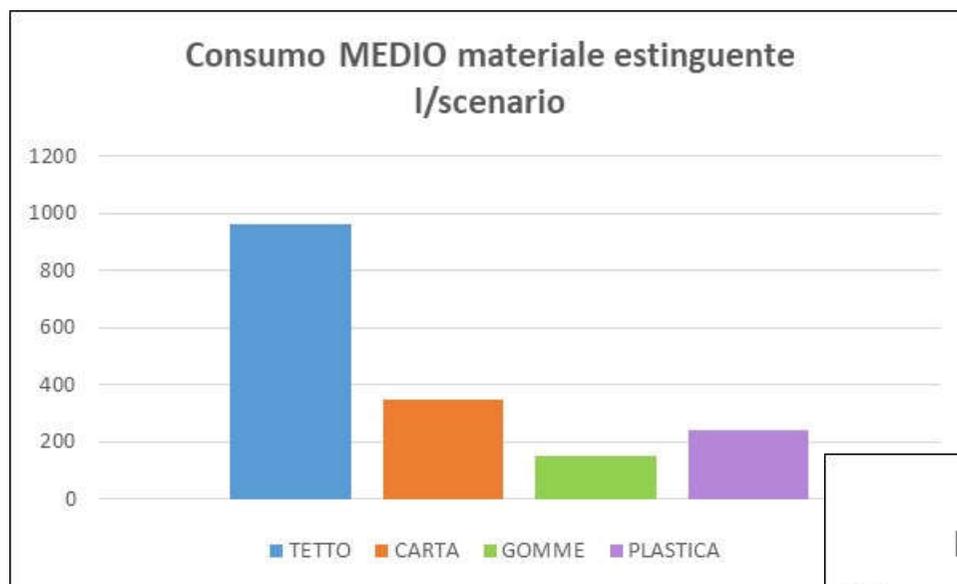
Tutti i campioni sono stati analizzati applicando i metodi analitici normalmente utilizzati per i campioni degli scarichi idrici

## UN'ATTIVITA' RESA COMPLESSA:

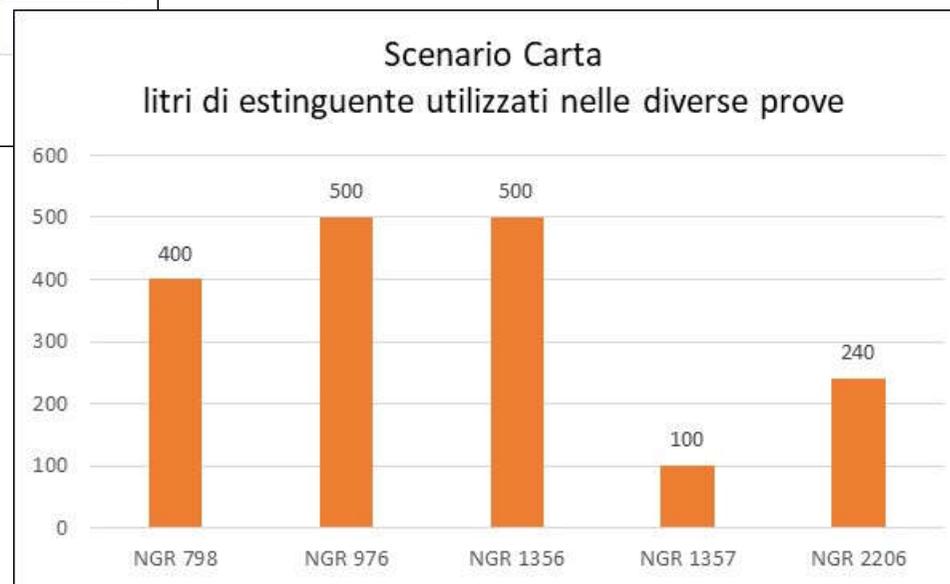
- dalla necessità di dover gestire, garantendo il rispetto delle condizioni di conservazione opportune, un alto numero di aliquote che non rientravano nelle attività ordinarie;
- dalla necessità di dover gestire il trasporto da una regione all'altra (Lazio – Toscana) con l'evenienza di smarrimenti e rottura dei contenitori;
- dalla presenza in alcune aliquote, di schiume persistenti, fasi liquide e solide con il rischio di compromettere il buon funzionamento della strumentazione di laboratorio utilizzata;
- dall'impossibilità di sapere a priori quali range di concentrazione per ogni analita aspettarsi e quindi prevedere il corretto grado di diluizione prima dell'analisi.



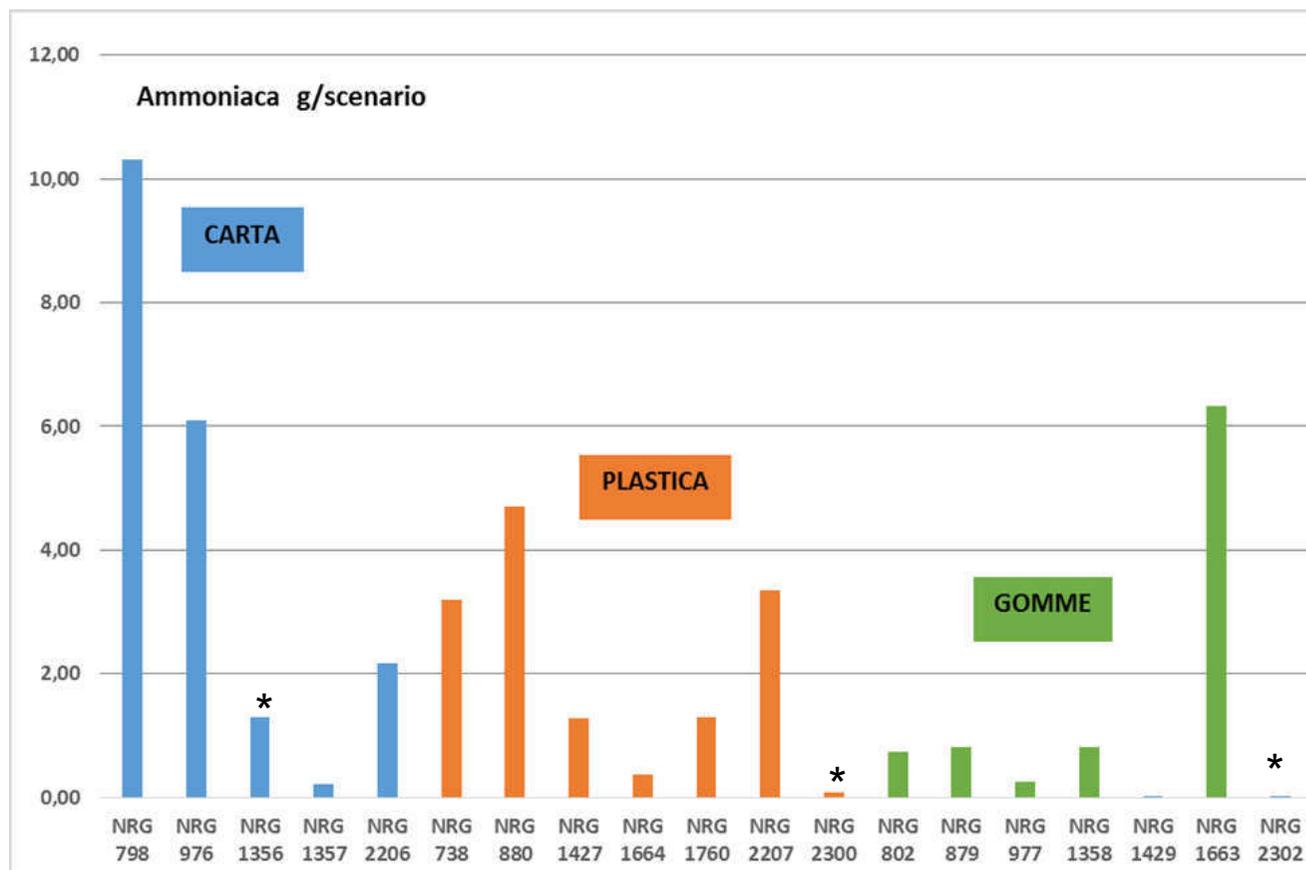
## Elaborazione dei risultati analitici



Il dato di concentrazione ottenuto con le analisi di laboratorio è stato moltiplicato per il volume di estinguente utilizzato nella singola prova ottenendo la quantità del composto complessivamente veicolata dalle acque di spegnimento  
*(dato utilizzato per confrontare i vari scenari e i vari prodotti estinguenti)*



## ALCUNI RISULTATI

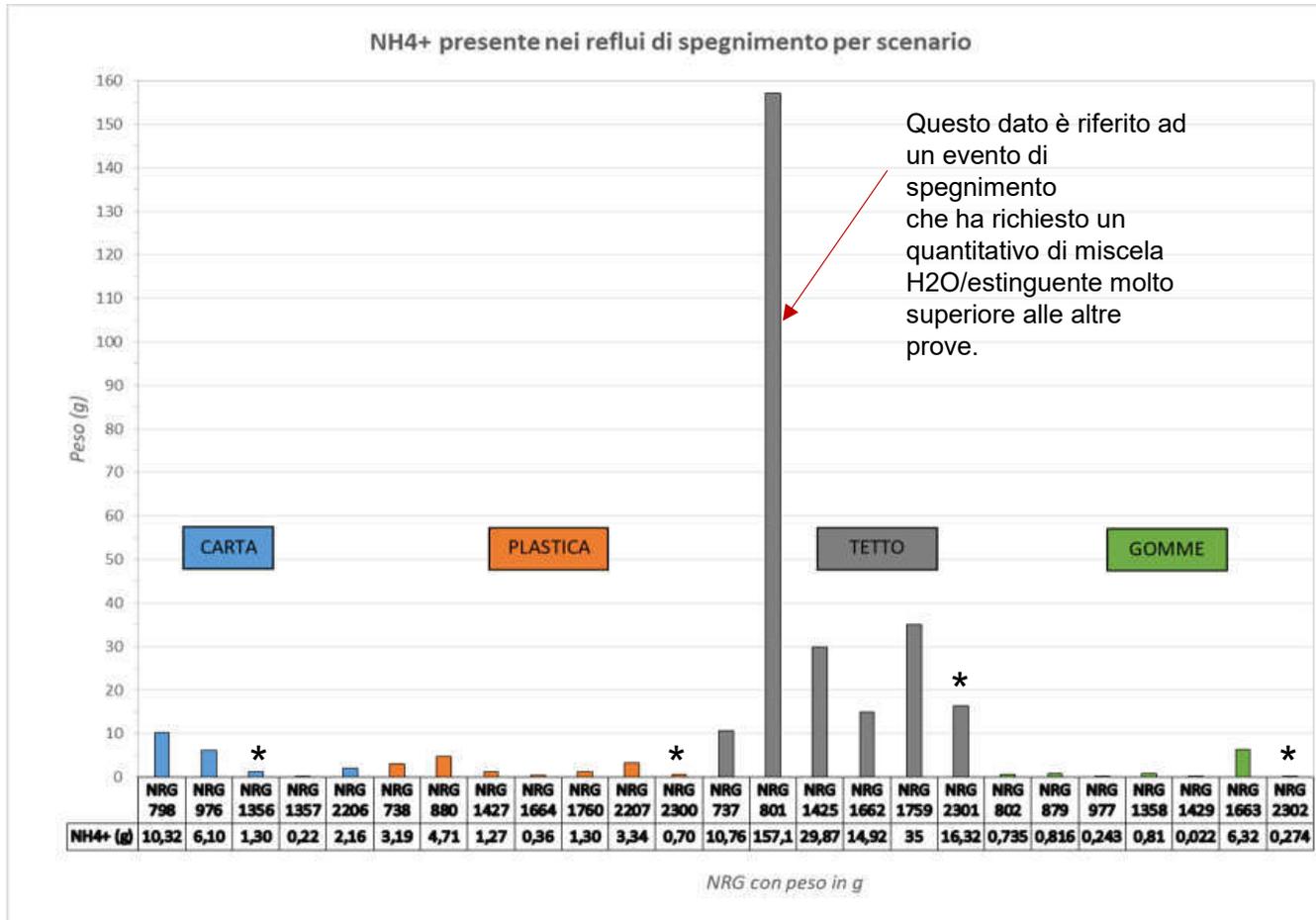


\* Materiale estinguente = acqua

*Apporto di NH<sub>3</sub> (g) per campione prelevato per gli scenari carta, plastica e pneumatici*

### AMMONIACA

Le quantità di **Ammoniaca** (espressa in g/scenario) rilasciate nelle acque di spegnimento negli scenari carta, plastica e pneumatici sono pressoché confrontabili e poco influenzate dal materiale estinguente.



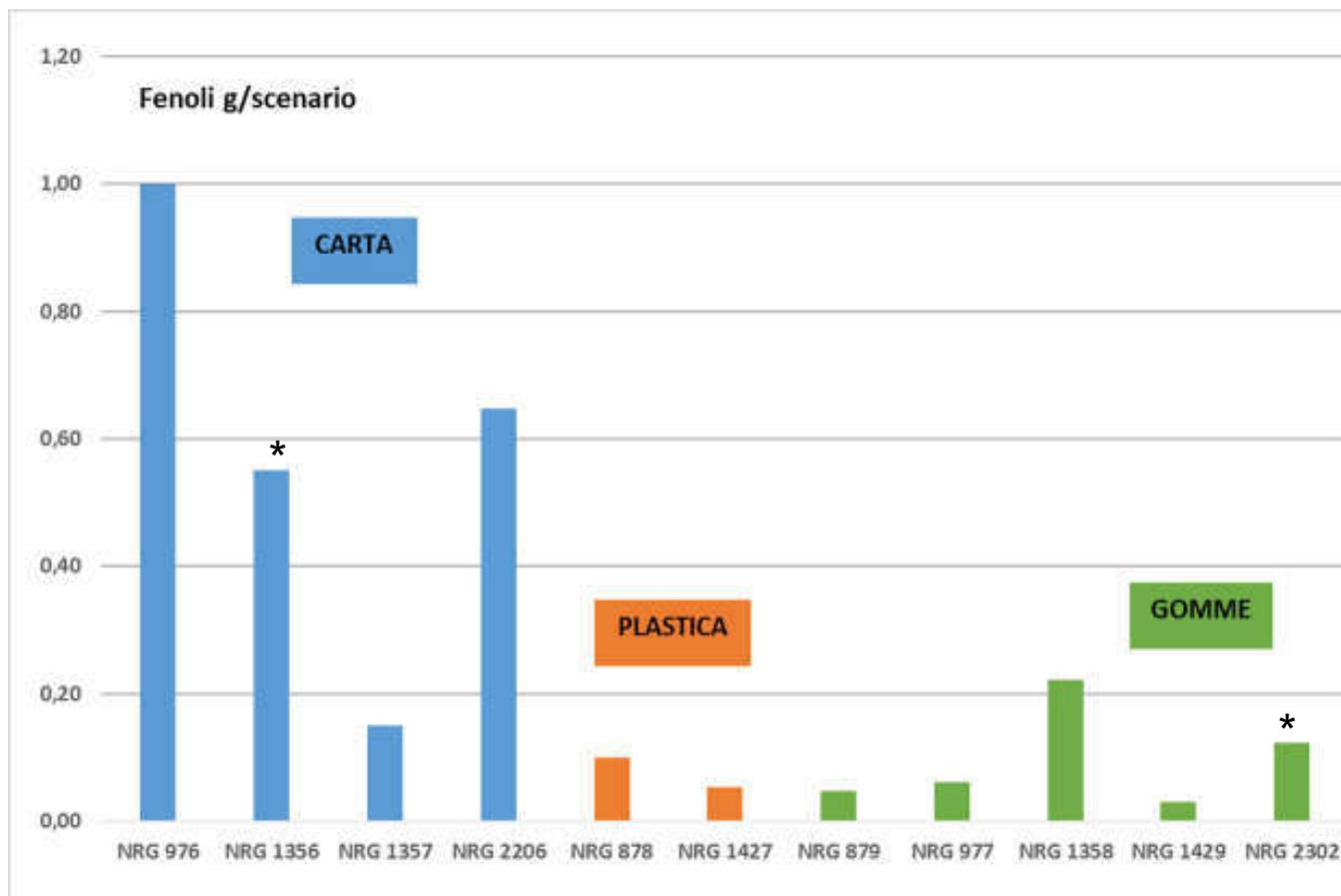
\* Materiale estinguente = acqua

## AMMONIACA

I valori di ammoniaca riscontrati per lo scenario tetto sono mediamente molto più elevati rispetto agli altri scenari e possono essere ricondotti direttamente alla composizione chimica del materiale. Il **tetto ventilato** è infatti costituito da più strati sovrapposti di materiale differente (legno, lamiera metallica, colle, polimeri uretanici e stirenici) e proprio dalla combustione del materiale termoisolante in esso contenuto, può derivare l'apporto riscontrato

*Apporto di NH3 (g) per campione prelevato per gli scenari carta, plastica e pneumatici + tetto*

## ALCUNI RISULTATI

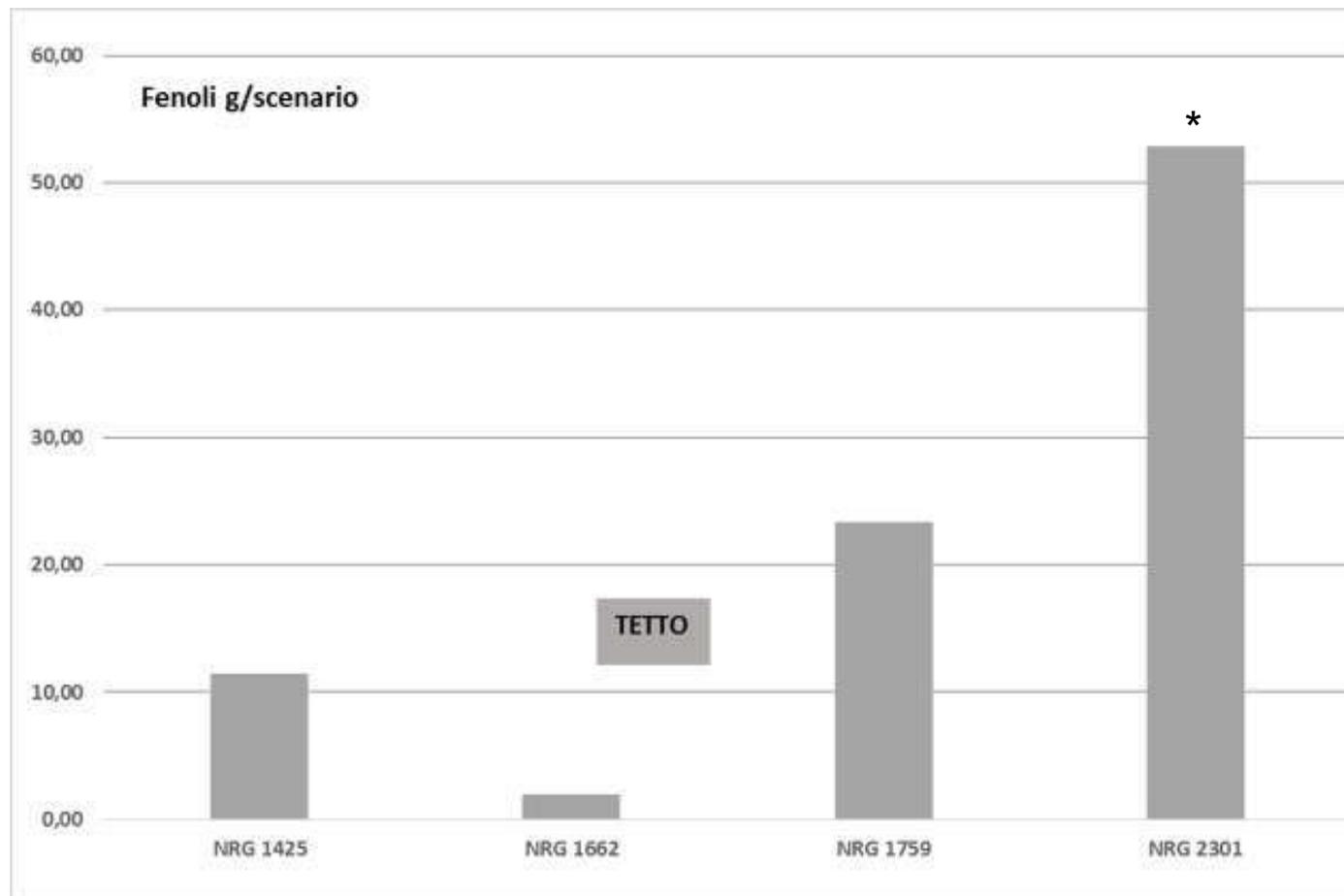


\* Materiale estinguente = acqua

Per quanto riguarda i **FENOLI**, nel caso di spegnimento di carta, plastica e gomme l'apporto complessivamente risulta inferiore al grammo. Si evidenzia inoltre che, per lo scenario carta rispetto a plastica e gomme, si ha un rilascio leggermente maggiore di fenoli probabilmente dovuto alla presenza di colle e sostanze adesive nel materiale di partenza.

Apporto di **Fenoli** (g) per campione prelevato per gli scenari carta, plastica e pneumatici

## ALCUNI RISULTATI

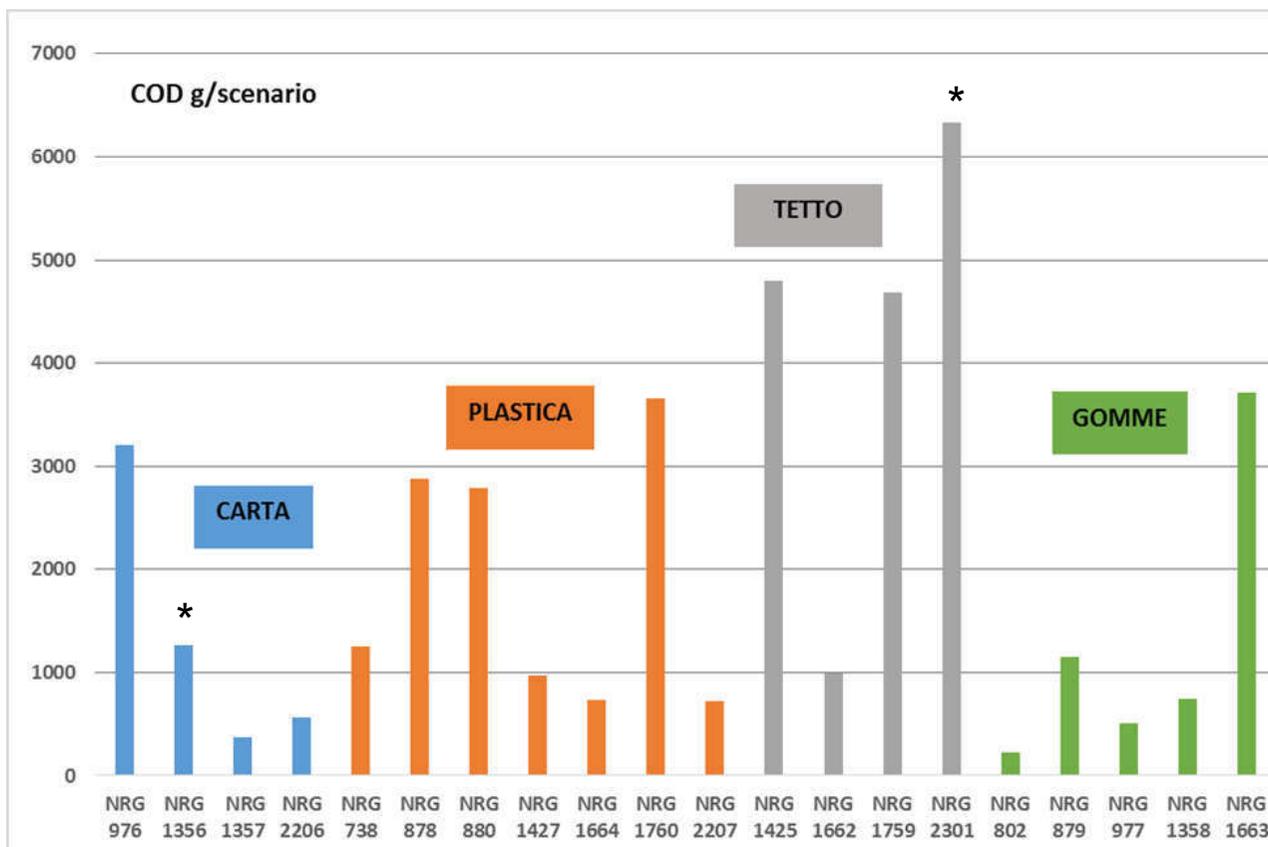


\* Materiale estinguente = acqua

Apporto di **Fenoli** (g) per campione prelevato per lo scenario tetto

Analogamente al caso dell'ammoniaca, anche per il parametro fenoli sono stati riscontrati valori ben più rilevanti nel caso del **tetto ventilato** con un picco di oltre 50 g di fenolo per evento rispetto a valori generalmente inferiori a 1 g nel caso degli altri scenari. Le motivazioni di tale evidenza sono riconducibili anche in questo caso ai materiali che compongono gli strati del tetto.

## ALCUNI RISULTATI



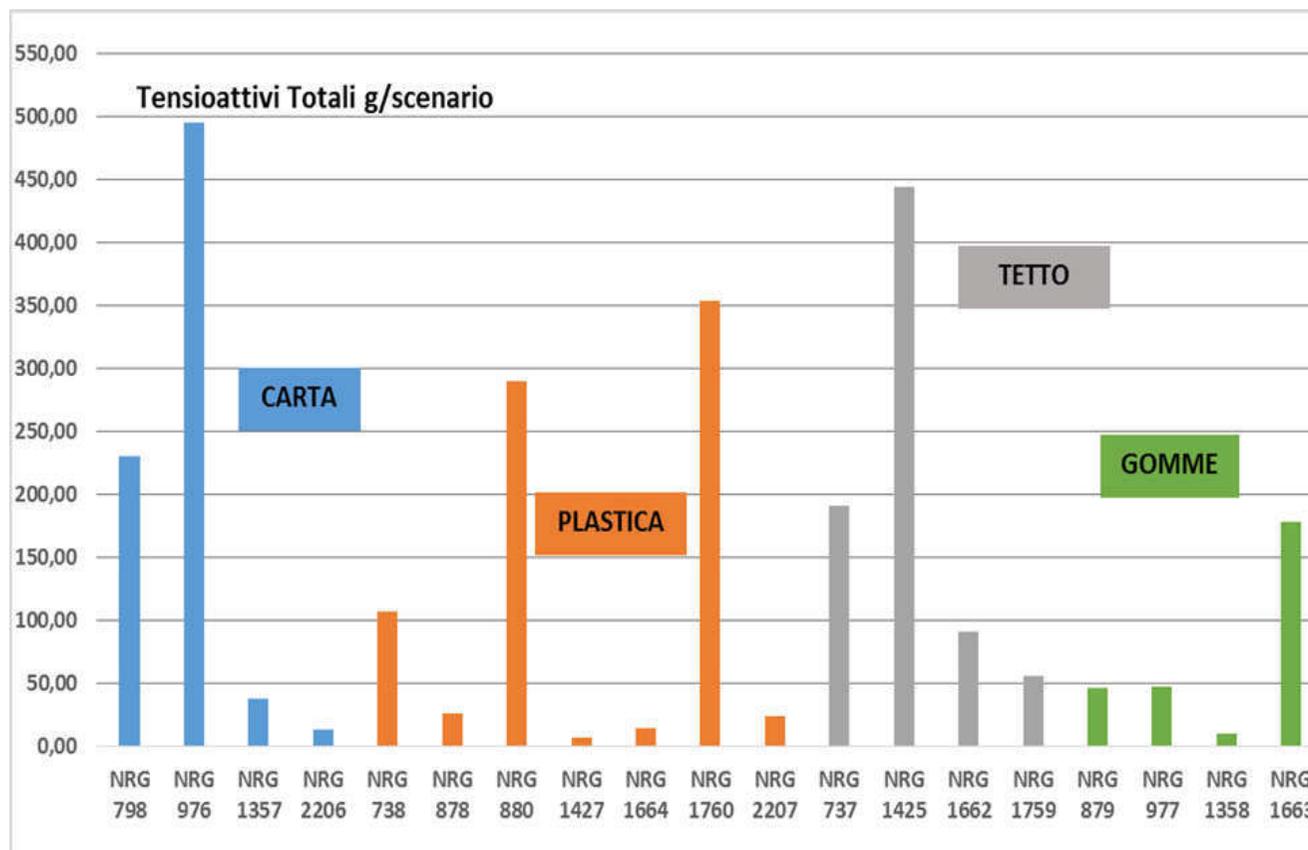
\* Materiale estinguente = acqua

N.B. Il COD associato giornalmente ad ogni individuo per espletare le sue funzioni è pari a **60g/die**.

### Richiesta chimica di ossigeno (COD)

I valori in assoluto più elevati di richiesta chimica di ossigeno **COD** si sono riscontrati nel caso degli scenari **tetto e plastica**. Il valor medio delle prove sullo scenario carta ha evidenziato un apporto prodotto dallo spegnimento di 770g di COD per evento. Seguono lo scenario gomme (1270 g COD/scenario) e plastica (1850 g COD/scenario), fino ad arrivare a valori decisamente più critici rilevati per lo scenario tetto (4200 g COD/scenario)

## ALCUNI RISULTATI



\* Materiale estinguente = acqua

Durante le prove svolte, si è spesso notata la formazione di una spessa coltre schiumosa molto persistente e poco scorrevole

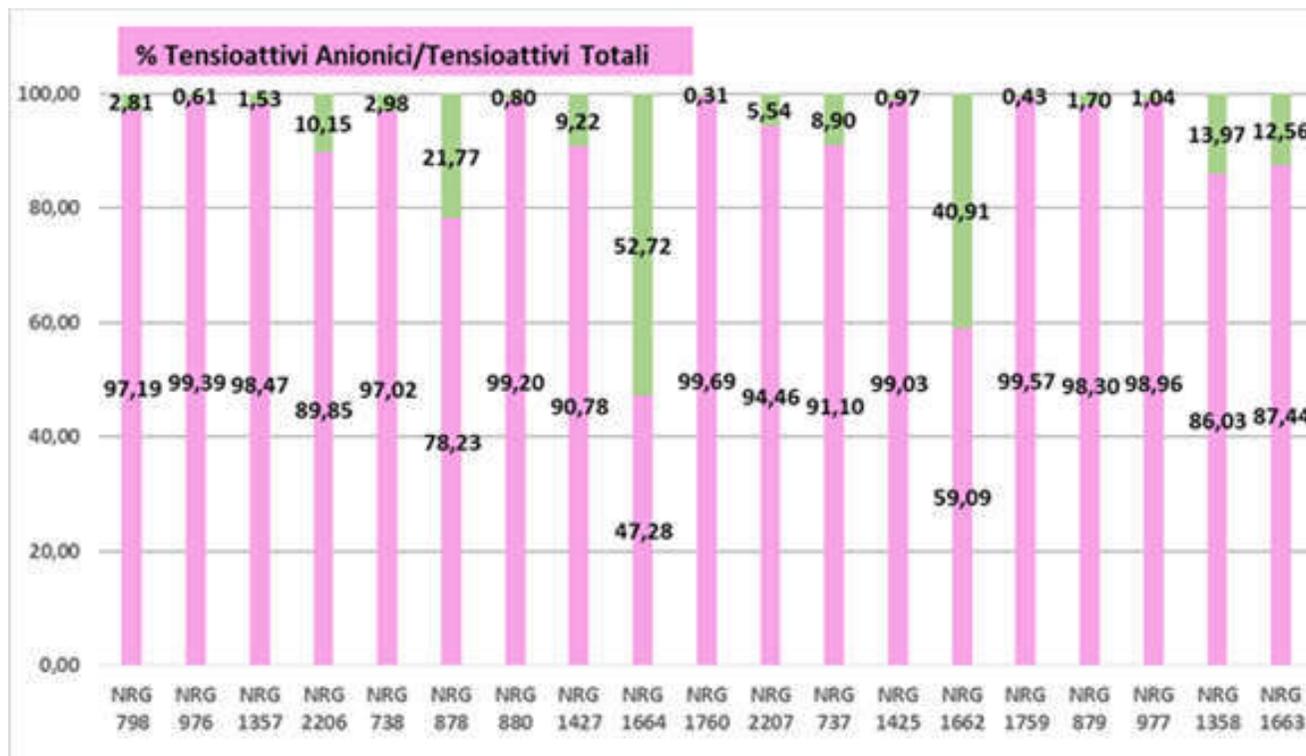
### Tensioattivi totali

Un parametro rilevato in concentrazioni significative nei reflui di spegnimento è il parametro **tensioattivi totali** (ottenuti analiticamente come la somma degli "tensioattivi anionici" MBAS e dei "tensioattivi non ionici" TAS).

Tale presenza può essere ragionevolmente dovuta all'agente schiumogeno invece che al materiale bruciato.

I risultati delle prove mostrano inoltre che i tensioattivi sono sempre significativamente presenti in tutti gli scenari con valori di picco anche di 500 g/scenario

## ALCUNI RISULTATI



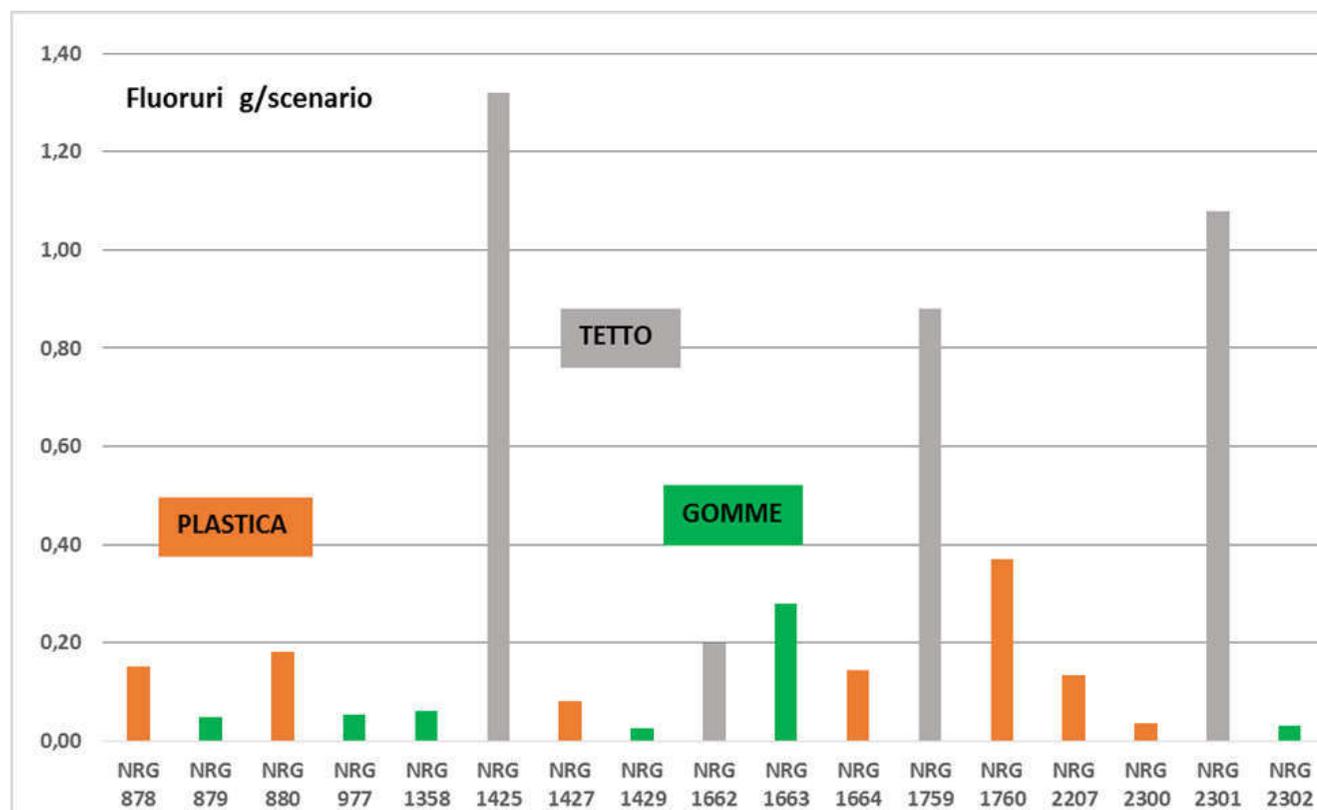
**Tensioattivi totali**  
La quasi totalità dei  
tensioattivi è rappresentata  
da **tensioattivi anionici**

\* Materiale estinguente = acqua

Della famiglia dei tensioattivi fanno parte anche le **sostanze organiche perfluoroalchiliche (PFAS)** di natura sintetica quindi non presenti naturalmente nell'ambiente, risultano stabili agli attacchi chimici e di difficile degradazione microbica.

Da un punto di vista analitico non è stato possibile verificarne esplicitamente la presenza attraverso una speciazione dei tensioattivi anionici.

## ALCUNI RISULTATI



### Fluoruri

Per alcuni dei campioni esaminati si è rilevata la presenza (anche se esigua) di fluoruri.

Questa presenza, piuttosto che imputabile ad un rilascio dovuto alla combustione del materiale testato, potrebbe esser ricondotta ad una possibile decomposizione chimica delle schiume.

\* Materiale estinguente = acqua

## RISULTATI

### Diossine e furani

Prova	Metodo	Risultato	Incertezza	UM	Limiti
1,2,3,7,8-PeCDD	EPA 1613	<0.001		µg/L	
2,3,7,8-TCDD	EPA 1613	<0.001		µg/L	
1,2,3,6,7,8-HxCDD	EPA 1613	<0.001		µg/L	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	EPA 1613	<0.001		µg/L	
OCDD	EPA 1613	<0.001		µg/L	
1,2,3,7,8,9-HxCDD	EPA 1613	<0.001		µg/L	
1,2,3,4,7,8-HxCDD	EPA 1613	<0.001		µg/L	
Sommatoria PCDD, PCDF (Conversione T.E.)	Calcolo	<0.001		µg/L	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	EPA 1613	<0.001		µg/L	
OCDF	EPA 1613	<0.001		µg/L	
1,2,3,4,7,8-HxCDF	EPA 1613	<0.001		µg/L	
1,2,3,6,7,8-HxCDF	EPA 1613	<0.001		µg/L	

Per tutti i campioni effettuati, gli esiti analitici hanno evidenziato **l'assenza nelle acque di spegnimento di diossine e furani**, i cui valori sono risultati inferiori ai limiti di rilevabilità strumentale).

Si rammenta che tali sostanze vengono a formarsi principalmente a seguito di processi di combustione non controllata (es. incendi accidentali ed all'aperto in eccesso di O<sub>2</sub> di materiali eterogenei, quali rifiuti urbani, pneumatici, materie plastiche, termoplastiche, termoindurenti, e rifiuti contenenti composti clorurati, vernici e colle).

**Considerati i tempi di spegnimento molto veloci (dell'ordine in alcuni casi del minuto) non si può però escludere che questi composti non si possano ritrovare nelle acque di spegnimento in caso di incendi reali**

## IPA (Idrocarburi policiclici aromatici)

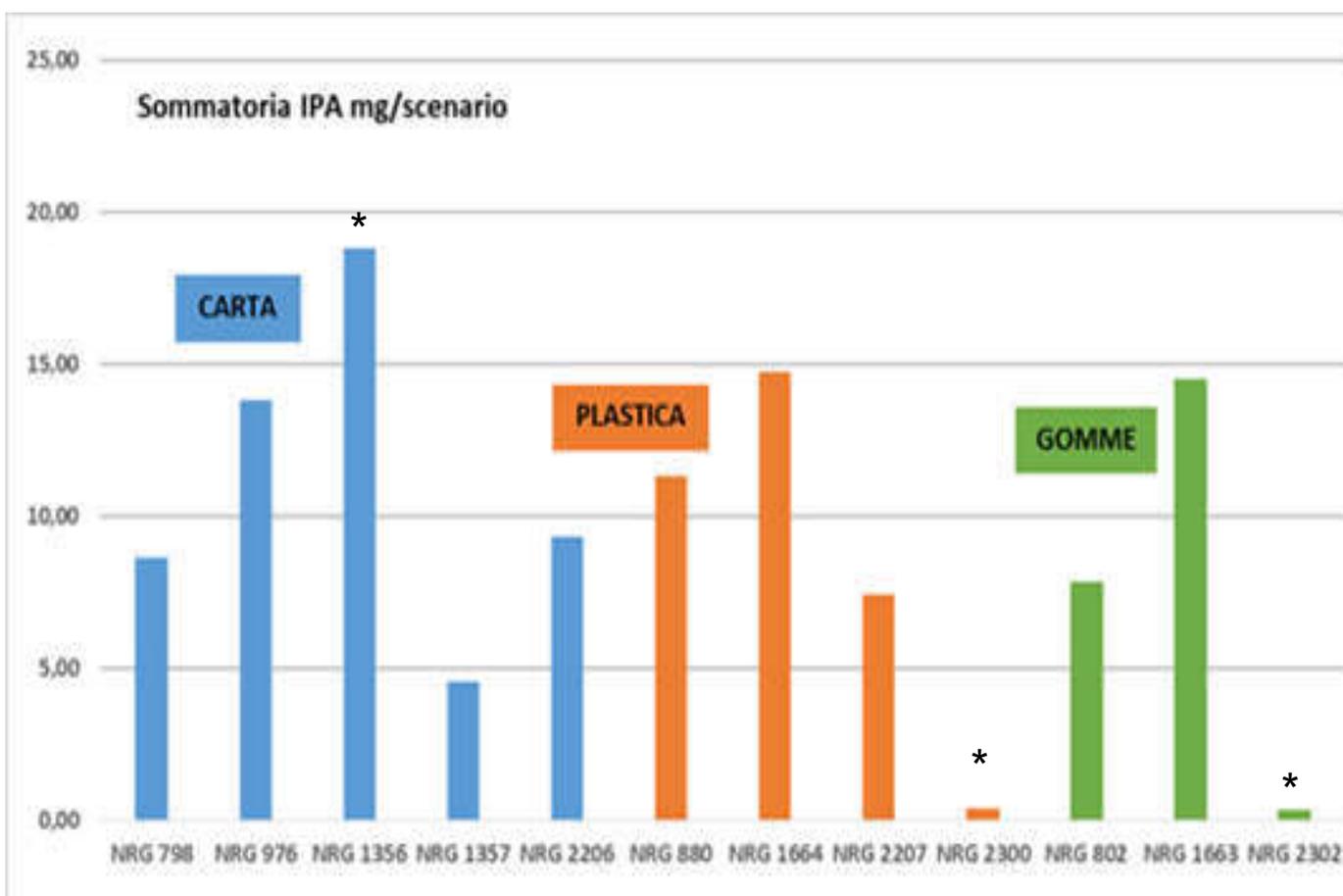
**Gli IPA sono stati rilevati in tutti i reflui prodotti dallo spegnimento.**

Tali contaminanti derivano direttamente dai processi di combustione incompleta o dalla pirolisi di materiale organico contenente carbonio, come carbone, legno, prodotti petroliferi e rifiuti.

Gli IPA costituiscono una vasta classe di composti organici la cui caratteristica strutturale è la presenza di due o più anelli benzenici uniti tra loro. Il meccanismo di formazione degli IPA, durante il processo di combustione è alquanto complesso e consiste principalmente nella ripolimerizzazione di frammenti di idrocarburo, che si formano durante il processo di cracking (la frammentazione in numerose parti delle molecole più grosse del combustibile a contatto con il fuoco).

La reazione di ripolimerizzazione avviene soprattutto in condizioni di mancanza d'ossigeno e, conseguentemente, la velocità di formazione degli IPA aumenta con il diminuire del rapporto ossigeno/combustibile

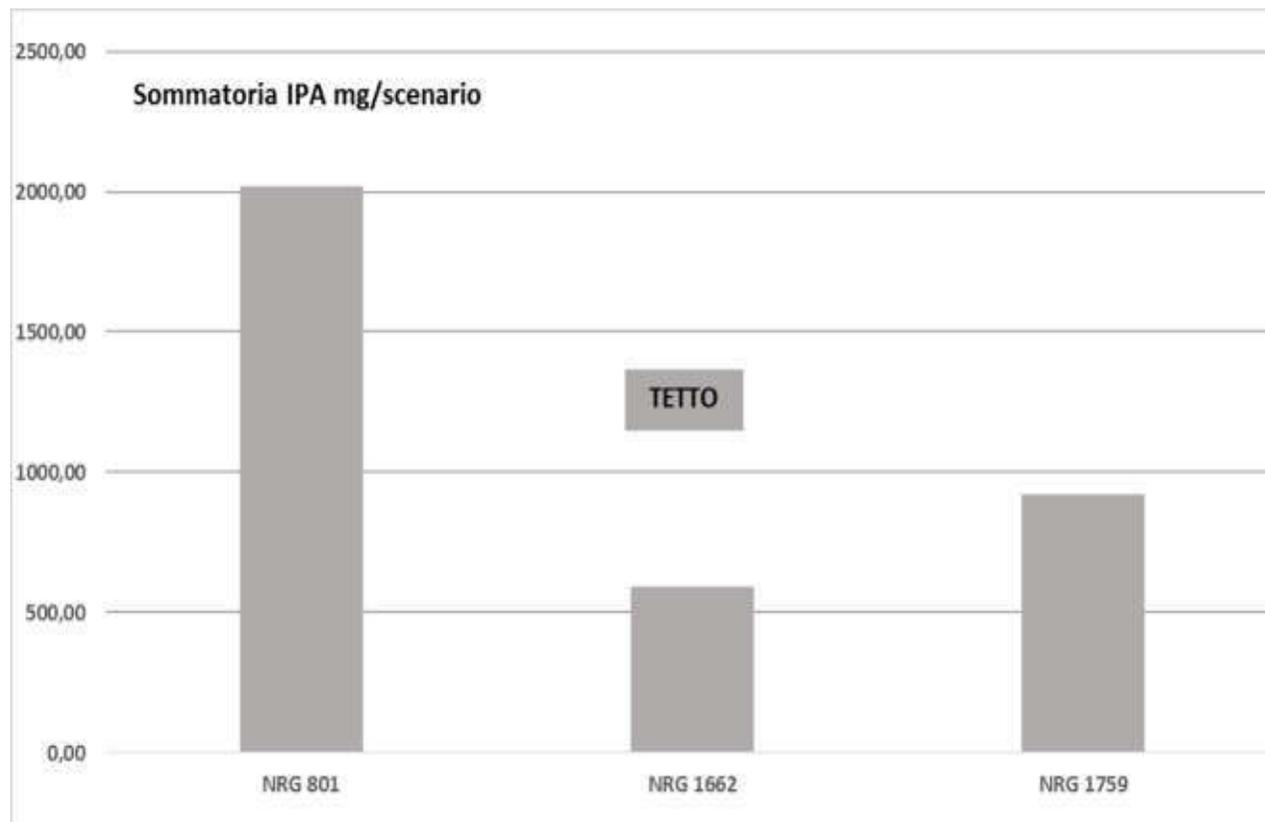
## RISULTATI



Il grafico mostra gli apporti di **IPA** espressi in mg/scenario rilevati per i vari campioni prelevati al termine dello spegnimento degli scenari carta, plastica e gomme. **Le quantità rinvenute per tali campioni sono confrontabili e i valori medi riscontrati per tutte e tre queste tipologie di materiale si attestano intorno ai 10 mg/scenario.**

\* Materiale estinguente = acqua

## RISULTATI



Quantità molto più significative di IPA si sono riscontrate nel caso dello scenario **tetto ventilato** con un valore di picco intorno ai 2000 mg/scenario e un valore medio calcolato sulle relative prove di circa **1000 mg/scenario**.

## METALLI

A seguito della combustione e il suo successivo spegnimento sono state rinvenute nei reflui anche significative quantità di **contaminanti metallici**.

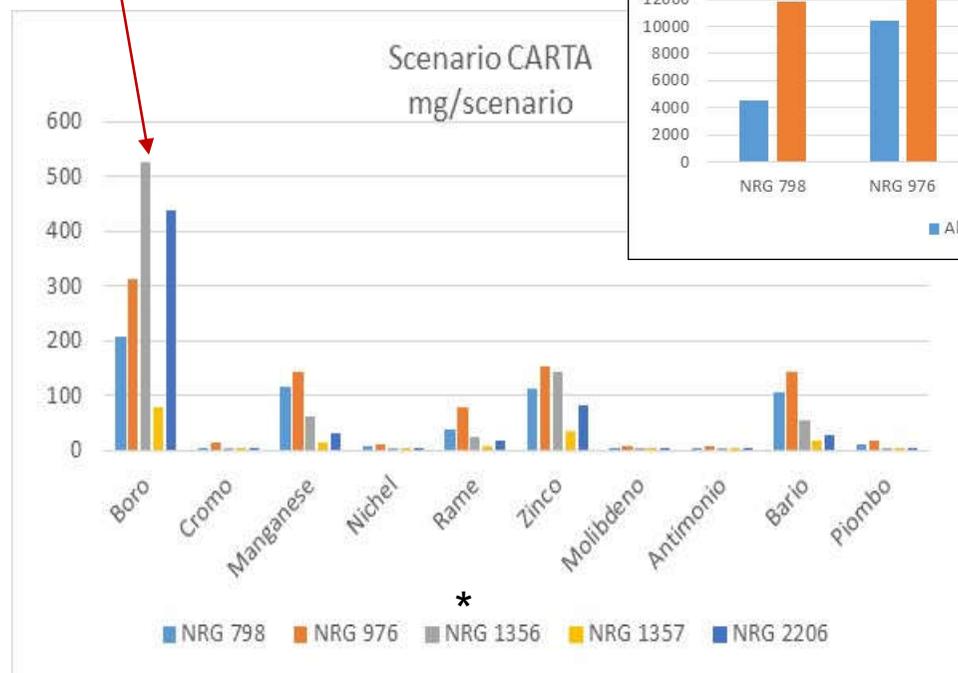
In particolare gli elementi maggiormente presenti risultano essere:

>>	>	-
Alluminio	Boro	Cromo
Zinco	Manganese	Nichel
Ferro	Bario	Molibdeno
	Rame	Antimonio
		Piombo

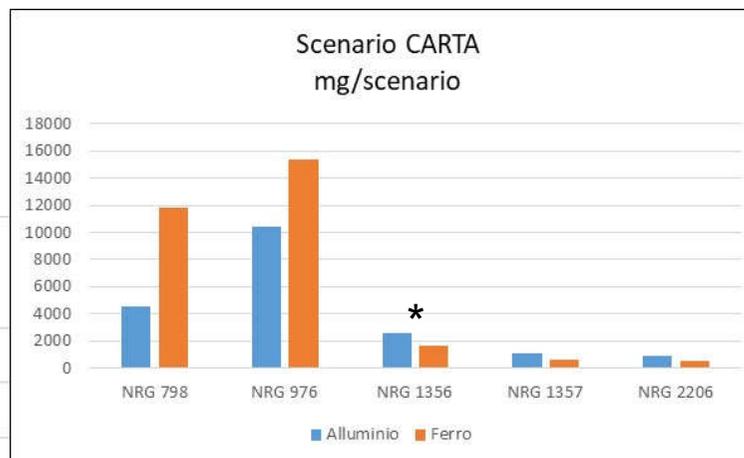
Le altre specie analizzate risultano presenti in concentrazioni poco significative, inferiori al mg/scenario.

## Metalli - Scenario CARTA

**Boro**



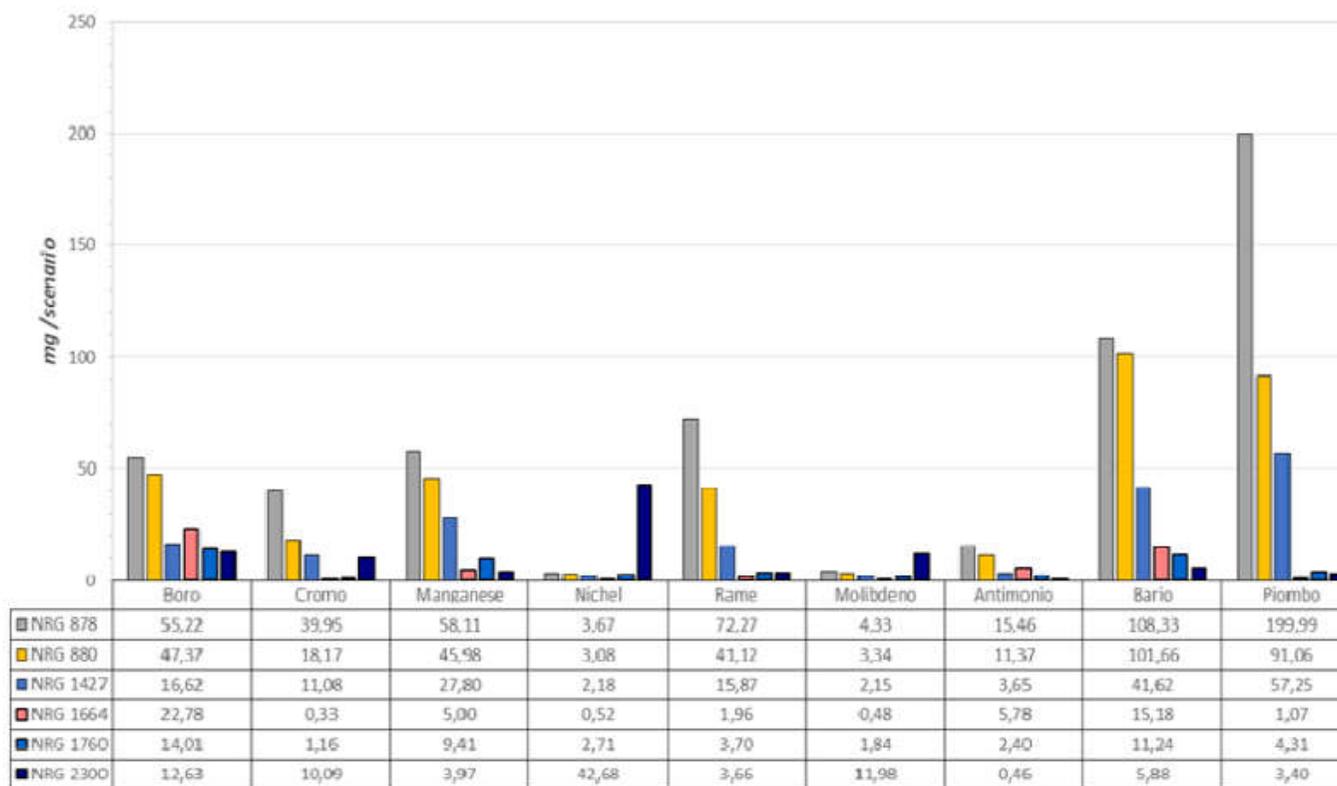
\* Materiale estinguente = acqua



Rispetto ai risultati ottenuti sugli altri scenari, con la carta si sono rilevati maggiori contenuti di **Boro** probabilmente dovuto alla sua normale presenza nel materiale testato visto che l'acido borico  $H_3BO_3$  viene utilizzato nei processi di produzione industriali della carta. Sali di boro sono inoltre comunemente utilizzati come ritardanti di fiamma negli schiumogeni. Il boro riscontrato (in media intorno ai 300 mg/prova) è dovuto quindi alla somma di entrambi i contributi.

In tale scenario sono state riscontrate significativi quantitativi di **Zinco, Bario e Manganese** (nell'ordine dei 100mg/prova), mentre l'**alluminio e il ferro** sono presenti in quantità superiori al g/prova e sono stati pertanto riportati a parte

## Metalli - Scenario PLASTICA

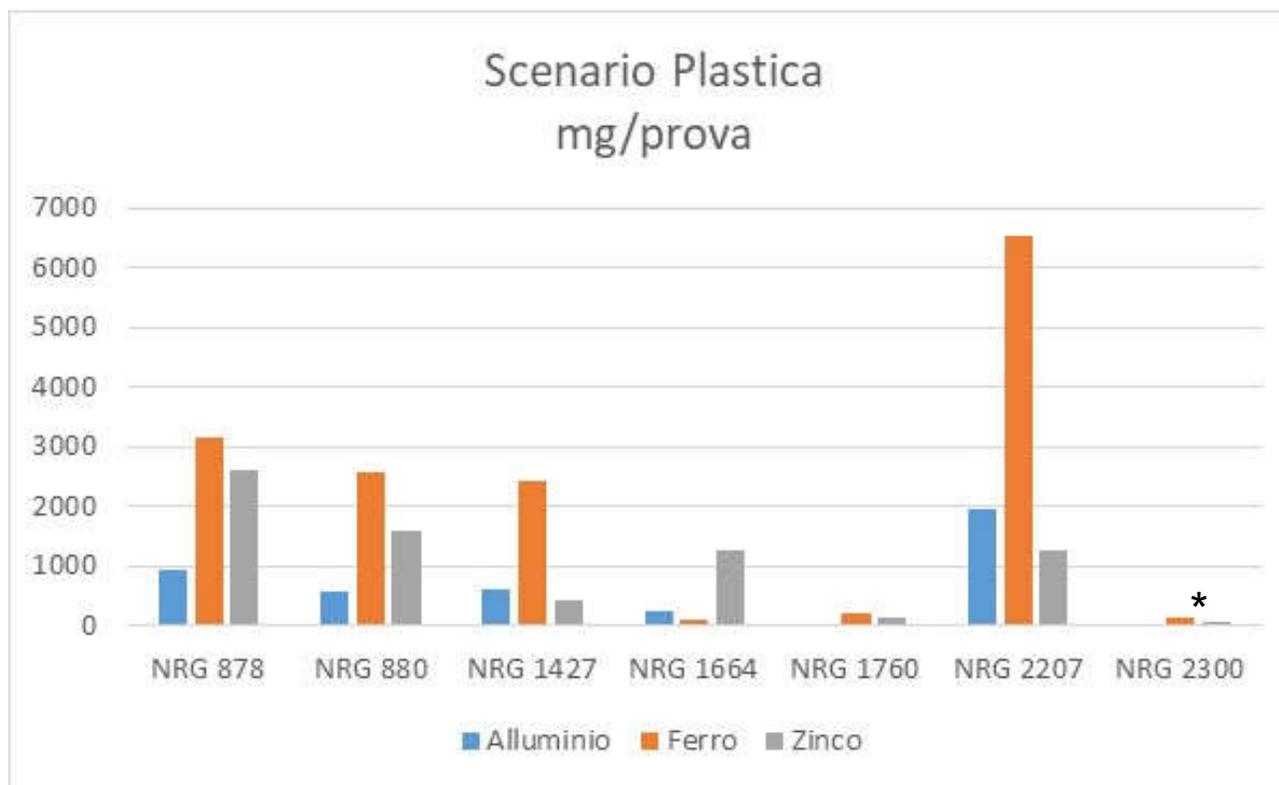


Per lo **scenario plastica**, si evidenzia la presenza significativa di elementi quali **Bario, Cromo, Piombo, Manganese, Rame e Boro**.

\* Materiale estinguente = acqua

A parte sono invece riportati rispettivamente i valori riscontrati per i metalli **Alluminio** e **Zinco** per le medesime prove, i quali risultano rilasciati in abbondanze dell'ordine del grammo/prova.

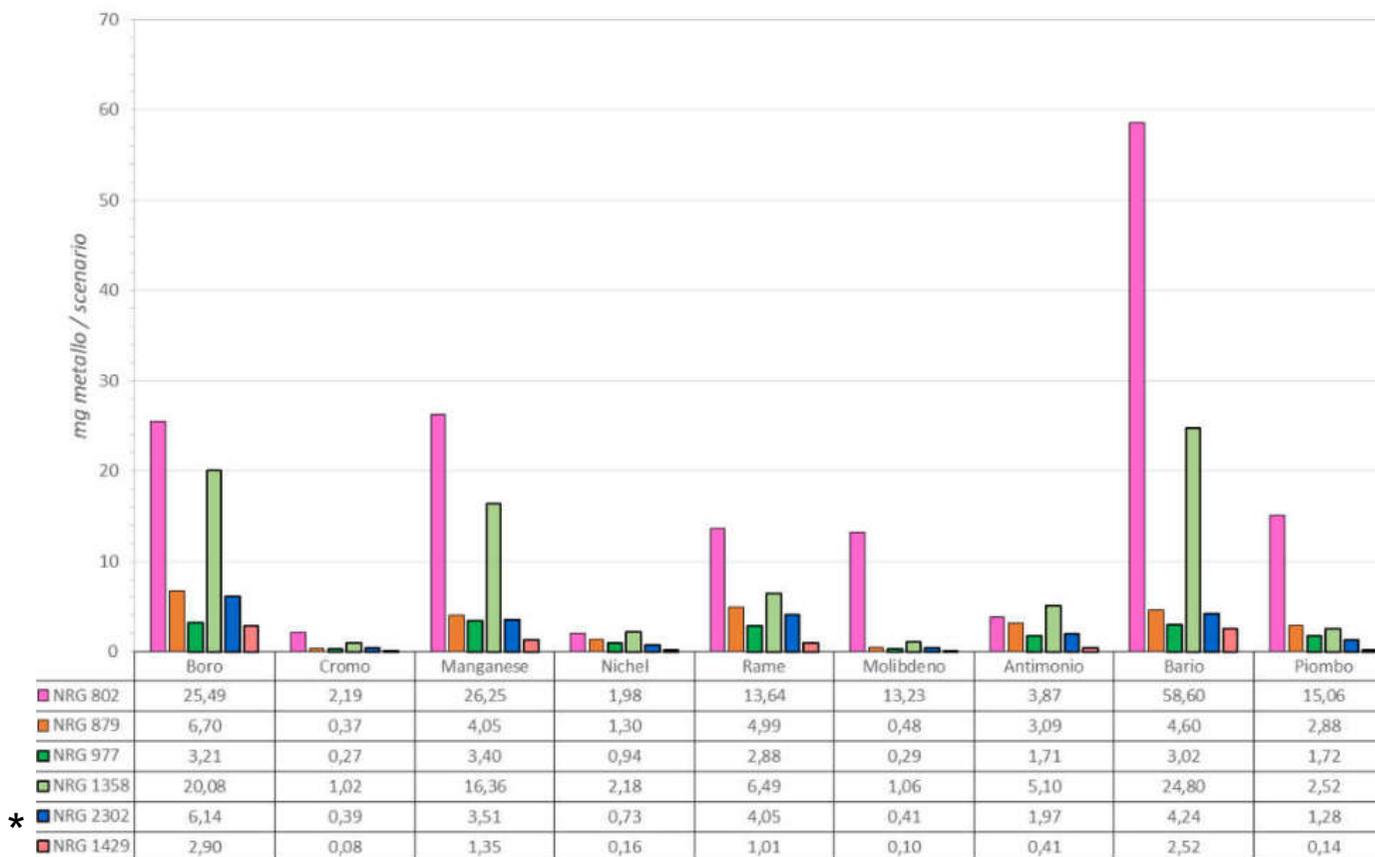
## Metalli - Scenario PLASTICA



A parte sono invece riportati rispettivamente i valori riscontrati per i metalli **Alluminio, Ferro** e **Zinco** per le medesime prove, i quali risultano rilasciati in concentrazioni dell'ordine del g/prova. Rispetto allo scenario carta, si osservano minori apporti di alluminio e maggiori apporti di zinco rilasciati nelle acque di spegnimento prelevate per il materiale plastica.

\* Materiale estinguente = acqua

## Metalli - Scenario GOMME



\* Materiale estinguente = acqua

Risulta essere in assoluto lo scenario da cui si origina il **minore apporto di metalli** alle acque di spegnimento. Nello specifico si rilevano solamente significativi contributi di elementi quali **Alluminio, Ferro e Zinco** con picchi oltre il g/prova, ma in media inferiori agli altri scenari affrontati. Le altre specie metalliche hanno contributi poco rilevanti.

## CONCLUSIONI

I risultati ottenuti dalle prove indicano chiaramente che le acque di spegnimento di un incendio possono veicolare, se non opportunamente segregate e gestite, gran parte dei composti attenzionati dalla normativa ambientale in relazione agli scarichi idrici.

I risultati analitici riscontrati hanno inoltre generalmente permesso di distinguere quali contaminanti siano prodotti direttamente dalla combustione del materiale testato e quali invece siano ragionevolmente correlati all'utilizzo delle schiume estinguenti, la cui efficacia in tale ambito è stata largamente testata in ausilio ai sistemi di spegnimento più tradizionali.

Per questi motivi la sinergia tra i VVF e il Sistema delle Agenzie ambientali, che si è realizzato in occasione di queste prove, ha portato e può portare anche in futuro ottimi risultati in termini di conoscenza dei fenomeni e ricadute importanti sulla gestione delle operazioni di spegnimento degli incendi anche in termini di riduzione dell'impatto ambientale.



## Conclusioni

- La sperimentazione è stato per noi ARPA partner un'occasione di conoscenza molto importante e ancora unica poiché ci ha consentito:
  - di approcciarci alla nuova fenomenologia degli incendi, così da comprenderne le differenze e alle dinamiche di intervento del Corpo dei Vigili del Fuoco e ai nuovi sistemi di spegnimento
  - di iniziare a creare una base dati per comprendere quali specie di contaminanti e quali possibili impatti sull'ambiente si generino a seguito degli incendi e del loro spegnimento, in particolare sui reflui prodotti quali veicolo di potenziale contaminazione
  - di comprendere le criticità dello studio sperimentale al fine di ricalibrare il modello empirico per una migliore interpretazione dei risultati
  - di fornire un contributo utile al possibile contenimento dei reflui originatisi dallo spegnimento degli incendi
  - di suggerire criteri ambientali nella scelta dei sistemi estinguenti
- È importante sottolineare che alcuni campioni, proprio per la particolarità della combinazione materiale/estinguente, sono risultati particolarmente onerosi per il laboratorio (es. idrocarburi e IPA)

## Sviluppi futuri

- Riattualizzare lo studio già effettuato nel 2019 con nuovi sistemi estinguenti
- Affinare il modello risolvendo alcune criticità delle condizioni al contorno anche ai fini del confronto dei valori di concentrazione con i limiti normativi ambientali
- Studiare contaminanti persistenti alla base del principio attivo di alcune tipologie di schiumogeni (es. PFAS)
- Caratterizzare gli agenti estinguenti
- Analisi in funzione del destino ambientale delle sostanze ritrovate (schede Agenzia Europea delle sostanze chimiche (ECHA))
- Sviluppo di procedure nella gestione dell'emergenza per il contenimento delle acque reflue di spegnimento
- Pubblicazione con tutti i risultati



**Grazie per l'attenzione**

# Sistemi estinguenti abbinati agli schiumogeni

- La maggior parte dei sistemi CAFS testati in abbinamento agli schiumogeni fa uso di acqua nebulizzata ad Alta Pressione (100-120 bar)
- Il CAFS è un sistema che riunisce tre elementi: pompa dell'acqua, pompa dello schiumogeno e un compressore dotati di sensori (flussimetri e pressostati) controllati da un PLC grazie al quale vengono dosati gli agenti schiumogeni in base alla combinazione più efficiente delle variabili dello spegnimento: massa (M), superficie di contatto (S), tempo di contatto ( $\Delta t_c$ ) e differenza di temperatura tra l'agente estinguente ed il combustibile ( $\Delta T$ )