ETH zürich

ETH Library

Assessing the effectiveness and environmental risk of nanocopper-based wood preservatives

Doctoral Thesis

Author(s):
Civardi, Chiara

Publication date:
2016

Permanent link:
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-010811851

Rights / license:
In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

This page was generated automatically upon download from the ETH Zurich Research Collection.
For more information, please consult the Terms of use.

DISS ETH NO. 23783

ASSESSING THE EFFECTIVENESS AND ENVIRONMENTAL RISK OF NANOCOPPER-BASED WOOD PRESERVATIVES

A thesis submitted to attain the degree of

DOCTOR OF SCIENCES of ETH ZURICH

(Dr. sc. ETH Zurich)

Presented by

Chiara Civardi

MSc, University of Southampton

Born on 7th March 1988

Citizen of
Italy

Accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Ingo Burgert, ETH Zurich, examiner

Prof. Dr. Francis W.M.R. Schwarze, Empa St. Gallen, co-examiner

Dr. Peter Wick, Empa St. Gallen, co-examiner

Prof. Dr. Siegfried Fink, University of Freiburg, co-examiner

2016

Abstract

Nanotechnology is revolutionizing our lives, from consumer products to medicine, electronics, and building materials. In fact, nanoparticles are recognized to have properties that differ from their bulk counterparts. Despite the potentials of nanoparticles, their innovative properties may also cause specific nano risks. These occur under two circumstances: if nanoparticles are hazardous, and if humans and the environment are exposed to them.

In wood protection, nanomaterials have recently been developed to outperform conventional wood preservatives and lengthen the service life of timber structures. These nanoparticles-based wood preservatives are best known as “micronized copper”, which are composed of basic copper carbonate nanoparticles and a second organic biocide.

Copper-based nanoparticles are frequently associated with adverse health effects, however the environmental fate of micronized copper -which is already present in the market- is not clear yet. In this thesis, we investigate whether the use of nanoparticles in micronized copper used for wood protection has an added value, and we monitor, quantify, and visualize the fate of copper from its wood preservative formulation stage, to the impregnation of wood, and ageing of the structures. The majority of the studies on wood preservatives remobilization in the environment deal with the release of copper in water and soil. Here, we mostly focus on the air compartment. In fact, lungs are considered as the main entry portal for nanoparticles and inhalation of copper-based nanoparticles from wood preservatives may cause adverse health effects. In particular, two possible release pathways were assessed: wood dust produced by mechanical abrasion of treated wood surfaces, and release via spores of copper-tolerant wood-destroying basidiomycete fungi that colonize treated wood. In addition, preliminary *in vitro* cytotoxicity tests were conducted on lung epithelial cells and macrophages, representing a simplified human lung, to assess the potential acute hazard of wood dust from micronized copper-treated wood, and compare it with wood dust generated from wood treated with a conventional wood preservative.

On the basis of the experimental results, micronized copper effectively protected the wood from soilborne fungi and wood-destroying basidiomycetes, and homogeneously penetrated into easily treatable wood species. However, the treatment is not effective against copper-tolerant wood-destroying fungi, and refractory wood species are only poorly treated. Copper can be released in the air both via wood dust and spores, but not in a nanoparticulate form. Therefore, micronized copper does not pose a specific nano risk. Furthermore, the preliminary cytotoxicity assessment did not reveal a specific nano hazard. Further, the possibility of adverse health effects related to copper is likely only a risk for woodworkers, which are continuously exposed to wood dust.

Sommario

Le nanotecnologie stanno rivoluzionando le nostre vite, dai prodotti di consumo a medicina, elettronica e materiali da costruzione. Infatti, le nanoparticelle hanno proprietà che differiscono rispetto ai loro corrispettivi macroscopici. Nonostante le potenzialità delle nanoparticelle, le loro proprietà innovative possono anche causare specifici nano rischi. Questi possono verificarsi qualora le nanoparticelle fossero tossiche e l'uomo o l'ambiente fossero esposti a queste

Nel campo della protezione del legno, nanomateriali sono stati recentemente sviluppati al fine di migliorare i preservanti convenzionali presenti e garantire una maggior durata delle strutture lignee. Questi preservanti a base di nanoparticelle sono meglio conosciuti come "rame micronizzato" e sono composti da particelle di carbonato di rame associate ad un secondo biocida organico.

Le nanoparticelle a base di rame sono spesso associate a esiti clinici avversi, tuttavia il destino ambientale del rame micronizzato -già presente nel mercato- non è ancora chiaro. In questa tesi viene valutato se l'uso di nanoparticelle contenute nel rame micronizzato ha un valore aggiunto al fine di proteggere il legno e viene monitorata, quantificata e visualizzata la sorte del rame a partire dallo stadio di formulazione come preservante, all'impregnazione del materiale ligneo, fino all'invecchiamento del materiale. La maggior parte degli studi sulla remobilizzazione dei preservanti nell'ambiente considera solamente l'emissione di rame nell'acqua e nel suolo. Qui viene considerato principalmente il rilascio nell'aria. Infatti i polmoni sono considerati come il principale portale per l'ingresso di nanoparticelle e l'inalazione di nanoparticelle a base di rame a causa dell'uso di rame micronizzato puó avere conseguenze negative sulla salute. In particolare, due possibili scenari per l'emissione di nanoparticelle sono stati considerati: tramite polvere di legno generata dall'abrasione meccanica di superfici lignee trattate e tramite spore di basidiomiceti rame-tolleranti in grado di colonizzare il legno trattato. In aggiunta, studi citotossicologici preliminari sono stati condotti *in vitro* su cellule epiteliali e macrofagi, al fine di riprodurre in maniera simplificata il polmone umano e valutare la potenziale tossicità acuta della polvere di legno generata da legno trattato con rame micronizzato e compararla con quella proveniente da legno trattato con preservanti convenzionali.

Sulla base dei dati sperimentali, il rame micronizzato protegge in maniera efficace da carie soffici e basidiomiceti, inoltre penetra in modo omogeneo in legni facilmente trattatabili. Tuttavia, il trattamento non risulta efficace contro le carie del legno rame-tolleranti. Pergiunta, specie legnose refrattarie non risultano facilmente trattabili. Il rame puó essere remobilizzato nell'aria tramite polvere del legno e spore, ma non in forma nanoparticellare. Di conseguenza, il rame micronizzato non pone un nano rischio specifico. Inoltre, è probabie che gli effetti negativi sulla salute si possano verificare solamente in soggetti esposti in maniera prolungata alla polvere di legno, come falegnami.