

Podręcznik dla nauczycieli w 6 różnych językach



TECONAUT

USING DEEP TECH TO FACILITATE THE ECO
TRANSITION IN THE NAUTICAL SECTOR



Co-funded by
the European Union

Cyfrowy podręcznik w językach: angielskim, hiszpańskim, francuskim, greckim, polskim, niemieckim i tureckim.

Numer projektu	101139940
Tytuł dokumentu	Podręcznik dla nauczycieli w 6 różnych językach
Data	12 Stycznia 2026
Typ dokumentu	Podręcznik
Dystrybucja	NTUA
Rodzaj dostępu	Publiczny
Wersja	1

Klucz

Sfinansowane ze Środków Unii Europejskiej. Wyrażone poglądy i opinie są wyłącznie poglądami i opiniami autora(-ów) i niekoniecznie odzwierciedlają stanowisko Unii Europejskiej ani EACEA. Ani Unia Europejska, ani organ przyznający dofinansowanie nie ponoszą za nie odpowiedzialności.



Spis treści

- 1 Wprowadzenie
- 2 Przeznaczenie podręcznika
 - 2.1 Cel
 - 2.2 Grupa docelowa i użytkownicy
 - 2.3 Kontekst
- 3 Zarys kursu oraz informacje pomocnicze do zajęć
- 4 Wskazówki dotyczące prowadzenia szkolenia
 - 4.1 Wytyczne i metodyka prowadzenia kursu
 - 4.2 Praktyczne wskazówki dla prowadzących kurs
- 5 Wykaz potrzebnych materiałów i narzędzi

Aneks: Prezentacje i filmy pomocnicze



1

Wprowadzenie



Co-funded by
the European Union

ERASMUS-EDU-2023-PI-ALL-INNO

1. Wprowadzenie

Ten podręcznik został przygotowany jako praktyczne kompendium dla prowadzących szkolenia uczestniczących w finansowanym ze środków UE projekcie **TEcoNaut** – europejskiej inicjatywie mającej na celu wzmocnienie współpracy pomiędzy instytucjami szkolnictwa wyższego, instytucjami kształcenia i szkolenia zawodowego (VET) oraz branżą budowy łodzi. Projekt ma na celu identyfikację pojawiających się potrzeb w zakresie kompetencji, zmniejszenie istniejących luk kompetencyjnych oraz wspieranie długofalowej współpracy w całym sektorze.

Skupiając się na kształceniu i szkoleniu zawodowym w zakresie zrównoważonych materiałów wykorzystywanych w budowie jachtów, projekt TEcoNaut wspiera transformację branży w kierunku innowacyjnych technologii przyjaznych środowisku i opartych na zasadach zrównoważonego rozwoju.

Dokładniej rzecz ujmując, projekt TEcoNaut dąży do realizacji swojego głównego celu poprzez:

- opracowanie kursu z zakresu materiałów Deep Tech dla kształcenia i szkolenia zawodowego (VET), koncentrującego się na wykorzystaniu i zastosowaniu materiałów Deep Tech, a także programu „Train the Trainers” dla prowadzących kurs.
- przeprowadzenie pogłębionej analizy luk kompetencyjnych („skills gaps”), której wyniki zostaną powiązane z klasyfikacją ESCO oraz będą uwzględniać nową unijną zieloną taksonomię (EU Green Taxonomy).
- kształtowanie postaw przedsiębiorczych wśród studentów oraz przyszłych pracowników „eko” sektora żeglarskiego, aby potrafili dostrzegać przyszłe możliwości biznesowe związane z wykorzystaniem materiałów zrównoważonych oraz cyrkularnym obiegiem materiałów stosowanych w budowie łodzi, a jednocześnie rozwijali swoje kompetencje w zakresie otwartości na nowe technologie.
- opracowanie programu staży/praktyk dla studentów uczelni, opartego na podejściu „hands-on”, umożliwiającego im pracę nad praktycznym wykorzystaniem kompetencji Deep Tech w przedsiębiorstwach. Niezbędna „zielona fala” Deep Tech w budowie łodzi może zostać skutecznie rozwinięta wyłącznie dzięki współpracy pomiędzy uczelniami prowadzącymi badania nad materiałami deep-tech, przedsiębiorstwami budującymi łodzie w sposób zrównoważony i przyjazny środowisku z wykorzystaniem tych materiałów oraz ośrodkami VET, które kształcą wykwalifikowaną kadrę.

Niniejszy podręcznik stanowi uzupełnienie kursu **TEcoNaut: Zrównoważone materiały w sektorze budowy łodzi**. Zawiera wskazówki, rekomendowane praktyki oraz uporządkowane materiały wspierające skuteczną realizację modułów szkoleniowych i pomagające prowadzącym zajęcia w osiągnięciu zdefiniowanych efektów uczenia się.



2

Przeznaczenie podręcznika



Co-funded by
the European Union

ERASMUS-EDU-2023-PI-ALL-INNO

2. Przeznaczenie podręcznika

2.1 Cel

Celem niniejszego podręcznika jest pełnienie roli podstawowego przewodnika dla nauczycieli prowadzących **kurs TEcoNaut**. Zawiera on praktyczne wskazówki dotyczące metodyki nauczania, zasobów oraz materiałów uzupełniających, które wspierają efektywne uczenie się i zapewniają spójny sposób realizacji modułów kursu.

Ponadto podręcznik zawiera "rozszerzone" informacje dotyczące wybranych zagadnień kursu, aby dostarczyć nauczycielom dodatkowego kontekstu i ułatwić odpowiadanie na bardziej zaawansowane pytania uczestników. Poprzez połączenie narzędzi dydaktycznych, materiałów referencyjnych oraz praktycznych wskazówek, podręcznik dla prowadzących ma wspierać nauczycieli w zapewnieniu wysokiej jakości procesu uczenia się w angażującym, interaktywnym środowisku.

Mówiąc bardziej szczegółowo, podręcznik wspiera nauczycieli w:

- Stosowaniu efektywnych metod szkoleniowych skoncentrowanych na osobie uczącej się
- Prowadzeniu zajęć oraz zarządzaniu pracą grupy i dynamiką zespołu
- Monitorowaniu postępów w odniesieniu do zdefiniowanych celów/efektów uczenia się
- Odpowiadaniu na pytania uczestników wykraczające poza podstawowy zakres materiału kursowego.

Niniejszy podręcznik nie ma charakteru zamkniętego. Zachęca się nauczycieli do dostosowywania i rozszerzania materiałów zgodnie z ich profesjonalnym osądem oraz potrzebami uczestników szkolenia.

2.2 Grupa docelowa i użytkownicy

Niniejszy podręcznik jest przeznaczony przede wszystkim dla nauczycieli zaangażowanych w **kształcenie i szkolenie zawodowe (VET)** i koncentruje się na zrównoważonej budowie łodzi. Może on również służyć jako materiał referencyjny dla:

- Kadry dydaktycznej uczelni wyższych
- Specjalistów ds. szkoleń w branży morskiej i w sektorze budowy łodzi
- Osób zaangażowanych we wsparcie lub realizację działań VET w ramach kursu TEcoNaut.

2.3 Kontekst

Niniejszy podręcznik przedstawia kompleksowe ramy wsparcia, opracowane z myślą o nauczycielach prowadzących kurs **TEcoNaut**. Ramy te odpowiadają wymaganiom kwalifikacji na poziomie **4 Europejskich Ram Kwalifikacji** (EQF), co zapewnia spójność z uznanymi europejskimi standardami kształcenia i szkolenia zawodowego (Zobacz <https://europass.europa.eu/en/description-eight-eqf-levels>).

Główna treść podręcznika dla prowadzących została przedstawiona poniżej. Została ona uporządkowana tak, aby zapewnić nauczycielom/trenerom jasne wskazówki, praktyczne narzędzia oraz usystematyzowane wsparcie na wszystkich etapach procesu szkoleniowego.

3

Zarys kursu oraz informacje
pomocnicze do zajęć

4

Wskazówki dotyczące szkolenia

5

Wykaz materiałów i narzędzi

Aneks

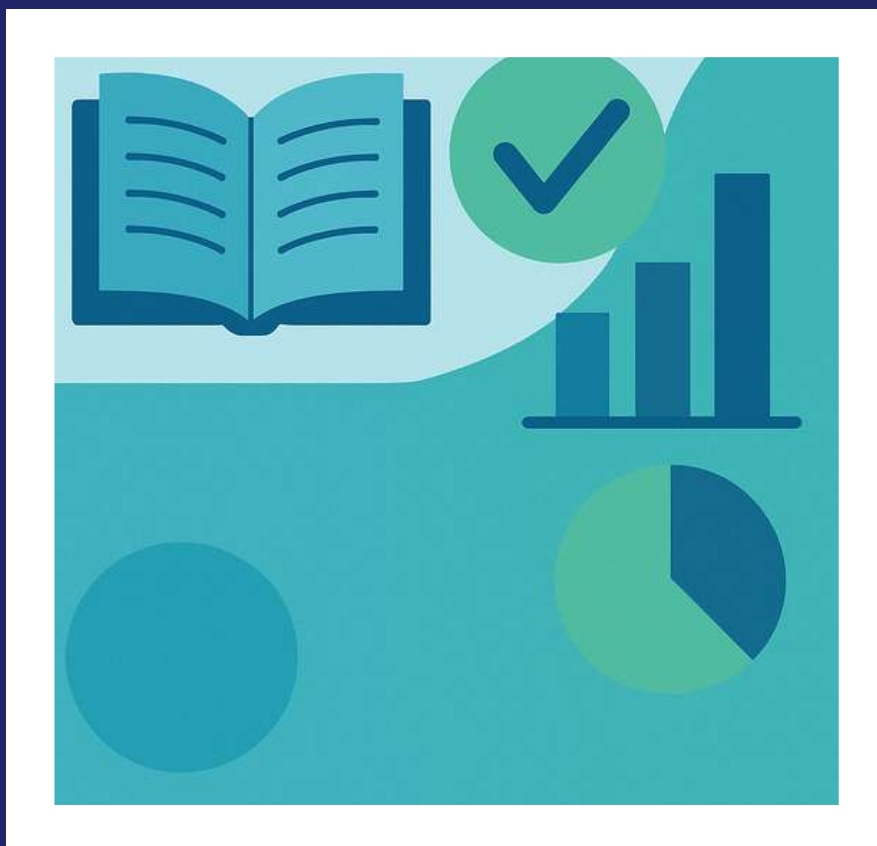
Prezentacje i filmy
pomocnicze

W skrócie: rozdział 3 przedstawia zarys kursu dla każdego modułu, uzupełniony o informacje rozszerzające dotyczące wybranych zagadnień w ramach treści danego modułu oraz wskazówki dotyczące prowadzenia aktywności opisanych w zarysie kursu. Rozdział 4 stanowi przewodnik po metodach dydaktycznych oraz prowadzeniu angażujących zajęć. Rozdział 5 zawiera wykaz sprzętu i materiałów potrzebnych do działań praktycznych oraz wspiera lepsze zrozumienie terminologii związanej z budową łodzi. Na końcu aneks obejmuje prezentacje przedstawione podczas warsztatu zorganizowanego we Francji w ramach projektu TEcoNaut, dostarczające informacji na temat materiałów deep-tech oraz ich właściwości mechanicznych.



3

Zarys kursu oraz informacje pomocnicze do zajęć



Co-funded by
the European Union

ERASMUS-EDU-2023-PI-ALL-INNO

3. Zarys kursu oraz informacje pomocnicze do zajęć

W tej części przedstawiono ogólne ramy kursu, opisujące sposób uporządkowania treści kształcenia w rozdziały, moduły, podtematy, odpowiadające im aktywności oraz informacje wspierające realizację kursu. Każdy rozdział obejmuje kluczowy obszar tematyczny, zapewniając właściwą równowagę między wiedzą teoretyczną a zastosowaniem praktycznym. Towarzyszące zestawienia tabelaryczne (zob. odpowiednie tabele **Zarysu kursu**) zawierają kluczowe informacje niezbędne do opracowania materiałów szkoleniowych, w tym: tematykę, zakładane efekty uczenia się, szacowany czas trwania oraz proponowane metody nauczania i szkolenia. Ma to wspierać nauczycieli w skutecznym planowaniu i prowadzeniu kursu. Tabele te zapewniają również uczestnikom przejrzysty przegląd treści kursu i wymagań. Dla każdego rozdziału udostępniono także instrukcje dotyczące aktywności (zob. odpowiednie tabele **Instrukcje do aktywności**) oraz informacje rozszerzające (zob. odpowiednie tabele **Informacje dodatkowe**), uporządkowane w formie tabel w celu ułatwienia pracy nauczycielom.

Struktura kursu obejmuje pięć rozdziałów. Uczestnicy będą kształceni w następujących obszarach:

Rozdział 1: Wprowadzenie do zrównoważonej budowy łodzi
Rozdział 2: Zrównoważone materiały – właściwości i parametry użytkowe
Rozdział 3: Techniki stosowane w produkcji i pracach naprawczych
Rozdział 4: Ocena cyklu życia (LCA) i uzasadnienie biznesowe
Rozdział 5: Planowanie kariery – możliwości i wyzwania

Łącznie zagadnienia te wspierają rozwój zarówno kompetencji technicznych, jak i szerszej Świadomości w zakresie zrównoważonego rozwoju w sektorze budowy łodzi.

Poniższe opisy wyjaśniają cel i zakres każdej kolumny ujętej w tabelach **Zarysu kursu**, zapewniając spójną interpretację i stosowanie we wszystkich kontekstach szkoleniowych.

Moduł

Ta kolumna przedstawia poszczególne moduły danego rozdziału.

Temat

Ta kolumna odnosi się do poszczególnych podrozdziałów w ramach rozdziału.

Uwaga: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „podrozdziały” oznacza, że bardziej szczegółowe informacje oraz powiązane aktywności dla danego podrozdziału znajdują się w odpowiedniej tabeli **Instrukcje do aktywności**.

Zagadnienie

Ta kolumna zawiera szczegółowe informacje o podrozdziałach i tematach omawianych w ramach każdego rozdziału, zgodnie z treściami określonymi w sylabusie kursu. Przedstawia uporządkowany przegląd tego, co będzie realizowane w obrębie każdego tematu, wspierając logiczną sekwencję oraz kompleksowe omówienie materiału.

Podział tematyczny pomaga nauczycielom skutecznie planować i organizować zajęcia, a uczestnikom pozwala w jasny sposób przejść przez omawiane zagadnienia.

Uwaga: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Podział na Zagadnienia” oznacza, że dostępne są informacje dodatkowe, przedstawione w odpowiedniej tabeli **„Informacje dodatkowe”**.

Efekt Uczenia się

Kolumna „Efekt uczenia się” określa wiedzę, umiejętności oraz postawy, które uczestnicy powinni nabyć lub rozwinąć w ramach każdej aktywności. Efekty te zostały zdefiniowane tak, aby były spójne z ogólnymi celami programu nauczania dla każdego rozdziału kursu.

Efekty uczenia się stanowią kluczowe wskaźniki zarówno dla nauczycieli, jak i dla uczestników, zapewniając, że każda aktywność w istotny sposób wspiera rozwój zakładanych kompetencji.

Czas

Ta kolumna wskazuje planowany czas przeznaczony na każdą lekcję lub aktywność. Podany czas trwania powinien odpowiadać ramom czasowym określonym w sylabusie programu, co pomaga trenerom w planowaniu zajęć i zapewnia spójność realizacji we wszystkich środowiskach szkoleniowych.

Metody dydaktyczne

Ta kolumna przedstawia proponowane, odpowiednie metody nauczania i szkolenia dla danego zagadnienia.

Tabele „**Instrukcje do aktywności**” prezentują wszystkie działania, które można przeprowadzić podczas zajęć, aby pomóc uczestnikom w gruntownym zrozumieniu podstawowych pojęć i wiedzy przewidzianych w programie. Aktywności przedstawiono w formie tabel, co zapewnia uporządkowany przegląd dla każdej jednostki oraz zawiera jasne instrukcje i wskazówki, ułatwiające nauczycielom/trenerom organizację zadań i skuteczne prowadzenie uczestników.

Tabela „Informacje dodatkowe” dostarcza nauczycielom poszerzonego przeglądu zagadnień zaawansowanych, materiałów referencyjnych oraz dodatkowych zasobów uzupełniających główny program nauczania. Jej celem jest wsparcie nauczyciela w pogłębianiu zrozumienia uczestników w zakresie materiałów zrównoważonych, metod wytwarzania, przepisów prawnych oraz rozwoju branży związanego z nowoczesną budową jachtów. Dzięki uporządkowanemu dostępowi do publikacji naukowych, norm technicznych, narzędzi branżowych oraz rzeczywistych studiów przypadków, ta część wyposaża nauczycieli/trenerów w wiedzę kontekstową potrzebną do pewnego prowadzenia uczestników poza podstawy kursu – w szerszym ujęciu zawodowym i środowiskowym.

Rozdział 1 gromadzi kompleksowe zasoby, które wprowadzają uczestników w ramy zrównoważonego rozwoju, innowacji w zakresie materiałów naturalnych oraz metody oceny środowiskowej istotne dla branż morskiej i rekreacyjnej. Obejmuje materiały referencyjne dotyczące zrównoważonego zarządzania marinami, długoterminowej strategii klimatycznej Europejskiego Zielonego Ładu, zaawansowanych badań nad inteligentnymi materiałami na bazie drewna i polimerów, a także norm takich jak ISO 12215, określających właściwości materiałów stosowanych w konstrukcjach łodzi. Dodatkowe treści podkreślają znaczenie oceny cyklu życia (LCA) w ograniczaniu wpływu na środowisko w całym okresie użytkowania jednostki pływającej, a także przedstawiają perspektywę gospodarki o obiegu zamkniętym w zakresie gospodarowania odpadami i efektywnego wykorzystania zasobów.

Rozdział 2 koncentruje się na włóknach, żywicach, konstrukcjach kompozytowych, technologiach recyklingu oraz zachowaniu mechanicznym materiałów w nowoczesnej budowie jachtów. Przywołane źródła obejmują publikacje naukowe porównujące właściwości włókien, wyniki badań oraz wpływ żywic na parametry użytkowe i trwałość. W rozdziale omówiono również kluczowe normy ISO, praktyczne materiały dotyczące mechaniki kompozytów oraz szczegółowe studium przypadków poświęcone wadom materiałowym, zastosowaniu dodatków, kompatybilizatorom i konstrukcjom typu sandwich. Silny nacisk położono na cyrkularność – liczne źródła analizują metody recyklingu termicznego, mechanicznego i chemicznego, zapotrzebowanie energetyczne różnych procesów oraz aktualne inicjatywy branżowe skoncentrowane na alternatywach biopochodnych, włóknach naturalnych i zrównoważonych materiałach kompozytowych.

Rozdział 3 dostarcza nauczycielom materiałów o charakterze praktycznym, dotyczących procesów wytwarzania kompozytów, architektury włókien oraz zapewnienia jakości w produkcji. W oparciu o poradniki techniczne, strony internetowe dostawców, artykuły naukowe i filmy demonstracyjne, rozdział ten wyjaśnia metody laminowania, infuzję żywicy, zapobieganie wadom oraz etapy wytwarzania elementów kompozytowych z włóknami naturalnymi lub kompozytów hybrydowych. Wprowadza również uczestników w nowe, zrównoważone podejścia do wytwarzania, przedstawia przykłady modernizacji (retrofittingu) i ponownego wykorzystania, metody napraw, a także perspektywy branżowe dotyczące wpływu na środowisko w całym procesie budowy łodzi. Omówiono także kontrolę jakości, rozwiązania w zakresie gospodarki odpadami oraz możliwości recyklingu odpadów poprodukcyjnych (ścinków).

Rozdział 4 gromadzi najważniejsze przepisy, metody oceny śladu środowiskowego oraz trwające inicjatywy europejskie ukierunkowane na dekarbonizację sektora żeglarskiego. Zestawienie obejmuje m.in. oficjalne normy ISO, dokumentację dotyczącą metodyki Product Environmental Footprint (PEF), wytyczne LCA, opracowania branżowe oraz raporty na poziomie polityk publicznych. Łącznie zasoby te pomagają nauczycielom osadzić zagadnienia zrównoważonego rozwoju w szerszym kontekście prawnym i przemysłowym, pokazując, w jaki sposób regulacje wpływają na dobór materiałów, procesy wytwarzania, obowiązki związane z końcem cyklu życia produktu oraz przejście w kierunku projektowania jednostek pływających o niskim wpływie środowiskowym.

Rozdział 5 podkreśla kontekst polityki społecznej, możliwości finansowania, informacji o rynku pracy oraz zmieniające się wymagania kompetencyjne, które kształtują przyszłość budowy łodzi. Łączy materiały dotyczące Europejskiego Zielonego Ładu, pakietu Fit for 55, przepisów w zakresie przemieszczania odpadów oraz mechanizmów finansowych, takich jak NextGenerationEU. Rozdział przedstawia również studium przypadków stoczni wdrażających innowacyjne, zrównoważone technologie, a także filmy i poradniki dotyczące tradycyjnego rzemiosła i nowoczesnych technik. Ponadto obejmuje zestaw materiałów wprowadzających w istotne zawody, strategie budowania sieci kontaktów, wydarzenia branżowe oraz nowe kompetencje technologiczne pojawiające się w sektorze.

W poniższych tabelach wszystkie wyżej wymienione informacje przedstawiono szczegółowo dla każdego rozdziału kursu TEcoNaut.



Rozdział 1: Wprowadzenie do zrównoważonej budowy ładu

Tytuł Modułu	Temat	Zagadnienia	Efekt Uczenia (EU)	Czas (h)	Metody dydaktyczne
1.1 Podstawy zrównoważonego rozwoju w przemyśle morskim	1.1.1 Zasady zrównoważonego rozwoju w przemyśle morskim	1. Wprowadzenie do trzech filarów zrównoważonego 2. Specyficzne wyzwania w kontekście branży morskiej: emisje, zużycie zasobów, odpady materiałowe 3. Zastosowanie zasad zrównoważonego rozwoju w projektowaniu, budowie i utrzymaniu jednostek pływających.	EU 1: Zrozumienie podstawowej koncepcji zrównoważonego rozwoju. EU 2: Identyfikacja głównych wyzwań środowiskowych, społecznych i ekonomicznych w sektorze morskim. EU 3: Umiejętność klasyfikowania działań i decyzji w oparciu o trzy filary zrównoważonego rozwoju. EU 4: Świadomość długoterminowych skutków decyzji inżynierskich dla ludzi i środowiska.	2 ½	Nauczanie oparte na problemach
	1.1.2 Rozwój historyczny: materiały pochodzenia biologicznego a włókno szklane	1. Wprowadzenie do rozwoju materiałów w budowie łodzi: a) Przegląd tradycyjnych materiałów stosowanych w budowie łodzi b) Wprowadzenie wczesnych materiałów kompozytowych 2. Oś czasu ewolucji materiałów: a) Kluczowe historyczne kamienie milowe w materiałach stosowanych w budowie łodzi b) Przejście od materiałów tradycyjnych do nowoczesnych (syntetycznych) c) Alternatywy oparte na surowcach biologicznych 3. Porównanie materiałów (przykłady): a) Wpływ na środowisko b) Wpływ na środowisko c) Koszty i dostępność na rynku / w branży.	EU 1: Wiedza na temat historycznego rozwoju materiałów stosowanych w budowie łodzi. EU 2: Umiejętność porównywania materiałów tradycyjnych, syntetycznych oraz bio-bazowanych (pochodzenia biologicznego) w ujęciu ogólnym. EU 3: Umiejętność oceny doboru materiałów na podstawie kontekstu historycznego, potrzeb technicznych oraz kryteriów zrównoważonego rozwoju.	2 ½	Nauczanie stacjonarne w klasie (interaktywny wykład z próbkami materiałów)

Uwaga 1: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Temat” oznacza, że bardziej szczegółowe informacje oraz powiązane aktywności dla danego tematu zostały przedstawione w tabeli poniżej.

Uwaga 2: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Zagadnienie” oznacza dostępność informacji rozszerzonych (na poziomie zaawansowanym), które zostały zaprezentowane w osobnej tabeli poniżej.

Tytuł Modułu	Temat	Zagadnienia	Efekt Uczenia (EU)	Czas (h)	Metody dydaktyczne
1.1 Podstawy zrównoważonego rozwoju w przemyśle morskim	1.1.3 Ramy regulacyjne: certyfikacje i przepisy	1. Przegląd międzynarodowych i regionalnych przepisów morskich (np. IMO, ISO 14001, dyrektywy UE). 2. Wprowadzenie do certyfikacji dotyczących zrównoważonych materiałów i jednostek pływających. 3. Rola regulacji w egzekwowaniu i promowaniu zrównoważonych praktyk	EU 1: Wprowadzenie do przepisów morskich. EU 2: Przegląd istotnych regulacji i dyrektyw. EU 3: Rola regulacji w zrównoważonych praktykach.	1	Nauczanie stacjonarne (wykład oparty na studium przypadku)

Uwaga 1: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Temat” oznacza, że bardziej szczegółowe informacje oraz powiązane aktywności dla danego tematu zostały przedstawione w tabeli poniżej.

Uwaga 2: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Zagadnienie” oznacza dostępność informacji rozszerzonych (na poziomie zaawansowanym), które zostały zaprezentowane w osobnej tabeli poniżej.

Rozdział 1: Wprowadzenie do zrównoważonego rozwoju w budowie jednostek pływających / Zakres kursu



Tytuł Modułu	Temat	Zagadnienia	Efekt Ucznia (EU)	Czas (h)	Metody dydaktyczne
1.2 Wpływ na środowisko i gospodarowanie odpadami	1.2.1 Analiza cyklu życia (LCA) w przemyśle jachtowym	1. Wprowadzenie do analizy cyklu życia (LCA) – definicja i cel 2. Etapy cyklu życia łodzi: a) Produkcja i budowa b) Transport i dystrybucja c) Faza użytkowania/eksploatacji d) Koniec życia produktu: utylizacja, recykling lub ponowne użycie 3. Identyfikacja emisji, odpadów oraz zużycia zasobów na każdym etapie. 4. Ślad węglowy i jego składowe w produkcji oraz użytkowaniu łodzi. 5. Porównanie oddziaływań na środowisko pomiędzy różnymi materiałami.	EU 1: Pojęcie analizy cyklu życia (LCA). EU 2: Identyfikacja i opis głównych etapów cyklu życia łodzi. EU 3: Rozpoznawanie typowych oddziaływań na środowisko związanych z każdym etapem cyklu życia.	2	Nauczanie stacjonarne
	1.2.2 Strategie zarządzania odpadami: zasady gospodarki o obiegu zamkniętym oraz koncepcja 3R (Ogranicz–Użyj ponownie–Poddaj recyklingowi).	1. Wprowadzenie do problematyki odpadów w przemyśle jachtowym: a) Rodzaje i źródła odpadów na etapach produkcji, konserwacji/serwisowania oraz końca życia produktu. b) Ryzyka środowiskowe i konsekwencje niewłaściwego postępowania z odpadami. 2. Zrozumienie koncepcji 3R: a) Ograniczaj – minimalizowanie powstawania odpadów poprzez przemysłany projekt oraz efektywne wykorzystanie zasobów. b) Używaj ponownie – wydłużanie życia produktu lub jego komponentów dzięki naprawom i ponownemu wykorzystaniu w innym celu. c) Poddawaj recyklingowi – odzysk materiałów i ich przetwarzanie na nowe produkty. 3. Wprowadzenie do gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ): a) Definicja i porównanie z tradycyjnym modelem liniowym („weź–wyprodukuj–wyrzuć”). b) Podstawowe zasady: projektowanie pod kątem trwałości, utrzymywanie materiałów w obiegu oraz regenerowanie systemów naturalnych.	EU 1: Zrozumienie zasad hierarchii postępowania z odpadami w koncepcji 3R. EU 2: Zrozumienie gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ). EU 3: Identyfikacja typowych rodzajów odpadów powstających w procesie budowy łodzi. EU 4: Zrozumienie zasad 3R oraz zasad gospodarki o obiegu zamkniętym.	2	Nauczanie stacjonarne

Uwaga 1: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Temat” oznacza, że bardziej szczegółowe informacje oraz powiązane aktywności dla danego tematu zostały przedstawione w tabeli poniżej.

Uwaga 2: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Zagadnienie” oznacza dostępność informacji rozszerzonych (na poziomie zaawansowanym), które zostały zaprezentowane w osobnej tabeli poniżej.

Rozdział 1: Wprowadzenie do zrównoważonego rozwoju w budowie jednostek pływających / Zakres kursu



Tytuł Modułu	Temat	Zagadnienia	Efekt Uczenia (EU)	Czas (h)	Metody dydaktyczne
1.2 Wpływ na środowisko i gospodarowanie odpadami	1.2.3 Granice zrównoważonego rozwoju: wyzwania w recyklingu a wykorzystanie surowców odnawialnych	1. Wprowadzenie do zrównoważonego rozwoju. 2. Wyzwania związane z recyklingiem: a) Trudności techniczne w recyklingu materiałów kompozytowych (np. laminatów z włóknem szklanym, włókna węglowego). b) Bariery ekonomiczne: koszt recyklingu w porównaniu z kosztem materiału nowego. c) Ograniczona infrastruktura i technologie do recyklingu odpadów morskich. 3. Surowce odnawialne – zalety i wady. 4. Recykling vs. surowce odnawialne.	EO 1: Zrozumienie środowiskowych i technicznych ograniczeń zarówno recyklingu, jak i materiałów odnawialnych. EO 2: Umiejętność rozróżniania materiałów nadających się do recyklingu i materiałów odnawialnych w praktycznych zastosowaniach. EO 3: Wiedza o ograniczeniach zrównoważonego rozwoju oraz umiejętność odpowiedzialnego stosowania jej w praktyce.	2	Nauczanie stacjonarne

Uwaga 1: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Temat” oznacza, że bardziej szczegółowe informacje oraz powiązane aktywności dla danego tematu zostały przedstawione w tabeli poniżej.

Uwaga 2: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Zagadnienie” oznacza dostępność informacji rozszerzonych (na poziomie zaawansowanym), które zostały zaprezentowane w osobnej tabeli poniżej.

Rozdział 1: Wprowadzenie do zrównoważonego rozwoju w budowie jednostek pływających / Zakres kursu



Tytuł Modułu	Temat	Zagadnienia	Efekt Uczenia (EU)	Czas (h)	Metody dydaktyczne
1.3 Innowacje i perspektywy na przyszłość	1.3.1 Przyszłe trendy: nowe materiały i produkcja bezodpadowa.	1. Innowacje i perspektywy na przyszłość 2. Koncepcja produkcji bezodpadowej	EU 1: Wiedza na temat nowych zrównoważonych materiałów i technologii w sektorze budowy łodzi. EU 2: Zrozumienie koncepcji produkcji bezodpadowej (zero waste).	1 ½	Nauczanie stacjonarne oraz nauczanie oparte na problemach.
	1.3.2 Wyzwania w łańcuchu dostaw i bariery regulacyjne.	1. Wprowadzenie do łańcucha dostaw w sektorze budowy łodzi 2. Wyzwania logistyczne 3. Regulacje i normy (standardy)	EU 1: Zrozumienie struktury i funkcjonowania łańcucha dostaw w budowie łodzi.	1 ½	Nauczanie stacjonarne oraz nauczanie oparte na problemach.

Uwaga 1: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Temat” oznacza, że bardziej szczegółowe informacje oraz powiązane aktywności dla danego tematu zostały przedstawione w tabeli poniżej.

Uwaga 2: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Zagadnienie” oznacza dostępność informacji rozszerzonych (na poziomie zaawansowanym), które zostały zaprezentowane w osobnej tabeli poniżej.

Rozdział 1: Wprowadzenie do zrównoważonego rozwoju w budowie jednostek pływających / Instrukcje Aktywności



Temat	Aktywność	Opis
1.1.1 Zasady zrównoważonego rozwoju w przemyśle morskim	Mapowanie Zasad Zrównoważonego Rozwoju	Cel: Pomóc studentom klasyfikować wyzwania związane ze zrównoważonym rozwojem według filarów: środowiskowego, społecznego i ekonomicznego. Jak: Przedstawić studentom rzeczywiste scenariusze z kontekstu morskiego (np. wycieki ropy, wyciek pracowników, efektywność paliwowa). Zadanie: W małych grupach przyporządkować każdy scenariusz do Zasad Zrównoważonego Rozwoju (środowisko/społeczeństwo/gospodarka). Rezultat: Zrozumienie zrównoważonego rozwoju jako holistycznych ram (podejścia całościowego).
1.1.2 Rozwój historyczny: materiały pochodzenia biologicznego a włókno szklane	Wyzwanie: oś czasu materiałów	Cel: Prześledzić zmiany materiałów stosowanych w budowie jachtów na przestrzeni lat. Jak: Przygotować karty z materiałami stosowanymi w budowie łodzi (drewno, laminat z włóknem szklanym, len, włókno węglowe), wydarzeniami historycznymi oraz informacjami o ich pierwszych zastosowaniach w żegludze. Zadanie: Grupy umieszczają karty na osi czasu, a następnie omawiają, które innowacje wynikały z dążeń do zrównoważonego rozwoju. Rezultat: Rozpoznać ewolucję materiałów oraz pojawiające się zrównoważone alternatywy.
1.2.1 Analiza cyklu życia (LCA) w przemyśle jachtowym	Układanka cyklu życia	Cel: Zrozumieć różne etapy cyklu życia łodzi oraz ich oddziaływania. Jak: Przygotować wycięte karty przedstawiające etapy (pozyskanie surowców, transport, użytkowanie, koniec życia produktu – EoL) oraz rodzaje wpływu (emisje CO₂, toksyczność, zużycie wody). Zadanie: Zespoły układają schemat przepływu cyklu życia, a następnie łączą każdy etap z odpowiadającymi mu oddziaływaniami. Rezultat: Zwizualizować, jak decyzje projektowe wpływają na całkowity ślad środowiskowy łodzi.

Rozdział 1: Wprowadzenie do zrównoważonego rozwoju w budowie jednostek pływających / Instrukcje Aktywności



Temat	Aktywność	Opis
1.2.3 Granice zrównoważonego rozwoju: wyzwania w recyklingu a wykorzystanie surowców odnawialnych	<i>Debata: recykling vs. odnawialne źródła energii</i>	Cel: Przeanalizować zalety i wady różnych strategii zrównoważonego rozwoju. Jak: Podzielić studentów na dwie grupy: Zespół A: Opowiada się za recyklingiem materiałów kompozytowych. Zespół B: Popiera odnawialne alternatywy, takie jak len lub biożywyce. Zadanie: Każdy zespół przygotowuje argumenty dotyczące wydajności, kosztów, ograniczeń oraz dostępnej infrastruktury. Rezultat: Pogłębione zrozumienie kompromisów i wyzwań związanych ze zrównoważonym wykorzystaniem materiałów w realnych warunkach.
1.3.1 Przyszłe trendy: nowe materiały i produkcja bezodpadowa.	<i>Przyszłość szkodnictwa – debata o druku 3D</i>	Cel: Zbadać, w jaki sposób nowoczesne technologie, np. druk 3D, mogą przekształcić projektowanie łodzi, materiały oraz metody budowy. Jak: Zorganizować uporządkowaną debatę lub dyskusję w klasie wokół pytania: „Czy druk 3D zrewolucjonizuje w przyszłości sposób budowania łodzi?”. Przedstawić kluczowe argumenty za i przeciw, a następnie podzielić studentów na grupy reprezentujące różne scenariusze przyszłości (optymistyczny, ostrożny, krytyczny). Zadanie: Studenci argumentują lub prezentują różne możliwe kierunki rozwoju (łódzie w pełni drukowane, modele hybrydowe, ograniczenia) oraz omawiają konsekwencje dla materiałów, zrównoważonego rozwoju, regulacji i umiejętności. Rezultat: Myślenie przyszłościowe, rozwój umiejętności krytycznej dyskusji, pogłębione zrozumienie wpływu innowacji.

Rozdział 1: Wprowadzenie do zrównoważonego rozwoju w budowie jednostek pływających / Informacje dodatkowe do Zagadnień w Rozdziale 1

Temat dla informacji dodatkowych	Odnosnik	Opis treści odnośnika	Notatki
1. Wprowadzenie do trzech filarów zrównoważonego rozwoju 2. Specyficzne wyzwania w kontekście branży morskiej: emisje, zużycie zasobów, odpady materiałowe	https://europeanboatingindustry.eu/images/Introduction%20to%20Sustainability%20in%20Marinas/Introduction-to-Sustainability-in-Marinas--2nd-Edition.pdf?t=1688484739 https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en	Tekst o najlepszych praktykach w zakresie zrównoważonego zarządzania, obejmujących efektywność energetyczną, gospodarkę odpadami oraz środki ochrony środowiska w infrastrukturze przybrzeżnej. Treść dotycząca Europejskiego Zielonego Ładu, który jest strategiczną mapą drogową UE zmierzającą do osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 roku, promującą zasady gospodarki o obiegu zamkniętym, transformację przemysłu w kierunku zrównoważonego rozwoju oraz ochronę bioróżnorodności.	Ogólnodostępny dokument z najlepszymi praktykami
1. Wprowadzenie do rozwoju materiałów w budowie łodzi: a) Przegląd tradycyjnych materiałów stosowanych w budowie łodzi 3. Porównanie materiałów (przykłady): a) Wpływ na środowisko b) Wpływ na środowisko c) Koszty i dostępność na rynku / w branży.	Wydanie specjalne „Forests” (ISSN 1999-4907): Transforming Wood into Smart Materials: Innovations in Processing and Application (https://www.mdpi.com/journal/forests/special_issues/3K75GD42HU) Pagnotta, L. Sustainable Netting Materials for Marine and Agricultural Applications: A Perspective on Polymeric and Composite Developments. <i>Polymers</i> 2025, 17, 1454. https://doi.org/10.3390/polym17111454	Niniejszy numer poświęcony jest najnowszym osiągnięciom w zakresie technik przetwarzania, strategii modyfikacji materiałów oraz funkcjonalnych zastosowań drewna lub bambusa, a jego celem jest zapewnienie czytelnikom kompleksowego zrozumienia tego, w jaki sposób te naturalne materiały mogą ewoluować w odpowiedzi na postęp technologiczny. W niniejszej pracy przedstawiono kompleksowy i aktualny przegląd materiałów polimerowych i kompozytowych stosowanych w systemach siatek do zastosowań morskich i rolniczych oraz oceniono ich właściwości mechaniczne, zachowanie w środowisku i przydatność w kontekście zrównoważonego rozwoju.	Publikacja, publicznie dostępna

Rozdział 1: Wprowadzenie do zrównoważonego rozwoju w budowie jednostek pływających / Informacje dodatkowe do Zagadnień w Rozdziale 1

Temat dla informacji dodatkowych	Odnosićnik	Opis treści odnośnika	Notatki
1. Wprowadzenie do trzech filarów zrównoważonego rozwoju 2. Specyficzne wyzwania w kontekście branży morskiej: emisje, zużycie zasobów, odpady materiałowe 3. Zastosowanie zasad zrównoważonego rozwoju w projektowaniu, budowie i utrzymaniu jednostek pływających.	ISO 12215 część 1:-4	Te części normy ISO 12215 określają właściwości materiałów (np. laminatów, materiałów rdzeniowych, drewna, metali).	Płatny dokument normy / wymagań
1. Wprowadzenie do analizy cyklu życia (LCA) – definicja i cel 2. Etapy cyklu życia łodzi: a) Produkcja i budowa b) Transport i dystrybucja c) Faza użytkowania/eksploatacji d) Koniec życia produktu: utylizacja, recykling lub ponowne użycie 3. Identyfikacja emisji, odpadów oraz zużycia zasobów na każdym etapie.	<u>Podręcznik LCA</u> https://www.europeanboatingindustry.eu/eu-affairs/lca-blue-boat-horizon	Opracowanie referencyjne dotyczące metodologii oceny cyklu życia (LCA), obejmujące ocenę oddziaływań, granice systemu, interpretację danych oraz narzędzia wspomagające podejmowanie decyzji w analizie środowiskowej. Treść promuje stosowanie oceny cyklu życia (LCA) w sektorze rekreacyjnego budownictwa łodziowego w celu oceny i ograniczania wpływu na środowisko na etapach projektowania, budowy oraz eksploatacji jednostek pływających.	Strona internetowa, publicznie dostępna

Rozdział 1: Wprowadzenie do zrównoważonego rozwoju w budowie jednostek pływających / Informacje dodatkowe do Zagadnień w Rozdziale 1

Temat dla informacji dodatkowych	Odnosić	Opis treści odnośnika	Notatki
2. Zrozumienie koncepcji 3R: a) Ograniczaj – minimalizowanie powstawania odpadów poprzez przemyślany projekt oraz efektywne wykorzystanie zasobów. b) Używaj ponownie – wydłużanie życia produktu lub jego komponentów dzięki naprawom i ponownemu wykorzystaniu w innym celu. c) Poddawaj recyklingowi – odzysk materiałów i ich przetwarzanie na nowe produkty. 3. Wprowadzenie do gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ): a) Definicja i porównanie z tradycyjnym modelem liniowym („weź-wyprodukuj-wyrzuć”). b) Podstawowe zasady: projektowanie pod kątem trwałości, utrzymywanie materiałów w obiegu oraz regenerowanie systemów naturalnych.	“Enhancing Waste Resource Efficiency: Circular Economy for Sustainability and Energy Conversion”; Hadad Elroi, Grzymala Z., Wójcik Czerniawska A., Szewczyk P. (2023)	Przykładowy tekst analizujący, w jaki sposób strategię gospodarki o obiegu zamkniętym oraz podejście 3R (redukcja–ponowne użycie–recykling) mogą poprawić efektywność energetyczną przetwarzania odpadów i wykorzystanie zasobów w zrównoważonych systemach gospodarki odpadami.	Publikacja, publicznie dostępna
2. Koncepcja produkcji bezodpadowej	https://teconaut.eu/pl/ - TREŚCI DYDAKTYCZNE DOTYCZĄCE ISTNIEJĄCYCH I POTENCJALNYCH MATERIAŁÓW DEEP-TECH	Platforma projektowa dostarczająca informacji na temat zaawansowanych i innowacyjnych materiałów dla branży morskiej oraz innych sektorów, koncentrująca się na właściwościach technicznych, zrównoważonym rozwoju i praktycznych zastosowaniach.	Strona internetowa, publicznie dostępna



Rozdział 2: Zrównoważone materiały, ich właściwości i wydajność



Rozdział 2: Zrównoważone materiały, ich właściwości i wydajność / Zakres kursu

Tytuł Modułu	Temat	Zagadnienia	Efekt Uczenia (EU)	Czas (h)	Metody dydaktyczne
2.1 Ogólne właściwości materiałów i ich parametry użytkowe	2.1.1 Właściwości materiałów: Charakterystyka i zastosowania	1. Wprowadzenie do materiałów stosowanych w budowie łodzi. 2. Przegląd głównych grup materiałów: włókna naturalne, włókna z recyklingu, włókna mineralne oraz matryce (osnowy) polimerowe. 3. Kluczowe właściwości materiałów: mechaniczne (rozciąganie, zginanie, ściskanie), fizyczne (gęstość, chłonność/absorpcja wilgoci), trwałość chemiczna (odporność na UV i wodę morską) oraz przetwarzalność. 4. Dopasowanie charakterystyk materiałów do obszarów zastosowań (np. kadłuby, pokłady, elementy konstrukcji wewnętrznej). 5. Podstawy oceny zrównoważonego rozwoju: myślenie w kategoriach cyklu życia, odnawialność, możliwość recyklingu.	LO 1: Ocena ogólnych właściwości i parametrów użytkowych materiałów zrównoważonych. LO 2: Analiza właściwości chemicznych składników kompozytów. EU 3: Identyfikacja podstawowych kryteriów doboru zrównoważonych materiałów stosowanych w budowie łodzi.	1	Interaktywny wykład z rzeczywistymi próbkami materiałów.
	2.1.2 Właściwości mechaniczne: rozciąganie, zginanie, ściskanie, skręcanie, odporność na uderzenia.	1. Powtórzenie kluczowych pojęć dotyczących właściwości mechanicznych: rozciąganie, zginanie, ściskanie, skręcanie, odporność na uderzenia. 2. Wyjaśnienie, jak orientacja włókien, rodzaj żywicy oraz układ warstw (lay-up) wpływają na właściwości mechaniczne. 3. Wprowadzenie do budowy kompozytu: współdziałanie włókien i matrycy (osnowy). 4. Przykłady praktyczne: jak wymagania mechaniczne różnią się w przypadku kadłubów, grodzi i paneli. 5. Pierwszy kontakt z podstawowymi metodami badań mechanicznych (np. stanowisko do próby zginania, ręczne ugięcie). 6. Interpretacja danych o właściwościach mechanicznych w formie uproszczonej.		2	Wykład z pokazem (demonstracją)

Uwaga 1: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Temat” oznacza, że bardziej szczegółowe informacje oraz powiązane aktywności dla danego tematu zostały przedstawione w tabeli poniżej.

Uwaga 2: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Zagadnienie” oznacza dostępność informacji rozszerzonych (na poziomie zaawansowanym), które zostały zaprezentowane w osobnej tabeli poniżej.

Rozdział 2: Zrównoważone materiały, ich właściwości i wydajność / Zakres kursu

Tytuł Modułu	Temat	Zagadnienia	Efekt Uczenia (EU)	Czas (h)	Metody dydaktyczne
2.1 Ogólne właściwości materiałów i ich parametry użytkowe	2.1.3 Odporność chemiczna: wilgoć, woda morska, promieniowanie UV, degradacja.	1. Wprowadzenie do czynników obciążeń chemicznych i środowiskowych: promieniowanie UV, wilgoć, woda morska, temperatura. 2. Różnice w przebiegu degradacji między włóknami naturalnymi a kompozytami syntetycznymi. 3. Typowe objawy uszkodzeń: pęcherzenie (blistering), rozwarstwienie (delaminacja), odbarwienia, degradacja/kruszenie włókien. 4. Wpływ rodzaju żywicy na trwałość (np. poliestrowa vs epoksydowa vs bio-bazowana). 5. Podstawowe strategie zapobiegania i ochrony. 6. Proste testy możliwe do wykonania poza laboratorium (np. test moczenia, przyspieszone starzenie UV z użyciem lampy).	EU 1: Ocena ogólnych właściwości i parametrów użytkowych materiałów zrównoważonych. EU 2: Analiza właściwości chemicznych składników kompozytów. EU 3: Identyfikacja podstawowych kryteriów doboru zrównoważonych materiałów stosowanych w budowie łodzi.	1	Interaktywny wykład ze zdjęciami i próbkami materiałów.
	2.1.4 Dobór materiałów i zrównoważony rozwój w ujęciu cyklu życia (produktu).	1. Wymiary zrównoważonego rozwoju w doborze materiałów: środowiskowy, zdrowie i bezpieczeństwo, techniczny oraz ekonomiczny. 2. Etapy cyklu życia: pozyskanie surowców, produkcja, użytkowanie, konserwacja/utrzymanie, utylizacja lub recykling. 3. Przegląd oddziaływań środowiskowych: emisje, zużycie energii, transport. 4. Wymagania i wyzwania związane z recyklowalnością kompozytów. 5. Kompromisy: równoważenie osiągnięć, trwałości i śladu ekologicznego. 6. Wprowadzenie do jakościowych macierzy decyzyjnych lub tabel porównawczych.		2	Moderowana dyskusja grupowa.

Uwaga 1: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Temat” oznacza, że bardziej szczegółowe informacje oraz powiązane aktywności dla danego tematu zostały przedstawione w tabeli poniżej.

Uwaga 2: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Zagadnienie” oznacza dostępność informacji rozszerzonych (na poziomie zaawansowanym), które zostały zaprezentowane w osobnej tabeli poniżej.

Rozdział 2: Zrównoważone materiały, ich właściwości i wydajność / Zakres kursu

Tytuł Modułu	Temat	Zagadnienia	Efekt Ucznia (EU)	Czas (h)	Metody dydaktyczne
2.1 Ogólne właściwości materiałów i ich parametry użytkowe	2.1.5 Typowe wady produkcyjne	1. Przegląd typowych wad wytwórczych kompozytów: – pęcherze powietrza; – suche miejsca; – nieprawidłowe ułożenie włókien – obszary z nadmiarem żywicy; – rozwarstwienia (delaminacja) 2. Typowe przyczyny podczas laminowania ręcznego i infuzji próżniowej. 3. Wpływ wad na właściwości mechaniczne i odporność chemiczną/trwałość. 4. Techniki kontroli wzrokowej i podstawowa klasyfikacja stopnia (ciężkości) wad. 5. Związek między kontrolą procesu a jakością elementu.	EU 1: Ocena ogólnych właściwości i parametrów użytkowych materiałów zrównoważonych. EU 2: Analiza właściwości chemicznych składników kompozytów. EU 3: Identyfikacja podstawowych kryteriów doboru zrównoważonych materiałów stosowanych w budowie łodzi.	1	Wykład z pokazem (demonstracją).

Uwaga 1: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Temat” oznacza, że bardziej szczegółowe informacje oraz powiązane aktywności dla danego tematu zostały przedstawione w tabeli poniżej.

Uwaga 2: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Zagadnienie” oznacza dostępność informacji rozszerzonych (na poziomie zaawansowanym), które zostały zaprezentowane w osobnej tabeli poniżej.

Rozdział 2: Zrównoważone materiały, ich właściwości i wydajność / Zakres kursu

Tytuł Modułu	Temat	Zagadnienia	Efekt Ucznia (EU)	Czas (h)	Metody dydaktyczne
2.2 Surowce i zrównoważone komponenty	2.2.1 Kategorie surowców: włókna naturalne, włókna z recyklingu, włókna bazaltowe, celuloza regenerowana	1. Wprowadzenie do włókien zbrojących stosowanych w zrównoważonych kompozytach. 2. Główne rodzaje: len, konopie, juta, bazalt, PET z recyklingu (rPET), celuloza regenerowana. 3. Rozróżnienie włókien technicznych i nietechnicznych (np. wytrzymałość, jednorodność, przetwarzalność). 4. Cechy fizyczne: wytrzymałość, sztywność, chłonność/absorpcja wilgoci, gęstość. 5. Wpływ środowiskowy: odnawialność, możliwość recyklingu, energochłonność produkcji. 6. Typowe zastosowania w budowie łodzi: panele wewnętrzne, sekcje kadłuba, podłużnice (stringery).	EU 1: Identyfikacja i opis surowców oraz zrównoważonych komponentów stosowanych w kompozytach.	2 ½	Eksploracyjna praca grupowa z próbkami materiałów.
	2.2.2 Tekstylia: architektury tekstylne w kompozytach.	1.Przegląd architektur tekstylnych w kompozytach: – tkaniny tkane (np. splot płócienny, skośny/twill); – włókniny (maty, filce); – zbrojenia jednokierunkowe (UD); – rowing(i) itp. 2. Wpływ orientacji włókien na wytrzymałość i sztywność. 3. Układalność (drapowalność): jak elastyczna jest tkanina i jak dobrze dopasowuje się do powierzchni krzywoliniowych. 4. Typowe zastosowania każdego typu tekstyliów w budowie łodzi. 5. Związek między architekturą, złożonością układu warstw a właściwościami mechanicznymi.		2 ½	Interaktywny pokaz (demonstracja) z próbkami materiałów

Uwaga 1: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Temat” oznacza, że bardziej szczegółowe informacje oraz powiązane aktywności dla danego tematu zostały przedstawione w tabeli poniżej.

Uwaga 2: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Zagadnienie” oznacza dostępność informacji rozszerzonych (na poziomie zaawansowanym), które zostały zaprezentowane w osobnej tabeli poniżej.

Rozdział 2: Zrównoważone materiały, ich właściwości i wydajność / Zakres kursu

Tytuł Modułu	Temat	Zagadnienia	Efekt Uczenia (EU)	Czas (h)	Metody dydaktyczne
2.2 Surowce i zrównoważone komponenty	2.2.3 Matryce polimerowe: termoplasty, duroplasty (żywice termoutwardzalne), żywice bio-bazowane.	1. Funkcjonalna rola matrycy (osnowy) w kompozytach. 2. Duroplasty (żywice termoutwardzalne) vs termoplasty: – właściwości (np. sposób utwardzania, udarność/odporność na pękanie, naprawialność); – cechy przetwórcze 3. Wprowadzenie do żywic bio-bazowanych (np. bio-epoksyd). 4. Możliwości recyklingu różnych typów matryc. 5. Logika doboru materiału: wymagania mechaniczne vs cele zrównoważonego rozwoju.	EU: Identyfikacja i opis surowców oraz zrównoważonych komponentów stosowanych w kompozytach.	1	Krótką prezentacją z wykresem porównawczym.
	2.2.4 Dodatki i kompatybilizatory: ich rola w zrównoważonym rozwoju	1. Czym są dodatki (additives)? (Podstawowa definicja: substancje dodawane do tworzyw/żywic w celu poprawy ich właściwości użytkowych). 2. Typowe rodzaje dodatków: – środki uniepalniające (opóźniacze palenia); – stabilizatory UV; – plastyfikatory (zwiększające elastyczność) 3. Czym są kompatybilizatory? – substancje poprawiające zgodność i przyczepność między włóknem a żywicą (wzmacniające wiązanie na granicy faz). 4. Dlaczego są ważne: – lepsze połączenie składników, dłuższa trwałość elementu, dodatkowe funkcje bezpieczeństwa. 5. Aspekty środowiskowe: – niektóre dodatki mogą utrudniać recykling lub zwiększać toksyczność. 6. Podstawowa idea „zielonych” dodatków: – alternatywy bio-bazowane lub nietoksyczne.		½	Prezentacja wprowadzająca połączona z testowaniem próbek.

Uwaga 1: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Temat” oznacza, że bardziej szczegółowe informacje oraz powiązane aktywności dla danego tematu zostały przedstawione w tabeli poniżej.

Uwaga 2: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Zagadnienie” oznacza dostępność informacji rozszerzonych (na poziomie zaawansowanym), które zostały zaprezentowane w osobnej tabeli poniżej.

Rozdział 2: Zrównoważone materiały, ich właściwości i wydajność / Zakres kursu

Tytuł Modułu	Temat	Zagadnienia	Efekt Ucznia (EU)	Czas (h)	Metody dydaktyczne
2.2 Surowce i zrównoważone komponenty	2.2.5 Zrównoważone rdzenie przekładkowe: drewno balsowe (balsa), korek, PET z recyklingu, drewno, papierowy plaster miodu.	1. Wprowadzenie do konstrukcji przekładkowej (sandwich) w kompozytach. 2. Popularne zrównoważone materiały rdzeniowe: – drewno balsowe (balsa); – korek; – pianka PET z recyklingu; – papierowy plaster miodu; – sklejka i inne rdzenie drewniane 3. Porównanie właściwości rdzeni: – sztywność; – masa; – odporność na wilgoć 4. Aspekty przetwórcze: cięcie, klejenie/łączenie, kompatybilność z systemami żywicznymi. 5. Wpływ środowiskowy: – surowce odnawialne vs. z recyklingu; – pochodzenie, energochłonność produkcji, potencjał ponownego użycia.	EU: Identyfikacja i opis surowców oraz zrównoważonych komponentów stosowanych w kompozytach.	1 ½	Prezentacja wprowadzająca połączona z testowaniem próbek
	2.2.6 Elementy z recyklingu: wykorzystanie ponownie przeznaczonych (repurposed) materiałów kompozytowych.	1. Co można ponownie wykorzystać lub poddać recyklingowi? 2. Wyzwania związane ze stosowaniem materiałów z recyklingu. 3. Praktyczne strategie ponownego użycia w budowie łodzi. 4. Projektowanie z myślą o ponownym użyciu. 5. Korzyści środowiskowe.		2	Nauczanie stacjonarne (zajęcia w klasie).

Uwaga 1: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Temat” oznacza, że bardziej szczegółowe informacje oraz powiązane aktywności dla danego tematu zostały przedstawione w tabeli poniżej.

Uwaga 2: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Zagadnienie” oznacza dostępność informacji rozszerzonych (na poziomie zaawansowanym), które zostały zaprezentowane w osobnej tabeli poniżej.

Rozdział 2: Zrównoważone materiały, ich właściwości i wydajność / Zakres kursu

Tytuł Modułu	Temat	Zagadnienia	Efekt Uczenia (EU)	Czas (h)	Metody dydaktyczne
2.3 Rozwiązania ekologiczne i przyjazne dla środowiska	2.3.1 Studia przypadków: łodzie zbudowane z wykorzystaniem włókien naturalnych.	1. Wprowadzenie: dlaczego stosować włókna naturalne w budowie łodzi? 2. Prezentacja wybranych studiów przypadków: – typy jednostek (np. dinghy, jachty żaglowe, komponenty); – zastosowane włókna i systemy żywiczne; – metody wytwarzania 3. Motywacje stojące za każdym projektem (np. redukcja CO₂, marketing, regulacje). 4. Wnioski i napotkane wyzwania (koszty, trwałość, skalowanie produkcji). 5. Przeniesienie na kontekst uczących się: co można zastosować, a czego lepiej unikać?	EU: Zrozumienie rozwiązań kompozytowych bio-bazowanych oraz ich zastosowań.	3	Prezentacja prowadzącego połączona z porównaniem w grupach.
	2.3.2 Rozwiązania przyjazne środowisku: polimery bio-bazowane, kleje, kompozyty nadające się do recyklingu, projektowanie w podejściu od kołyski do grobu.	1. Materiały bio-bazowane – w centrum uwagi: – żywice i kleje bio-bazowane (pochodzenia roślinnego, o niskiej emisji LZO/VOC); – różnice między „bio-bazowany” a „biodegradowalny” 2. Kompozyty nadające się do recyklingu vs. kompozyty z recyklingu: – konsekwencje dla projektowania i doboru materiałów 3. Filozofie zrównoważonego rozwoju: – cradle-to-cradle (cyrkularne „od kołyski do kołyski”) vs cradle-to-grave (liniowe „od kołyski do grobu”) 4. Strategie projektowania cyrkularnego: – projektowanie pod demontaż (design for disassembly); – rozdzielanie materiałów (łatwa separacja); – modułowe, naprawialne komponenty 5. Znaczenie praktyczne: gdzie te koncepcje pojawiają się i rozwijają w sektorze morskim.		2	Interaktywne zadanie projektowe w grupach (nauczanie oparte na projektach).

Uwaga 1: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Temat” oznacza, że bardziej szczegółowe informacje oraz powiązane aktywności dla danego tematu zostały przedstawione w tabeli poniżej.

Uwaga 2: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Zagadnienie” oznacza dostępność informacji rozszerzonych (na poziomie zaawansowanym), które zostały zaprezentowane w osobnej tabeli poniżej.

Rozdział 2: Zrównoważone materiały, ich właściwości i wydajność / Instrukcje Aktywności

Temat	Aktywność	Opis
2.1.2 Właściwości mechaniczne	<i>Praktyczne porównanie laminatów – zrozumienie orientacji włókien i zachowania mechanicznego.</i>	Cel: Studenci badają, jak orientacja włókien i układ warstw laminatu wpływają na zachowanie mechaniczne, obserwując sztywność, elastyczność oraz reakcję na skręcanie. Uwagi dydaktyczne: Zarys aktywności można dostosować w zależności od zasobów dostępnych w pracowni. Przygotowanie: Przygotować 3–4 małe próbki laminatów kompozytowych z tą samą matrycą, ale z różnym układem włókien (jednokierunkowy, cross-ply, $\pm 45^\circ$, opcjonalnie tkana tkanina z włókien naturalnych). Format A5 lub mniejszy. Praca w grupach: Studenci ręcznie testują zginanie, skręcanie i ściskanie; dokumentują zachowanie próbek; dyskutują, które laminaty są odpowiednie do jakich elementów łodzi. Efekty uczenia się: Rozpoznanie wpływu orientacji włókien; powiązanie doświadczeń dotykowych z terminologią mechaniczną; zastosowanie wiedzy o układzie warstw do rzeczywistych komponentów łodzi.
2.1.2 Właściwości mechaniczne	<i>Mechanizmy uszkodzeń – bliższe spojrzenie.</i>	Cel: Studenci obserwują rzeczywiste przykłady uszkodzeń kompozytów, aby zidentyfikować mechanizmy zniszczenia. Uwagi dydaktyczne: Aktywność zaprojektowana dla pogłębionego zrozumienia poprzez obserwację dotykową; możliwa do dostosowania w zależności od dostępnych materiałów. Przygotowanie: Zebrać wcześniej uszkodzone próbki kompozytów pokazujące pękanie włókien, pękanie matrycy oraz delaminację. Oznaczyć próbki wyłącznie do użytku prowadzącego (dla orientacji). Przebieg: 1. Obserwacja uszkodzonych próbek „hands-on”. 2. Dyskusja w grupie: łączenie wskazówek wizualnych z typem uszkodzenia i jego przyczynami. 3. Odniesienie do kontekstu elementów łodzi. Efekty uczenia się: Rozpoznawanie mechanizmów uszkodzeń kompozytów; zrozumienie zależności między obciążeniem, strukturą materiału i pękaniem; powiązanie uszkodzeń z ryzykami w budowie łodzi.

Temat	Aktywność	Opis
2.1.2 Właściwości mechaniczne	Praktyczne testowanie – poczuć parametry użytkowe.	Cel: Uczynić pojęcia mechaniczne „namacalnymi” poprzez testy fizyczne. Uwagi dydaktyczne: Wymaga prostych, wcześniej przygotowanych próbek materiałów. Przygotowanie: Próbkki: laminat przekładkowy z rdzeniem z pianki PET, sklejka morska, lity laminat włóknisty (np. len + epoksyd). Opcjonalnie stalowa kulka do testu rzutu. Część 1: Ręczny test ugięcia (Manual Deflection Test): Studenci obserwują ugięcie, sprężysty powrót oraz wskazówki dźwiękowe. Część 2: Test rzutu (Drop Test): Obserwacja odbicia, pęknięć oraz ryzyka uszkodzeń wewnętrznych. Wymagane okulary ochronne. Część 3: Zapisy/arkusze obserwacji: Studenci zapisują zachowania próbek i wnioskowane właściwości. Efekty uczenia się: Powiązanie obserwowanego zachowania z terminologią mechaniczną; doświadczenie różnic między materiałami rdzeniowymi; refleksja nad konsekwencjami dla bezpieczeństwa i trwałości.
2.1.2 Właściwości mechaniczne	Zachowanie naprężenie–odkształcenie – obserwacja i interpretacja danych materiałowych.	Cel: Pomóc uczącym się interpretować krzywe naprężenie–odkształcenie i powiązać je z rzeczywistym zachowaniem materiałów. Uwagi dydaktyczne: Łączy testy fizyczne z danymi inżynierskimi; bez potrzeby zaawansowanej matematyki. Przygotowanie: Wydrukować uproszczone krzywe naprężenie–odkształcenie dla kompozytu Inianego, kompozytu szklanego, kompozytu węglowego oraz krzywe ściskania dla pianki/sklejki. Opcjonalnie puste szablony wykresów. Część 1: Omówienie obszarów krzywej naprężenie–odkształcenie (sprężysty, granica plastyczności, wytrzymałość maksymalna, pęknięcie/zniszczenie). Część 2: Porównanie krzywych dla różnych materiałów; odniesienie do wcześniejszych obserwacji z testów. Część 3: Dyskusja o ograniczeniach danych i nieprzewidywalności zachowania (kierunkowość/anizotropia, uderzenie vs powolne obciążanie). Część 4: Mini-projekt: dobór materiału do fikcyjnego elementu łodzi. Efekty uczenia się: Zrozumienie krzywych naprężenie–odkształcenie; analityczne porównywanie materiałów; dostrzeżenie związku między danymi a doświadczeniem praktycznym.

Rozdział 2: Zrównoważone materiały, ich właściwości i wydajność / Instrukcje Aktywności

Temat	Aktywność	Opis
2.1.5 Typowe wady produkcyjne	<i>Identyfikacja wad produkcyjnych</i>	Cel: Pomóc uczącym się rozpoznawać typowe wady laminatów oraz zrozumieć ich przyczyny i konsekwencje. Uwagi dydaktyczne: Wielu uczestników zauważa wady, ale nie rozumie, jak powstają. Przygotowanie: Zapewnić próbki/zdjęcia wad: pęcherze powietrza/pustki (voids), suche miejsca (niedożywicowanie), nieprawidłowe ułożenie włókien, delaminacja. Przygotować kartę pracy z tabelą wad: oznaki, przyczyna, wpływ, zapobieganie. Część 1: Rotacja po stanowiskach kontroli; uczący się wypełniają kartę pracy i stawiają hipotezy dotyczące przyczyn. Część 2: Dyskusja grupowa o widoczności wad, długoterminowym wpływie oraz doświadczeniach z warsztatu. Opcjonalnie: Celowo wykonać próbki z wadami; pokazać film o nieudanej infuzji. Efekty uczenia się: Rozpoznawanie oznak wizualnych; zrozumienie przyczyn produkcyjnych; poznanie sposobów zapobiegania wadom; wzmocnienie podejścia QA (kontroli jakości).
2.2.1 Kategorie surowców	<i>Eksploracja włókien (naturalnych, mineralnych i z recyklingu)</i>	Cel aktywności: Studenci poznają i porównują rodzaje włókien zbrojących poprzez bezpośrednią obserwację i analizę, łącząc je z zastosowaniami morskimi oraz aspektami zrównoważonego rozwoju. Przygotowanie: Zapewnić próbki lnu, konopi i juty (naturalne), bazaltu (mineralne), PET z recyklingu (rPET) oraz celulozy regenerowanej. Przygotować karty identyfikacyjne włókien zawierające: pochodzenie, właściwości (gęstość, sztywność, trwałość), zastosowania morskie, aspekty środowiskowe. Przygotować kartę pracy do dopasowania (typ włókna, typowe zastosowanie, korzyść/kompromis w zakresie zrównoważonego rozwoju). Opcjonalne narzędzia: lupa, mikroskop, waga. Część 1: Rotacja po stanowiskach z włóknami. Studenci przechodzą między stanowiskami, dotykają/oglądają włókna, czytają karty informacyjne i uzupełniają kartę pracy. Część 2: Refleksja na forum klasy: grupowanie włókien na Naturalne/Mineralne/Z Recyklingu oraz dyskusja o wytrzymałości, zrównoważonym rozwoju i zaskoczeniach. Opcjonalnie: Identyfikacja „w ciemno” (blind guess); debata aplikacyjna – wybór włókien np. do panelu pokładowego. Efekty uczenia się: Rozpoznawanie włókien; dopasowanie ich do zastosowań morskich; ocena profili zrównoważonego rozwoju.

Rozdział 2: Zrównoważone materiały, ich właściwości i wydajność / Instrukcje Aktywności

Temat	Aktywność	Opis
2.2.2 Tkaniny	<i>Warsztat o formach tekstyliów: tkaniny, włókniny, zbrojenia jednokierunkowe.</i>	Cel aktywności: Studenci rozumieją, jak różne formy tekstyliów zachowują się podczas układania laminatu kompozytowego, poprzez ćwiczenia „hands-on” i zadania z układalnością (drapowaniem). Przygotowanie: Zapewnić tkaniny tkane (splot płócienny, skośny), tkaniny jednokierunkowe (UD), maty/włókniny, a także małe formy (półkula, narożnik, tacki), taśmę, nożyczki, markery, opcjonalnie klej w sprayu. Karty pracy do identyfikacji i notatek z drapowania. Część 1 – Demonstracja orientacji i anizotropii: Studenci zaznaczają kierunek włókien na tkaninach UD, a następnie rozciągają materiał wzdłuż i w poprzek włókien, aby zaobserwować anizotropię. Dyskusja o konsekwencjach dla przenoszenia obciążeń w budowie łodzi. Część 2 – Wyzwanie drapowania: Studenci próbują ułożyć materiały na krzywoliniowych formach, obserwują fałdy/zmarszczenia, wykonują nacięcia odciążające, porównują zachowanie materiałów i zapisują, które z nich najlepiej się układają. Efekty uczenia się: Identyfikacja form tekstyliów; zrozumienie zależności między splotem/kierunkiem włókien a układalnością; rozpoznanie znaczenia orientacji dla wytrzymałości i zrównoważonego rozwoju.
2.2.5 Zrównoważone rdzenie przekładkowe	<i>Warsztat: porównywanie materiałów rdzeniowych.</i>	Cel uczenia się: Studenci porównują zrównoważone materiały rdzeniowe (balsa, korek, pianka rPET, papierowy plaster miodu, opcjonalnie PVC jako punkt odniesienia) poprzez oględziny, porównanie masy, testy ugięcia oraz rozumowanie w kategoriach zrównoważonego rozwoju. Potrzebne materiały: Próbkę płyt z każdego rdzenia; karty opisowe; karty pracy do oceny struktury/masy/sztywności; proste stanowisko do testu ugięcia (książki + kołek/drewniany pręt); waga; linijka lub obciążnik. Przebieg: Wprowadzenie: Omówienie funkcji rdzenia w konstrukcji przekładkowej; pytanie przewodnie: „Co sprawia, że materiał rdzeniowy jest dobry?” Rotacja grup: Studenci oglądają i dotykają próbki każdego rdzenia, wykonują podstawowe testy i zapisują obserwacje. Porównanie i uzasadnienie: Studenci uzupełniają macierz decyzyjną: najlepsze zastosowanie dla każdego rdzenia oraz kompromisy (sztywność, odporność na wodę, koszt, zrównoważony rozwój). Dyskusja: Co ich zaskoczyło, gdzie stosować korek/plaster miodu, oraz czy (i kiedy) można ufać balsie poniżej linii wodnej. Efekty uczenia się: Zrozumienie różnic materiałowych poprzez porównanie dotykowe; rozpoznanie konsekwencji dla zrównoważonego rozwoju; ćwiczenie uporządkowanego doboru materiałów.

Temat	Aktywność	Opis
2.2.6 Elementy z recyklingu	<i>Warsztat: ponowne wykorzystanie odpadów/ścinków kompozytowych.</i>	Cel uczenia się: Uczestnicy opracowują praktyczne strategie ponownego wykorzystania, rozumieją ograniczenia recyklingu oraz reflektują nad zrównoważonym rozwojem w codziennych praktykach warsztatowych. Potrzebne materiały: Pudełko z pozostałościami z warsztatu (ścinki laminatu, niewykorzystane maty włókniste, przeterminowane prepregi, kubki po żywicy, wycięte elementy rdzeni, uszkodzone przyrządy/jigi). Karty pracy do burzy mózgów nt. ponownego użycia. Grafika/schemat hierarchii postępowania z odpadami. Przebieg: 1. Wprowadzenie: Przedstawić ideę „nie wyrzucać, tylko przemyśleć na nowo”; podkreślić wpływ odpadów kompozytowych na środowisko. 2. Eksploracja w grupach: Studenci sortują pozostałości, wskazują elementy wartościowe i proponują pomysły ponownego użycia (konstrukcyjne, narzędziowe/przyrządowe, opakowaniowe, szkoleniowe, kreatywne). Uwzględniają ryzyka BHP i sposoby ograniczania odpadów u źródła. 3. Dokumentacja: Grupy przygotowują plan ponownego użycia dla 2–3 elementów, opisują ograniczenia i omawiają, czy powstania odpadu można było uniknąć. 4. Prezentacje (opcjonalnie): Grupy przedstawiają swoje pomysły. Efekty uczenia się: Zrozumienie ograniczeń recyklingu; opracowanie praktycznych strategii ponownego użycia; włączenie myślenia o zrównoważonym rozwoju do codziennych decyzji w warsztacie.

Temat	Aktywność	Opis
2.3.2 Rozwiązania przyjazne środowisku	<i>Circular Design Component Workshop</i>	Cel uczenia się: Studenci stosują myślenie cyrkularne w praktycznym zadaniu projektowym. Nacisk kładzie się na rozumienie systemu: pozyskanie materiałów, użytkowanie, koniec życia produktu, kompromisy zrównoważonego rozwoju oraz konsekwencje dla wytwarzania. Potrzebne materiały: Karty z opisem zadania projektowego (przykładowe komponenty lub do samodzielnego zdefiniowania); flipcharty lub duże arkusze papieru; karty materiałowe/arkusze danych (bio-epoksyd, poliester, termoplast; len, szkło, bazalt, rPET; balsa, pianka rPET, korek, plaster miodu); opcjonalnie filmy/studia przypadków dot. cyrkularnych projektów morskich; karta pracy do dokumentowania doboru materiałów i strategii cyrkularnych. Przebieg warsztatu: 1. Start – co znaczy „cyrkularne”? Wprowadzenie cradle-to-cradle vs. cradle-to-grave; przykłady łodzi projektowanych pod demontaż, modułowe ponowne użycie i materiały o niskim wpływie (np. kompozyty lniane). 2. Wprowadzenie do zadania – projekt komponentu cyrkularnego: Grupy projektują mały element łodzi, stosując zasady gospodarki o obiegu zamkniętym. Dobierają materiały, uwzględniają wytwarzanie i naprawy oraz definiują plan ponownego użycia/recyklingu. 3. Faza projektowa w grupach: Burza mózgów, szkice, „mini-research”. Powstaje prezentacja na formacie A3/flipchart: dobór materiałów, strategie cyrkularne, kompromisy i opcje „drugiego życia”. 4. Prezentacje zespołów: Grupy przedstawiają projekt; informacja zwrotna od rówieśników i prowadzącego. Efekty uczenia się: Zrozumienie kompromisów zrównoważonego rozwoju; zastosowanie myślenia cyklem życia do części kompozytowych; pokazanie strategii cyrkularnych wykraczających poza sam recykling; komunikowanie uzasadnienia ekologicznego. Wskazówki dla prowadzącego: Nawiąż do praktyk firm z branży lub zaproś gościa; zachęcaj do „myślenia od końca” (od etapu końca życia produktu).

Rozdział 2: Zrównoważone materiały, ich właściwości i wydajność / Informacje dodatkowe do Zagadnień w Rozdziale 2

Temat dla informacji dodatkowych	Odnosićnik	Opis treści odnośnika	Notatki
3. Kluczowe właściwości materiałów: mechaniczne (rozciąganie, zginanie, ściskanie), fizyczne (gęstość, chłonność/absorpcja wilgoci), trwałość chemiczna (odporność na UV i wodę morską) oraz przetwarzalność.	Beckman, I. P., Lozano, C., Freeman, E., & Riveros, G. (2021). Fiber Selection for Reinforced Additive Manufacturing. <i>Polymers</i> , 13(14), 2231. https://doi.org/10.3390/polym13142231 (https://www.mdpi.com/2073-4360/13/14/2231)(tabla 4...)	Publikacja naukowa dotycząca właściwości różnych włókien (z tabelą, wykresami itp.)	Public, scientific publication
1. 1. Powtórzenie kluczowych pojęć dotyczących właściwości mechanicznych: rozciąganie, zginanie, ściskanie, skręcanie, odporność na uderzenia. 2. Wyjaśnienie, jak orientacja włókien, rodzaj żywicy oraz układ warstw (lay-up) wpływają na właściwości mechaniczne. 3. Wprowadzenie do budowy kompozytu: współdziałanie włókien i matrycy (osnowy). 4. Przykłady praktyczne: jak wymagania mechaniczne różnią się w przypadku kadłubów, grodzi i paneli. 5. Pierwszy kontakt z podstawowymi metodami badań mechanicznych (np. stanowisko do próby zginania, ręczne ugięcie). 6. Interpretacja danych o właściwościach mechanicznych w formie uproszczonej.	https://eoceanic.com/sailing/tips/8/187/understanding_composites_for_large_r Boat_projects/ ISO 12215-5:2019 ; ISO 12215-7:2019 ; ISO 12215-8:2019 ; ISO 12215-9:2019 ; ISO 12215-10:2019 https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780081022924000011	Prezentacja z wieloma wykresami i konkretnymi rysunkami/figurami dotyczącymi właściwości mechanicznych oraz charakterystyki materiałów (włókna, żywice itp.). Normy budowy dla małych łodzi. Publikacja naukowa dotycząca badań (testów) mechanicznych kompozytów.	Strona internetowa, dokumentacja norm/standardów, publikacja naukowa — źródła publicznie dostępne (ISO jest płatne).

Rozdział 2: Zrównoważone materiały, ich właściwości i wydajność / Informacje dodatkowe do Zagadnień w Rozdziale 2



Temat dla informacji dodatkowych	Odnosnik	Opis treści odnośnika	Notatki
1. Wprowadzenie do czynników obciążeń chemicznych i środowiskowych: promieniowanie UV, wilgoć, woda morska, temperatura. 4. Wpływ rodzaju żywicy na trwałość (np. poliestrowa vs epoksydowa vs bio-bazowana).	Ali, Dr-Ahmed & Mohamed, Hamdy & ElSafty, Adel & Benmokrane, Brahim. (2017). INFLUENCE OF RESIN TYPE ON PHYSICAL, MECHANICAL AND DURABILITY PERFORMANCE OF GLASS-FRP BARS.	Artykuł konferencyjny dotyczący badań eksperymentalnych prętów z polimeru wzmocnionego włóknem szklanym (GFRP) z różnymi rodzajami żywic: izopoliestrową, winyloestrową, poliuretanową oraz epoksydową.	Artykuł konferencyjny, dostępny za zgodą autorów.
1. Wymiary zrównoważonego rozwoju w doborze materiałów: środowiskowy, zdrowie i bezpieczeństwo, techniczny oraz ekonomiczny. 2. Etapy cyklu życia: pozyskanie surowców, produkcja, użytkowanie, konserwacja/utrzymanie, utylizacja lub recykling. 3. Przegląd oddziaływań środowiskowych: emisje, zużycie energii, transport. 4. Wymagania i wyzwania związane z recyklowalnością kompozytów. 5. Kompromisy: równoważenie osiągnięć, trwałości i śladu ekologicznego. 6. Wprowadzenie do jakościowych macierzy decyzyjnych lub tabel porównawczych.	https://as-proceeding.com/index.php/icaens/article/download/1035/971 Xianhui Zhao, Katie Copenhaver, Lu Wang, Matthew Korey, Douglas J. Gardner, Kai Li, Meghan E. Lamm, Vidya Kishore, Samarthya Bhagia, Mehdi Tajvidi, Halil Tekinalp, Oluwafemi Oyedeji, Sanjita Wasti, Erin Webb, Arthur J. Ragauskas, Hongli Zhu, William H. Peter, Soydan Ozcan, Recycling of natural fiber composites: Challenges and opportunities, Resources, Conservation and Recycling, Volume 177, 2022, 105962, ISSN 0921-3449, https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105962. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344921005711) Chapter 5 of Eco-Boat building guide	Krótką publikacją naukową na temat metod recyklingu: mechanicznych, termicznych i chemicznych. Publikacja naukowa dotycząca wpływu recyklingu na jakość oraz właściwości mechaniczne włókien naturalnych. Przegląd metodologii analizy cyklu życia (LCA).	Publicznie dostępne publikacje naukowe.

Rozdział 2: Zrównoważone materiały, ich właściwości i wydajność / Informacje dodatkowe do Zagadnień w Rozdziale 2



Temat dla informacji dodatkowych	Odkładnik	Opis treści odkładnika	Notatki
	https://www.addcomposites.com/post/defects-and-damage-in-composite-materials-and-structures#headline2	Wyraźny, prosty i praktyczny przewodnik dotyczący kompozytów, wad (defektów) oraz ich skutków, z licznymi odniesieniami do innych powiązanych i istotnych zagadnień.	Publicznie dostępna strona internetowa.
	https://www.marineshift360.org/#lcatool https://www.openlca.org/	Prezentacja bezpłatnego narzędzia MarineShift360 – dostęp po założeniu konta, w szczególności w ramach licencji „Educational Light”. Dostęp do bezpłatnego i profesjonalnego narzędzia LCA openLCA poprzez jego pobranie (oprogramowanie open-source).	Bezpłatna, działająca w przeglądarce aplikacja — darmowe oprogramowanie do LCA.
	https://www.youtube.com/watch?v=yn9UScW_Yjc https://www.youtube.com/watch?v=3Lt87LKazUU	Prezentacje o włóknach pokazujące próbki oraz ich charakterystykę, pochodzenie, wpływ na środowisko i podział/klasyfikację (repartycję).	Publicznie dostępne filmy na YouTube.
1.Przegląd architektur tekstylnych w kompozytach: – tkaniny tkane (np. splot płócienny, skośny/twill); – włókniny (maty, filce); – zbrojenia jednokierunkowe (UD); – rowing(i) itp. 2. Wpływ orientacji włókien na wytrzymałość i sztywność. 3. Układalność (drapowalność): jak elastyczna jest tkanina i jak dobrze dopasowuje się do powierzchni krzywoliniowych..	Amit Rawal, Abhijit Majumdar, Vijay Kumar V, The Author(s) 2023. Published by Oxford University Press : Textile architecture for composite materials : back to basics (https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1808412/FULLTEXT01.pdf) Yasser S. Mohamed, Ahmed Abdelbary, Theoretical and experimental study on the influence of fiber orientation on the tensile properties of unidirectional carbon fiber/epoxy composite, Alexandria Engineering Journal, Volume 67, 2023, Pages 693-705, ISSN 1110-0168, (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016822008420)	Publikacja naukowa (przeglądowa) w prosty sposób omawiająca tekstyla: tkane, włókninowe, dzianinowe oraz plecione. Publikacja naukowa dotycząca badań eksperymentalnych próbek kompozytów z różną orientacją (ukierunkowaniem) włókien.	Public, scientific publications

Rozdział 2: Zrównoważone materiały, ich właściwości i wydajność / Informacje dodatkowe do Zagadnień w Rozdziale 2



Temat dla informacji dodatkowych	Odnosićnik	Opis treści odnośnika	Notatki
3. Czym są kompatybilizatory? – substancje poprawiające zgodność i przyczepność między włóknem a żywicą (wzmacniające wiązanie na granicy faz). 4. Dlaczego są ważne: – lepsze połączenie składników, dłuższa trwałość elementu, dodatkowe funkcje bezpieczeństwa.	Sakshi Shantharam Kamath, Ravi Kumar Chandrappa, Additives used in natural fibre reinforced polymer composites-a review, Materials Today: Proceedings, Volume 50, Part 5, 2022, Pages 1417-1424, ISSN 2214-7853, https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.08.331. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221478532105776X) https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/compatibilizer https://www.youtube.com/watch?v=4zpQwirFsbk https://www.youtube.com/watch?v=tiS8ArzEA58 https://www.youtube.com/watch?v=TNM8-pPPk-M https://www.youtube.com/watch?v=Bqb7iA6AG-g	Przegląd naukowy dodatków stosowanych w kompozytach z włóknami naturalnymi. Kilka artykułów naukowych na temat kompatybilizatorów. Wykład/kurs dotyczący konstrukcji przekładowej (sandwich) na poziomie ogólnym, z obliczeniami parametrów mechanicznych (itp.). Prezentacja zalet konstrukcji przekładowej z prostymi, ale jednoznacznymi demonstracjami oraz promocją balsy jako bardzo wydajnego materiału rdzeniowego. Budowa IY Open60AAL z naciskiem na balsę i proces laminowania. Porównanie kilku materiałów rdzeniowych.	Publikacje naukowe, wymagające zgody autorów.
1. Co można ponownie wykorzystać lub poddać recyklingowi? 2. Wyzwania związane ze stosowaniem materiałów z recyklingu.	https://www.youtube.com/watch?v=ynGKEYIYXQo Daniele Tortorici, Yi Chen, Leon Mishnaevsky, Susanna Laurenzi, Recycling carbon fibers by solvolysis: Effects of porosity and process parameters, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, Volume 190, 2025, 108667, ISSN 1359-835X, https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2024.108667. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359835X24006651)	Projekt gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ) dla kompozytów. Publikacja naukowa dotycząca solwolizy. Publikacja naukowa porównująca aspekty energetyczne pirolizy i solwolizy. Publikacja naukowa o metodach recyklingu kompozytów oraz związanych z nimi problemach.	Film na YouTube, publikacje naukowe oraz artykuł na stronie internetowej — wszystko publicznie dostępne, z wyjątkiem publikacji naukowych.

Rozdział 2: Zrównoważone materiały, ich właściwości i wydajność / Informacje dodatkowe do Zagadnień w Rozdziale 2

Temat dla informacji dodatkowych	Odnosićnik	Opis treści odnośnika	Notatki
1. Co można ponownie wykorzystać lub poddać recyklingowi? 2. Wyzwania związane ze stosowaniem materiałów z recyklingu.	Kooduvalli, K., Unser, J., Ozcan, S., & Vaidya, U. K. (2022). Embodied Energy in Pyrolysis and Solvolysis Approaches to Recycling for Carbon Fiber-Epoxy Reinforced Composite Waste Streams. <i>Recycling</i>, 7(1), 6. https://doi.org/10.3390/recycling7010006 https://www.mdpi.com/2313-4321/7/1/6 Yongxiang Yang, Rob Boom, Brijan Irion, Derk-Jan van Heerden, Pieter Kuiper, Hans de Wit, <i>Recycling of composite materials, Chemical Engineering and Processing: Process Intensification</i>, Volume 51, 2012, Pages 53-68, ISSN 0255-2701, https://doi.org/10.1016/j.cep.2011.09.007 . https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0255270111002029		Publikacja naukowa oraz artykuł na stronie internetowej — publicznie dostępne.
2. Prezentacja wybranych studiów przypadków: – typy jednostek (np. dinghy, jachty żaglowe, komponenty); – zastosowane włókna i systemy żywiczne; – metody wytwarzania 3. Motywacje stojące za każdym projektem (np. redukcja CO ₂ , marketing, regulacje).	https://www.youtube.com/watch?v=uD7UxIwumWU https://www.proboat.com/2022/05/greenboats-flax/ https://www.compositesworld.com/news/alliance-for-european-flax-linen-and-hemp-reports-increasing-flax-fiber-adoption-in-marine https://www.metstrade.com/news/sustainability/bio-based-and-recyclable-materials-prove-themselves	Projekt ANT ARCTIC LAB (włókno wulkaniczne). Raport o osiągnięciach Greenboats. Artykuł o różnych projektach wykorzystujących różne włókna i różne łodzie. Artykuł o różnych projektach opartych na odmiennych koncepcjach zrównoważonego rozwoju.	Film na YouTube oraz artykuły na stronach internetowych — publicznie dostępne.

Rozdział 2: Zrównoważone materiały, ich właściwości i wydajność / Informacje dodatkowe do Zagadnień w Rozdziale 2

Temat dla informacji dodatkowych	Odnosić	Opis treści odnośnika	Notatki
1. Materiały bio-bazowane – w centrum uwagi: – żywice i kleje bio-bazowane (pochodzenia roślinnego, o niskiej emisji LZO/VOC); – różnice między „bio-bazowany” a „biodegradowalny” 4. Strategie projektowania cyrkularnego: – projektowanie pod demontaż (design for disassembly); – rozdzielanie materiałów (łatwa separacja); – modułowe, naprawialne komponenty	https://entropyresins.com/bioinfusion/ https://greenpoxy.org/ Durmisevic, Elma & FIKKERT, Rick & Otheguy, Mariano. (2013). DfD as a Methodology to Improve the Sustainability of Offshore Accommodation. Technology Review 2013. (https://www.researchgate.net/publication/258837862_DfD_as_a_Methodology_to_Improve_the_Sustainability_of_Offshore_Accommodation)	Strona internetowa jednego z nielicznych producentów bio-bazowych żywic epoksydowych (Entropy Resins). Strona internetowa jednego z nielicznych producentów bio-bazowych żywic epoksydowych (GreenPoxy – Sicomin). Publikacja naukowa dotycząca projektowania pod demontaż (DfD – Design for Disassembly).	Publicznie dostępne źródła: strony internetowe oraz publikacje naukowe.



Rozdział 3: Techniki stosowane w produkcji oraz naprawie jednostek pływających



Rozdział 3: Techniki stosowane w produkcji oraz naprawie jednostek pływających / Zakres kursu

Tytuł Modułu	Temat	Zagadnienia	Efekt Uczenia (EU)	Czas (h)	Metody dydaktyczne
3.1 Zrównoważone metody wytwarzania	3.1.1 Narzędzia, wyposażenie, przygotowanie powierzchni	1. Wprowadzenie do narzędzi ręcznych i wyposażenia do obróbki/przetwarzania kompozytów: – nożyczki, wałki (odpowietrzające), tkaniny oddzielające (peel ply), pędzle, worki próżniowe, pompy do infuzji. 2. Podstawy przygotowania powierzchni: – czyszczenie, szlifowanie, odtłuszczanie; – znaczenie jakości powierzchni dla przyczepności i połączeń klejowych/laminowania. 3. Zasady bezpieczeństwa podczas pracy z narzędziami i chemikaliami. 4. Różnice w użyciu narzędzi przy materiałach zrównoważonych vs. konwencjonalnych. 5. Wizualne wskaźniki powierzchni „gotowej do laminowania”.	EU: Uczący się identyfikują i bezpiecznie używają podstawowych narzędzi oraz wyposażenia do wytwarzania kompozytów. Rozumieją i wykonują proste czynności przygotowania powierzchni.	4	Pokaz praktyczny z użyciem sprzętu. Krótki instruktaż prowadzony przez prowadzącego.
	3.1.2 Struktury tekstylne: praca z innowacyjnymi tkaninami do laminowania	1. Wprowadzenie do tkanin z włókien naturalnych stosowanych w kompozytach: – len, konopie, juta, kenaf 2. Formy materiałów tekstylnych: – tkaniny tkane, włókniny, maty jednokierunkowe (UD) 3. Kluczowe cechy tekstyliów naturalnych: – układalność (drapowalność), grubość, ułożenie włókien, wrażliwość na wilgoć 4. Wpływ struktury tekstyliów na właściwości mechaniczne i przetwarzalność. 5. Obszary zastosowań w budowie łodzi: panele wewnętrzne, elementy niestrukturalne itp.	EU: Uczący się rozpoznają typy tekstyliów wykonanych z włókien naturalnych i opisują, jak ich struktura wpływa na proces wytwarzania oraz parametry użytkowe elementu.	8	Sesja praktyczna z obsługą/manipulacją materiałów, wsparta instruktażem prowadzącego.

Uwaga 1: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Temat” oznacza, że bardziej szczegółowe informacje oraz powiązane aktywności dla danego tematu zostały przedstawione w tabeli poniżej.

Uwaga 2: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Zagadnienie” oznacza dostępność informacji rozszerzonych (na poziomie zaawansowanym), które zostały zaprezentowane w osobnej tabeli poniżej.

Rozdział 3: Techniki stosowane w produkcji oraz naprawie jednostek pływających / Zakres kursu

Tytuł Modułu	Temat	Zagadnienia	Efekt Uczenia (EU)	Czas (h)	Metody dydaktyczne
3.1 Zrównoważone metody wytwarzania	3.1.3 Techniki laminowania: stosowanie żywic pochodzenia organicznego z włóknami naturalnymi	1. Wprowadzenie do podstawowych etapów laminowania: – cięcie tkanin/włókien, mieszanie żywic, nanoszenie żywicy wałkiem lub pędzlem 2. Specyfika materiałów: – praca z tekstyliami lnianymi lub bazaltowymi; – zachowanie przy przesycaniu (wet-out) w systemach żywic bio-bazowanych 3. Kluczowe aspekty procesu: – czas pracy (pot life), przesuwanie się włókien, układanie warstw 4. Praktyczne wskazówki dla udanego laminowania metodą otwartą. 5. Utwardzanie i obróbka po utwardzeniu (krótki przegląd). 6. Przygotowanie do porównania w następnej sesji (3.1.4): panele zostaną później celowo uszkodzone i naprawiane.	EU: Uczący się demonstrują podstawowy proces laminowania ręcznego (hand lay-up) z użyciem włókien naturalnych i żywic bio-bazowanych. Realizują kluczowe etapy procesu i wykonują panel laminatowy nadający się do kontroli wizualnej oraz porównania.	11	Prowadzone ćwiczenie praktyczne
	3.1.4 Wyzwania: trudności w przetwarzaniu oraz optymalizacja materiałów zrównoważonych.	Grupa A: włókna naturalne, laminowanie ręczne (proces otwarty) Grupa B: włókna szklane, laminowanie ręczne Pokaz prowadzącego: włókna naturalne z infuzją próżniową (proces zamknięty) Omawiane zagadnienia: 1. Obsługa materiałów i zachowanie podczas przesycania 2. Zaobserwowane trudności przetwórcze: chłonność żywicy, strzępienie włókien, czas pracy 3. Jakość wizualna laminatu: pęcherze, suche strefy, zmarszczki/falowania 4. Znaczenie procesów zamkniętych dla niektórych włókien naturalnych 5. Dyskusja uczestników: który proces był łatwiejszy? Jakie problemy się pojawiły? 6. Wkład prowadzącego: podsumowanie zalet i ograniczeń każdej kombinacji	EU: Uczący się doświadczają kluczowych wyzwań związanych z pracą z materiałami zrównoważonymi oraz porównują ich łatwość przetwarzania i jakość wizualną z kompozytami konwencjonalnymi. Rozpoznają znaczenie doboru odpowiednich technik wytwarzania dla różnych typów włókien.	12	Porównanie pracy grup oraz dyskusja.

Uwaga 1: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Temat” oznacza, że bardziej szczegółowe informacje oraz powiązane aktywności dla danego tematu zostały przedstawione w tabeli poniżej.

Uwaga 2: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Zagadnienie” oznacza dostępność informacji rozszerzonych (na poziomie zaawansowanym), które zostały zaprezentowane w osobnej tabeli poniżej.

Rozdział 3: Techniki stosowane w produkcji oraz naprawie jednostek pływających / Zakres kursu

Tytuł Modułu	Temat	Zagadnienia	Efekt Ucznia (EU)	Czas (h)	Metody dydaktyczne
3.2 Strategie modernizacji: integracja materiałów zrównoważonych w istniejących łodziach	3.2.1 Strategie modernizacji: integracja materiałów zrównoważonych w istniejących łodziach.	Wymiana elementów niestrukturalnych: wewnętrzna skorupa kadłuba, kabiny prysznicowe, umywalki, panele podłogowe, zabudowa kambuzu.	EU: Uczący się uczą się analizować uszkodzony laminat, przygotować go do laminowania/naprawy oraz prawidłowo dopasować i osadzić element na miejscu.	15	Prowadzone ćwiczenie praktyczne z naprawy
	3.2.2 Techniki napraw: standaryzowane metody napraw dla zrównoważonych kompozytów.	1. Analiza uszkodzenia (rozmiar, materiał, sposób rekonstrukcji) 2. Usunięcie uszkodzonego materiału 3. Szlifowanie i matowienie powierzchni 4. Odbudowa (rekonstrukcja).		15	Prowadzone ćwiczenie praktyczne z naprawy

Uwaga 1: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Temat” oznacza, że bardziej szczegółowe informacje oraz powiązane aktywności dla danego tematu zostały przedstawione w tabeli poniżej.

Uwaga 2: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Zagadnienie” oznacza dostępność informacji rozszerzonych (na poziomie zaawansowanym), które zostały zaprezentowane w osobnej tabeli poniżej.

Rozdział 3: Techniki stosowane w produkcji oraz naprawie jednostek pływających / Zakres kursu

Tytuł Modułu	Temat	Zagadnienia	Efekt Ucznia (EU)	Czas (h)	Metody dydaktyczne
3.3 Ograniczanie odpadów i zwiększanie efektywności w procesach kompozytowych	3.3.1 Zapewnienie jakości: monitorowanie efektywności przepływu materiałów i energii	1. Czym jest zapewnienie jakości (PJ) w wytwarzaniu kompozytów? rola PJ w zrównoważonym rozwoju i trwałości wyrobów 2. Proste techniki PJ w małoskalowej produkcji kompozytów 3. Wskaźniki przepływu materiałów: - zużycie żywicy na panel; -wskaźnik odpadów/ścinków włókien 4. Czynniki związane z energią: -czas procesu; -narzędzia grzewcze; - oświetlenie 5. Narzędzia dokumentacji: -karty/arkusze śledzenia; - kontrola wizualna; -dokumentacja zdjęciowa 6. Refleksja: Jak dokumentacja pomaga poprawiać efektywność i ograniczać odpady?	EU: Uczący się rozumieją koncepcję zapewnienia jakości (QA) w wytwarzaniu kompozytów. Potrafią monitorować podstawowe wskaźniki przepływu materiałów i energii podczas wytwarzania oraz analizować, w jaki sposób można poprawić efektywność.	5	Pokaz + prowadzone ćwiczenie grupowe.
	3.3.2 Metody ograniczania odpadów: precyzyjne cięcie, ponowne wykorzystanie materiałów, bio-bazowe materiały eksploatacyjne.	1.Co powoduje powstawanie odpadów w procesach kompozytowych? typowe źródła: przycinanie, nadmierne mieszanie (za duże porcje), jednorazowe narzędzia 2. Ponowne wykorzystanie materiałów: pomysły na użycie ścinków: materiał wypełniający, podkład do form, elementy prototypowe. 3. Bio-bazowe materiały eksploatacyjne (zużywalne): kubki do mieszania nadające się do recyklingu, kompostowalne rękawice, biodegradowalne folie rozdzielające (czy to naprawdę opcja?!). 4. Przykłady dobrych praktyk z przemysłu. 5. Zadanie grupowe: zminimalizować odpady podczas planowania i przygotowania małego elementu. 7. Refleksja: Co zadziałało? Gdzie mimo wszystko powstały odpady?	EU: Uczący się stosują podstawowe strategie ograniczania odpadów materiałowych w wytwarzaniu kompozytów. Planują pracę tak, aby zoptymalizować zużycie materiału, analizują możliwości ponownego wykorzystania ścinków oraz identyfikują bardziej zrównoważone alternatywy dla materiałów eksploatacyjnych.	5	Zadanie planistyczne w grupach oraz refleksja.

Uwaga 1: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Temat” oznacza, że bardziej szczegółowe informacje oraz powiązane aktywności dla danego tematu zostały przedstawione w tabeli poniżej.

Uwaga 2: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Zagadnienie” oznacza dostępność informacji rozszerzonych (na poziomie zaawansowanym), które zostały zaprezentowane w osobnej tabeli poniżej.

Temat	Aktywność	Opis
3.1.1 Narzędzia, wyposażenie, przygotowanie powierzchni	<i>Warsztat – identyfikacja narzędzi i etapy laminowania.</i>	Opis: Studenci pracują w grupach. Każda grupa otrzymuje kilka narzędzi. Na tablicy zapisane są główne etapy laminowania oraz najważniejsze punkty kontrolne i zasady BHP. Zadaniem grup jest wskazanie, do którego etapu i/lub której zasady bezpieczeństwa albo wymagania dany zestaw narzędzi pasuje, oraz wyjaśnienie dlaczego. Wyposażenie: Typowe narzędzia używane do laminowania; tablica (lub podobne). Cel: Studenci poznają podstawowe narzędzia i rozumieją ich prawidłowe zastosowanie w odniesieniu do bezpieczeństwa oraz efektywności laminowania. Oczekiwany rezultat: Studenci wiedzą, jakiego narzędzia użyć, kiedy i w jaki sposób, z zachowaniem zasad BHP i skutecznego laminowania.
3.1.2 Struktury tekstylne	<i>Porównanie próbek</i>	Opis: Studenci otrzymują kilka próbek tkanin wykonanych z różnych włókien. Porównują je, zapisują cechy oraz obserwują ich zachowanie. Wyposażenie: Różne próbki tkanin. Cel: Studenci zapoznają się z tkaninami do laminowania i potrafią je rozpoznawać. Oczekiwany rezultat: Studenci potrafią rozpoznać, z jakiego włókna wykonana jest każda tkanina, oraz rozumieją jej charakterystykę.
3.1.2 Struktury tekstylne	<i>Porównanie i przyporządkowanie wykresów</i>	Opis: Wyświetlane są wykresy przedstawiające wytrzymałość/odporność tkanin, bez ujawniania ich identyfikacji. Studenci muszą dopasować wykresy do próbek tkanin na podstawie zaobserwowanych cech i zachowania materiału. Wyposażenie: Wykresy właściwości tkanin. Cel: Nauczyć studentów łączyć właściwości tkanin z ich zachowaniem w praktyce. Oczekiwany rezultat: Studenci potrafią dobierać odpowiednie tkaniny do wymagań końcowego elementu.

Temat	Aktywność	Opis
3.1.3 Techniki laminowania	<i>Praktyczne laminowanie ręczne</i>	Opis: Każdy student otrzymuje formę oraz materiały (tkaniny, narzędzia, środki ochrony indywidualnej, żywicę, utwardzacz i materiały eksploatacyjne) do wykonania laminowania metodą ręczną (hand lay-up). Wyposażenie: Formy, tkaniny, narzędzia, żywica, utwardzacz, ŚOI (PPE), materiały eksploatacyjne. Cel: Nauczyć studentów laminowania oraz zrozumienia krytycznych punktów procesu. Oczekiwany rezultat: Studenci potrafią prawidłowo wykonać laminowanie w otwartej formie metodą ręczną.
3.1.3 Techniki laminowania	<i>Wspólna (zespołowa) infuzja próżniowa</i>	Opis: Prowadzący demonstruje pełny proces laminowania metodą infuzji próżniowej. Studenci uczestniczą w działaniu; kluczowe punkty są obserwowane i omawiane. Wyposażenie: Forma, tkaniny, żywica, utwardzacz, narzędzia, ŚOI (PPE), materiały eksploatacyjne, pompa próżniowa. Cel: Wprowadzić infuzję próżniową i wskazać krytyczne punkty kontrolne procesu. Oczekiwany rezultat: Studenci rozumieją, jak wykonywać laminowanie metodą infuzji próżniowej.
3.1.4 Wyzwania	<i>Porównanie laminowania (konwencjonalne vs. zrównoważone)</i>	Opis: Studenci laminują mały element najpierw z użyciem materiałów konwencjonalnych, a następnie z użyciem materiałów zrównoważonych, zapisując uwagi i obserwacje podczas obu procesów. Na koniec porównują swoje doświadczenia i przedstawiają podsumowanie. Wyposażenie: Tkaniny, żywica, utwardzacz, narzędzia, ŚOI (PPE), materiały eksploatacyjne. Cel: Umożliwić studentom doświadczenie pracy z oboma typami materiałów i wyciągnięcie własnych wniosków porównawczych. Oczekiwany rezultat: Studenci rozumieją zalety i wady każdego typu materiałów.

Temat	Aktywność	Opis
3.2.1 Strategie modernizacji	<i>Prezentacja grupowa na temat projektów modernizacji</i>	Opis: Studenci pracują w grupach, aby wyszukać informacje o projektach modernizacji (retrofittingu) lub integracji materiałów zrównoważonych. Następnie prezentują 5-minutowe podsumowanie w wybranym formacie (slajdy, plakat, wideo, zdjęcia itp.). Prowadzący przydziela tematy tak, aby uniknąć powtórzeń. Wyposażenie: Komputery, tablica, projektor. Cel: Zbadać modernizację łodzi oraz związane z nimi wyzwania. Oczekiwany rezultat: Studenci rozumieją metody modernizacji, rozpoznają wyzwania, potrafią streścić temat i wyciągnąć kluczowe wnioski.
3.2.2 Techniki napraw	<i>Gra z papierami i krążkami ściernymi</i>	Opis: Studenci dopasowują papiery/krążki ścierne (wymieszane typy) do etykiet z gradacją (ziarnistością), a następnie układają je w kolejności. Prowadzący wyjaśnia potem, jaka gradacja jest odpowiednia do jakiej powierzchni, narzędzia i zadania. Wyposażenie: Papiery/krążki ścierne, etykiety z gradacją (ziarnistością). Cel: Zapoznać studentów z gradacjami oraz rodzajami papierów/krążków ściernych. Oczekiwany rezultat: Studenci rozumieją skalę gradacji i potrafią dobrać odpowiednią ziarnistość do zastosowania.
3.2.2 Techniki napraw	<i>Praktyczne ćwiczenie naprawcze</i>	Opis: Po demonstracji każdy student otrzymuje celowo uszkodzoną próbkę laminatu. Wybiera metodę naprawy, uzasadnia ją, uzyskuje akceptację prowadzącego, a następnie wykonuje naprawę. Wyposażenie: Uszkodzona próbka kompozytu, materiały bazowe, żywica, utwardzacz, tkaniny, narzędzia do laminowania, ŚOI (PPE), materiały eksploatacyjne. Cel: Rozwinąć u studentów umiejętność analizy sytuacji naprawczych i stosowania właściwych metod. Oczekiwany rezultat: Studenci potrafią naprawiać uszkodzone kompozyty i dobierać odpowiednie strategie napraw.

Temat	Aktywność	Opis
3.3.1 Zapewnienie jakości	<i>Refleksja oraz planowanie technik PJ (zapewnienia jakości).</i>	Opis: Studenci analizują w grupach dany proces i planują wdrożenie technik oraz wskaźników QA. Przygotowują diagram pokazujący etapy procesu i proponowane usprawnienia. Wypożyczenie: Komputery. Cel: Zachęcić do dostosowywania narzędzi QA w celu doskonalenia procesu. Oczekiwany rezultat: Studenci potrafią wdrażać i analizować metody QA na podstawie charakterystyki procesu.
3.3.2 Metody ograniczania odpadów	<i>Burza mózgów dotycząca odpadów</i>	Opis: Prowadzący przedstawia przykłady odpadów powstających podczas budowy łodzi, w tym liczby i statystyki. Studenci proponują strategie ograniczania odpadów. Klasa wspólnie tworzy listę realnych propozycji. Wypożyczenie: Tablica. Cel: Zwiększyć świadomość odpadów i ich wpływu oraz podkreślić znaczenie wczesnego planowania. Oczekiwany rezultat: Studenci postrzegają zarządzanie odpadami jako kluczowy element organizacji firmy.
3.3.2 Metody ograniczania odpadów	<i>Planowanie procesu z uwzględnieniem ograniczania odpadów</i>	Opis: Grupy otrzymują produkt końcowy. Tworzą pełny plan realizacji zadania wraz z opisami wyjaśniającymi, jak minimalizować odpady na każdym etapie. Rezultat pracy: folder zawierający tabelę zadań oraz szczegółowe karty zadań. Wypożyczenie: Komputery. Cel: Zachęcić do całościowego planowania procesu, w którym ograniczanie odpadów jest celem nadrzędnym. Oczekiwany rezultat: Studenci uwzględniają ograniczanie odpadów we wszystkich etapach procesu.

Rozdział 3: Techniki stosowane w produkcji oraz naprawie jednostek pływających / Informacje dodatkowe do Zagadnień w Rozdziale 3

Temat dla informacji dodatkowych	Odnosićnik	Opis treści odnośnika	Notatki
1. Wprowadzenie do narzędzi ręcznych i wyposażenia do obróbki/przetwarzania kompozytów: – nożyczki, wałki, tkaniny oddzielające, pędzle, worki próżniowe, pompy do infuzji. 2. Podstawy przygotowania powierzchni: – czyszczenie, szlifowanie, odtłuszczenie; – znaczenie jakości powierzchni dla przyczepności i połączeń klejowych/laminowania. 3. Zasady bezpieczeństwa podczas pracy z narzędziami i chemikaliami. 5. Wizualne wskaźniki powierzchni „gotowej do laminowania”.	https://aerospaceengineeringblog.com/composite-manufacturing/ https://compositeslab.com/composites-manufacturing-processes/ https://aerospaceengineeringblog.com/composite-manufacturing/	Strona internetowa z artykułami zawierającymi praktyczne poradniki dotyczące różnych etapów procesów budowy łodzi z kompozytów (instruktażowy styl, niektóre materiały wideo, przyjazny sposób wyjaśniania). Strona internetowa z krótkimi, dobrze uporządkowanymi objaśnieniami procesów, materiałów i narzędzi. Strona internetowa z opisami procesów przedstawionymi za pomocą prostych i jednoznacznych schematów.	Public, websites
2. Formy materiałów tekstylnych: – tkaniny tkane, włókniny, maty jednokierunkowe (UD) 3. Kluczowe cechy tekstyliów naturalnych: – układalność, grubość, ułożenie włókien, wrażliwość na wilgoć 4. Wpływ struktury tekstyliów na właściwości mechaniczne i przetwarzalność. 5. Obszary zastosowań w budowie łodzi: panele wewnętrzne, elementy niestrukturalne itp.	https://www.isomatex.com/tenron/ https://www.circular-structures.com/ https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/ecotechnilindes-solutions-a-base-de-fibres-naturelles-au-service-de-lindustrie-134081/ (+ EcoTechnilin) S. Maiti, M. R. Islam, M. A. Uddin, S. Afroj, S. J. Eichhorn, N. Karim, Sustainable Fiber-Reinforced Composites: A Review. Adv. Sustainable Syst. 2022, 6, 2200258. https://doi.org/10.1002/adsu.202200258 (https://advanced.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/adsu.202200258)	Strony internetowe dostawców tkanin. Artykuł o firmie, która produkuje maty z kilku rodzajów włókien naturalnych i jednocześnie próbuje rozwijać branżę recyklingu. Publikacja naukowa dotycząca zrównoważonych kompozytów.	Publicznie dostępne źródła: strony firmowe oraz artykuł naukowy.

Rozdział 3: Techniki stosowane w produkcji oraz naprawie jednostek pływających / Informacje dodatkowe do Zagadnień w Rozdziale 3

Temat dla informacji dodatkowych	Odnosić	Opis treści odnośnika	Notatki
1. Wprowadzenie do podstawowych etapów laminowania: – cięcie tkanin/włókien, mieszanie żywicy, nanoszenie żywicy wałkiem lub pędzlem 2. Specyfika materiałów: – praca z tekstyliami lnianymi lub bazaltowymi; – zachowanie przy przesycaniu (wet-out) w systemach żywicy bio-bazowanych 3. Kluczowe aspekty procesu: – czas pracy (pot life), przesuwanie się włókien, układanie warstw 4. Praktyczne wskazówki dla udanego laminowania metodą otwartą.	https://www.addcomposites.com/post/what-are-the-fundamental-steps-of-composites-manufacturing https://www.youtube.com/watch?v=tE6KDNvyTuU	Wyraźny, prosty i praktyczny przewodnik dotyczący kompozytów, wad (defektów) oraz ich skutków, z licznymi odniesieniami do innych powiązanych i istotnych zagadnień. Film o budowie kajaka z włókna lnianego i balsy, z naciskiem na konkretne etapy wykonania.	Publicznie dostępne źródła: blog oraz film na YouTube.
	https://www.youtube.com/watch?v=RrVy7jaSABM https://www.youtube.com/watch?v=AD98L9XICTU https://www.youtube.com/watch?v=Q09ZFVA6nR8	Prezentacja technik laminowania z porównaniami. Film o wykorzystaniu włókna lnianego i infuzji żywicy (infuzji próżniowej). Film o laminowaniu włókna szklanego (z omówieniem kluczowych punktów, np. czasu trwania poszczególnych etapów procesu itp.).	Publicznie dostępne filmy na YouTube (pokazy/demonstracje).
	https://www.imoca.org/en/news/news/lifting-the-lid-on-boat-build-impacts-for-a-more-sustainable-industry https://www.expeditionzero.co.uk/	Nie modernizacja, lecz raport o wdrożeniu materiałów zrównoważonych w łodzi regatowej (IMOCA), wraz z konkretnym filmem wideo.	Publicznie dostępne artykuły o zrównoważonej modernizacji oraz ponownym wykorzystaniu kadłubów.

Rozdział 3: Techniki stosowane w produkcji oraz naprawie jednostek pływających / Informacje dodatkowe do Zagadnień w Rozdziale 3

Temat dla informacji dodatkowych	Odnosićnik	Opis treści odnosićnika	Notatki
4. Odbudowa (rekonstrukcja).	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264127523008614	Publikacja naukowa dotycząca potencjalnie nowej metody naprawy kompozytów.	Public, scientific paper
1. Czym jest zapewnienie jakości (PJ) w wytwarzaniu kompozytów? rola PJ w zrównoważonym rozwoju i trwałości wyrobów 2. Proste techniki PJ w małoskalowej produkcji kompozytów	https://www.addcomposites.com/post/quality-assurance-and-quality-control-in-composites-manufacturing	Opis tematów do zbadania w ramach zapewnienia jakości.	Public, Blog post about Quality Assurance and Control (QA/QC) methods for composite manufacturing
2. Ponowne wykorzystanie materiałów: pomysły na użycie ścinków: materiał wypełniający, podkład do form, elementy prototypowe. 3. Bio-bazowe materiały eksploatacyjne (zużywalne): kubki do mieszania nadające się do recyklingu, kompostowalne rękawice, biodegradowalne folie rozdzielające (czy to naprawdę opcja?!). 4. Przykłady dobrych praktyk z przemysłu.	https://compositesuk.co.uk/industry-support/environmental/what-can-i-do-with-my-waste/	Niewyczerpująca lista rozwiązań dotyczących odpadów kompozytowych i ścinków.	Publicznie dostępny artykuł branżowy przedstawiający (w formie listy) opcje zarządzania odpadami i recyklingu.



Rozdział 4: Ocena cyklu życia i studium przypadku



Rozdział 4: Ocena cyklu życia i studium przypadku / Zakres kursu

Tytuł Modułu	Temat	Zagadnienia	Efekt Uczenia (EU)	Czas (h)	Metody dydaktyczne
4.1 Ocena wpływu na środowisko poprzez LCA (Ocenę Cyklu Życia)	4.1.1 Ocena cyklu życia (LCA): Podstawy (Life Cycle Assessment)	1. Wprowadzenie do oceny cyklu życia (LCA). 2. Kategorie oddziaływań środowiskowych w LCA. 3. Zastosowanie LCA do materiałów stosowanych w budowie łodzi. 4. Identyfikacja „hotspotów” środowiskowych w cyklu życia produktu. 5. Wykorzystanie LCA do świadomych decyzji projektowych i zakupowych. 6. LCA jako narzędzie strategii biznesowej i zgodności z regulacjami.	LO: „Zdefiniować, czym jest ocena cyklu życia (LCA), oraz opisać jej cztery główne fazy. Określić cel stosowania LCA w przemyśle budowy łodzi. Wymienić i opisać kluczowe kategorie oddziaływań środowiskowych zgodnie z metodą PEF. Wyjaśnić, w jaki sposób LCA wspiera podejmowanie decyzji poprzez porównywanie wariantów produktów lub materiałów na podstawie oddziaływań w całym cyklu życia.”	2	Nauczanie stacjonarne
	4.1.2 Ślad środowiskowy: emisje węglowe, zużycie energii.	1. Emisje CO ₂ w budowie łodzi. 2. Zużycie energii w całym cyklu życia łodzi. 3. Porównanie materiałów na podstawie danych o śladzie węglowym i zużyciu energii. 4. Studium przypadku: recykling kompozytów z włóknem szklanym. 5. Wykorzystanie norm ISO i standardu PEF w LCA.	LO: „Rozróżniać emisje dwutlenku węgla (CO ₂) i zużycie energii oraz wyjaśniać ich rolę w ocenie oddziaływania na środowisko. Identyfikować typowe źródła emisji CO ₂ i zużycia energii w budowie łodzi. Interpretować podstawowe dane środowiskowe, takie jak emisje w ekwiwalencie CO ₂ (CO ₂ e) oraz zużycie energii w megadżulach (MJ). Porównywać ślad środowiskowy dwóch typów łodzi lub dwóch konfiguracji materiałowych na podstawie uproszczonych danych.”	3	Nauczanie stacjonarne

Uwaga 1: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Temat” oznacza, że bardziej szczegółowe informacje oraz powiązane aktywności dla danego tematu zostały przedstawione w tabeli poniżej.

Uwaga 2: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Zagadnienie” oznacza dostępność informacji rozszerzonych (na poziomie zaawansowanym), które zostały zaprezentowane w osobnej tabeli poniżej.

Rozdział 4: Ocena cyklu życia i studium przypadku / Zakres kursu

Tytuł Modułu	Temat	Zagadnienia	Efekt Ucznia (EU)	Czas (h)	Metody dydaktyczne
4.1 Ocena wpływu na środowisko poprzez LCA (Ocenę Cyklu Życia)	4.1.3 Identyfikacja hotspotów: kluczowe obszary materiałów, energii i odpadów	1. Czym są „hotspoty” środowiskowe w LCA? 2. Hotspoty związane z materiałami w budowie łodzi. 3. Zużycie energii jako kluczowy obszar oddziaływań. 4. Powstawanie odpadów i wyzwania na etapie końca życia produktu. 5. Strategie ograniczania hotspotów środowiskowych. 6. Studium przypadku: analiza hotspotów na podstawie badania ICOMIA „Propulsion Decarbonisation Study”.	LO: Zdefiniować, czym jest „hotspot” w kontekście oceny cyklu życia (LCA). Zidentyfikować typowe hotspoty związane z materiałami, energią i odpadami w cyklu życia budowy łodzi. Wyjaśnić, jak analiza hotspotów pomaga priorytetyzować działania na rzecz zrównoważonego rozwoju. Interpretować wnioski z rzeczywistych studiów przypadków, aby ocenić, gdzie koncentrują się oddziaływania środowiskowe.	3	Nauczanie stacjonarne

Uwaga 1: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Temat” oznacza, że bardziej szczegółowe informacje oraz powiązane aktywności dla danego tematu zostały przedstawione w tabeli poniżej.

Uwaga 2: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Zagadnienie” oznacza dostępność informacji rozszerzonych (na poziomie zaawansowanym), które zostały zaprezentowane w osobnej tabeli poniżej.

Rozdział 4: Ocena cyklu życia i studium przypadku / Zakres kursu

Tytuł Modułu	Temat	Zagadnienia	Efekt Uczenia (EU)	Czas (h)	Metody dydaktyczne
4.2 Opłacalność ekonomiczna materiałów zrównoważonych	4.2.1 Ekonomiczna analiza: koszty materiałów zrównoważonych vs. konwencjonalnych	1. Kluczowe czynniki kosztowe w doborze materiałów do budowy łodzi. 2. Struktura kosztów w cyklu życia: od zakupu do końca życia produktu. 3. Porównanie przypadków: napęd bateryjno-elektryczny vs. napęd na paliwa odnawialne. 4. Ukierunkowane inwestycje w zrównoważony rozwój a efektywność ekonomiczna. 5. Poza ceną: zachęty (incentywy), budowanie marki i wartość długoterminowa. 6. Podejmowanie świadomych decyzji dzięki analizie kosztów i korzyści w cyklu życia (life-cycle cost-benefit analysis).	LO: Identyfikować kluczowe składniki kosztów związane z doбором materiałów (np. koszt początkowy, utrzymanie/konserwacja, koniec życia produktu). Porównywać konsekwencje ekonomiczne stosowania materiałów zrównoważonych i konwencjonalnych. Stosować podstawowe podejście do kosztów w cyklu życia (life-cycle cost) do oceny wyborów materiałowych. Rozpoznawać, w jaki sposób czynniki środowiskowe i ekonomiczne mogą się przenikać, wspierając trafne decyzje materiałowe.	1 ½	Nauczanie stacjonarne
	4.2.2 Zwrot z inwestycji: długoterminowe korzyści finansowe	1. Zrozumienie ROI w zrównoważonej budowie łodzi. 2. Ocena długoterminowych korzyści ze stosowania materiałów zrównoważonych. 3. Czynniki ekonomiczne i strategiczne wykraczające poza koszt początkowy. 4. Wyzwania i niepewności w obliczaniu ROI. 5. Wykorzystanie LCA do wspierania decyzji inwestycyjnych. 6. Studium przypadku: ROI wynikające ze zmiany materiału w małej stoczni/zakładzie szklarskim.	LO: Zdefiniować zwrot z inwestycji (ROI) i zastosować go do decyzji projektowych związanych ze zrównoważonym rozwojem. Opisać, w jaki sposób materiały zrównoważone mogą generować długoterminowe oszczędności lub dodatkową wartość. Zidentyfikować korzyści niefinansowe (np. budowanie marki, atrakcyjność dla klientów, gotowość na regulacje) powiązane ze zrównoważonym rozwojem. Przeanalizować studium przypadku, aby określić, czy zmiana materiału przynosi zarówno korzyści środowiskowe, jak i finansowe.	1 ½	Nauczanie stacjonarne

Uwaga 1: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Temat” oznacza, że bardziej szczegółowe informacje oraz powiązane aktywności dla danego tematu zostały przedstawione w tabeli poniżej.

Uwaga 2: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Zagadnienie” oznacza dostępność informacji rozszerzonych (na poziomie zaawansowanym), które zostały zaprezentowane w osobnej tabeli poniżej.

Rozdział 4: Ocena cyklu życia i studium przypadku / Zakres kursu

Tytuł Modułu	Temat	Zagadnienia	Efekt Ucznia (EU)	Czas (h)	Metody dydaktyczne
4.3 Modele biznesowe dla zrównoważonego rozwoju w budowie łodzi	4.3.1 Modele cyrkularne: gospodarka liniowa vs. cyrkularna	1. Od modelu liniowego do cyrkularnego: ponowne przemyślenie systemów budowy łodzi. 2. Kluczowe strategie gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ) w projektowaniu łodzi. 3. Studium przypadku: APER i cyrkularny recykling łodzi we Francji. 4. Zastosowanie metody PEF do cyrkularnych wyborów materiałowych. 5. Projektowanie cyrkularne w praktyce: „drugie życie” oraz komponenty modułowe. 6. Modele cyrkularne jako strategiczna odpowiedź na regulacje i popyt rynkowy	EU: Opisać różnicę między liniowym a cyrkularnym modelem gospodarczym. Zidentyfikować strategie cyrkularne istotne dla budowy łodzi (np. modułowość, programy odbioru zwrotnego, ponowne użycie). Wyjaśnić znaczenie odpowiedzialności za cykl życia produktu oraz regulacji takich jak rozszerzona odpowiedzialność producenta (EPR). Interpretować, w jaki sposób cyrkularne modele biznesowe mogą ograniczać odpady, obniżać koszty i wspierać konkurencyjność rynkową.	1 ½	Nauczanie stacjonarne
	4.3.2 Projektowanie pod demontaż (DfD): maksymalizacja odzysku materiałów	1. Czym jest projektowanie pod demontaż (DfD) w budowie łodzi? 2. DfD w praktyce: przykłady konstrukcji ułatwiającej demontaż. 3. DfD i jego rola w regulacjach oraz eko-etykietach. 4. Planowanie końca życia produktu już na etapie projektowania. 5. Korzyści DfD dla zrównoważonego rozwoju, bezpieczeństwa i wartości odsprzedaży.	EU: Wyjaśnić, czym jest projektowanie pod demontaż (DfD – Design for Disassembly) i dlaczego jest ważne. Wymienić praktyczne strategie DfD stosowane w projektowaniu i budowie łodzi. Opisać cel oraz elementy paszportu materiałowego. Rozpoznać, w jaki sposób DfD i śledzenie materiałów wspierają recyklingowość, bezpieczeństwo oraz zgodność z regulacjami UE.	1 ½	Nauczanie stacjonarne

Uwaga 1: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Temat” oznacza, że bardziej szczegółowe informacje oraz powiązane aktywności dla danego tematu zostały przedstawione w tabeli poniżej.

Uwaga 2: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Zagadnienie” oznacza dostępność informacji rozszerzonych (na poziomie zaawansowanym), które zostały zaprezentowane w osobnej tabeli poniżej.

Rozdział 4: Ocena cyklu życia i studium przypadku / Instrukcje Aktywności

Temat	Aktywność	Opis
4.1.1 Ocena cyklu życia (LCA)	<i>Stanowiska „Lifecycle Explorer” Studenci rotacyjnie przechodzą przez stanowiska poświęcone różnym materiałom (np. włókno szklane, len, aluminium). Identyfikują kluczowe fazy cyklu życia oraz powiązane oddziaływania środowiskowe, dopasowując materiały do kategorii wpływu środowiskowego w metodzie PEF.</i>	Ocena: Ćwiczenie dopasowywania terminologii i faz LCA; krótki quiz o czterech etapach LCA; pytanie oparte na przypadku dotyczące przenoszenia obciążeń (burden shifting). Cel: Wprowadzić metodologię LCA i pomóc studentom rozpoznać, jak materiały wpływają na oddziaływania w cyklu życia. Oczekiwany rezultat: Studenci potrafią wyjaśnić cztery etapy LCA, zidentyfikować kategorie oddziaływań oraz zastosować myślenie cyklem życia do porównywania materiałów.
4.1.2 Ślad środowiskowy	<i>Porównawcze wyzwanie węglowe Zespoły analizują dwa profile jednostek i szacują emisje CO₂ oraz zużycie energii. Następnie omawiają kompromisy między systemami napędowymi a zastosowanymi materiałami.</i>	Ocena: Obliczenia MJ i CO ₂ e (na podstawie uproszczonych danych); pisemne porównanie dwóch materiałów lub typów paliwa; krótka dyskusja grupowa o kompromisach między energią a środowiskiem. Cel: Pomóc studentom zrozumieć wkład energii i emisji w ślad środowiskowy na różnych etapach cyklu życia. Oczekiwany rezultat: Studenci potrafią zdefiniować ślad węglowy i zużycie energii, interpretować dane środowiskowe oraz porównywać konfiguracje.
4.1.3 Identyfikacja hotspotów	<i>Gra „Detektyw hotspotów” Studenci otrzymują „rzuty” wyników LCA pokazujące oddziaływania na różnych etapach i dla różnych komponentów. Identyfikują hotspoty i proponują strategie usprawnień.</i>	Ocena: Karta pracy dotycząca identyfikacji hotspotów; krótka prezentacja grupowa przypadku hotspotu; opcjonalnie pytanie testowe o kategorie hotspotów. Cel: Rozwinąć umiejętność lokalizowania i analizowania hotspotów środowiskowych oraz ustalania priorytetów działań naprawczych. Oczekiwany rezultat: Studenci potrafią wskazać hotspoty materiałowe, energetyczne i odpadowe oraz zaproponować usprawnienia.

Temat	Aktywność	Opis
4.2.1 Ekonomiczna analiza	<i>Analiza budżetu łodzi</i> <i>Studenci porównują strukturę kosztów materiałów tradycyjnych i zrównoważonych. Analizują koszty początkowe, koszty utrzymania/konserwacji oraz koszty utylizacji (lub końca życia produktu).</i>	Ocena: Karta pracy dotycząca kosztów w cyklu życia; wskazanie trzech głównych czynników kosztowych w dyskusji; krótka pisemna analiza kompromisów (trade-offs). Cel: Pokazać, jak uwarunkowania finansowe wpływają na dobór materiałów oraz przedstawić koncepcję całkowitego kosztu posiadania (TCO). Oczekiwany rezultat: Studenci potrafią zidentyfikować ekonomiczne kompromisy i uzasadniać decyzje z użyciem analizy kosztów.
4.2.2 Zwrot z inwestycji	<i>Odegranie ról na podstawie studium przypadku – „Blue Horizon Boats”</i> <i>Na podstawie przypadku „Blue Horizon Boats” studenci wcielają się w role interesariuszy oceniających zmianę materiału oraz jej ROI (zwrot z inwestycji).</i>	Ocena: Szablon ROI; prezentacja grupowa perspektyw interesariuszy; refleksja nad korzyściami materialnymi i niematerialnymi. Cel: Pomóc studentom oceniać ROI w praktycznych scenariuszach związanych z materiałami zrównoważonymi. Oczekiwany rezultat: Studenci potrafią obliczyć uproszczone ROI i przedstawić je w formie prezentacji grupowej.

Temat	Aktywność	Opis
4.3.1 Modele cyrkularne	<i>Warsztat „Circular Makeover”</i> <i>Studenci przeprojektowują liniowy element łodzi (np. luk, moduł kadłuba), aby był zgodny z zasadami cyrkularnymi (ponowne użycie, recyklingowość, modułowość).</i>	Ocena: Szkic/diagram grupowy; pisemne wyjaśnienie zastosowanych zasad cyrkularnych; informacja zwrotna od rówieśników. Cel: Zaangażować studentów w ponowne przemysłenie produktów morskich w duchu gospodarki o obiegu zamkniętym. Oczekiwany rezultat: Studenci potrafią wyjaśnić zasady cyrkularne i przeprojektować komponenty pod kątem lepszego odzysku, ponownego użycia i trwałości.
4.3.2 Projektowanie pod demontaż	<i>Laboratorium projektowe DfD</i> <i>Studenci przeprojektowują element łodzi (luk schowka, moduł pokładu, konstrukcja ławki) zgodnie z zasadami DfD. Wykonują szkic/model przeprojektowanej części, wskazują elementy złączne i wyjaśniają strategię separacji materiałów.</i>	Ocena: Opatrzony adnotacjami szkic projektowy; prezentacja grupowa; pisemne wyjaśnienie ulepszeń związanych z końcem cyklu życia. Cel: Wprowadzenie do projektowania pod kątem demontażu oraz pokazanie, jak zmniejsza ono wpływ na środowisko pod koniec cyklu życia łodzi. Oczekiwany rezultat: Uczniowie stosują strategię DfD (elementy złączne, modułowość, separacja) i pokazują, jak wspierają one zrównoważony rozwój.

Rozdział 4: Ocena cyklu życia i studium przypadku / Informacje dodatkowe do Zagadnień w Rozdziale 4

Temat dla informacji dodatkowych	Odknośnik	Opis treści odknośnika	Notatki
1. Wprowadzenie do oceny cyklu życia (LCA). 2. Kategorie oddziaływań środowiskowych w LCA.	https://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/developerEF.html , https://www.iso.org/home.html , Blue Boat Horizon LCA project, EC PEF method, ISO STANDARDS https://eplca.jrc.ec.europa.eu/EnvironmentalFootprint.html https://www.iso.org/standard/37456.html https://propellingourfuture.com/ Environmental Footprint Methods - European Commission Life Cycle Assessment for the circular economy https://www.lifecycleinitiative.org/ https://www.marineshift360.org/ https://www.recyclermontbateau.fr/l-aper-association-pour-la-plaisance-eco-responsable/ https://europeanboatingindustry.eu/images/Reports/A144650-R20241613a-UHo-EuCIA%20final%20report%20-%20summary-signed.pdf?t=1728385417 GREC HANDBOOK https://europeanboatingindustry.eu/images/EU%20affairs/Roadmap-for-decarbonisation-vessels_Final.pdf	Oficjalna strona internetowa Komisji oraz przepisy ISO.	Dokument techniczny (ISO), przewodnik (Grec Handbook), raport (Roadmap for the Decarbonisation of the European Recreational Marine Craft Sector), strona internetowa (wszystkie), bezpłatne (tylko ISO jest płatne)
4. Studium przypadku: recykling kompozytów z włóknem szklanym. 5. Wykorzystanie norm ISO i standardu PEF w LCA.	ICOMIA - RICARDO study, Propelling our future, Blue Boat Horizon LCA project, EC PEF method, https://glassfibreeurope.eu/resource-type/report-study/ ,	Badania dotyczące dekarbonizacji oraz metodologii oceny cyklu życia (LCA).	Bezpłatne, strona internetowa

Rozdział 4: Ocena cyklu życia i studium przypadku / Informacje dodatkowe do Zagadnień w Rozdziale 4

Temat dla informacji dodatkowych	Odnośnik	Opis treści odnośnika	Notatki
4. Powstawanie odpadów i wyzwania na etapie końca życia produktu. 5. Strategie ograniczania hotspotów środowiskowych. 6. Studium przypadku: analiza hotspotów na podstawie badania ICOMIA „Propulsion Decarbonisation Study”.	ICOMIA - RICARDO study, Propelling our future, Blue Boat Horizon LCA project, EC PEF method, ISO standards, https://glassfibreeurope.eu/wp-content/uploads/2023/02/GFE_LCA-report-2023-February-2023.pdf	Badania nad dekarbonizacją oraz metodyką oceny cyklu życia (LCA).	Bezpłatne, strona internetowa
	ICOMIA - RICARDO study, Propelling our future, Blue Boat Horizon LCA project, EC PEF method, https://data.europa.eu/en/news-events/news/eus-digital-product-passport-advancing-transparency-and-sustainability	Badania nad dekarbonizacją oraz metodyką oceny cyklu życia (LCA).	Bezpłatne, strona internetowa
5. Poza ceną: zachęty (incentywy), budowanie marki i wartość długoterminowa.	ICOMIA - RICARDO study, Propelling our future, Blue Boat Horizon LCA project, EC PEF method	Badania nad dekarbonizacją oraz metodyką oceny cyklu życia (LCA).	Bezpłatne, strona internetowa
	ICOMIA - RICARDO study, Propelling our future, Blue Boat Horizon LCA project, EC PEF method	Badania nad dekarbonizacją oraz metodyką oceny cyklu życia (LCA).	Bezpłatne, strona internetowa

Rozdział 4: Ocena cyklu życia i studium przypadku / Informacje dodatkowe do Zagadnień w Rozdziale 4

Temat dla informacji dodatkowych	Odnośnik	Opis treści odnośnika	Notatki
3. Studium przypadku: APER i cyrkularny recykling łodzi we Francji. 4. Zastosowanie metody PEF do cyrkularnych wyborów materiałowych.	ICOMIA - RICARDO study, Propelling our future, Blue Boat Horizon LCA project, EC PEF method, https://www.recyclermonbateau.fr/ , https://eplca.jrc.ec.europa.eu/EnvironmentalFootprint.html	Badania dotyczące dekarbonizacji oraz metodologii oceny cyklu życia (LCA).	Bezpłatne, strona internetowa
4. Planowanie końca życia produktu już na etapie projektowania. 5. Korzyści DfD dla zrównoważonego rozwoju, bezpieczeństwa i wartości odsprzedaży.	ICOMIA - RICARDO study, Propelling our future, Blue Boat Horizon LCA project, EC PEF method, https://data.europa.eu/en/news-events/news/eus-digital-product-passport-advancing-transparency-and-sustainability	Badania dotyczące dekarbonizacji oraz metodologii oceny cyklu życia (LCA).	Bezpłatne, strona internetowa



Rozdział 5: Planowanie kariery – możliwości i wyzwania



Rozdział 5: Planowanie kariery – możliwości i wyzwania / Zakres kursu

Tytuł Modułu	Temat	Zagadnienia	Efekt Ucznia (EU)	Czas (h)	Metody dydaktyczne
5.1 Zapotrzebowanie branży na specjalistów w zakresie zrównoważonego budownictwa jachtowego	5.1.1 Krajobraz branży: trendy na rynku pracy, zapotrzebowanie na zielone rozwiązania	Poznać obecny kontekst sektora żeglarskiego z perspektywy zrównoważonego rozwoju oraz zidentyfikować trendy kształtujące ewolucję rynku pracy i zapotrzebowanie na nowe rozwiązania techniczne, materiały i procesy.	EU: Zrozumienie strukturalnej transformacji sektora w kierunku zrównoważonego rozwoju oraz jej czynników napędzających i przeszkód. Rozwijanie pracy zespołowej, myślenia analitycznego i umiejętności wystąpień publicznych uczniów, co może pomóc w ich przyszłej karierze.	2 ½	Nauczanie w klasie / bezpośrednie instrukcje, warsztat / debata
	5.1.2 Ścieżki kariery: role w projektowaniu, inżynierii, produkcji, sprzedaży i marketingu	Poznanie ścieżek kariery zawodowej w zrównoważonym sektorze żeglarskim, zrozumienie pojawiających się ról, ewolucji tradycyjnych profili oraz umiejętności potrzebnych do rozwoju w technicznym, wzajemnie powiązanim i odpowiedzialnym środowisku otoczeniu.	EU: Przedstawienie kompleksowego obrazu głównych profili zawodowych oraz wymaganych umiejętności i kompetencji, aby umożliwić znalezienie kariery na tych stanowiskach.	2 ½	Nauczanie w klasie / bezpośrednie instrukcje, praca w grupach

Uwaga 1: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Temat” oznacza, że bardziej szczegółowe informacje oraz powiązane aktywności dla danego tematu zostały przedstawione w tabeli poniżej.

Uwaga 2: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Zagadnienie” oznacza dostępność informacji rozszerzonych (na poziomie zaawansowanym), które zostały zaprezentowane w osobnej tabeli poniżej.

Rozdział 5: Planowanie kariery – możliwości i wyzwania / Zakres kursu

Tytuł Modułu	Temat	Zagadnienia	Efekt Ucznia (EU)	Czas (h)	Metody dydaktyczne
5.2 Ścieżki kariery i szkolenia w zrównoważonych gałęziach przemysłu morskiego	5.2.1 Kluczowe umiejętności: kompetencje techniczne i miękkie niezbędne do osiągnięcia sukcesu	Prezentacja kluczowych umiejętności i kompetencji w zrównoważonym budownictwie łodzi, identyfikacja wyzwań i możliwości związanych z rozwojem kariery w sektorze. Dopasowanie umiejętności przekrojowych i kompetencji istotnych w zrównoważonym budownictwie łodzi oraz przeprowadzenie ćwiczeń z planowania kariery.	EU: Identyfikacja interdyscyplinarnych umiejętności technicznych i miękkich, ocena obecnych luk w szkoleniach, ścieżkach kariery oraz praktykach branżowych.	2 ½	Nauczanie w klasie / bezpośrednie instrukcje, warsztat, dyskusja grupowa
	5.2.2 Rozwój zawodowy: szkolenia, certyfikaty i możliwości budowania sieci kontaktów	Ocena luk szkoleniowych i obecnych praktyk branżowych, identyfikacja praktycznych kroków i metod wspierających rozwój kariery. Poznanie certyfikatów, szkoleń, odpowiednich wydarzeń networkingowych oraz portali kariery w sektorze w celu zwiększenia zatrudnialności.	EU: Poznanie praktycznych strategii zwiększania zatrudnienia i rozwoju kariery. Jasne, samodzielnie opracowane mapy kariery z określonymi odpowiednimi umiejętnościami i kompetencjami. Identyfikacja oraz stworzenie listy odpowiednich szkoleń i wydarzeń na poziomie lokalnym i międzynarodowym.	2 ½	Nauczanie w klasie / bezpośrednie instrukcje, warsztat, dyskusja grupowa

Uwaga 1: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Temat” oznacza, że bardziej szczegółowe informacje oraz powiązane aktywności dla danego tematu zostały przedstawione w tabeli poniżej.

Uwaga 2: Tekst wyróżniony pogrubieniem w kolumnie „Zagadnienie” oznacza dostępność informacji rozszerzonych (na poziomie zaawansowanym), które zostały zaprezentowane w osobnej tabeli poniżej.

Temat	Aktywność	Opis
5.1.1 Krajobraz branży	1: Ustrukturyzowana debata — czy sektor żeglarski jest gotowy na przyspieszoną zieloną transformację?	Opis: Uczniowie wezmą udział w ustrukturyzowanej debacie dotyczącej tego, czy sektor żeglarski jest przygotowany na przyspieszoną zieloną transformację. Podzieleni na dwa zespoły — Pro (gotowy) i Con (niegotowy) — będą analizować i przedstawiać argumenty oparte na czynnikach środowiskowych, ekonomicznych, technologicznych i regulacyjnych. Debata uwypukli kluczowe czynniki napędzające (np. innowacje, wsparcie polityczne, popyt konsumencki) oraz bariery (np. wysokie koszty, brak infrastruktury, opór wobec zmian). Następnie odbędzie się krótka refleksja podsumowująca, aby utrwalić wiedzę i zachęcić do krytycznego myślenia o zrównoważonym rozwoju w świecie morskim. Cele debaty: 1. Rozwijanie krytycznego myślenia poprzez ocenę złożonych wyzwań związanych ze zrównoważonym rozwojem. 2. Rozwijanie umiejętności argumentacji poprzez rozumowanie oparte na dowodach. 3. Zwiększanie świadomości wpływu działalności morskiej na środowisko oraz pilności zielonej transformacji. 4. Zachęcanie do współpracy i dialogu opartego na szacunku poprzez słuchanie przeciwnych opinii i konstruktywne odpowiadanie na nie. 5. Wspieranie myślenia systemowego poprzez identyfikację wzajemnie powiązanych czynników napędzających i barier Oczekiwane rezultaty: • Uczniowie zyskują głębsze zrozumienie wyzwań i możliwości związanych ze zrównoważonym rozwojem w sektorze żeglarskim. • Uczniowie potrafią zidentyfikować i jasno przedstawić kluczowe czynniki napędzające oraz bariery zielonej transformacji. • Poprawa umiejętności komunikacyjnych i pracy zespołowej dzięki ustrukturyzowanej debacie. • Zwiększona motywacja do poszukiwania zrównoważonych rozwiązań.

Temat	Aktywność	Opis
5.1.1 Krajobraz branży	2: Zrównoważone budownictwo łodzi na świecie – wyzwanie badawcze	Opis: Uczniowie pracują w zespołach, aby zbadać, w jaki sposób różne kraje podchodzą do zrównoważonego budownictwa łodzi. Każdy zespół wybierze lub otrzyma przydzielony kraj i przeanalizuje jego praktyki, innowacje, materiały, regulacje oraz trendy branżowe związane z ekologiczną budową łodzi. Wyniki zostaną zaprezentowane w formie wizualnej lub ustnej (plakat, prezentacja slajdów, wideo). Cele: • Wspieranie umiejętności badawczych i analitycznych. • Pogłębianie wiedzy na temat zrównoważonych materiałów i technologii. • Ukazanie globalnych perspektyw i różnic w wyzwaniach środowiskowych sektora morskiego. • Zachęcanie do pracy zespołowej i zarządzania projektem. • Rozwijanie umiejętności prezentacji i komunikacji. Oczekiwane rezultaty: • Uczniowie opisują praktyki zrównoważonego budownictwa łodzi w co najmniej jednym kraju. • Uczniowie zyskują świadomość globalnych różnic oraz przywództwa w zakresie zrównoważonego rozwoju morskiego. • Poprawa umiejętności współpracy i organizacji. • Poprawa umiejętności prezentacyjnych. • Uczniowie zastanawiają się, w jaki sposób globalne dobre praktyki mogą zostać zastosowane lokalnie.

Temat	Aktywność	Opis
5.1.2 Ścieżki kariery	1: Mapowanie ścieżek kariery (praca grupowa)	Opis: Uczniowie otrzymują karty z rolami zawodowymi w zrównoważonym budownictwie łodzi. Ich zadaniem jest umieszczenie ich w tabeli, przyporządkowując każdą rolę do: - wymaganych umiejętności technicznych - umiejętności miękkich / przekrojowych - zalecanego wykształcenia / szkoleń - typowego środowiska pracy (stocznia, dostawca, doradztwo itp.)
5.1.2 Ścieżki kariery	2: Stwórz swoją profesjonalną personę	Opis: Uczniowie poznają różne profile zawodowe w zrównoważonym budownictwie łodzi poprzez stworzenie pełnej osoby. Każdej grupie zostaje przypisana rola zawodowa, taka jak: - inżynier okrętowy (zrównoważone materiały) - technik produkcji stoczniowej - kierownik ds. zakupów - konsultant środowiskowy - projektant łodzi energooszczędnych - kierownik ds. jakości i certyfikacji - nauczyciel kształcenia zawodowego w zakresie zrównoważonej budowy jednostek pływających Uczniowie tworzą postać zawodową, uwzględniając: - imię, wiek, doświadczenie - wykształcenie i doświadczenie zawodowe - motywacje i wyzwania - umiejętności techniczne - umiejętności miękkie - edukację i szkolenia - typowe środowisko pracy - wkład w zrównoważony rozwój Prezentacja: Grupy przygotowują 5-minutową prezentację pokazującą, jak dana postać wpisuje się w łańcuch wartości zrównoważonego budownictwa łodzi.

Rozdział 5: Planowanie kariery – możliwości i wyzwania / Instrukcje Aktywności



Temat	Aktywność	Opis
5.2.1 Kluczowe umiejętności	<i>Projektowanie ekologicznych komponentów jachtu z wykorzystaniem biokompozytów</i> <i>Opis aktywności: Zespoły tworzą koncepcyjny projekt ekologicznego komponentu kadłuba jachtu z wykorzystaniem biokompozytów (włókno lniane, biożywica). Obejmuje to dobór materiałów, układ CAD, podstawy LCA, minimalizację odpadów oraz projekt systemu filtracji.</i>	Grupa docelowa: Uczniowie kształcenia zawodowego specjalizujący się w deep tech i zrównoważonych materiałach w przemyśle jachtowym. Cele edukacyjne: Zrozumienie, w jaki sposób umiejętności techniczne integrują się z projektowaniem jachtów, stosowanie CAD, LCA i optymalizacji materiałowej, rozwijanie świadomości wyzwań związanych ze zrównoważonym rozwojem, współpraca zespołowa w rozwiązywaniu problemów projektowych. Krok po kroku: 1. Tworzenie zespołów i przydział ról. 2. Omówienie scenariusza. 3. Faza projektowania (dobór materiałów, planowanie CAD, przegląd LCA, minimalizacja odpadów, system filtracji). 4. Prezentacja i dyskusja. Kryteria oceny (opcjonalnie): Jasność, wykonalność, integracja dyscyplin, kreatywność, współpraca zespołowa. Pytania do dyskusji: Dlaczego biokompozyty? Jakie są wyzwania środowiskowe w tradycyjnej produkcji jachtów? Jaka jest rola CAD i LCA? Jakie są kompromisy związane z zastępowaniem tradycyjnych materiałów?
5.2.2 Rozwój zawodowy	<i>Planowanie kariery</i>	Opis: Uczniowie projektują swoją mapę kariery prowadzącą do wejścia do zrównoważonego budownictwa łodzi. Korzystając z dużego arkusza papieru, zaznaczają: • kroki krótkoterminowe (umiejętności, przedmioty) • cele średnioterminowe (staże, szkolenia, certyfikaty) • wizję długoterminową (konkretne kariery związane z ekologicznymi jachtami) Uczniowie identyfikują również: • kluczowych przedstawicieli branży (firmy, organizacje pozarządowe) • wydarzenia (targi, warsztaty, konferencje) • ścieżki networkingowe (LinkedIn, absolwenci, mentorzy) Rezultat: Uczniowie prezentują swoją mapę kariery i otrzymują informację zwrotną.

Temat dla informacji dodatkowych	Odnosnik	Briefing of Reference Content
Europejski Zielony Ład Pakiet „Fit for 55” Rozporządzenie UE w sprawie przemieszczania odpadów	https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en https://www.consilium.europa.eu/en/policies/fit-for-55/	Oficjalna strona internetowa UE dotycząca Zielonego Ładu, pakietu „Fit for 55” oraz rozporządzenia w sprawie przemieszczania odpadów, zawierająca kluczowe informacje, założenia i cele w różnych językach. Szczegółowe informacje o funduszach NextGenEU.
Fundusze NextGenEU	https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-shipments_en	Przedstawienie 3 udanych studiów przypadków firm wdrażających zrównoważone materiały i praktyki oraz dzielących się spostrzeżeniami i doświadczeniami. Są to 3 firmy: Beneteau, The Ecoracer od Eco Yachts, Windelo, Bestevaer i Vaan.
3 kraje (Francja, Niemcy, Niderlandy) wyznaczające kierunek Szczegółowo opisane obecne przeszkody na drodze do zrównoważonego rozwoju	https://next-generation-eu.europa.eu/index_en https://www.yacht.de/en/shipyards/boatbuilding-ecolution-these-shipyards-are-working-on-sustainable-concepts/	Szczegółowe badania dotyczące materiałów deep tech, ich zastosowania, wymaganych umiejętności i wiedzy, przeszkód oraz prognoz, zebrane na podstawie szeroko zakrojonej serii wywiadów przeprowadzonych z ponad 120 ekspertami.
Artykuł The Ocean Race stanowi bardziej ogólny przegląd przeszkód i dalszych kierunków działań Wywiad na temat zielonej transformacji w sektorze — studium przypadku Beneteau	https://teconaut.eu/en/downloads/ (New deep tech skills document) https://www.theoceanrace.com/en/racing-with-purpose/sustainable-sports-and-innovation/sustainable-boat-building	The Ocean Race zorganizował od 2017 roku cztery warsztaty Sustainable Boat Building Innovation Workshops, łącząc liderów branży i zespoły wyścigowe we wspólnym opracowywaniu ambitnej mapy drogowej do 2030 roku, skoncentrowanej na materiałach, redukcji odpadów, efektywności energetycznej oraz czynnikach wspierających, takich jak regulacje i analiza cyklu życia, w celu zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych o 50%. Warsztaty te zaowocowały szczegółową mapą drogową branży do 2030 roku, a także praktycznymi wytycznymi i raportami wskazującymi natychmiastowe działania, które producenci łodzi mogą podjąć już teraz, aby przyspieszyć transformację w kierunku bardziej zrównoważonej przyszłości.
Studium przypadku Beneteau w formie wideo	https://no-frills-sailing.com/sustainability-boatbuilding-beneteau-erwan-faoucher-interview/ https://www.youtube.com/watch?v=ynGKEYIYXQo	Przedstawienie studium przypadku Beneteau, pokazującego, że firma podejmuje poważne, technologicznie zaawansowane działania na rzecz zrównoważonego rozwoju — opracowuje ekożywice, takie jak Elium®, zwiększa wykorzystanie włókien naturalnych, wdraża napęd elektryczny i hybrydowy oraz realizuje analizę cyklu życia i programy recyklingu — jednocześnie równoważąc innowacje z gotowością klientów i kosztami. + wywiad wideo

Rozdział 5: Planowanie kariery – możliwości i wyzwania / Informacje dodatkowe do Zagadnień w Rozdziale 5

Temat dla informacji dodatkowych	Odnosnik	Opis treści odnośnika
Praca w stoczniach i przy budowie łodzi (ogólnie)	https://www.marineinsight.com/careers-2/different-jobs-in-a-shipyard-shipbuilding-industry/ https://no-frills-sailing.com/sustainability-boatbuilding-beneteau-erwan-faoucher-interview/	Przedstawienie najczęściej spotykanych stanowisk pracy w sektorze budowy łodzi, takich jak spawacze, monterzy konstrukcji, hydraulicy, elektrycy, stolarze, takielarze, kontrolerzy jakości itp.
Budowa drewnianych łodzi w formie wideo Nowe technologie w tradycyjnym budownictwie łodzi Jak zbudować drewnianą łódź typu dinghy — wideo Zrównoważona budowa łodzi żaglowych — wideo	https://www.youtube.com/watch?v=cXkBA-h0IIU https://www.youtube.com/watch?v=YbpcJiikP44 https://www.youtube.com/watch?v=xiE0n9lhk4g https://www.youtube.com/watch?v=De8E4YS6nNM	Krótkie filmy przedstawiające tradycyjne procesy budowy łodzi oraz wymagane umiejętności i kompetencje potrzebne do pracy z drewnem i przygotowania pontonu lub łodzi żaglowej.

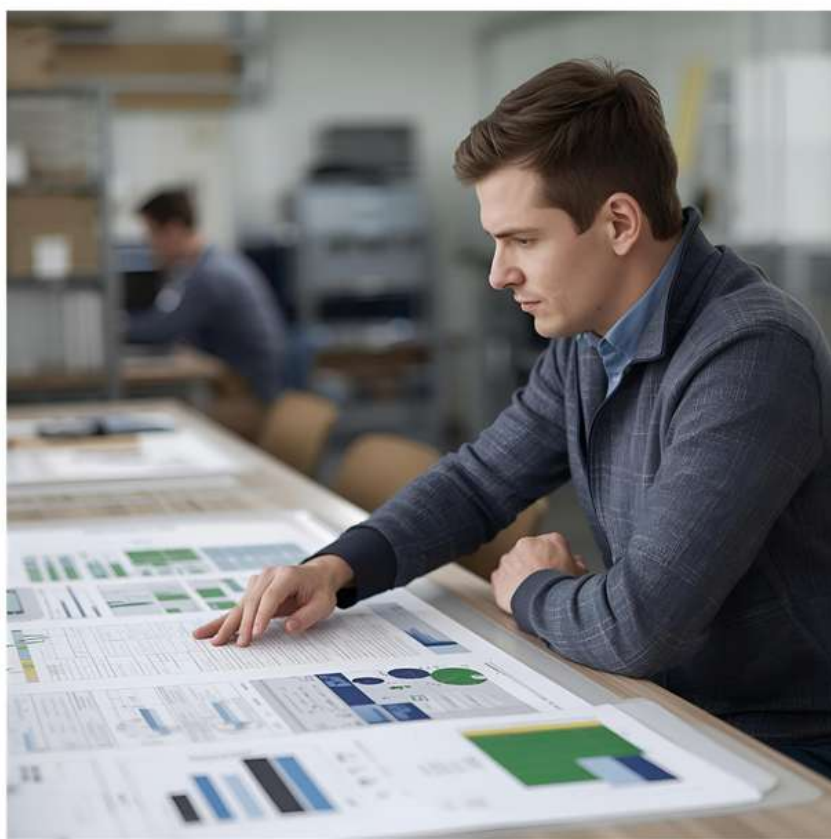
Rozdział 5: Planowanie kariery – możliwości i wyzwania / Informacje dodatkowe do Zagadnień w Rozdziale 5

Temat dla informacji dodatkowych	Odkaz	Opis treści odkazu
Odpowiednie umiejętności potrzebne w sektorze, obecny stan programów nauczania oraz potrzebne ulepszenia Prezentacja wideo na temat budowania kariery Lista wydarzeń w Wielkiej Brytanii i za granicą dla producentów łodzi i stoczni, będących również świetnymi okazjami do networkingu Wskazówki, jak prowadzić networking Grupa LinkedIn Metstrade Young Professionals Możliwości networkingu, przygotowanie do wydarzeń międzynarodowych, historie sukcesu	https://teconaut.eu/en/downloads/ https://www.youtube.com/watch?v=g34Vk5ehGHY https://marineindustrynews.co.uk/marine-industry-events/ https://www.youtube.com/watch?v=OVf5c7NthSw https://www.linkedin.com/groups/12717817/ https://fastercapital.com/content/Boating---Yachting-Networking-Event-Navigating-Success--How-Boating-and-Yachting-Networking-Events-Can-Boost-Your-Career.html	Raport badawczy dotyczący oceny programów nauczania, wytyczne dotyczące identyfikacji i oceny umiejętności, nowy zestaw umiejętności deep tech Przedstawione zawody w budownictwie łodzi, wywiad ekspercki i studia przypadków. Obszerna lista targów łodzi, targów branżowych i wystaw w Wielkiej Brytanii oraz na świecie, pomocnych w poszukiwaniu pracy, budowaniu sieci kontaktów oraz poznawaniu innowacji i zrównoważonego rozwoju. Wskazówki od profesjonalistów, jak opanować networking i wywrzeć trwałe wrażenie. Prywatna grupa na LinkedIn dla młodych profesjonalistów zajmujących się budownictwem łodzi lub pracowników sektora, służąca wymianie doświadczeń, nauce i budowaniu sieci kontaktów. Znaczenie networkingu szczególnie w sektorze budownictwa łodzi, jakie daje korzyści, historie sukcesu, jak przygotować się do międzynarodowych targów branżowych oraz na jakie trendy i innowacje warto zwrócić uwagę.



4

Wytyczne dotyczące szkolenia



Co-funded by
the European Union

ERASMUS-EDU-2023-PI-ALL-INNO

4. Wytyczne dotyczące szkolenia

Ta sekcja zawiera praktyczne, ukierunkowane na zastosowanie wskazówki dla trenerów prowadzących kurs TEcoNaut.

Celem jest wsparcie ich w:

- Stosowaniu rekomendowanych metod nauczania i uczenia się
- Dostosowywaniu podejść dydaktycznych do różnych kontekstów edukacyjnych lub operacyjnych
- Ułatwianiu interaktywnych i efektywnych doświadczeń edukacyjnych
- Zapewnianiu, że zamierzone efekty uczenia się – w szczególności te związane ze zrównoważonym budownictwem łodziowym – są konsekwentnie osiągnięte we wszystkich środowiskach szkoleniowych.

Sekcje 4.1 i 4.2 przedstawiają podejście do szkolenia oraz wskazówki dla trenerów. Sekcja 4.1 zawiera przegląd wybranych oraz uzupełniających metod nauczania, natomiast sekcja 4.2 oferuje praktyczne wskazówki wspierające skuteczne, skoncentrowane na uczestniku i oparte na kompetencjach prowadzenie kursu TEcoNaut. Dzięki tym wytycznym trenerzy są przygotowani do prowadzenia wysokiej jakości zajęć, odzwierciedlających nacisk programu na innowacyjność, zrównoważony rozwój oraz praktyczny rozwój kompetencji.

4.1 Podejście szkoleniowe i wytyczne

Wytyczne dla trenerów

Przygotowując i prowadząc zajęcia, trenerzy powinni:

- **Dobierać odpowiednie metody nauczania** z sekcji 4.1, biorąc pod uwagę zamierzone efekty uczenia się opisane w tabelach każdej jednostki w sekcji 3, dostępne zasoby oraz wcześniejsze doświadczenie uczestników.
- **Zachować równowagę między teorią a praktyką**, aby każde pojęcie było zarówno wyjaśnione, jak i zastosowane, tak by uczestnicy zdobyli praktyczne, „hands-on” zrozumienie.
- **Umożliwiać informację zwrotną i refleksję** po każdej sesji, aby utrwalić wiedzę i zachęcać do samooceny.
- **Dostosowywać metody do formatu realizacji** – stacjonarnego, online lub hybrydowego – przy jednoczesnym zachowaniu inkluzywności i zaangażowania (szczegółowe wskazówki: sekcja 4.1 „Synteza metod”).

Przegląd wybranych metod

TEcoNaut wykorzystuje połączenie pięciu uzupełniających się podejść dydaktycznych, które stanowią pedagogiczny fundament programu. Metody te zostały zaprojektowane tak, aby szkolenie było interaktywne, ukierunkowane na kompetencje i ściśle powiązane z realiami miejsca pracy:

1. **Nauka praktyczna** – Aktywne uczestnictwo poprzez ćwiczenia praktyczne, które pozwalają uczestnikom wykonywać zadania rzeczywiste lub symulowane i bezpośrednio stosować omawiane koncepcje.
2. **Nauka w klasie / zajęcia stacjonarne** – Ustrukturyzowane zajęcia prowadzone przez instruktora, wprowadzające podstawy teoretyczne i stwarzające możliwości moderowanej dyskusji.
3. **Szkolenie online** – Aktywności internetowe lub realizowane we własnym tempie, zapewniające elastyczność i dostęp do cyfrowych materiałów edukacyjnych.
4. **Uczenie się przez doświadczenie** – Uczenie się poprzez refleksję nad doświadczeniami indywidualnymi lub zespołowymi, łączące sytuacje z życia wzięte z nową wiedzą.
5. **Uczenie się projektowe** – Zespołowe badanie autentycznych problemów, wymagające łączenia teorii z praktyką w celu wypracowania namacalnych rezultatów.

Łącznie podejścia te umożliwiają trenerom prowadzenie **angażujących i skutecznych zajęć**, wspierając rozwój zarówno kompetencji technicznych, jak i związanych ze zrównoważonym rozwojem, kluczowych dla sektora budowy łodzi.

Dodatkowe i uzupełniające metody

Trenerzy mogą elastycznie włączać następujące podejścia, aby odpowiadać na różne cele uczenia się, profile uczestników lub tryby realizacji:

- **Nauczanie hybrydowe** – łączące realizację online i stacjonarną, aby zrównoważyć elastyczność i interakcję.
- **Warsztaty** – skoncentrowane na praktyce oraz ćwiczeniach w małych grupach.
- **Dyskusje grupowe i uczenie się współpracujące** – wspierające pracę zespołową i wspólne rozwiązywanie problemów.
- **Instruktaż bezpośredni** – krótkie wprowadzenia teoretyczne lub demonstracje stosowane przed sesjami praktycznymi.
- **Model odwróconej klasy** – przygotowawcza nauka własna, dzięki czemu czas w klasie wykorzystuje się na zastosowanie wiedzy w praktyce.
- **Uczenie się oparte na grach** – włączanie elementów zabawy lub rywalizacji w celu zwiększenia motywacji.
- **Uczenie się oparte na scenariuszach i symulacjach / odgrywanie ról** – umożliwiające bezpieczne eksperymentowanie z realistycznymi przypadkami.
- **Uczenie się oparte na problemach** – uczestnicy współpracują, aby rozwiązywać otwarte, rzeczywiste wyzwania, przy wsparciu i moderacji trenera.

Te dodatkowe metody zapewniają trenerom **elastyczny zestaw narzędzi do dostosowania kursu** do różnych kontekstów, zwiększając zaangażowanie uczestników i skuteczność realizacji szkolenia.

Łączenie metod

Metody szkoleniowe można **strategicznie łączyć**, aby poprawić efekty uczenia się. Na przykład:

- **Rotacja stanowisk i szkolenie krzyżowe** – umożliwiają uczestnikom poznanie różnych funkcji, poszerzając ich doświadczenie praktyczne.
- **Projekty zespołowe połączone z sesjami rozwiązywania problemów** – łączą pracę zespołową z innowacyjnością, zachęcając do stosowania wiedzy w rzeczywistych wyzwaniach.

Trenerów zachęca się do stosowania podobnych połączeń **w celu wzmocnienia związku między rozumieniem teorii a praktycznym wykonaniem**, przy jednoczesnym dostosowaniu podejść do konkretnych potrzeb uczestników i kontekstu szkolenia.



4.2 Praktyczne wskazówki dla trenerów

Ta podsekcja zawiera praktyczne rekomendacje, które pomagają trenerom skutecznie planować i prowadzić sesje TEcoNaut. Jej celem jest wsparcie wysokiej jakości nauczania, wzmocnienie zaangażowania uczestników oraz promowanie spójnej realizacji kursu szkoleniowego.

Przed zajęciami – przygotowanie

- Jasno określ efekty uczenia się. Ustal, co uczestnicy powinni umieć zrobić po zakończeniu lekcji, zamiast koncentrować się wyłącznie na wiedzy teoretycznej.
- Przygotuj materiały z wyprzedzeniem. Sprawdź, czy narzędzia, próbki i pliki cyfrowe działają prawidłowo oraz są dostępne.
- Zorganizuj środowisko uczenia się. Ustaw miejsca i sprzęt tak, aby sprzyjały udziałowi uczestników i zapewniały bezpieczeństwo.
- Dobieraj i łącz metody w sposób przemyślany. Zaplanuj, które podejścia z sekcji 4.1 najlepiej wesprą zamierzone efekty.
- Stwórz pozytywną atmosferę. Zaczynij od krótkiego wprowadzenia lub pytania, które połączy temat z rzeczywistymi sytuacjami w pracy.



W trakcie zajęć – prowadzenie

- Zachęcaj do aktywnego udziału. Stosuj pytania, krótkie dyskusje i zadania praktyczne, aby utrzymać zaangażowanie uczestników.
- Rozdzielaj odpowiedzialność. Zapraszaj uczestników do demonstrowania procedur lub podsumowywania kluczowych punktów.
- Przeplataj teorię z praktyką. Podawaj zwięzłe wyjaśnienia, a następnie przechodź do aktywności interaktywnych lub opartych na doświadczeniu.
- Wykorzystuj pomoce wizualne i materialne. Demonstuj na przykładach fizycznych, schematach lub krótkich filmach, aby wesprzeć zrozumienie.
- Pobudzaj kreatywność. W działaniach projektowych lub problemowych doceniaj innowacyjne rozwiązania i współpracę.

Po zajęciach– refleksja i działania następcze

- Przeprowadź krótkie podsumowanie (debriefing). Omów, czego uczestnicy się nauczyli i jak mogą to zastosować w pracy.
- Zbierz szybką informację zwrotną. Skorzystaj z krótkiej oceny pisemnej lub ustnej, aby wskazać mocne strony oraz obszary do poprawy.
- Podsumuj i połącz treści. Przypomnij najważniejsze wnioski i podkreśl powiązania z kolejnymi modułami.
- Zapisuj praktyczne przykłady. Zachowuj zdjęcia lub notatki z aktywności, które można ponownie wykorzystać lub udostępnić podczas kolejnych sesji.

Realizacja cyfrowa i hybrydowa

- Przetestuj technologię z wyprzedzeniem. Upewnij się, że audio, wideo i narzędzia prezentacyjne działają prawidłowo. Zob. sekcję 8 „Wyposażenie szkoleniowe”.
- Utrzymuj interakcję. Przeplataj krótkie prezentacje aktywnościami uczestników, aby zapobiegać zmęczeniu ekranem.
- Wspieraj współpracę online. Stosuj ćwiczenia grupowe lub współdzielone dokumenty, aby promować pracę zespołową.
- Zapewnij materiały do nauki we własnym tempie. Udostępniaj nagrania lub materiały cyfrowe uczestnikom, którzy potrzebują dodatkowego powtórzenia.



Zrównoważone i inkluzywne nauczanie

- Dawaj przykład zrównoważonego podejścia. Ponownie wykorzystuj materiały demonstracyjne i ogranicz drukowane handouty, stosując cyfrowe alternatywy.
- Zapewnij dostępność. Dostosuj wyjaśnienia i tempo pracy do zróżnicowanych poziomów doświadczenia.
- Wspieraj udział oparty na szacunku. Twórz środowisko, w którym wszyscy uczestnicy czują się komfortowo, zabierając głos.
- Podkreślaj znaczenie tematu. Wykorzystuj przykłady z różnych sektorów morskich, aby nawiązać do zróżnicowanych doświadczeń uczestników.

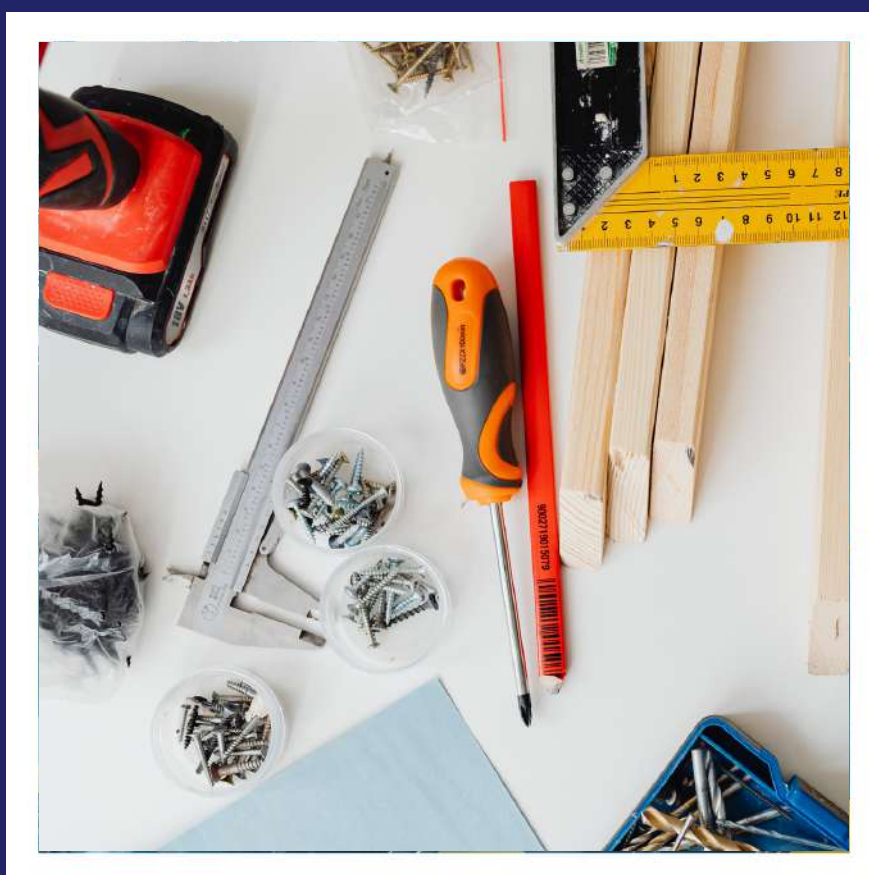


Te rekomendacje stanowią elastyczną listę kontrolną, a nie sztywną procedurę. Nauczycieli/ trenerów zachęca się do dostosowywania ich do konkretnego środowiska uczenia się, dostępnych zasobów oraz potrzeb uczestników, tak aby każda sesja TEcoNaut miała charakter praktyczny, była inkluzywna i pozostawała zgodna z zasadami zrównoważonego rozwoju.



5

Lista materiałów i wyposażenia



5. Lista materiałów i wyposażenia

Skuteczne nauczanie w centrach kształcenia i szkolenia zawodowego (VET) opiera się na dobrze dobranym, praktycznym wyposażeniu szkoleniowym, które pozwala uczestnikom zobaczyć, dotknąć, porównać oraz zastosować materiały i procesy wykorzystywane w rzeczywistych środowiskach produkcyjnych. Sprzęt opisany w tej sekcji wspiera podejście ukierunkowane na praktykę, pomagając uczniom zrozumieć właściwości, zastosowania oraz wyzwania związane z przetwarzaniem zrównoważonych materiałów kompozytowych. Łącząc próbki fizyczne, pomoce wizualne, arkusze ćwiczeń i prowadzone narzędzia praktyczne, trenerzy mogą połączyć teorię z praktyką i przygotować uczestników do zadań związanych ze zrównoważonym budownictwem łodziowym.

Moduł 2: Zrównoważone materiały, ich właściwości i wydajność

Temat 2.1.1: Właściwości materiałów: Charakterystyka i zastosowania

Wyposażenie szkoleniowe dla tego tematu koncentruje się na umożliwieniu uczestnikom porównywania i zrozumienia różnych materiałów wzmacniających powszechnie stosowanych w zrównoważonych kompozytach. Próbki materiałów, takich jak len, bazalt, PET z recyklingu (rPET) oraz włókno szklane, powinny być dostępne w małych, poręcznych fragmentach, aby uczestnicy mogli ocenić fakturę, elastyczność, strukturę włókien oraz wygląd powierzchni.

Wykresy lub materiały dla uczestników porównujące właściwości wspierają uporządkowane uczenie się, ponieważ w sposób wizualny podsumowują kluczowe cechy, takie jak sztywność, masa, zachowanie w kontakcie z wilgocią, możliwość recyklingu oraz typowe zastosowania. Prezentacje PowerPoint lub materiały na tablicy mogą służyć do wyjaśniania pojęć takich jak wytrzymałość na rozciąganie czy orientacja włókien, natomiast zdjęcia rzeczywistych elementów łodzi pomagają uczestnikom powiązać abstrakcyjne właściwości materiałów z praktycznymi zastosowaniami w kadłubach, pokładach, wnętrzach lub strukturach drugorzędnych.

Lista niezbędnych materiałów i wyposażenia:

- Próbki materiałów (np. len, bazalt, rPET, włókno szklane)
- Wykresy/tabele porównawcze właściwości lub materiały dla uczestników
- Prezentacja PowerPoint lub materiały na tablicę
- Zdjęcia zastosowań w rzeczywistych elementach łodzi.

Poglądowe zdjęcie wymaganych materiałów i wyposażenia



Skąła wulkaniczna – proszek bazaltowy



Granulat Bazaltowy

Temat 2.2.1: Raw material categories: Natural fibers, recycled fibers, basalt, regenerated cellulose

W tym temacie wyraźnie opisane karty próbek włókien lub małe wiązki umożliwiają uczestnikom rozróżnianie różnych kategorii surowców. Etykiety powinny zawierać typ włókna oraz podstawowe informacje dotyczące zrównoważonego rozwoju. Tabela porównawcza włókien technicznych i nietechnicznych pomaga uczestnikom zobrazować zakresy parametrów oraz ograniczenia.

Krótkie karty danych włókien stanowią podręczne źródło informacji, natomiast arkusz dopasowywania lub ćwiczenie „wytnij i wklej” wzmacnia uczenie się, prosząc uczniów o połączenie typów włókien z ich właściwościami lub zastosowaniami. Zdjęcia pokazujące wykorzystanie tych włókien w elementach budowy łodzi dodatkowo podkreślają ich znaczenie we współczesnej, zrównoważonej produkcji.

Lista niezbędnych materiałów i wyposażenia:

- Karty próbek włókien lub wiązki (opisane/oznaczone)
- Tabela porównawcza (włókna techniczne vs. nietechniczne)
- Karty danych włókien (krótkie, wizualne)
- Arkusz dopasowywania lub ćwiczenie „wytnij i wklej”
- Zdjęcia zastosowań włókien w budowie łodzi.

Poglądowe zdjęcie wymaganych materiałów i wyposażenia



Włókna bazaltowe (cięte)



Włókna bazaltowe

Sub-topic 2.2.2: Textiles: Textile architectures in composites

Nauczanie architektur tekstylnych wymaga wizualnego wyposażenia szkoleniowego. Próbki tekstyliów tkanych, nietkanych oraz jednokierunkowych (UD) pozwalają uczestnikom fizycznie poznać różnice w strukturze i zachowaniu materiału podczas pracy. Strzałki kierunku włókien naniesione bezpośrednio na próbki lub przedstawione na schematach pomagają wyjaśnić przebieg obciążeń oraz właściwości konstrukcyjne.

Mały model elementu, np. kształt z pianki, umożliwia uczestnikom ćwiczenie układania tkanin (drapowania) i obserwowanie, jak różne struktury zachowują się na powierzchniach zakrzywionych. Arkusze z zadaniami dopasowania tekstyliów do zastosowań wspierają refleksję i pomagają uczestnikom powiązać dobór tekstyliów z rzeczywistymi wymaganiami budowy łodzi.

Lista niezbędnych materiałów i wyposażenia:

- Próbki tekstyliów (tkane, nietkane, jednokierunkowe – UD)
- Strzałki kierunku włókien (na próbkach lub na schematach)
- Model elementu do układania tkaniny (np. mały kształt z pianki)
- Arkusz ćwiczeń z zadaniem dopasowania tekstyliów do zastosowań.

Poglądowe zdjęcie wymaganych materiałów i wyposażenia

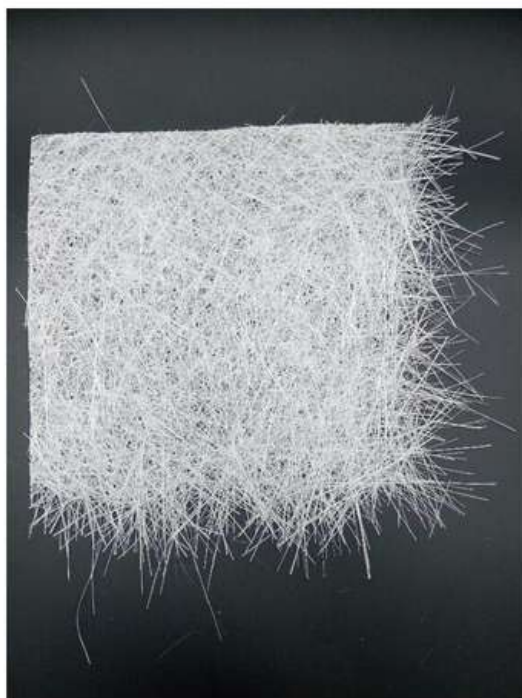


Tkanina dwukierunkowa z włókna szklanego



Tkanina trójosiowa z włókna szklanego

Poglądowe zdjęcie wymaganych materiałów i wyposażenia



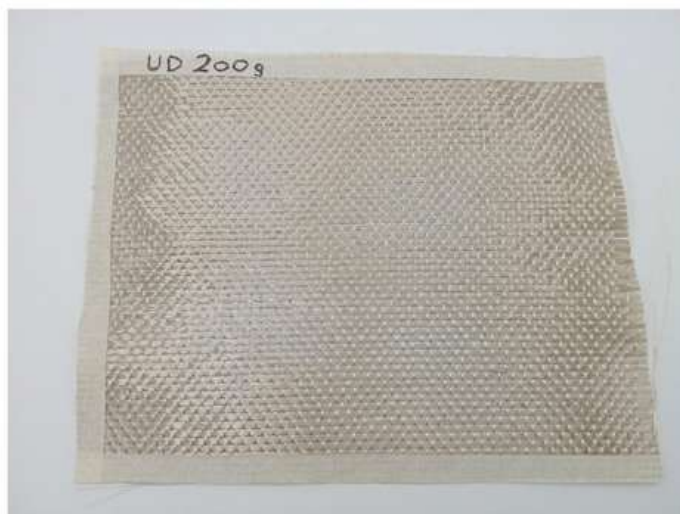
Mata z ciętego włókna szklanego



Tkanina bazaltowa dwukierunkowa



Tkanina bazaltowa trójosiowa



Jednokierunkowa tkanina z włókien bazaltowych

Sub-topic 2.2.5: Sustainable sandwich cores: Balsa wood, cork, recycled PET, wood, paper honeycomb

Ten temat szczególnie zyskuje na wykorzystaniu fizycznych próbek materiałów rdzeniowych. Niewielkie bloczki lub wycinki balsy, korka, pianki z PET z recyklingu (rPET), drewna oraz papierowego plastra miodu pozwalają uczestnikom porównać masę, sztywność, fakturę powierzchni i strukturę wewnętrzną. Prosta karta danych lub tabela przeglądowa podsumowuje kluczowe właściwości, takie jak gęstość, wytrzymałość na ściskanie oraz aspekty związane ze zrównoważonym rozwojem.

Opcjonalnie można wykorzystać wagę, aby zademonstrować różnice w gęstości, natomiast bezpieczne narzędzia tnące – pod nadzorem – pozwalają uczestnikom ocenić opór materiału i jego strukturę wewnętrzną. Materiał dla uczestników zawierający matrycę doboru materiału rdzeniowego wspiera ćwiczenia decyzyjne, w których uczestnicy wybierają odpowiednie rdzenie do konkretnych elementów łodzi.

Lista niezbędnych materiałów i wyposażenia:

- Próbki bloków lub wycinków materiałów rdzeniowych (balsa, korek, pianka rPET itp.)
- Prosta karta danych / tabela przeglądowa
- Waga (opcjonalnie)
- Nóż lub narzędzie tnące do oceny „czucia” materiału (jeśli jest bezpieczne)
- Materiał dla uczestników: matryca doboru materiału rdzeniowego.

Poglądowe zdjęcie wymaganych materiałów i wyposażenia



Rowkowany rdzeń piankowy



Sztywny rdzeń piankowy



Rdzeń z balsy

Unit 3 - Application techniques in manufacturing and repair work

Sub-topic 3.1.1: Tools, equipment, surface preparation

Ten temat wprowadza uczestników w narzędzia, wyposażenie oraz czynności przygotowawcze wymagane przed rozpoczęciem jakichkolwiek prac laminowania kompozytów lub napraw. Do praktycznego zapoznania się należy udostępnić przykładowe narzędzia ręczne, takie jak nożyczki, wałki i gąbki/pady ścierne. Próbkę powierzchni przygotowane z różnych materiałów (np. utwardzone laminaty, powierzchnie żelkotowe lub materiały rdzeniowe) są niezbędne do ćwiczenia zadań związanych z przygotowaniem podłoża. Aceton lub odpowiedni, bezpieczniejszy zamiennik stosuje się do zaprezentowania czyszczenia powierzchni i usuwania zanieczyszczeń. Środki ochrony indywidualnej, takie jak rękawice, gogle i maski, muszą być dostępne i konsekwentnie używane podczas wszystkich czynności przygotowawczych. Wzmacnia to bezpieczne praktyki pracy oraz podkreśla zagrożenia zdrowotne i środowiskowe związane z pyłem, rozpuszczalnikami i włóknami. Wydrukowana lista kontrolna opisująca kroki przygotowania powierzchni zapewnia uporządkowane wskazówki, pomagając uczestnikom utrwalić prawidłową kolejność działań, kontrolę jakości oraz środki bezpieczeństwa.

Lista niezbędnych materiałów i wyposażenia:

- Przykładowe narzędzia: nożyczki, wałki, gąbki/pady ścierne, aceton lub zamiennik
- Próbkę powierzchni do zadań przygotowawczych
- Środki ochrony indywidualnej (rękawice, gogle, maski)
- Wydrukowana lista kontrolna kroków przygotowania powierzchni

Poglądowe zdjęcie wymaganych materiałów i wyposażenia



Drewniane szpatułki



Papier ścierny do szlifowania pokładu (różne gradacje)



Papier ścierny (różne gradacje)

Sub-topic 3.1.3: Laminating techniques: Applying bio-based resins with natural fibers

Praktyczne ćwiczenia z laminowania wymagają realistycznego wyposażenia warsztatowego. Tkaniny z włókien naturalnych, takich jak len, w połączeniu z żywicami bioopartymi pozwalają uczestnikom skupić się na prawidłowym procesie, a nie na błędach wynikających z niewłaściwego przygotowania materiału. Pędzle, wałki i narzędzia do mieszania wspierają praktyczną aplikację, natomiast forma lub płyta stalowa zapewnia kontrolowaną powierzchnię do laminowania.

Środki ochrony indywidualnej wzmacniają bezpieczne praktyki pracy. Lista kontrolna instrukcji laminowania prowadzi uczestników krok po kroku przez cały proces, pomagając im wypracować spójne, powtarzalne techniki zgodne ze standardami branżowymi.

Lista niezbędnych materiałów i wyposażenia:

- Tkanina z włókien naturalnych (len, włókna techniczne)
- Biożywica (odmierzona porcja)
- Pędzle, wałki, narzędzia do mieszania
- Forma lub płyta stalowa
- Środki ochrony indywidualnej
- Lista kontrolna instrukcji laminowania

Poglądowe zdjęcie wymaganych materiałów i wyposażenia



Pędzel



Wałek



Wałek dociskowy



pojemnik do mieszania



Mieszadło

Sub-topic 3.1.4: Challenges: Processing difficulties and optimizing sustainable materials

Aby zilustrować wyzwania związane z przetwarzaniem, uczestnicy powinni pracować z materiałami takimi jak tkanina lniana o splocie skośnym oraz tkanina z włókna szklanego o splocie skośnym o podobnej gramaturze, a także z żywicami epoksydowymi naturalnymi i standardowymi. Taki zestaw umożliwia bezpośrednie porównanie zachowania materiałów podczas pracy, charakterystyki nasiąkania żywicą (wet-out) oraz jakości powierzchni.

Płyty do laminowania lub formy umożliwiają przeprowadzanie prób praktycznych, natomiast zestaw demonstracyjny do infuzji próżniowej, obsługiwany przez trenera, prezentuje bardziej zaawansowane metody przetwarzania. Przykładowe zdjęcia wad (np. suche miejsca, zniekształcenia włókien, obszary z nadmiarem żywicy) pomagają uczestnikom identyfikować typowe problemy. Arkusz kontroli i refleksji zachęca do analizy oraz dyskusji nad tym, jak optymalizować wykorzystanie materiałów zrównoważonych.

Lista niezbędnych materiałów i wyposażenia:

- Tkanina lniana oraz tkanina z włókna szklanego o podobnej gramaturze
- Żywice epoksydowe naturalne oraz standardowe
- Narzędzia do mieszania, pędzle, wałki
- Płyty do laminowania lub formy
- Zestaw demonstracyjny do infuzji próżniowej (do użytku trenera)
- Przykładowe zdjęcia wad do porównania
- Arkusz kontroli i podsumowujący dla uczestników

Poglądowe zdjęcie wymaganych materiałów i wyposażenia



Żywica poliestrowa (standardowa)



Pędzel



Walek



Pojemnik do mieszania



Mieszadło



Pompa próżniowa



Tkanina odrywana



Folia do laminowania próżniowego



Taśma uszczelniająca



Ogólne materiały eksploatacyjne do laminowania próżniowego kompozytów



Zbiornik na żywicę

Sub-topic 3.2.2: Repair techniques: Standardized repair methods for sustainable composites

Szkolenie z napraw wymaga realistycznych scenariuszy uszkodzeń. Uszkodzona płyta laminowana stanowi bazę do ćwiczeń naprawczych z wykorzystaniem tkanin z włókien naturalnych lub wulkanicznych oraz biożywic. Pędzle, wałki i narzędzia do mieszania umożliwiają kontrolowaną aplikację, natomiast sprzęt do szlifowania i matowienia pozwala uczestnikom prawidłowo przygotować obszary naprawy.

Środki ochrony indywidualnej są niezbędne, aby wzmocnić przestrzeganie standardów bezpieczeństwa. Lista kontrolna instrukcji laminowania zapewnia, że naprawy są wykonywane zgodnie z uporządkowaną, ustandaryzowaną metodą, pomagając uczestnikom zrozumieć wymagania jakościowe w zrównoważonych pracach naprawczych kompozytów.

Lista niezbędnych materiałów i wyposażenia:

- Tkanina z włókien naturalnych (włókna wulkaniczne)
- Biożywica (odmierzona porcja)
- Pędzle, wałki, narzędzia do mieszania
- Uszkodzona płyta laminowana
- Sprzęt do szlifowania i matowienia (papier ścierny, szlifierka itp.)
- Środki ochrony indywidualnej
- Lista kontrolna instrukcji laminowania

Poglądowe zdjęcie wymaganych materiałów i wyposażenia



Pędzel



Walek



Pojemnik do mieszania



Mieszadło



Papier ścierny do szlifowania pokładu (różne gradacje)



Papier ścierny (różne gradacje)



Załącznik

Prezentacje wspierające:

- **Filmy z warsztatów Skills Shadowing**
- **Prezentacja na temat materiałów deep-tech**
- **Prezentacja na temat właściwości mechanicznych materiałów**





Filmy z Warsztatów Praktycznych



Co-funded by
the European Union

ERASMUS-EDU-2023-PI-ALL-INNO

Poniższe filmy zostały przygotowane w ramach europejskiego projektu TecoNaut. Materiał został nagrany podczas warsztatów praktycznych w stoczni Astondoa, a także w zakładach Innovation Yachts i Green Boats.

Materiał obejmuje cały zakres procesu produkcyjnego – od ekologicznych surowców po praktyczne zastosowanie specjalistycznych technik wytwarzania, takich jak infuzja żywicy metodą próżniową.

Film 1: Wytwarzanie materiałów kompozytowych z wykorzystaniem włókien pochodzących z recyklingu oraz technik próżniowych.

<https://www.youtube.com/watch?v=CxCg8OJMKFI>



Prawa autorskie © ASTONDOA

Co zawiera film?

Film przedstawia praktyczne zastosowanie zrównoważonych materiałów w **produkcji paneli kompozytowych (laminatów)**. Rozpoczyna się od szkolenia teoretycznego dotyczącego **włókien węglowych pochodzących z recyklingu**, a następnie przechodzi do części praktycznej obejmującej **proces infuzji żywicy metodą próżniową**. W przypadku pierwszej próbki wykorzystano **żywicę termoplastyczną** oraz **włókna węglowe z recyklingu**. Film obejmuje kluczowe etapy procesu, takie jak test **szczelności worka próżniowego oraz badanie odporności gotowego panelu na aceton**. W drugiej próbce wykonano panel kompozytowy z użyciem naturalnej żywicy epoksydowej, korka oraz włókien lnianych. Materiał doskonale pokazuje przejście od teorii do produkcji oraz umożliwia porównanie różnych systemów infuzji w warunkach rzeczywistych.

Film 2: Techniki infuzji żywicy metodą próżniową w formie z wykorzystaniem włókien naturalnych i rdzenia z drewna balsa.

<https://www.youtube.com/watch?v=qMBLFOvja0M>



Prawa autorskie © INNOVATION YACHTS

Co zawiera film?

Film stanowi szczegółowy, krok po kroku przewodnik po laminowaniu w konstrukcji łodzi. Proces rozpoczyna się od **cięcia warstw** oraz **przygotowania powierzchni formy**, która jest już pokryta warstwą żelkotu. Następnie nakładana jest **pierwsza warstwa żywicy**, ze szczególnym uwzględnieniem narożników, po czym stopniowo układane są trzy warstwy włókien. Znaczna część filmu poświęcona jest przygotowaniu i rozmieszczeniu drewna balsa w odpowiednich obszarach. Proces kończy się **etapem próżniowym** z wykorzystaniem takich materiałów jak **tkanina oddzielająca, folia perforowana, włóknina drenująca oraz worek próżniowy**. Ostatni etap obejmuje kontrolę i **uszczelnienie ewentualnych nieszczelności**.

Film 3: Innowacje i zrównoważony rozwój w budowie łodzi: materiały i zastosowania.

<https://www.youtube.com/watch?v=6fjG-WgYl6Y>



Prawa autorskie © INNOVATION YACHTS

Co zawiera film?

Film obejmuje omówienie zastosowania **materiałów poliestrowych** oraz **żywic epoksydowych**, wraz z analizą wyzwań i zalet każdego z tych rozwiązań. Zaprezentowano w nim **próbki wybranych materiałów pochodzenia biologicznego**, a następnie pokazano **praktyczne zastosowanie techniki laminowania ręcznego** na rzeczywistym fragmencie łodzi. Film przedstawia wykorzystanie narzędzi do laminowania ręcznego oraz specjalistycznych nożyc do cięcia włókien i tkanin, a także przygotowanie **procesu próżniowego**. Materiał kończy się udanym **procesem rozformowania** gotowego produktu.

Film 4: Naturalne włókna lniane w zrównoważonej budowie rekreacyjnych jednostek pływających.

<https://teconaut.eu/en/downloads/skills-shadowing-videos/>



Prawa autorskie © GREENBOATS

Co zawiera film?

Film koncentruje się na wykorzystaniu **włókien lnianych** jako zrównoważonej alternatywy dla tradycyjnych materiałów wzmacniających. Przedstawiono zalety lnu, takie jak **niski ślad CO₂** oraz bardzo dobre właściwości mechaniczne, a także porównano go z włóknami szklanymi i węglowymi. Proces obejmuje omówienie **uprawy i przetwarzania rośliny** aż do jej przekształcenia w tkaniny. W części praktycznej zaprezentowano zastosowanie włókien lnianych w **strukturach przekładkowych** oraz ich kompatybilność z żywicami naturalnymi, podkreślając potencjał **recyklingu** i ograniczania odpadów w sektorze rekreacyjnych jednostek pływających.

Film 5: Wizyta w stoczni oraz przegląd zrównoważonych materiałów wykorzystywanych w budowie łodzi.

<https://teconaut.eu/en/downloads/skills-shadowing-videos/>



Prawa autorskie © GREENBOATS

Co zawiera film?

Film dokumentuje wizytę w rzeczywistym zakładzie produkcyjnym, koncentrując się na bezpośrednim kontakcie wizualnym z materiałami i wyposażeniem. Zbliżenia pokazują **rolki włókien naturalnych** przechowywane na regałach, a także **materiał rdzeniowy**, który został już poddany **obróbce próżniowej**. Student może zaobserwować proces nakładania taśmy uszczelniającej na formę w celu przygotowania worka próżniowego. Dodatkowo zaprezentowano końcowy efekt w postaci **łodzi znajdującej się w budowie**, z widoczną teksturą **włókien naturalnych** po laminowaniu.

Film 6: Rozwijanie umiejętności technicznych w budowie jednostek pływających poprzez wykorzystanie zrównoważonych materiałów w produkcji pojazdów.

<https://teconaut.eu/en/downloads/skills-shadowing-videos/>



Prawa autorskie © GREENBOATS

Co zawiera film?

Film pokazuje, w jaki sposób wiedza z zakresu **włókien naturalnych** i **materiałów kompozytowych** może zostać przeniesiona ze stoczni do innych zastosowań produkcyjnych. Koncentruje się na wykorzystaniu **lekkich konstrukcji** do tworzenia **kabin oraz wyposażenia kamperów**. Uczestnik szkolenia może zaobserwować praktyczne zastosowanie paneli kompozytowych w projektowaniu wnętrza pojazdów i ich izolacji. Film pokazuje, że umiejętności związane z obróbką tych materiałów mogą stanowić rozwiązanie dla każdego sektora wymagającego **trwałości, niskiej masy oraz zrównoważonego podejścia do konstrukcji**.

Film 7: Siedmioetapowy przewodnik po infuzji żywicy metodą próżniową.

<https://teconaut.eu/en/downloads/skills-shadowing-videos/>



Prawa autorskie © GREENBOATS

Co zawiera film?

Proces **infuzji żywicy metodą próżniową** przedstawiono w siedmiu etapach, z wykorzystaniem **włókien lnianych**. Do przygotowania tkanin używane są **narzędzia tnące**, a także **taśma uszczelniająca** oraz specjalistyczne **elastyczne przewody** do transferu żywicy i podłączenia do **pompy próżniowej**. Film pokazuje zastosowanie **manometru próżniowego** do wykrywania nieszczelności oraz monitorowania ciśnienia podczas infuzji żywicy. Proces obejmuje również użycie **kubków do mieszania żywicy** i **zacisków do przewodów** w celu regulacji przepływu. Końcowa kontrola przeprowadzana jest na próbce w **formie płaskiej płyty**.



Prezentacja na temat materiałów deep-tech

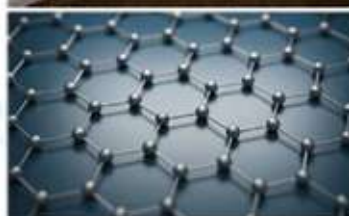





Co-funded by the European Union

An Overview of the Deep Tech Materials Landscape

Artur Karczewski, PhD, Eng.
Gdańsk University of Technology
Gdańsk, Poland


Co-funded by the European Union

Presentation overview

- Deep Tech Materials definition?
- Why is there a need to use deep-tech materials?
- Deep Tech materials overview
- Group work and discussion



Co-funded by the European Union

Question

When you hear the term Deep tech material, what do you think of?

Scan and answer






Answers




Lightweight

Durability




Innovation

Technology




Uncertainty





technical
(will it work outside the lab?)

regulatory (can it meet safety and certification standards?)

market-based
(will there be demand?)




Deep tech materials

Deep tech materials are advanced materials that emerge from cutting-edge scientific research and technological breakthroughs. Unlike conventional materials, they are defined by the high level of complexity, uncertainty, and innovation involved in their development.






Why do they matter?

Deep tech materials aren't just new—they're changing the rules of how we design, produce, and use materials across industries.

They are transforming: automotive, aerospace, electronics and medicine.





Co-funded by the European Union

Automotive

- Advanced high-strength steels (AHSSs) in body structures and chassis
- Natural-fiber-reinforced composites
- Graphene and carbon nanotubes in sensors and actuators
- Metamaterials for radar, antennas, and electromagnetic shielding for electric vehicles
- Piezoelectric materials in sensors and actuators
- Shape Memory Alloys (SMAs) in structural components and safety applications
- Man-made honeycomb structures in automobile components




Co-funded by the European Union

Aerospace

- Lightweight carbon-based nanomaterials and auxetic metamaterials (NPRs) in aerospace applications
- Advanced polymers for fuselage and wings
- Advanced composites for spacecrafts crew decks and armor use
- Bio-inspired design in aerospace innovations




Co-funded by the European Union

Electronics

- Quantum dots in display technologies
- Nanowires, carbon nanotubes (CNTs), graphene in electronic parts
- Advanced conductive polymers (ACPs), in smart electronics, bioelectronics, energy storage and conversion devices
- Smart materials and metamaterials in wearable electronics and sensors
- Transition metal dichalcogenides (TMDs) in photonics
- Bio-inspired materials in batteries and portable electronics




Co-funded by the European Union

Healthcare

- Biocompatible materials and electromagnetic metamaterials for wearable flexible hybrid electronics
- Polymer-based composites for tissue engineering and drug delivery
- Carbon nanotubes, nanowires, nanoparticles, quantum dots and graphene in diagnostics, drug and alcohol sensing, drug delivery, biosensors and bioelectronic devices
- Bio-inspired innovations in reducing disease transmission






Question

Why is there a need to search for new materials in boathbuilding?

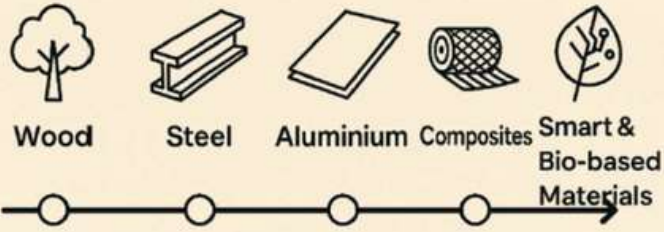
Office on the web Frame

Scan and answer






Transistion



Wood Steel Aluminium Composites Smart & Bio-based Materials



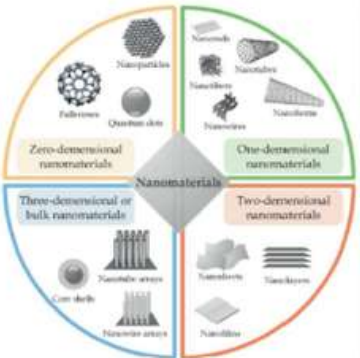

Comparison

	Deep-Tech	Traditional Materials
Weight	Lightweight	Heavier
Strength	Higher	Lower
Corrosion Resistance	High	Limited
UV Resistance	Strong	Needs Coating
Recyclability	Varies	Lower
Repairability	Easier	Easier




Nanomaterials

Nanomaterials are materials engineered at the nanometer scale (1 – 100 nm), where quantum and surface effects dominate material behavior. Due to their extremely small size and large surface area-to-volume ratio, nanomaterials exhibit unique mechanical, chemical, thermal, and electrical properties not observed in their bulk counterparts. These characteristics make them particularly well-suited for applications in challenging marine environments, including boat construction, underwater systems, and offshore infrastructure.





TECONAUT



Co-funded by the
European Union

Nanomaterials

Category	Details
Material Classification	Nanostructured materials (e.g., nanoparticles, nanotubes, nanocomposites)
Mechanical Properties	High strength-to-weight ratio, fracture resistance, fatigue life enhancement
Surface Functions	Corrosion resistance, anti-fouling, UV protection, self-cleaning
Thermal/Optical Properties	UV blocking, heat dissipation, thermal insulation
Applications in Yachts	Nano-reinforced hulls, anti-fouling coatings, nanostructured UV-protective finishes, advanced sensor systems, nanocoatings on mechanical parts
Emerging Uses	Smart coatings, nanogenerators, lightweight energy storage (batteries, supercapacitors)



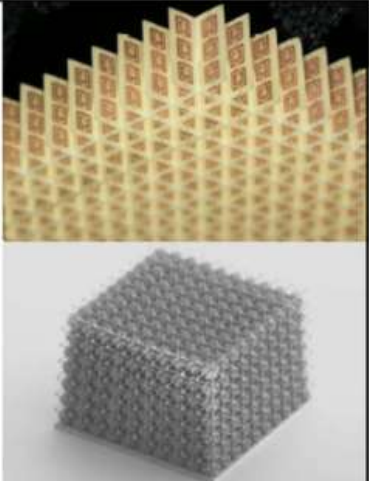
TECONAUT



Co-funded by the
European Union

Metamaterials

Metamaterials are artificially engineered materials designed to exhibit physical properties not found in nature. By carefully structuring their internal geometry, these materials can control acoustic, thermal, and electromagnetic waves in ways conventional materials cannot. While metamaterials have been widely explored in aerospace, defense, and telecommunications, their potential in the field of boat construction is increasingly recognized.





TECONAUT



Co-funded by the
European Union

Metamaterials

Category	Details
Material Classification	Advanced Engineered Materials (subset of functional materials)
Division into Groups	- Mechanical Metamaterials – optimized for strength, flexibility, etc. - Acoustic Metamaterials – control of sound waves; - Thermal Metamaterials – manipulation of heat flow; - Electromagnetic Metamaterials – control of EM/radar waves; - Optical Metamaterials – light wave control (cloaking, lenses)
Mechanical Properties	- High strength-to-weight ratio - Auxetic behavior (negative Poisson's ratio) - High stiffness or controlled deformability



TECONAUT



Co-funded by the
European Union

Metamaterials

Category	Details
Mechanical Properties	- Energy absorption - Tuneable elasticity and density depending on geometry
Application Cases	- Boat hulls: lightweight, impact-resistant structures - Noise insulation: cabins with acoustic metamaterials - Radar stealth: reduced detectability of military vessels - Thermal management: optimized interior climate control - Hydrodynamic coatings: drag reduction, anti-biofouling - Energy harvesting: from wave or vibration-induced deformation

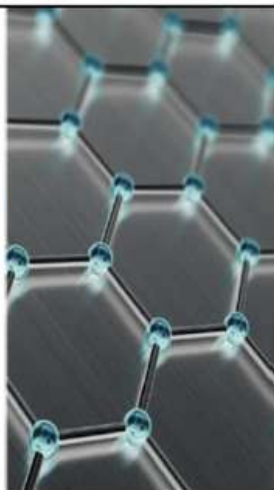


Co-funded by the
European Union

TECONAUT

Quantum materials

Quantum materials, defined by properties like entanglement, topological states, and strong electronic correlations, represent a new frontier in advanced materials. Their application can be already encountered particularly in the healthcare industry and electronics. Though their current use in the maritime sector—particularly the yacht industry—is limited, their potential is significant. These materials could revolutionize marine systems through ultra-sensitive sensors, efficient energy subsystems, and high-performance composites tailored for demanding oceanic environments.



Co-funded by the
European Union

TECONAUT

Quantum materials

Category	Details
Material Classification	Topological insulators, Weyl and Dirac semimetals, Mott insulators, heavy fermion systems, unconventional superconductors, spin liquids
Division into Groups	- Topological states - Strong electronic correlations - Quantum spin and entanglement phenomena
Mechanical Properties	- Generally brittle and sensitive to defects - Low ductility and mechanical strength - Not suitable for structural or load-bearing use - Often require encapsulation or substrate stabilization



Co-funded by the
European Union

TECONAUT

Advanced polymers & composites

Polymers and composites are some of the most widely used materials in modern boatbuilding. Unlike traditional materials such as wood or steel, composites are made by combining a polymer resin (the glue or matrix) with reinforcing fibers (like glass, carbon, or flax). This combination creates materials that are light, strong, and versatile, making them ideal for both structural parts of a boat and interior features.



Co-funded by the
European Union

TECONAUT

Advanced polymers & composites

Category	Details
Material Classification	Polymers / composites are a composition of at least two materials, with different physical and chemical properties, in this case: - Polymer plastics, the resin - Organic and / or inorganic fibre reinforcements
Division into Groups	They are grouped by manufacturing qualities and origins: - Resins / Matrixes / Plastics / Glue: - Thermosets / Thermosetting polymer (e.g. Epoxy, Polyester) - Thermoplastics (e.g. Acrylics) - Fiber reinforcements: - Inorganic - Mineral (e.g. Volcanic, Basalt, Glass) - Organic: Plant fibres (e.g. Flax, Hemp, Bamboo); Synthetic fibres (e.g. Carbon, Aramid)




Advanced polymers & composites

Category	Details
Mechanical Properties	• Lightweight • High-strength & high-stiffness • Versatility in application & in design • Resistance to environment • Low manufacturing costs
Application Cases	• Hull and deck structure • Inner hull • Shower trays • Interior arrangement




Bio-inspired & smart materials

Bio-inspired & smart materials can be grouped by their functional analogy to natural systems, while smart materials are typically classified by their response to external stimuli such as temperature, pH, light, or mechanical stress. These two categories overlap in function but differ in conceptual origin: bio-inspiration derives from observed biological strategies; smart materials focus on stimulus-triggered reactions. Smart materials are typically classified by the external stimulus they respond to.





Bio-inspired materials

Category	Description
Material Classification	Bio-inspired (functionally nature-derived) / Smart (stimuli-responsive)
Division into Groups	Bio-inspired by surface (e.g., lotus, sharkskin), structure (e.g., fibres, cuticle), or function
Mechanical Properties	Varying; often not load-bearing; some materials offer vibration damping, wear and impact resistance
Limitations	Durability, lack of certification, limited structural applications, scalability
Application Cases	Anti-fouling coatings, composites, sensor-embedded laminates, self-healing coatings

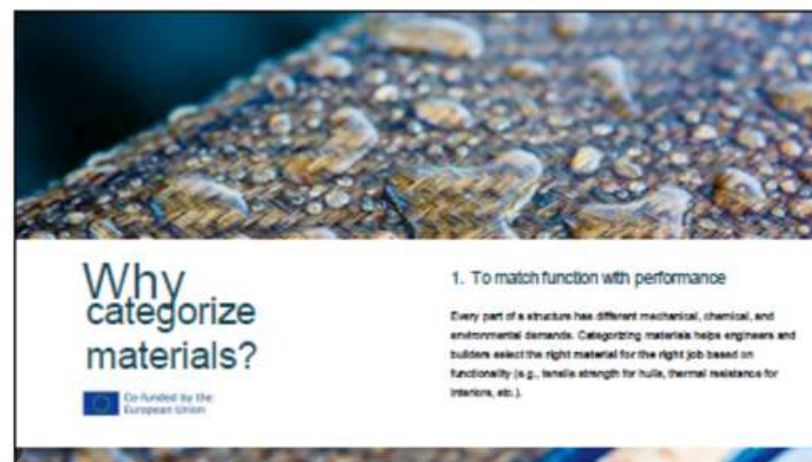



Sustainability materials

Sustainable materials—such as recycled PET cores, bio-based resins and recycled carbon fibers—are emerging as viable alternatives in marine construction. Offering solid structural performance and environmental benefits, they are increasingly used in hulls, decks, and non-critical components of energy-efficient vessels.









Why categorize materials?

Co-funded by the European Union

2. To enable smarter, more sustainable design

Categorizing materials based on properties like recyclability, bio-content, or lifecycle impact supports eco-conscious decisions. It helps designers avoid "burden shifting" (solving one environmental problem while creating another), a common issue in sustainability.



Why categorize materials?

Co-funded by the European Union

3. To improve manufacturing and maintenance efficiency

Functional categorization guides process planning — certain materials are better suited to vacuum infusion, others to hand lay-up or 3D printing. It also helps predict reparability, lifespan, and end-of-life scenarios (e.g., ease of disassembly, recyclability).



Why categorize materials?

Co-funded by the European Union

4. To align with regulatory and certification requirements

5. To support innovation and integration of new technologies

6. To enhance communication across teams

Co-funded by the European Union



Importance

of material categorization in yacht design, sustainability, and performance

1. Yacht design: engineering for purpose:

Categorizing materials based on their mechanical properties (tensile, flexural, impact, etc.) and functional roles helps naval architects and designers:

- Select optimal materials for each part
- Design lighter, stronger, and safer boats
- Balance cost vs. performance in a rational way

Hulls	Decks	Interiors
		
Impact and Water Resistance	Slip Resistance and Strength under Compression	Weight and Aesthetics

Co-funded by the European Union

Importance

of material categorization in yacht design, sustainability, and performance

2. Sustainability: Smarter Material Choices

Functional categorization includes environmental metrics such as:

- Renewability
- Recyclability
- Life cycle emissions
- End-of-life options (reuse, biodegradability)

This enables builders to:

- Reduce carbon footprint (e.g., by choosing flax over fiberglass)
- Avoid toxic resins and coatings
- Improve circularity through modular construction and recyclable composites



Co-funded by the European Union

Importance

of material categorization in yacht design, sustainability, and performance

3. Performance: Getting the best out of the boat

Materials influence the speed, durability, and comfort of a yacht.

Categorizing by performance allows:

- Strategic layering and lay-up design
- Better resistance to marine threats (UV, osmosis, corrosion)
- Enhanced hydrodynamics through advanced coatings (e.g., sharkskin-inspired)



TECONAUT Co-funded by the European Union

Deep – tech materials

Deep-tech materials are advanced materials that emerge from cutting-edge scientific research and technological breakthroughs. Unlike conventional materials, they are defined by the high level of complexity, uncertainty, and innovation involved in their development.



TECONAUT Co-funded by the European Union

Key features

Complexity - Engineered at the molecular, nano, or multi-functional level. Often involve hybrid systems (e.g., bio-based + smart).

Innovation-Driven - Born from frontier science (nanotech, AI-driven materials discovery, quantum chemistry). Often protected by patents or require IP strategies.

Long R&D Cycles - Years (sometimes decades) from lab to commercial use. Require high investment and iterative testing.



Co-funded by the
European Union

Key features

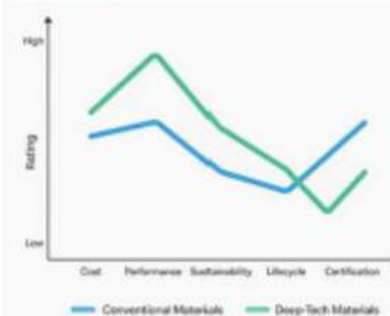
Uncertainty - Technical (performance in real-world), regulatory (compliance), and market-related (adoption and scale) risks.

High Entry Barriers - Require specialized knowledge, infrastructure, and certification. Not easily commoditized.



Co-funded by the
European Union

Key features



- Higher strength-to-weight ratios
- Improved fatigue, thermal, and chemical resistance
- Custom-engineered at nano or molecular levels (e.g., carbon nanotubes, graphene)
- Enable multifunctional applications (e.g., structural + sensing + self-healing)



Co-funded by the
European Union

Question

In your opinion, what is the greatest barrier to implementing modern materials in real-world structures?

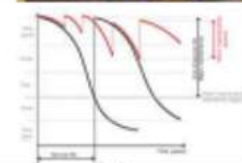


Co-funded by the
European Union

But also...



- High initial cost
- Lack of certification and regulatory approval
- Limited manufacturing infrastructure
- Resistance to change in industry culture
- Unknown long-term durability or performance
- Insufficient training or workforce skills
- Supply chain and sourcing limitations
- Lifecycle data and recyclability gaps



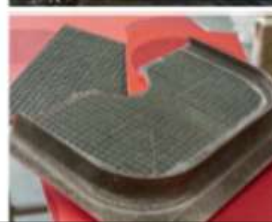


Co-funded by the
European Union

Category 1: Structural reinforcement materials

Natural fibers (Flax, Hemp, Jute)

- High tensile strength with low weight
- Bio-based and renewable
- Biodegradable or recyclable
- Lower environmental impact than fiberglass
- Good compatibility with bio-resins and vacuum infusion

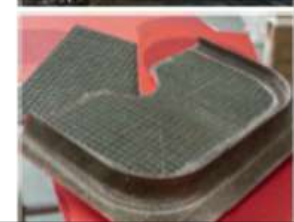


Co-funded by the
European Union

Category 1: Structural reinforcement materials

Natural fibers (Flax, Hemp, Jute)

- Moisture absorption must be managed
- Variability in fiber quality
- Needs surface treatments for durability



Co-funded by the
European Union

Category 1: Structural reinforcement materials

Basalt & recycled fiber reinforcements

- High thermal and fire resistance (Basalt > Fiberglass)
- Lightweight with excellent mechanical properties
- Made from abundant or waste resources
- Resistant to moisture, corrosion, and fatigue
- Enables reuse of industrial waste and lower embodied energy



Co-funded by the
European Union

Category 1: Structural reinforcement materials

Basalt & recycled fiber reinforcements

- Basalt is more expensive than fiberglass
- Recycled fibers can have variable quality and limited certifications
- Mechanical properties are often slightly below virgin carbon/glass



Category 2: Matrix and binding materials

TECONAUT 

Resins: The "Glue" of Composites

Bio-based thermoset resins

- Derived from plant oils, lignin, starch, or sugar
- Often used as drop-in replacements for epoxy or polyester
- Renewable

Thermoplastic resins

- Can be melted and reformed (vs. thermosets which are irreversible)
- Enable recyclability and modular construction (heat-formable)



Category 2: Matrix and binding materials

TECONAUT 

Resins: The "Glue" of Composites

- Cost of bio-resins still higher than petro-based
- Thermoplastics require different processing equipment
- Certification lag for marine use




Category 3: Functional smart and responsive materials

TECONAUT 

Smart polymers

- self-healing
 - Automatically repairs micro-cracks or surface damage without manual intervention
 - Increases lifespan and reduces maintenance
- thermo-Responsive (change stiffness, shape, or adhesion based on temperature)
- pH or moisture responsive (useful in bilge protection, humidity control, or corrosion prevention)



Category 3: Functional smart and responsive materials

TECONAUT 

Smart polymers

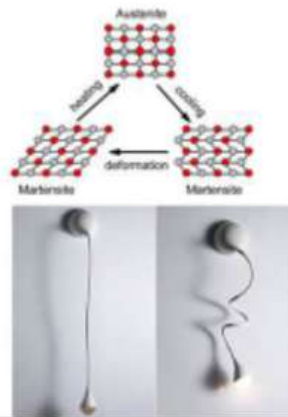
- Most applications still in R&D or prototype phase
- Need for marine-specific validation (saltwater, wear, etc.)
- Cost currently high for large-scale components



Category 3: Functional smart and responsive materials

Shape memory alloys

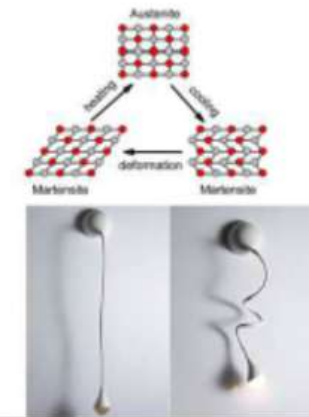
- Shape recovery after deformation - No external motors or hydraulics needed
- thermo-responsive actuation - React to heat, electric current, or magnetic field
- Silent and compact motion control - Ideal for tight spaces with no room for mechanics



Category 3: Functional smart and responsive materials

Shape memory alloys

- High material cost (e.g., NiTiVNiTi)
- Needs precise temperature control
- Long-term fatigue in marine environments still under study
- Complex design integration (not plug-and-play)

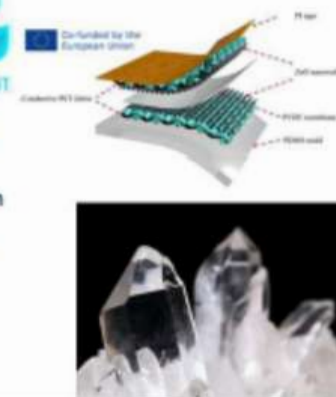


Category 3: Functional smart and responsive materials

Piezoelectric & sensor materials

Materials that generate electrical signals when mechanically stressed, or change shape when voltage is applied.

- Real-time stress and vibration monitoring – structural health monitoring
- Wave impact & pressure detection - Adaptive behavior or alerts in rough seas
- Leak or bilge water sensors - Automatic pump activation, early warnings
- Position & strain sensing - smart sail adjustment or trim feedback

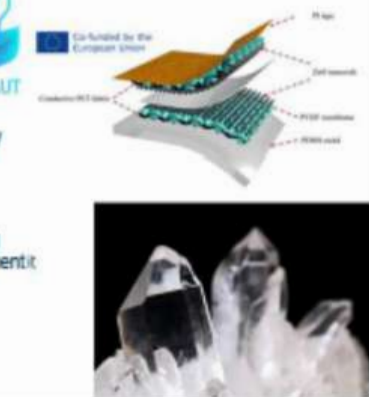


Category 3: Functional smart and responsive materials

Piezoelectric & sensor materials

Materials that generate electrical signals when mechanically stressed, or change shape when voltage is applied.

- requires integration into design phase
- saltwater corrosion protection needed
- must avoid false positives due to motion/vibration (typical problems of SHM systems but in the case of sea environment it is even more difficult to manage)





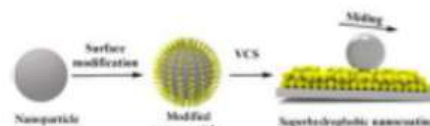
Co-funded by the
European Union

Category 4: Surface and environmental coatings

Nanocoatings

Ultra-thin surface treatments engineered at the nano-scale, providing enhanced protection and functional properties without changing the material's appearance or weight.

- UV Protection
- Self-Cleaning (Hydrophobic)
- Anti-Fouling Properties
- Corrosion & Abrasion Resistance

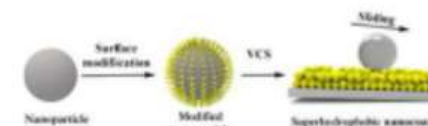


Co-funded by the
European Union

Category 4: Surface and environmental coatings

Nanocoatings

- the application requires precise surface prep
- wear over time — some coatings need reapplication
- the cost varies depending on the formula and substrate



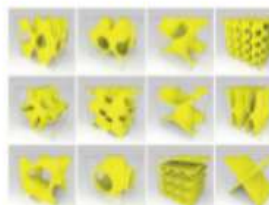
Co-funded by the
European Union

Category 4: Surface and environmental coatings

Metamaterial-based surfaces

Engineered materials with structured micro- or nano-geometries that give them unusual properties — not found in nature or traditional materials.

- drag reduction surfaces - micro-ridges or "sharkskin" textures reduce water resistance
- noise-dampening panels - internal geometries cancel or absorb engine and vibration noise
- wave-manipulating coatings - control heat, sound, or radar reflection (in military/military-adjacent designs)



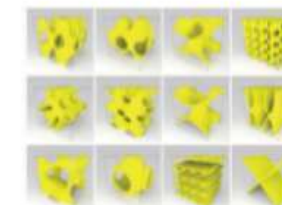
Co-funded by the
European Union

Category 4: Surface and environmental coatings

Metamaterial-based surfaces

Engineered materials with structured micro- or nano-geometries that give them unusual properties — not found in nature or traditional materials.

- most metamaterials are still in the research phase
- production requires precision microfabrication
- cost and marine durability testing are still evolving





Co-funded by the
European Union

Category 5: Core and lightweight materials

Sandwich core materials

Lightweight materials placed between two strong outer skins (like a composite laminate), creating a stiff, durable, and low-weight structure — much like an I-beam or honeycomb. Core materials in deep-tech yachts:

- recycled PET (rPET) foam
- balsa wood
- cork



Co-funded by the
European Union

Category 5: Core and lightweight materials

Sandwich core materials

- recycled PET (rPET) foam
 - lightweight, moisture resistant, and consistent
 - fully recyclable and available in various densities
- balsa wood
 - natural, ultra-light, excellent compressive strength
 - biodegradable, but vulnerable to moisture if not sealed
- cork
 - renewable, biodegradable, impact-absorbing
 - Naturally anti-slip
 - Lower strength than balsa, but very sustainable



Co-funded by the
European Union

Category 5: Core and lightweight materials

Paper honeycomb & foam alternatives

Lightweight, low-cost core structures used in non-structural or low-load areas, offering strength, flexibility, and sustainability — especially for yacht interiors.

- Paper honeycomb cores:
- Made from recycled paper or cardboard
 - Ultra-light, strong under compression, low cost
 - Fully recyclable and biodegradable



Co-funded by the
European Union

Category 5: Core and lightweight materials

Paper honeycomb & foam alternatives

Lightweight, low-cost core structures used in non-structural or low-load areas, offering strength, flexibility, and sustainability — especially for yacht interiors.

- Foam alternatives (bio-based or recycled):
- made from bio-resins, soy-based polyurethanes, or rPET foams
 - used where lightweight filler or shape is needed
 - often closed-cell = resistant to moisture
 - non-toxic options replacing petroleum-based foam





Co-funded by the European Union

Category 5: Core and lightweight materials

Paper honeycomb & foam alternatives

Lightweight, low-cost core structures used in non-structural or low-load areas, offering strength, flexibility, and sustainability — especially for yacht interiors.

- not suitable for high structural loads
- paper honeycomb needs sealing against moisture
- limited long-term performance data in marine settings





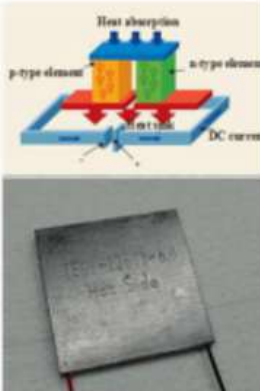
Co-funded by the European Union

Category 6: Energy and thermal functional materials

Thermoelectric & Energy-Storing Materials

Thermoelectric materials - Materials that convert heat directly into electricity — without moving parts, wires, or batteries.

- Generate power from engine heat, sunlight, or surface temperature differences
- No fuel, no emissions, no moving parts
- Can power sensors, navigation beacons, micro-devices





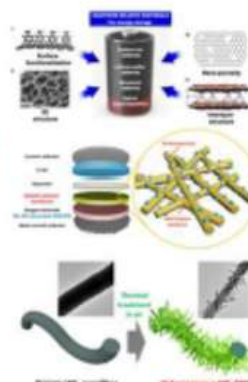
Co-funded by the European Union

Category 6: Energy and thermal functional materials

Thermoelectric & Energy-Storing Materials

Energy storing materials - functional materials that can store and release energy — either integrated into boat structures or embedded in systems (e.g., supercapacitors, carbon fiber batteries).

- carbon fiber or composites infused with energy storage capacity
- panels or hull sections that store power like a battery
- potential to power lights, sensors, or small electronics



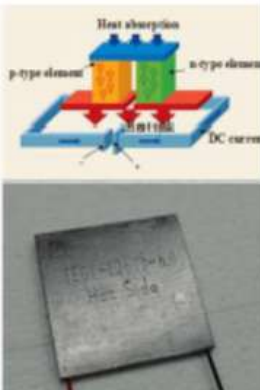


Co-funded by the European Union

Category 6: Energy and thermal functional materials

Thermoelectric & Energy-Storing Materials

- Still in R&D or early prototype stages
- Low power output — only suitable for small loads
- High cost for energy-storing composites
- Needs custom integration into design phase





Co-funded by the European Union

Category 6: Energy and thermal functional materials

Solar integration with deep-tech layers

The embedding of solar energy harvesting into yacht components using thin, flexible, and smart photovoltaic materials — beyond traditional solar panels.

- flexible, lightweight, and can follow curved surfaces
- Transparent or semi-transparent films applied to glass, sails, or decks
- combine solar capture with UV protection, anti-fouling, or structural roles
- enables off-grid and silent operation
- powers lights, navigation systems, fridges, and winches





Co-funded by the European Union

Category 6: Energy and thermal functional materials

Solar integration with deep-tech layers

The embedding of solar energy harvesting into yacht components using thin, flexible, and smart photovoltaic materials — beyond traditional solar panels.

- efficiency still lower than rigid silicon panels
- vulnerable to abrasion, UV, and saltwater
- integration into curved composites requires advanced bonding techniques
- cost and durability under marine conditions still under



Which materials are ready now?



TRL	Stage	Example materials
1-3	lab research	Shape-memory alloys, metamaterials
4-5	prototype testing	Smart polymers, energy-storing composites
6-7	pilot production	Thermoplastics, thermoelectrics
8-9	commercial use	Flax fiber, rPET foam, bio-resins, nanocoatings

Co-funded by the European Union



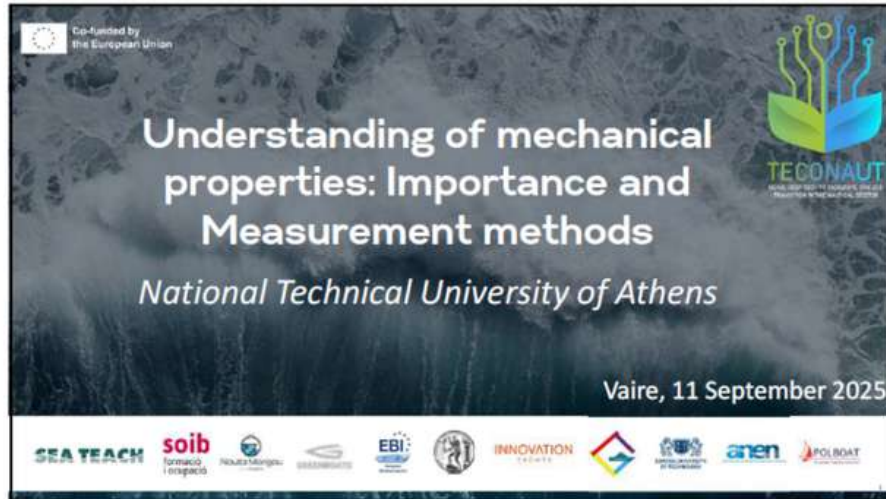
Time for group work and discussion!

Co-funded by the European Union



Prezentacja na temat właściwości mechanicznych materiałów





Co-funded by the European Union

Understanding of mechanical properties: Importance and Measurement methods

National Technical University of Athens

Vaire, 11 September 2025

SEA TEACH soib FORMACIO INNOVATION EBI anen POLBOAT



Part 1

Introduction

Co-funded by the European Union

Topics

- Definition of material properties
- Categories of material properties
- Definition of mechanical properties
- Why study mechanical properties
- Boatbuilding applications and mechanical properties' demands

Objectives

- Introduction to material properties
- Understanding of connection with boatbuilding applications

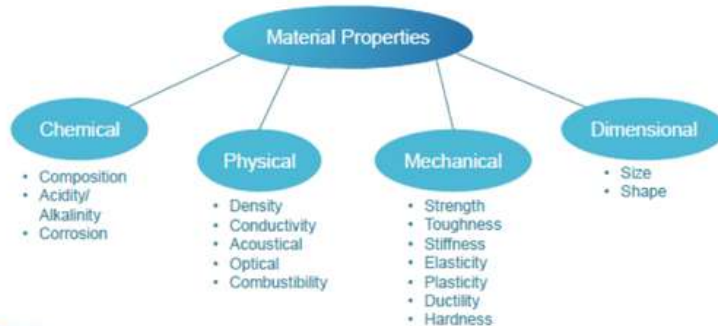
Co-funded by the European Union

Definition of material properties

- Materials have properties and measurements related to them.
- Material properties refer to the characteristics that define how a specific material behaves and responds under different conditions, encompassing its composition, physical attributes, and reaction to applied forces.
- Material properties determine materials use and applications.

Co-funded by the European Union

Categories of material properties



3

Definition of mechanical properties

- Mechanical properties refer to the characteristics of a material that describe its behavior under the action of external forces, such as tension, compression, bending, or torsion.
- These properties determine how a material responds to mechanical loads.
- They affect the mechanical strength and ability of a material to be molded in suitable shape and the ability to resist mechanical forces.
- They include attributes like strength, ductility, hardness, toughness, elasticity, and fatigue resistance.



4

Why study mechanical properties?

- Development and design of material applications for maximized efficiency.
Choosing the appropriate materials for specific applications is essential to ensure optimal performance within their intended environments.
- More efficient manufacturing process.
- Limitations awareness and management.
- Handling awareness for safety and accident prevention.
- Support the development of advanced materials for various applications in the boatbuilding industry.



5

Boatbuilding applications and mechanical properties' demands

- Understanding mechanical properties is essential as they determine the quality and functionality of the final product.
- Apart from quality and functionality, the mechanical properties influence durability, performance and damage vulnerability.
- Materials undergo testing and evaluations to ensure durability, resilience and finally suitability for applications.
- Challenge:** Mechanical properties which contribute to operational performance optimization usually makes manufacturing process more difficult.
→ Close cooperation between the designer and the manufacturer is the key element to overcome the challenge. Compromises always need to be made!



6



Part 2

Mechanical Properties

Co-funded by the European Union

Topics

- Mechanical properties
- In-plane tensile strength
- In-plane shear strength
- Compressive strength
- Stiffness
- Interlaminar shear strength (ILSS)
- Interlaminar fracture toughness
- Fatigue resistance
- Impact resistance
- Young's modulus
- Poisson's ratio
- Thermal expansion
- Moisture absorption

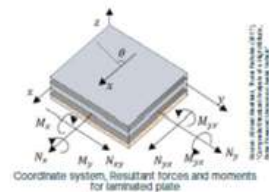
Objective

- Familiarization with mechanical properties

Co-funded by the European Union

Mechanical properties

The mechanical properties of composites describe how they react to applied forces, moments, torque and changes in environmental conditions such as temperature and humidity.



Coordinate system, resultant forces and moments for laminated plate

✓ In-plane tensile strength ✓ In-plane shear strength ✓ Compressive strength ✓ Stiffness ✓ Interlaminar shear strength (ILSS) ✓ Interlaminar fracture toughness	✓ Fatigue resistance ✓ Impact resistance ✓ Young's modulus ✓ Poisson's ratio ✓ Thermal expansion ✓ Moisture absorption
--	---

Co-funded by the European Union

In-plane tensile strength

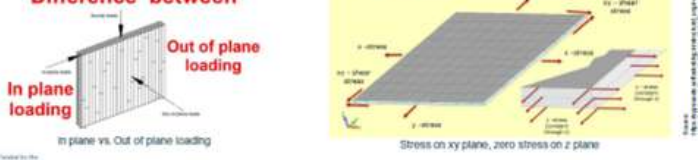
It is the maximum tensile stress that a composite material can withstand within the plane of its laminate layer before it breaks.

Because composites are fiber direction-dependent, in-plane tensile strength is measured in specific directions and is higher along the direction of fibers.



Tensile loading

Difference between In plane loading and Out of plane loading



In plane vs. Out of plane loading

Stress on xy plane, zero stress on z plane

Co-funded by the European Union

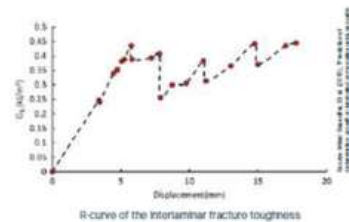


Co-funded by the
European Union

Interlaminar fracture toughness

It is a measure of a composite material's resistance to crack growth between its layers under different types of loading.

Compared to ILSS that measures stress, this one indicates how much energy the material can absorb before a crack between its layers grows.



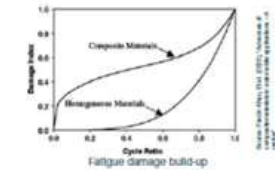
Co-funded by the
European Union

Fatigue resistance

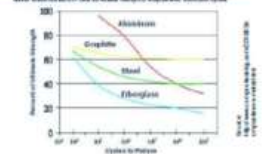
The ability of a composite material to withstand repeated cyclic loading (tension, compression, bending, or shear) without failing.

Fatigue occurs when a material is subjected to repeated or fluctuating stress, usually below its ultimate strength, causing progressive damage that can lead to sudden failure.

In composites fatigue is more complex, because the material is anisotropic and multiple failure mechanisms interact over time.



Comparison of Fatigue Strengths of Graphite, Steel, Fiberglass and AlSi10Mg. Note the lower strength of Graphite after 100,000 cycles.



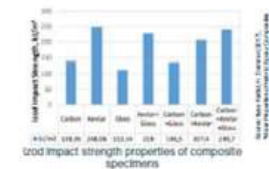
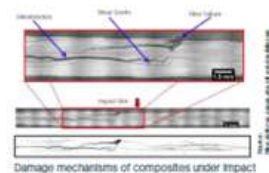
Co-funded by the
European Union

Impact resistance

The ability of a composite material to absorb and dissipate energy from a sudden force or impact (drop, strike, or collision) without catastrophic failure like cracking, delamination, or fiber breakage.

Importance:

- Composites are strong but often brittle (e.g., compared to Grade A/CK45 steel)
- Impact can cause internal damage that is not visible but severely weakens the structure



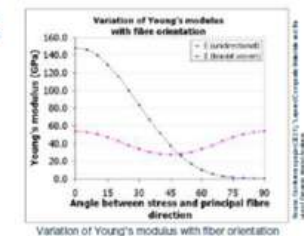
Young's Modulus, E

Young's modulus or modulus of elasticity, E, in composites is a measure of stiffness, that is, how much a composite resists deformation when a tensile, or compressive force is applied.

Higher E → stiffer material

Because composites are anisotropic, E depends on fiber orientation and laminate layout.

E_1 (along the fiber direction) > E_2 (perpendicular the fiber direction)

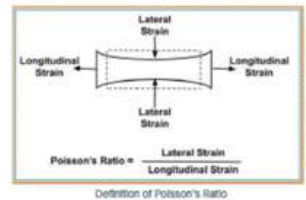


Poisson's Ratio, ν

It is the ratio of transverse strain to axial strain when the material is under tensile or compressive load.

Key point:

When a material is under tension in one direction, it shrinks in the perpendicular direction. Poisson's ratio measures the degree of shrinkage that occurs in a material in relation to its stretching.



Thermal Expansion

It refers to how much a composite changes in size (expansion or contraction) when the temperature changes.

The rate of this change is the coefficient of thermal expansion (CTE), denoted as α [$\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$] in literature.

Moisture Absorption

It refers to the uptake of water or humidity from the environment into the matrix material (usually a polymer).

This occurs over time and can change the composite's properties (strength, stiffness, dimensions, and durability).

Quiz Time ?

Why is high stiffness an important mechanical property of composite material?

- a) It makes the material heavier and more durable.
- b) It allows the material to stretch easily under force.
- c) It helps the material resist bending or deformation under load.

Quiz Time ?

Why is high stiffness an important mechanical property of composite material?

- a) It makes the material heavier and more durable.
- b) It allows the material to stretch easily under force.
- c) It helps the material resist bending or deformation under load.




Topics

- Why do we need quality control?
- ASTM and ISO Standards
- Tensile testing
- Compression testing
- Flexural testing
- Interlaminar shear strength
- Shear testing ($\pm 45^\circ$)
- Impact testing
- Fatigue testing
- Environmental resistance testing

Objectives

- Material quality control procedures and standards
- Getting to know standardized material tests

Co-funded by the European Union



Why do we need Quality Control?

- ✓ To ensure materials meet safety and performance standards.
- ✓ To detect manufacturing defects early.
- ✓ To guarantee long-term durability and reliability.




Essential for critical industries like boatbuilding, aerospace, and automotive

Co-funded by the European Union

ASTM & ISO Standards

- ASTM: American Society for Testing and Materials (US-based).
- ISO: International Organization for Standardization (global).



Property of ASTM



Property of ISO

They provide standardized testing methods to compare materials fairly.

Co-funded by the European Union

Tensile testing



Purpose: Measures how much force is needed to pull a composite material apart until it breaks.

- ASTM D3039 and ISO 527-4 are standard methods for testing fiber-reinforced composites.
- A flat rectangular specimen is pulled lengthwise until failure.
- Results help determine tensile strength, modulus of elasticity, and strain at break.



Preparing a composite sample for tensile testing.

Crucial for understanding how composites behave under stretching forces, important for structural parts in boatbuilding like hulls, decks, or masts.

28

Compression testing



Purpose: Measures how much force a composite material can withstand when compressed before it buckles or fails.

- ASTM D6641 and ISO 14126 are standard methods for testing compressive strength of fiber-reinforced composites.
- The specimen is loaded lengthwise in compression using special fixtures (e.g., combined loading or shear loading).
- Evaluates material behavior under squeezing forces, including strength and stability.



Composite specimen placed in a fixture for compression testing.

Crucial for assessing how composites perform in boat structures like hulls, frames, and panels that face compressive loads during service.

29

Flexural testing



Purpose: Measures how much force is needed to bend a composite material until it breaks or deforms.

- ASTM D790 and ISO 14125 are standard methods for testing the flexural strength and stiffness of composites.
- The sample sits on two supports and is pressed down in the middle (3-point bending).
- Results show how well a material resists bending — indicating its rigidity and durability.



Set up for flexural testing using a 3-point bending fixture.

Essential for boat parts like decks, beams, and panels that face bending loads during operation.

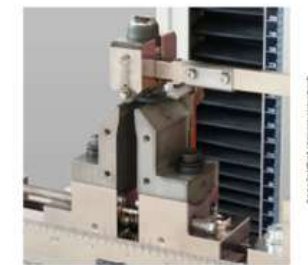
30

Interlaminar shear strength



Purpose: Measures how strongly the layers (plies) in a composite are bonded together.

- ASTM D2344 is the standard method used to test ILSS through a short beam bending test.
- A small beam is loaded in the center until the layers slide or separate.
- Helps assess the adhesion between layers, critical for avoiding delamination.



Short beam setup for testing the bonding between the composite layers.

Important for composites in boats, where strong bonding between layers ensures durability under repeated stress and vibration.

31

Shear testing ($\pm 45^\circ$)

Purpose: Measures how well a composite resists sliding forces between internal layers.

- ASTM D3518 is the standard method for testing in-plane shear strength and stiffness using $\pm 45^\circ$ laminate specimens.
- The test pulls a specimen cut at $\pm 45^\circ$ angles to create a pure shear condition.
- Results show how the material handles twisting or diagonal forces.



Important for composite parts in boats like hulls and panels, where angled loads from waves or torsion can cause shear stress.

Impact testing

Purpose: Simulates accidental hits or drops to see how a composite material absorbs and resists sudden impact.

- ASTM D7136 is the standard for impact testing using a falling weight method on composite panels.
- The test creates controlled damage, and then a Compression After Impact (CAI) test checks how the material performs afterward.
- Evaluates the material's damage resistance and ability to keep its strength after being hit.



Essential for real-world situations in boatbuilding — dropped tools, floating debris, or collisions can cause unexpected impacts.

Fatigue testing

Purpose: Measures how a composite behaves under repeated or fluctuating loads over time.

- ASTM D3479 is the standard method for determining the tension-tension fatigue behavior of fiber-reinforced polymer matrix composites.
- A specimen is repeatedly pulled and released at a controlled frequency until failure.
- Results help determine how many cycles a material can endure before it cracks or breaks.



Important for predicting the lifespan of composite parts in boats exposed to wave forces, engine vibrations, or cyclic loading.

Environmental resistance testing

Purpose: Assesses how composite materials perform under harsh environmental conditions like moisture, salt exposure, and fire.

- ASTM D570 – Water Absorption:

Measures how much water a material absorbs during immersion. Affects weight, strength, and stability in wet conditions.

- ASTM B117 – Salt Spray (Corrosion):

Simulates long-term saltwater exposure. Evaluates corrosion resistance of materials and protective coatings.

- IMO FTP Code – Fire & Smoke Toxicity:

Tests flame spread, smoke density, and gas toxicity. Ensures fire safety compliance for marine applications.

Critical for boatbuilding, where materials must resist moisture, corrosion, and fire hazards over long service life.



Part 4

Factors affecting Mechanical Properties

Co-funded by the European Union

Topics

- Factors affecting material properties

Objective

- Getting to know which factors may affect material properties and how.

Co-funded by the European Union

Factors affecting mechanical properties

- Grain size
- Temperature
 - significant properties reduction in high temperatures
 - reduction of 10%, 50%, 90% in temperatures 90°C, 150°C, 200°C.
- Heat treatments
- Liquid environment presence
 - properties reduction
 - satisfactory protection through the use of gel coats.
- Atmospheric/ weather exposure
 - little impact
 - exposure to light, ultraviolet radiation, rain, frost.

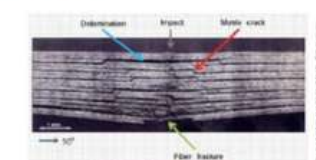


Vessel's exposure to frost

Co-funded by the European Union

Factors affecting mechanical properties

- Fiber properties
- Construction method
 - advanced methods $\Rightarrow$ small changes in properties
 - simple methods (hand lay-up) $\Rightarrow$ restricted quality and big changes in properties.
- Laminates' separation
- Polymerization rate

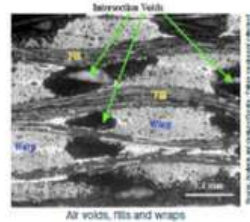


Depiction of mechanical failures

Co-funded by the European Union

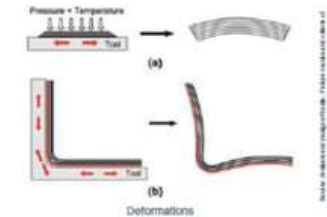
Factors affecting mechanical properties

- Conditions of storage
- Human factor
 - ✓ craftsman skill
 - ✓ fiber misalignment
 - ✓ poor resin distribution
 - ✓ air voids
 - ✓ ply wrinkling – foreign inclusions.



Factors affecting mechanical properties

- Remaining tensions
 - ✓ during the solidification process
 - ✓ different coefficient of thermal expansion of fibers and resin
 - ✓ possible rejection of the entire structure due to excessive deformations.



Quiz Time ?

What is the nature of the factors affecting the material mechanical properties?

- Mainly external, including handling procedures, human factor and weather
- Inherent material factors concerning the fibers orientation and structure
- A combination of internal and external elements, acting in multiple ways and dynamically.

Quiz Time ?

What is the nature of the factors affecting the material mechanical properties?

- Mainly external, including handling procedures, human factor and weather
- Inherent material factors concerning the fibers orientation and structure
- A combination of internal and external elements, acting in multiple ways and dynamically.



Part 5

Types of Material Failures

Co-funded by the European Union

Topics

- Types of material failures
- Failure in tension
- Modes in failure in tension of a unidirectional layer
- Examples of tensile failures
- Failure in compression
- Failure in bending
- Examples of failures in bending
- Shear failure
- Creep failure
- Fatigue

Objective

- Familiarization with material failures

Co-funded by the European Union

Types of material failures

What is 'failure'?

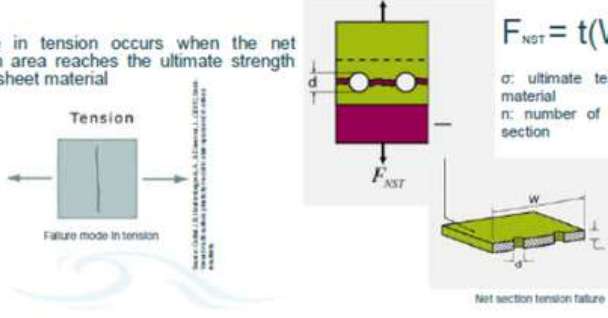


- ✓ Failure in tension
- ✓ Failure in compression
- ✓ Failure in bending
- ✓ Shear failure
- ✓ Fatigue
- ✓ Creep failure
- ✓ Impact

Co-funded by the European Union

Failure in tension

Failure in tension occurs when the net section area reaches the ultimate strength of the sheet material



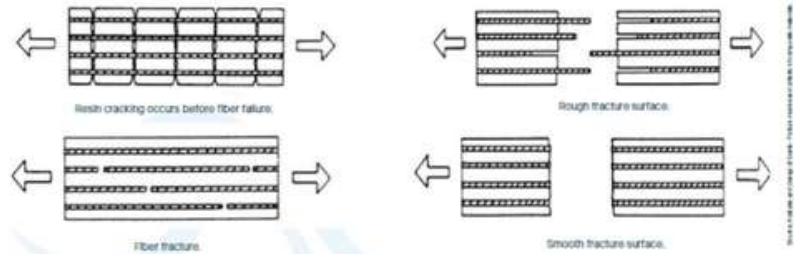
$$F_{NST} = t(W - n d) \sigma$$

σ : ultimate tensile strength of sheet material
 n : number of fasteners along the net section

Net section tension failure

Co-funded by the European Union

Modes of failure in tension of a unidirectional layer



Examples of tensile failures



Failure in compression

Compression failure usually occurs due to the development of compressive stresses greater than the allowable stresses.

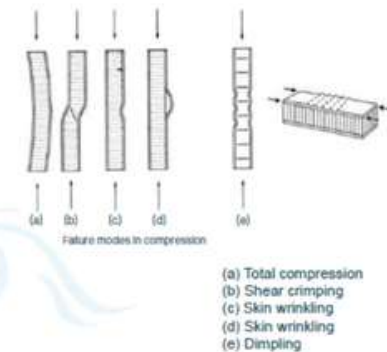
When a load is applied to a material, it exerts a force on the material's molecules, causing them to move closer together. As more force is applied, the molecules become increasingly compressed until they reach a point where they can no longer move any closer together. At this point, the material has reached its maximum compressive strength and will begin to deform or fail if additional force is applied.



Failure in compression

Factors affecting such failure:

- ✓ Non-complete fiber alignment, fiber adjacency
- ✓ Non-complete fiber-resin bonding
- ✓ Voids (entrapped air)

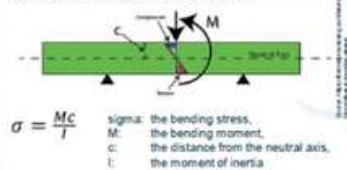




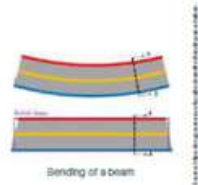
Co-funded by the
European Union

Failure in bending

Failure in bending will occur when the bending moment is sufficient to induce tensile/compressive stresses greater than the yield stress of the material throughout the entire cross-section



Schematic of bending stress in a loaded beam



Bending of a beam

Failure Mechanisms:

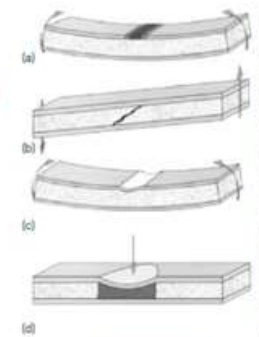
- ✓ **Yielding of extreme fibers:** causes gradual sagging, eventually rendering the material ineffective.
- ✓ **Buckling of compression fibers:** occurs sideways, leading to sudden failure; primary or secondary cause of failure
- ✓ **Excessive shearing stresses:** causes primary failure or secondary failure
- ✓ **Localised Yielding of the overstressed portions:** Usually occur near bearing blocks that transmit concentrated loads or reactions to beams



Co-funded by the
European Union

Examples of failures in bending

- a) Failure of the compressed casing
- b) Failure of the core due to shear
- c) Formation of inward wrinkling of the core, accompanied by local crushing
- d) Local rushing of the core.



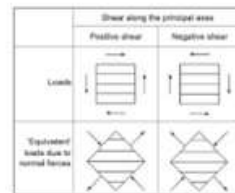
Failure modes in bending

Co-funded by the
European Union

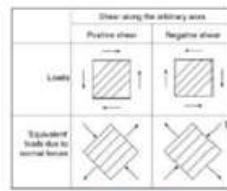
Shear failure

Shear failure refers to a type of material failure that occurs when a material experiences shear stress beyond its shear strength.

- ✓ One of the most critical failures.
- ✓ The occurrence of shear failure in a beam can lead to a sudden structural collapse
- ✓ A possible variation in strength between positive and negative shear depends on the direction of loading
- ✓ Shear can occur either along the principal axes or along arbitrary axes.



Shear failure.



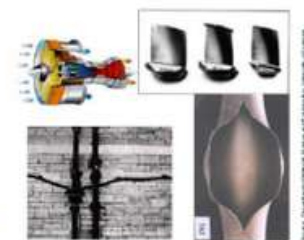
Modes of shear failure.



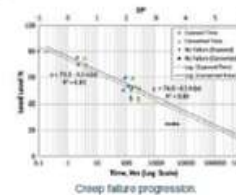
Co-funded by the
European Union

Creep failure

Creep failure caused by thermal stress. It has the characteristics of loading since a very early age, induced by variable compressive and tensile stress, and changing temperatures.



Modes of creep failure.



Creep failure progression.

- The time-dependent deterioration of stress is based on:
- ✓ High temperature
 - ✓ Exposure to moisture
 - ✓ Exposure to acidic environments
- It appears when high temperatures develop, such as:
- ✓ decks due to sunlight
 - ✓ machine foundations
 - ✓ submarines with long submersion times
 - ✓ piping lines



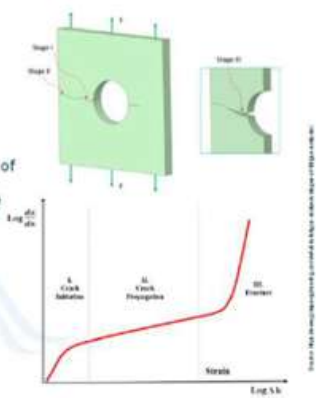
Co-funded by the
European Union

Fatigue

Fatigue is a failure mechanism that involves the cracking of materials and structural components due to **cyclic** (or fluctuating) stress. While applied stresses may be tensile, compressive or torsional, crack initiation and propagation are due to the tensile component.

3 stages of fatigue failure:

- Stage I: Crack Initiation
- Stage II: Crack propagation
- Stage III: Failure



Stages of fatigue failure.



Part 6

Mechanical Properties, Failures and Deep Tech Materials



Co-funded by the
European Union

Topics

- Recap: why mechanical properties matter
- Typical failures in composite boat structures
- Engineering response to failure
- Mechanical properties, failures and deep-tech materials
- Potential of deep-tech materials in boatbuilding to prevent failure
- Deep-tech materials: Nanomaterials in boatbuilding
- Deep-tech materials: Metamaterials in boatbuilding
- Deep-tech materials: Quantum materials in boatbuilding
- Deep-tech materials: Advanced polymers and composites in boatbuilding
- Deep-tech materials: Bio-inspired and smart materials in boatbuilding
- Deep-tech materials: Energy and sustainability materials in boatbuilding
- Deep-tech materials: High-value added metals and materials in boatbuilding

Objective

- Exploring the application of knowledge about material mechanical properties, especially in the context of deep-tech materials.



Co-funded by the
European Union

Recap: why mechanical properties matter

- Performance and safety:**
Mechanical properties like strength, stiffness, and toughness determine how a composite performs under load and stress—critical for safety in demanding environments like marine applications.
- Durability and reliability:**
Understanding fatigue resistance, impact behavior and mechanical failures helps ensure long-term durability and consistent performance.
- Design optimization:**
Knowledge of mechanical behavior enables engineers to design lighter, more efficient structures retaining integrity.
- Material selection:**
Matching the right mechanical properties to the application ensures the composite will perform as expected.
- Cost Efficiency:**
Reducing overengineering and selecting the right materials for the right job can lower manufacturing costs while maintaining quality.



Co-funded by the
European Union

Typical failures in composite boat structures

- **Delamination**
 - ✓ Separation between composite layers due to poor bonding or repeated loading.
 - ✓ Often caused by impact, fatigue or manufacturing defects.
- **Matrix cracking**
 - ✓ Cracks form in the resin matrix between fibers.
 - ✓ Reduces load transfer and can lead to further damage.
- **Fiber Breakage**
 - ✓ Occurs when individual fibers exceed their tensile or compressive limits.
 - ✓ Common in areas under high stress or impact.
- **Debonding**
 - ✓ Loss of adhesion between fiber and matrix or between composite and core material.
 - ✓ Weakens structural integrity.



60

Typical failures in composite boat structures

- **Core shear failure (in Sandwich structures)**
 - ✓ The core material fails under shear loads, especially in high-impact or high-load zones.
 - ✓ Can lead to face sheet separation or crushing.
- **Buckling**
 - ✓ Compressive loads cause structural instability in thin laminates or unsupported panels.
 - ✓ Often seen in hull bottoms or deck panels under pressure.
- **Fatigue failure**
 - ✓ Progressive damage from repeated loading/unloading cycles.
 - ✓ Can initiate matrix cracks or delamination over time.



61

Engineering response to failure

- **Identification of the problem**
Definition of the failure type and location.
- **Understanding of the cause**
Answering the question: "Was it design, material choice, loading or manufacturing?"
- **Refining the design**
Adjustment of fiber direction, laminate thickness or structures support.
- **Improvement of material use**
Choice of tougher resins, stronger fibers or more resilient core materials.
- **Improvement of processes**
Use of alternative processes which are more suitable.
- **Monitoring and maintenance**
Use of frequent inspections to detect issues early and extend the boat's life.



62

Mechanical properties, failures and deep-tech materials

Towards the future of composites in maritime design

- **What are deep-tech materials?**
Deep-tech materials are advanced materials that emerge from cutting-edge scientific research and technological breakthroughs. Unlike traditional materials, which are often well understood and widely used, deep-tech materials are defined not just by their composition or application, but by the high level of complexity, uncertainty, and innovation involved in their development.
- **Why they matter in boatbuilding?**
Deep knowledge of mechanical properties and failures builds confidence in boat construction. By combining this knowledge with emerging material technologies, we open the door to creating more advanced composites tailored for marine performance.
- **How sustainability and impact are addressed?**
Choosing the right material for a boat is about much more than just strength or weight. Each decision has an impact – on the environment, on health, on recyclability, and on cost. Sustainability is a core part of responsible boatbuilding. Responsible boatbuilding means prioritizing materials that reduce environmental impact while meeting performance demands.



63

Potential of deep-tech materials in boatbuilding to prevent failure

- **Stronger, tougher composites**
Increased resistance to cracking, impact and delamination.
- **Improved fatigue performance**
Withstand repeated loads over time.
- **Smart damage detection**
Materials with built-in sensors enable early issue detection.
- **Tailored properties**
Advanced design allows materials to meet specific load and performance needs.
- **Greater environmental resistance**
Better protection against moisture, salinity, UV and temperature changes.



28

Deep-tech materials: Nanomaterials in boatbuilding

Mechanical Properties	High strength-to-weight ratio, fracture resistance, fatigue life enhancement
Surface Functions	Corrosion resistance, anti-fouling, UV protection, self-cleaning
Thermal/Optical Properties	UV blocking, heat dissipation, thermal insulation
Applications in Yachts	Nano-reinforced hulls, anti-fouling coatings, nanostructured UV-protective finishes, advanced sensor systems, nanocoatings on mechanical parts
Emerging Uses	Smart coatings, nanogenerators, lightweight energy storage (batteries, supercapacitors)



29

Deep-tech materials: Metamaterials in boatbuilding

Material Classification	Advanced Engineered Materials (subset of functional materials)
Division into Groups	• Mechanical Metamaterials – optimized for strength, flexibility, etc. • Acoustic Metamaterials – control of sound waves; • Thermal Metamaterials – manipulation of heat flow; • Electromagnetic Metamaterials – control of EM/radar waves; • Optical Metamaterials – light wave control (cloaking, lenses)
Mechanical Properties	• High strength-to-weight ratio • Auxetic behavior (negative Poisson's ratio) • High stiffness or controlled deformability • Energy absorption • Tunable elasticity and density depending on geometry
Application Cases	• Yacht hulls: lightweight, impact-resistant structures • Noise insulation: cabins with acoustic metamaterials • Radar stealth: reduced detectability of military vessels • Thermal management: optimized interior climate control • Hydrodynamic coatings: drag reduction, anti-biofouling • Energy harvesting: from wave or vibration-induced deformation
Material Classification	Advanced Engineered Materials (subset of functional materials)



30

Deep-tech materials: Quantum materials in boatbuilding

Material Classification	Topological insulators, Weyl and Dirac semimetals, Mott insulators, heavy fermion systems, unconventional superconductors, spin liquids
Division into Groups	Grouped by dominant quantum effects: • Topological states • Strong electronic correlations • Quantum spin and entanglement phenomena • Generally brittle and sensitive to defects
Mechanical Properties	• Low ductility and mechanical strength • Not suitable for structural or load-bearing use • Often require encapsulation or substrate stabilization
Application Cases	• Quantum sensors (e.g. NV centers) for environmental monitoring or inertial navigation • Superconductors for high-efficiency energy subsystems in electrified propulsion • Thermoelectric quantum materials for onboard waste heat recovery



31

Deep-tech materials: Advanced polymers and composites in boatbuilding

Material Classification	Polymer composites are a composition of at least two materials: 1. Polymer plastics, the resin 2. Organic and / or inorganic fibre reinforcements
Division into Groups	- Resins / Matrixes / Plastics / Glue: - Thermosets / Thermosetting polymer (e.g. Epoxy, Polyester) - Thermoplastics (e.g. Acrylics) - Fibre reinforcements: - Inorganic - Mineral (e.g. Volcanic, Basalt, Glass) - Organic: Plant fibres (e.g. Flax, Hemp, Bamboo) / Synthetic fibres (e.g. Carbon, Aramid)
Mechanical Properties	- Lightweight - High-strength, High-stiffness - Versatility in application and in design - Low manufacturing costs
Application Cases	Hull and deck structure, Inner hull, Shower trays, Interior arrangement



10

Deep-tech materials: Bio-inspired and smart materials in boatbuilding

Material Classification	Bio-inspired (functionally nature-derived) / Smart (stimuli-responsive)
Division into Groups	Bio-inspired by surface (e.g., lotus, sharkskin), structure (e.g., fibres, cuticle), or function
Mechanical Properties	Varying: often not load-bearing; some materials offer vibration damping, wear and impact resistance
Limitations	Durability, lack of certification, limited structural applications, scalability
Application Cases	Anti-fouling coatings, composites, sensor-embedded laminates, self-healing coatings



11

Deep-tech materials: Energy and sustainability materials in boatbuilding

Material Classification	Recycled PET cores, bio-based epoxy resins, recyclable thermoplastic resins, recycled carbon fibers
Division into Groups	- Core materials: recycled PET foams for sandwich structures - Resin systems: bio-based and recyclable thermoplastics - Reinforcements: reclaimed fibers used in composites
Mechanical Properties	- Good structural stiffness and insulation (PET core) - Low viscosity and infusion compatibility (resins) - Recyclable or reusable through thermal recovery (thermoplastics) - Comparable strength to virgin carbon fiber (recycled fibers)
Application Cases	- Use of PET cores in hull and deck sandwich panels - Infusion of structures with recyclable or bio-based resins - Non-critical components made from recycled carbon fibers - Integration in energy-optimized yachts with solar, hybrid, or biofuel systems



12

Deep-tech materials: High-value added metals materials in boatbuilding

Material Classification	Aluminium alloys : aluminium-magnesium alloys and aluminium-magnesium-silicon alloys; graphene added alloys (experimental)
Division into Groups	- Aluminium alloys - Wrought alloys - Strain hardening - Age hardening - Casting alloys - Silicon alloys - Magnesium alloys - Graphene added alloys (still experimental)
Mechanical Properties	- Good corrosion resistance - High weldability - Easy to cut and form - Good strength/weight ratio
Application Cases	Hull, Frame, Pillars, Propeller



13

References

1. ZwickRoell. Tensile testing of fiber-reinforced composites (ISO 527-4, ISO 527-5). <https://www.zwickroell.com/industries/composites/iso-527-4-iso-527-5-tensile-testing-of-fiber-reinforced-composites/>
2. ZwickRoell. Compression testing (ASTM D6641, ISO 14126). <https://www.zwickroell.com/industries/composites/combined-loading-compression-iso-14126-astm-d6641/>
3. ZwickRoell. Flexure testing of composite materials. <https://www.zwickroell.com/industries/materials-testing/flexure-test/>
4. ZwickRoell. Interlaminar shear strength (ILSS). <https://www.zwickroell.com/industries/composites/interlaminar-shear-strength-ilss/>
5. Intertek. Shear Testing (ASTM D3518). <https://www.intertek.com/shear-testing/astm-3518/>
6. ZwickRoell. Impact testing and CAI – Compression After Impact. <https://www.zwickroell.com/industries/composites/compression-after-impact-cai/>
7. ASTM. ASTM D3479/D3479M-19: Tension-Tension Fatigue of Polymer Matrix Composites. https://store.astm.org/d3479_d3479m-19.html
8. ASTM. ASTM D570-22: Water Absorption of Plastics. <https://store.astm.org/d0570-22.html>
9. ASTM. ASTM B117-19: Salt Spray (Fog) Testing. <https://store.astm.org/b0117-19.html>
10. Measurlabs. IMO FTP Code Part 2 – Smoke Toxicity Testing. <https://measurlabs.com/products/imo-2010-ftp-code-part-2-smoke-toxicity/>

References

11. Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2020). Materials Science and Engineering: An Introduction (10th ed.). Wiley.
12. Subramanian, S. M. (2020). Mechanical Properties of Materials: Definition, Testing and Application. International Journal of Modern Studies in Mechanical Engineering. 6, 28-38. 10.20431/2454-9711.0602003.
13. <https://testbook.com/physics/properties-of-materials> - last access 04/07/25
14. <https://apcomposites.com.au/materials-science/materials-engineering/material-properties/> - last access 04/07/25
15. Colliat, J.B., Ibrahimbegovic, A., & Davenne, L. (2005). Saint-Venant multi-surface plasticity model in stain space and in stress resultants
16. Static Failure Mode Prediction Models – Mechanically Fastened Joints, TUDelft Presentation.
17. Analysis and design of boats – Failure modes and criteria of composite materials. Tsouvalis, N., NTUA Presentation.
18. <https://construx.io/tags/compression> - last access 04/07/25
19. <https://web.mst.edu/thomas/classes/2211/lessons/failure/bending/index.html> - last access 04/07/25
20. <https://inspectioneering.com/tag/fatigue#:~:text=Fatigue%20is%20a%20failure%20mechanism,due%20to%20the%20tensile%20component> - last access 04/07/25
21. He Zhu, Yu Hu, Rui Ma, Juan Wang, Qingbin Li. (2021) Concrete thermal failure criteria, test method, and mechanism: A review
22. <http://users.uoi.gr/barkoul/%c5%e9%f3%e1%e3%9%e3%de%20%f3%4%e7%ed%20%e5%0%e9%f3%4%de%ec%e7%20%4%f9%ed%20%15%eb%e9%ea%fe%ed%e1%3%4%e1%7%df%e1%20%4%f9%ed%20%15%eb%e9%ea%fe%ed.pdf> - last access 04/07/25



