

Da rilevare anche una significativa riduzione del peso rispetto alla situazione di partenza (perdita media del 30-35%).

Buona parte di questi pali sono stati utilizzati per le prove di resistenza meccanica (vedasi successiva attività 2.4)

3) **Prove di immersione in soluzioni di rame.**

Come previsto dal progetto sono state effettuate delle prove di immersione dei pali in soluzione di solfato di rame al fine di aumentare la durata dei pali in campo. Per la preparazione della soluzione, oltre alla consulenza scientifica del dr Zanuttini sono state consultate ditte specializzate operanti in Langa che già effettuano questo tipo di trattamento, soprattutto per pali da vigneto. E' stato individuato il solfato di rame come sale più opportuno, in grado di rimanere in soluzione in una concentrazione ottimale del 10%. Sono stati realizzati due piccoli serbatoi artificiali ad hoc ottenuto attraverso un piccolo scavo a trincea, realizzando successivamente un sottofondo in cemento e collocando dei tubi in cemento (diam. 125 cm), a formare due vasche cilindriche verticali di 2 m di altezza). Le vasche così ottenute sono state impermeabilizzate con opportune malte e riempite con soluzioni di solfato di rame. Circa 60 pali sono stati immersi per 15 gg e successivamente estratti e posti ad asciugare. Saranno destinati a questa prova 60 pali, di diametri diversificati. Sono stati effettuati due campionamenti sezionando trasversalmente i pali a circa 80 cm dalla base dopo 7, 10 e a fine trattamento (trascorsi 15 gg) per verificare il livello di assorbimento e approfondimento della soluzione rameica. Nei pali che erano stati sottoposti al trattamento termico si è verificato un completo assorbimento della soluzione rameica fino al centro della sezione già dopo la prima settimana, mentre nei pali non trattati il livello di approfondimento medio si è attestato su 0,6-1 cm dal bordo esterno degli stessi, anche dopo 15 gg di immersione. L'impregnatura per la stessa ampiezza è stata rilevata ai lati delle screpolature radiali, ove presenti (fig. 10).



Fig.9 – Serbatoi utilizzati per l’immersione della base dei pali nella soluzione concentrata di solfato di rame.



Fig.10– Sezione trasversale di un palo di castagno dopo 15 gg di immersione in soluzione rameica .

Attività 2.4 – Prove comparative per la verifica delle performance dei diversi tipi di pali in castagno

Responsabile e partecipante: Scuola Malva-Arnaldi di Bibiana

Per confrontare la resistenza meccanica dei pali di castagno a confronto con i pali di conifere di più largo impiego in frutticoltura sono state effettuate delle prove di trazione ed è stato rilevato lo sforzo massimo che determinava la rottura del palo, vincolato a circa 1 m dalla base (punto di massima sollecitazione del palo in campo). Lo sforzo di trazione è stato applicato ad una distanza di 3 m dal punto di vincolo (valore utilizzato per il calcolo del momento flettente).

Sono stati sottoposti a queste prove 20 pali di castagno grezzo, 20 pali pretrattati termicamente in autoclave (vedasi attività 2.3) e 20 pali di conifere come testimoni di riferimento. Per quest'ultima tipologia sono stati utilizzati pali di pino silvestre per gli intermedi e pali di pino marittimo per le testate, in linea con il comune impiego in frutticoltura che privilegia il più resistente pino marittimo per le testate e limita l'impiego del legno di pino silvestre solo per i pali intermedi.



Fig. 11- Esecuzione delle prove per la verifica della resistenza meccanica alla flessione

Per il rilevamento del carico di rottura è stato utilizzato un dinamometro digitale della ditta Balmas di Torino, acquistato appositamente per il progetto (fig. 12). E' stato rilevato il diametro dei pali a 1 m di altezza (sezione a livello del suolo dopo l'infissione dei pali e punto di vincolo del palo nelle prove).



Fig. 12 – Particolari del dinamometro digitale utilizzato per rilevare il carico di rottura

I risultati delle prove sono riportati nella tabella 1. Per ogni palo testato sono indicati il diametro misurato nel punto di vincolo, il valore del carico di rottura, espresso in kilonewton ($1 \text{ Kn} = 98,1 \text{ kg}$) e sono stati determinati l'area della sezione, il momento flettente nel punto di vincolo e la resistenza media per cm^2 di area della sezione. I dati evidenziano una netta superiorità per i pali di castagno non trattati rispetto a tutte le altre tipologie testate. Da sottolineare la drastica riduzione della resistenza per i pali di castagno trattati termicamente, decisamente oltre le previsioni. Questo trattamento, seppur aumentando la durabilità dei pali infissi nel suolo, non risulta idoneo per la paleria da impiegare in frutteto, per la insufficiente resistenza meccanica dopo il trattamento. Occorrono altri approfondimenti per verificare se la variazione dei parametri di

temperatura e durata del trattamento possano eventualmente ridurre questo inconveniente.

Tab. 1- Esiti delle prove di resistenza meccanica alla flessione sui diversi tipi di pali in legno

N° camp.	Tipo	Diametro della sezione ad 1 m dalla base (cm)	Area della sezione (cm ²)	Carico di rottura (kN)	Momento flettente nella sezione trasversale posta ad 1m dalla base	
					Valore assoluto (kNm)	Carico medio unitario (kNm/cm ²)
1	castagno - palo testata	20,00	314,00	13,45	40,35	0,67
2	castagno - palo testata	19,00	283,39	12,10	36,30	0,64
3	castagno - palo testata	21,00	346,19	13,90	41,70	0,66
4	castagno - palo testata	18,00	254,34	11,85	35,55	0,66
5	castagno - palo testata	19,00	283,39	10,60	31,80	0,56
6	castagno - palo testata	20,00	314,00	14,75	44,25	0,74
7	castagno - palo testata	17,00	226,87	10,80	32,40	0,64
8	castagno - palo testata	18,00	254,34	11,55	34,65	0,64
9	castagno - palo testata	17,00	226,87	10,35	31,05	0,61
10	castagno - palo testata	19,00	283,39	13,85	41,55	0,73
	Valori medi castagno, pali testata	18,80	278,68	12,32	36,96	0,66
1	castagno - palo intermedio	14,00	153,86	8,50	25,50	0,61
2	castagno - palo intermedio	15,00	176,63	7,45	22,35	0,50
3	castagno - palo intermedio	16,00	200,96	9,50	28,50	0,59
4	castagno - palo intermedio	14,00	153,86	8,25	24,75	0,59
5	castagno - palo intermedio	14,00	153,86	8,50	25,50	0,61
6	castagno - palo intermedio	16,00	200,96	9,05	27,15	0,57
7	castagno - palo intermedio	14,00	153,86	8,50	25,50	0,61
8	castagno - palo intermedio	15,00	176,63	9,20	27,60	0,61
9	castagno - palo intermedio	13,00	132,67	6,65	19,95	0,51
10	castagno - palo intermedio	15,00	176,63	7,25	21,75	0,48
	Valori medi castagno, pali intermedi	14,60	167,99	8,29	24,86	0,57
1	castagno- testata- tratt. termico	18,00	254,34	1,20	3,60	0,07
2	castagno- testata- tratt. termico	20,00	314,00	1,90	5,70	0,10
3	castagno- testata- tratt. termico	18,00	254,34	1,95	5,85	0,11
4	castagno- testata- tratt. termico	19,00	283,39	2,05	6,15	0,11
5	castagno- testata- tratt. termico	19,00	283,39	2,25	6,75	0,12
6	castagno- testata- tratt. termico	17,00	226,87	1,10	3,30	0,06
7	castagno- testata- tratt. termico	18,00	254,34	1,40	4,20	0,08
8	castagno- testata- tratt. termico	20,00	314,00	2,80	8,40	0,14
9	castagno- testata- tratt. termico	17,00	226,87	2,05	6,15	0,12
10	castagno- testata- tratt. termico	19,00	283,39	1,80	5,40	0,09
	Valori medi castagno, pali testata trattati	18,50	269,49	1,85	5,55	0,10

(continua Tab. 1)

N° camp.	Tipo	Diametro della sezione ad 1 m dalla base (cm)	Area della sezione (cm ²)	Carico di rottura (kN)	Momento flettente nella sezione trasversale posta ad 1m dalla base	
					Valore assoluto (kNm)	Carico medio unitario (kNm/cm ²)
1	castagno intermedio- tratt. termico	13,00	132,67	1,25	3,75	0,10
2	castagno intermedio- tratt. termico	14,00	153,86	1,10	3,30	0,08
3	castagno intermedio- tratt. termico	15,00	176,63	1,70	5,10	0,11
4	castagno intermedio- tratt. termico	14,00	153,86	1,30	3,90	0,09
5	castagno intermedio- tratt. termico	14,00	153,86	1,15	3,45	0,08
6	castagno intermedio- tratt. termico	15,00	176,63	1,65	4,95	0,11
7	castagno intermedio- tratt. termico	14,00	153,86	1,35	4,05	0,10
8	castagno intermedio- tratt. termico	16,00	200,96	1,45	4,35	0,09
9	castagno intermedio- tratt. termico	15,00	176,63	1,65	4,95	0,11
10	castagno intermedio- tratt. termico	13,00	132,67	1,20	3,60	0,09
	Valori medi castagno, pali intermedi trattati	14,30	161,16	1,38	4,14	0,10
1	pino marittimo- pali testata	16,00	200,96	6,00	18,00	0,38
2	pino marittimo- pali testata	17,00	226,87	6,50	19,50	0,38
3	pino marittimo- pali testata	17,00	226,87	7,55	22,65	0,44
4	pino marittimo- pali testata	16,00	200,96	5,15	15,45	0,32
5	pino marittimo- pali testata	17,00	226,87	6,35	19,05	0,37
6	pino marittimo- pali testata	16,00	200,96	5,40	16,20	0,34
7	pino marittimo- pali testata	16,00	200,96	5,65	16,95	0,35
8	pino marittimo- pali testata	17,00	226,87	5,30	15,90	0,31
9	pino marittimo- pali testata	17,00	226,87	4,70	14,10	0,28
10	pino marittimo- pali testata	17,00	226,87	6,75	20,25	0,40
	Valori medi pino marittimo, pali testata	16,60	216,50	5,94	17,81	0,36
1	pino silvestre - pali intermedi	13,00	132,67	4,40	13,20	0,34
2	pino silvestre - pali intermedi	13,00	132,67	3,35	10,05	0,26
3	pino silvestre - pali intermedi	13,00	132,67	4,25	12,75	0,33
4	pino silvestre - pali intermedi	14,00	153,86	4,00	12,00	0,29
5	pino silvestre - pali intermedi	13,00	132,67	3,85	11,55	0,30
6	pino silvestre - pali intermedi	14,00	153,86	3,35	10,05	0,24
7	pino silvestre - pali intermedi	13,00	132,67	3,50	10,50	0,27
8	pino silvestre - pali intermedi	13,00	132,67	3,35	10,05	0,26
9	pino silvestre - pali intermedi	13,00	132,67	3,00	9,00	0,23
10	pino silvestre - pali intermedi	13,00	132,67	2,35	7,05	0,18
	Valori medi pino silvestre pali intermedi	13,20	136,90	3,54	10,62	0,27

Tab. 2 – Riepilogo risultati delle prove di resistenza meccanica alla flessione sui diversi tipi di pali in legno

Tipologia	Diametro della sezione ad 1 m dalla base (cm)	Area della sezione (cm ²)	Carico di rottura (kN)	Momento flettente nella sezione trasversale posta ad 1m dalla base	
				Valore assoluto (kNm)	Carico medio unitario (kNm/cm ²)
castagno, pali testata	18,80	278,68	12,32	36,96	0,66
castagno, pali intermedi	14,60	167,99	8,29	24,86	0,57
castagno, pali testata trattati termicamente	18,50	269,49	1,85	5,55	0,10
castagno, pali intermedi trattati termicamente	14,30	161,16	1,38	4,14	0,10
pino marittimo , pali testata	16,60	216,50	5,94	17,81	0,36
pino silvestre, pali intermedi	13,20	136,90	3,54	10,62	0,27

Attività 2.5 – Prove di posa in opera in campo

Responsabile: Scuola Malva Arnaldi di Bibiana

Partner partecipanti: Scuola Malva di Bibiana

Al fine di verificare l' idoneità dei pali di castagno per l'adozione della tecnica più efficiente e più utilizzata per la posa in opera dei pali in frutteto sono state effettuate delle prove presso l'azienda agricola Anselmo Michele di Bibiana che aveva dato disponibilità nella fase di presentazione del progetto. E' stato utilizzato un martello pneumatico applicato al braccio di un escavatore per la predisposizione delle buche, mediante una punta metallica di diametro pari a 13 cm. Per ovviare alla maggior disformità dei diametri dei pali in castagno sono state necessarie più manovre di oscillazione trasversale della punta in modo da allargare il diametro della buca adeguandolo di volta in volta al diametro dei pali da collocare, in particolare per i pali di testata; questa operazione non ha peraltro

comportato un significativo aggravio dei tempi di lavoro. Dopo la predisposizione della buca il palo veniva disposto in posizione eretta con l'ausilio di trattrice con caricatore frontale e infisso nel suolo con la pressione esercitata dal braccio dell'escavatore.



Fig. 13- Predisposizione della buca per la collocazione del palo mediante martello pneumatico applicato all'escavatore



Fig. 14- Infissione del palo a pressione con escavatore

Durante l'esecuzione delle operazioni non sono state rilevate rotture a carico dei pali o altri inconvenienti che pregiudichino l'utilizzo di questa tecnica per la posa in opera dei pali in castagno.

3.2.1.6 Attività 2.6 - Analisi economica delle innovazioni di processo

Responsabile: Scuola Malva Arnaldi di Bibiana

Partner partecipanti: Scuola Malva di Bibiana

La tabella 3 riporta il quadro economico dei costi relativi alle diverse tipologie di pali utilizzati (prezzi al netto dell'IVA), derivanti da un'indagine di mercato fatta con i principali rivenditori di paleria per frutteti operanti in Piemonte e da alcune ditte forestali che producono pali in castagno in loco. Per i pali in castagno grezzo il prezzo è di norma definito per unità di peso (10-12 €/q) per cui è stato stimato il prezzo unitario sulla base del peso medio dei pali stessi, comunque estremamente variabile in relazione al livello di essiccazione raggiunto al momento della commercializzazione.

Tab.3- Prezzi medi rilevati per i diversi pali

Tipologia di palo (lung. 5m)	Prezzi medi
Palo in castagno grezzo per testata (diam.alla base > DI 16 cm),	13-16 €
Palo intermedio di castagno grezzo (diam. alla base 13-16)	8-12 €
Palo di testata di pino marittimo, impregnato, (diam alla base 15-16 cm)	25-27 €
Palo intermedio di pino silvestre, impregnato, (diam. 13-14 alla base e 8-12 in cima)	18-20 €

Dalla tabella 3 risulta una netta convenienza economica per i pali di castagno grezzo, che, come evidenziato nell'attività 2.4, presentano anche una resistenza meccanica decisamente superiore.

In relazione alla convenienza economica della scortecciatura, la necessità di due operatori con una capacità di lavoro modesta con le tecniche adottate (6-8 pali/h) comporta un aumento dei costi significativo quantificabile in 4-5€/palo, a fronte di un aumento della durabilità che andrebbe comunque verificato con prove di lungo periodo; da considerare inoltre che la durata media di un frutteto moderno si attesta sui 15-20 anni, con una sensibile riduzione rispetto agli impianti realizzati negli anni '70-'80. La durabilità del palo in castagno grezzo anche non scortecciato è sufficientemente elevata allo scopo.

Tuttavia si ritiene utile riportare alcune considerazioni:

-anche l'incremento di costo dovuto alla scortecciatura non pregiudica la convenienza economica del palo in castagno rispetto alle altre tipologie;

- per l'impiego in vigneto la ricerca di una durabilità superiore è invece assolutamente utile considerata la maggior durata dell'impianto;

- va verificata la possibilità e la sostenibilità economica dell'impiego di scortecciatrici meccaniche che comportano investimenti significativi, ma capacità di lavoro molto elevate;

Il trattamento termico appare invece antieconomico e non idoneo per l'utilizzo dei pali in frutteto.

3.2.1.7 Attività 2.7 - Elaborazione dati, predisposizione relazione finale e realizzazione strumenti divulgativi.

Responsabile: Scuola Malva Arnaldi di Bibiana

Partner partecipanti: Scuola Malva di Bibiana

Al termine del progetto progetto è stata redatta la presente relazione finale con le attività svolte ed i risultati delle stesse. Inoltre, come strumento di divulgazione previsto dal progetto è stato realizzato un filmato che riproduce alcune fasi salienti del progetto evidenziandone risultati e conclusioni.

firma del legale rappresentante

firma del referente del progetto