

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 della resistenza all'attacco degli xilofagi marini dei manufatti in legno (Pali)

Versione: N. 1

WP di riferimento: WP3.2.2 - ATT9

Partner Responsabile: CNR-ISMAR, Venezia

Autori: Davide Tagliapietra e Irene Guarneri

Data: 31/08/2022



PRIMORSKA
GOSPODARSKA
ZBORNIKA



Silvaproduct
od 1951



INDICE

ACRONIMI.....	2
SOMMARIO.....	2
1 Inquadramento della problematica e del progetto DuraSoft.....	3
1.1 Finalità delle attività svolte nell'ambito dell'ATT9.....	3
2 Materiali e Metodi.....	4
3 RISULTATI.....	10
3.1 Analisi delle sezioni.....	10
3.2 Analisi delle radiografie tangenziali.....	12
3.3 Specie di organismi xilofagi presenti.....	14
4 DISCUSSIONE E CONCLUSIONE.....	14
BIBLIOGRAFIA	16

ACRONIMI

ABI: Abete bianco (*Abies alba*)

ACC: Pannelli in legno di *Pinus radiata* acetilato (Accoya)

LOW: Pannelli in legno trattati con una soluzione di Silvanolin contenente lo 0,033% di Cu

NTC: Controllo, pannelli in legno non trattato

PIC: Abete rosso (*Picea abies*)

PIN: Pino silvestre (*Pinus sylvestis*)

PRA: Pino di Monterey (*Pinus radiata*)

THM: Termicamente modificato

UC5: condizione sperimentale con pannelli in legno trattati con soluzione di Silvanolin contenente l'1% di Cu

SOMMARIO

Nel comprensorio alpino-marittimo dell'alto Adriatico il legno è ampiamente utilizzato nelle attività agropastorali e quelle legate alla pesca. Tuttavia, il legno è un materiale particolarmente soggetto all'azione di vari fattori di decomposizione biotici (funghi, insetti, termiti) e abiotici (temperatura e umidità), soprattutto se esposto al contatto diretto con il suolo o con l'acqua. Lo scopo dell'ATT9 è stato quello di valutare in maniera comparabile con i protocolli già in uso in laguna di Venezia e modificati allo scopo di valutare la resistenza agli xilofagi marini dei manufatti lignei per uso marittimo. I materiali sono stati testati secondo una modifica del protocollo messo a punto da ISMAR-CNR e fatto proprio dal "protocollo d'intesa" tra Comune di Venezia, Sovrintendenza e Provveditorato Opere Pubbliche. Sono stati messi in opera pali aventi sezione approssimativamente circolare di diametro di circa 15 cm per i pali di ormeggio, 30 per i pali di segnalazione, I pali sono stati infissi in tre repliche per ciascun trattamento, più tre repliche su un fondale di circa 1,00-3,00 m presso il canale

Treporti. La valutazione della verrinatura è stata eseguita su ogni palo salpato e quantificata tramite analisi autoptica di tre sezioni trasversali, in accordo coi protocolli ISMAR. I risultati rispecchiano ciò che è emerso dalle valutazioni eseguite nell'ATT8, fornendo informazioni aggiuntive sul comportamento dei manufatti nelle fasi di messa in opera, salpaggio e lavorazioni.

1 INQUADRAMENTO DELLA PROBLEMATICA E DEL PROGETTO DURASOFT

Nel comprensorio alpino-marittimo dell'alto Adriatico il legno è ampiamente utilizzato nelle attività agropastorali e quelle legate alla pesca. Strutture abitative tradizionali insieme alle infrastrutture lineari complementari quali moli, pali di segnalazione e ormeggio ma anche recinzioni, camminamenti sono ampiamente utilizzati e possiedono un notevole valore storico e socio-ecologico (Lo Monaco et al. 2018). Tuttavia, il legno è un materiale particolarmente soggetto all'azione di vari fattori di decomposizione biotici (funghi, insetti, termiti) e abiotici (temperatura e umidità), soprattutto se esposto al contatto diretto con il suolo o con l'acqua (Marais et al. 2022). Il legno di conifere, storicamente il più utilizzato in questa zona, è meno durevole rispetto a quello ricavato dalle latifoglie. Quando questo legno tenero viene utilizzato per l'edilizia, è pertanto necessario migliorarne la resistenza e la durata per rendere meno onerosa la manutenzione e aumentare la sicurezza delle costruzioni in legno. A questo scopo vengono abitualmente utilizzati nella formulazione dei preservanti del legno dei conservanti chimici quali i composti a base di rame. Il rame, però, non è in grado di fissarsi direttamente al legno, e pertanto è necessario impiegare altri fissativi per prevenire i processi di lisciviazione. L'aggiunta di cromo è ampiamente utilizzata ed efficace per fissare i sali metallici solubili all'interno del legno. Tuttavia, a causa della sua cancerogenicità, la maggior parte dei paesi europei intende vietare o limitare l'uso del cromo nei preservanti del legno. Pertanto, vi è una grande richiesta di sviluppare composti alternativi ecologicamente accettabili ed efficaci per la fissazione del rame nell'agente impregnante soprattutto per quei legni il cui uso prevede il contatto con il terreno o con acqua dolce oppure permanentemente esposto all'acqua salata. Attraverso il progetto DuraSoft, finanziato dal Programma Interreg Italia - Slovenia, sono stati testati sia l'efficacia che la sostenibilità ambientale di alcuni trattamenti sviluppati dai partner che intendono aumentare la durabilità di materiali e manufatti di specie tradizionali di conifere.

1.1 Finalità delle attività svolte nell'ambito dell'ATT9

Lo scopo è stato quello di valutare in maniera comparabile con i protocolli già in uso in laguna di Venezia e modificati allo scopo di valutare la resistenza agli xilofagi marini dei pali di ormeggio e di alcune piccole parti di strutture marittime, che per caratteristiche costitutive potrebbe essere diversa da quella dei provini di legno (ATT8). I manufatti lignei sono stati testati secondo una modifica del protocollo messo a punto da ISMAR-CNR e fatto proprio dal "protocollo d'intesa" sull'uso dei materiali legnosi trattati e alternativi al legno siglata tra Comune di Venezia, Soprintendenza per i Beni

Architettonici e per il Paesaggio di Venezia e Laguna e Interregionale alle Provveditorato Opere Pubbliche per il Veneto Trentino Alto Adige e Friuli Venezia Giulia, Associated Partner del progetto. Sono stati messi in opera pali aventi sezione approssimativamente circolare di diametro di circa 15 cm per i pali di ormeggio, 30 per i pali di segnalazione, I pali sono stati infissi in tre repliche per ciascun trattamento, su un fondale di circa 1,00-3,00 m presso il canale Treporti. La valutazione della verrinatura è stata eseguita su ogni palo salpato e quantificata tramite analisi autoptica di tre sezioni trasversali, in accordo coi protocolli ISMAR.

2 MATERIALI E METODI

Nella valutazione della bioerosione dei pali si è proceduto in accordo con le metodiche in uso da tempo dal Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche per il Veneto, Trentino Alto Adige e Friuli Venezia Giulia (Ex Magistrato alle Acque di Venezia) durante l'iter autorizzativo per l'uso di materiali legnosi ed alternativi in legno in laguna di Venezia. Sono state inoltre apportate alcune aggiunte migliorative come le radiografie tangenziali. Per tale scopo è stato quindi allestito un campo pali sperimentale presso canale di Treporti all'altezza delle barene situate tra l'isola di S. Erasmo e il canale Pordelio (45° 28'8.52"N; 12° 26'20.18"E).

I pali sono stati forniti dal partner Silvaprodukt, in coordinazione con l'Università di Lubiana (Fig.1), e posti in opera, salpati e stoccati dal Partner Agriteco tramite la ditta Gregolin (Vedi i Deliverables relativi)



Figura1 : Consegna dei pali per le ATT9, 11 e 13

Il giorno 09/07/2021 sono stati posati 34 pali di diverso diametro (Figura 2) a gruppi di tre pali (repliche) della medesima tipologia, lungo una linea parallela al canale di Treporti



Ø 30 cm	Ø 15 cm	Ø 15 cm	Ø 30 cm	Ø 15 cm	Ø 15 cm	Ø 30 cm
PIN	PIN	ABI	PIC	PIC	PIN	PIN
NTC	NTC	NTC	NTC	NTC	THM	THM
(N = 3)	(N = 3)	(N = 3)	(N = 3)	(N = 3)	(N = 3)	(N = 3)

Ø 30 cm	Ø 30 cm	Ø 15 cm	Ø 15 cm	Ø 15 cm	Ø 30 cm
PRA	PIC	ABI	PIN	PIC	PIC
ACC	LOW	UC 5	UC 5	UC 5	UC 5
(N = 3)	(N = 3)	(N = 3)	(N = 3)	(N = 3)	(N = 3)

Figura 2: Disposizione ed elenco dei manufatti posti in opera presso il Campo Sperimentale di Treporti (in tabella è riportato: Ø = diametro, specie di legno, trattamento e numero di repliche)

La sequenza delle tipologie lungo tale linea è stata scelta ponendo all'estremità Ovest le specie di riferimento, PIN-ABI-PIC NTC, seguite dai legni termicamente modificati ed

acetilati sino ad arrivare alle tipologie trattate con maggiori concentrazioni di biocida (Figura2).

Le concentrazioni di Silvanolin corrispondenti alle categorie d'uso in questo caso UC5, e la formulazione “bassa concentrazione” (LOW), così pure i trattamenti termici e acetilati, sono dettagliatamente descritte nei relativi.

Su ogni palo è stato posto un marcatore di livello a 100 cm sul medio mare reale (ossia il piano al di sopra e al di sotto del quale oscillano le maree e che ha significato ecologico, anziché il medio mare riferito a Punta della Salute 1897, che è un puro riferimento geodetico), ed una etichetta riportante la sigla (Fig.3)



Figura 3: i cartellini nella parte alta del palo riportano il codice progressivo come riportato in figura 2, l'asta più bassa di supporto del cartello riferisce il medio mare reale, sui seguenti pali è stato affisso un semplice chiodo alla stessa quota. A destra dettaglio delle operazioni di marcatura.

I pali sono stati salpati il giorno 21/07/2022. Il sezionamento dei pali per l'analisi dell'attacco è stato condotto lo stesso giorno del salpamento presso il cantiere della succitata ditta Gregolin. Per ogni palo si sono prelevate tre sezioni trasversali (“rondelle”) dello spessore di 10 cm a diverse quote: una 30 cm sotto il medio mare reale (Sezione A, intertidale), una 100 cm sotto il medio mare reale (sezione B, subtidale) e una al fondo (Sezione C, sezione al fondo realizzata appena al di sopra della superficie del sedimento). Nell'appendice 1 sono riportate le fotografie di tutte le sezioni acquisite.

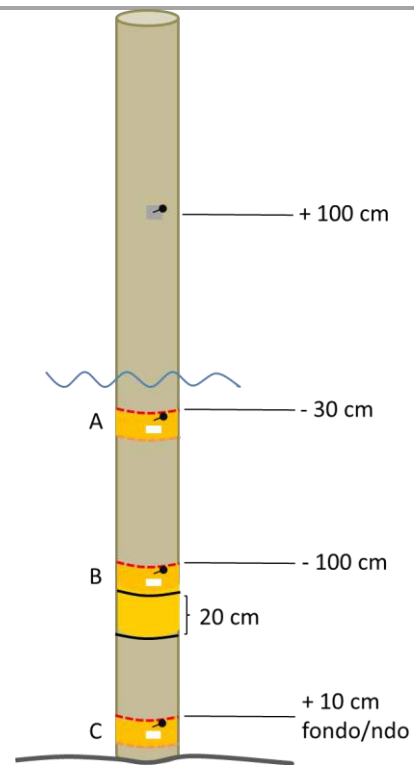


Figura 4: Schema dei tagli da effettuare lungo il palo con riferimento alle quote stabilite (Sezione A a - 30 cm; Sezione B a - 1 metro, Sezione C a 10 cm sopra il sedimento). Delle rondelle è stata acquisita l'immagine della faccia superiore, indicata in figura con il tratteggio in rosso. Sotto la sezione B è stato eseguito un ulteriore taglio per recuperare una rondella alta 20 cm per analisi aggiuntive (vedi Fig. 6).

Le diverse quote di prelievo servono ad integrare il grado di attacco lungo tutta la altezza del battente idrico (Fig. 4). La valutazione dell'attacco è stata condotta in laboratorio presso il CNR-ISMAR. La bioerosione viene valutata quindi sulla corona circolare del palo per uno spessore di 2,5 centimetri dalla superficie esterna (media dei tre pali per ogni profondità) ed espressa percentualmente allo scopo di rendere comparabili i manufatti aventi diametro differente, armonizzando inoltre i risultati ottenuti per i manufatti (pali) con il metodo della normativa European Standard DIN-EN 275 (1992) che prevede l'analisi radiografica di provini di dimensioni standard.

Le immagini digitali sono state archiviate in formato BMP di alta qualità. Le misure sono state eseguite utilizzando i software gratuiti e open source ImageJ (Schneider et al. 2012) e Inkscape (Harrington et al. 2004-2005) come da metodologie interne del CNR-ISMAR (procedura schematizzata in figura 5; Guarneri et al., 2020).

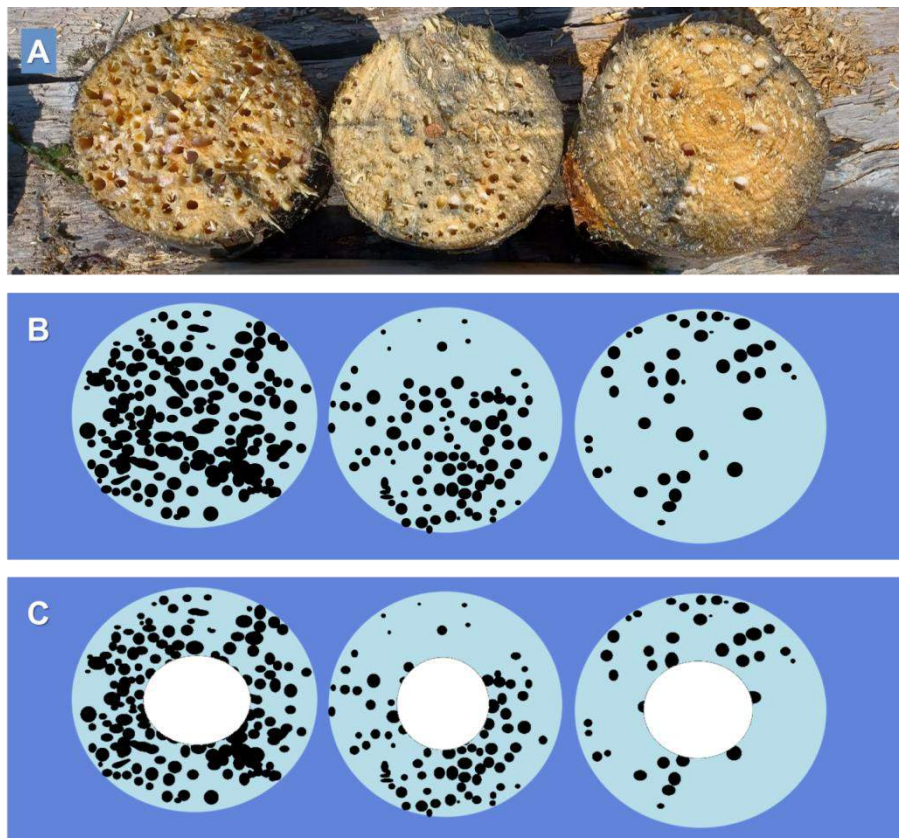


Figura 5: Fasi dell'analisi d'immagine fatta sulle sezioni: A - acquisizione delle immagini (in questo esempio sono riportate le 3 sezioni a -100 cm dal medio mare reale di PIC LOW), B - identificazione dei tunnel scavati dalle teredini, C - definizione della corona di 2,5 cm di attacco dalla superficie del palo.

Si sono analizzate circa 100 immagini di sezioni.

L'attacco viene espresso anche in Classi di attacco ("assessment categories") secondo lo schema prescritto dallo standard DIN-EN 275 (Tab. 1).

Tabella 1: Classi di attacco secondo la normativa EN275:1992 e le rispettive percentuali di area erosa come è proiettata sulla superficie della radiografia

Bioerosione %	Classe di attacco	Intensità dell'attacco
0	0	Assente (No Attack)
>0, ≤15	1	Basso (Slight attack)
>15, ≤25	2	Medio (Moderate Attack)
>25, ≤50	3	Alto (Severe Attack)
>50	4	Molto Alto (Failure)

A partire dalla sezione subtidale (-100 cm) è stata sportata una sezione di palo di 20 cm di lunghezza dalla quale si sono ottenute due (per i pali di 15 cm di diametro) o tre (per i pali di 30 cm di diametro) sezioni tangenziali (Fig. 6) dello spessore medio di 2,5 cm e della larghezza di 7 cm in modo da ottenere dei campioni delle stesse dimensioni dei provini standard EN275 che poi sono stati radiografati e valutati analogamente ai provini EN275 posti in Arsenale e in Piattaforma a Venezia e nel Porto di Capodistria.

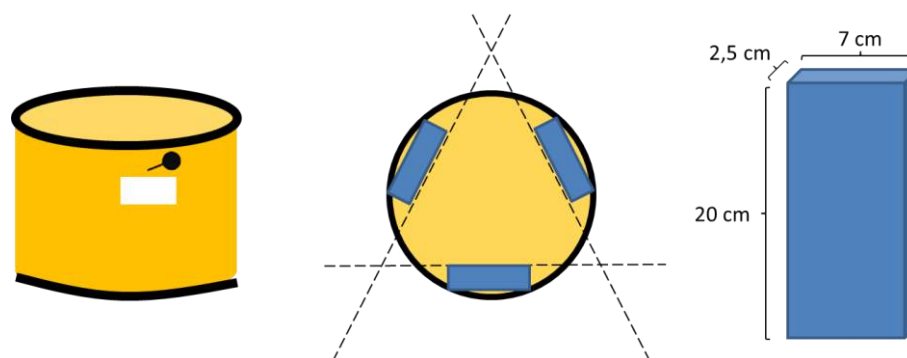


Figura 6: Schema di taglio per ottenere 3 pannelli per palo come repliche (2 per i pali di dimensioni minori) di dimensioni conformi alla EN 275 per essere radiografati.

Le radiografie digitali dei pannelli di Venezia sono state eseguite presso il laboratorio veterinario del dott. Luca Perale di Venezia, utilizzando un'apparecchiatura Ecoray Orange 1040 HF impostata a tensione: 50 kV, intensità di corrente: 0,5 mA, tempo di esposizione 7 millisecondi, con una distanza tra il generatore di raggi X e il rivelatore a schermo piatto di 70 cm.

3 RISULTATI

3.1 Analisi delle sezioni

In questo paragrafo vengono valutate le sezioni trasversali e quindi l'attacco che risulta evidenziabile come una serie di "fori" (Fig. 7).

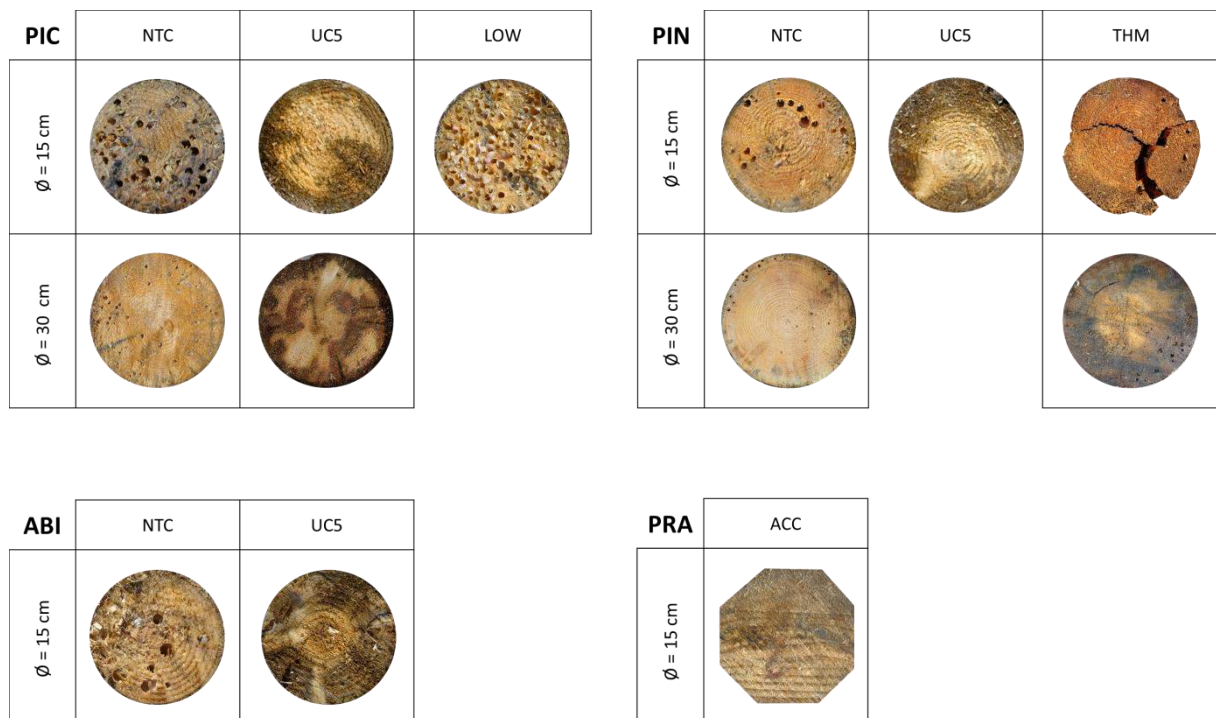


Figura 7: Alcuni esempi delle sezioni ottenute dal taglio di alcuni pali a -100 cm dal medio mare reale.

I pali sono stati valutati dopo un anno di immersione (Fig. 8).

		Data Inizio/Začetni datum 09.07.2021		Data Fine/Končni datum 21.7.2022					
		Non trattati:		Trattati:					
		Specie	Trattamento	Specie	Trattamento	% erosione	Profondità		
		Vrsta	Zdravljenje	Vrsta	Zdravljenje	% erozije	Globina		
Diametro /Premer: 15 cm	<i>Abies alba</i>	NTC	0	<i>Abies alba</i>	UC5	0	- 30 cm		
			4.8			0	- 100 cm		
			10.5			0	fondo/dno		
	<i>Picea abies</i>	NTC	0.9	<i>Picea abies</i>	UC5	0	- 30 cm		
			13.7			0	- 100 cm		
			0			0	fondo/dno		
	<i>Pinus sylvestris</i>	NTC	0.4	<i>Picea abies</i>	Silvanolin low	20.9	- 100 cm		
			4.9			<i>Pinus sylvestris</i>	UC5	0	- 30 cm
			0					0	- 100 cm
		0	0	fondo/dno					
<i>Pinus sylvestris</i>		Accoya	0	<i>Pinus sylvestris</i>	THM	0.2	- 30 cm		
			0			1.9	- 100 cm		
	0		0			fondo/dno			
D/P 30 cm	<i>Picea abies</i>	NTC	0	<i>Picea abies</i>	UC5	0	- 30 cm		
			6.4			0	- 100 cm		
			0.1			0	fondo/dno		
	<i>Pinus sylvestris</i>	NTC	0.1	<i>Pinus sylvestris</i>	THM	0.1	- 30 cm		
			5.7			1.1	- 100 cm		
0.0	0.5	fondo/dno							

Figura 8: risultati dell'attacco espresso in percentuale delle diverse tipologie di pali testate

Per i legni non trattati la percentuale media di erosione (riferentesi ad una corona di 2,5 cm di spessore, vedi Materiali e Metodi) va da un minimo di zero ad un massimo del 13,7%. Tendenzialmente la bioerosione maggiore si riscontra nella fascia subtidale, mai

o eccezionalmente esposta all'aria, ad un metro di profondità, con *Pinus sylvestris* che mostra una leggera maggior resistenza, tra i legni non trattati.

Il *Pinus sylvestris* termicamente modificato (PIN THM) si dimostra leggermente più resistente di quello non trattato ma viene comunque attaccato. I pali da 30 cm sembrano leggermente meno attaccati di quelli da 15 cm di diametro.

Il *Pinus radiata* acetilato e le tre essenze trattate con Silvanolin a concentrazione UC5 non hanno mostrato segno di attacco.

Singolare il fatto è che i pali trattati con Silvanolin LOW risultano essere la tipologia più attaccata rispetto a quelli non trattati, con bioerosione della corona, ad un metro di profondità, superiore al 20%.

Dalle sezioni non pare che vi sia una sostanziale differenza nell'attacco ai pali di differenti dimensioni.

3.2 Analisi delle radiografie tangenziali

Passiamo ora alla valutazione delle radiografie tangenziali di uno stesso palo, per sezioni aventi le stesse dimensioni dei provini EN275, per uno spessore radiale medio di 2,5 cm. L'immagine radiografica è quindi del tutto assimilabile a quella di una EN275 standard (Fig. 9). Ricordiamo però che qui l'attacco avviene dalla sola superficie del legno esposta all'ambiente esterno e che gli animali sono liberi di penetrare in profondità e di espandersi in lunghezza, cosa che non può accadere nei provini standard EN275.

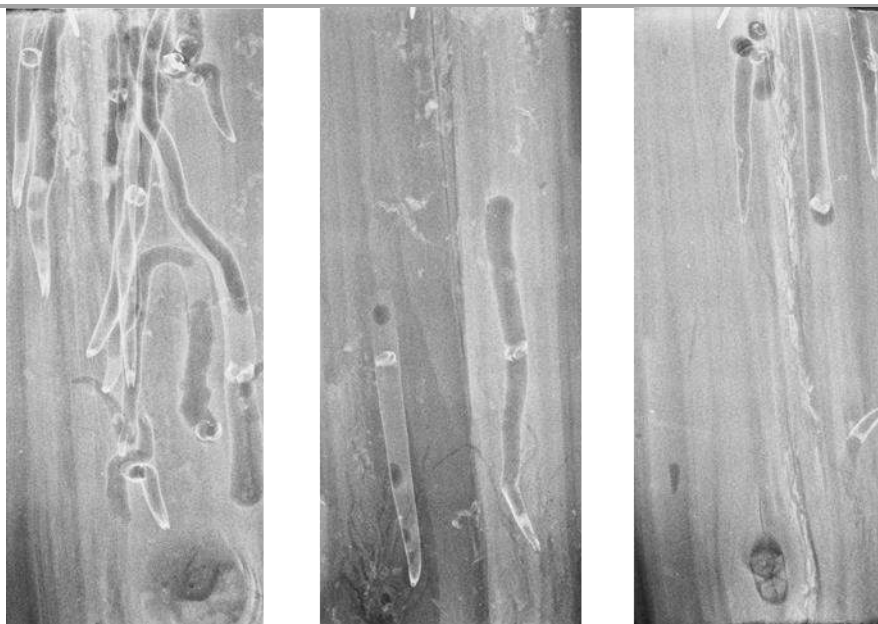


Figura 9: Radiografie tangenziali di uno stesso palo (*Pinus sylvestris* THM) dopo un anno di esposizione, stesse dimensioni dei provini EN275, per uno spessore radiale di 2,5 cm

Sono state analizzate 89 sezioni tangenziali, ottenute nel subtidale (-100 cm), qui viene presentata la media delle classi d'attacco (Fig. 10).

	15 cm	30 cm
PIC NTC	4.0	2.4
PIN NTC	1.5	2.0
ABI NTC	3.3	
PIC LOW	4.0	
PIC UC5	0.0	0.0
PIN UC5	0.0	
ABI UC5	0.0	
PRA ACC	0.0	
PIN THM	1.4	1.3

Figura 10: classi di attacco dei pannelli ricavati dai pali

Nei pali da 15 cm di diametro Abete rosso non trattato (PIC NTC) mostra un attacco

massiccio, seguito da vicino da Abete bianco non trattato (ABI NTC) mentre il Pino silvestre non trattato (PIN NTC) mostra un attacco molto minore, simile al Pino silvestre termicamente modificato (PIN THM). I legni trattati con Silvanolin UC5 non sono attaccati e così pure il *Pinus radiata* acetilato (Accoya). Abete rosso con Silvanolin a bassa concentrazione (PIC LOW) mostra forti segni di attacco. Abete rosso e Abete bianco non trattati mostrano nei pali da 30 cm un attacco minore rispetto a quelli da 15 cm, il quale più che a una resistenza intrinseca del legno potrebbe forse venire attribuito alla scorstecciatura non completa che potrebbe avere lasciato del tessuto subcorticale più resistente alle teredini.

3.3 Specie di organismi xilofagi presenti

Le specie di teredini rinvenute sono, *Teredo navalis*, *Teredo bartschii*, *Lyrodus pedicellatus*. *Nototeredo norvegica*.

In tutte le stazioni l'attacco ai legni da parte di crostacei peracaridi lignivori come l'anfipode *Chelura terebrans* o le varie specie degli isopodi *Limnoria*, si son rivelate trascurabili se paragonate a quelle dei molluschi teredinidi.

4 DISCUSSIONE E CONCLUSIONE

Nel corso del presente progetto abbiamo condotto due tipi di test di durabilità in mare seguendo un protocollo già in uso a Venezia:

- Test su pannelli standard in legno secondo una modifica della normativa europea EN275 (WP3.1.2 - ATT8 Valutazione della resistenza all'attacco degli xilofagi marini dei materiali legnosi trattati con Silvanolin, acetilati e termicamente modificati)
- Test su pali (WP3.2.2 - ATT9 Valutazione della resistenza all'attacco degli xilofagi marini dei manufatti in legno trattati con Silvanolin, acetilati e termicamente modificati)

Le attività 8 e 9 ossia la valutazione dell'attacco da parte degli organismi marini xilofagi ai materiali ed ai manufatti (pali) prodotti con gli stessi, materiali, sono due aspetti differenti ma strettamente legati inclusi le metodiche in uso da tempo dal Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche per il Veneto, Trentino Alto Adige e Friuli Venezia Giulia (Ex Magistrato alle Acque di Venezia) durante l'iter autorizzativo per l'uso di materiali legnosi ed alternativi in legno in laguna di Venezia.

La pandemia globale da COVID19 aveva fin dall'inizio messo fortemente alla prova tutte le attività del progetto bloccando le attività che riguardavano la preparazione dei

materiali (ATT 5, 6 e 7). Ciò è risultato dall'impossibilità di ricevere delle sostanze per eseguire le impregnazione, veicolate in toto alla preparazione di soluzioni igienizzanti, prioritarie per contrastare l'emergenza sanitaria. In particolare, il ritardo nella preparazione dei campioni per i test di campo (ATT7) ha pregiudicato la messa in opera dei manufatti durante la prima stagione biologica coperta dal progetto, differendo le attività all'anno seguente, senza lasciare la possibilità di ulteriori valutazioni o di riparare ad altri eventuali imprevisti che possono verificarsi nelle attività di campo.

In ottobre ci sono stati consegnati i campioni sia per le prove sul campo e per i test di laboratorio (ATT 8, 9, 10, 14, 15, 18 e 19). Si sono seguite quindi tutte procedure di ricevimento stoccaggio e controllo dei materiali, nonché le pratiche relative alla imminente installazione del campo sperimentale, quali permessi, sopralluoghi, approntamento delle strutture fisiche di supporto.

Senonché, sulla base di evidenze ecotossicologiche (interfaccia con ATT. 14 e 18), i materiali già pronti per l'installazione hanno dovuto essere ritirati e sottoposti a ricondizionamento/ritrattamento (Vedi ATT. 6 e 7). Di conseguenza si è dovuto seguire le operazioni di ritiro e non si è potuto procedere con le attività di campo pianificate per i manufatti (pali). Si è inoltre proceduto alla individuazione e richiesta alle autorità competenti di siti sperimentali integrativi/alternativi per i manufatti. Si è così precauzionalmente spostata la collocazione del campo sperimentale da una area più interna della laguna e prossima alle zone di pesca ad una area più prossima alle bocche di porto, soggetta a maggiore ricambio idrico e in una zona già interessata da interventi sui bassofondali.

La proroga di sei mesi è stata la condizione di minima per concludere la fase sperimentale, causando anche una conseguente contrazione dei tempi necessari per le analisi che sono state comunque concluse nei tempi designati. Tuttavia, ciò ha comportato la perdita di una stagione riproduttivo-insediativa per le teredini.

Di seguito le principali evidenze emerse dalle valutazioni effettuate:

- I pali in conifera danno più spazio alle diverse specie di teredini di penetrare in profondità nel legno rispetto ai pannelli EN275 dando informazioni aggiuntive sul comportamento del manufatto durante le varie fasi operative
- La durabilità dei legni naturali è *Pinus sylvestris* > *Abies alba* > *Picea abies* ma con pochissime differenze confermando il trend osservato per i provini
- Il legno termicamente modificato dà una protezione ma essa è insufficiente se costantemente sommerso, inoltre i manufatti si sono dimostrati più fragili nelle operazioni di salpamento e taglio, dimostrando delle rotture

-
- L'attacco è maggiore nel subtidale
 - Il legno acetilato offre una protezione completa
 - Il Silvanolin a bassa concentrazione non offre protezione
 - I legni trattati con Silvanolin UC5 non sono stati attaccati nel corso del primo anno ma le prove preventive, e le risultanze ecotossicologiche, suggeriscono che potrebbero esserlo dal secondo anno in poi in virtù della estrazione del prodotto dai manufatti da parte dell'acqua marina

Il disegno sperimentale e i protocolli già in uso si sono dimostrati efficaci per questa attività, così come atteso. Si suggerisce per testare l'effettiva durabilità dei trattamenti di proseguire con le osservazioni oltre la prima stagione biologica.

BIBLIOGRAFIA

European Committee for Standardization, 1992. EN 275 Wood Preservatives. Determination of the Protective Effectiveness against Marine Borers. Brussels, Belgium, UDC 678.048.4.620.4, 13 pp.

Harrington, B., the Inkscape developer team, 2004-2005. Inkscape. <http://www.inkscape.org>.

Lo Monaco, A, Balletti, F, Pelosi, C (2018): Wood in cultural heritage properties and conservation of historical wooden artefacts. European Journal of Science and Theology, 14(2), 161-171.

Guarneri I., Sigovini M., Keppel E., Tagliapietra D., 2020. New methods for estimating the volume of shipworm tunnels supported by image analysis. Proceedings IRG Annual Meeting 2020 The International Research Group on Wood Protection IRGWP51 June 10th-11th 2020. ISSN 2000-8953 IRG 20-20668.

Marais, BN, Brischke, C, Miltz, H (2022): Wood durability in terrestrial and aquatic environments - A review of biotic and abiotic influence factors. Wood Material Science & Engineering, 17(2), 82-105.

Schneider, C.A., Rasband, W.S., Eliceiri, K.W., 2012. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. Nat. Methods 9 (7), 671-675. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2089>.

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.

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

Ocena odpornosti zaščitenih lesenih konstrukcij na napad morskih lesnih škodljivcev (koli)

Različica: ŠT. 1

Povezan DS: DS3.2.2 - AKT9

Odgovorni partner: Inštitut za morsko znanost CNR-ISMAR, Benetke

Avtorja: Davide Tagliapietra e Irene Guarneri

Datum: 31. 8. 2022



CNR
ISMAR
ISTITUTO
DI SCIENZE
MARINE



University of Ljubljana



Università
Ca' Foscari
Venezia



PRIMORSKA
GOSPODARSKA
ZBORNICA



Silvaproduct
od 1951



KAZALO

OKRAJŠAVE.....	2
POVZETEK	2
1 Opredelitev problematike in projekta DuraSoft.....	3
1.1 Cilj aktivnosti, izvedenih v sklopu AKT9.....	3
2 Materiali in metode.....	4
3 REZULTATI.....	10
3.1 Analize presekov.....	10
3.2 Analize tangencialnih rentgenskih posnetkov.....	12
3.3. Prisotne vrste lesnih škodljivcev.....	13
4 RAZPRAVA IN ZAKLJUČKI.....	13
LITERATURA	15

OKRAJŠAVE

ABI: bela jelka (*Abies alba*)

ACC: acetilirane lesene plošče iz vrste *Pinus radiata* (*Accoya*)

LOW: lesene plošče, zaščitene s 0,033 % Cu raztopino Silvanolin

NTC: kontrolni testni pogoj s prisotnostjo neobdelanih lesenih plošč

PIC: navadna smreka (*Picea abies*)

PIN: rdeči bor (*Pinus sylvestis*)

PRA: monterejski bor (*Pinus radiata*)

THM: termična modifikacija

UC5: testni pogoj s prisotnostjo lesenih plošč, zaščiteneh z 1 % Cu raztopino Silvanolin

POVZETEK

Na alpsko-morskem območju severnega Jadrana se les obsežno uporablja v kmetijsko-pašniških in ribolovnih aktivnostih. Kljub temu je les občutljiv material, močno podvržen različnim dejavnikom biotskega (glivice, žuželke, termiti) in abiotskega (temperatura, vlaga) razkroja, še posebej v primeru, ko je v neposrednem stiku z zemljo in vodo. Cilj aktivnosti 9 je bila primerjalna ocena protokolov, ki se že uporabljajo v Beneški laguni in so bili prilagojeni v namene proučevanja odpornosti lesenih konstrukcij na morske lesne škodljivce. Materiali so bili preizkušeni skladno s spremembo protokola, ki jo je posebej razvil CNR-ISMAR in ki je bila vnesena v »Memorandum o soglasju« med Občino Benetke, Zavodom za varstvo arhitekturne dediščine in Ustanovo za javne infrastrukture. Nameščeni so bili koli za privez s krožnim premerom približno 15 cm in označevalni koli s premerom 30 cm. Za vsako vrsto obdelave so bile v tla zapičene tri replikacije, ob kanalu Treporti na globini približno 1,00-3,00 m pa dodatne tri replikacije. Na vsakem kolu, ki je bil odvzet iz morja, smo ocenili stopnjo razgradnje in jo količinsko opredelili z avtopsijsko analizo treh prečnih prereзов v skladu s protokoli inštituta ISMAR. Rezultati se ujemajo z izsledki ocene, opravljene v sklopu AKT8, in

nudijo dodatne informacije o stanju konstrukcij v fazi postavitve, odvzema in obdelave.

1 OPREDELITEV PROBLEMATIKE IN PROJEKTA DURASOFT

Na alpsko-morskem območju severnega Jadrana se les obsežno uporablja v kmetijsko-pašniških in ribolovnih aktivnostih. Velik zgodovinski in družbeno-ekološki pomen imajo tradicionalne hiše ter pomožni leseni objekti, kot so pomoli, signalizacijski koli in privezi (Lo Monaco in sod. 2018). Kljub temu je les občutljiv material, močno podvržen različnim dejavnikom biotskega (glivice, žuželke, termiti) in abiotskega (temperatura, vlaga) razkroja, še posebej v primeru, ko je v neposrednem stiku z zemljo in vodo (Marasi in sod. 2022). Les iglavcev, ki je na predmetnem območju zgodovinsko najbolj uporabljena vrsta lesa, je manj obstojen v primerjavi z lesom listavcev. V primeru uporabe tega mehkega lesa v gradnji, je treba izboljšati njegovo odpornost in trajnost, s čimer se zmanjšujejo stroški vzdrževanja in izboljšuje varnost lesene strukture. Pri formulaciji zaščitnih sredstev lesa se tako pogosto uporabljajo kemični konzervansi, kot so spojine na osnovi bakra. Ker se baker ne veže neposredno v les, je za preprečevanje njegovega izpiranja treba uporabiti druga fiksirna sredstva. Pogosto uporabljen dodatek kroma sicer prispeva k učinkoviti vezavi topnih kovinskih soli v les, Zaradi njegove rakotvorne lastnosti je večina evropskih držav prepovedala ali omejila uporabo kroma v zaščitnih sredstvih za les. Zaradi navedenega se ugotavlja veliko povpraševanje po razvoju alternativnih, okoljsko sprejemljivih in učinkovitih spojin za vezanje bakra v impregnacijsko sredstvo, predvsem pri uporabi vrst lesa, ki so v stiku z zemljo ali vodo oz. so trajno izpostavljeni slani vodi. V sklopu projekta DuraSoft, financiranega iz Programa sodelovanja Interreg Italija-Slovenija, smo preizkusili učinkovitost in okoljsko vzdržnost nekaterih zaščitnih obdelav, ki so jih partnerji razvili za povečanje obstojnosti materialov in konstrukcij, izdelanih s klasičnimi vrstami iglavcev.

1.1 Cilj aktivnosti, izvedenih v sklopu AKT9

Cilj te aktivnosti je bilo primerjalno proučevanje različnih vrst lesa in lesnih materialov skladno s protokoli, ki se že uporabljajo v Beneški laguni in so bili prilagojeni v namene proučevanja odpornosti kolov za privez in nekaterih manjših delov pomorskih konstrukcij, ki se lahko zaradi svojih strukturnih značilnosti razlikujejo od testnih lesnih vzorcev (AKT8). Lesene konstrukcije smo testirali po spremembi protokola, ki jo je razvil inštitut ISMAR-CNR in je bila vključena v »Memorandum o soglasju« za uporabo lesnih in alternativnih materialov v Beneški laguni, sklenjenim med Občino Benetke, Zavodom za varstvo arhitekturne dediščine, za krajino Benetk in njene lagune ter Medregionalno ustanovo za javne infrastrukture dežel Veneto, Trentinsko - Gornje Poadižje in Furlanija - Julijska krajina (pridruženi partner projekta Durasoft). Nameščeni so bili koli za privez s krožnim premerom približno 15 cm in označevalni koli s premerom 30 cm. Za vsako vrsto obdelave so bile v tla zapičene tri replikacije, ob kanalu Treporti na globini približno 1,00-3,00 m pa dodatne tri replikacije. Na vsakem kolu, ki je bil odzvet iz morja, smo ocenili stopnjo razgradnje in jo količinsko opredelili z avtopsijsko analizo treh prečnih prereзов v skladu s protokoli inštituta ISMAR.

2 MATERIALI IN METODE

Pri oceni bioerozije kolov smo uporabili metodologijo, ki jo že davno uporablja Medregionalna ustanova za javne infrastrukture dežel Veneto, Trentinsko - Gornje Poadižje in Furlanija - Julijska krajina (nekdanji Beneški Magistrato alle Acque) pri izdaji dovoljenj za uporabo lesnih in alternativnih materialov v Beneški laguni. V navedeno metodo smo vnesli tudi nekaj izboljšav, kot je na primer tangencialno rentgensko slikanje. V ta namen smo na območju kanala Treporti, pri poljih med otokom Sv. Erazma in kanalom Pordelio (45°28'8.52"N; 12°26'20.18"E), uredili testno polje s koli.

Kole je dobavil partner Silvaprodukt v sodelovanju z Univerzo v Ljubljani (slika 1), njihovo postavitvev, odvzem iz morja in skladiščenje pa je zagotovil partner Agriteco preko podjetja Gregolin (glej ustrezni poročili).



Slika 1: Dostava kolov za AKT9, 11 in 13

Dne 09. 07. 2021 smo vzdolž kanala Treporti v vrsto postavili 34 kolov različnega premera (slika 2), ki so bili razvrščeni v skupine po tri kole (replikacije) enake tipologije.



Ø 30 cm	Ø 15 cm	Ø 15 cm	Ø 30 cm	Ø 15 cm	Ø 15 cm	Ø 30 cm
PIN	PIN	ABI	PIC	PIC	PIN	PIN
NTC	NTC	NTC	NTC	NTC	THM	THM
(N = 3)	(N = 3)	(N = 3)	(N = 3)	(N = 3)	(N = 3)	(N = 3)

Ø 30 cm	Ø 30 cm	Ø 15 cm	Ø 15 cm	Ø 15 cm	Ø 30 cm
PRA	PIC	ABI	PIN	PIC	PIC
ACC	LOW	UC 5	UC 5	UC 5	UC 5
(N = 3)	(N = 3)	(N = 3)	(N = 3)	(N = 3)	(N = 3)

Slika 2: Razvrščanje in seznam konstrukcij, postavljenih na testnem območju Treporti (v preglednici so prikazani: Ø = premer, lesna vrsta, zaščitna obdelava in število replikacij)

Pri vrstnem redu lesnih vrst so bile na zahodnem koncu postavljene referenčne vrste PIN-ABI-PIC NTC, sledi termično modificirani in acetilirani les, na koncu pa so lesne vrste, obdelane z biocidnim pripravkom v višji koncentraciji (slika 2).

Koncentracija uporabljene vrste Silvanolina UC5, formulacija z nizko koncentracijo (LOW) ter termična modifikacija in acetilacija so podrobno opisane v ustreznih poročilih.

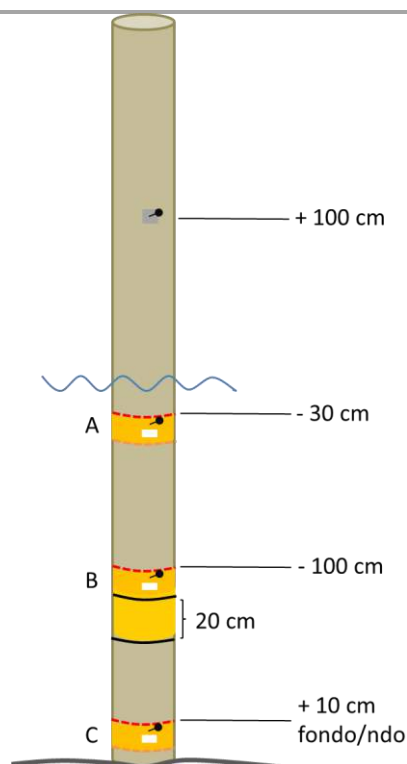
Na vsak kol sta bila pritrjena označevalec nivoja na 100 cm od realne srednje višine morja (to je raven nihanja gladine morja ob plimovanju; razlikuje se od srednje višine

morja rtiča Salute 1897, ki predstavlja le geodetski referenčni podatek), ter tablica z oznako (slika 3).



Slika 3: tablice, postavljene na zgornjem delu kola, kažejo zaporedno oznako, kot je prikazano na sliki 2; spodnja podporna palica označuje realno srednjo višino morja, ki jo na naslednjih kolih označuje žebelj, prabit na enaki višini. Desno je prikazana aktivnost označevanja.

Dne 21. 07. 2022 smo iz morja odvzeli kole. Isti dan smo na gradbišču omenjenega podjetja Gregolin prečno prerezali kole za ocenjevanje stopnje napadenosti. Za vsak kol smo pridobili tri prečne prereze (»plošče«) debeline 10 cm na treh različnih višinah: 30 cm pod realno srednjo višino morja (prerez A, bibavični pas), 100 cm pod realno srednjo višino morja (prerez B, stalno potopljeno) in na dnu (prerez C, prerez izveden rahlo nad sedimentno površino). V dodatku 1 so prikazane slike vseh pridobljenih prerezov.

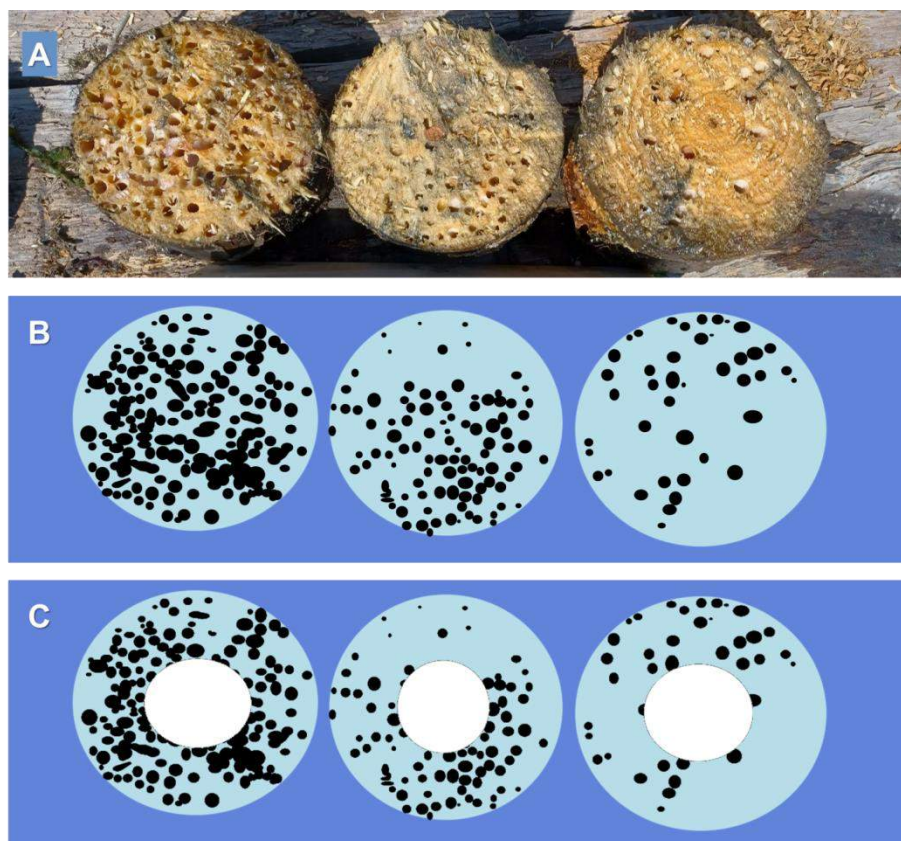


Slika 4: Načrt razreza na določenih višinah kola (prerez A na - 30 cm; prerez B na - 1 meter, prerez C na 10 cm nad sedimentom). Slikali smo zgornjo stran plošče, ki je na sliki označena z rdečo črtkasto črto. Pod prerezom B smo razrezali dodatno ploščo debeline 20 cm za nadaljnje preiskave (glej sliko 6).

Na podlagi različnih nivojev vzorčenja je mogoče dodatno proučiti stopnjo napadenosti po vsej višini stranice, izpostavljene vodi (slika 4). Oceno stanja napadenosti smo opravili v laboratoriju inštituta CNR-ISMAR. Bioerozijo smo ovrednotili na kolobarju debeline 2,5 centimetrov od zunanje površine kola (srednja vrednost treh kolov za vsako globino) in izražali v odstotku, da bi tako omogočili primerjavo konstrukcij različnega premera. Na ta način smo tudi poenotili rezultate, pridobljene za te konstrukcije (kole) po metodi evropskega standarda DIN-EN 275 (1992), ki predpisuje rentgensko analizo vzorcev standardnih velikosti.

Digitalizirani filmi so bili shranjeni v visokokakovostnem formatu BMP. Merjenje je potekalo z uporabo brezplačnih in prosto dostopnih programskih oprem ImageJ (Schneider in sod. 2012) in Inkscape (Harrington in sod. 2004- 2004-2005) po notranji

metodi inštituta CNR-ISMAR (postopek je shematsko prikazan na sliki 5; Guarneri in sod., 2020).



Slika 5: Faze slikovne analize na presekih: A - pridobitev posnetka (v tem primeru so prikazani 3 preseki kola vrste PIC LOW na -100 cm od realne srednje višine morja), B - opredelitev rogov, ki so jih izvrtali ladijski črvi, C - opredelitev napadenega kolobarja debeline 2,5 cm od površine kola.

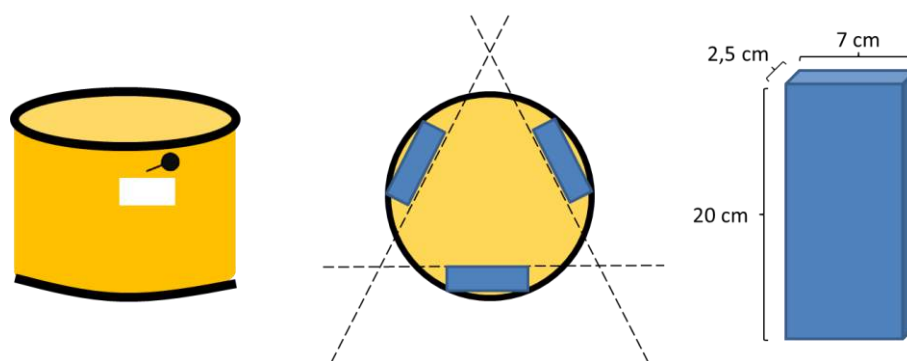
Analiziranih je bilo približno 100 posnetkov.

Vrsto napada lahko tudi razvrstimo v skupine napada («assessment categories») po lestvici, ki jo predpisuje standard DIN- EN 275 (preglednica 1).

Preglednica št. 1: Skupine napada po standardu EN275:1992 in pripadajoči odstotek izjedene površine, kot je bila prikazana na rentgenskih slikah.

Bioerozija %	Skupina napada	Jakost napada
0	0	Ni znakov napada (No Attack)
>0, ≤15	1	Nizka stopnja napada (Slight attack)
>15, ≤25	2	Srednja stopnja napada (Moderate attack)
>25, ≤50	3	Visoka stopnja napada (Severe Attack)
<50	4	Zelo visoka stopnja napada (Failure)

Od prereza potopljenega dela kola (-100 cm) smo razrezali prerez dolžine 20 cm, od koder smo pridobili dva (za kole premera 15 cm) oz. tri (za kole premera 30 cm) tangencialne prereze (slika 6) povprečne debeline 2,5 cm in dolžine 7 cm; pridobili smo tako vzorce enakih velikosti vzorcev po standardu EN275, ki smo jih rentgensko poslikali in ocenili na enak način kot vzorce po EN275, nameščene na območju Ladjedelnice, ploščadi v Benetkah in v pristanišču v Kopru.



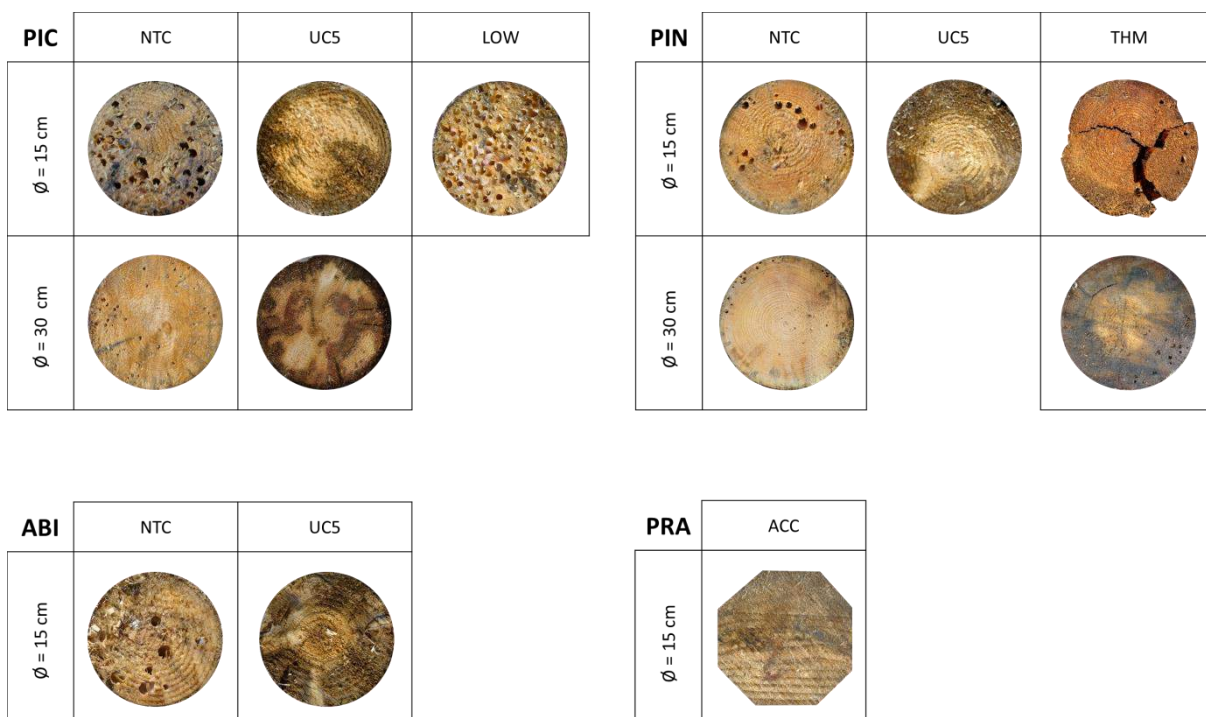
Slika 6: Načrt razreza za pridobitev 3 plošč za vsak kol kot replikacije (2 replikaciji za manjše kole) velikosti po standardu EN 275, ki bodo nato poslikane.

Digitalno slikanje plošč v Benetkah je bilo opravljeno pri veterinarskem laboratoriju dr. Luce Perala iz Benetk z uporabo aparata Ecoray Orange 1040 HF pri napetosti 50 kV, toku 0,5 mA, času ekspozicije 7 milisekund in razdalji 70 cm med izvorom sevanje X žarkov in ploščatim slikovnim sprejemnikom.

3 REZULTATI

3.1 Analize presekov

V tem poglavju so ocenjeni prečni preseki in napad, ki ga prikazuje niz »lukenj« (slika 7).



Slika 7: Nekaj primerov presekov, izrezanih iz kolov na -100 cm od realne povprečne višine morja.

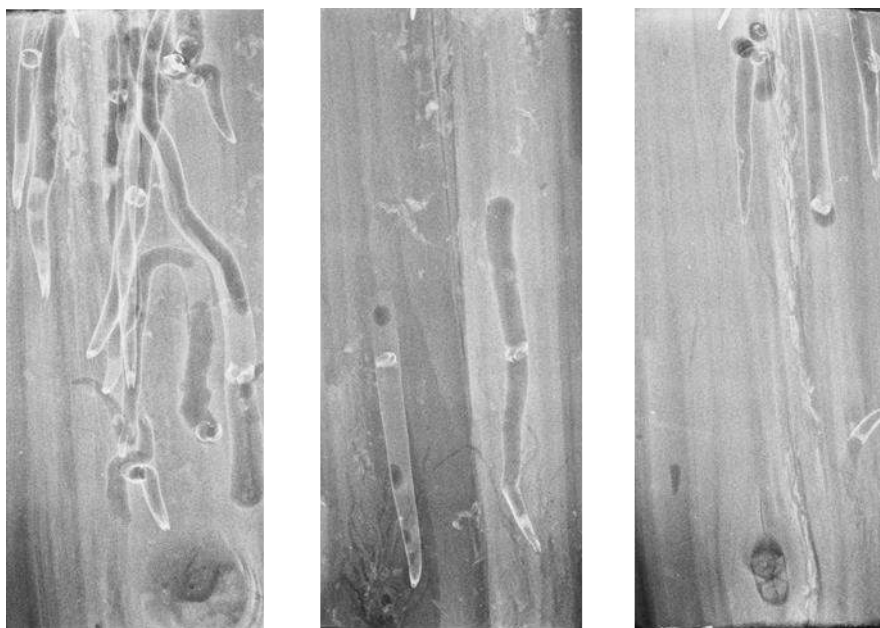
Koli so bili ocenjeni po enem letu izpostavljenosti v morju.

Nenavadno je, da so bili koli, obdelani s Silvanolinom LOW, najbolj napadeni v primerjavi z neobdelanimi koli, obseg bioerozije kolobarja na globini enega metra pa je bil nad 20 %.

Iz presekov ni opaziti večjih razlik v napadu na kole različnih dimenzij.

3.2 Analize tangencialnih rentgenskih posnetkov

Na tem mestu bomo ocenili tangencialne rentgenske slike istega kola po presekih enakih velikosti od vzorcev standarda EN275, povprečne radialne debeline 2,5 cm. RTG-slika je v celoti enaka tisti standarda EN275 (slika 9). Pri tem velja vsekakor pripomniti, da napad poteka le s površine lesa, izpostavljenega zunanjemu okolju, od koder žival lahko prosto prodre v globino in se širi po dolžini, kar ni mogoče v vzorcih po standardu EN275.



Slika 9: Tangencialni Rtg-posnetki istega kola (*Pinus sylvestris* THM) po enem letu izpostavljenosti, enake velikosti kot tiste vzorcev standarda EN275 in radialne debeline 2,5 cm.

Od 89 proučenih tangencialnih presekov, pridobljenih iz bibavičnega pasu (- 100 cm), je spodaj prikazana povprečna vrednost skupin napada (slika 10).

	15 cm	30 cm
PIC NTC	4.0	2.4
PIN NTC	1.5	2.0
ABI NTC	3.3	
PIC LOW	4.0	
PIC UC5	0.0	0.0
PIN UC5	0.0	
ABI UC5	0.0	
PRA ACC	0.0	
PIN THM	1.4	1.3

Slika 10: Skupine napada na plošče, pridobljene iz kolov

Koli neobdelane smreke (PIC NTC) premera 15 cm so bili močno napadeni, po stopnji napadenosti pa jim sledi neobdelana bela jelka (ABI NTC); neobdelan rdeči bor (PIC NTC) je sicer pokazal občutno manj znakov napada, kar je podobno stanju, ugotovljenem pri termično modificiranem rdečem boru (PIN THM). Lesne vrste, zaščitene s Silvanolinom UC5, in acelitiran *Pinus radiata* (Accoya) niso bili napadeni. Smreka, obdelana s Silvanolinom v nizki koncentraciji (PIC LOW), pa je pokazala obilo znakov napada. Neobdelani navadna smreka in jelka sta pri kolih premera 30 cm imeli manj znakov napada kot pri kolih premera 15 cm; bolj kot odpornosti samega lesa bi vzrok napada lahko pripisali nepopolnemu luščenju, ki bi oblikoval podlubno tkivo, odpornejše na teredinide.

3.3. Prisotne vrste lesnih škodljivcev

Ugotovljene so bile naslednje vrste ladijskih črvov *Teredo navalis*, *Teredo bartschi*, *Lyrodus pedicellatus* in *Nototerredo norvegica*.

Na vseh testnih območjih je bil napad rakcev valilničarjev, kot so npr. *Chelura terebran* ali različne vrste mokric *Limnoria*, zanemarljiv v primerjavi z napadom teredinidov.

4 RAZPRAVA IN ZAKLJUČKI

V času trajanja tega projekta smo opravili dve oceni obstojnosti lesa v morju po protokolu, ki se že uporablja v Benetkah:

- Preizkušanje na standardnih lesenih vzorcih po spremembi evropskega standarda EN275 (DS3.1.2 - AKT8 Ocena odpornosti lesa, zaščitenega s Silvanolinom, acetiliranega ali termično modificiranega, na napad morskih škodljivcev);
- Preizkušanje na kolih (DS3.1.2 - AKT9 Ocena odpornosti lesenih konstrukcij, zaščitenih s Silvanolinom, acetilacijo ali termično modifikacijo, na napad morskih škodljivcev).

Aktivnosti 8 in 9, to je ocena napada morskih lesnih škodljivcev na material in konstrukcije (kole), izdelane iz istega lesenega materiala, predstavljata dva različna, a tesno povezana vidika, vključno z metodologijo, ki jo že davno uporablja Medregionalna ustanova za javne infrastrukture dežel Veneto, Trentinsko - Gornje Poadižje in Furlanija - Julijska krajina (nekdanji Beneški Magistrato alle Acque) pri izdaji dovoljenj za uporabo lesenih in alternativnih materialov v Beneški laguni.

Že na začetku projekta je svetovna pandemija COVIDA-19 močno prizadela vse projektne aktivnosti ter zaustavila tiste, povezane s pripravo materiala (AKT 5, 6 in 7). Onemogočena je bila dostava snovi, potrebnih za impregnacijo lesa, saj so bile le-te prednostno uporabljene za pripravo razkuževalnih sredstev za namene obvladovanja izrednega zdravstvenega stanja. Zaradi zamude pri pripravi vzorcev za terenske preizkuse (AKT7) je bila aktivnost prestavljena na naslednje leto, z opustitvijo prve možne biološke sezone v času trajanja projekta, kar je izključilo vsakršno možnost za izvajanje dodatnih ocen ali prilagoditev na druge morebitne nepredvidljive okoliščine, ki bi se lahko pojavile med potekom terenskega dela.

Oktobra so nam bili dostavljeni vzorci za terensko in laboratorijsko preizkušanje (AKT 8, 9, 10, 14, 15, 18 in 19). Tako so bili opravljeni vsi postopki za prevzem, skladiščenje in preverjanje materiala ter izvedeni potrebni ukrepi za postavitve testnega polja, in sicer pridobivanje soglasij, izvedba ogledov na kraju samem in priprava pomožnih konstrukcij.

Na podlagi ekotoksikoloških analiz (povezava z AKT. 14 in 18) je bil material, že pripravljen za namestitev, prevzet in podvržen postopku ponovne prilagoditve/obdelave (glej AKT. 6 in 7). Tako ni bilo mogoče izvesti načrtovanih terenskih aktivnosti za različne materiale (EN275), temveč smo jih le prevzeli. Opredelili smo dodatna/alternativna testna območja za predmetne konstrukcije in zaprosili pristojne organe za izdajo dovoljenja. Iz previdnostnih razlogov je bila prvotna lokacija testnih polj v notranjosti lagune in ob ribolovnih območjih prenesena na območje, bližje vhodu v pristanišče z večjo izmenjavo vode, kjer že potekajo posegi na morskem dnu.

Šestmesečno podaljšanje trajanja projekta je bilo minimalni pogoj, da smo lahko

zaključili fazo eksperimentiranja, s posledičnim skrajšanjem potrebnega časa za analize, ki so bile vsekakor opravljene v predvidenem roku. Kljub temu smo zamudili eno sezono razmnoževanja in naseljevanja teredinidov.

Spodaj navajamo glavne ugotovitve opravljenih ocen:

- V primerjavi z vzorci po standardu EN275 koli iz iglavcev nudijo različnim vrstam teredinov večjo možnost za prodiranje v globino lesa, kar omogoča pridobivanje dodatnih informacij o odzivu konstrukcije med različnimi fazami uporabe.
- Trajnost naravnega lesa je *Pinus sylvestris* > *Abies alba* > *Picea abies*, a z manjšimi razlikami, kar potrjuje enak trend kot pri vzorcih.
- Termično modificiran les nudi zaščito, ki je vsekakor nezadostna, če je stalno potopljen v vodi; med odvzemu iz vode in rezanjem so se konstrukcije izkazale za bolj občutljive in so se celo zlomile.
- Napad je večji v bibavičnem pasu.
- Acetiliran les zagotavlja popolno zaščito.
- Silvanolin v nizki koncentraciji ne ščiti.
- V prvem letu les, obdelan s Silvanolinom UC5, ni kazal znakov napada, vendar preventivni testi in ekotoksikološke analize kažejo na to, da bi lahko prišlo do napada po drugem letu izpostavljenosti zaradi uhajanja proizvoda iz konstrukcij, ki bi ga povzročila morska voda.

Eksperimentalni načrt in protokoli, ki se že uporabljajo, so se izkazali za učinkovite, kar je v skladu s predvidevanji. Da bi ocenili dejansko trajnost proučenih zaščitnih obdelav, predlagamo, da se nadaljuje s spremljanjem tudi po prvi biološki sezoni.

LITERATURA

European Committee for Standardization, 1992. EN 275 Wood Preservatives. Determination of the Protective Effectiveness against Marine Borers. Brussels, Belgium, UDC 678.048.4.620.4, 13 pp.

Harrington, B., the Inkscape developer team, 2004-2005. Inkscape. <http://www.inkscape.org>.

Lo Monaco, A, Balletti, F, Pelosi, C (2018): Wood in cultural heritage properties and conservation of historical wooden artefacts. European Journal of Science and Theology, 14(2), 161-171.

Guarneri I., Sigovini M., Keppel E., Tagliapietra D., 2020. New methods for estimating the volume of shipworm tunnels supported by image analysis. Proceedings IRG Annual Meeting 2020 The International Research Group on Wood Protection IRGWP51 June 10th-11th 2020. ISSN 2000-8953 IRG 20-20668.

Marais, BN, Brischke, C, Militz, H (2022): Wood durability in terrestrial and aquatic environments - A review of biotic and abiotic influence factors. Wood Material Science & Engineering, 17(2), 82-105.

Schneider, C.A., Rasband, W.S., Eliceiri, K.W., 2012. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. Nat. Methods 9 (7), 671-675. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2089>.

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.