Messina, 29/09/2021

Al D.A. Organizzazione Risorse Finanziarie, *Dott. Donato Pierfrancesco*

Alla Segreteria Tecnica Documenti Pubblici di Sintesi e Reporting Direzionale, *Dott. Conforto Emiliano*

e pc
Prof.ssa Candida Milone
Direttore del Dipartimento di Ingegneria

Dott. Antonino Denaro
Segretario Amministrativo Dipartimento di Ingegneria

OGGETTO: Utilizzazione residui contabili progetto MAGINOT (PON01_02309)

In ottemperanza a quanto richiesto con nota di pari oggetto ricevuta con Prot. 114263 del 23/09/2021, si chiede che il residuo contabile del progetto Maginot pari a 224.405,78 (come da verbale di verifica contabile prot. n. 111363 del 17/09/2021) venga ripartito in quattro distinti progetti di ricerca i cui Responsabili scientifici sono di seguito elencati:

1) **Prof. Alessandro Pistone**, Dipartimento di Ingegneria (Budget progetto: 56104,33 €)
2) **Prof. Giovanni Neri**, Dipartimento di Ingegneria (Budget progetto: 56100,00 €)
3) **Prof.ssa Annamaria Visco**, Dipartimento di Ingegneria (Budget progetto: 56101,45 €)
4) **Prof.ssa Daniela Iannazzo**, Dipartimento di Ingegneria (Budget progetto: 56100,00 €)

Si trasmettono in allegato i quattro progetti prodotti dai suelencati Responsabili scientifici completi del relativo budget suddiviso in voci COAN di cui si richiede l'attivazione.

Cordiali saluti,

Prof. Alessandro Pistone
(Responsabile Scientifico Progetto Maginot)

Prot. n. 0117113 del 29/09/2021 - [UOR: SI000955 - Classif. III/13]

RICHIESTA DI UTILIZZAZIONE RESIDUI CONTABILI PROGETTO MAGINOT
(PON01_02309)

RESPONSABILE SCIENTIFICO PROF. ALESSANDRO PISTONE

PROGETTO DI RICERCA

Titolo: Sviluppo di biomateriali ecocompatibili per la salvaguardia dell'ambiente (BIOMAMB).

Budget: 56104,33 €

Data di conclusione: 31/12/2024

Responsabile Scientifico: Prof. Alessandro PISTONE

Descrizione del progetto di ricerca

Stato dell'arte: Il progetto Maginot ha previsto lo sviluppo di un sistema innovativo per il monitoraggio delle principali matrici ambientali, al fine di garantire ampio ventaglio di risposte a tutte le problematiche ambientali che possono interessare le aree adiacenti i grandi insediamenti industriali. Nel corso del progetto è stato messo a punto un articolato sistema di monitoraggio ambientale che ha riunito in un unico prodotto una serie di sottosistemi volti a rispondere alle esigenze di singole problematiche e funzionale ad azioni di early warning in caso di eventi avversi per la tutela ambientale. In particolare, nel corso del progetto le attività di ricerca condotte dall'Università di Messina hanno riguardato la realizzazione di un prototipo di un Sistema di Early Warning (EWS) con annesso portale WEB in grado di identificare ed accedere in tempo reale ed alle serie storiche delle diverse sorgenti di dati provenienti dalle reti di sensori e campionatori chimici, e di visualizzare i risultati dei modelli di predizione; è stata inoltre sviluppata una interfaccia grafica user-friendly per lo sviluppo delle analisi statistiche su dati ambientali tramite le tecniche di analisi statistica multivariata quali la principal component analysis e l'analisi a gruppi.

Nell'ottica di dare continuità agli obiettivi di tutela ambientale perseguiti nel corso del progetto Maginot, verranno condotti ulteriori approfondimenti inerenti lo sviluppo di soluzione tecnologiche ecofriendly funzionali al monitoraggio ambientale. In particolare, si vuole investigare la messa a punto di rivestimenti protettivi resistenti a fenomeni di biofouling; siffatti sistemi possono risultare

particolarmente performanti se applicati ad esempio ai sensori operanti in ambiente acquoso per lunghi periodi la cui risposta è condizionata dall'accumulo di biofilm sulla loro superficie che ne compromette il corretto funzionamento per il monitoraggio in continuo di agenti inquinanti.
Le strutture sommerse sono infatti soggette alla formazione e all'accumulo nel tempo di biofouling la cui formazione può essere inibita o opportunamente rallentata attraverso l'impiego di vernici antivegetative [1,2]. Negli ultimi anni, la ricerca industriale e accademica ha focalizzato l'attenzione sullo sviluppo di coating ecofriendly ed alternativi alle tradizionali tecnologie basate sui biocidi metallici altamente tossici per l'ambiente [3,4]. Questo obiettivo viene perseguito non solo attraverso biocidi non metallici alternativi, ma anche attraverso lo sviluppo di rivestimenti privi di biocidi con l'obiettivo di prevenire la possibilità di attacco da parte di organismi marini (approccio antivegetativo) o la riduzione della forza di adesione dopo l'attacco (approccio fouling release) in modo che il biofouling possa venire facilmente rimosso dalla superficie a seguito di blande sollecitazioni meccaniche [5,6]. In quest'ottica, i sistemi a base di silossani hanno catturato un crescente interesse scientifico in quanto garantiscono caratteristiche e prestazioni non riscontrabili nei tradizionali rivestimenti organici. [7-9]. Pur possedendo buone proprietà meccaniche in termini di adesione, elasticità e resistenza agli urti, sono necessari ulteriori studi per migliorare in modo specifico altre caratteristiche, come le proprietà idrofobe o idrofile.

Obiettivo e attività: Le attività previste sono finalizzate alla modifica chimica della superficie di polimeri già impiegati come involucri di sensori commerciali al fine di incrementarne la resistenza ad eventuali inquinamenti derivanti da formazione di biofouling che, inevitabilmente, vanno a inficiare la risposta sensoristica. La superficie del materiale polimerico sarà quindi opportunamente modificata sia con molecole di origine naturale a riconosciuta attività biocida che con molecole in grado di modificare le caratteristiche idrofiliche o idrofobiche.
Le attività di ricerca riguarderanno la sintesi e caratterizzazione di coating a base silossanica con differenti proprietà idrofiliche o idrofobiche in grado di prevenire il biofouling riducendo l'adesione del biofouling o impedendo l'adesione dei nutrienti proteici necessari al successivo insediamento batterico. Le matrici silossaniche verranno opportunamente miscelate con altri biopolimeri (quali ad esempio il PEG, PLA, etc) o con filler a base di polimeri biodegradabili in forma di microbiglie in grado di incapsulare al loro interno molecole ad azione biocida di origine naturale (quali as esempio la curcumina, capsaicina, etc). L'attività di ricerca sarà focalizzata sulla messa a punto dei principali parametri sperimentali (tipologia e grado di miscelazione di sistemi idrofilici o idrofobici all'interno di matrici silossaniche, pH e temperatura di sintesi delle microbiglie, concentrazione delle molecole da inglobare all'interno delle microbiglie e cinetica di rilascio, etc) per l'ottimizzazione dei coating

finali. I sistemi verranno caratterizzati da un punto di vista chimico-fisico e morfologico in termini di bagnabilità, adesione al substrato, proprietà meccaniche e resistenza al degrado ambientale.

Risultati previsti: Il principale risultato atteso riguarda la messa a punto di involucri polimerici innovativi a base di coating silossanici dotate non solo di proprietà antifouling ma anche di durabilità e alta ecocompatibilità da impiegare in strutture sommerse e soggette a fenomeni di biofouling con applicazioni trasversali a svariati settori industriali.

Bibliografia

1. Dring, M.J. The Biology of Marine Plants; 1st ed.; Edward Arnold: London, 1982; ISBN 10: 0713128607.

2. Bighiu, M.A., Eriksson-Wiklund, A. & Eklund, B. Biofouling of leisure boats as a source of metal pollution. Environ Sci Pollut Res 24, 2017, 997–1006

3. Sun, X.; Chen, R.; Gao, X.; Liu, Q.; Liu, J.; Zhang, H.; Yu, J.; Liu, P.; Takahashi, K.; Wang, J. Fabrication of epoxy modified polysiloxane with enhanced mechanical properties for marine antifouling application. Eur. Polym. J. 2019, 117, 77–85.

4. Bellas, J. Comparative toxicity of alternative antifouling biocides on embryos and larvae of marine invertebrates. Sci. Total Environ. 2006, 367, 573–585.

5. Kavanagh, K.J.; Quinn, R.D.; Swain, G.W. Observations of barnacle detachment from silicones using high-speed video. J. Adhes. 2005, 81, 843–868.

6. Chambers, L. D., Stokes, K. R., Walsh, F. C., & Wood, R. J. K. Modern approaches to marine antifouling coatings. Surface and Coatings Technology, 2006, 201(6), 3642–3652

7. Eduok, U.; Faye, O.; Szpunar, J. Recent developments and applications of protective silicone coatings: A review of PDMS functional materials. Prog. Org. Coat. 2017, 111, 124–16

8. P. Hu, Q. Xie, C. Ma, G. Zhang, Silicone-Based Fouling-Release Coatings for Marine Antifouling, Langmuir 2020, 36, 2170−2183

9. Pistone A., Scolaro C., Visco A.M., Mechanical Properties of Protective Coatings against Marine Fouling: A Review, *Polymers* 2021, *13*(2), 173

Messina, 28/09/2021

Il Responsabile Scientifico del Progetto

(Prof. Alessandro Pistone)

PIANO ECONOMICO

PROGETTO DI RICERCA

Titolo: Sviluppo di biomateriali ecocompatibili per la salvaguardia dell'ambiente (BIOMAMB).

Budget: 56104,33 €

Data di conclusione: 31/12/2024

Responsabile Scientifico: Prof. Alessandro PISTONE

Codice COAN	**Tipo spesa**	**Quota (€)**
CA.01.11.02.05	Attrezzature informatiche	2500,00
CA.04.40.01.01	Cancelleria e altri materiali di consumo	2604,33
CA.04.40.01.02	Materiali di consumo per laboratori	15000,00
CA.04.46.05.05.01	Borse di studio su attività di ricerca	36000,00
	TOTALE	**56104,33**

Prot. n. 0117113 del 29/09/2021 - [UOR: SI000955 - Classif. III/13]

Progetto MAG-TWO

Titolo: Sviluppo di nuovi sistemi sensoristici per il monitoraggio ambientale

Durata: 3 anni

Budget: 56.100 euro

Responsabile scientifico: prof. Giovanni Neri

Il progetto MAG-TWO è una estensione del progetto MAGINOT "Sistema integrato per il monitoraggio e la tutela dell'ambiente urbano extraurbano e marino". MAG-TWO si propone pertanto di proseguire le attività del progetto suddetto per quanto riguarda lo sviluppo di nuovi sistemi sensoristici per il monitoraggio ambientale.

Negli ultimi anni è aumentata l'esigenza di disporre di sistemi sensoristici estremamente sensibili, rapidi e selettivi per il monitoraggio ambientale. La strumentazione attualmente disponibile per l'analisi ambientale, per quanto affidabile, risulta spesso di difficile utilizzo nel monitoraggio sul campo. Su questa base, dispositivi basati su sensori a stato solido, particolarmente vantaggiosi sia per il basso costo che per la loro miniaturizzazione, spinta ormai dall'utilizzo di tecnologie ormai consolidate nell'industria elettronica, sono sempre più richiesti. Tra le tecnologie sensoristiche per il monitoraggio ambientale, le più significative sono senz'altro basate su sensori conduttometrici a base di materiali semiconduttori per quanto riguarda il monitoraggio di gas inquinanti nell'ambiente e sensori elettrochimici per la rilevazione di sostanze tossiche nelle acque e nell'ambiente marino.

In tale contesto, i principali temi di ricerca da affrontare per la realizzazione pratica di tali sensori includono la sintesi e caratterizzazione dei materiali sensibili con funzioni di riconoscimento molecolare, la prototipazione e validazione dei sensori realizzati e della elettronica di supporto. I risultati attesi contribuiranno allo sviluppo di sensori di nuova concezione, caratterizzati da prestazioni superiori a quelle dei sistemi attualmente disponibili in commercio. I sensori inoltre godranno di una maggiore efficienza operativa a fronte di una più spinta miniaturizzazione che, oltre a favorire lo sviluppo di tecnologie di frontiera in questo settore, potranno stimolare la domanda delle imprese ad alta tecnologia interessate al loro utilizzo.

Prospetto analitico voci di costo

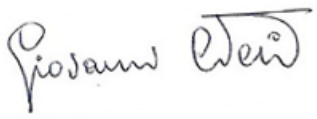
Suddivisione voci COAN

Voce COAN	Importo (euro)
CA.04.40.04.01 – Acquisto beni strumentali non inventariabili	10.000
CA.01.11.02.05 – Attrezzature Informatiche	3.000
CA.04.40.01.01 – Cancelleria e altri materiali di consumo	2.000
CA.04.40.03.01.05 – Estratti e reprints articoli scientifici	3.000
CA.04.40.01.02 – Materiali di consumo per laboratori	8.000
CA.04.46.05.05.01 – Borse di studio su attività di ricerca	17.500
CA.04.46.07.01.07 – Missioni e quote iscrizione dottorandi e altri borsisti/studenti	4.000
CA.04.43.18.01 – Missioni ed iscrizioni a convegni personale docente	8.600
TOTALE	56.100 euro

Messina, 28 Settembre 2021

Il Responsabile Scientifico

Prof. Giovanni Neri



Progetto Maginot

Messina li 24.09.2021

Responsabile scientifico interno - Dip Ing. UniMe: prof. Annamaria Visco

Titolo progetto: "Riciclo di biomateriali per la riduzione dell'inquinamento ambientale"

Importo progetto 56.101,445 Euro

Contenuto scientifico del progetto:

Il passaggio da un'economia lineare (ossia produzione, consumo e rifiuto) ad un'economia circolare (in cui gli scarti industriali vengono reimmessi nel ciclo produttivo) sta sempre piu' prendendo piede a livello nazionale ed internazionale per risolvere tematiche della salvaguardia ambientale al fine di ridurre l'inquinamento.

Si cerca quindi di trovare una strada alternativa per dare nuova vita agli sfridi o agli scarti delle produzioni industriali, in particolare quelli che derivano dal settore alimentare. Dai processi produttivi industriali agro-alimentari si producono, infatti, tonnellate di prodotti di scarto, costituendo un problema ambientale di proporzioni enormi per quanto riguarda il loro smaltimento. Basti pensare agli scarti di agrumi, ortaggi, bevande alcoliche (es. vino, birra), etc.

Le vinacce (scartate dalla pressatura dell'uva) sono un esempio di scarto riutilizzabile in parte per fertilizzare la terra, oppure per produrre grappe, ma per la maggior parte deve essere gestito come rifiuto, che prevede da regolamenti uno smaltimento speciale. [1]

Le trebbie, sono i prodotti di scarto dei birrifici e la loro produzione è notevole: per ogni 100 litri di birra prodotta ci sono circa 20 Kg di scarti, l'85% dei quali è costituito da cereali utilizzati nella produzione. Ricchi in cellulosa, proteine, amminoacidi e minerali, alcuni di questi cereali sono utilizzati per la nutrizione del bestiame, ma la maggior parte finisce nelle discariche [2]. La produzione media annua mondiale di trebbie raggiunge 39 milioni di tonnellate, di queste 3,4 milioni sono prodotte in Europa. In Italia, si stimano 188 mila tonnellate/anno, delle quali solo il 30% viene riutilizzato, prevalentemente nel comparto zootecnico. [3]

Riguardo al processo di recupero degli scarti dalla Lavorazione degli agrumi, da 5.000 Kg di scorza fresca (detta pastazzo) otteniamo sia residui liquidi da lavorazione (ossia di polpe, ed acque da processo per estrazione), sia prodotti finiti (265 Kg. di scorza secca per estrazione di pectina e 315 Kg. di scorza secca per nutrimento animale, zootecnia).[4]

In generale, i prodotti di scarto possono dunque essere trasformati in pieno spirito di economia circolare al fine di trovare nuovi impieghi, che possono andare dal recupero di frazioni di sostanze utili per altri fini (mangimi di animali, cosmetica, etc.), al recupero energetico, etc.

La Commissione Europea ha fortemente promosso lo sviluppo dell'economia circolare, pubblicando nel 2020 un piano d'azione con misure che coprono l'intero ciclo: dalla

produzione al consumo, fino alla gestione dei rifiuti e al mercato delle materie prime secondarie.[5]

Nel presente progetto di ricerca, si è pensato di utilizzare i prodotti di scarto delle filiere agroalimentari per produrre nuovi prodotti integrati alla bio-plastica. Nell'ottica, infatti dell'uso di plastiche "green", non inquinanti e biodegradabili (in base alle nuove direttive europee UE 2019/904 del 5 giugno 2019) tali scarti possono essere mescolati alle bioplastiche con cui essi possono integrarsi. [6]

In particolare, essi costituiscono i riempitivi (in dimensioni micro o nanometriche) che creano i compositi a matrice bio-polimerica. In tal modo si riduce il quantitativo di bioplastica e si utilizzano i suddetti prodotti di scarto che vengono inglobati negli oggetti prodotti in bioplastica, diventandone parte integrante.

I componenti compositi scarto/bioplastica risultano essere sempre "green". Essi devono comunque presentare apprezzabili proprietà meccaniche e fisiche, il più vicino possibile a quelle della matrice polimerica di partenza, in cui sono ospitate.

Nel presente progetto di ricerca verranno presi in considerazione tutti i possibili prodotti di scarto industriale (che costituiscono i filler) e i materiali polimerici "green" biodegradabili (che costituiscono la matrice) e l'interazione fibra/matrice. Si dovrà definire la composizione ottimale del nanocomposito con eventuali additivi e le tecnologie più idonee per la produzione di oggetti.

Gli scarti devono essere opportunamente essiccati, macinati, setacciati e classificati in base alla dimensione. Quindi vanno caratterizzati morfologicamente, termicamente e fisicamente, e poi mescolati con la matrice polimerica. Si dovrà valutare la tecnologia più idonea di miscelazione evitando la degradazione termomeccanica dei materiali in fase di realizzazione del materiale composito. Pertanto, sarà necessario studiare le prestazioni meccaniche e fisiche delle miscele, la loro stabilità nel tempo, e le modalità di degradazione biologica e fisica. Infine, in base a tutti i dati raccolti, si potranno individuare le tecnologie più idonee per tale riciclo di materiali.

Sitografia:

[1]https://makerfairerome.eu/it/a-ischia-nuova-vita-agli-scarti-del-vino/

[2]https://www.greenme.it/informarsi/rifiuti-e-riciclaggio/scarti-birra-cibo-carburanti/

[3]https://terraevita.edagricole.it/economia-circolare/trebbie-di-birra-da-scarto-a-risorsa-con-linnovativo-sistema-di-essiccazione-sostenibile/

[4] https://agrumigel.it/wp-content/uploads/2018/03/Il-flusso-delle-acque-dell-AGRUMIGEL-_ppt.pdf

[5]https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0098&from=IT

[6] https://www.certifico.com/ambiente/legislazione-ambiente/8549-direttiva-ue-2019-904

Piano economico Prof. Visco:

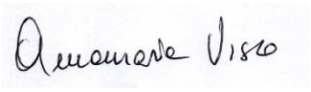
		Budget iniziale
CA.01.11.02.07	Attrezzature tecnico scientifiche	**€ 22.000,00**
CA.04.40.01.02	Materiali di consumo per laboratori	**€ 1.000,00**
CA.01.11.02.05	Attrezzature informatiche	**€ 3.101,45**
CA.04.40.01.01	Cancelleria e altri materiali di consumo	**€ 1.000,00**
CA.04.43.18.01	Missioni e iscrizioni a convegni personale docente	**€ 2.000,00**
CA.04.43.18.10	Rimborsi diversi al personale	**€ 2.000,00**
CA.04.46.07.01.07	Missione e quote di iscrizione dottorandi e altri borsisti/studenti	**€ 1000,00**
CA.04.43.08.03.01	Assegni di ricerca	**€ 24.000,00**
	totale	**€ 56.101,45**

Ipotesi data di fine progetto della Prof. Visco: 31 dicembre 2024

Cordiali saluti,

Il responsabile scientifico del progetto

Prof. Annamaria Visco



Prot. n. 0117113 del 29/09/2021 - [UOR: SI000955 - Classif. III/13]

Titolo Progetto: Sviluppo di CHElanti Selettivi per il Monitoraggio dei Metalli pesanti per il disinquinamento dell'Ambiente Marino (SCHEMAM)

Responsabile Scientifico: Prof. Daniela Iannazzo

Importo Progetto: € 56.100

Durata Progetto: 36 mesi

Stato dell'arte:

L'inquinamento da metalli pesanti costituisce una delle problematiche più rilevanti per l'ambiente e la salute umana. La presenza di metalli pesanti nelle acque è in continuo aumento, a causa della crescita dell'attività industriale e dei consumi ad essa correlati. Tonnellate di metalli tossici quali As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, V e Zn, spesso presenti nell'ambiente come risultato di diversi tipi di attività industriale (industria galvanica, siderurgica, conciaria, tessile, petrolchimica, cartiera, le attività correlate alla produzione e smaltimento di batterie, produzione di pesticidi, attività mineraria), sono annualmente scaricati o trasportati nelle acque, subendo trasformazioni che hanno un grande impatto ambientale, sulla salute pubblica e sull'economia [1]. Metalli pesanti tossici di particolare preoccupazione, presenti nelle acque reflue industriali comprendono il nichel, cromo, mercurio e piombo. Tra questi, il mercurio è un noto elemento neurotossico, in grado di danneggiare gravemente il sistema nervoso centrale; è stato inoltre dimostrato che alte concentrazioni di questo metallo causano una compromissione della funzionalità polmonare e renale, dolore toracico e dispnea [2]. La presenza di piombo nell'uomo può condurre a danni renali, disturbi epatici e seri problemi al sistema riproduttivo, ai processi cellulari di base e alle funzioni cerebrali [3]. L'esposizione umana al nichel può anche produrre diversi effetti patologici come allergie cutanee, fibrosi polmonare e tumore del sistema respiratorio [4]. L'elevata solubilità in acqua dei sali di questi metalli pesanti fa si che essi possano essere facilmente assorbiti dagli organismi viventi e una volta entrati nella catena alimentare, accumularsi nel corpo umano, creando i sopra esposti problemi per la salute. La rimozione di questi metalli pesanti tossici può essere realizzata oggi attraverso diverse tecniche quali la precipitazione chimica, la coagulazione, l'estrazione con solventi, la rimozione elettrochimica con membrane, processi di degradazione fotocatalitica e metodi di assorbimento [5]. Tuttavia, la maggior parte delle procedure utilizzate presentano diversi svantaggi, quali la rimozione incompleta dei metalli di interesse, grande dispendio energetico e la produzione di residui tossici. Ad oggi i processi di assorbimento rappresentano i metodi di elezione per la

rimozione di metalli tossici a causa del loro semplice funzionamento, grande applicabilità, elevato rendimento e basso costo. I materiali assorbenti maggiormente utilizzati comprendono i materiali carboniosi, minerali argillosi, materiali a struttura metallo-organica e biopolimeri [1]. Tra questi, gli adsorbenti nanoporosi a base di carbonio ed in particolare, carboni attivi, nanotubi di carbonio e grafene, sono stati ampiamente investigati per la rimozione di metalli pesanti a causa della loro grande superficie adsorbente (500–1500 m^2/g) [6]. La modificazione strutturale dei diversi gruppi funzionali presenti sulla superficie di queste strutture carboniose può ulteriormente migliorarne la capacità di assorbimento e la selettività, nonché la stabilità termica e la resistenza meccanica. La selettività di queste nanostrutture verso determinati ioni tossici può essere raggiunta attraverso opportune strategie di modificazione superficiale e, in particolare, attraverso la loro funzionalizzazione con molecole chelanti che esibiscono una maggiore affinità verso metalli tossici pesanti (quali mercurio, cadmio, nichel e piombo) rispetto a metalli innocui per l'uomo (quali sodio e calcio) [7]. Tra i vari chelanti selettivi investigati per la rimozione di metalli pesanti, le strutture dendrimeriche altamente ramificate contenenti gruppi funzionali azotati o α-aminofosfonici hanno dimostrato una elevata abilità nel formare complessi stabili con ioni metallici tossici in maniera selettiva anche in co-presenza con altri ioni e hanno trovato utilizzo nella chimica analitica, nell'industria cartaria e tessile per la rimozione di ioni metallici dai bagni di candeggio e in medicina per la rimozione di sovraccarico di metalli da organismi viventi [8]

Scopo del lavoro e attività previste.

Il progetto SCHEMA è una estensione del progetto MAGINOT "Sistema integrato per il monitoraggio e la tutela dell'ambiente urbano extraurbano e marino" e si inserisce nell'ambito del disinquinamento ambientale attraverso lo sviluppo di nuovi nanomateriali a base di carbonio in grado di legare, in maniera selettiva, metalli pesanti tossici. In particolare, in accordo ed in continuazione a studi precedentemente svolti [7] sarà investigata la possibilità di utilizzare molecole a struttura 1,2,3-triazolica semplici o dendrimeriche, contenenti gruppi amminici o α-amminofosfonici, con elevate capacità chelanti verso ioni metallici pesanti caratterizzati da elevata tossicità, quali Hg^{2+}, Pb^{2+}, Ni^{2+} e Cd^{2+} e da bassa attività chelante verso ioni non tossici per l'ambiente e per l'uomo (quali Na^{+} e Ca^{2+}).

In una prima fase, il nanomateriale carbonioso a struttura grafenica sarà sintetizzato a partire da biomasse di origine naturale attraverso processi di sintesi idrotermale. Il materiale sintetizzato sarà caratterizzato dal punto di vista chimico, fisico e morfologico attraverso analisi termiche (TGA e DSC), spettroscopiche (XRD, FTIR) e morfologiche (TEM, SEM); la valutazione dell'area superficiale specifica e della porosità sarà valutata attraverso analisi BET.

La successiva funzionalizzazione delle strutture carboniose con molecole ad attività chelante, prevedrà l'utilizzo di un linker bidentato biocompatibile, in grado di legarsi in maniera covalente sia al supporto carbonioso che alla struttura chelante. Le molecole chelanti dendrimeriche a struttura triazolica verranno sintetizzate attraverso reazioni di click chemistry tra azidi opportunamente funzionalizzate e alchini terminali. I dendrimeri sintetizzati contenenti gruppi amminici terminali potranno essere ulteriormente funzionalizzati nei correspondenti α-aminofosfonati, nell'ottica di aumentare ulteriormente la selettività dei sistemi verso gli ioni tossici di interesse. La funzionalizzazione organica della superficie carboniosa verrà valutata attraverso caratterizzazione termiche (TGA e DSC) e spettroscopiche (FTIR e NMR).

Le proprietà chelanti dei sistemi sintetizzati saranno valutate attraverso analisi ICP-MS. Verrà investigata l'abilità dei campioni di legarsi selettivamente a metalli caratterizzati da elevata tossicità quali Hg^{2+}, Pb^{2+}, Ni^{2+} e Cd^{2+}, anche in soluzioni contenenti miscele degli stessi ioni e di ioni non tossici per l'ambiente e per l'uomo (quali Na^{+} e Ca^{2+}). Seguiranno quindi studi sull'ottimizzazione dell'attività di rimozione degli ioni metallici di interesse e del loro recupero da soluzioni acquose reali.

Risultati attesi

Dalle attività qui brevemente presentate ci si aspetta di identificare nuovi materiali nanoporosi carboniosi derivati da fonti naturali, in grado di rimuovere ioni metallici tossici da acque contaminate. Le attività dello studio consentiranno di identificare le condizioni ottimali per una rimozione selettiva degli ioni metallici ad elevata tossicità per l'ambiente e per l'uomo e con nulla o bassa selettività verso ioni non tossici.

Dalle attività svolte verranno inoltre ottenute informazioni essenziali, per lo sviluppo di nuovi materiali in grado non solo di assorbire, ma anche di recuperare ioni metallici tossici da soluzioni acquose reali.

Bibliografia

[1] Qasem, N. A. A., Mohammed, R. H., Lawal, D. U., Removal of heavy metal ions from wastewater: a comprehensive and critical review. *npj Clean Water* 2021, *4*, 36.

[2] Ijomone, O. M., Olung, N. F., Akingbade, G. T., Okoh, C. O. A. Aschner, M., Environmental influence on neurodevelopmental disorders: Potential association of heavy metal exposure and autism. *J. Trace Elem. Med. Biol.*, **2020**, *62*, 126638.

[3] Naseem, R., Tahir, S. S., Removal of Pb (II) from aqueous solution by using bentonite as an adsorbent. *Water Res.,* **2001**, *35*, 3982.

[4] Borba, C. E., Guirardello, R., Silva, E. A, Veit. M. T., Tavares, C. R. G., Removal of nickel (II) ions from aqueous solution by biosorption in a fixed bed column: experimental and theoretical breakthrough curves. *Bio. Chem. Eng. J*, **2006**, *30*, 184.

[5] Gunatilake, S. K., Methods of removing heavy metals from industrial wastewater. *J.M.E.S.S.*, **2015**, *1*, 12.

[6] Karnib, M., Kabbani, A., Holail, H., Olama, Z., Heavy metals removal using activated carbon, silica and silica activated carbon composite. *Energy Procedia* **2014**, *50*, 113.

[7] Iannazzo, D., Pistone, A., Ziccarelli, I., Espro, C., Galvagno, S., Giofré, S. V., Romeo, R., Cicero, N., Bua, G. D., Lanza, G., Legnani, L., Chiacchio, M.A., Removal of heavy metal ions from wastewaters using dendrimer functionalized multi-walled carbon nanotubes. *Environ. Sci. Pollut. Res.,* 2017, 24, 14735.

[8] Kiss, T., Làzàr, I., Kafarski, P. Chelating tendencies of bioactive aminophosphonates. *Met Based Drugs,* **1994**, *1*, 247.

PIANO FINANZIARIO PROGETTO: **Sviluppo di CHElanti Selettivi per Metalli pesanti per il disinquinamento delle Acque (SCHEMA)**

Voce COAN	Importo
CA.01.11.02.05 Attrezzature informatiche	3.000,00
CA.01.11.02.07 Attrezzature tecnicoscientifiche	30.000,00
CA.04.40.01.01 Cancelleria e altri materiali di consumo	3.000,00
CA.04.40.01.02 Materiali di consumo per laboratori	10.100,00
CA.04.46.07.01.07 Missioni e quote iscrizione dottorandi e altri borsisti/studenti	4.000,00
CA.04.43.18.01 Missioni ed iscrizioni a convegni personale Docente	6.000,00
TOTALE	**56.100**

Il Responsabile Scientifico

Messina 28/09/ 2021

Prof. Daniela Iannazzo