



PVC ACADEMY 2025

SELEZIONARE PER RICICLARE:
LE METODOLOGIE NIR E X-RAY

vinyl^{plus}



ALESSIO BOSCOLO
PHOENIX - RICERCA E TECNOLOGIE OTTICHE SRL

6 12
novembre
ore 10 - 12

- Ogni attività produttiva deve nel corso della sua “vita” affrontare due visioni programmatiche differenti:
- Programmare il futuro
- Gestire il passato
- Quindi, progettazione per il riciclaggio: le plastiche e i loro additivi devono essere progettati in modo da consentirne il riciclaggio.



- Allo stesso tempo, dobbiamo però gestire il passato, dobbiamo, cioè, definire metodi e tecnologie che ci permettano:
 - ✓ di gestire i prodotti a fine vita che sono stati progettati in base a regole esistenti al momento della messa in commercio che oggi non sono più accettate.
 - ✓ di evitare che vengano immesse sul mercato europeo articoli che non seguono le regole definite dalle norme europee; questo vale non solo per i prodotti anche per i riciclati.
- Mentre il “nuovo” PVC è da considerare “sostenibile” e “circolare” per la presenza di sostanze permesse, il “vecchio” PVC, per poter essere sostenibilmente riciclato, deve essere ripulito dai Legacy Additives.
- Il PVC è un materiale durevole adatto al riciclaggio meccanico.



- La tracciabilità dei Legacy Additives è quindi un fattore chiave per un'economia circolare. Sapere quali additivi sono presenti in un prodotto aiuta a riciclarli in modo efficace.
- È necessario mettere a punto un sistema per rilevare la loro eventuale presenza nel prodotto a fine vita per definire come gestirlo per farlo diventare una materia prima seconda «sostenibile».



Come gestire il passato

- Per la sua riciclabilità, il PVC è, quindi, particolarmente adatto a essere considerato un materiale “circolare” il cui utilizzo dovrebbe essere promosso all'interno dei progetti circolari della Commissione Europea. La possibilità di essere riciclati in prodotti di qualità dipende dalla qualità del PVC messo a disposizione del riciclatore; da qui l'ulteriore necessità che il sistema di raccolta, in particolare dei rifiuti ingombranti e delle demolizioni edili, sia in grado di selezionare il PVC tra altri materiali, in particolare le plastiche.
- Il fatto che sia un materiale durevole, però, fa sì che nel PVC post-consumo possano essere presenti sostanze che erano consentite molti anni fa e che oggi sono o saranno limitate all'interno del Regolamento Reach. Tra questi ricordiamo in particolare Pb, Cd, ftalati a basso peso molecolare (LMW-Low Molecular Weight) e le cloroparaffine a catena bassa e media (MCCP) che vengono tutti definiti con il termine “Legacy Additives”.

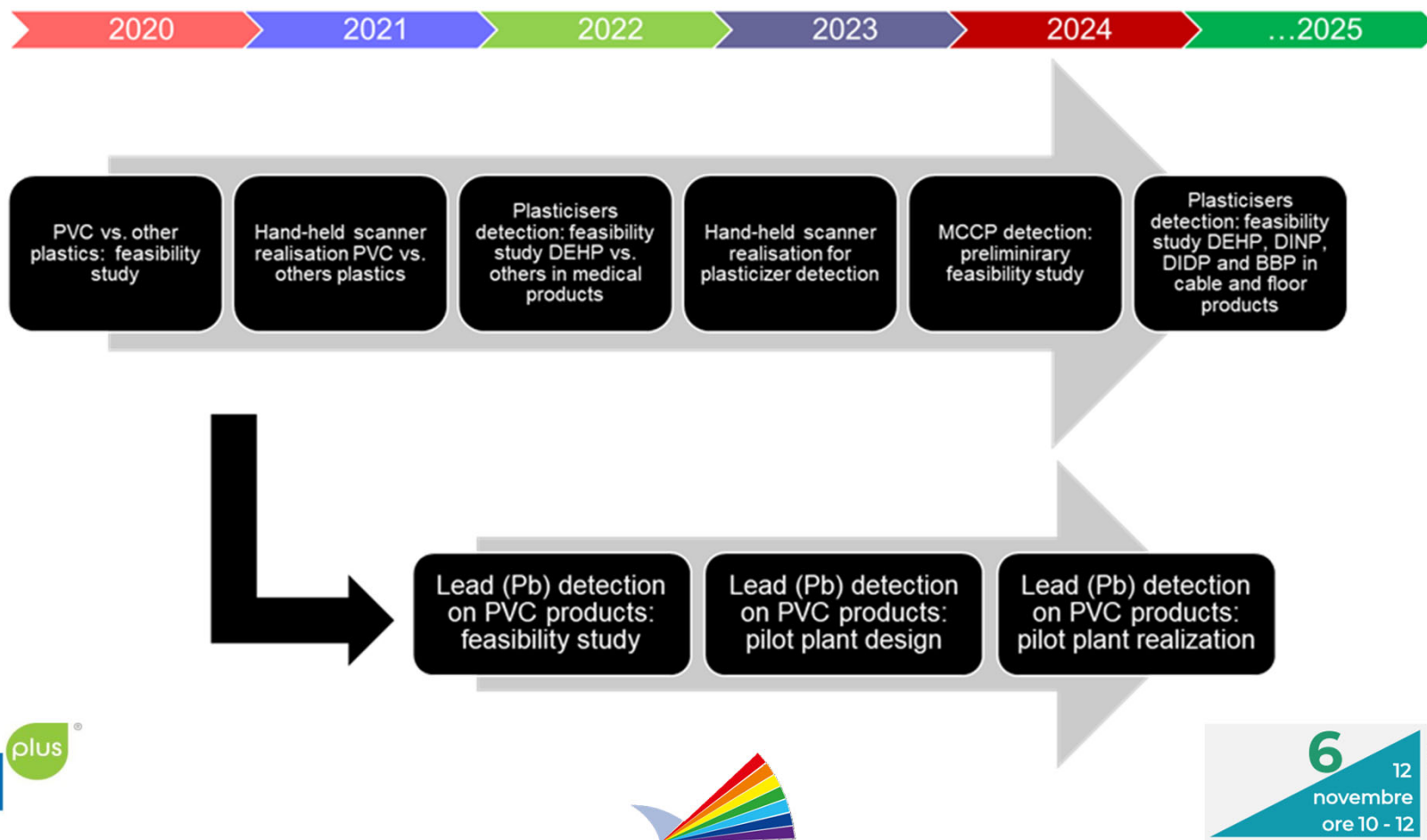


Le Tecnologie utilizzate

- Nei progetti già sviluppati o in corso sono state adottate due diverse tecnologie di rilevamento delle sostanze:
 - 1) Tecnologia a fluorescenza X (XRF)
 - 2) Tecnologia a infrarossi (NIR/SWIR)
- Entrambe le tecnologie sono state sviluppate sia per rilevare la presenza su un prodotto intero attraverso il cosiddetto Manual Scanner (hand-held) sia sul prodotto macinato attraverso un sistema di rilevamento in continuo..



Le Tecnologie adottate



Il Progetto di VinylPlus in corso

- “Detection Technologies for Legacy Additives in PVC products” è il titolo del nuovo Progetto di VinylPlus previsto per il 2025-2026
- Il Progetto sviluppato in collaborazione con Phoenix  enda italiana ad alta tecnologia nei campi della fotonica e della spettroscopia»
- Gli obiettivi principali del progetto in corso sono :
 - ✓ Testare l'impianto pilota industriale di selezione con tecnologia XRF con campioni di scarto provenienti da tubi, profili e cavi.
 - ✓ Ftalati a basso e alto peso molecolare con una sensibilità target di 1000 ppm.
 - ✓ MCCP con una sensibilità target di 1000 ppm.
 - ✓ Progettare e testare una linea continua automatizzata per l'identificazione di additivi legacy utilizzando la tecnologia NIR assistita da apprendimento automatico.



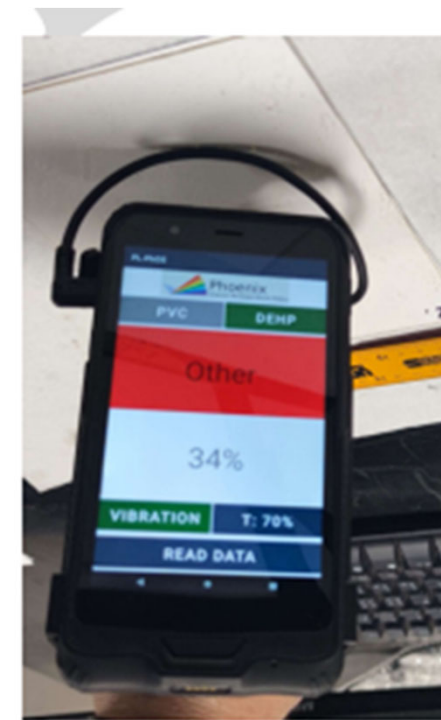
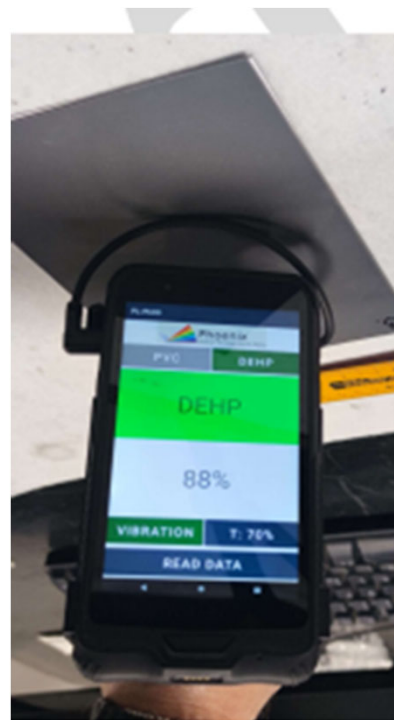
UN MANUAL SCANNER PER LO SCREENING DEI LEGACY ADDITIVES NEI PRODOTTI IN PVC



Primo progetto completato riconoscimento del PVC

- Il primo progetto era quello di sviluppare uno strumento che permettesse la separazione dell'articolo in PVC dalle altre materie plastiche. A questo scopo è stato progettato un sistema di rilevamento ad infrarossi. Uno Scanner Manuale con tecnologia NIR è stato utilizzato con successo presso diversi centri di raccolta e ha permesso di ottenere PVC post-consumo con una purezza superiore al 99%.

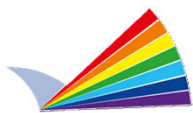
- segnale verde = PVC** **segnale rosso = no PVC**



Altri progetti completati o in corso

- È stato completato uno studio per la realizzazione di un dispositivo per la rilevazione del plastificante DEHP. E' stato possibile definire l'hardware e successivamente realizzato uno strumento per rilevarne la presenza.
 - ✓ Uno scanner manuale è utilizzato nel riciclaggio del PVC per prodotti medicali.
- È stato avviato e completato lo studio di fattibilità per la realizzazione di un dispositivo per la rilevazione delle paraffine clorurate a catena media (MCCP) nel PVC. Da questo studio di fattibilità sono state ottenute una serie di informazioni per progettare uno strumento NIR manuale o online che consenta di rilevare la presenza di tale sostanza.
- E' in corso un ulteriore studio sui plastificanti per poter definire un software che possa permettere la realizzazione di un dispositivo in grado di differenziare la presenza dei vari plastificanti ftalici utilizzati nei prodotti in PVC flessibili (DEHP, DINP, DIDP, DBP, BBP, etc)

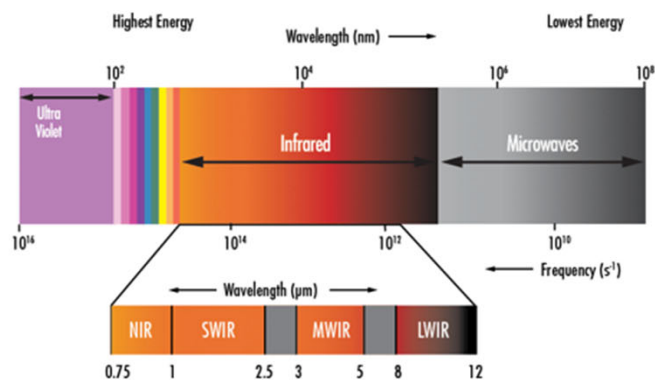




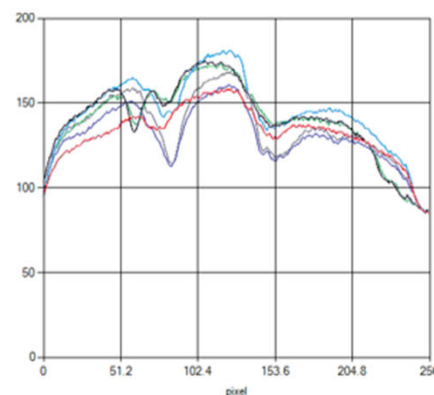
NIR/SWIR Techniques

Polymers typically absorb infrared (IR); absorption bands are typical and characterizing each molecule.

These absorption bands are typically confined to the spectral ranges that go from 1 to 2,5 μm (SWIR) or 3 to 5 μm (MIR)



Electromagnetic spectrum



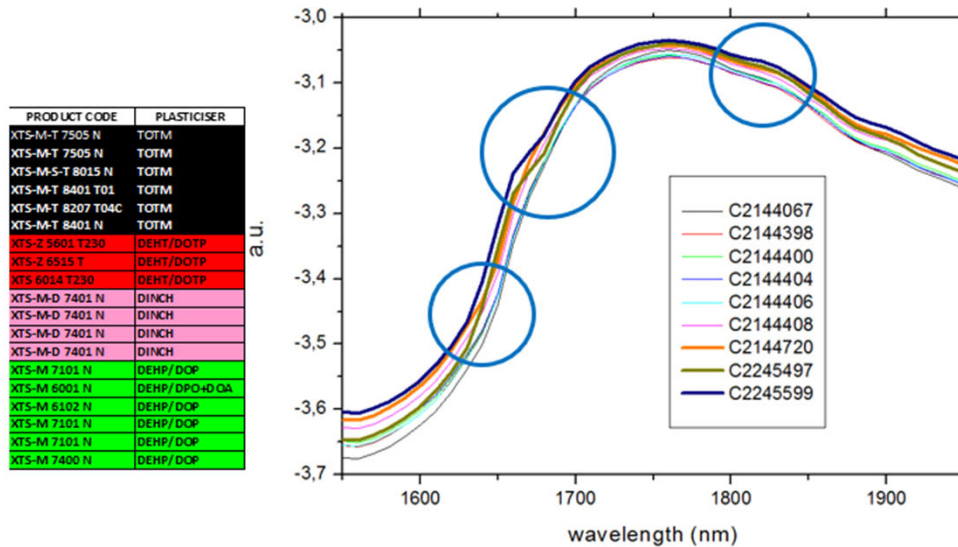
Some polymers spectra





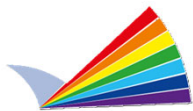
Plasticizers identification in medical products

Spectra of some PVC samples with different plasticizer inside

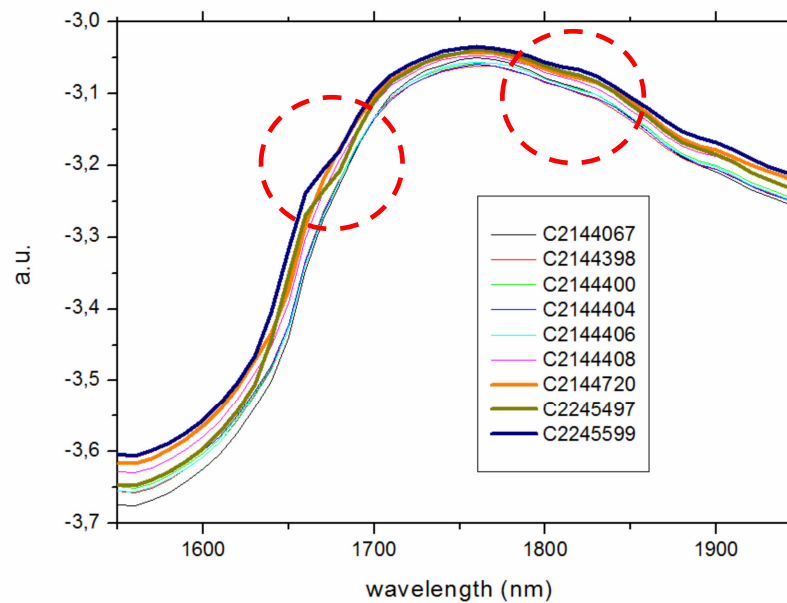
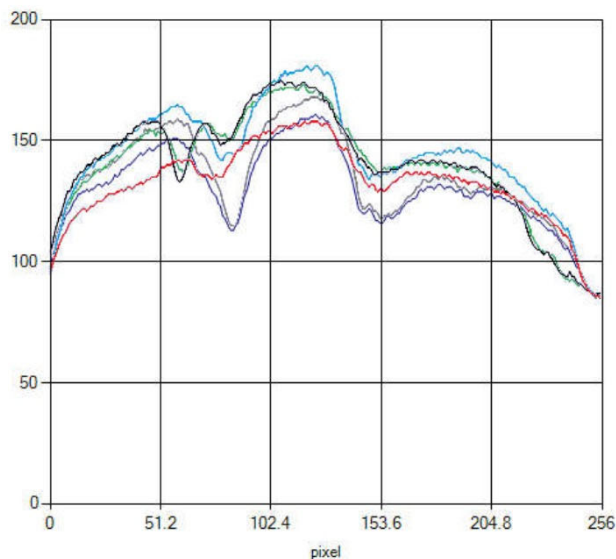


The results of the NIR/SWIR measurements in reflection show differences in the responses of the plastic samples such as to allow the material to be uniquely identified.

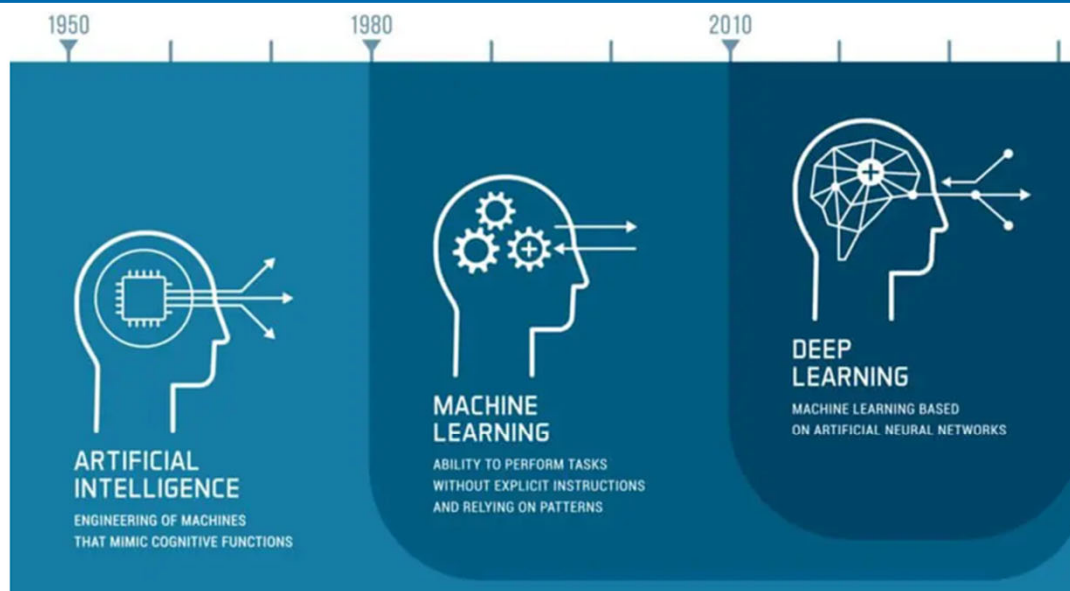




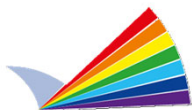
Plasticizers identification in medical products



Software development

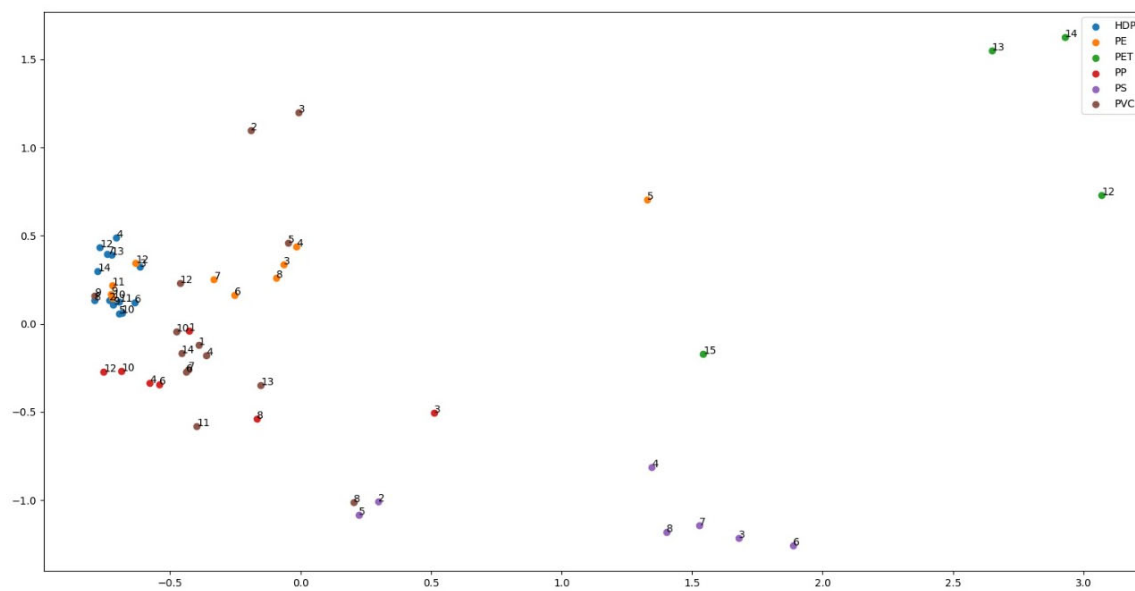
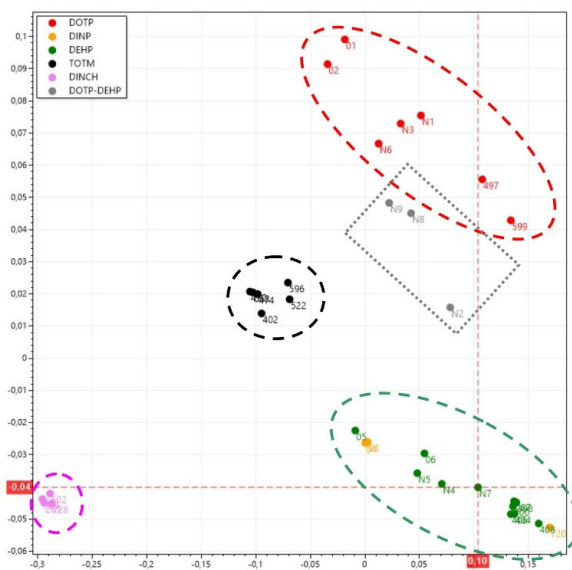


- As in previous projects, we decide to use a new category of algorithms that give good results in similar thematic, i.e. **Machine Learning**.
- The *Machine Learning* is a subset of artificial intelligence focusing on a specific goal: setting computers up to be able to perform tasks without the need for explicit programming



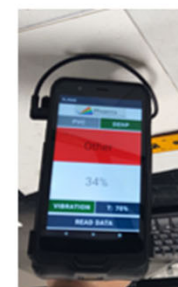
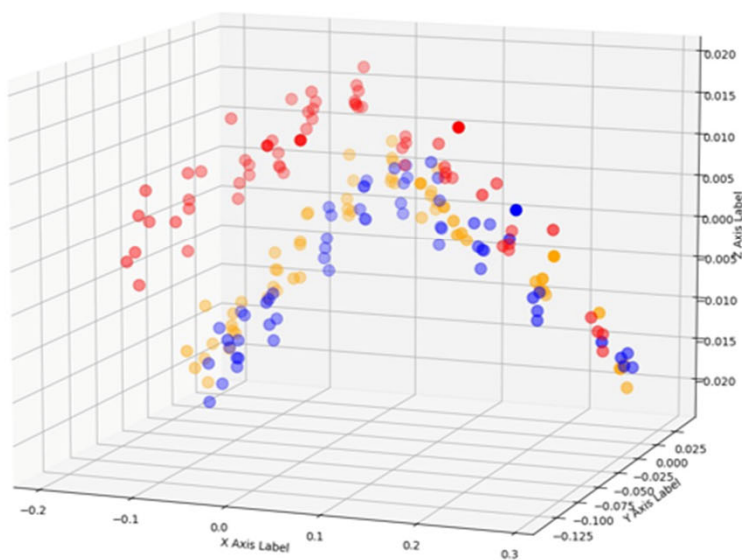
Plasticisers detection: DEHP, DINP, DIDP and BBP in cable and floor products

TOTAL RESULTS





Three-dimensional projection of PCA vectorial space



CONFIDANCE	50%	60%	70%
SAMPLES	262	262	262
NO	7	15	24
%NO	2,7%	5,7%	9,2%

OK	255	247	238
%OK	97,3%	94,3%	90,8%



LA SEPARAZIONE IN CONTINUO DEL PVC POST CONSUMO CONTENENTI LEGACY ADDITIVE



Impianto industriale per la separazione in continuo del PVC con e senza Legacy Additives

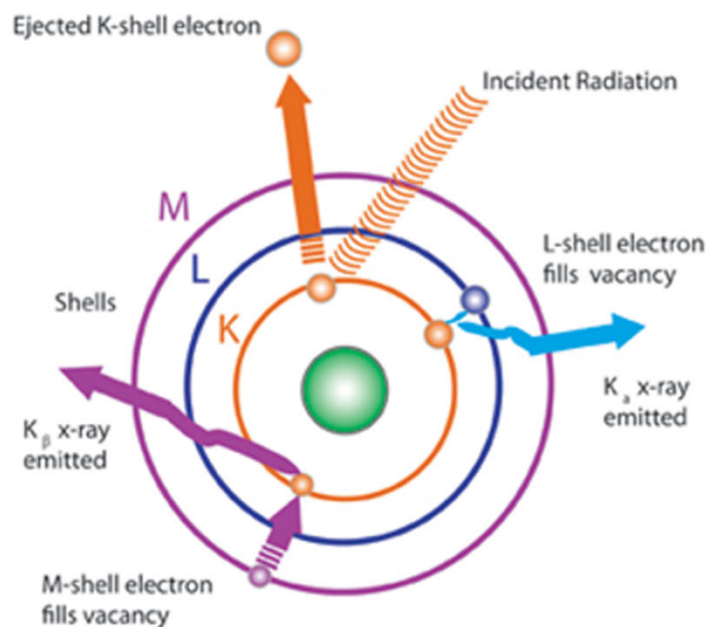
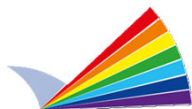
- Questo progetto prevede la progettazione di un sistema che, attraverso un nastro di trasporto e utilizzando materiale opportunamente granulato, permetta:
 - Di applicare la tecnologia a fluorescenza X (XRF) per rilevare l'eventuale presenza di piombo ed eventualmente di altre sostanze quali il Cd ad esempio.
 - Di applicare la tecnologia NIR/SWIR per rilevare l'eventuale presenza di MCCP, DEHP, altri plastificanti orto-ftalici .



Impianto industriale per la separazione in continuo del PVC con e senza Legacy Additives

- È in fase di installazione in Italia un impianto pilota sia per prodotti in PVC rigido che flessibile che permetterà di ottenere una serie di informazioni in termini di produttività ed efficienza di rilevazione e di ottenere tutte le informazioni necessarie per la realizzazione di un impianto industriale, che:
 - ✓ Permetta di rilevare la presenza di Pb nel prodotto analizzato e di separare la parte che lo contiene (che potrebbe poi essere inviata ad un eventuale impianto di estrazione per dissoluzione);
 - ✓ Sia affidabile anche con capacità produttive industriali;
 - ✓ Sia facile da usare da parte di operatori addestrati;
 - ✓ Sia conforme alle vigenti norme di sicurezza.

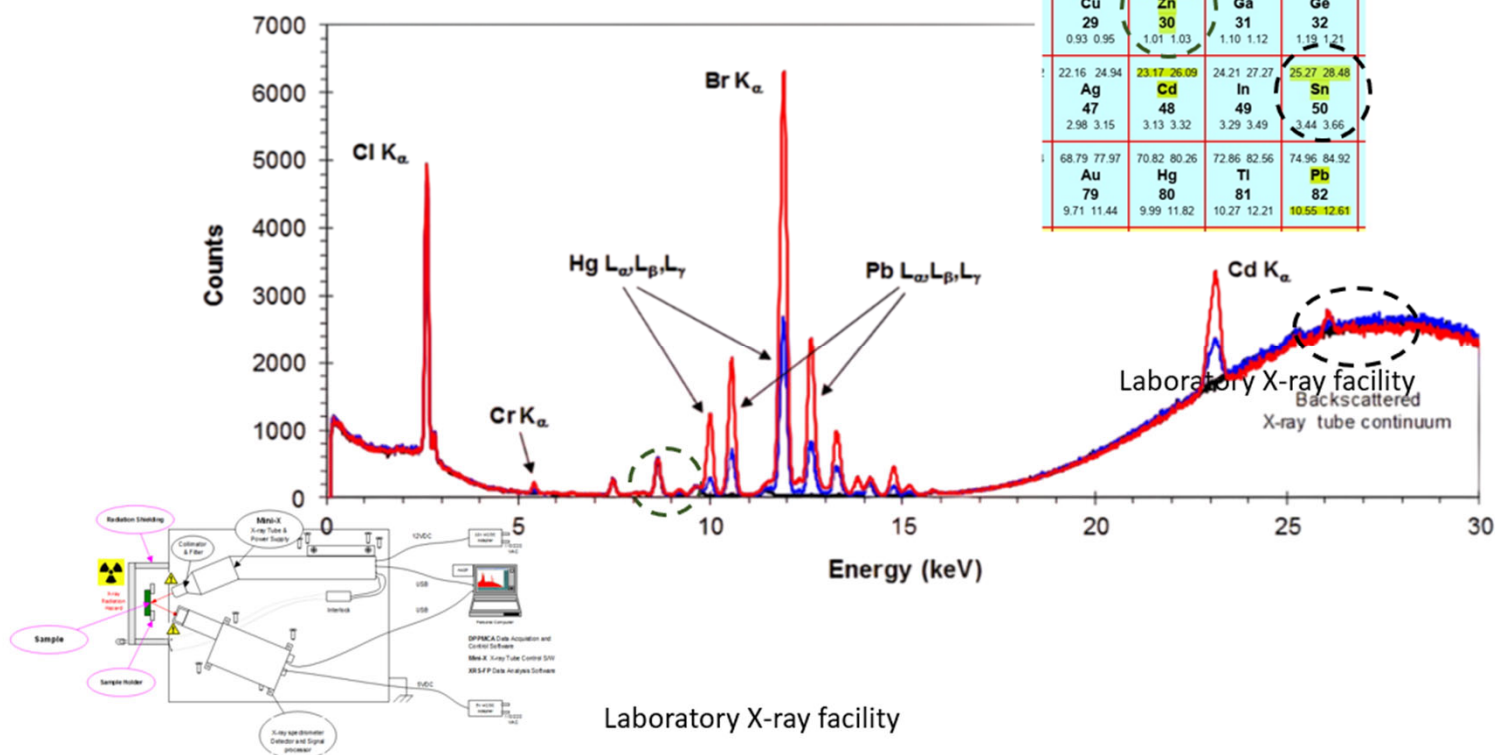


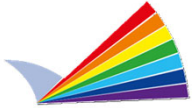


- Fluorescent X-rays are produced by exposing a sample to an X-ray source that has an excitation energy similar to, but greater than, the binding energy of the inner-shell electrons of the elements in the sample.
- Some of the source X-rays will be scattered, but a portion will be absorbed by the elements in the sample.
- Because of their higher energy level, they will cause ejection of the inner-shell electrons. The electron vacancies that result will be filled by electrons cascading in from outer electron shells;
- however, since electrons in outer shells have higher energy states than the inner-shell electrons they are replacing, the outer shell electrons must give off energy as they cascade down.
- The energy is given off in the form of X-rays, and the phenomenon is referred to as X-ray fluorescence.



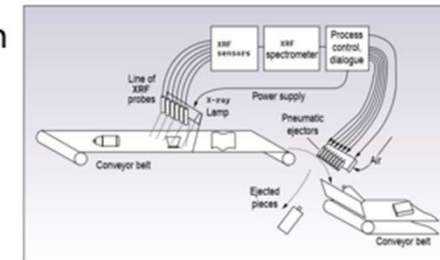
	8.05 8.90 Cu 29 0.93 0.95	8.64 9.57 Zn 30 1.01 1.03	9.25 10.26 Ga 31 1.10 1.12	9.89 10.98 Ge 32 1.19 1.21
f	22.16 24.94 Ag 47 2.98 3.15	23.17 26.09 Cd 48 3.13 3.32	24.21 27.27 In 49 3.29 3.49	25.27 28.48 Sn 50 3.44 3.66
d	68.79 77.97 Au 79 9.71 11.44	70.82 80.26 Hg 80 9.99 11.82	72.86 82.56 Tl 81 10.27 12.21	74.96 84.92 Pb 82 10.55 12.61



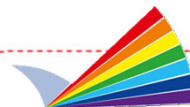
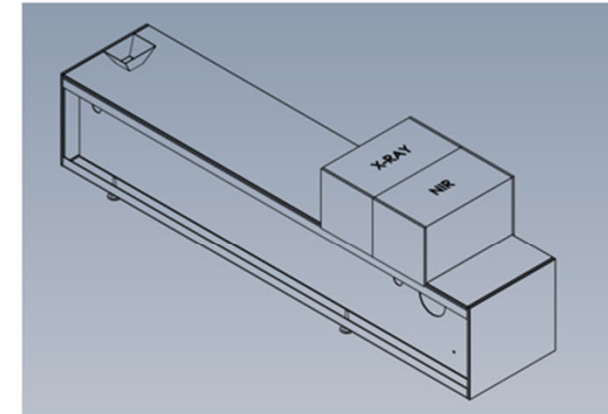
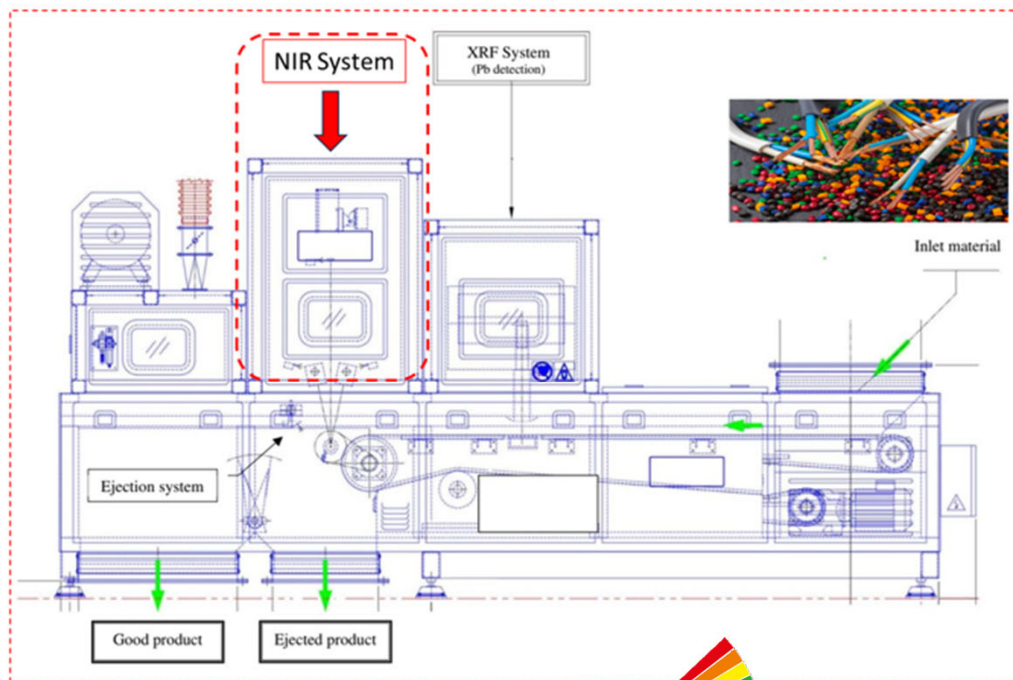


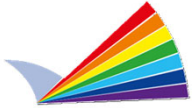
Pb detection: from laboratory to production plant

Schematic diagram of a production machine with XRF technology



Future: to add NIR technology





Pb detection: from laboratory to production plant

Hyperspectral camera in the range NIR/SWIR



Industrial sorting machine - layout



Thank you



www.phoenix-rto.it



phoenix@phoenix-rto.it



Via Svizzera, 6 – 35127 Padova - Italy



Alessio Boscolo



+39 0497625256

