

Stato dell'arte sulla disinfestazione del legno con calore indotto da microonde

a cura di

Prof. Francesco Porcelli, UNIVERSITA' DI
BARI, DiBCA (*partner scientifico progetto*)



in collaborazione con

Reparto di Ricerca & Sviluppo MBL
Solutions Srl



Introduzione

Il legno accompagna la storia dell'uomo fin dagli albori. Prima materia raccolta ed usata tal quale, poi lavorata e modificata per costruire attrezzi ed ornamenti, ha attraversato i millenni e raccolto la memoria delle civiltà.

Oggi il legno ci ricorda tutto questo e per questo noi riconosciamo a questo materiale un valore intrinseco che intendiamo conservare indenne dal trascorrere del tempo.

Il nostro desiderio si scontra, però, con quello di moltissimi altri esseri viventi, in particolare insetti, che nel legno trovano cibo e ripari essenziali per la loro sopravvivenza.

Nasce, quindi, l'esigenza di limitare od interrompere l'azione degli insetti degradatori del legno utilizzato sia in ambito strutturale che per mobilio, ornamenti od opere d'arte.

I campi magnetici oscillanti alla frequenza delle microonde mostrano interessanti particolarità come mezzi di controllo fisico degli insetti infestanti oltre che poche o nessuna delle molte controindicazioni che accompagnano invece i mezzi chimici.

In questo breve scritto riportiamo parte delle esperienze condotte, dando il massimo risalto a quegli aspetti di maggiore impatto sull'efficacia e fattibilità della disinfestazione e che descrivono le attese attuali nei confronti delle microonde.

Tratteremo principalmente il legno strutturale per poi discutere la disinfestazione di mobili ed altri manufatti lignei di valore antiquario ed artistico.

Legno in opera

Coperture, solai e loro travi di sostegno sono le situazioni sulle quali più spesso siamo chiamati ad intervenire. Tali strutture, diffuse in tutta Italia in molteplici modalità costruttive, costituiscono un'importante parte del patrimonio immobiliare nazionale.

Proponiamo, di seguito, aspetti che riteniamo di particolare interesse nella programmazione e nell'esecuzione di disinfestazioni con microonde.

Per prima cosa bisogna diagnosticare la presenza di xylofagi e la consistenza delle loro popolazioni. Tale diagnosi si esegue sugli oggetti da disinfestare ed è direttamente visiva ovvero strumentale:

- L'ispezione visiva, passa per l'identificazione della natura del materiale, per il riconoscimento della presenza e quantificazione di alterazioni di origine animale.
- L'analisi strumentale, eseguita mediante tecniche diagnostiche non distruttive applicate "in situ", ha lo scopo di integrare le analisi condotte visivamente, con particolare riferimento alle situazioni poco chiare che richiedono un'osservazione nel tempo.

In particolare, per l'indagine strumentale, si può fare ricorso a strumenti radioscopici (fig. 1) o radiografici, ad un'analisi acustica attraverso reti

accelerometriche o singoli accelerometri (ovvero microfoni) capaci di registrare l'attività dei tarli nel legno.

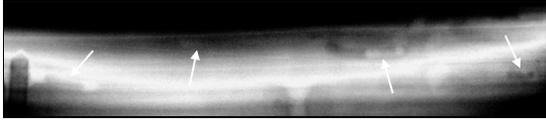


Figura 1: radiografia di parte di pennone infestato da larve di cerambicidi (Coleoptera), indicati dalle frecce.

Tale ultima modalità strumentale è particolarmente indagativa per tutte le situazioni solo parzialmente accessibili come appoggi sulle murature e le parti interne o nascoste degli elementi strutturali.

Premesso che le microonde riscaldano il legno ma quasi mai sono capaci di colpire direttamente singoli insetti, l'intervento proposto è diretto contro i classici tarli: insetti xilofagi che scavano lentamente gallerie nel legno che li circonda.

Non potremo trattare efficacemente insetti, piccoli, che corrono, volano o vivono in ampi varchi del legno stesso. D'altro canto la gestione di blatte e formiche sfrutta efficacissimi metodi basati su veleni attivi per ingestione e/o chemiosterilanti.

Come tutte le tecnologie anche le microonde hanno i loro limiti, ma seguendo poche indicazioni tecniche ed il buon senso si ottengono ottimi risultati in una moltitudine di casi **altrimenti impossibili da trattare**.

1) Casi di preclusione alle operazioni di disinfestazione

Lesioni gravi di origine biotica (tarlature essenziali (figg. 2, 3), marciumi e carie):

Il legno candidato all'intervento deve offrire una residua utilità una volta disinfestato dagli agenti biotici bersaglio. Se un manufatto ligneo presenta una **riduzione di massa di oltre il 30%**, rispetto al momento della posa in opera, bisogna prevedere **operazioni di restauro funzionale**. Tali operazioni devono essere capaci di restituire sostanza ed efficienza all'elemento trattato. Dati i costi di tali

interventi, ed il pericolo per l'operatore durante l'intervento, potrebbe essere il caso di suggerire la sostituzione del manufatto in oggetto.



Figura 2: tarlatura essenziale da Termiti, *Reticulitermes lucifugus* (Rossi, 1792)

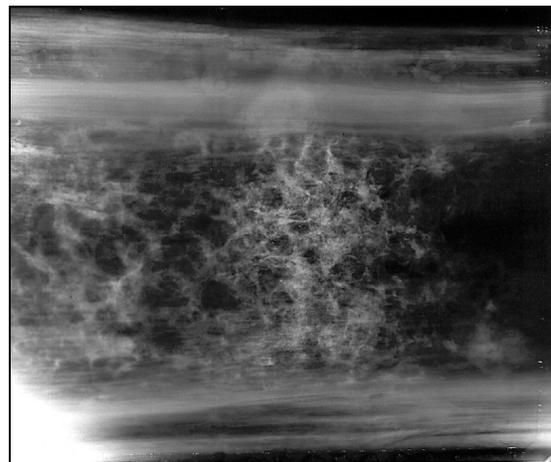


Figura 3: la stessa tarlatura essenziale da termiti: immagine radiografica. È chiara la grave, essenziale, degradazione del legno operata dagli insetti nel durame.

2) Casi di prudenza nelle operazioni di disinfestazione

Peso specifico del legno:

Il peso specifico del legno da trattare è fra i due o tre fattori determinanti le modalità ed i tempi, in definitiva il costo, dell'intervento. **Maggiore è la densità del legno**, maggiore sarà la quantità di energia irradiata per portare il legno in temperatura, maggiore la quantità di energia assorbita nell'unità di tempo,

maggiore il tempo di raffreddamento del bene dopo il trattamento. In sintesi **migliore sarà l'efficacia dell'intervento.**

Specie di appartenenza del legno da trattare:

Il discorso è parallelo a quello del paragrafo precedente ma riguarda le caratteristiche intrinseche della specie vegetale. Mentre alcune essenze sono impregnate di resina, altre lo sono di oli o oleoresine, di tannini, di gomme, di acido ossalico e via dicendo. Questo rende particolare il comportamento delle singole essenze quando siano esposte alle microonde.

Presenza di corteccia:

La corteccia, rappresenta il **naturale strato di rivestimento e protezione degli alberi viventi.** L'inerzia chimica e fisica del sughero è ben nota a tutti. Tale comportamento protettivo verso il legno sottostante **è espresso dal ritidoma anche nei confronti delle microonde che la superano pochissimo o per niente non riuscendo a raggiungere la regione da disinfestare.**

La corteccia, o ritidoma, deve essere eliminata dal legno anche come prima, ed essenziale, misura di contenimento degli insetti xilofagi (tarli: fig. 4, 5)



Figura 4: larve ed adulto di *Xylotrechus smeii* (Castelnau & Gory, 1841) (Coleoptera Cerambycidae). La presenza di corteccia ha favorito molto l'infestazione di questi coleotteri xilofagi.



Figura 5: Adulto di *Trichoferus griseus* (Fabricius, 1792) e danni causati da questo cerambycide. Anche in questo caso la presenza di corteccia esalta le problematiche di disinfestazione.

Nei rari, e sempre sconsigliabili, casi nei quali la corteccia sia lasciata sul legno le infestazioni da tarli **sono spesso inarrestabili.** Anche **l'intervento con le microonde deve adeguarsi per tempi e modi alla presenza di corteccia.**

Contenuto in oli/oleoresine non proprie del legno:

Talvolta capita di incontrare legni impregnati, per preservarli, con oli naturali o derivati dal petrolio. Tali legni modificano il proprio comportamento alle microonde in **modo conforme alla presenza di olio e rassomigliano più o meno ai legni resinosi nel loro comportamento alle microonde** (ed aumentano la velocità dell'innalzamento termico).

Impregnanti e preservativi:

La reazione dei numerosi impregnanti utilizzati sui legni dipende principalmente dalla loro natura chimica, meno dalle rispettive caratteristiche fisiche.

Contenuto in acqua

Stagionatura e tempo trascorso dalla posa in opera del legno:

Il legno segato fresco o stagionato mostra di riscaldarsi in modo prevedibile. In particolare durante il riscaldamento di legno compatto e normalmente asciutto oltre al riscaldamento diretto dovuto alle microonde si assiste anche alla formazione di una **pressione (probabilmente dal vapore d'acqua) interna al legno** stesso che aumenta di molto l'efficacia della disinfestazione.

Viceversa **legno bagnato assorbe grandi quantità di energia e restituisce modesti innalzamenti di temperatura e quindi non deve essere trattato per l'inutilità dell'intervento** (fig. 5).

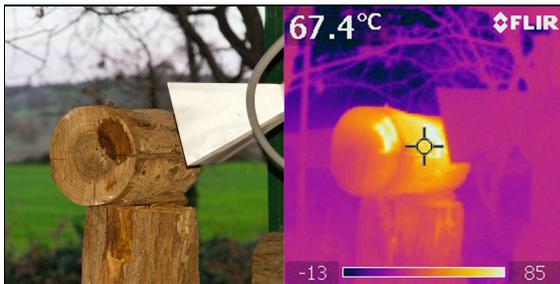


Figura 5: l'acqua liquida contenuta in un legno assorbe l'energia delle microonde e la usa per evaporare. Solo ad acqua eliminata inizierà il riscaldamento utile alla disinfezione del legno.

Difetti del legno

Disuniformità del legno: legni poco uniformi corrono il rischio di essere sovratrattati in alcune zone e trattati in modo insufficiente in altre. Solo l'uso di una **termocamera e di sensori IR a bordo macchina (che permettono di rilevare le temperature in tempo reale nel corso del trattamento e dopo il trattamento)** elimina ogni possibile equivoco nel dosaggio dell'energia e permette **interventi uniformi ed efficaci** (fig. 6).



Figura 6: riscaldamento omogeneo e regolare di trave a venti minuti dalla fine dell'irraggiamento con microonde ottenuto con due magnetron in linea a potenze diverse.

Crepe, cipollature, fessurazioni radiali da ritiro, sfibramenti e deviazioni delle venature, azzurramenti: curiosamente le crepe, che siano da stagionatura e invecchiamento del legno, oppure da difetti tecnologici, mostrano temperature generalmente maggiori di quelle medie (fig. 7).

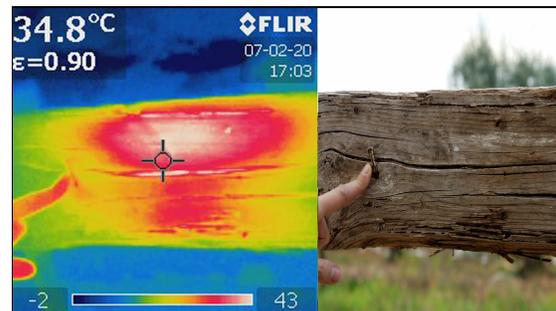


Figura 7: vecchia trave di abete riscaldata con microonde: due fessure sono i punti più caldi prodotti dall'irraggiamento. Il chiodo, indicato dal dito, ho subito un modesto innalzamento termico.

Tasche di resina: la resina accumulata nelle "tasche" entra rapidamente in ebollizione, se da legno fresco è chiara e molto fluida e cola facilmente fuori, da legno vecchio la si sente soffriggere nel legno e talvolta si osservano piccoli depositi densi e picci fuoriuscire dal legno (fig. 8). La resina, al raffreddamento, diventa solida e cristallina.



Figura 8: resina estrusa dal una vecchia trave di abete riscaldata fino a 72°C.

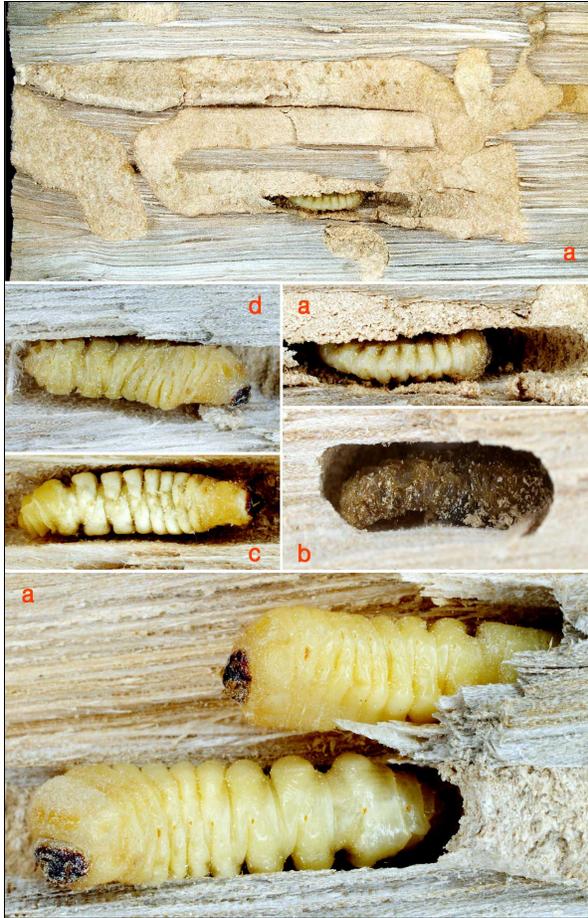


Tavola 1: aspetto di larve di cerambicidi, morte per ipertermia indotta su legno con microonde. Sono distinte secondo le quattro diverse tipologie. Le tipologie indicano con a: larve coagulate; con b: larve disidratate; con c: larve disidratate; con d: larve flaccide. In fotografia le larve di tipologia "a" non sono, quasi, distinguibili da larve vive.

CONCLUSIONI

Nel complesso le microonde presentano una lunga serie di vantaggi, alcuni dei quali di particolare interesse perché opposti a gravi difetti dei mezzi chimici di controllo degli infestanti il legno.

In particolare mettiamo in evidenza la **rapidità di azione** in quanto le temperature letali vengono raggiunte in tempi brevi o brevissimi tanto che gli insetti bersaglio non riescono ad allontanarsi dal legno infestato. In conseguenza della rapidità di azione letale e dei meccanismi biologici coinvolti nella morte per ipertermia, **mancano tutti i fenomeni di**

resistenza, di natura biochimica o comportamentale, che osserviamo invece nei confronti di molti insetticidi chimici.

Inoltre **i legni trattati non rilasciano, ovviamente, alcun residuo o fumo o solvente.** Magari alcuni odori o aromi naturali dei legni sono esaltati durante o nei primi tempi dopo il trattamento. Come conseguenza il manufatto trattato può essere immediatamente utilizzato o frequentato senza conseguenze.

Il modo di somministrazione delle microonde permette di regolare precisamente le temperature indotte nel loro valore assoluto, ma anche su singole parti del legno da trattare - quindi nello spazio - e di regolare la quantità assoluta di microonde del tempo per ottenere temperature subletali in assoluto ma tanto sostenute nel tempo da risultare comunque mortali per gli insetti xilofagi.

In conseguenza della precisione con la quale le temperature sono imposte risulta calcolabile il tasso di mortalità e, quindi, **è possibile regolare la quantità di microonde in modo da uccidere tutti gli insetti infestanti un certo manufatto.** Questo è anche possibile perché le microonde penetrano profondamente il legno.

Da un punto di vista applicativo ricordiamo che, con le tecnologie proposte, **non è necessario rimuovere le parti da trattare**, sia che siano strutturali che smontabili. Quindi, travi in opera, elementi strutturali compresi in murature, grandi parti in legno funzionali o decorative - portoni, arredi sacri, pergole, carrozze e simili - possono essere trattati *in situ* evitando movimentazioni difficili, costose e pericolose.

Infine un effetto collaterale da non sottovalutare è la cristallizzazione delle resine e delle gomme naturali.

Fra gli svantaggi bisogna ricordare la difficoltà nel trattare legni ormai privi di massa per le profonde alterazioni causate dagli xilofagi. In effetti, ci sembra una modesta limitazione perché il restauro funzionale ed il consolidamento del manufatto, ben più necessari della disinfestazione, portano comunque all'eliminazione degli xilofagi.

Più seri sono i problemi derivanti dalla presenza di corteccia sui legni infestati. La corteccia deve essere eliminata come misura preventiva all'infestazione. Per

inciso gli xilofagi che sono favoriti dalla corteccia utilizzano il legno nel suo insieme compromettendone le caratteristiche meccaniche e richiedendo consolidamenti che vanno molto oltre l'indicazione di una semplice disinfestazione.

Una possibile controindicazione consiste in lievi variazioni di colore indotte nei legni nuovi trattati con microonde, tali variazioni rispecchiano quelle che il legno avrebbe mostrato negli anni se esposto alla luce.

Le prospettive della tecnologia mostrata risiedono nell'accoppiamento con fluoroscopia per individuare le aree più infestate e trattarle di conseguenza oltre alla possibilità di utilizzare le microonde in processi di invecchiamento/stabilizzazione artificiale e rapida dei legni appena segati.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE:

John M. Osepchuk: "A history of microwave heating applications" in IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, VOL. MTT-32, NO. 9, SEPTEMBER 1984

Władysław Adamski, Marek Kitliński: "ON MEASUREMENTS APPLIED IN SCIENTIFIC RESEARCHES OF MICROWAVE HEATING PROCESSES" in MEASUREMENT SCIENCE REVIEW, Volume 1, Number 1, 2001

M.Bini, D.Andreuccetti, A.Ignesti, R.Olmi, S.Priori and R.Vanni: "A portable microwave system for woodworm disinfestation of artistic painted boards", Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy, Vol. 32, No. 3, 1997, pp.180-187.

M.Bini, R.Olmi, A.Ignesti, S.Priori, D.Andreuccetti, R.Vanni: "Infrared mapping of power absorption in wooden boards exposed to microwave radiation", Atti della Fondazione Giorgio Ronchi, Anno LIII, N. 1-3, gennaio-giugno 1998, pp.305-319.

D.Andreuccetti, M.Bini, A.Ignesti, A.Gambetta and R.Olmi: "Feasibility of Microwave Disinfestation of Wood", Proc. of 26th Annual Meeting IRG/WP, Helsingor (Denmark), doc. no. IRG/WP/95-40051, June 1995.

D.Andreuccetti, M.Bini, A.Ignesti, R.Olmi, S. Priori, A.Gambetta and R.Vanni: "A microwave device for woodworm disinfestation", Proc. of the International Conference on Microwave and High Frequency Heating, St John's College, Cambridge (UK), September 1995.

M.Bini, D.Andreuccetti, A.Ignesti, R.Olmi, S.Priori and R.Vanni: "Treatment planning in microwave heating of painted wooden boards", Proceedings of VI International Conference on Microwave and high frequency heating, Fermo (AP) 9-13 September 1997, pp. 361-364.

D.Andreuccetti, M.Bini, A.Ignesti, R.Olmi, S.Priori, N.Rubino, R.Vanni e A.Gambetta: "Uso delle microonde per la disinfestazione dai tarli di manufatti in legno", Atti della X Riunione Nazionale di Elettromagnetismo, Cesena (FO), Settembre 1994.

M.Bini, D.Andreuccetti, A.Ignesti, R.Olmi, S.Priori, R.Vanni: "Disinfestazione a microonde: distribuzione di SAR in tavole di legno", Atti della XI Riunione Nazionale di Elettromagnetismo, Firenze 1996, pp.755-758.

John M. Osepchuk: "A history of microwave heating applications" in IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, VOL. MTT-32, NO. 9, SEPTEMBER 1984.

Władysław Adamski, Marek Kitliński: "ON MEASUREMENTS APPLIED IN SCIENTIFIC RESEARCHES OF MICROWAVE HEATING PROCESSES" in MEASUREMENT SCIENCE REVIEW, Volume 1, Number 1, 2001.

Chiappini E., Liotta G., Reguzzi M. C., Battisti A. (2001). **Insetti e restauro: legno, carta, tessuti, pellame ed altri materiali.** Calderini Edagricole (BO).

Documentazione on line

- www.mblsolutions.it
- www.saurus.org
- <http://www.ifac.cnr.it/news/cha/linea6/sld001.htm>
- <http://www.crcwood.unimelb.edu.au/>
- <http://microwaveprocessing.com/>
- http://uninews.unimelb.edu.au/articleid_1713.html
- <http://www.woodturnersofnorthtexas.org/tutorial/tutorial.html>
- <http://www.meac.be/Application/wood/wood.htm>
- <http://www.scienceinpublic.com/sciencenow/2004/releases/grahambrodie.htm#Images>
- <http://www.cnr.berkeley.edu/lewis/eval6.html>
- <http://www.crcwood.unimelb.edu.au/science/wood.html>
- <http://web.mit.edu/mwpstr/www/foto/foto.html>
- <http://www.ansatechno.com/faq.htm>
- http://flrec.ifas.ufl.edu/entomo/Structural_Entomology/drywood/Drywood.htm
- http://aic.stanford.edu/jaic/articles/jaic21-02-001_idx.html
- <http://www.innova.campania.it/newsletter/num06/n3.htm>

