

# Interreg



UNIONE EUROPEA  
EVROPSKA UNIJA

## ITALIA-SLOVENIJA



DuraSoft

Progetto standard co-finanziato dal Fondo europeo di sviluppo regionale  
Standardni projekt sofinancira Evropski sklad za regionalni razvoj

# Valutazione dell'effetto ecologico di materiali legnosi modificati o trattati sui batteri e microalghe del sistema lagunare di Grado- Marano

Versione: N. 2

WP di riferimento: WP3.3 ATT16

Partner Responsabile: PP3 - OGS

Autori: Tamara Cibic, Vanessa Natali, Elena Di Poi

Data: 10/08/2022

## INDICE

---

1	INTRODUZIONE.....	3
1.1	DISEGNO SPERIMENTALE.....	3
2	AREA DI STUDIO E CAMPIONAMENTO .....	5
3	RISULTATI.....	7
4	CONCLUSIONI.....	12

## ACRONIMI

---

SILV conc 1: impregnante Silvanolin CuE = 0.25%  
SILV conc 2: impregnante Silvanolin CuE = 1%  
CCB conc 1: impregnante rame-cromo-boro CuE = 0.25%  
CCB conc 2: impregnante rame-cromo-boro CuE = 1%  
TERMO: termicamente modificato  
NO: non trattato  
W: solo acqua  
CuE: concentrazione di rame  
PAR: radiazione fotosinteticamente attiva  
N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>2</sub>, N-NO<sub>3</sub>, P-PO<sub>4</sub>, Si-Si(OH)<sub>4</sub>: ammonio, nitrito, nitrato, fosfato, silicato.  
DM 56/2009: Decreto Ministeriale del 14 Aprile 2009, n.56.  
DLGS 152/2015: Decreto Legislativo 30 Marzo 2015, n.152.

## SOMMARIO

---

Questa attività progettuale ha lo scopo di valutare l'effetto tossico sulle comunità planctoniche naturali di materiali legnosi trattati con: 1. impregnanti di nuova generazione (Silvanolin con una formulazione "marina"); 2. prodotti già presenti sul mercato (CCB, rame-cromo-boro); 3. il legno termicamente modificato, ovvero trattato con tecniche che ne aumentano la durezza.

A questo fine è stata prelevata acqua lagunare a Grado e trasferita in 14 acquari, allestiti in una camera termostata e contenenti i provini di legno (*Abies alba*, abete bianco) diversamente trattati. L'esperimento è durato complessivamente 12 giorni, durante i quali sono stati monitorati diversi parametri (macronutrienti inorganici, carbonio organico disciolto, metalli pesanti, microrganismi fototrofi ed eterotrofi) all'inizio, dopo 3 giorni e alla fine dell'esperimento.

I risultati indicano che i microrganismi fototrofi sono stati fortemente influenzati dal rilascio di sostanze dai provini di legno impregnati sia con Silvanolin che con CCB, le cui abbondanze sono diminuite dal primo tempo sperimentale, in alcuni casi fino alla loro scomparsa totale dopo solo 3 giorni (T1). Al contrario, i microrganismi eterotrofi hanno preso rapidamente il sopravvento, dapprima i batteri eterotrofi (T1) e successivamente i nanoflagellati (T<sub>f</sub>), entrambi maggiormente abbondanti negli acquari contenenti i legni trattati con gli impregnanti Silvanolin e CCB.

Entrambi i trattamenti chimici hanno mostrato di indurre un effetto ecologico negativo sulle comunità planctoniche lagunari, più marcato nel Silvanolin rispetto al CCB.

---

## 1 INTRODUZIONE

---

Questa attività progettuale ha lo scopo di testare l'effetto sulle comunità planctoniche naturalmente presenti in ambiente lagunare. Si è scelto di svolgere le sperimentazioni sulla conifera *Abies alba* (abete bianco) trattata con due diverse tipologie di impregnanti e a due diverse concentrazioni, oltre al trattamento termico. Le diverse frazioni dimensionali del plancton autotrofo ed eterotrofo rappresentano la base della rete trofica e sono quindi i gruppi target ottimali per valutare una possibile perturbazione dell'ambiente naturale. A tal fine, è stata campionata acqua lagunare a Grado e allestito un esperimento di mesocosmo in cui le comunità planctoniche sono state esposte, per la durata complessiva di 12 giorni, ai provini di legno sperimentali diversamente trattati.

### 1.1 DISEGNO SPERIMENTALE

---

L'esperimento è stato condotto nei laboratori dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale - OGS, all'interno di una camera termostata allestita con appositi acquari. Il piano sperimentale ha previsto l'installazione di 14 acquari della capacità di 20 litri ognuno, riempiti con l'acqua prelevata dalla laguna di Grado (Fig. 1.1), in cui sono stati testati i possibili effetti negativi dei trattamenti del legno, in modo da avere due repliche di ciascun trattamento. Nella tabella 1.1 è specificata la tipologia del trattamento applicato al provino di legno testato in ciascun acquario. Ogni provino di legno (7x5x2.5 cm) è stato trattenuto sul fondo dell'acquario da un ciottolo (sono stati prelevati sulla battigia 14 ciottoli della stessa grandezza e dello stesso materiale roccioso, lavati con sapone, sterilizzati con alcol e lasciati in immersione in acqua deionizzata) e legato ad esso mediante cordoncino di nylon, composto da un materiale inerte che non rilasci sostanze che possano interferire con la sperimentazione. A tutti gli acquari è stata garantita aerazione continua, erogata mediante ossigenatore (air 275 R plus, Sera precision) e condizioni controllate di luce ad un fotoperiodo di 12:12 ore (luce/buio) con intensità luminosa di ~700  $\mu\text{E}$ , e temperatura ( $18 \pm 1.5^\circ\text{C}$ ).

Acquario	Trattamento	Descrizione trattamento del provino di legno ( <i>Abies alba</i> )
1	SILV-1A	Impregnante <b>Silvanolin</b> a concentrazione 1 (CuE concentrazione 0.25% ).
2	SILV-1B	Impregnante <b>Silvanolin</b> a concentrazione 1 (CuE concentrazione 0.25% ).
3	SILV-2A	Impregnante <b>Silvanolin</b> a concentrazione 2 (CuE concentrazione 1% ).
4	SILV-2B	Impregnante <b>Silvanolin</b> a concentrazione 2 (CuE concentrazione 1% ).
5	CCB-1A	Impregnante <b>CCB</b> a concentrazione 1 (CuE concentrazione 0.25% ).
6	CCB-1B	Impregnante <b>CCB</b> a concentrazione 1 (CuE concentrazione 0.25% ).
7	CCB-2A	Impregnante <b>CCB</b> a concentrazione 2 (CuE concentrazione 1% ).
8	CCB-2B	Impregnante <b>CCB</b> a concentrazione 2 (CuE concentrazione 1% ).
9	TERMO-A	<b>Termicamente modificato</b>
10	TERMO-B	<b>Termicamente modificato</b>
11	NO-A	<b>Non trattato, naturale.</b>
12	NO-B	<b>Non trattato, naturale.</b>
13	W-A	Senza pannello di legno, acquario solo con ciottolo
14	W-B	Senza pannello di legno, acquario solo con ciottolo

*Tabella 1.1 Descrizione del trattamento del provino di legno presente in ciascun acquario.*



*Figura 1.1 Allestimento degli acquari sperimentali in camera termostata.*

In tabella 1.2 è riportata la frequenza dei prelievi di campioni di acqua e la tipologia delle analisi microbiologiche e chimiche svolte sulle aliquote di acqua. In questo studio sono state indagate sia le comunità microbiche (autotrofe ed eterotrofe), sia la comunità microalgale. Prelievi aggiuntivi sono stati eseguiti da una replica di ciascun trattamento (acquario) allo scopo di ottenere un'indicazione sulla comunità dei predatori microzooplanctonici presenti durante la sperimentazione. Sono state inoltre eseguite analisi chimiche per la determinazione dei metalli pesanti, del carbonio organico disciolto (DOC) e dei principali macronutrienti inorganici (N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>2</sub>, N-NO<sub>3</sub>, P-PO<sub>4</sub>, Si-Si(OH)<sub>4</sub>) presenti in soluzione.

**Tabella 1.2 Tempistiche e frequenza dei campionamenti negli acquari sperimentali per ciascuna tipologia di analisi.**

Prelievi	T0 (controllo)	T3h (3 ore)	T1 (3 giorni)	T2 (6 giorni)	T3 (9 giorni)	Tf (12 giorni)
Batteri e nanoplancton eterotrofi (citometria a flusso)	X	X	X			X
Virus (citometria a flusso)	X	X	X			X
Nano-picoplancton autotrofi (citometria a flusso)	X	X	X			X
Fitoplancton (metodo Utermöhl)	X		X			X
Microzooplancton (metodo Utermöhl)	X					X
Metalli pesanti	X					X
Nutrienti inorganici	X		X	X	X	X
DOC (carbonio organico disciolto)	X		X			X

## 2 AREA DI STUDIO E CAMPIONAMENTO

La laguna di Grado-Marano si trova nella parte settentrionale del Mar Adriatico, delimitata ad ovest dalla foce del fiume Tagliamento e ad est dalla foce del fiume Isonzo.

Il 9 aprile 2021 è stata campionata l'acqua a Grado, nell'area antistante la Marina di Porto San Vito (Fig. 2.1). Sono stati prelevati 300 litri di acqua dallo strato superficiale (-0.5 m) adoperando un secchio, per evitare la rottura delle cellule degli organismi planctonici, e trasferiti in 17 taniche di policarbonato della capacità di 20 litri (preventivamente conservate in acido cloridrico 5% e acqua deionizzata, e avvinate 3 volte prima di essere riempite) (Fig. 2.2). Il campionamento dell'acqua è stato svolto in condizioni di marea entrante per evitare di prelevare acqua uscente dall'elevata torbidità.

In concomitanza, sono stati misurati nei 50 cm superficiali i seguenti parametri fisici: la radiazione fotosinteticamente attiva (PAR) mediante sonda Biospherical Instruments Inc. QLS-100, la temperatura (°C), la salinità e l'ossigeno disciolto (DO% e in mg L<sup>-1</sup>) mediante sonda multiparametrica YSI Professional Plus Water Quality Instrument.



Figura 2.1 Punto di prelievo presso la Marina di Porto San Vito (Grado).



Figura 2.2 Campionamento presso la Marina di Porto San Vito (Grado).

Le aliquote di acqua per le analisi al tempo sperimentale  $T_0$  sono state campionate direttamente dalle taniche da 20 litri. Gli acquari sono stati riempiti usando caraffe di policarbonato della capacità di 5 litri (lavate con acido cloridrico al 5% e acqua deionizzata). A seconda dell'analisi specifica, prelievi di aliquote di acqua sono avvenuti dopo 3 ore (T3h), 3 giorni (T1), 6 giorni (T2), 9 giorni (T3) e 12 giorni (Tf). Durante l'esecuzione dell'esperimento nessun macronutriente è stato aggiunto agli acquari per non mascherare un eventuale rilascio degli stessi dai diversi trattamenti. Pertanto, per escludere una loro possibile limitazione nel tempo per le comunità planctoniche, ed attribuire erroneamente un effetto negativo al trattamento, si è reso necessario il continuo monitoraggio di questi parametri ad intervalli regolari (T0, T1, T2, T3 e Tf).

### 3 RISULTATI

---

Le analisi chimiche di aliquote di acqua prelevate dagli acquari hanno mostrato concentrazioni più elevate di carbonio organico disciolto (DOC) e dei principali nutrienti inorganici negli acquari contenenti i provini di legno impregnati con Silvanolin, soprattutto quelli alla concentrazione maggiore (Fig. 3.1). Per il DOC, una concentrazione maggiore nei trattamenti con Silvanolin è stata osservata già al T1, ed è diventata ancora più evidente al Tf. Questa elevata concentrazione potrebbe essere almeno in parte attribuibile alla morte e successiva dissoluzione delle diatomee, fitoflagellati e dinoflagellati (Fig. 3.3) che hanno contribuito all'aumento del C organico disciolto.

Per quanto riguarda i nitriti e i nitrati, le concentrazioni più elevate sono state osservate al T3, in entrambi i trattamenti con Silvanolin. Negli altri trattamenti si è notata una diminuzione rispetto al controllo iniziale, eccetto negli acquari di controllo con il legno non trattato o senza legno, in cui si è notato un leggero aumento al T1 (Fig. 3.1 B-C). Un andamento analogo è stato osservato anche per i fosfati (Fig. 3.1 D).

La concentrazione dell'ammonio è risultata elevata solamente negli acquari contenenti i legni trattati con Silvanolin. Essendo questo un impregnante contenente composti di ammonio quaternario, il suo rilascio è stato graduale ed è aumentato progressivamente nell'arco della sperimentazione, mentre in tutti gli altri acquari è stato velocemente utilizzato dagli organismi (Fig. 3.1 E).

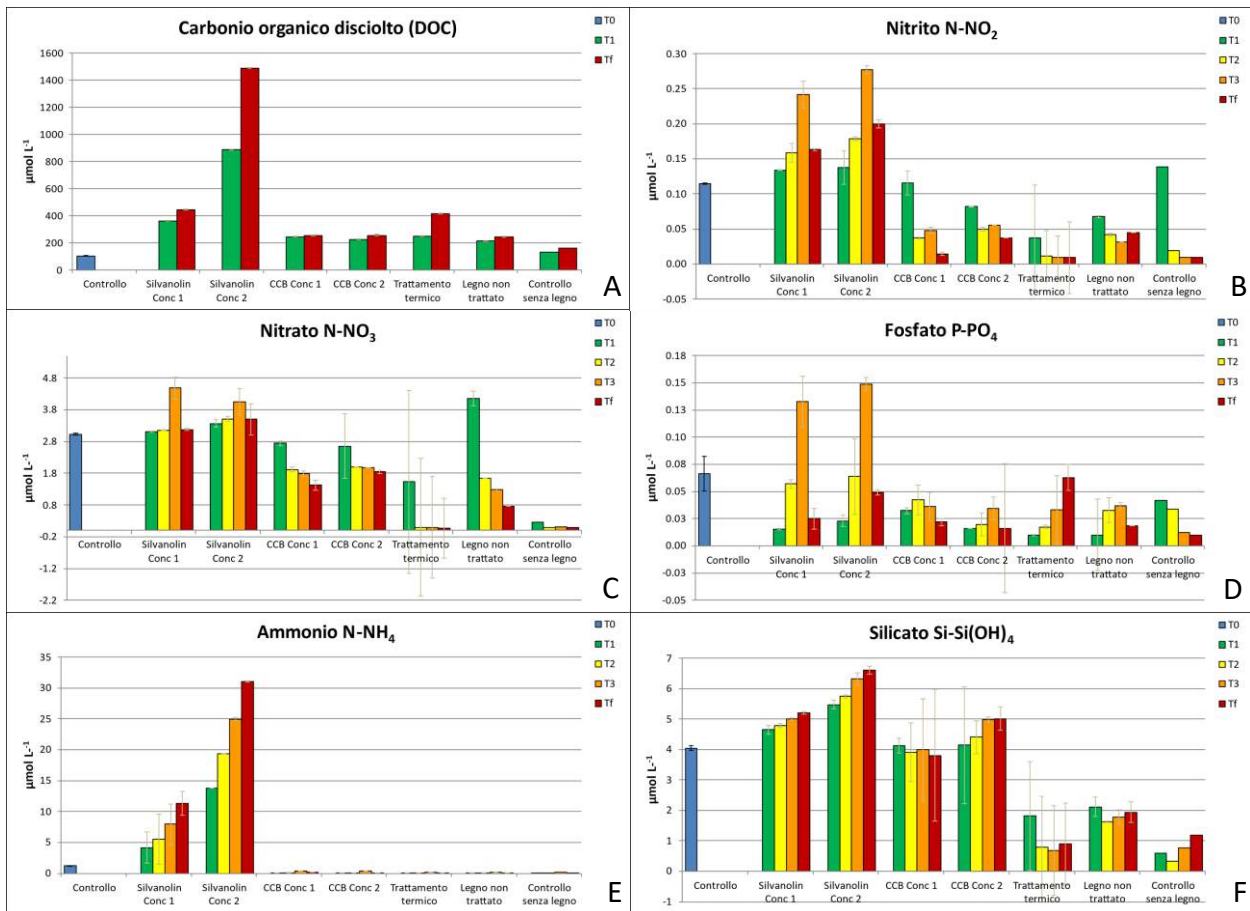


Figura 3.1 Concentrazione in acqua dal T<sub>0</sub> al T<sub>f</sub> del carbonio organico disciolto (A) e dei principali nutrienti inorganici (B-F), quest'ultimi con due ulteriori tempi intermedi di campionamento (T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>).

Le concentrazioni dei metalli all'inizio (T<sub>0</sub>) e alla fine dell'esperimento (T<sub>f</sub>) sono riportate nella Tabella 3.2.

I valori di arsenico (As), cadmio (Cd), mercurio (Hg), nichel (Ni), piombo (Pb) e vanadio (V) sono stati inferiori allo standard di qualità ambientale SQA-MA indicato dal DM 56/2009 e DLGS 152/2015.

Le concentrazioni di cromo totale (Cr) hanno registrato valori leggermente superiori ai limiti di legge (0.002 mg L<sup>-1</sup>) negli acquari dove il legno è stato trattato con la concentrazione minore di CCB, mentre valori superiori di ben un ordine di grandezza sono stati osservati nel trattamento con la concentrazione maggiore di CCB.

Per quanto riguarda i seguenti metalli: argento (Ag), boro (B), rame (Cu) e tallio (Tl), questi non sono inseriti nel DM 56/2009 e DLGS 152/2015. Ciononostante, i valori del rame per entrambi i trattamenti di Silvanolin hanno presentato concentrazioni >2 mg L<sup>-1</sup>.



Tabella 3.2 Concentrazione in mg L<sup>-1</sup> dei metalli: argento (Ag), arsenico (As), boro (B), cadmio (Cd), cromo totale (Cr), rame (Cu), mercurio (Hg), nichel (Ni), piombo (Pb), tallio (Tl) e vanadio (V), nelle aliquote di acqua prelevate all'inizio (T<sub>0</sub>) e alla fine (T<sub>f</sub>) della sperimentazione dagli acquari contenenti i provini con i diversi trattamenti. In rosso sono indicati i valori elevati o superiori ai limiti di legge.

Prelievo acquari	Ag	As	B	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Cu	Tl	V
T <sub>0</sub>	<0,0010	0,00139	4,80	<0,00040	0,00137	<0,00020	0,00285	<0,0010	0,00373	<0,00020	<0,0020
T <sub>f</sub> -SILV1A	<0,0010	0,00121	5,01	<0,00040	0,00170	<0,00020	<0,0010	0,00158	0,327	<0,00020	<0,0020
T <sub>f</sub> -SILV1B	<0,0010	0,00135	5,17	<0,00040	0,00110	<0,00020	0,00112	0,00148	0,331	<0,00020	<0,0020
T <sub>f</sub> -SILV2A	<0,0010	0,00145	4,91	<0,00040	0,00124	<0,00020	0,00109	0,00403	<b>2,09</b>	<0,00020	<0,0020
T <sub>f</sub> -SILV2B	<0,0010	0,00142	4,97	<0,00040	0,00115	<0,00020	0,00300	0,00301	<b>2,03</b>	<0,00020	<0,0020
T <sub>f</sub> -CCB1A	<0,0010	0,00137	5,35	<0,00040	0,00238	<0,00020	0,00106	<0,0010	0,059	<0,00020	<0,0020
T <sub>f</sub> -CCB1B	<0,0010	0,00143	5,33	<0,00040	0,00258	<0,00020	0,00104	<0,0010	0,078	<0,00020	<0,0020
T <sub>f</sub> -CCB2A	<0,0010	0,00134	7,6	<0,00040	<b>0,0344</b>	<0,00020	<0,0010	<0,0010	0,0476	<0,00020	0,0033
T <sub>f</sub> -CCB2B	<0,0010	0,00139	7,4	<0,00040	<b>0,0406</b>	<0,00020	<0,0010	<0,0010	0,0436	<0,00020	0,0039
T <sub>f</sub> -TERMO-A	<0,0010	0,00143	4,58	<0,00040	0,00136	<0,00020	<0,0010	<0,0010	0,00346	<0,00020	<0,0020
T <sub>f</sub> -TERMO-B	<0,0010	0,00139	4,62	<0,00040	<0,0010	<0,00020	<0,0010	<0,0010	0,00378	<0,00020	<0,0020
T <sub>f</sub> -NO-A	<0,0010	0,00142	4,58	<0,00040	0,00104	<0,00020	<0,0010	<0,0010	0,00334	<0,00020	<0,0020
T <sub>f</sub> -NO-B	<0,0010	0,00140	4,64	<0,00040	<0,0010	<0,00020	<0,0010	<0,0010	0,00386	<0,00020	<0,0020
T <sub>f</sub> -W-A	<0,0010	0,00141	4,61	<0,00040	<0,0010	<0,00020	<0,0010	<0,0010	0,00389	<0,00020	<0,0020
T <sub>f</sub> -W-B	<0,0010	0,00154	4,68	<0,00040	0,00112	<0,00020	<0,0010	<0,0010	0,00366	<0,00020	<0,0020

Le abbondanze degli organismi autotrofi, ottenute mediante citometria a flusso, confermano una graduale diminuzione della loro densità in tutti gli acquari. Tuttavia, un caso anomalo è rappresentato dal *Synechococcus*, di cui si osservava la scomparsa in tutti gli acquari dopo soltanto tre giorni (T<sub>1</sub>) (Fig. 3.2 A). Invece, per quanto concerne i picoeucarioti, le Cryptophyceae e i nanoflagellati autotrofi, solamente negli acquari contenenti il legno impregnato con Silvanolin, ad entrambe le concentrazioni, si è osservata una forte diminuzione nel tempo della loro abbondanza, fino alla completa scomparsa degli organismi al T<sub>f</sub> (Fig. 3.2 B-C-D). Al contrario, gli organismi eterotrofi hanno preso rapidamente il sopravvento, dapprima i batteri eterotrofi (T<sub>1</sub>, Fig. 3.2 E) e successivamente i nanoflagellati eterotrofi (T<sub>f</sub>, Fig. 3.2 F), entrambi maggiormente abbondanti negli acquari contenenti i legni trattati con gli impregnanti Silvanolin e CCB.

Infine, un leggero aumento di particelle virali (Fig. 3.2 G) potrebbe essere dovuto all'effetto del confinamento indotto dagli acquari stessi che favorisce la proliferazione dei virus, ma è stato meno evidente al T<sub>f</sub>, probabilmente come diretta conseguenza della diminuzione dell'abbondanza dei batteri che vengono da loro infettati.

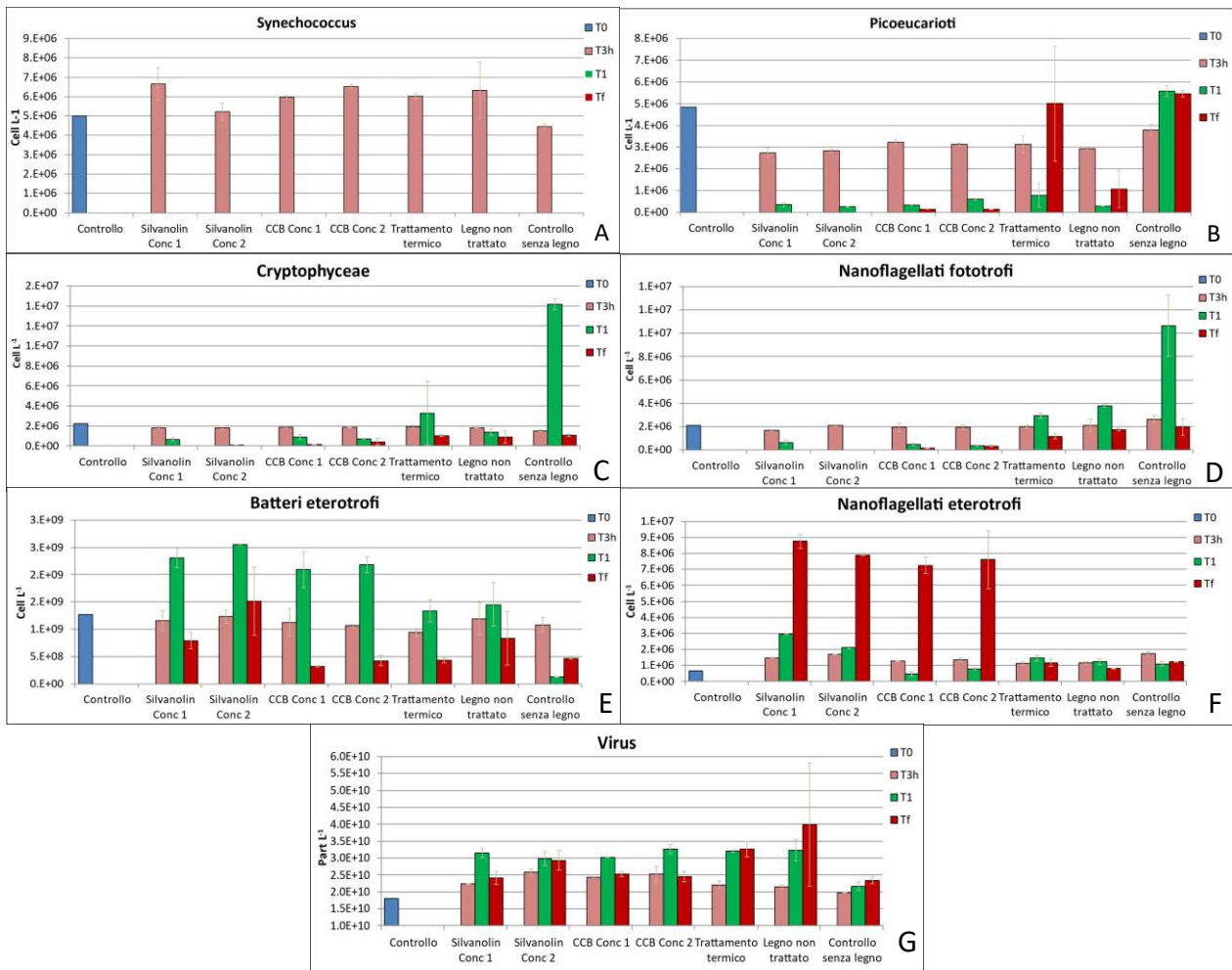


Figura 3.2 Abbondanze totali di *Synechococcus* (A), *picoeucarioti* (B), *Cryptophyceae* (C), *nanoflagellati fototrofi* (D), *batteri eterotrofi* (E), *nanoflagellati eterotrofi* (F) e *virus* (G), durante i tempi sperimentali in ciascun acquario.

Anche le abbondanze degli organismi autotrofi di dimensioni maggiori, stimate mediante il conteggio in microscopia ottica, hanno mostrato un andamento simile a quello sopra descritto per le comunità di dimensioni inferiori. Infatti, già al T1 è stata osservata una forte diminuzione delle diatomee, dei fitoflagellati e dei dinoflagellati negli acquari contenenti i legni con entrambi gli impregnanti, Silvanolin e CCB, e ad entrambe le concentrazioni (Fig. 3.3 A-B-C). Al contrario, negli altri acquari si è notato un aumento dell'abbondanza delle diatomee al T1 e una forte diminuzione al Tf, probabilmente ascrivibile alla limitazione dei principali nutrienti inorganici (Fig. 3.3 A). Relativamente alle abbondanze di flagellati e dinoflagellati, è stato invece registrato un incremento alla fine dell'esperienza (Tf, Fig. 3.3 B-C) dovuto alla prevalenza di organismi eterotrofi in questi due gruppi. Similmente, anche l'andamento del microzooplancton al Tf è risultato analogo a quello dei flagellati e dinoflagellati (Fig. 3.3 D).

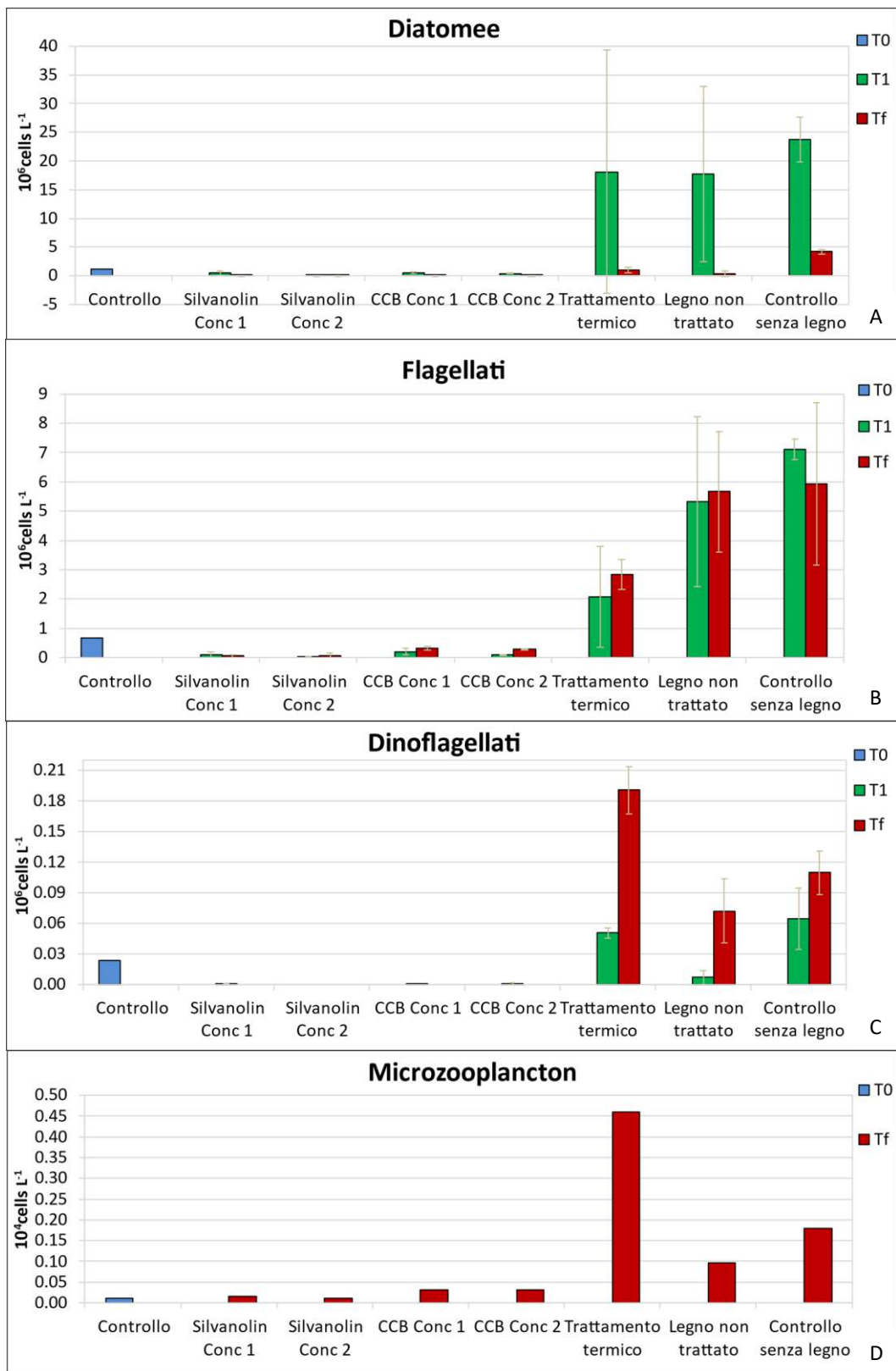


Figura 3.3 Abbondanze totali di diatomee (A), flagellati (B), dinoflagellati (C) e microzooplancton (D) ai diversi tempi sperimentali in ciascun acquario.

## 4 CONCLUSIONI

I provini di legno impregnati con Silvanolin hanno rilasciato le concentrazioni maggiori di carbonio organico disciolto (DOC) e dei principali nutrienti inorganici.

Il legno impregnato con Silvanolin, ad entrambe le concentrazioni, ha determinato una forte diminuzione dell'abbondanza degli organismi autotrofi, ovvero i picoeucarioti, le Cryptophyceae e i nanoflagellati autotrofi, fino alla loro completa scomparsa alla fine dell'esperimento. Un effetto analogo, sebbene meno marcato, è stato osservato con l'impregnante CCB.

Negli acquari contenenti i legni trattati con entrambi gli impregnanti, gli organismi eterotrofi, dapprima i batteri e successivamente i nanoflagellati, hanno preso rapidamente il sopravvento, questi ultimi probabilmente predando i picoeucarioti inizialmente presenti.

I risultati indicano che i provini di legno termicamente modificati non sembra abbiano rilasciato sostanze dannose alla comunità planctonica. Nella maggior parte dei casi l'effetto ecologico di questo tipo di trattamento è stato paragonabile a quello del legno naturale.

Entrambi i trattamenti chimici hanno mostrato di indurre un effetto ecologico negativo sulle comunità planctoniche lagunari, più marcato nel Silvanolin rispetto al CCB. Tuttavia, bisogna ribadire che gli impatti negativi osservati sono stati esacerbati dallo scarso volume degli acquari. Sebbene siano stati utilizzati mesocosmi da 20 litri, gli esperimenti sono stati condotti in sistemi chiusi nei quali non è presente l'effetto diluizione che è invece presente in un ambiente naturale. La laguna di Grado è un sistema di transizione dove lo scambio idrico con il mare aperto adiacente porta alla continua diluizione di nutrienti o contaminanti, limitandone così l'arricchimento e l'accumulo nel tempo.

Ha contribuito all'ATT16 il seguente personale OGS: Federica Cerino, Daniela Fornasaro, Martina Kralj, Federica Relitti, Cecilia Balestra, Mauro Celussi, Annalisa Franzo, Tommaso Diociaiuti, Edvino Cociancich, Gianluca Zazo.

*Progetto cofinanziato dal Fondo europeo di sviluppo regionale nell'ambito del "Programma di cooperazione Interreg V-A Italia-Slovenia 2014-2020"*

*I contenuti del presente documento non riflettono in alcun modo l'opinione dell'Autorità di Gestione del "Programma di cooperazione Interreg V-A Italia-Slovenia 2014-2020". La responsabilità di quanto riportato è a carico degli autori.*

# Ocena ekološkega učinka modificiranih ali obdelanih lesenih materialov na bakterije in mikroalge v Gradeško-maranski laguni

Različica: ŠT. 2

Povezan DS: DS 3.3 AKT16

Odgovorni partner: PP3 - OGS

Avtorice: Tamara Cibic, Vanessa Natali, Elena Di Poi

Datum: 10. 8. 2022

## KAZALO

1	UVOD.....	3
1.1	PREIZKUSNI NAČRT.....	3
2	PROUČEVANO OBMOČJE IN VZORČENJE.....	5
3	REZULTATI.....	7
4	ZAKLJUČKI.....	13

## OKRAJŠAVE

SILV konc 1: impregnacijsko sredstvo Silvanolin CuE = 0,25 %

SILV konc 2: impregnacijsko sredstvo Silvanolin CuE = 1 %

CCB konc 1: impregnacijsko sredstvo baker-krom-bor CuE = 0,25 %

CCB konc 2: impregnacijsko sredstvo baker-krom-bor CuE = 1 %

TERMO: termično modificiran

NO: neobdelan

W: samo voda

CuE: koncentracija bakra

PAR: fotosintetično aktivno sevanje

N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>2</sub>, N-NO<sub>3</sub>, P-PO<sub>4</sub>, Si-Si(OH)<sub>4</sub>: amonij, nitrit, nitrat, fosfat, silikat

MU 56/2009: Ministrska uredba št. 56 z dne 14. aprila 2009

ZU 152/2015: Zakonska uredba št. 152 z dne 30. marca 2015

## POVZETEK

Cilj te projektne aktivnosti je proučevanje strupenega učinka na naravne planktonske skupnosti lesenega materiala, obdelanega z 1. impregnacijskimi sredstvi novejšje generacije (Silvanolin z morsko formulacijo); 2. sredstvi, že prisotnimi na trgu (CCB, baker-krom-bor); 3. termično modificiranim lesom, t.j. s tehnikami, ki povečujejo njegovo obstojnost.

V ta namen smo morsko vodo, odvzeto iz gradeške lagune, prenesli v 14 akvarijev, postavljene v termostatsko komoro, v katere smo namestili lesene vzorce (*Abies alba* - bela jelka), zaščitene z različnimi postopki. Med 12-dnevnim preizkušanjem smo spremljali različne parametre (anorganska makrohranila, raztopljen organski ogljik, težke kovine, fototrofne in heterotrofne mikroorganizme) na začetku, po 3 dneh in na koncu testnega obdobja.

Iz rezultatov izhaja, da na fototrofne mikroorganizme močno vpliva sproščanje snovi iz lesenih vzorcev, zaščiteneh tako s Silvanolinom kot s sredstvom CCB; te snovi so se med trajanjem preiskave številčno zmanjšale, v nekaterih primerih pa so že po 3 dneh (T1) v celoti odmrle. Nasprotno, pa so heterotrofni mikroorganizmi hitro prevladali, sprva heterotrofne bakterije (T1), pozneje nanoflagelati (T<sub>f</sub>), obe vrsti pa sta bili najštevilčnejši v akvarijih z lesom, zaščitanim s pripravkoma Silvanolin in CCB.

Izkazalo se je, da imata obe kemični obdelavi negativni ekološki učinek na lagunske planktonske skupnosti, ki je bil izrazitejši pri Silvanolinu v primerjavi s sredstvom CCB.

## 1 UVOD

---

Cilj te projektne aktivnosti je proučevanje učinka na planktonske skupnosti, ki so naravno prisotne v lagunskem okolju. Odločili smo se, da preizkušanje opravimo na vrsti iglavca *Abies alba* (bela jelka), ki je bil termično modificiran oz. obdelan z dvema vrstama impregnacijskih sredstev v dveh različnih koncentracijah. Različni dimenzijski deleži avtotrofnega in heterotrofnega planktona sestavljajo osnovo prehranjevalne mreže in zato predstavljajo odlične ciljne skupine, s katerimi je mogoče oceniti morebitne motnje za naravno okolje. V ta namen smo iz Gradeške lagune vzorčili vodo in izvedli raziskavo z mezokozmosi, kjer smo planktonske skupnosti za skupno 12 dni izpostavili testnim lesenim vzorcem, zaščitenim z različnimi tehnikami.

### 1.1. PREIZKUSNI NAČRT

---

Preizkušanje je potekalo v termostatski komori z ustrezno urejenimi akvariji, nameščeni znotraj laboratorijev Državnega inštituta za eksperimentalno oceanografijo in geofiziko - OGS. Preizkusni načrt je predvideval namestitev 14 akvarijev, s prostornino 20 litrov, ki so bili napolnjeni z vodo, odvzeto iz Gradeške lagune (slika 1.1); v akvarijih smo proučili negativne učinke zaščitnih obdelav lesa tako, da smo za vsako obdelavo pripravili dve replikaciji. V preglednici 1.1 je prikazana tipologija zaščitne obdelave, ki je bila nanosena na testni leseni vzorec v vsakem akvariju. Vsak leseni vzorec (7 x 5 x 2,5 cm) smo obtežili s kamenčkom, da se je obdržal na dnu posode (z obale je bilo nabranih 14 kamenčkov enakih velikosti in iz enakega kamnitega materiala, ki so bili oprani z milom, razkuženi z alkoholom in potopljeni v deionizirano vodo), in ga ovili z najlonsko vrvjo iz inertnega materiala, ki ne oddaja snovi, ki bi lahko vplivale na potek raziskave. V vseh akvarijih smo z oksigenatorjem (air 275 R plus, Sera precision) zagotovili nenehno oskrbo s kisikom ter kontrolirane svetlobne pogoje z obdobjem osvetljenosti 12:12 ur (svetloba/tema) pri svetlobni jakosti ~700  $\mu\text{E}$  in temperaturi  $18 \pm 1,5$  °C.

**Preglednica 1.1 Opis zaščitne obdelave lesenega vzorca v posameznem akvariju**

akvarij	Zaščita	Opis zaščitne obdelave lesenega vzorca ( <i>Abies alba</i> )
1	SILV-1A	Impregnacijsko sredstvo Silvanolin v koncentraciji 1 (0,25 % koncentracija CuE)
2	SILV-1B	Impregnacijsko sredstvo Silvanolin v koncentraciji 1 (0,25 % koncentracija CuE)
3	SILV-2A	Impregnacijsko sredstvo Silvanolin v koncentraciji 2 (1 % koncentracija CuE)
4	SILV-2B	Impregnacijsko sredstvo Silvanolin v koncentraciji 2 (1 % koncentracija CuE)
5	CCB-1A	Impregnacijsko sredstvo CCB v koncentraciji 1 (0,25 % koncentracija CuE)
6	CCB-1B	Impregnacijsko sredstvo CCB v koncentraciji 1 (0,25 % koncentracija CuE)
7	CCB-2A	Impregnacijsko sredstvo CCB v koncentraciji 2 (1 % koncentracija CuE)
8	CCB-2B	Impregnacijsko sredstvo CCB v koncentraciji 2 (1 % koncentracija CuE)
9	TERMO-A	Termično modificiran
10	TERMO-B	Termično modificiran
11	NO-A	Neobdelan
12	NO-B	Neobdelan
13	W-A	Brez lesene plošče, akvarij samo s kamenčkom
14	W-B	Brez lesene plošče, akvarij samo s kamenčkom



*Slika 1.1 Ureditev testnih akvarijev, postavljenih v termostatsko komoro*

V preglednici 1.2 sta podani pogostost vzorčenja vode ter tipologija mikrobioloških in kemijskih analiz, opravljenih na vodnih vzorcih. S predmetno raziskavo smo proučili tako mikrobne skupnosti (avtotrofne in heterotrofne) kot skupnosti mikroalg. Dodatno vzorčenje smo opravili iz replikacije vsake zaščitne obdelave (akvarij) z namenom ugotavljanja skupnosti plenilcev mikrozooplanktona, prisotnih med preizkušanjem. Opravili smo tudi kemijske analize za opredelitev težkih kovin, raztopljenega organskega ogljika (DOC) in pomembnejših anorganskih makrohranil (N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>2</sub>, N-NO<sub>3</sub>, P-PO<sub>4</sub>, Si-Si(OH)<sub>4</sub>), prisotnih v raztopini.



**Preglednica 1.2 Časovni roki in pogostost vzorčenja testnih akvarijev za vsako vrsto analize.**

Vzorčenje	T0 (kontrola)	T3h (3 ure)	T1 (3 dni)	T2 (6 dni)	T3 (9 dni)	Tf (12 dni)
Bakterije in heterotrofni nanoplankton (pretočna citometrija)	X	X	X			X
Virusi (pretočna citometrija)	X	X	X			X
Avtotrofni nanoplankton (pretočna citometrija)	X	X	X			X
Fitoplankton (Utermohlova metoda)	X		X			X
Mikrozooplankton (Utermohlova metoda)	X					X
Težke kovine	X					X
Anorganska hranila	X		X	X	X	X
DOC (raztopljen organski ogljik)	X		X			X

## 2. PROUČEVANO OBMOČJE IN VZORČENJE

Na severnem predelu Jadranskega morja se razprostira Gradeško-maranska laguna, ki jo na zahodu omejuje reka Tilment, na vzhodu pa Soča.

9. aprila 2021 smo vzorčili vodo na območju pred Marino di Porto San Vito v Gradežu (slika 2.1). S površja (-0,5 m) smo z vrčem, da ne bi poškodovali celic planktonskih organizmov, odvzeli 300 litrov vode in jih prelili v 17 polikarbonatnih posod prostornine 20 litrov (pred polnjenjem so bile posode shranjene v 5 % klorovodikovi kislini in deionizirani vodi ter 3-krat izprane) (slika 2.2). Vzorčenje vode smo opravili ob prihajajoči plimi, s čimer smo preprečili odvzem motnejše vode ob umiku plime.

Prav tako smo na globini 50 cm izmerili naslednje fizikalne parametre: aktivno fotosintetično sevanje (PAR) s sondo Biospherical Instruments Inc., temperaturo (°C), slanost in raztopljen kisik (DO % v mg L<sup>-1</sup>) z uporabo multiparametrične sonde YSI Professional Plus Water Quality Instrument.



Slika 2.1 Mesto vzorčenja na območju Marina di Porto San Vito (Gradež).



Slika 2.2 Vzorčenje na območju Marina di Porto San Vito (Gradež).

Vodni vzorci za analizo pri testnem časovnem obdobju  $T_0$  so bili odvzeti neposredno iz 20-litrskih posod. Akvariji so bili napolnjeni z uporabo 5-litrskih polikarbonatnih ročk (opranih s 5 % klorovodikovo kislino in deionizirano vodo). Glede na posamezno analizo smo odvzem vodnih vzorcev opravili po 3 urah ( $T_{3h}$ ), 3 dneh ( $T_1$ ), 6 dneh ( $T_2$ ), 9 dneh ( $T_3$ ) in 12 dneh ( $T_f$ ). Med preizkušanjem nismo v akvarije dodali nobenega makrohranila, s čimer smo preprečili morebitno zavajajoče sproščanje teh hranil iz različnih zaščitnih obdelav. Da bi izključili morebitno pomanjkanje hranil skozi čas za planktonsko skupnost in zaščitni obdelavi napačno pripisali negativni učinek, smo navedene parametre stalno spremljali v določenih časovnih presledkih ( $T_0$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  in  $T_f$ ).

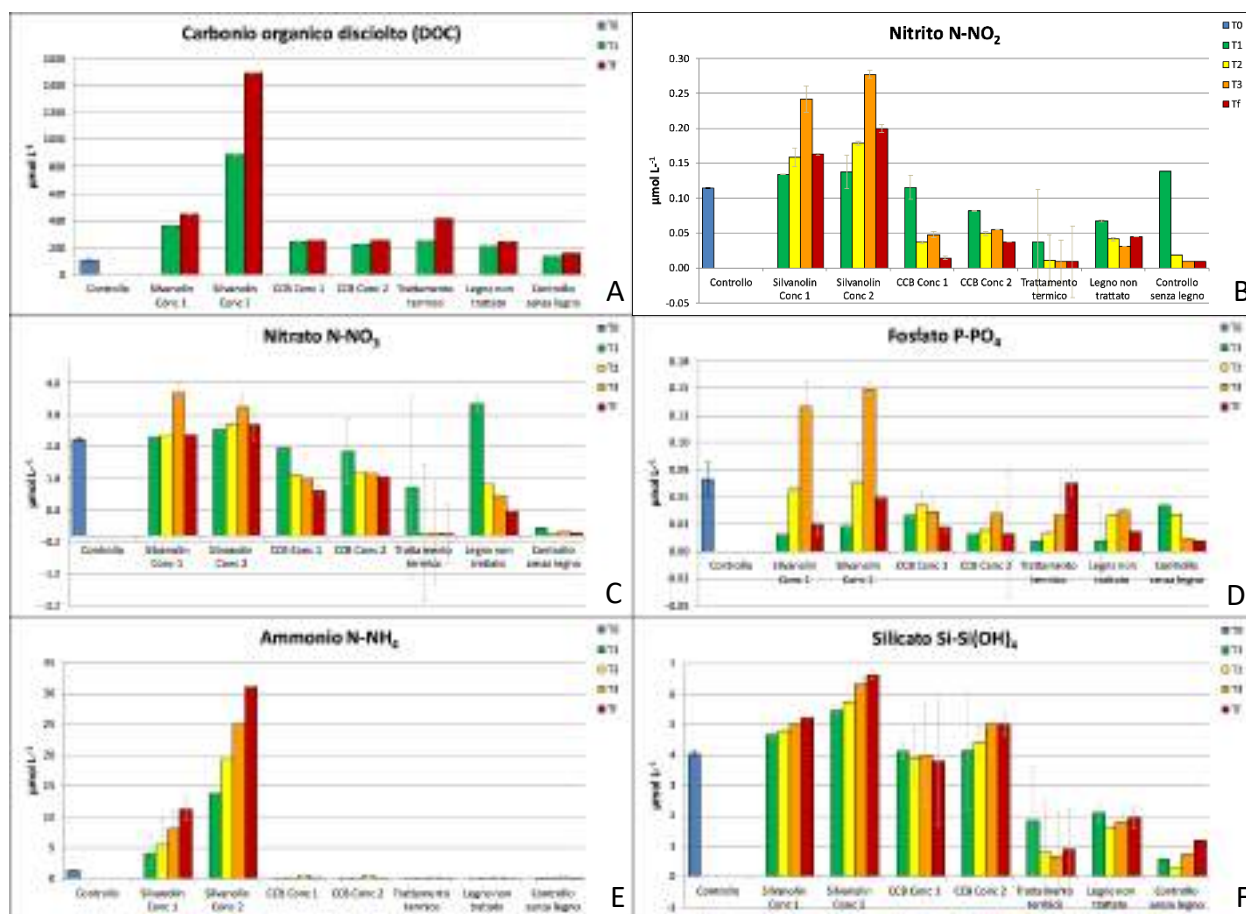
### 3 REZULTATI

---

Kemijske analize vodnih vzorcev, odvzetih iz akvarijev, so pokazale višje koncentracije raztopljenega organskega ogljika (DOC) in glavnih anorganskih hranil v akvarijih z lesenimi vzorci, obdelanimi s Silvanolinom, predvsem pri večji koncentraciji (slika 3.1). Pri zaščitnih obdelavah s Silvanolinom je bila ugotovljena večja koncentracija DOC že pri T1, ki je postala izrazitejša pri Tf. To visoko koncentracijo bi lahko delno pripisali izumrtju ali posledični razgradnji diatomej, fitoflagelatov in dinoflagelatov (slika 3.3), kar je prispevalo k povišanju raztopljenega organskega ogljika.

Kar zadeva nitrite in nitrate, so bile najvišje koncentracije zabeležene pri T3 pri obeh zaščitah s Silvanolinom. Pri preostalih obdelavah je bilo v primerjavi z začetnim kontrolnim pogojem opaženo zmanjšanje teh snovi, razen v kontrolnih akvarijih z neobdelanim lesom ali brez lesa, kjer je bilo pri T1 ugotovljeno rahlo povišanje (slika 3.1 B-C). Podoben trend je bil zaznan tudi za fosfate (slika 3.1 D).

Visoka koncentracija amonija je bila izmerjena le v akvarijih z lesenimi vzorci, obdelanimi s Silvanolinom. Ker to impregnacijsko sredstvo vsebuje kvartarne amonijeve spojine, se je navedena snov sproščala počasi in je med zaključkom preizkušanja postopoma narasla, medtem ko so jo v vseh drugih akvarijih organizmi hitro porabili.



Slika 3.1 Koncentracije raztopljenega organskega ogljika (A) in glavnih anorganskih hranil (B-F) v vodi od  $T_0$  do  $T_f$ . Za glavna anorganska hranila sta navedena dva vmesna časa vzorčenja ( $T_2$ ,  $T_3$ ).

Slika 3.1 legenda

Carbonio organico disciolto (DOC)	Raztopljen organski ogljik (DOC)
Nitrito	Nitrit
Nitrato	Nitrat
Fosfato	Fosfat
Ammonio	Amonij
silicato	Silikat
Controllo	Kontrola
Silvanolin Conc1	Silvanolin konc1
Silvanolin Conc2	Silvanolin konc2
CCB Conc1	CCB konc1
CCB Conc2	CCB konc2
Trattamento termico	Termična obdelava
Legno non trattato	Neobdelan les

Koncentracije kovin na začetku (T<sub>0</sub>) in koncu raziskave (T<sub>f</sub>) so podane v preglednici 3.2.

Vrednosti arzenika (As), kadmija (Cd), živega srebra (Hg), niklja (Ni), svinca (Pb) in vanadija (V) so bile nižje od okoljskega standarda kakovosti SQA-MA, navedenega v MU 56/2009 in ZU 152/2015.

V akvarijih, kjer je bil les obdelan z nižjo koncentracijo CCB-ja, so bile koncentracije celotnega kroma (Cr) rahlo višje od zakonske mejne vrednosti (0,002 mg L<sup>-1</sup>), pri obdelavi z višjo koncentracijo CCB-ja pa so bile beležene vrednosti za eno stopnjo višje.

Kovine srebro (Ag), bor (B), baker (Cu) in talij (Tl) niso vključene v MU 56/2009 in ZU 152/2015. Kljub temu so bile koncentracije bakra za obe zaščitni obdelavi s Silvanolinom >2 mg L<sup>-1</sup>.

Preglednica 3.2 Koncentracije kovin v mg L<sup>-1</sup>: srebro (Ag), arzenik (As), bor (B), kadmij (Cd), celotni krom (Cr), baker (Cu), živo srebro (Hg), nikelj (Ni), svinec (Pb), talij (Tl) in vanadij (V) v vzorcih vode, odvzetih na začetku (T<sub>0</sub>) in koncu (T<sub>f</sub>) preizkušanja iz akvarijev, ki vsebujejo lesne vzorce, obdelane z različnimi zaščitami. Rdeče obarvane so višje vrednosti oz. tiste, ki presegajo zakonske mejne vrednosti.

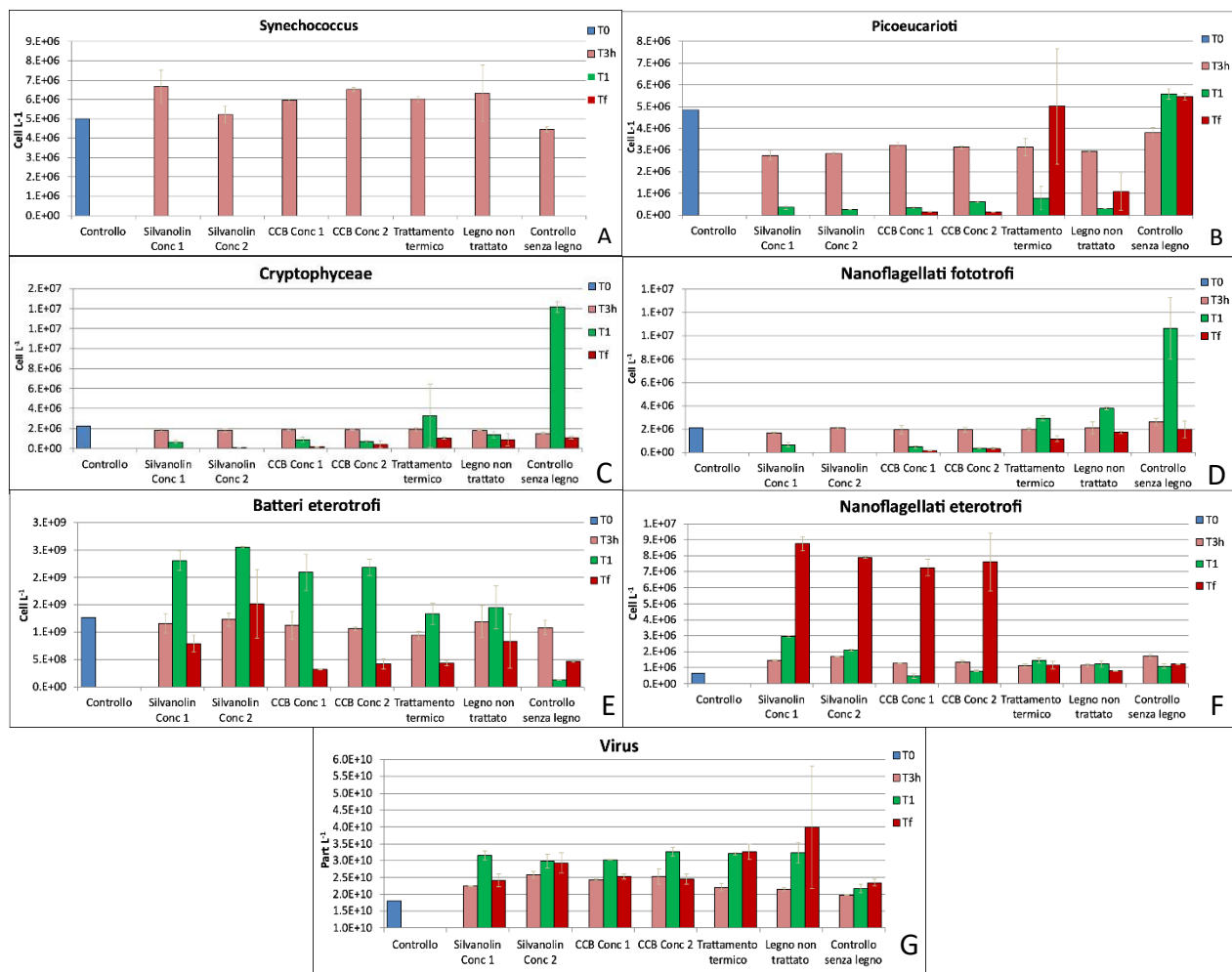
Prelievo acquari	Ag	As	B	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Cu	Tl	V
T <sub>0</sub>	<0,0010	0,00139	4,80	<0,00040	0,00137	<0,00020	0,00285	<0,0010	0,00373	<0,00020	<0,0020
T <sub>f</sub> -SILV1A	<0,0010	0,00121	5,01	<0,00040	0,00170	<0,00020	<0,0010	0,00158	0,327	<0,00020	<0,0020
T <sub>f</sub> -SILV1B	<0,0010	0,00135	5,17	<0,00040	0,00110	<0,00020	0,00112	0,00148	0,331	<0,00020	<0,0020
T <sub>f</sub> -SILV2A	<0,0010	0,00145	4,91	<0,00040	0,00124	<0,00020	0,00109	0,00403	<b>2,09</b>	<0,00020	<0,0020
T <sub>f</sub> -SILV2B	<0,0010	0,00142	4,97	<0,00040	0,00115	<0,00020	0,00300	0,00301	<b>2,03</b>	<0,00020	<0,0020
T <sub>f</sub> -CCB1A	<0,0010	0,00137	5,35	<0,00040	0,00238	<0,00020	0,00106	<0,0010	0,059	<0,00020	<0,0020
T <sub>f</sub> -CCB1B	<0,0010	0,00143	5,33	<0,00040	0,00258	<0,00020	0,00104	<0,0010	0,078	<0,00020	<0,0020
T <sub>f</sub> -CCB2A	<0,0010	0,00134	7,6	<0,00040	<b>0,0344</b>	<0,00020	<0,0010	<0,0010	0,0476	<0,00020	0,0033
T <sub>f</sub> -CCB2B	<0,0010	0,00139	7,4	<0,00040	<b>0,0406</b>	<0,00020	<0,0010	<0,0010	0,0436	<0,00020	0,0039
T <sub>f</sub> -TERMO-A	<0,0010	0,00143	4,58	<0,00040	0,00136	<0,00020	<0,0010	<0,0010	0,00346	<0,00020	<0,0020
T <sub>f</sub> -TERMO-B	<0,0010	0,00139	4,62	<0,00040	<0,0010	<0,00020	<0,0010	<0,0010	0,00378	<0,00020	<0,0020
T <sub>f</sub> -NO-A	<0,0010	0,00142	4,58	<0,00040	0,00104	<0,00020	<0,0010	<0,0010	0,00334	<0,00020	<0,0020
T <sub>f</sub> -NO-B	<0,0010	0,00140	4,64	<0,00040	<0,0010	<0,00020	<0,0010	<0,0010	0,00386	<0,00020	<0,0020
T <sub>f</sub> -W-A	<0,0010	0,00141	4,61	<0,00040	<0,0010	<0,00020	<0,0010	<0,0010	0,00389	<0,00020	<0,0020
T <sub>f</sub> -W-B	<0,0010	0,00154	4,68	<0,00040	0,00112	<0,00020	<0,0010	<0,0010	0,00366	<0,00020	<0,0020

Preglednica 3.2 *legenda*: Prelievo acquari - Odvzem iz akvarijev

Abundanca avtotrofnih organizmov, pridobljena s pretočno citometrijo, potrjuje postopno zmanjšanje njihove gostote v vseh akvarijih. Izjemo pa predstavlja *Synechococcus*, ki je v vseh akvarijih izginil že po treh dneh (T<sub>1</sub>) (slika 3.2 A). Kar zadeva pikoekvkarionte, smo pri akvarijih z lesenimi vzorci, obdelanimi s Silvanolinom v obeh koncentracijah, ugotovili, da so se Cryptophyceae in avtotrofni nanoflagelati sčasoma številčno močno zmanjšali, dokler niso v celoti izginili pri T<sub>f</sub> (slika 3.2 B-C-D). Nasprotno pa so heterotrofni mikroorganizmi hitro prevladali, sprva heterotrofne bakterije (T<sub>1</sub>, slika 3.2 E), pozneje

nanoflagelati (Tf, slika. 3.2 F), obe vrsti pa sta bili najštevilčnejši v akvarijih z lesom, zaščitenim z impregnacijskimi sredstvi Silvanolin in CCB.

Rahlo povišanje virusnih delcev (slika 3.2 G) pa bi bila lahko posledica zaprtja v akvarijih, ki sicer pospešuje razmnoževanje virusov. To stanje je bilo manj izrazito pri Tf, verjetno zaradi zmanjšane številčnosti bakterij, ki jih virusi okužijo.



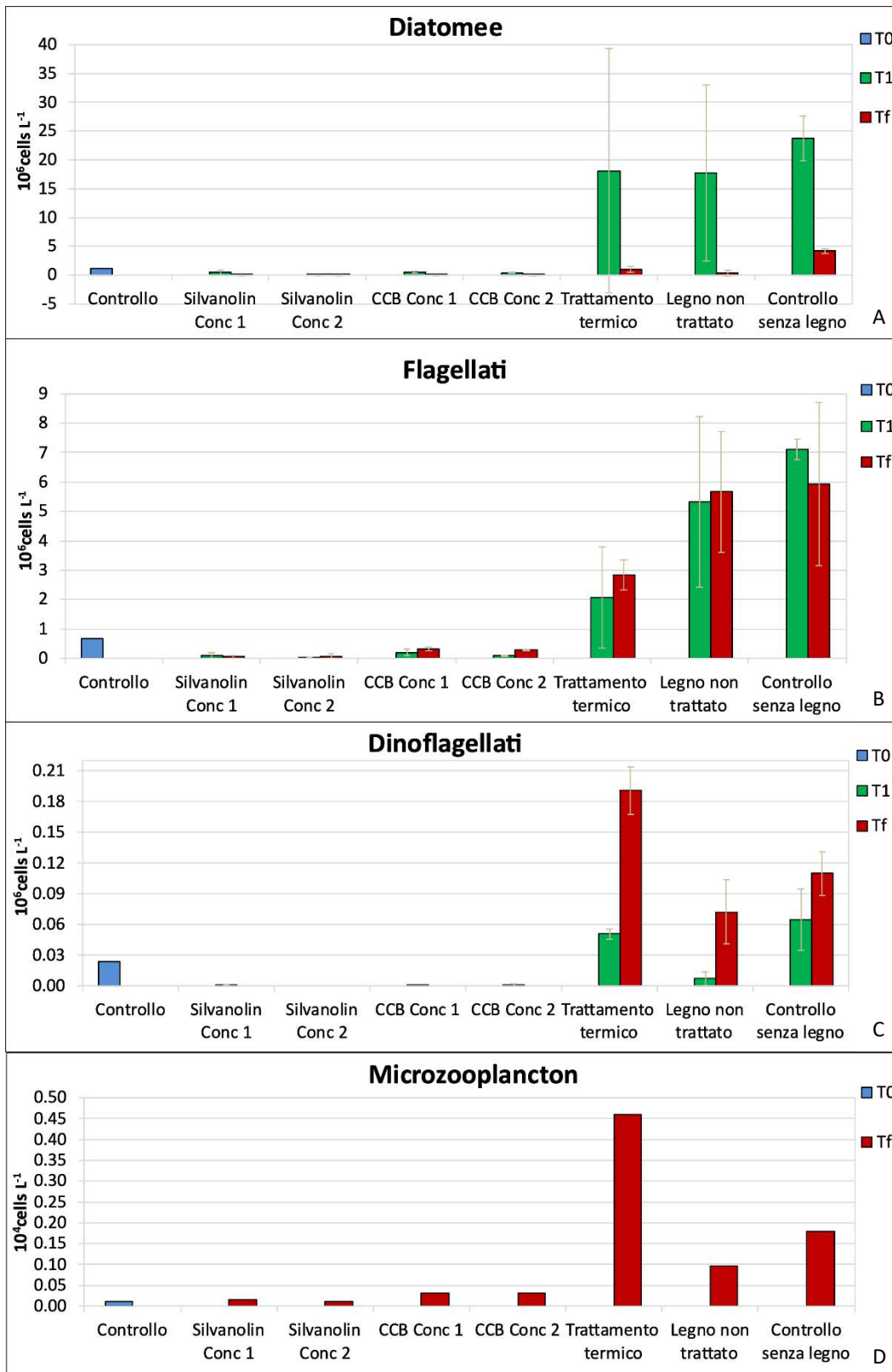
Slika 3.2 Celotno število (abundanca) *Synechococcus* (A), pikoevkariontov (B), *Cryptophyceae* (C), fototrofnih nanoflagelatov (D), heterotrofnih bakterij (E), heterotrofnih nanoflagelatov (F) in virusov (G), med poskusnimi obdobji v posameznem akvariju.

Slika 3.2 legenda:

picoeucarioti	Pikoevkarionti
Nanoflagellati fototrofi	Fototrofni nanoflagelati
Batteri eterotrofi	Heterotrofne bakterije
Nanoflagellati eterotrofi	Heterotrofni nanoflagelati
Virus	Virus
Controllo	Kontrola
Silvanolin Conc1	Silvanolin konc1

Silvanolin Conc2	Silvanolin konc2
CCB Conc1	CCB konc1
CCB Conc2	CCB konc2
Trattamento termico	Termična obdelava
Legno non trattato	Neobdelan les
Controllo senza legno	Kontrola brez lesa

Tudi abundanca večjih avtotrofnih organizmov, ocenjena na podlagi štetja z optično mikroskopijo, je pokazala podoben razvoj tistemu, ugotovljenemu za zgoraj omenjene skupnosti manjših velikosti. Že pri T1 so se diatomeje, fitoflagelati in dinoflagelati izrazito zmanjšali v akvarijih z lesenimi vzorci, obdelanimi z obema impregnacijskima sredstvoma Silvanolin in CCB pri obeh koncentracijah (slika 3.3 A-B-C). Nasprotno sta bila v drugih akvarijih ugotovljena količinsko povečanje diatomej pri T1 ter njihovo znatno zmanjšanje pri Tf, kar bi lahko pripisali omejeni prisotnosti glavnih anorganskih hranil (slika 3.3 A). Flagelati in dinoflagelati pa so številčno narasli na koncu raziskave (Tf, slika 3.3 B-C) zaradi prevladujoče prisotnosti eterotrofnih organizmov v obeh skupinah. Mikrozooplankton je pri Tf beležil podoben razvoj tistemu, opisanemu za flagelate in dinoflagelate (slika 3.3 D).



Slika 3.3 Celotno število (abundanca) diatomej (A), flagelatov (B), dinoflagelatov (C) in mikrozooplanktona (D) v različnih testnih časovnih obdobjih v pozameznem akvariju.



Slika 3.3 *legenda:*

Diatomee	Diatomeje
Flagellati	Flagelati
Dinoflagellati	Dinoflagelati
Microzooplancton	Mikrozooplankton
Controllo	Kontrola
Silvanolin Conc1	Silvanolin konc1
Silvanolin Conc2	Silvanolin konc2
CCB Conc1	CCB konc1
CCB Conc2	CCB konc2
Trattamento termico	Termična obdelava
Legno non trattato	Neobdelan les
Controllo senza legno	Kontrola brez lesa

## 4 ZAKLJUČKI

Leseni vzorci, obdelani s Silvanolinom, so oddali najvišje koncentracije raztopljenega organskega ogljika (DOC) in glavnih anorganskih makrohranil.

Les, obdelan s Silvanolinom pri obeh koncentracijah, je močno zmanjšal abundanco avtotrofnih organizmov, t.j. pikoeukariontov, Cryptophyceae in avtotrofnih nanoflagelatov, ki so na koncu preizkušanja v celoti izumrli. Podoben, a manj izrazit učinek, je imelo impregnacijsko sredstvo CCB.

V akvarijih z lesenimi vzorci, obdelanimi z obema impregnacijskima sredstvoma, so heterotrofni organizmi, najprej bakterije, nato nanoflagelati, hitro prevladali; slednji verjetno plenijo pikoeukarionte, ki se pojavijo na začetku.

Rezultati kažejo, da termično modificirani leseni vzorci ne bi oddajali škodljivih snovi za planktonsko skupnost. V večini primerov je bil ekološki učinek te razščite primerljiv neobdelanemu lesu.

Izkazalo se je, da obe kemični obdelavi povzročata negativni ekološki učinek na lagunske planktonske skupnosti, ki je bil izrazitejši pri Silvanolinu kot pri sredstvu CCB. Velja vsekakor izpostaviti, da so bili opaženi negativni vplivi izrazitejši zaradi omejenega volumna akvarijev. Čeprav so bili uporabljeni 20-litrski mezokozmosi, so bili poskusi opravljeni v zaprtih sistemih brez učinka razredčenja, ki pa je značilen za naravno okolje. Gradeška laguna je prehodni sistem, kjer izmenjava vode z odprtim morjem zagotavlja nenehno razredčevanje hranil ali onesnažil s posledičnim omejevanjem njihove koncentracije in kopičenja.

Pri AKT16 je sodelovalo naslednje osebje, zaposleno pri OGS-u: Federica Cerino, Daniela Fornasaro, Martina Kralj, Federica Relitti, Cecilia Balestra, Mauro Celussi, Annalisa Franzo, Tommaso Diociaiuti, Edvino Cociancich in Gianluca Zazo.

*Projekt, sofinanciran iz Evropskega sklada za regionalni razvoj v sklopu »Programa za sodelovanje Interreg V-A Italija-Slovenija 2014 - 2020«*

*Vsebina publikacije v nobenem pogledu ne izraža stališča Organa upravljanja »Programa sodelovanja Interreg V-A Italija-Slovenija 2014 - 2020«. Za vsebine so odgovorni avtorji.*

Preglednica 1.1.

akvarij	Zaščita	Opis zaščitne obdelave lesenega vzorca ( <i>Abies alba</i> )
		Impregnacijsko sredstvo Silvanolin v koncentraciji 1 (0,25 % koncentracija CuE)
		Impregnacijsko sredstvo Silvanolin v koncentraciji 2 (1 % koncentracija CuE)
		Impregnacijsko sredstvo CCB v koncentraciji 1 (0,25 % koncentracija CuE)
		Impregnacijsko sredstvo CCB v koncentraciji 2 (1 % koncentracija CuE)
		Termično modificiran
		Neobdelan
		Brez lesene plošče, akvarij samo s kamenčkom

Preglednica 1.2

Vzorčenje	T0 (kontrola)	T3h (3 ure)	T1 (3 dni)	T2 (6 dni)	T3 (9 dni)	Tf (12 dni)
Bakterije in heterotrofni nanoplankton (pretočna citometrija)						
Virusi (pretočna citometrija)						
Avtotrofni nanopikoplankton (pretočna citometrija)						
Fitoplankton (Utermohlova metoda)						
Mikrozooplankton (Utermohlova metoda)						
Težke kovine						
Anorganska hranila						
DOC (raztopljen organski dušik)						

Slika 3.1

Carbonio organico disciolto (DOC)	Raztopljen organski ogljik (DOC)
Nitrito	Nitrit
Nitrato	Nitrat
Fosfato	Fosfat
Ammonio	Amonij
silicato	Silikat
Controllo	Kontrola
Silvanolin Conc1	Silvanolin konc1
Silvanolin Conc2	Silvanolin konc2
CCB Conc1	CCB konc1
CCB Conc2	CCB konc2
Trattamento termico	Termična obdelava
Legno non trattato	Neobdelan les
Controllo senza legno	Kontrola brez lesa

Preglednica 3.2

Prelievo acquari - Odvzem iz akvarijev

Slika 3.2

picoeucarioti	Pikoevkarionti
Nanoglagellati fototrofi	Fototrofni nanoflagelati
Batteri eterotrofi	Heterotrofne bakterije
Nanoglagellati eterotrofi	Heterotrofni nanoflagelati
Virus	Virus
Controllo	Kontrola
Silvanolin Conc1	Silvanolin konc1
Silvanolin Conc2	Silvanolin konc2
CCB Conc1	CCB konc1
CCB Conc2	CCB konc2
Trattamento termico	Termična obdelava
Legno non trattato	Neobdelan les
Controllo senza legno	Kontrola brez lesa

Slika 3.3

Diatomee	Diatomeje
Flagellati	Flagelati
Dinoflagellati	Dinoflagelati
Microzooplancton	Mikrozooplankton
Controllo	Kontrola
Silvanolin Conc1	Silvanolin konc1
Silvanolin Conc2	Silvanolin konc2
CCB Conc1	CCB konc1
CCB Conc2	CCB konc2
Trattamento termico	Termična obdelava
Legno non trattato	Neobdelan les
Controllo senza legno	Kontrola brez lesa