

**WYDZIAŁ BUDOWNICTWA LĄDOWEGO I WODNEGO****KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku angielskim:** Theory of elasticity and plasticity  
**Nazwa w języku polskim:** Teoria sprężystości i plastyczności  
**Kierunek studiów (jeśli dotyczy):** *budownictwo*  
**Specjalność (jeśli dotyczy):** Civil Engineering  
**Stopień studiów i forma:** I/ II stopień\*, stacjonarna / ~~niestacjonarna~~\*  
**Rodzaj przedmiotu:** obowiązkowy / ~~wybieralny~~ / ~~ogólnouczelniany~~\*  
**Kod przedmiotu:** CEB008361  
**Grupa kursów:** ~~TAK~~ / NIE\*

|   | Wykład                                    | Ćwiczenia                                 | Laboratorium                   | Projekt                        | Seminarium                     |
|---|---|---|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)                                       | <b>30</b>                                 | <b>15</b>                                 |                                |                                |                                |
| Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)                                   | <b>60</b>                                 | <b>30</b>                                 |                                |                                |                                |
| Forma zaliczenia  | <del>Egzamin</del> / zaliczenie na ocenę* | <del>Egzamin</del> / zaliczenie na ocenę* | Egzamin / zaliczenie na ocenę* | Egzamin / zaliczenie na ocenę* | Egzamin / zaliczenie na ocenę* |
| Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)   |   |   |                                |                                |                                |
| Liczba punktów ECTS   | <b>2</b>                                  | <b>1</b>                                  |                                |                                |                                |
| w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)                 |   | <b>0,8</b>                                |                                |                                |                                |
| w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK) | <b>1,1</b>                                | <b>0,6</b>                                |                                |                                |                                |

\*niepotrzebne skreślić

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Ma wiedzę z zakresu wybranych działów matematyki, fizyki, która jest podstawą przedmiotów z zakresu teorii konstrukcji.
2. Ma wiedzę z zakresu mechaniki ogólnej, wytrzymałości materiałów, statyki budowli.
3. Ma wiedzę z zakresu równań różniczkowych cząstkowych i szeregów Fouriera.

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1. Zapoznanie z opisem i analizą trójwymiarowego zagadnienia teorii sprężystości.
- C2. Zapoznanie z założeniami teoretycznymi i podstawami fizycznymi płaskich zagadnień teorii sprężystości.
- C3. Zapoznanie z założeniami, równaniami i analitycznymi metodami rozwiązania stosowanymi w płytach cienkich.
- C4. Zapoznanie z założeniami, równaniami i analitycznymi metodami rozwiązania powłok cienkich.
- C5. Przedstawienie podstawowych pojęć teorii plastyczności oraz definicji, twierdzeń i metod teorii nośności granicznej płyt.
- C6. Wykształcenie świadomości konieczności poszerzania i aktualizacji wiedzy z teorii sprężystości i plastyczności.

| PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA           |   |
|---|---|
| <b>Z zakresu wiedzy:</b>                  |   |
| PEK_W01                                   | Zna i rozumie równania opisujące stan naprężenia, odkształcenia i związki fizyczne w izotropowym ciele stałym w zakresie liniowo-sprężystym.                                      |
| PEK_W02                                   | Zna i rozumie różnice pomiędzy opisem w zakresie liniowo-sprężystym a geometrycznie lub fizycznie nieliniowym oraz pomiędzy ciałami izotropowymi, ortotropowymi i anizotropowymi. |
| PEK_W03                                   | Zna i rozumie założenia, siły wewnętrzne i warunki brzegowe występujące w płytach i powłokach.  |
| PEK_W04                                   | Zna i rozumie różnice pomiędzy momentowymi i błonowymi teoriami powłok.   |
| PEK_W05                                   | Zna i rozumie podstawowe pojęcia teorii plastyczności oraz definicje i twierdzenia teorii nośności granicznej.  |
| <b>Z zakresu umiejętności:</b>            |   |
| PEK_U01                                   | Poprawnie rozpoznaje płaskie zagadnienia teorii sprężystości oraz zagadnienia płyt i powłok cienkich.   |
| PEK_U02                                   | Potrafi zastosować analityczne metody rozwiązania wybranych zagadnień tarcz, płyt i powłok w stanie błonowym.   |
| PEK_U03                                   | Potrafi oszacować nośność graniczną wybranych płyt metodą linii załomów.  |
| <b>Z zakresu kompetencji społecznych:</b> |   |
| PEK_K01                                   | Ma świadomość konieczności systematycznego poszerzania swojej wiedzy w zakresie teorii sprężystości i plastyczności.  |

| TREŚCI PROGRAMOWE    |  |               |
|----------------------|--|---------------|
| Forma zajęć - wykład |  | Liczba godzin |
| Wy1                  | Wprowadzenie. Notacja wskaźnikowa. Stan naprężenia: różniczkowe równania równowagi wewnętrznej.  | 2             |
| Wy2                  | Stan naprężenia (c.d.): kinetyczne warunki brzegowe, transformacja naprężeń, niezmienniki oraz naprężenia główne i kierunki główne tensora naprężenia.   | 2             |
| Wy3                  | Równania ruchu ośrodka ciągłego: opis materialny i przestrzenny, nieliniowe i liniowy tensor odkształcenia. Równania nierozdzielności odkształceń. Materiał anizotropowy, ortotropowy i izotropowy. Uogólnione prawo Hooke'a. Bilans równań teorii sprężystości. Równania równowagi w przemieszczeniach. Równania nierozdzielności odkształceń w naprężeniach. | 2             |
| Wy4                  | Zagadnienia energetyczne: praca obciążeń zewnętrznych i energia sprężysta, zasada prac wirtualnych, twierdzenie Lagrange'a, stateczne i niestateczne stany równowagi.  | 2             |
| Wy5                  | Płaskie zagadnienia teorii sprężystości. Funkcja naprężeń Airy'ego dla PSN.  | 2             |
| Wy6                  | Płaskie zagadnienia teorii sprężystości we współrzędnych biegunowych – zastosowanie funkcji naprężeń Airy'ego, równanie III rzędu w zagadnieniu osiowosymetrycznym.  | 2             |
| Wy7                  | Zginanie płyt cienkich. Założenie Kirchhoffa. Rozkład naprężeń w przekroju płyty. Siły wewnętrzne. Równanie równowagi płyty cienkiej. Warunki brzegowe.  | 2             |
| Wy8                  | Rozwiązania analityczne w teorii płyt. Płyta prostokątna – rozwiązanie Naviera.  | 2             |
| Wy9                  | Stateczność płyt. Teoria II rzędu.   | 2             |
| Wy10                 | Płyty kołowe i pierścieniowe. Równania IV i III rzędu w zagadnieniu osiowosymetrycznym.  | 2             |
| Wy11                 | Powłoki cienkie. Założenia. Opis geometrii. Rozkład naprężeń w przekroju i siły wewnętrzne. Teoria momentowa na przykładzie zbiornika walcowego.   | 2             |

|      |  |           |
|------|--|-----------|
| Wy12 | Stan błonowy w powłokach obrotowych. Równania stanu błonowego. Przykłady rozwiązywania powłok sferycznych i stożkowych przy obciążeniu osiowosymetrycznym.                             | 2         |
| Wy13 | Podstawy teorii plastyczności – modele materiałów plastycznych, warunki plastyczności, warunki plastyczności w płytach. Podstawowe definicje i twierdzenia teorii nośności granicznej. | 2         |
| Wy14 | Podsumowanie przedmiotu – omówienie zagadnień zaliczeniowych dla wykładu i ćwiczeń.  | 2         |
| Wy15 | Kolokwium zaliczeniowe.  | 2         |
|      | <b>Suma godzin</b>   | <b>30</b> |

| <b>Forma zajęć - ćwiczenia</b> |  | <b>Liczba godzin</b> |
|--------------------------------|--|----------------------|
| Ćw1                            | Notacja wskaźnikowa – przykłady zastosowania.  | 1                    |
| Ćw2                            | Transformacja współrzędnych tensora naprężenia. Wyznaczenie: niezmienników, naprężeń głównych i kierunków głównych tensora naprężenia. | 2                    |
| Ćw3                            | Rozwiązanie płaskiego stanu naprężenia metodą funkcji naprężeń Airy’ego.   | 2                    |
| Ćw4                            | Przykład rozwiązania płaskiego zagadnienia we współrzędnych biegunowych – koncentracja naprężeń przy otworze w rozciągany płaskowniku. | 2                    |
| Ćw5                            | Przykłady rozwiązywania płyt metodą szeregów trygonometrycznych – metoda Naviera.  | 2                    |
| Ćw6                            | Rozwiązania osiowosymetrycznej powłoki hiperboloidalnej w stanie błonowym; różne parametryzacje południka.                             | 2                    |
| Ćw7                            | Oszacowanie nośności granicznej płyty prostokątnej i kołowej metodą linii załomów.   | 2                    |
| Ćw8                            | Kolokwium zaliczeniowe.  | 2                    |
|                                | <b>Suma godzin</b>   | <b>15</b>            |

| <b>Forma zajęć - laboratorium</b> |                    | <b>Liczba godzin</b> |
|-----------------------------------|--------------------|----------------------|
| La1                               |                    |                      |
| ...                               |                    |                      |
|                                   | <b>Suma godzin</b> |                      |

| <b>Forma zajęć - projekt</b> |                    | <b>Liczba godzin</b> |
|------------------------------|--------------------|----------------------|
| Pr1                          |                    |                      |
| ...                          |                    |                      |
|                              | <b>Suma godzin</b> |                      |

| <b>Forma zajęć - seminarium</b> |                    | <b>Liczba godzin</b> |
|---------------------------------|--------------------|----------------------|
| Se1                             |                    |                      |
| ...                             |                    |                      |
|                                 | <b>Suma godzin</b> |                      |

| <b>STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE</b> |  |
|--|--|
| N1.                                    | Wykład: tradycyjna forma wykładu.                    |
| N2.                                    | Ćwiczenia: rozwiązywanie zadań ilustrujących wykład. |
| N3.                                    | Konsultacje.   |

| <b>OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA</b>   |   |   |
|---|---|---|
| <b>Oceny</b><br>(F – formująca<br>(w trakcie semestru),<br>P – podsumowująca<br>(na koniec semestru)) | Numer efektu kształcenia  | Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia |
| P (ćwiczenia)   | PEK_W01,<br>PEK_W03,<br>PEK_W05,<br>PEK_U01<br>PEK_U02,<br>PEK_U03. | kolokwium zaliczeniowe                      |
| P (wykład)  | PEK_W01,<br>PEK_W03,<br>PEK_W05,<br>PEK_U01<br>PEK_U02,<br>PEK_U03. | kolokwium zaliczeniowe                      |

| <b>LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA</b>   |
|--|
| <b><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></b><br>[1] Stephen P. Timoshenko and J.N. Goodier, Theory of Elasticity, McGraw-Hill, 1970.<br>[2] A.I. Lurie and A.K. Belyaev, Theory of Elasticity (Foundations of Engineering Mechanics), Springer, 2005.<br><b><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></b><br>[1] Y. C. Fung, Foundation of Solid Mechanics, Prentice-Hall, New Jersey 1965.<br>[2] Kyuichiro, Variational methods in elasticity and plasticity, Pergamon Press, 1982. |

| <b>OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ZAKŁAD, ADRES E-MAIL)</b>   |
|--|
| Grzegorz Waśniewski, Zakład Wytrzymałości Materiałów, <a href="mailto:grzegorz.wasniewski@pwr.edu.pl">grzegorz.wasniewski@pwr.edu.pl</a>   |
| <b>CZŁONKOWIE ZESPOŁU DYDAKTYCZNEGO (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)</b>   |
| Kazimierz Myślecki, <a href="mailto:kazimierz.myslecki@pwr.edu.pl">kazimierz.myslecki@pwr.edu.pl</a> , Ryszard Kutylowski, <a href="mailto:ryszard.kutylowski@pwr.edu.pl">ryszard.kutylowski@pwr.edu.pl</a> , Roman Szmigielski, <a href="mailto:roman.szmigielski@pwr.edu.pl">roman.szmigielski@pwr.edu.pl</a> , Grzegorz Waśniewski, <a href="mailto:grzegorz.wasniewski@pwr.edu.pl">grzegorz.wasniewski@pwr.edu.pl</a> , Andrzej Helowicz, <a href="mailto:andrzej.helowicz@pwr.edu.pl">andrzej.helowicz@pwr.edu.pl</a> , Tomasz Kasprzak, <a href="mailto:tomasz.kasprzak@pwr.edu.pl">tomasz.kasprzak@pwr.edu.pl</a> , Jacek Oleńkiewicz, <a href="mailto:jacek.olenkiewicz@pwr.edu.pl">jacek.olenkiewicz@pwr.edu.pl</a> , Dawid Prokopowicz, <a href="mailto:dawid.prokopowicz@pwr.edu.pl">dawid.prokopowicz@pwr.edu.pl</a> , Marta Knawa-Hawryszków <a href="mailto:marta.knawa@pwr.edu.pl">marta.knawa@pwr.edu.pl</a> |

MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU

**Theory of elasticity end plasticity**

Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU *budownictwo*

I SPECJALNOŚCI **Civil Engineering**

| Przedmiotowy efekt kształcenia | Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)** | Cele przedmiotu*** | Treści programowe***   | Numer narzędzia dydaktycznego*** |
|--------------------------------|---|--------------------|--|----------------------------------|
| <b>Wiedza</b>                  |   |                    |  |                                  |
| <b>PEK_W01</b>                 | K2_W01, K2_W02, K2_W04, K2S_CEB_W16   | C1, C2, C6         | Wy1 ÷ Wy6<br>Ćw1 ÷ Ćw4   | N1, N2, N3                       |
| <b>PEK_W02</b>                 | K2_W01, K2_W02, K2_W04, K2S_CEB_W16   | C1, C6             | Wy3, Wy4, Wy9  | N1, N3                           |
| <b>PEK_W03</b>                 | K2_W01, K2_W02, K2_W04, K2S_CEB_W16   | C3, C4             | Wy7 ÷ Wy12,<br>Ćw5, Ćw6  | N1, N2, N3                       |
| <b>PEK_W04</b>                 | K2_W01, K2_W02, K2_W04, K2S_CEB_W16   | C4, C6             | Wy11, Wy12   | N1, N3                           |
| <b>PEK_W05</b>                 | K2_W01, K2_W02, K2_W04, K2S_CEB_W16   | C5, C6             | Wy13, Ćw7  | N1, N2, N3                       |
| <b>Umiejętności</b>            |   |                    |  |                                  |
| <b>PEK_U01</b>                 | K2_U02, K2_U04, K2_U08, K2S_CEB_U19, K2S_CEB_U23  | C2, C3, C4         | Wy5 ÷ Wy12,<br>Ćw3 ÷ Ćw6   | N1, N2, N3                       |
| <b>PEK_U02</b>                 | K2_U02, K2_U06, K2_U08, K2S_CEB_U19, K2S_CEB_U23  | C2, C3, C4         | Wy5, Wy10,<br>Wy12,<br>Ćw3 ÷ Ćw6                                 | N1, N2, N3                       |
| <b>PEK_U03</b>                 | K2_U02, K2_U06, K2_U08, K2S_CEB_U19, K2S_CEB_U23  | C5                 | Ćw7  | N2, N3                           |
| <b>Kompetencje społeczne</b>   |   |                    |  |                                  |
| <b>PEK_K01</b>                 | K2_K01  | C6                 | Wy1, Wy3,<br>Wy4, Wy9,<br>Wy11,<br>Wy13 ÷ Wy15,<br>Ćw1, Ćw6, Ćw8 | N1, N2, N3                       |

\*\* - wpisać symbole kierunkowych/specjalnościowych efektów kształcenia

\*\*\* - z tabeli powyżej