



UNIONE EUROPEA  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



CTN01\_00176\_163601



## TRIM

### Tecnologia e Ricerca Industriale per la Mobilità Marina

Percorso di Formazione per  
Esperti in ricerca e sviluppo in ambito nautico e navale

**Sviluppo software verifica dei compositi e analisi FEA**

Allievo del Percorso di Formazione	Daniele Pavia	
Soggetto ospitante	MICAD	
Progetto Formativo Individuale	Formare una figura professionale di esperto in Ricerca Industriale, con particolare riguardo alle simulazioni numeriche strutturali agli elementi finiti (FEM) di strutture in composito	
Codice del Documento	O.2-M.B-T.5	
Data	10/12/2021	



FINCANTIERI



AZIMUT BENETTI  
GROUP





Titolo del Documento

Sviluppo software verifica dei compositi e analisi FEA

Codice del Documento

O.2-M.B-T.5

Distribuzione

Interna al Progetto

Date	Pages	Allievo	Tutor soggetto ospitante	Tutor CNR-INM
10/12/2021	2+61	Daniele Pavia	Daniele Malgieri	Stefano Zaghi

L'attività descritta nella presente pubblicazione è stata finanziata dal Progetto TRIM — Tecnologia e Ricerca Industriale per la Mobilità Marina — coordinato dal Consiglio Nazionale delle Ricerche e finanziato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca nell'ambito dell'iniziativa dei Distretti Tecnologici Nazionali.



## Indice

<b>Summary</b>	<b>3</b>
<b>1 Fondamenti teoria dei compositi</b>	<b>4</b>
1.1 Analisi micromeccanica delle lamine . . . . .	4
1.1.1 Frazioni ponderali e volumetriche . . . . .	6
1.2 Calcolo delle costanti elastiche di una lamina: processo di omogeneizzazione	7
1.2.1 Formule di Halpin-Tsai . . . . .	7
1.3 Moduli elastici in compositi a fibre casualmente orientate . . . . .	8
<b>2 Analisi macromeccanica</b>	<b>10</b>
2.1 Equazione costitutiva della lamina nel riferimento principale del materiale .	10
2.2 Teoria classica della laminazione . . . . .	11
2.2.1 Ipotesi alla base della teoria classica della laminazione . . . . .	11
2.2.2 Il campo delle deformazioni nella teoria delle piastre . . . . .	12
2.3 Equazione costitutiva del laminato . . . . .	13
<b>3 ISO 12215-5 2018</b>	<b>16</b>
<b>4 PyLa</b>	<b>19</b>
4.1 Descrizione del software . . . . .	19
4.2 Ambiente di sviluppo . . . . .	19
4.3 Architettura software . . . . .	20
4.3.1 generalFunctions . . . . .	21
4.3.2 myComp . . . . .	22
4.3.3 myPly . . . . .	26
4.3.4 myPlate . . . . .	32
4.3.5 myStiffener . . . . .	36
4.4 Test case . . . . .	37
<b>5 Resistenza ed impermeabilità</b>	<b>44</b>
<b>6 T-Joint</b>	<b>47</b>
<b>7 Analisi FEA di un T-Top</b>	<b>49</b>
7.1 Descrizione caso studio . . . . .	49
7.2 Geometria . . . . .	49
7.3 Materiali . . . . .	51
7.4 Mesh . . . . .	51
7.5 Analisi delle condizioni al contorno . . . . .	52
7.5.1 Vincoli . . . . .	52
7.5.2 Carichi . . . . .	54
7.6 Analisi dei risultati . . . . .	54
<b>Bibliografia</b>	<b>61</b>



*A Daniele Malgieri, fantastico tutor. Senza il suo aiuto e  
perseveranza tutto ciò non sarebbe stato possibile.  
Un grazie va all'INM ed in particolare a Cecilia ed Enrico, sempre pronti a dare consigli  
molto preziosi.*