

LA QUALITÀ DEL LEGNO: MISURE SPEDITIVE CON TECNOLOGIE INNOVATIVE

Martino Negri¹, Marco Fellin¹, Anna Sandak¹, Jakub Sandak¹

¹CNR-IVALSA, San Michele all'Adige, Trento; negri@ivalsa.cnr.it

La caratterizzazione del legno si attua con un sistema affermato di tecnologie associate a procedure fissate da Norme tecniche. Negli ultimi anni vi è stata la possibilità di accedere a tecnologie innovative idonee per definire proprietà del legno differenti da quelle strettamente normalizzate. Presso il Laboratorio di Qualità del Legno CNR-IVALSA sono state sottoposte a sperimentazione tali tecnologie e/o metodologie, allo scopo di definire in modo nuovo differenti proprietà del legno in relazione ad esigenze di ricerca e di applicazioni industriali. La caratteristica che accomuna le tecnologie adottate è quella di richiedere una limitata o nulla preparazione del provino, tanto da poterle definire come “prove non-distruttive”; inoltre molte di tali metodologie permettono di effettuare la misurazione in tempi brevi. La spettrofotometria utilizzata nello spettro del visibile viene impiegata per determinare le coordinate colorimetriche della superficie. Ai colorimetri analogici con sfera di integrazione si sono affiancati sistemi digitali di analisi multispettrale che permettono di avere informazioni da punti di piccole dimensioni su ampie superfici. La spettrofotometria nell'infrarosso consente di ottenere alcune proprietà chimiche della superficie, da cui abbiamo ricavato la provenienza geografica, la presenza e classificazione di sostanze inquinanti (gasolio, olii, adesivi, ecc.). La spettrometria in fluorescenza X ci permette, dopo avere effettuato una lunga procedura di taratura, di identificare e quantificare la presenza di molti elementi chimici; questa tecnologia permette di identificare rapidamente la presenza di metalli pesanti o di elementi dannosi per la salute o problematici. Un ulteriore aspetto studiato è quello delle emissioni gassose di legno e derivati, quali i TVOC e la formaldeide, che analizziamo con apparecchiature portatili ad elevata risoluzione (ppb) basate rispettivamente su detector a fotoionizzazione e cella elettrochimica.

Parole chiave: qualità del legno, misurazioni innovative, NIR e MIR, XRF, TVOC, formaldeide.

Keywords: wood quality, innovative measurements, NIR and MIR, XRF, TVOC, formaldehyde.

1. Introduzione

La caratterizzazione del legno si attua con un sistema affermato di tecnologie, normalmente associate a procedure fissate da Norme tecniche. Negli ultimi anni vi è stata la possibilità di accedere a tecnologie innovative o sviluppate per altri settori, idonee per definire proprietà del legno differenti da quelle strettamente normalizzate.

Presso il Laboratorio di Qualità del Legno CNR-IVALSA sono state sottoposte a sperimentazione tali tecnologie e/o metodologie, allo scopo di definire in modo nuovo differenti proprietà del legno in relazione ad esigenze di ricerca e di applicazioni industriali.

La caratteristica che accomuna le tecnologie adottate è quella di richiedere una limitata o nulla preparazione del provino, tanto da poterle definire come “prove non-distruttive”; inoltre molte di tali metodologie permettono di effettuare la misurazione in tempi brevi (da pochi secondi ad alcuni minuti). Tali caratteristiche erano associate sino a tempi recenti a risoluzione e/o precisione inferiore ai metodi normalizzati; parte di tali limitazioni sono state drasticamente ridotte nelle apparecchiature di ultima generazione. Le prove con gli strumenti speditivi di ultima generazione risultano meno

onerose in termini di tempo e di costi, così che a parità di risorse vi è la possibilità di ampliare la dimensione dei campionamenti o la ripetizione delle prove, con i conseguenti vantaggi in termini di significatività dei risultati. In Tabella 1 si mettono a confronto alcune caratteristiche generali delle diverse tipologie di apparecchiature.

2. Spettrofotometria nella banda del visibile e dell'infrarosso

La spettrofotometria a contatto è disponibile non solo nell'intervallo del visibile ma anche in quello dell'infrarosso.

L'energia IR è l'energia elettromagnetica di vibrazione molecolare ed è suddivisa per comodità in vicino infrarosso 780-2500 nanometri (12821 - 4000 cm⁻¹), in infrarosso medio 2500-40000 nm e in lontano infrarosso (>40000 nm); quest'ultimo richiede una preparazione distruttiva del provino e non è stato preso in considerazione. Dallo spettro infrarosso è possibile trarre utili informazioni per il riconoscimento di molecole ignote. A tal proposito, al fine di associare un legame a un dato numero d'onda, si utilizzano apposite tavole riportate in bibliografia o librerie elettroniche. La spettrofotometria utilizzata nello spettro dell'infrarosso

consente di ottenere alcune proprietà chimiche della superficie, da cui abbiamo ricavato informazioni indirette quali ad esempio la provenienza geografica, la presenza e classificazione di sostanze estranee non visibili (adesivi, preservanti, vernici) o di inquinanti organici (gasolio, olii pesanti, ecc.).

2.1 Spettrofotometria nella banda del visibile (VIS)

La spettrofotometria utilizzata nello spettro del visibile viene impiegata per determinare le coordinate cromatiche della superficie. Ai colorimetri analogici con sfera di integrazione utilizzati da anni dai settori del tessile e della stampa, e impiegati da tempo anche nel settore del legno, si sono affiancati sistemi digitali di analisi multispettrale che permettono di avere informazioni (spettro) da punti di piccole dimensioni (decimi di millimetro) su superfici di alcuni centimetri quadrati. Ambedue le tecnologie sono in grado di definire non soltanto il mero colore (spettro in assorbanza o in riflettanza), ma anche le proprietà ad esso associate quali ad esempio l'invecchiamento delle superfici, o la presenza e la quantificazione di legno di reazione.

2.2 Spettrofotometria nella banda dell'infrarosso vicino (NIR)

La spettrofotometria utilizzata nello spettro dell'infrarosso vicino (NIR: near infra-red) consente di ottenere alcune proprietà chimiche della superficie da cui è stato possibile, a valle di un lungo lavoro di campionamento esteso a buona parte dell'Europa centro-settentrionale, associare le caratteristiche spettrali alla provenienza del legno, limitatamente ad abete rosso e larice (Fig. 1 e 2).

2.3 Spettrofotometria nella banda dell'infrarosso medio (MIR-ATR)

Quella della riflettanza totale attenuata (ATR, attenuated total reflectance) è una tecnica non distruttiva che richiede un contatto perfetto tra provino e sensore. Nella spettrofotometria IR medio, il raggio IR passa attraverso un elemento ottico costituito da un cristallo a elevato indice di rifrazione; i cristalli da noi utilizzati sono di seleniuro di zinco (più delicato e idoneo per provini di legno con facce piane) e di diamante (indicato per polveri di legno o provini di superficie irregolare o scabrosa).

La MIR-ATR consente di verificare la presenza sulla superficie dei provini di composti organici; lo abbiamo quindi utilizzato con successo per verificare la contaminazione di biomasse con inquinanti organici (gasolio, olii pesanti, ecc., vedi Figura 3), per identificare natura e tipologia di adesivi ignoti e identificare tipologie di trattamenti preservanti.

3. Spettrofotometria in fluorescenza X

La spettrofotometria XRF (X-ray fluorescence spectroscopy) è una tecnica di analisi non distruttiva che permette di conoscere la composizione elementare di un campione attraverso lo studio della radiazione di fluorescenza X. Tale radiazione è emessa dagli atomi del campione in seguito a eccitazione, che si ottiene

tipicamente irraggiando il campione con raggi X.

Dall'esame della fluorescenza X caratteristica emessa dagli atomi eccitati, si identificano gli elementi chimici. Vengono rilevati tutti gli elementi chimici aventi peso atomico superiore a quello del sodio.

Negli strumenti XRF a dispersione di energia (acronimo ED XRF), la radiazione fluorescente emessa dal campione in analisi viene raccolta da un sensore che è in grado di trasformare i fotoni X a differente energia in impulsi elettrici di differente intensità che consentono di ricostruire ed analizzare lo spettro XRF del campione. La ED XRF ha il vantaggio di fornire analisi simultanea di molti elementi e consente di produrre strumenti anche di piccole dimensioni o portatili.

La spettrometria in fluorescenza a raggi X mediante strumento portatile a bassa energia che abbiamo identificato come idoneo per prove su legno e derivati ci ha permesso, dopo avere effettuato una lunga procedura di taratura e di correzione del modello di corrispondenza tra spettro e matrice, di identificare e quantificare la presenza degli elementi chimici, con esclusione degli elementi a basso numero atomico (Fig. 4).

Questa tecnologia permette di identificare rapidamente la presenza e la quantità di:

- metalli pesanti, significativi per legno impiegato in utensili o contenitori sensibili (per esempio a contatto con cibi o mucose), o in giocattoli per bambini;
- elementi inorganici caratteristici di prodotti organici utilizzati in prodotti associati al legno (tipicamente il rame nei prodotti protettivi a base metallo-organica);
- elementi dannosi per la salute;
- elementi problematici per determinati processi di trasformazione;
- elementi problematici per processi di smaltimento.

4. Celle a gas e PID per emissioni volatili

Un ulteriore aspetto studiato è quello delle apparecchiature portatili per la misurazione delle emissioni gassose di legno e derivati, quali i composti organici volatili totali (tVOC, *total Volatile Organic Compounds*) e la formaldeide.

I composti organici volatili sono costituiti da numerose sostanze tra cui idrocarburi aromatici e clorurati, i terpeni, le aldeidi, alcoli, esteri e chetoni. La misurazione di formaldeide e dei tVOC può essere effettuata per determinare le caratteristiche di un materiale oppure per valutare la salubrità di un ambiente indoor. In entrambi i casi le metodologie di campionamento assumono criticità rilevante; è possibile effettuare campionamenti attivi, passivi e speditivi, quest'ultimi contestuali alla misurazione delle concentrazioni dei composti volatili.

Il campionamento attivo è specificato nella norma UNI EN ISO 16017-1 e UNI EN ISO 16000. Il prelievo dei campioni di aria viene realizzato mediante campionatori d'aria calibrati, costituiti da pompe d'aspirazione connesse mediante un software ad un flussimetro che consente di regolare i volumi totali e la velocità di aspirazione. Per i campionamenti vengono utilizzate trappole costituite da cartucce contenenti solidi assorbenti che sono in grado di "catturare" i composti volatili.

Il campionamento passivo, secondo la norma UNI EN 14412:2005, prevede un esame dell'aria indoor eseguita esponendo un campionatore di tipo diffusivo a simmetria radiale. Il campionatore è costituito da una cartuccia contenente un opportuno materiale solido assorbente, specifico per aldeidi e VOC. Questo tipo di campionamento viene effettuato senza l'utilizzo di flussi di aspirazione forzata e controllata. Il campionamento speditivo con strumenti portatili consente di esaminare in modo rapido ed attendibile la presenza dei composti organici

volatili, misurandone la concentrazione totale (tVOC), e la concentrazione di formaldeide.

Per i primi, l'analisi quantitativa avviene mediante uno strumento di misurazione a fotoionizzazione (PID), senza discernimento del composto o della miscela di composti presenti; per la formaldeide la misurazione avviene mediante un apparecchio con cella elettrochimica (Fig. 5).

Ambedue le apparecchiature hanno elevata risoluzione, esprimendo le concentrazioni in parti per miliardo (ppb).

Tabella 1. Confronto tra strumenti di laboratorio e strumenti speditivi, sia di vecchia generazione sia di nuova generazione.
 Table 1. Comparison among lab and handheld devices, either old either new generation.

<i>Strumenti di laboratorio tradizionali</i>	<i>Strumenti speditivi vecchia generazione</i>	<i>Strumenti speditivi nuova generazione</i>
precisione molto elevata	bassa precisione	precisione intermedia
risoluzione elevata	bassa risoluzione	risoluzione intermedia
basso limite di rilevabilità	alto limite di rilevabilità	limite di rilevabilità intermedio
ad ampio spettro	a spettro ridotto	a spettro ridotto
affidabili	affidabilità limitata	affidabili
analisi lente	analisi rapide	analisi rapide
preparazione provini	senza preparazione provini	senza preparazione provini
qualitativi e quantitativi	qualitativi e/o quantitativi	qualitativi e/o quantitativi
non modificabili	modulari, modificabili	modulari, modificabili
costo elevato	costo limitato	costo intermedio
alti costi di gestione	bassi costi di gestione	bassi costi di gestione

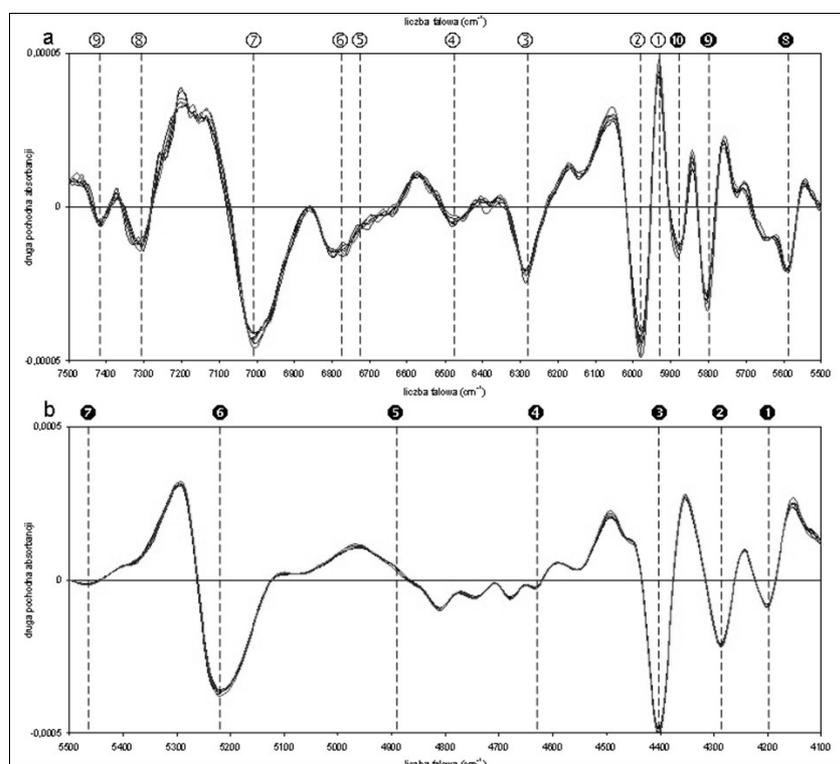


Figura 1. Derivata seconda dello spettro di una certa provenienza di abete rosso
 Figure 1. Second derivative of the spectrum of a given Spruce provenance

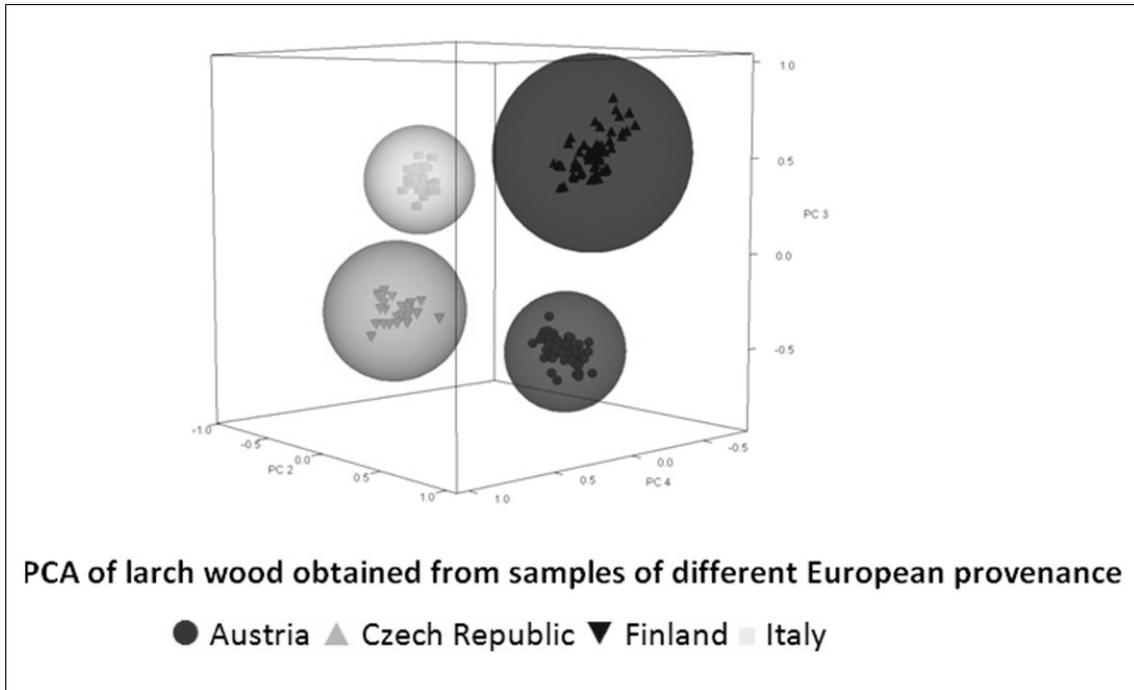


Figura 2. Grafico dell'analisi per componenti principali di differenti provenienze europee di larice.
Figure 2. Principal component analysis of various European larch provenances.

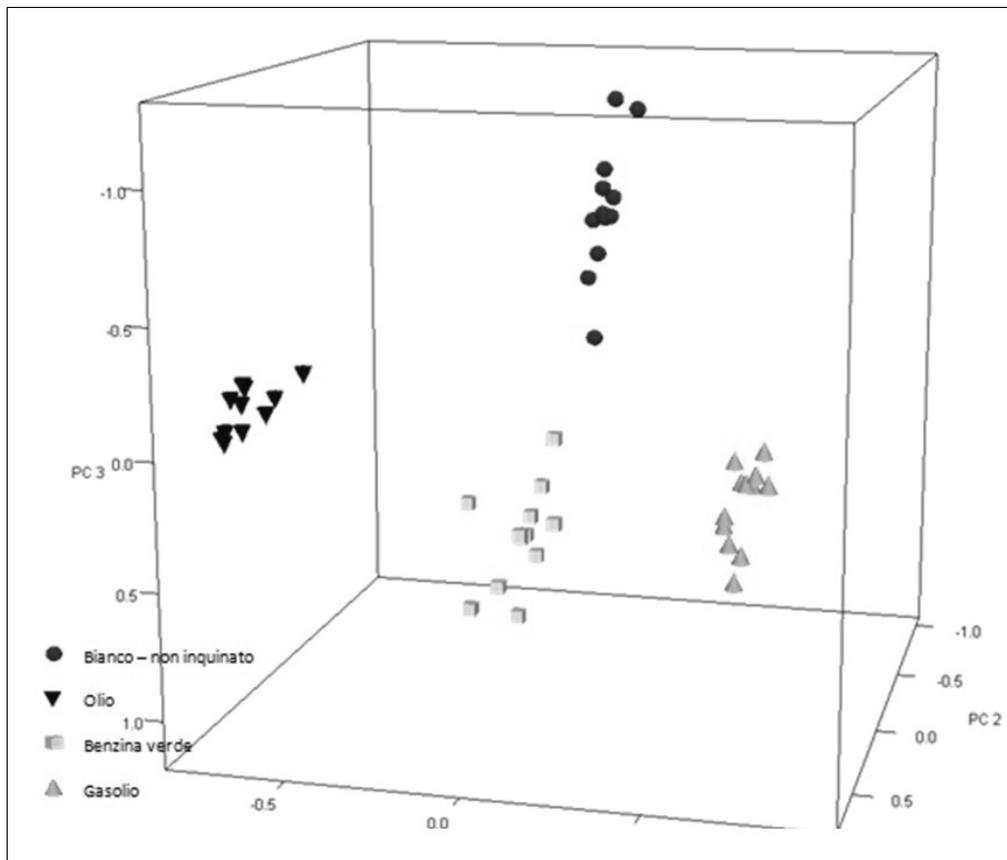


Figura 3. Grafico dell'analisi per componenti principali di differenti inquinanti organici su legno.
Figure 3. Principal component analysis of various organic pollutants on wood.

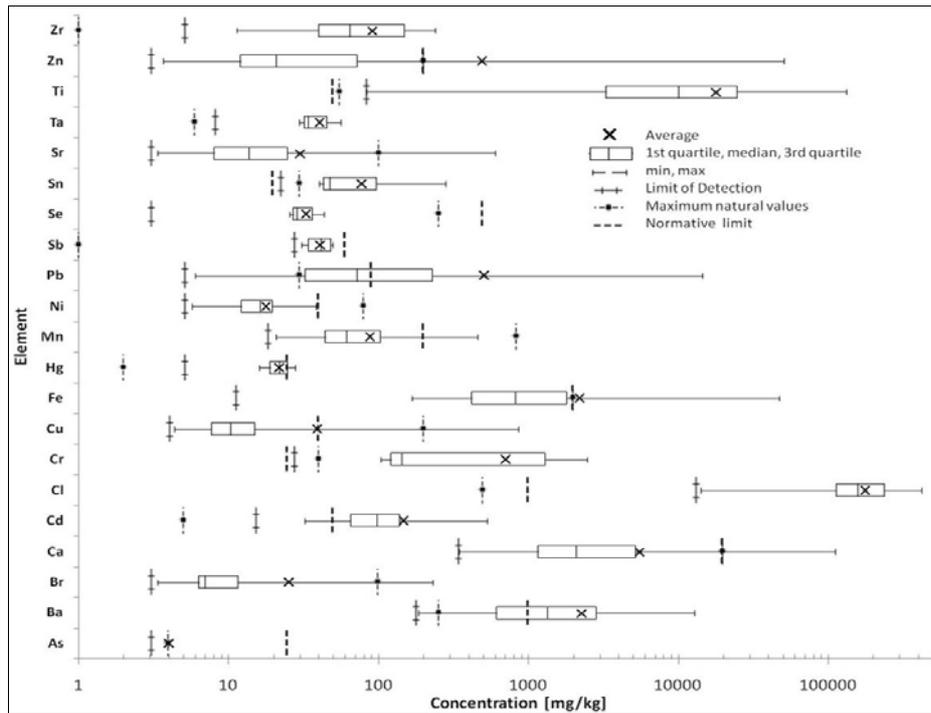
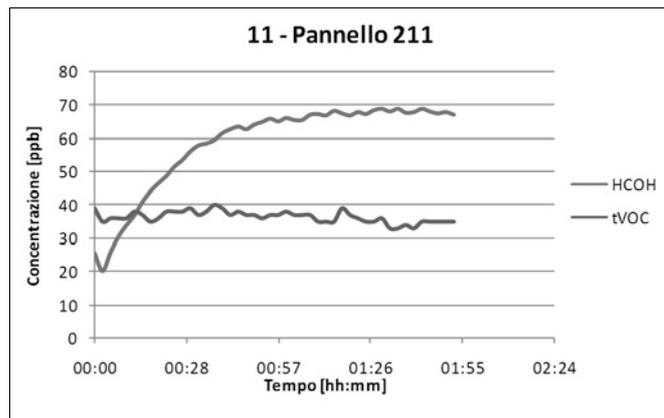


Figura 4. Grafico della concentrazione degli elementi chimici misurati su residui di prodotti a base legno destinati al riciclaggio, campionati in un Centro Raccolta Materiali.
 Figure 4. Concentrations of chemical elements measured on residues of wood based panels sampled in a recycling platform.

Figura 5. Concentrazione delle emissioni volatili di un pannello a base legno misurato con apparecchiature a fotoionizzazione e a cella elettrochimica.
 Figure 5. Volatile emissions concentration of a wood based panel measured with a photoion-sed detector and electrochemical cell.



SUMMARY

Wood quality: fast measurements with innovative technologies

The characterization of wood is accomplished with a proven system of technologies established by international Standards. In recent years the access to new technologies appropriate to define the properties of wood with a different approach from those standardized, became possible. At the Laboratory of Quality Wood CNR-IVALSA these technologies and/or methodologies have been adopted and tested, in order to define in a new way the different properties of wood in relation to the needs of research and industrial applications.

The common feature of the technologies adopted is to require little or no sample preparation; in addition, many of these methods allow to perform the measurement in a short time (from a few seconds to a few minutes). The Spectrophotometry on the surface of the wood specimen is now available in the NIR near-infrared and MIR mid-

infrared range. Analog colorimeters with integrating sphere has been now joined by multispectral digital systems that allow to get information point to points on large surfaces.

IR Spectrophotometry allows to obtain some chemical properties of the surface, from which we derived the geographical origin, the presence and classification of not visible organic pollutants (diesel oil, adhesives, preservatives, etc...).

The X-ray fluorescence spectrometry using a low-energy hand-held instrument allows us, after a calibration process, to identify and quantify the presence of many chemical elements; this technology allows to quickly identify the presence of heavy metals or elements harmful to the health or problematic for certain industrial processes. Another topic studied is related to the gaseous emissions of wood and wood products, such as TVOC (total volatile organic compounds) and formaldehyde, analyzed by testing portable equipment with high resolution (ppb), respectively, based on a photoionization detector and electrochemical cell.