Wykład nr 1
Temat: Wprowadzenie do programowania obiektowego. Różnice pomiędzy programowaniem proceduralnym a obiektowym

Paweł Karczmarek
Politechnika Lubelska, Katedra Inteligencji Obliczeniowej

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

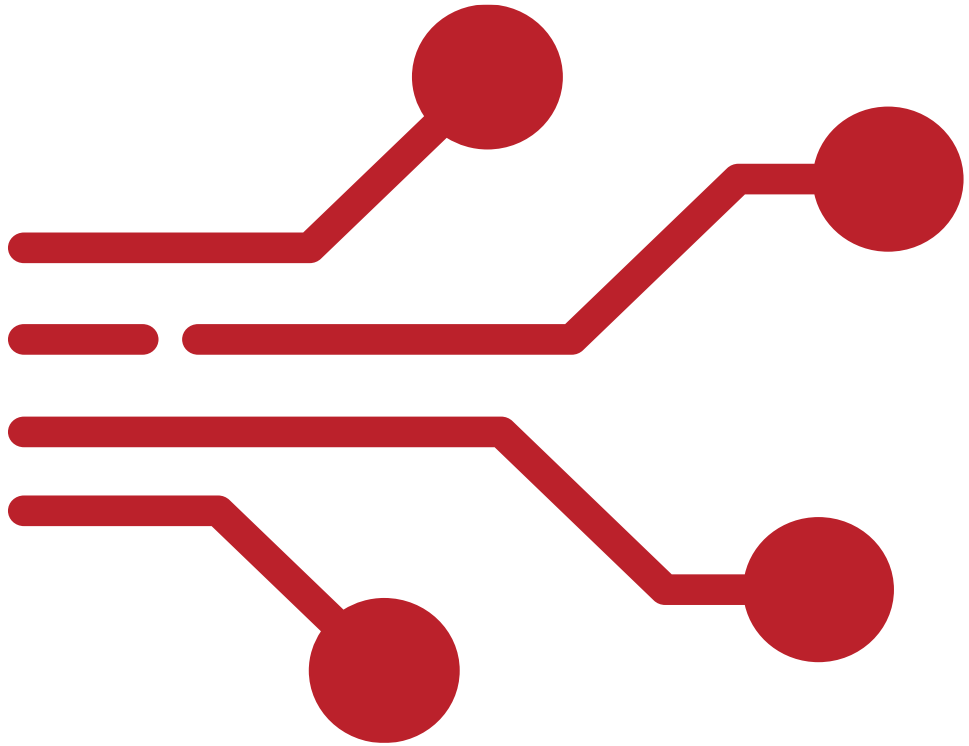
Plan prezentacji

- Wprowadzenie
- Wybrane aspekty obiektowości

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

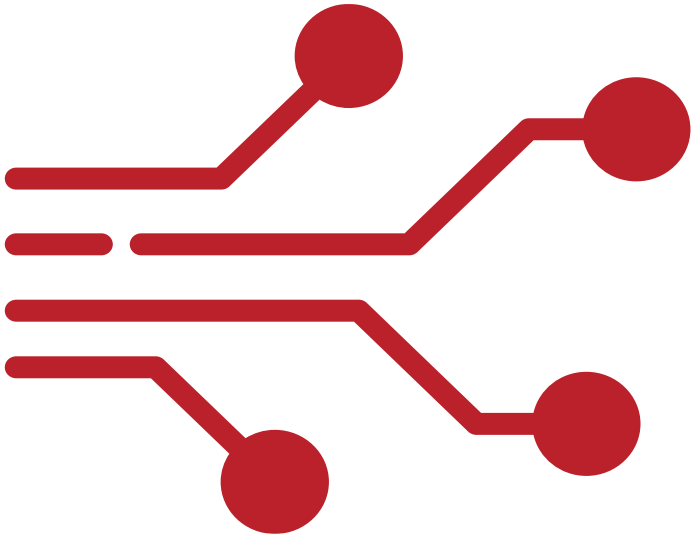
Wprowadzenie



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Programowanie obiektowe jako model architektury systemu



Programowanie obiektowe jako sposób organizacji złożonych systemów informatycznych:

- Od implementacji algorytmów do projektowania struktur systemu
- Od instrukcji do odpowiedzialności komponentów
- Od danych do obiektów zarządzających własnym stanem

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Paradygmaty programowania w praktyce inżynierskiej

Paradygmat programowania - sposób konceptualizacji problemu i organizacji rozwiązania

Najważniejsze podejścia:

- Imperatywne (proceduralne)
- Obiektowe
- Funkcyjne
- Deklaratywne
- Reaktywne i współbieżne

Współczesne języki są wieloparadygmatyczne (np. C#)

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Model proceduralny: organizacja programu wokół algorytmu

Program jako sekwencja operacji wykonywanych na danych

Cechy charakterystyczne:

- centralny przepływ sterowania
- funkcje jako podstawowa jednostka organizacji
- dane oddzielone od operacji
- stan przekazywany między funkcjami lub globalny
- podejście algorytmiczne

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

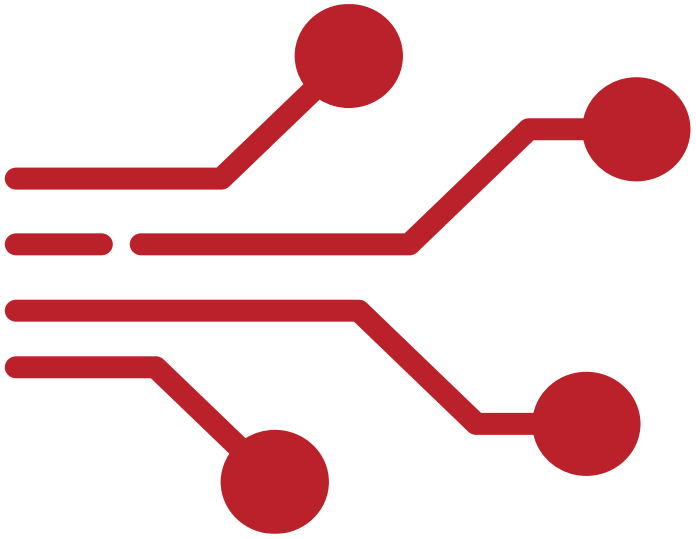
Przykład (model proceduralny)

```
static double CalculateAverage(double[] values)
{
    double sum = 0;

    for (int i = 0; i < values.Length; i++)
    {
        sum += values[i];
    }

    return sum / values.Length;
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Model obiektowy: organizacja programu wokół bytów systemu. Program jako zbiór współpracujących obiektów



Obiekt jako autonomiczna jednostka systemu:

- posiada własny stan
- udostępnia zachowanie poprzez metody
- kontroluje dostęp do swoich danych
- reprezentuje element domeny problemowej

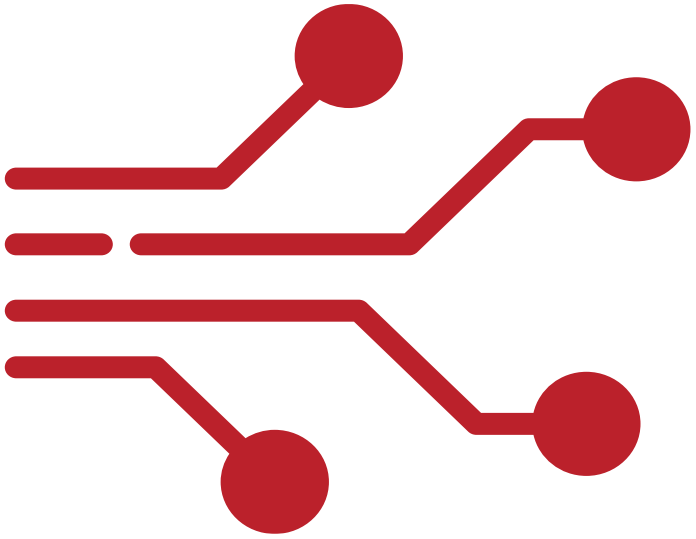
Brak centralnego algorytmu sterującego całością systemu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład (model obiektowy)

```
public class Counter
{
    private int value;
    public void Increment()
    {
        value++;
    }
    public int GetValue()
    {
        return value;
    }
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Programowanie proceduralne a obiektowe: różnice na poziomie modelu systemu

Proceduralne:

- system jako algorytm
- dane jako struktury pasywne
- funkcje operujące na danych
- przepływ sterowania centralny

Obiektowe:

- system jako zbiór bytów
- dane i zachowanie nierozdzielne
- odpowiedzialność lokalna
- przepływ sterowania rozproszony

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Styl proceduralny

```
public struct Invoice
{
    public double NetAmount;
    public double TaxRate;
}

public static double CalculateGross(Invoice invoice)
{
    return invoice.NetAmount * (1 + invoice.TaxRate);
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Styl obiektowy

```
public class Invoice
{
    public double NetAmount { get; }
    public double TaxRate { get; }
    public Invoice(double netAmount, double taxRate)
    {
        NetAmount = netAmount;
        TaxRate = taxRate;
    }
    public double CalculateGross()
    {
        return NetAmount * (1 + TaxRate);
    }}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Stan globalny jako wspólne źródło danych dla wielu części systemu

Cechy:

- dostęp z dowolnego miejsca programu
- brak jednoznacznego właściciela danych
- trudność kontroli modyfikacji
- ukryte zależności między komponentami
- ryzyko niespójności stanu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Stan globalny

```
public static class SystemConfig
{
    public static bool IsMaintenanceMode;
    public static int MaxUsers;
}
…
if (SystemConfig.IsMaintenanceMode)
{
    return;
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Stan globalny

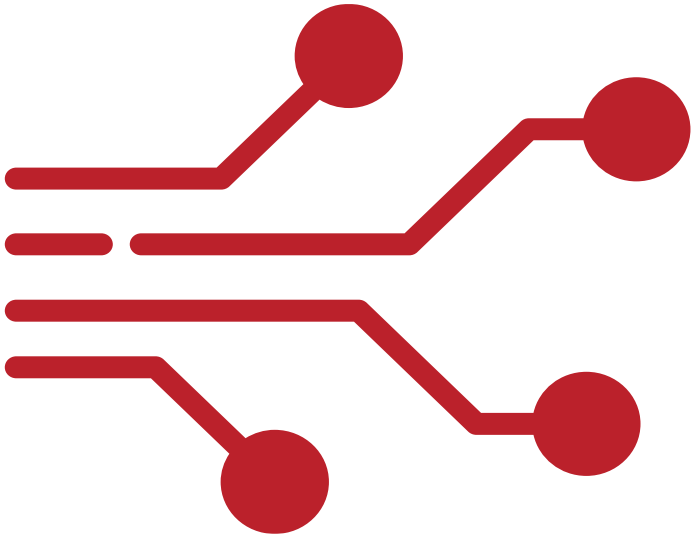
```
public class SystemConfig
{
    public bool IsMaintenanceMode { get; }
    public int MaxUsers { get; }


    public SystemConfig(bool maintenanceMode, int
maxUsers)
    {
        IsMaintenanceMode = maintenanceMode;
        MaxUsers = maxUsers;
    }}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Skalowalność kodu a złożoność systemu

Wzrost rozmiaru systemu powoduje nieliniowy wzrost złożoności



W podejściu proceduralnym:

- rośnie liczba funkcji i zależności
- logika staje się rozproszona
- trudniej kontrolować przepływ danych
- zmiany mają szeroki wpływ na system

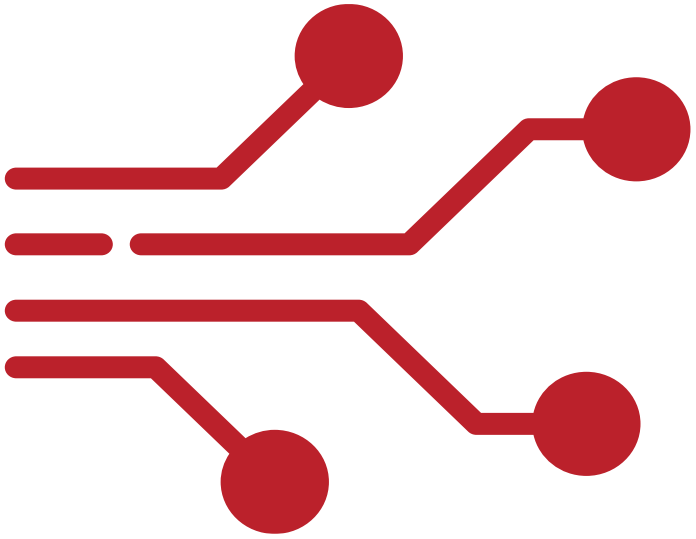
Problem utrzymania dużych systemów

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Skalowalność kodu a złożoność problemu

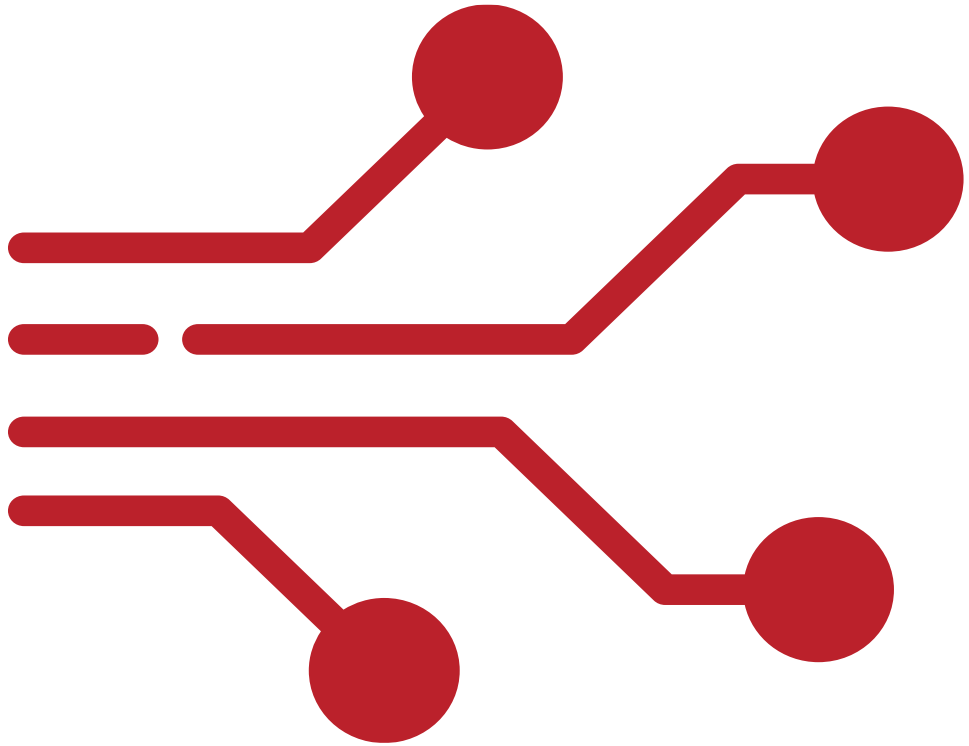
```
public struct User
{
    public int Id;
    public string Name;
    public bool IsActive;
}
static void ActivateUser(ref User user)
{
    user.IsActive = true;
}
static void RenameUser(ref User user, string newName)
{
    user.Name = newName;}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wybrane aspekty obiektowości



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Sprzężenia między modułami

Sprzężenie (coupling) — stopień zależności między elementami systemu

W podejściu proceduralnym:

- wiele funkcji operuje na tych samych danych
- zmiany w strukturze danych wpływają na wiele miejsc
- trudność izolacji komponentów
- ryzyko efektów ubocznych

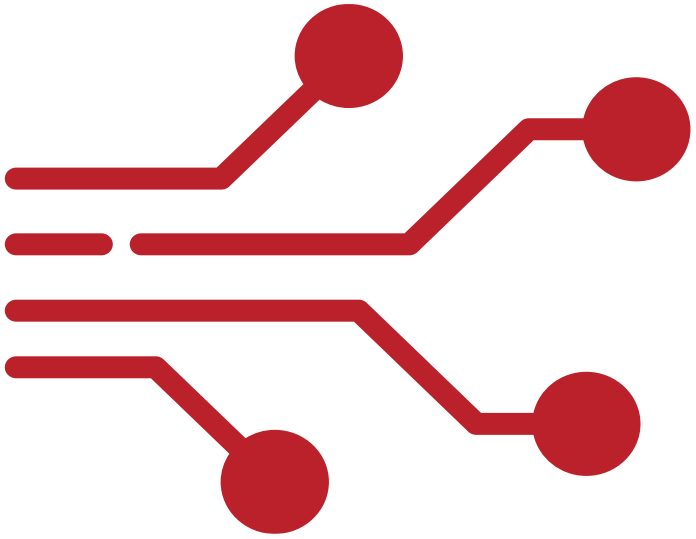
Niskie sprzężenie jako cel projektowy

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Sprzężenia między modułami

```
public struct User
{
    public int Id;
    public string Name;
    public bool IsActive;
}
```

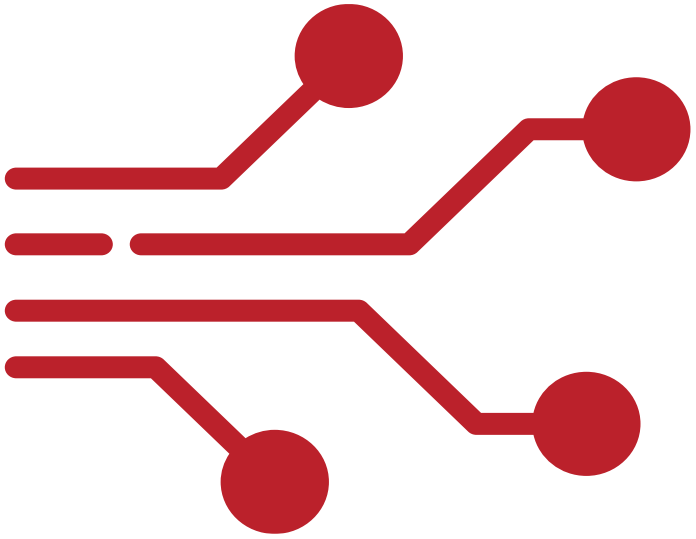


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Sprzężenia między modułami

```
public class User
{
    private string name;
    public User(int id, string name)
    {
        Id = id;
        this.name = name;
        IsActive = false;
    }
```

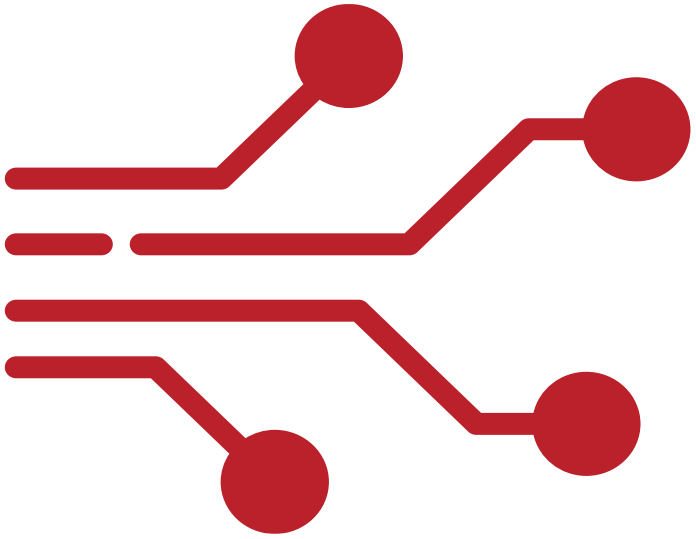


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Sprzężenia między modułami

```
    public int Id { get; }
    public bool IsActive { get; private set; }

    public string GetName()
    {
        return name;
    }

    public void Rename(string newName)
    {
        name = newName;
    }
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Rozproszona odpowiedzialność za dane

Brak jednego miejsca kontrolującego stan danych

W podejściu proceduralnym:

- wiele funkcji modyfikuje te same struktury
- brak właściciela danych
- trudność zapewnienia spójności
- logika walidacji rozproszona
- podatność na błędy

W modelu obiektowym odpowiedzialność przypisana do obiektu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Rozproszona odpowiedzialność za dane

```
public struct Employee
{
    public int Id;
    public string Name;
    public double Salary;
}
static void IncreaseSalary(ref Employee e, double amount)
{
    e.Salary += amount;
}
static void ApplyBonus(ref Employee e, double percent)
{
    e.Salary *= (1 + percent);}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Rozproszona odpowiedzialność za dane

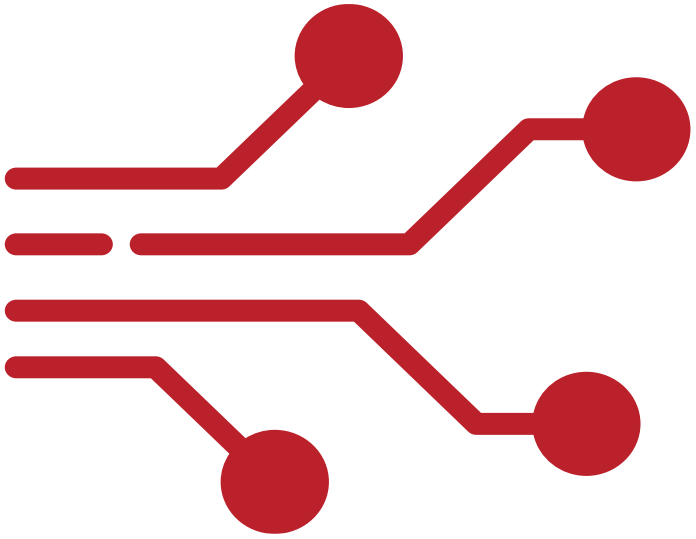
```
public class Employee
{
    public int Id { get; }
    public string Name { get; }
    public double Salary { get; private set; }

    public Employee(int id, string name, double salary)
    {
        Id = id;
        Name = name;
        Salary = salary;
    }
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Rozproszona odpowiedzialność za dane

```
public void IncreaseSalary(double amount)
{
    if (amount < 0)
        throw new ArgumentException();

    Salary += amount;
}
public void ApplyBonus(double percent)
{
    if (percent < 0)
        throw new ArgumentException();
    Salary *= (1 + percent);
}}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Utrzymanie i ewolucja systemów w czasie

W podejściu proceduralnym:

- zmiany wymagają modyfikacji wielu funkcji
- trudność lokalizacji miejsc zależnych
- ryzyko regresji
- rosnący koszt utrzymania

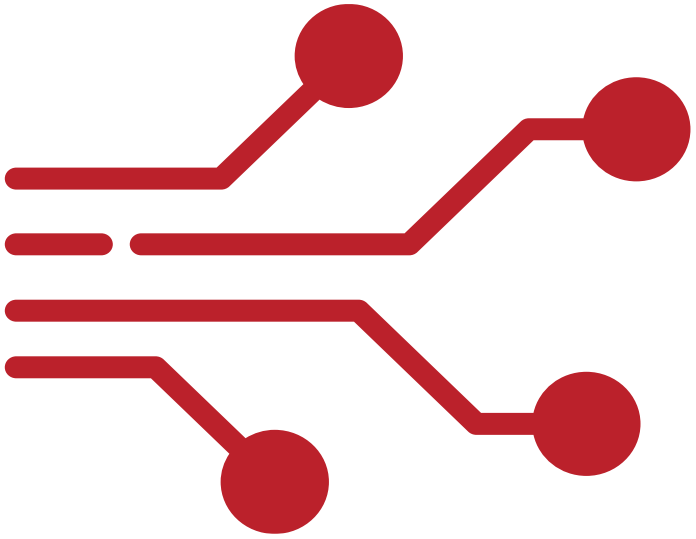
W podejściu obiektowym:

- zmiany lokalizowane w obrębie obiektów
- stabilny interfejs zewnętrzny
- większa odporność na modyfikacje

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Testowalność kodu proceduralnego. Możliwość weryfikacji poprawności fragmentów systemu w izolacji



Problemy w podejściu proceduralnym:

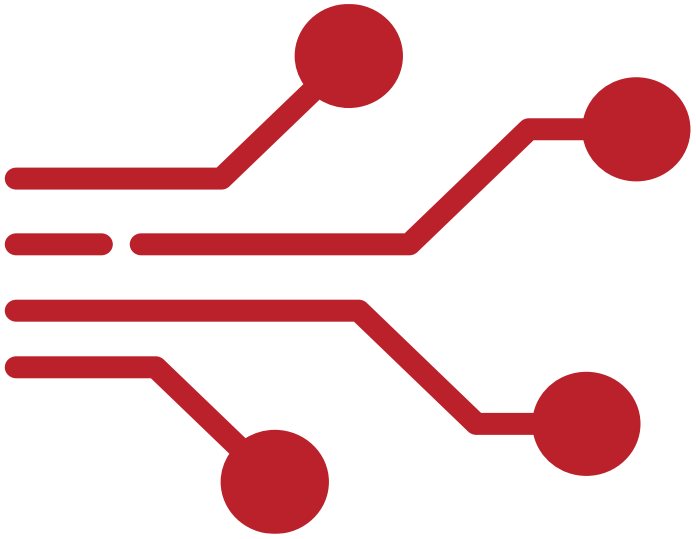
- zależność od stanu globalnego
- brak wyraźnych granic komponentów
- trudność izolacji funkcji
- konieczność odtwarzania kontekstu systemu
- efekty uboczne utrudniające testy

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Weryfikacja

```
static double CalculateDiscount(double amount)
{
    if (SystemConfig.IsMaintenanceMode)
        return 0;

    return amount > 1000 ? 0.1 : 0.0;
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Weryfikacja

```
public class DiscountCalculator
{
    private readonly bool maintenanceMode;
    public DiscountCalculator(bool maintenanceMode)
    {
        this.maintenanceMode = maintenanceMode;
    }
    public double Calculate(double amount)
    {
        if (maintenanceMode)
            return 0;
        return amount > 1000 ? 0.1 : 0.0;
}}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Obiekt jako jednostka odpowiedzialności

Cechy obiektu:

- posiada własny stan
- udostępnia operacje na tym stanie
- odpowiada za swoją spójność
- reprezentuje pojęcie z domeny problemowej

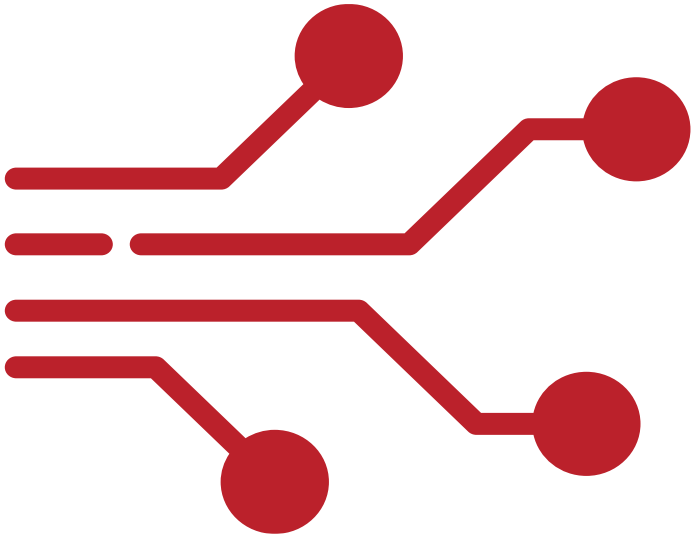
Obiekt jako właściciel danych, a nie ich pasywny nośnik

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Obiekt jako jednostka odpowiedzialności

```
public class Temperature
{
    private double value;
    public Temperature(double value){
        if (value < -273.15)
            throw new ArgumentOutOfRangeException();
        this.value = value;
    }
    public double InCelsius(){
        return value;
    }
    public double InKelvin(){
        return value + 273.15;
    }}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

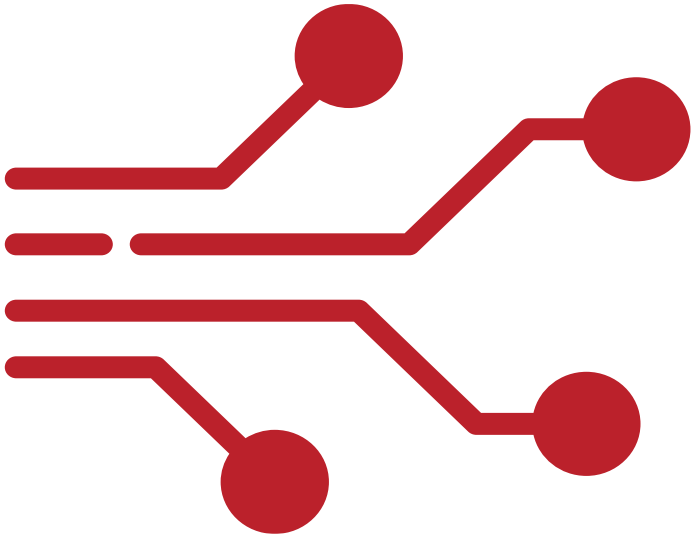
Stan, zachowanie i tożsamość obiektu

Trzy podstawowe właściwości obiektu:

Stan - aktualne dane opisujące obiekt

Zachowanie - operacje, które obiekt może wykonywać

Tożsamość - unikalność obiektu niezależna od jego stanu



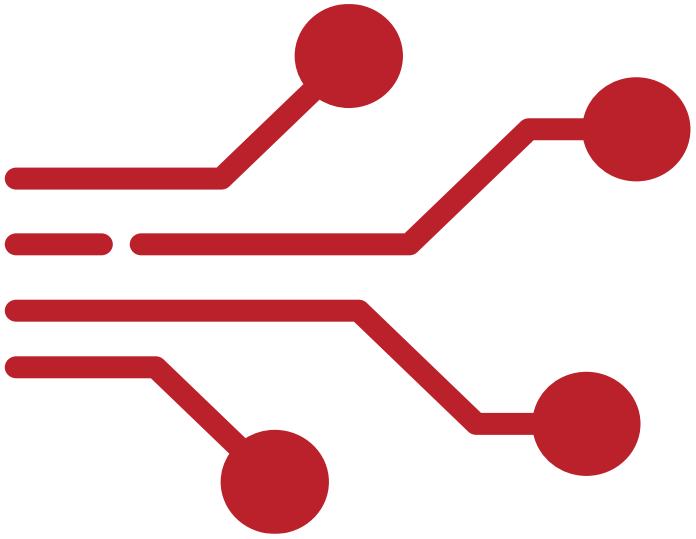
Przykład (ten sam stan, odrębne instancje):

```
var t1 = new Temperature(20);
var t2 = new Temperature(20);
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Komunikacja między obiektami



Obiekty współdziałają poprzez wywołania metod

Cechy komunikacji:

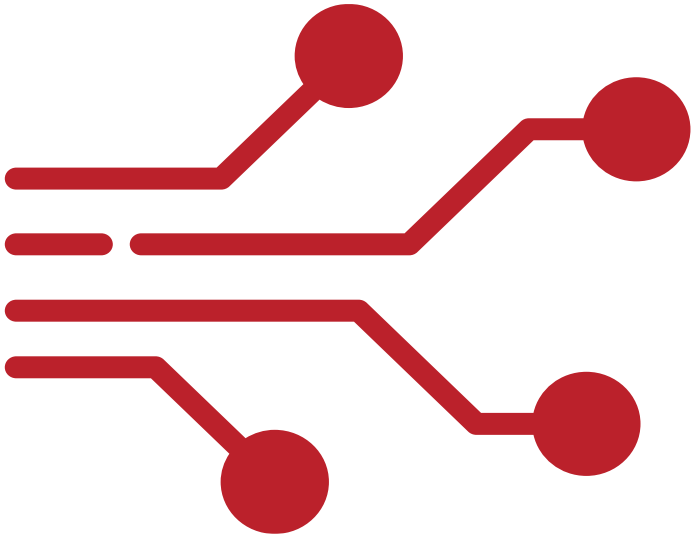
- brak bezpośredniej manipulacji stanem obiektu
- interakcja poprzez publiczny interfejs
- przekazywanie parametrów i zwracanie wyników
- możliwość ukrycia implementacji

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład prostej klasy

```
public class BankAccount
{
    private double balance;

    public BankAccount(double initialBalance)
    {
        balance = initialBalance;
    }
```

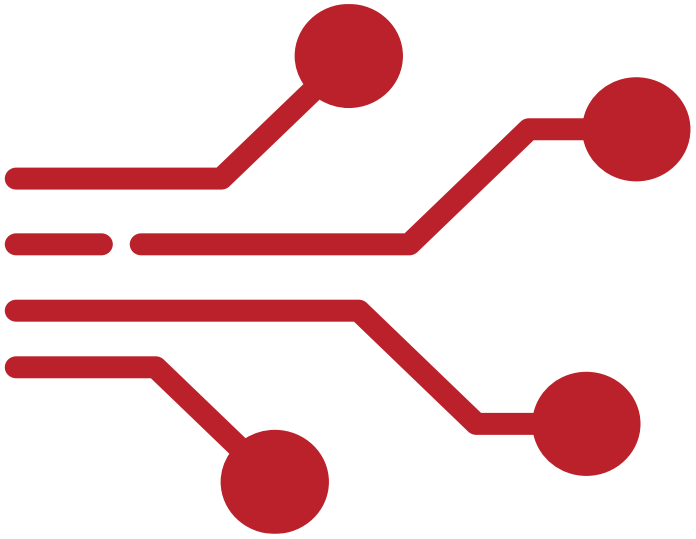


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład prostej klasy

```
public bool Withdraw(double amount)
{
    if (amount <= balance)
    {
        balance -= amount;
        return true;
    }
    return false;}
public double GetBalance()
{
    return balance;}}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Modelowanie domeny problemowej

Obiekty jako reprezentacje pojęć występujących w systemie

Model domenowy:

- odzwierciedla strukturę problemu, nie implementacji
- wykorzystuje pojęcia znane użytkownikowi systemu
- opisuje relacje między elementami
- umożliwia spójne rozumienie systemu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Modelowanie domeny problemowej

```
public class Product
{
    public string Name { get; }
    public string Code { get; }

    public Product(string name, string code)
    {
        Name = name;
        Code = code;
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

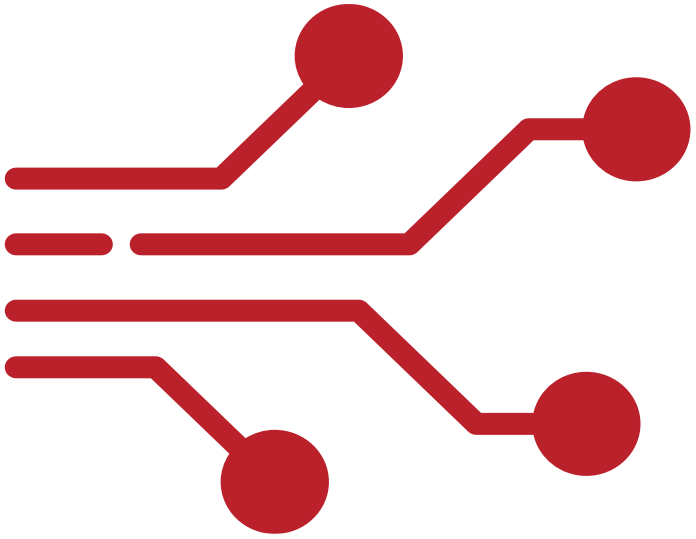
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Obiekty jako granice systemu

Obiekty wyznaczają logiczne granice komponentów

Funkcje graniczne:

- izolacja stanu i implementacji
- kontrola dostępu do zasobów
- interfejs komunikacji z otoczeniem
- separacja odpowiedzialności



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Obiekty jako granice systemu

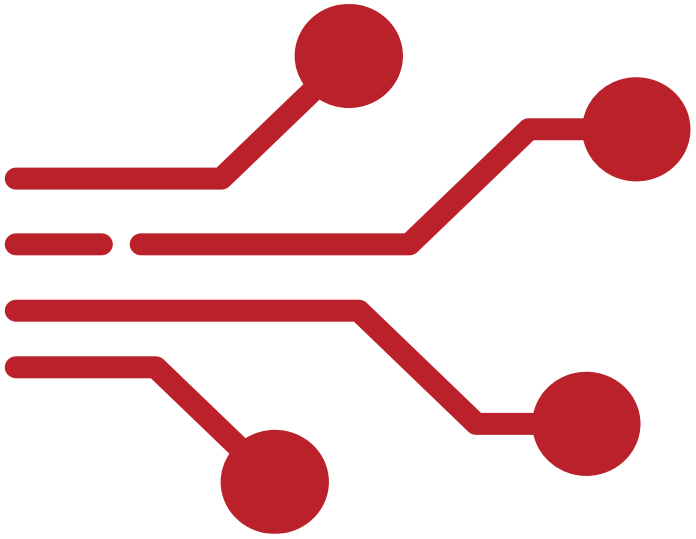
```
public class DeviceConnection
{
    private bool isOpen;
    public void Open()
    {
        if (!isOpen)
        {
            // inicjalizacja połączenia
            isOpen = true;
        }
    }
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Obiekty jako granice systemu

```
public void Send(string command)
{
    if (!isOpen)
        throw new InvalidOperationException();

    // wysłanie polecenia
}
```

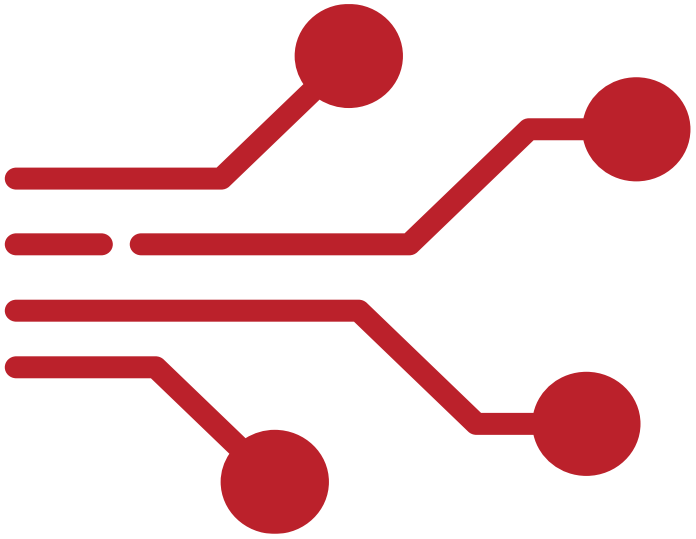


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Obiekty jako granice systemu

```
public void Close()
    {
        if (isOpen)
        {
            // zamknięcie połączenia
            isOpen = false;
        }
    }
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

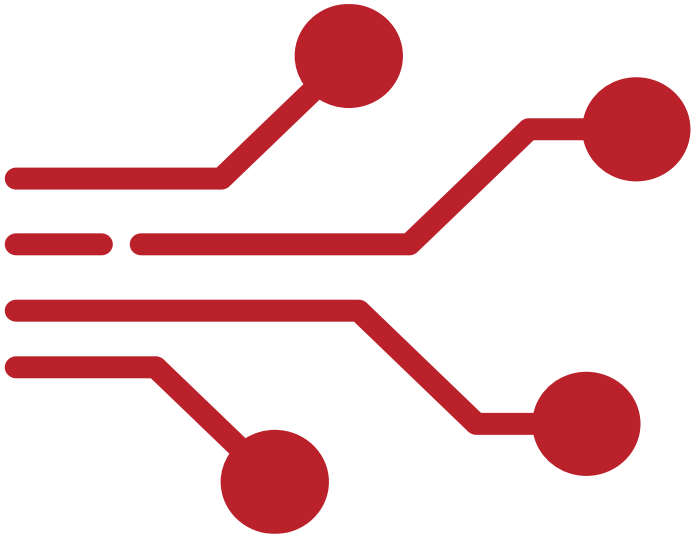
C# jako język wieloparadygmatyczny

C# nie wymusza jednego stylu programowania

Możliwe podejścia:

- proceduralne (metody statyczne, struktury danych)
- obiektowe (klasy, obiekty, interakcje)
- elementy funkcyjne (LINQ, lambdy, niemutowalność)
- programowanie asynchroniczne i reaktywne

Styl programu zależy od decyzji projektowych



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Kod proceduralny napisany w C#

Możliwość implementacji stylu proceduralnego w języku obiektowym

Cechy takiego kodu:

- metody statyczne
- brak obiektów reprezentujących domenę
- operacje na strukturach danych
- centralna logika sterująca
- ograniczona enkapsulacja

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Wiele paradygmatów

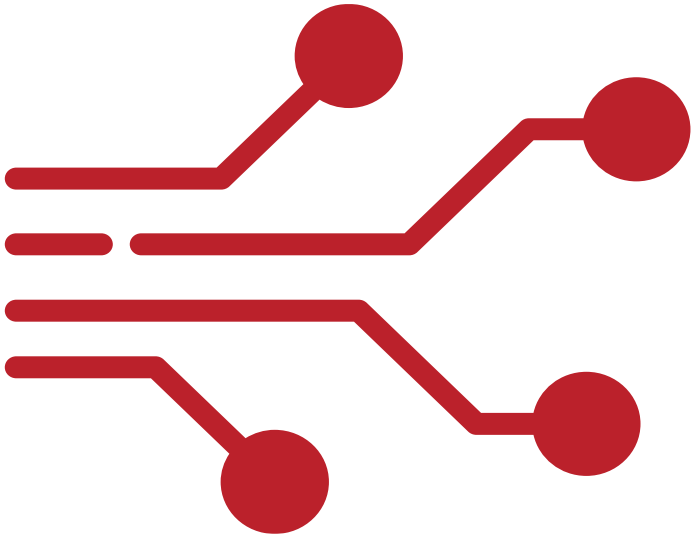
```
public struct Account
{
    public int Id;
    public double Balance;
}


public static class AccountOperations
{
    public static void Deposit(ref Account account, double
amount)
    {
        account.Balance += amount;}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Wiele paradygmatów

```
    public static bool Withdraw(ref Account account, double
amount)
    {
        if (account.Balance >= amount)
        {
            account.Balance -= amount;
            return true;
        }
        return false;
    }
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Kod obiektowy w C#: porównanie

Obiekt jako właściciel danych i zachowania

Cechy podejścia obiektowego:

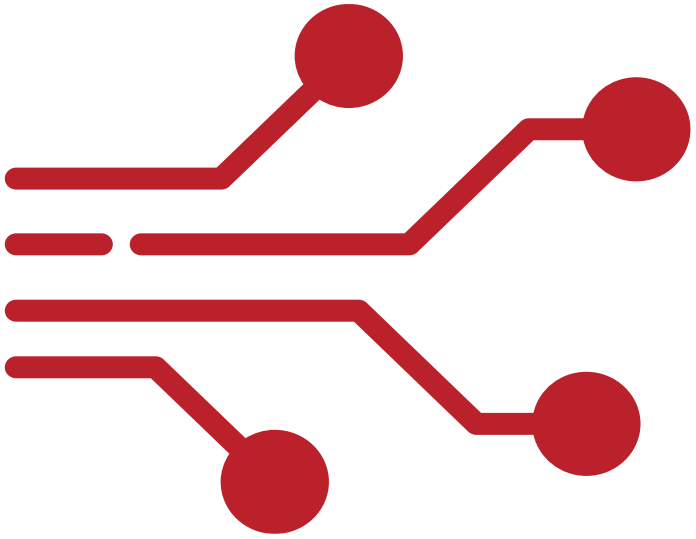
- stan ukryty wewnątrz obiektu
- operacje zdefiniowane w klasie
- brak zewnętrznej manipulacji danymi
- możliwość tworzenia wielu niezależnych instancji
- odpowiedzialność lokalna

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład kodu obiektowego

```
public class Account
{
    public int Id { get; }
    public double Balance { get; private set; }

    public Account(int id, double initialBalance)
    {
        Id = id;
        Balance = initialBalance;
    }
```

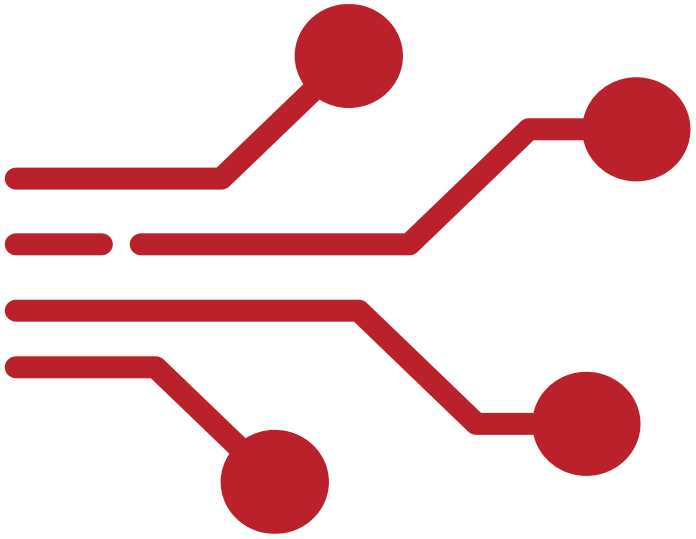


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład kodu obiektowego

```
public void Deposit(double amount)
{
    if (amount < 0)
        throw new ArgumentException();

    Balance += amount;
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

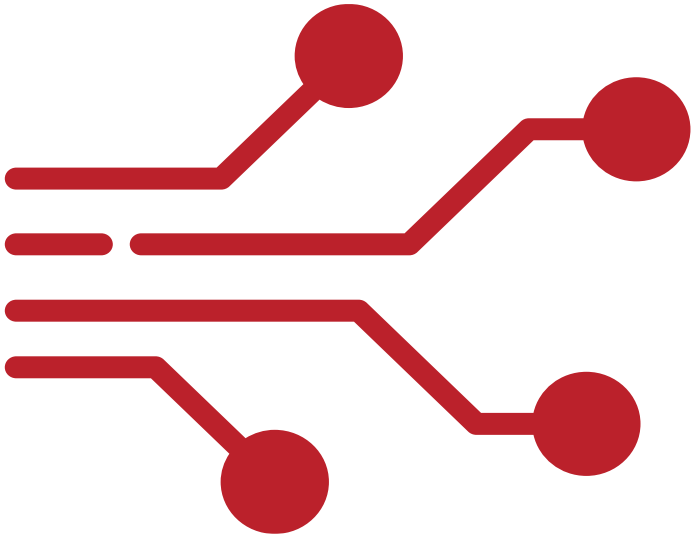
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład kodu obiektowego

```
public bool Withdraw(double amount)
{
    if (amount < 0)
        throw new ArgumentException();

    if (Balance >= amount)
    {
        Balance -= amount;
        return true;
    }
    return false;}}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Pseudo-OOP: klasy jako „opakowania na dane”

Kod wygląda obiektowo, ale pozostaje proceduralny

Typowe symptomy:

- klasy zawierające wyłącznie publiczne pola
- brak metod realizujących logikę
- logika umieszczona w klasach „Utility” lub „Manager”
- operacje wykonywane z zewnątrz na obiektach
- obiekt jako struktura danych, nie jako jednostka odpowiedzialności

Formalne użycie klas != programowanie obiektowe

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład klasy

```
public class Order
{
    public int Id;
    public double Amount;
    public bool IsPaid;
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

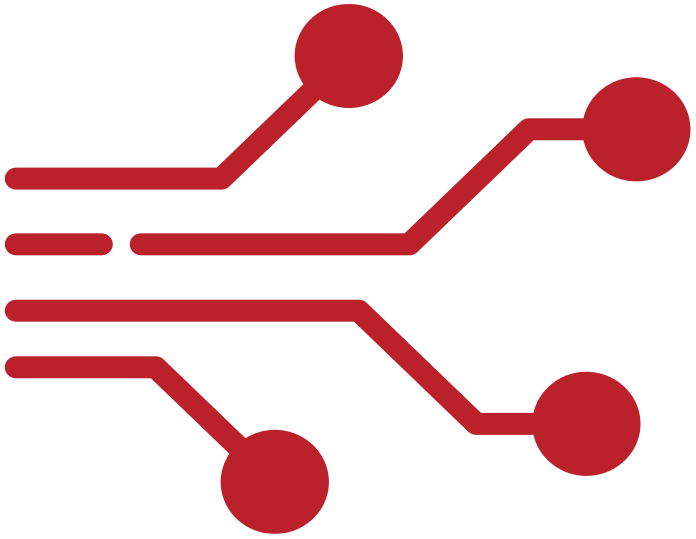
Przykład klasy

```
public static class OrderService
{
    public static void Pay(Order order)
    {
        order.IsPaid = true;
    }

    public static double CalculateDiscount(Order order)
    {
        return order.Amount > 1000 ? 0.1 : 0.0;
    }}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Zarządzanie stanem w modelu obiektowym. Stan jako własność konkretnego obiektu



Zasady:

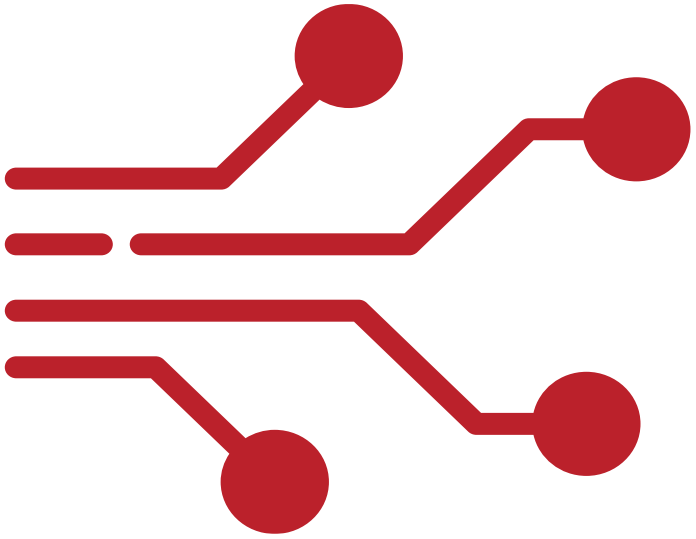
- brak bezpośredniego dostępu do pól
- modyfikacja stanu wyłącznie przez metody
- kontrola poprawności zmian
- możliwość projektowania obiektów mutowalnych i niemutowalnych

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Zarządzenie stanem

```
public class Sensor
{
    public double Value { get; private set; }

    public void Update(double newValue)
    {
        if (newValue < 0)
            throw new ArgumentOutOfRangeException();

        Value = newValue;
    }}
```



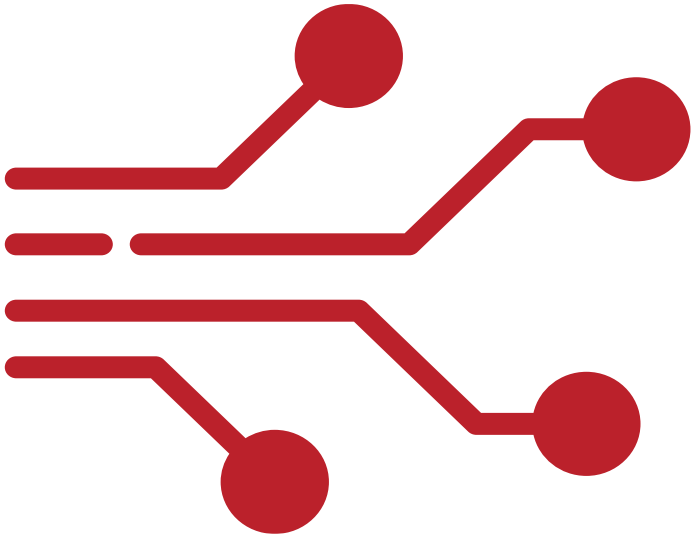
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Zarządzenie stanem

Obiekt niemutowalny

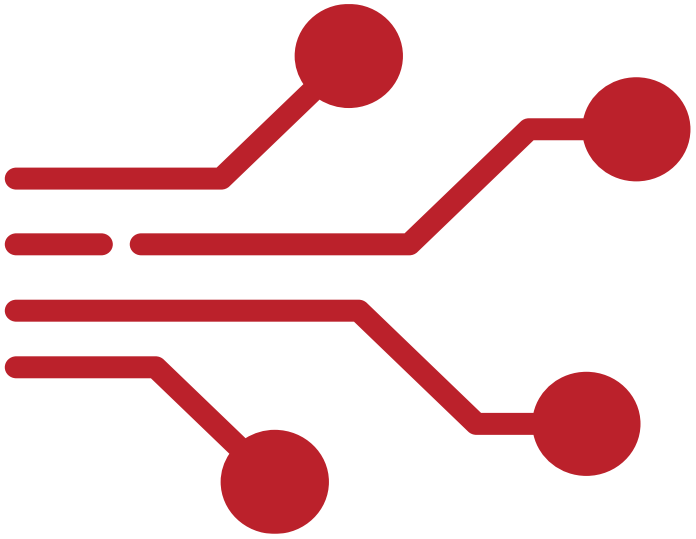
```
public record Measurement(double Value, DateTime Timestamp);
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Izolacja zmian i rozszerzalność systemu - zmiany jako nieunikniona cecha systemów informatycznych



Model obiektowy umożliwia:

- lokalizację zmian w obrębie komponentów
- stabilność interfejsów zewnętrznych
- ograniczenie wpływu modyfikacji
- łatwiejsze dodawanie nowych funkcjonalności
- rozwój bez naruszania istniejącego kodu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Ponowne użycie kodu w podejściu obiektowym

Możliwość wykorzystania istniejących komponentów w nowych kontekstach

Czynniki sprzyjające reużywalności:

- jasno określone odpowiedzialności
- niski poziom sprzężenia
- ukrycie szczegółów implementacji
- stabilne interfejsy
- niezależność od kontekstu systemu

Reużywalność jako efekt dobrego projektu, nie cel sam w sobie

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Reużywalność

```
public class Matrix
{
    private readonly double[,] data;
    public Matrix(int rows, int cols)
    {
        data = new double[rows, cols];
    }
    public double Get(int r, int c) => data[r, c];
    public void Set(int r, int c, double value) => data[r, c] =
value;
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

OOP a projektowanie zespołowe

Duże systemy tworzone są przez zespoły, nie pojedynczych programistów

Model obiektowy umożliwia:

- podział systemu na komponenty
- równoległą pracę nad różnymi częściami
- jasno określone interfejsy współpracy
- ograniczenie konfliktów integracyjnych
- przypisanie odpowiedzialności zespołom

Architektura jako narzędzie koordynacji prac

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Relacja OOP do innych paradygmatów

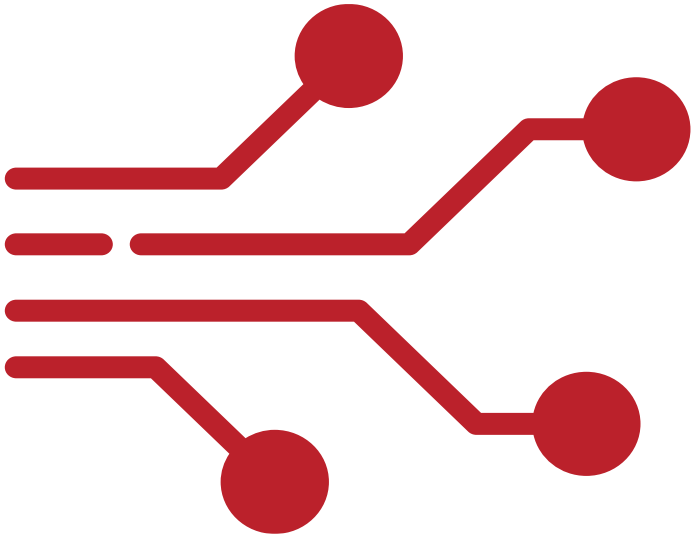
Programowanie obiektowe jako jeden z wielu modeli

Współczesne systemy wykorzystują podejścia hybrydowe:

- obiektowe - model struktury systemu
- proceduralne - algorytmy i operacje lokalne
- funkcyjne - przetwarzanie danych
- reaktywne - obsługa zdarzeń i strumieni

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



OOP w systemach technicznych i przemysłowych

Model obiektowy w systemach cyber-fizycznych

Zastosowania:

- sterowanie urządzeniami i procesami
- systemy embedded
- systemy SCADA i automatyka przemysłowa
- symulacje i modele cyfrowe
- integracja sprzętu i oprogramowania

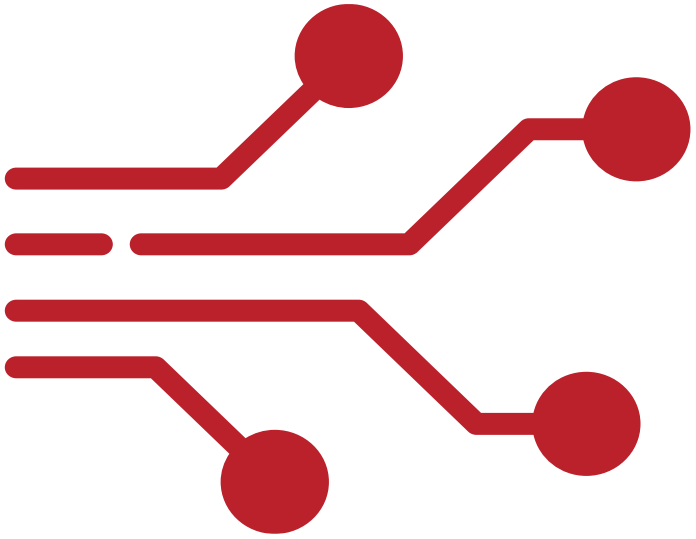
Obiekty jako reprezentacje elementów fizycznych

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Od OOP do architektury oprogramowania

Programowanie obiektowe jako fundament projektowania systemów



OOP umożliwia:

- budowę modularnych struktur
- definiowanie komponentów i ich relacji
- kontrolę zależności
- projektowanie warstw systemu
- przejście od kodu do architektury

Obiekty jako elementy większych struktur

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Najważniejsze różnice: podejście proceduralne vs obiektowe

Podejście proceduralne:

- system jako algorytm
- dane i operacje rozdzielone
- centralny przepływ sterowania
- wysoki poziom sprzężenia przy wzroście skali
- trudność lokalizacji odpowiedzialności

Podejście obiektowe:

- system jako zbiór współpracujących bytów
- dane i zachowanie nierozdzielne
- odpowiedzialność przypisana do obiektów
- kontrola stanu i interfejsów
- większa odporność na zmiany

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Dziękuję za uwagę

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wykład nr 2
Temat: Klasy i obiekty. Konstruktor, destruktor, metody i atrybuty

Paweł Karczmarek
Politechnika Lubelska, Katedra Inteligencji Obliczeniowej

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

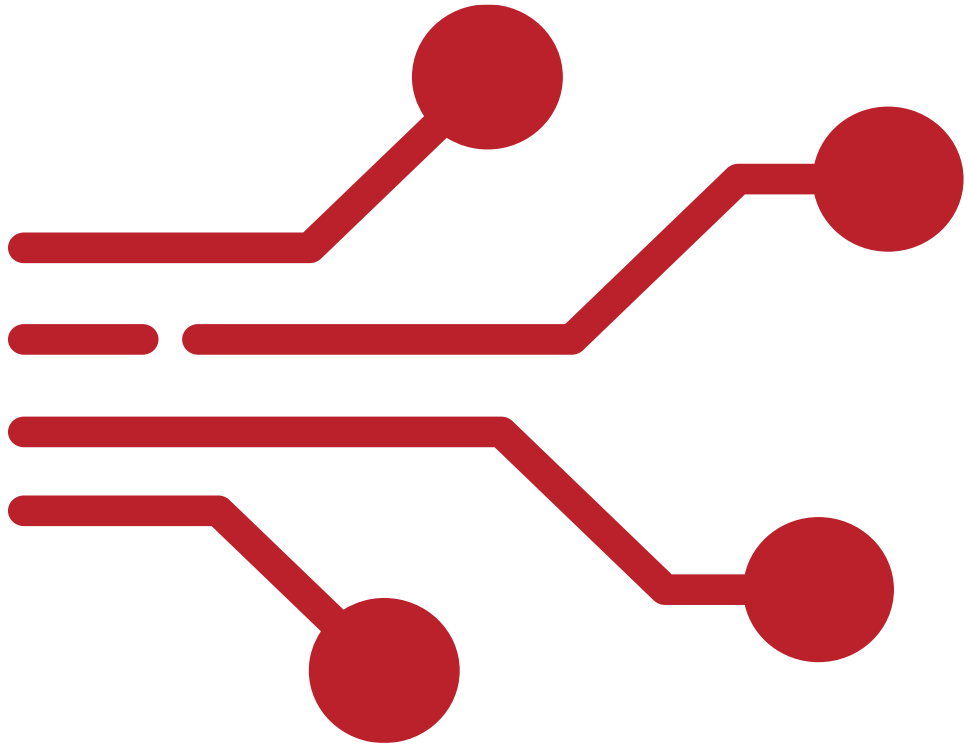
Plan prezentacji

- Wprowadzenie
- Pola i właściwości
- Metody
- Konstruktory i destruktory

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

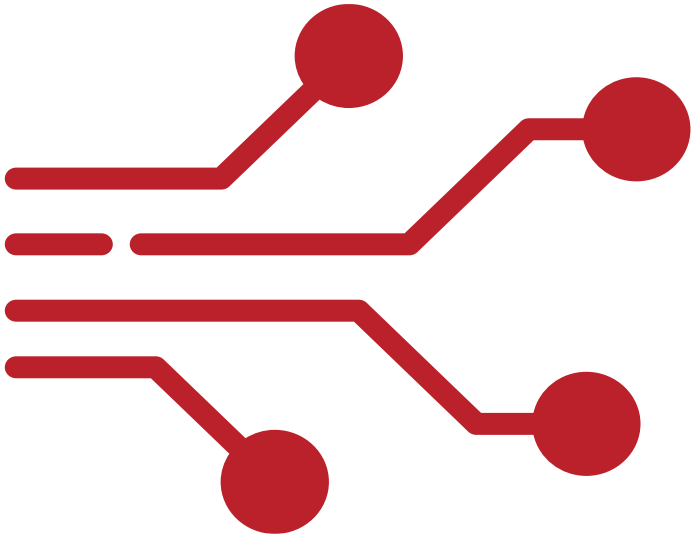
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wprowadzenie



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

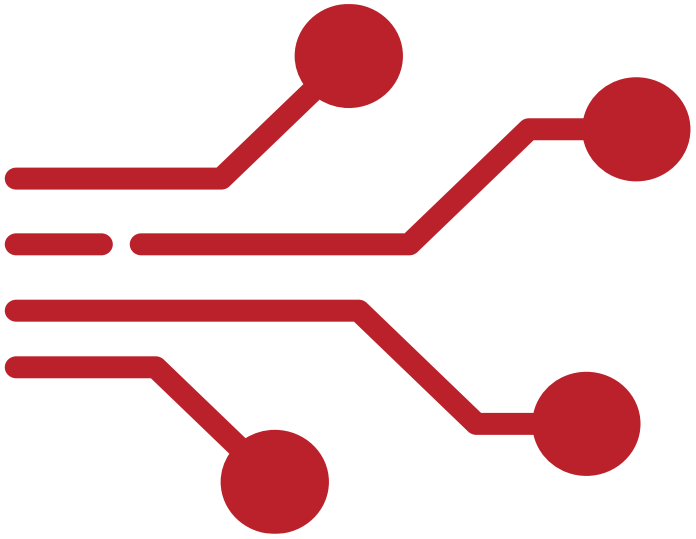


Klasa w języku C# może zawierać

- atrybuty przechowujące stan obiektu (fields)
- właściwości udostępniające stan w sposób kontrolowany (properties)
- metody implementujące zachowanie obiektu (methods)
- konstruktory inicjalizujące obiekt (constructors)
- destruktor kończący cykl życia obiektu (finalizer)
- inne elementy języka, np. zdarzenia i typy zagnieżdżone

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład klasy

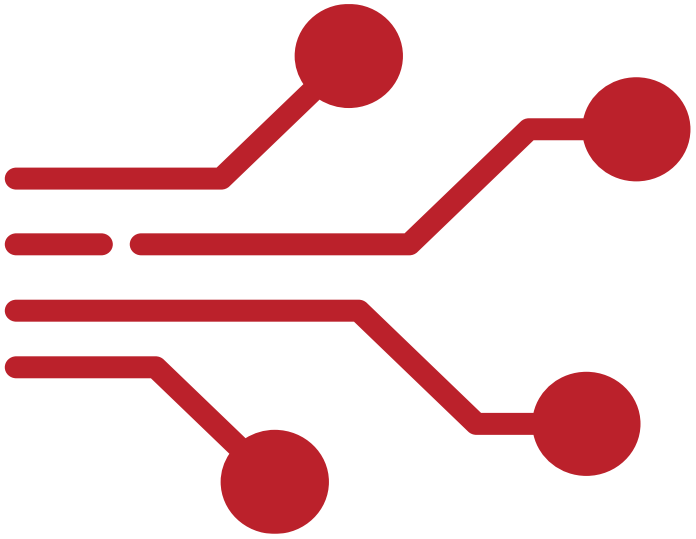
```
public class BankAccount
{
    private decimal balance;

    public string Owner { get; }

    public decimal Balance
    {
        get { return balance; }
    }
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład klasy

```
    public BankAccount(string owner, decimal
initialBalance)
    {
        Owner = owner;
        balance = initialBalance;
    }

    public void Deposit(decimal amount)
    {
        balance += amount;
    }
```

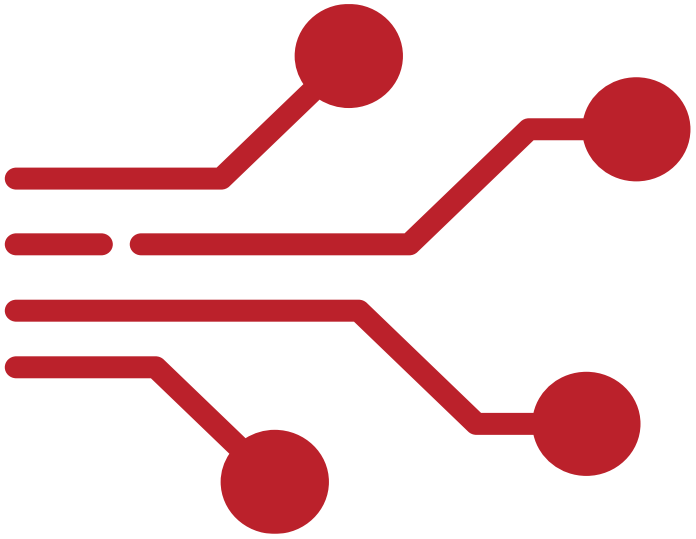


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład klasy

```
    public void Withdraw(decimal amount)
    {
        balance -= amount;
    }
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Elementy składowe klasy (class members)

Do najważniejszych elementów składowych klasy należą

- pola (fields) przechowujące dane obiektu
- właściwości (properties) udostępniające dane w kontrolowany sposób
- metody (methods) implementujące operacje na obiekcie
- konstruktory (constructors) inicjalizujące stan obiektu
- destruktory (finalizers) związane z końcem cyklu życia obiektu
- inne elementy języka, np. zdarzenia, indeksatory i typy zagnieżdżone

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Atrybuty jako reprezentacja stanu obiektu

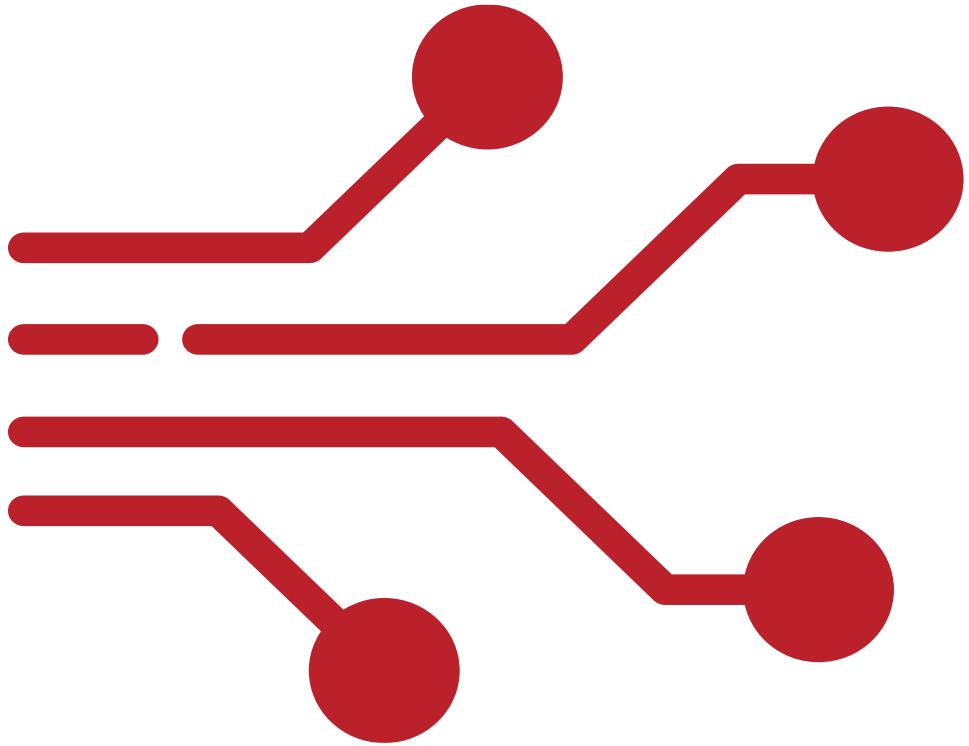
Atrybuty

- przechowują dane należące do obiektu
- reprezentują stan obiektu w danym momencie działania programu
- posiadają określony typ danych
- są przechowywane w pamięci razem z obiektem
- mogą być używane przez metody klasy
- zazwyczaj posiadają poziom dostępu private

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Pola i właściwości



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Pola klasy (fields)

Pole klasy

- jest zmienną zadeklarowaną wewnątrz klasy
- przechowuje dane należące do instancji klasy
- posiada określony typ danych
- może mieć różny poziom dostępu
- jest dostępne dla metod tej samej klasy
- jest tworzone razem z obiektem

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Deklaracja pól w języku C#

Zawiera

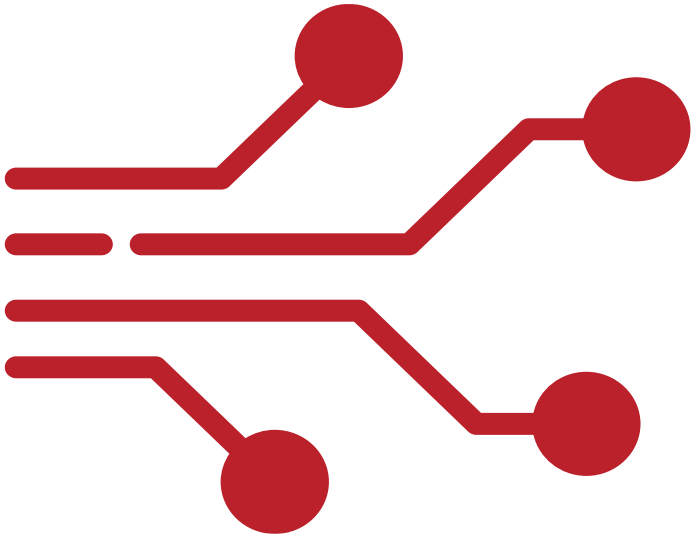
- modyfikator dostępu określający widoczność pola
- typ danych określający rodzaj przechowywanych wartości
- nazwę pola identyfikującą zmienną w klasie
- opcjonalną wartość początkową

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

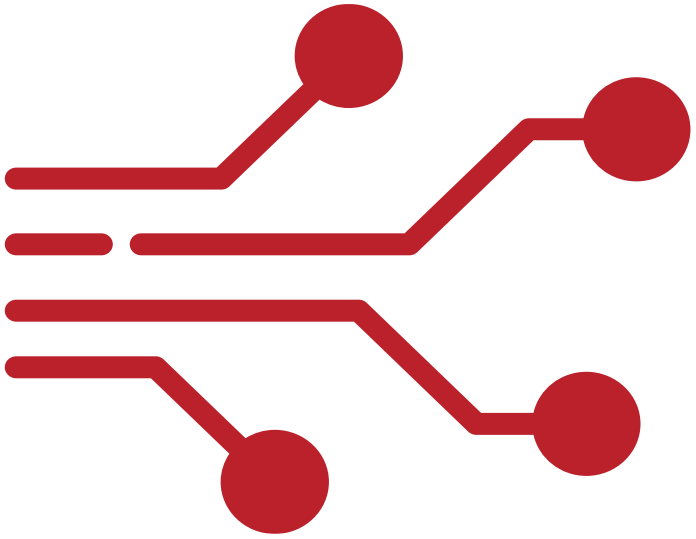
Przykłady deklaracji pól

```
private decimal balance;
private string owner;
private int transactionCount = 0;
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Właściwości (properties)

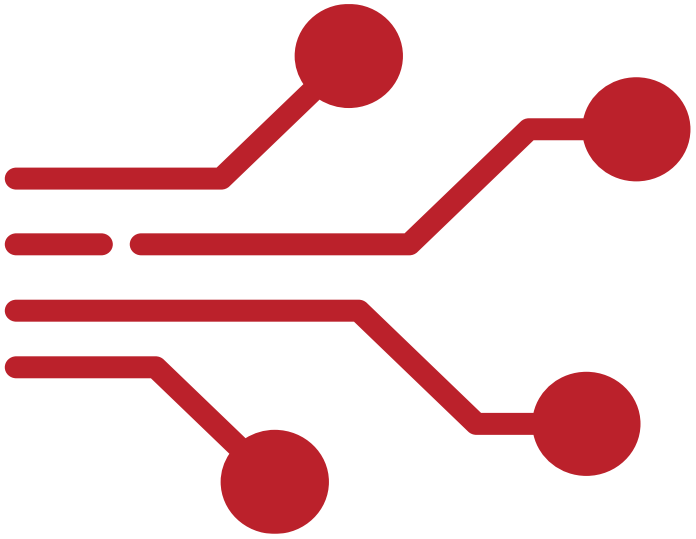
Właściwość klasy

- umożliwia kontrolowany dostęp do danych obiektu
- definiuje operacje odczytu i zapisu wartości
- wykorzystuje akcesory get i set
- może odczytywać lub modyfikować wartość pola
- może zawierać dodatkową logikę przy odczycie lub zapisie
- stanowi podstawowy mechanizm udostępniania danych w C#

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład właściwości



```
private decimal balance;

public decimal Balance
{
    get { return balance; }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Akcesory get i set

Właściwości klasy wykorzystują

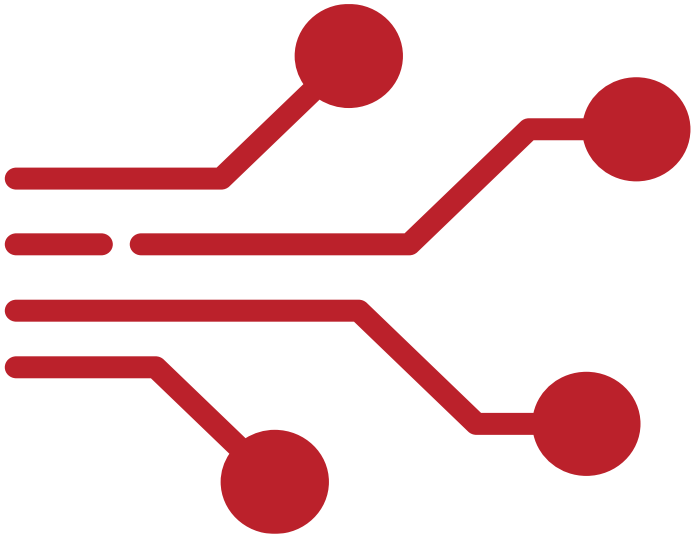
- akcesor get umożliwiający odczyt wartości właściwości
- akcesor set umożliwiający zmianę wartości właściwości
- blok kodu wykonywany podczas odczytu lub zapisu
- specjalną zmienną value reprezentującą przypisywaną wartość
- mechanizm kontroli dostępu do danych obiektu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład właściwości z get i set

```
private decimal balance;

public decimal Balance
{
    get { return balance; }
    set { balance = value; }
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład set

```
set
{
    if (value < 0)
        throw new ArgumentException("Balance
cannot be negative");

    balance = value;
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Właściwości automatyczne

- upraszczają deklarację właściwości w języku C#
- nie wymagają jawnej deklaracji pola przechowującego dane
- wykorzystują akcesory get i set generowane przez kompilator
- są najczęściej stosowaną formą właściwości w nowoczesnym kodzie
- umożliwiają zwięzłą definicję danych obiektu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład właściwości automatycznej

```
public string Owner { get; set; }
```

Przykład właściwości tylko do odczytu

```
public string AccountNumber { get; }
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Inicjalizacja pól i właściwości

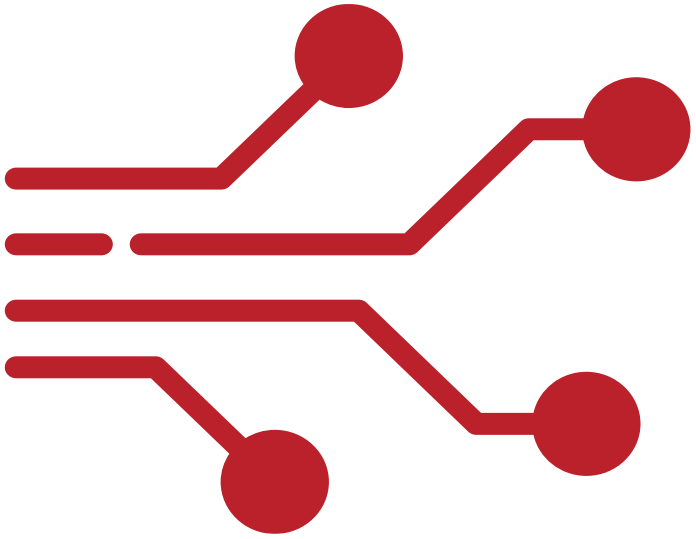
- polega na nadaniu wartości początkowych elementom stanu obiektu
- może być wykonywana w konstruktorze klasy
- może być wykonywana bezpośrednio w deklaracji pola lub właściwości
- zapewnia poprawny stan obiektu po jego utworzeniu
- zapobiega powstawaniu obiektów w stanie nieokreślonym

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Inicjalizacja w deklaracji

```
private int transactionCount = 0;
```



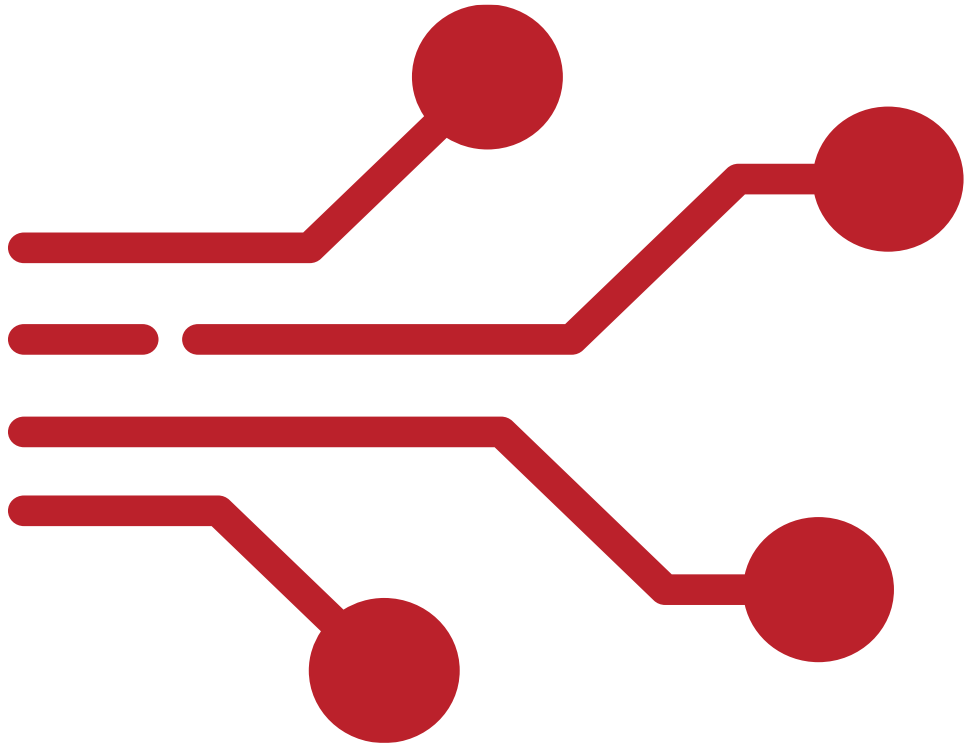
Inicjalizacja w konstruktorze

```
public BankAccount(string owner, decimal
initialBalance)
{
    Owner = owner;
    balance = initialBalance;
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Metody



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Metody jako operacje obiektu

Metody klasy

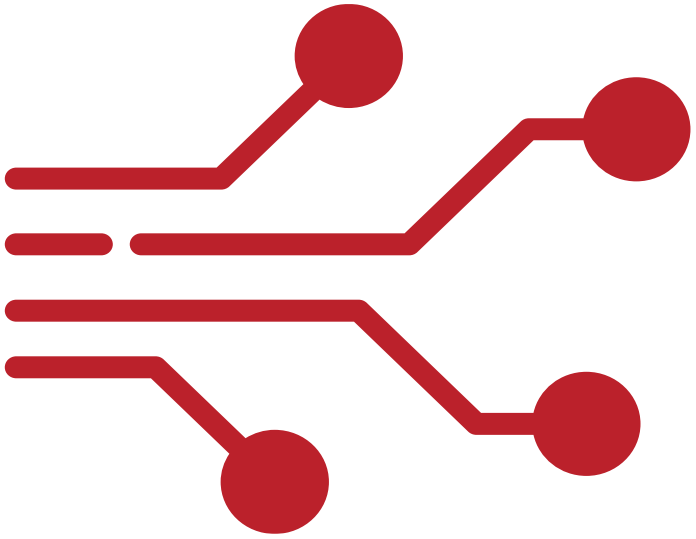
- definiują operacje wykonywane na obiekcie
- implementują zachowanie obiektu
- mogą odczytywać i modyfikować stan obiektu
- mogą przyjmować parametry wejściowe
- mogą zwracać wynik operacji
- są wywoływane przez inne elementy programu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład metod klasy

```
public void Deposit(decimal amount)
{
    balance += amount;
}
public void Withdraw(decimal amount)
{
    balance -= amount;
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Struktura definicji metody

Definicja metody w języku C# zawiera

- modyfikator dostępu określający widoczność metody
- typ zwracanej wartości
- nazwę metody
- listę parametrów wejściowych
- ciało metody zawierające instrukcje programu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Ogólna postać metody

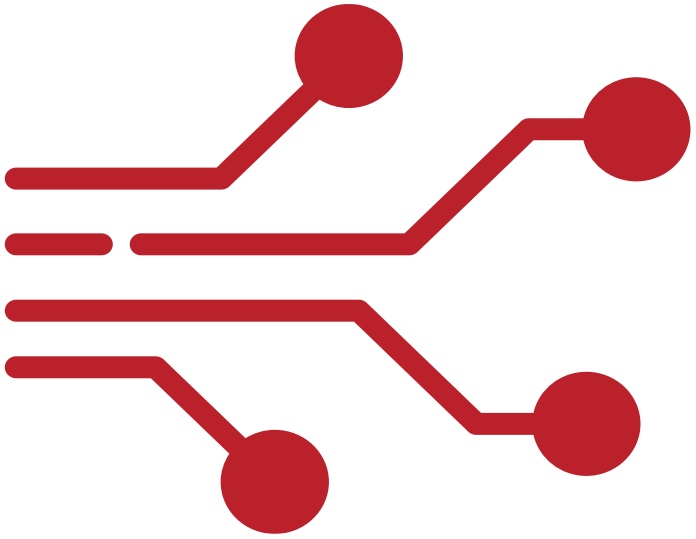
```
[modifier] ReturnType MethodName(Type parameter)
{
    // instrukcje wykonywane przez metodę
}
```

Przykład metody

```
public void Deposit(decimal amount)
{
    balance += amount;
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Parametry metod

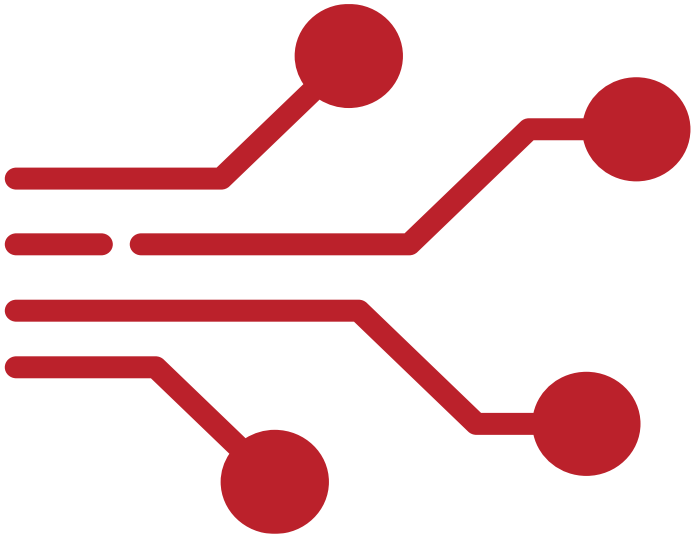
- umożliwiają przekazywanie danych do metody
- posiadają określony typ danych
- są dostępne wyłącznie wewnątrz metody
- mogą być wykorzystywane w obliczeniach i operacjach na danych obiektu
- pozwalają na wielokrotne wykorzystanie tej samej metody dla różnych wartości

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład metody z parametrem

```
public void Deposit(decimal amount)
{
    balance += amount;
}
```



Przykład wywołania metody

```
account.Deposit(500);
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Metody zwracające wartości

Metody mogą

- zwracać wynik wykonanej operacji
- posiadać określony typ zwracanej wartości
- używać instrukcji return do przekazania wyniku
- wykonywać obliczenia na podstawie stanu obiektu
- udostępniać wynik działania innym elementom programu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład metody zwracającej wartość

```
public decimal GetBalance()
{
    return balance;
}
```

Przykład użycia metody

```
decimal currentBalance = account.GetBalance();
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Metody instancyjne

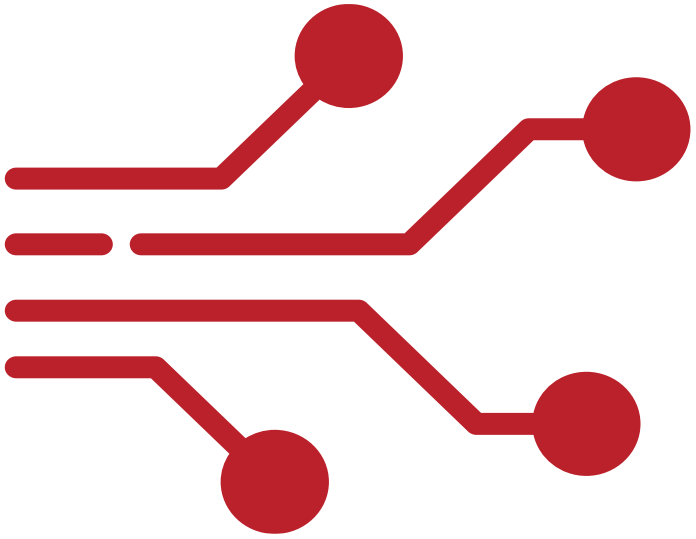
- są związane z konkretnym obiektem klasy
- operują na stanie danego obiektu
- mogą odczytywać i modyfikować pola oraz właściwości obiektu
- są wywoływane poprzez instancję klasy
- mogą wykorzystywać dane przechowywane w obiekcie

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład metody instancyjnej

```
public void Deposit(decimal amount)
{
    balance += amount;
}
```



Przykład wywołania metody

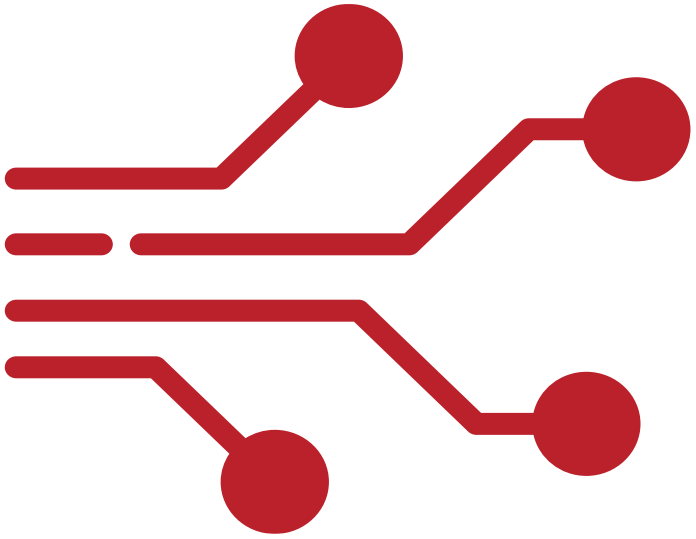
```
BankAccount account = new BankAccount("Anna", 1000);
account.Deposit(200);
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Metody statyczne

- są związane z klasą, a nie z konkretnym obiektem
- są oznaczane słowem kluczowym static
- nie operują na stanie instancji obiektu
- mogą być wywoływane bez tworzenia obiektu klasy
- są często wykorzystywane do operacji ogólnych lub pomocniczych



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

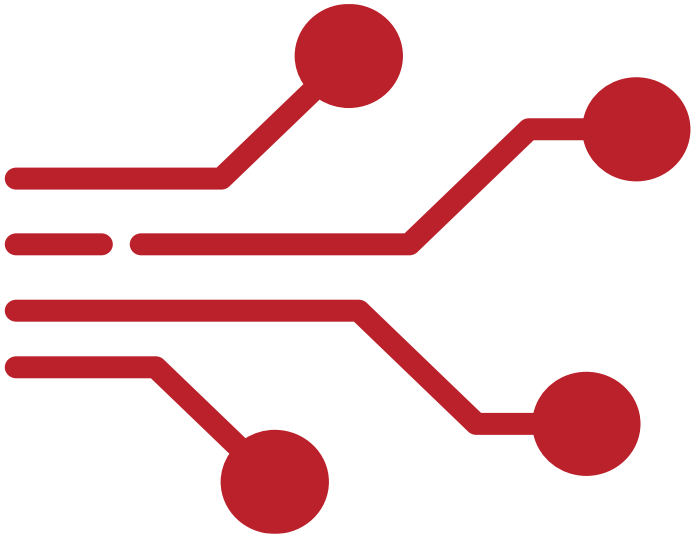
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład metody statycznej

```
public static decimal CalculateInterest(decimal balance, decimal rate)
{
    return balance * rate;
}
```

Przykład wywołania metody statycznej

```
decimal interest = BankAccount.CalculateInterest(1000, 0.05m);
```

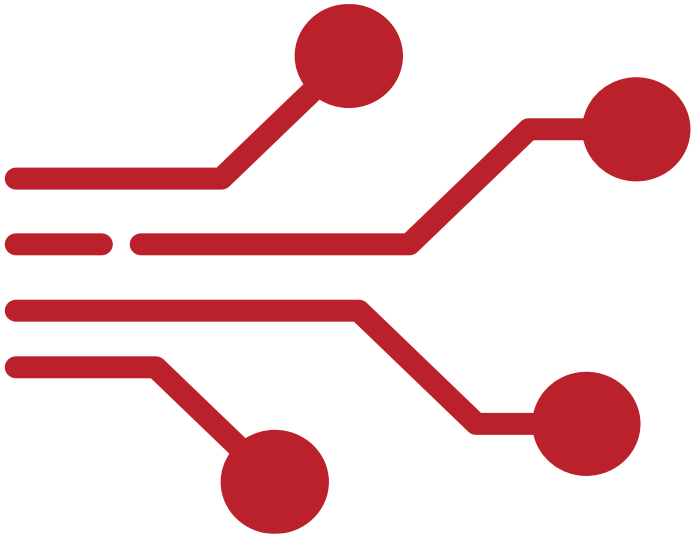


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wywołanie metody obiektu

- polega na wykonaniu operacji zdefiniowanej w klasie
- jest realizowane poprzez instancję klasy
- wykorzystuje operator kropki .
- może przekazywać argumenty do metody
- może zwracać wynik operacji

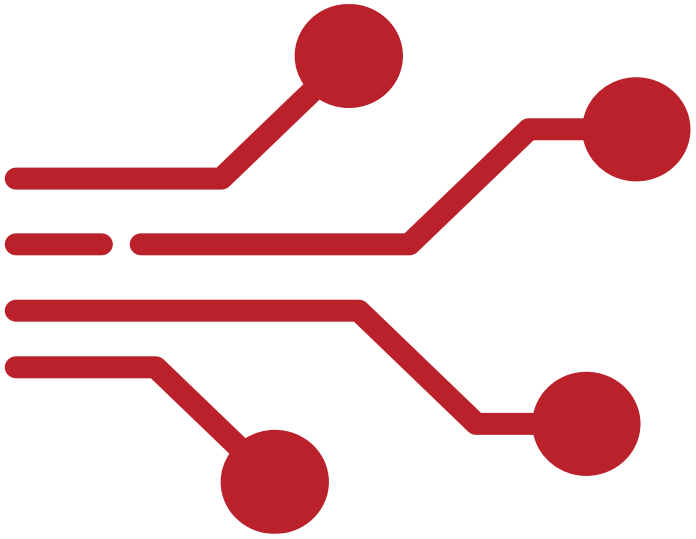


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład wywołania metod

```
BankAccount account = new BankAccount("Anna", 1000);
account.Deposit(200);
account.Withdraw(100);
```



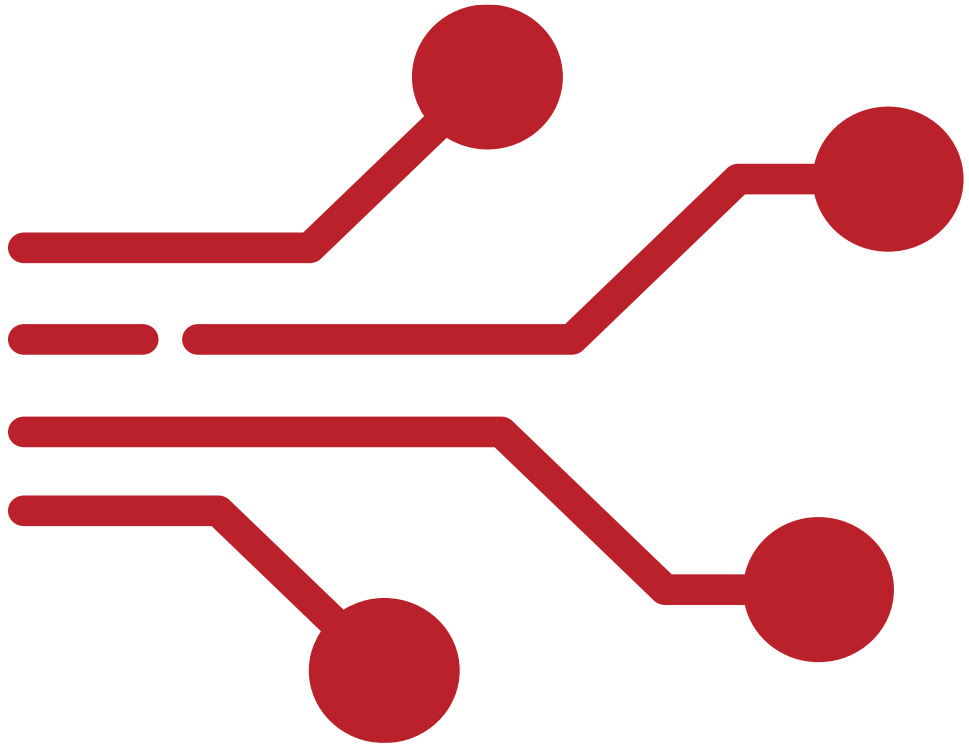
Przykład wywołania metody zwracającej wartość

```
decimal balance = account.GetBalance();
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Konstruktory i destruktory



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Rola konstruktora w klasie

Konstruktor klasy

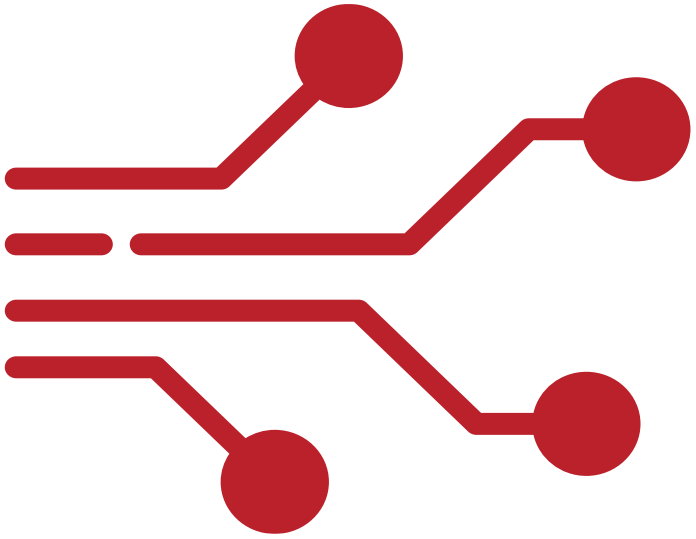
- jest specjalną metodą wywoływaną podczas tworzenia obiektu
- posiada taką samą nazwę jak klasa
- nie posiada typu zwracanego
- służy do inicjalizacji pól i właściwości obiektu
- może przyjmować parametry przekazywane podczas tworzenia obiektu
- zapewnia poprawny stan obiektu po jego utworzeniu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład konstruktora

```
public BankAccount(string owner, decimal
initialBalance)
{
    Owner = owner;
    balance = initialBalance;
}
```



Przykład utworzenia obiektu

```
BankAccount account = new BankAccount("Anna", 1000);
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Konstruktor domyślny

- jest konstruktorem niewymagającym parametrów
- inicjalizuje obiekt wartościami domyślnymi
- może zostać zdefiniowany jawnie w klasie
- może zostać wygenerowany automatycznie przez kompilator
- umożliwia utworzenie obiektu bez przekazywania danych wejściowych

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład konstruktora domyślnego

```
public class BankAccount
{
    private decimal balance;
    public BankAccount()
    {
        balance = 0;
    }
}
```

Przykład utworzenia obiektu

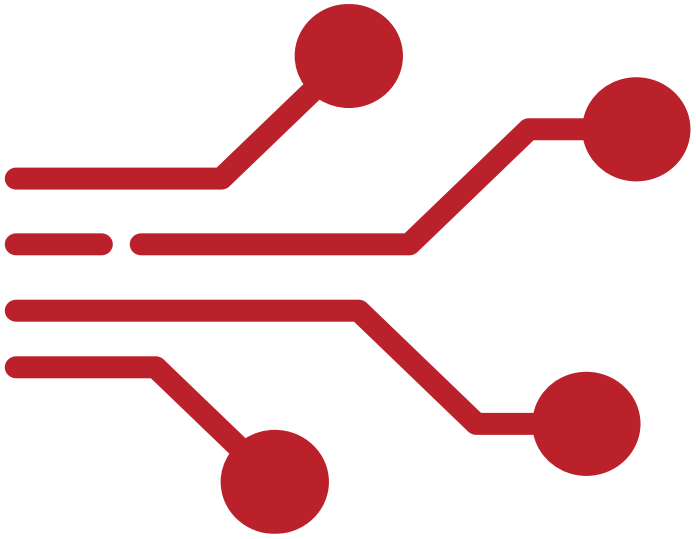
```
BankAccount account = new BankAccount();
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Konstruktor parametryczny

- przyjmuje parametry przekazywane podczas tworzenia obiektu
- umożliwia inicjalizację obiektu konkretnymi danymi
- pozwala utworzyć obiekt w pełni przygotowany do użycia
- może przypisywać wartości polom i właściwościom klasy
- może wykonywać dodatkową logikę inicjalizacyjną



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład konstruktora parametrycznego

```
public BankAccount(string owner, decimal
initialBalance)
{
    Owner = owner;
    balance = initialBalance;
}
```

Przykład utworzenia obiektu

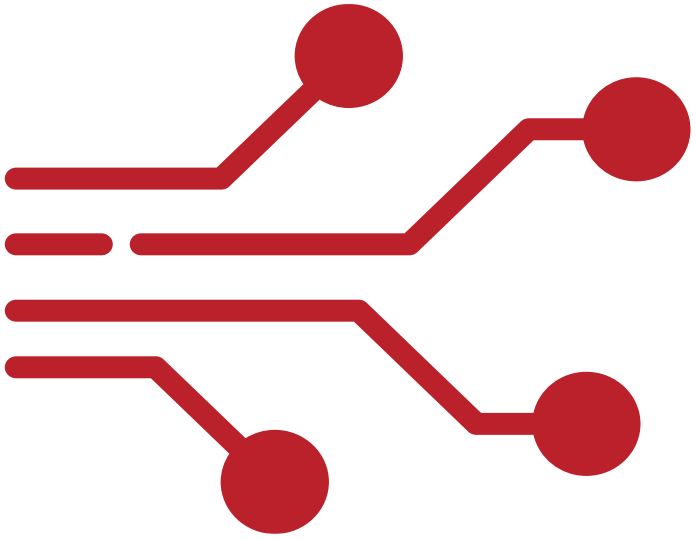
```
BankAccount account = new BankAccount("Anna", 1000);
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przeciążanie konstruktorów

- polega na definiowaniu wielu konstruktorów w tej samej klasie
- konstruktory różnią się liczbą lub typem parametrów
- umożliwia tworzenie obiektów w różny sposób
- pozwala na elastyczną inicjalizację obiektu
- zwiększa czytelność i użyteczność klasy



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład przeciążonych konstruktorów

```
public class BankAccount
{
    private decimal balance;

    public string Owner { get; }

    public BankAccount()
    {
        balance = 0;
    }
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład przeciążonych konstruktorów

```
public BankAccount(string owner)
{
    Owner = owner;
    balance = 0;
}

public BankAccount(string owner, decimal initialBalance)
{
    Owner = owner;
    balance = initialBalance;
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład przeciążonych konstruktorów

```
BankAccount a1 = new BankAccount();

BankAccount a2 = new BankAccount("Anna");

BankAccount a3 = new BankAccount("Anna", 1000);
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Inicjalizacja obiektu w konstruktorze

- polega na nadaniu wartości początkowych polom i właściwościom
- jest wykonywana automatycznie podczas tworzenia obiektu
- umożliwia przygotowanie obiektu do dalszego użycia
- zapewnia spójność danych przechowywanych w obiekcie
- może obejmować operacje obliczeniowe lub przypisania wartości

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład inicjalizacji w konstruktorze

```
public BankAccount(string owner, decimal
initialBalance)
{
    Owner = owner;
    balance = initialBalance;
}
```

Przykład tworzenia obiektu

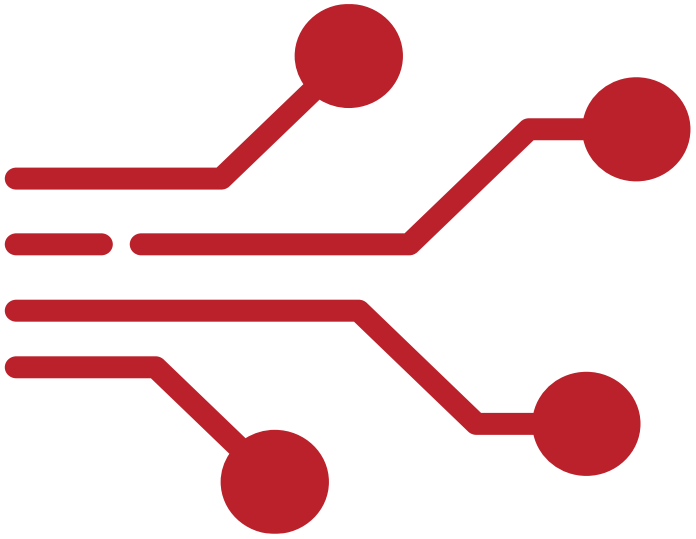
```
BankAccount account = new BankAccount("Anna", 1000);
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Walidacja danych w konstruktorze

- polega na sprawdzaniu poprawności przekazywanych parametrów
- zapobiega tworzeniu obiektów w stanie niepoprawnym
- umożliwia zgłoszenie błędu w przypadku nieprawidłowych danych
- zwiększa bezpieczeństwo i spójność systemu
- jest często realizowana przy użyciu wyjątków



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład walidacji danych

```
public BankAccount(string owner, decimal initialBalance)
{
    if (string.IsNullOrWhiteSpace(owner))
        throw new ArgumentException("Owner name cannot be empty");
    if (initialBalance < 0)
        throw new ArgumentException("Initial balance cannot be negative");
    Owner = owner;
    balance = initialBalance;
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Cykl życia obiektu w środowisku .NET

- rozpoczyna się w momencie utworzenia obiektu
- obejmuje okres istnienia obiektu w pamięci programu
- kończy się usunięciem obiektu z pamięci
- jest zarządzany automatycznie przez środowisko uruchomieniowe
- jest kontrolowany przez mechanizm Garbage Collector

Przykład tworzenia:

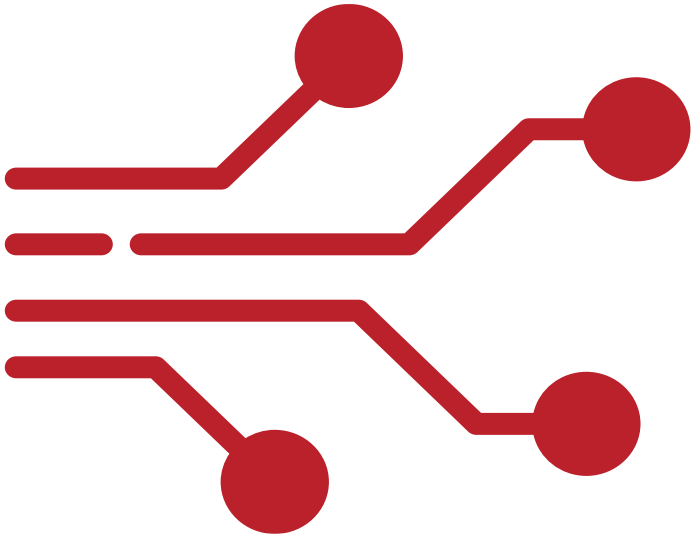
```
BankAccount account = new BankAccount("Anna", 1000);
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Garbage Collector

- jest mechanizmem automatycznego zarządzania pamięcią w środowisku .NET
- usuwa obiekty, do których nie istnieją już referencje
- zwalnia pamięć zajmowaną przez nieużywane obiekty
- działa w tle podczas wykonywania programu
- zapobiega powstawaniu wycieków pamięci

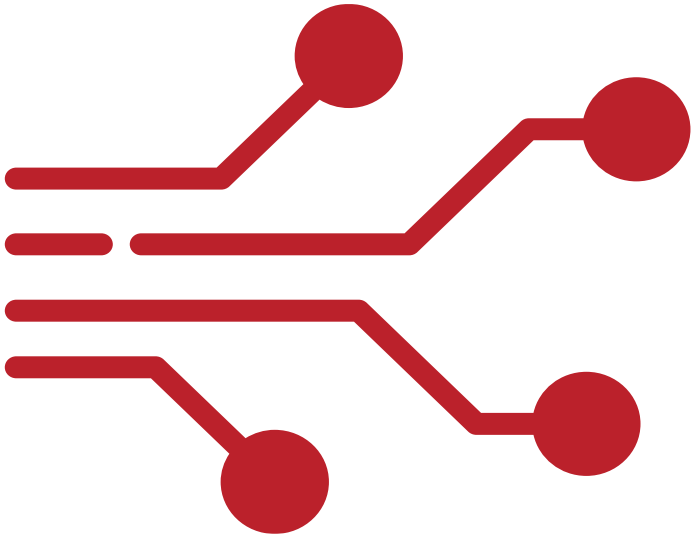


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Schemat działania

- obiekt zostaje utworzony w pamięci
- program korzysta z obiektu
- referencje do obiektu znikają
- Garbage Collector usuwa obiekt z pamięci



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Destruktor (finalizer)

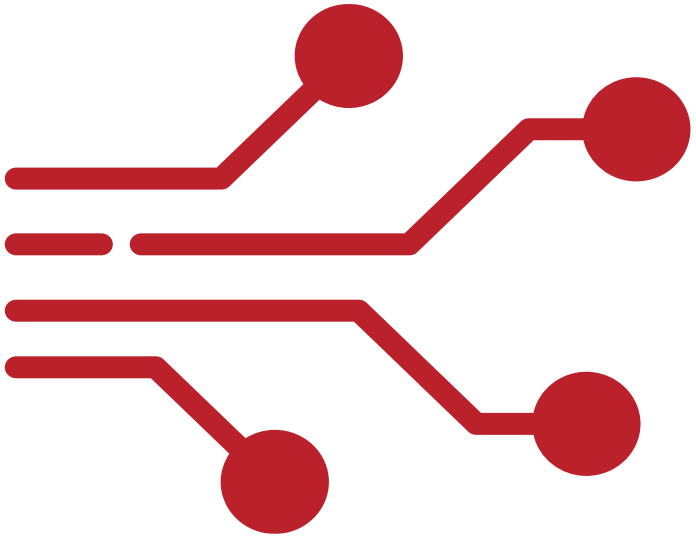
Destruktor klasy

- jest specjalną metodą wykonywaną przed usunięciem obiektu z pamięci
- jest wywoływany przez mechanizm Garbage Collector
- nie może być wywołany bezpośrednio przez programistę
- służy do wykonywania operacji porządkowych
- jest stosowany głównie przy pracy z zasobami niezarządzanymi

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład destruktora



```
public class BankAccount
{
    ~BankAccount()
    {
        // kod wykonywany przed usunięciem obiektu
    }
}
```

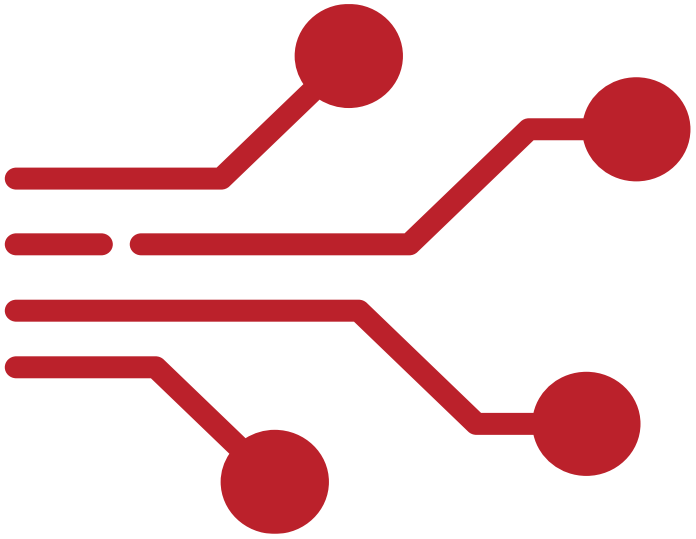

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Zasoby zarządzane i niezarządzane

Zasoby w środowisku .NET mogą być

- zasobami zarządzanymi przez środowisko uruchomieniowe
- zasobami niezarządzanymi, które wymagają jawnego zwolnienia
- powiązane z obiektami działającymi w pamięci programu
- związane z systemem operacyjnym lub sprzętem

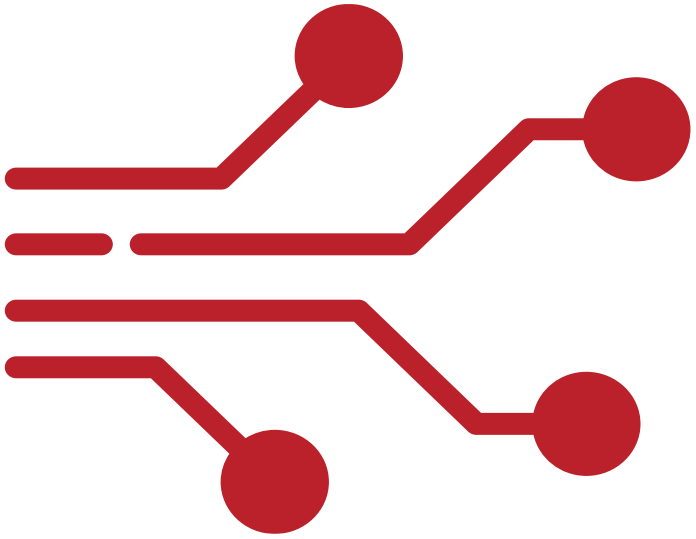


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykłady zasobów zarządzanych

- obiekty klas w pamięci zarządzanej
- kolekcje danych
- obiekty tworzone w środowisku .NET



Przykłady zasobów niezarządzanych

- uchwyty do plików
- połączenia z bazą danych
- połączenia sieciowe
- zasoby systemowe

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Projektowanie klas

Podczas projektowania klasy należy uwzględnić

- jakie dane powinien przechowywać obiekt
- jakie operacje powinny być wykonywane na tych danych
- w jaki sposób dane będą udostępniane innym elementom programu
- jakie warunki musi spełniać poprawny stan obiektu
- jakie operacje mogą zmieniać stan obiektu

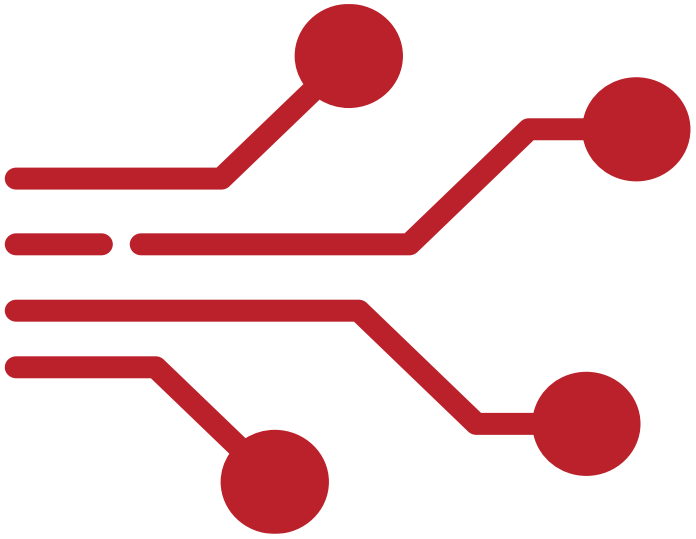
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Dobre praktyki definiowania klas

Podczas definiowania klas warto stosować

- ukrywanie pól przy użyciu modyfikatora private
- udostępnianie danych poprzez właściwości lub metody
- inicjalizację wszystkich wymaganych danych w konstruktorze
- stosowanie czytelnych nazw klas, metod i właściwości
- implementowanie metod odpowiadających rzeczywistym operacjom obiektu



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Podsumowanie wykładu

W wykładzie omówiono

- strukturę klasy w języku C#
- atrybuty jako elementy przechowujące stan obiektu
- właściwości jako mechanizm kontrolowanego dostępu do danych
- metody implementujące operacje wykonywane na obiektach
- konstruktory inicjalizujące obiekty podczas ich tworzenia
- destruktory związane z końcem cyklu życia obiektu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Dziękuję za uwagę

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wykład nr 3
Temat: Enkapsulacja. Dziedziczenie. Polimorfizm

Paweł Karczmarek
Politechnika Lubelska, Katedra Inteligencji Obliczeniowej

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

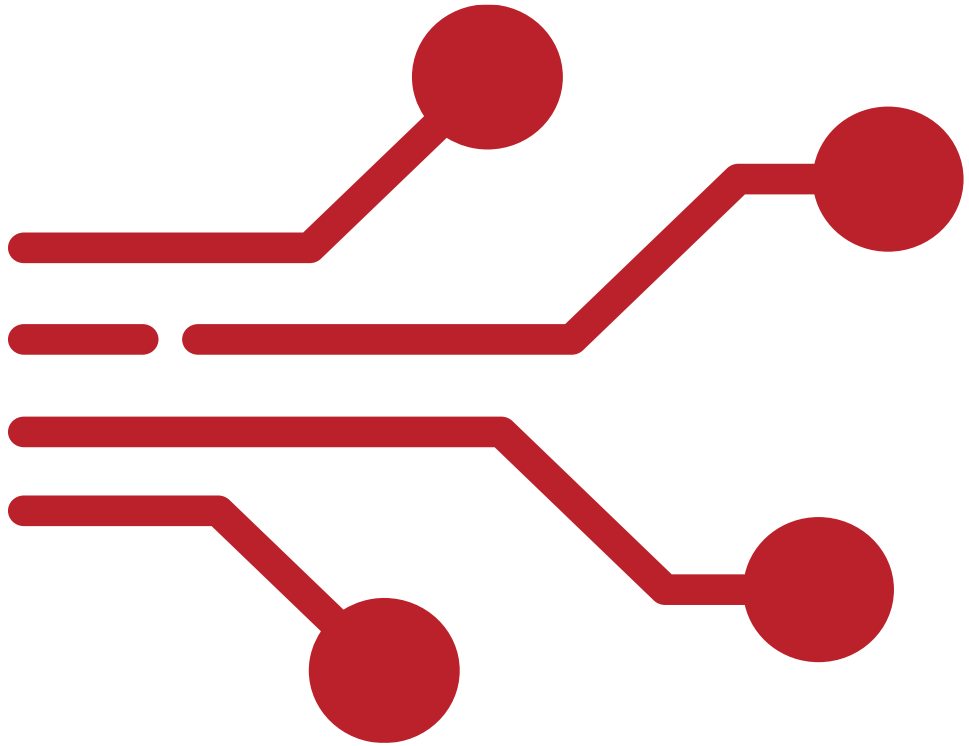
Plan prezentacji

- Enkapsulacja
- Dziedziczenie
- Polimorfizm

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

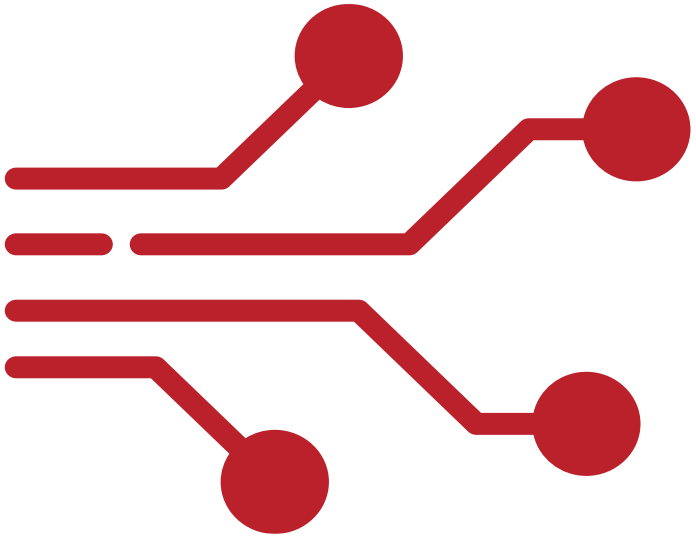
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Enkapsulacja



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



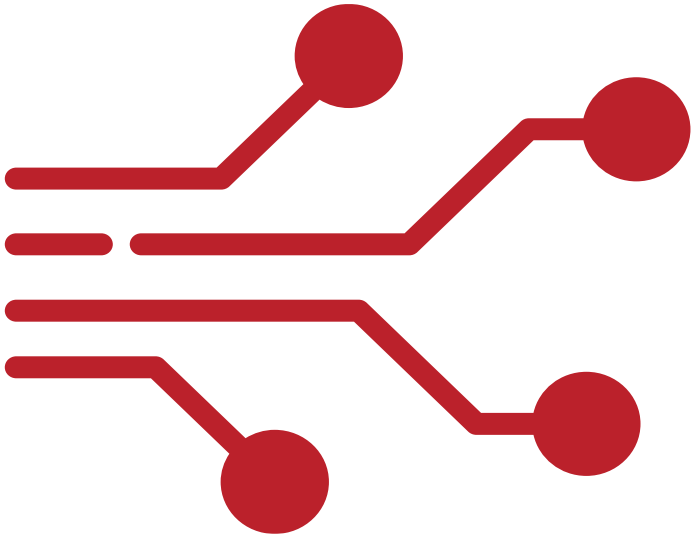
Mechanizmy programowania obiektowego

Programowanie obiektowe wykorzystuje

- mechanizmy organizujące strukturę i zachowanie obiektów
- zasady pozwalające tworzyć elastyczne i rozszerzalne systemy
- konstrukcje języka umożliwiające budowanie hierarchii klas
- techniki kontrolujące dostęp do danych obiektu
- metody pozwalające na współpracę różnych typów obiektów

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



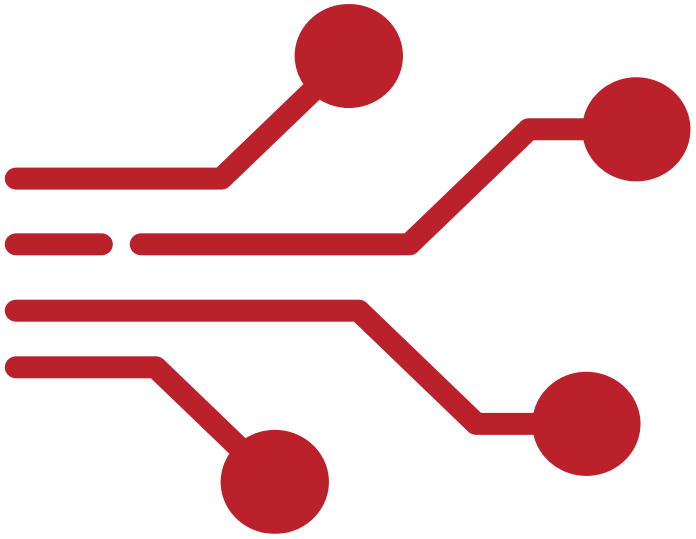
Dlaczego mechanizmy OOP są potrzebne w dużych systemach?

W dużych systemach informatycznych potrzebne są mechanizmy

- umożliwiające kontrolowanie dostępu do danych obiektów
- pozwalające na ponowne wykorzystanie istniejących klas
- umożliwiające rozszerzanie funkcjonalności systemu
- ułatwiające organizację kodu w logiczne struktury
- wspierające tworzenie elastycznych i skalowalnych aplikacji

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

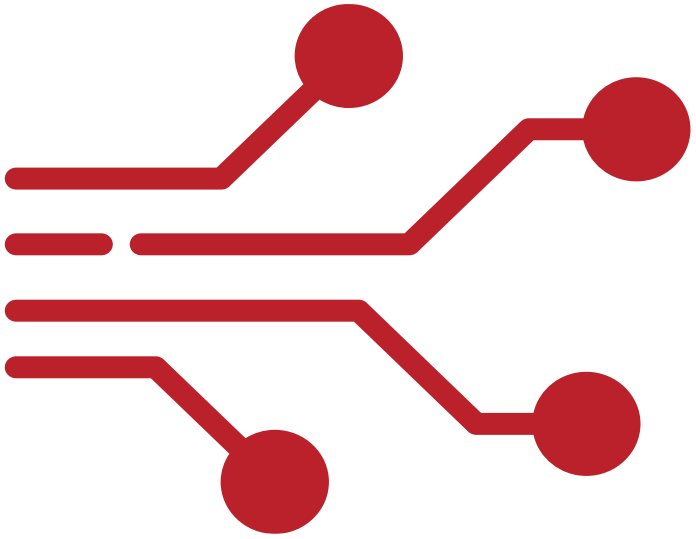


Podstawowe mechanizmy programowania obiektowego

- enkapsulacja - ukrywanie stanu obiektu i kontrola dostępu do danych
- dziedziczenie - tworzenie nowych klas na podstawie klas istniejących
- polimorfizm - możliwość jednolitego traktowania obiektów różnych klas
- umożliwiają budowę hierarchii klas
- wspierają ponowne wykorzystanie kodu
- zwiększają elastyczność systemów informatycznych

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

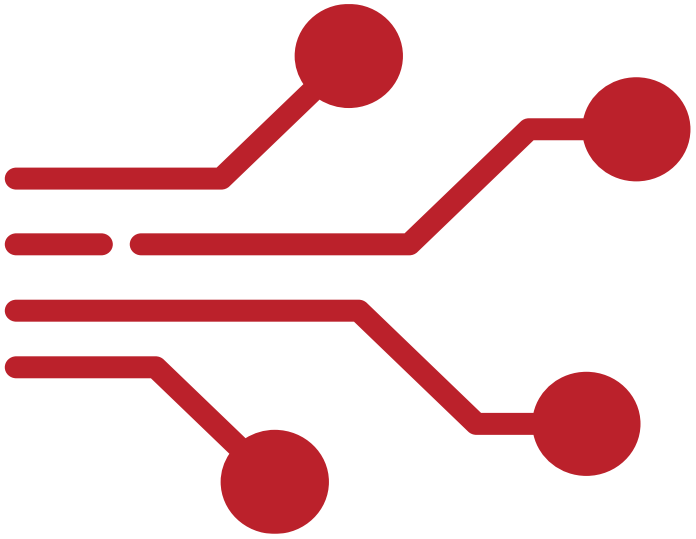


Enkapsulacja

- polega na łączeniu danych i operacji na danych w jednej klasie
- umożliwia ukrywanie wewnętrznej reprezentacji obiektu
- ogranicza bezpośredni dostęp do danych obiektu
- zapewnia kontrolę nad sposobem modyfikacji stanu obiektu
- zwiększa bezpieczeństwo i spójność danych

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Ukrywanie stanu obiektu

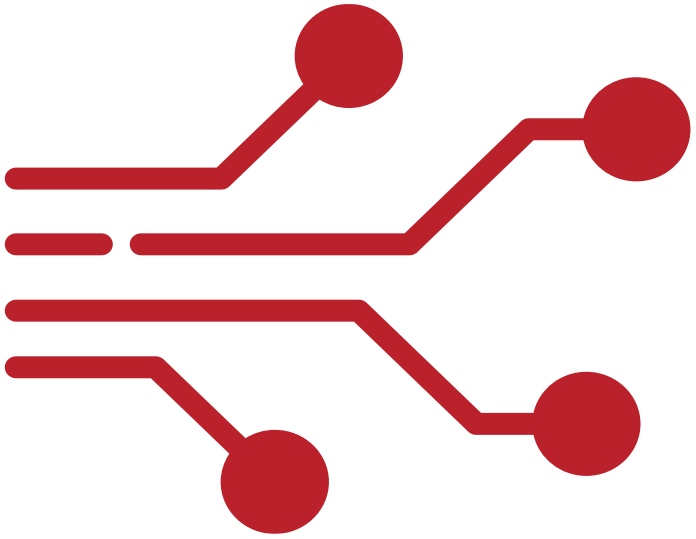
- polega na ograniczeniu bezpośredniego dostępu do danych obiektu
- uniemożliwia modyfikację danych przez kod znajdujący się poza klasą
- pozwala klasie kontrolować własny stan
- wymusza korzystanie z metod lub właściwości do zmiany danych
- chroni obiekt przed wprowadzeniem niespójnych wartości

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład ukrycia pola klasy

```
public class BankAccount
{
    private decimal balance;

    public decimal Balance
    {
        get { return balance; }
    }
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Kontrola dostępu do danych obiektu

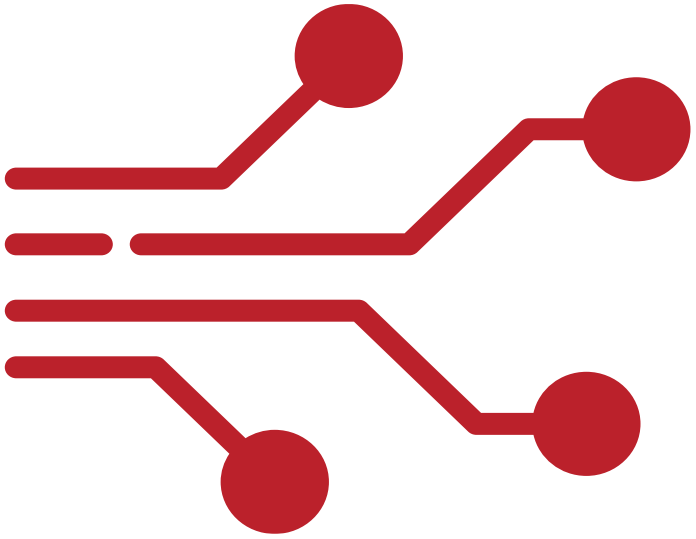
- polega na ograniczeniu sposobu odczytu i modyfikacji danych
- jest realizowana poprzez odpowiednie elementy klasy
- pozwala określić, które operacje mogą zmieniać stan obiektu
- umożliwia wprowadzenie dodatkowej logiki podczas zmiany danych
- zwiększa bezpieczeństwo i spójność systemu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład kontrolowanego dostępu

```
public class BankAccount
{
    private decimal balance;

    public decimal Balance
    {
        get { return balance; }
    }
```

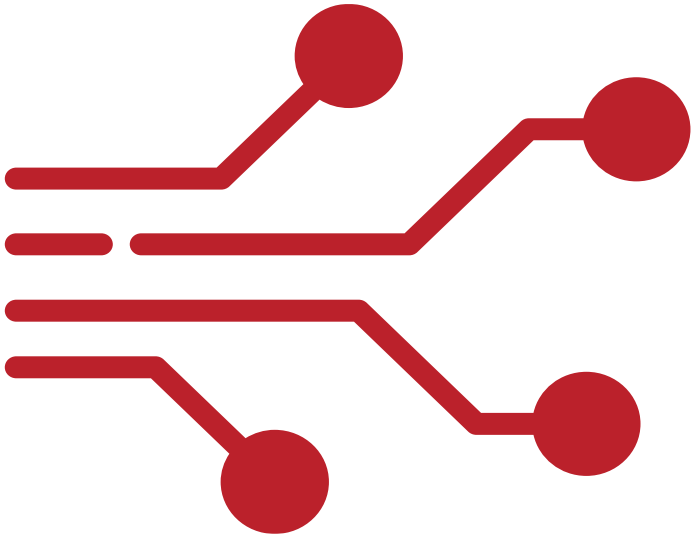


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład - c.d.

```
    public void Deposit(decimal amount)
    {
        balance += amount;
    }
    public void Withdraw(decimal amount)
    {
        if (amount <= balance)
        {
            balance -= amount;
        }
}}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Enkapsulacja a właściwości klasy

Właściwości klasy umożliwiają

- kontrolowany odczyt danych obiektu
- kontrolowaną modyfikację danych obiektu
- wprowadzenie dodatkowej logiki przy zapisie lub odczycie wartości
- oddzielenie wewnętrznej reprezentacji danych od interfejsu klasy
- ochronę danych przed niepoprawnymi zmianami

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład właściwości kontrolującej dane

```
private decimal balance;
public decimal Balance
{
    get { return balance; }
    private set
    {
        if (value < 0)
            throw new ArgumentException("Balance cannot be
negative");
        balance = value;
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Enkapsulacja a metody obiektu

Metody klasy

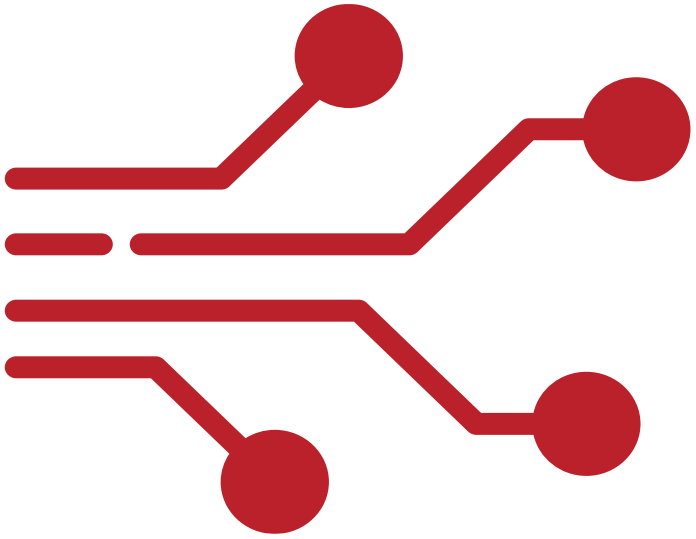
- definiują operacje wykonywane na danych obiektu
- stanowią podstawowy mechanizm zmiany stanu obiektu
- umożliwiają kontrolę poprawności wykonywanych operacji
- ukrywają szczegóły implementacyjne przed innymi częściami programu
- realizują logikę biznesową związaną z obiektem

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład metod operujących na stanie obiektu

```
public void Deposit(decimal amount)
{
    if (amount <= 0)
        throw new ArgumentException("Amount must be positive");
    balance += amount;
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład metod operujących na stanie obiektu

```
public void Withdraw(decimal amount)
{
    if (amount <= 0)
        throw new ArgumentException("Amount must be positive");

    if (amount > balance)
        throw new InvalidOperationException("Insufficient funds");

    balance -= amount;
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Stosowanie enkapsulacji

- chroni dane obiektu przed niekontrolowaną modyfikacją
- zapewnia spójność stanu obiektu
- ogranicza liczbę miejsc w programie, w których dane mogą być zmieniane
- ułatwia utrzymanie i rozwój systemu
- pozwala zmieniać implementację klasy bez wpływu na kod korzystający z klasy

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Klasa stosująca enkapsulację

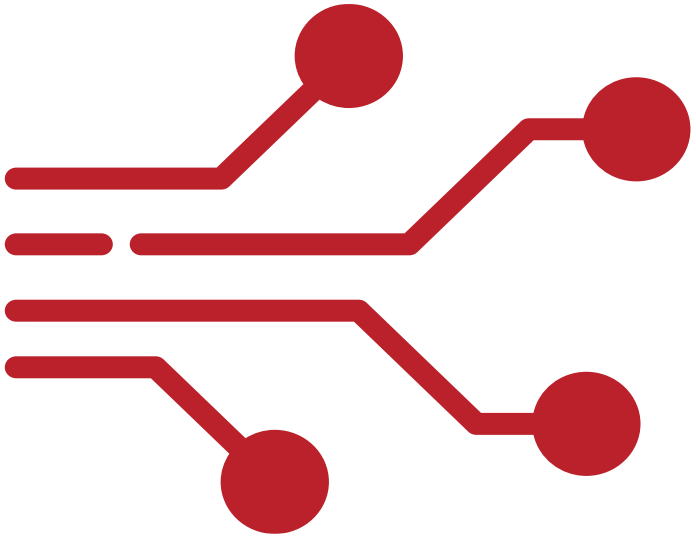
- ukrywa dane obiektu w prywatnych polach
- udostępnia dane poprzez właściwości
- zmienia stan obiektu poprzez metody
- kontroluje poprawność operacji wykonywanych na danych
- chroni obiekt przed niepoprawnymi wartościami

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Ukrywanie danych obiektu

```
public class BankAccount
{
    private decimal balance;

    public string Owner { get; }

    public decimal Balance
    {
        get { return balance; }
    }
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Ukrywanie danych obiektu

```
    public BankAccount(string owner, decimal
initialBalance)
    {
        if (initialBalance < 0)
            throw new ArgumentException("Initial balance
cannot be negative");


        Owner = owner;
        balance = initialBalance;
    }
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Ukrywanie danych obiektu

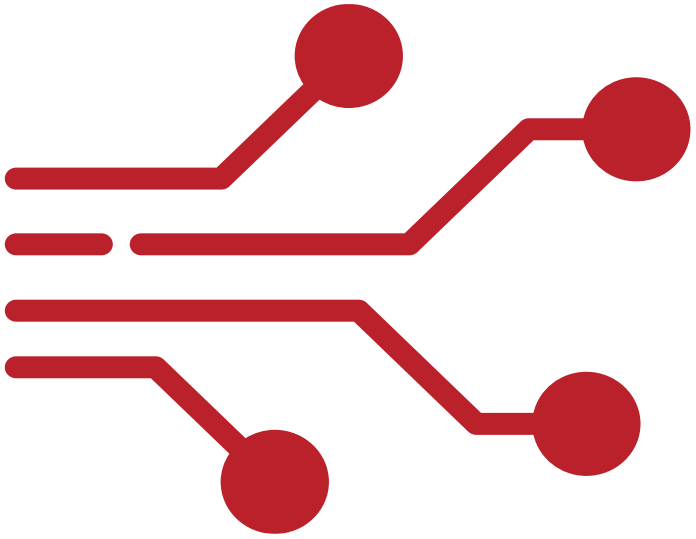
```
    public void Deposit(decimal amount)
    {
        if (amount <= 0)
            throw new ArgumentException("Amount must be positive");

        balance += amount;
    }
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Ukrywanie danych obiektu

```
    public void Withdraw(decimal amount)
    {
        if (amount > balance)
            throw new
InvalidOperationException("Insufficient funds");

        balance -= amount;
    }
}
```



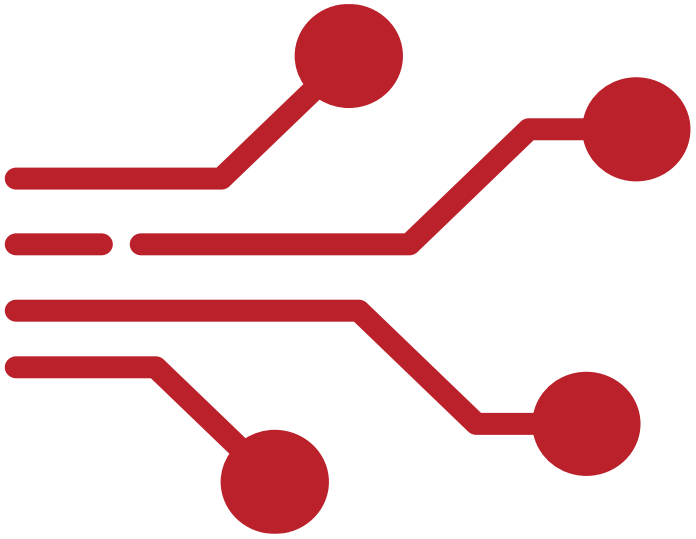
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Dziedziczenie

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

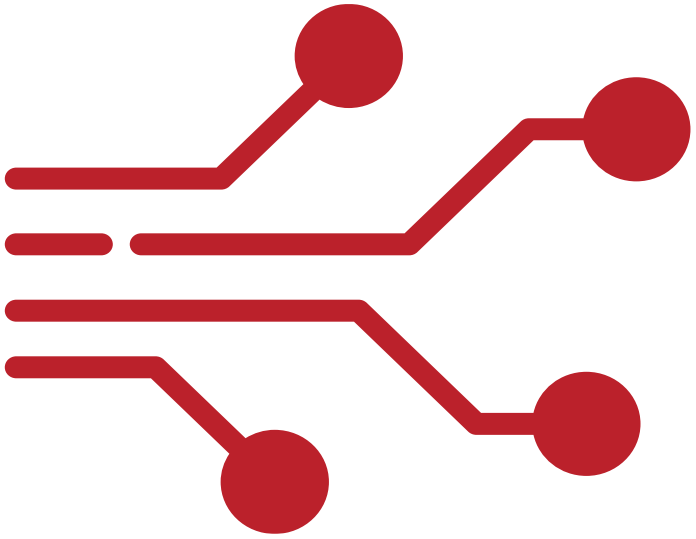


Dziedziczenie

- umożliwia tworzenie nowych klas na podstawie klas już istniejących
- pozwala klasie pochodnej przejmować elementy klasy bazowej
- umożliwia ponowne wykorzystanie kodu
- pozwala rozszerzać funkcjonalność istniejących klas
- stanowi podstawę budowy hierarchii klas

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Relacja dziedziczenia obejmuje

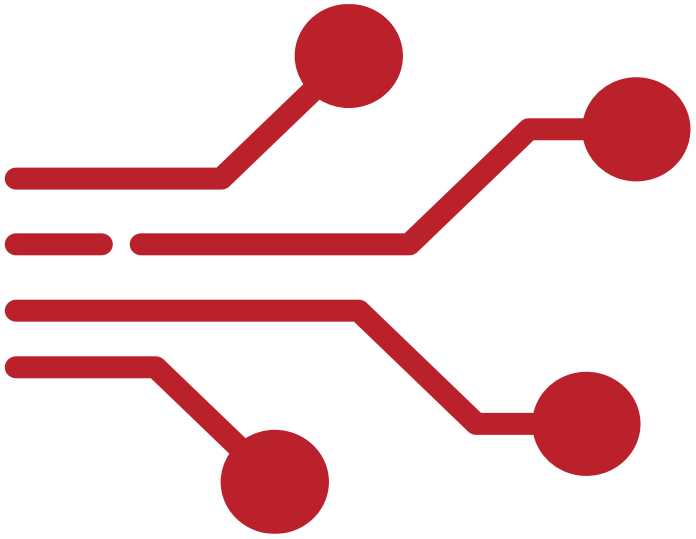
- klasę bazową, która definiuje wspólne cechy obiektów
- klasę pochodną, która rozszerza funkcjonalność klasy bazowej
- przejmowanie metod i właściwości z klasy bazowej
- możliwość dodawania nowych elementów w klasie pochodnej
- budowę hierarchii typów w systemie

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład dziedziczenia

```
public class Vehicle
{
    public int MaxSpeed { get; set; }

    public void Start()
    {
        Console.WriteLine("Vehicle started");
    }
}
```

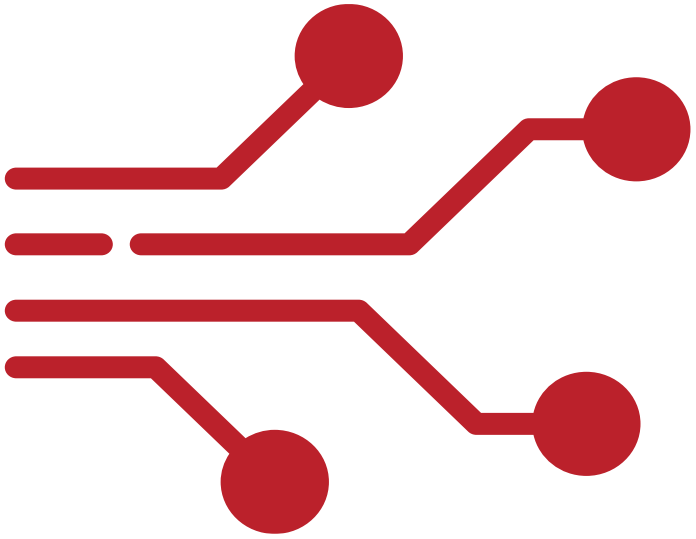


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład dziedziczenia

```
public class Car : Vehicle
{
    public int NumberOfDoors { get; set; }
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

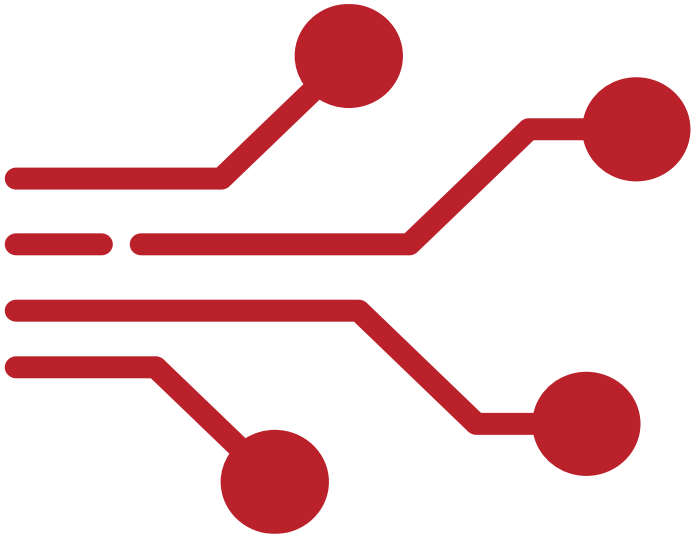
Składnia dziedziczenia w języku C#

Dziedziczenie

- jest deklarowane w definicji klasy
- wykorzystuje operator :
- wskazuje klasę bazową, z której klasa pochodna dziedziczy
- umożliwia rozszerzanie istniejących typów
- pozwala tworzyć hierarchie klas

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Dziedziczenie pól, właściwości i metod

Klasa pochodna może przejmować z klasy bazowej

- właściwości opisujące stan obiektu
- metody definiujące zachowanie obiektu
- elementy dostępne w interfejsie klasy bazowej
- logikę implementacyjną zdefiniowaną w metodach
- strukturę i funkcjonalność wspólną dla wielu klas

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład dziedziczenia elementów klasy

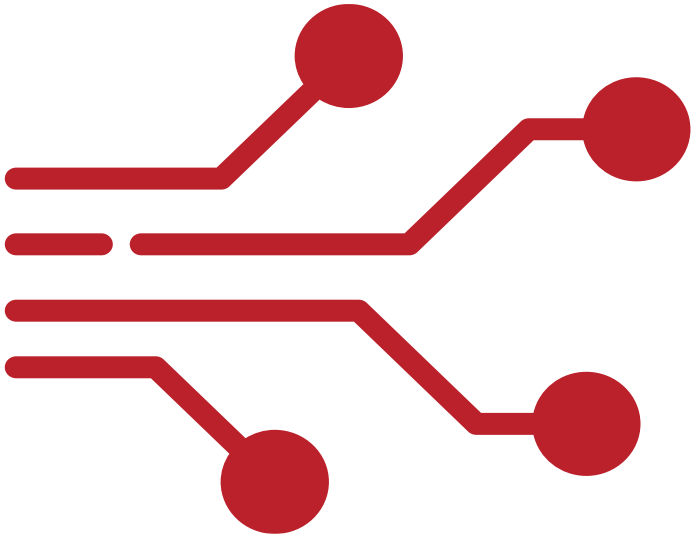
```
public class Vehicle
{
    public int MaxSpeed { get; set; }

    public void Start()
    {
        Console.WriteLine("Vehicle started");
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład dziedziczenia elementów klasy

```
public class Car : Vehicle
{
    public void Drive()
    {
        Console.WriteLine("Car is driving");
    }
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Rozszerzanie funkcjonalności klasy bazowej

Klasa pochodna może

- dodawać nowe właściwości opisujące dodatkowe cechy obiektu
- wprowadzać nowe metody implementujące dodatkowe operacje
- rozszerzać zachowanie odziedziczonych elementów
- wykorzystywać elementy zdefiniowane w klasie bazowej
- reprezentować bardziej wyspecjalizowany typ obiektu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład rozszerzenia klasy bazowej

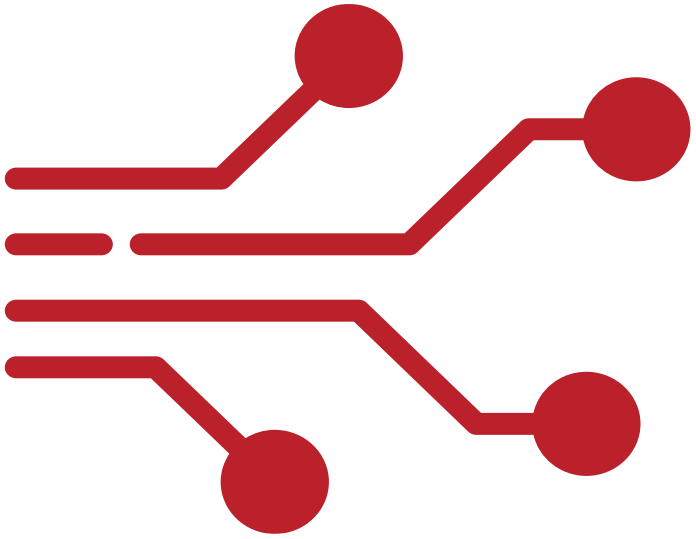
```
public class Vehicle
{
    public int MaxSpeed { get; set; }

    public void Start()
    {
        Console.WriteLine("Vehicle started");
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład rozszerzenia klasy bazowej

```
public class Car : Vehicle
{
    public int NumberOfDoors { get; set; }

    public void OpenTrunk()
    {
        Console.WriteLine("Trunk opened");
    }
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

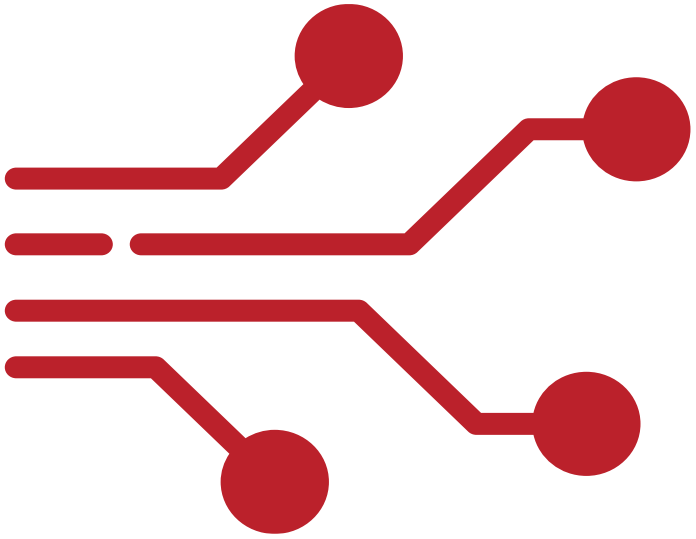
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Hierarchia klas

- jest strukturą klas powiązanych relacją dziedziczenia
- rozpoczyna się od klasy bardziej ogólnej
- zawiera klasy coraz bardziej wyspecjalizowane
- umożliwia uporządkowanie typów obiektów w systemie
- odzwierciedla zależności pomiędzy różnymi typami obiektów

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

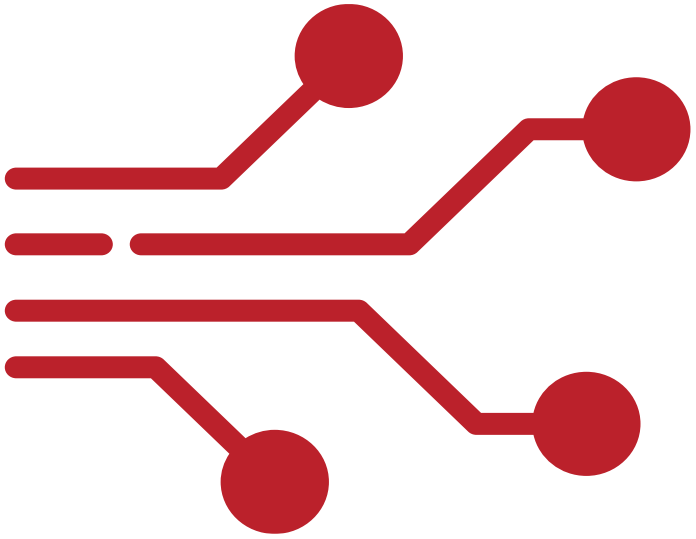


Przykład hierarchii klas

```
public class Vehicle
{
    public int MaxSpeed { get; set; }

    public void Start()
    {
        Console.WriteLine("Vehicle started");
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład hierarchii klas

```
public class Car : Vehicle
{
    public int NumberOfDoors { get; set; }
}

public class ElectricCar : Car
{
    public int BatteryCapacity { get; set; }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

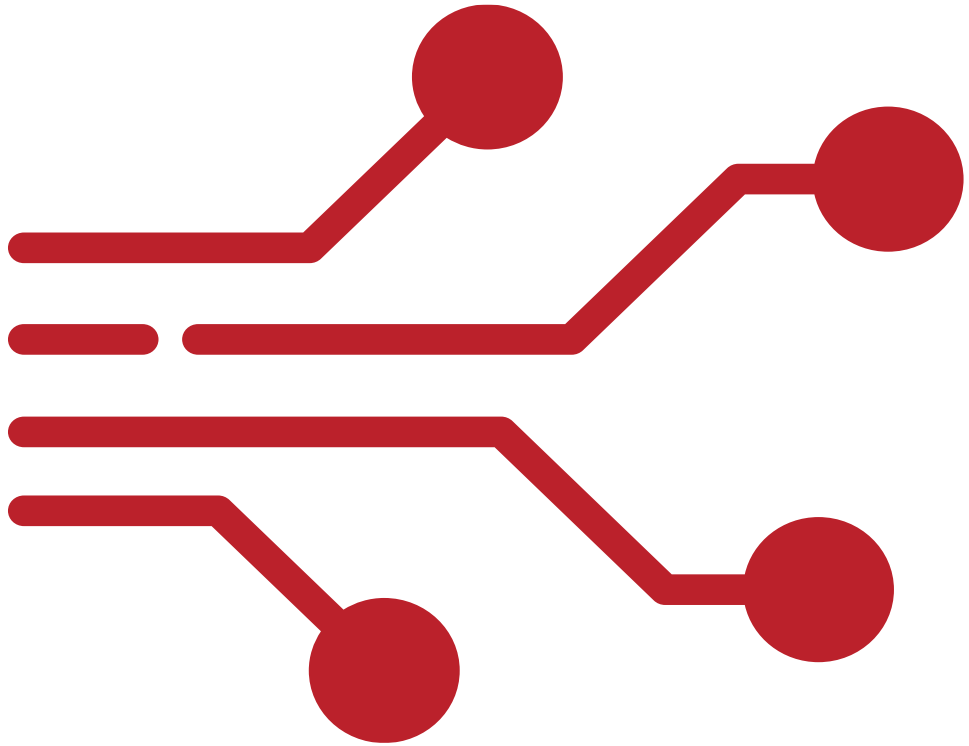
Ograniczenia dziedziczenia w języku C#

- klasa może dziedziczyć tylko po jednej klasie bazowej
- klasa może posiadać wiele klas pochodnych
- hierarchia klas tworzy strukturę drzewiastą
- dziedziczenie nie powinno być stosowane w każdej relacji pomiędzy klasami
- relacja dziedziczenia powinna reprezentować zależność typu „jest rodzajem”

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

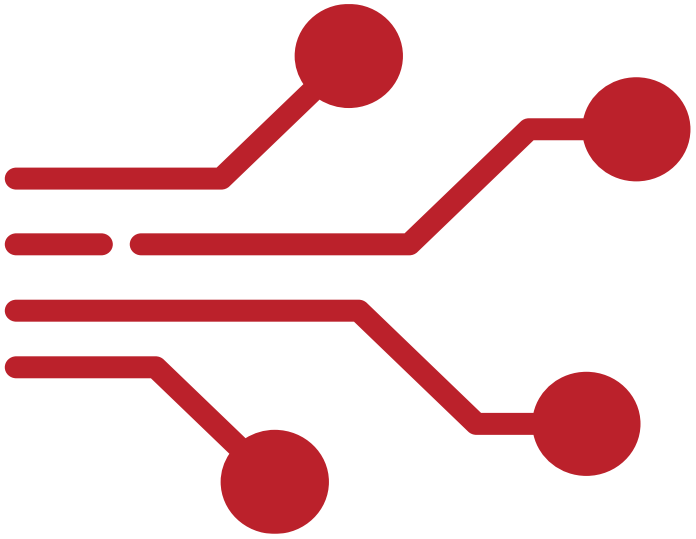
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Polimorfizm



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

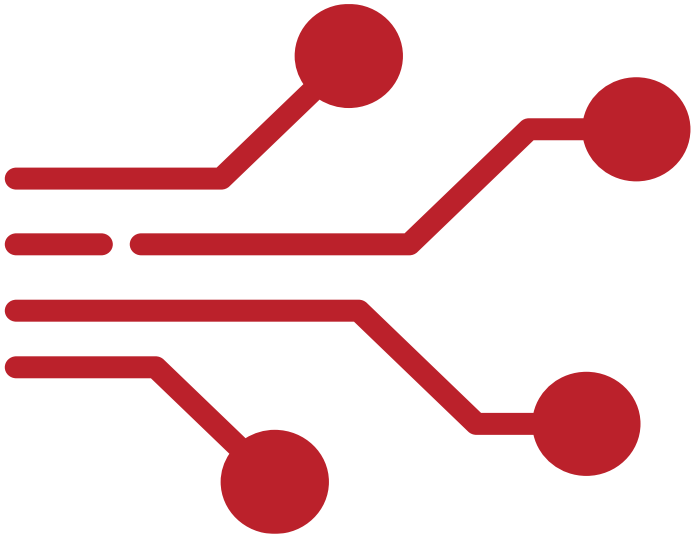


Polimorfizm

- umożliwia jednolite traktowanie obiektów różnych klas
- występuje w hierarchiach klas powiązanych dziedziczeniem
- pozwala wywoływać tę samą metodę dla różnych typów obiektów
- umożliwia różne implementacje tej samej operacji
- zwiększa elastyczność projektowanych systemów

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



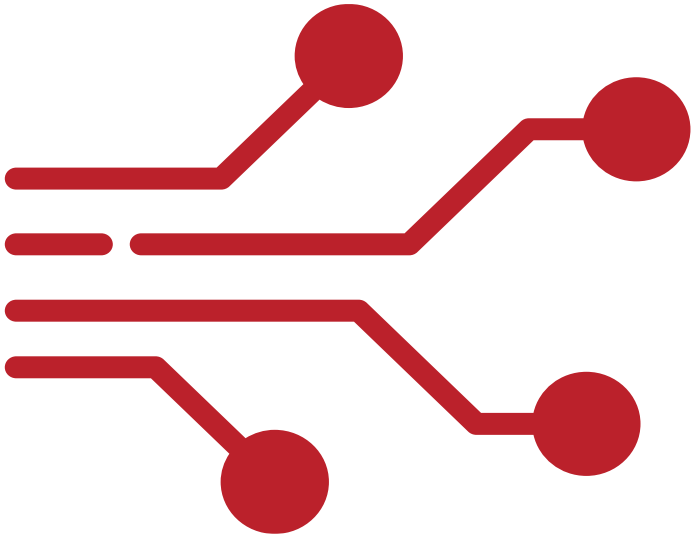
Polimorfizm w hierarchii klas

- umożliwia traktowanie obiektów różnych klas jako obiektów klasy bazowej
- pozwala na przechowywanie różnych obiektów w jednej strukturze danych
- umożliwia wywoływanie tych samych metod dla różnych typów obiektów
- pozwala klasom pochodnym implementować własne zachowanie
- zwiększa elastyczność kodu korzystającego z hierarchii klas

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

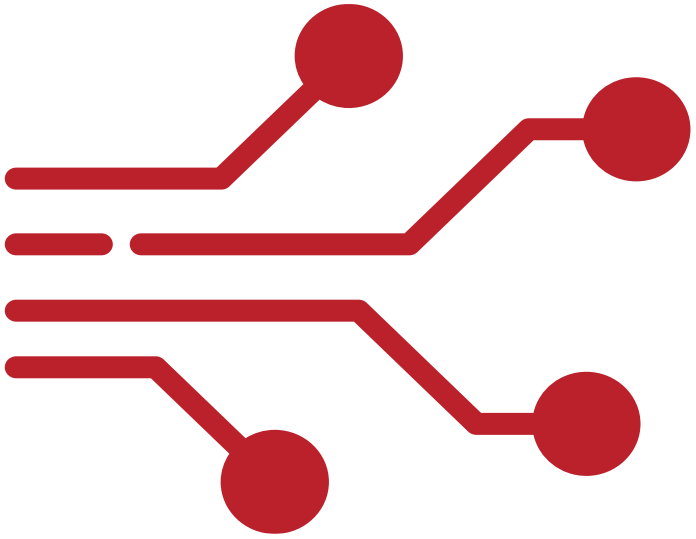
Przykład wykorzystania polimorfizmu



```
Vehicle v1 = new Car();
Vehicle v2 = new ElectricCar();
Vehicle v3 = new Motorcycle();
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Metody wirtualne

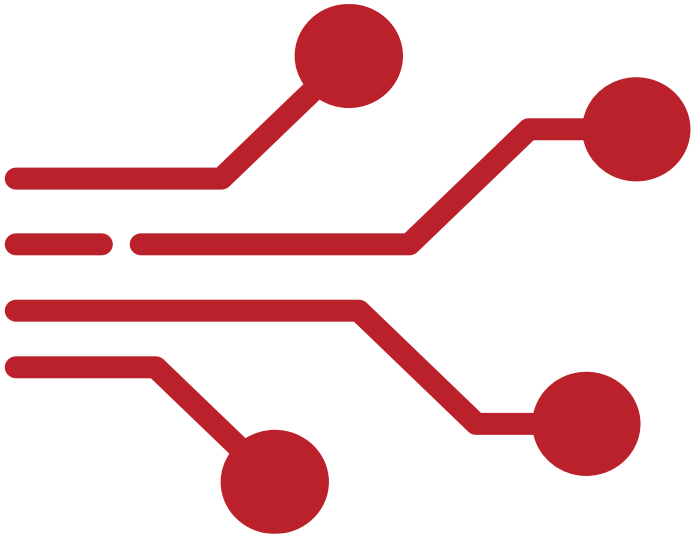
- są metodami klasy bazowej przeznaczonymi do nadpisania w klasach pochodnych
- umożliwiają klasom pochodnym zmianę zachowania metody
- pozwalają zachować wspólny interfejs operacji w hierarchii klas
- są deklarowane przy użyciu słowa kluczowego virtual
- stanowią podstawę mechanizmu polimorfizmu w języku C#

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład metody wirtualnej

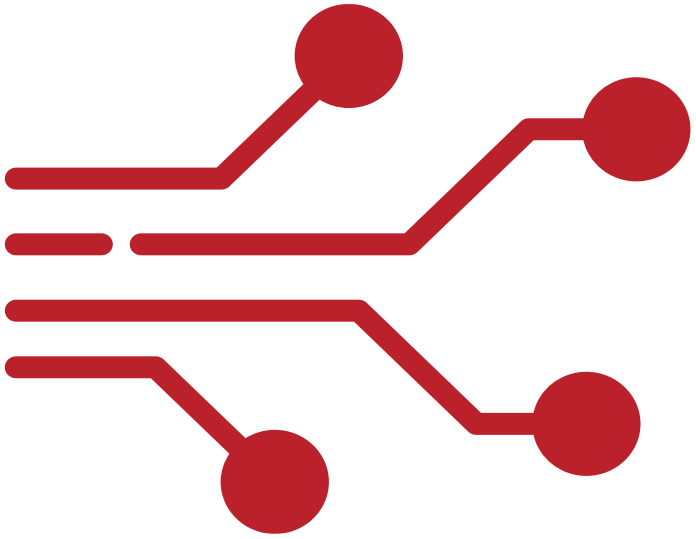
```
public class Vehicle
{
    public virtual void Move()
    {
        Console.WriteLine("Vehicle is moving");
    }
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Nadpisywanie metod (override)



- umożliwia klasie pochodnej zmianę implementacji metody klasy bazowej
- dotyczy metod oznaczonych jako virtual w klasie bazowej
- jest realizowane przy użyciu słowa kluczowego override
- pozwala klasie pochodnej dostarczyć własną implementację operacji
- stanowi podstawę dynamicznego polimorfizmu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład nadpisania metody

```
public class Vehicle
{
    public virtual void Move(){
        Console.WriteLine("Vehicle is moving");}
}
public class Car : Vehicle
{
    public override void Move(){
        Console.WriteLine("Car is driving");}
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Dynamiczne wiązanie metod

- oznacza wybór implementacji metody w czasie wykonywania programu
- zależy od rzeczywistego typu obiektu
- występuje w przypadku metod wirtualnych
- umożliwia różne zachowanie tej samej operacji
- stanowi podstawę działania polimorfizmu

Przykład

```
Vehicle vehicle = new Car();
vehicle.Move();
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Polimorfizm a typ referencji

Polimorfizm w języku C#

- pozwala przypisać obiekt klasy pochodnej do zmiennej klasy bazowej
- umożliwia przechowywanie różnych obiektów w tej samej kolekcji
- pozwala wykonywać operacje na obiektach poprzez wspólny typ
- wykorzystuje wspólny interfejs klas w hierarchii
- umożliwia dynamiczne wybieranie implementacji metod

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład wykorzystania typu referencji

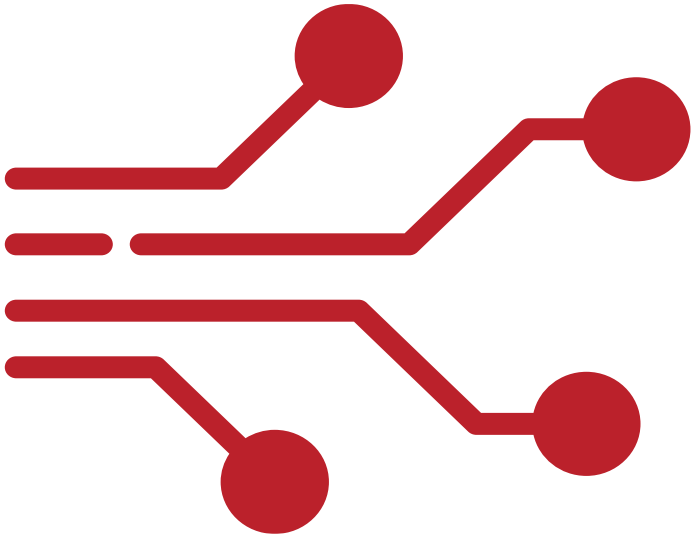
```
List<Vehicle> vehicles = new List<Vehicle>();
vehicles.Add(new Car());
vehicles.Add(new ElectricCar());
vehicles.Add(new Motorcycle());
foreach (Vehicle v in vehicles)
{
    v.Move();
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład implementacji polimorfizmu

```
public class Vehicle
{
    public virtual void Move()
    {
        Console.WriteLine("Vehicle is moving");
    }
}
```

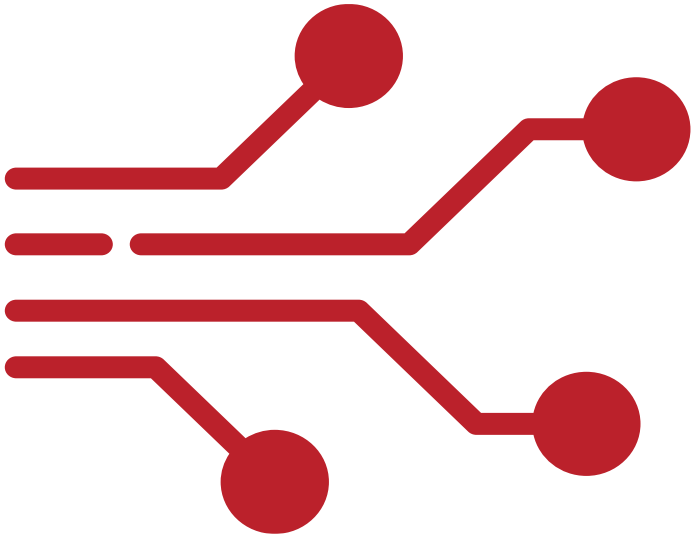


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład implementacji polimorfizmu

```
public class Car : Vehicle
{
    public override void Move()
    {
        Console.WriteLine("Car is driving");
    }
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład implementacji polimorfizmu

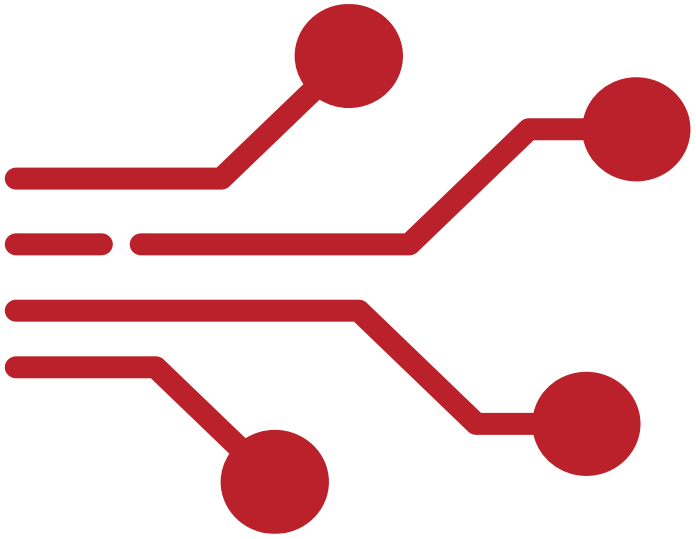
```
public class Motorcycle : Vehicle
{
    public override void Move()
    {
        Console.WriteLine("Motorcycle is riding");
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

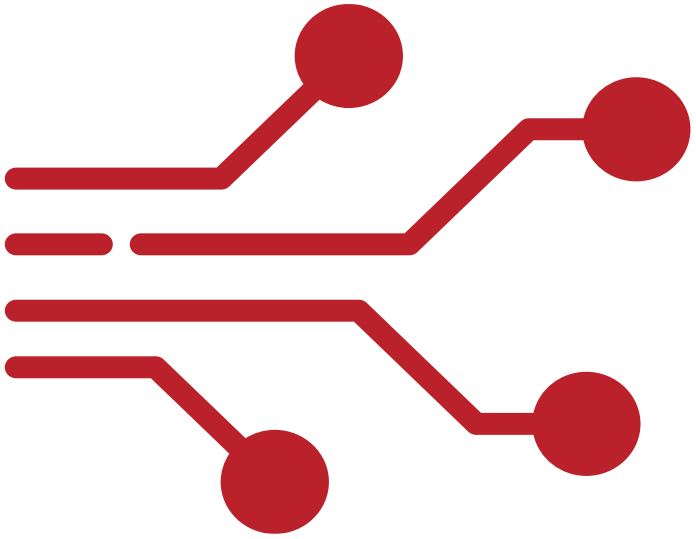
Przykład użycia

```
Vehicle v1 = new Car();
Vehicle v2 = new Motorcycle();

v1.Move();
v2.Move();
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

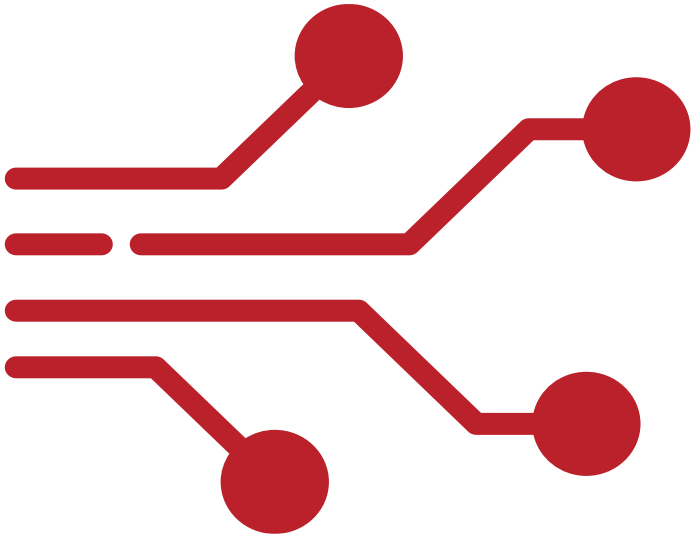


Współdziałanie enkapsulacji, dziedziczenia i polimorfizmu

- enkapsulacja chroni stan obiektu i kontroluje dostęp do danych
- dziedziczenie umożliwia tworzenie hierarchii klas
- polimorfizm pozwala wykorzystywać różne typy obiektów w jednolity sposób
- wspólnie umożliwiają budowę elastycznych systemów informatycznych
- pozwalają oddzielić strukturę danych od sposobu ich wykorzystania

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Projektowanie hierarchii klas

Podczas projektowania hierarchii klas należy

- identyfikować wspólne cechy różnych typów obiektów
- definiować elementy wspólne w klasie bazowej
- umieszczać cechy specyficzne w klasach pochodnych
- zachowywać logiczną strukturę zależności pomiędzy klasami
- unikać nadmiernie rozbudowanych hierarchii

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Dobre praktyki stosowania dziedziczenia

Stosując dziedziczenie, należy

- wykorzystywać je tylko wtedy, gdy istnieje relacja typu „jest rodzajem”
- definiować elementy wspólne w klasach bazowych
- unikać zbyt głębokich hierarchii klas
- projektować klasy bazowe jako możliwie ogólne
- zachowywać spójność zachowania w całej hierarchii

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Typowe błędy przy stosowaniu dziedziczenia

Podczas stosowania dziedziczenia mogą pojawiać się

- wykorzystywanie dziedziczenia zamiast kompozycji
- tworzenie zbyt rozbudowanych hierarchii klas
- umieszczanie w klasie bazowej elementów specyficznych dla jednej klasy pochodnej
- nadmierne uzależnienie klas od klasy bazowej
- trudności w modyfikowaniu struktury hierarchii

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Podsumowanie wykładu

W wykładzie omówiono

- mechanizm enkapsulacji i jego rolę w ochronie stanu obiektu
- dziedziczenie jako sposób budowania hierarchii klas
- relację pomiędzy klasą bazową a klasami pochodnymi
- polimorfizm umożliwiający różne implementacje tej samej operacji
- znaczenie mechanizmów OOP w projektowaniu systemów informatycznych

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Dziękuję za uwagę

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wykład nr 4
Temat: Modyfikatory dostępu

Paweł Karczmarek
Politechnika Lubelska, Katedra Inteligencji Obliczeniowej

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

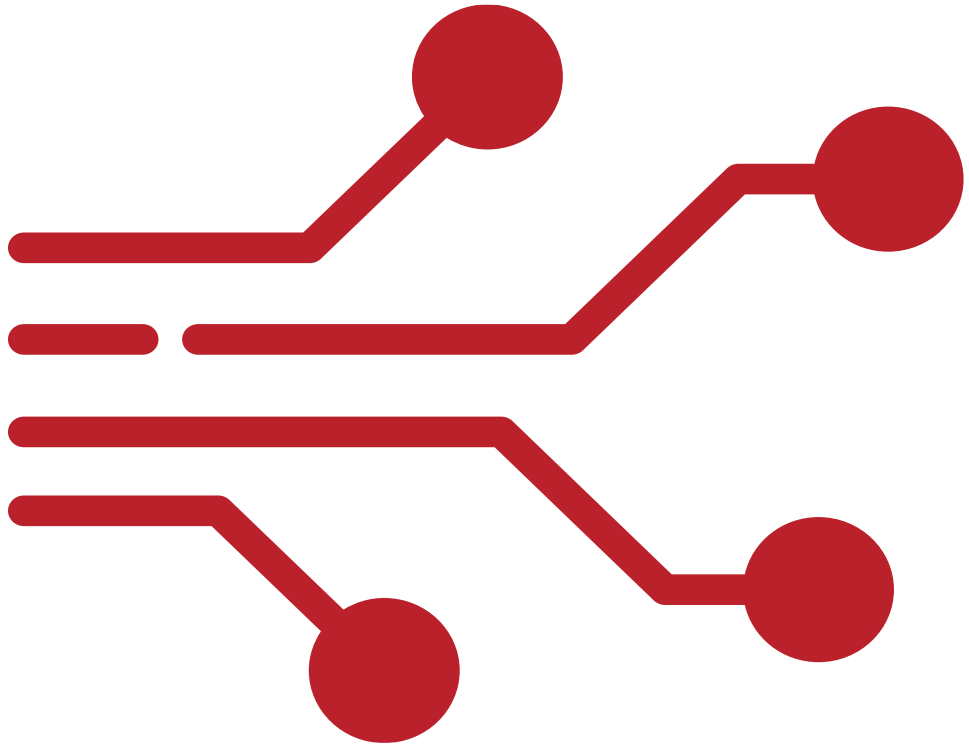
Plan prezentacji

- Wprowadzenie
- Stosowanie

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

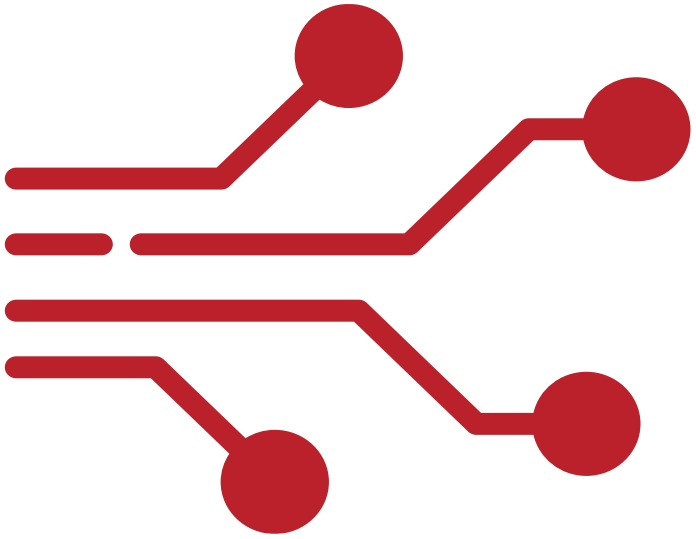
Wprowadzenie



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Rola modyfikatorów dostępu w programowaniu obiektowym



Modyfikatory dostępu

- określają widoczność elementów programu
- kontrolują możliwość odczytu i modyfikacji danych
- pozwalają ograniczyć dostęp do implementacji klasy
- umożliwiają projektowanie czytelnych interfejsów klas
- wspierają realizację zasad programowania obiektowego

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Zakres widoczności elementów programu

Widoczność elementów programu

- określa, z jakich miejsc w kodzie można korzystać z danego elementu
- dotyczy klas, metod, właściwości, pól oraz konstruktorów
- może być ograniczona do jednej klasy
- może obejmować klasy dziedziczące
- może obejmować cały projekt lub wiele projektów

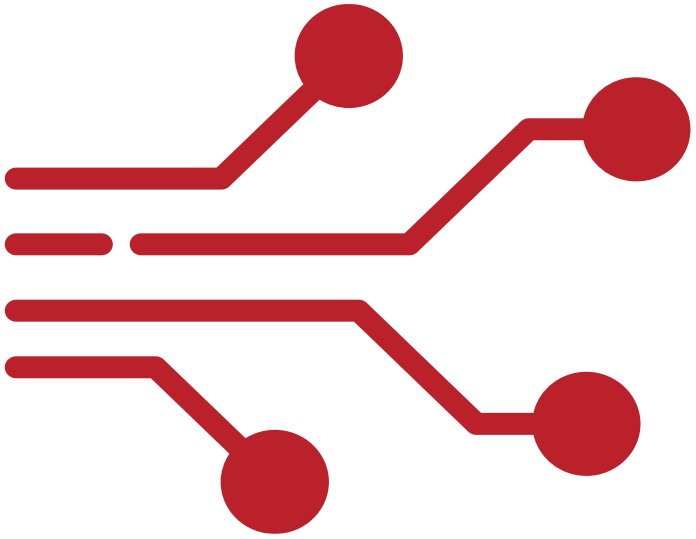
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Enkapsulacja a kontrola dostępu w języku C#

Kontrola dostępu w klasach

- umożliwia ukrywanie wewnętrznej implementacji klasy
- pozwala oddzielić interfejs klasy od jej implementacji
- ogranicza możliwość bezpośredniej modyfikacji danych
- chroni obiekt przed niepoprawnym użyciem
- wspiera realizację zasady enkapsulacji



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Podstawowe modyfikatory dostępu

- private - element dostępny tylko wewnątrz klasy
- protected - element dostępny w klasie oraz w klasach pochodnych
- public - element dostępny z dowolnego miejsca programu
- internal - element dostępny wewnątrz jednego projektu (assembly)
- protected internal - element dostępny w projekcie oraz w klasach pochodnych
- private protected - element dostępny w klasie i klasach pochodnych w tym samym projekcie

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Stosowanie

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Modyfikator private

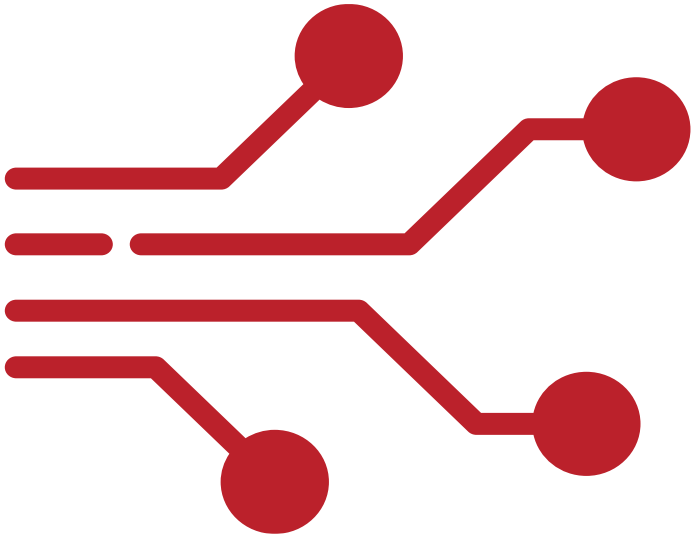
- ogranicza dostęp do elementu wyłącznie do jednej klasy
- uniemożliwia bezpośredni dostęp z innych klas
- jest najczęściej stosowany dla pól przechowujących dane
- chroni wewnętrzny stan obiektu
- wspiera realizację mechanizmu enkapsulacji

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład użycia private

```
public class BankAccount
{
    private decimal balance;
    public void Deposit(decimal amount)
    {
        balance += amount;
    }
}
```

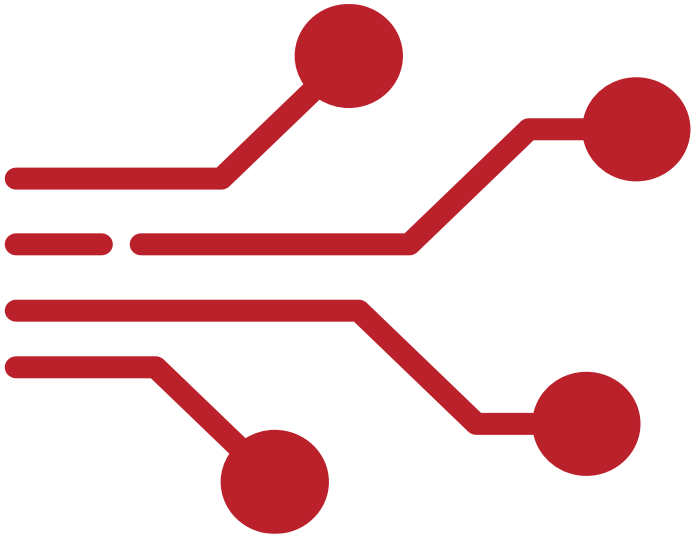


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład w klasie

```
public class BankAccount
{
    private decimal balance;

    public decimal Balance
    {
        get { return balance; }
    }
```

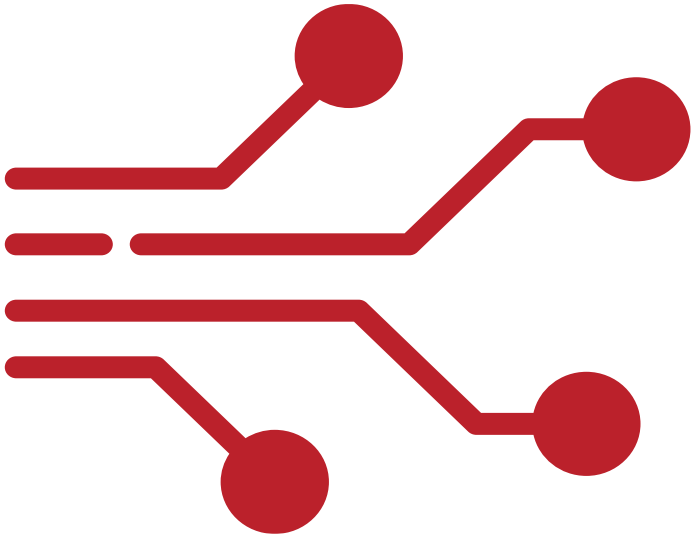


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład w klasie

```
    public void Deposit(decimal amount)
    {
        if (amount <= 0)
            throw new ArgumentException("Amount must be
positive");

        balance += amount;
    }
```

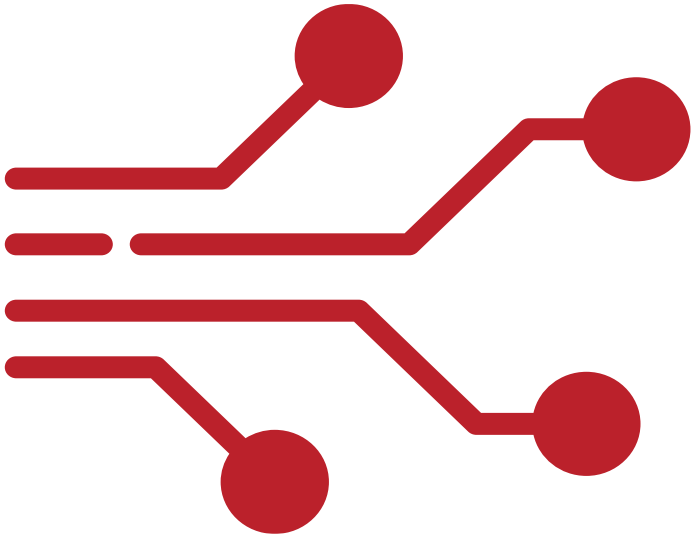


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład w klasie

```
    public void Withdraw(decimal amount)
    {
        if (amount > balance)
            throw new
InvalidOperationException("Insufficient funds");

        balance -= amount;
    }
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Modyfikator public

- udostępnia element programu dla wszystkich innych klas
- pozwala korzystać z elementu z dowolnego miejsca programu
- definiuje publiczny interfejs klasy
- jest stosowany dla metod oraz właściwości udostępnianych na zewnątrz
- umożliwia komunikację pomiędzy różnymi częściami systemu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład użycia public

```
public class BankAccount
{
    public string Owner { get; set; }

    public void Deposit(decimal amount)
    {
        Console.WriteLine("Deposit operation");
    }}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład klasy z elementami publicznymi

```
public class BankAccount
{
    private decimal balance;

    public string Owner { get; }

    public BankAccount(string owner, decimal initialBalance)
    {
        Owner = owner;
        balance = initialBalance;
    }
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład klasy z elementami publicznymi

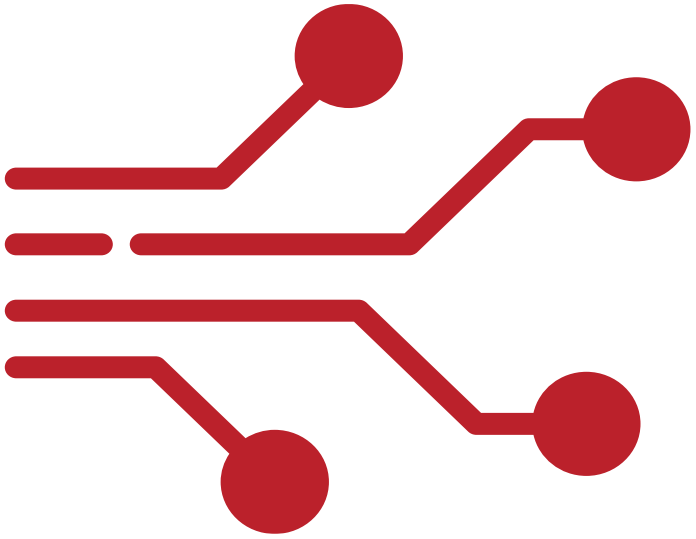
```
    public void Deposit(decimal amount)
    {
        balance += amount;
    }

    public decimal GetBalance()
    {
        return balance;
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład użycia klasy

```
BankAccount account = new BankAccount("Anna", 1000);

account.Deposit(200);

decimal value = account.GetBalance();
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Modyfikator protected

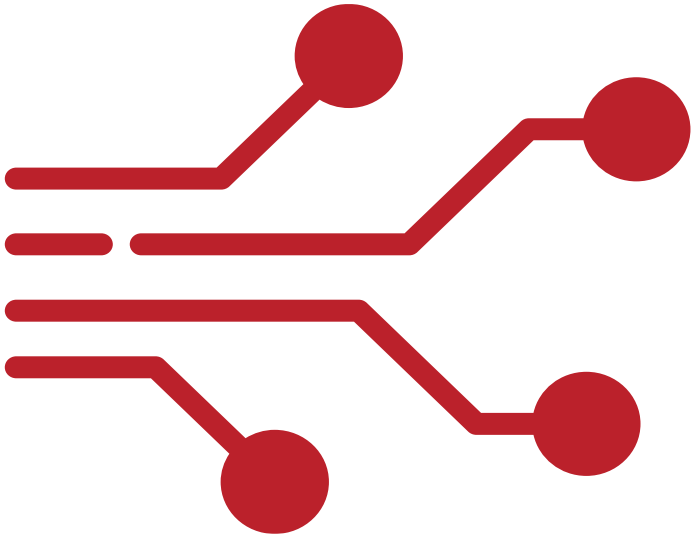
- udostępnia element klasy dla klas pochodnych
- umożliwia dostęp w klasie bazowej oraz w klasach dziedziczących
- nie pozwala na dostęp z innych, niezwiązanych klas
- jest często stosowany w hierarchiach klas
- pozwala klasom pochodnym korzystać z elementów klasy bazowej

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład użycia protected

```
public class Vehicle
{
    protected int maxSpeed;

    public void SetSpeed(int value)
    {
        maxSpeed = value;
    }
}
```

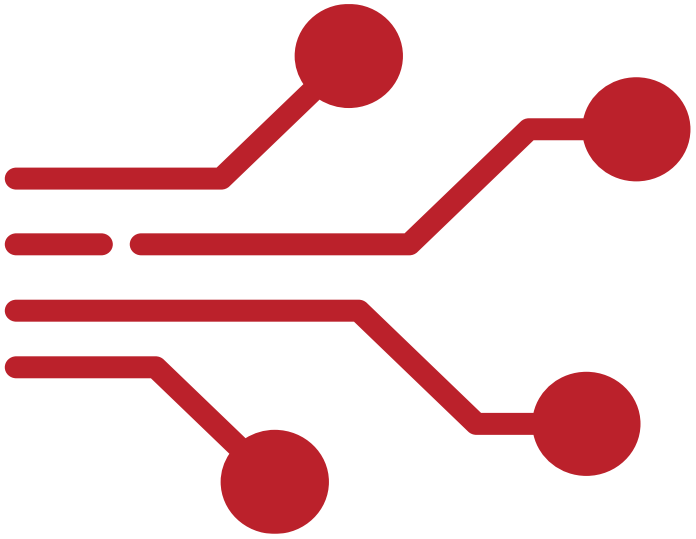


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład użycia protected

```
public class Car : Vehicle
{
    public void PrintSpeed()
    {
        Console.WriteLine(maxSpeed);
    }
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład dostępu protected

```
public class Employee
{
    protected decimal salary;

    public Employee(decimal salary)
    {
        this.salary = salary;
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

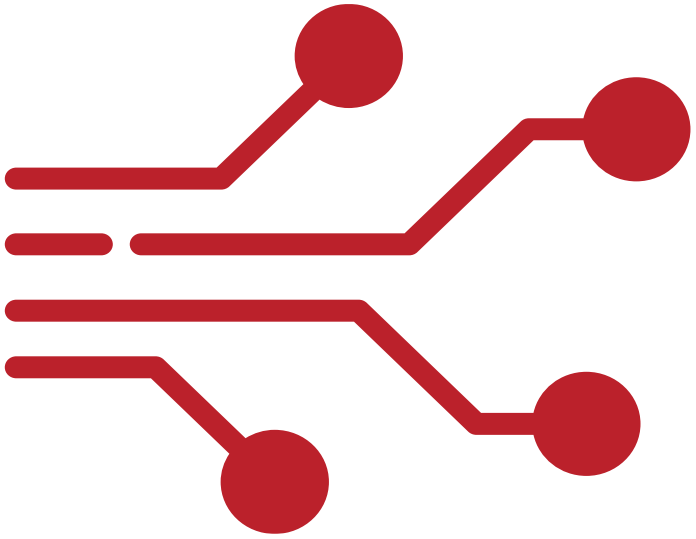
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład dostępu protected

```
public class Manager : Employee
{
    public Manager(decimal salary) : base(salary)
    {
    }

    public void PrintSalary()
    {
        Console.WriteLine(salary);
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Dostęp do elementów klasy bazowej

- klasa pochodna dziedziczy pola, metody i właściwości klasy bazowej
- dostęp do tych elementów zależy od zastosowanego modyfikatora dostępu
- elementy public są dostępne dla wszystkich klas
- elementy protected są dostępne dla klas dziedziczących
- elementy private nie są dostępne w klasach pochodnych

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład dostępu w klasie pochodnej

```
public class Person
{
    private string name;
    protected int age;

    public Person(string name, int age)
    {
        this.name = name;
        this.age = age;
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

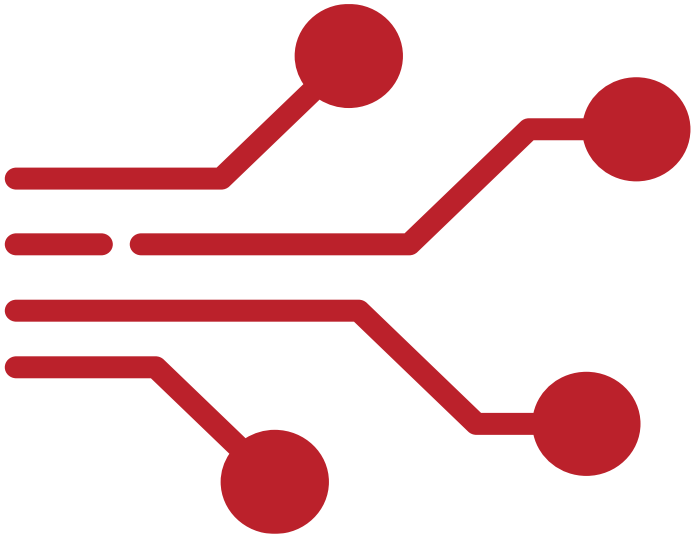
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład dostępu w klasie pochodnej

```
public class Student : Person
{
    public Student(string name, int age) : base(name, age)
    {
    }

    public void PrintAge()
    {
        Console.WriteLine(age);
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Porównanie private i protected

- private ogranicza dostęp wyłącznie do jednej klasy
- protected umożliwia dostęp w klasie bazowej i klasach pochodnych
- element private nie jest widoczny w klasach dziedziczących
- element protected może być używany w metodach klas pochodnych
- wybór modyfikatora zależy od planowanej struktury hierarchii klas

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład różnicy dostępu

```
public class BaseClass
{
    private int privateValue = 10;
    protected int protectedValue = 20;
}
public class DerivedClass : BaseClass
{
    public void PrintValues()
    {
        // Console.WriteLine(privateValue);  // niedostępne
        Console.WriteLine(protectedValue);   // dostępne
    }}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Assembly w środowisku .NET

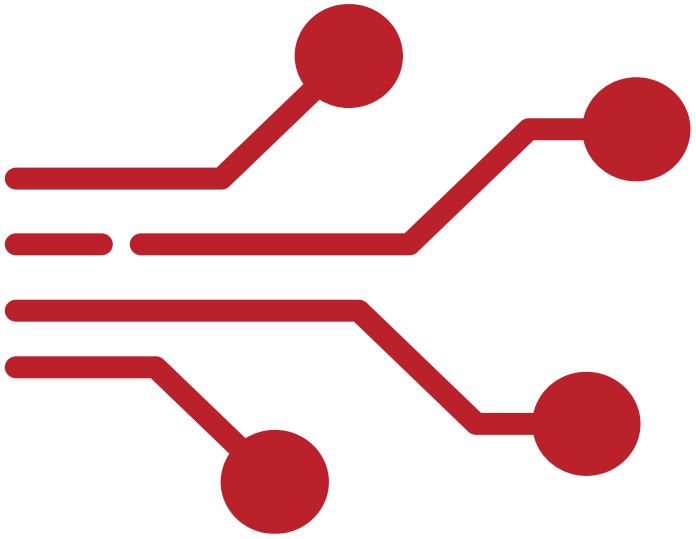
- jest podstawową jednostką kompilacji programu
- zawiera skompilowany kod aplikacji lub biblioteki
- może odpowiadać jednemu projektowi w środowisku programistycznym
- określa granicę widoczności dla niektórych modyfikatorów dostępu
- może być wykorzystywane przez inne aplikacje lub biblioteki

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Modyfikator internal

- udostępnia element dla wszystkich klas w tym samym assembly
- ogranicza dostęp dla kodu znajdującego się w innych projektach
- jest często stosowany w bibliotekach klas
- pozwala ukryć elementy implementacyjne przed użytkownikami biblioteki
- umożliwia współdzielenie kodu wewnątrz projektu

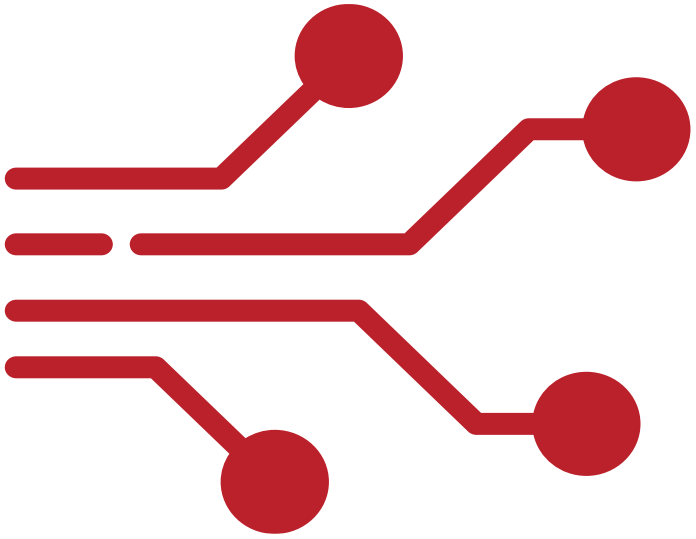


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład

```
internal class DataProcessor
{
    public void Process()
    {
        Console.WriteLine("Processing data");
    }
}
```

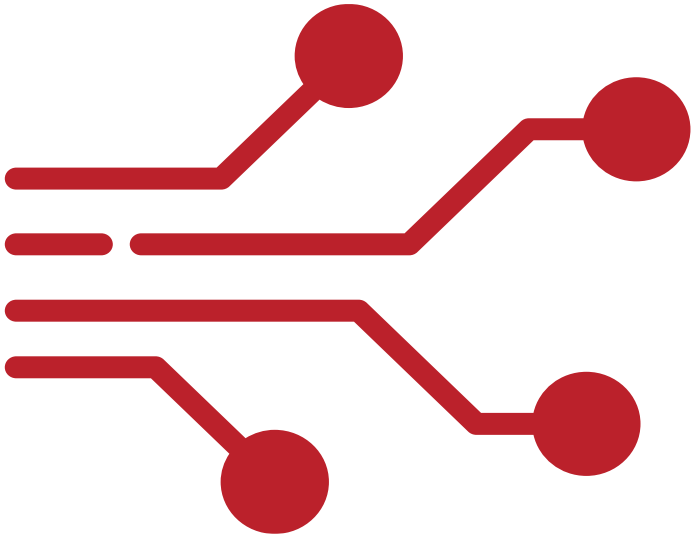


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład klas w jednym assembly

```
internal class DataRepository
{
    public string GetData()
    {
        return "Sample data";
    }
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład klas w jednym assembly

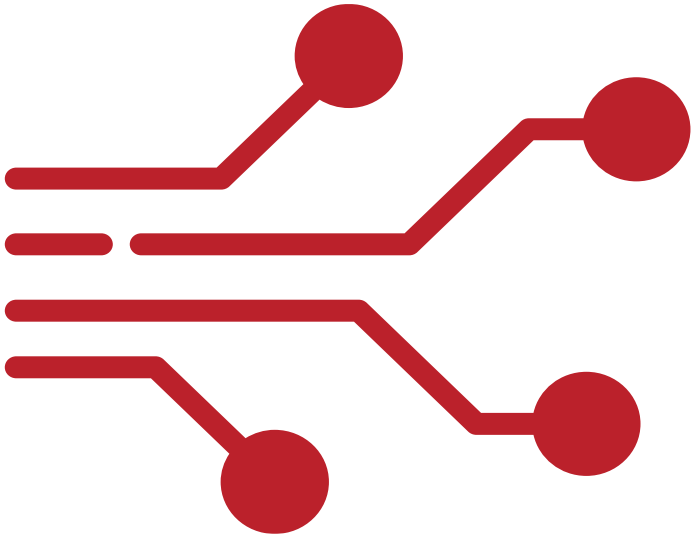
```
public class DataService
{
    private DataRepository repository = new
DataRepository();


    public void PrintData()
    {
        string data = repository.GetData();
        Console.WriteLine(data);
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Zastosowanie internal w bibliotekach

- pozwala oddzielić interfejs biblioteki od jej implementacji
- umożliwia ukrycie klas pomocniczych
- ogranicza dostęp do elementów przeznaczonych wyłącznie do użytku wewnętrznego
- zmniejsza ryzyko nieprawidłowego użycia kodu biblioteki
- ułatwia rozwijanie i modyfikowanie implementacji



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Modyfikator protected internal

- udostępnia element wszystkim klasom w tym samym assembly
- umożliwia dostęp klasom pochodnym także poza assembly
- łączy zasady dostępu protected i internal
- jest stosowany w projektach wymagających rozszerzalności
- pozwala klasom pochodnym korzystać z elementów klasy bazowej

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład użycia protected internal

```
public class BaseComponent
{
    protected internal void Initialize()
    {
        Console.WriteLine("Component initialization");
    }
}
public class DerivedComponent : BaseComponent{
    public void Start()
    {
        Initialize();}}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Modyfikator private protected

- udostępnia element klasie bazowej oraz klasom pochodnym
- ogranicza dostęp do klas znajdujących się w tym samym assembly
- łączy zasady dostępu private oraz protected
- umożliwia kontrolowane rozszerzanie klas w obrębie jednego projektu
- jest bardziej restrykcyjny niż protected internal

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

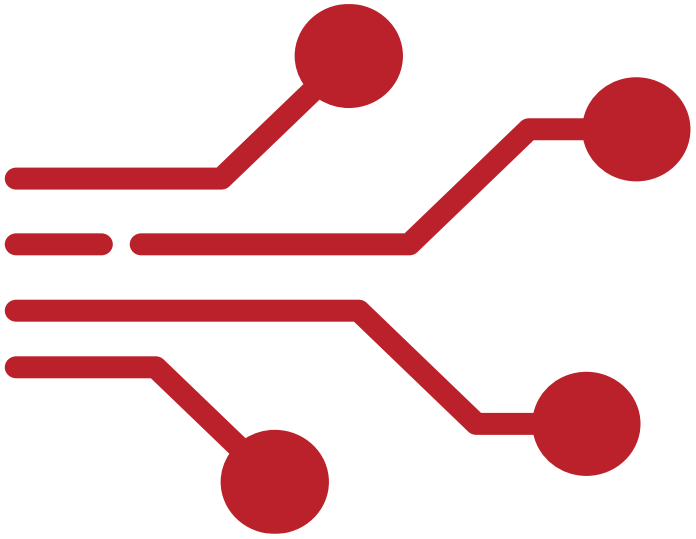
Przykład użycia private protected

```
public class BaseComponent
{
    private protected int value = 10;
}

public class DerivedComponent : BaseComponent
{
    public void PrintValue()
    {
        Console.WriteLine(value);
    }}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Rozszerzone modyfikatory dostępu - porównanie



- protected internal umożliwia dostęp w tym samym assembly oraz w klasach pochodnych
- private protected umożliwia dostęp w klasie i klasach pochodnych w tym samym assembly
- protected internal ma szerszy zakres widoczności
- private protected zapewnia bardziej restrykcyjną kontrolę dostępu
- wybór modyfikatora zależy od struktury projektu oraz sposobu dziedziczenia klas

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład – porównanie modyfikatorów dostępu

```
public class BaseClass
{
    protected internal int valueA = 10;
    private protected int valueB = 20;
}
public class DerivedClass : BaseClass
{
    public void PrintValues()
    {
        Console.WriteLine(valueA); // dostępne
        Console.WriteLine(valueB); // dostępne (jeśli w tym samym
assembly)}}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Modyfikatory dostępu dla pól klasy

- pola przechowują stan obiektu
- najczęściej oznaczane są jako private
- dostęp do pól zwykle odbywa się poprzez właściwości lub metody
- bezpośrednie udostępnianie pól jest rzadko stosowane
- właściwy dobór modyfikatora zwiększa bezpieczeństwo danych

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład – modyfikatory dla pól

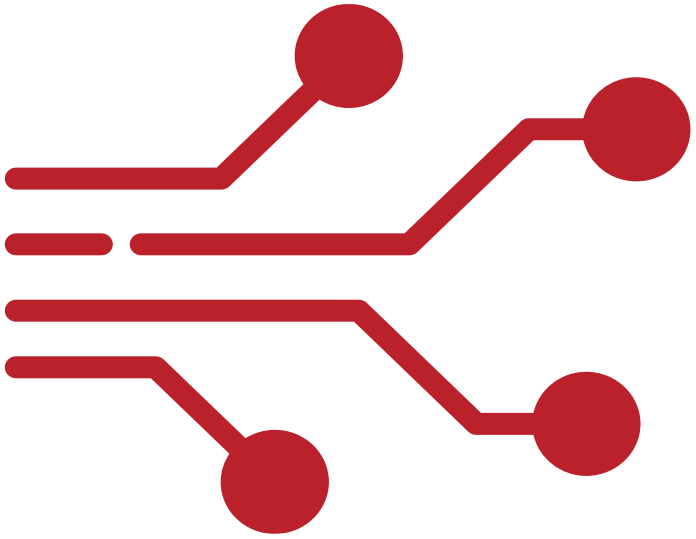
```
public class Product
{
    private string name;
    private decimal price;
    private int quantity;
    public Product(string name, decimal price, int quantity)
    {
        this.name = name;
        this.price = price;
        this.quantity = quantity;
    }}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Modyfikatory dostępu dla właściwości

- właściwości udostępniają dane obiektu w kontrolowany sposób
- mogą posiadać różne poziomy dostępu dla get i set
- pozwalają ograniczyć możliwość modyfikacji danych
- umożliwiają definiowanie właściwości tylko do odczytu
- wspierają realizację zasady enkapsulacji



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład właściwości z różnymi poziomami dostępu

```
public class Product
{
    public string Name { get; private set; }
    public decimal Price { get; private set; }
    public int Quantity { get; set; }
    public Product(string name, decimal price)
    {
        Name = name;
        Price = price;
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Modyfikatory dostępu dla metod

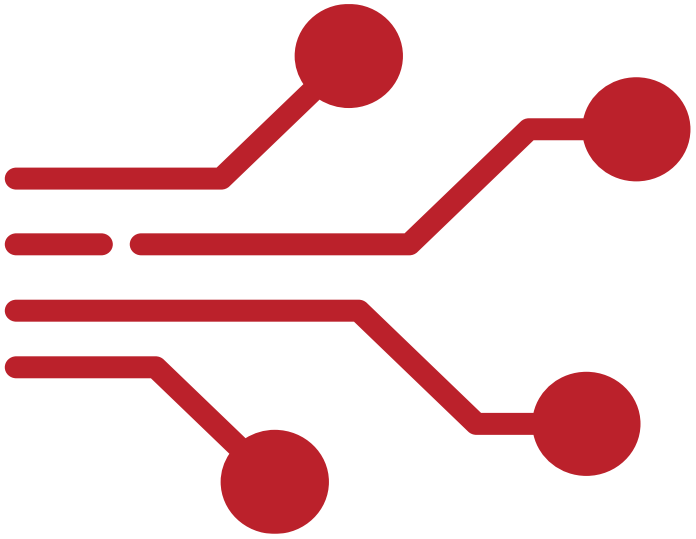
- określają, które operacje klasy są dostępne na zewnątrz
- metody public tworzą interfejs klasy
- metody private służą do realizacji wewnętrznej logiki
- metody protected mogą być wykorzystywane przez klasy pochodne
- właściwy dobór modyfikatorów zwiększa czytelność projektu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład modyfikatorów dostępu do metod

```
public class Order
{
    public void ProcessOrder()
    {
        ValidateOrder();
        CalculatePrice();
        SaveOrder();
    }
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład modyfikatorów dostępu do metod

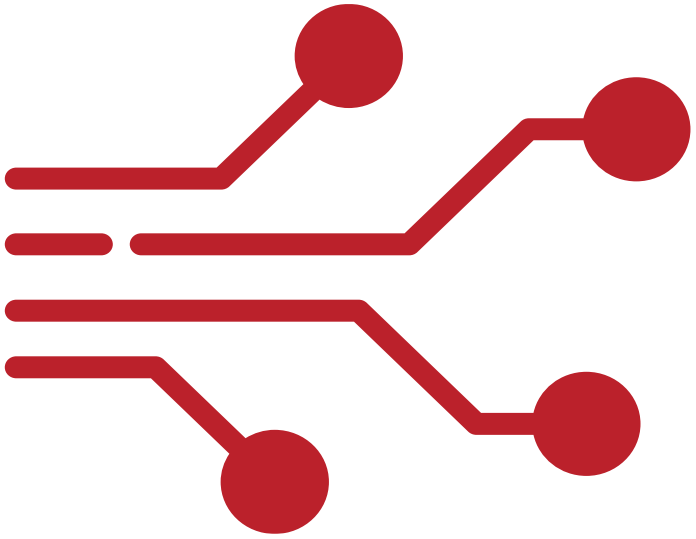
```
private void ValidateOrder()
{
    Console.WriteLine("Validating order");
}
private void CalculatePrice()
{
    Console.WriteLine("Calculating price");
}
private void SaveOrder()
{
    Console.WriteLine("Saving order");}}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

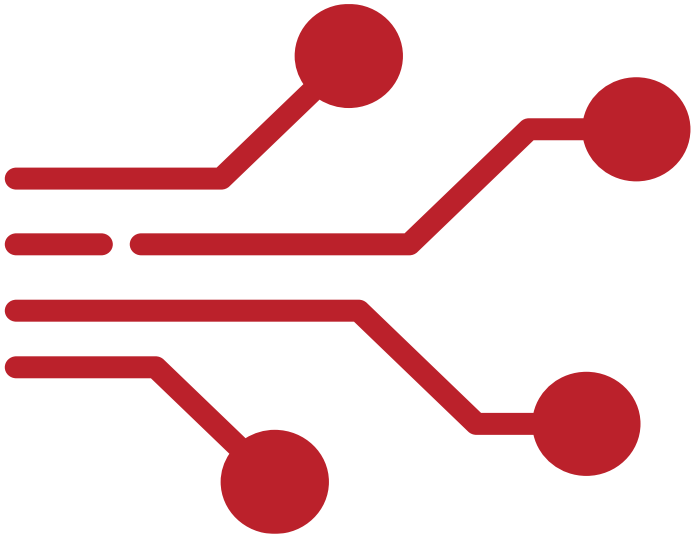
Modyfikatory dostępu dla klas

- określają widoczność klasy w projekcie lub bibliotece
- najczęściej stosowane są public oraz internal
- klasa public jest dostępna dla innych projektów
- klasa internal jest dostępna tylko w obrębie jednego assembly
- wybór modyfikatora wpływa na sposób wykorzystania klasy



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



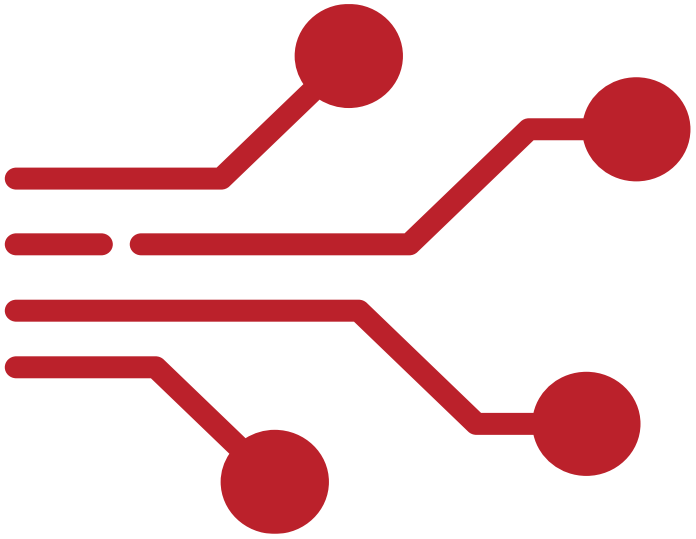
Przykład klas o różnym poziomie dostępu

```
public class CustomerService
{
    public void ProcessCustomer()
    {
        Console.WriteLine("Processing customer");
    }
}
internal class DataValidator
{
    public bool Validate(string data){
        return !string.IsNullOrEmpty(data);}}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Projektowanie interfejsu klasy

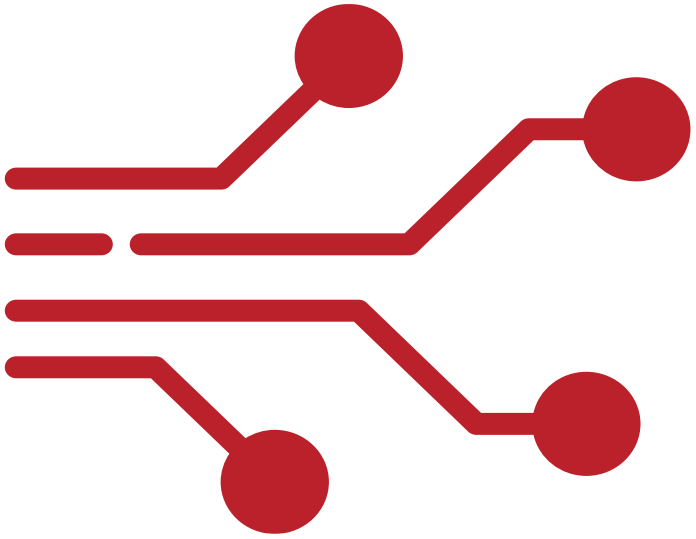


- interfejs klasy obejmuje elementy dostępne dla innych części programu
- powinien zawierać tylko niezbędne metody i właściwości
- elementy implementacyjne powinny być ukryte
- liczba elementów public powinna być możliwie ograniczona
- przejrzysty interfejs ułatwia korzystanie z klasy

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

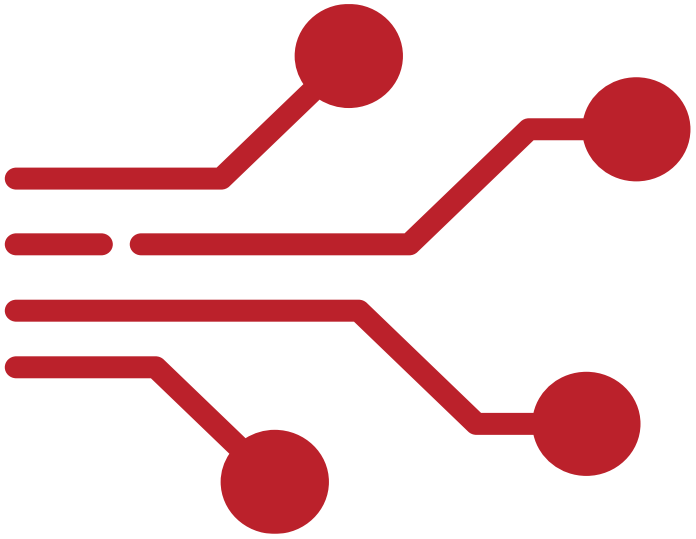
Ukrywanie implementacji klasy



- polega na ograniczeniu dostępu do elementów implementacyjnych
- wykorzystuje modyfikatory dostępu takie jak private i internal
- pozwala oddzielić interfejs klasy od sposobu jej działania
- zmniejsza zależności pomiędzy elementami systemu
- ułatwia modyfikowanie i rozwijanie kodu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Projektowanie bibliotek i API

- biblioteki udostępniają wybrane elementy poprzez modyfikator public
- elementy implementacyjne powinny być oznaczane jako internal lub private
- ograniczenie interfejsu publicznego ułatwia rozwój biblioteki
- stabilny interfejs zmniejsza ryzyko błędów w innych projektach
- właściwe użycie modyfikatorów dostępu zwiększa jakość architektury systemu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Dobre praktyki projektowania dostępu

- należy stosować możliwie najbardziej restrykcyjny modyfikator dostępu
- pola klasy powinny być oznaczane jako private
- publiczny interfejs klasy powinien być możliwie niewielki
- elementy pomocnicze powinny być ukryte
- poziomy dostępu powinny być spójne z architekturą systemu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Typowe błędy stosowania modyfikatorów dostępu

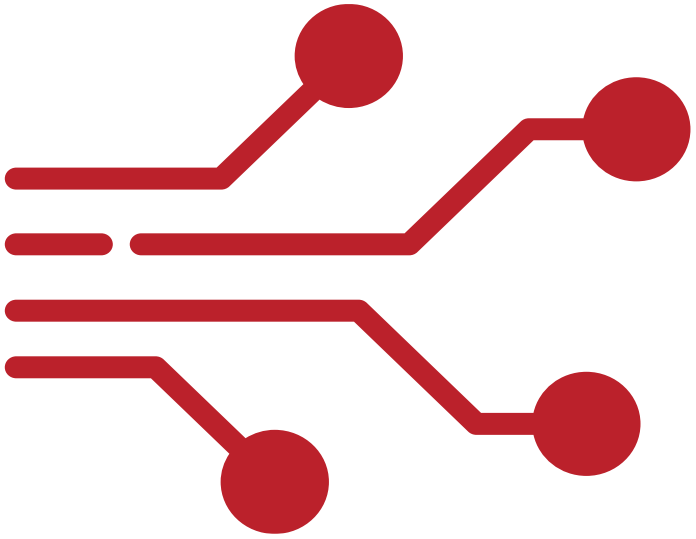
- oznaczanie zbyt wielu elementów jako public
- bezpośrednie udostępnianie pól klasy
- brak kontroli nad modyfikacją danych obiektu
- stosowanie niewłaściwego poziomu dostępu w hierarchii klas
- brak rozdzielenia interfejsu klasy od implementacji

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Kontrola dostępu w systemach programistycznych

- ogranicza zależności pomiędzy komponentami systemu
- pozwala wyraźnie oddzielić interfejs od implementacji
- zwiększa bezpieczeństwo danych obiektów
- ułatwia rozwijanie i modyfikowanie systemu
- wspiera projektowanie modularnej architektury oprogramowania



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Podsumowanie wykładu

W wykładzie omówiono

- znaczenie kontroli dostępu w programowaniu obiektowym
- podstawowe modyfikatory dostępu w języku C#
- rolę modyfikatorów private, public, protected oraz internal
- zastosowanie rozszerzonych modyfikatorów dostępu
- znaczenie właściwego projektowania interfejsów klas

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Dziękuję za uwagę

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wykład nr 5
Temat: Klasy własnych wyjątków

Paweł Karczmarek
Politechnika Lubelska, Katedra Inteligencji Obliczeniowej

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Plan prezentacji

- Wprowadzenie
- Stosowanie

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

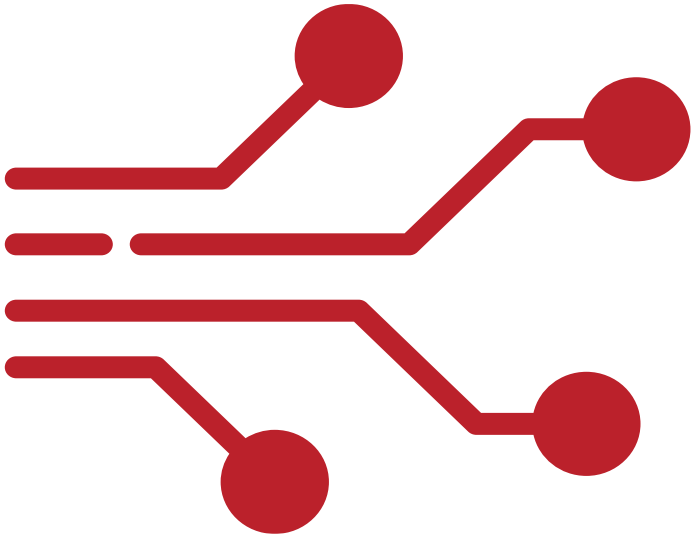
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wprowadzenie

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wyjątki w programowaniu



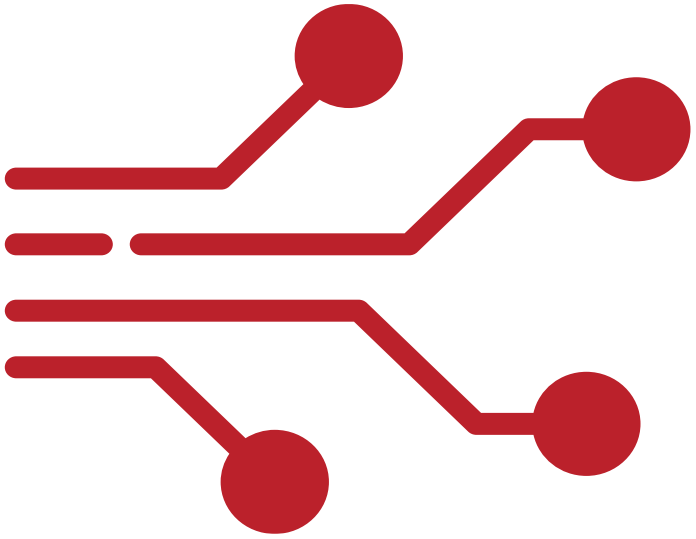
- reprezentują sytuacje błędne pojawiające się podczas działania programu
- umożliwiają przekazywanie informacji o błędach
- oddzielają logikę programu od obsługi błędów
- pozwalają propagować informacje o błędach pomiędzy metodami
- stanowią podstawowy mechanizm obsługi błędów w platformie .NET

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Hierarchia wyjątków w .NET

- wszystkie wyjątki dziedziczą po klasie Exception
- klasa Exception należy do przestrzeni nazw System
- wiele standardowych wyjątków jest dostarczanych przez platformę .NET
- wyjątki tworzą rozbudowaną hierarchię klas
- programista może definiować własne klasy wyjątków

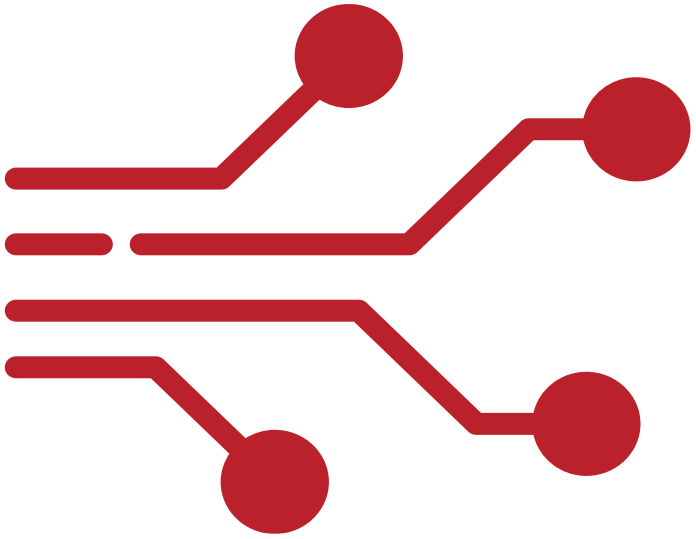


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykładowe elementy hierarchii

- System.Object
  - System.Exception
    - System.SystemException
      - InvalidOperationException
      - NullReferenceException
      - IndexOutOfRangeException
      - ArgumentException
    - ApplicationException



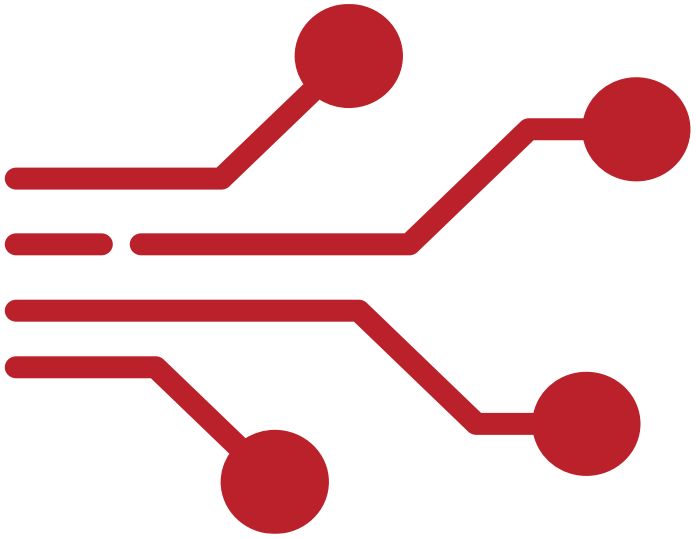
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Klasa Exception jako baza wszystkich wyjątków

Klasa Exception

- stanowi podstawową klasę wszystkich wyjątków w .NET
- znajduje się w przestrzeni nazw System
- przechowuje informacje o błędzie
- umożliwia przekazywanie komunikatu diagnostycznego
- może być rozszerzana przez klasy dziedziczące

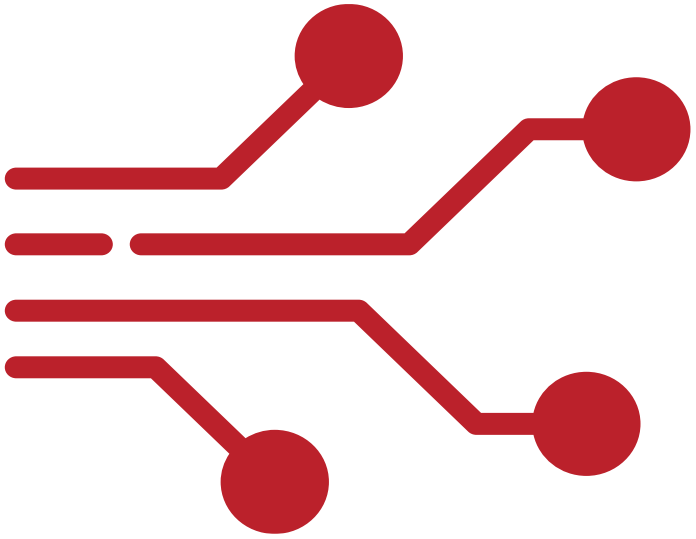


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

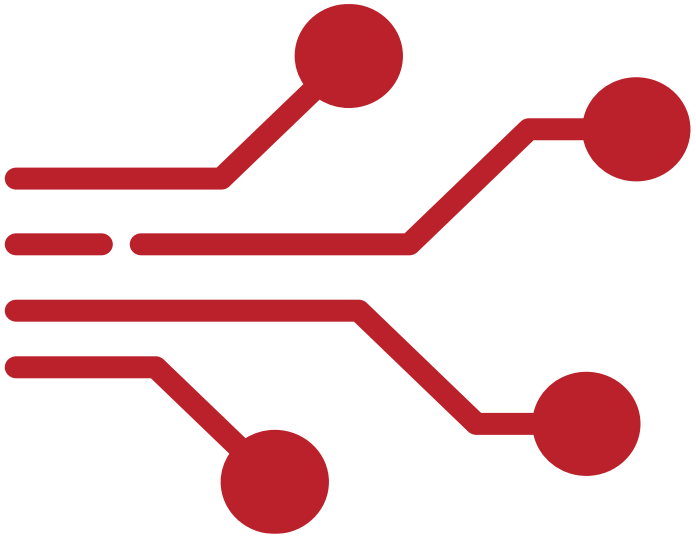
Najważniejsze elementy klasy Exception

- Message - opis błędu
- StackTrace - informacja o miejscu wystąpienia błędu
- InnerException - wyjątek będący przyczyną bieżącego wyjątku
- Source - nazwa komponentu, w którym wystąpił błąd



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Zastosowanie wyjątków w programach

- wyjątki służą do sygnalizowania sytuacji wyjątkowych
- powinny być używane w przypadku błędów uniemożliwiających poprawne wykonanie operacji
- pozwalają przerwać normalny przebieg wykonywania programu
- umożliwiają przekazanie informacji o błędzie do wyższych poziomów programu
- pozwalają oddzielić obsługę błędów od logiki biznesowej

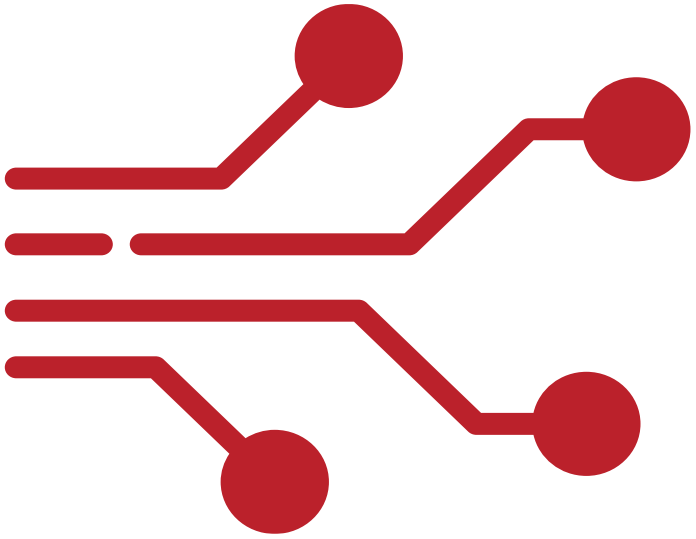
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Stosowanie

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Zastosowanie wyjątków w programach

- wyjątki służą do sygnalizowania sytuacji wyjątkowych
- powinny być używane w przypadku błędów uniemożliwiających poprawne wykonanie operacji
- pozwalają przerwać normalny przebieg wykonywania programu
- umożliwiają przekazanie informacji o błędzie do wyższych poziomów programu
- pozwalają oddzielić obsługę błędów od logiki biznesowej

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Kiedy tworzyć własne klasy wyjątków?

- gdy standardowe wyjątki nie opisują dokładnie problemu
- gdy błąd ma znaczenie w kontekście logiki aplikacji
- gdy konieczne jest przekazanie dodatkowych informacji o błędzie
- gdy chcemy wyraźnie oddzielić błędy domenowe od technicznych
- gdy wyjątek stanowi element interfejsu aplikacji lub biblioteki

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Najczęściej używane wyjątki .NET

- ArgumentException - przekazano niepoprawny argument metody
- ArgumentNullException - przekazano argument o wartości null
- InvalidOperationException - operacja jest niedozwolona w aktualnym stanie obiektu
- IndexOutOfRangeException - próba dostępu do elementu tablicy poza zakresem
- NullReferenceException - próba użycia referencji wskazującej na null
- IOException - błąd podczas operacji wejścia–wyjścia

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Definiowanie własnego wyjątku

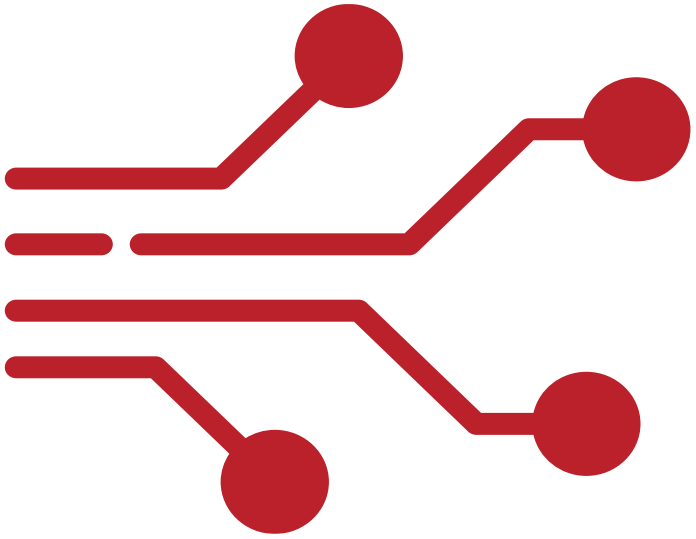
- własne wyjątki definiuje się jako klasy
- klasa wyjątku powinna dziedziczyć po Exception
- wyjątek reprezentuje określoną sytuację błędną w aplikacji
- nazwa klasy wyjątku powinna kończyć się słowem Exception
- wyjątek może być zgłaszany przy użyciu instrukcji throw

Przykład definicji własnego wyjątku

```
public class InsufficientFundsException :
Exception
{
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Dziedziczenie w klasach wyjątków

- własne wyjątki powinny dziedziczyć po klasie Exception
- dziedziczenie umożliwia wykorzystanie istniejącego mechanizmu obsługi błędów
- klasy wyjątków mogą być częścią większej hierarchii wyjątków
- wyjątki mogą być przechwytywane na różnych poziomach ogólności
- projektowanie hierarchii wyjątków może odzwierciedlać strukturę problemu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład hierarchii wyjątków

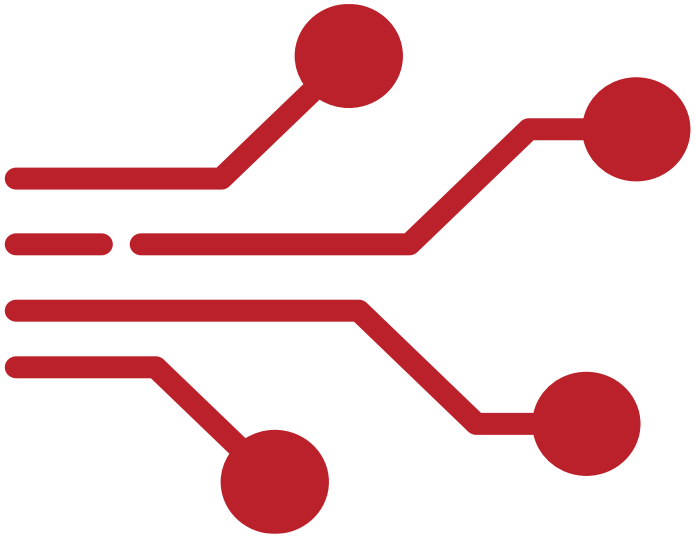
```
public class BankingException : Exception
{
}
public class InsufficientFundsException : BankingException
{
}
public class AccountLockedException : BankingException
{
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Minimalna implementacja klasy wyjątku

- klasa wyjątku powinna dziedziczyć po Exception
- powinna posiadać przynajmniej konstruktor bezparametrowy
- może przekazywać komunikat błędu do klasy bazowej
- powinna zachowywać zgodność z mechanizmem wyjątków .NET
- może być rozszerzana o dodatkowe elementy w przyszłości

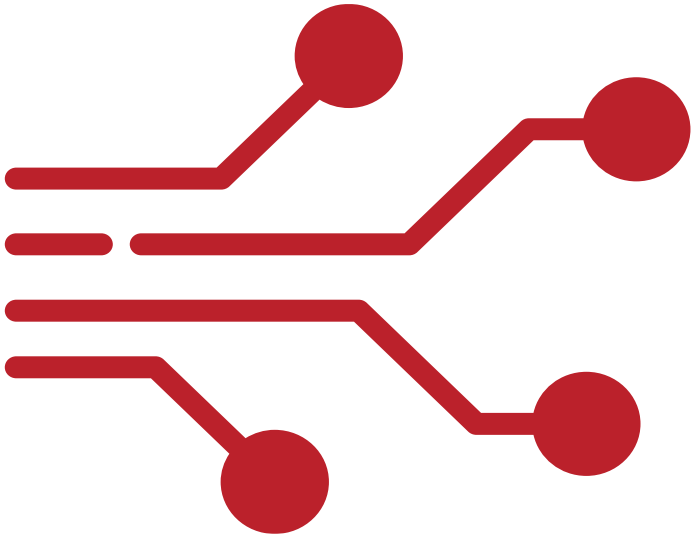


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład minimalnej implementacji

```
public class InvalidAccountStateException : Exception
{
    public InvalidAccountStateException()
    {
    }

    public InvalidAccountStateException(string message)
        : base(message)
    {
    }
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład minimalnej implementacji

```
    public InvalidAccountStateException(string message,
Exception innerException)
        : base(message, innerException)
    {
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Konstruktory w klasach wyjątków

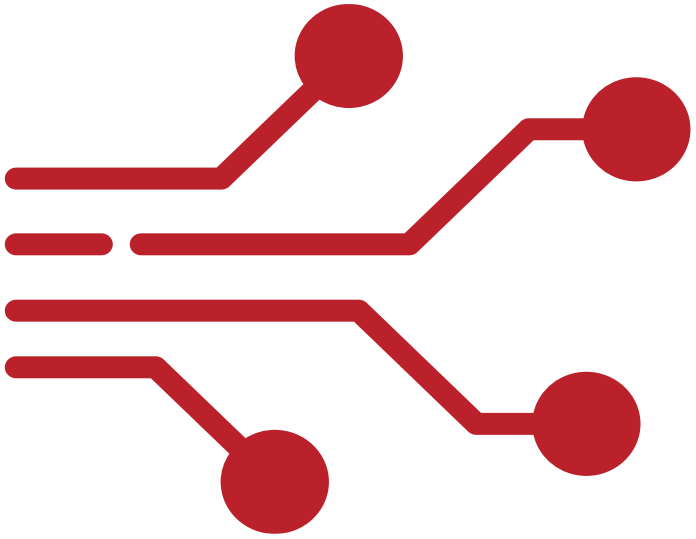
- umożliwiają inicjalizację obiektu wyjątku
- pozwalają przekazać komunikat opisujący błąd
- umożliwiają przekazanie wyjątku będącego przyczyną błędu
- pozwalają zachować pełną informację diagnostyczną
- są istotnym elementem poprawnej implementacji wyjątku

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Typowe konstruktory w klasie wyjątku

- konstruktor bezparametrowy
- konstruktor przyjmujący komunikat błędu
- konstruktor przyjmujący komunikat oraz InnerException



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przekazywanie komunikatów błędów

- komunikat błędu opisuje przyczynę wystąpienia wyjątku
- komunikat jest przechowywany w właściwości Message
- komunikaty mogą być przekazywane do konstruktora klasy Exception
- powinny być jednoznaczne i zrozumiałe
- ułatwiają analizę problemów w systemie

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

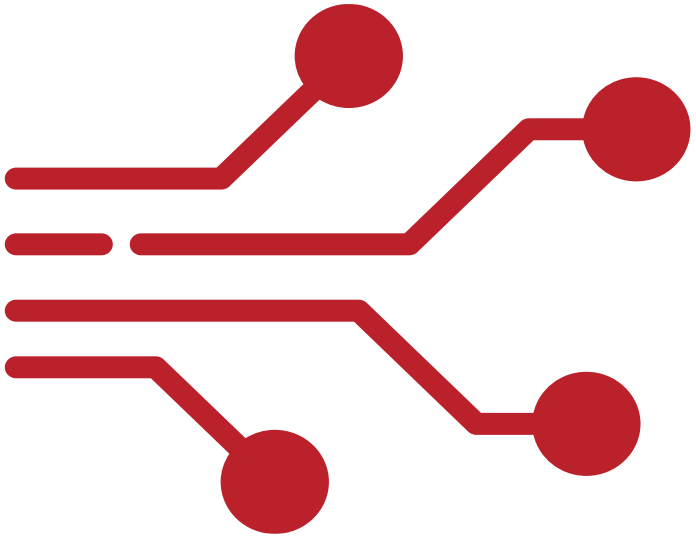
Przykład przekazywania komunikatu

```
public class InvalidTransactionException : Exception
{
    public InvalidTransactionException(string message)
        : base(message)
    {
    }
}
throw new InvalidTransactionException("Transaction amount must be greater than zero.");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Własne właściwości w klasach wyjątków - rozszerzanie klas wyjątków



- klasy wyjątków mogą zawierać dodatkowe pola i właściwości
- umożliwia to przekazywanie szczegółowych informacji o błędzie
- dane mogą opisywać kontekst wystąpienia problemu
- informacje mogą być wykorzystywane w logowaniu oraz diagnostyce
- rozszerzone wyjątki są często stosowane w aplikacjach biznesowych

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład wyjątku z dodatkowymi właściwościami

```
public class OrderProcessingException : Exception
{
    public int OrderId { get; }

    public OrderProcessingException(int orderId, string
message)
        : base(message)
    {
        OrderId = orderId;
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Rzucanie własnego wyjątku - zgłaszanie wyjątków w programie

- wyjątek jest zgłaszany przy użyciu instrukcji throw
- instrukcja throw powoduje przerwanie normalnego przepływu programu
- obiekt wyjątku zawiera informacje o błędzie
- wyjątek może zostać przechwycony w innym miejscu programu
- zgłaszanie wyjątków powinno odzwierciedlać logikę aplikacji

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład zgłaszania własnego wyjątku

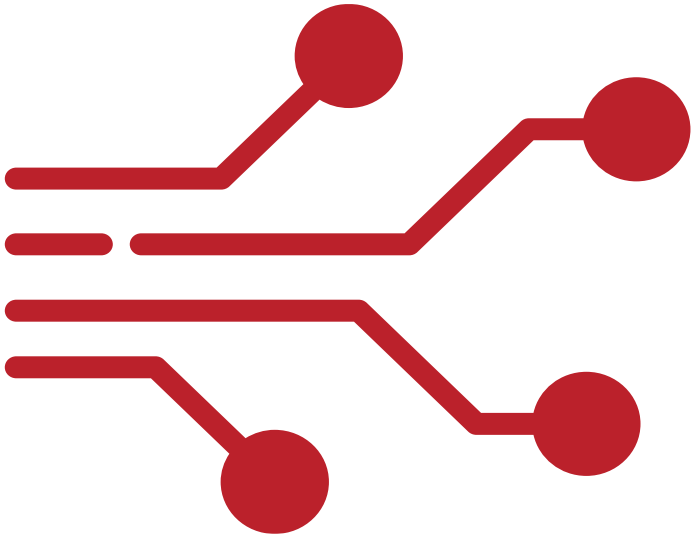
```
public void Withdraw(decimal amount)
{
    if (amount <= 0)
        throw new InvalidOperationException("Amount must be positive.");
    if (amount > balance)
        throw new InsufficientFundsException("Not enough funds on the account.");
    balance -= amount;
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Obsługa własnego wyjątku

- wyjątki są przechwytywane przy użyciu bloku catch
- możliwe jest przechwytywanie konkretnych typów wyjątków
- różne typy wyjątków mogą być obsługiwane w różny sposób
- przechwycenie wyjątku umożliwia reakcję na błąd
- obsługa wyjątków może obejmować logowanie lub komunikat dla użytkownika



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład obsługi własnego wyjątku

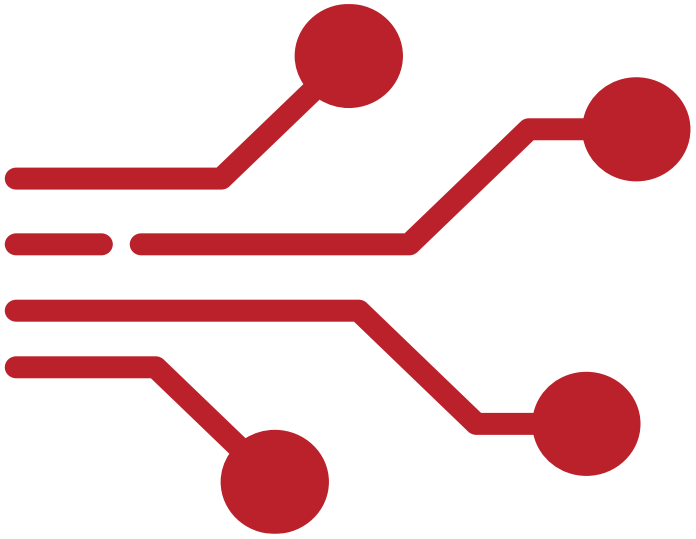
```
try
{
    account.Withdraw(5000);
}
catch (InsufficientFundsException ex)
{
    Console.WriteLine("Operation failed: " + ex.Message);
}
catch (Exception ex)
{
    Console.WriteLine("Unexpected error: " + ex.Message);}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wyjątki domenowe

- reprezentują błędy wynikające z logiki biznesowej aplikacji
- opisują sytuacje specyficzne dla danej dziedziny problemowej
- zwykle implementowane są jako własne klasy wyjątków
- zwiększają czytelność kodu i modelu domeny
- pozwalają oddzielić błędy biznesowe od błędów technicznych



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

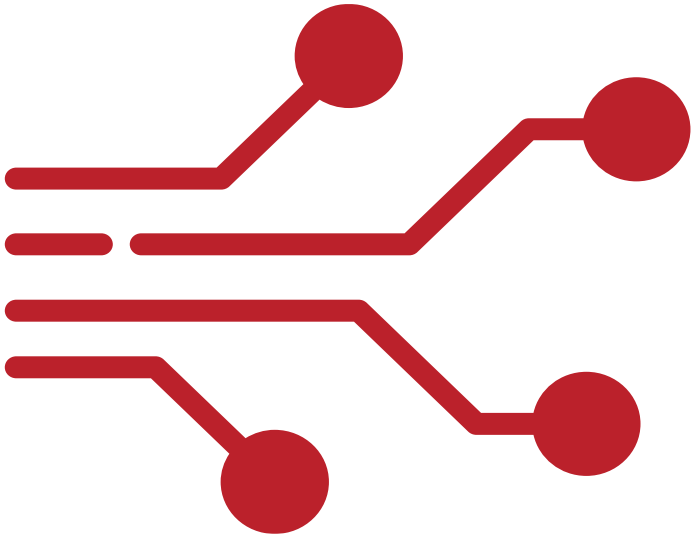
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład wyjątku domenowego

```
public class ProductUnavailableException : Exception
{
    public int ProductId { get; }

    public ProductUnavailableException(int productId)
        : base("Product is not available.")
    {
        ProductId = productId;
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Zagnieżdżanie wyjątków

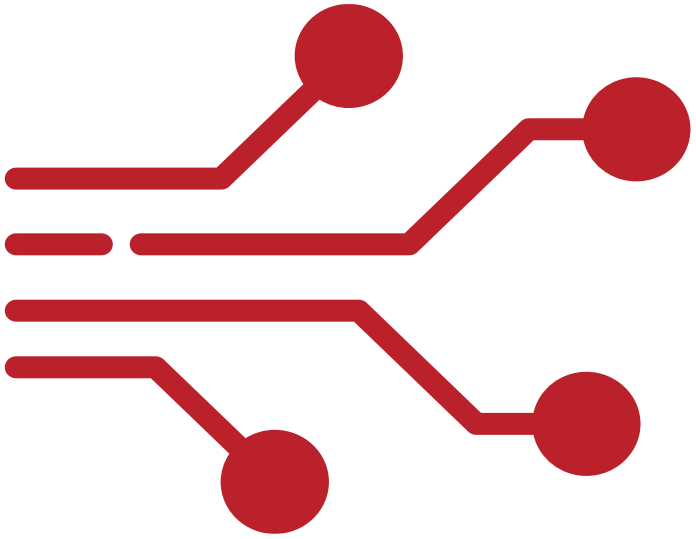
- wyjątek może zawierać inny wyjątek jako przyczynę błędu
- informacja ta przechowywana jest we właściwości InnerException
- pozwala zachować oryginalną przyczynę problemu
- umożliwia budowanie łańcucha wyjątków
- jest szczególnie przydatne w aplikacjach wielowarstwowych

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład zagnieżdżania wyjątków

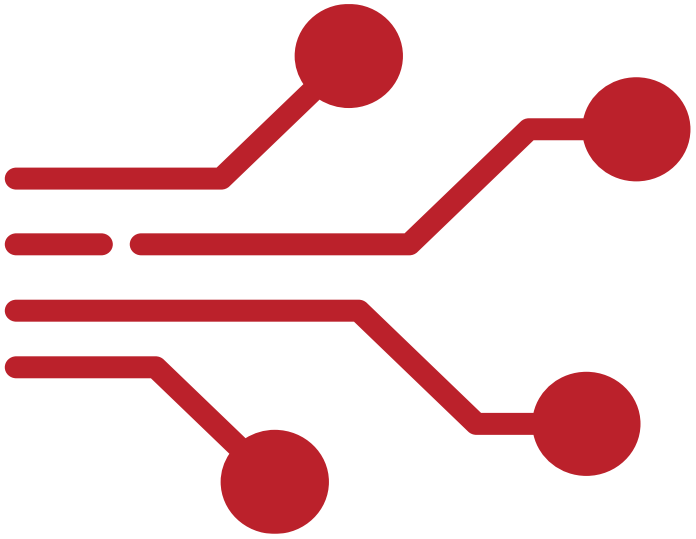
```
try
{
    ProcessFile();
}
catch (IOException ex)
{
    throw new DataImportException("Error while importing data.", ex);
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Ponowne zgłaszanie wyjątku



- wyjątek przechwycony w bloku catch może zostać ponownie zgłoszony
- pozwala przekazać wyjątek do wyższego poziomu programu
- umożliwia wykonanie dodatkowych działań przed przekazaniem błędu
- zachowuje informację o miejscu wystąpienia wyjątku
- stosowane jest w aplikacjach wielowarstwowych

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

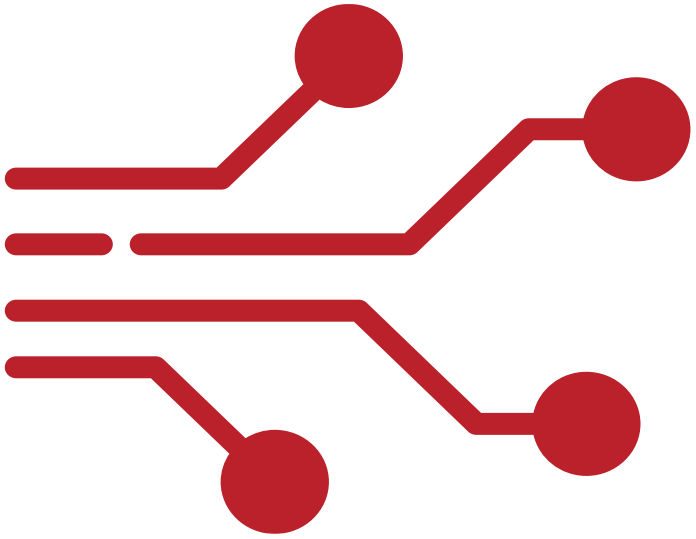
Przykład ponownego zgłoszenia wyjątku

```
try
{
    ProcessData();
}
catch (Exception ex)
{
    LogError(ex);
    throw;
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

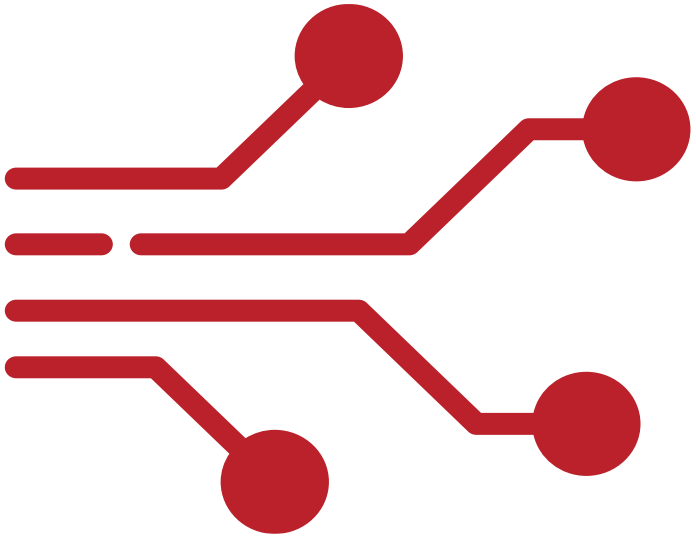
Propagacja wyjątków w metodach



- wyjątek może być przekazywany pomiędzy kolejnymi metodami programu
- jeżeli wyjątek nie zostanie przechwycony, jest przekazywany do metody wywołującej
- proces ten nazywany jest propagacją wyjątku
- propagacja trwa do momentu przechwycenia wyjątku
- brak obsługi wyjątku powoduje zakończenie działania programu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład propagacji wyjątku

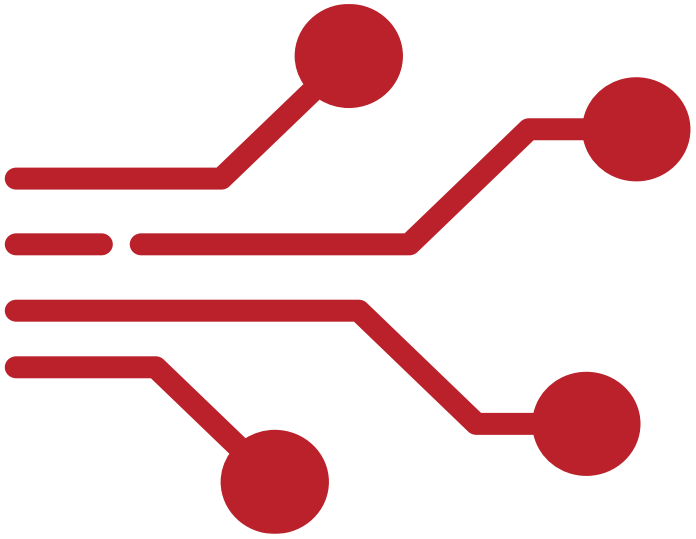
```
public void MethodA()
{
    MethodB();
}
public void MethodB()
{
    MethodC();
}
public void MethodC()
{
    throw new InvalidOperationException("Invalid
operation.");}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Zalecenia dotyczące implementacji wyjątków

- klasy wyjątków powinny dziedziczyć po Exception
- powinny zawierać zestaw standardowych konstruktorów
- powinny umożliwiać przekazywanie komunikatu błędu
- powinny umożliwiać przekazywanie InnerException
- implementacja powinna być zgodna z konwencjami platformy .NET

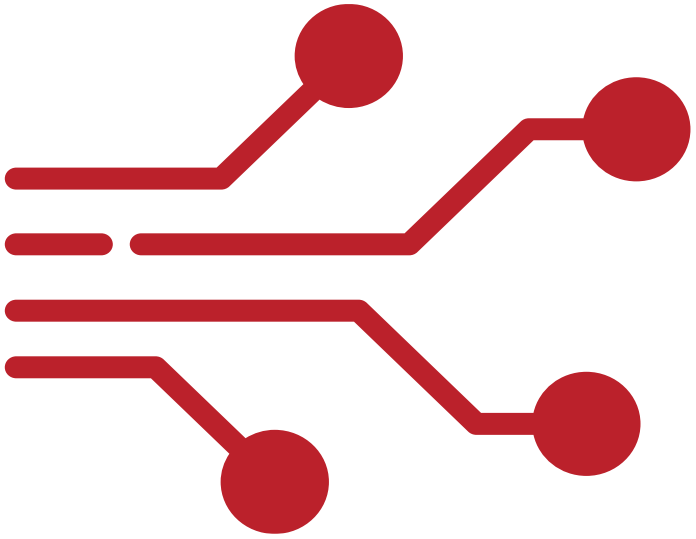


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład - wyjątki

```
[Serializable]
public class DataImportException : Exception
{
    public DataImportException()
    {
    }
    public DataImportException(string message)
        : base(message)
    {
    }
```

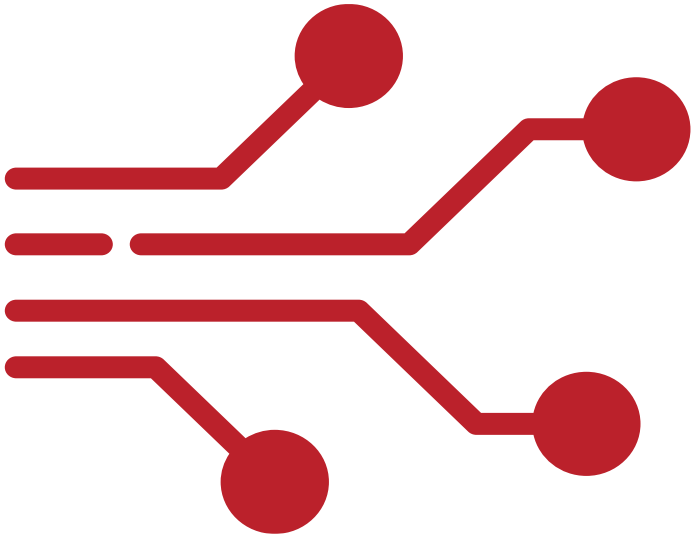


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład - wyjątki

```
    public DataImportException(string message, Exception
innerException)
        : base(message, innerException)
    {
    }
    protected DataImportException(
        SerializationInfo info,
        StreamingContext context)
        : base(info, context)
    {
    }
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Nazewnictwo wyjątków

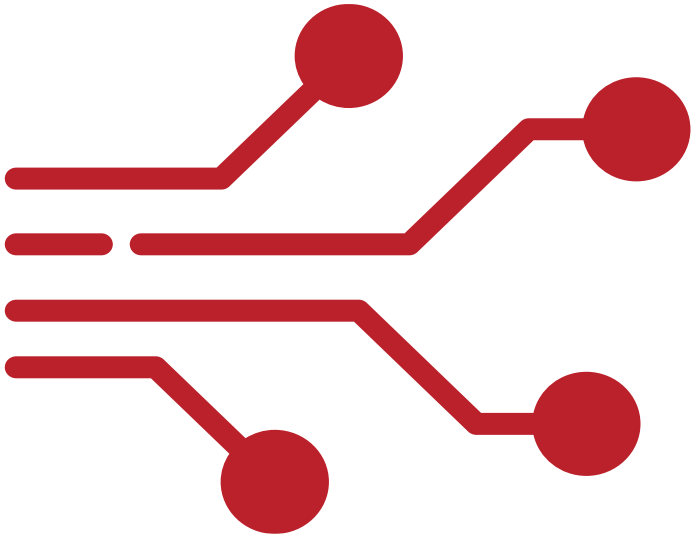
- nazwa klasy wyjątku powinna kończyć się słowem Exception
- nazwa powinna jasno opisywać przyczynę błędu
- nazewnictwo powinno być spójne z konwencjami .NET
- nazwy powinny odzwierciedlać logikę domeny aplikacji
- nazwy wyjątków powinny być jednoznaczne i zrozumiałe
- Przykłady: InvalidOrderStateException, FileProcessingException, AccountLockedException, DataImportException

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Typowe błędy w obsłudze wyjątków

- używanie wyjątków do sterowania logiką programu
- przechwytywanie ogólnego typu Exception bez uzasadnienia
- ignorowanie przechwyconych wyjątków
- tworzenie zbyt ogólnych klas wyjątków
- brak przekazywania InnerException



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykładowa implementacja własnego wyjątku

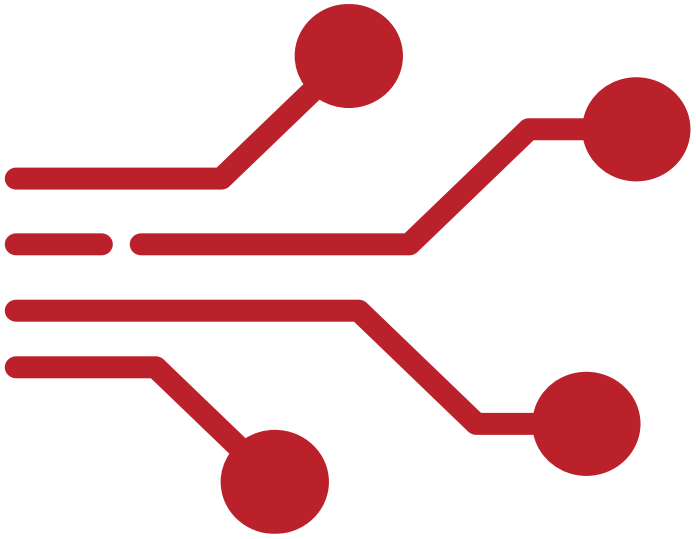
- dziedziczy po Exception
- zawiera standardowe konstruktory: bezparametrowy, z komunikatem, z komunikatem + InnerException
- zawiera chroniony konstruktor do serializacji (SerializationInfo, StreamingContext)
- oznaczona atrybutem [Serializable]
- spełnia zalecenia Microsoft Design Guidelines

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykładowa implementacja własnego wyjątku

```
[Serializable]
public class OrderProcessingException : Exception
{
    public int OrderId { get; }
    public OrderProcessingException()
    {
    }
    public OrderProcessingException(string message)
        : base(message)
    {
    }
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykładowa implementacja własnego wyjątku

```
    public OrderProcessingException(string message,
Exception innerException)
        : base(message, innerException)
    {
    }
    public OrderProcessingException(int orderId, string
message)
        : base(message)
    {
        OrderId = orderId;
    }
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykładowa implementacja własnego wyjątku

```
    protected OrderProcessingException(SerializationInfo
info, StreamingContext context)
        : base(info, context)
    {
        OrderId = info.GetInt32(nameof(OrderId));
    }
    public override void GetObjectData(SerializationInfo
info, StreamingContext context)
    {
        info.AddValue(nameof(OrderId), OrderId);
        base.GetObjectData(info, context);
    }}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Dobre praktyki

- twórz wyjątki tylko wtedy, gdy sytuacja jest naprawdę wyjątkowa
- używaj jasnych i jednoznacznych nazw zakończonych słowem Exception
- dziedzicz bezpośrednio po Exception lub po logicznie powiązanej klasie wyjątków
- przekazuj szczegółowe informacje kontekstowe poprzez własne właściwości
- stosuj konstruktor z InnerException, aby zachować historię błędów
- nie używaj wyjątków do sterowania normalnym przepływem programu
- ogranicz liczbę publicznych elementów w klasach wyjątków - wyjątek powinien być prosty
- loguj wyjątki w miejscach, które mają pełny kontekst diagnostyczny

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Podsumowanie - własne klasy wyjątków

- wyjątki pozwalają sygnalizować sytuacje błędne w aplikacji
- własne klasy wyjątków zwiększają czytelność i precyzję kodu
- klasy wyjątków powinny dziedziczyć po Exception
- zaleca się stosowanie standardowych konstruktorów i konwencji nazewniczych
- właściwość InnerException umożliwia zachowanie informacji o przyczynach błędów
- wyjątki domenowe oddzielają logikę biznesową od błędów technicznych
- właściwe stosowanie wyjątków poprawia diagnostykę i utrzymanie systemu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Dziękuję za uwagę

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wykład nr 6
Temat: Klasy abstrakcyjne i interfejsy

Paweł Karczmarek
Politechnika Lubelska, Katedra Inteligencji Obliczeniowej

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

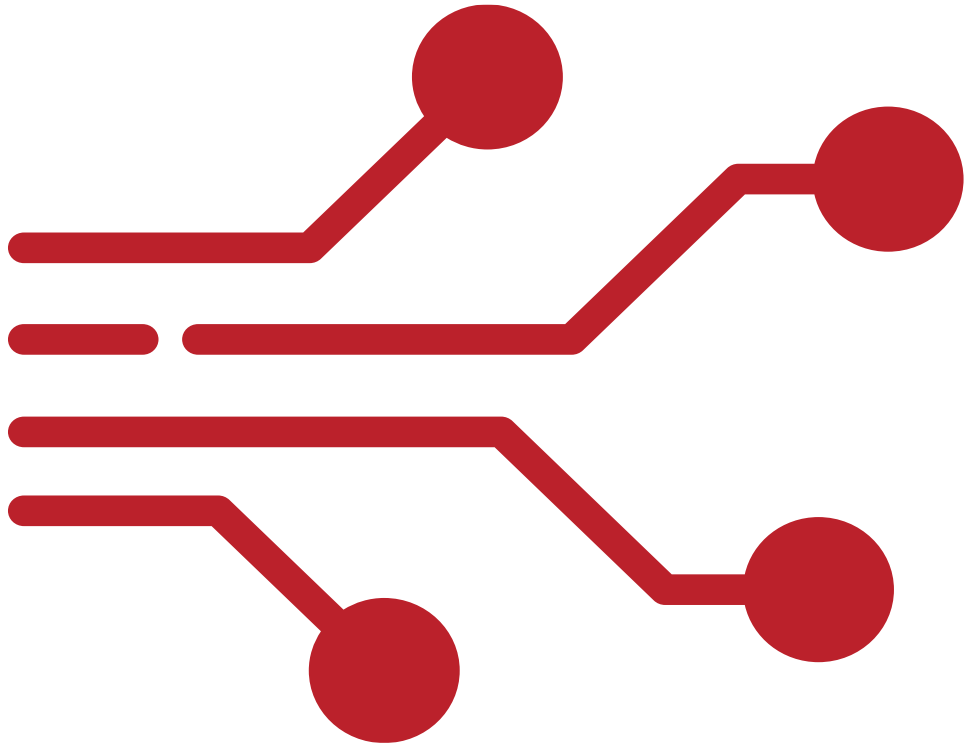
Plan prezentacji

- Wprowadzenie
- Klasy abstrakcyjne
- Interfejsy
- Porównania i zastosowania

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

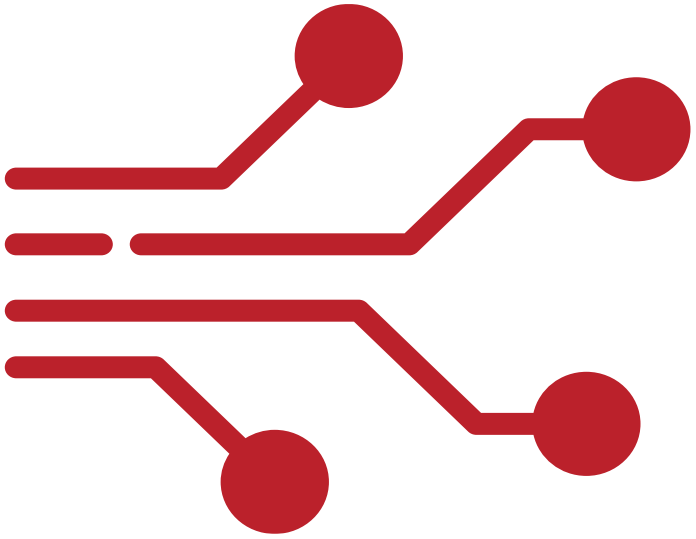
Wprowadzenie



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Abstrakcja w programowaniu



- pozwala skupić się na istotnych cechach obiektów, pomijając szczegóły implementacji
- umożliwia tworzenie elastycznych i rozszerzalnych struktur klas
- wspiera projektowanie interfejsów programistycznych
- ułatwia ponowne użycie kodu i utrzymanie aplikacji
- jest fundamentem dla klas abstrakcyjnych i interfejsów

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

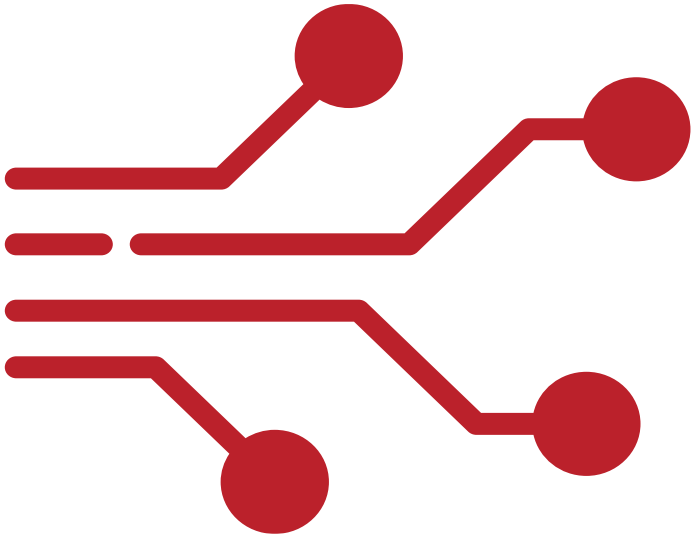
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Kiedy stosować klasy abstrakcyjne?

- gdy chcemy zdefiniować wspólne zachowanie dla grupy powiązanych klas
- gdy część metod może mieć gotową implementację, a część wymaga nadpisania
- gdy istnieje hierarchia dziedziczenia, którą chcemy uporządkować
- gdy chcemy wymusić implementację określonych metod w klasach pochodnych
- gdy abstrakcja odzwierciedla logiczny podzbiór obiektów w domenie

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład użycia klasy abstrakcyjnej

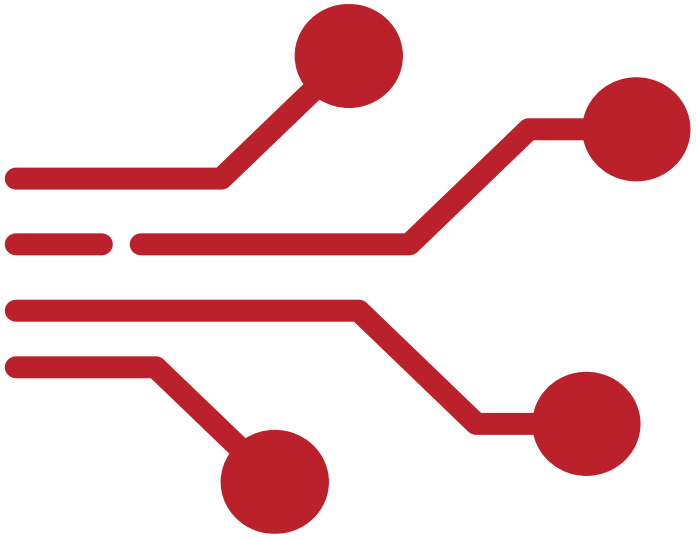
```
public abstract class Vehicle
{
    public string Model { get; set; }

    public void Start()
    {
        Console.WriteLine("Vehicle started.");
    }
    public abstract void Move(); // wymuszenie implementacji
                                 //w klasach pochodnych
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

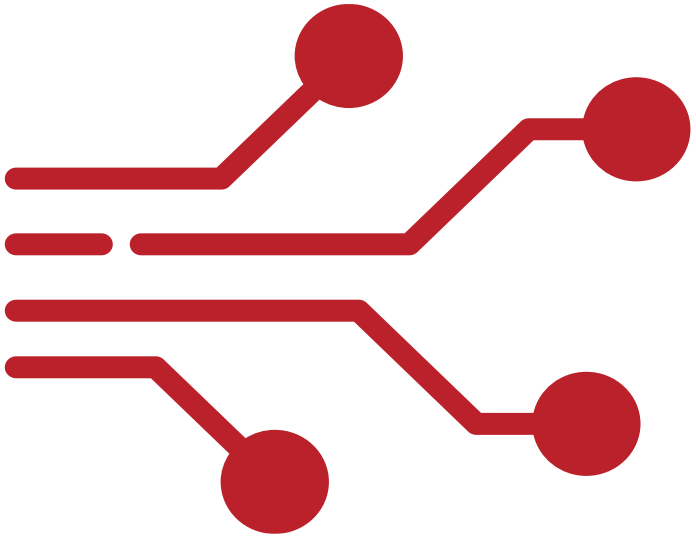
Przykład użycia klasy abstrakcyjnej

```
public class Car : Vehicle
{
    public override void Move()
    {
        Console.WriteLine("Car is moving.");
    }
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Kiedy stosować interfejsy?

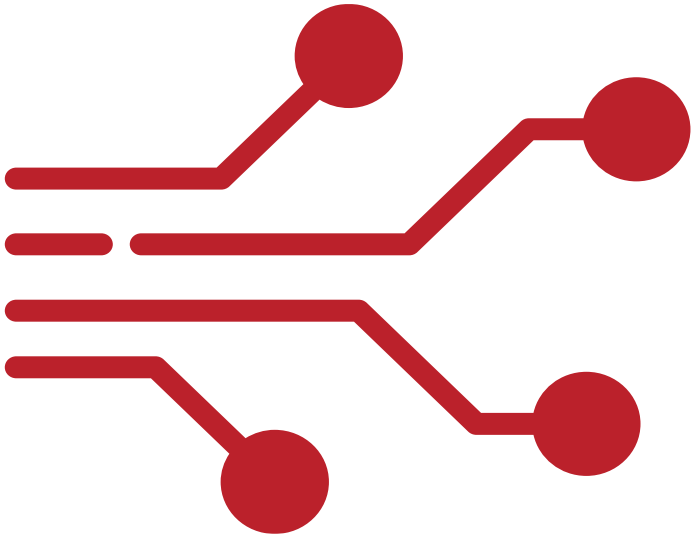
- gdy chcemy zdefiniować kontrakt, który musi być spełniony przez różne, niepowiązane klasy
- gdy klasa może implementować wiele interfejsów (wielodziedziczenie typów)
- gdy chcemy wymusić implementację określonych metod i właściwości
- gdy zależy nam na abstrakcji od implementacji
- idealne w projektowaniu systemów modularnych i wielowarstwowych

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład interfejsu

```
public interface IMovable
{
    void Move();
    void Stop();
}

public class Car : IMovable
{
    public void Move()
    {
        Console.WriteLine("Car is moving.");}
```

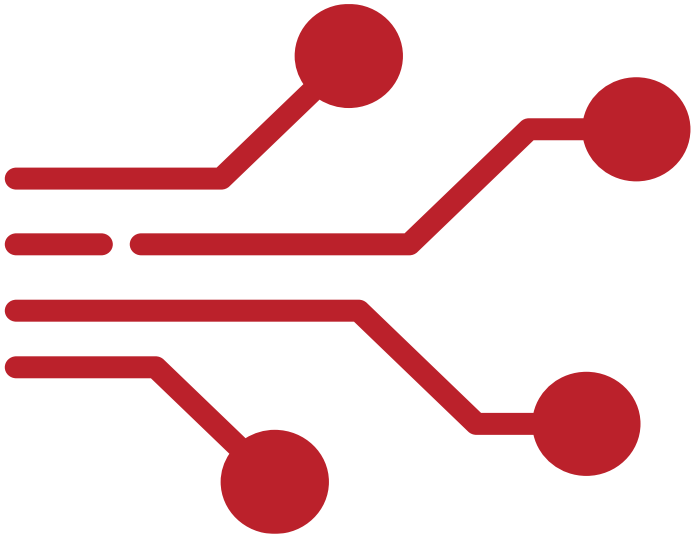


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład interfejsu

```
    public void Stop()
    {
        Console.WriteLine("Car stopped.");
    }
}
```

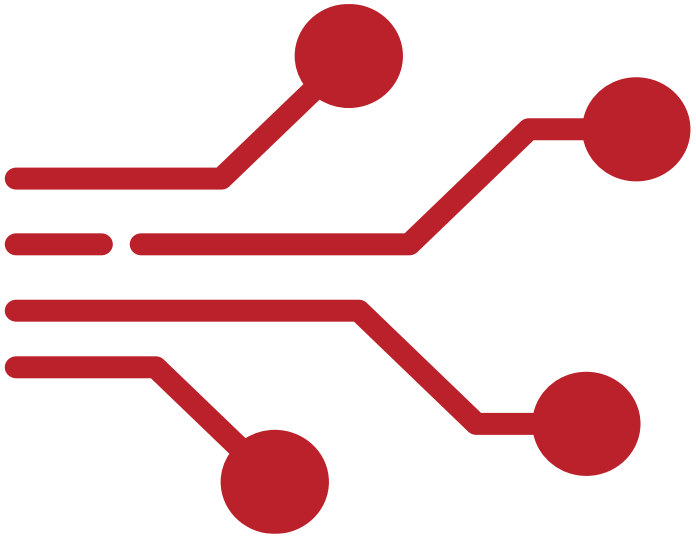


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład interfejsu

```
public class Robot : IMovable
{
    public void Move()
    {
        Console.WriteLine("Robot is moving.");
    }
    public void Stop()
    {
        Console.WriteLine("Robot stopped.");
    }
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Różnice między klasą abstrakcyjną a interfejsem

- Klasa abstrakcyjna może zawierać stan (pola) i implementację metod
- Interfejs nie posiada stanu (poza właściwościami domyślnymi)
- Klasa może dziedziczyć tylko po jednej klasie abstrakcyjnej
- Klasa może implementować wiele interfejsów
- Interfejsy definiują kontrakt, klasy abstrakcyjne definiują szablon implementacji
- Metody w klasie abstrakcyjnej mogą być wirtualne lub abstrakcyjne, metody w interfejsie domyślnie są abstrakcyjne

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład porównawczy

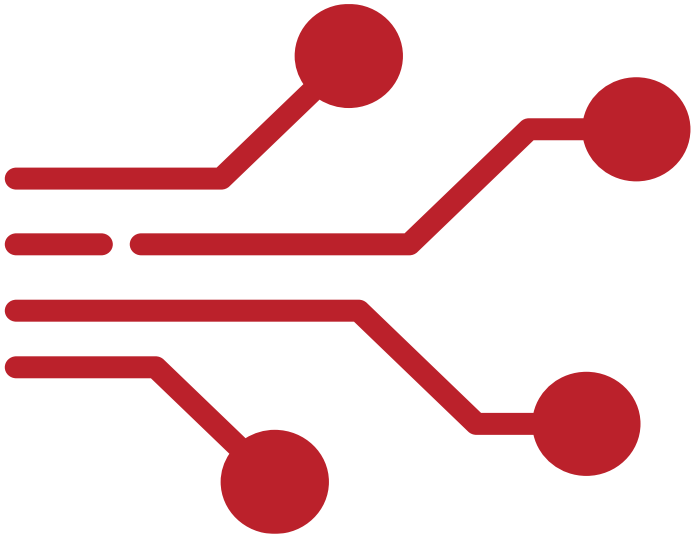
```
public abstract class Vehicle
{
    public abstract void Move(); // wymuszenie implementacji
    public void Start() => Console.WriteLine("Vehicle
started");
}

public interface IMovable
{
    void Move();
    void Stop();
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład porównawczy

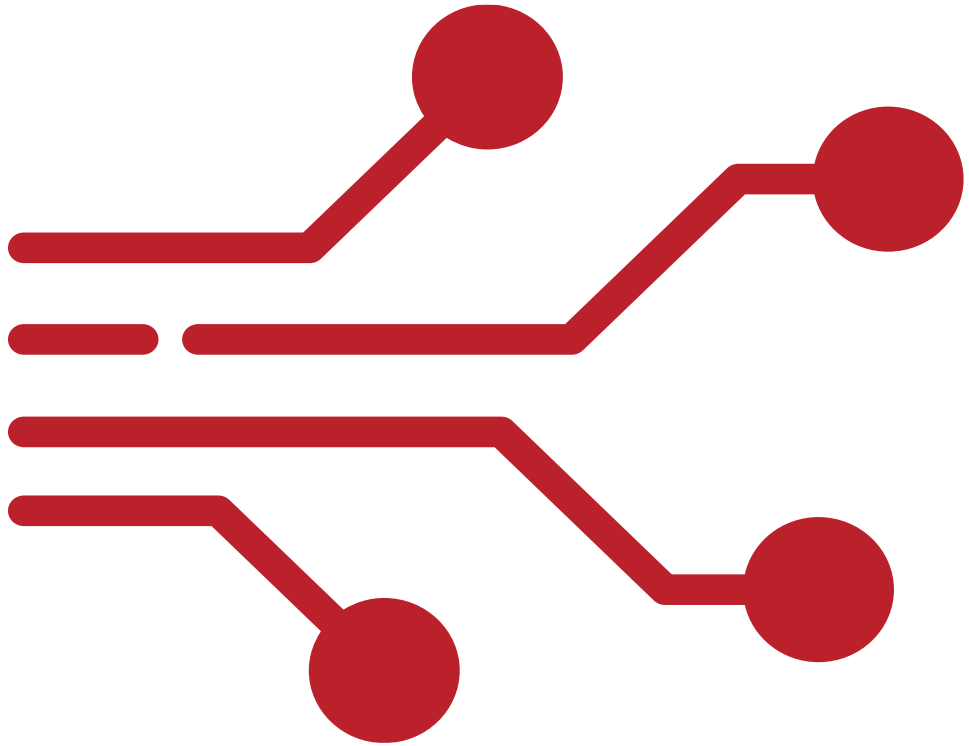
```
public class Car : Vehicle, IMovable
{
    public override void Move() => Console.WriteLine("Car is moving");
    public void Stop() => Console.WriteLine("Car stopped");
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Klasy abstrakcyjne



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Klasa abstrakcyjna w C#

- jest deklarowana przy użyciu słowa kluczowego abstract
- może zawierać zarówno metody abstrakcyjne, jak i metody z implementacją
- może posiadać pola, właściwości, konstruktory i destruktory
- nie można tworzyć instancji klasy abstrakcyjnej bezpośrednio
- klasy pochodne muszą implementować wszystkie metody abstrakcyjne

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład definicji klasy abstrakcyjnej

```
public abstract class Animal
{
    public string Name { get; set; }
    public abstract void MakeSound(); // metoda abstrakcyjna
–                                     //wymusza implementację
    public void Sleep()
    {
        Console.WriteLine($"{Name} is sleeping.");
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Składnia klasy abstrakcyjnej w C#

- deklaracja przy użyciu abstract przed słowem class
- może zawierać:
  - pola i właściwości
  - metody abstrakcyjne (bez implementacji)
  - metody z implementacją
  - konstruktory i destruktory
  - zdarzenia i indeksatory
- klasy pochodne implementują wszystkie metody abstrakcyjne

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład klasy abstrakcyjnej

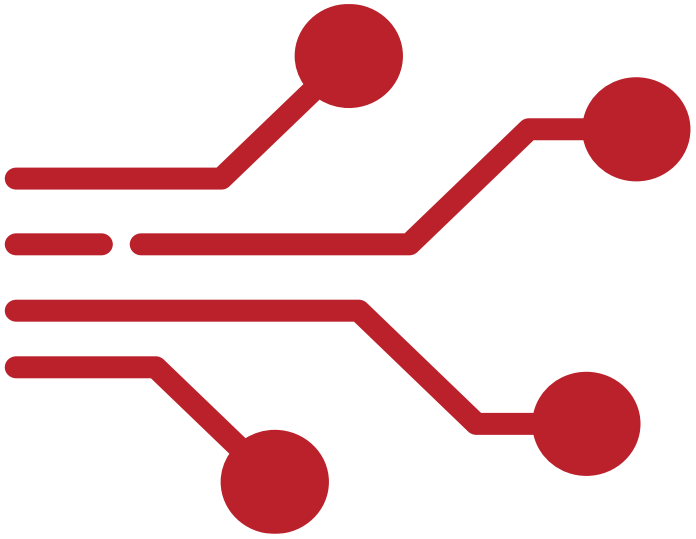
```
public abstract class Shape
{
    public string Name { get; set; }
    // Metoda abstrakcyjna – wymusza implementację w klasach pochodnych
    public abstract double CalculateArea();

    // Metoda z implementacją
    public void PrintName()
    {
        Console.WriteLine($"Shape: {Name}");
    }
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład klasy abstrakcyjnej

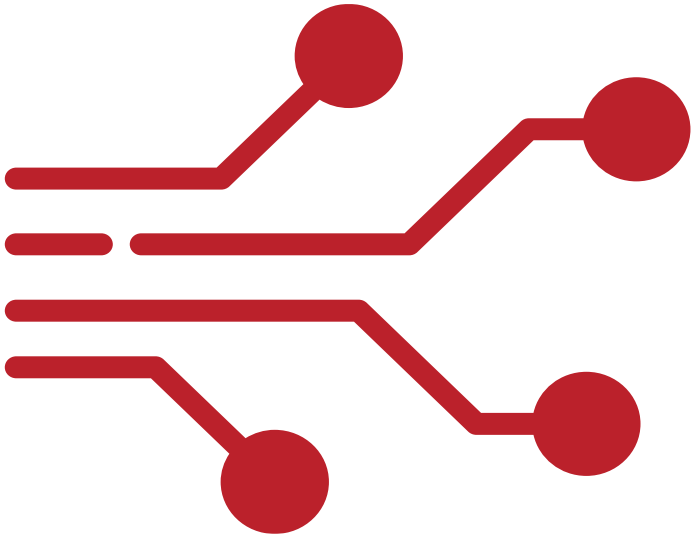
```
    // Konstruktor
    protected Shape(string name)
    {
        Name = name;
    }
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład klasy abstrakcyjnej z metodami wirtualnymi i abstrakcyjnymi



- klasa abstrakcyjna może mieć metody abstrakcyjne - wymuszają implementację w klasach pochodnych
- może mieć też metody wirtualne - posiadają implementację, ale mogą być nadpisane
- umożliwia łączenie wspólnej implementacji z wymuszeniem pewnych zachowań
- pozwala na spójną hierarchię klas i ponowne użycie kodu
- klasy pochodne mogą rozszerzać lub zmieniać zachowanie

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład metody wirtualnej

```
public abstract class Vehicle
{
    public string Brand { get; set; }
    // Metoda wirtualna – może być nadpisana, ale ma domyślną implementację
    public virtual void Start()
    {
        Console.WriteLine($"{Brand} vehicle started.");
    }
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład metody abstrakcyjnej

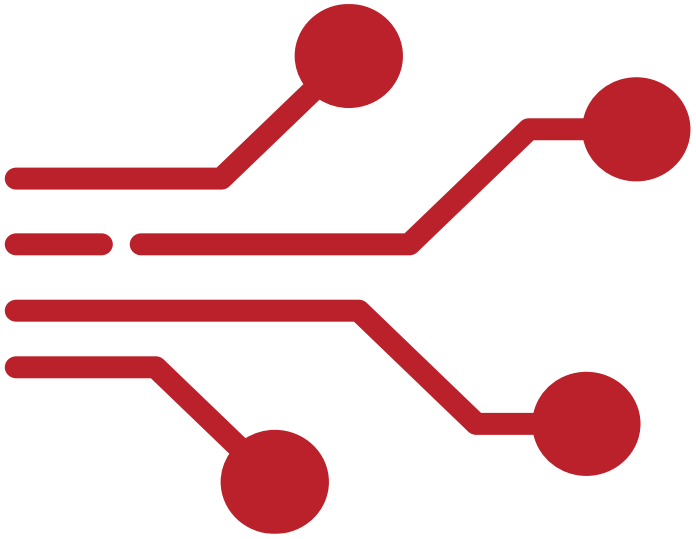
```
    // Metoda abstrakcyjna – wymusza implementację
    public abstract void Move();
}
public class Car : Vehicle
{
    public override void Move()
    {
        Console.WriteLine($"{Brand} car is moving.");
    }
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład – ciąg dalszy

```
    public override void Start()
    {
        Console.WriteLine($"{Brand} car engine started.");
    }
}
```

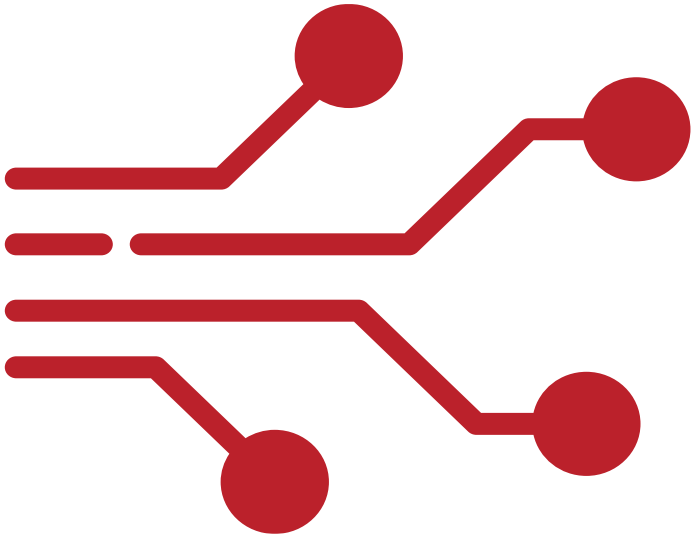


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Dziedziczenie klas abstrakcyjnych

- klasy pochodne rozszerzają klasę abstrakcyjną przy użyciu :
- muszą implementować wszystkie metody abstrakcyjne
- mogą nadpisywać metody wirtualne z klasy bazowej
- dziedziczenie pozwala współdzielić wspólną logikę i stan
- umożliwia tworzenie hierarchii klas odzwierciedlającej model domeny



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład dziedziczenia

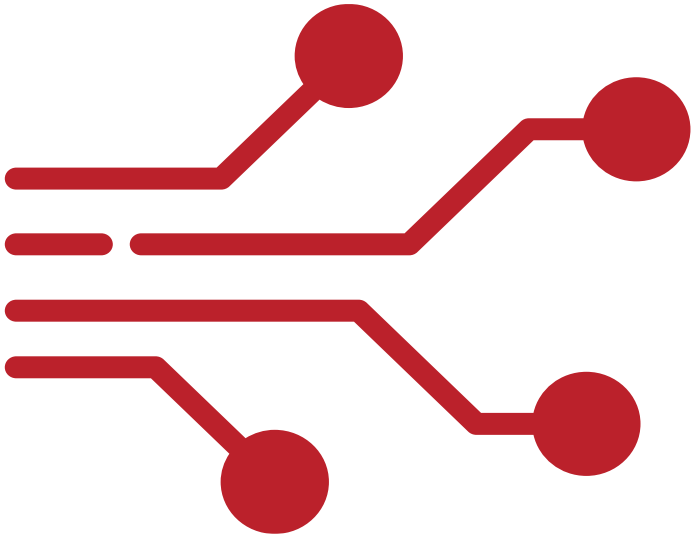
```
public abstract class Animal
{
    public abstract void MakeSound();
    public void Eat() => Console.WriteLine("Animal is eating");
}
public class Dog : Animal
{
    public override void MakeSound() => Console.WriteLine("Dog barks");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład dziedziczenia

```
public class Cat : Animal
{
    public override void MakeSound() =>
Console.WriteLine("Cat meows");
}
```

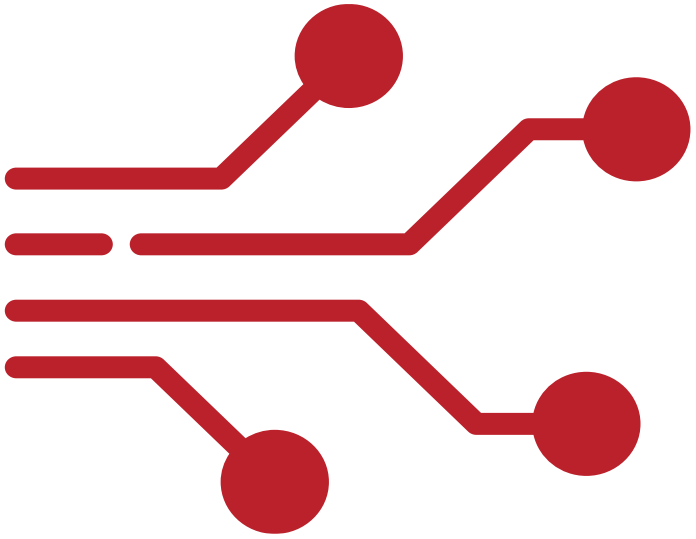


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Konstruktor klasy abstrakcyjnej

- klasy abstrakcyjne mogą definiować konstruktory
- konstruktor inicjalizuje wspólny stan klasy bazowej
- nie można tworzyć instancji klasy abstrakcyjnej bezpośrednio
- konstruktory wywoływane są podczas tworzenia obiektu klasy pochodnej
- mogą przyjmować parametry, które są przekazywane do klas pochodnych



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład konstruktora w klasie abstrakcyjnej

```
public abstract class Employee
{
    public string Name { get; }
    protected Employee(string name)
    {
        Name = name;
    }

    public abstract void Work();
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

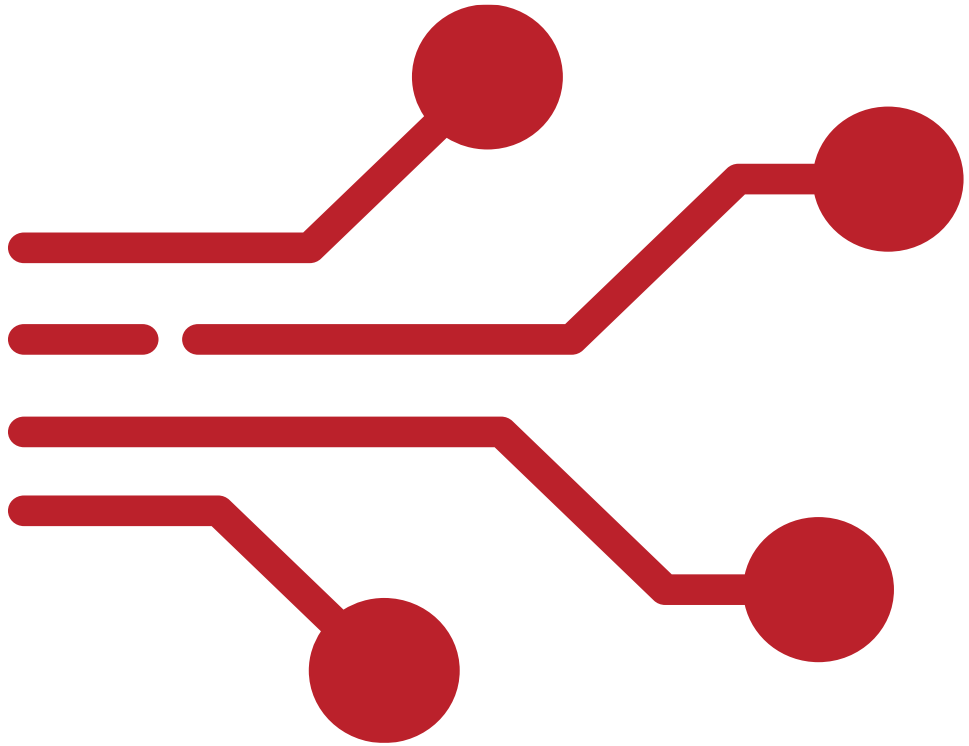
Przykład konstruktora w klasie abstrakcyjnej

```
public class Developer : Employee
{
    public Developer(string name) : base(name)
    {
    }

    public override void Work()
    {
        Console.WriteLine($"{Name} is writing code.");
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

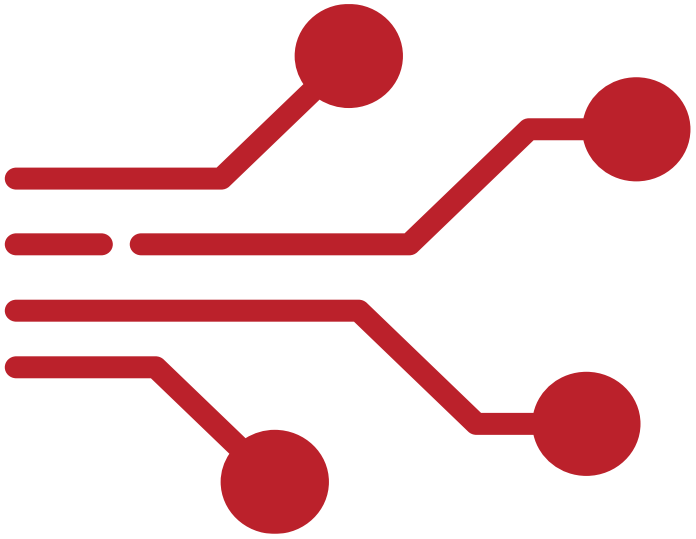
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Interfejsy



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Interfejs w C#

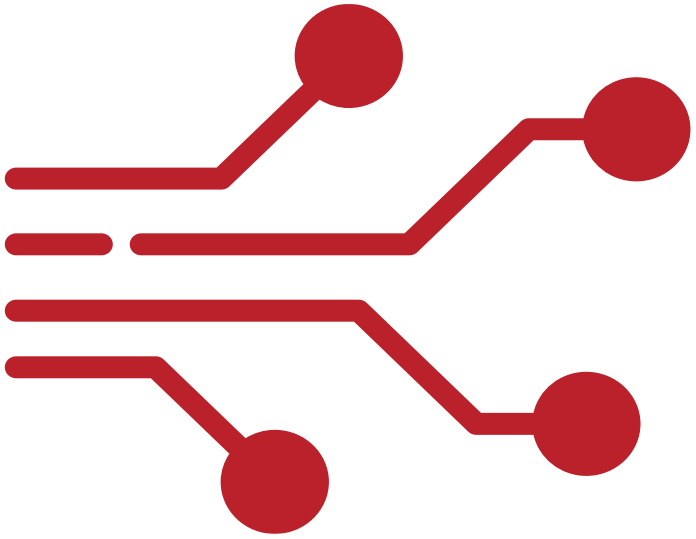
- deklarowany przy użyciu słowa kluczowego interface
- definiuje kontrakt, który klasy muszą spełnić
- może zawierać metody, właściwości, zdarzenia i indeksatory
- nie posiada stanu (pól), poza domyślnymi implementacjami w C# 8+
- klasy implementujące interfejs muszą dostarczyć własną implementację metod

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład interfejsu

```
public interface IPayable
{
    void Pay(decimal amount);
    decimal GetBalance();
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Implementacja interfejsu

- klasa implementuje interfejs używając : po nazwie klasy
- musi dostarczyć implementację wszystkich metod i właściwości interfejsu
- możliwe jest implementowanie wielu interfejsów jednocześnie
- implementacja może być jawna lub domyślna (publiczna)
- interfejsy mogą być używane jako typy zmiennych, co zwiększa elastyczność kodu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

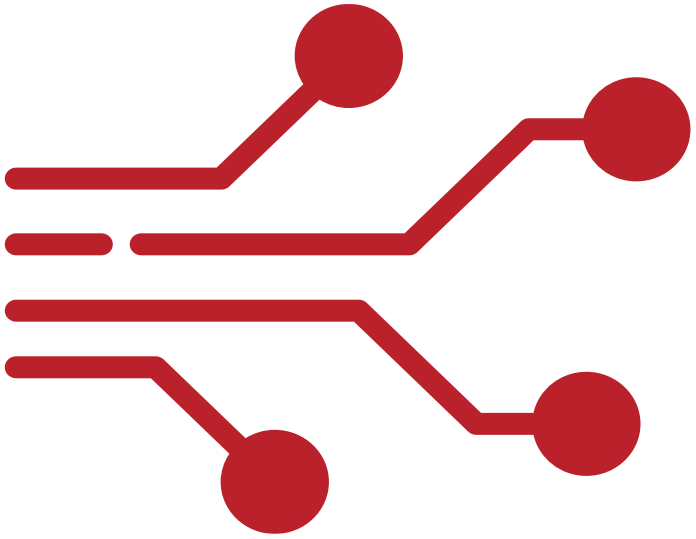
Przykład implementacji interfejsu

```
public class BankAccount : IPayable
{
    private decimal balance;
    public void Pay(decimal amount)
    {
        balance += amount;
        Console.WriteLine($"Paid {amount:C}. Current balance: {balance:C}");
    }
    public decimal GetBalance()
    {
        return balance;}}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wielokrotne implementacje interfejsów



- klasa w C# może implementować więcej niż jeden interfejs
- pozwala łączyć różne kontrakty w jednej klasie
- każda metoda i właściwość z interfejsów musi być zaimplementowana
- umożliwia modularne projektowanie i separację odpowiedzialności
- klasy mogą implementować interfejsy jawnie lub domyślnie

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład wielokrotnej implementacji

```
public interface IFlyable
{
    void Fly();
}

public interface ISwimmable
{
    void Swim();
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład wielokrotnej implementacji

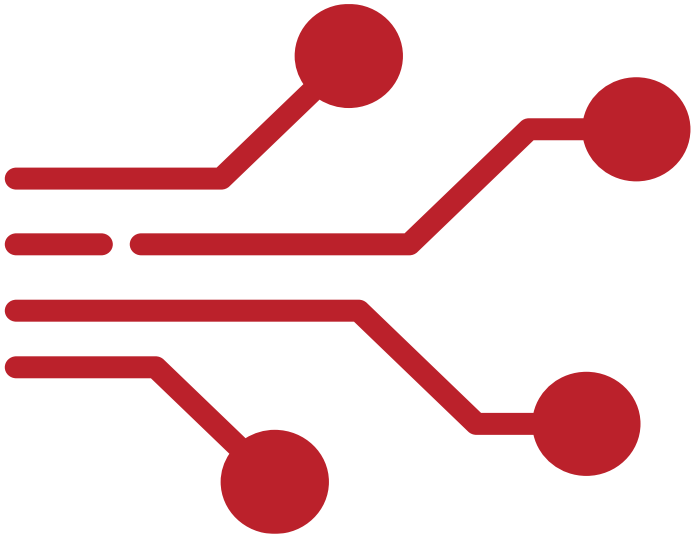
```
public class Duck : IFlyable, ISwimmable
{
    public void Fly()
    {
        Console.WriteLine("Duck is flying.");
    }
    public void Swim()
    {
        Console.WriteLine("Duck is swimming.");
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

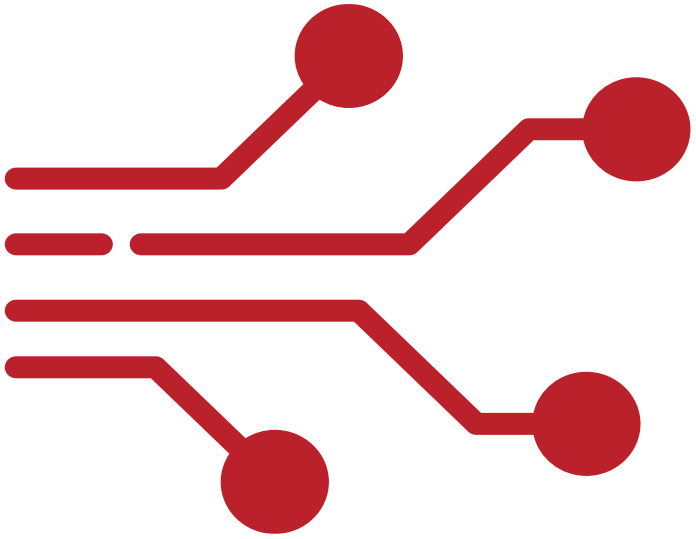
Przykład wielokrotnej implementacji

```
IFlyable flyingDuck = new Duck();
flyingDuck.Fly();

ISwimmable swimmingDuck = new Duck();
swimmingDuck.Swim();
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Interfejsy z właściwościami i zdarzeniami

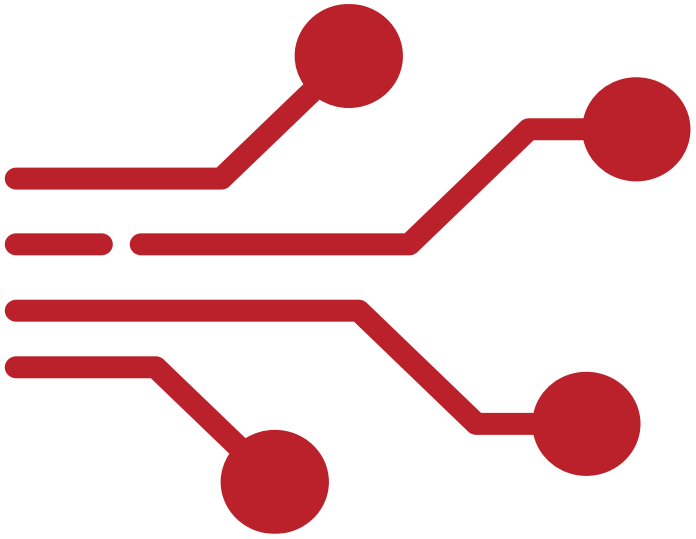
- interfejs może definiować właściwości (get i/lub set)
- interfejs może deklarować zdarzenia (event)
- klasy implementujące interfejs muszą dostarczyć implementację właściwości i zdarzeń
- pozwala na spójne definiowanie kontraktów obejmujących dane i sygnały
- wspiera wzorce projektowe typu Observer i MVVM

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład właściwości i zdarzenia w interfejsie

```
public interface IButton
{
    string Text { get; set; }
    event EventHandler Clicked;
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

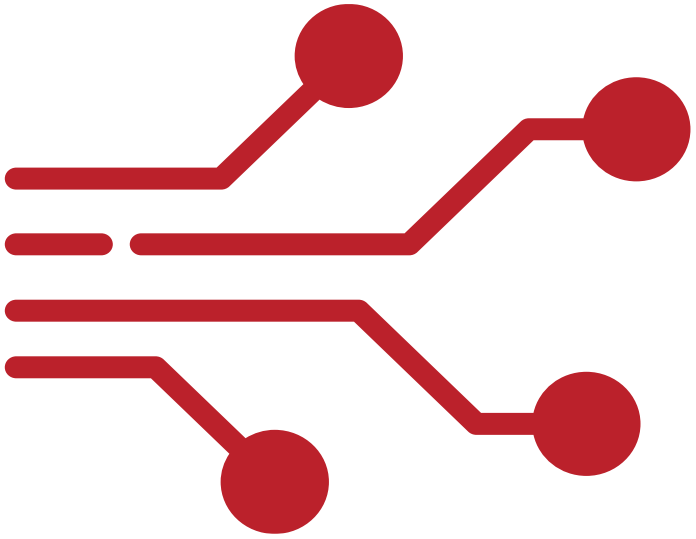
Przykład właściwości i zdarzenia w interfejsie

```
public class Button : IButton
{
    public string Text { get; set; }
    public event EventHandler Clicked;

    public void Press()
    {
        Clicked?.Invoke(this, EventArgs.Empty);
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Domyślne implementacje metod w interfejsach



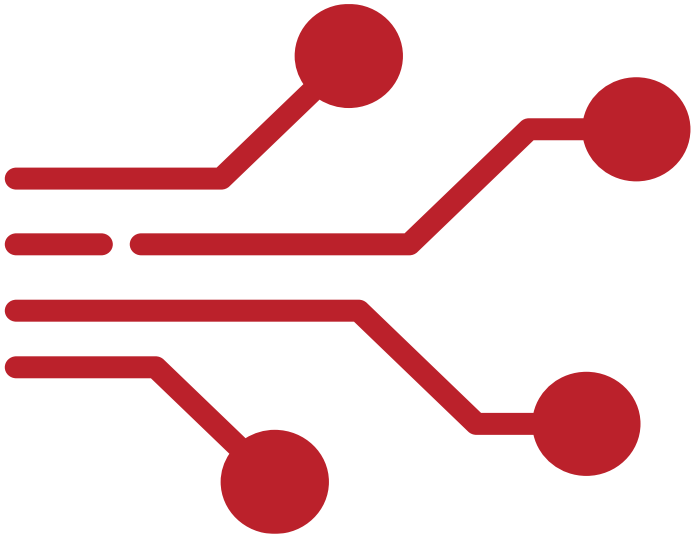
- C# pozwala na dodanie domyślnej implementacji metod w interfejsach
- metoda z implementacją w interfejsie nie wymusza nadpisania w klasie implementującej
- umożliwia rozwijanie interfejsów bez łamania istniejącego kodu
- wspiera wzorce projektowe i rozszerzalność API
- pozwala połączyć zalety kontraktu i częściowej implementacji

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład domyślnej implementacji

```
public interface ILogger
{
    void Log(string message);
    // Domyślna implementacja metody
    void LogWarning(string message)
    {
        Log($"WARNING: {message}");
    }
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

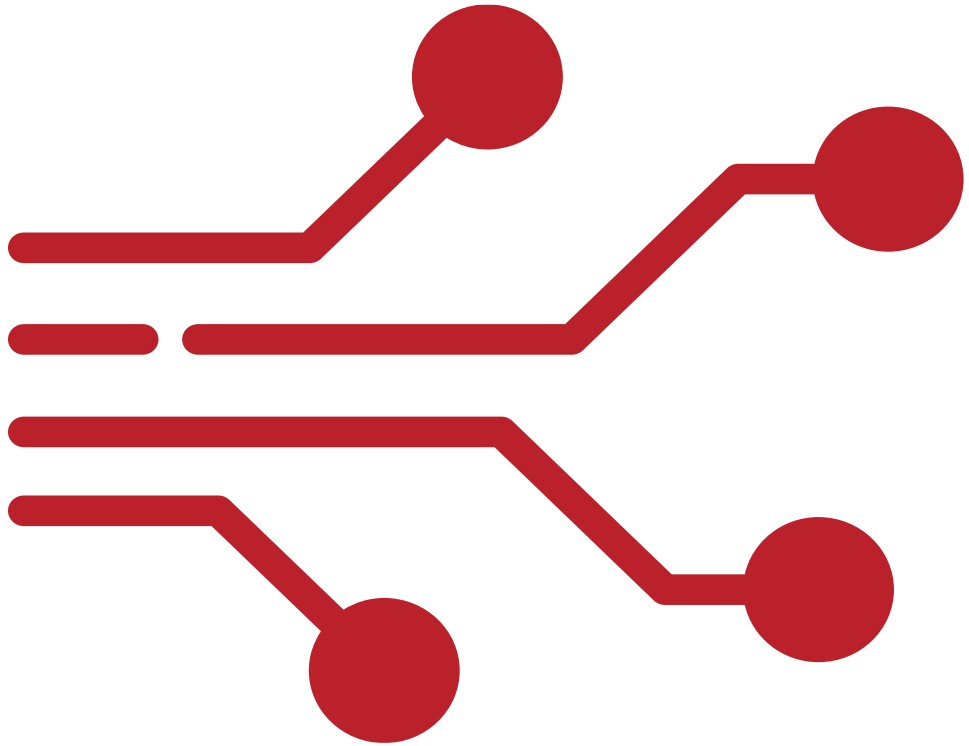
Przykład domyślnej implementacji

```
public class ConsoleLogger : ILogger
{
    public void Log(string message)
    {
        Console.WriteLine(message);
    }
}

var logger = new ConsoleLogger();
logger.LogWarning("Disk space low");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

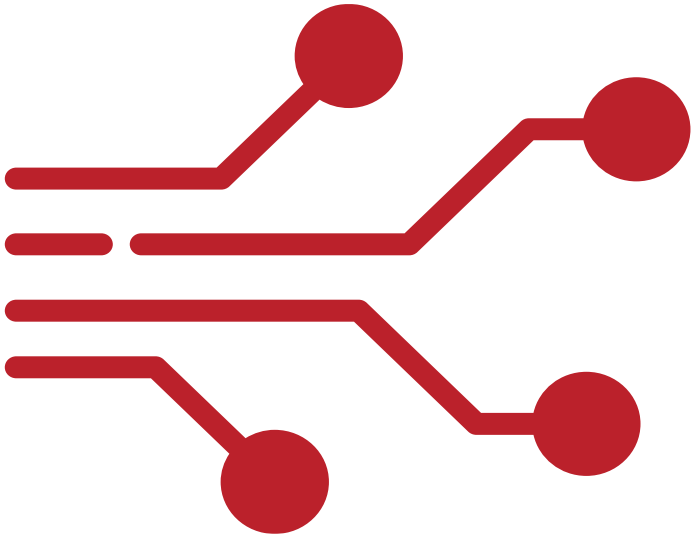
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Porównania i zastosowania



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład hybrydowy: klasa abstrakcyjna implementująca interfejs

- klasa abstrakcyjna może implementować jeden lub wiele interfejsów
- łączy zalety klas abstrakcyjnych i interfejsów
- pozwala dzielić wspólną implementację oraz wymuszać kontrakty
- umożliwia modularność i elastyczne projektowanie systemu
- klasy pochodne dziedziczą logikę klasy abstrakcyjnej i spełniają kontrakty interfejsów

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład interfejsu i klasy abstrakcyjnej

```
public interface IMovable
{
    void Move();
}
public abstract class Vehicle : IMovable
{
    public string Brand { get; set; }
    public virtual void Start() =>
Console.WriteLine($"{Brand} started");
    public abstract void Move(); // wymuszenie implementacji
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład interfejsu i klasy abstrakcyjnej

```
public class Car : Vehicle
{
    public override void Move() =>
Console.WriteLine($"{Brand} car is moving");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wybór między klasą abstrakcyjną a interfejsem

- Klasa abstrakcyjna: gdy chcemy zapewnić wspólną implementację i stan dla grupy powiązanych klas
- Interfejs: gdy chcemy zdefiniować kontrakt, który mogą spełniać różne, niepowiązane klasy
- użycie klasy abstrakcyjnej ogranicza dziedziczenie do jednej klasy bazowej
- interfejsy pozwalają na wielokrotne implementacje, co zwiększa elastyczność
- w praktyce często stosuje się kombinację klas abstrakcyjnych i interfejsów

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład wyboru

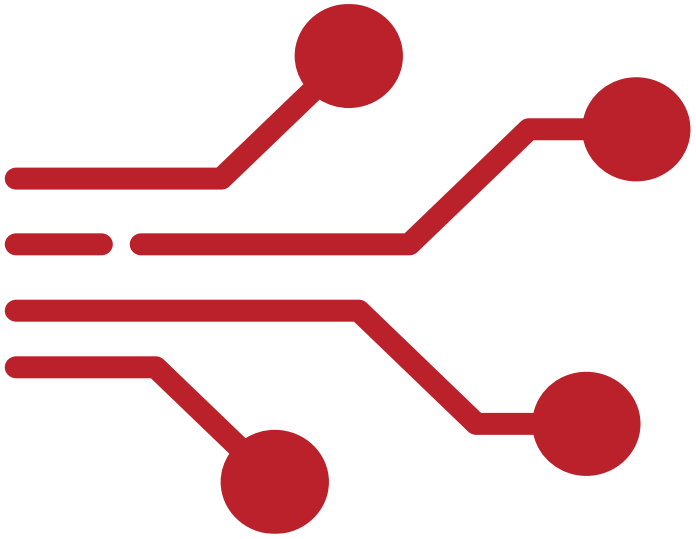
```
public interface IFlyable
{
    void Fly();
}
public abstract class Vehicle
{
    public string Brand { get; set; }
    public abstract void Move();
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład wyboru

```
public class Airplane : Vehicle, IFlyable
{
    public override void Move() =>
Console.WriteLine($"{Brand} airplane is moving on runway.");
    public void Fly() => Console.WriteLine($"{Brand}
airplane is flying.");
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Zalety i ograniczenia klas abstrakcyjnych

Zalety

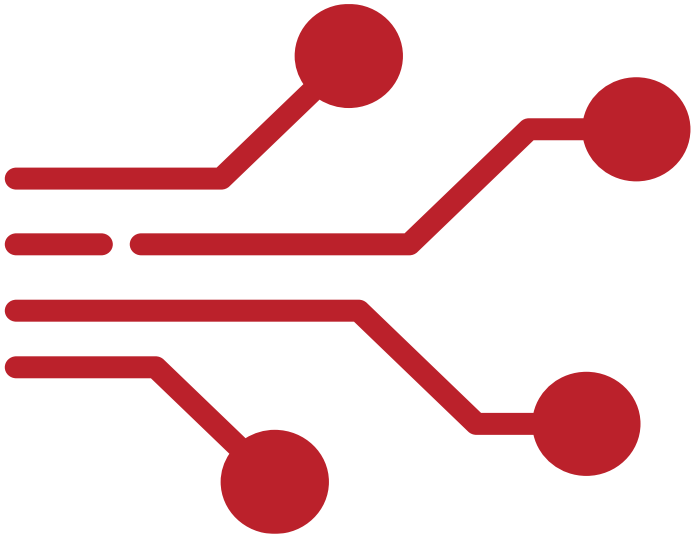
- umożliwiają dzielenie wspólnej implementacji i stanu między klasami pochodnymi
- pozwalają wymusić implementację metod abstrakcyjnych
- ułatwiają organizację hierarchii klas i modelowanie domeny
- wspierają ponowne użycie kodu i eliminację duplikacji

Ograniczenia

- klasa może dziedziczyć tylko po jednej klasie abstrakcyjnej
- wprowadzenie zmian w klasie abstrakcyjnej może wymagać modyfikacji wszystkich klas pochodnych
- mniej elastyczne w porównaniu z interfejsami dla wielokrotnego dziedziczenia zdolności

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Zalety i ograniczenia interfejsów

Zalety

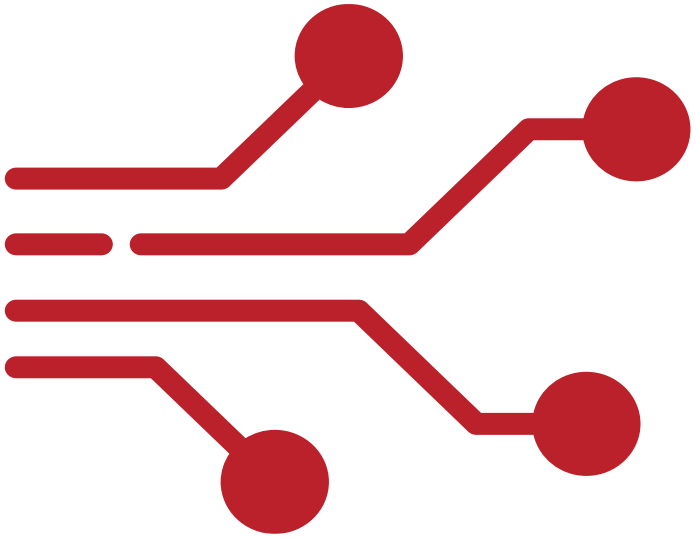
- umożliwiają definiowanie kontraktów dla niepowiązanych klas
- pozwalają na wielokrotne implementacje - jedna klasa może spełniać wiele kontraktów
- ułatwiają programowanie zależne od abstrakcji, co zwiększa modularność systemu
- wspierają testowanie i wstrzykiwanie zależności (Dependency Injection)

Ograniczenia

- nie mogą przechowywać stanu (poza właściwościami domyślnymi)
- nie mogą definiować konstruktorów ani destruktorów
- brak możliwości przechowywania logiki współdzielonej poza domyślnymi metodami

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

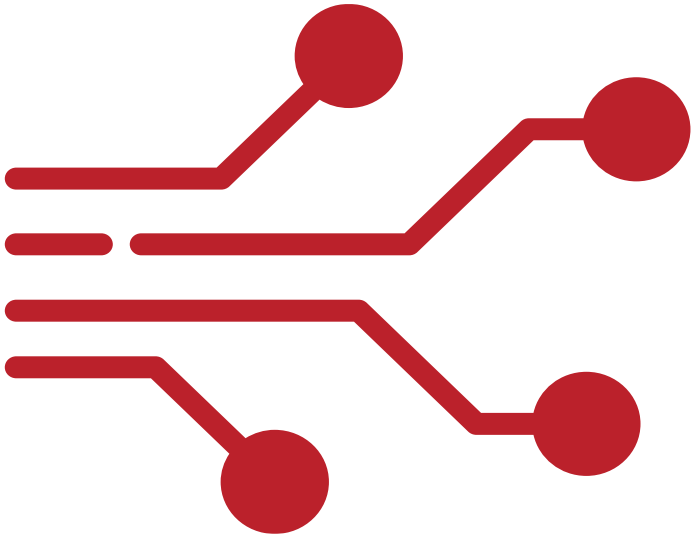


Hybrydowe użycie klas abstrakcyjnych i interfejsów

- pozwala łączyć wspólną implementację z kontraktami
- klasy abstrakcyjne dostarczają częściową logikę i stan
- interfejsy definiują obowiązkowe metody i kontrakty między modułami
- umożliwia modularne projektowanie i elastyczne rozszerzanie systemu
- stosowane w aplikacjach wielowarstwowych i frameworkach

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład – podejście hybrydowe

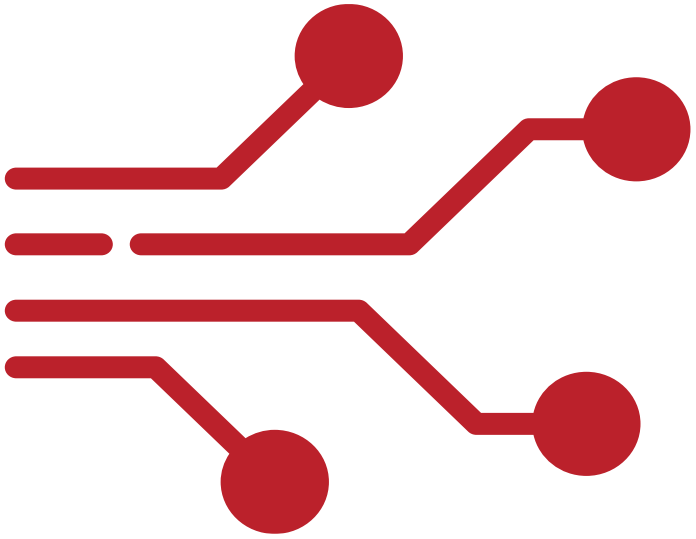
```
public interface IPayable
{
    void Pay(decimal amount);
}
public abstract class Employee : IPayable
{
    public string Name { get; set; }
    public abstract void Work();
    public void Pay(decimal amount)
    {
        Console.WriteLine($"{Name} received payment of
{amount:C}");}}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład – podejście hybrydowe

```
public class Developer : Employee
{
    public override void Work()
    {
        Console.WriteLine($"{Name} is coding.");
    }
}
```

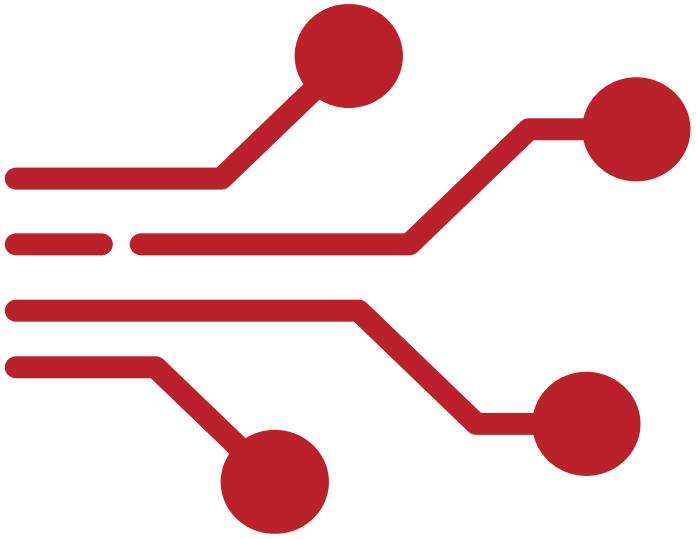


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Interfejsy we wzorcach projektowych

- umożliwiają definiowanie kontraktów w różnych wzorcach projektowych
- stosowane w Strategy, Observer, Dependency Injection
- pozwalają na wymianę implementacji bez zmiany kodu klienta
- wspierają programowanie zależne od abstrakcji
- ułatwiają testowanie i modularność systemu



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład użycia interfejsu w wzorcu Strategy

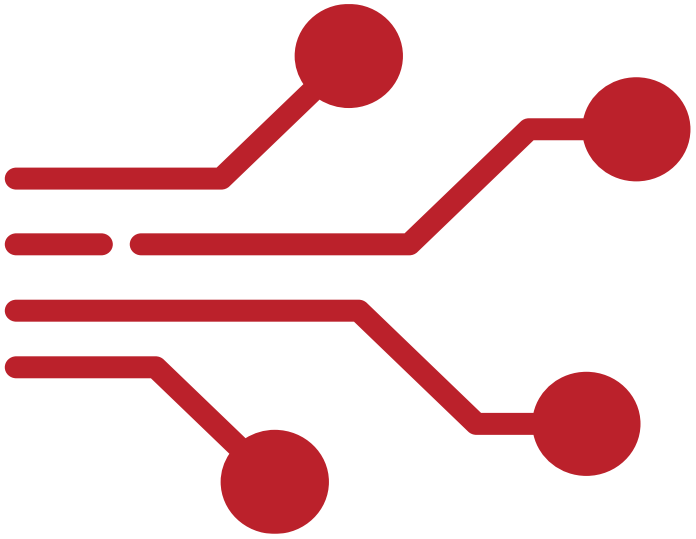
```
public interface IPaymentStrategy
{
    void Pay(decimal amount);
}
public class CreditCardPayment : IPaymentStrategy
{
    public void Pay(decimal amount)
    {
        Console.WriteLine($"Paid {amount:C} by credit
card.");
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

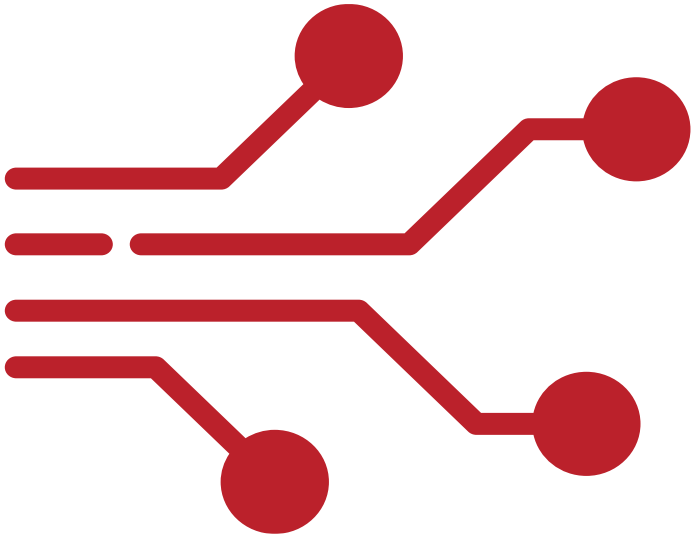
Przykład użycia interfejsu w wzorcu Strategy

```
public class PayPalPayment : IPaymentStrategy
{
    public void Pay(decimal amount)
    {
        Console.WriteLine($"Paid {amount:C} via PayPal.");
    }
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



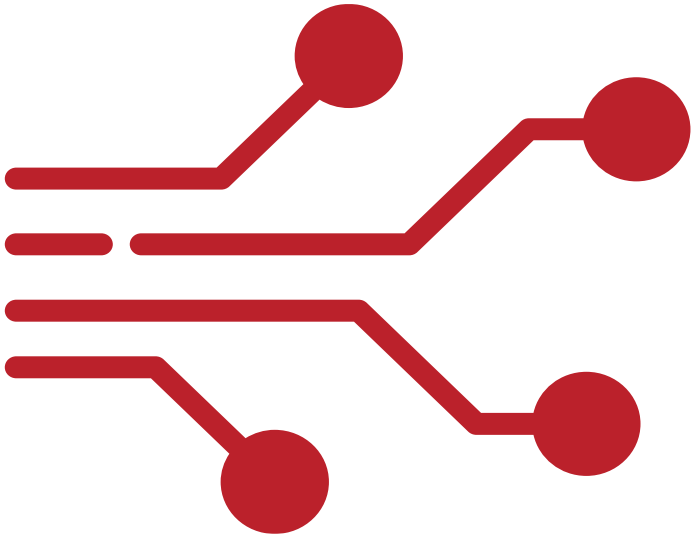
Przykład użycia interfejsu w wzorcu Strategy

```
public class Order
{
    private readonly IPaymentStrategy paymentStrategy;
    public Order(IPaymentStrategy paymentStrategy)
    {
        this.paymentStrategy = paymentStrategy;
    }
    public void Checkout(decimal amount)
    {
        paymentStrategy.Pay(amount);
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

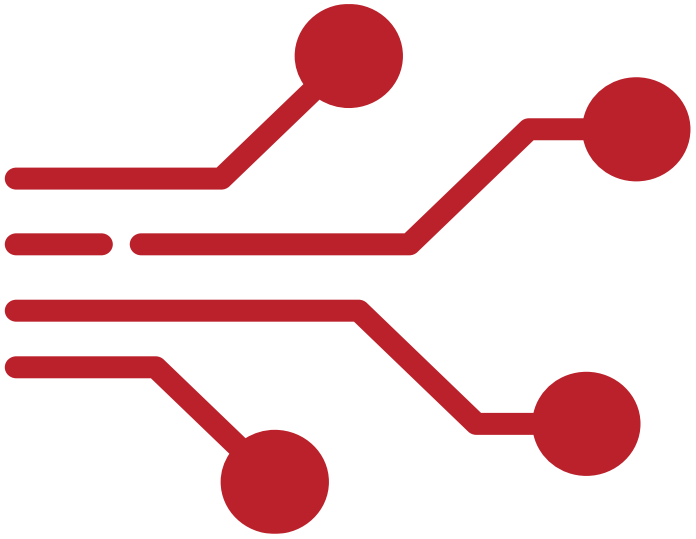
Klasy abstrakcyjne we wzorcu Template Method - zastosowanie klas abstrakcyjnych



- umożliwiają zdefiniowanie szkieletu algorytmu w klasie bazowej
- metoda abstrakcyjna lub wirtualna pozwala klasom pochodnym dostosować szczegóły działania
- wspólna logika jest umieszczona w klasie abstrakcyjnej
- klasy pochodne implementują tylko elementy zmienne
- wspiera spójność i ponowne użycie kodu w aplikacjach

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład wzorca Template Method

```
public abstract class DataProcessor
{
    // Szkielet algorytmu
    public void Process()
    {
        ReadData();
        ProcessData();
        SaveData();
    }
    protected abstract void ReadData();
    protected abstract void ProcessData();
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład wzorca Template Method

```
    protected virtual void SaveData()
    {
        Console.WriteLine("Data saved to default
location.");
    }
}
public class CsvDataProcessor : DataProcessor
{
    protected override void ReadData()
    {
        Console.WriteLine("Reading CSV data...");
    }
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

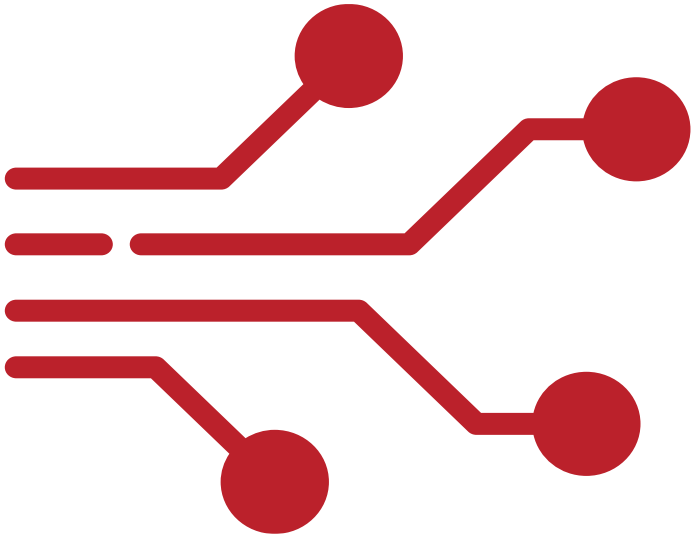
Przykład wzorca Template Method

```
    protected override void ProcessData()
    {
        Console.WriteLine("Processing CSV data...");
    }


    protected override void SaveData()
    {
        Console.WriteLine("Saving CSV data to custom
location.");
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Zastosowanie w projektach wielowarstwowych - abstrakcja w architekturze wielowarstwowej



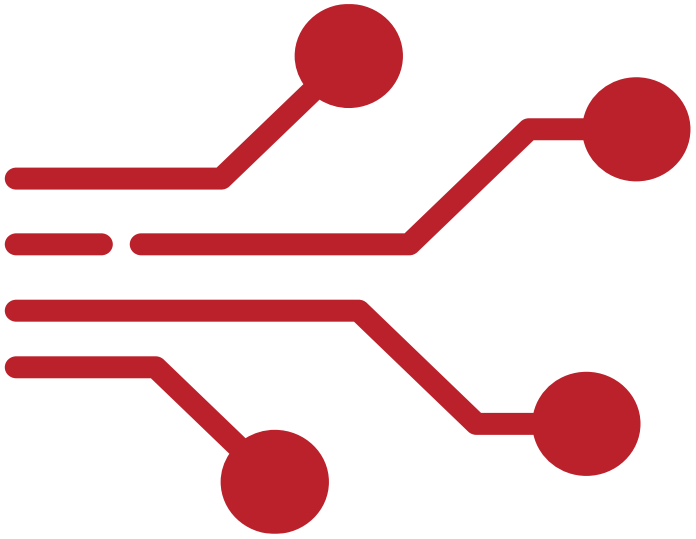
- klasy abstrakcyjne definiują wspólną logikę w warstwie domeny
- interfejsy definiują kontrakty między warstwami
- ułatwiają wymianę implementacji bez zmiany kodu klienta
- wspierają testowalność dzięki łatwej podmianie implementacji (mocki, stuby)
- zwiększają modularność i separację odpowiedzialności

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

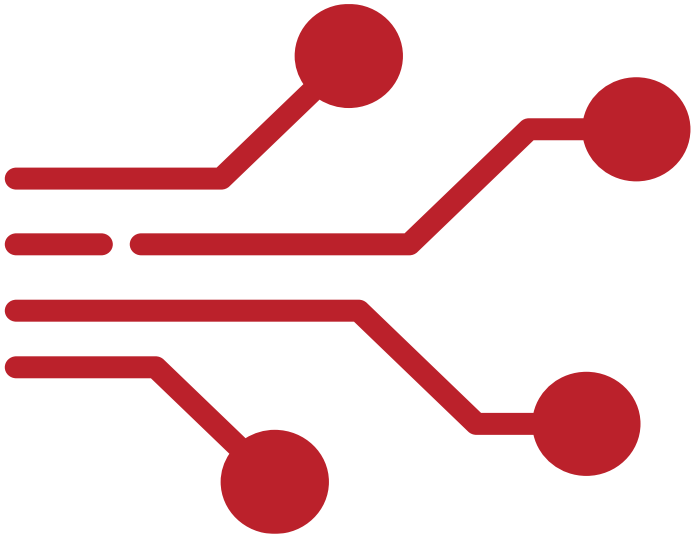
Przykład w warstwie biznesowej

```
public interface IRepository<T>
{
    void Add(T item);
    T Get(int id);
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład w warstwie biznesowej

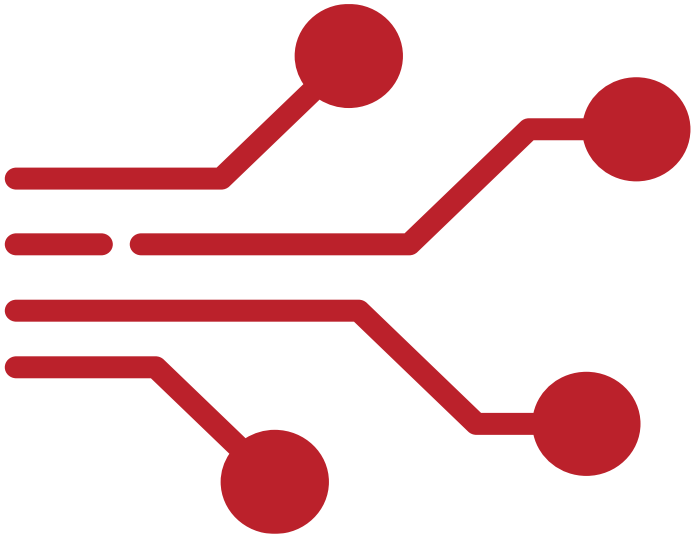
```
public abstract class RepositoryBase<T> : IRepository<T>
{
    protected List<T> items = new List<T>();
    public virtual void Add(T item)
    {
        items.Add(item);
        Console.WriteLine($"{typeof(T).Name} added.");
    }

    public abstract T Get(int id);
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład w warstwie biznesowej

```
public class ProductRepository : RepositoryBase<Product>
{
    public override Product Get(int id)
    {
        return items.FirstOrDefault(p => p.Id == id);
    }
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Typowe problemy i pułapki

- nadmierne dziedziczenie klas abstrakcyjnych - tworzenie głębokich hierarchii
- używanie klasy abstrakcyjnej zamiast interfejsu, gdy potrzebna jest elastyczność wielokrotnego kontraktu
- ignorowanie zasad SOLID - zwłaszcza Dependency Inversion Principle
- mieszanie wielu odpowiedzialności w jednej klasie abstrakcyjnej
- nieprzemyślane nadpisywanie metod wirtualnych – prowadzi do trudnego w utrzymaniu kodu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład problemu

```
public abstract class Employee
{
    public abstract void Work();
    public void Pay() => Console.WriteLine("Paid employee.");
    public void LogHours() => Console.WriteLine("Logged hours.");
    public void GenerateReport() => Console.WriteLine("Generated report.");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

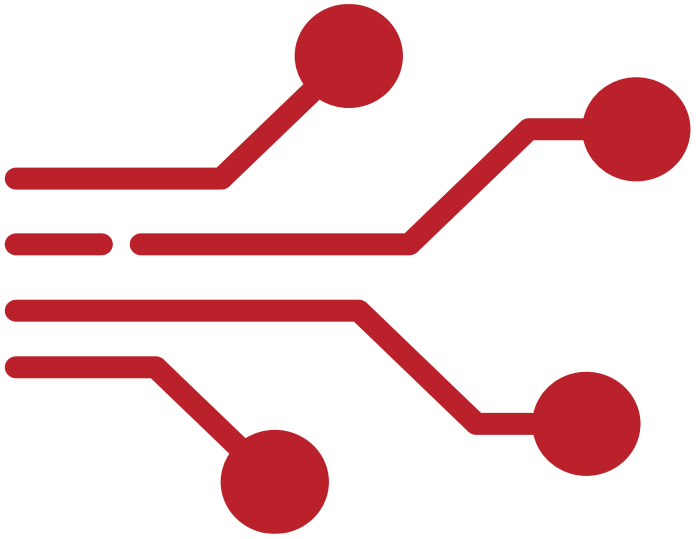
Podsumowanie kluczowych zagadnień

- Klasy abstrakcyjne - służą do dzielenia wspólnej logiki i stanu między powiązanymi klasami, mogą zawierać metody abstrakcyjne i wirtualne oraz pola i konstruktory.
- Interfejsy - definiują kontrakty, które klasy muszą spełnić; umożliwiają wielokrotne implementacje i separację odpowiedzialności.
- Różnice - klasy abstrakcyjne mają stan i częściową implementację; interfejsy są kontraktami i nie przechowują stanu (poza domyślnymi implementacjami).

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Podsumowanie kluczowych zagadnień



- Hybrydowe podejście - klasy abstrakcyjne implementujące interfejsy pozwalają łączyć wspólną logikę z wymuszonym kontraktem.
- Zastosowania - wzorce projektowe (Template Method, Strategy, Observer), architektura wielowarstwowa, modularne systemy, testowanie jednostkowe.
- Dobre praktyki - ograniczanie głębokości hierarchii klas, unikanie nadmiernych odpowiedzialności w jednej klasie, świadome stosowanie metod wirtualnych i abstrakcyjnych.

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Dziękuję za uwagę

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wykład nr 7
Temat: Programowanie funkcyjne

Paweł Karczmarek
Politechnika Lubelska, Katedra Inteligencji Obliczeniowej

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

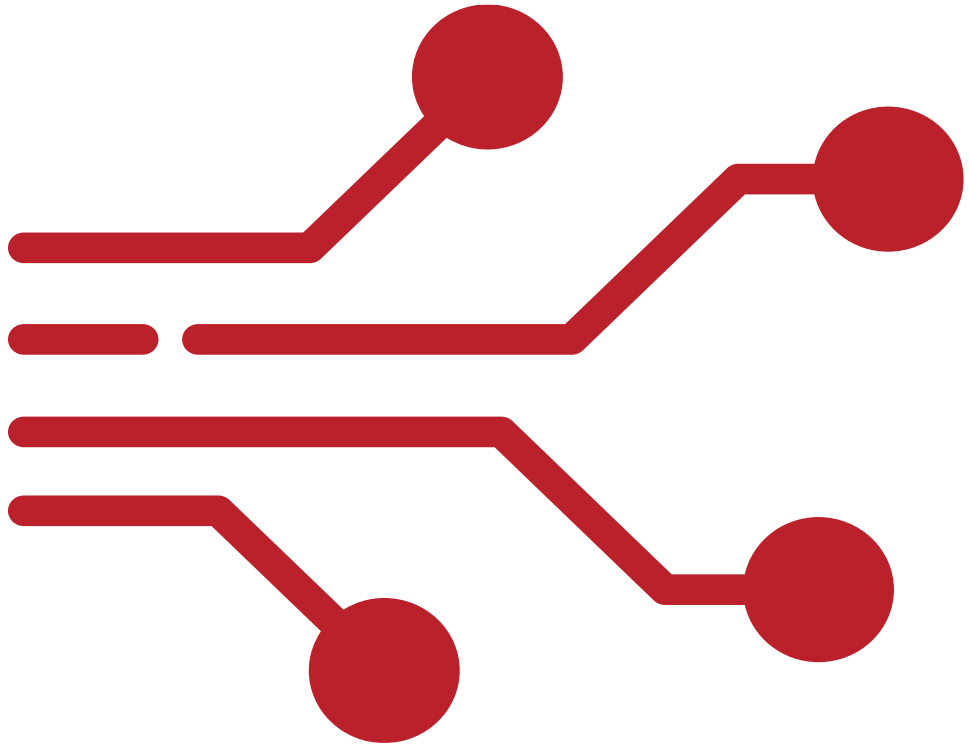
Plan prezentacji

- Wprowadzenie
- Wyrażenia lambda
- Funkcje czyste

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

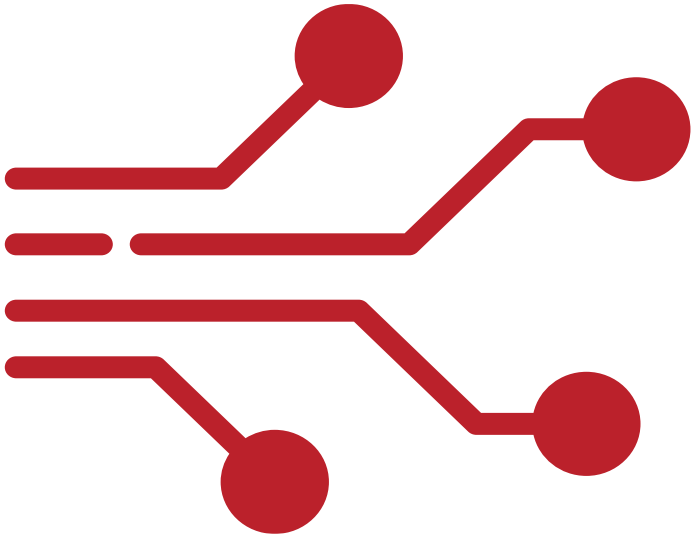
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wprowadzenie



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

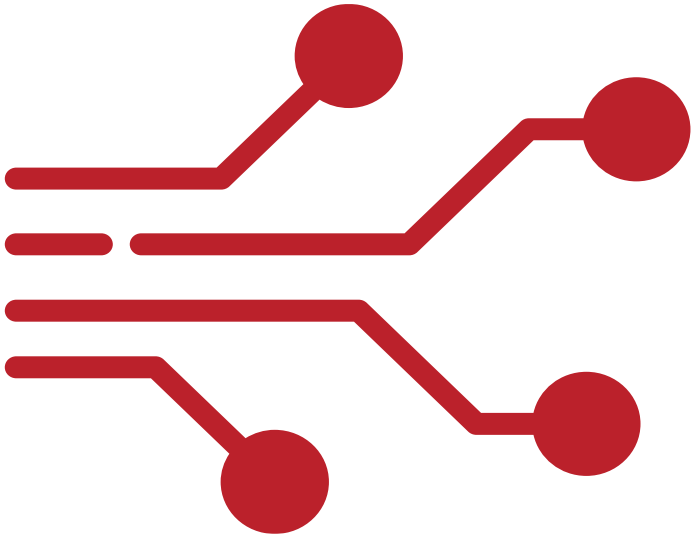


Programowanie funkcyjne

- paradygmat programowania oparty na funkcjach matematycznych
- operacje definiuje się jako czyste funkcje bez efektów ubocznych
- funkcje mogą być przekazywane jako argumenty i zwracane jako wyniki
- kładzie nacisk na niezmienność danych i kompozycję funkcji
- stosowane w językach takich, jak Haskell, F#, Scala, ale również w C# i JavaScript

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Różnice między programowaniem obiektowym a funkcyjnym

- OOP skupia się na obiektach i stanie - dane i operacje są połączone w klasach
- FP skupia się na funkcjach i transformacjach danych - brak efektów ubocznych
- w OOP stan jest zmienny, w FP dane są zwykle niemodyfikowalne
- OOP wykorzystuje dziedziczenie i polimorfizm, FP korzysta z kompozycji funkcji
- FP sprzyja programowaniu deklaratywnemu, OOP częściej stosuje imperatywny styl

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Podstawowe zasady programowania funkcyjnego

- Czyste funkcje (pure functions) - wynik zależy tylko od argumentów, brak efektów ubocznych
- Nie zmienia się danych (immutability) - dane są niemodyfikowalne, nowe wartości tworzone zamiast modyfikacji istniejących
- Funkcje wyższego rzędu (higher-order functions) - mogą przyjmować funkcje jako argumenty lub zwracać funkcje
- Kompozycja funkcji (function composition) - łączenie małych funkcji w większe operacje
- Programowanie deklaratywne - opisujemy, co chcemy uzyskać, nie jak

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład – paradygmat funkcyjny

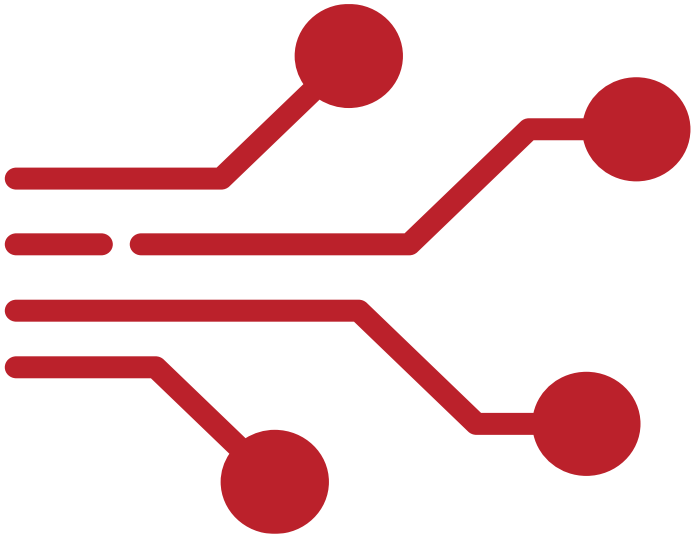
```
// Czysta funkcja
int Square(int x) => x * x;

// Nie zmieniamy danych
int[] numbers = { 1, 2, 3 };
var squaredNumbers = numbers.Select(Square).ToArray();

// Funkcja wyższego rzędu
Func<int, int> applyTwice(Func<int, int> f, int x) =>
f(f(x));
var result = applyTwice(Square, 2); // wynik: 16
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

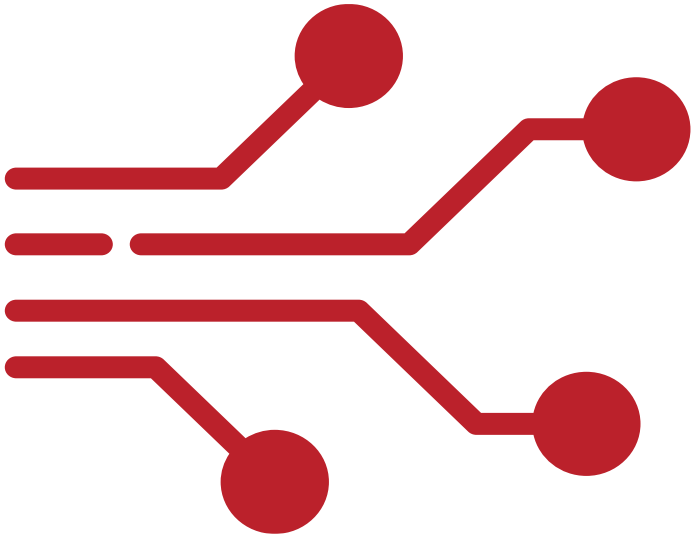
Przykład – paradygmat funkcyjny

```
// Kompozycja funkcji
Func<int, int> addOne = x => x + 1;
Func<int, int> doubleIt = x => x * 2;
Func<int, int> addThenDouble = x => doubleIt(addOne(x));
var final = addThenDouble(3); // wynik: 8
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Funkcje jako obiekty w C#

- funkcje mogą być przechowywane w zmiennych
- funkcje mogą być przekazywane jako argumenty do innych funkcji
- funkcje mogą być zwracane jako wyniki innych funkcji
- umożliwia tworzenie wyższego poziomu abstrakcji i kompozycji
- kluczowy element programowania funkcyjnego w językach hybrydowych, takich jak C#

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykłady różnych funkcji

```
// Funkcje jako zmienne
Func<int, int> square = x => x * x;

// Funkcja przekazywana jako argument
int[] numbers = { 1, 2, 3 };
var squaredNumbers = numbers.Select(square).ToArray();
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

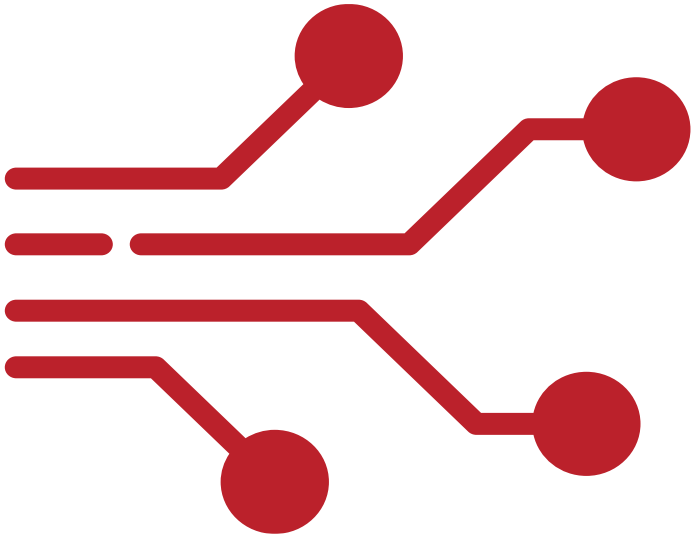
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykłady różnych funkcji

```
// Funkcja zwracana przez funkcję
Func<int, int> multiplier(int factor)
{
    return x => x * factor;
}

var doubleIt = multiplier(2);
var result = doubleIt(5); // wynik: 10
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Delegaty w C#

- delegat jest typem wskazującym na metodę o określonej sygnaturze
- umożliwia przechowywanie metod w zmiennych
- pozwala przekazywać metody jako argumenty do innych metod
- wspiera programowanie funkcyjne w C#
- często stosowany w zdarzeniach, LINQ i funkcjach wyższego rzędu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład delegatu

```
// Deklaracja delegatu
public delegate int MathOperation(int x);

// Funkcje zgodne z delegatem
int Square(int x) => x * x;
int Triple(int x) => x * 3;

// Przechowywanie funkcji w zmiennej delegatu
MathOperation op = Square;
Console.WriteLine(op(4)); // wynik: 16
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

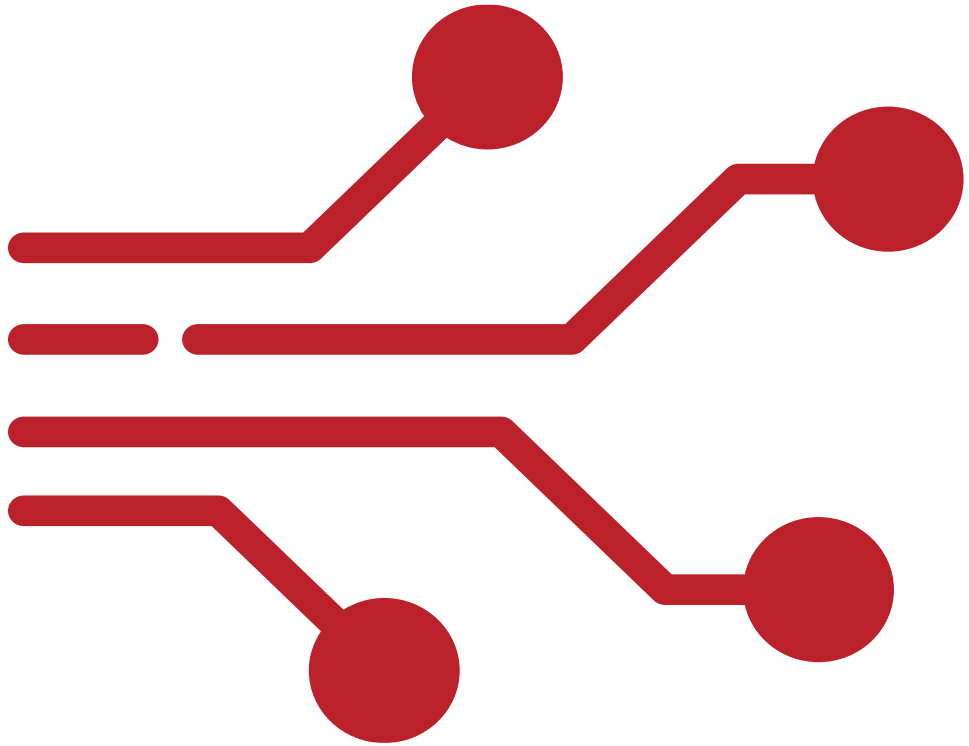
Przykład delegatu

```
// Przekazanie delegatu jako argument
int ApplyOperation(int x, MathOperation operation)
{
    return operation(x);
}

var result = ApplyOperation(5, Triple); // wynik: 15
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

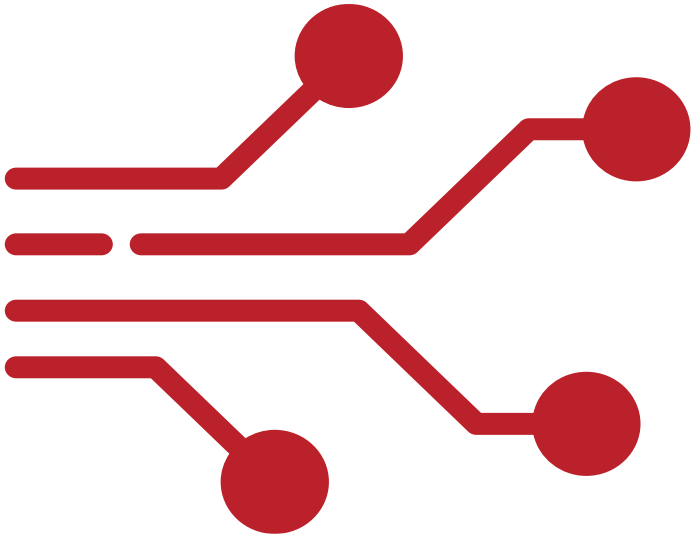
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wyrażenia lambda



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Wyrażenia lambda

- krótkie, anonimowe funkcje zapisane przy użyciu operatora =>
- mogą być przypisywane do delegatów lub typów Func<>/Action<>
- pozwalają tworzyć funkcje w locie bez definiowania osobnych metod
- stosowane w przypadku operacji na kolekcjach, LINQ i funkcji wyższego rzędu
- zwiększają czytelność i zwięzłość kodu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład wyrażenia lambda

```
// Przypisanie do delegatu
Func<int, int> square = x => x * x;
Console.WriteLine(square(5)); // wynik: 25

// Lambda jako argument w LINQ
int[] numbers = { 1, 2, 3, 4, 5 };
var evenNumbers = numbers.Where(x => x % 2 == 0).ToArray();
Console.WriteLine(string.Join(", ", evenNumbers)); // wynik: 2, 4
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład wyrażenia lambda

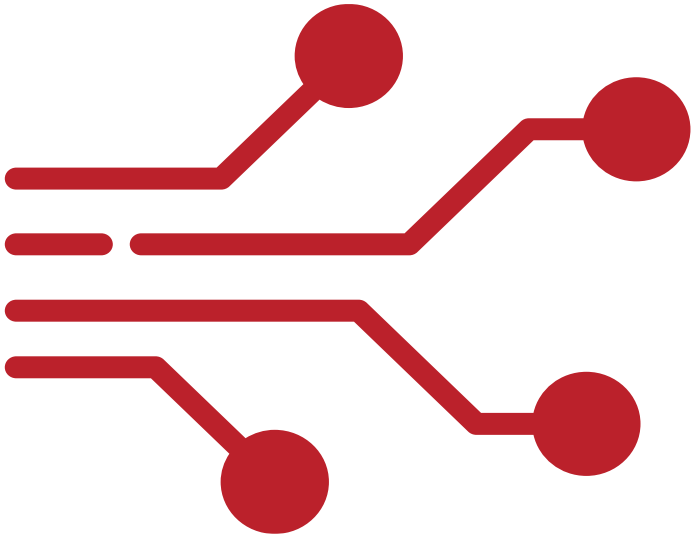
```
// Funkcja wyższego rzędu z lambdą
Func<int, Func<int, int>> multiplier = factor => x => x * factor;
var doubleIt = multiplier(2);
Console.WriteLine(doubleIt(6)); // wynik: 12
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Funkcje anonimowe

- pozwalają tworzyć funkcje bez nadawania nazwy
- mogą być przypisane do delegatów lub typów generycznych Func<> i Action<>
- są stosowane tam, gdzie funkcja jest używana lokalnie lub jednokrotnie
- wyrażenia lambda są uproszczoną formą funkcji anonimowych



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład funkcji anonimowej i lambdy

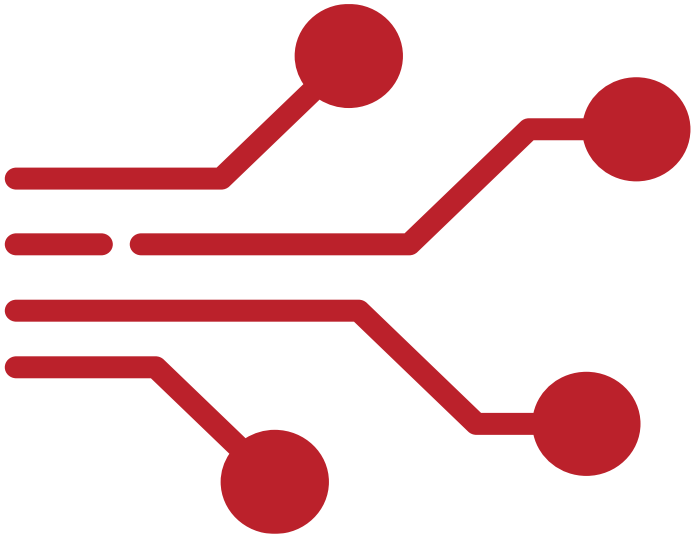
```
// Funkcja anonimowa przypisana do delegatu
Func<int, int> square = delegate(int x) { return x * x; };
Console.WriteLine(square(4)); // wynik: 16
// Wyrażenie lambda jako alternatywa
Func<int, int> triple = x => x * 3;
Console.WriteLine(triple(5)); // wynik: 15
// Lambda w LINQ
int[] numbers = { 1, 2, 3, 4, 5 };
var oddNumbers = numbers.Where(x => x % 2 != 0).ToArray();
Console.WriteLine(string.Join(", ", oddNumbers));
// wynik: 1, 3, 5
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Funkcje wyższego rzędu

- mogą przyjmować inne funkcje jako argumenty
- mogą zwracać funkcje jako wynik
- umożliwiają tworzenie bardziej elastycznych i abstrakcyjnych operacji
- ułatwiają kompozycję funkcji i ponowne użycie kodu



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład funkcji wyższego rzędu

```
// Funkcja przyjmująca funkcję jako argument
int ApplyOperation(int x, Func<int, int> operation)
{
    return operation(x);
}

int Square(int n) => n * n;
var result1 = ApplyOperation(5, Square); // wynik: 25
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

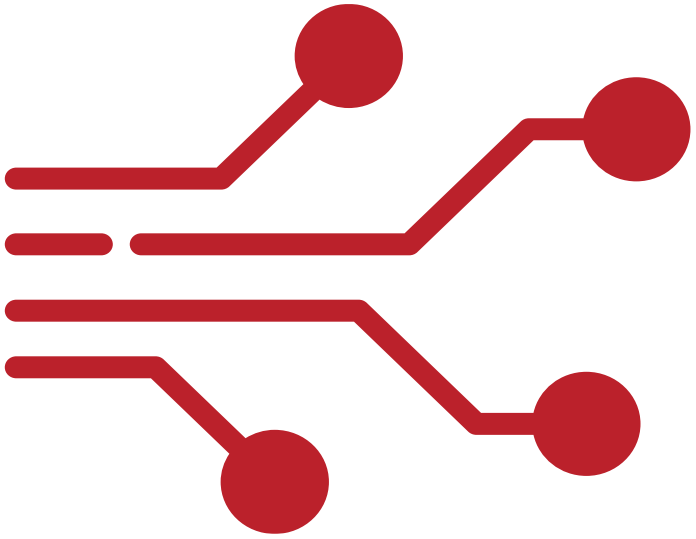
Przykład funkcji wyższego rzędu

```
// Funkcja zwracająca funkcję (closure)
Func<int, int> Multiplier(int factor)
{
    return x => x * factor;
}

var doubleIt = Multiplier(2);
var result2 = doubleIt(6); // wynik: 12
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Programowanie deklaratywne w C#

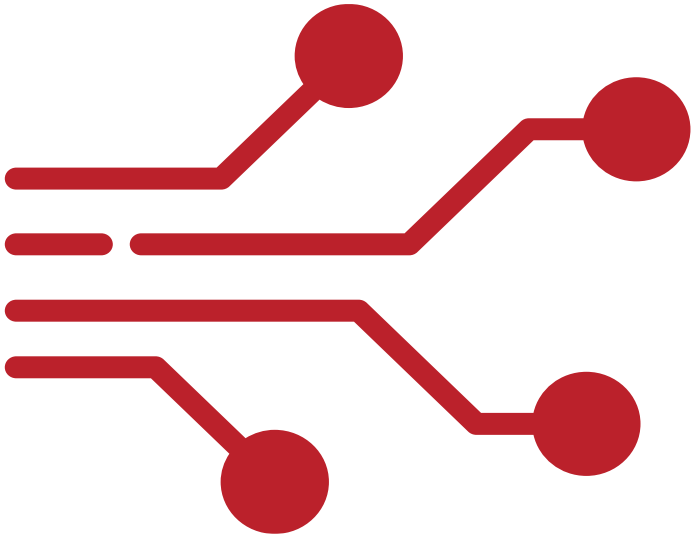


- koncentruje się na tym, co chcemy osiągnąć, a nie na krokach wykonania
- typowe w operacjach na kolekcjach i LINQ
- sprzyja czytelności i prostocie kodu
- często łączy się z funkcjami wyższego rzędu, lambdami i delegatami
- pozwala pisać kod bez efektów ubocznych, w stylu funkcyjnym

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

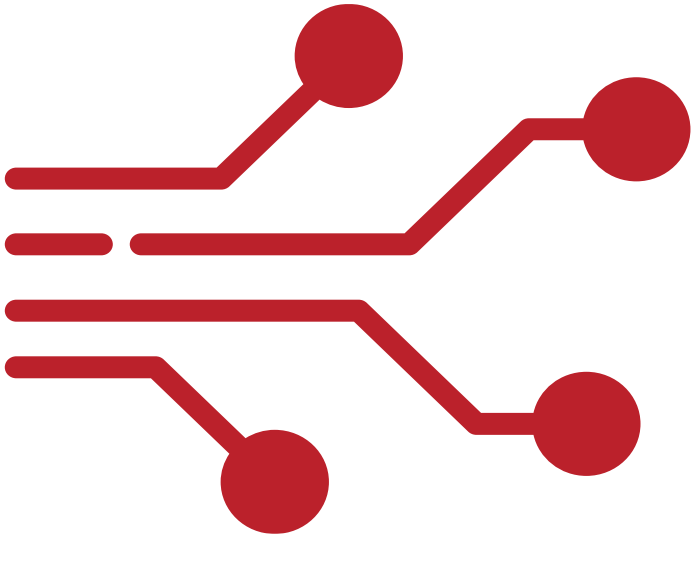
Przykład deklaratywny z kolekcjami



```
int[] numbers = { 1, 2, 3, 4, 5 };


// Deklaratywnie: wybieramy liczby parzyste i mnożymy przez
// 2
var processed = numbers
    .Where(x => x % 2 == 0)
    .Select(x => x * 2)
    .ToArray();
Console.WriteLine(string.Join(", ", processed));
// wynik: 4, 8
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Operatory funkcyjne w C#

- Select - odpowiada za mapowanie/transformację elementów kolekcji (map)
- Where - filtruje elementy kolekcji spełniające określone kryterium (filter)
- Aggregate - redukuje kolekcję do jednej wartości przy użyciu funkcji akumulacyjnej (reduce)
- wspierają programowanie deklaratywne i funkcyjne
- działają w połączeniu z lambdami i funkcjami wyższego rzędu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład użycia

```
int[] numbers = { 1, 2, 3, 4, 5 };


// Mapowanie: każdą liczbę podnosimy do kwadratu
var squares = numbers.Select(x => x * x).ToArray(); // 1, 4, 9, 16, 25


// Filtracja: wybieramy liczby parzyste
var evens = numbers.Where(x => x % 2 == 0).ToArray(); // 2, 4


// Redukcja: sumujemy wszystkie liczby
var sum = numbers.Aggregate((total, x) => total + x); // 15
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Operacje funkcyjne na kolekcjach

- umożliwiają przetwarzanie danych deklaratywnie
- wspierają filtrowanie, mapowanie i agregację
- pozwalają na łączenie wielu operacji w łańcuchy
- zmniejszają potrzebę użycia pętli i zmiennych tymczasowych
- stosowane z LINQ i wyrażeniami lambda

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład przetwarzania kolekcji

```
var employees = new[]
{
    new { Name = "Alice", Salary = 5000 },
    new { Name = "Bob", Salary = 7000 },
    new { Name = "Charlie", Salary = 6000 }
};

// Filtracja: tylko pensje > 5500
var highEarners = employees.Where(e => e.Salary > 5500);
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

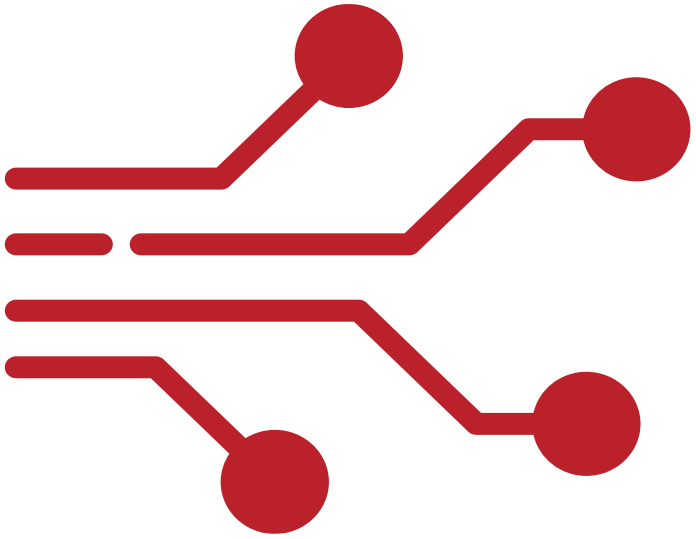
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład przetwarzania kolekcji

```
// Mapowanie: wyciągamy tylko imiona
var names = highEarners.Select(e => e.Name).ToArray();


// Agregacja: suma pensji osób powyżej 5500
var totalSalary = highEarners.Aggregate(0, (sum, e) => sum + e.Salary);


Console.WriteLine(string.Join(", ", names)); // Bob, Charlie
Console.WriteLine(totalSalary); // 13000
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



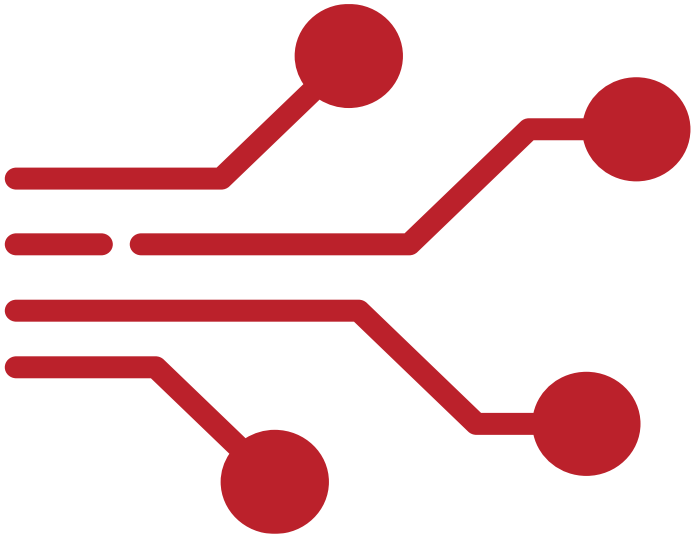
Łańcuchowe wywołania i kompozycja

- operacje na kolekcjach można łączyć w łańcuchy wywołań
- każda operacja przyjmuje kolekcję i zwraca nową, co umożliwia deklaratywne przetwarzanie danych
- kompozycja funkcji pozwala łączyć małe funkcje w większe operacje
- wspiera czystość funkcji, niezmienność danych i modularność
- typowe w LINQ, programowaniu funkcyjnym i przetwarzaniu sekwencji

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład – wywołania łańcuchowe

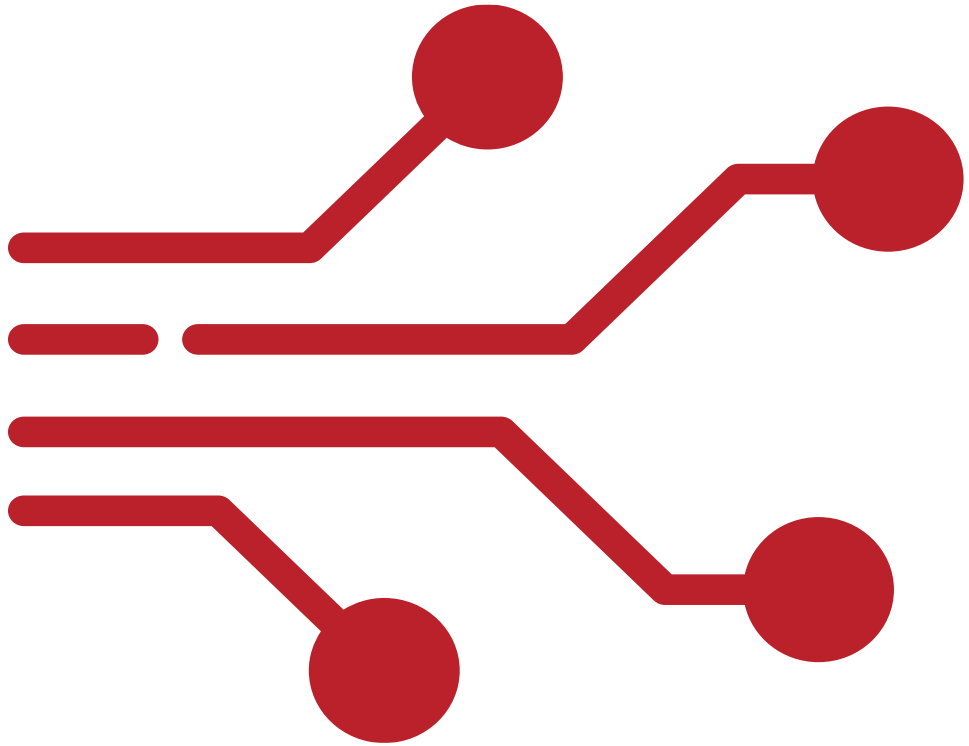


```
var numbers = new[] { 1, 2, 3, 4, 5, 6 };
// Łańcuchowe wywołania metod
var result = numbers
    .Where(x => x % 2 == 0)  // filtracja: liczby parzyste
    .Select(x => x * x)      // mapowanie: podniesienie do
                                 // kwadratu
    .Aggregate((sum, x) => sum + x); // redukcja: suma

Console.WriteLine(result); // wynik: 56 (2^2 + 4^2 + 6^2)
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

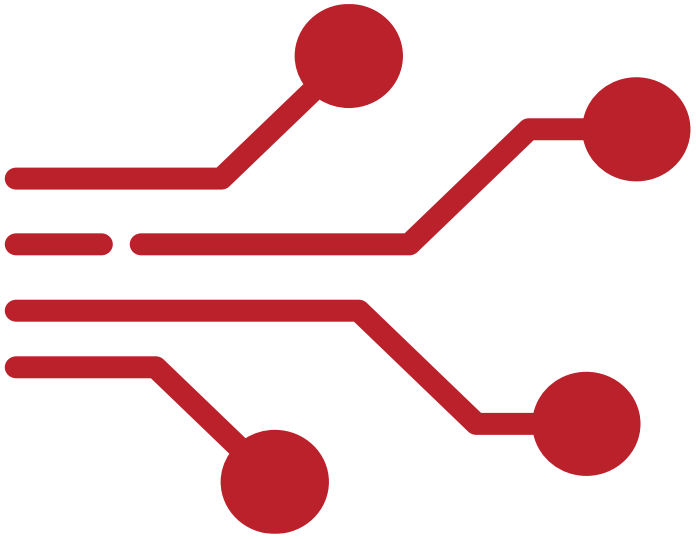
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Funkcje czyste



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Funkcje czyste i nieczyste w programowaniu funkcyjnym

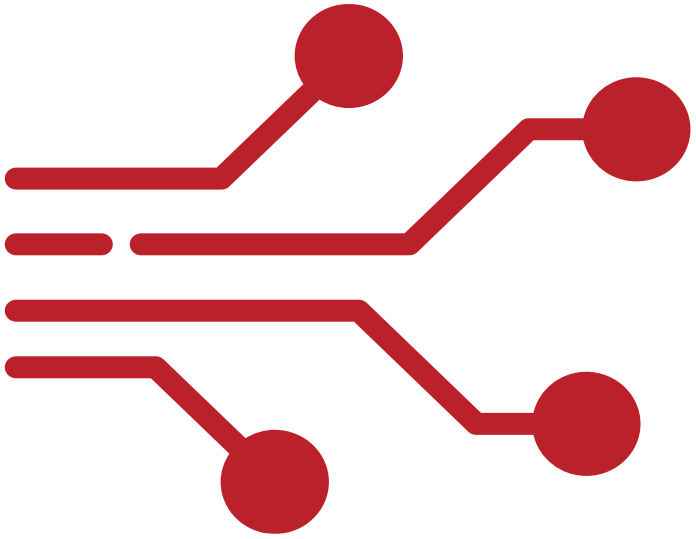
- Funkcja czysta (pure function) - wynik zależy tylko od argumentów, brak efektów ubocznych
- Funkcja nieczysta (impure function) - modyfikuje stan zewnętrzny lub zależy od zmiennych globalnych
- czyste funkcje ułatwiają testowanie, kompozycję i przewidywalność
- nieczyste funkcje są czasami niezbędne np. przy IO, logowaniu, bazie danych
- celem jest minimalizacja funkcji nieczystych i izolowanie ich w kodzie

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykłady funkcji

```
// Funkcja czysta
int Square(int x) => x * x;

// Funkcja nieczysta
int total = 0;
void AddToTotal(int x)
{
    total += x; // modyfikuje zmienną zewnętrzną
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Immutability - niezmienność danych

- dane są traktowane jako niemodyfikowalne po utworzeniu
- operacje na danych tworzą nowe kopie, zamiast zmieniać istniejące obiekty
- sprzyja przewidywalności, bezpieczeństwu i łatwiejszemu testowaniu
- pozwala unikać błędów związanych z efektami ubocznymi
- stosowane często w połączeniu z funkcjami czystymi i LINQ

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

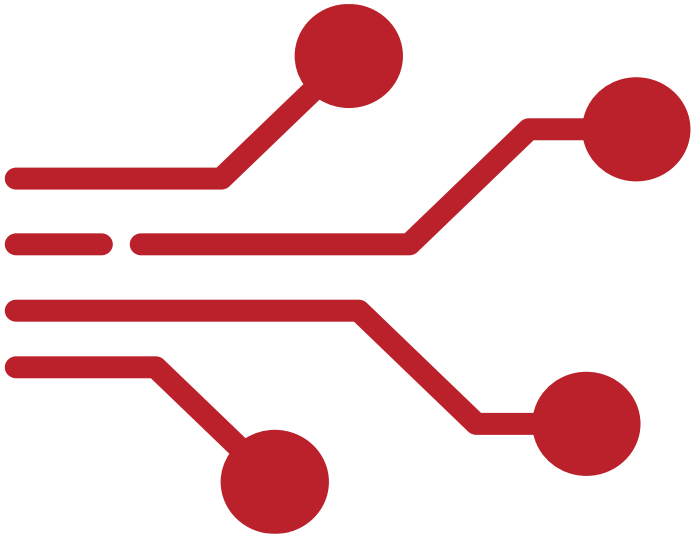
Przykład – niezmienność danych

```
var numbers = new[] { 1, 2, 3 };

// Tworzymy nową kolekcję zamiast modyfikować istniejącą
var incremented = numbers.Select(x => x + 1).ToArray();

Console.WriteLine(string.Join(", ", numbers));      // 1, 2, 3
Console.WriteLine(string.Join(", ", incremented));  // 2, 3, 4
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Partial Application i Currying w programowaniu funkcyjnym



- Partial Application - tworzenie nowej funkcji przez zamrożenie części argumentów oryginalnej funkcji
- Currying - przekształcenie funkcji przyjmującej wiele argumentów w ciąg funkcji jednokrotnego argumentu
- zwiększa ponowne użycie kodu i modularność
- pozwala budować funkcje konfigurowalne i elastyczne
- wspiera kompozycję funkcji w stylu funkcyjnym

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład omawianych podejść

```
// Partial Application
Func<int, int, int> add = (x, y) => x + y;
Func<int, int> addFive = y => add(5, y);
Console.WriteLine(addFive(3)); // wynik: 8

// Currying (funkcja zwracająca funkcję)
Func<int, Func<int, int>> curriedAdd = x => y => x + y;
var addTen = curriedAdd(10);
Console.WriteLine(addTen(7)); // wynik: 17
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Lazy Evaluation i generatory

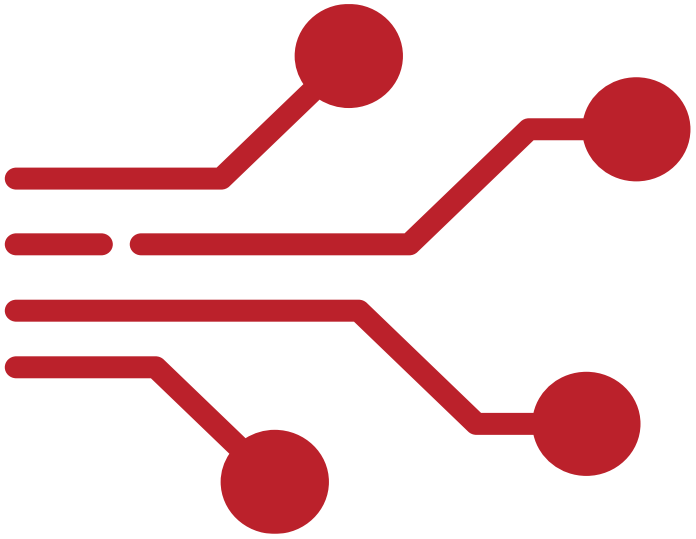
- Lazy Evaluation - obliczenia są wykonywane dopiero, gdy wynik jest potrzebny
- pozwala na optymalizację wydajności i przetwarzanie dużych zbiorów danych
- Generatory w C# (yield return) umożliwiają tworzenie sekwencji obiektów w sposób leniwy
- wspiera niezmienność danych i czyste funkcje
- często stosowane w połączeniu z LINQ i funkcjami wyższego rzędu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład - generatory

```
IEnumerable<int> GenerateNumbers(int n)
{
    for (int i = 1; i <= n; i++)
    {
        Console.WriteLine($"Generating {i}");
        yield return i;
    }
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład - generatory

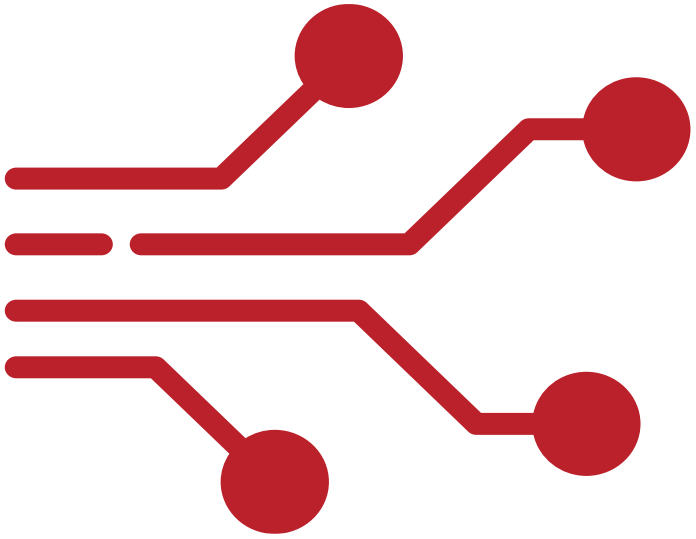
```
// Lazy evaluation: wartości generowane dopiero przy iteracji

var numbers = GenerateNumbers(5);

foreach (var num in numbers.Where(x => x % 2 == 0))

{

    Console.WriteLine(num);

}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

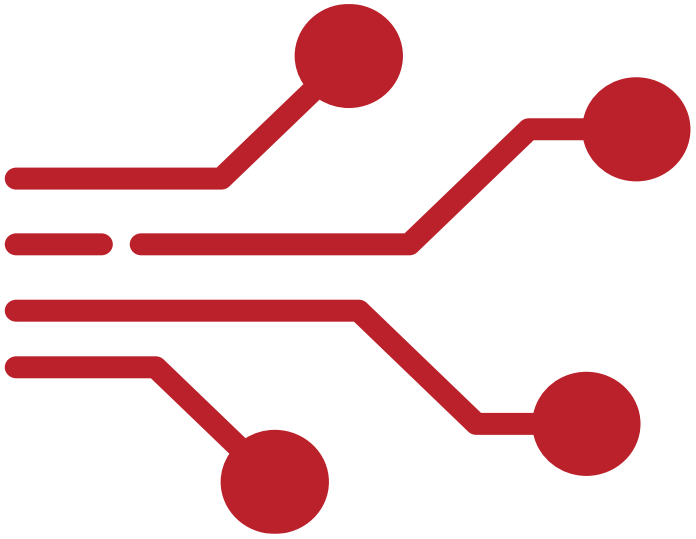
Przykład - generatory

```
// Wyjście:
// Generating 1
// Generating 2
// 2
// Generating 3
// Generating 4
// 4
// Generating 5
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Dekoratory i kompozycja funkcji

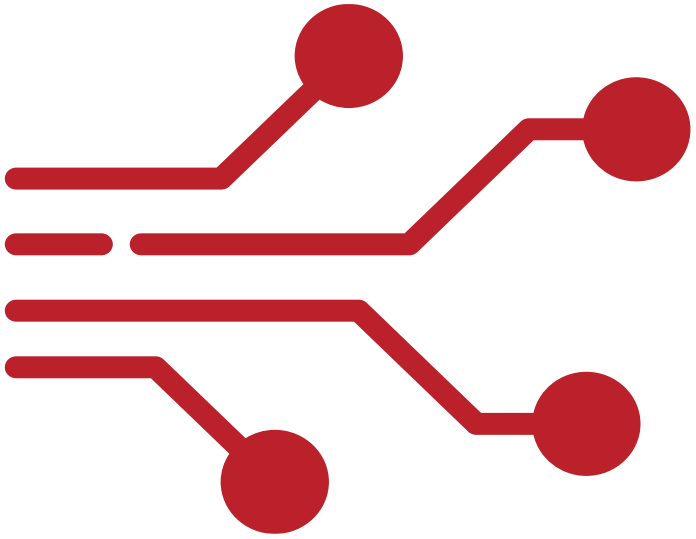
- Dekoratory - funkcje przyjmujące inną funkcję i modyfikujące jej zachowanie
- Kompozycja funkcji - łączenie kilku funkcji w jedną operację
- pozwala na rozszerzanie funkcjonalności bez modyfikowania kodu
- wspiera zasady czystości funkcji i ponownego użycia kodu
- stosowane np. w middleware, logowaniu, walidacji i transformacjach danych

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład - dekorator

```
// Dekorator
Func<int, int> Decorate(Func<int, int> f)
{
    return x =>
    {
        Console.WriteLine($"Input: {x}");
        var result = f(x);
        Console.WriteLine($"Output: {result}");
        return result;
    };
}
```

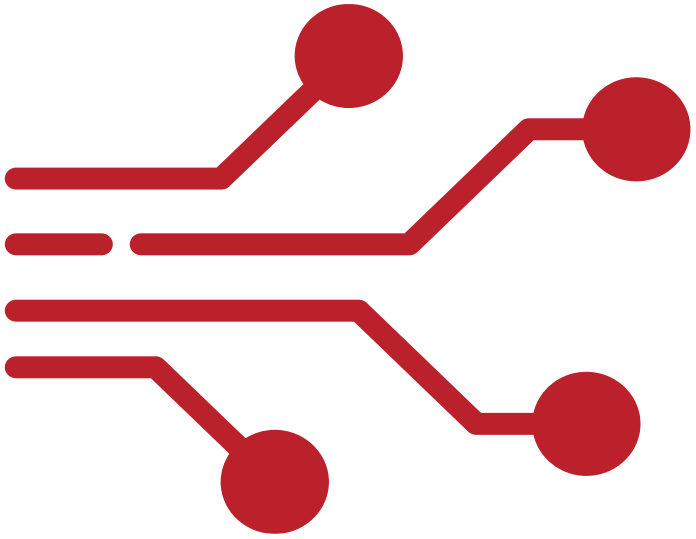


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład - dekorator

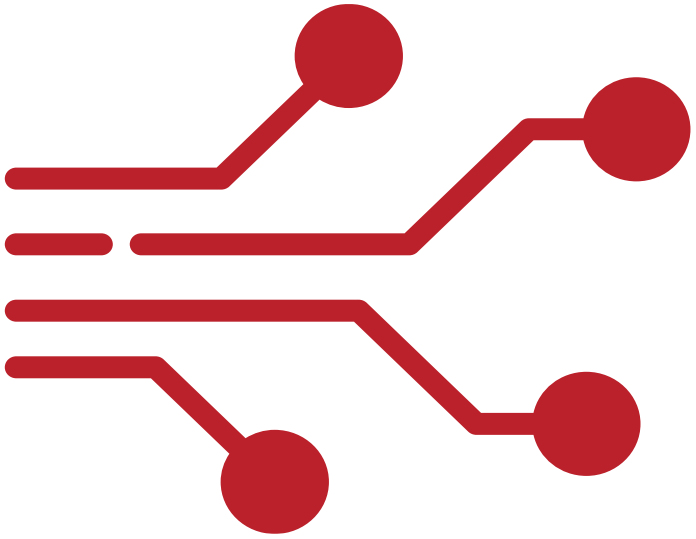
```
int Square(int x) => x * x;


var decoratedSquare = Decorate(Square);
var result = decoratedSquare(5);
// Wyjście:
// Input: 5
// Output: 25
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Zastosowanie funkcji wyższego rzędu w praktyce



- funkcje mogą przyjmować inne funkcje jako parametry w logice biznesowej
- umożliwiają dynamiczne konfigurowanie operacji
- sprzyjają ponownemu użyciu kodu i modularności
- często stosowane w przetwarzaniu danych, walidacji i transformacjach
- pozwalają na łatwe wprowadzanie logiki warunkowej i strategii

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład w logice biznesowej

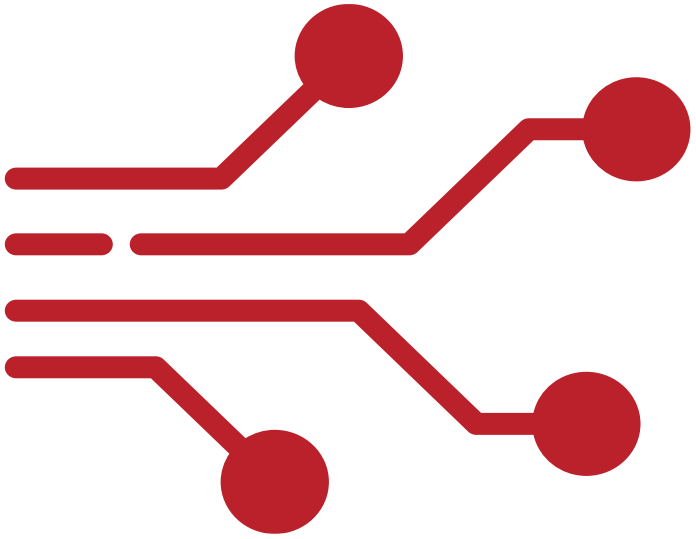
```
public class Order
{
    public decimal Amount { get; set; }
}


// Funkcja wyższego rzędu do stosowania rabatu
Func<Order, Func<decimal, decimal>> ApplyDiscount = order =>
discount =>
{
    return order.Amount - discount;
};
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

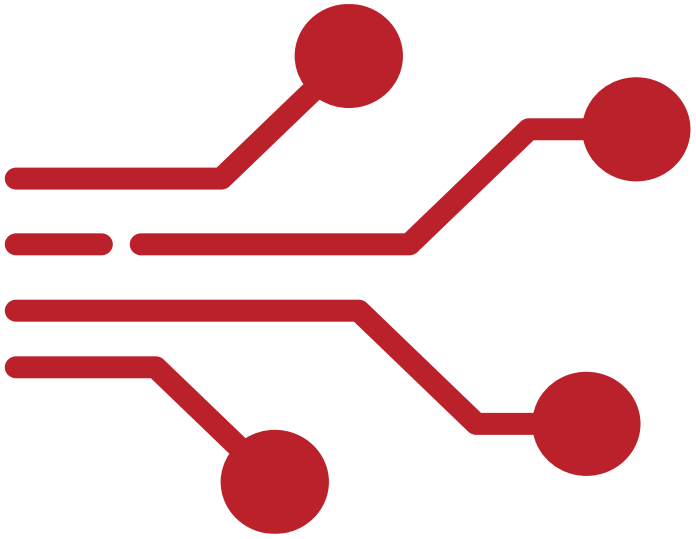
Przykład w logice biznesowej

```
var order1 = new Order { Amount = 100m };
var discountFunc = ApplyDiscount(order1);

var finalPrice = discountFunc(15m); // wynik: 85
Console.WriteLine(finalPrice);
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

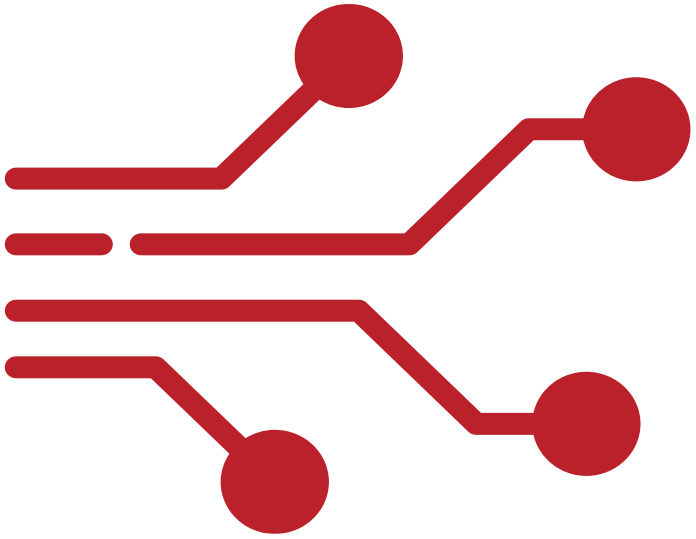


Funkcje i wzorce projektowe

- funkcje mogą pełnić rolę strategii i callbacków (wzorzec Strategy)
- dekoratory i wyrażenia lambda umożliwiają rozszerzanie zachowań (wzorzec Decorator)
- kompozycja funkcji wspiera pipeline i chain of responsibility
- stosowanie funkcji wyższego rzędu pozwala na dynamiczne wybieranie algorytmów
- wzorce funkcyjne zwiększają modularność, czytelność i testowalność

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

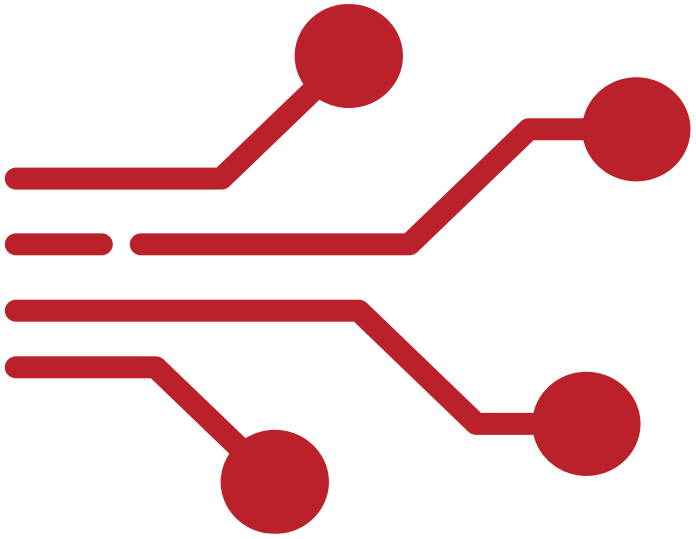


Przykład - wzorzec Strategy z funkcjami

```
public class Payment
{
    public decimal Amount { get; set; }
}
// Funkcje jako strategie płatności
Func<Payment, decimal> CreditCardPayment = order =>
{
    Console.WriteLine($"Paid {order.Amount:C} by credit
card");
    return order.Amount;
};
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



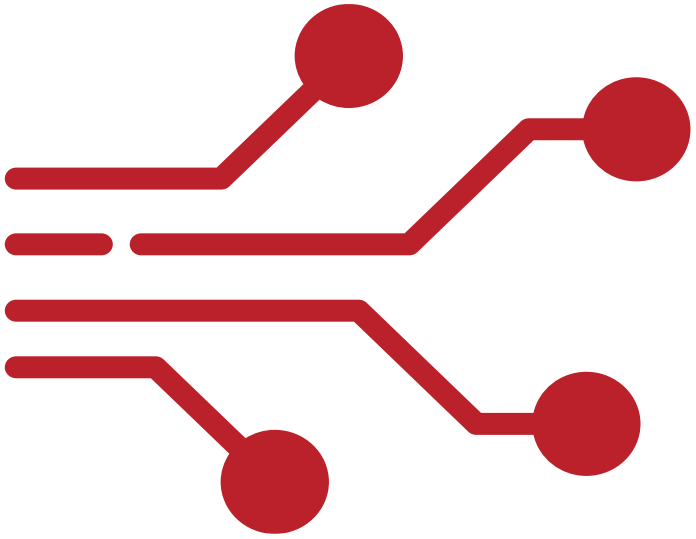
Przykład - wzorzec Strategy z funkcjami

```
Func<Payment, decimal> PayPalPayment = order =>
{
    Console.WriteLine($"Paid {order.Amount:C} via PayPal");
    return order.Amount;
};

// Dynamiczne zastosowanie strategii
var order = new Payment { Amount = 100m };
var strategy = CreditCardPayment; // wybór strategii w czasie wykonania
strategy(order);
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

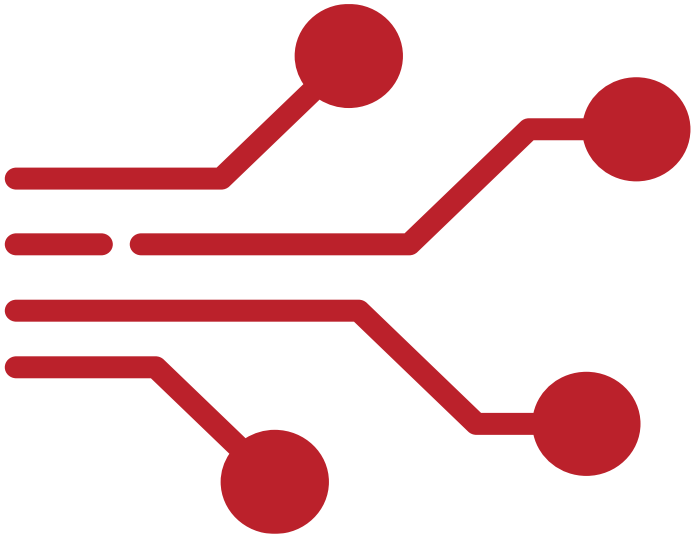
Hybrydowe podejście OOP + FP



- klasy i obiekty służą do modelowania stanu i struktury domeny
- funkcje, lambdy i LINQ służą do przetwarzania danych i logiki
- hybryda pozwala korzystać z zalet obu paradygmatów
- wspiera modularność, deklaratywność i testowalność
- typowe w nowoczesnych aplikacjach C#, frameworkach i systemach biznesowych

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



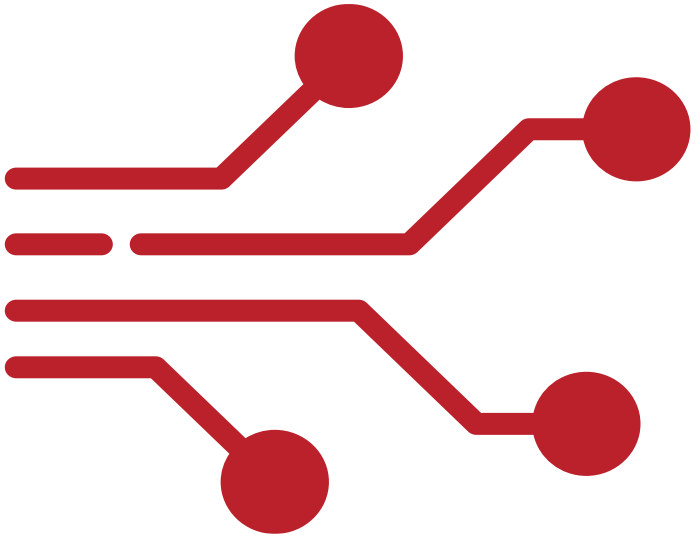
Przykład hybrydy

```
public class Employee
{
    public string Name { get; set; }
    public decimal Salary { get; set; }
}
// Lista obiektów
var employees = new List<Employee>
{
    new Employee { Name = "Alice", Salary = 5000 },
    new Employee { Name = "Bob", Salary = 7000 },
    new Employee { Name = "Charlie", Salary = 6000 }
};
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład hybrydy

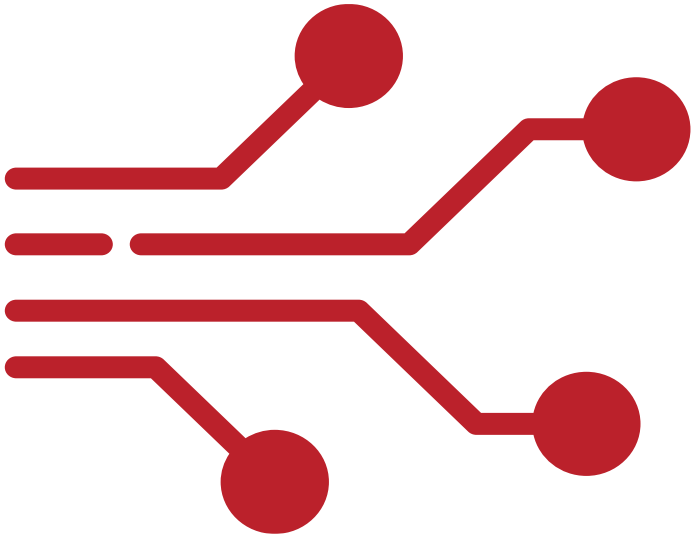


```
// Funkcje funkcyjne do przetwarzania danych
var highEarners = employees
    .Where(e => e.Salary > 5500)
    .Select(e => e.Name)
    .ToArray();

Console.WriteLine(string.Join(", ", highEarners)); // Bob,
Charlie
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Hybrydowe podejście OOP + FP



- klasy i obiekty służą do modelowania stanu i struktury domeny
- funkcje, lambdy i LINQ służą do przetwarzania danych i logiki
- hybryda pozwala korzystać z zalet obu paradygmatów
- wspiera modularność, deklaratywność i testowalność
- typowe w nowoczesnych aplikacjach C#, frameworkach i systemach biznesowych

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład (OOP + FP)

```
public class Account
{
    public decimal Balance { get; private set; }

    // Funkcja czysta
    public decimal CalculateBonus(decimal rate) => Balance * rate;
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład (OOP + FP)

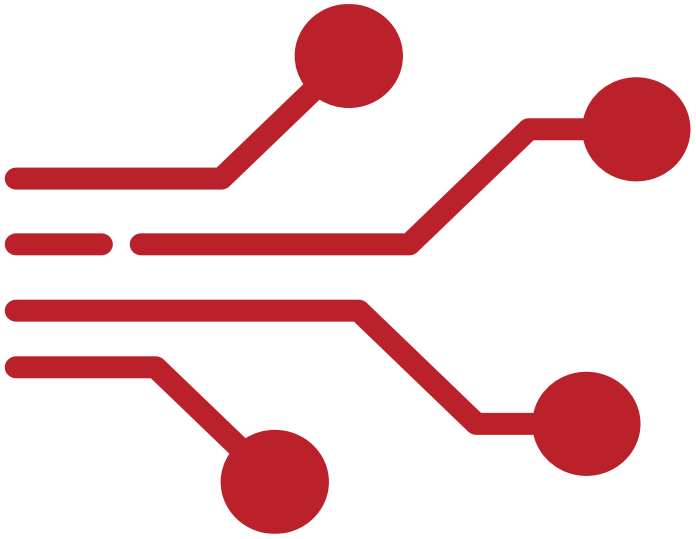
```
    // Funkcja z efektem ubocznym
    public void Deposit(decimal amount)
    {
        Balance += amount; // zmiana stanu
        Console.WriteLine($"Deposited {amount:C}, new
balance: {Balance:C}");
    }
}
var acc = new Account();
acc.Deposit(1000); // efekt uboczny
var bonus = acc.CalculateBonus(0.1m); // czysta funkcja
Console.WriteLine($"Calculated bonus: {bonus:C}");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład 2 (OOP + FP)

```
public record Order(int Id, string Customer, decimal
Amount);

var orders = new List<Order>

{

    new Order(1, "Alice", 120),

    new Order(2, "Bob", 80),

    new Order(3, "Charlie", 200)

};
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład 2 (OOP + FP)

```
// Filtracja i transformacja: zamówienia > 100
var largeOrders = orders
    .Where(o => o.Amount > 100)
    .Select(o => o with { Amount = o.Amount * 0.9m }); // 10% rabatu

// Agregacja: suma wartości dużych zamówień
var total = largeOrders.Aggregate(0m, (sum, o) => sum + o.Amount);
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

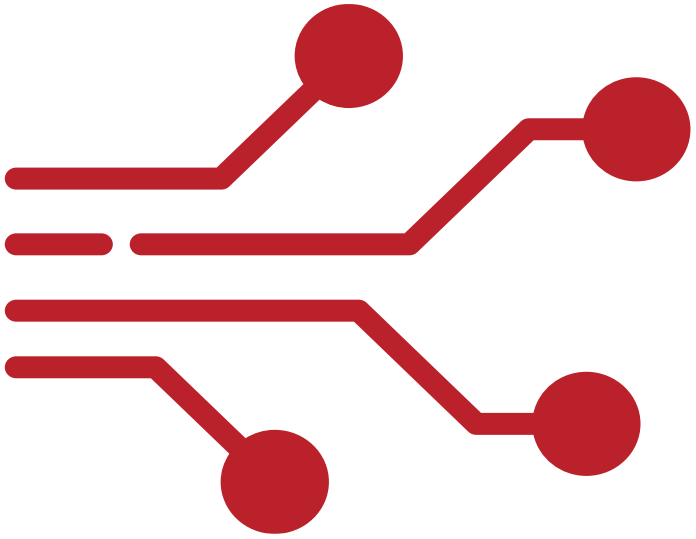
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład 2 (OOP + FP)

```
// Efekt uboczny: wyświetlenie wyników
foreach (var order in largeOrders)
{
    Console.WriteLine($"{order.Customer}: {order.Amount:C}");
}

Console.WriteLine($"Total after discount: {total:C}");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



LINQ i MoreLINQ

- LINQ (Language Integrated Query) - wbudowany mechanizm do deklaratywnego przetwarzania danych
- umożliwia filtrowanie, mapowanie, sortowanie i agregację kolekcji, tablic, list, baz danych, XML czy JSON
- stosuje wyrażenia lambda, funkcje wyższego rzędu i łańcuchowe wywołania metod
- MoreLINQ - biblioteka rozszerzająca LINQ o dodatkowe funkcje, takie jak Batch, DistinctBy, Pairwise, MinBy/MaxBy
- wspiera bardziej zaawansowane operacje funkcyjne i deklaratywne

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

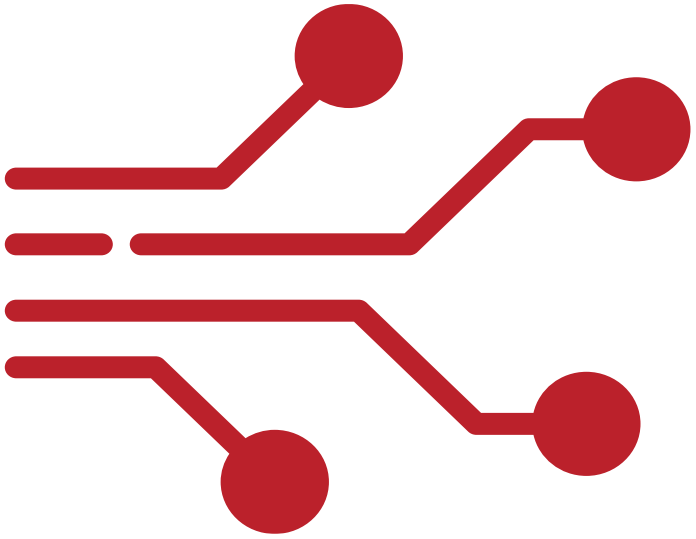
Przykład użycia LINQ i MoreLINQ

```
using MoreLinq; // wymaga pakietu MoreLINQ
var numbers = Enumerable.Range(1, 10);
// LINQ – filtracja i transformacja
var squaresOfEvens = numbers
    .Where(x => x % 2 == 0)
    .Select(x => x * x)
    .ToArray();
Console.WriteLine(string.Join(", ", squaresOfEvens)); // 4, 16, 36, 64, 100
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład użycia LINQ i MoreLINQ



```
// MoreLINQ – dzielenie na paczki (batch)
var batches = numbers.Batch(3); // zwraca sekwencje po 3 elementy
foreach (var batch in batches)
{
    Console.WriteLine(string.Join(", ", batch));
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Najważniejsze wnioski i dobre praktyki programowania funkcyjnego

- Czyste funkcje - minimalizuj efekty uboczne i zależność od stanu zewnętrznego
- Immutability - nie zmieniaj danych, twórz nowe instancje
- Funkcje wyższego rzędu i lambdy - umożliwiają modularność, kompozycję i ponowne użycie kodu
- Programowanie deklaratywne - koncentruj się na tym, co chcemy osiągnąć, nie jak
- Izolacja efektów ubocznych – stosuj IO, logowanie i modyfikacje stanu w kontrolowanych miejscach
- Łączenie OOP i FP - modele obiektowe dla danych, funkcje i LINQ do przetwarzania
- Kompozycja funkcji i dekoratory - zwiększają elastyczność i czytelność kodu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Dziękuję za uwagę

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wykład nr 8
Temat: Struktury danych a klasy

Paweł Karczmarek
Politechnika Lubelska, Katedra Inteligencji Obliczeniowej

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

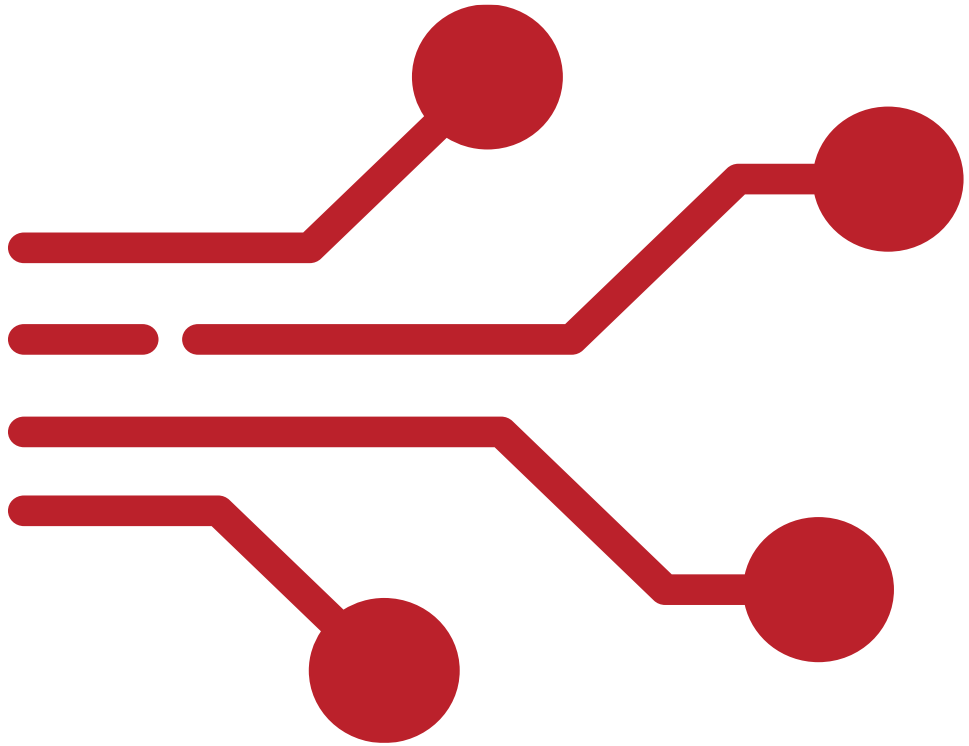
Plan prezentacji

- Struktury
- Struktury a kolekcje
- Stosowanie porównań i rzutowań w obiektach

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

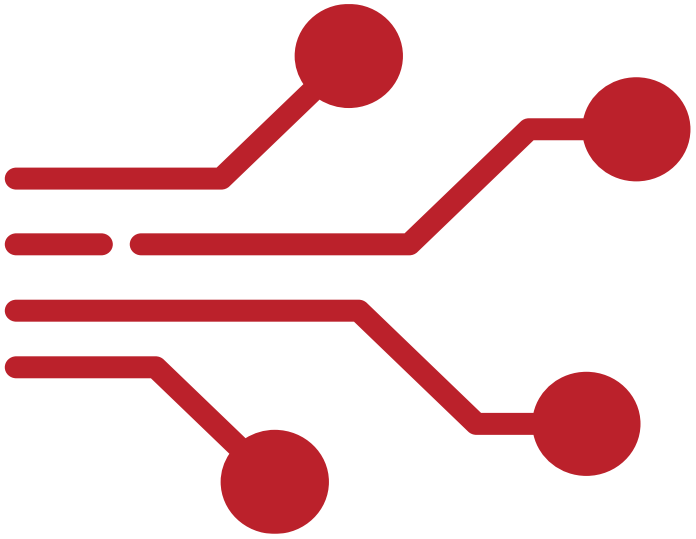
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wprowadzenie



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Znaczenie struktur danych

- podstawowe elementy przechowywania i organizacji danych w programach
- umożliwiają efektywne przetwarzanie, wyszukiwanie i modyfikację informacji
- różne typy danych (klasy, rekordy, struct, krotki) mają różne semantyki i właściwości
- właściwy dobór struktury danych wpływa na wydajność, bezpieczeństwo i czytelność kodu
- fundament do projektowania systemów modularnych, skalowalnych i łatwych w utrzymaniu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Podział

- Klasy (class) - typy referencyjne, przechowują obiekty na stercie, współdzielone między zmiennymi
- Rekordy (record) - typy referencyjne lub wartościowe, porównywane po wartościach, wspierają niezmienność
- Struktury (struct) - typy wartościowe, przechowywane na stosie, szybkie w przypadku małych danych
- Krotki (tuples/ValueTuple) - grupy wartości bez definiowania klasy, można używać nazwanych elementów
- różne typy mają różne semantyki kopiowania, porównania i zarządzania pamięcią

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

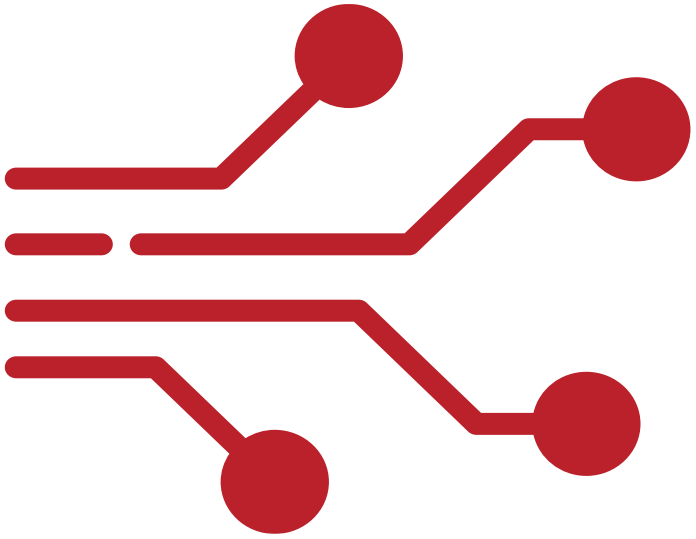
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład klasy i rekordu

```
// Klasa
class Employee
{
    public string Name { get; set; }
    public decimal Salary { get; set; }
}

// Rekord
public record Product(int Id, string Name, decimal Price);
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład struktury i krotki

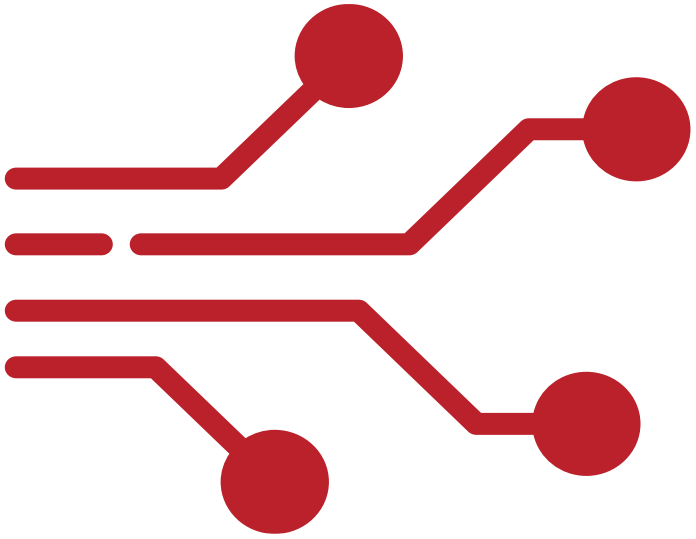
```
// Struct
public struct Point
{
    public int X { get; set; }
    public int Y { get; set; }
}

// Krotka
var orderInfo = (Id: 1, Customer: "Alice", Amount: 120m);
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład - zastosowanie

```
// Użycie
var emp1 = new Employee { Name = "Bob", Salary = 5000 };
var prod1 = new Product(1, "Laptop", 3000m);
var p1 = new Point { X = 10, Y = 20 };
Console.WriteLine($"Order {orderInfo.Id} for
{orderInfo.Customer}: {orderInfo.Amount:C}");
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Różnice między class a struct w C#

- Klasy - typy referencyjne, przechowywane na stercie, kopiowanie oznacza przekazanie referencji
- Struktury (struct) - typy wartościowe, przechowywane na stosie, kopiowanie tworzy nową instancję
- Klasy obsługują dziedziczenie i polimorfizm, struktury nie
- Struktury są lżejsze, szybkie przy małych obiektach i nie wymagają GC
- Typowe zastosowania: klasy dla złożonych obiektów, struct dla prostych typów danych i punktów

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykłady omawianych pojęć

```
// Klasa
class Employee
{
    public string Name { get; set; }
}
// Struct
struct Point
{
    public int X { get; set; }
    public int Y { get; set; }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykłady omawianych pojęć

```
// Kopiowanie
var emp1 = new Employee { Name = "Alice" };
var emp2 = emp1; // emp2 wskazuje na ten sam obiekt
emp2.Name = "Bob";
Console.WriteLine(emp1.Name); // Bob

var p1 = new Point { X = 10, Y = 20 };
var p2 = p1; // kopia wartości
p2.X = 50;
Console.WriteLine(p1.X); // 10
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Klasy jako typy referencyjne

Klasy

- przechowują dane i zachowania w postaci pól, właściwości i metod
- typ referencyjny - zmienne przechowują referencję do obiektu na stercie
- umożliwiają dziedziczenie, polimorfizm i enkapsulację
- są idealne do modelowania złożonych obiektów w systemach biznesowych
- wspierają przestrzenie nazw, interfejsy i abstrakcję

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

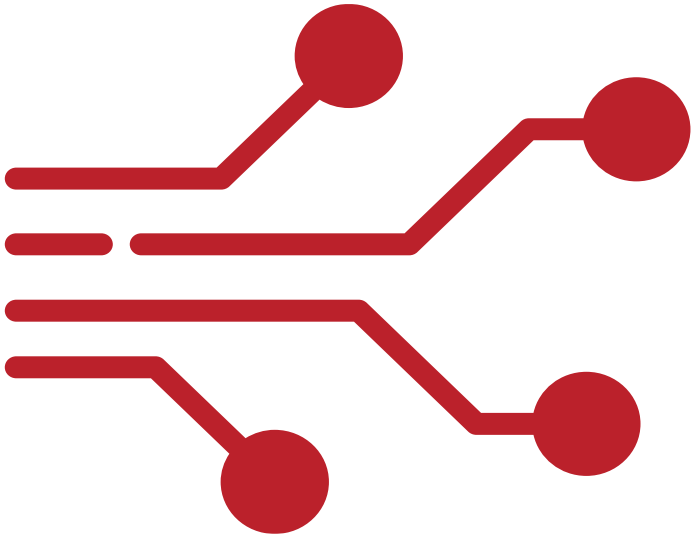
Przykłady omawianych pojęć

```
class Employee
{
    public string Name { get; set; }
    public decimal Salary { get; set; }

    public void GiveRaise(decimal amount)
    {
        Salary += amount;
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

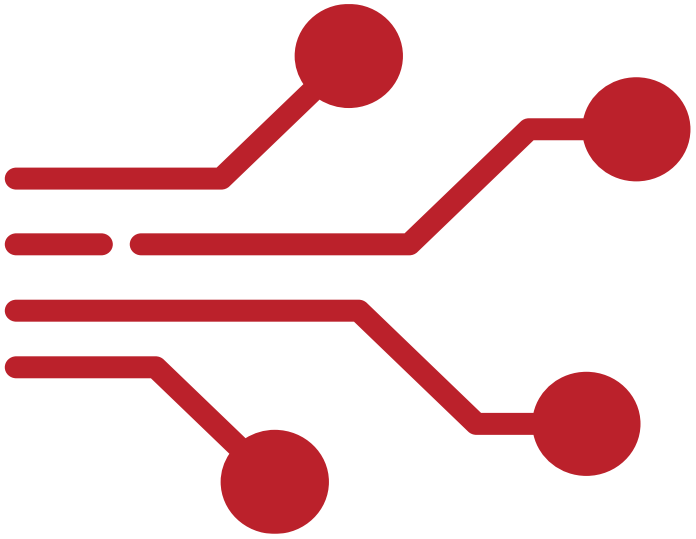
Przykłady omawianych pojęć



```
var emp1 = new Employee { Name = "Alice", Salary = 5000 };
var emp2 = emp1; // kopia referencji
emp2.GiveRaise(1000);

Console.WriteLine(emp1.Salary); // 6000 – zmiana widoczna
przez wszystkie referencje
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Rekordy

- typy referencyjne lub wartościowe wprowadzające semantykę wartościową
- porównanie dwóch rekordów odbywa się na podstawie wartości pól, nie referencji
- wspierają niezmienność danych (immutable by default)
- mogą służyć do przechowywania danych biznesowych i DTO (data transfer object)
- pozwalają łatwo implementować m.in. kopie z modyfikacjami

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład - rekord

```
// Definicja rekordu
public record Product(int Id, string Name, decimal Price);
// Tworzenie instancji
var prod1 = new Product(1, "Laptop", 3000m);
var prod2 = new Product(1, "Laptop", 3000m);
// Porównanie wartości
Console.WriteLine(prod1 == prod2); // True – porównanie po wartościach
// Kopiowanie z modyfikacją
var prod3 = prod1 with { Price = 2800m };
Console.WriteLine(prod3.Price); // 2800
Console.WriteLine(prod1.Price); // 3000 – oryginalny rekord pozostaje niezmieniony
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Porównanie klasy i rekordu w C#

- Klasa - typ referencyjny, porównywanie przez referencję, mutable (zmienny stan), wspiera dziedziczenie i polimorfizm
- Rekord - typ referencyjny lub wartościowy, porównywanie po wartościach, domyślnie immutable, idealny do przechowywania danych
- klasy używamy do modelowania obiektów biznesowych z zachowaniem stanu i metod
- rekordy używamy do DTO, konfiguracji, wyników funkcji lub danych niemodyfikowalnych
- wybór zależy od charakteru danych, wymagań dotyczących niezmienności i semantyki porównania

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

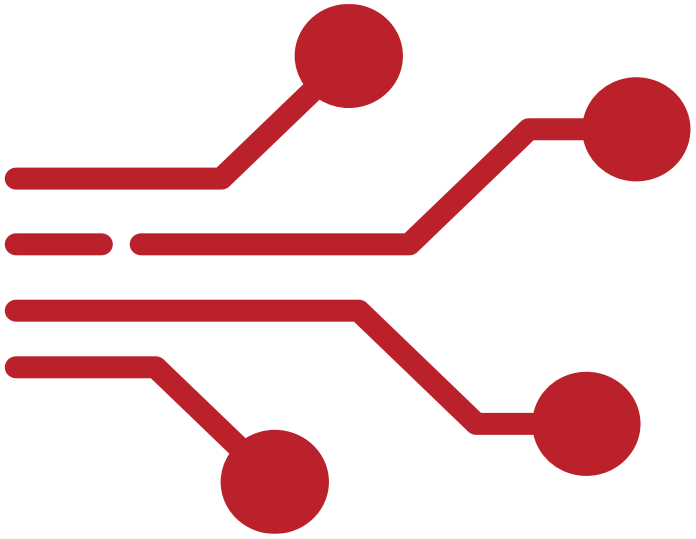
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład omawianych podejść

```
// Klasa
class Employee
{
    public string Name { get; set; }
    public decimal Salary { get; set; }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład

```
// Rekord
public record Product(int Id, string Name, decimal Price);
// Przypisanie i porównanie
var emp1 = new Employee { Name = "Alice", Salary = 5000m };
var emp2 = emp1;
Console.WriteLine(emp1 == emp2); // True – referencje te same
var prod1 = new Product(1, "Laptop", 3000m);
var prod2 = new Product(1, "Laptop", 3000m);
Console.WriteLine(prod1 == prod2); // True – porównanie po wartościach
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład omawianych podejść

```
// Rekord


// Modyfikacja stanu
emp2.Salary += 1000m;
Console.WriteLine(emp1.Salary); // 6000 – zmiana widoczna
dla wszystkich referencji


var prod3 = prod1 with { Price = 2800m };
Console.WriteLine(prod3.Price); // 2800
Console.WriteLine(prod1.Price); // 3000 – rekordy
pozostają niezmienione
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

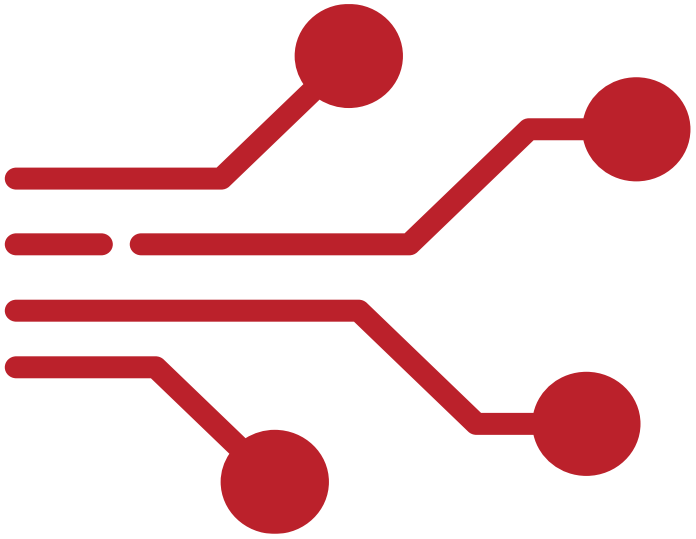
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Struktury (struct) jako typy wartościowe

- typy wartościowe przechowywane na stosie
- kopiowanie tworzy nową, niezależną instancję
- idealne dla małych, prostych danych - np. punkty, wektory, koordynaty
- nie wspierają dziedziczenia ani polimorfizmu
- mogą zawierać pola, właściwości, metody i konstruktory
- użycie struktur zmniejsza narzut pamięciowy i koszty GC przy dużej liczbie obiektów

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



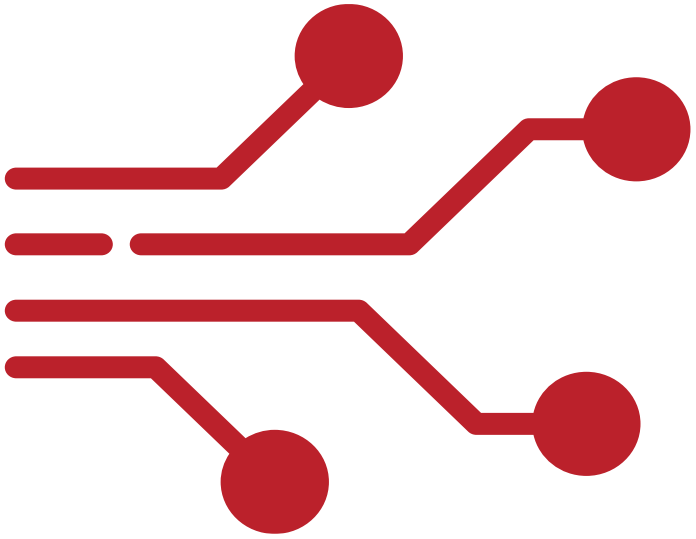
Przykład struktury

```
// Definicja struktury
public struct Point
{
    public int X { get; set; }
    public int Y { get; set; }

    public void Move(int dx, int dy)
    {
        X += dx;
        Y += dy;
    }}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

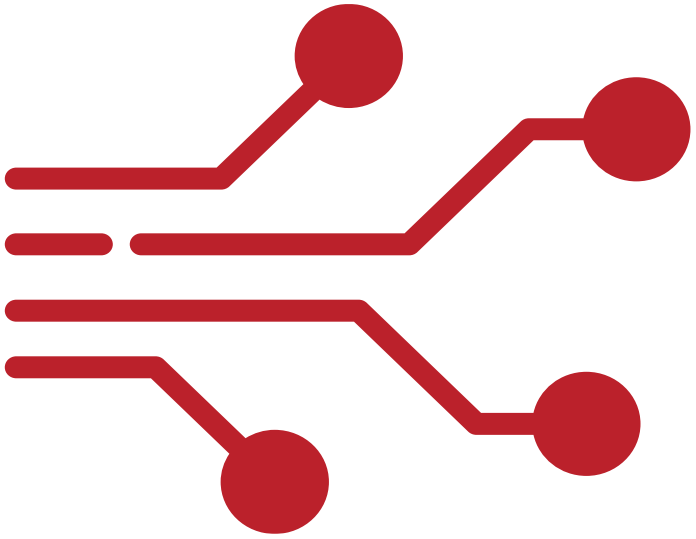
Przykład struktury



```
// Użycie
var p1 = new Point { X = 10, Y = 20 };
var p2 = p1; // kopia wartości
p2.Move(5, 5);

Console.WriteLine($"p1: ({p1.X}, {p1.Y})"); // 10, 20
Console.WriteLine($"p2: ({p2.X}, {p2.Y})"); // 15, 25
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

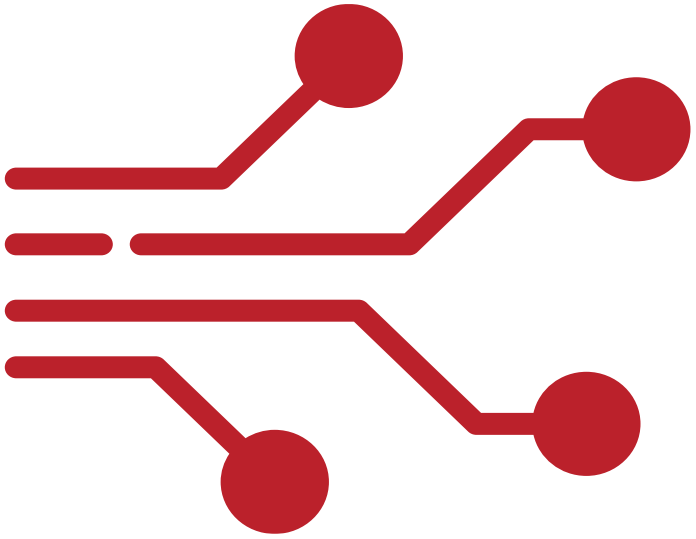


Kiedy stosować struct zamiast class?

- Małe obiekty wartościowe - np. punkty, współrzędne, wektory, kolory
- Duża liczba instancji - stosowanie struct zmniejsza narzut GC i poprawia wydajność
- Obiekty niemodyfikowalne lub rzadko modyfikowane - struct zmniejsza ryzyko efektów ubocznych
- Proste typy danych - brak potrzeby dziedziczenia lub polimorfizmu
- w przeciwnym razie stosujemy class, gdy wymagany jest stan współdzielony, dziedziczenie lub polimorfizm

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

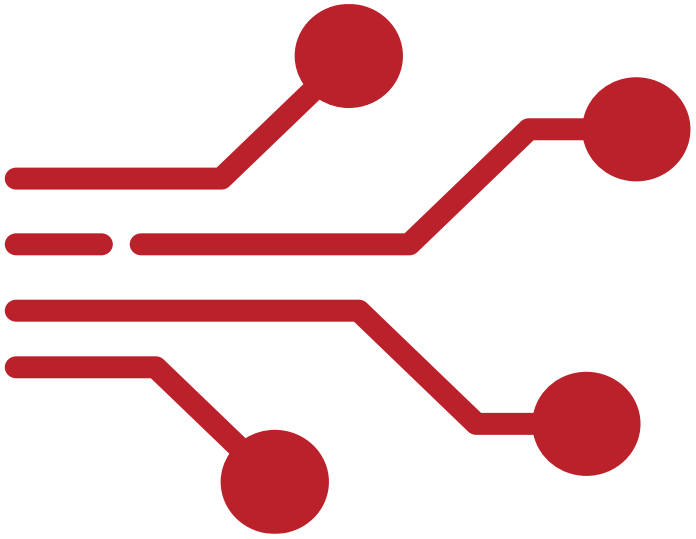


Przykład struktury

```
// Struktury dla prostych danych
struct Color
{
    public byte R, G, B;
}
var c1 = new Color { R = 255, G = 0, B = 0 };
var c2 = c1; // kopia wartości
c2.G = 255;
Console.WriteLine($"c1: ({c1.R}, {c1.G}, {c1.B})"); // 255, 0, 0
Console.WriteLine($"c2: ({c2.R}, {c2.G}, {c2.B})");
// 255, 255, 0
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

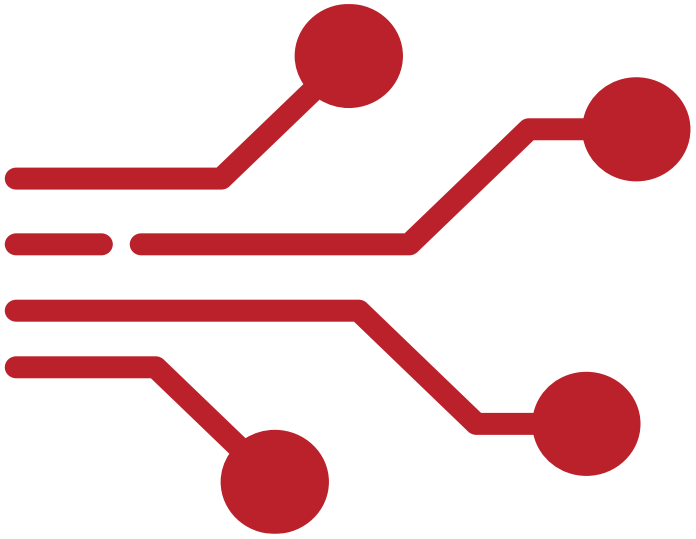


Krotki (tuples)

- ValueTuple pozwala grupować kilka wartości w jednym obiekcie bez definiowania klasy czy struktury
- można używać nazwanych elementów, co zwiększa czytelność: (Id, Name, Amount)
- krotki są typami wartościowymi - kopiowanie tworzy nową niezależną instancję
- idealne do funkcji zwracających wiele wartości lub tymczasowych struktur danych
- wspierają dekonstrukcję dla łatwego przypisywania do zmiennych

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład - krotki

```
// Krotka bez nazwanych elementów
var order1 = (1, "Alice", 120m);
// Krotka z nazwanymi elementami
var order2 = (Id: 2, Customer: "Bob", Amount: 80m);
// Destrukturyzacja
var (id, customer, amount) = order2;
Console.WriteLine($"{customer} ordered {amount:C} (Id: {id})");
// Kopiowanie krotki
var order3 = order2;
order3.Amount = 100m;
Console.WriteLine(order2.Amount); // 80 – oryginał pozostaje niezmieniony
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Krotki nazwane

- pozwalają nadawać znaczące nazwy elementom krotki (Id, Customer, Amount)
- poprawiają czytelność i samodokumentowanie kodu
- wspierają destrukturyzację poprzez szybkie przypisanie elementów do zmiennych lokalnych
- stosowane w przypadku funkcji zwracających wiele wartości lub przetwarzania wyników z LINQ
- można je przekazywać w funkcjach, łączyć z kolekcjami i LINQ

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład – krotki nazwane

```
// Krotka nazwana
var order = (Id: 1, Customer: "Alice", Amount: 120m);
// Dostęp do elementów po nazwach
Console.WriteLine($"{order.Customer} ordered
{order.Amount:C} (Id: {order.Id})");
// Destrukturyzacja
var (id, customer, amount) = order;
Console.WriteLine($"{customer} ordered {amount:C} (Id:
{id})");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład – krotki nazwane

```
// Krotki w funkcji

(string Name, decimal Price) GetProduct() => ("Laptop",
3000m);

var product = GetProduct();

Console.WriteLine($"Product: {product.Name}, Price:
{product.Price:C}");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

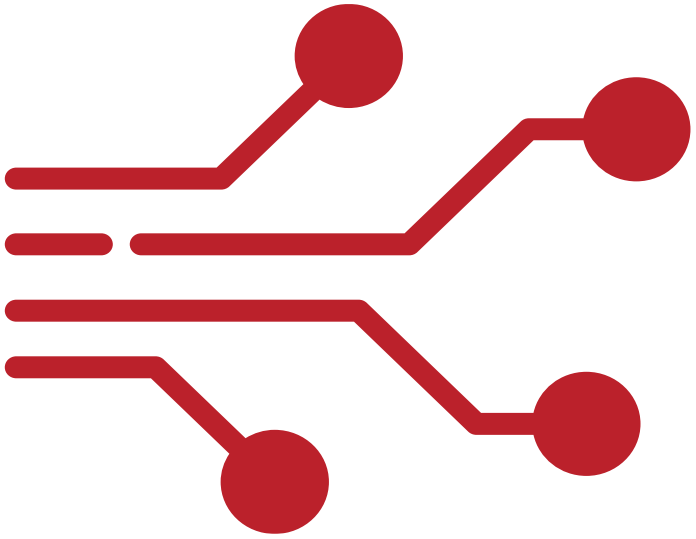
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Porównanie krotek i rekordów

- Krotki (ValueTuple) - typy wartościowe, szybkie, lekkie, idealne do tymczasowych struktur danych
- Rekordy (record) - typy referencyjne lub wartościowe, porównywane po wartościach pól, wspierają niezmienność i metodę with
- krotki są szybkie i wygodne do zwracania wielu wartości z funkcji, ale mają ograniczoną funkcjonalność
- rekordy pozwalają dodawać metody, dziedziczyć, implementować interfejsy, pasują do DTO i obiektów biznesowych
- wybór zależy od złożoności danych, potrzeby niezmienności i semantyki porównania

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład – porównanie podejść

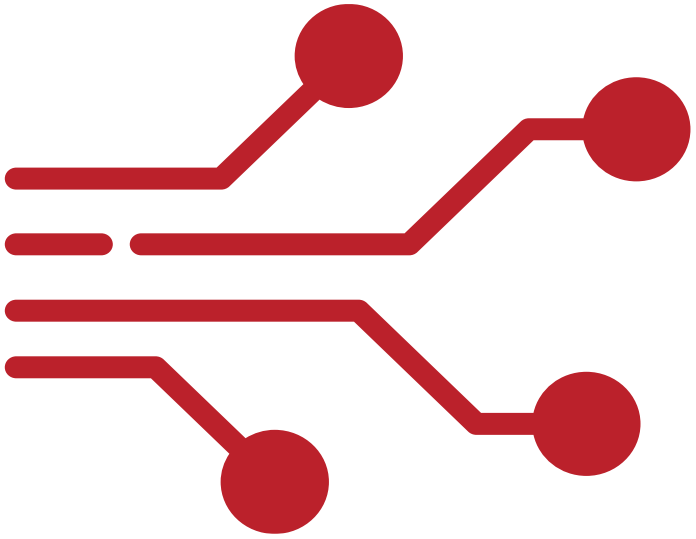
```
// Krotka
var orderTuple = (Id: 1, Customer: "Alice", Amount: 120m);
// Rekord
public record OrderRecord(int Id, string Customer, decimal
Amount);
var orderRecord = new OrderRecord(1, "Alice", 120m);
// Porównanie wartości
var anotherRecord = new OrderRecord(1, "Alice", 120m);
Console.WriteLine(orderRecord == anotherRecord); // True –
rekord porównuje po wartościach
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład – porównanie podejść

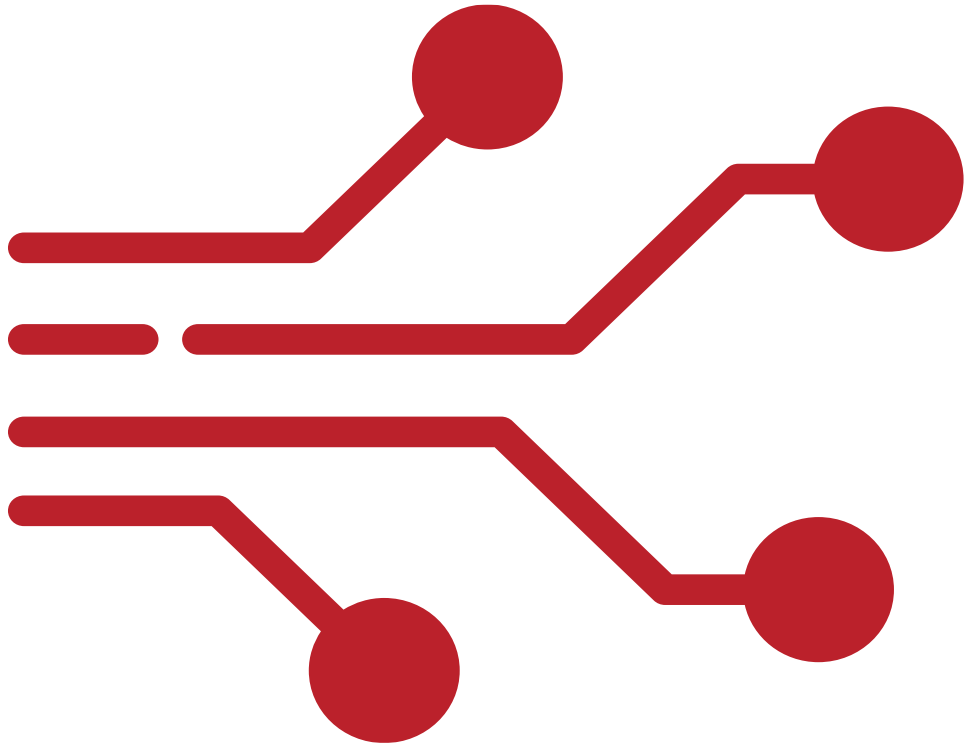
```
// Krotka – szybkie zwracanie wielu wartości z funkcji
(int Id, string Customer, decimal Amount) GetOrder() => (2, "Bob", 80m);
var o = GetOrder();
Console.WriteLine(o.Customer); // Bob
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

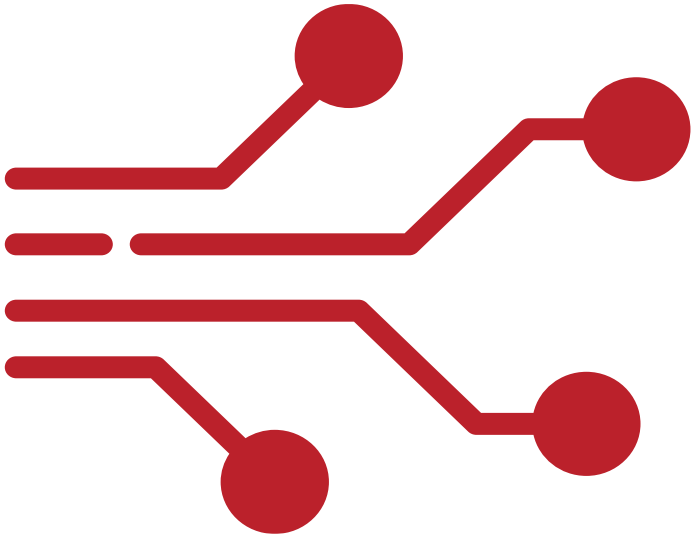
Struktury a kolekcje



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Praktyczne zastosowania krotek i rekordów



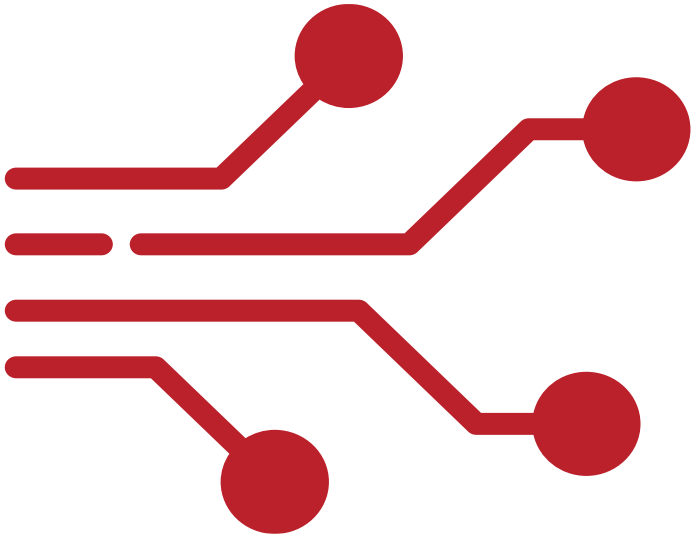
- krotki są używane do zwrotu wielu wartości z funkcji
- rekordy są stosowane do przechowywania danych biznesowych lub DTO
- łatwe łączenie z LINQ - filtracja, sortowanie, grupowanie, transformacje
- wspierają programowanie deklaratywne i funkcyjne w C#
- pozwalają na czytelne i bezpieczne przetwarzanie danych w systemach hybrydowych

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Praktyczne zastosowania krotek i rekordów

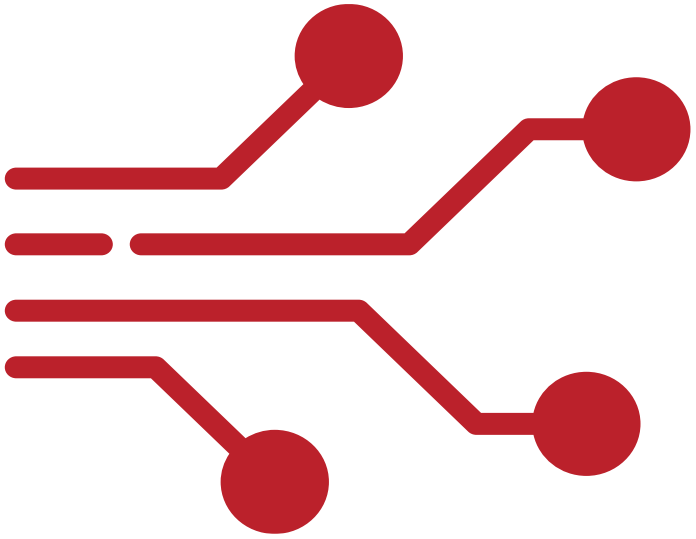
```
public record EmployeeRecord(string Name, decimal Salary);
var employees = new List<EmployeeRecord>
{
    new EmployeeRecord("Alice", 5000m),
    new EmployeeRecord("Bob", 7000m),
    new EmployeeRecord("Charlie", 6000m)
};
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Praktyczne zastosowania krotek i rekordów



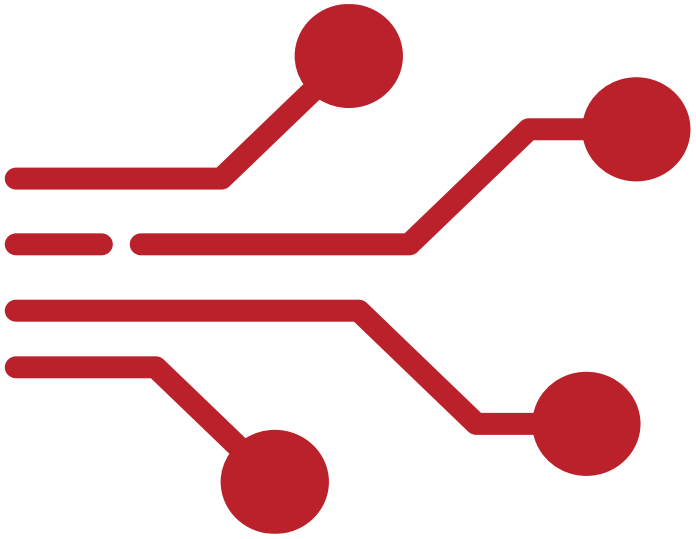
```
// LINQ z rekordami
var highEarners = employees
    .Where(e => e.Salary > 5500)
    .Select(e => e with { Salary = e.Salary * 1.1m }) // 10% podwyżki
    .ToList();

foreach (var e in highEarners)
{
    Console.WriteLine($"{e.Name}: {e.Salary:C}");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Praktyczne zastosowania krotek i rekordów

```
// Funkcja zwracająca krotkę

(string Name, decimal Salary) GetTopEmployee() => ("Dana", 8000m);

var top = GetTopEmployee();

Console.WriteLine($"{top.Name}: {top.Salary:C}");
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

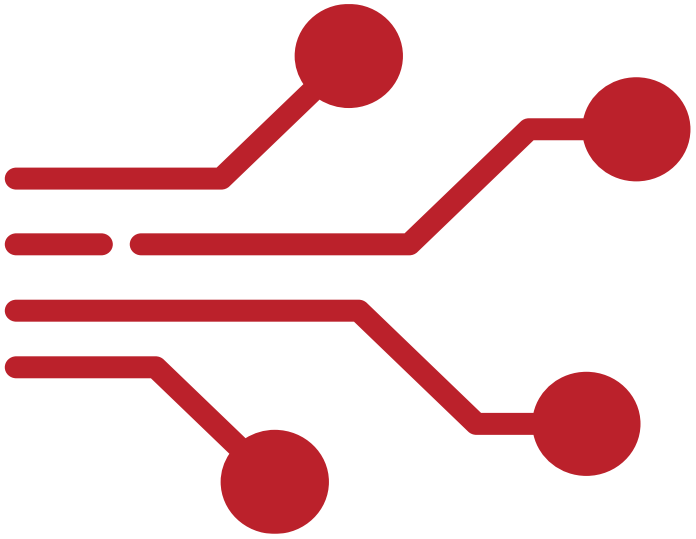
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Tablice, listy i słowniki - przypomnienie

- Tablice - statyczne kolekcje o stałym rozmiarze, szybki dostęp po indeksie
- List<T> - dynamiczne kolekcje generyczne, umożliwiają dodawanie i usuwanie elementów w czasie wykonania
- Dictionary<TKey, TValue> - przechowuje pary klucz-wartość, szybkie wyszukiwanie po kluczu
- kolekcje mogą przechowywać klasy, rekordy, structy i krotki
- podstawowy fundament do przetwarzania danych i budowy systemów

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



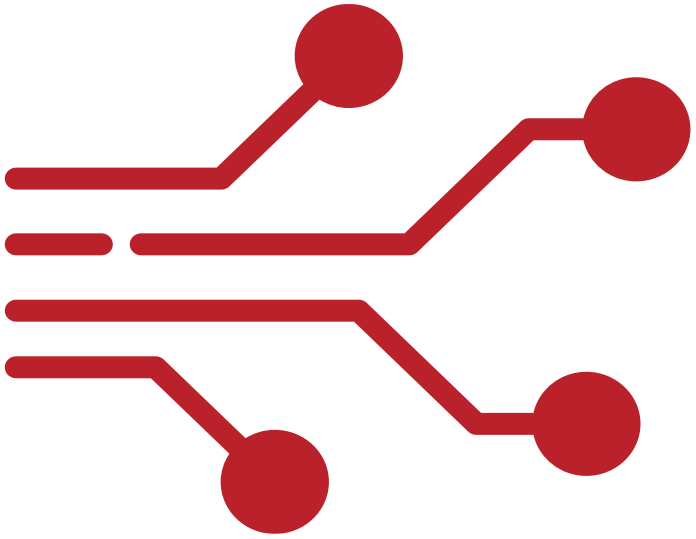
Przykład kolekcji

```
// Tablica
int[] numbers = { 1, 2, 3, 4, 5 };
// Lista
var employeeList = new List<string> { "Alice", "Bob",
"Charlie" };
employeeList.Add("Dana");
// Słownik
var salaryDict = new Dictionary<string, decimal>
{
    ["Alice"] = 5000m,
    ["Bob"] = 7000m
};
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład kolekcji



```
salaryDict["Charlie"] = 6000m;

// Iteracja
foreach (var emp in employeeList)
{
    Console.WriteLine(emp);
}

Console.WriteLine($"Bob's salary: {salaryDict["Bob"]:C}");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

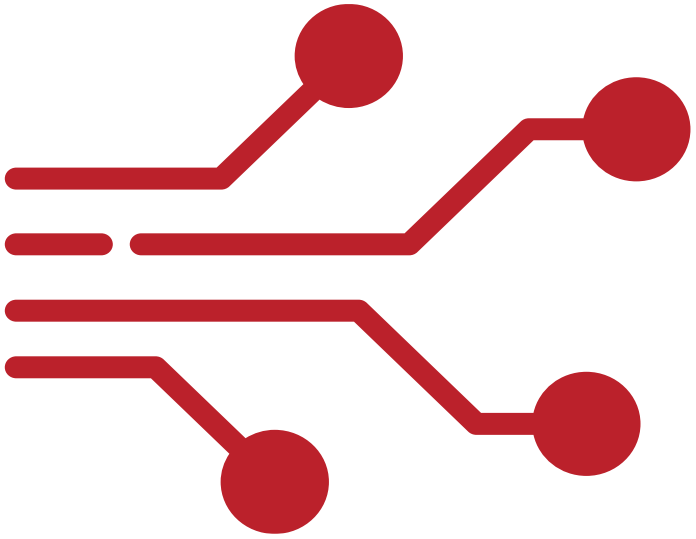
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład 2 - kolekcje

```
// Lista generyczna
var employees = new List<EmployeeRecord>
{
    new EmployeeRecord("Alice", 5000m),
    new EmployeeRecord("Bob", 7000m),
    new EmployeeRecord("Charlie", 6000m)
};
// Filtrowanie i sortowanie z LINQ
var highEarners = employees
    .Where(e => e.Salary > 5500)
    .OrderByDescending(e => e.Salary)
    .ToList();
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład 2 - kolekcje

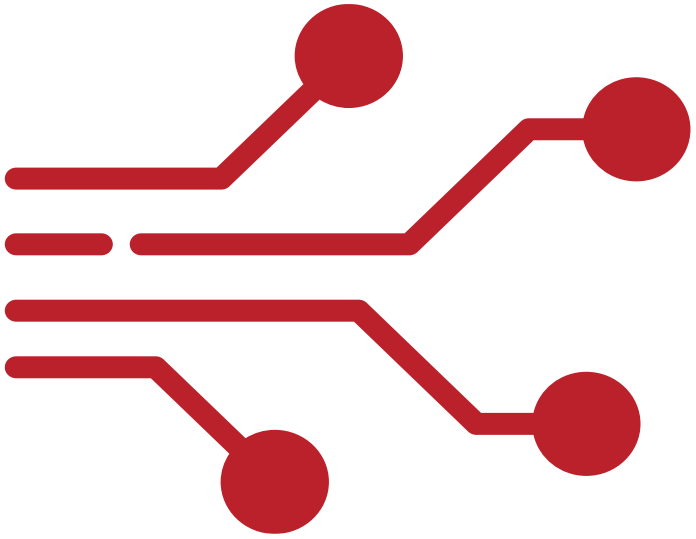
```
foreach (var e in highEarners)
{
    Console.WriteLine($"{e.Name}: {e.Salary:C}");
}
// Słownik generyczny
var salaryDict = new Dictionary<string, decimal>
{
    ["Alice"] = 5000m,
    ["Bob"] = 7000m,
    ["Charlie"] = 6000m
};
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład 2 - kolekcje

```
// Transformacja wartości słownika
var updatedSalaries = salaryDict
    .ToDictionary(kvp => kvp.Key, kvp => kvp.Value * 1.1m);


foreach (var kvp in updatedSalaries)
{
    Console.WriteLine($"{kvp.Key}: {kvp.Value:C}");
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

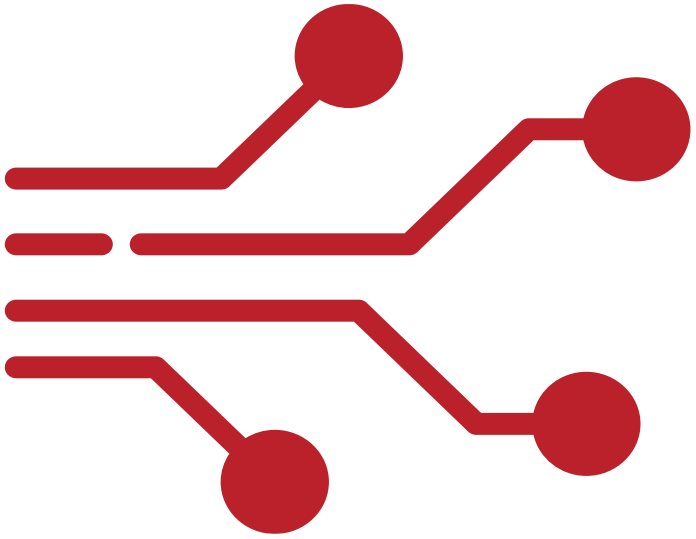
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Typy generyczne <T>

- <T> pozwala tworzyć klasy, struktury, metody i kolekcje działające na dowolnym typie danych
- zapewnia bezpieczeństwo typów w czasie kompilacji - eliminacja rzutowania i błędów typów
- wspiera ponowne użycie kodu - jedna implementacja działa dla wielu typów
- typy generyczne są kluczowe w List<T>, Dictionary<TKey,TValue> i funkcjach funkcyjnych
- umożliwiają tworzenie modularnych, typowo bezpiecznych i elastycznych struktur danych

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład – klasa generyczna

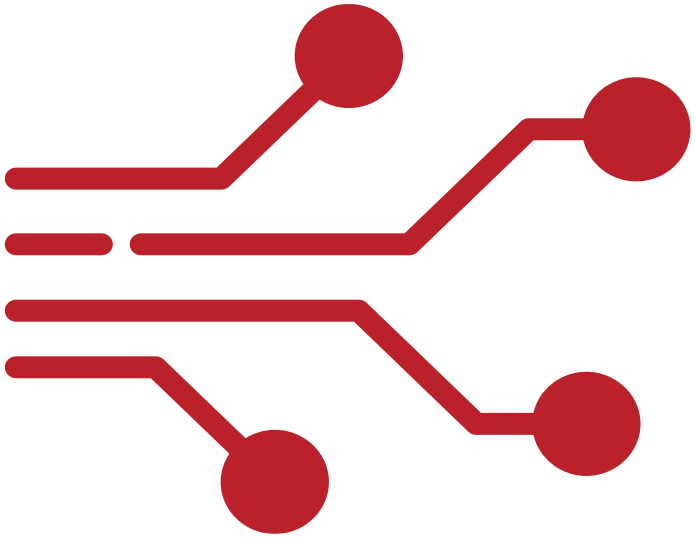
```
// Klasa generyczna
public class Box<T>
{
    public T Value { get; set; }
    public Box(T value) => Value = value;
    public void Print() => Console.WriteLine(Value);
}
// Użycie klasy generycznej
var intBox = new Box<int>(123);
var stringBox = new Box<string>("Hello");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład – klasa generyczna

```
intBox.Print();    // 123
stringBox.Print(); // Hello
```

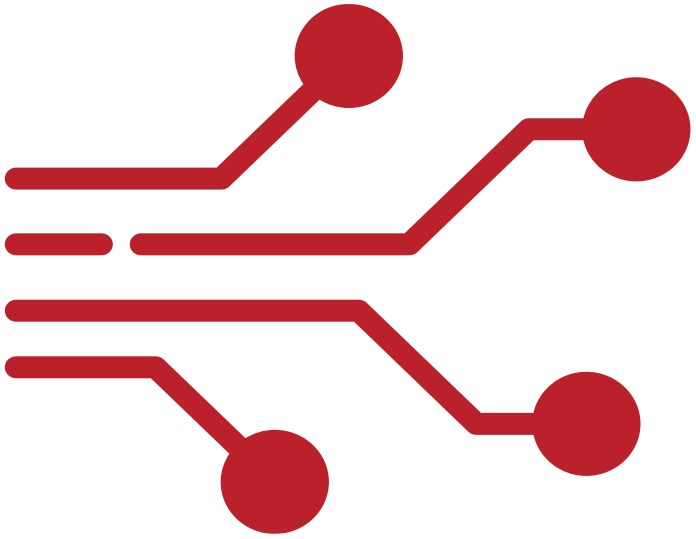


```
// Generyczna metoda
T Echo<T>(T input) => input;
Console.WriteLine(Echo(42));          // 42
Console.WriteLine(Echo("World"));     // World
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Bezpieczne i niezmienne kolekcje w C#



- Immutable Collections - dostępne w System.Collections.Immutable, nie pozwalają na zmianę po utworzeniu
- ReadOnlyCollection<T> - opakowuje istniejącą kolekcję, uniemożliwiając modyfikacje z zewnątrz
- sprzyjają programowaniu funkcyjnemu i czystości funkcji
- umożliwiają bezpieczne współdzielenie danych między wątkami
- dobrze integrują się z rekordami, structami i krotkami, zachowując niezmienność danych

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład kolekcji niemodyfikowalnej

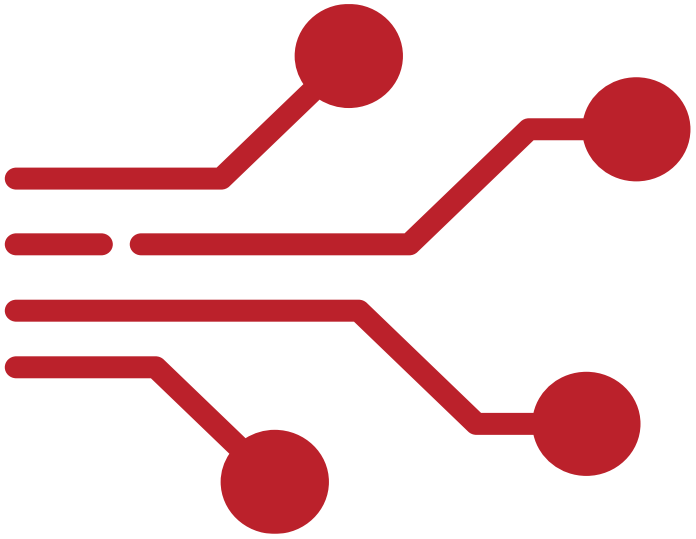
```
// Kolekcja niemodyfikowalna
using System.Collections.Immutable;


var numbers = ImmutableList.Create(1, 2, 3, 4, 5);
var newNumbers = numbers.Add(6); // tworzy nową kolekcję, oryginał pozostaje bez zmian


Console.WriteLine(string.Join(", ", numbers));     // 1, 2, 3, 4, 5
Console.WriteLine(string.Join(", ", newNumbers));  // 1, 2, 3, 4, 5, 6
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład kolekcji niemodyfikowalnej

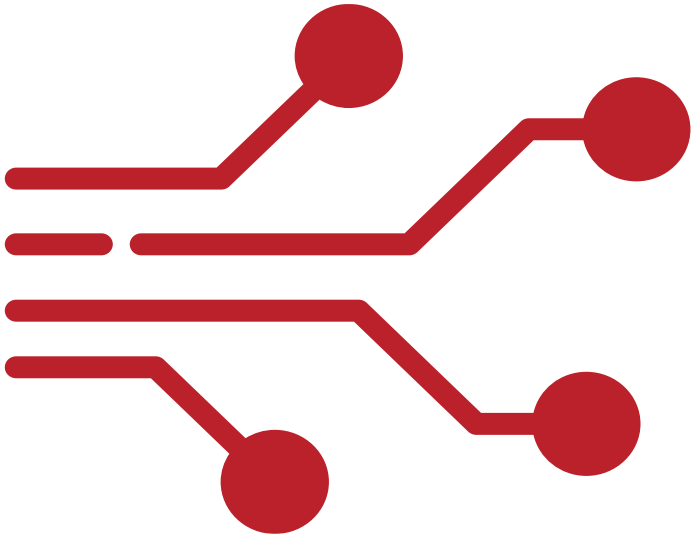
```
// ReadOnlyCollection
var list = new List<string> { "Alice", "Bob" };
var readOnlyList = list.AsReadOnly();
// readOnlyList.Add("Charlie"); // błąd kompilacji – kolekcja tylko do odczytu
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

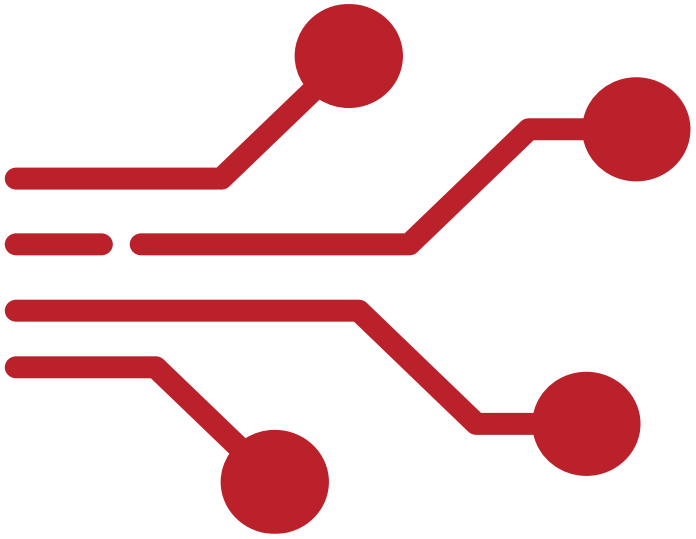
Kolekcje funkcyjne: IEnumerable, LINQ, MoreLINQ (przypomnienie)



- IEnumerable<T> - podstawowy interfejs sekwencji, wspiera leniwe przetwarzanie danych
- LINQ - deklaratywne przetwarzanie kolekcji: filtrowanie, mapowanie, sortowanie, agregacja
- MoreLINQ - rozszerzenie LINQ o dodatkowe operatory, np. Batch, DistinctBy, Pairwise, MinBy/MaxBy
- integracja z rekordami, structami i krotkami pozwala na modularne i czyste operacje
- dobre do przetwarzania dużych danych, strumieni i sekwencji w sposób funkcyjny

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

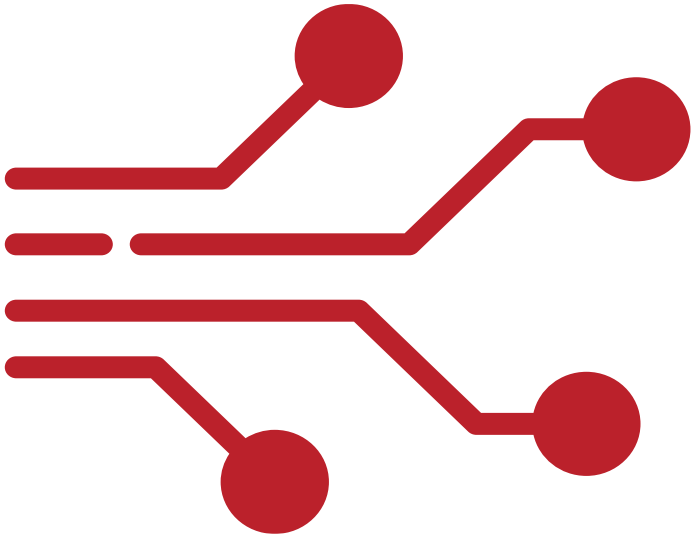


Przykład kolekcji rekordów

```
using MoreLinq;
// Kolekcja rekordów
var employees = new List<EmployeeRecord>
{
    new EmployeeRecord("Alice", 5000m),
    new EmployeeRecord("Bob", 7000m),
    new EmployeeRecord("Charlie", 6000m)
};
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład filtrowania i sortowania

```
using MoreLinq;

// LINQ – filtrowanie i sortowanie

var highEarners = employees

    .Where(e => e.Salary > 5500)

    .OrderByDescending(e => e.Salary)

    .Select(e => e with { Salary = e.Salary * 1.1m }) // 10% podwyżki

    .ToArray();
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład filtrowania i sortowania

```
using MoreLinq;
// MoreLINQ – grupowanie w paczki
var batches = employees.Batch(2);

foreach (var batch in batches)
{
    Console.WriteLine(string.Join(", ", batch.Select(e => e.Name)));
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Integracja struktur danych z podejściem funkcyjnym

- typy wartościowe (struct, ValueTuple) i rekordy wspierają niezmienność danych
- kolekcje funkcyjne (IEnumerable<T>, LINQ, MoreLINQ) umożliwiają deklaratywne przetwarzanie danych
- czyste funkcje operują na danych bez zmiany stanu obiektów
- hybrydowe podejście OOP + FP pozwala łączyć modelowanie obiektowe z bezpiecznym przetwarzaniem danych
- odpowiednie typy danych zmniejszają ryzyko błędów przy przetwarzaniu sekwencji i strumieni danych

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

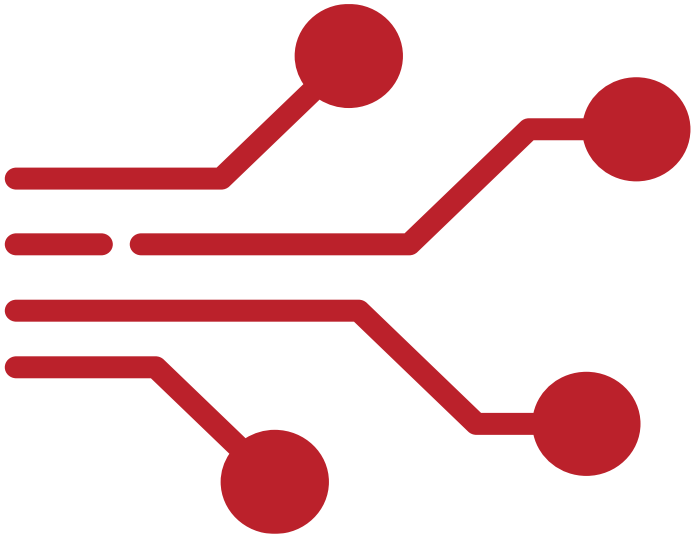
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład – programowanie funkcyjne

```
// Rekordy i LINQ – programowanie funkcyjne
public record Employee(string Name, decimal Salary);

var employees = new List<Employee>
{
    new Employee("Alice", 5000m),
    new Employee("Bob", 7000m),
    new Employee("Charlie", 6000m)
};
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład – programowanie funkcyjne

```
// Czysta funkcja: filtracja i transformacja
var highEarners = employees
    .Where(e => e.Salary > 5500)
    .Select(e => e with { Salary = e.Salary * 1.1m }) // 10% podwyżki
    .ToArray();
foreach (var e in highEarners)
{
    Console.WriteLine($"{e.Name}: {e.Salary:C}");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

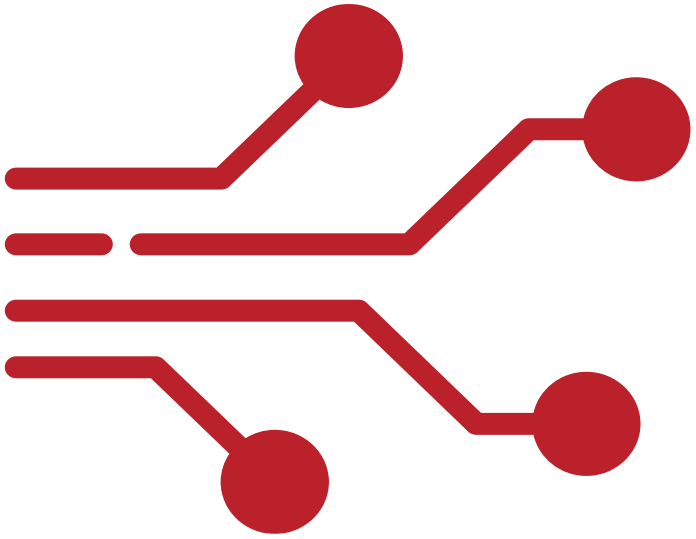
Przykład - ValueTuple w funkcjach

```
(string Name, decimal Salary)
GetTopEmployee(IEnumerable<Employee> list)
{
    var top = list.OrderByDescending(e => e.Salary).First();
    return (top.Name, top.Salary);
}

var topEmployee = GetTopEmployee(employees);
Console.WriteLine($"Top employee: {topEmployee.Name},
Salary: {topEmployee.Salary:C}");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

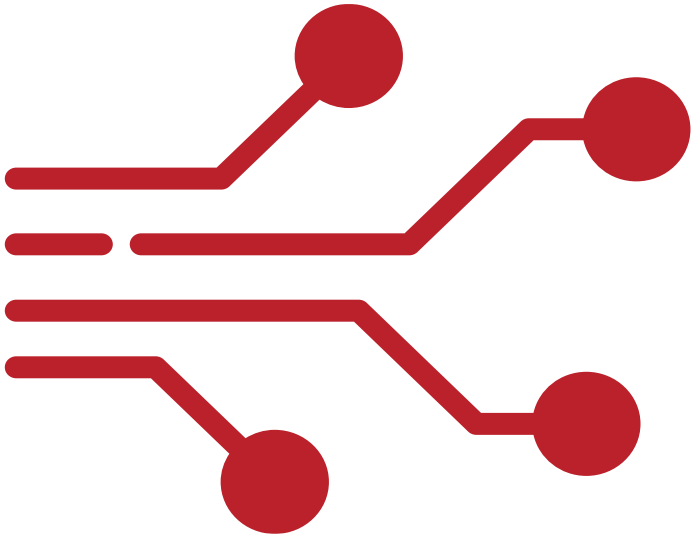
Niezmienność danych w kolekcjach i rekordach



- rekordy i ValueTuple wspierają niemodyfikowalność danych, co minimalizuje efekty uboczne
- Immutable Collections (ImmutableList<T>, ImmutableDictionary<TKey,TValue>) zapewniają bezpieczeństwo przy współbieżnym dostępie
- operacje na danych tworzą nowe instancje, zamiast modyfikować istniejące obiekty
- wspiera programowanie funkcyjne i deklaratywne i zwiększa przewidywalność, testowalność i modularność systemu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład w praktyce

```
using System.Collections.Immutable;

// Lista rekordów
var employees = ImmutableList.Create(
    new EmployeeRecord("Alice", 5000m),
    new EmployeeRecord("Bob", 7000m),
    new EmployeeRecord("Charlie", 6000m)
);

// Dodanie elementu tworzy nową listę
var updatedEmployees = employees.Add(new
EmployeeRecord("Dana", 6500m));
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład w praktyce

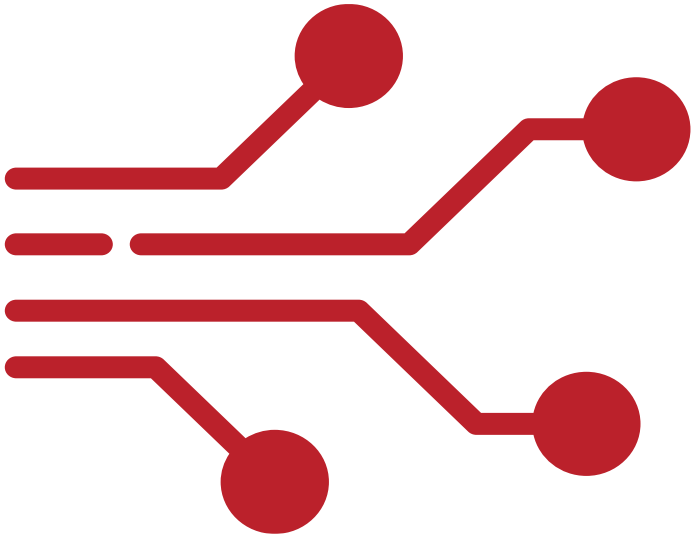
```
// Modyfikacja rekordów – tworzenie kopii
var incrementedSalaries = updatedEmployees
    .Select(e => e with { Salary = e.Salary * 1.1m })
    .ToList();
foreach (var e in incrementedSalaries)
{
    Console.WriteLine($"{e.Name}: {e.Salary:C}");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład w praktyce

```
// Oryginalna lista pozostaje niezmieniona

Console.WriteLine($"Original count: {employees.Count}"); // 3

Console.WriteLine($"Updated count: {updatedEmployees.Count}"); // 4
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład w praktyce 2

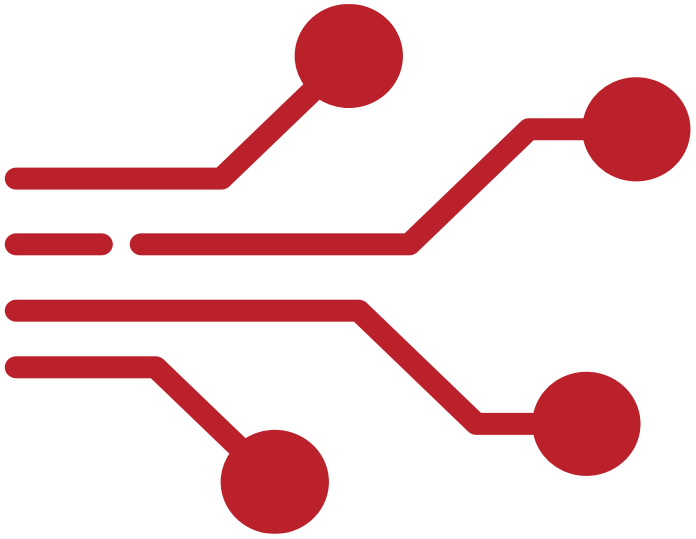
```
// Rekordy
public record Employee(string Name, decimal Salary);
var employees = new List<Employee>
{
    new Employee("Alice", 5000m),
    new Employee("Bob", 7000m),
    new Employee("Charlie", 6000m)
};
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład w praktyce 2

```
// LINQ z funkcjami czystymi
var highEarners = employees
    .Where(e => e.Salary > 5500)
    .Select(e => e with { Salary = e.Salary * 1.1m }) // 10% podwyżki
    .ToArray();
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład w praktyce 2

```
// ValueTuple w funkcji
(string Name, decimal Salary)
GetTopEmployee(IEnumerable<Employee> list)
{
    var top = list.OrderByDescending(e => e.Salary).First();
    return (top.Name, top.Salary);
}

var topEmployee = GetTopEmployee(employees);
Console.WriteLine($"Top employee: {topEmployee.Name},
Salary: {topEmployee.Salary:C}");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

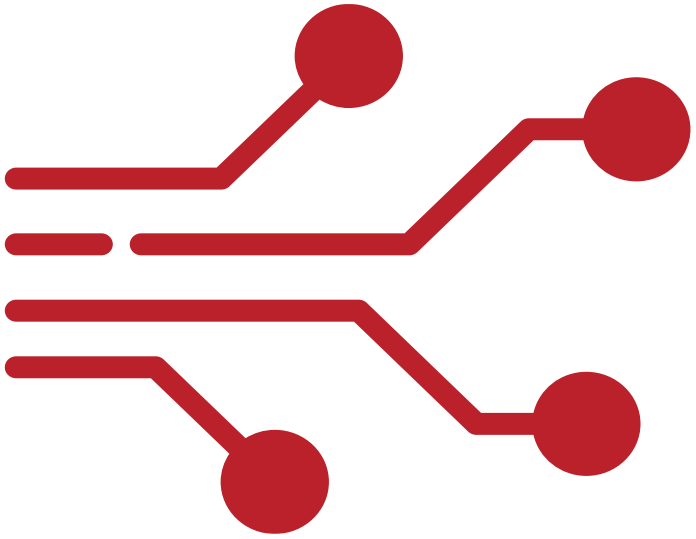
Wnioski i dobre praktyki

- Dobór typu danych zależy od charakteru obiektu:
  - class złożone obiekty, dziedziczenie, współdzielenie stanu
  - struct - małe typy wartościowe, szybkie kopiowanie, brak dziedziczenia
  - record - niemodyfikowalne dane, porównywanie po wartościach, DTO
  - ValueTuple - grupowanie wartości, szybkie zwracanie wielu wyników
- Immutability zwiększa bezpieczeństwo danych i przewidywalność kodu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wnioski i dobre praktyki



- Kolekcje generyczne i LINQ ułatwiają deklaratywne, funkcyjne przetwarzanie danych
- Integracja OOP + FP pozwala łączyć modelowanie obiektowe z czystymi, modularnymi funkcjami
- stosowanie ImmutableList, ReadOnlyCollection i rekordów pozwala unikać efektów ubocznych
- najlepsze praktyki obejmują czytelność, modularność, testowalność i wydajność

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład porównawczy

```
// Klasy
class Customer
{
    public string Name { get; set; }
    public string Email { get; set; }
}

// Rekordy
public record Product(int Id, string Name, decimal Price);
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

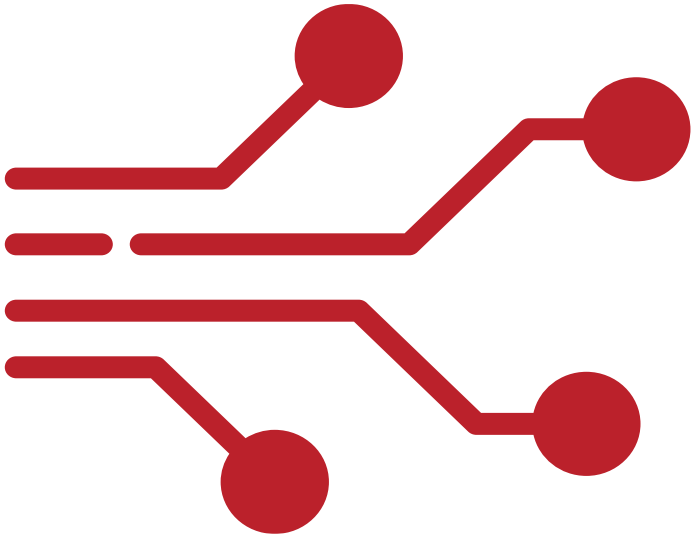
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład porównawczy

```
// Struct
public struct Item
{
    public Product Product { get; set; }
    public int Quantity { get; set; }
}

// Tworzenie danych
var customer = new Customer { Name = "Alice", Email =
"alice@example.com" };
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład porównawczy

```
var products = new List<Product>
{
    new Product(1, "Laptop", 3000m),
    new Product(2, "Mouse", 150m),
    new Product(3, "Keyboard", 400m)
};
var orderItems = new List<Item>
{
    new Item { Product = products[0], Quantity = 1 },
    new Item { Product = products[1], Quantity = 2 },
    new Item { Product = products[2], Quantity = 1 }};
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład porównawczy

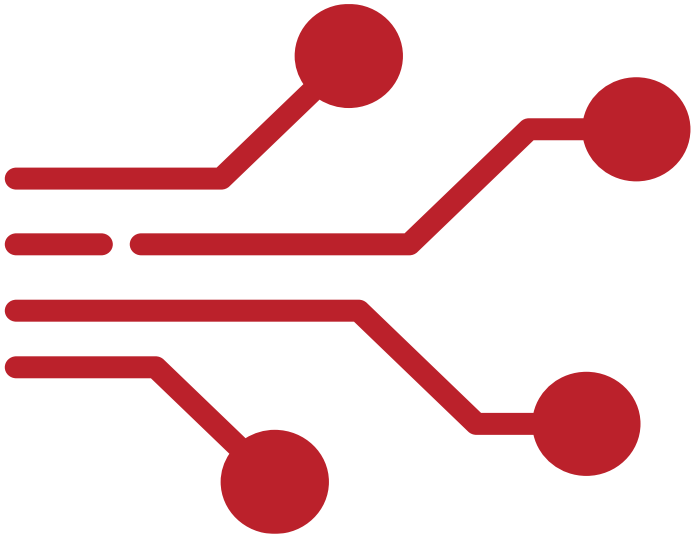
```
// Przetwarzanie danych z LINQ i krotkami
var orderSummary = orderItems
    .Select(i => (ProductName: i.Product.Name, TotalPrice: i.Product.Price * i.Quantity))
    .ToList();
// Wyświetlenie podsumowania
foreach (var item in orderSummary)
{
    Console.WriteLine($"{item.ProductName}: {item.TotalPrice:C}");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład porównawczy

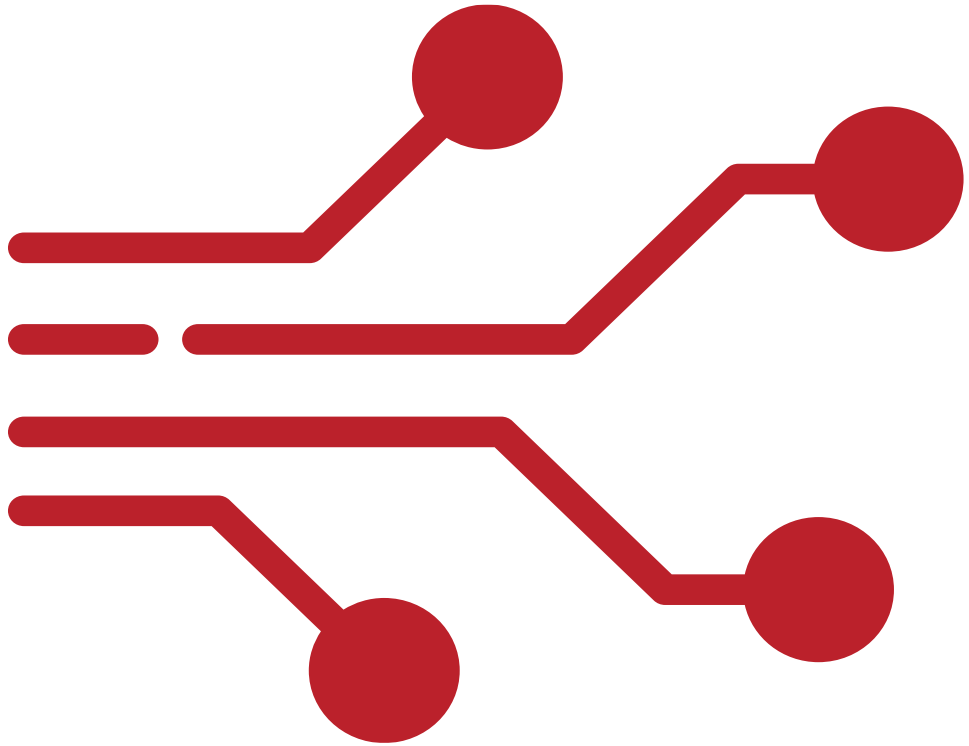
```
// Łączna wartość zamówienia
var total = orderSummary.Sum(i => i.TotalPrice);
Console.WriteLine($"Total order: {total:C}");
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Stosowanie porównań i rzutowań w obiektach



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

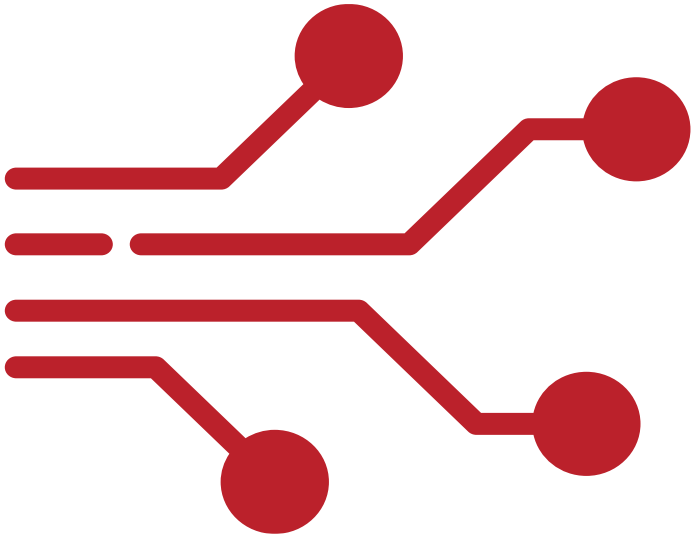
Equals()

- Equals(object obj) - metoda służąca do porównywania obiektów
- Domyślna implementacja w klasie object porównuje referencje - sprawdza, czy dwie zmienne wskazują na ten sam obiekt w pamięci
- Różnica między porównaniem referencji a wartości w klasach:
  - ReferenceEquals(a, b) sprawdza jedynie, czy zmienne wskazują na ten sam obiekt
  - Equals(a, b) może być nadpisana, domyślnie również sprawdza referencję

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład porównania



```
class Person
{
    public string Name { get; set; }
    public int Age { get; set; }
}

Person p1 = new Person { Name = "Alice", Age = 30 };
Person p2 = new Person { Name = "Alice", Age = 30 };
Person p3 = p1;
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

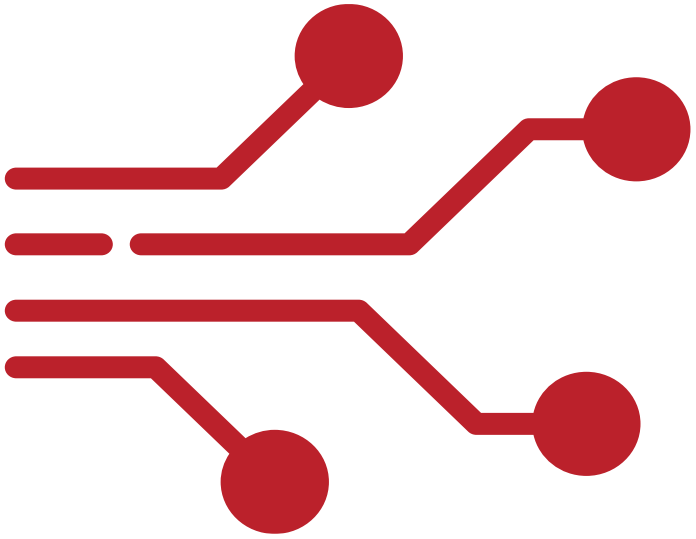
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład porównania

```
Console.WriteLine(p1.Equals(p2));
// False – różne obiekty, domyślne Equals porównuje referencję

Console.WriteLine(object.ReferenceEquals(p1, p2));
// False – różne adresy w pamięci

Console.WriteLine(p1.Equals(p3));
// True – ta sama referencja

Console.WriteLine(object.ReferenceEquals(p1, p3)); // True
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Equals, ==, ReferenceEquals

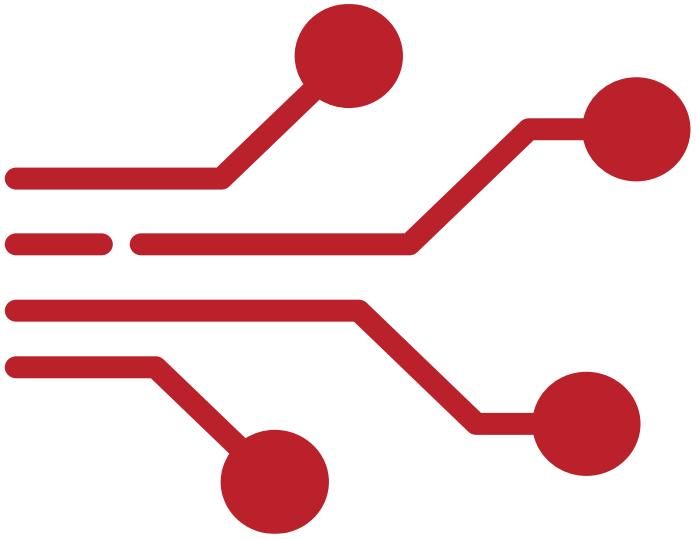
- Operator == w klasach referencyjnych domyślnie porównuje referencje
- Equals() w klasie object również porównuje referencje, ale może być nadpisany w klasach niestandardowych
- ReferenceEquals(obj1, obj2) - zawsze porównuje adresy obiektów w pamięci
- W rekordach operator == i Equals() porównują wartości właściwości
- Kluczowa praktyczna różnica: domyślne klasy - referencja, rekordy - wartość

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

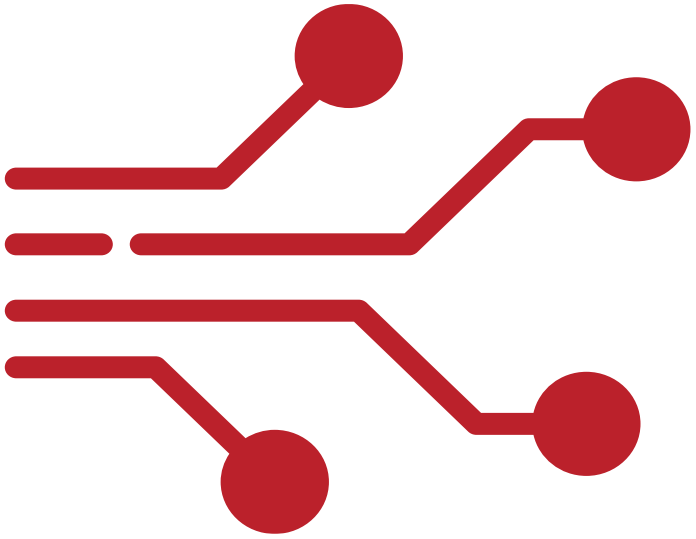
Przykład porównania

```
class Person
{
    public string Name { get; set; }
    public int Age { get; set; }
}

var p1 = new Person { Name = "Alice", Age = 30 };
var p2 = new Person { Name = "Alice", Age = 30 };
var p3 = p1;
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład porównania

```
Console.WriteLine(p1 == p2);                    // False – operator == porównuje referencje

Console.WriteLine(p1.Equals(p2));               // False – Equals domyślnie porównuje referencje

Console.WriteLine(object.ReferenceEquals(p1, p2)); // False – różne obiekty

Console.WriteLine(p1 == p3);                    // True – ta sama referencja

Console.WriteLine(p1.Equals(p3));               // True – ta sama referencja

Console.WriteLine(object.ReferenceEquals(p1, p3)); // True
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład z rekordem

```
public record PersonRecord(string Name, int Age);


var r1 = new PersonRecord("Alice", 30);
var r2 = new PersonRecord("Alice", 30);


Console.WriteLine(r1 == r2);       // True – porównanie po wartościach
Console.WriteLine(r1.Equals(r2)); // True – strukturalne porównanie
Console.WriteLine(object.ReferenceEquals(r1, r2)); // False – różne obiekty w heap - stercie
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

GetHashCode()

- Zwraca liczbę całkowitą reprezentującą obiekt, używaną w hash tables, Dictionary, HashSet
- W połączeniu z Equals() umożliwia poprawne porównywanie obiektów w strukturach opartych na haszach
- Zasady implementacji:
  - Jeśli nadpisujemy Equals(), musimy nadpisać też GetHashCode()
  - Równe obiekty (Equals() == true) muszą mieć ten sam hash code
  - Nierówne obiekty mogą mieć taki sam hash code, ale minimalizacja kolizji zwiększa wydajność

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład GetHashCode

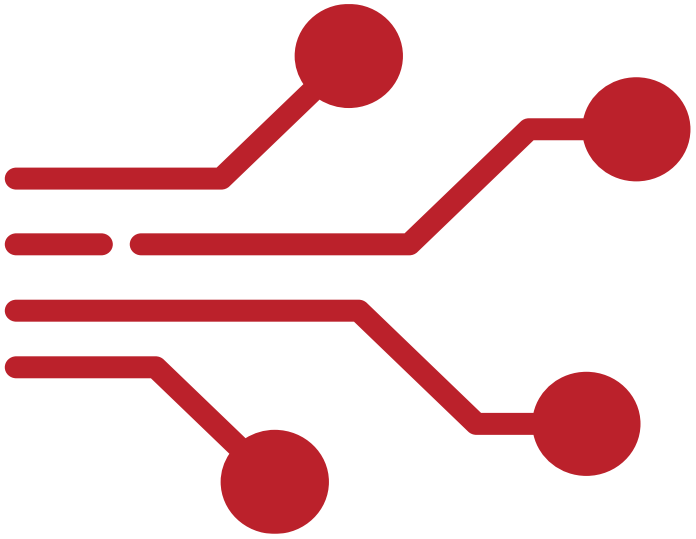
```
class Person
{
    public string Name { get; set; }
    public int Age { get; set; }

    public override bool Equals(object obj)
    {
        if (obj is not Person other) return false;
        return Name == other.Name && Age == other.Age;
    }
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

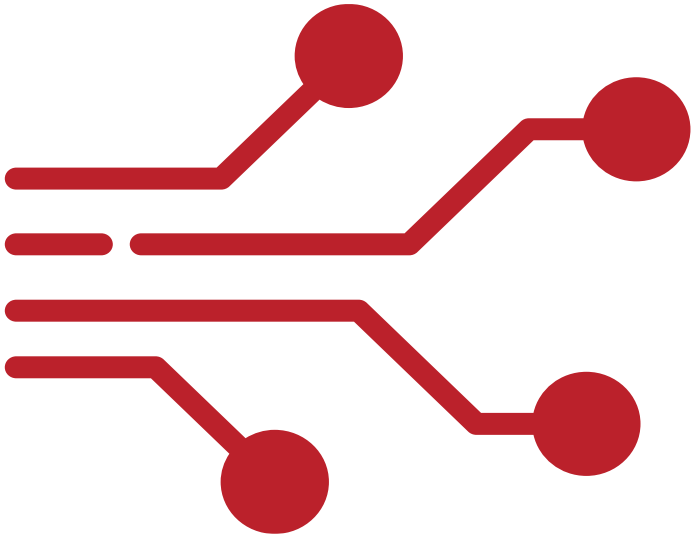
Przykład GetHashCode

```
    public override int GetHashCode()
    {
        return HashCode.Combine(Name, Age);
    }
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład - HashSet

```
// Użycie w HashSet
var p1 = new Person { Name = "Alice", Age = 30 };
var p2 = new Person { Name = "Alice", Age = 30 };


var set = new HashSet<Person>();
set.Add(p1);
set.Add(p2); // nie zostanie dodany, bo Equals = true i hash code = ten sam


Console.WriteLine(set.Count); // 1
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

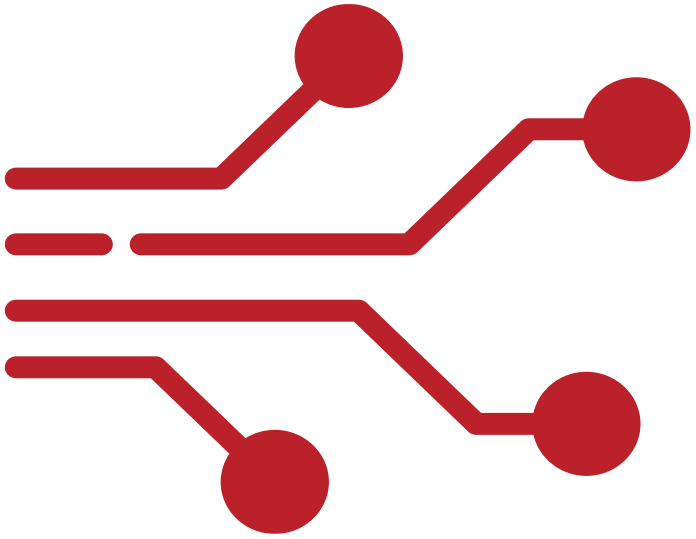
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Nadpisywanie Equals() w klasach ze złożonymi polami

- Nadpisanie Equals() jest konieczne, gdy porównujemy obiekty po wartości, a klasa zawiera:
  - Pola referencyjne (np. inne klasy)
  - Kolekcje (List, Dictionary)
  - Złożone typy domenowe
- Cel: porównanie wszystkich istotnych właściwości obiektu zamiast referencji
- Ważne: jeśli nadpisujemy Equals(), trzeba też nadpisać GetHashCode(), aby zachować spójność w kolekcjach hashujących

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

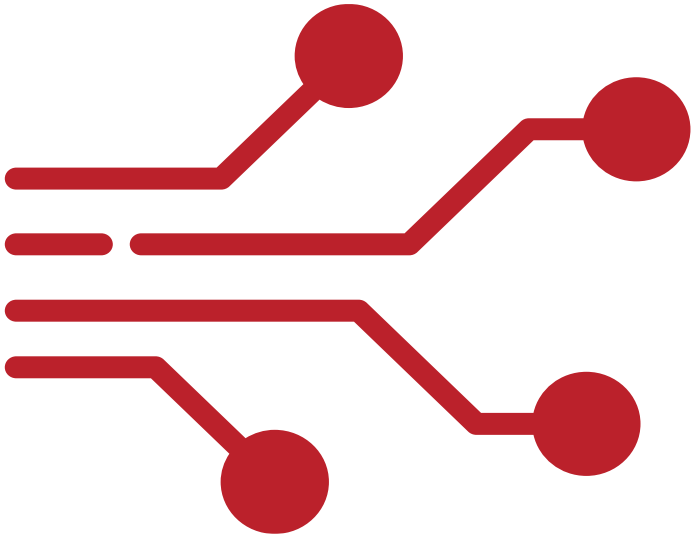


Przykład - nadpisywanie Equals()

```
class Address
{
    public string Street { get; set; }
    public string City { get; set; }
    public override bool Equals(object obj) =>
        obj is Address a && Street == a.Street && City ==
a.City;
    public override int GetHashCode() =>
HashCode.Combine(Street, City);
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład - nadpisywanie Equals()

```
class Person
{
    public string Name { get; set; }
    public Address Address { get; set; }
    public override bool Equals(object obj)
    {
        if (obj is not Person other) return false;
        return Name == other.Name &&
               (Address?.Equals(other.Address) ??
other.Address == null);
    }
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

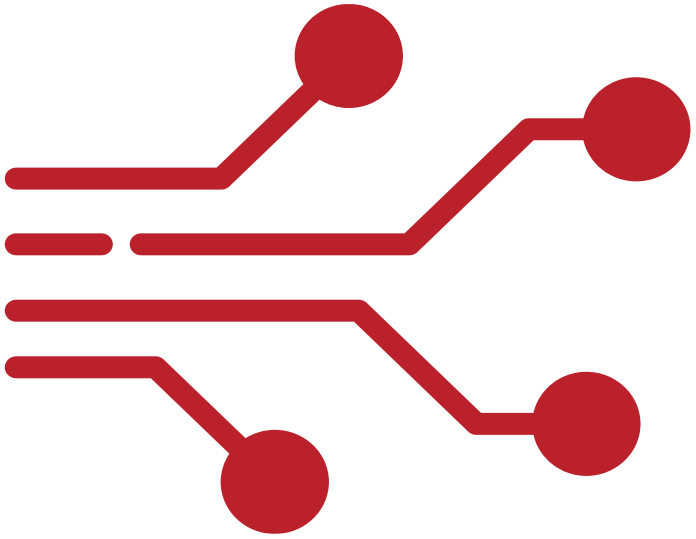
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład - nadpisywanie Equals()

```
    public override int GetHashCode() =>
HashCode.Combine(Name, Address);

}


// Test porównania

var p1 = new Person { Name = "Alice", Address = new Address
{ Street = "Main", City = "Warsaw" } };

var p2 = new Person { Name = "Alice", Address = new Address
{ Street = "Main", City = "Warsaw" } };


Console.WriteLine(p1.Equals(p2)); // True – wszystkie pola
porównane po wartościach
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



as i is - bezpieczne rzutowania w klasach

- is sprawdza, czy obiekt jest danym typem
- as wykonuje bezpieczne rzutowanie, zwraca null jeśli typ nie pasuje
- Rzutowania przydatne w dziedziczeniu i hierarchiach klas
- Pozwalają unikać wyjątków typu InvalidCastException

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład (as i is)

```
class Person
{
    public string Name { get; set; }
}
class Employee : Person
{
    public int EmployeeId { get; set; }
}
Person p = new Employee { Name = "Bob", EmployeeId = 123 };
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład (as i is)

```
// użycie is
if (p is Employee emp1)
{
    Console.WriteLine($"EmployeeId: {emp1.EmployeeId}");
}
// użycie as
Employee emp2 = p as Employee;
if (emp2 != null)
{
    Console.WriteLine($"EmployeeId: {emp2.EmployeeId}");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład (as i is)

```
// niepoprawne rzutowanie powoduje wyjątek
try
{
    Person p2 = new Person { Name = "Alice" };
    Employee emp3 = (Employee)p2; // InvalidCastException
}
catch (InvalidCastException)
{
    Console.WriteLine("Nie można rzutować Person na Employee");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

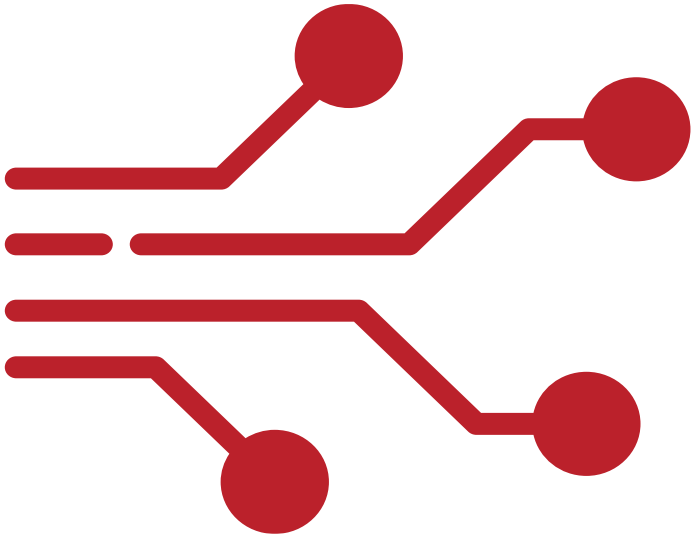
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład (as i is)

```
//Wyjście:
EmployeeId: 123
EmployeeId: 123
Nie można rzutować Person na Employee
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Sprawdzanie typów w klasach

- GetType() - metoda instancji, zwraca rzeczywisty typ obiektu w runtime
- typeof() – operator kompilatora, zwraca typ znany w czasie kompilacji

Stosowane do:

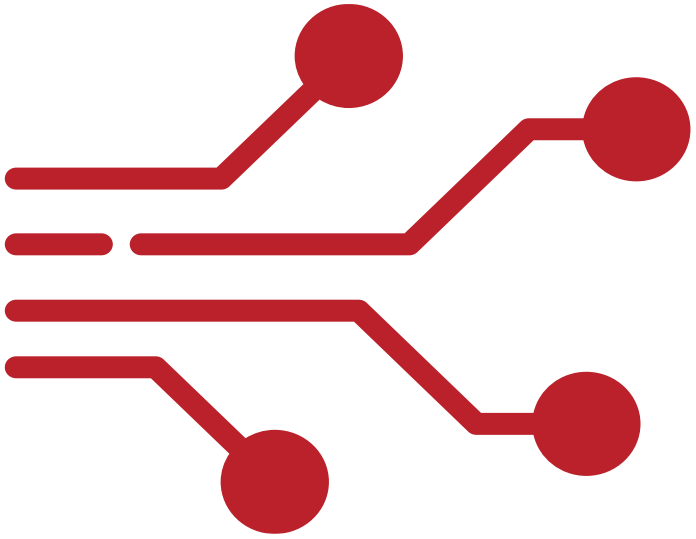
- Porównań typów
- Refleksji (dynamiczne tworzenie instancji, odczyt właściwości/metod)

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład sprawdzania typów

```
class Person { }
class Employee : Person { }

Person p1 = new Person();
Person p2 = new Employee();
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład sprawdzania typów

```
// GetType() – sprawdza rzeczywisty typ obiektu
Console.WriteLine(p1.GetType() == typeof(Person));   // True
Console.WriteLine(p2.GetType() == typeof(Person));   // False
Console.WriteLine(p2.GetType() == typeof(Employee)); // True

// typeof() – typ znany w czasie kompilacji
Console.WriteLine(typeof(Person) == typeof(Person)); // True
Console.WriteLine(typeof(Employee) == typeof(Person)); // False
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Rzutowania i porównywanie klas dziedziczących. Przykład

```
class Person
{
    public string Name { get; set; }
}
class Employee : Person
{
    public int EmployeeId { get; set; }
}
Person p1 = new Employee { Name = "Bob", EmployeeId = 123 };
Person p2 = new Employee { Name = "Bob", EmployeeId = 123 };
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Rzutowania i porównywanie klas dziedziczących. Przykład

```
// Sprawdzenie typu z 'is'
if (p1 is Employee emp1)
{
    Console.WriteLine($"EmployeeId (is): {emp1.EmployeeId}");
}
// Sprawdzenie typu z 'as'
Employee emp2 = p2 as Employee;
if (emp2 != null)
{
    Console.WriteLine($"EmployeeId (as): {emp2.EmployeeId}");}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Rzutowania i porównywanie klas dziedziczących. Przykład

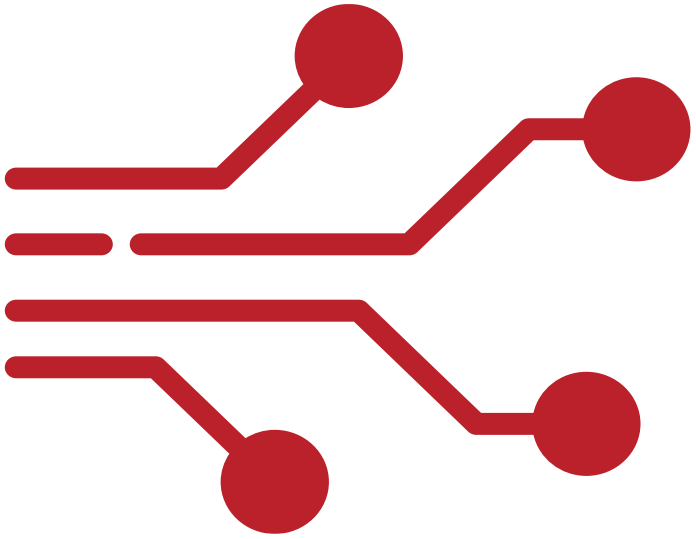
```
// Explicit cast
try
{
    Person p3 = new Person { Name = "Alice" };
    Employee emp3 = (Employee)p3; // InvalidCastException
}
catch (InvalidCastException)
{
    Console.WriteLine("Nie można rzutować Person na
Employee");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

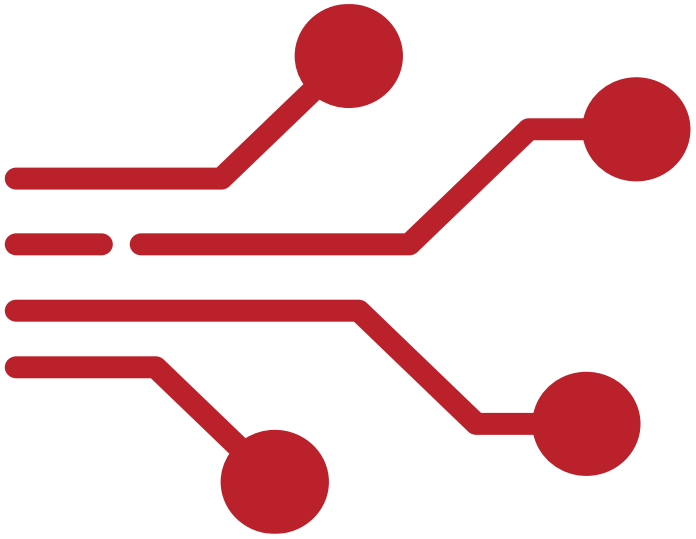
Przykład. Rzutowania i porównywanie klas dziedziczących. Przykład

```
// Porównanie po wartościach

Console.WriteLine(p1.Equals(p2)); // False – domyślnie
Equals porównuje referencję

Console.WriteLine(p1.GetType() == p2.GetType()); // True –
obie instancje Employee
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

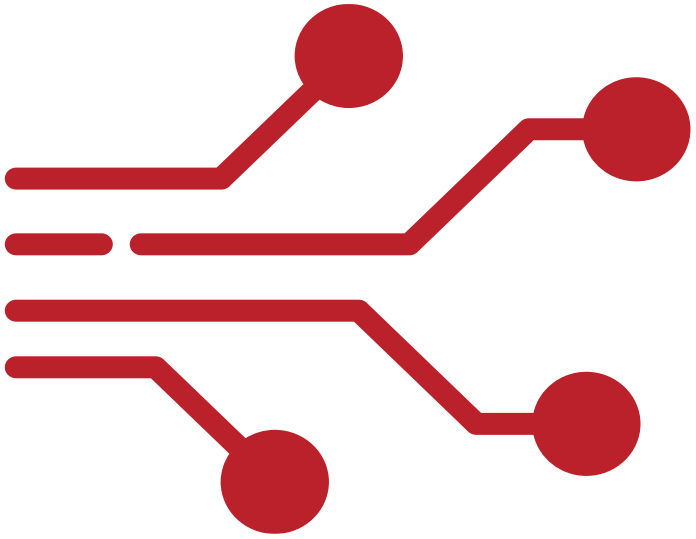


Przykład 2 (rzutowanie)

```
class Person
{
    public string Name { get; set; }
    public override bool Equals(object obj) =>
        obj is Person p && Name == p.Name;
    public override int GetHashCode() => Name.GetHashCode();
}
class Employee : Person
{
    public int EmployeeId { get; set; }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

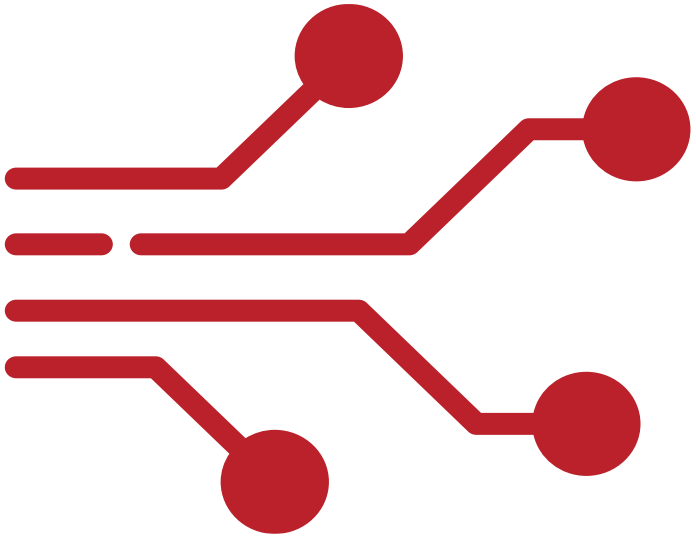


Przykład 2 (rzutowanie)

```
class Manager : Employee
{
    public int Level { get; set; }
}
Person p1 = new Employee { Name = "Alice", EmployeeId = 100
};
Person p2 = new Employee { Name = "Alice", EmployeeId = 100
};
Person p3 = new Manager { Name = "Alice", EmployeeId = 100,
Level = 1 };
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład 2 (rzutowanie)

```
// Porównania Equals i ==

Console.WriteLine(p1.Equals(p2));              // True – nadpisane Equals

Console.WriteLine(p1 == p2);                   // False – operator == porównuje referencje

Console.WriteLine(object.ReferenceEquals(p1, p2)); // False


// Rzutowanie z 'is'

if (p3 is Manager m)

{

    Console.WriteLine($"Manager Level: {m.Level}");

}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład 2 (rzutowanie)

```
// Rzutowanie z 'as'
Employee e = p3 as Employee;
if (e != null)
{
    Console.WriteLine($"EmployeeId: {e.EmployeeId}");
}

// Sprawdzenie rzeczywistego typu
Console.WriteLine(p3.GetType() == typeof(Employee)); // False
Console.WriteLine(p3.GetType() == typeof(Manager));  // True
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Dziękuję za uwagę

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wykład nr 9
Temat: Wybrane wzorce projektowe

Paweł Karczmarek
Politechnika Lubelska, Katedra Inteligencji Obliczeniowej

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

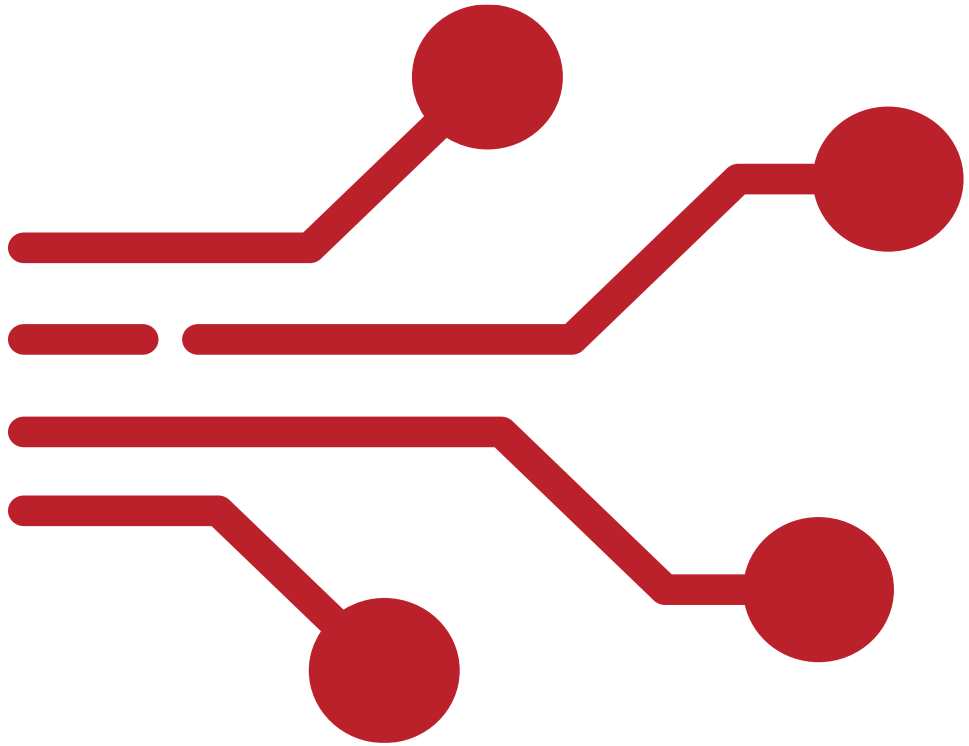
Plan prezentacji

- Przykładowe wzorce
- Wstrzykiwanie zależności

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

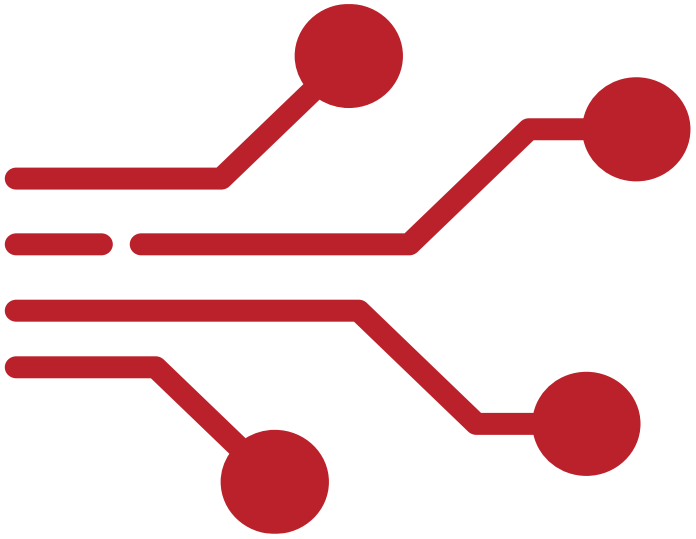
Przykładowe wzorce



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

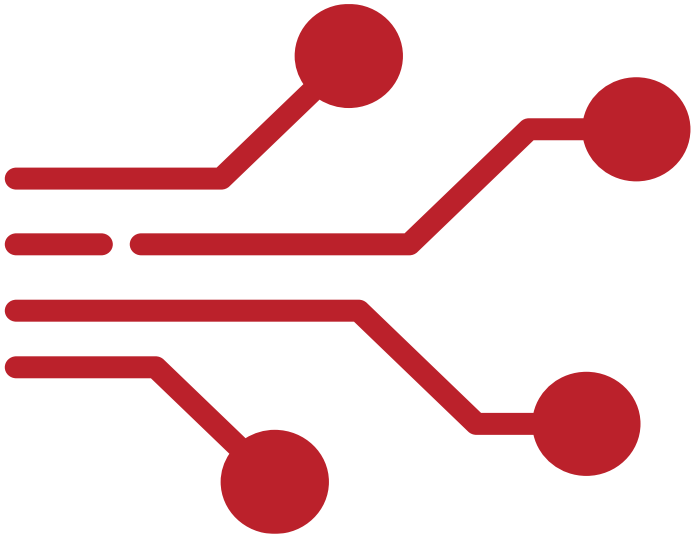
Pochodzenie wzorców projektowych



- Wzorce projektowe (Design Patterns) powstały w latach 90., spopularyzowane przez książkę Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software autorstwa Gamma, Helm, Johnson, Vlissides (Gang of Four)
- Cel: rozwiązywanie powtarzalnych problemów projektowych w OOP w sposób sprawdzony i zrozumiały
- Bazują na doświadczeniu praktyków i analizie dobrze zaprojektowanego oprogramowania
- Pozwalają na lepszą komunikację w zespole - każdy programista zna nazwę wzorca i od razu wie, co robi

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Znaczenie wzorców projektowych

- umożliwiają rozwiązanie powtarzalnych problemów projektowych w sposób sprawdzony i uniwersalny
- poprawiają czytelność, modularność i testowalność kodu
- ułatwiają współpracę w zespole - wzorce są dobrze znanym językiem dla programistów
- pomagają w utrzymaniu i rozbudowie systemów bez wprowadzania chaosu
- integrują się z OOP, programowaniem funkcyjnym i nowoczesnymi praktykami, np. Dependency Injection

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład wprowadzający

W prostym systemie zamówień możemy użyć wzorca Singleton do zarządzania konfiguracją aplikacji:

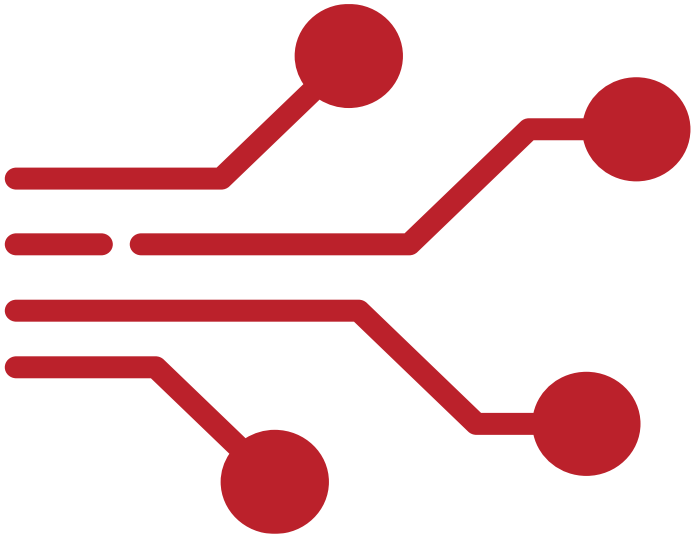
```
public class AppConfig
{
    private static AppConfig _instance;
    public string DatabaseConnection { get; private set; }

    private AppConfig()
    {
        DatabaseConnection =
"Server=localhost;Database=ShopDB;";
    }
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład wprowadzający

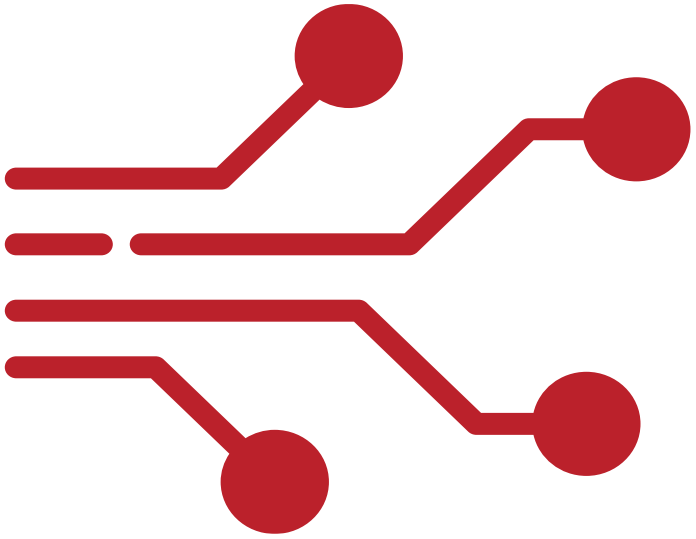
W prostym systemie zamówień możemy użyć wzorca Singleton do zarządzania konfiguracją aplikacji:



```
    public static AppConfig Instance => _instance ??= new
AppConfig();
}

// Użycie
Console.WriteLine(AppConfig.Instance.DatabaseConnection);
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

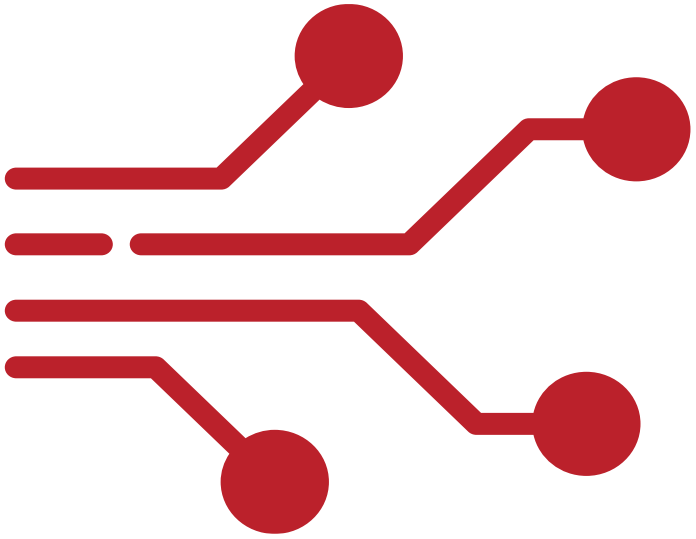


Podział

- Kreacyjne - dotyczą tworzenia obiektów w sposób elastyczny i kontrolowany. Przykłady: Singleton, Factory Method, Abstract Factory, Builder
- Strukturalne - dotyczą organizacji klas i obiektów, relacji między nimi. Przykłady: Adapter, Composite, Decorator, Proxy
- Behawioralne - dotyczą interakcji między obiektami i przepływu kontroli. Przykłady: Strategy, Observer, Template Method, Command

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Singleton: zapewnienie jednej instancji klasy

- gwarantuje, że klasa ma tylko jedną instancję w całej aplikacji
- zapewnia globalny punkt dostępu do tej instancji
- stosowany np. do konfiguracji, logowania, menadżerów zasobów
- wspiera bezpieczne współdzielenie stanu, minimalizując ryzyko konfliktów
- może być połączony z Dependency Injection, aby ułatwić testowanie i modularność

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład - Singleton

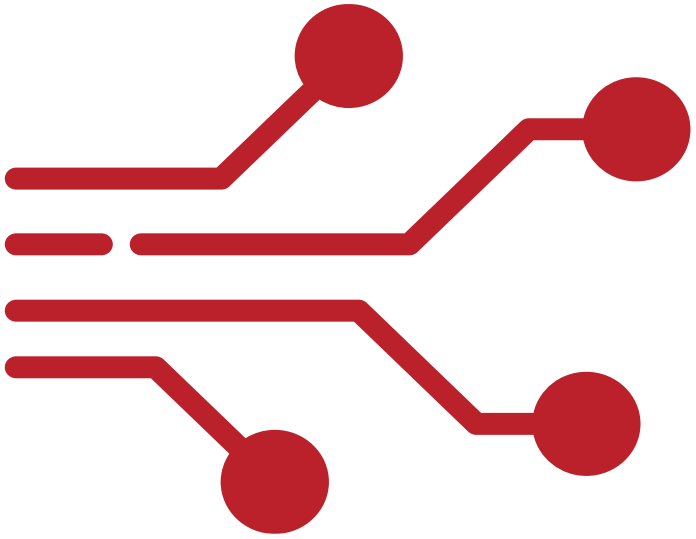
```
public class Logger
{
    private static Logger _instance;
    private Logger() { } // prywatny konstruktor
    public static Logger Instance => _instance ??= new
Logger();
    public void Log(string message)
    {
        Console.WriteLine($"[LOG] {message}");
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład - Singleton

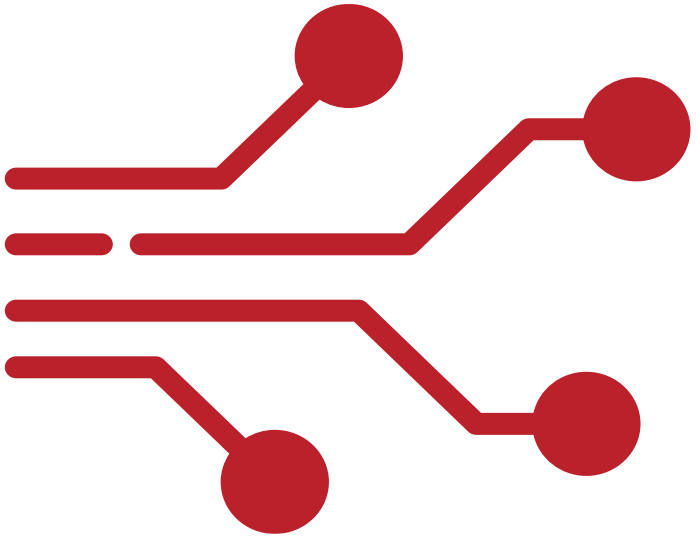
```
// Użycie
Logger.Instance.Log("System uruchomiony");
Logger.Instance.Log("Wystąpiło zdarzenie X");
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Factory Method: tworzenie obiektów przez interfejs



- pozwala tworzyć obiekty bez ujawniania konkretnej klasy klientowi
- definiuje interfejs do tworzenia obiektu, a klasy dziedziczące decydują o konkretnej implementacji
- stosowany jest do rozszerzalnych systemów, gdzie nowe typy obiektów mogą być dodawane bez modyfikacji istniejącego kodu
- wspiera polimorfizm i luźne powiązania między komponentami
- często używany razem z Dependency Injection, aby łatwo wstrzykiwać zależności

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład – Factory Method

```
// Interfejs produktu
public interface IButton
{
    void Render();
}

// Konkretne implementacje
public class WindowsButton : IButton
{
    public void Render() => Console.WriteLine("Rendering Windows button");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład – Factory Method

```
public class MacButton : IButton
{
    public void Render() => Console.WriteLine("Rendering Mac button");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład – Factory Method

```
// Fabryka abstrakcyjna
public abstract class Dialog
{
    public abstract IButton CreateButton();

    public void RenderDialog()
    {
        var button = CreateButton();
        button.Render();
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład – Factory Method

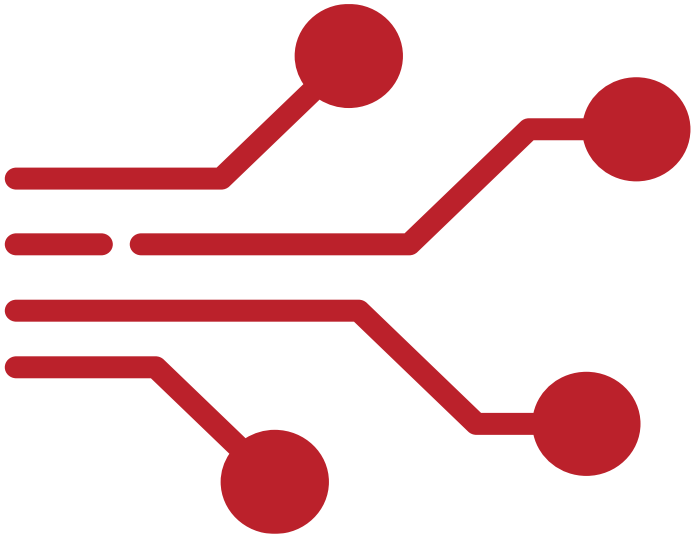
```
// Konkretne fabryki
public class WindowsDialog : Dialog
{
    public override IButton CreateButton() => new
WindowsButton();
}

public class MacDialog : Dialog
{
    public override IButton CreateButton() => new
MacButton();
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

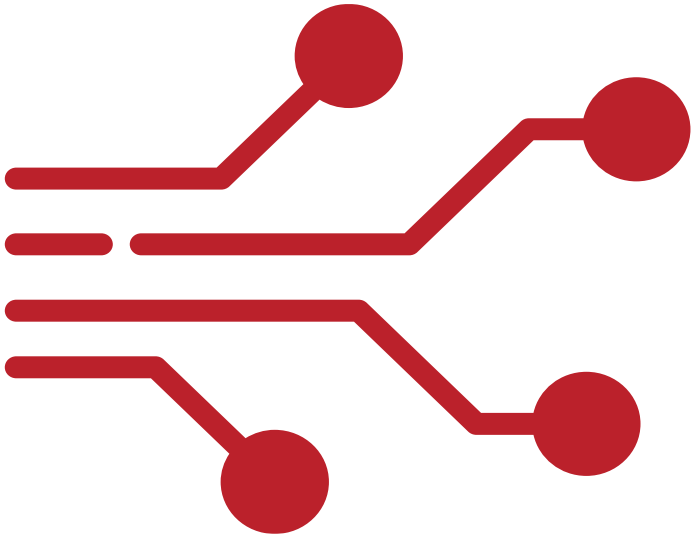
Przykład – Factory Method

```
// Użycie
Dialog dialog = new WindowsDialog();
dialog.RenderDialog(); // Rendering Windows button
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

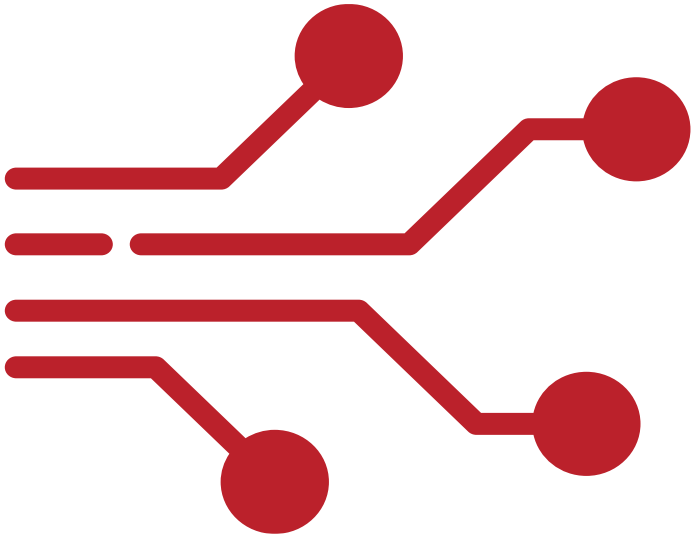


Decorator: rozszerzanie funkcjonalności obiektów

- pozwala dynamicznie dodawać zachowania do obiektów bez zmiany ich kodu
- wzorzec strukturalny - obiekt dekorowany implementuje ten sam interfejs co dekorator
- umożliwia modularne rozszerzanie funkcjonalności w czasie wykonania
- często używany do logowania, walidacji, cache, UI i middleware
- współpracuje dobrze z Dependency Injection i kompozycją obiektów

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

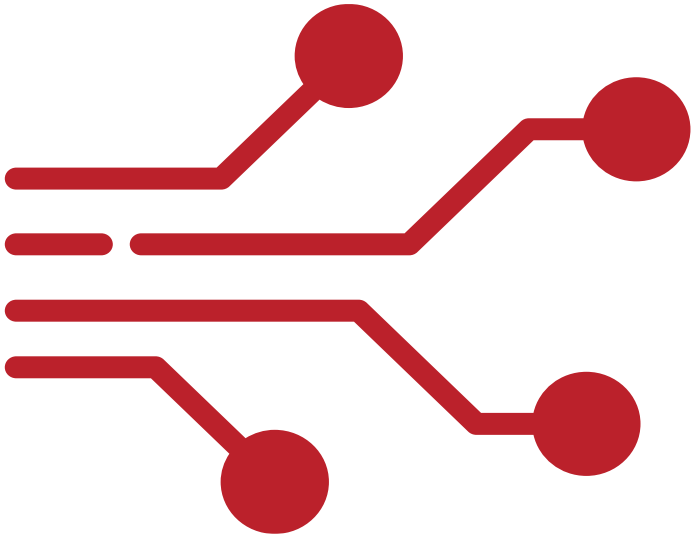


Przykład - Decorator

```
// Interfejs komponentu
public interface IMessage
{
    string GetContent();
}
// Podstawowa implementacja
public class SimpleMessage : IMessage
{
    private readonly string _content;
    public SimpleMessage(string content) => _content =
content;
    public string GetContent() => _content;}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

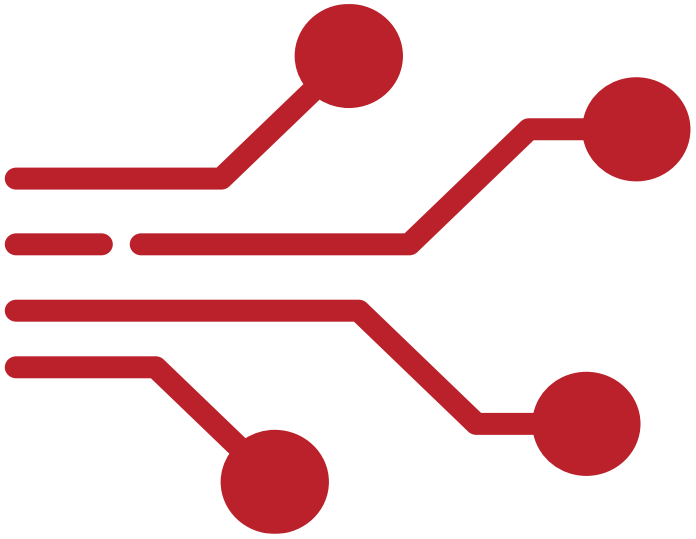


Przykład - Decorator

```
// Dekorator abstrakcyjny
public abstract class MessageDecorator : IMessage
{
    protected readonly IMessage _message;
    protected MessageDecorator(IMessage message) => _message
= message;
    public abstract string GetContent();
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

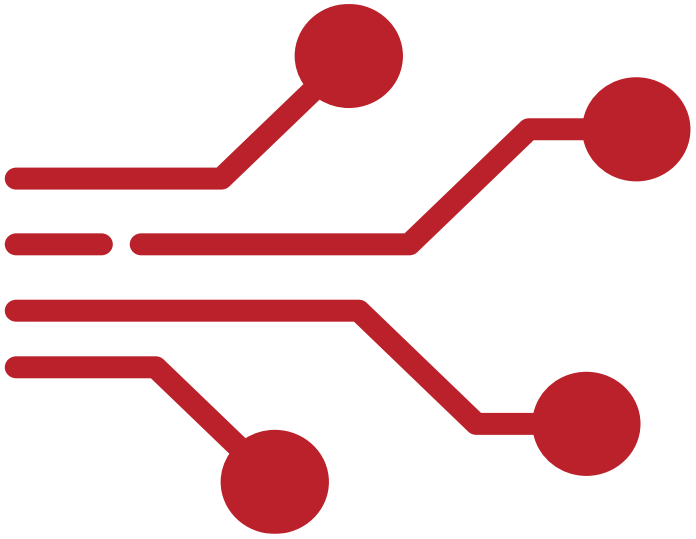


Przykład - Decorator

```
// Konkretne dekoratory
public class EncryptedMessage : MessageDecorator
{
    public EncryptedMessage(IMessage message) :
base(message) { }
    public override string GetContent() =>
$"[Encrypted]{_message.GetContent()}";
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład - Decorator

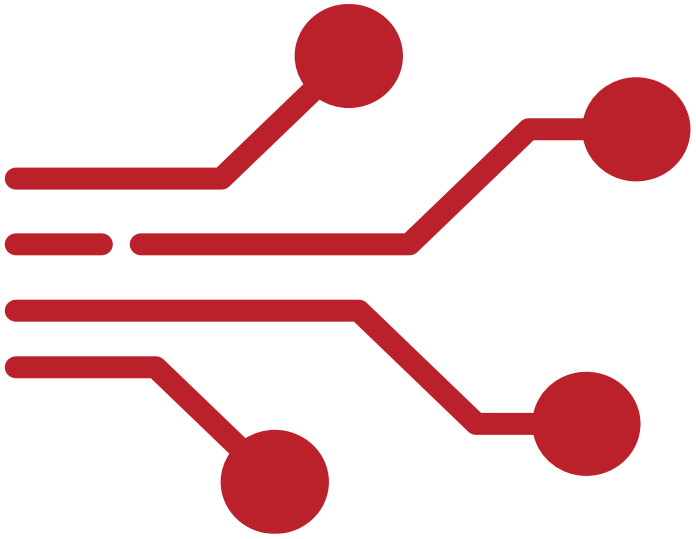
```
public class HtmlEncodedMessage : MessageDecorator
{
    public HtmlEncodedMessage(IMessage message) :
base(message) { }
    public override string GetContent() =>
$"<html>{_message.GetContent()}</html>";
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

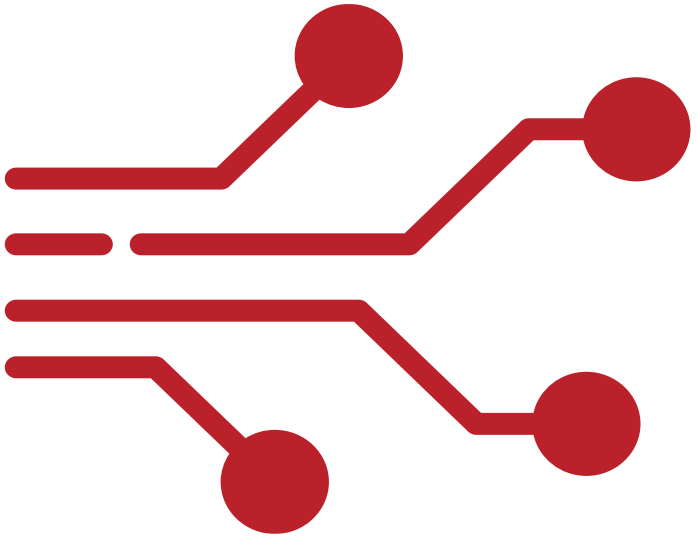
Przykład - Decorator

```
// Użycie
IMessage message = new SimpleMessage("Hello World");
message = new EncryptedMessage(message);
message = new HtmlEncodedMessage(message);

Console.WriteLine(message.GetContent());
// Output: <html>[Encrypted]Hello World</html>
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

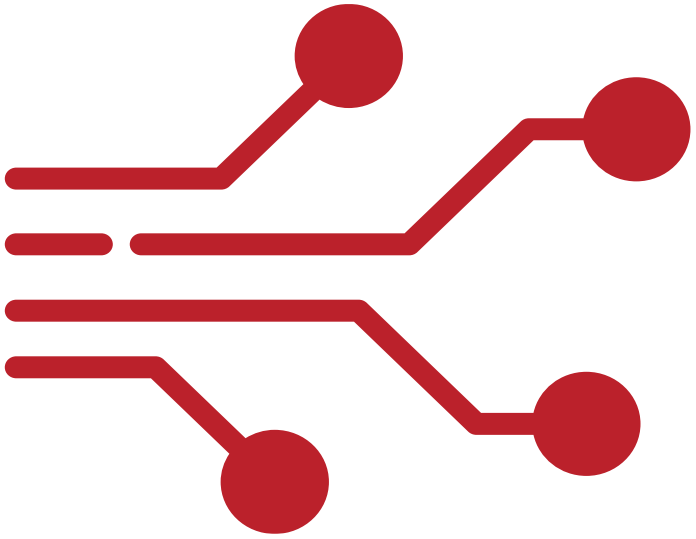


Adapter: dopasowanie interfejsów

- wzorzec strukturalny - umożliwia współpracę klas o niekompatybilnych interfejsach
- adapter implementuje interfejs oczekiwany przez klienta i deleguje wywołania do klasy adaptee
- stosowany przy integracji systemów, migracji bibliotek lub łączeniu komponentów
- pozwala zachować modularność i luźne powiązania między komponentami
- często używany w połączeniu z Dependency Injection, aby wstrzykiwać odpowiednie adaptery

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

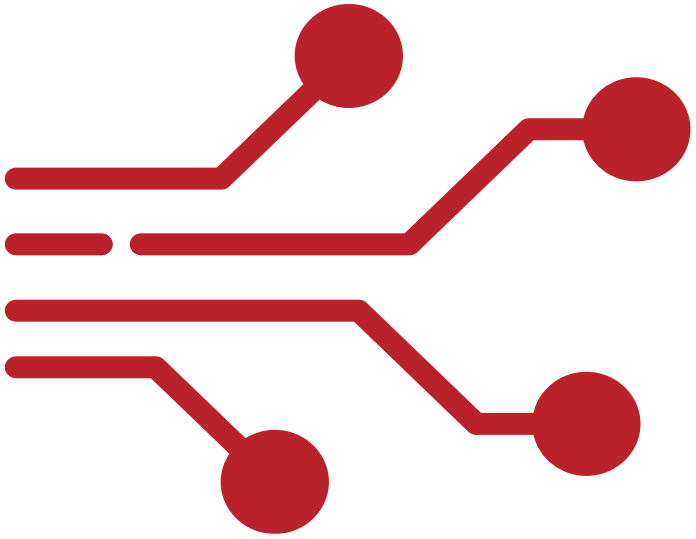


Przykład - Adapter

```
// Interfejs oczekiwany przez klienta
public interface ITarget
{
    void Request();
}
// Klasa, której interfejs nie pasuje
public class Adaptee
{
    public void SpecificRequest() =>
Console.WriteLine("Called SpecificRequest()");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

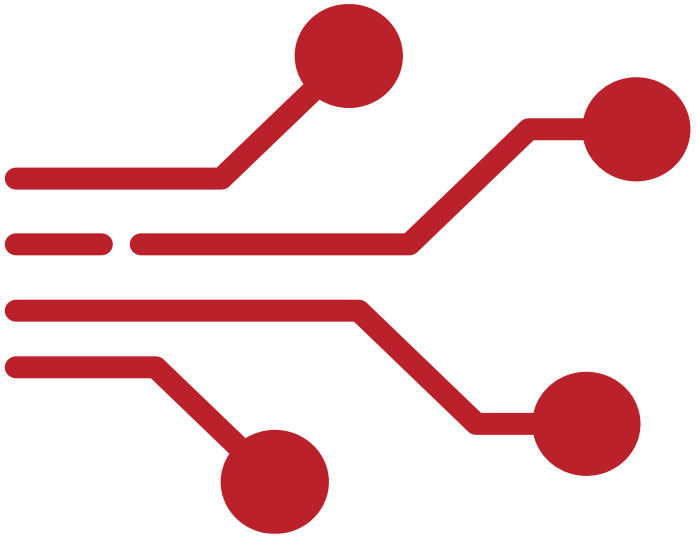


Przykład - Adapter

```
// Adapter
public class Adapter : ITarget
{
    private readonly Adaptee _adaptee;
    public Adapter(Adaptee adaptee) => _adaptee = adaptee;
    public void Request() => _adaptee.SpecificRequest();
}

// Użycie
ITarget target = new Adapter(new Adaptee());
target.Request(); // Output: Called SpecificRequest()
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

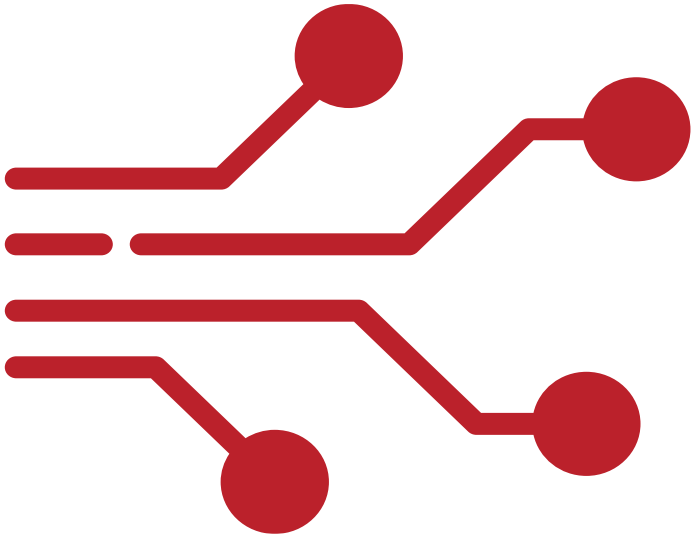


Observer: powiadamianie o zmianach i wprowadzenie do reaktywności

- wzorzec behawioralny - pozwala obiektom subskrybować zmiany w innym obiekcie
- obiekt subject powiadamia wszystkie zarejestrowane obiekty obserwatorów o zmianach stanu
- stosowany w UI, event-driven programming, systemach powiadomień
- wspiera reaktywne przetwarzanie danych (Reactive Programming, Rx.NET)
- może być łatwo połączony z Dependency Injection do wstrzykiwania obserwatorów

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład - Observer

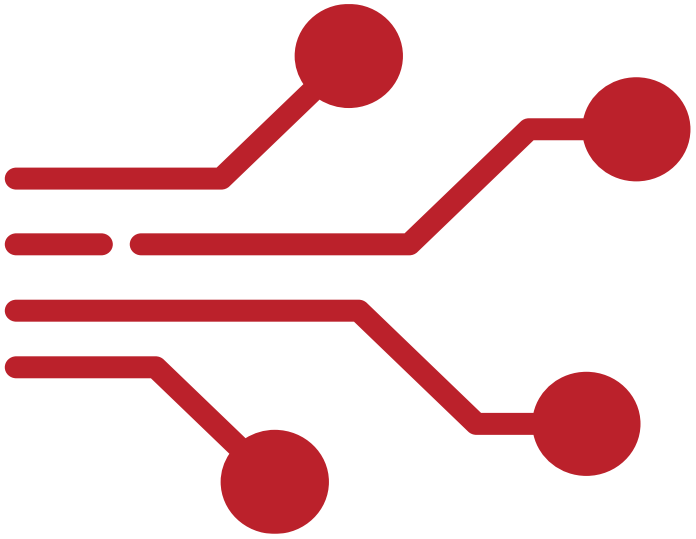
```
// Subject
public class Stock
{
    private readonly List<IObserver> _observers = new();
    private decimal _price;

    public void Attach(IObserver observer) =>
_observers.Add(observer);
    public void Detach(IObserver observer) =>
_observers.Remove(observer);
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład - Observer

```
public decimal Price
{
    get => _price;
    set
    {
        _price = value;
        Notify();
    }
}
```

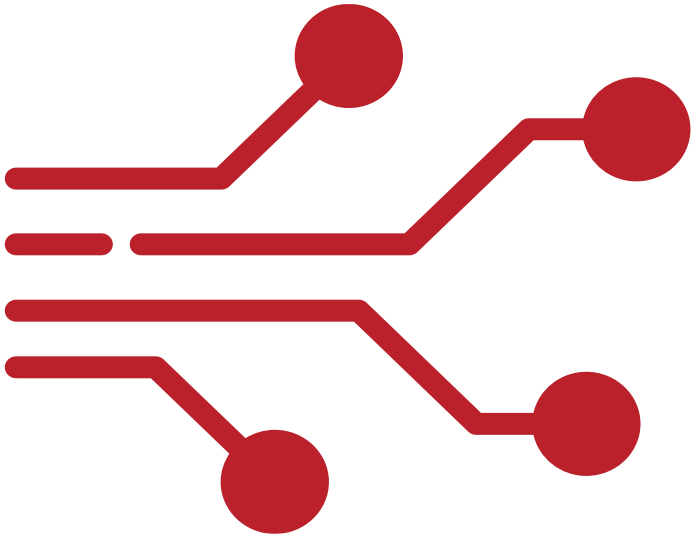


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

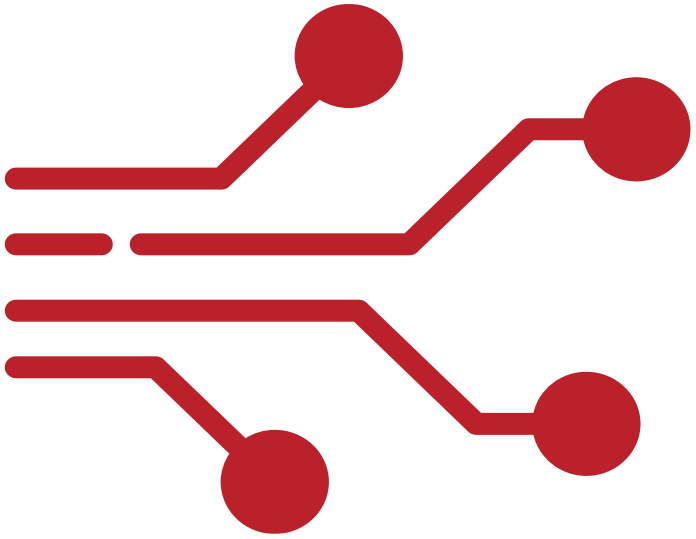
Przykład - Observer

```
    private void Notify()
    {
        foreach (var observer in _observers)
            observer.Update(_price);
    }
}
// Observer interface
public interface IObserver
{
    void Update(decimal price);
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

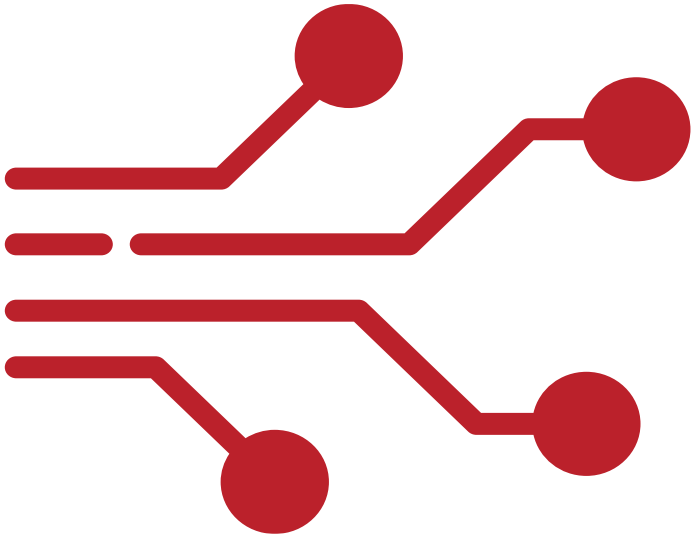


Przykład - Observer

```
// Konkretni obserwatorzy
public class Investor : IObserver
{
    public string Name { get; }
    public Investor(string name) => Name = name;
    public void Update(decimal price) =>
Console.WriteLine($"{Name} notified: stock price is
{price:C}");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład - Observer

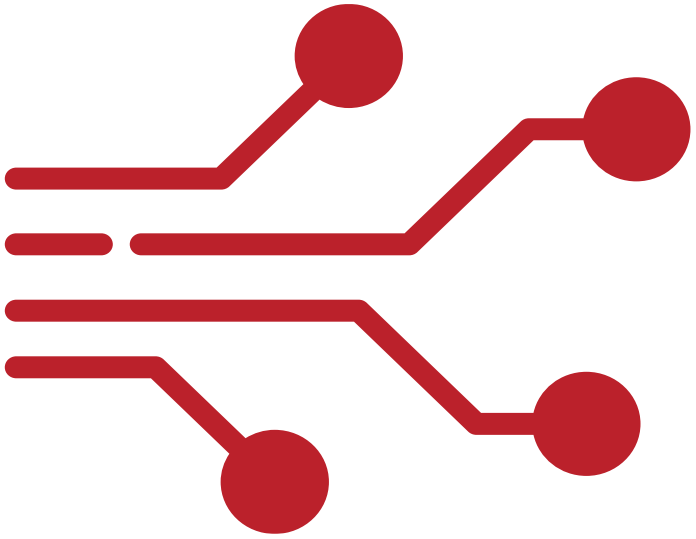
```
// Użycie
var stock = new Stock();
var investor1 = new Investor("Alice");
var investor2 = new Investor("Bob");

stock.Attach(investor1);
stock.Attach(investor2);

stock.Price = 120m;
stock.Price = 150m;
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

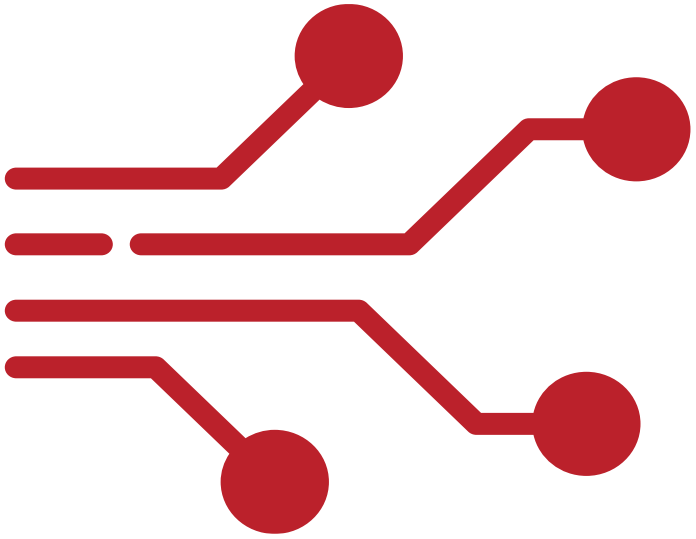
Przykład - Observer

```
    private void Notify()
    {
        foreach (var observer in _observers)
            observer.Update(_price);
    }
}
// Observer interface
public interface IObserver
{
    void Update(decimal price);
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

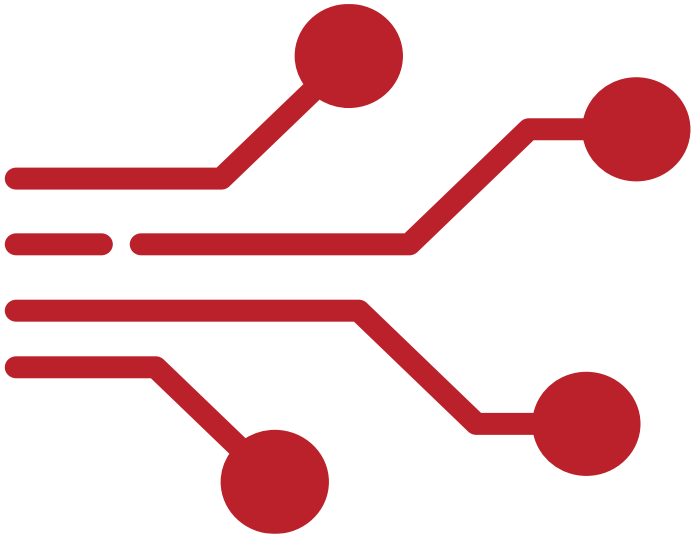


Strategy: dynamiczny wybór algorytmu

- wzorzec behawioralny - pozwala zmieniać algorytm w czasie wykonania bez modyfikacji klienta
- definiuje interfejs dla algorytmu, a konkretne implementacje realizują różne strategie
- stosowany w sortowaniu, filtrowaniu, wyliczeniach biznesowych, logice płatności
- ułatwia modularność, testowanie i rozszerzalność systemu
- dobrze współpracuje z Dependency Injection - można wstrzykiwać konkretne strategie

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład - Strategy

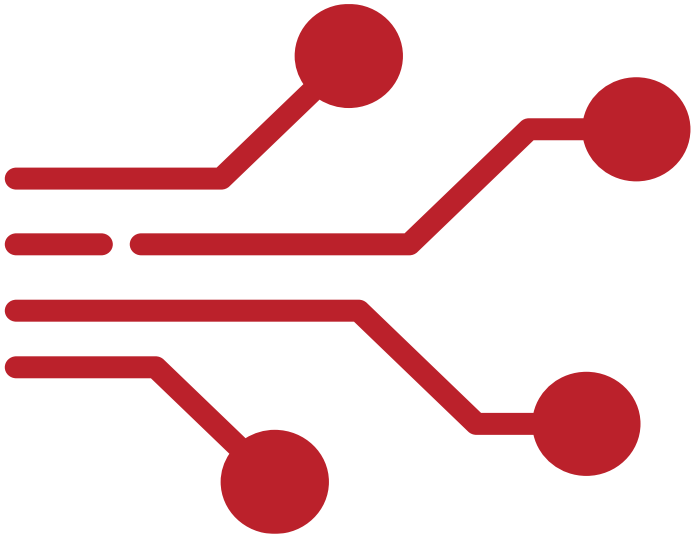
```
// Interfejs strategii
public interface ICompressionStrategy
{
    void Compress(string fileName);
}
// Konkretne strategie
public class ZipCompression : ICompressionStrategy
{
    public void Compress(string fileName) =>
Console.WriteLine($"Compressing {fileName} using ZIP");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

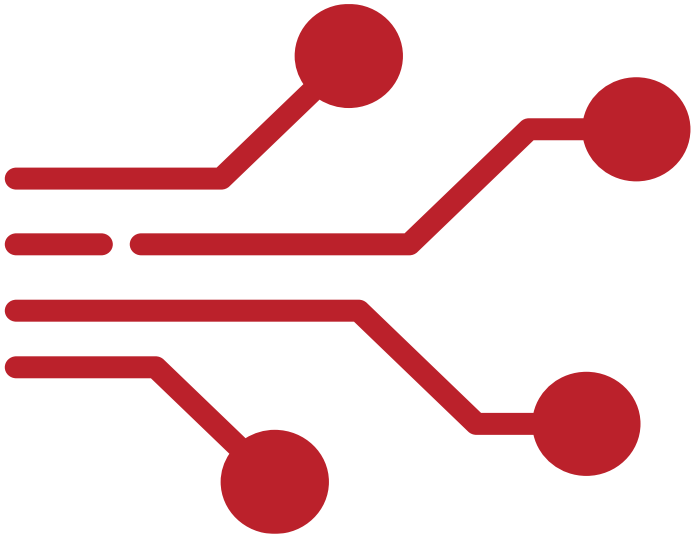
Przykład - Strategy

```
public class RarCompression : ICompressionStrategy
{
    public void Compress(string fileName) =>
Console.WriteLine($"Compressing {fileName} using RAR");
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



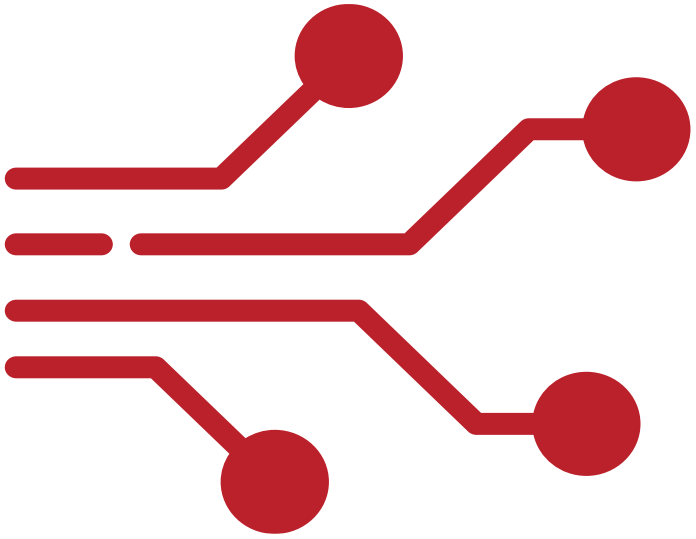
Przykład - Strategy

```
// Kontekst używający strategii
public class CompressionContext
{
    private ICompressionStrategy _strategy;
    public void SetStrategy(ICompressionStrategy strategy)
=> _strategy = strategy;
    public void CreateArchive(string fileName) =>
_strategy.Compress(fileName);
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład - Strategy



```
// Użycie
var context = new CompressionContext();

context.SetStrategy(new ZipCompression());
context.CreateArchive("file1.txt"); // Compressing file1.txt
using ZIP

context.SetStrategy(new RarCompression());
context.CreateArchive("file2.txt"); // Compressing file2.txt
using RAR
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Command: enkapsulacja poleceń

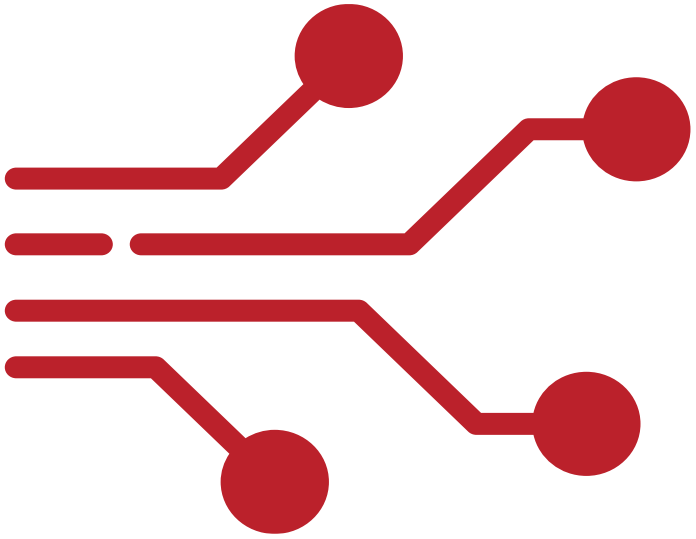
- wzorzec behawioralny - pozwala opakować żądanie jako obiekt, umożliwiając parametryzację i kolejkowanie operacji
- każdy obiekt command implementuje interfejs wykonania, np. Execute()
- stosowany w UI, systemach undo/redo, kolejkach zadań, messaging
- oddziela wysyłającego polecenie od jego realizatora, co zwiększa modularność
- dobrze współpracuje z Dependency Injection, umożliwiając wstrzykiwanie konkretnych komend

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

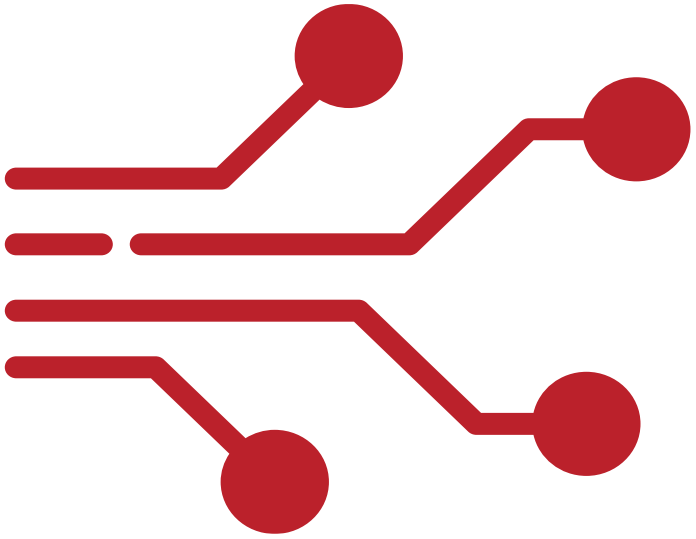
Przykład - Command

```
// Interfejs komendy
public interface ICommand
{
    void Execute();
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

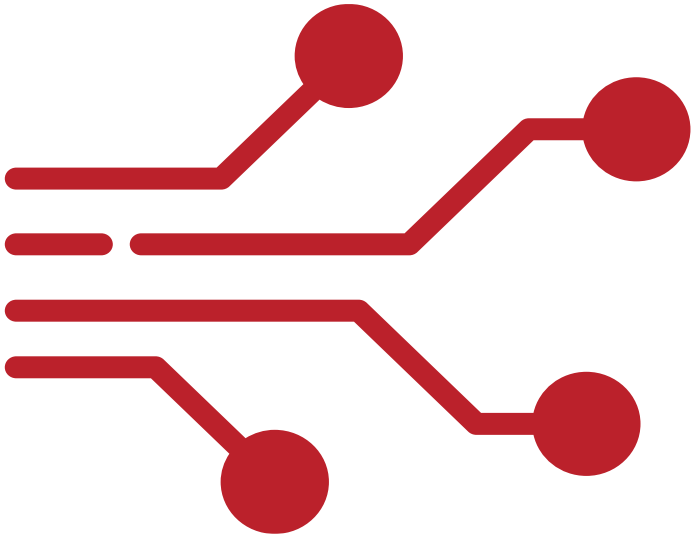


Przykład - Command

```
// Konkretne komendy
public class OpenFileCommand : ICommand
{
    private readonly string _fileName;
    public OpenFileCommand(string fileName) => _fileName = fileName;
    public void Execute() => Console.WriteLine($"Opening {_fileName}");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

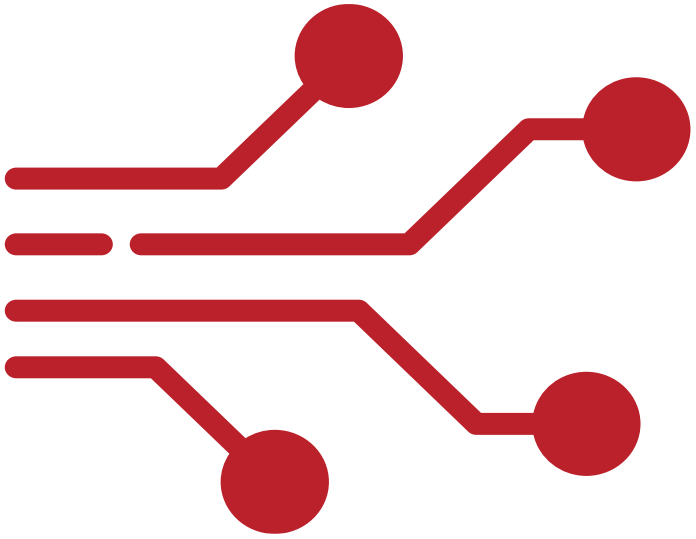


Przykład - Command

```
public class SaveFileCommand : ICommand
{
    private readonly string _fileName;
    public SaveFileCommand(string fileName) => _fileName = fileName;
    public void Execute() => Console.WriteLine($"Saving {_fileName}");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



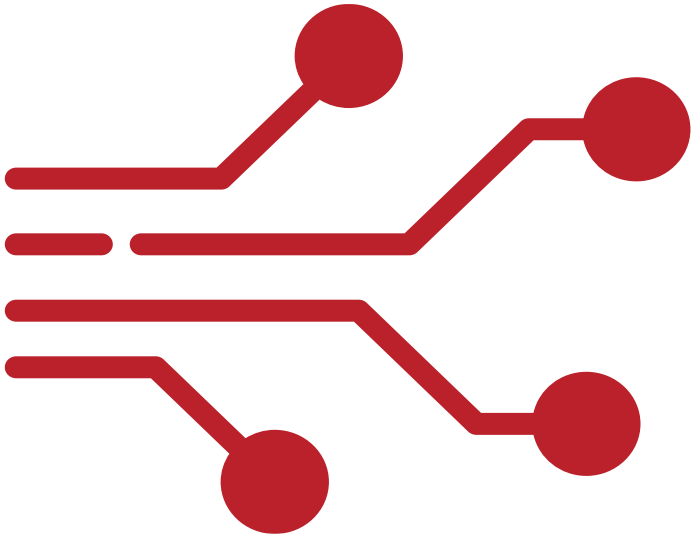
Przykład - Command

```
// Invoker
public class Menu
{
    private readonly List<ICommand> _commands = new();
    public void AddCommand(ICommand command) =>
_commands.Add(command);
    public void ExecuteCommands()
    {
        foreach (var cmd in _commands)
            cmd.Execute();
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład - Command

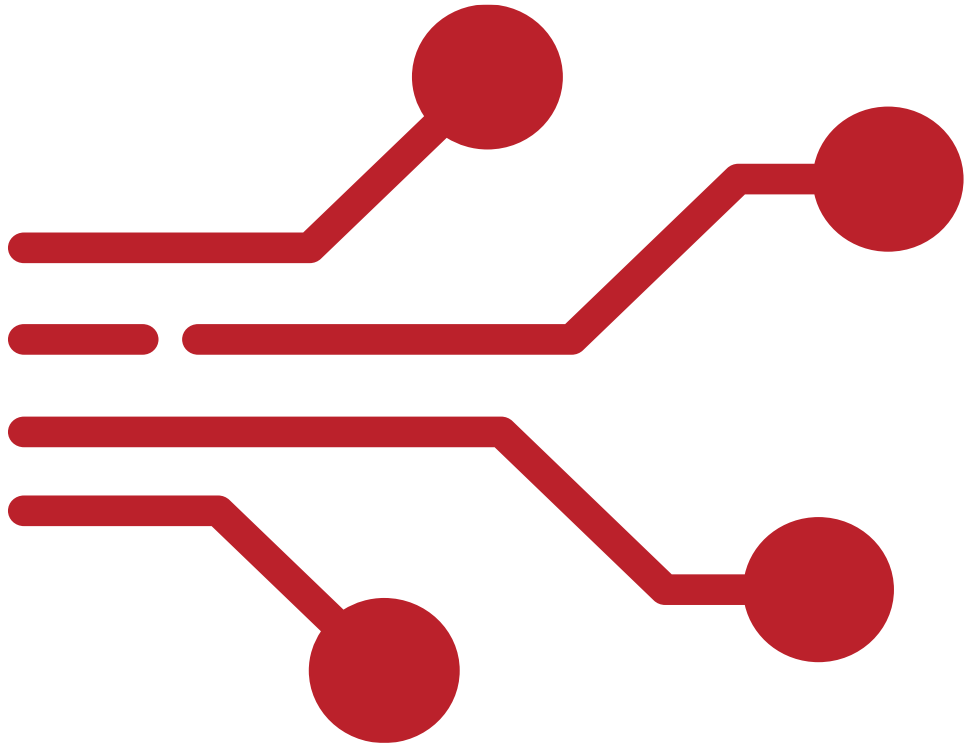


```
// Użycie
var menu = new Menu();
menu.AddCommand(new OpenFileCommand("file1.txt"));
menu.AddCommand(new SaveFileCommand("file1.txt"));

menu.ExecuteCommands();
// Output:
// Opening file1.txt
// Saving file1.txt
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

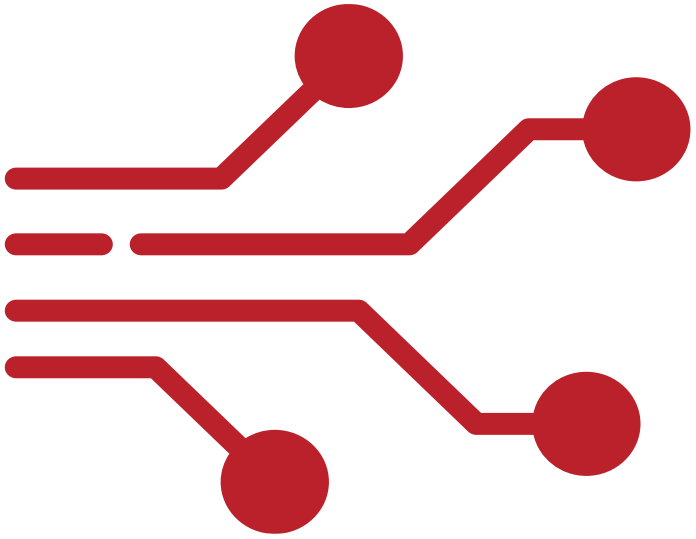
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wstrzykiwanie zależności



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

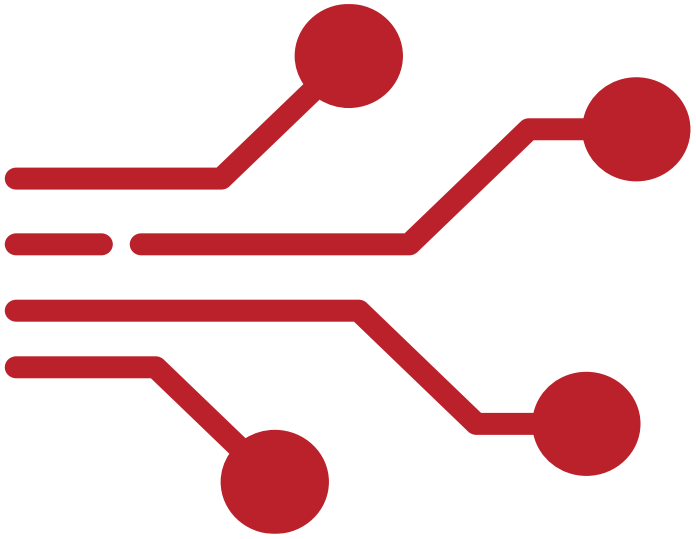


Dependency Injection (wstrzykiwanie zależności) - definicja

- Dependency Injection (DI) to wzorzec projektowy ułatwiający zarządzanie zależnościami między klasami
- Klasa nie tworzy sama swoich zależności, tylko są one jej dostarczane z zewnątrz (np. przez konstruktor, właściwość lub metodę)
- Cele DI:
  - Zwiększenie modularności i testowalności
  - Ułatwienie wymiany implementacji zależności
  - Redukcja sprzężenia między klasami

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

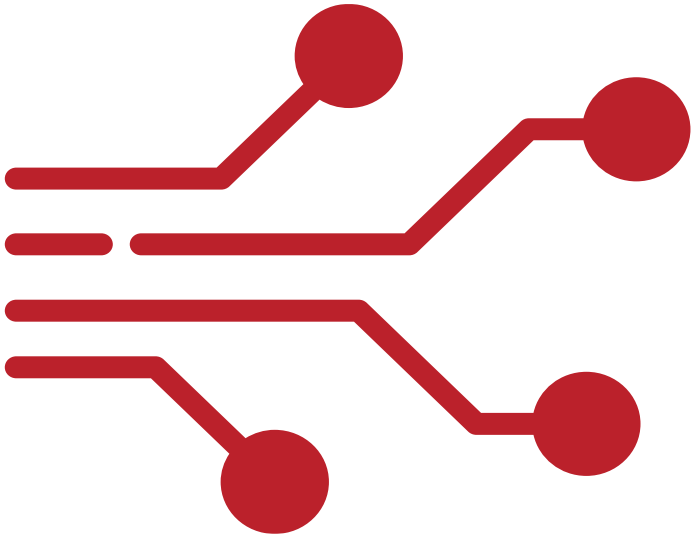


Dependency Injection w praktyce:

- technika pozwalająca wstrzykiwać zależności do obiektów, zamiast tworzyć je wewnątrz klasy
- Constructor Injection - zależności przekazywane przez konstruktor
- Property Injection - zależności ustawiane przez właściwości (settery)
- wspiera modularność, testowalność i luźne powiązania
- dobrze współgra z wzorcami projektowymi, np. Strategy, Factory, Singleton

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

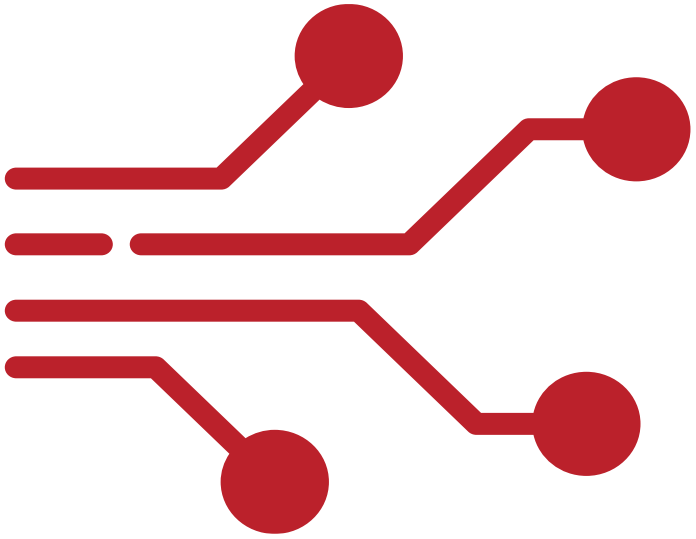


Przykład DI

```
// Interfejs zależności
public interface ILogger
{
    void Log(string message);
}
// Konkretna implementacja
public class ConsoleLogger : ILogger
{
    public void Log(string message) =>
Console.WriteLine($"[LOG] {message}");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

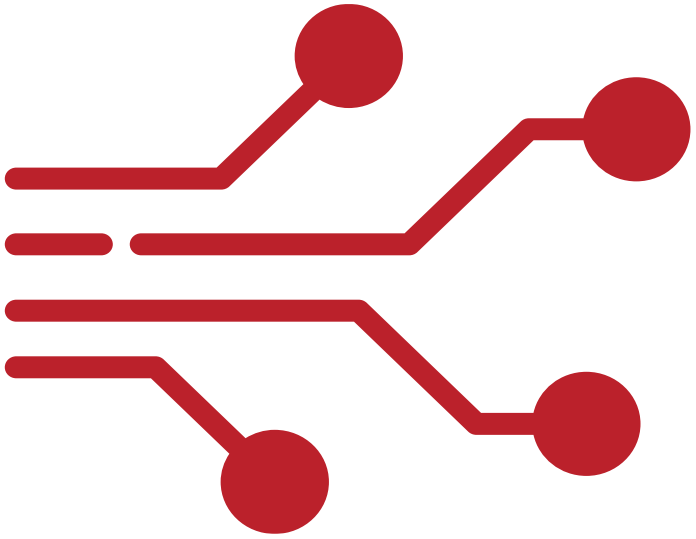


Przykład DI

```
// Klasa zależna – constructor injection
public class OrderProcessor
{
    private readonly ILogger _logger;
    public OrderProcessor(ILogger logger) => _logger = logger;
    public void ProcessOrder(string order)
    {
        _logger.Log($"Processing order: {order}");
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

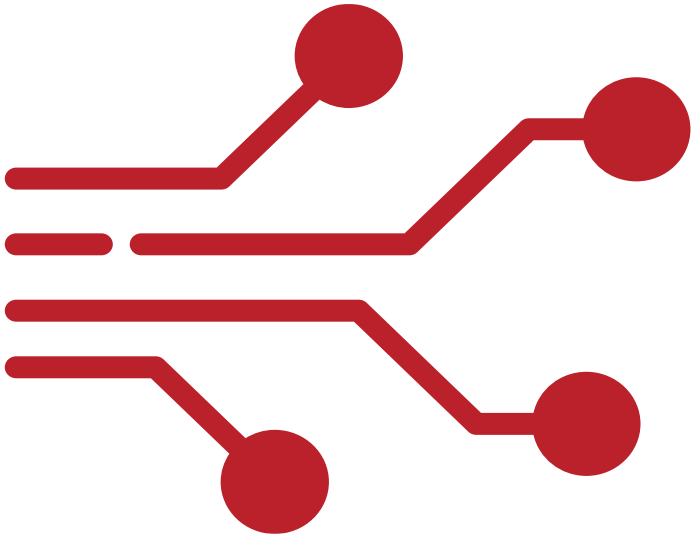


Przykład DI

```
// Property injection
public class PaymentProcessor
{
    public ILogger Logger { get; set; }

    public void ProcessPayment(string payment)
    {
        Logger?.Log($"Processing payment: {payment}");
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



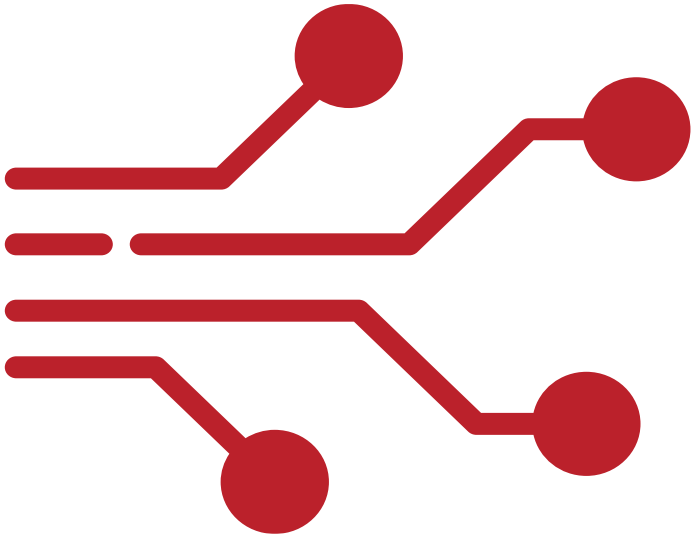
Przykład DI

```
// Użycie
ILogger logger = new ConsoleLogger();
var orderProcessor = new OrderProcessor(logger);
orderProcessor.ProcessOrder("Order1");


var paymentProcessor = new PaymentProcessor { Logger =
logger };
paymentProcessor.ProcessPayment("Payment1");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

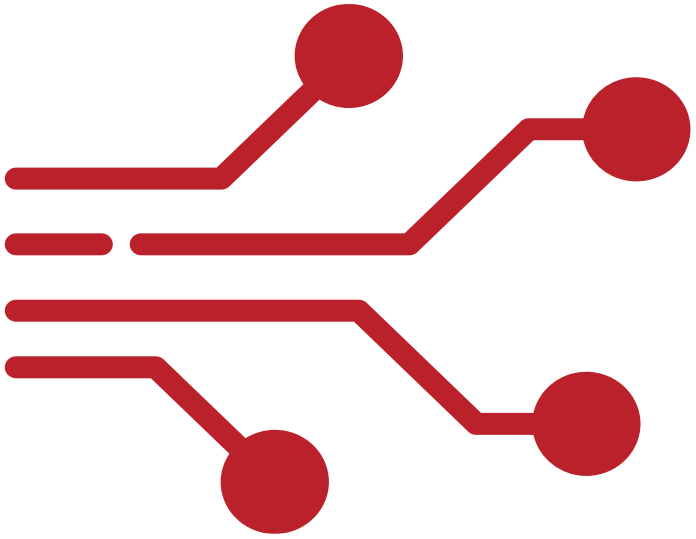
Dependency Injection a wzorce projektowe: praktyczne połączenie



- Singleton + DI - wstrzykiwanie jednej instancji globalnego serwisu
- Factory + DI - wstrzykiwanie fabryk do tworzenia obiektów dynamicznie
- Strategy + DI - wstrzykiwanie różnych algorytmów do kontekstu
- Observer + DI - wstrzykiwanie obserwatorów do subskrybowanych obiektów
- umożliwia luźne powiązania, testowalność i łatwą wymianę implementacji

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład DI w połączeniu z wzorcami projektowymi

```
// Interfejs strategii
public interface IDiscountStrategy
{
    decimal ApplyDiscount(decimal amount);
}
// Konkretne strategie
public class NoDiscount : IDiscountStrategy
{
    public decimal ApplyDiscount(decimal amount) => amount;
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład DI w połączeniu z wzorcami projektowymi

```
public class TenPercentDiscount : IDiscountStrategy
{
    public decimal ApplyDiscount(decimal amount) => amount * 0.9m;
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład DI w połączeniu z wzorcami projektowymi

```
// Kontekst
public class Order
{
    private readonly IDiscountStrategy _discountStrategy;
    // Constructor Injection
    public Order(IDiscountStrategy discountStrategy)
    {
        _discountStrategy = discountStrategy;
    }
    public decimal GetFinalPrice(decimal price) =>
_discountStrategy.ApplyDiscount(price);
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

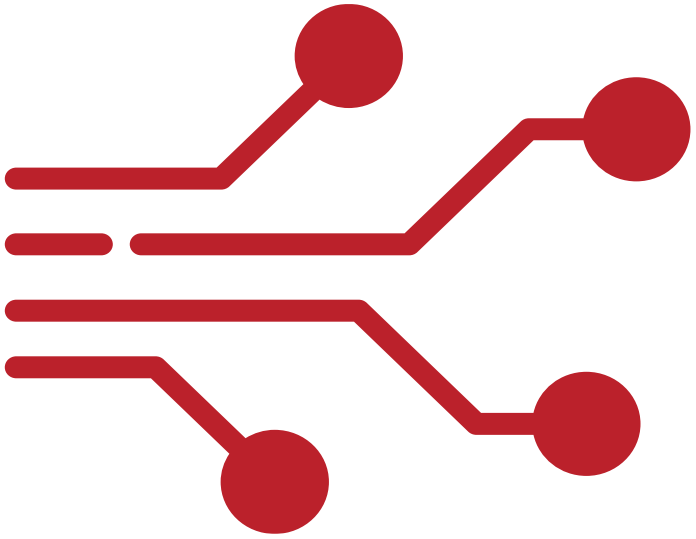
Przykład DI w połączeniu z wzorcami projektowymi

```
// Użycie
IDiscountStrategy strategy = new TenPercentDiscount();
var order = new Order(strategy);


Console.WriteLine($"Final price:
{order.GetFinalPrice(1000m):C}"); // 900,00
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

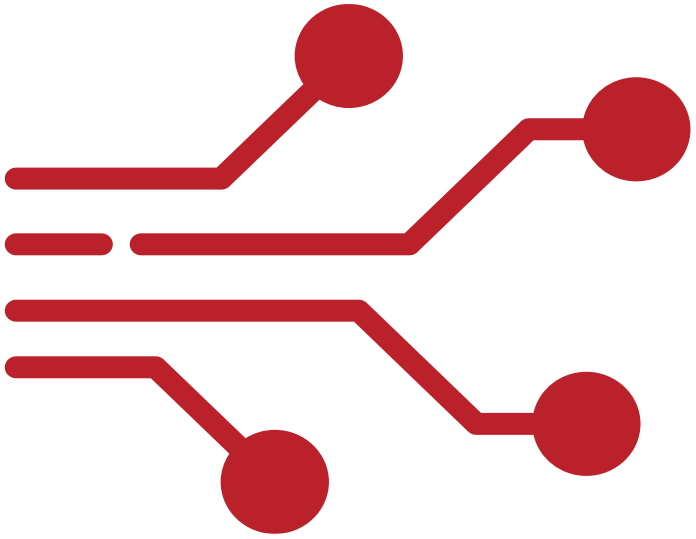
Observer i programowanie reaktywne: Rx.NET



- Observer pozwala obiektom subskrybować zmiany w innym obiekcie (subject)
- Programowanie reaktywne (Reactive Programming) to rozszerzenie tego wzorca dla strumieni danych
- w C# używa się biblioteki Rx.NET, która oferuje IObservable<T> i IObserver<T>
- pozwala na deklaratywne przetwarzanie zdarzeń, filtrację i transformacje
- integruje się z UI, event-driven programming i systemami czasu rzeczywistego

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład praktyczny

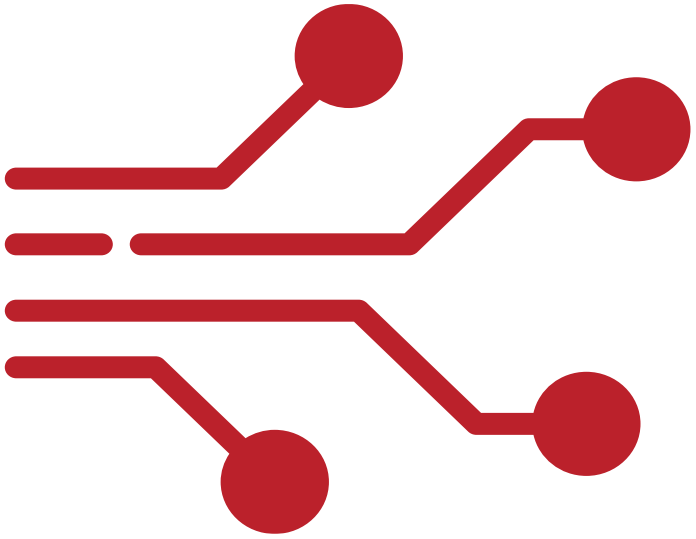
```
using System;
using System.Reactive.Linq;
// Tworzenie obserwowalnego strumienia
var numbers = Observable.Range(1, 5);
// Subskrypcja obserwatora
numbers
    .Where(n => n % 2 == 0)        // filtracja – tylko liczby parzyste
    .Select(n => n * n)            // transformacja – kwadrat liczby
    .Subscribe(n => Console.WriteLine($"Processed value: {n}"));
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład praktyczny

```
// Wyjście:
// Processed value: 4
// Processed value: 16
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Podsumowanie: najważniejsze wzorce i najlepsze praktyki

- Wzorce kreacyjne kontrolują tworzenie obiektów (Singleton, Factory, Strategy)
- Wzorce strukturalne zarządzają relacjami między obiektami (Decorator, Adapter)
- Wzorce behawioralne definiują interakcje między obiektami (Observer, Command, Strategy)
- Dependency Injection wstrzykiwanie zależności zwiększa modularność, testowalność i umożliwia integrację wzorców
- Programowanie reaktywne rozszerzenie Observer dla strumieni danych i event-driven systemów
- Najlepsze praktyki: modularność i czytelność kodu, unikanie twardych zależności, stosowanie wzorców tylko tam, gdzie wnoszą wartość, łączenie OOP i FP dla elastycznych i testowalnych systemów

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Dziękuję za uwagę

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wykład nr 10
Temat: Programowanie wielowątkowe

Paweł Karczmarek
Politechnika Lubelska, Katedra Inteligencji Obliczeniowej

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

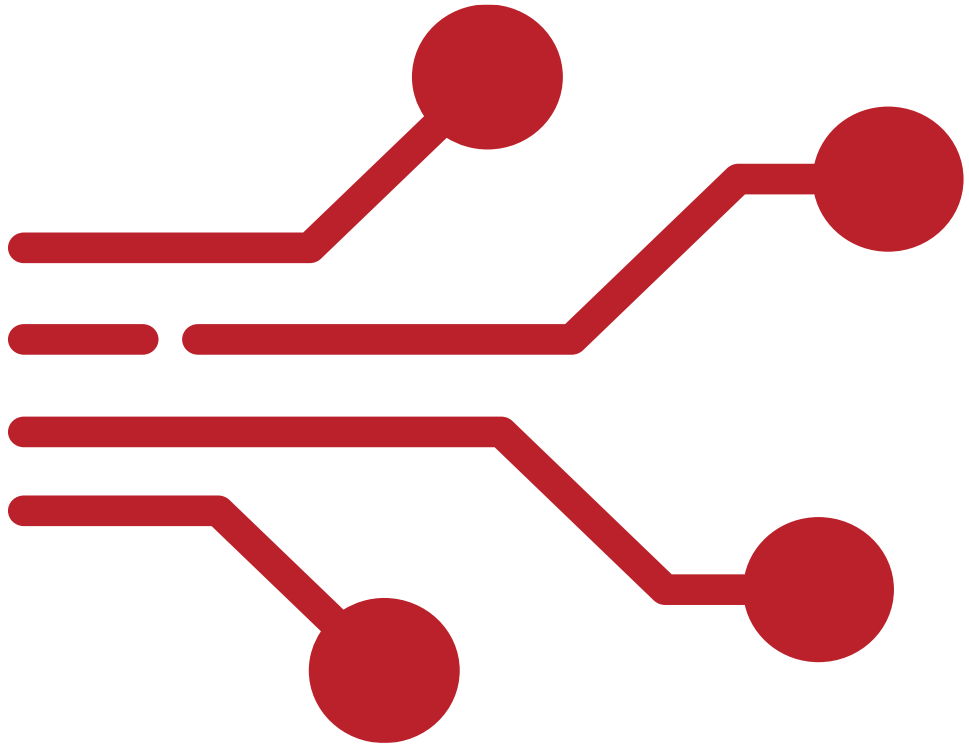
Plan prezentacji

- Wprowadzenie i asynchroniczność
- Wątki

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

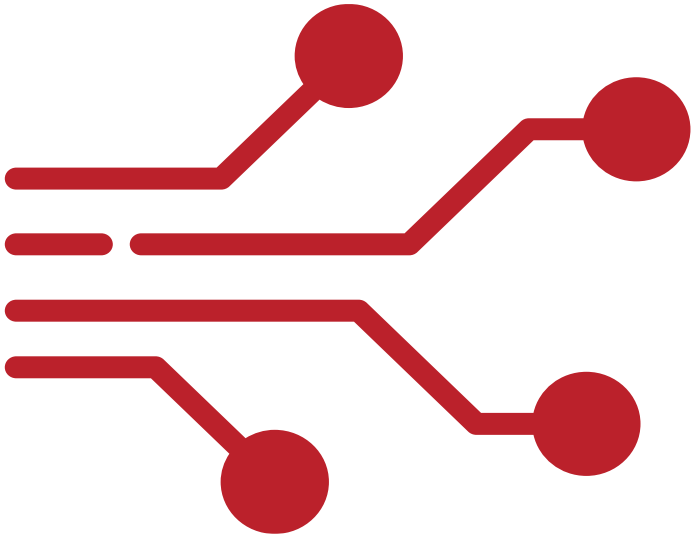
Wprowadzenie i asynchroniczność



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wątek (Thread)



- Wątek - jednostka wykonawcza w systemie operacyjnym, która może wykonywać kod niezależnie od innych wątków
- Każdy wątek posiada własny stos, rejestry i kontekst wykonania
- Wątki mogą współdzielić dane - wymaga to synchronizacji, np. lock, Mutex
- Wątki są podstawą zarówno Task, jak i bardziej zaawansowanych mechanizmów równoległych
- Stosowane tam, gdzie potrzebna jest równoległa praca CPU-bound lub obsługa wielu procesów jednocześnie

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

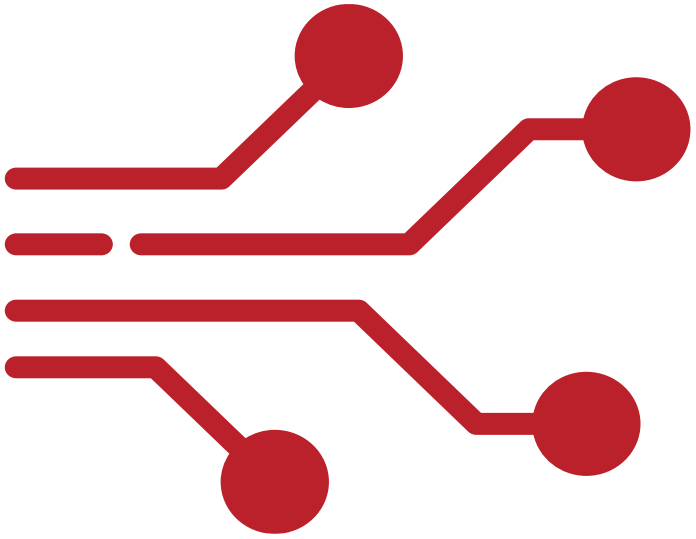
Przykład wątku

```
using System;
using System.Threading;
Thread thread = new Thread(() =>
{
    Console.WriteLine($"Hello from thread
{Thread.CurrentThread.ManagedThreadId}");
    Thread.Sleep(1000);
    Console.WriteLine("Thread finished");
});
thread.Start();  // uruchamiamy wątek
thread.Join();   // czekamy, aż wątek się zakończy
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Asynchroniczność - czym różni się od wątku? Podstawowe pojęcie współbieżności w C#



- Asynchroniczność - sposób wykonywania operacji, który nie blokuje wątku wywołującego
- Pozwala programowi kontynuować inne działania, podczas gdy operacja trwa w tle
- Typowe zastosowania: IO-bound operations – odczyt/zapis plików, żądania sieciowe, operacje bazodanowe
- Nie zawsze wymaga tworzenia nowego wątku - często używa Task i async/await, które działają w tle lub w ThreadPool
- Ułatwia tworzenie responsywnych aplikacji i wydajnych serwisów

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład asynchroniczności

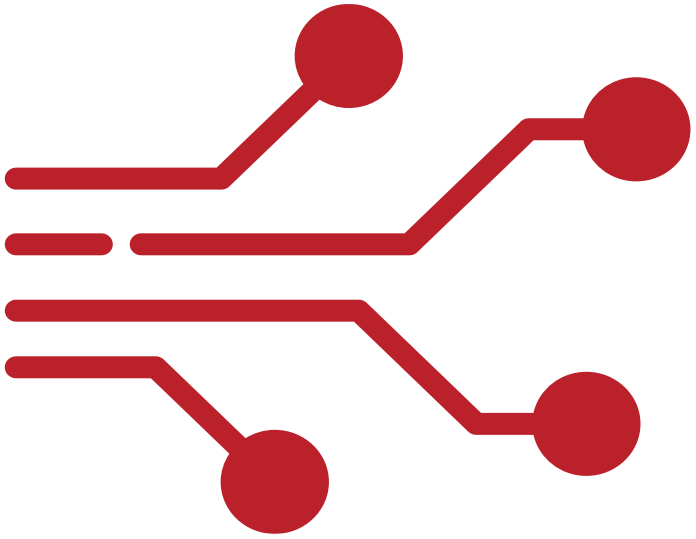
```
using System;
using System.Net.Http;
using System.Threading.Tasks;


public async Task<string> GetDataAsync()
{
    using var client = new HttpClient();
    var response = await
client.GetStringAsync("https://example.com");
    return response;
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład asynchroniczności

```
// Użycie
string result = await GetDataAsync();
Console.WriteLine(result.Substring(0, 50)); // wyświetlamy pierwsze 50 znaków
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

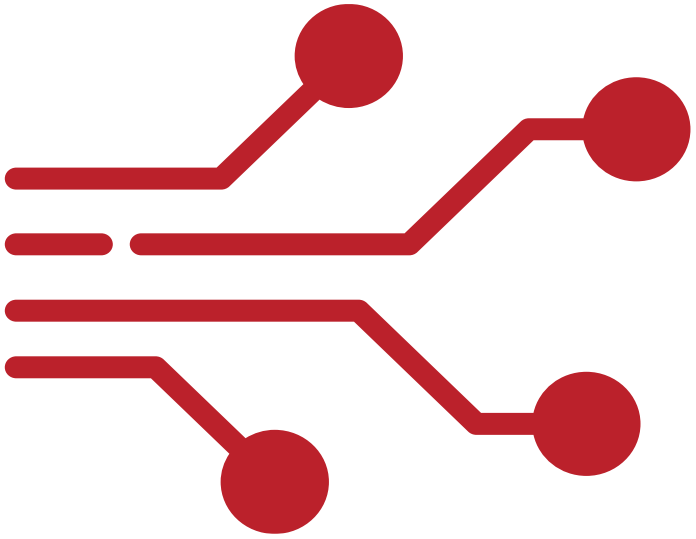
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Task - jednostka pracy w C#

- Task - obiekt reprezentujący jednostkę pracy, która może być wykonywana asynchronicznie lub równolegle
- Może korzystać z ThreadPool, nie wymaga ręcznego zarządzania wątkami
- Umożliwia łączenie z async/await, co pozwala pisać czytelny kod asynchroniczny
- Obsługuje zarządzanie wyjątkami, kontynuacje i synchronizację zadań
- Idealny do IO-bound i CPU-bound operations, w tym przetwarzania równoległego

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład użycia Task

```
using System;
using System.Threading;
using System.Threading.Tasks;
Task task = Task.Run(() =>
{
    Console.WriteLine($"Task running on thread
{Thread.CurrentThread.ManagedThreadId}");
    Thread.Sleep(1000); // symulacja pracy CPU-bound
    Console.WriteLine("Task completed");
});
task.Wait(); // czekamy na zakończenie Task
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

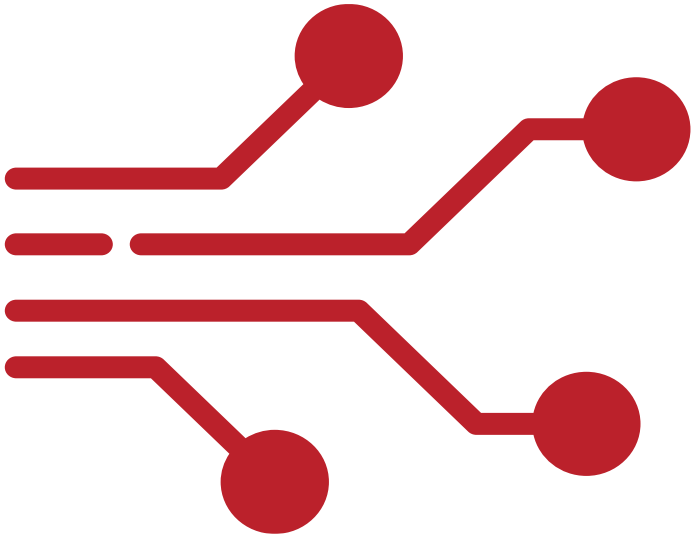
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Task z kontynuacją

```
Task<int> task2 = Task.Run(() =>
{
    Console.WriteLine("Calculating...");
    Thread.Sleep(500);
    return 42;
});

task2.ContinueWith(t => Console.WriteLine($"Result: {t.Result}"));
task2.Wait();
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



async/await – kod asynchroniczny

- async - modyfikator metody, który pozwala używać await wewnątrz funkcji
- await - wstrzymuje wykonanie metody do zakończenia Task, bez blokowania wątku wywołującego
- Pozwala pisać kod asynchroniczny w czytelny, synchroniczny sposób
- Idealne do operacji IO-bound, np. pobieranie danych z sieci, odczyt plików, zapytania do bazy danych
- Integruje się z Task, Task<TResult> i TPL, ułatwiając modularność i obsługę wyjątków

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład await/async

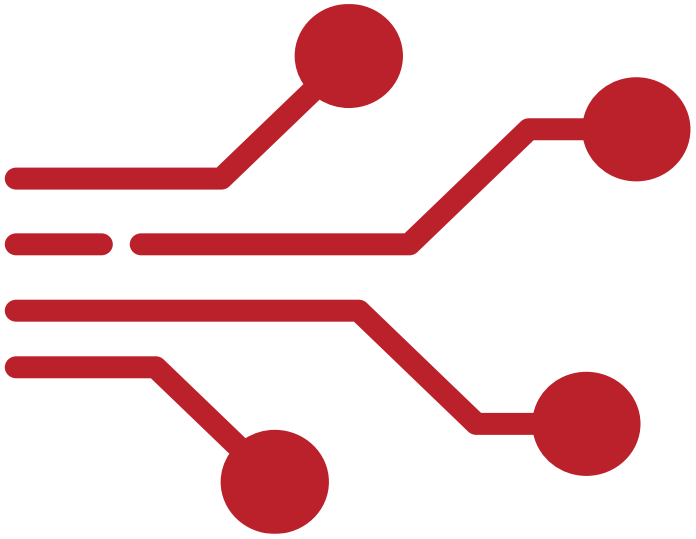
```
using System;
using System.Net.Http;
using System.Threading.Tasks;


public async Task<string> FetchDataAsync()
{
    using var client = new HttpClient();
    var response = await
client.GetStringAsync("https://example.com");
    return response;
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład await/async

```
// Użycie w metodzie async

string result = await FetchDataAsync();

Console.WriteLine(result.Substring(0, 50)); // wyświetla
pierwsze 50 znaków
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład 2 – await/async

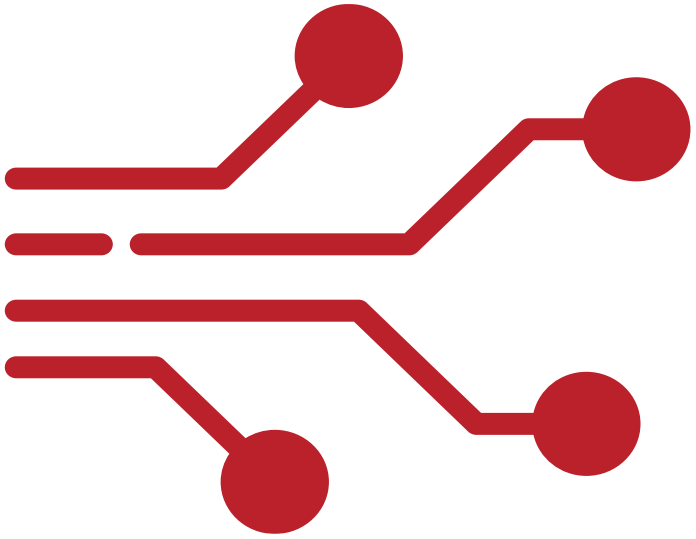
```
using System;
using System.Threading.Tasks;
public async Task<int> ComputeSumAsync(int n)
{
    return await Task.Run(() =>
    {
        int sum = 0;
        for (int i = 1; i <= n; i++)
        {
            sum += i;
        }
        return sum;});}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład 2 – await/async

```
// Użycie
int total = await ComputeSumAsync(1000);
Console.WriteLine($"Total sum: {total}");
```

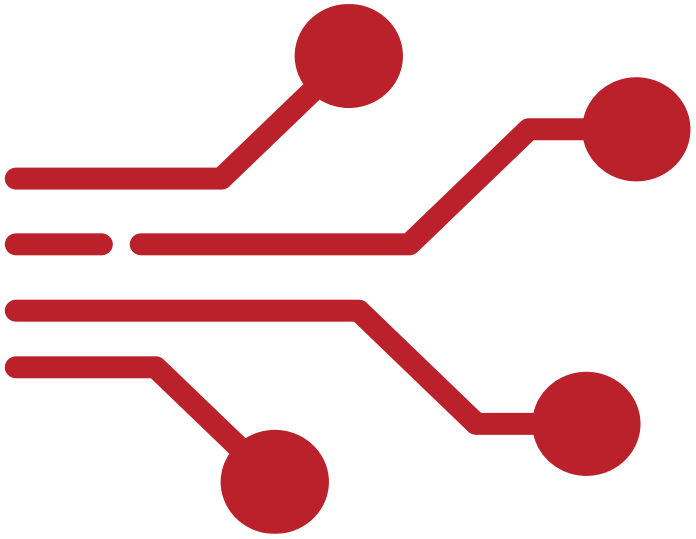


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

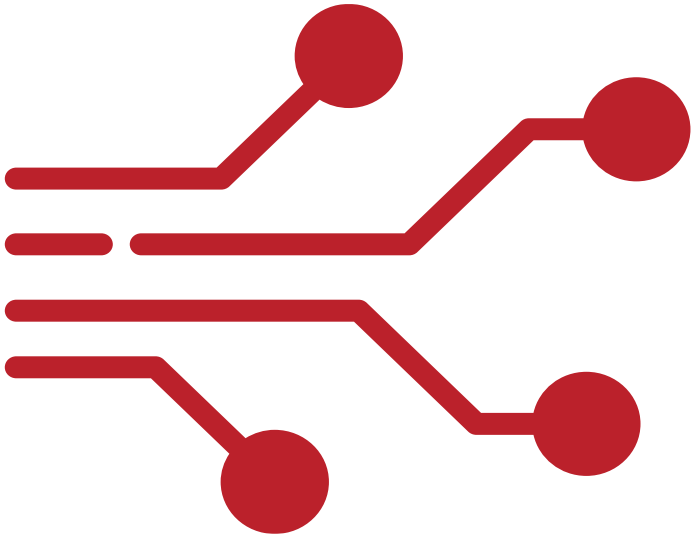
Tworzenie i uruchamianie Tasków w praktyce

- Task.Run - najprostszy sposób uruchomienia kodu asynchronicznie w tle
- Task.Factory.StartNew - bardziej elastyczna metoda, pozwala m.in. ustawić TaskCreationOptions



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

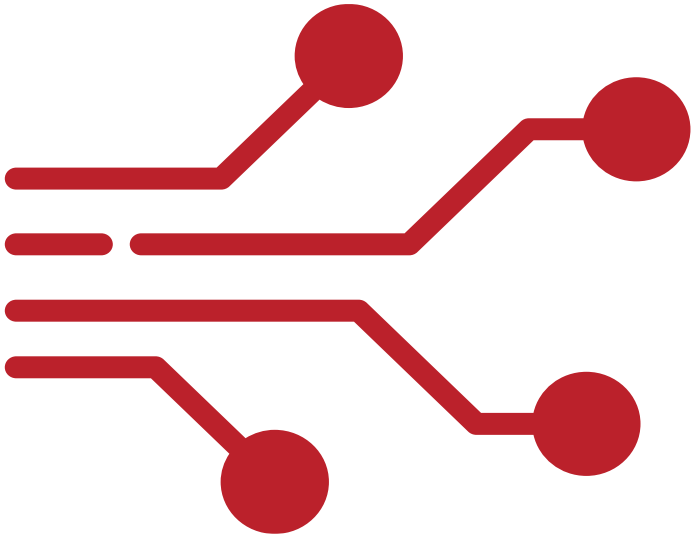


Przykład - Task

```
using System;
using System.Threading;
using System.Threading.Tasks;
Task task = Task.Run(() =>
{
    Console.WriteLine($"Task running on thread
{Thread.CurrentThread.ManagedThreadId}");
    Thread.Sleep(1000); // symulacja pracy w tle
    Console.WriteLine("Task completed");
});
task.Wait(); // synchronizacja
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



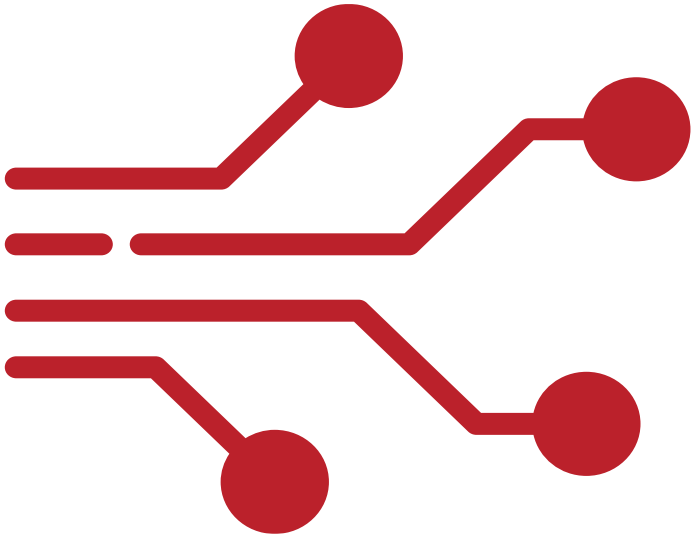
Przykład 2 - Task

```
Task<int> taskWithResult = Task.Run(() =>
{
    int sum = 0;
    for (int i = 1; i <= 1000; i++) sum += i;
    return sum;
});

int result = taskWithResult.Result; // pobranie wyniku Task
Console.WriteLine($"Result: {result}");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

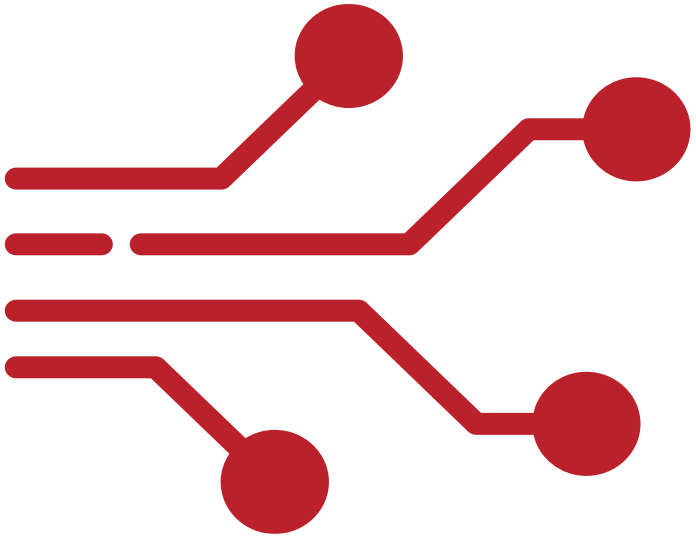
Task w funkcjach async/await - łączenie Task z kodem asynchronicznym



- Funkcja oznaczona słowem kluczowym async może używać await na Task
- await wstrzymuje wykonanie funkcji bez blokowania wątku wywołującego
- Pozwala pisać czytelny, synchroniczny kod, który działa asynchronicznie

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład - operacja IO-bound

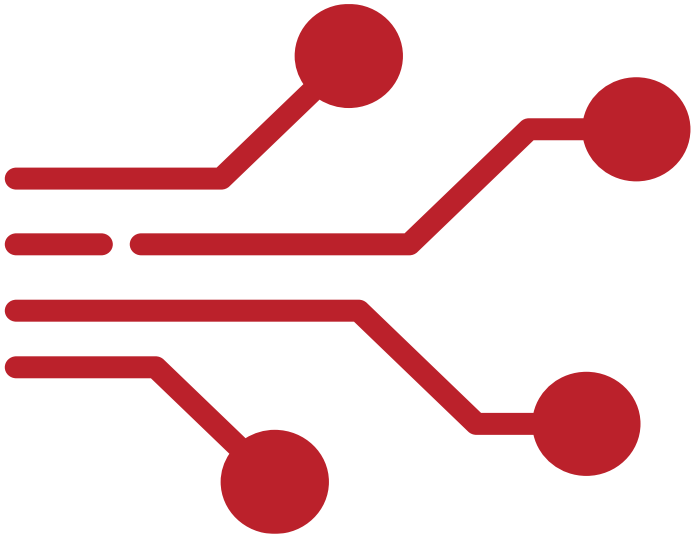
```
using System;
using System.Net.Http;
using System.Threading.Tasks;


public async Task<string> FetchDataAsync()
{
    using var client = new HttpClient();
    string response = await
client.GetStringAsync("https://example.com");
    return response;
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład - operacja IO-bound

```
// Użycie w metodzie async

string result = await FetchDataAsync();

Console.WriteLine(result.Substring(0, 50)); // pierwsze 50 znaków odpowiedzi
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład w praktyce - Task CPU-bound

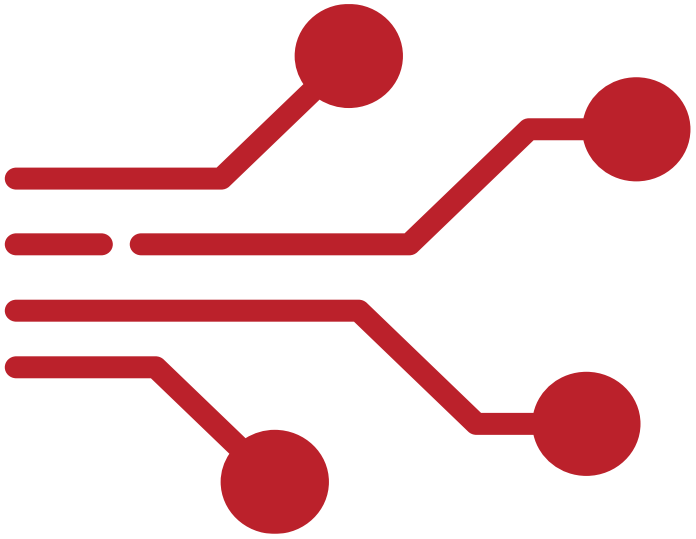
```
using System;
using System.Threading.Tasks;
public async Task<int> ComputeSumAsync(int n)
{
    return await Task.Run(() =>
    {
        int sum = 0;
        for (int i = 1; i <= n; i++) sum += i;
        return sum;
    });
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład w praktyce - Task CPU-bound

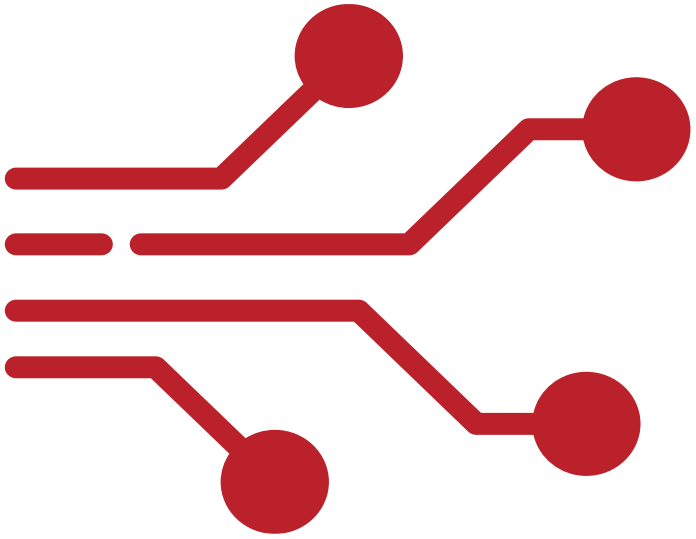
```
// Użycie
int total = await ComputeSumAsync(1000);
Console.WriteLine($"Total sum: {total}");
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Task.WhenAll i Task.WhenAny - synchronizacja wielu zadań. Obsługa wielu Tasków jednocześnie



- Task.WhenAll - czeka na zakończenie wszystkich podanych Tasków, zwraca wyniki jako tablicę (Task<TResult>)
- Task.WhenAny - czeka, aż jeden z Tasków zakończy działanie, zwraca referencję do pierwszego zakończonego Tasku
- Ułatwia koordynację wielu równoległych operacji
- Idealne do scenariuszy: pobieranie wielu zasobów, równoległe obliczenia, agregacja wyników
- Integruje się z async/await, dzięki czemu kod pozostaje czytelny i synchroniczny w zapisie

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Task.WhenAll (równoległe pobieranie danych)

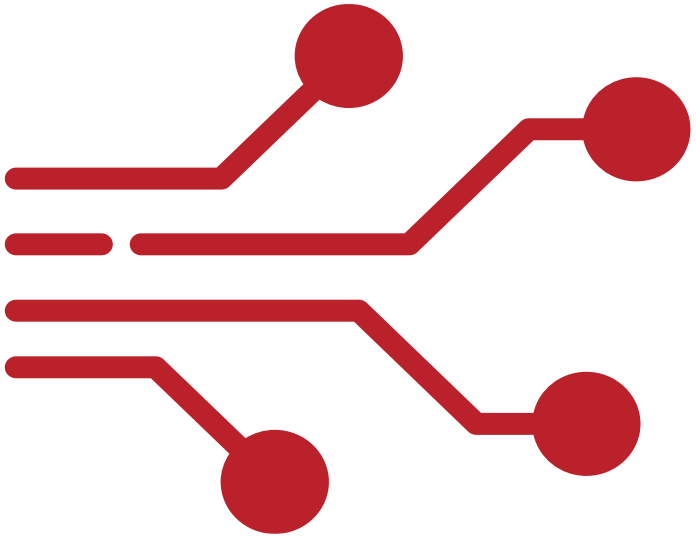
```
using System;
using System.Net.Http;
using System.Threading.Tasks;
async Task FetchMultipleAsync()
{
    using var client = new HttpClient();

    Task<string> task1 =
client.GetStringAsync("https://example.com/1");
    Task<string> task2 =
client.GetStringAsync("https://example.com/2");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Task.WhenAll (równoległe pobieranie danych)

```
    Task<string> task3 =
client.GetStringAsync("https://example.com/3");


    string[] results = await Task.WhenAll(task1, task2,
task3);


    foreach (var result in results)

        Console.WriteLine(result.Substring(0, 50)); //
pierwsze 50 znaków każdej odpowiedzi

}


await FetchMultipleAsync();
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Task.WhenAny (reakcja na pierwszy zakończony Task)

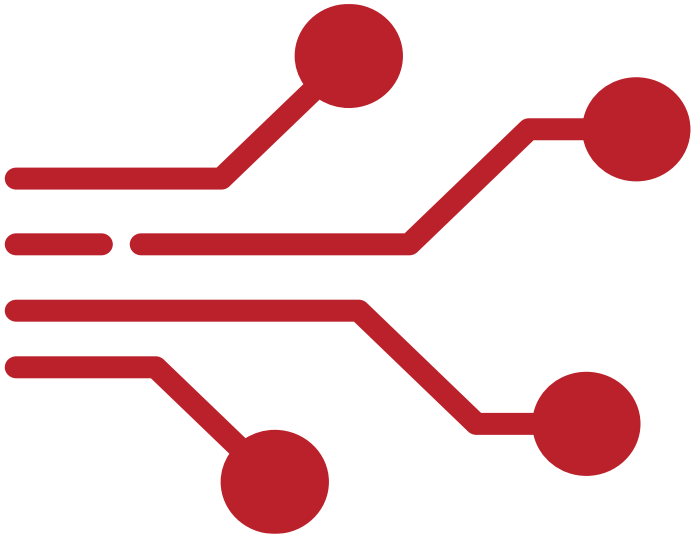
```
using System;
using System.Threading.Tasks;
async Task ProcessFastestAsync()
{
    Task<int> t1 = Task.Run(() => { Task.Delay(1000).Wait();
return 1; });
    Task<int> t2 = Task.Run(() => { Task.Delay(500).Wait();
return 2; });
    Task<int> t3 = Task.Run(() => { Task.Delay(800).Wait();
return 3; });
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Task.WhenAny (reakcja na pierwszy zakończony Task)

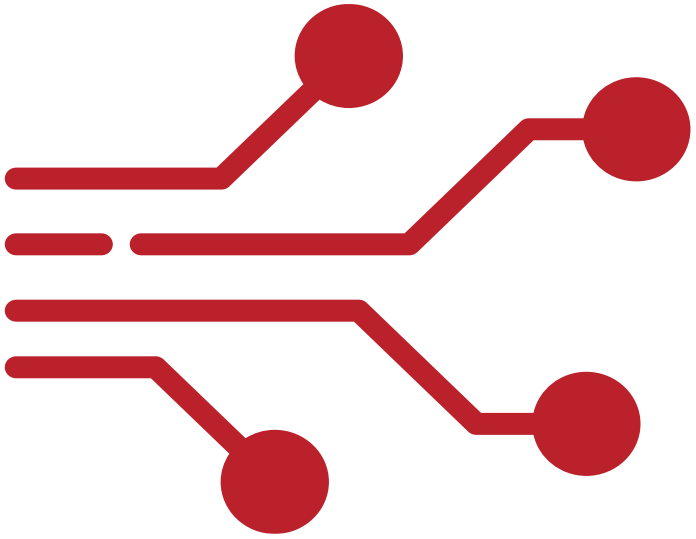
```
    Task<int> firstCompleted = await Task.WhenAny(t1, t2, t3);

    Console.WriteLine($"First completed result: {firstCompleted.Result}");

}

await ProcessFastestAsync();
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

CancellationToken - anulowanie Tasków w praktyce. Bezpieczne przerywanie zadań



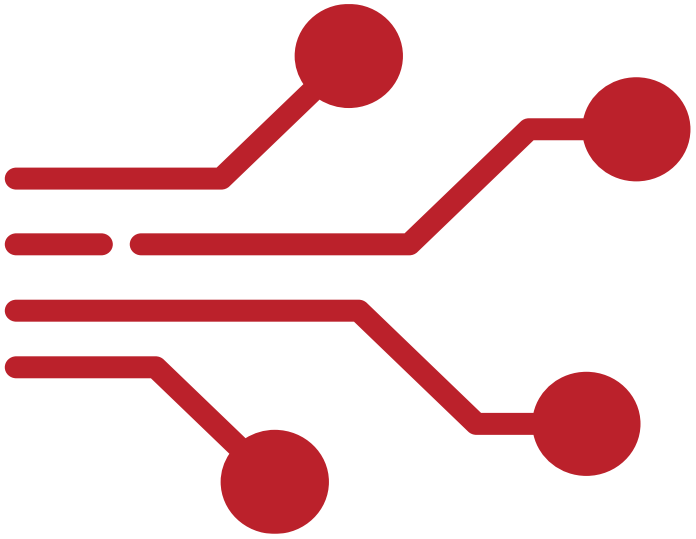
- CancellationToken - mechanizm do informowania Tasków o potrzebie anulowania
- Pozwala na bezpieczne zakończenie Tasków bez wymuszania przerwania wątku
- Integruje się z Task, async/await i bibliotekami .NET
- Stosowany w scenariuszach: długotrwałe operacje IO, pętle w tle, batch processing
- Wspiera modularność i przewidywalność działania systemu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

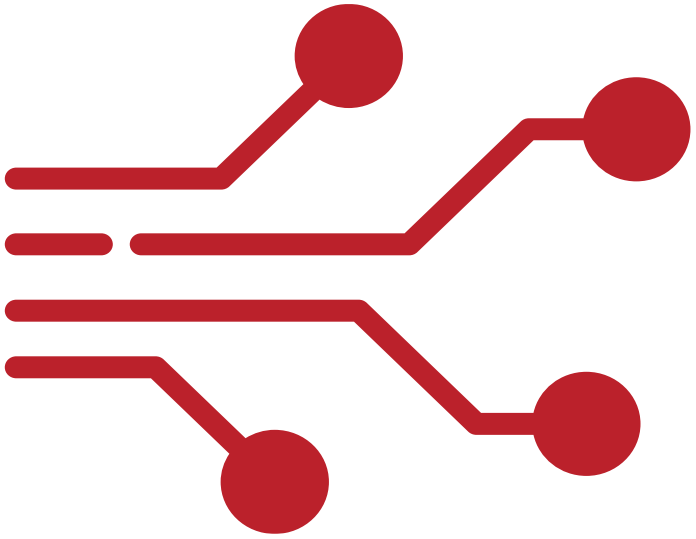
Przykład w praktyce - anulowanie Task

```
using System;
using System.Threading;
using System.Threading.Tasks;
CancellationTokenSource cts = new CancellationTokenSource();
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

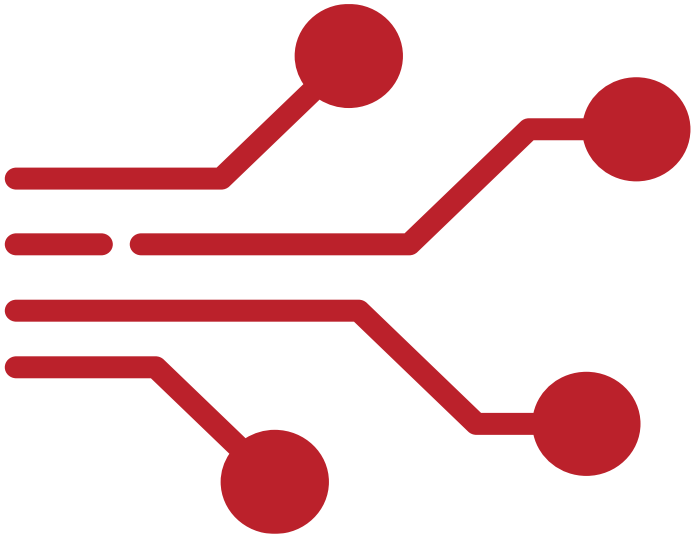


Przykład w praktyce - anulowanie Task

```
Task task = Task.Run(async () =>
{
    for (int i = 0; i < 10; i++)
    {
        cts.Token.ThrowIfCancellationRequested();
        Console.WriteLine($"Processing {i}");
        await Task.Delay(500);
    }
}, cts.Token);
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



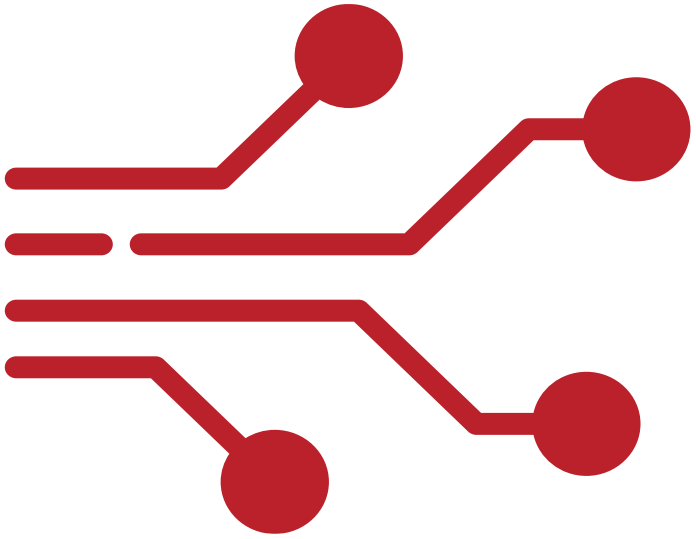
Przykład w praktyce - anulowanie Task

```
// Anulowanie Task po 2 sekundach
Task.Delay(2000).ContinueWith(_ => cts.Cancel());
try
{
    task.Wait();
}
catch (AggregateException ex)
{
    Console.WriteLine($"Task was cancelled:
{ex.InnerException.Message}");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Obsługa wyjątków w Task i async. Bezpieczne zarządzanie błędami



- Task i async/await pozwalają przechwycić wyjątki w sposób kontrolowany
- Wyjątki w Task są przechowywane w AggregateException
- await automatycznie rozpakowuje wyjątek i wyrzuca go w miejscu wywołania
- Pozwala na czystą obsługę błędów w kodzie asynchronicznym
- Integruje się z CancellationToken - anulowanie Task również jest traktowane jako wyjątek

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

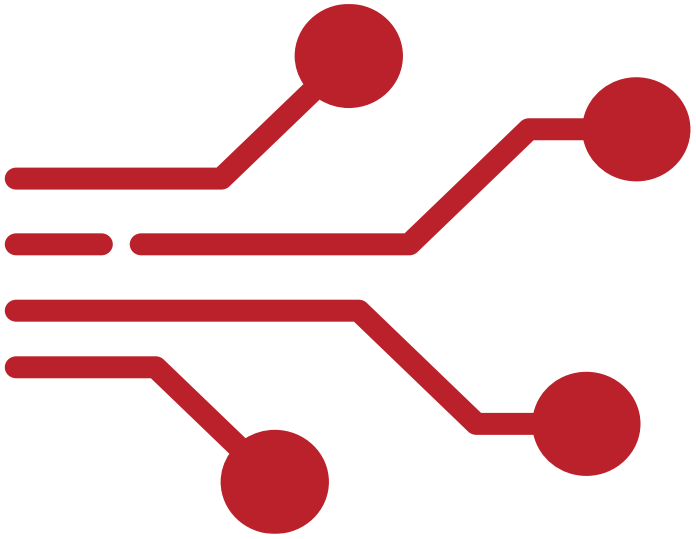
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Task z wyjątkiem

```
using System;
using System.Threading.Tasks;


Task task = Task.Run(() =>
{
    throw new InvalidOperationException("Something went
wrong in Task");
});
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład. Task z wyjątkiem

```
try
{
    task.Wait(); // synchronizacja Task
}
catch (AggregateException ex)
{
    foreach (var inner in ex.InnerExceptions)
        Console.WriteLine($"Caught exception:
{inner.Message}");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład w async/await

```
using System;
using System.Threading.Tasks;


public async Task ThrowAsync()
{
    await Task.Delay(500);
    throw new InvalidOperationException("Error in async method");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

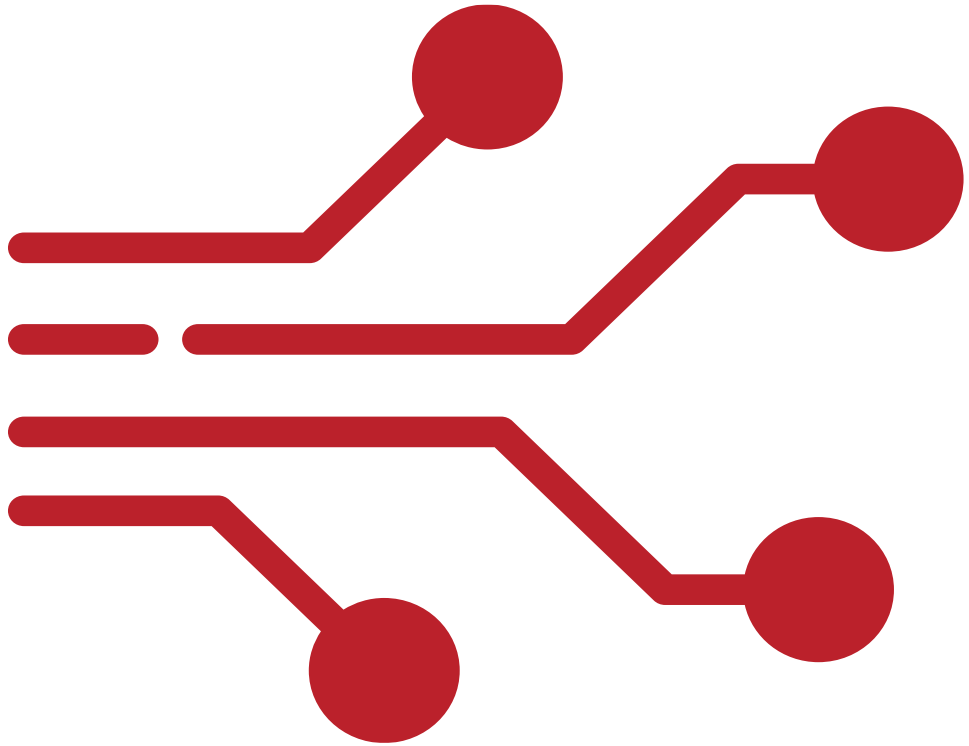
Przykład w async/await

```
// Użycie
try
{
    await ThrowAsync();
}
catch (InvalidOperationException ex)
{
    Console.WriteLine($"Caught exception: {ex.Message}");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

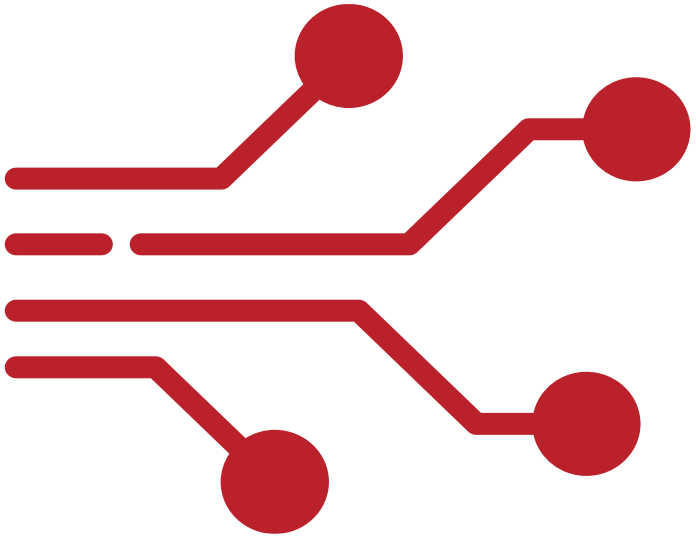
Wątki



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

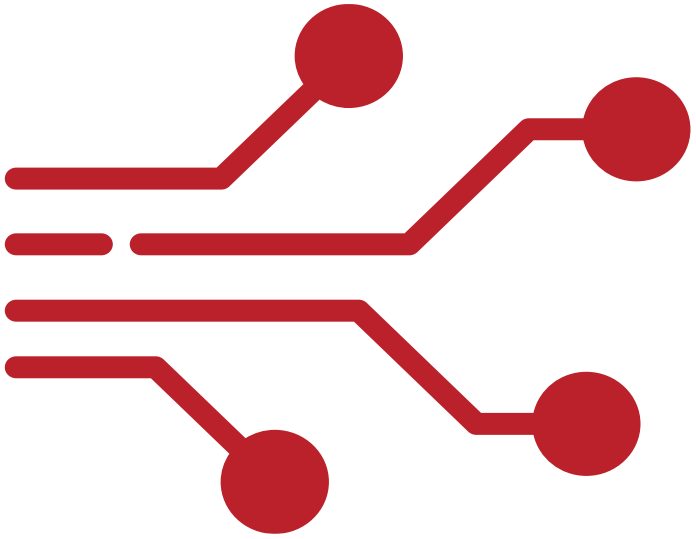
Thread - podstawy wątków. Wprowadzenie do niskopoziomowej wielowątkowości



- Thread - jednostka wykonawcza w systemie operacyjnym, na której kod działa równolegle z innymi wątkami
- Każdy wątek posiada własny stos i kontekst wykonania
- Wątki mogą współdzielić dane, ale wymagają synchronizacji (lock, Monitor, Mutex)
- Używany w scenariuszach, gdzie potrzebna jest kontrola nad wątkiem, np. długotrwałe CPU-bound operations lub obsługa zdarzeń w tle
- W nowoczesnym C# wątki są rzadziej tworzone ręcznie, bo często stosuje się Task i ThreadPool

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



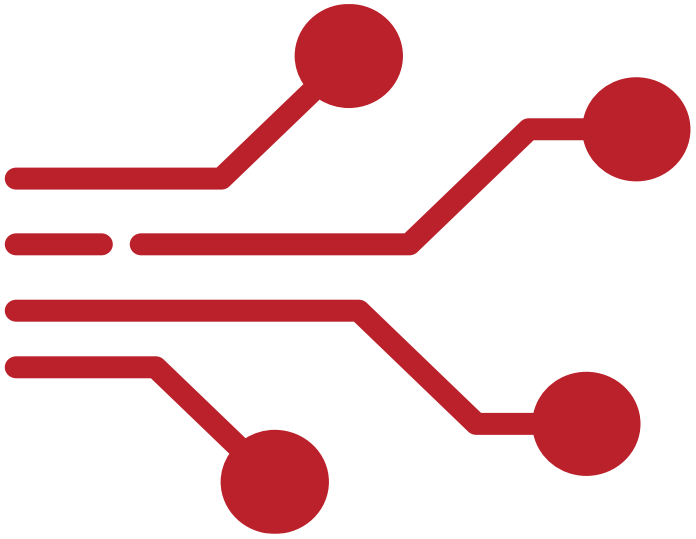
Przykład - wątek

```
using System;
using System.Threading;
Thread thread = new Thread(() =>
{
    Console.WriteLine($"Hello from thread
{Thread.CurrentThread.ManagedThreadId}");
    Thread.Sleep(1000); // symulacja pracy
    Console.WriteLine("Thread finished");
});
thread.Start();  // uruchamiamy wątek
thread.Join();   // czekamy na zakończenie wątku
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

ThreadPool - automatyczne zarządzanie wątkami



- ThreadPool - wbudowany mechanizm .NET do zarządzania wątkami w tle
- Używa istniejące wątki zamiast tworzyć nowe, co poprawia wydajność
- Umożliwia wykonywanie krótkotrwałych operacji równolegle bez ręcznego zarządzania wątkami
- Integruje się z Task, async/await i mechanizmami współbieżności
- Idealny do CPU-bound i IO-bound operations, kiedy potrzebujemy wielu wątków w tle

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

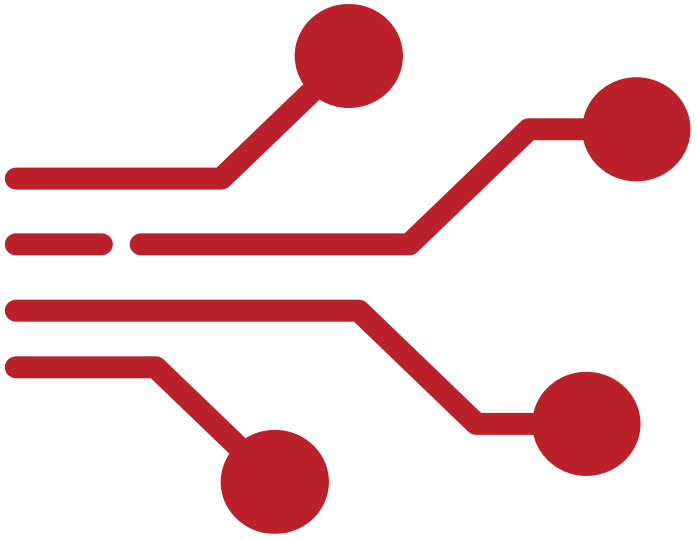
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. ThreadPool

```
using System;
using System.Threading;


ThreadPool.QueueUserWorkItem(state =>
{
    Console.WriteLine($"ThreadPool thread running:
{Thread.CurrentThread.ManagedThreadId}");
    Thread.Sleep(500); // symulacja pracy
    Console.WriteLine("ThreadPool task finished");
});
Thread.Sleep(1000); // pozwalamy Taskowi zakończyć się
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

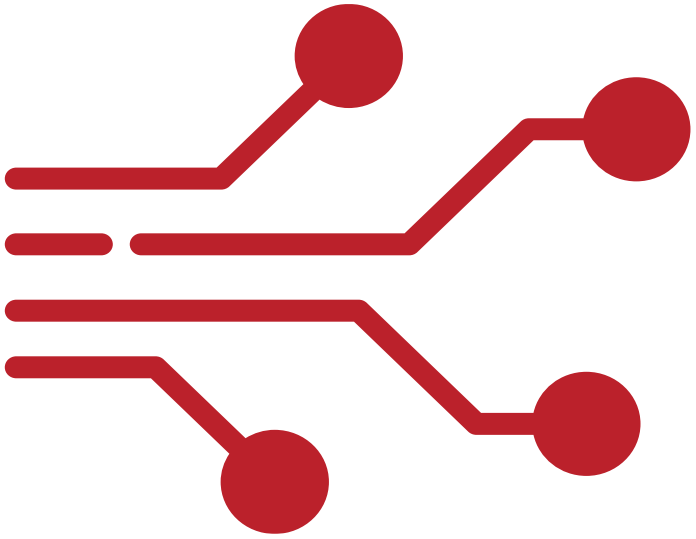


Przykład. ThreadPool z wieloma zadaniami

```
for (int i = 1; i <= 5; i++)
{
    int taskId = i;
    ThreadPool.QueueUserWorkItem(state =>
    {
        Console.WriteLine($"Task {taskId} running on thread
{Thread.CurrentThread.ManagedThreadId}");
        Thread.Sleep(500);
        Console.WriteLine($"Task {taskId} finished");
    });
}
Thread.Sleep(2000); // pozwalamy wszystkim Taskom się zakończyć
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Porównanie Thread i Task

- Thread
  - Niskopoziomowa jednostka wykonawcza w systemie operacyjnym
  - Pełna kontrola nad cyklem życia wątku (Start, Join, priorytety)
  - Większy narzut systemowy przy tworzeniu wielu wątków
  - Trudniejsze zarządzanie synchronizacją i obsługą wyjątków
- Task
  - Abstrakcja wyższego poziomu nad wątkiem
  - Automatyczne korzystanie z ThreadPool - oszczędza zasoby
  - Integracja z async/await, kontynuacjami i CancellationToken
  - Łatwiejsze łączenie wielu zadań i obsługa wyjątków
  - Pasuje do IO-bound i CPU-bound operations

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

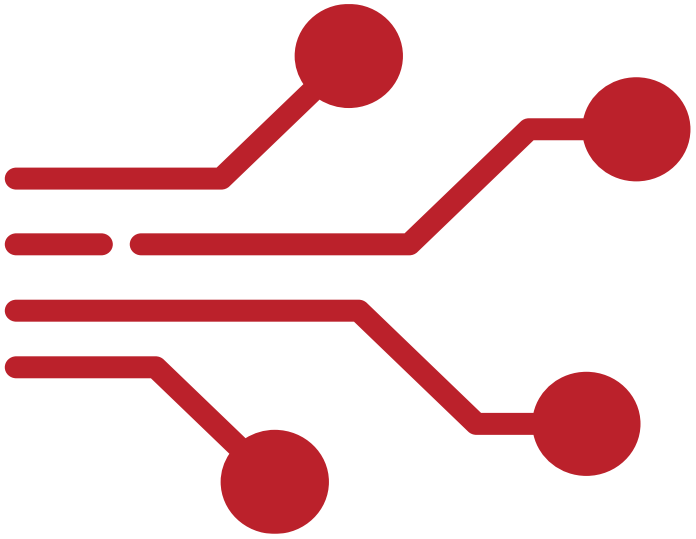
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład omawianych koncepcji

```
// Thread

Thread thread = new Thread(() => Console.WriteLine("Hello
from Thread"));

thread.Start();

thread.Join();


// Task

Task task = Task.Run(() => Console.WriteLine("Hello from
Task"));

task.Wait();
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

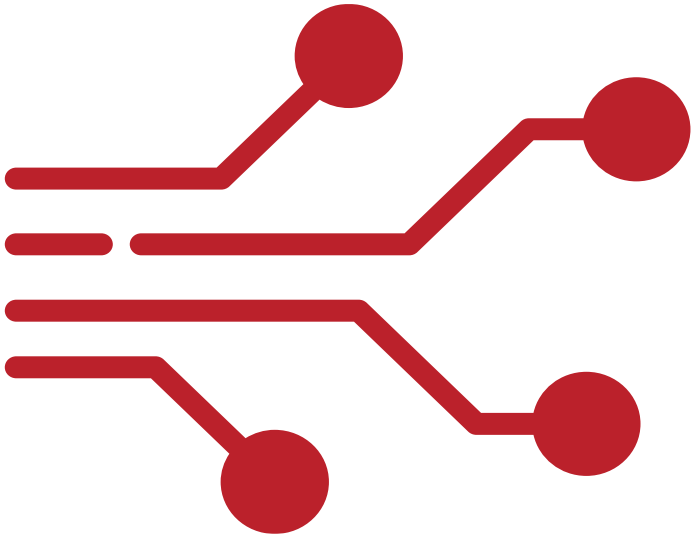


Race condition i współdzielenie danych. Problemy związane z równoległym dostępem do danych

- Race condition - sytuacja, gdy dwa lub więcej wątków jednocześnie odczytuje i zapisuje te same dane, powodując nieprzewidywalne wyniki
- Współdzielenie zmiennych lub struktur danych wymaga mechanizmów synchronizacji
- Typowe scenariusze: licznik w pętli, dostęp do plików, modyfikacja kolekcji
- Możliwe konsekwencje: niepoprawne wyniki, wyjątki, deadlock
- Rozwiązania: lock, Monitor, Mutex, Semaphore, Concurrent Collections

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład. Race condition

```
using System;
using System.Threading;
int counter = 0;
Thread t1 = new Thread(() =>
{
    for (int i = 0; i < 1000; i++) counter++;
});
Thread t2 = new Thread(() =>
{
    for (int i = 0; i < 1000; i++) counter++;
});
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Race condition

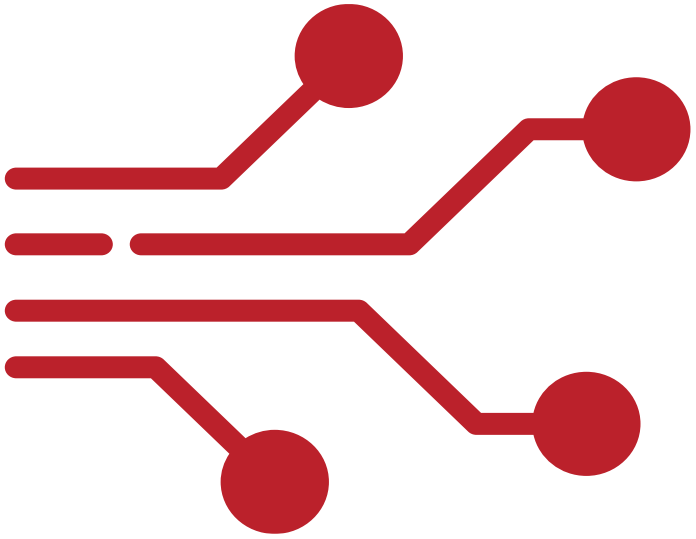
```
t1.Start();
t2.Start();
t1.Join();
t2.Join();
```

```
Console.WriteLine($"Counter: {counter}"); // wynik nie zawsze 2000!
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

lock i Monitor - podstawowa synchronizacja. Bezpieczne współdzielenie danych między wątkami



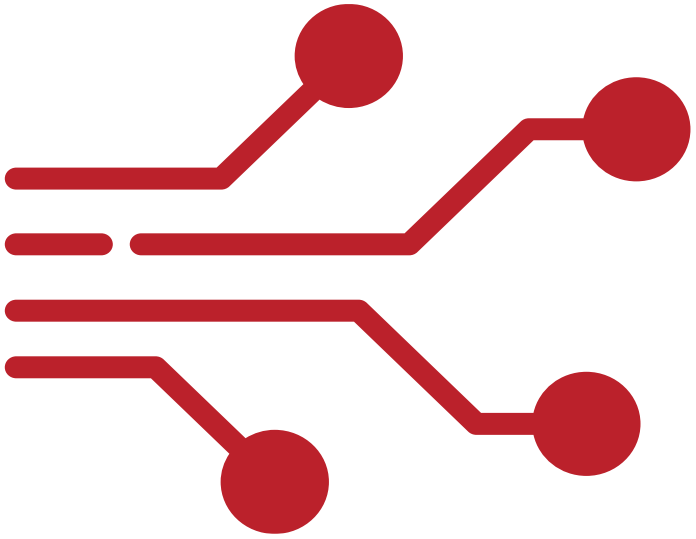
- lock - prosty sposób na zablokowanie sekcji kodu dla jednego wątku w danym czasie
- Monitor - bardziej rozbudowana wersja lock, umożliwia np. Wait, Pulse, PulseAll
- Stosowane do ochrony współdzielonych zasobów, aby uniknąć race conditio
- Typowe scenariusze: modyfikacja liczników, list, słowników, logów w tle
- Integracja z Task, Thread i ThreadPool – pozwala bezpiecznie współdzielić stan

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

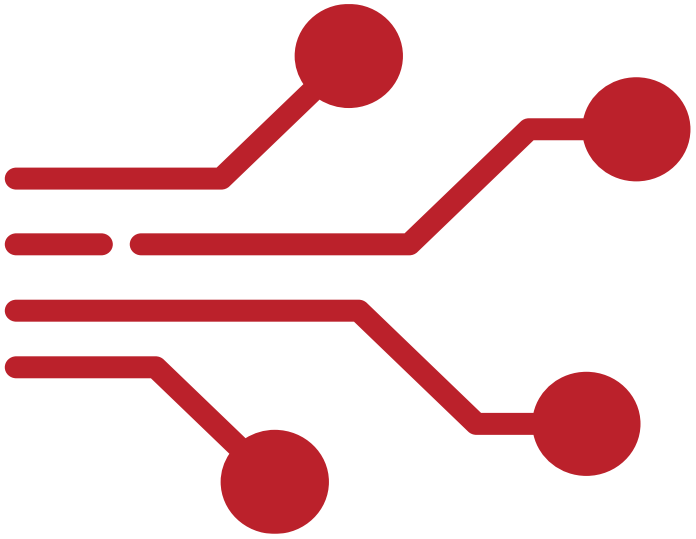
Przykład - lock

```
using System;
using System.Threading;

int counter = 0;
object lockObj = new object();
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład - lock

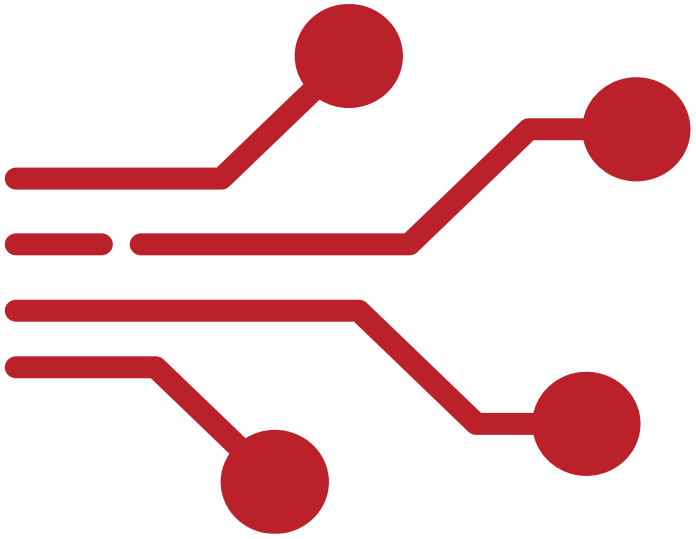
```
Thread t1 = new Thread(() =>
{
    for (int i = 0; i < 1000; i++)
    {
        lock (lockObj)
        {
            counter++;
        }
    }
});
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład - lock

```
Thread t2 = new Thread(() =>
{
    for (int i = 0; i < 1000; i++)
    {
        lock (lockObj)
        {
            counter++;
        }
    }
});
```

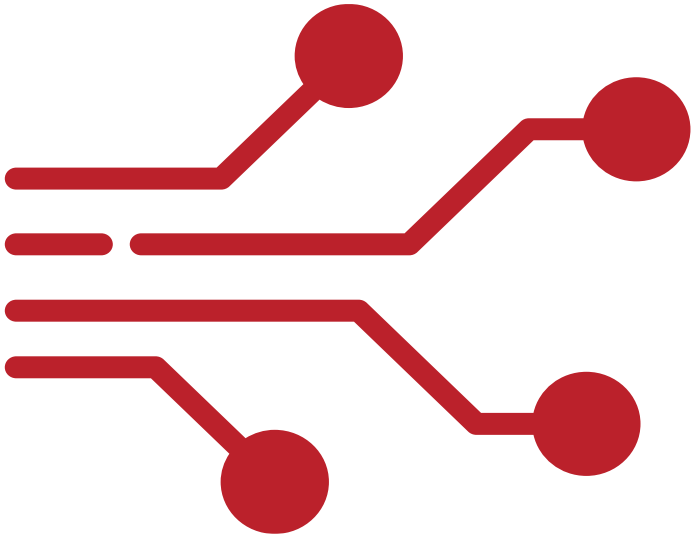


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład - lock

```
t1.Start();
t2.Start();
t1.Join();
t2.Join();

Console.WriteLine($"Counter: {counter}"); // zawsze 2000
```

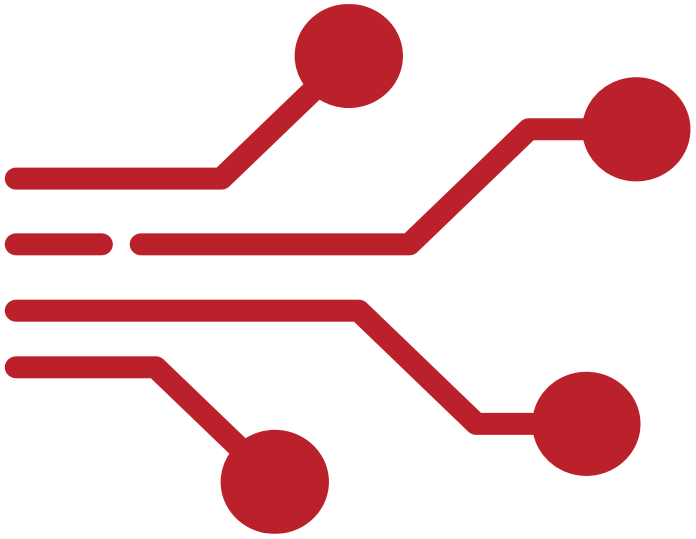


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład - Monitor

```
using System;
using System.Threading;

object lockObj = new object();
bool ready = false;
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

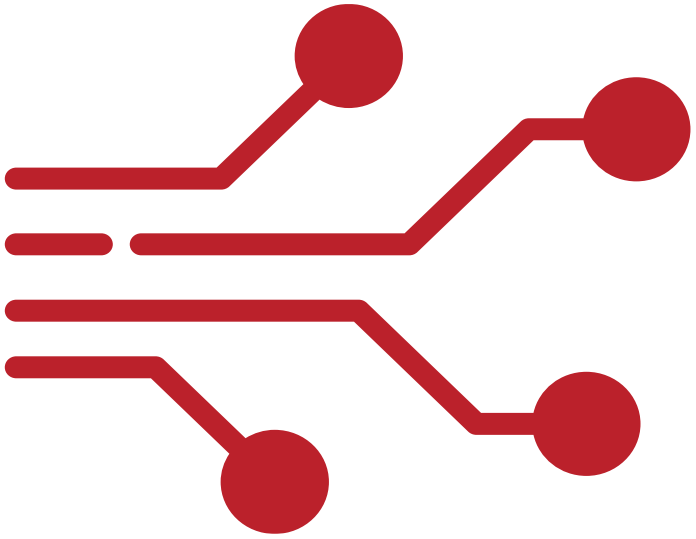
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład - Monitor

```
Thread t1 = new Thread(() =>
{
    lock (lockObj)
    {
        ready = true;
        Monitor.Pulse(lockObj); // sygnalizuje innemu
wątkowi
    }
});
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład - Monitor

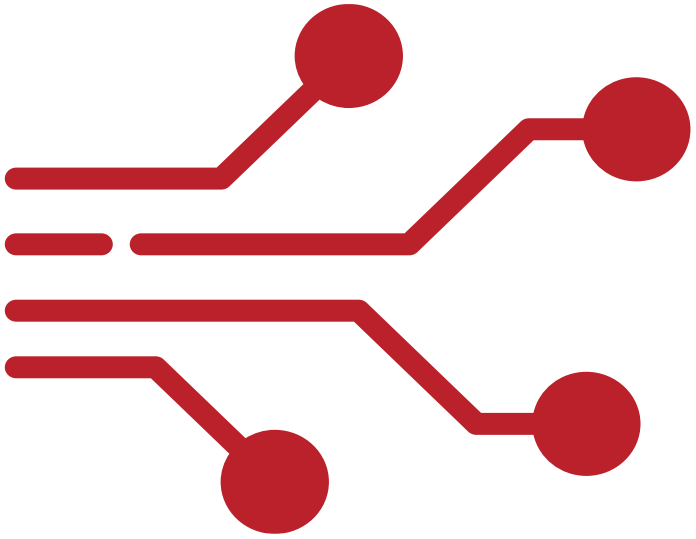
```
Thread t2 = new Thread(() =>
{
    lock (lockObj)
    {
        while (!ready)
        {
            Monitor.Wait(lockObj); // czeka, aż Pulse
zostanie wywołane
        }
        Console.WriteLine("Thread2: got notification");
    }
});
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład - Monitor

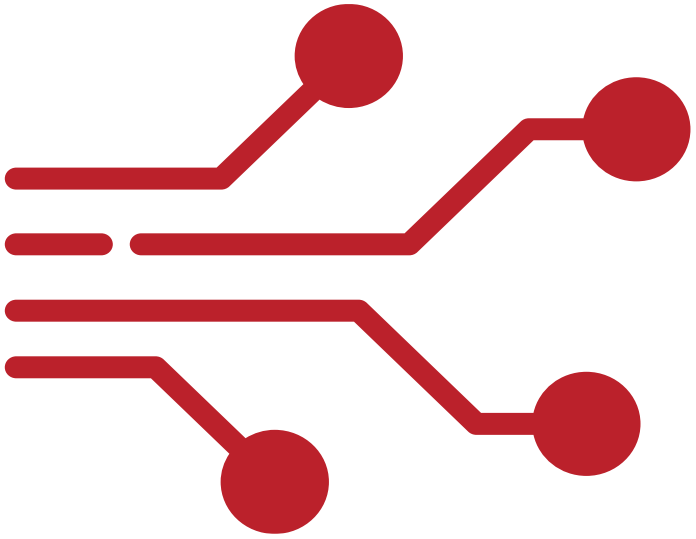
```
t2.Start();
t1.Start();
t1.Join();
t2.Join();
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Mutex, Semaphore, AutoResetEvent - zaawansowana synchronizacja. Mechanizmy synchronizacji dla bardziej złożonych scenariuszy



- Mutex - synchronizacja między wątkami w tym samym lub różnych procesach; gwarantuje, że tylko jeden wątek/proces może wejść do sekcji krytycznej
- Semaphore - pozwala ograniczyć liczbę wątków mających jednoczesny dostęp do zasobu (np. maksymalnie N wątków)\
- AutoResetEvent/ManualResetEvent - mechanizm powiadamiania wątków; wątek czeka na sygnał (WaitOne), a inny wątek wysyła sygnał (Set)
- Stosowane w scenariuszach producer-consumer, zarządzanie pulą zasobów, synchronizacja między procesami

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Mutex

```
using System;
using System.Threading;

Mutex mutex = new Mutex();
int counter = 0;
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Mutex

```
Thread t1 = new Thread(() =>
{
    for (int i = 0; i < 1000; i++)
    {
        mutex.WaitOne(); // wchodzimy do sekcji krytycznej
        counter++;
        mutex.ReleaseMutex(); // opuszczamy sekcję
    }
});
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

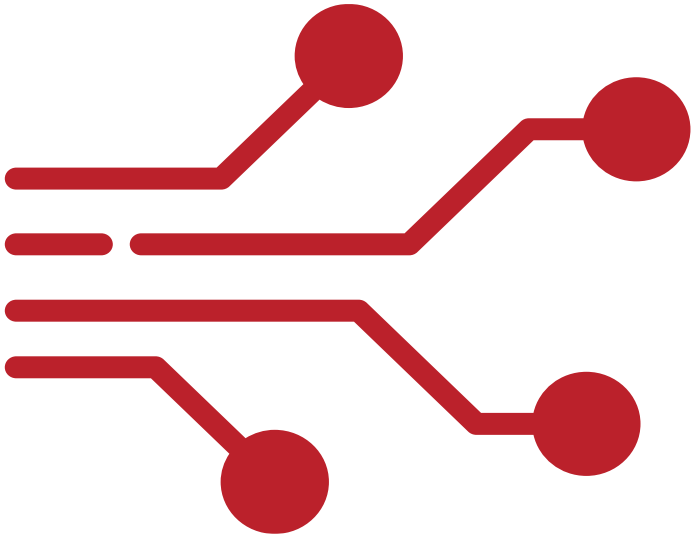
Przykład. Mutex

```
Thread t2 = new Thread(() =>
{
    for (int i = 0; i < 1000; i++)
    {
        mutex.WaitOne();
        counter++;
        mutex.ReleaseMutex();
    }
});
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

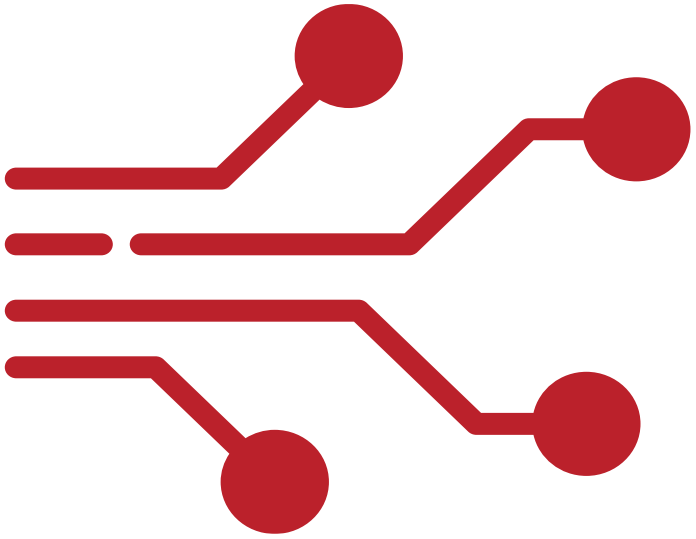
Przykład. Mutex



```
t1.Start();
t2.Start();
t1.Join();
t2.Join();

Console.WriteLine($"Counter: {counter}"); // zawsze 2000
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład. Semaphore

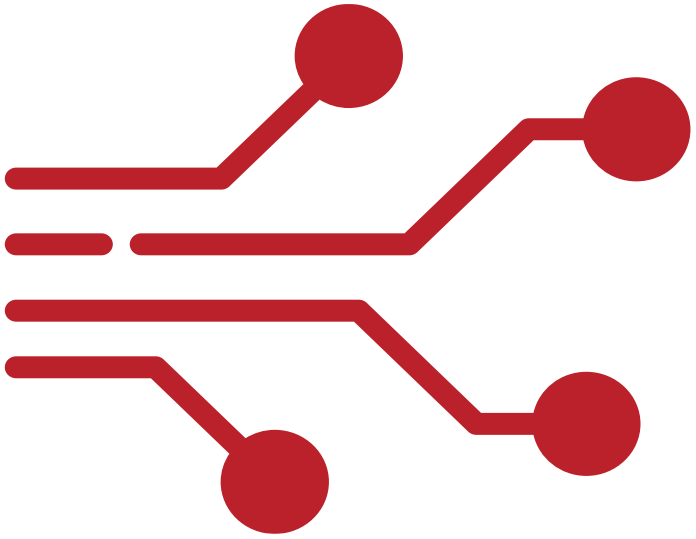
```
using System;
using System.Threading;
Semaphore semaphore = new Semaphore(2, 2); // maksymalnie 2 wątki naraz
for (int i = 1; i <= 5; i++)
{
    int id = i;
    new Thread(() =>
    {
        semaphore.WaitOne();
        Console.WriteLine($"Thread {id} entering critical section");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Semaphore

```
            Thread.Sleep(1000);
            Console.WriteLine($"Thread {id} leaving critical
section");
            semaphore.Release();
        }).Start();
}
Thread.Sleep(4000);
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. AutoResetEvent

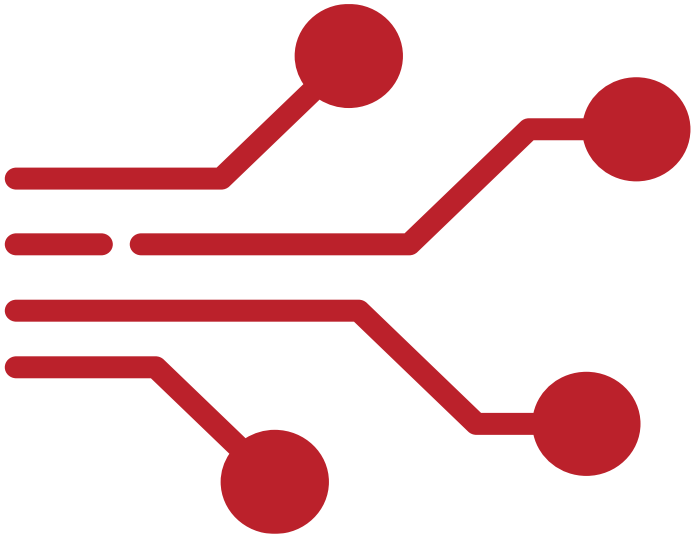
```
using System;
using System.Threading;

AutoResetEvent autoEvent = new AutoResetEvent(false);

new Thread(() =>
{
    Console.WriteLine("Thread waiting...");
    autoEvent.WaitOne(); // czeka na sygnał
    Console.WriteLine("Thread received signal");
}).Start();
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

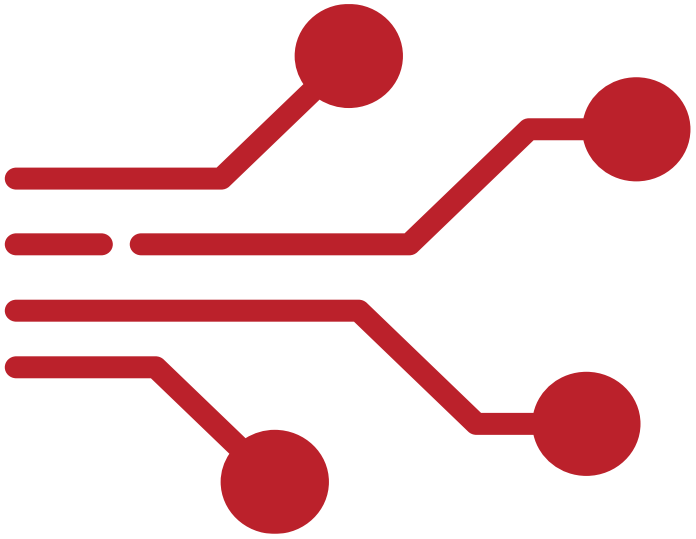
Przykład. AutoResetEvent

```
Thread.Sleep(1000);
Console.WriteLine("Main thread sending signal");
autoEvent.Set(); // wysyła sygnał
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Kolekcje współbieżne: ConcurrentBag, ConcurrentQueue, ConcurrentDictionary. Bezpieczne współdzielenie danych w środowisku wielowątkowym

- Kolekcje współbieżne z przestrzeni System.Collections.Concurrent umożliwiają wielowątkowy dostęp bez ręcznej synchronizacji
- Typowe kolekcje:
  - ConcurrentBag<T> - nieuporządkowany zbiór elementów, szybki do dodawania i pobierania
  - ConcurrentQueue<T> - kolejka FIFO, bezpieczna dla wielu producentów i konsumentów
  - ConcurrentDictionary<TKey,TValue> - słownik współbieżny, pozwala na równoległe odczyty i zapisy
- Stosowane w scenariuszach: kolejki zadań, cache współbieżny, systemy producent-konsument
- Integrują się z Task, async/await i ThreadPool, ułatwiając równoległe przetwarzanie

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

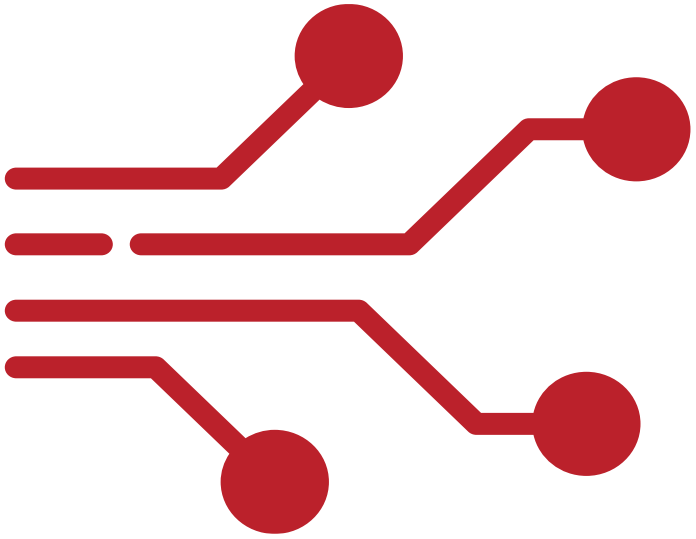
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. ConcurrentBag

```
using System;
using System.Collections.Concurrent;
using System.Threading.Tasks;

ConcurrentBag<int> bag = new ConcurrentBag<int>();

Parallel.For(0, 1000, i =>
{
    bag.Add(i); // bezpieczne dodawanie z wielu wątków
});
Console.WriteLine($"Bag count: {bag.Count}");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

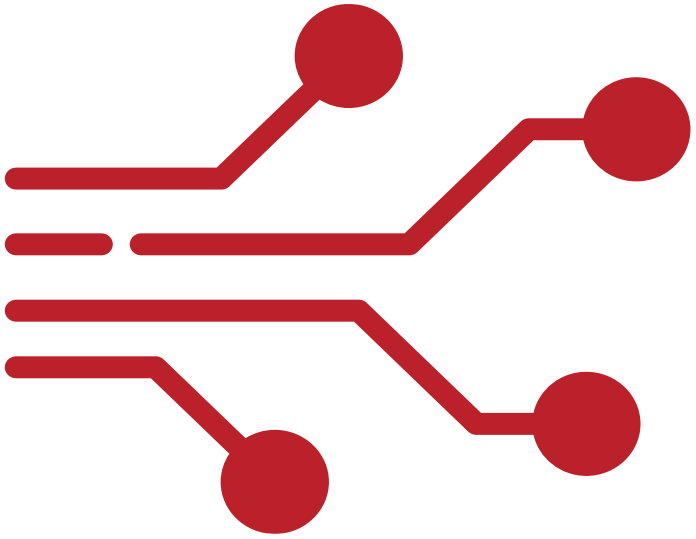


Przykład. ConcurrentQueue

```
using System;
using System.Collections.Concurrent;
using System.Threading.Tasks;
ConcurrentQueue<int> queue = new ConcurrentQueue<int>();
Parallel.For(0, 1000, i => queue.Enqueue(i));
int item;
if (queue.TryDequeue(out item))
{
    Console.WriteLine($"Dequeued item: {item}");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



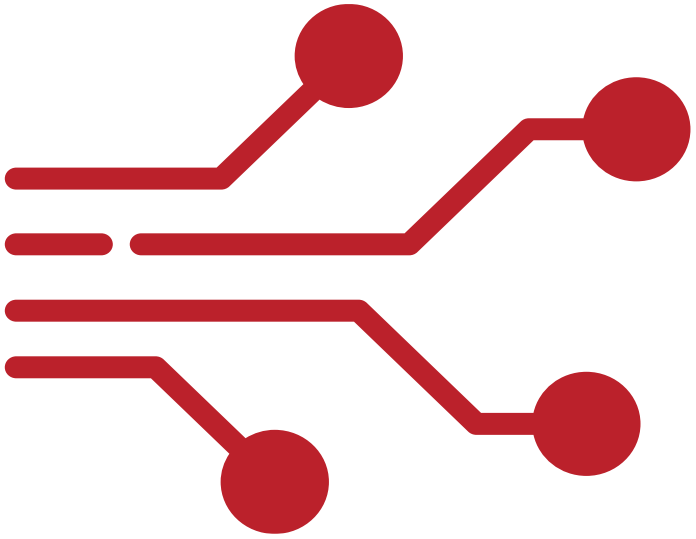
Przykład. ConcurrentDictionary

```
using System;
using System.Collections.Concurrent;
using System.Threading.Tasks;
ConcurrentDictionary<int, string> dict = new
ConcurrentDictionary<int, string>();
Parallel.For(0, 10, i =>
{
    dict.TryAdd(i, $"Value {i}");
});
foreach (var kvp in dict)
    Console.WriteLine($"{kvp.Key}: {kvp.Value}");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Operacje atomowe i Interlocked. Bezpieczne modyfikowanie prostych wartości w wielu wątkach



- Operacje atomowe - działania, które nie mogą być przerwane w trakcie wykonania, zapewniając spójność danych
- Interlocked - klasa w .NET do wykonywania atomowych operacji na zmiennych liczbowych
- Interlocked.Increment - inkrementacja
- Interlocked.Decrement – dekrementacja
- Interlocked.Add – dodawanie
- Interlocked.Exchange - zamiana wartości
- Stosowane w przypadku prostych liczników lub flag, gdzie nie chcemy używać lock
- Wydajne i bezpieczne w środowisku wielowątkowym

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Interlocked.Increment

```
using System;
using System.Threading;
using System.Threading.Tasks;
int counter = 0;
Parallel.For(0, 1000, i =>
{
    Interlocked.Increment(ref counter);
});
Console.WriteLine($"Counter: {counter}"); // zawsze 1000
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

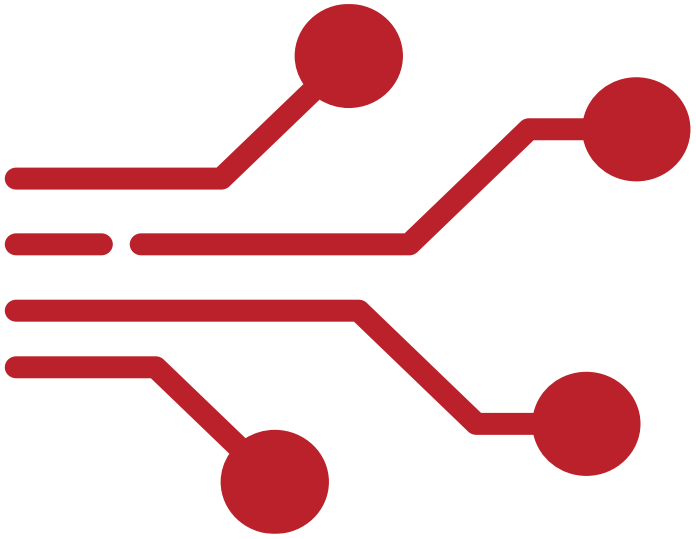
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Interlocked.Exchange

```
using System;
using System.Threading;


int value = 10;
int original = Interlocked.Exchange(ref value, 20);


Console.WriteLine($"Original: {original}, New: {value}"); //
Original: 10, New: 20
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Producer-Consumer - klasyczny wzorzec współbieżności. Koordynacja pracy wielu wątków: produkcja i konsumpcja danych

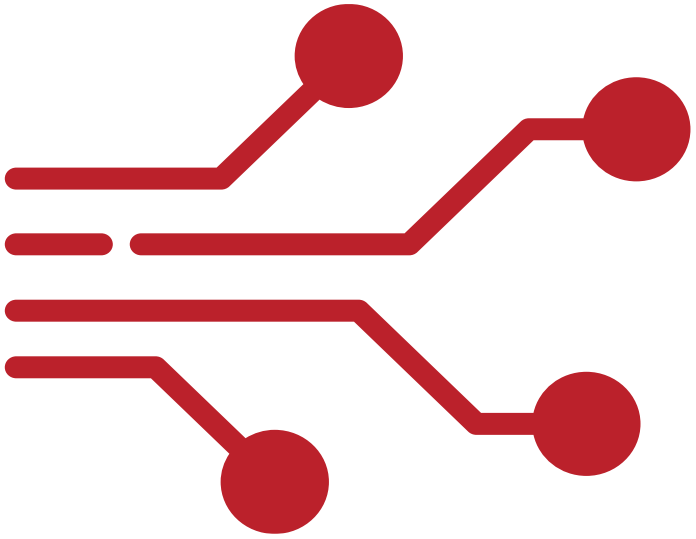
- Producer-Consumer to wzorzec, w którym jeden lub więcej wątków produkuje dane, a inne wątki je konsumują
- Umożliwia bezpieczne współdzielenie kolejek lub buforów między wątkami
- Typowe zastosowania: kolejki zadań, pipeline przetwarzania danych, logowanie w tle
- Implementacja może wykorzystywać:
  - ConcurrentQueue - do bezpiecznego przechowywania danych
  - Semaphore / AutoResetEvent - do powiadamiania konsumentów
  - Task i ThreadPool - do uruchamiania wątków producentów i konsumentów

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład w praktyce. ConcurrentQueue + Task

```
using System;
using System.Collections.Concurrent;
using System.Threading.Tasks;

ConcurrentQueue<int> queue = new ConcurrentQueue<int>();
```

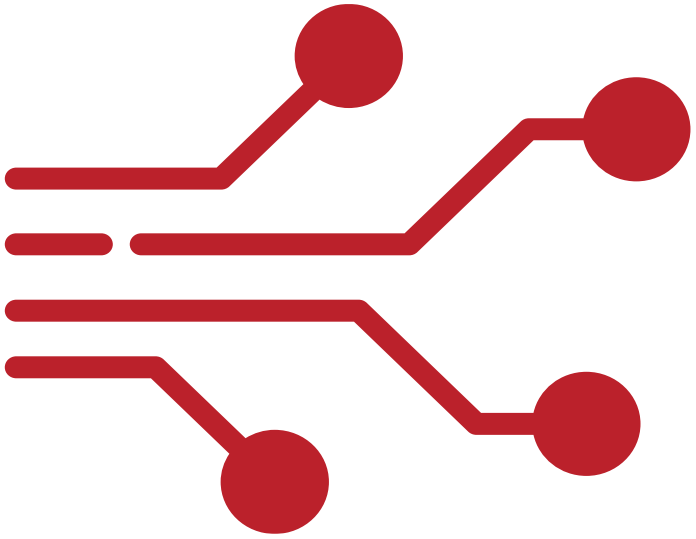


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

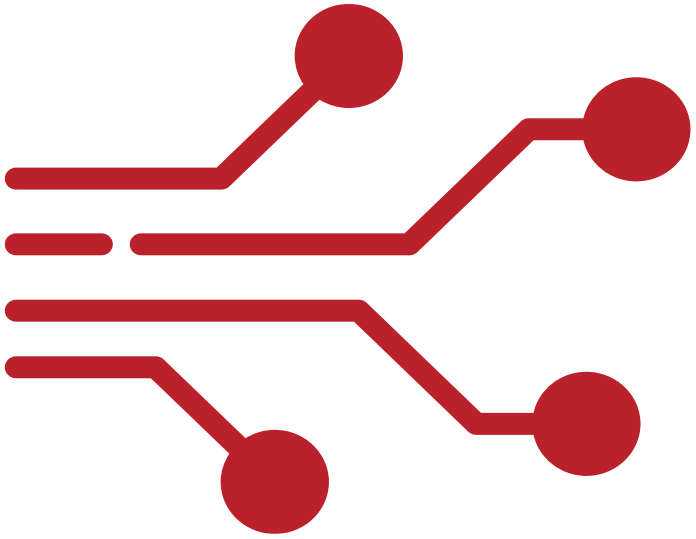
Przykład w praktyce. ConcurrentQueue + Task

```
// Producer
Task producer = Task.Run(() =>
{
    for (int i = 1; i <= 10; i++)
    {
        queue.Enqueue(i);
        Console.WriteLine($"Produced: {i}");
        Task.Delay(100).Wait(); // symulacja pracy
    }
});
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



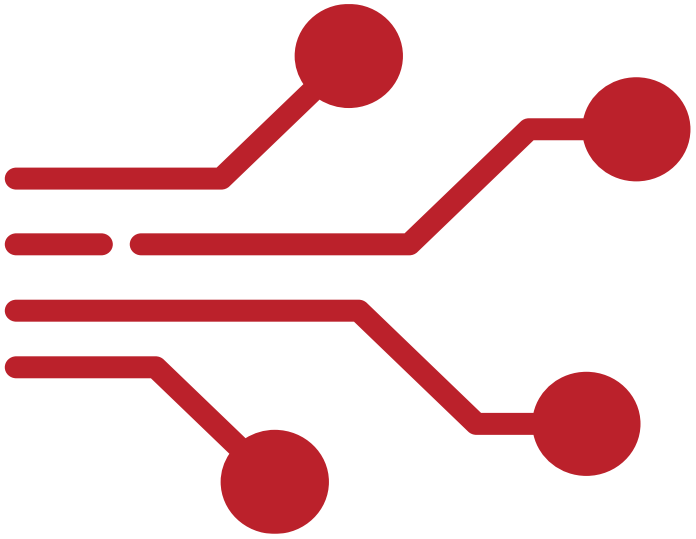
Przykład w praktyce. ConcurrentQueue + Task

```
// Consumer
Task consumer = Task.Run(() =>{
    int item;
    while (!producer.IsCompleted || !queue.IsEmpty)
    {
        if (queue.TryDequeue(out item))
        {
            Console.WriteLine($"Consumed: {item}");
        }
    }});
Task.WaitAll(producer, consumer);
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Task Parallel Library (TPL) - równoległe przetwarzanie danych. Wydajne wykonywanie obliczeń równolegle



- TPL (Task Parallel Library) to biblioteka wysokiego poziomu w .NET do równoległego przetwarzania danych
- Umożliwia wykorzystanie wielu rdzeni procesora bez ręcznego tworzenia wątków
- Kluczowe elementy:
  - Parallel.For i Parallel.ForEach - pętle równoległe
  - Parallel.Invoke - równoległe wywołania metod
  - Integracja z Task i async/await
- Stosowane w przypadku CPU-bound operations (operacje związane z procesorem), np. przetwarzania dużych kolekcji, obliczeń naukowych, agregacji

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Parallel.For

```
using System;
using System.Threading.Tasks;

int[] numbers = new int[1000];
Parallel.For(0, numbers.Length, i =>
{
    numbers[i] = i * i; // równoległe obliczanie kwadratów
});

Console.WriteLine($"numbers[0]={numbers[0]},
numbers[999]={numbers[999]}");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

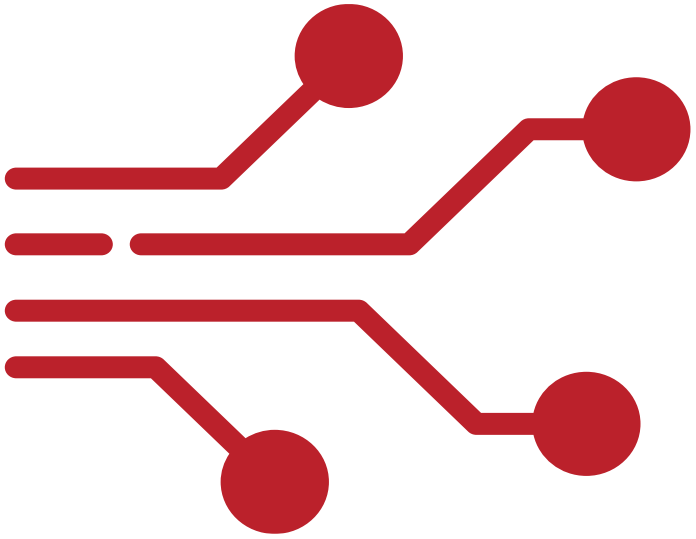
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Parallel.ForEach

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Threading.Tasks;

List<int> data = new List<int> { 1, 2, 3, 4, 5 };

Parallel.ForEach(data, item =>
{
    Console.WriteLine($"Processing item {item} on thread
{Task.CurrentId}");
});
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

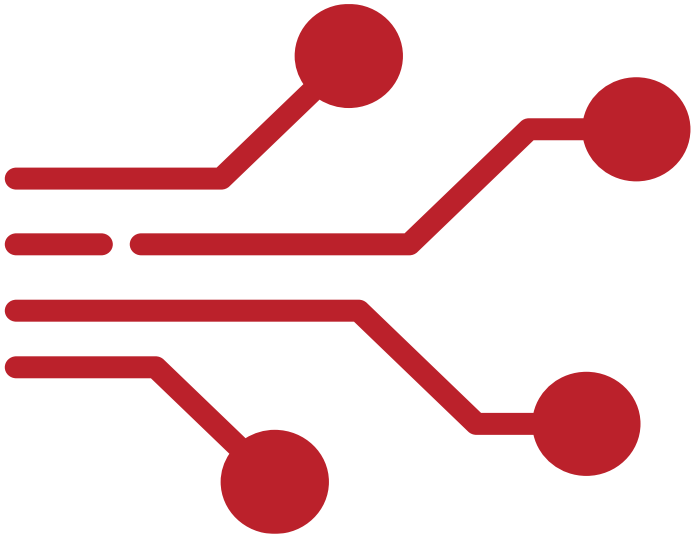


Łączenie Task, async/await i wzorców projektowych

- Taski i async/await umożliwiają modularny i czytelny kod w aplikacjach wielowątkowych
- Współpracują z wzorcami projektowymi, takimi jak:
  - Strategy - wstrzykiwanie algorytmów do kontekstu Task
  - Observer - powiadamianie wielu konsumentów po zakończeniu Task
  - Producer-Consumer - łatwe implementowanie kolejki zadań przy Task/ThreadPool
- Pozwala na bezpieczne, przewidywalne i testowalne przetwarzanie równoległe
- Integracja async/await i TPL ułatwia skalowanie aplikacji i zarządzanie błędami

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

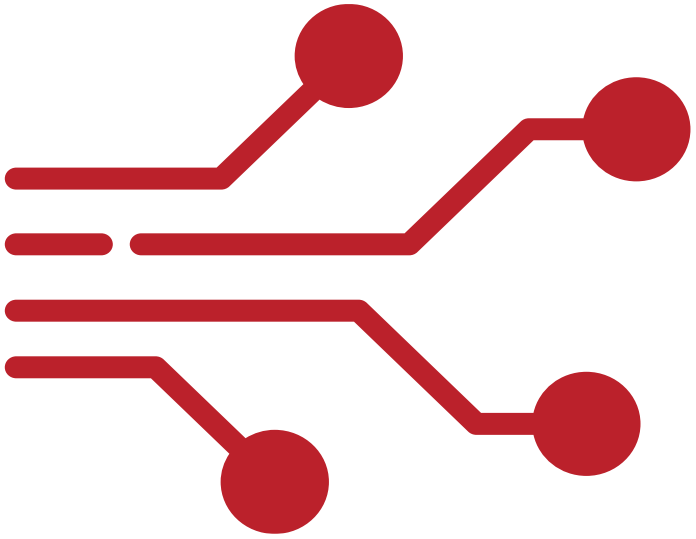


Przykład. Task z wzorcem Strategy

```
using System;
using System.Threading.Tasks;
// Interfejs strategii
interface IProcessingStrategy
{
    int Process(int x);
}
// Konkretne strategie
class SquareStrategy : IProcessingStrategy
{
    public int Process(int x) => x * x;}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



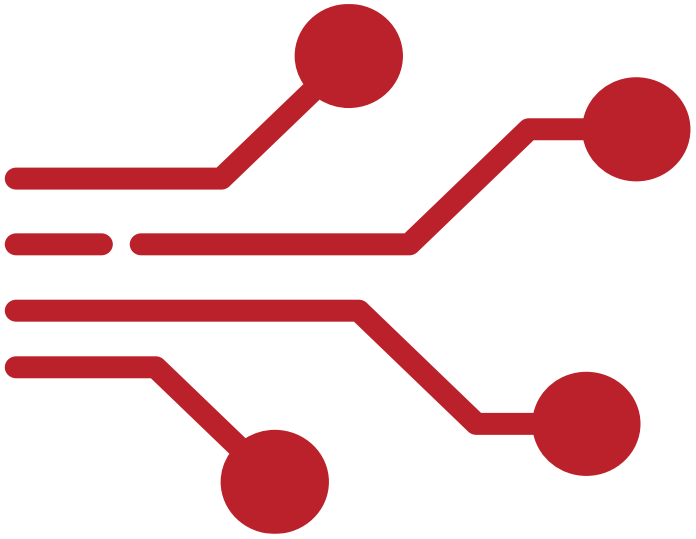
Przykład. Task z wzorcem Strategy

```
class DoubleStrategy : IProcessingStrategy
{
    public int Process(int x) => x * 2;
}
// Wykonanie Task z wybraną strategią
async Task ExecuteStrategyAsync(int value,
IProcessingStrategy strategy)
{
    int result = await Task.Run(() =>
strategy.Process(value));
    Console.WriteLine($"Result: {result}");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Task z wzorcem Strategy



```
// Użycie
await ExecuteStrategyAsync(5, new SquareStrategy()); // Result: 25
await ExecuteStrategyAsync(5, new DoubleStrategy()); // Result: 10
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Najczęstsze błędy i pułapki wielowątkowości

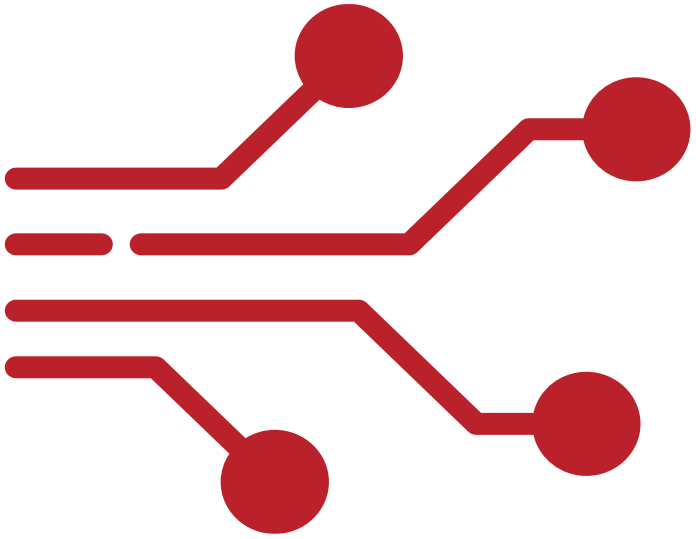
- Race condition - niezabezpieczone współdzielenie danych, prowadzące do nieprzewidywalnych wyników
- Deadlock - sytuacja, gdy dwa lub więcej wątków czeka na siebie nawzajem, zatrzymując system
- Starvation - wątek nigdy nie uzyskuje dostępu do zasobu z powodu dominacji innych wątków
- Over-synchronization - nadmierne użycie blokad, powodujące spadek wydajności
- Nieodpowiednie użycie Thread, np. ręczne tworzenie wątków zamiast Task/ThreadPool dla krótkotrwałych operacji
- Nieobsłużone wyjątki w Task/async – brak try/catch prowadzi do nieprzewidywalnego zachowania

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

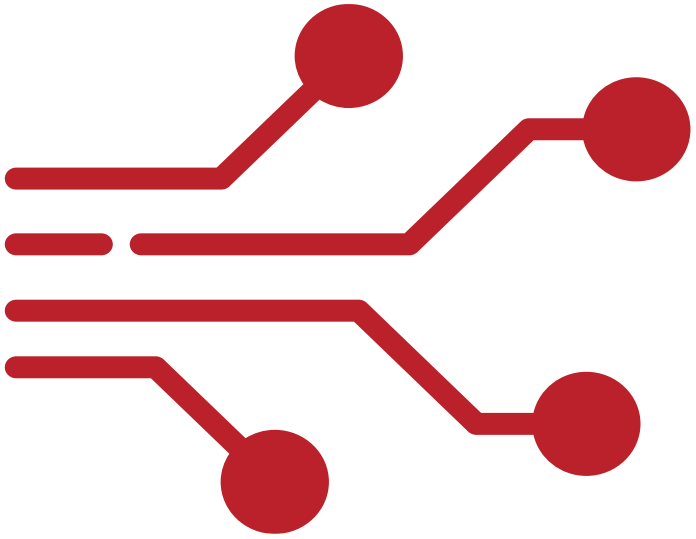
Przykład. Deadlock

```
using System;
using System.Threading;
object lock1 = new object();
object lock2 = new object();
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

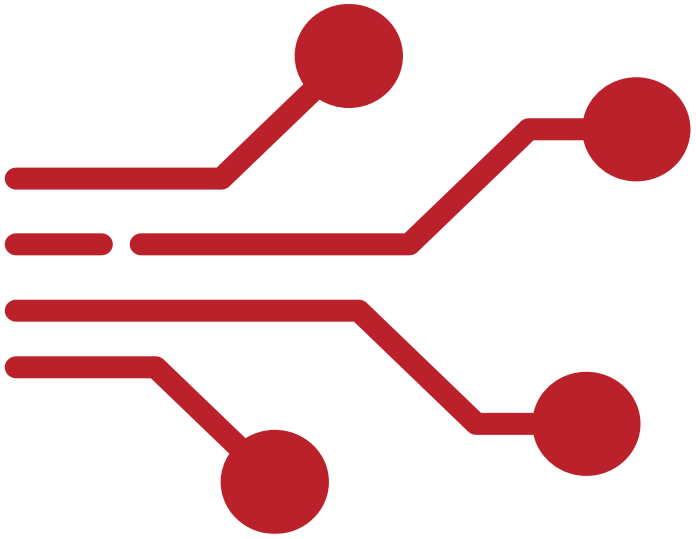


Przykład. Deadlock

```
Thread t1 = new Thread(() =>
{
    lock (lock1)
    {
        Thread.Sleep(500);
        lock (lock2)
        {
            Console.WriteLine("Thread1 acquired both locks");
        }
    }
});
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



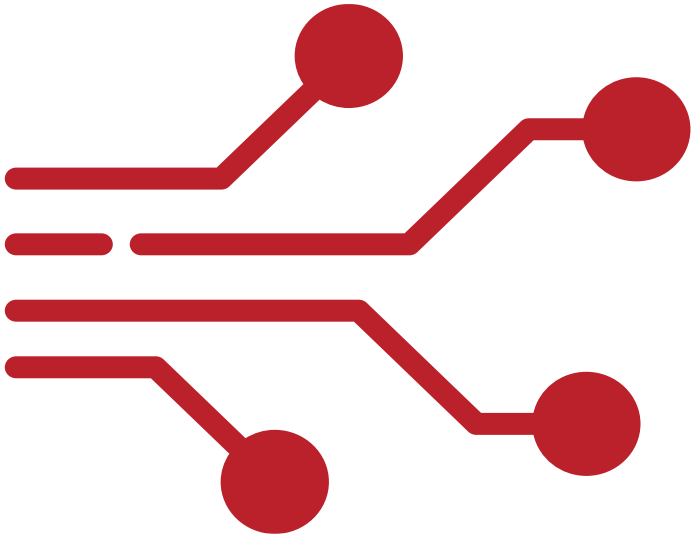
Przykład. Deadlock

```
Thread t2 = new Thread(() =>
{
    lock (lock2)
    {
        Thread.Sleep(500);
        lock (lock1)
        {
            Console.WriteLine("Thread2 acquired both
locks");
        }
    }
});
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Deadlock



```
t1.Start();
t2.Start();
t1.Join();
t2.Join(); // Program może zawiesić się na deadlock
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Podsumowanie - kiedy używać Task, async, await, Thread i kolekcji współbieżnych?

- Task + async/await
  - Preferowane dla większości scenariuszy asynchronicznych i IO-bound
  - Łatwe w obsłudze, czytelne i bezpieczne
  - Integracja z TPL, LINQ, kolekcjami współbieżnymi i wzorcami projektowymi
- Thread
  - Używać w specjalistycznych przypadkach, gdy potrzebna jest pełna kontrola nad wątkiem
  - Niskopoziomowe sterowanie cyklem życia wątku i priorytetami
- ThreadPool
  - Dobrze nadaje się do wielu krótkotrwałych zadań równoległych
  - Ponownie używa wątków, zwiększając wydajność i zmniejszając narzut systemowy

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Podsumowanie - kiedy używać Task, async, await, Thread i kolekcji współbieżnych?

- Kolekcje współbieżne (ConcurrentBag, ConcurrentQueue, ConcurrentDictionary)
  - Do bezpiecznego współdzielenia danych między wątkami
  - Eliminują potrzebę ręcznej synchronizacji (lock) w większości przypadków
- Operacje atomowe (Interlocked)
  - Dla prostych zmiennych liczbowych i flag, szybkie i bezpieczne
- Wzorce współbieżności (Producer-Consumer, Strategy, Observer)
  - Łatwe integrowanie z Task i async/await
  - Pomagają organizować kod współbieżny w modularny i przewidywalny sposób

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Dziękuję za uwagę

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wykład nr 11
Temat: Programowanie równoległe

Paweł Karczmarek
Politechnika Lubelska, Katedra Inteligencji Obliczeniowej

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

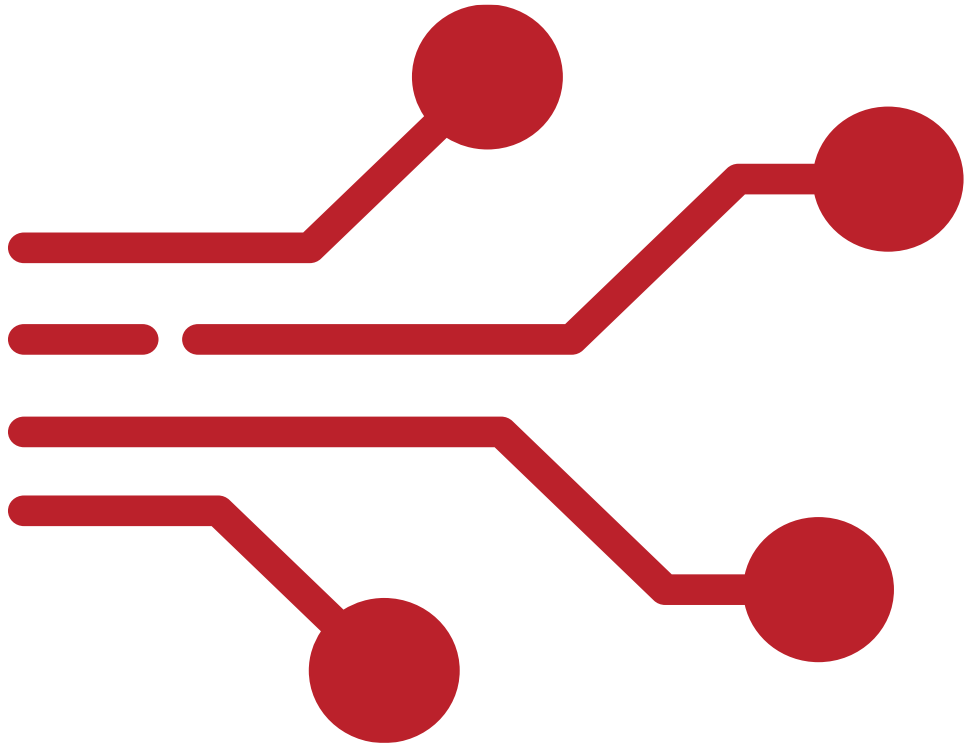
Plan prezentacji

- Wprowadzenie
- PLINQ

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wprowadzenie

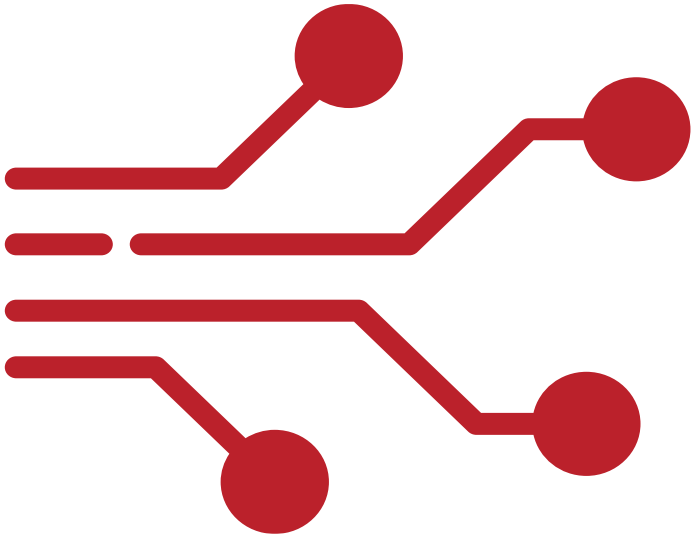


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

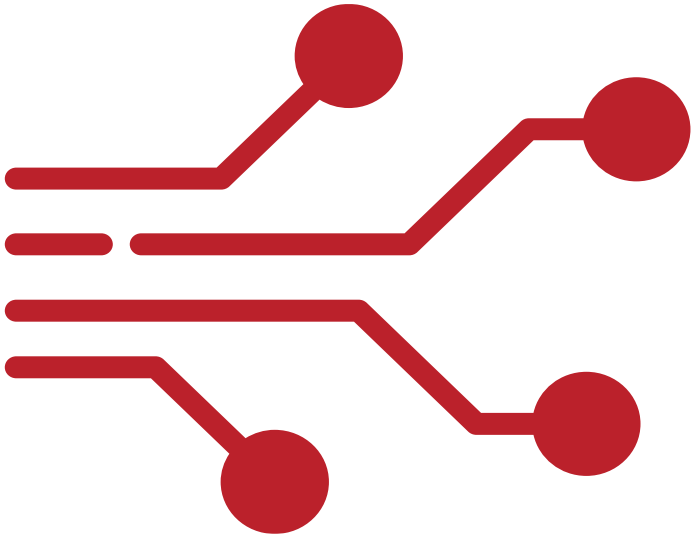
Równoległość a współbieżność

- Concurrency (współbieżność) to zdolność systemu do obsługi wielu zadań jednocześnie, choć niekoniecznie wykonywanych równolegle w tym samym czasie
- Typowe zastosowanie: Task, async/await, IO-bound operations
- Cel: zapewnić responsywność i umożliwić równoczesne wykonywanie wielu zadań



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

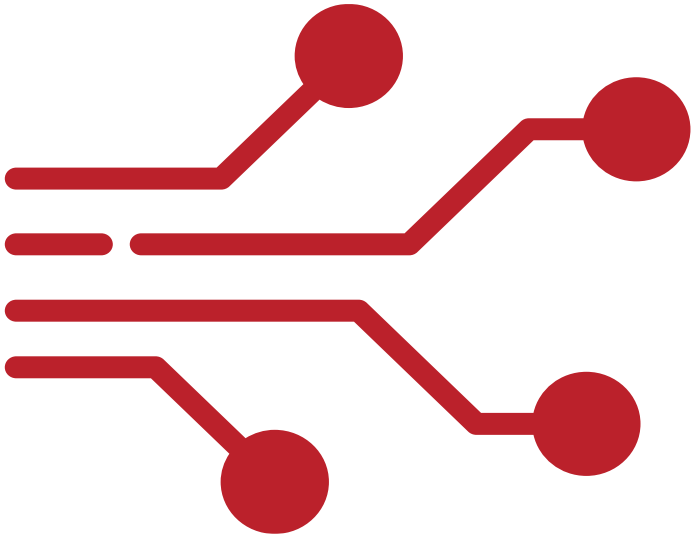


Równoległość a współbieżność

- Parallelism (równoległość) to wykonywanie wielu operacji fizycznie w tym samym czasie na wielu rdzeniach procesora
- Typowe zastosowanie: CPU-bound operations, obliczenia numeryczne, przetwarzanie dużych kolekcji
- Cel: maksymalne wykorzystanie dostępnych rdzeni i przyspieszenie obliczeń
- W praktyce w .NET:
  - Concurrency - Task + async/await + ThreadPool
  - Parallelism - Parallel.For, Parallel.ForEach, Parallel LINQ (PLINQ), Task Parallel Library

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



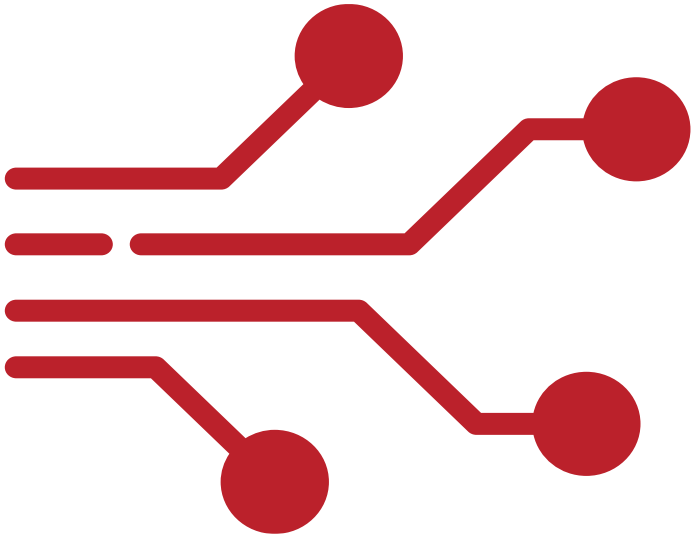
Przykład

```
// Concurrency (współbieżność) – IO-bound
async Task FetchMultipleAsync()
{
    Task<string> t1 = Task.Run(() => { Thread.Sleep(1000); return "A"; });
    Task<string> t2 = Task.Run(() => { Thread.Sleep(500); return "B"; });

    string[] results = await Task.WhenAll(t1, t2);
    Console.WriteLine(string.Join(", ", results));
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład



```
// Parallelism (równoległość) – CPU-bound
int[] numbers = new int[1000];
Parallel.For(0, numbers.Length, i =>
{
    numbers[i] = i * i; // równoległe obliczenia
});
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Jak działa równoległe przetwarzanie danych na wielu rdzeniach?

- CPU-bound operations (operacje związane z procesorem) - zadania ograniczone mocą obliczeniową procesora, np. obliczenia matematyczne, przetwarzanie dużych tablic, symulacje
- Równoległość pozwala wykonywać wiele obliczeń jednocześnie na wielu rdzeniach CPU, przyspieszając czas wykonania
- System operacyjny i .NET przydziela wątki do dostępnych rdzeni, zapewniając efektywne wykorzystanie sprzętu
- Kluczowe pojęcia:
  - Partycjonowanie danych - dzielenie dużego zbioru na fragmenty do równoległego przetwarzania
  - Load balancing - równomierne rozłożenie pracy między rdzeniami
  - Unikanie blokad i race conditio - CPU-bound code najlepiej działa bez współdzielenia danych

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład

```
using System;
using System.Threading.Tasks;
int[] numbers = new int[1000000];
for (int i = 0; i < numbers.Length; i++) numbers[i] = i + 1;
long sum = 0;
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

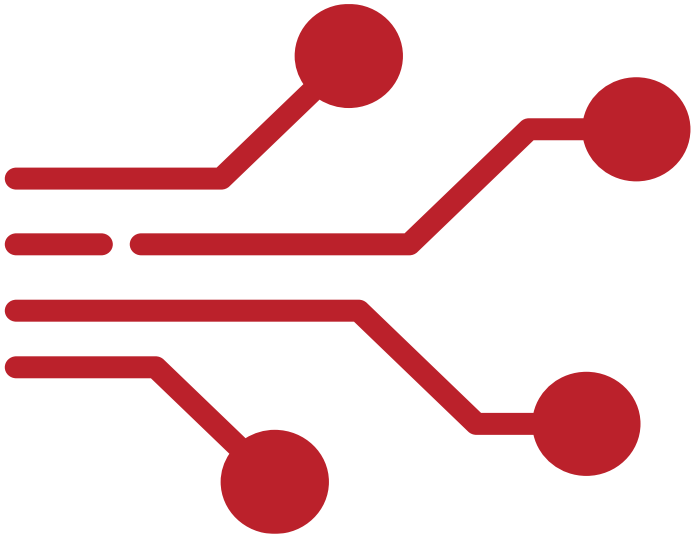
Przykład

```
// równoległe obliczenie sumy kwadratów
Parallel.For(0, numbers.Length, () => 0L, (i, loop,
subtotal) =>
{
    subtotal += numbers[i] * numbers[i];
    return subtotal;
},
subtotal => Interlocked.Add(ref sum, subtotal)
);

Console.WriteLine($"Sum of squares: {sum}");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

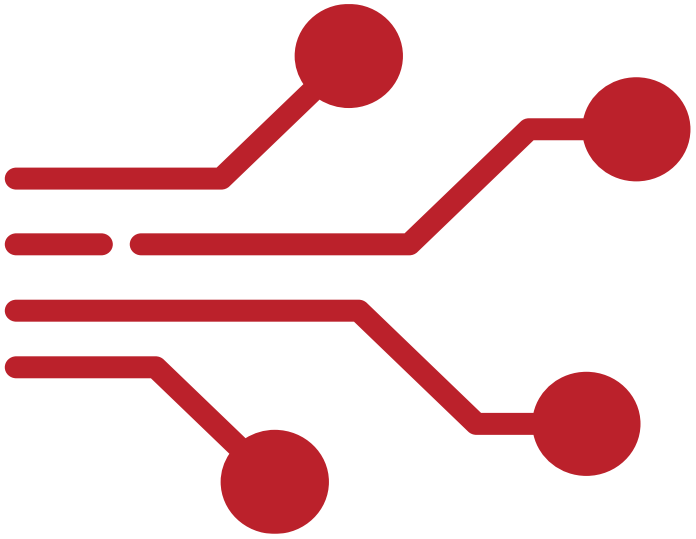
Parallel.For - równoległe wykonywanie pętli. Podstawowe narzędzie do przetwarzania CPU-bound



- Parallel.For pozwala wykonywać iteracje pętli w wielu wątkach jednocześnie
- Automatycznie korzysta z ThreadPool i dopasowuje liczbę wątków do dostępnych rdzeni
- Umożliwia przyspieszenie obliczeń CPU-bound przy dużych kolekcjach lub dużych iteracjach
- Integruje się z Task i TPL, obsługuje wyjątki i kontynuacje
- Kluczowe aspekty:
  - Unikanie współdzielenia danych bez synchronizacji
  - Opcjonalne użycie localInit i localFinally dla agregacji wyników

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład. Obliczanie kwadratów liczb

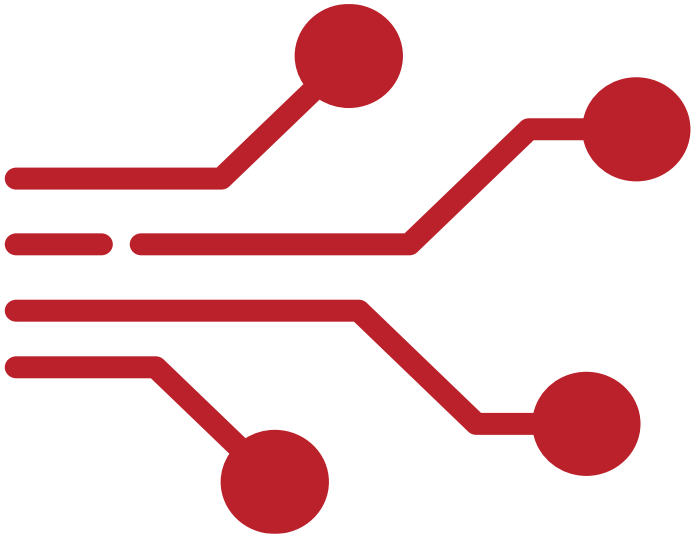
```
using System;
using System.Threading.Tasks;
int[] numbers = new int[1000];
int[] squares = new int[numbers.Length];
Parallel.For(0, numbers.Length, i =>
{
    numbers[i] = i + 1;
    squares[i] = numbers[i] * numbers[i];
});
Console.WriteLine($"squares[0]={squares[0]},
squares[999]={squares[999]}");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Parallel.For z lokalną agregacją

```
using System;
using System.Threading.Tasks;
using System.Threading;
int[] numbers = new int[1000000];
for (int i = 0; i < numbers.Length; i++) numbers[i] = i + 1;
long sum = 0;
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

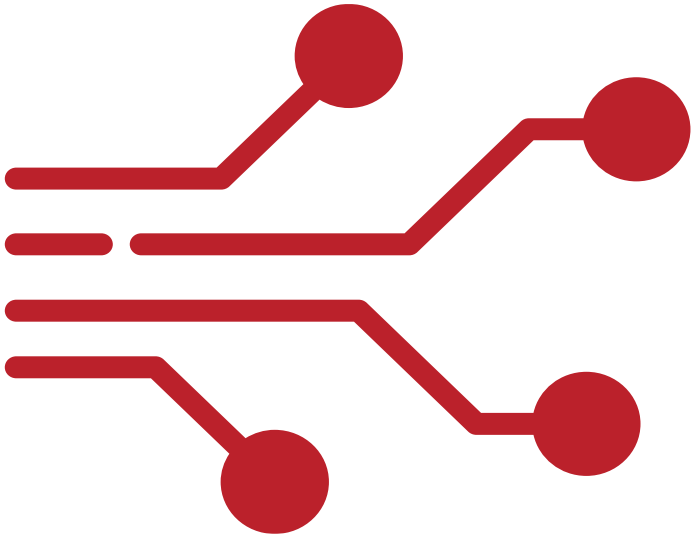
Przykład. Parallel.For z lokalną agregacją

```
Parallel.For(0, numbers.Length,
    () => 0L, // inicjalizacja lokalnego subtotal
    (i, loop, subtotal) =>
    {
        subtotal += numbers[i];
        return subtotal;
    },
    subtotal => Interlocked.Add(ref sum, subtotal) //
agregacja globalna
);
Console.WriteLine($"Sum: {sum}");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Parallel.ForEach. Równoległe przetwarzanie kolekcji



- Parallel.ForEach umożliwia równoległe przetwarzanie elementów kolekcji
- Automatycznie dzieli kolekcję na fragmenty i przydziela do wielu wątków z ThreadPool
- Przydatne dla CPU-bound operations, np. obliczenia matematyczne, przetwarzanie obrazów, agregacja danych
- Umożliwia integrację z lokalnymi zmiennymi dla agregacji, aby uniknąć race conditio
- Obsługuje CancellationToken i wyjątki w sposób zbliżony do Parallel.For

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

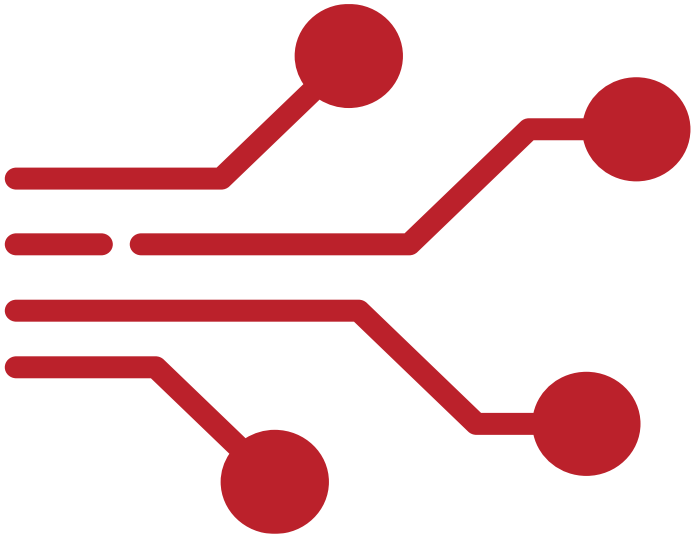
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Równoległe przetwarzanie listy liczb

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Threading.Tasks;
List<int> numbers = new List<int>();
for (int i = 1; i <= 1000; i++) numbers.Add(i);
int[] squares = new int[numbers.Count];
Parallel.ForEach(numbers, (num, state, index) =>
{
    squares[index] = num * num;
});
Console.WriteLine($"squares[0]={squares[0]},
squares[999]={squares[999]}");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

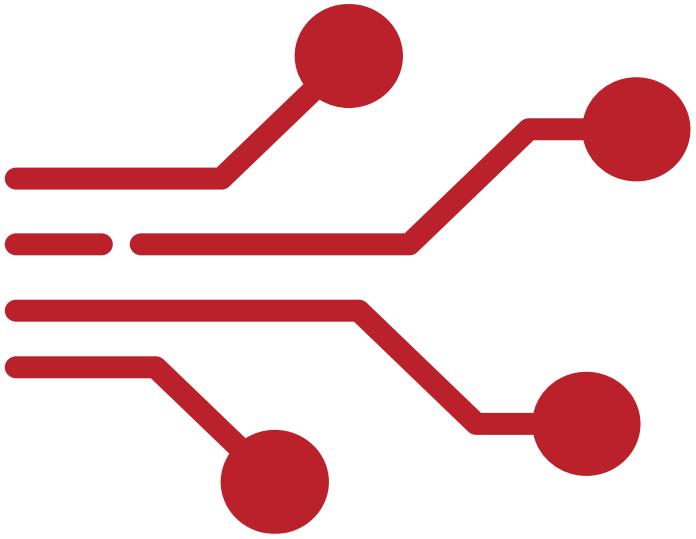


Przykład. Parallel.ForEach z lokalnym subtotalem

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Threading.Tasks;
using System.Threading;
List<int> numbers = new List<int>();
for (int i = 1; i <= 1000000; i++) numbers.Add(i);
long sum = 0;
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



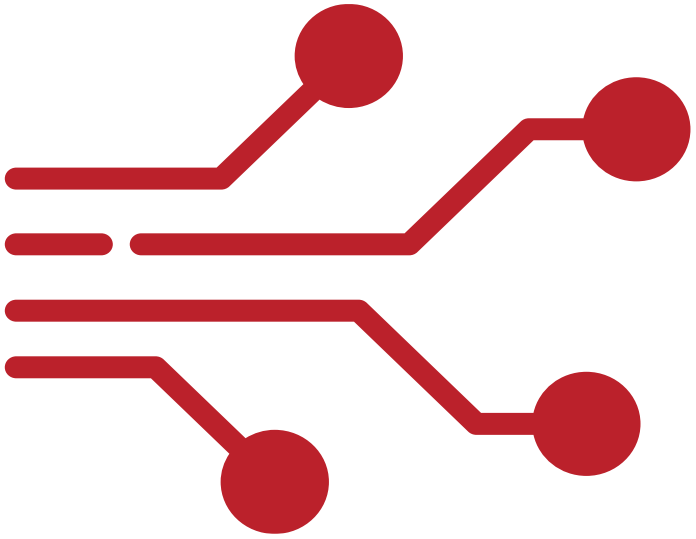
Przykład. Parallel.ForEach z lokalnym subtotalem

```
Parallel.ForEach(
    numbers,
    () => 0L, // inicjalizacja lokalnego subtotal
    (num, loopState, localSubtotal) =>
    {
        localSubtotal += num;
        return localSubtotal;
    },
    localSubtotal => Interlocked.Add(ref sum, localSubtotal)
// agregacja globalna
);
Console.WriteLine($"Sum: {sum}");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Parallel.Invoke - równoległe wywołania metod



- Parallel.Invoke pozwala uruchomić kilka metod jednocześnie w osobnych wątkach
- Automatycznie korzysta z ThreadPool, dobierając liczbę wątków do liczby rdzeni CPU
- Idealne dla niezależnych operacji CPU-bound, które mogą być wykonywane równolegle
- Obsługuje wyjątki i CancellationToken, integruje się z Task i TPL
- Pozwala w prosty sposób wykorzystać wielordzeniowy procesor bez ręcznego tworzenia wątków

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Parallel.Invoke

```
using System;
using System.Threading.Tasks;


Parallel.Invoke(
    () => Console.WriteLine($"Task 1 running on thread {Task.CurrentId}"),
    () => Console.WriteLine($"Task 2 running on thread {Task.CurrentId}"),
    () => Console.WriteLine($"Task 3 running on thread {Task.CurrentId}")
);
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

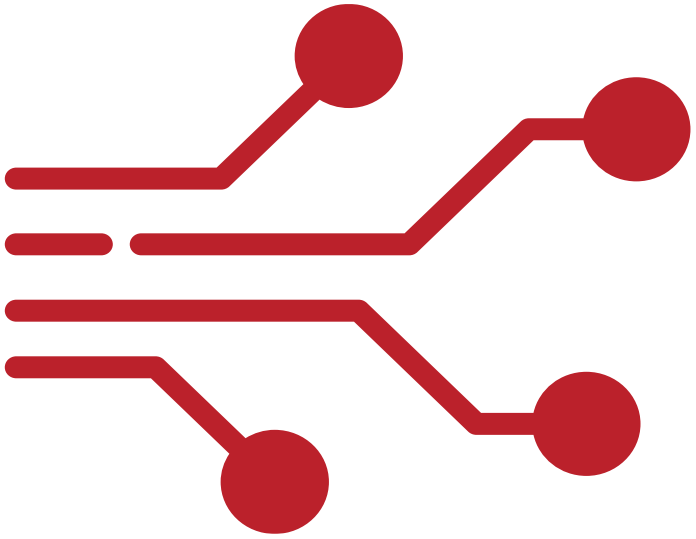
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład 2. Parallel Invoke

```
using System;
using System.Threading.Tasks;


void ComputeSquares()
{
    int sum = 0;
    for (int i = 1; i <= 1000; i++) sum += i * i;
    Console.WriteLine($"Sum of squares: {sum}");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład 2. Parallel Invoke

```
void ComputeCubes()
{
    int sum = 0;
    for (int i = 1; i <= 1000; i++) sum += i * i * i;
    Console.WriteLine($"Sum of cubes: {sum}");
}
Parallel.Invoke(
    ComputeSquares,
    ComputeCubes
);
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

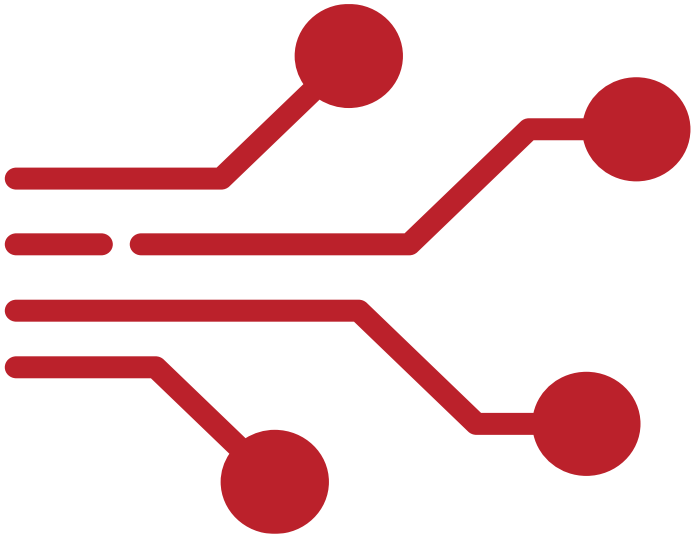
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Obsługa wyjątków w Parallel

- W Parallel (Parallel.For, Parallel.ForEach, Parallel.Invoke) wszystkie wyjątki są zbierane w AggregateException
- Każdy wyjątek wyrzucony w wątku jest przechowywany i propagowany po zakończeniu wszystkich równoległych zadań
- Umożliwia bezpieczne przetwarzanie wielu elementów, nawet jeśli część zadań zakończy się błędem
- Współpracuje z Task i async/await - podobna koncepcja agregacji wyjątków

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład - wyjątki

```
using System;
using System.Threading.Tasks;
int[] numbers = {1, 2, 0, 4, 5};
try
{
    Parallel.For(0, numbers.Length, i =>
    {
        if (numbers[i] == 0) throw new
InvalidOperationException("Zero not allowed");
        Console.WriteLine(10 / numbers[i]);
    });
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

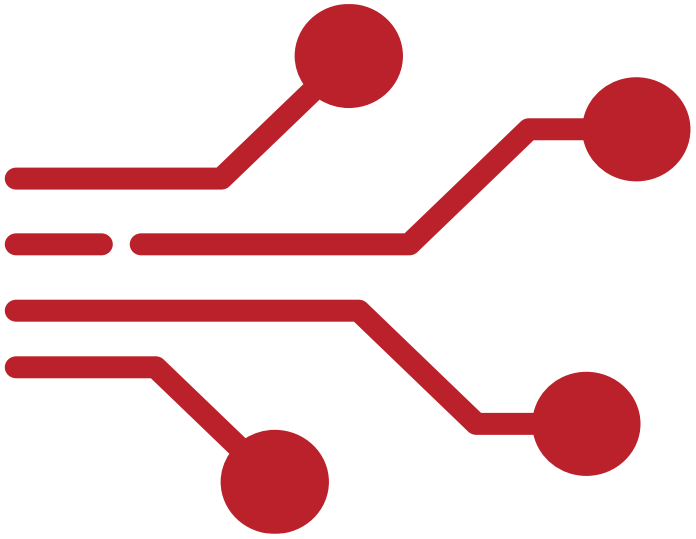
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład - wyjątki

```
catch (AggregateException ex)
{
    foreach (var inner in ex.InnerExceptions)
        Console.WriteLine($"Caught exception: {inner.Message}");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład - wyjątki

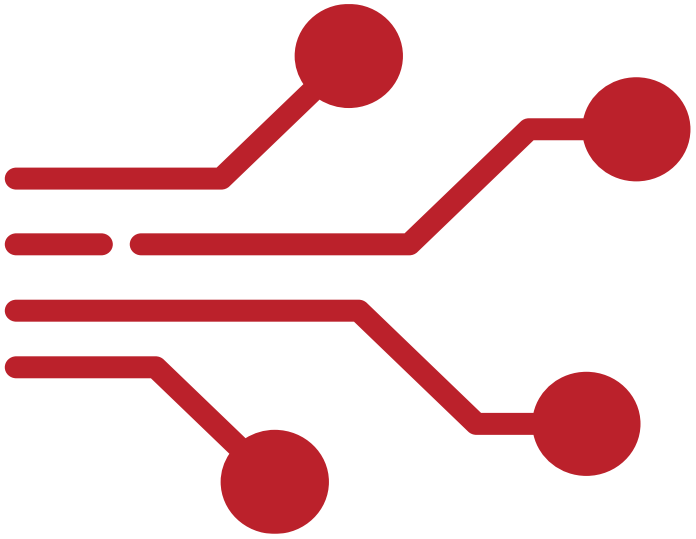
```
using System;
using System.Threading.Tasks;
try
{
    Parallel.Invoke(
        () => { throw new InvalidOperationException("Error in task 1"); },
        () => { Console.WriteLine("Task 2 running"); },
        () => { throw new InvalidOperationException("Error in task 3"); }
    );
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

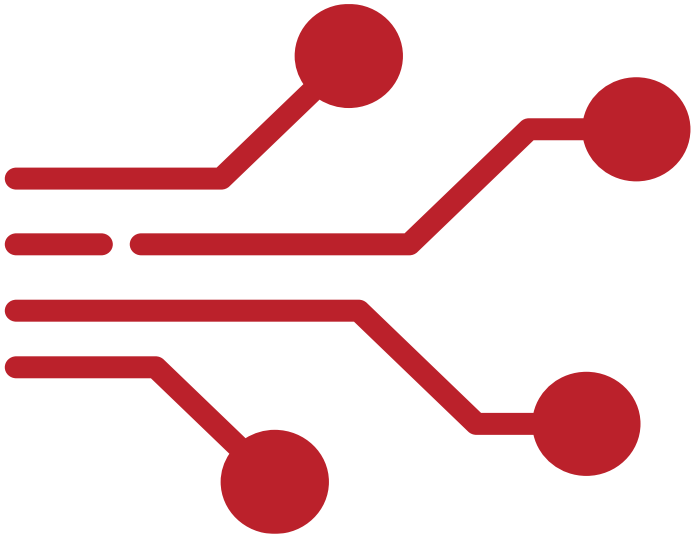
Przykład - wyjątki

```
catch (AggregateException ex)
{
    foreach (var inner in ex.InnerExceptions)
        Console.WriteLine($"Caught exception: {inner.Message}");
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Task i TPL w równoległych obliczeniach

- Task Parallel Library (TPL) umożliwia uruchamianie wielu Tasków równolegle, korzystając z ThreadPool
- Integracja Task z Parallel pozwala:
  - wykonywać pętle równolegle (Parallel.For/ForEach)
  - łączyć niezależne metody (Parallel.Invoke)
  - tworzyć Taski z kontynuacjami (ContinueWith) i obsługą wyjątków
- Umożliwia skalowalne, modularne i bezpieczne przetwarzanie CPU-bound
- Współpracuje z CancellationToken, obsługą wyjątków i kolekcjami współbieżnymi

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

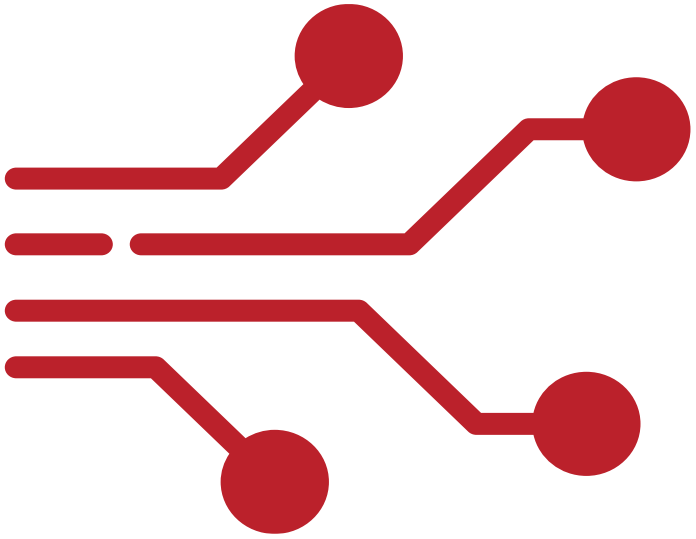
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Równoległe Taski z TPL

```
using System;
using System.Threading.Tasks;

Task<int> t1 = Task.Run(() => { int sum = 0; for (int
i=1;i<=500000;i++) sum += i; return sum; });
Task<int> t2 = Task.Run(() => { int sum = 0; for (int
i=500001;i<=1000000;i++) sum += i; return sum; });

int[] results = Task.WhenAll(t1, t2).Result;
int total = results[0] + results[1];

Console.WriteLine($"Total sum: {total}");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



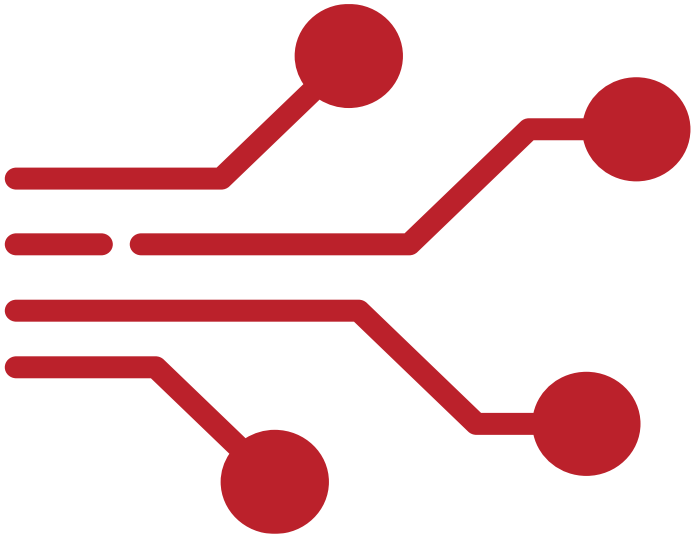
Przykład. Równoległe Taski z TPL

```
using System;
using System.Threading.Tasks;

Task t = Task.Run(() =>
{
    Parallel.Invoke(
        () => Console.WriteLine("Compute squares..."),
        () => Console.WriteLine("Compute cubes...")
    );
});
t.Wait();
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Synchronizacja wielu równoległych Tasków CPU-bound



- Task.WaitAll czeka, aż wszystkie podane Taski zakończą działanie; wyniki można pobrać po zakończeniu wszystkich zadań
- Task.WhenAny czeka na pierwszy zakończony Task i zwraca referencję do niego; przydatne, gdy interesuje nas najszybszy wynik
- Pozwala koordynować wiele równoległych obliczeń, zachowując czytelny kod dzięki async/await
- Integruje się z TPL, Parallel, kolekcjami współbieżnymi i CancellationToken

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

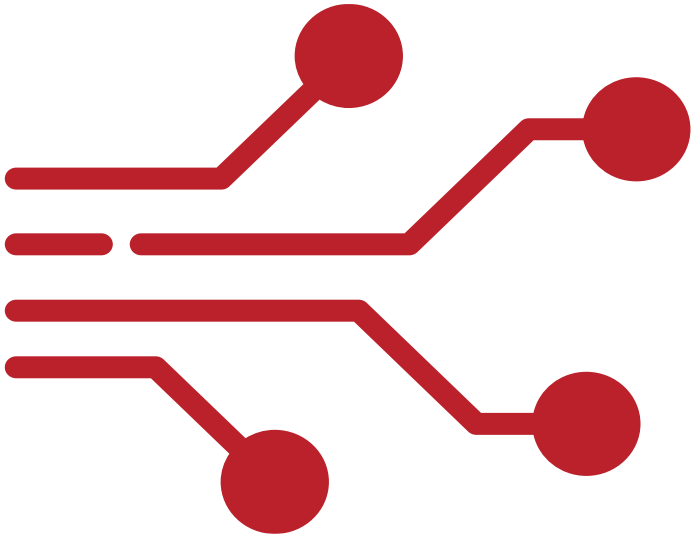
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Taski równoległe

```
using System;
using System.Threading.Tasks;

Task<int> t1 = Task.Run(() => { int sum = 0; for (int
i=1;i<=500000;i++) sum += i; return sum; });
Task<int> t2 = Task.Run(() => { int sum = 0; for (int
i=500001;i<=1000000;i++) sum += i; return sum; });

Task.WaitAll(t1, t2);
int total = t1.Result + t2.Result;
Console.WriteLine($"Total sum: {total}");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



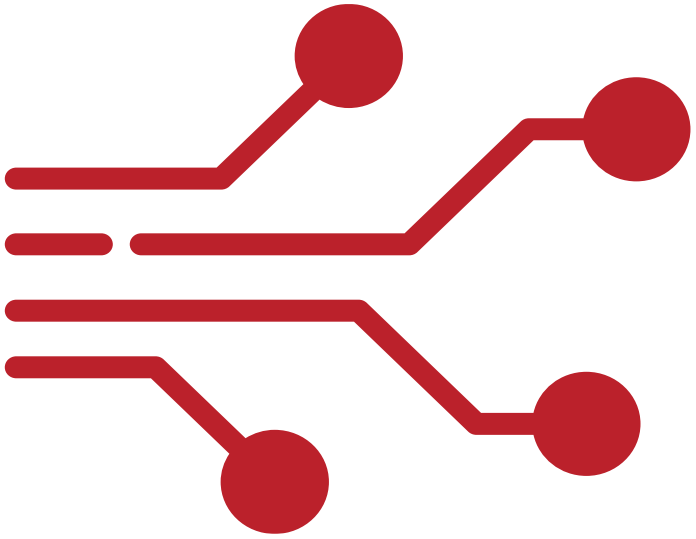
Przykład 2. Taski równoległe

```
using System;

using System.Threading.Tasks;

Task<int> t1 = Task.Run(() => { Task.Delay(1000).Wait();
return 1; });

Task<int> t2 = Task.Run(() => { Task.Delay(500).Wait();
return 2; });

Task<int> t3 = Task.Run(() => { Task.Delay(800).Wait();
return 3; });

Task<int> first = await Task.WhenAny(t1, t2, t3);

Console.WriteLine($"First completed result:
{first.Result}");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

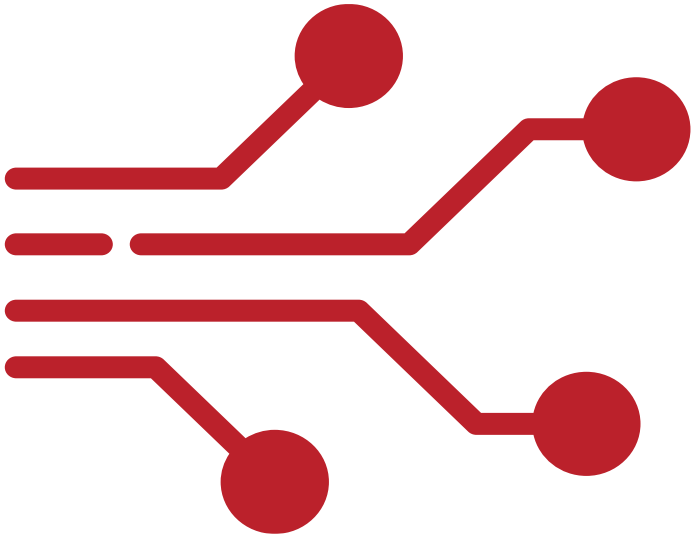
Anulowanie równoległych zadań: CancellationToken w Task Parallel



- CancellationToken pozwala Taskom wiedzieć, że należy przerwać wykonywanie operacji
- W Task Parallel Library można go używać w Parallel.For, Parallel.ForEach i Task.Run
- Pozwala na kontrolowane zakończenie CPU-bound i IO-bound operacji
- Integruje się z async/await i mechanizmami agregacji wyjątków (AggregateException)
- Typowe zastosowanie: długotrwałe obliczenia, batch processing, przetwarzanie dużych kolekcji

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

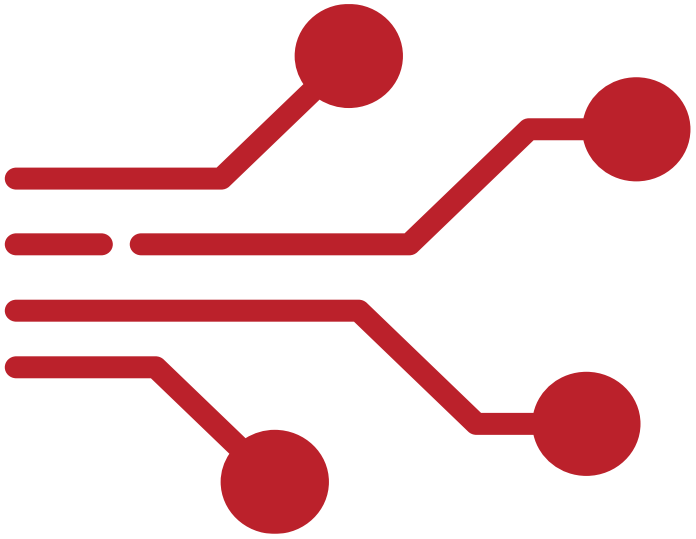


Przykład anulowania

```
using System;
using System.Threading;
using System.Threading.Tasks;
CancellationTokenSource cts = new CancellationTokenSource();
int[] numbers = new int[1000000];
for (int i = 0; i < numbers.Length; i++) numbers[i] = i + 1;
Task.Run(() =>
{
    Thread.Sleep(500);
    cts.Cancel(); // sygnalizacja anulowania
});
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



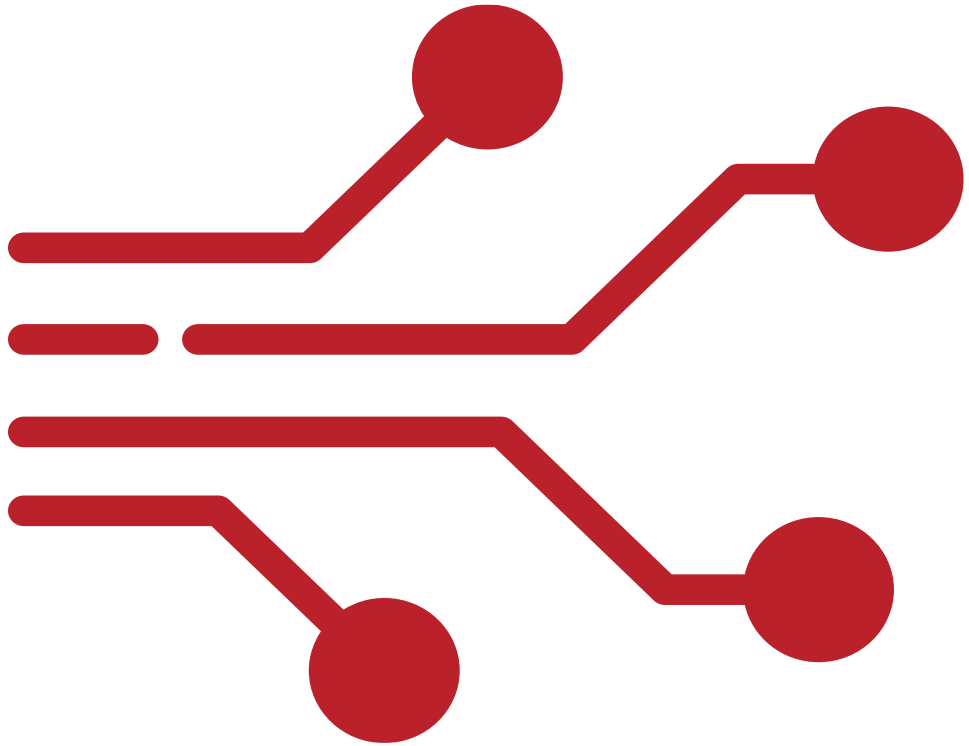
Przykład anulowania

```
try
{
    Parallel.For(0, numbers.Length, new ParallelOptions { CancellationToken = cts.Token }, i =>
    {
        numbers[i] = numbers[i] * numbers[i]; // symulacja CPU-bound
    });
}
catch (OperationCanceledException)
{
    Console.WriteLine("Parallel operation cancelled");}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

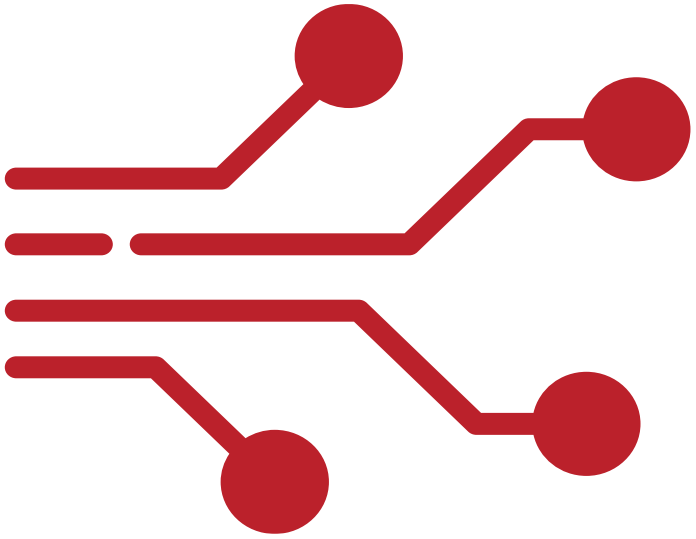
PLINQ



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wprowadzenie do PLINQ (Parallel LINQ). Równoległe przetwarzanie kolekcji w C#



- To rozszerzenie LINQ umożliwiające przetwarzanie kolekcji równolegle
- Automatycznie dzieli dane i przydziela zadania do wielu wątków ThreadPool
- Integruje się z Task Parallel Library i async/await
- Idealne dla CPU-bound operations: obliczenia, filtrowanie, agregacje dużych kolekcji
- Pozwala bezpiecznie i wydajnie korzystać z równoległości, minimalizując potrzebę ręcznej synchronizacji

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. PLINQ

```
using System;
using System.Linq;
int[] numbers = Enumerable.Range(1, 1000000).ToArray();

// Równoległe przetwarzanie z PLINQ
var squares = numbers.AsParallel()
                     .Select(n => n * n)
                     .ToArray();

Console.WriteLine($"First: {squares[0]}, Last:
{squares[^1]}");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

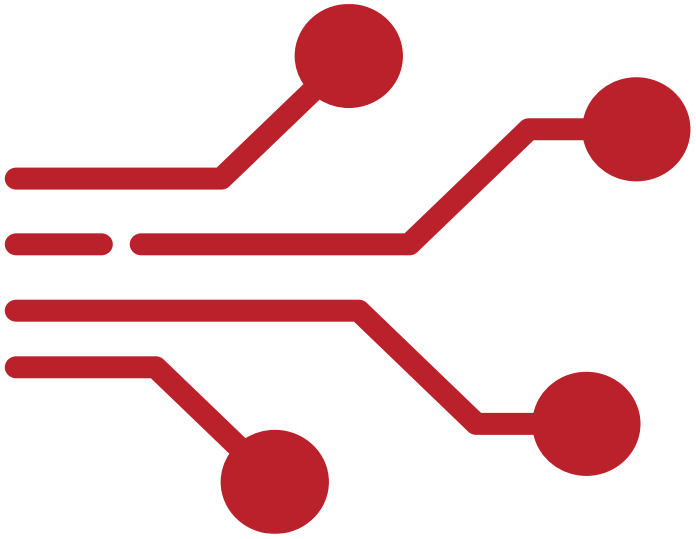
Przykład. PLINQ

```
using System;
using System.Linq;

int[] numbers = Enumerable.Range(1, 1000000).ToArray();

var sumEvenSquares = numbers.AsParallel()
                            .Where(n => n % 2 == 0)
                            .Select(n => n * n)
                            .Sum();
Console.WriteLine($"Sum of squares of even numbers:
{sumEvenSquares}");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Partycjonowanie danych i zachowanie kolejności



- Partycjonowanie danych - PLINQ dzieli kolekcję na fragmenty, aby równolegle przetwarzać je w wielu wątkach
- Domyślnie PLINQ nie zachowuje kolejności - elementy mogą być przetwarzane i zwracane w dowolnej kolejności
- Zachowanie kolejności można wymusić poprzez AsOrdered(), co jest przydatne, gdy wynik musi odpowiadać kolejności wejściowej
- Partycjonowanie i równoległość poprawiają wydajność, ale wymuszanie kolejności może nieco ją zmniejszyć
- Integracja z CancellationToken pozwala przerwać przetwarzanie, jeśli jest wymagane

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. PLINQ bez zachowania kolejności

```
using System;
using System.Linq;

int[] numbers = Enumerable.Range(1, 20).ToArray();

var squares = numbers.AsParallel()
                     .Select(n => n * n)
                     .ToArray();

Console.WriteLine("Squares (unordered): " + string.Join(",
", squares));
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

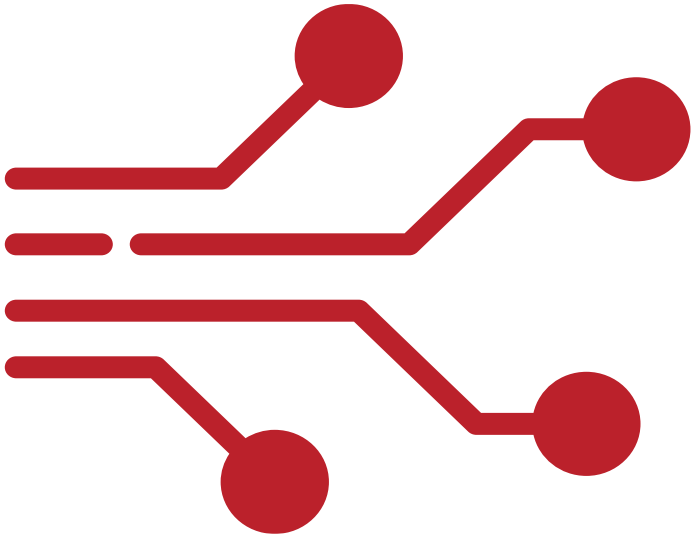
Przykład. PLINQ z zachowaniem kolejności

```
using System;
using System.Linq;

int[] numbers = Enumerable.Range(1, 20).ToArray();

var squaresOrdered = numbers.AsParallel()
                            .AsOrdered()
                            .Select(n => n * n)
                            .ToArray();
Console.WriteLine("Squares (ordered): " + string.Join(", ",
squaresOrdered));
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Filtracja, agregacja i CancellationToken



- Filtracja i agregacja - PLINQ umożliwia stosowanie Where, Select, Sum, Count równolegle
- CancellationToken pozwala przerwać równoległe przetwarzanie w przypadku zmieniających się warunków
- Idealne do CPU-bound operacji, np. przetwarzanie dużych danych, obliczeń statystycznych, agregacji wyników
- Zachowanie kolejności może być wymuszone przez AsOrdered()
- Obsługa wyjątków w PLINQ działa analogicznie jak w Parallel: wszystkie wyjątki są agregowane w AggregateException

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Filtracja i agregacja

```
using System;
using System.Linq;

int[] numbers = Enumerable.Range(1, 1000000).ToArray();

var sumEvenSquares = numbers.AsParallel()
                            .Where(n => n % 2 == 0)
                            .Select(n => n * n)
                            .Sum();
Console.WriteLine($"Sum of squares of even numbers:
{sumEvenSquares}");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. CancellationToken

```
using System;
using System.Linq;
using System.Threading;

int[] numbers = Enumerable.Range(1, 1000000).ToArray();
CancellationTokenSource cts = new CancellationTokenSource();

Task.Run(() => {
    Thread.Sleep(500);
    cts.Cancel(); // przerwanie po 500ms
});
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

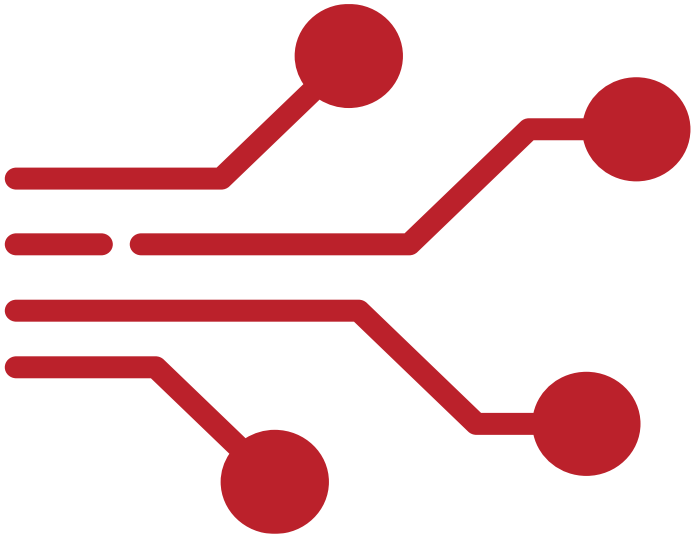
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. CancellationToken

```
try
{
    var result = numbers.AsParallel()
                        .WithCancellation(cts.Token)
                        .Select(n => n * n)
                        .ToArray();
}
catch (OperationCanceledException)
{
    Console.WriteLine("PLINQ operation was cancelled");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Efektywne rozdzielanie pracy między wątki

- Partycjonowanie danych - dzielenie dużych zbiorów na fragmenty, które są przetwarzane równolegle
- W Parallel.For/ForEach można stosować lokalne zmienne (localInit) do agregacji i zmniejszenia ryzyka race conditio
- W PLINQ dane są automatycznie dzielone, ale można kontrolować rozmiar partycji (WithDegreeOfParallelism)
- Load balancing - równomierne przydzielanie zadań do wątków, aby uniknąć wąskich gardeł
- Kluczowe dla CPU-bound operations i dużych kolekcji

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

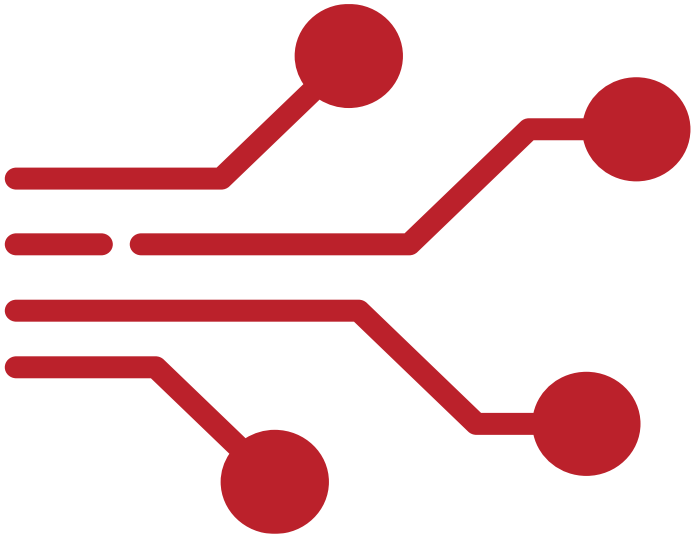
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład rozdzielania pracy między wątki

```
using System;
using System.Threading.Tasks;
using System.Threading;

int[] numbers = new int[1000000];
for (int i = 0; i < numbers.Length; i++) numbers[i] = i + 1;

long sum = 0;
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład rozdzielania pracy między wątki

```
Parallel.For(0, numbers.Length,
    () => 0L, // lokalny subtotal dla każdej partycji
    (i, loop, localSubtotal) =>
    {
        localSubtotal += numbers[i];
        return localSubtotal;
    },
    localSubtotal => Interlocked.Add(ref sum, localSubtotal)
);

Console.WriteLine($"Total sum: {sum}");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

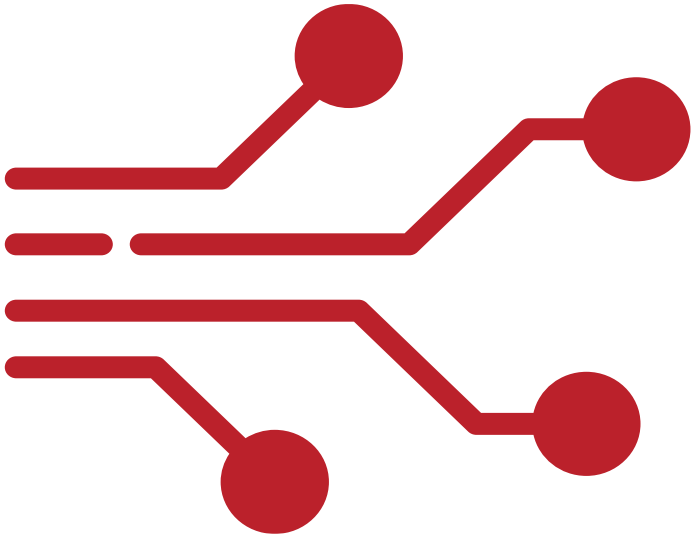
Przykład. PLINQ z kontrolą liczby wątków

```
using System;
using System.Linq;

int[] numbers = Enumerable.Range(1, 1000000).ToArray();

var sum = numbers.AsParallel()

.WithDegreeOfParallelism(Environment.ProcessorCount)
                    .Select(n => n * n)
                    .Sum();
Console.WriteLine($"Sum of squares: {sum}");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

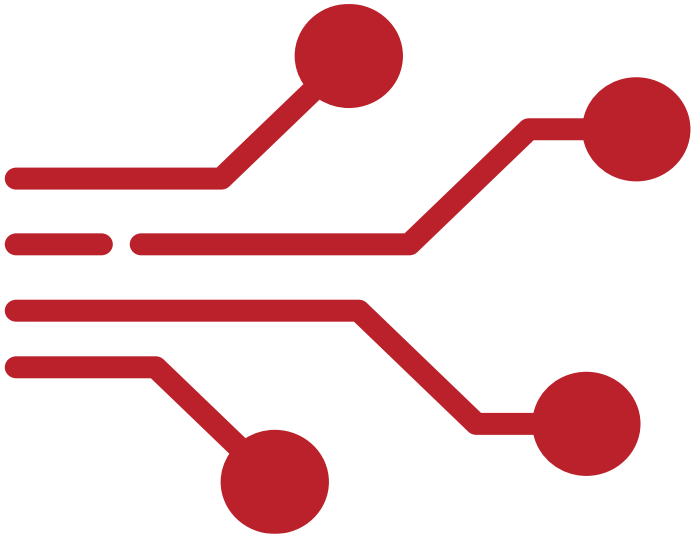
Load balancing i unikanie nierównomiernego rozłożenia pracy. Efektywne wykorzystanie wszystkich rdzeni CPU



- Load balancing - równomierne rozdzielanie pracy między wątki, aby żaden wątek nie był przeciążony, a inny bezczynny
- W Parallel.For/ForEach i PLINQ:
  - Domyślnie .NET automatycznie partycjonuje zadania, ale rozmiar partycji można dostosować, aby zoptymalizować wydajność
  - Użycie WithDegreeOfParallelism i lokalnych zmiennych agregacyjnych zmniejsza ryzyko nierównomiernego obciążenia
- Ważne przy dużych zbiorach danych i obliczeniach CPU-bound
- Złe partycjonowanie prowadzi do wąskich gardeł i zmniejszenia przyspieszenia równoległego

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład. Kontrola liczby wątków i partycji

```
using System;
using System.Linq;
int[] numbers = Enumerable.Range(1, 1000000).ToArray();
// PLINQ z ograniczeniem liczby wątków i partycji
var sumSquares = numbers.AsParallel()

.WithDegreeOfParallelism(Environment.ProcessorCount) // max
liczba wątków = liczba rdzeni
                        .Select(n => n * n)
                        .Sum();
Console.WriteLine($"Sum of squares: {sumSquares}");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Parallel.For z lokalnym subtotalem dla balansu

```
using System;
using System.Threading.Tasks;
using System.Threading;

int[] numbers = new int[1000000];
for (int i = 0; i < numbers.Length; i++) numbers[i] = i + 1;

long sum = 0;
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

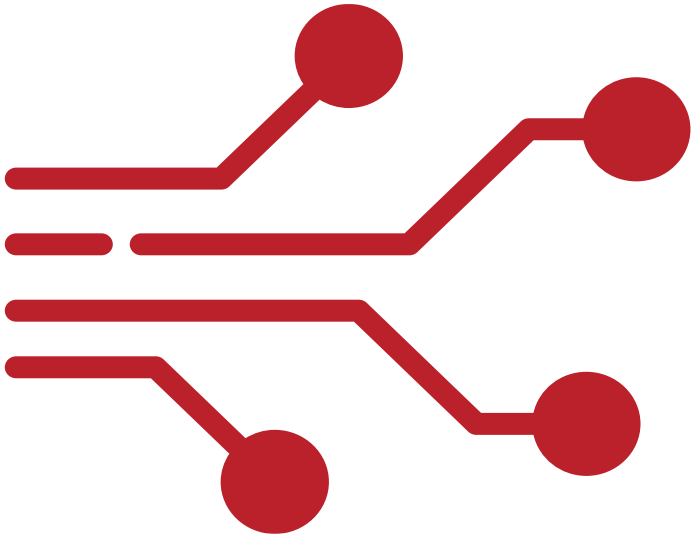
Przykład. Parallel.For z lokalnym subtotalem dla balansu

```
Parallel.For(0, numbers.Length,
    () => 0L, // lokalny subtotal dla partycji
    (i, loop, localSubtotal) =>
    {
        localSubtotal += numbers[i] * numbers[i];
        return localSubtotal;
    },
    localSubtotal => Interlocked.Add(ref sum, localSubtotal)
);

Console.WriteLine($"Total sum of squares: {sum}");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

TaskScheduler i optymalizacja równoległości. Kontrolowanie harmonogramu zadań w TPL



- TaskScheduler to mechanizm odpowiedzialny za planowanie i wykonywanie Tasków w .NET
- Domyślny TaskScheduler korzysta z ThreadPool, ale można tworzyć własne harmonogramy:
  - LimitedConcurrencyLevelTaskScheduler - ograniczenie liczby równocześnie uruchamianych zadań
  - Custom TaskScheduler - pełna kontrola nad kolejnością i strategią uruchamiania Tasków
- Pozwala optymalizować wykorzystanie rdzeni i minimalizować overhead w złożonych scenariuszach równoległych
- Integruje się z Task, Parallel, async/await i PLINQ

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

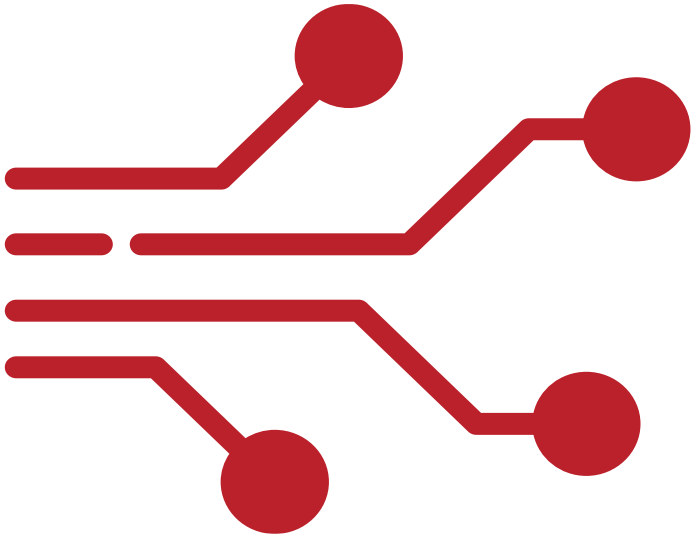
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład: użycie domyślnego TaskScheduler

```
using System;
using System.Threading.Tasks;
Task[] tasks = new Task[5];
for (int i = 0; i < tasks.Length; i++){
    int taskId = i;
    tasks[i] = Task.Factory.StartNew(() =>
    {
        Console.WriteLine($"Task {taskId} running on thread
{Task.CurrentId}");
    });}
Task.WaitAll(tasks);
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład: ograniczenie liczby równoległych Tasków

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Threading.Tasks;
public class LimitedSchedulerExample
{
    public static void Main()
    {
        var lcts = new
LimitedConcurrencyLevelTaskScheduler(2); // max 2 Taski
naraz
        var factory = new TaskFactory(lcts);
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład: ograniczenie liczby równoległych Tasków

```
using System;
        List<Task> tasks = new List<Task>();
        for (int i = 0; i < 5; i++)
        {
            int taskId = i;
            tasks.Add(factory.StartNew(() =>
Console.WriteLine($"Task {taskId} running")));
        }

        Task.WaitAll(tasks.ToArray());
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Podsumowanie. Kiedy używać Parallel, PLINQ i TPL?

- Parallel.For/Parallel.ForEach/Parallel.Invoke
  - Idealne do CPU-bound operations na dużych kolekcjach lub przy wielu niezależnych metodach
  - Proste w użyciu, automatycznie dzielą dane na partycje
  - Integracja z localInit i Interlocked pozwala bezpiecznie agregować wyniki
- PLINQ
  - Najlepsze do przetwarzania dużych kolekcji danych z LINQ
  - Obsługuje filtrację, projekcję, agregację, zachowanie kolejności (AsOrdered)
  - Wspiera CancellationToken i agregację wyjątków (AggregateException)
  - Automatyczne partycjonowanie danych i load balancing

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Podsumowanie. Kiedy używać Parallel, PLINQ i TPL?

- Task Parallel Library (TPL)
  - Łączy zalety Task i równoległości - umożliwia uruchamianie wielu Tasków CPU-bound
  - Integracja z Task.WaitAll, Task.WhenAny, kontynuacjami i własnymi TaskSchedulerami
  - Daje pełną kontrolę nad koordynacją i skalowaniem zadań
- Dobre praktyki
  - Parallel dla prostych równoległych pętli i metod
  - PLINQ dla dużych kolekcji i zadań transformacyjnych
  - TPL dla bardziej złożonych scenariuszy z kontrolą harmonogramu, agregacją i anulowaniem

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Dziękuję za uwagę

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wykład nr 12
Temat: Diagramy obiektów i klas

Paweł Karczmarek
Politechnika Lubelska, Katedra Inteligencji Obliczeniowej

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

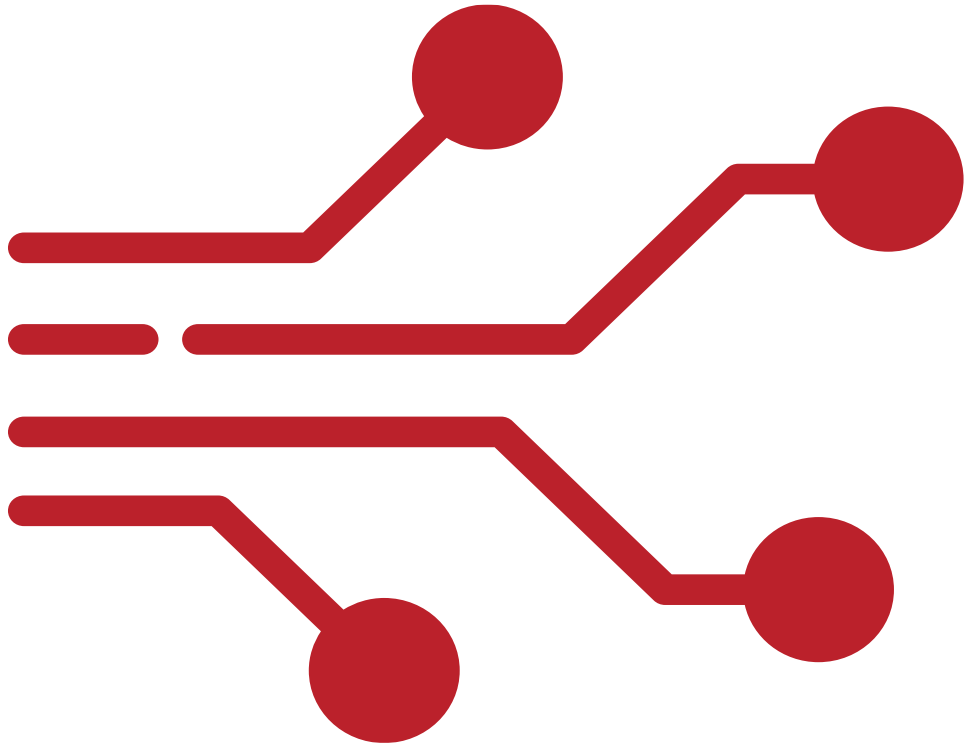
Plan prezentacji

- Wprowadzenie
- Diagram klas

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wprowadzenie



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wprowadzenie do modelowania obiektowego. Rola diagramów w projektowaniu systemów obiektowych

- Modelowanie obiektowe to proces tworzenia abstrakcyjnej reprezentacji systemu przy użyciu klas, obiektów i ich relacji
- Diagramy pozwalają:
  - Wizualizować strukturę systemu
  - Ułatwiać komunikację między zespołami
  - Planować implementację w językach obiektowych
- Diagramy klasy i obiektów są fundamentem dla UML (Unified Modeling Language). Pozwalają identyfikować:
  - Klasy, obiekty, atrybuty i metody
  - Relacje między elementami (asocjacja, agregacja, kompozycja, dziedziczenie)
  - I ułatwiają przejście od analizy wymagań do kodu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

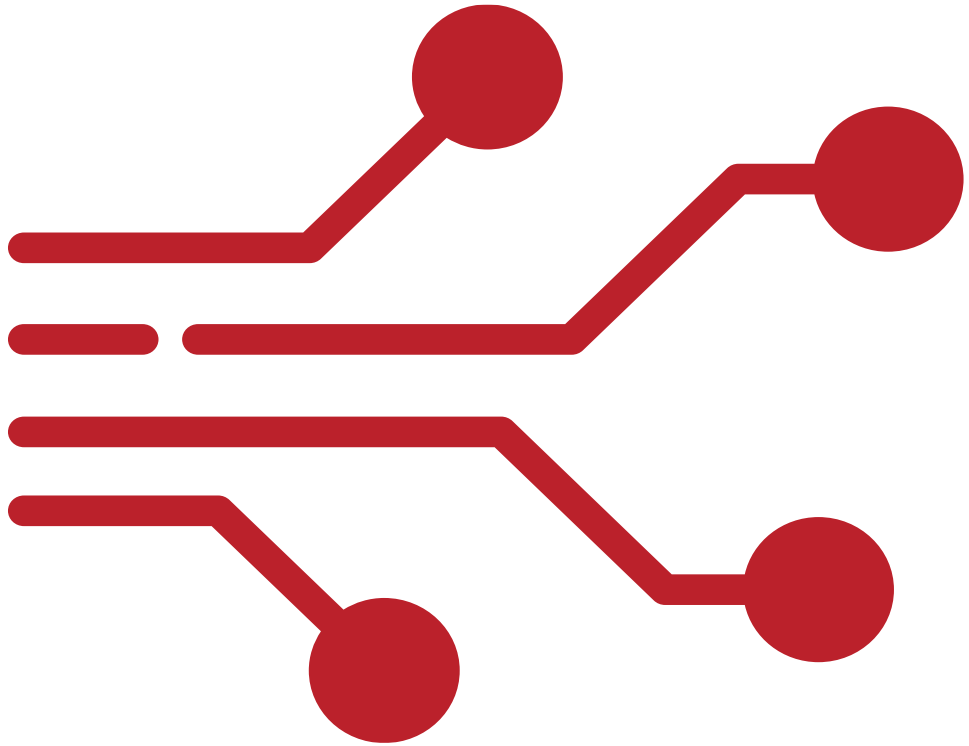
Co to jest UML i do czego służy?

- Unified Modeling Language to standard do modelowania systemów obiektowych
- UML (Unified Modeling Language) to język wizualnego modelowania systemów oprogramowania
- Pozwala tworzyć diagramy strukturalne i behawioralne, np.:
  - Diagram klas i obiektów - struktura i instancje
  - Diagramy sekwencji - przepływ wiadomości między obiektami
  - Diagramy stanów (maszyny stanowej) - zachowanie obiektów w czasie
- UML ułatwia:
  - Komunikację w zespole programistycznym i z interesariuszami
  - Analizę systemu przed implementacją
  - Standaryzację dokumentacji projektowej
- Jest niezależny od języka programowania, ale mapuje się do C#, Java, C++ itp.

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Diagram klas



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Diagram klas - wizualna reprezentacja struktury systemu

- Diagram klas to diagram UML przedstawiający typy (klasy), ich atrybuty, metody oraz relacje między klasami
- Umożliwia:
  - Zrozumienie struktury systemu
  - Planowanie implementacji w językach obiektowych (C#, Java, C++)
  - Identyfikację zależności między klasami (asocjacja, agregacja, kompozycja, dziedziczenie)
- Diagram klas pokazuje statyczną strukturę systemu, a nie konkretne obiekty
- Podstawowe elementy:
  - Klasa - nazwa, atrybuty, metody
  - Relacje – asocjacje, agregacje, kompozycje, dziedziczenie, implementacja interfejsu
- Stanowi punkt wyjścia do tworzenia diagramów obiektów, sekwencji i stanów

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

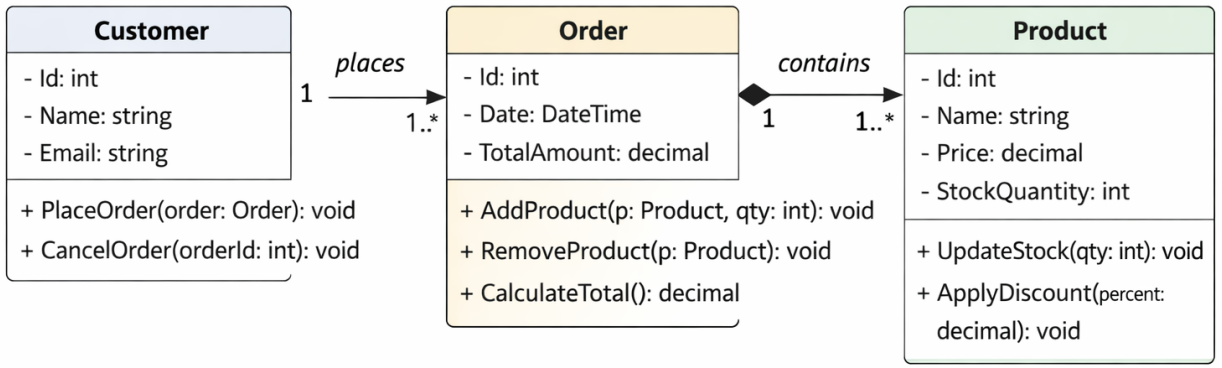
Definicja diagramu obiektów. Reprezentacja konkretnych instancji klas w danym momencie

- Diagram obiektów to diagram UML pokazujący konkretne obiekty utworzone z klas oraz ich wartości atrybutów i powiązania
- Pokazuje stan systemu w określonym momencie, a nie strukturę typu
- Elementy diagramu obiektów:
  - Obiekt (instancja klasy) zapisany jako NazwaObiektu : Klasa
  - Wartości atrybutów, np. Id = 1, Name = "Alice„
  - Połączenia między obiektami, które odzwierciedlają relacje z diagramu klas
- Ułatwia zrozumienie realnych danych i zależności w systemie
- Przydatny do testowania scenariuszy i wizualizacji dynamicznego stanu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład diagramu klas



Rys. 1. Diagram klas

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

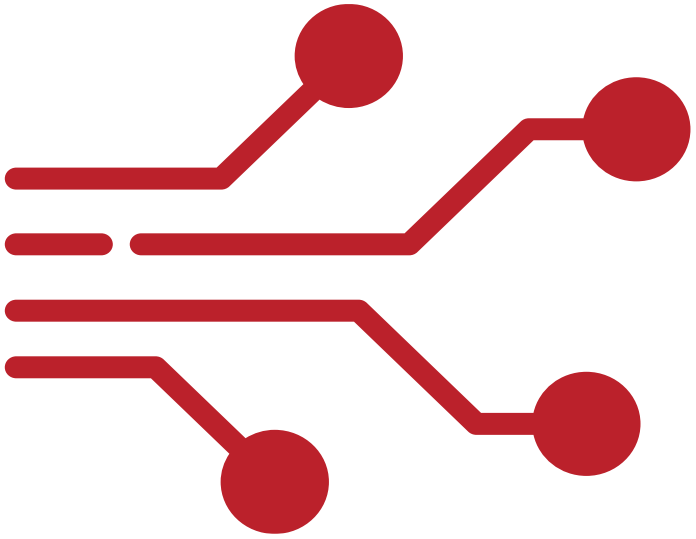
Elementy diagramu klas: atrybuty, metody, widoczność - podstawowe składniki diagramu klas w UML

- Klasa to podstawowy element diagramu, przedstawiony w prostokącie z podziałem na trzy sekcje:
  - Nazwa klasy - górna część prostokąta
  - Atrybuty - środkowa sekcja, pokazuje stan klasy
  - Metody - dolna sekcja, pokazuje zachowanie klasy
- Widoczność:
  - + public (dostępne z zewnątrz klasy)
  - - private (dostępne tylko wewnątrz klasy)
  - # protected (dostępne w klasach dziedziczących)
- Typ atrybutu i metody – np. Name: string, PlaceOrder(order: Order): void
- Diagram klas umożliwia wizualizację stanu i zachowania systemu przed implementacją w C#

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Relacje między klasami: asocjacja, agregacja, kompozycja. Podstawowe typy powiązań między klasami w UML

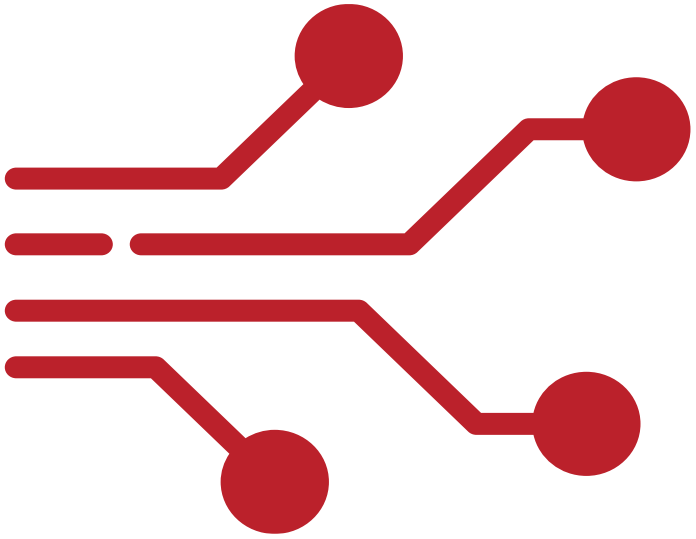


- Asocjacja - zwykłe powiązanie między klasami, pokazuje, że obiekty jednej klasy współpracują z obiektami drugiej
  - Strzałka opcjonalna wskazuje kierunek komunikacji
  - Liczebność określa liczbę instancji uczestniczących w relacji
- Agregacja - relacja całość–część, w której część może istnieć niezależnie od całości
  - Oznaczana pustym rombem przy końcu „całość”
  - Przykład: Order agreguje Product - produkty istnieją niezależnie od zamówienia

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Relacje między klasami: asocjacja, agregacja, kompozycja. Podstawowe typy powiązań między klasami w UML



- Kompozycja - silniejsza forma agregacji, część nie istnieje bez całości
  - Oznaczana wypełnionym rombem przy końcu „całość”
  - Przykład: Loan w systemie biblioteki - nie istnieje bez Book i Member
- Generalizacja-specjalizacja (uogólnienie) - wskazuje, że klasa potomna dziedziczy cechy klasy bazowej
  - Oznaczane pustym trójkątem skierowanym do klasy bazowej
  - Służy do modelowania dziedziczenia

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

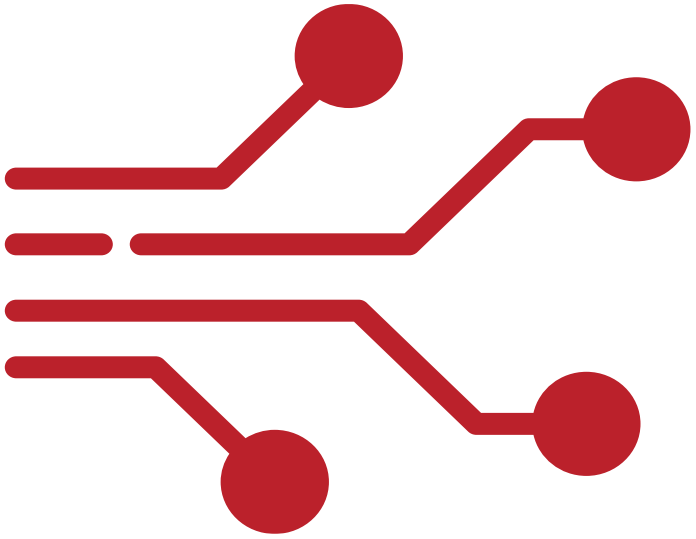
Modelowanie hierarchii klas i zachowania wielokształtnego

- Uogólnienie (dla dziedziczenia) - pokazuje, że klasa potomna przejmuje atrybuty i metody klasy bazowej
  - Oznaczane pustym trójkątem skierowanym do klasy bazowej
  - Pozwala na redukowanie duplikacji kodu w implementacji
- Polimorfizm - zdolność obiektów różnych klas do reagowania na te same metody w specyficzny sposób
  - Pozwala na interfejsy i metody wirtualne w C#
  - Przykład: metoda CalculateDiscount() w klasie Customer może zachowywać się inaczej dla RegularCustomer i VIPCustomer
- Interfejsy - klasy mogą implementować interfejs, oznaczany przerywaną linią i pustym trójkątem do interfejsu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

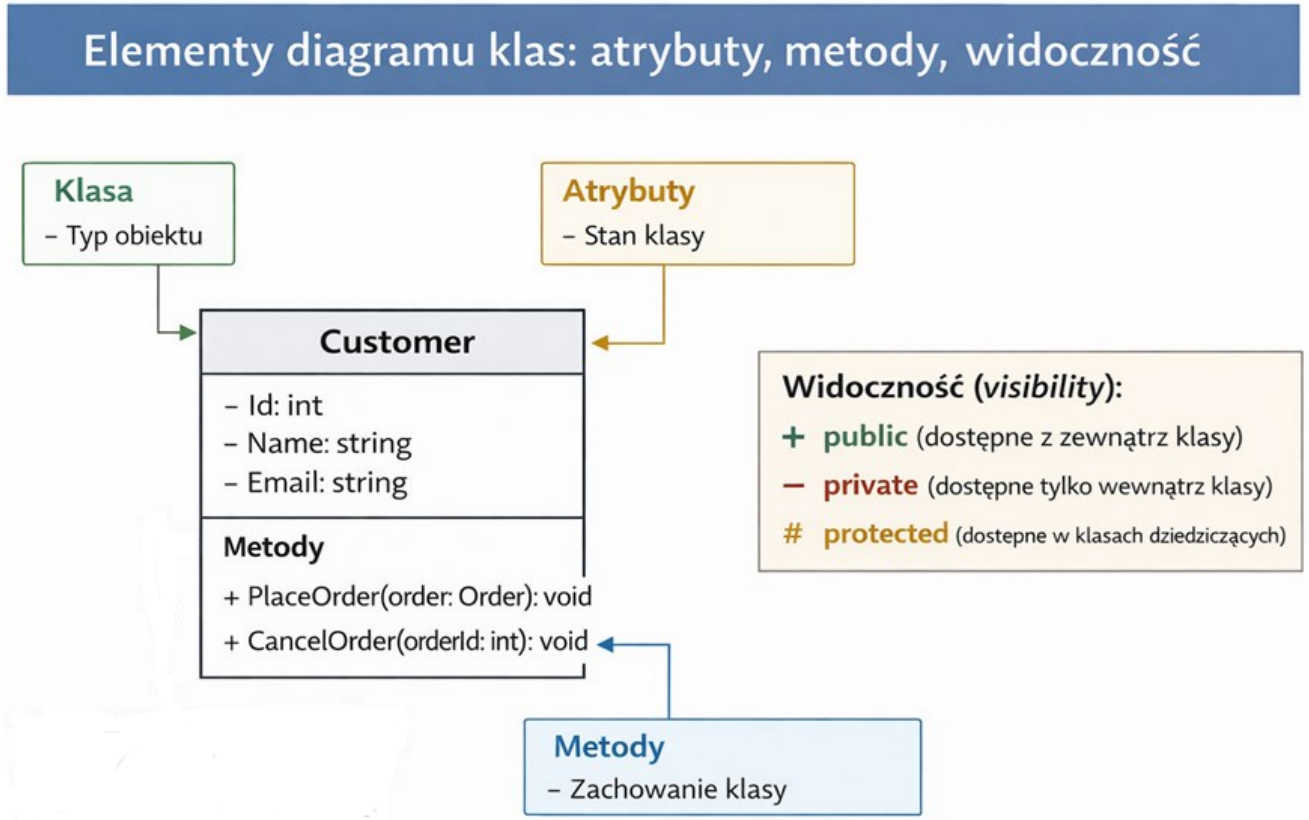
Interfejsy i zależności między klasami. Definiowanie kontraktów i luźnych powiązań



- Interfejs (Interface) - abstrakcyjny typ definiujący zestaw metod, które klasy muszą implementować
  - Oznaczany przerywaną linią i pustym trójkątem do interfejsu
- Zależności - pokazują, że jedna klasa korzysta z funkcji innej klasy, ale nie posiada jej jako atrybutu
  - Oznaczane przerywaną linią ze strzałką
  - Typowe scenariusze: przekazywanie obiektów jako parametrów metod, użycie usług

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

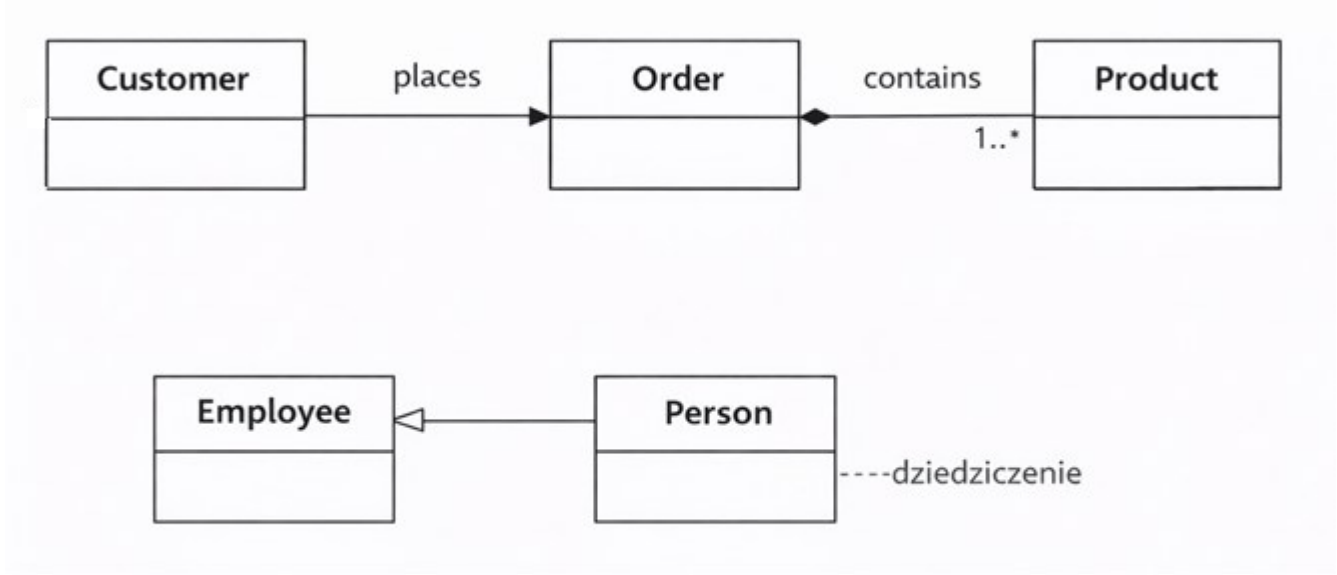


Rys. 2. Elementy diagramu klas

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykłady (nazwy relacji, generalizacja-specjalizacja)

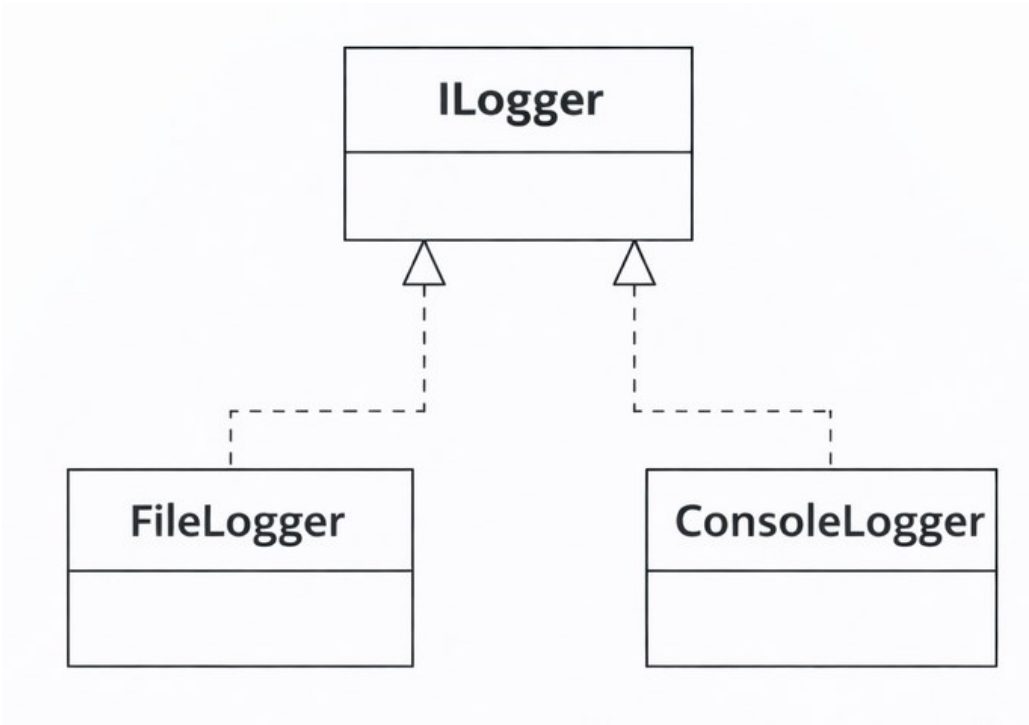


Rys. 3. Proste przykłady diagramów klas

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład (interfejs na diagramie klas)



Rys. 4. Interfejs

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

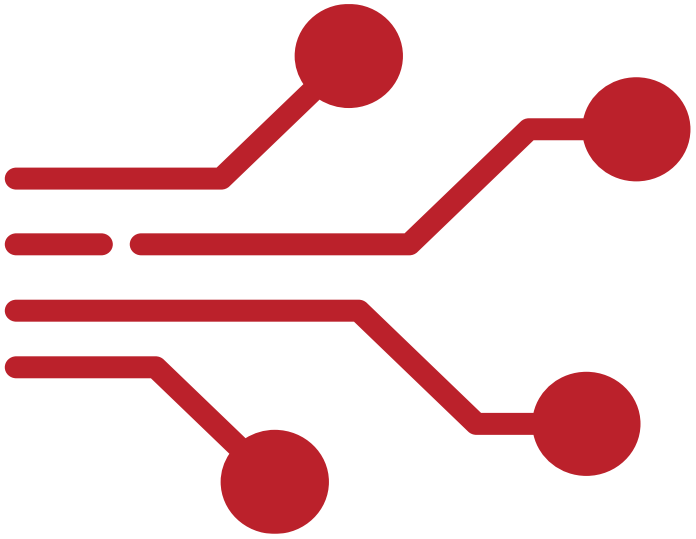
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład (zależność)

Rys. 5. Relacja uses

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Liczebności i role w relacjach między klasami i obiektami. Precyzowanie liczby instancji i ról w powiązaniach

- Liczebność określa, ile instancji jednej klasy może być powiązanych z instancjami drugiej klasy
  - Przykłady: 1, 0..1, 1..*, 0..*
  - Pomaga zrozumieć ograniczenia w systemie i reguły biznesowe
- Role - nazwy po stronie relacji, opisujące funkcję klasy w powiązaniu
  - Pomagają w interpretacji diagramu i zrozumieniu zależności
- Multiplicity i role są używane zarówno w diagramach klas, jak i w diagramach obiektów

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Narzędzia

- StarUML. Lekki edytor UML. Obsługuje diagramy klas, obiektów, sekwencji, stanów i in. Daje możliwość generowania kodu C#, Java, Python, C++
- Visual Paradigm. Kompleksowe narzędzie do modelowania systemów i procesów biznesowych. Wspiera UML, SysML, BPMN, ArchiMate. Umożliwia generowanie kodu, dokumentacji i diagramów w czasie rzeczywistym
- Enterprise Architect. Profesjonalne narzędzie dla dużych projektów i zespołów. Obsługuje UML, SysML, BPMN i wiele standardów inżynierii oprogramowania. Posiada zaawansowane funkcje współpracy, wersjonowania i generowania kodu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

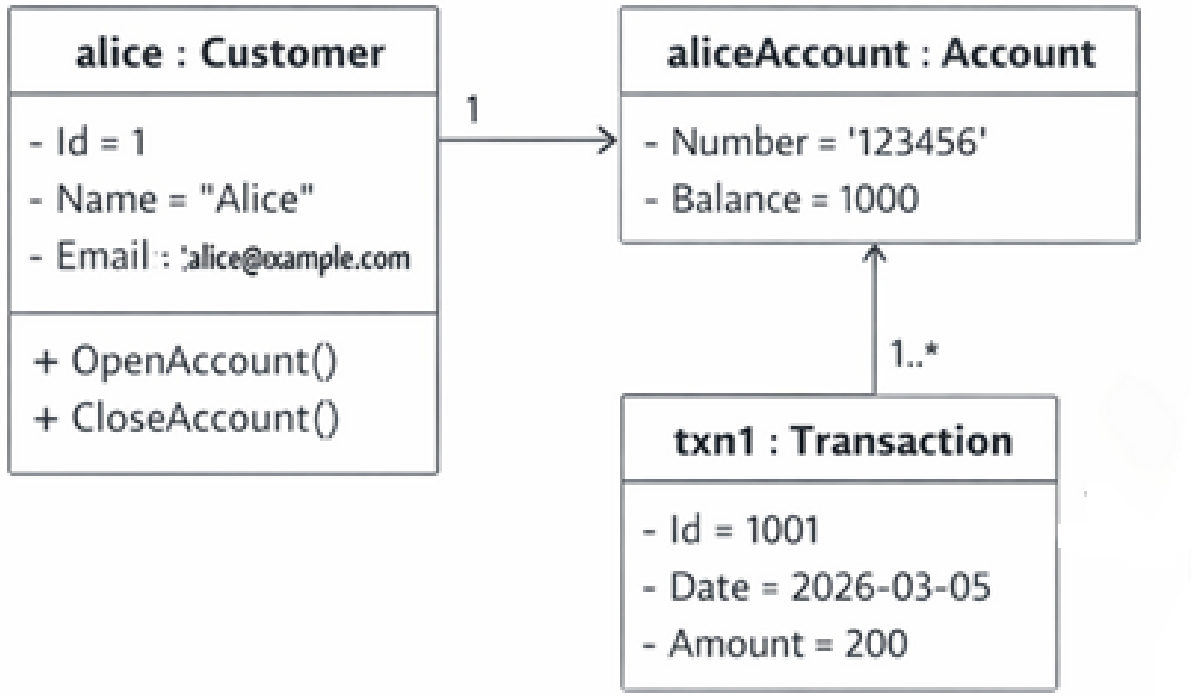
Zastosowanie narzędzi UML

- Tworzenie diagramów klas i obiektów przed implementacją w C#
- Generowanie szkieletu kodu dla klas, interfejsów i relacji
- Ułatwienie komunikacji w zespole i dokumentacji projektowej
- Możliwość eksportu do raportów, PDF, obrazów, integracja z repozytoriami

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Diagram obiektów



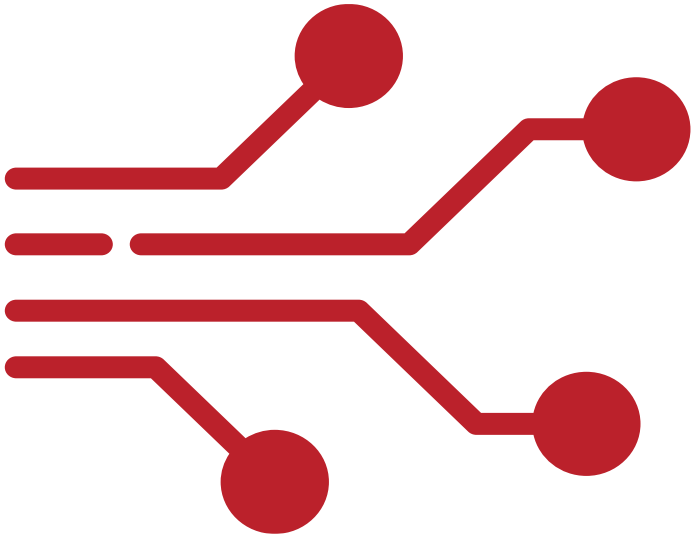
Rys. 6. Przykładowy diagram obiektów

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Dobre praktyki utrzymania diagramów i aktualizacji kodu.

Jak utrzymywać spójność diagramów UML z implementacją?



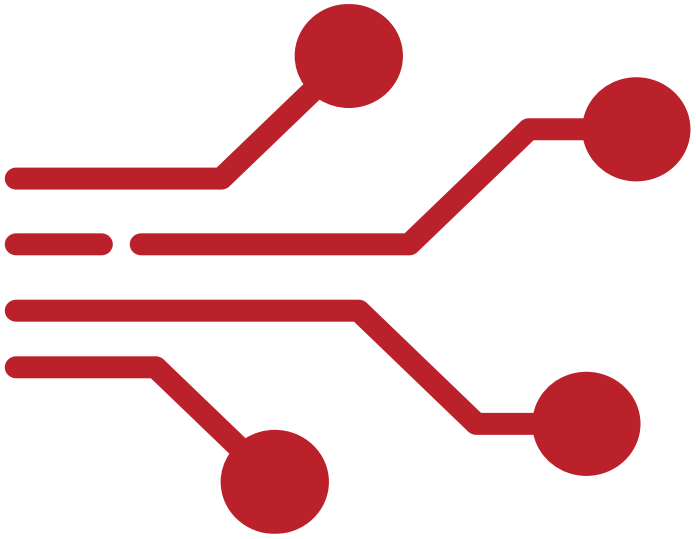
- Synchronizacja diagramów z kodem
  - Aktualizuj diagramy po zmianach w kodzie i odwrotnie
  - Narzędzia umożliwiają automatyczne generowanie kodu lub aktualizację diagramu
- Czytelność i prostota
  - Zachowuj przejrzysty układ klas i relacji
  - Grupuj powiązane klasy w pakiety lub moduły
  - Usuń elementy nieistotne dla bieżącego poziomu abstrakcji

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Dobre praktyki utrzymania diagramów i aktualizacji kodu

Jak utrzymywać spójność diagramów UML z implementacją?



- Komentarze i adnotacje
  - Dodawaj role, multiplicity i ograniczenia biznesowe
  - Pomagają w zrozumieniu diagramu przez zespół i przy implementacji
- Wersjonowanie i dokumentacja
  - Przechowuj wersje diagramów wraz z repozytorium kodu
  - Dokumentuj zmiany i aktualizacje, aby uniknąć niespójności

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Podsumowanie

- Diagram klas przedstawia statyczną strukturę systemu: klasy, atrybuty, metody, relacje
- Diagram obiektów pokazuje konkretne instancje klas w określonym stanie systemu
- Relacje między klasami - asocjacja, agregacja, kompozycja, dziedziczenie, interfejsy
- Mapowanie UML na C# - klasy, atrybuty, metody, relacje, dziedziczenie i interfejsy
- Generowanie kodu - StarUML, Visual Paradigm, Enterprise Architect ułatwiają tworzenie szkieletów klas i interfejsów
- Dobre praktyki - przejrzystość diagramów, odpowiednia szczegółowość, adnotacje, synchronizacja z kodem

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Dziękuję za uwagę

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wykład nr 13
Temat: Zaawansowane elementy tworzenia interfejsu użytkownika

Paweł Karczmarek
Politechnika Lubelska, Katedra Inteligencji Obliczeniowej

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

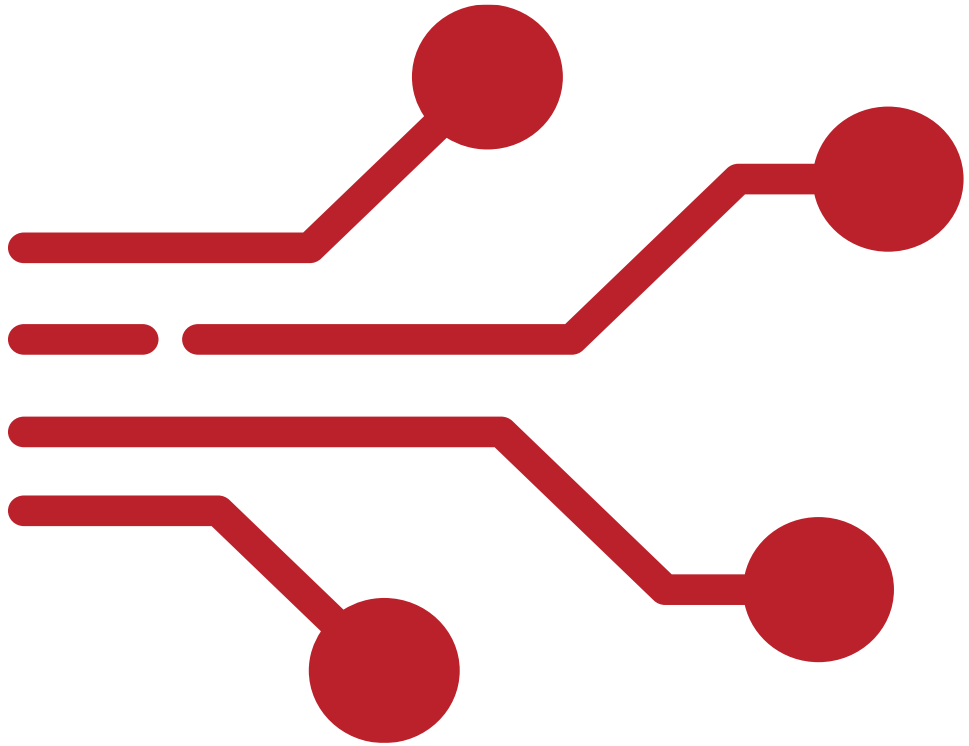
Plan prezentacji

- WinForms
- WPF
- Canvas

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

WinForms



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

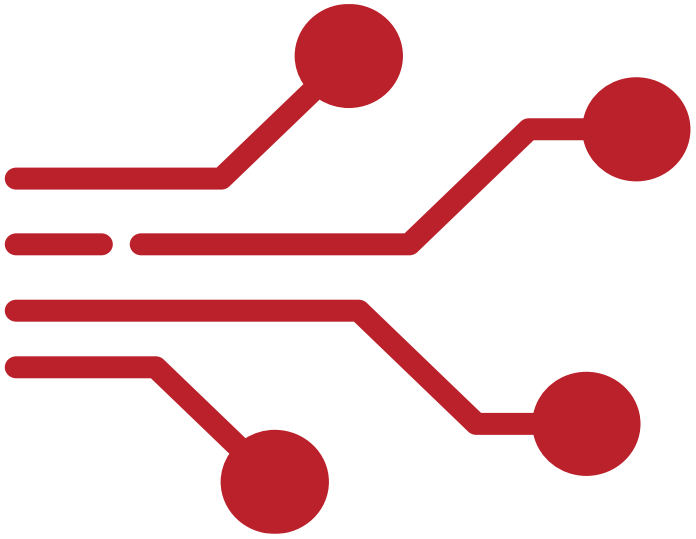
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wprowadzenie

- WinForms i WPF jako główne technologie desktopowe w .NET
- Podejście imperatywne (WinForms) a deklaratywne (WPF)
- Cele wykładu:
  - Omówienie zaawansowanych kontrolek i layoutów
  - Powiązania danych, MVVM i DataBinding w WPF
  - Stylizacja, szablony i animacje
  - Integracja z logiką biznesową i najlepsze praktyki

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Różnice między WinForms a WPF

- WinForms - klasyczne podejście, kontrolki i layout w kodzie lub Designerze
- WPF - deklaratywny UI w XAML, oddzielony od logiki biznesowej
- Podejście imperatywne a deklaratywne
- Stylizacja i szablony: ograniczone w WinForms, pełna w WPF
- Powiązanie danych: ręczne (głównie) w WinForms, DataBinding w WPF
- MVVM w WPF/brak wzorca w WinForms

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Cykl życia kontrolki w WinForms i WPF

- Tworzenie - inicjalizacja - renderowanie - obsługa zdarzeń - niszczenie
- Zdarzenia w WinForms: Click, TextChanged, MouseEnter, MouseLeave
- Zdarzenia w WPF: Routed Events (Bubbling, Tunneling)
- Obsługa zdarzeń: przypisywanie delegatów w WinForms i XAML w WPF
- Podłączanie logiki biznesowej do zdarzeń UI

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Struktura aplikacji WinForms: Form, Controls, Layout

- Form - główna jednostka interfejsu w WinForms
- Controls - komponenty interfejsu, np. Button, TextBox, ComboBox, ListBox
- Layout - określanie położenia i rozmiaru kontrolek, TableLayoutPanel, FlowLayoutPanel, Panel, GroupBox
- Hierarchia kontrolek - formularz jako kontener nadrzędny, kontrolki jako dzieci

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

DataGridView, ListView, TreeView

- DataGridView - tabela do wyświetlania i edycji danych
  - Obsługa kolumn automatycznych i ręcznych
  - Powiązanie z DataSource (BindingSource, lista obiektów, DataTable)
  - Sortowanie, filtrowanie, edycja komórek, walidacja danych
- ListView - lista elementów z różnymi widokami
  - Widoki: LargeIcon, SmallIcon, List, Details
  - Obsługa kolumn, grup i wyboru wielokrotnego
  - Eventy: ItemActivate, SelectedIndexChanged
- TreeView - hierarchiczne drzewo elementów
  - Dodawanie TreeNode dynamicznie
  - Obsługa zdarzeń: AfterSelect, NodeMouseClick
  - Powiązanie z danymi hierarchicznymi, np. katalogi plików

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Layout

- Panel to podstawowy kontener do grupowania kontrolek
  - Umożliwia przesuwanie grupy kontrolek razem
  - Przydatny do układania dynamicznych elementów
- TableLayoutPanel - układ tabelaryczny
  - Definiuje wiersze i kolumny
  - Kontrolki automatycznie dopasowują się do komórek
  - Wsparcie dla procentowego i automatycznego rozciągania
- FlowLayoutPanel - układ liniowy
  - Kontrolki układają się poziomo lub pionowo
  - Przesuwanie przy zmianie rozmiaru formy (WrapContents)
  - Pasuje do dynamicznie dodawanych elementów
- Hierarchia i zagnieżdżanie
  - Panele można zagnieżdżać, tworząc elastyczne i skalowalne layouty
  - Pozwala na modularne projektowanie UI

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Organizacja sekcji

- GroupBox - kontener z ramką i nagłówkiem
  - Grupuje logicznie powiązane kontrolki (np. pola formularza, przyciski)
  - Ułatwia czytelność i wizualne oddzielenie sekcji
  - Można włączać/wyłączać całą grupę przez Enabled
- TabControl - kontrolka zakładek
  - Pozwala organizować UI w osobne zakładki TabPage
  - Każda zakładka może zawierać własne panele, kontrolki i layout
  - Ułatwia prezentację dużych ilości informacji bez przeładowania okna
- SplitContainer - podział przestrzeni na dwa panele z regulowaną przegrodą
  - Umożliwia dynamiczną zmianę rozmiaru paneli przez użytkownika
  - Panele mogą zawierać zagnieżdżone kontrolki, np. TreeView i ListView
  - Właściwości Dock i SplitterDistance kontrolują wygląd i proporcje

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład grupowania

```
TabControl tabControl = new TabControl { Dock =
DockStyle.Fill };

TabPage tab1 = new TabPage("Formularz");

TabPage tab2 = new TabPage("Lista");


GroupBox groupBox = new GroupBox { Text = "Dane
użytkownika", Dock = DockStyle.Top, Height = 100 };

groupBox.Controls.Add(new TextBox { Location = new Point(10,
20), Width = 150 });

groupBox.Controls.Add(new Button { Text = "Zapisz", Location
= new Point(10, 50) });
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład grupowania

```
SplitContainer splitContainer = new SplitContainer { Dock =
DockStyle.Fill };

splitContainer.Panel1.Controls.Add(new TreeView { Dock =
DockStyle.Fill });

splitContainer.Panel2.Controls.Add(new ListView { Dock =
DockStyle.Fill });

tab1.Controls.Add(groupBox);

tab2.Controls.Add(splitContainer);

tabControl.TabPages.Add(tab1);

tabControl.TabPages.Add(tab2);

this.Controls.Add(tabControl);
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

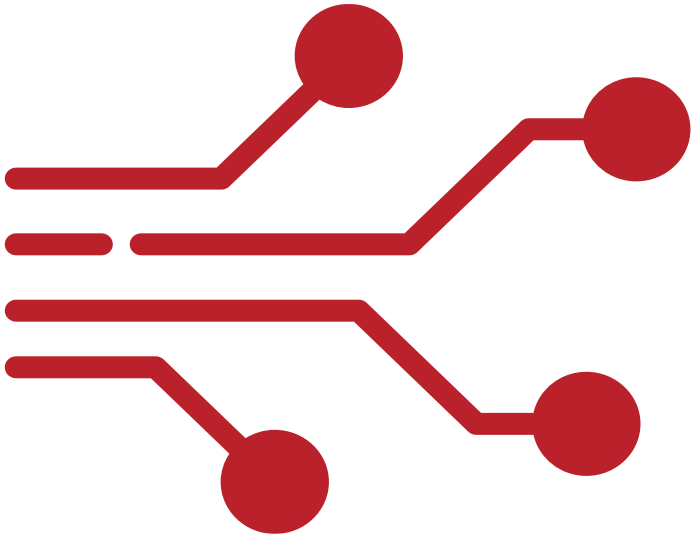
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Dock i Anchor. Elastyczne dopasowanie kontrolek w WinForms

- Dock - przypisanie kontrolki do krawędzi kontenera
  - DockStyle.Top, Bottom, Left, Right, Fill, None
  - Kontrolka automatycznie rozciąga się wzdłuż wybranej krawędzi
  - Przydatne w panelach, menu, paskach narzędzi
- Anchor - kotwiczenie kontrolki względem krawędzi formularza lub kontenera
  - Właściwość Anchor pozwala zachować odległości od wybranych krawędzi
  - Kombinacja np. Top | Left | Right - kontrolka rozciąga się poziomo przy zmianie rozmiaru okna
  - Pozwala zachować proporcje i rozmieszczenie elementów w dynamicznych UI
- Różnice i zastosowanie
  - Dock - kontrolka zajmuje określony fragment kontenera, często używana w głównych sekcjach UI
  - Anchor - kontrolka pozostaje w stałej pozycji względem wskazanych krawędzi, idealne dla przycisków, pól wejściowych

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład (Dock i Anchor)

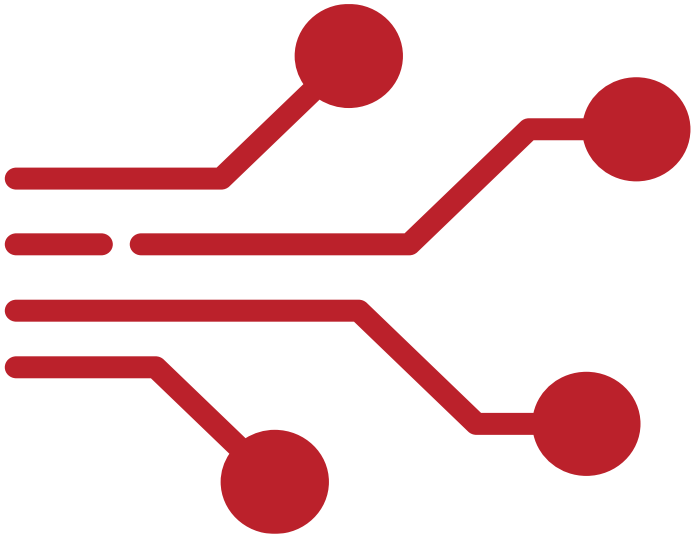
```
Panel topPanel = new Panel { Dock = DockStyle.Top, Height = 50, BackColor = Color.LightGray };

Panel leftPanel = new Panel { Dock = DockStyle.Left, Width = 100, BackColor = Color.Beige };

TextBox txtInput = new TextBox { Location = new Point(110, 60), Width = 200 };

txtInput.Anchor = AnchorStyles.Top | AnchorStyles.Left | AnchorStyles.Right;

Button btnOk = new Button { Text = "OK", Location = new Point(320, 60) };

btnOk.Anchor = AnchorStyles.Top | AnchorStyles.Right;
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład (Dock i Anchor)

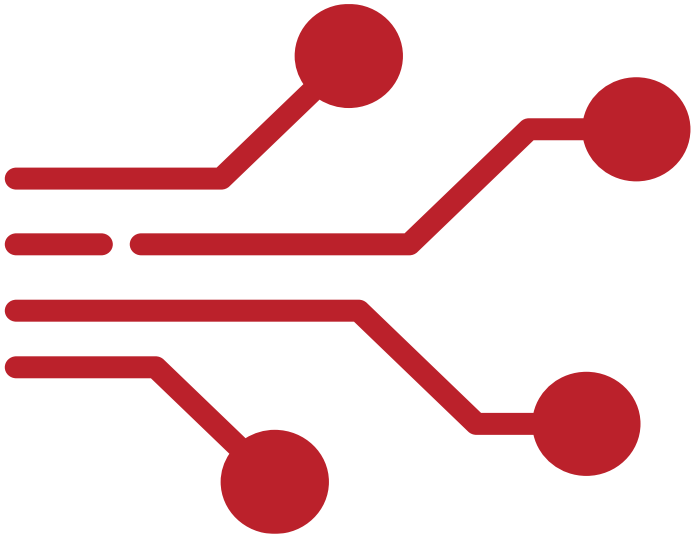
```
this.Controls.Add(txtInput);
this.Controls.Add(btnOk);
this.Controls.Add(leftPanel);
this.Controls.Add(topPanel);
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Tworzenie własnych kontrolek (CustomControl) w WinForms



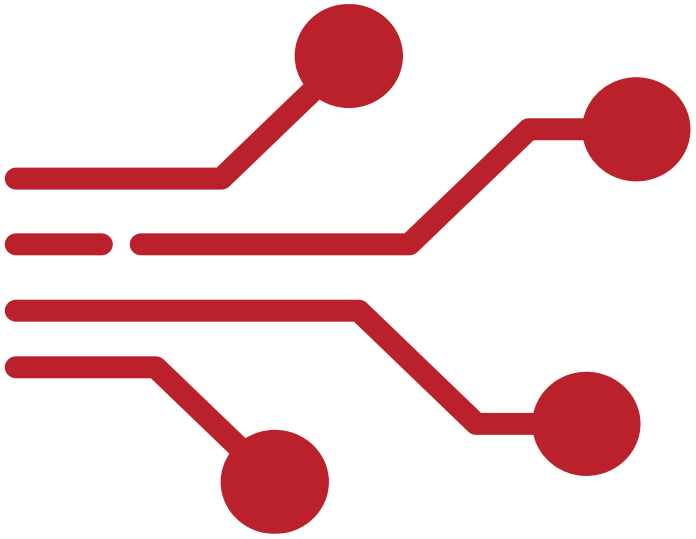
- Cel tworzenia własnej kontrolki
  - Dostosowanie zachowania lub wyglądu, którego nie oferują standardowe kontrolki
  - Możliwość wielokrotnego użycia w całym projekcie
- Podstawowe kroki
  - Dziedziczenie po klasie Control lub istniejącej kontrolce (Button, TextBox)
  - Nadpisanie metod rysujących (OnPaint)
  - Obsługa zdarzeń i właściwości specyficznych dla kontrolki

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Własne kontrolki

```
public class GradientButton : Button
{
    protected override void OnPaint(PaintEventArgs pevent)
    {
        base.OnPaint(pevent);
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Własne kontrolki

```
        Graphics g = pevent.Graphics;

        using (LinearGradientBrush brush = new
LinearGradientBrush(this.ClientRectangle, Color.LightBlue,
Color.DarkBlue,LinearGradientMode.Vertical))

        {

            g.FillRectangle(brush, this.ClientRectangle);

        }

        TextRenderer.DrawText(g, this.Text, this.Font,
this.ClientRectangle, Color.White,

TextFormatFlags.HorizontalCenter |
TextFormatFlags.VerticalCenter);

    }

}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Obsługa zdarzeń i delegatów w WinForms

- Zdarzenia w WinForms - mechanizm powiadamiania o akcjach użytkownika lub systemowych
  - Przykłady: Click, TextChanged, MouseEnter, MouseLeave, KeyPress
  - Delegaty - wskaźniki do metod, które obsługują zdarzenia
  - Deklaracja delegata: public delegate void EventHandler(object sender, EventArgs e);
- Podłączanie zdarzeń
  - Ręcznie w kodzie: button.Click += Button_Click;
  - W Designerze - automatycznie tworzone metody obsługi zdarzeń
- Odłączanie zdarzeń - ważne przy dynamicznych kontrolkach: button.Click -= Button_Click;

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład obsługi zdarzeń

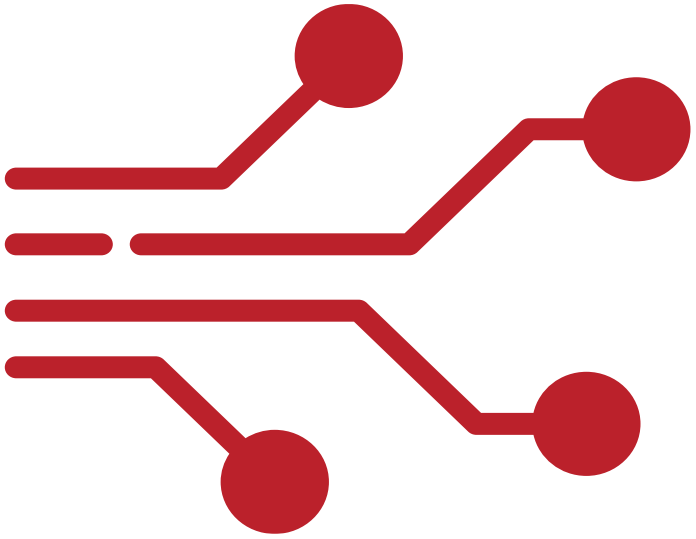
```
public partial class MainForm : Form
{
    private Button btnAction;
    public MainForm()
    {
        InitializeComponent();
        btnAction = new Button { Text = "Click me", Location
= new Point(50, 50) };
        btnAction.Click += BtnAction_Click; // podłączenie
zdarzenia
        Controls.Add(btnAction);
    }
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład obsługi zdarzeń

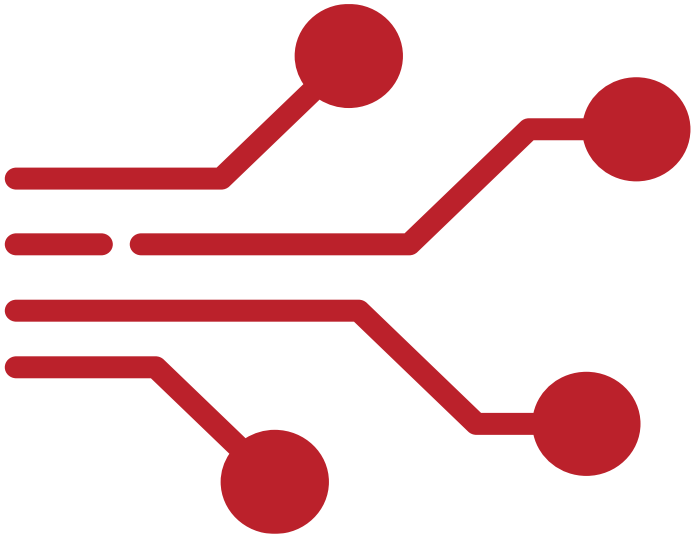
```
 private void BtnAction_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        MessageBox.Show("Button clicked!");
    }
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Dynamiczne dodawanie i usuwanie kontrolek w WinForms



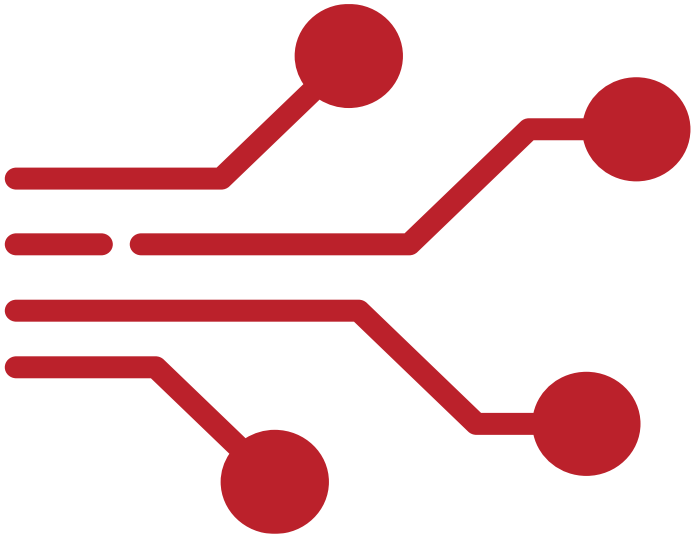
- Tworzenie kontrolek w czasie działania - umożliwia dynamiczny UI w odpowiedzi na akcje użytkownika
- Dodawanie do formularza lub panelu: Controls.Add(control)
- Usuwanie kontrolek: Controls.Remove(control) lub control.Dispose()
- Zarządzanie zdarzeniami – należy pamiętać o odpinaniu zdarzeń przed usunięciem kontrolki
- Użycie kolekcji do przechowywania dynamicznych kontrolek dla łatwej iteracji

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład dynamicznego tworzenia kontrolek

```
public partial class MainForm : Form
{
    private List<Button> buttons = new List<Button>();
    public MainForm()
    {
        InitializeComponent();
        for (int i = 0; i < 5; i++)
        {
```

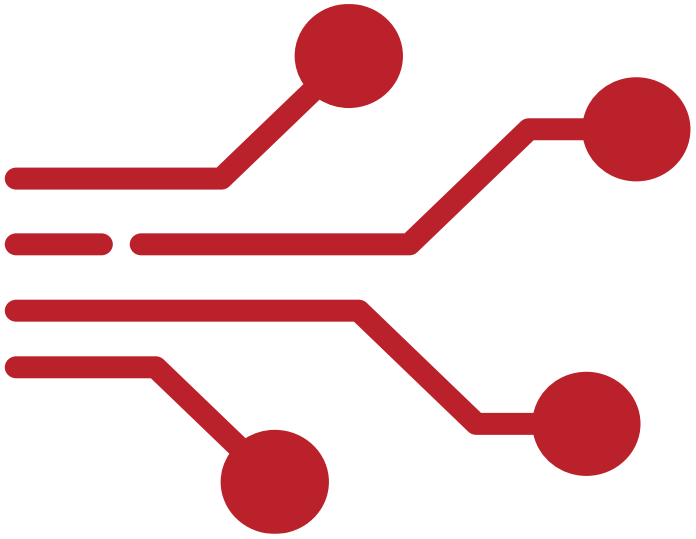


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład dynamicznego tworzenia kontrolek

```
            Button btn = new Button
            {
                Text = $"Button {i+1}",
                Location = new Point(20, 30 + i * 30),
                Size = new Size(100, 25)
            };
            btn.Click += Btn_Click;
            buttons.Add(btn);
            Controls.Add(btn);
        }
    }
```

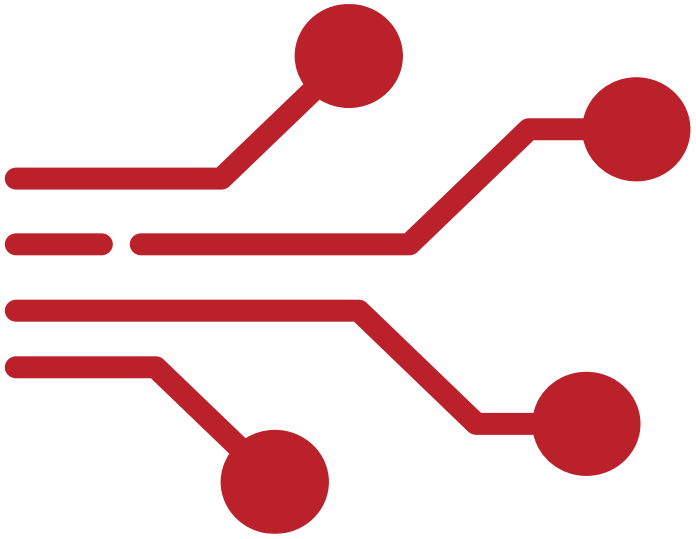


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład dynamicznego tworzenia kontrolek

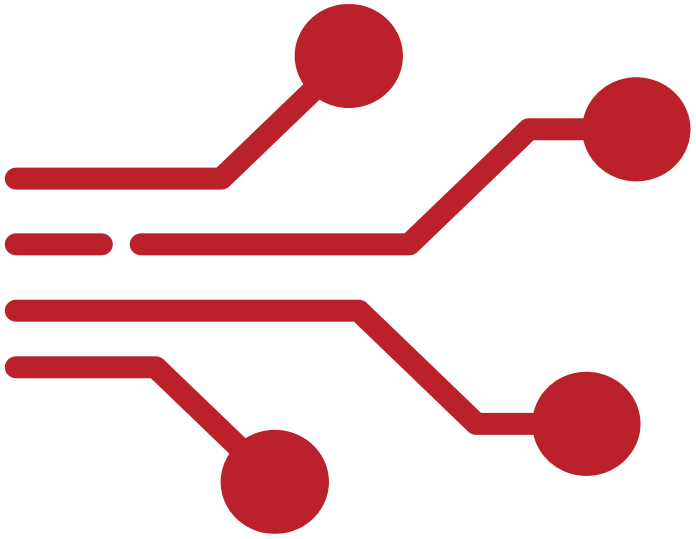
```
    private void Btn_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        Button btn = sender as Button;
        MessageBox.Show($"{btn.Text} clicked!");
        Controls.Remove(btn);
        buttons.Remove(btn);
        btn.Dispose();
    }
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Obsługa błędów w UI i walidacja danych w WinForms



- Cel walidacji - zapewnienie, że dane wprowadzone przez użytkownika są poprawne i spójne
- Walidacja w czasie rzeczywistym - zdarzenia Validating, TextChanged
- ErrorProvider - wizualne wskazanie błędów obok kontrolki
- Obsługa wyjątków - try/catch w obsłudze zdarzeń, ochrona przed błędami runtime
- Walidacja przy zapisie danych - dodatkowa weryfikacja przed przesłaniem do bazy lub logiki biznesowej

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład obsługi błędów

```
public partial class MainForm : Form
{
    private TextBox txtAge;
    private ErrorProvider errorProvider;
    public MainForm()
    {
        InitializeComponent();
        txtAge = new TextBox { Location = new Point(20, 20),
Width = 100 };
        txtAge.Validating += TxtAge_Validating;
        Controls.Add(txtAge);
        errorProvider = new ErrorProvider();}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład obsługi błędów

```
    private void TxtAge_Validating(object sender,
CancelEventArgs e)
    {
        if (!int.TryParse(txtAge.Text, out int age) || age <
0 || age > 120)
        {
            errorProvider.SetError(txtAge, "Wprowadź
poprawny wiek (0-120).");
            e.Cancel = true;
        }else
        {
            errorProvider.SetError(txtAge, string.Empty);
        }}}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

MenuStrip i ContextMenuStrip

- MenuStrip to główne menu aplikacji, zwykle u góry formularza
  - Tworzenie menu z pozycjami i podmenu
  - Przypisywanie zdarzeń do kliknięcia pozycji
  - Obsługa skrótów klawiszowych (ShortcutKeys)
- ContextMenuStrip - menu kontekstowe wywoływane prawym przyciskiem myszy
  - Przypisanie do kontrolek (Control.ContextMenuStrip)
  - Dynamiczne tworzenie i modyfikacja elementów w czasie działania
- Zaawansowane techniki
  - Dodawanie ikon do pozycji menu
  - Grupowanie elementów (ToolStripMenuItem)
  - Menu dynamiczne w zależności od stanu aplikacji

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład (menu)

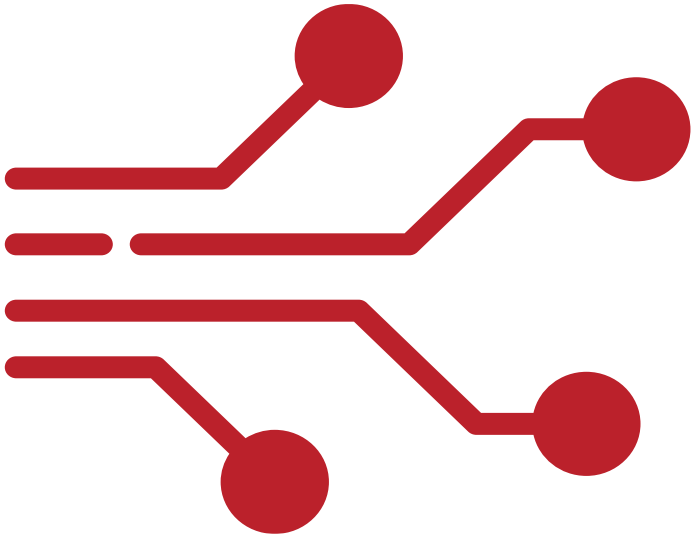
```
public partial class MainForm : Form
{
    public MainForm()
    {
        InitializeComponent();
        // MenuStrip
        MenuStrip menu = new MenuStrip();
        ToolStripMenuItem fileMenu = new
ToolStripMenuItem("File");
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład (menu)

```
        ToolStripMenuItem exitItem = new
ToolStripMenuItem("Exit", null, ExitItem_Click)
        {
            ShortcutKeys = Keys.Control | Keys.X
        };
        fileMenu.DropDownItems.Add(exitItem);
        menu.Items.Add(fileMenu);
        this.MainMenuStrip = menu;
        this.Controls.Add(menu);
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład (menu)

```
        // ContextMenuStrip
        ContextMenuStrip contextMenu = new
ContextMenuStrip();
        ToolStripMenuItem helloItem = new
ToolStripMenuItem("Say Hello", null, HelloItem_Click);
        contextMenu.Items.Add(helloItem);
        this.ContextMenuStrip = contextMenu;
    }
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład (menu)

```
    private void ExitItem_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        this.Close();
    }

    private void HelloItem_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        MessageBox.Show("Hello from context menu!");
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

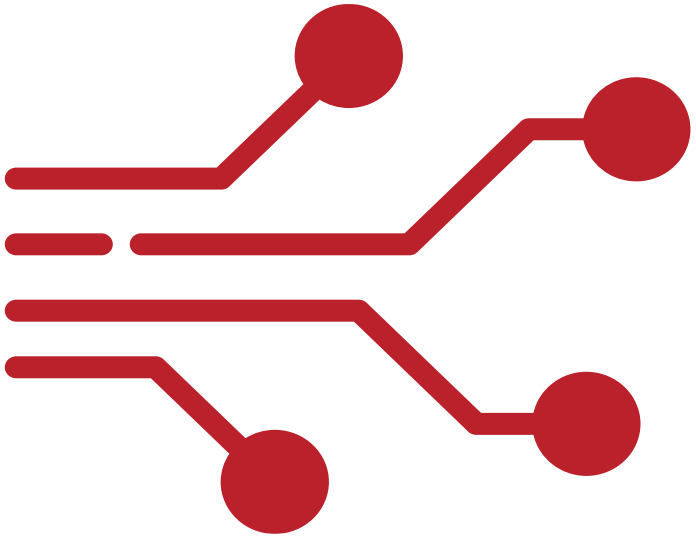
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

ToolStrip i StatusStrip - paski narzędzi i stanu aplikacji w WinForms

- ToolStrip - pasek narzędzi zawierający przyciski, pola tekstowe, menu rozwijane
  - Możliwość przypisania zdarzeń do przycisków
  - Ikony i etykiety ułatwiają dostęp do funkcji aplikacji
  - Obsługa dynamicznej zmiany przycisków w czasie działania
- StatusStrip - pasek stanu u dołu formularza
  - Wyświetlanie informacji o stanie aplikacji, np. komunikaty, licznik obiektów, połączenia z bazą danych
  - Możliwość dodawania etykiet (ToolStripStatusLabel), progress bar (ToolStripProgressBar) i innych elementów
- Zaawansowane techniki
  - Dynamiczne aktualizowanie ToolStrip i StatusStrip w odpowiedzi na akcje użytkownika
  - Powiązanie elementów ToolStrip z menu, skrótami i logiką biznesową

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład – paski narzędzi i stanu

```
public partial class MainForm : Form
{
    public MainForm()
    {
        InitializeComponent();
        // ToolStrip
        ToolStrip toolStrip = new ToolStrip();
        ToolStripButton btnSave = new
ToolStripButton("Save");
        btnSave.Click += BtnSave_Click;
        toolStrip.Items.Add(btnSave);
        Controls.Add(toolStrip);
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład – paski narzędzi i stanu

```
        // StatusStrip
        StatusStrip statusStrip = new StatusStrip();
        ToolStripStatusLabel statusLabel = new
ToolStripStatusLabel("Ready");
        statusStrip.Items.Add(statusLabel);
        Controls.Add(statusStrip);
    }

    private void BtnSave_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        MessageBox.Show("Data saved!");
    }}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Obsługa Drag & Drop między kontrolkami

- Cel mechanizmu Drag & Drop
  - Pozwala użytkownikowi przeciągać dane lub kontrolki w interfejsie
  - Ułatwia interaktywne operacje w aplikacjach desktopowych
- Podstawowe zdarzenia
  - MouseDown - rozpoczęcie przeciągania
  - MouseMove - monitorowanie ruchu myszy
  - DragEnter - wejście danych do kontrolki docelowej
  - DragDrop - wklejenie danych do kontrolki docelowej
- Konfiguracja kontroli
  - AllowDrop = true dla kontrolki docelowej
  - Użycie DoDragDrop() w źródle danych

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład przeciągania

```
public partial class MainForm : Form
{
    public MainForm()
    {
        InitializeComponent();


        TextBox txtSource = new TextBox { Location = new
Point(20, 20), Width = 150 };
        ListBox lstTarget = new ListBox { Location = new
Point(20, 60), Width = 150, Height = 100, AllowDrop = true
};
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład przeciągania

```
        txtSource.MouseDown += (s, e) =>
        {
            if (!string.IsNullOrEmpty(txtSource.Text))
                txtSource.DoDragDrop(txtSource.Text,
DragDropEffects.Copy);
        };
        lstTarget.DragEnter += (s, e) =>
        {
            if (e.Data.GetDataPresent(DataFormats.Text))
                e.Effect = DragDropEffects.Copy;
            else
                e.Effect = DragDropEffects.None;
};
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład przeciągania

```
        lstTarget.DragDrop += (s, e) =>
        {

lstTarget.Items.Add(e.Data.GetData(DataFormats.Text));
        };

        Controls.Add(txtSource);
        Controls.Add(lstTarget);
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

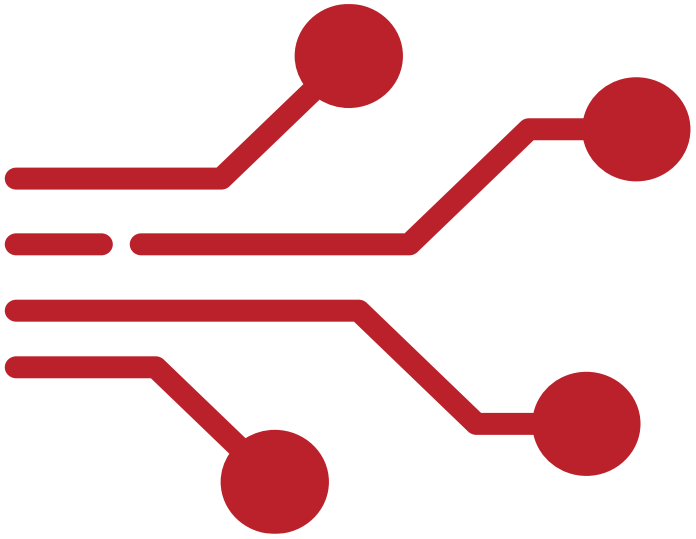
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Dialogi

- OpenFileDialog - umożliwia wybór plików do otwarcia
  - Obsługuje filtrowanie typów plików (Filter)
  - Pozwala wybrać pojedynczy lub wiele plików (Multiselect)
- SaveFileDialog - umożliwia wskazanie miejsca i nazwy pliku do zapisania
  - Obsługa filtrów i domyślnych nazw plików
  - Możliwość sprawdzania, czy plik już istnieje (OverwritePrompt)
- FolderBrowserDialog - umożliwia wybór katalogu
  - Użyteczne do operacji na folderach, kopiowania lub zapisywania plików
- Zaawansowane techniki
  - Dynamiczne ustawianie domyślnej ścieżki (InitialDirectory)
  - Obsługa zdarzeń FileOk do walidacji wyboru
  - Integracja z innymi kontrolkami, np. TextBox do wyświetlania wybranej ścieżki

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład. Dialogi

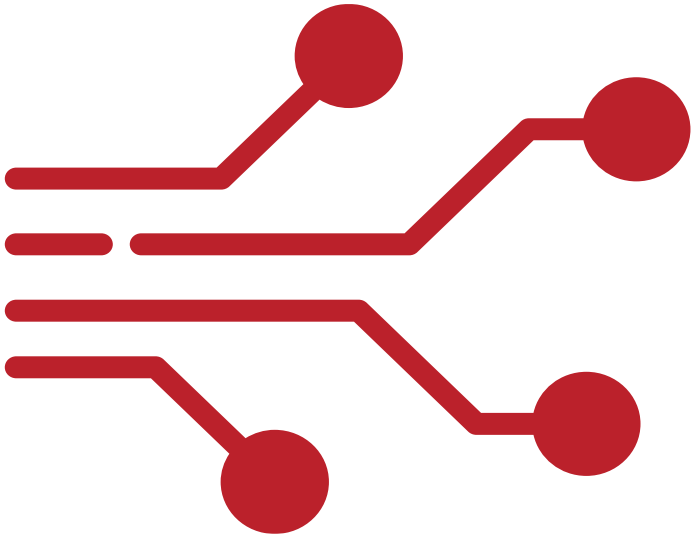
```
private void BtnOpenFile_Click(object sender, EventArgs e)
{
    using (OpenFileDialog ofd = new OpenFileDialog())
    {
        ofd.Filter = "Text files (*.txt)|*.txt|All files (*.*)|*.*";
        ofd.Multiselect = true;
        ofd.InitialDirectory = Environment.GetFolderPath(Environment.SpecialFolder.MyDocuments);
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Dialogi

```
        if (ofd.ShowDialog() == DialogResult.OK)
        {
            foreach (string file in ofd.FileNames)
            {
                MessageBox.Show($"Wybrano plik: {file}");
            }
        }
    }
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Wydajność i optymalizacja

- Cel optymalizacji - minimalizacja niepotrzebnego odświeżania interfejsu
- Problemy wydajności
  - Tworzenie lub aktualizacja wielu kontrolek jednocześnie może powodować migotanie i spowolnienie
  - Nieefektywne ustawianie właściwości i layoutu w pętli
  - SuspendLayout/ResumeLayout
- SuspendLayout() - wstrzymuje automatyczne rozmieszczanie i odświeżanie kontrolek
- ResumeLayout() - wznawia layout i odświeża UI jednorazowo
- Praktyczne wskazówki
  - Używać przy dodawaniu wielu kontrolek lub zmianach w tabelach i panelach
  - Łączenie z PerformLayout() jeśli potrzebne natychmiastowe odświeżenie
  - Redukuje migotanie i przyspiesza renderowanie UI

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Dialogi

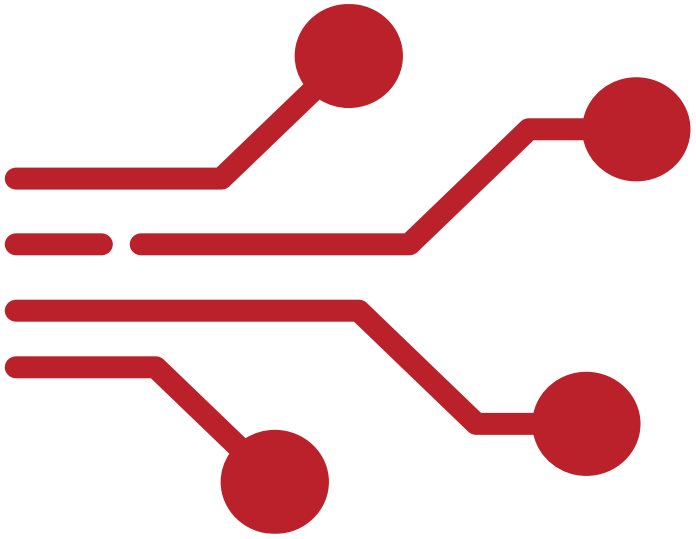
```
Panel panel = new Panel();
panel.SuspendLayout(); // wstrzymanie layoutu
for (int i = 0; i < 50; i++)
{
    Button btn = new Button
    {
        Text = $"Button {i+1}",
        Location = new Point(10, i * 30),
        Size = new Size(100, 25)
    };
    panel.Controls.Add(btn);}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Dialogi

```
panel.ResumeLayout(); // wznowienie layoutu
panel.PerformLayout(); // odświeżenie interfejsu
this.Controls.Add(panel);
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

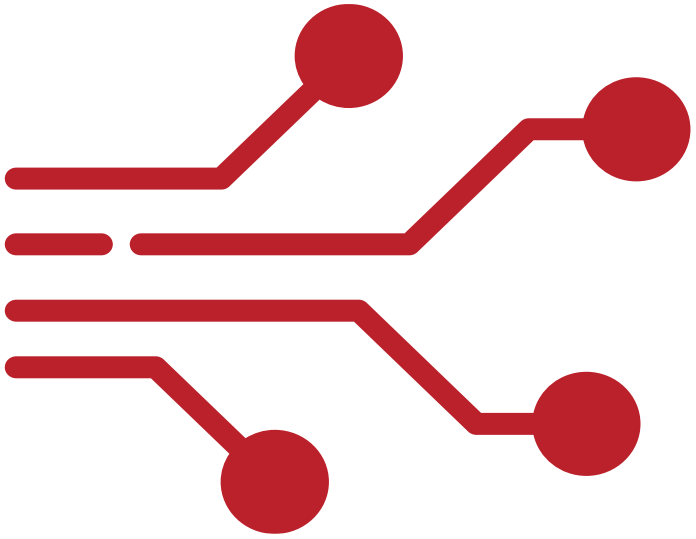
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Proste efekty wizualne i dynamiczne odświeżanie

- Cel użycia Timer
  - Tworzenie animacji, odliczeń, dynamicznych aktualizacji UI
  - Oddzielenie logiki czasowej od głównego wątku UI
- Kontrolka Timer
  - Właściwości: Interval (ms), Enabled
  - Zdarzenie Tick - wywoływane po upływie interwału
- Przykłady zastosowania
  - Animacja przesuwającego się prostokąta lub zmiana koloru tła
  - Aktualizacja wartości w Label, ProgressBar
  - Odliczanie czasu w grze lub formularzu

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład – dynamiczne odświeżanie

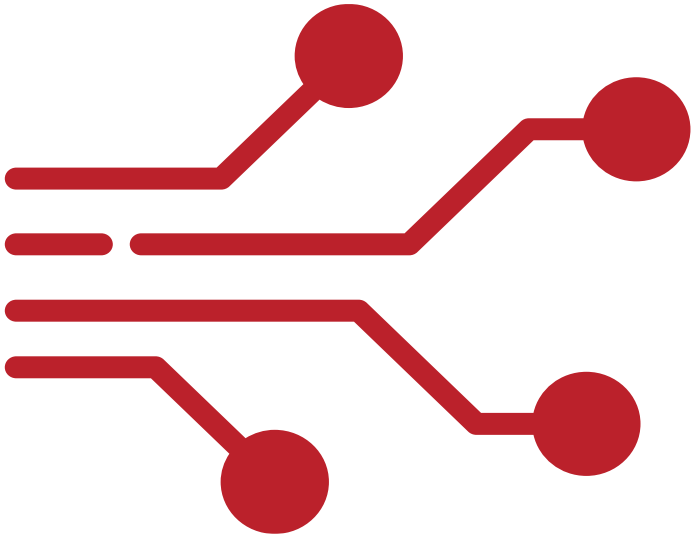
```
public partial class MainForm : Form
{
    private Timer timer;
    private int x = 0;
    private Panel panel;
    public MainForm()
    {
        InitializeComponent();
        panel = new Panel { Location = new Point(20, 20),
Size = new Size(300, 100), BorderStyle =
BorderStyle.FixedSingle };
        Controls.Add(panel);
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład – dynamiczne odświeżanie

```
        timer = new Timer { Interval = 50, Enabled = true };
        timer.Tick += Timer_Tick;
    }
    private void Timer_Tick(object sender, EventArgs e)
    {
        x += 5;
        if (x > panel.Width) x = 0;
        panel.Invalidate(); // wymusza ponowne rysowanie
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład – dynamiczne odświeżanie

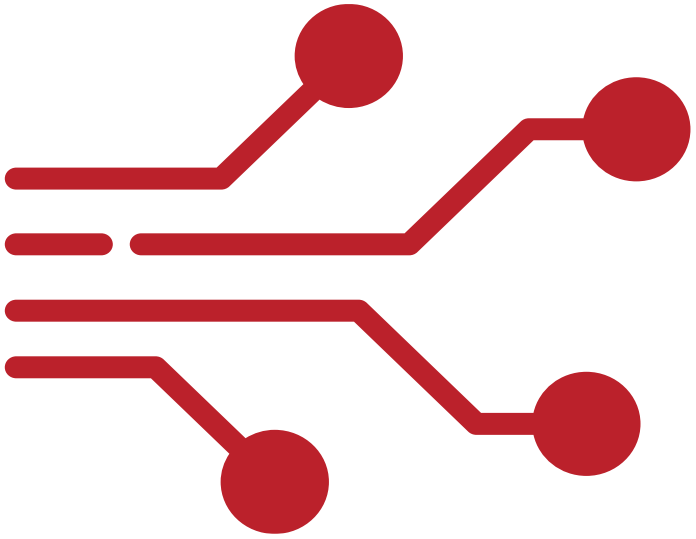
```
            panel.Paint += (s, pe) =>
            {
                pe.Graphics.Clear(panel.BackColor);
                pe.Graphics.FillRectangle(Brushes.Blue, x, 30,
50, 30);
            };
        }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład 2 – dynamiczne odświeżanie

```
ProgressBar progressBar = new ProgressBar
{
    Location = new Point(10, 10),
    Width = 200,
    Minimum = 0,
    Maximum = 100
};
this.Controls.Add(progressBar);
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

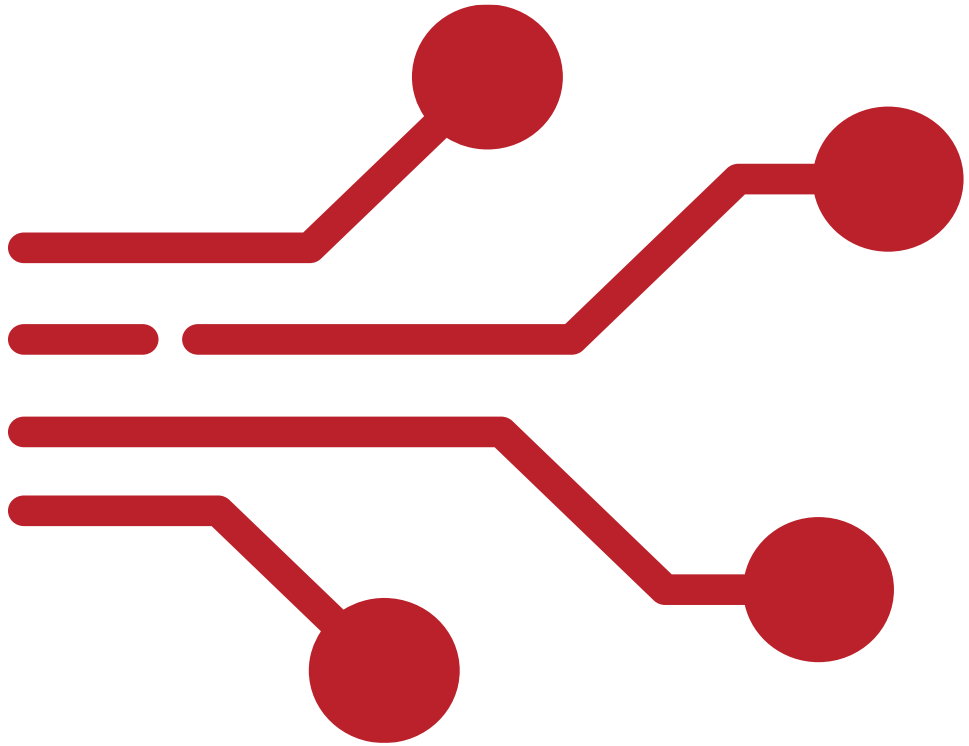
Przykład 2 – dynamiczne odświeżanie

```
Timer timer = new Timer { Interval = 50, Enabled = true };
timer.Tick += (s, e) =>
{
    progressBar.Value += 1;
    if (progressBar.Value >= progressBar.Maximum)
        progressBar.Value = 0;
};
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

WPF



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

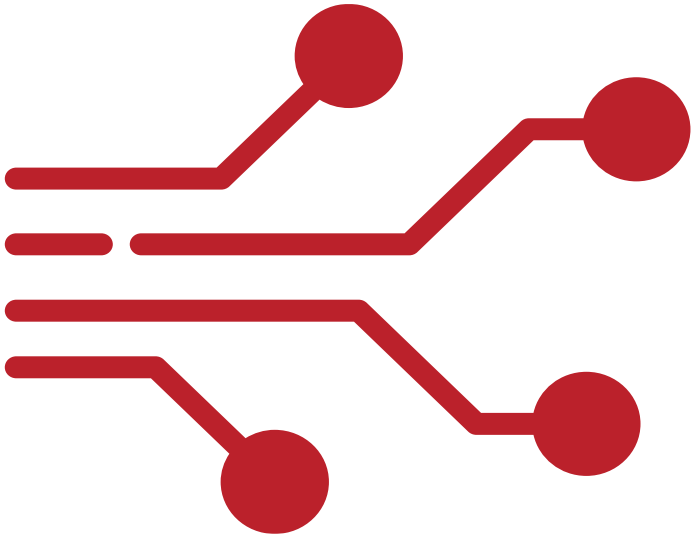
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Struktura aplikacji Windows Presentation Foundation

- Window - podstawowa jednostka UI w WPF
  - Odpowiada głównemu oknu aplikacji
  - Może zawierać layout, kontrolki i zasoby (Resources)
- UserControl - komponent wielokrotnego użytku
  - Można osadzać w Window, Page lub innym UserControl
  - Umożliwia modularne budowanie UI
- Page - strona w aplikacjach typu Navigation (NavigationWindow, Frame)
  - Przydatne w aplikacjach wielostronicowych
  - Pozwala na nawigację, historię i powrót do poprzednich stron
- Hierarchia i layout
  - Każde okno lub UserControl może zawierać kontenery layoutu: Grid, StackPanel, DockPanel, Canvas
  - Zasoby (Resources) i Style mogą być dziedziczone w hierarchii

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



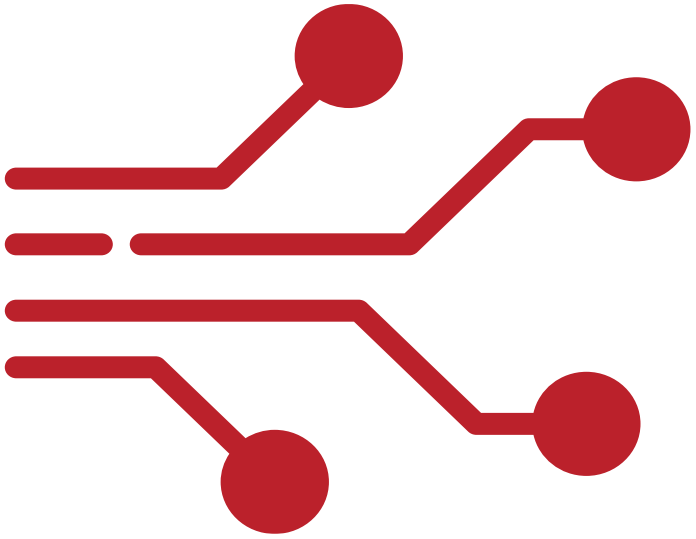
Przykład. Window z UserControl i Page

MainWindow.xaml:

```
<Window x:Class="WpfApp.MainWindow"

xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
        Title="Demo WPF" Height="300" Width="400">
    <Grid>
        <Frame Name="MainFrame"/>
    </Grid>
</Window>
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład. Window z UserControl i Page

Page1.xaml:

```
<Page x:Class="WpfApp.Page1"

xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
      Title="Page1">
    <StackPanel Margin="10">
        <TextBlock Text="Hello Page!" FontSize="16"/>
        <Button Content="Go to Page2" Click="Button_Click"/>
    </StackPanel>
</Page>
```

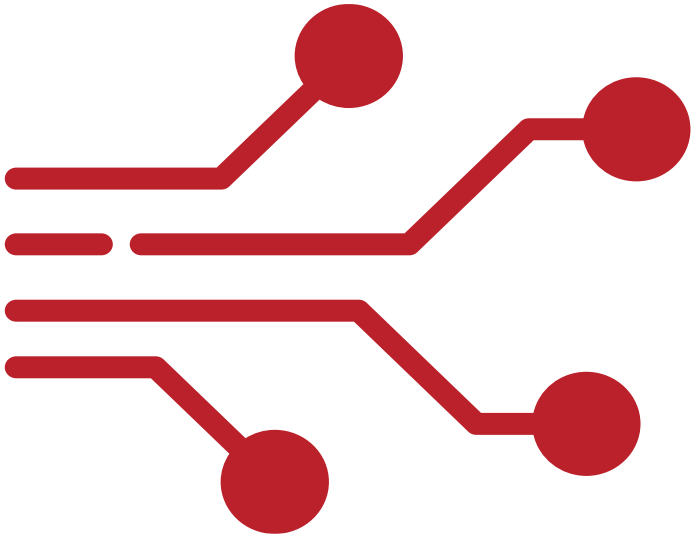

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Window z UserControl i Page

Page1.xaml.cs:

```
private void Button_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    MainFrame.Navigate(new Page2());
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Layout w WPF

- Grid - układ siatki wierszy i kolumn
  - Pozwala precyzyjnie ustawiać kontrolki w komórkach
  - Obsługuje proporcjonalne i automatyczne (Auto) wymiary wierszy i kolumn
- StackPanel - układ liniowy
  - Kontrolki układają się w pionie lub poziomie
  - Prosty sposób na tworzenie kolejnych elementów UI
- DockPanel - dokowanie elementów
  - Elementy przyklejają się do krawędzi kontenera (Top, Bottom, Left, Right)
  - Ostatni element może wypełniać pozostałą przestrzeń (LastChildFill)
- Canvas - absolutne pozycjonowanie
  - Pozwala ustawiać Canvas.Left, Canvas.Top dla każdej kontrolki
  - Idealny do rysowania, animacji i niestandardowych interakcji

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. XAML:

```
<Window x:Class="WpfApp.MainWindow"
xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
        Title="Layout Demo" Height="300" Width="400">
    <Grid>
        <Grid.RowDefinitions>
            <RowDefinition Height="Auto"/>
            <RowDefinition Height="*"/>
        </Grid.RowDefinitions>
        <StackPanel Orientation="Horizontal" Grid.Row="0" Margin="5">
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. XAML:

```
            <Button Content="Button 1" Margin="2"/>
            <Button Content="Button 2" Margin="2"/>
        </StackPanel>


        <Canvas Grid.Row="1" Background="LightGray">
            <Rectangle Width="50" Height="50" Fill="Blue"
Canvas.Left="20" Canvas.Top="20"/>
            <Ellipse Width="40" Height="40" Fill="Red"
Canvas.Left="100" Canvas.Top="50"/>
        </Canvas>
    </Grid>
</Window>
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

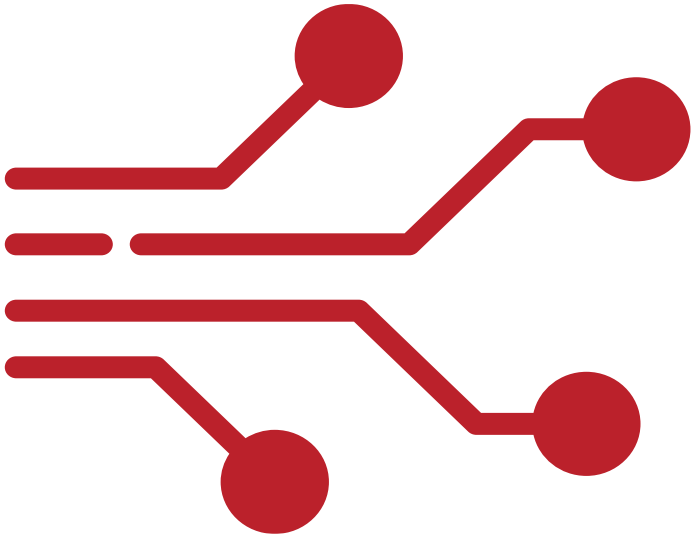
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Podstawy XAML - deklaratywny interfejs

- XAML (eXtensible Application Markup Language) - język deklaratywny do definiowania UI w WPF
  - Oddziela logikę aplikacji od warstwy prezentacji
  - Umożliwia wizualne projektowanie interfejsu w Visual Studio lub Blend
- Struktura XAML
  - Elementy jako znaczniki XML, np. <Button>, <TextBox>, <Grid>
  - Właściwości jako atrybuty lub tagi podrzędne
  - Zagnieżdżanie elementów - hierarchia kontrolek i layoutów
- Podstawowe mechanizmy
  - Powiązanie z logiką - Code-behind (.xaml.cs) lub MVVM (DataContext)
  - Zasoby (Resources) - style, kolory, szablony
  - Eventy - deklaratywnie lub w code-behind (Click="Button_Click")

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład. Prosty interfejs w XAML

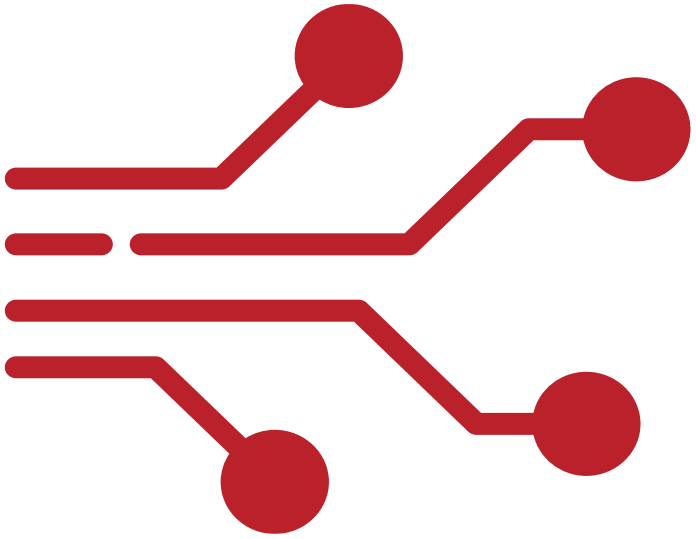
```
<Window x:Class="WpfApp.MainWindow"

xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
        Title="Demo XAML" Height="200" Width="300">
    <StackPanel Margin="10">
        <TextBlock Text="Enter your name:" FontWeight="Bold"/>
        <TextBox Name="txtName" Width="200"/>
        <Button Content="Say Hello" Click="Button_Click"/>
    </StackPanel>
</Window>
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Code-behind:

```
private void Button_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    MessageBox.Show($"Hello, {txtName.Text}!");
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Eventy i Routed Events

- Eventy w WPF to mechanizm powiadamiania o akcjach użytkownika lub zmianach stanu
  - Standardowe zdarzenia: Click, TextChanged, MouseEnter, MouseLeave
  - Obsługa w code-behind lub przez Command (ICommand) w MVVM
- Routed Events - zdarzenia przepływające w hierarchii wizualnej
  - Bubbling - zdarzenie przesuwa się od źródła (kontrolki) w górę drzewa wizualnego
  - Tunneling - zdarzenie przesuwa się od korzenia do źródła (prefiks Preview)
  - Pozwala centralnie obsłużyć zdarzenia wielu kontrolek
- Obsługa eventów
  - Deklaratywnie w XAML: Click="Button_Click„
  - Programistycznie w code-behind: button.Click += Button_Click;
  - W MVVM użycie ICommand eliminuje bezpośrednie odwołania do code-behind

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Bubbling Event w WPF

XAML:

```
<StackPanel PreviewMouseDown="StackPanel_PreviewMouseDown">
    <Button Content="Click me" Click="Button_Click"/>
</StackPanel>
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Bubbling Event w WPF

XAML:

```
private void StackPanel_PreviewMouseDown(object sender,
MouseButtonEventArgs e)
{
    MessageBox.Show("StackPanel PreviewMouseDown (tunneling)
detected");
}


private void Button_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    MessageBox.Show("Button Click (bubbling) detected");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

MVVM dla WPF

- MVVM (Model-View-ViewModel)
  - Model - dane i logika biznesowa
  - View - deklaratywny interfejs użytkownika (XAML)
  - ViewModel - pośrednik między Modelem a View, implementuje logikę prezentacji
- Zalety MVVM
  - Oddzielenie UI od logiki – łatwe testowanie i utrzymanie
  - Wsparcie dla DataBinding - automatyczna synchronizacja danych
  - Możliwość użycia Command (ICommand) zamiast obsługi zdarzeń w code-behind
  - Skalowalność - łatwe dodawanie nowych widoków i modeli

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

MVVM dla WPF

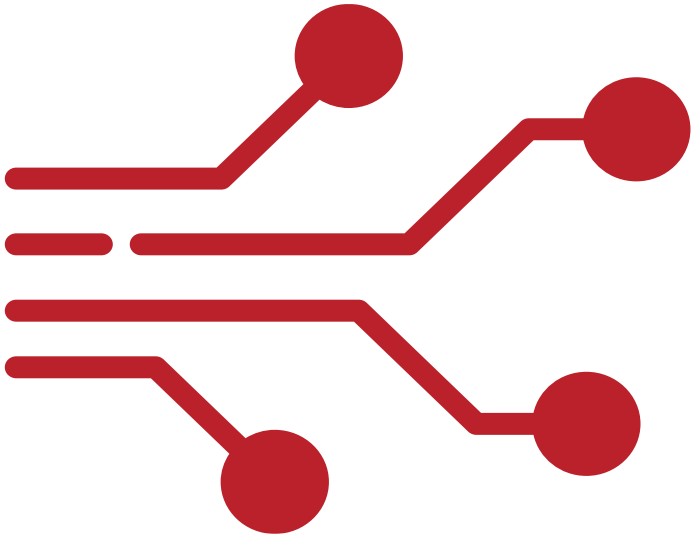
- Podstawowe elementy
  - INotifyPropertyChanged - powiadamianie UI o zmianach właściwości w ViewModel
  - ObservableCollection<T> - dynamiczna kolekcja powiązana z kontrolkami (np. ListBox, DataGrid)
  - Commands – np. RelayCommand do powiązania przycisków z akcjami w ViewModel

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład MVVM

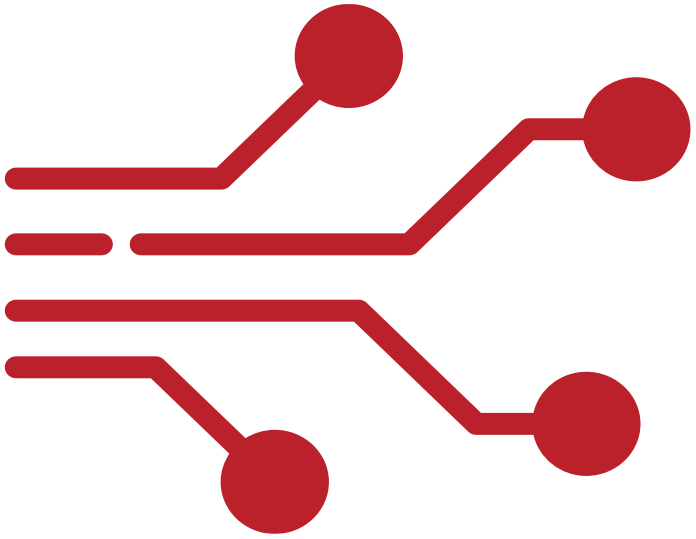
Model:



```
public class Product
{
    public string Name { get; set; }
    public decimal Price { get; set; }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład MVVM

ViewModel:

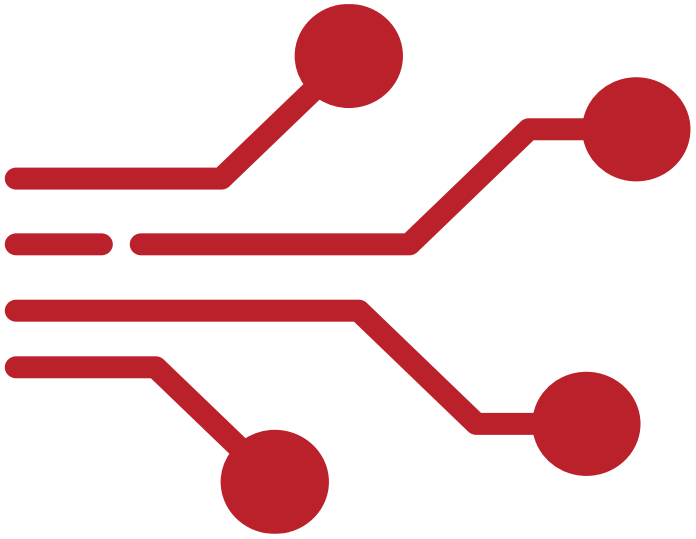
```
public class ProductViewModel : INotifyPropertyChanged
{
    public ObservableCollection<Product> Products { get; set; }
    public ICommand AddProductCommand { get; set; }
    public ProductViewModel()
    {
        Products = new ObservableCollection<Product>();
        AddProductCommand = new RelayCommand(AddProduct);
    }
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład MVVM

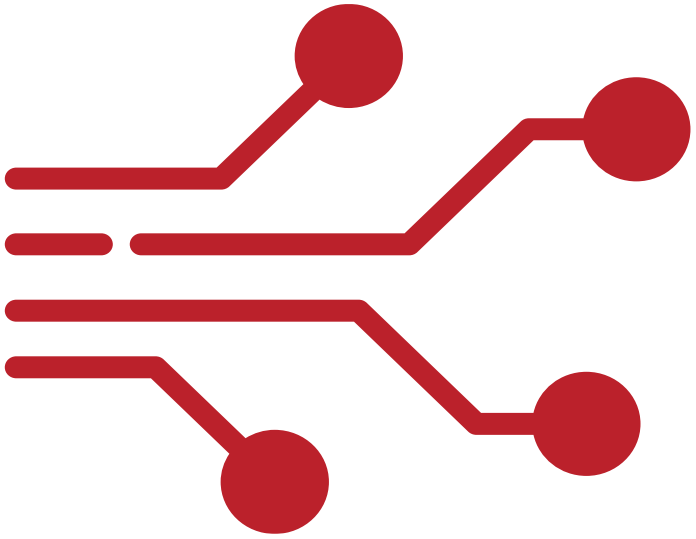
ViewModel:



```
    private void AddProduct(object parameter)
    {
        Products.Add(new Product { Name = "New Product",
Price = 10 });
    }

    public event PropertyChangedEventHandler
PropertyChanged;
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład MVVM

View (XAML):

```
<StackPanel>
    <ListBox ItemsSource="{Binding Products}">
        <ListBox.ItemTemplate>
            <DataTemplate>
                <TextBlock Text="{Binding Name}" />
            </DataTemplate>
        </ListBox.ItemTemplate>
    </ListBox>
    <Button Content="Add Product" Command="{Binding
AddProductCommand}"/>
</StackPanel>
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Binding do właściwości i INotifyPropertyChanged

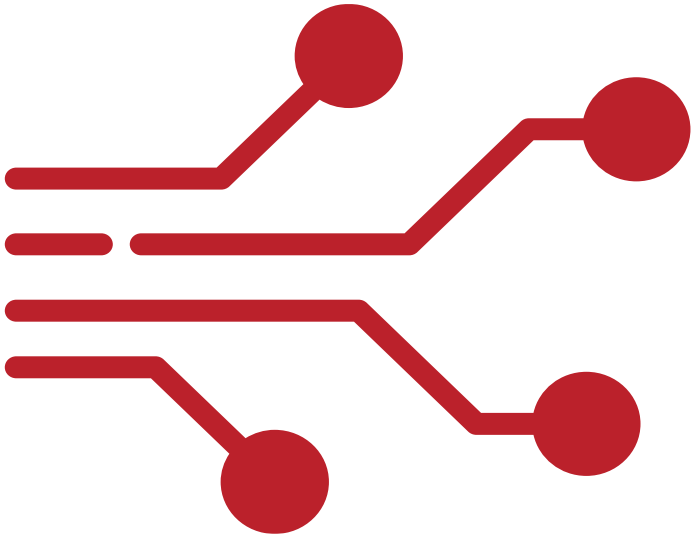
- Binding - mechanizm powiązania właściwości kontrolki w UI z właściwością w ViewModel lub Modelu
  - Automatyczna synchronizacja wartości
  - Typy bindingu: jednokierunkowy (OneWay), dwukierunkowy (TwoWay), jednokierunkowy do źródła (OneWayToSource)
- INotifyPropertyChanged
  - Interfejs, który powiadamia UI o zmianach właściwości
  - Implementacja PropertyChanged i wywołanie OnPropertyChanged("PropertyName")
- Zalety
  - UI automatycznie aktualizuje się przy zmianie danych
  - Brak potrzeby ręcznej aktualizacji kontrolek
  - Podstawa wzorca MVVM

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. ViewModel:

```
public class PersonViewModel : INotifyPropertyChanged
{
    private string _name;
    public string Name
    {
        get => _name;
        set
        {
            if (_name != value)
            {
                _name = value;
                OnPropertyChanged(nameof(Name));
            }}}
```

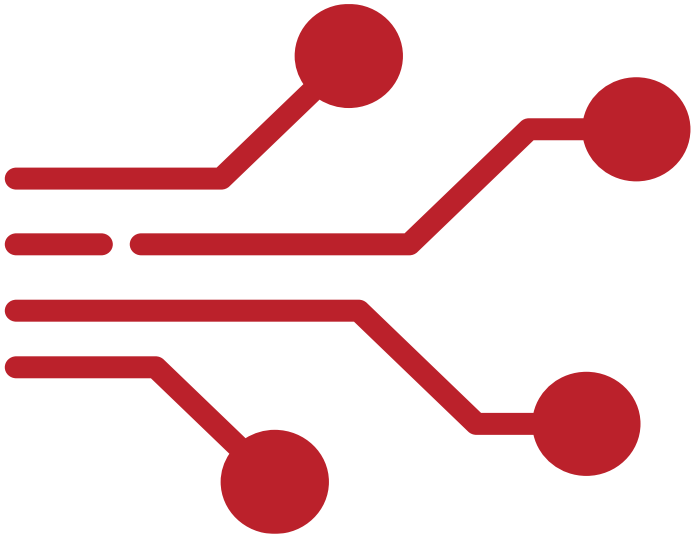


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. ViewModel:

```
    public event PropertyChangedEventHandler PropertyChanged;
    protected void OnPropertyChanged(string propertyName)
    {
        PropertyChanged?.Invoke(this, new
PropertyChangedEventArgs(propertyName));
    }
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. View (XAML):

```
<StackPanel>
    <TextBox Text="{Binding Name, Mode=TwoWay}" Width="200"/>
    <TextBlock Text="{Binding Name}" FontWeight="Bold"/>
</StackPanel>
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Binding do kolekcji - ObservableCollection<T>

- ObservableCollection<T> - kolekcja, która powiadamia UI o zmianach (dodanie, usunięcie elementu)
  - Dobra do powiązania z ListBox, ListView, DataGrid
  - Automatyczna aktualizacja widoku przy zmianach danych
- Różnica między List<T> a ObservableCollection<T>
  - List<T> nie powiadamia UI o zmianach - trzeba ręcznie odświeżać widok
  - ObservableCollection<T> automatycznie odświeża kontrolki powiązane z kolekcją
- Tryb bindingu
  - ItemsSource="{Binding Kolekcja}" - UI obserwuje zmiany w kolekcji
  - Dwukierunkowe aktualizacje elementów przy użyciu INotifyPropertyChanged

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

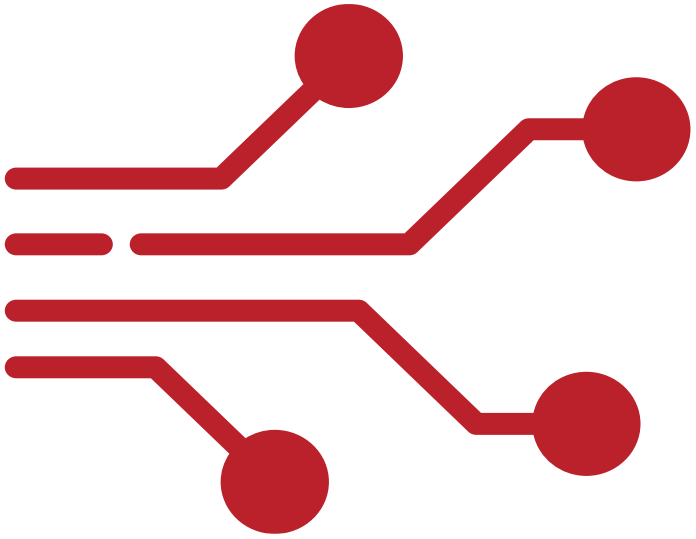
Przykład. ViewModel:

```
public class ProductViewModel
{
    public ObservableCollection<string> Products {get;set;}
    public ProductViewModel()
    {
        Products = new ObservableCollection<string>
        {
            "Laptop",
            "Monitor",
            "Klawiatura"
        };}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. ViewModel:



```
    public void AddProduct(string name)
    {
        Products.Add(name);
    }

    public void RemoveProduct(string name)
    {
        Products.Remove(name);
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. View (XAML):

```
<StackPanel>
    <ListBox ItemsSource="{Binding Products}" Height="100"/>
    <Button Content="Add Product" Click="AddProduct_Click"/>
</StackPanel>
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Code-behind:

```
private void AddProduct_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    (DataContext as ProductViewModel)?.AddProduct("Mysz");
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Powiązanie widoku z ViewModel - DataContext

- DataContext to właściwość kontenera lub kontrolki, która określa źródło danych dla bindingów
  - Wszystkie powiązania (Binding) wewnątrz kontrolki/domkniętego kontenera używają DataContext jako źródła danych
- Przypisanie DataContext
  - W code-behind: this.DataContext = new MyViewModel();
  - W XAML (np. za pomocą StaticResource lub design-time)
- Hierarchia DataContext
  - Kontener nadrzędny dziedziczy DataContext dla wszystkich dzieci
  - Pozwala na centralne zarządzanie powiązaniami
- Zalety
  - Oddziela logikę od widoku
  - Ułatwia użycie MVVM i Command
  - Zmiany w ViewModel automatycznie aktualizują UI

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Ustawienie DataContext

MainWindow.xaml.cs:

```
public partial class MainWindow : Window
{
    public MainWindow()
    {
        InitializeComponent();
        this.DataContext = new ProductViewModel(); //
przypisanie ViewModel do DataContext
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Ustawienie DataContext

View (XAML):

```
<StackPanel>
    <ListBox ItemsSource="{Binding Products}" Height="100"/>
    <Button Content="Add Product" Command="{Binding
AddProductCommand}"/>
</StackPanel>
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Konwertery wartości (IValueConverter)

- Cel konwertorów - transformacja danych między ViewModel a widokiem, np. zmiana formatu daty, wartości bool na widoczność (Visibility), koloru w zależności od stanu
- Implementacja IValueConverter
  - Metoda Convert() - transformacja danych z ViewModel do View
  - Metoda ConvertBack() - transformacja danych z View do ViewModel (jeśli binding dwukierunkowy)
- Zastosowanie w XAML
  - Definicja jako zasób (Resource)
  - Przypisanie do bindingu: Converter={StaticResource MyConverter}
- Zalety
  - Umożliwia separację logiki transformacji danych od kodu UI
  - Ułatwia ponowne użycie w wielu miejscach w aplikacji
  - Kluczowy element MVVM

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Konwerter

```
public class BoolToVisibilityConverter : IValueConverter
{
    public object Convert(object value, Type targetType,
object parameter, CultureInfo culture)
    {
        if (value is bool b && b)
            return Visibility.Visible;
        return Visibility.Collapsed;
    }
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Konwerter

```
    public object ConvertBack(object value, Type targetType,
object parameter, CultureInfo culture)
    {
        if (value is Visibility v)
            return v == Visibility.Visible;
        return false;
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. XAML

```
<Window.Resources>
    <local:BoolToVisibilityConverter
x:Key="BoolToVisibilityConverter"/>
</Window.Resources>

<TextBlock Text="Hello!" Visibility="{Binding IsVisible,
Converter={StaticResource BoolToVisibilityConverter}}"/>
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Style dla kontrolek

- Cel stosowania - jednolite formatowanie i zachowanie kontrolek
  - Pozwala zmieniać wygląd wielu kontrolek naraz
  - Oddziela logikę UI od prezentacji
- Podstawowa definicja stylu
  - Tworzone w zasobach (Resources)
  - Przypisanie do kontrolki przez Style="{StaticResource MyStyle}”
  - Możliwość ustawiania właściwości, np. koloru tła, czcionki, marginesu
- Typy styli
  - Globalne - w App.xaml dostępne w całej aplikacji
  - Lokalne - w zasobach konkretnego okna lub UserControl

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Styl dla przycisków

App.xaml:

```
<Application.Resources>
    <Style TargetType="Button" x:Key="PrimaryButton">
        <Setter Property="Background" Value="LightBlue"/>
        <Setter Property="Foreground" Value="White"/>
        <Setter Property="FontWeight" Value="Bold"/>
        <Setter Property="Margin" Value="5"/>
    </Style>
</Application.Resources>
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Styl dla przycisków

Window.xaml:

```
<StackPanel>
    <Button Content="Save" Style="{StaticResource PrimaryButton}"/>
    <Button Content="Cancel" Style="{StaticResource PrimaryButton}"/>
</StackPanel>
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

ControlTemplate - kontrola nad wyglądem kontrolki w WPF

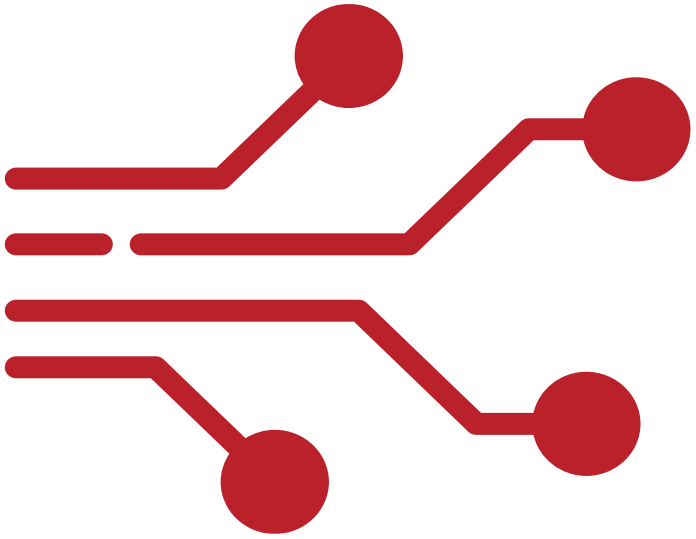
- ControlTemplate - pozwala całkowicie zmienić wizualną reprezentację kontrolki
  - Oddziela wygląd od logiki kontrolki
  - Można zastąpić wszystkie elementy wizualne, zachowując funkcjonalność (np. Click dla Button)
- Podstawowe zastosowania
  - Tworzenie niestandardowych przycisków, checkboxów, comboboxów
  - Własne efekty wizualne: gradienty, zaokrąglenia, cienie
  - Animacje w ControlTemplate – zmiana wyglądu przy zdarzeniach (MouseOver, Pressed)
- Deklaracja w XAML
  - Definiowany jako zasób: <ControlTemplate TargetType="Button">...</ControlTemplate>
  - Przypisanie do kontrolki: Template="{StaticResource MyButtonTemplate}"

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Styl dla przycisków

XAML:



```
<Window.Resources>
    <ControlTemplate x:Key="FancyButtonTemplate"
TargetType="Button">
        <Border Background="LightGreen" CornerRadius="10"
BorderBrush="DarkGreen" BorderThickness="2">
            <ContentPresenter HorizontalAlignment="Center"
VerticalAlignment="Center"/>
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Styl dla przycisków

XAML:

```
        </Border>
        <ControlTemplate.Triggers>
            <Trigger Property="IsMouseOver" Value="True">
                <Setter Property="Background"
TargetName="Border" Value="Green"/>
            </Trigger>
        </ControlTemplate.Triggers>
    </ControlTemplate>
</Window.Resources>
<Button Content="Click Me" Template="{StaticResource
FancyButtonTemplate}" Width="120" Height="40"/>
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Renderowanie danych w ListBox i ComboBox

- DataTemplate pozwala określić, jak elementy kolekcji są wyświetlane w kontrolkach ItemsControl, np. ListBox, ComboBox, ListView
  - Deklaratywny sposób definiowania wyglądu danych
  - Oddziela prezentację od danych
- Podstawowe zastosowania
  - Wyświetlanie obiektów z kolekcji w formie niestandardowego layoutu
  - Formatowanie właściwości obiektu, np. nazwy, cena, obrazek
  - Obsługa złożonych danych w UI bez zmiany modelu
- Deklaracja w XAML
  - <DataTemplate> definiowany w zasobach lub bezpośrednio w kontrolce
  - Powiązanie z właściwością kolekcji przez ItemsSource

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. ViewModel:

```
public class Product
{
    public string Name { get; set; }
    public decimal Price { get; set; }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. ViewModel:

```
public class ProductViewModel
{
    public ObservableCollection<Product> Products { get; set; }
    public ProductViewModel()
    {
        Products = new ObservableCollection<Product>
        {
            new Product { Name = "Laptop", Price = 3500 },
            new Product { Name = "Monitor", Price = 800 }
        };
    }}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. XAML:

```
<ListBox ItemsSource="{Binding Products}" Height="100">
    <ListBox.ItemTemplate>
        <DataTemplate>
            <StackPanel Orientation="Horizontal">
                <TextBlock Text="{Binding Name}"
Width="100"/>
                <TextBlock Text="{Binding Price,
StringFormat=C}" Width="60"/>
            </StackPanel>
        </DataTemplate>
    </ListBox.ItemTemplate>
</ListBox>
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

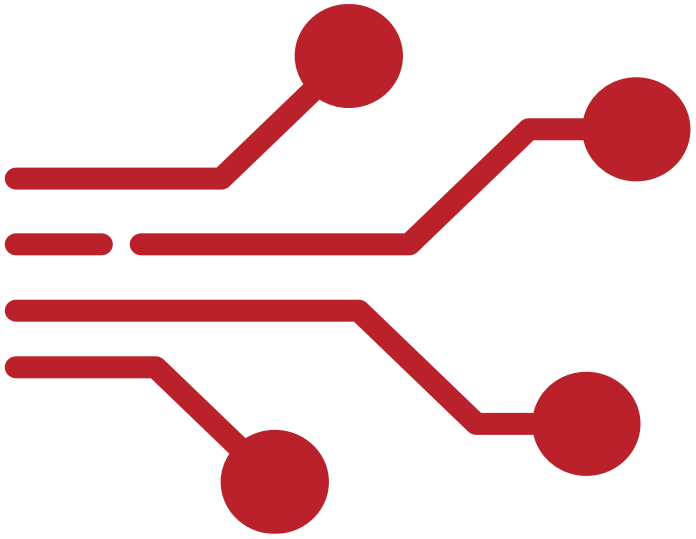
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Triggery i wizualne reakcje na zdarzenia w WPF

- Cel Triggerów to reagowanie na zmiany właściwości lub zdarzenia w UI
  - Dynamiczna zmiana wyglądu kontrolek bez kodu w code-behind
  - Możliwość tworzenia efektów hover, focus, selected itp.
- Typy Triggerów
  - Property Trigger reaguje na zmianę właściwości (np. IsMouseOver, IsEnabled)
  - Event Trigger reaguje na zdarzenie (np. Loaded, Click)
  - Data Trigger reaguje na zmianę wartości powiązanej z danymi (Binding)
- Deklaracja w XAML
  - W Style.Triggers lub ControlTemplate.Triggers
  - Definiuje właściwości, które mają się zmieniać, np. kolor tła, rozmiar, opacity

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Przykład. Trigger

```
<Window.Resources>
    <Style TargetType="Button">
        <Setter Property="Background" Value="LightGray"/>
        <Style.Triggers>
            <Trigger Property="IsMouseOver" Value="True">
                <Setter Property="Background"
Value="LightBlue"/>
            </Trigger>
            <Trigger Property="IsPressed" Value="True">
                <Setter Property="Background"
Value="DarkBlue"/>
                <Setter Property="Foreground" Value="White"/>
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Trigger

```
                </Trigger>
            </Style.Triggers>
        </Style>
</Window.Resources>


<StackPanel Margin="10">
    <Button Content="Hover & Click Me" Width="150"
Height="40"/>
</StackPanel>
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Dynamiczne zasoby i motywy

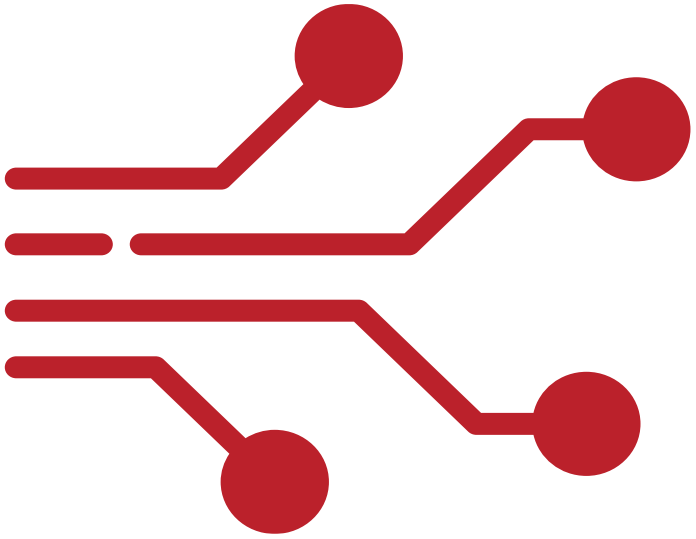
- Cel użycia zasobów dynamicznych to możliwość zmiany wyglądu aplikacji w czasie działania
  - Dynamiczna zmiana kolorów, czcionek, stylów bez restartu aplikacji
  - Obsługa różnych motywów i schematów kolorystycznych
- Rodzaje zasobów
  - StaticResource - wartość przypisywana raz w czasie ładowania UI
  - DynamicResource - wartość odświeżana w czasie działania aplikacji
- Przykłady zastosowania
  - Zmiana motywu aplikacji na ciemny/jasny
  - Dynamiczna zmiana kolorów kontrolek w zależności od kontekstu
  - Ponowne wykorzystanie stylów i szablonów w wielu oknach

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. App.xaml:

```
<Application.Resources>
    <SolidColorBrush x:Key="PrimaryBackground"
Color="LightGray"/>
</Application.Resources>
```

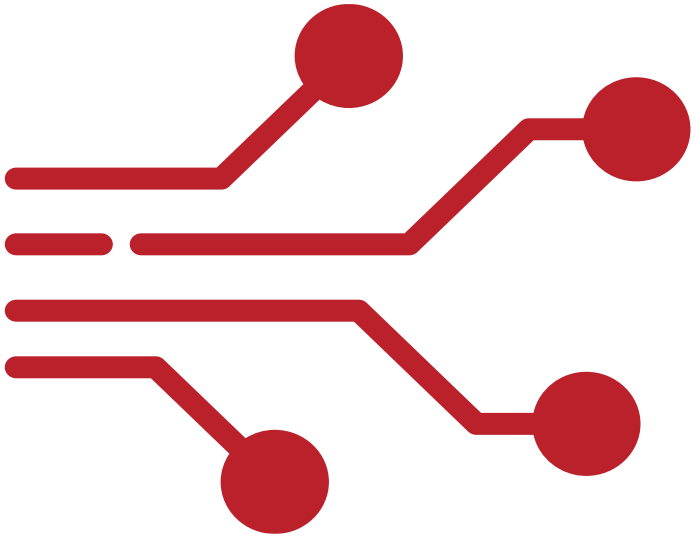


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Window.xaml:

```
<Grid Background="{DynamicResource PrimaryBackground}">
    <Button Content="Change Theme" Click="Button_Click"
Width="120" Height="40"/>
</Grid>
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Code-behind:

```
private void Button_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    this.Resources["PrimaryBackground"] = new
SolidColorBrush(Colors.LightBlue);
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Animacje i Storyboard

- Storyboard - kontener animacji pozwalający definiować sekwencje animacji dla właściwości kontrolek
  - Może zawierać wiele animacji równocześnie
  - Obsługuje różne typy animacji: kolorów, rozmiaru, pozycji, przezroczystości
- Typowe animacje
  - DoubleAnimation - zmiana wartości numerycznych (Width, Height, Opacity)
  - ColorAnimation - zmiana koloru tła lub obiektu
  - ThicknessAnimation - animacja marginesów lub paddingu
- Deklaracja w XAML
  - Tworzenie Storyboard w Window.Resources lub w Triggers
  - Powiązanie z elementem docelowym poprzez TargetName i TargetProperty

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. XAML:

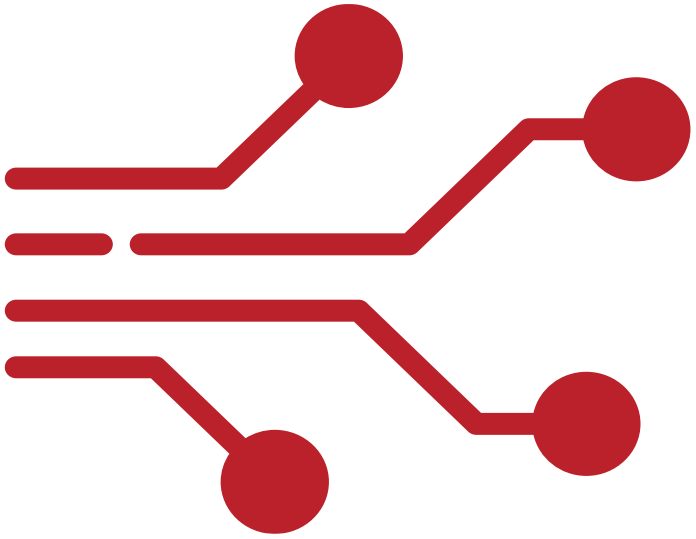
```
<Window.Resources>
   <Storyboard x:Key="ButtonAnimation">
      <DoubleAnimation Storyboard.TargetName="btnAnimate"
                       Storyboard.TargetProperty="Width"
                       From="100" To="200" Duration="0:0:1" AutoReverse="True"/>
      <ColorAnimation Storyboard.TargetName="btnAnimate"
                      Storyboard.TargetProperty="(Button.Background).(SolidColorBrush.Color)"
                      From="LightGray" To="LightGreen" Duration="0:0:1" AutoReverse="True"/>
   </Storyboard>
</Window.Resources>
<StackPanel Margin="20">
   <Button x:Name="btnAnimate" Content="Animate Me" Width="100" Height="40"
Click="BtnAnimate_Click"/>
</StackPanel>
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Code-behind:

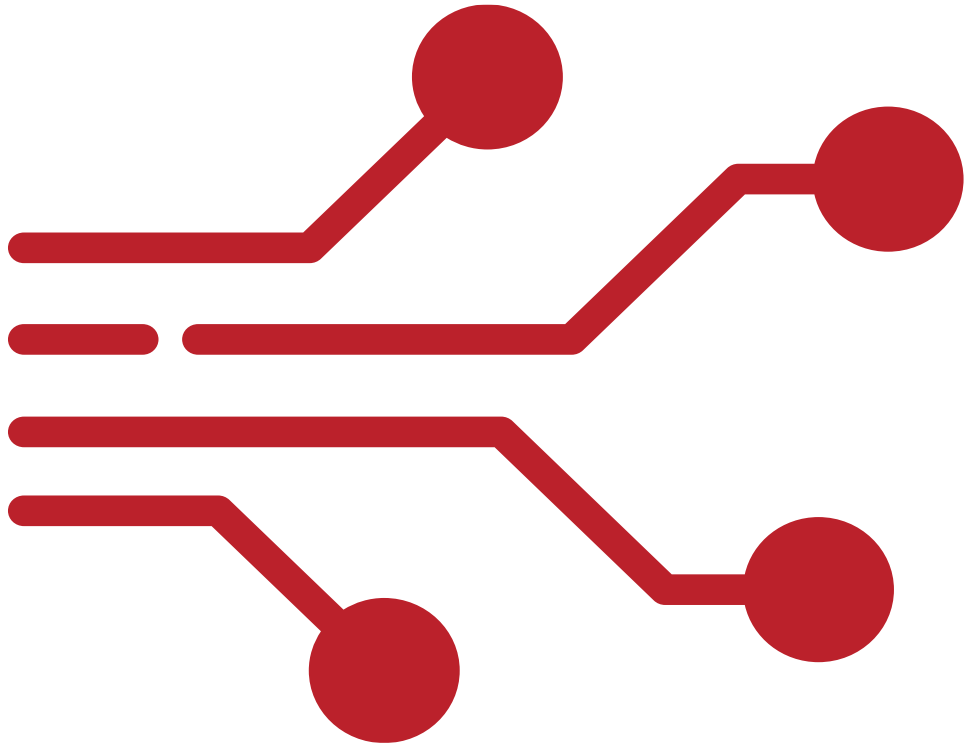
```
private void BtnAnimate_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    Storyboard sb = (Storyboard)this.Resources["ButtonAnimation"];
    sb.Begin();
}
```



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Canvas

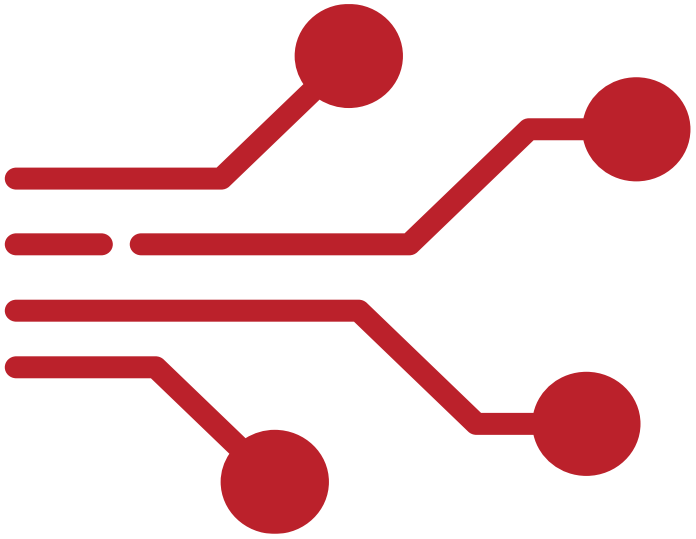


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Czym jest Canvas i kiedy go używamy?

- Obszar do rysowania grafiki w aplikacji
- Podejście „rysuj piksele”, a nie „układaj kontrolki”
- Używany do:
  - wizualizacji danych (wykresy, heatmapy)
  - aplikacji graficznych (CAD, edytory)
  - gier i symulacji
  - custom UI (np. diagramy, mapy)



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Model rysowania (Graphics/Paint)

- Rysowanie odbywa się w zdarzeniu: Paint (WinForms/ WPF analogicznie)
- Główny obiekt: Graphics
- Przykładowe operacje:
  - rysowanie linii: DrawLine
  - rysowanie prostokątów: DrawRectangle
  - tekst: DrawString
  - Każde odświeżenie = ponowne rysowanie

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Podstawowy przykład (WinForms)

```
private void panel1_Paint(object sender, PaintEventArgs e)
{
    Graphics g = e.Graphics;
    Pen pen = new Pen(Color.Blue, 2);
    g.DrawLine(pen, 10, 10, 200, 100);
    Brush brush = new SolidBrush(Color.Red);
    g.FillEllipse(brush, 50, 50, 100, 100);
}
```

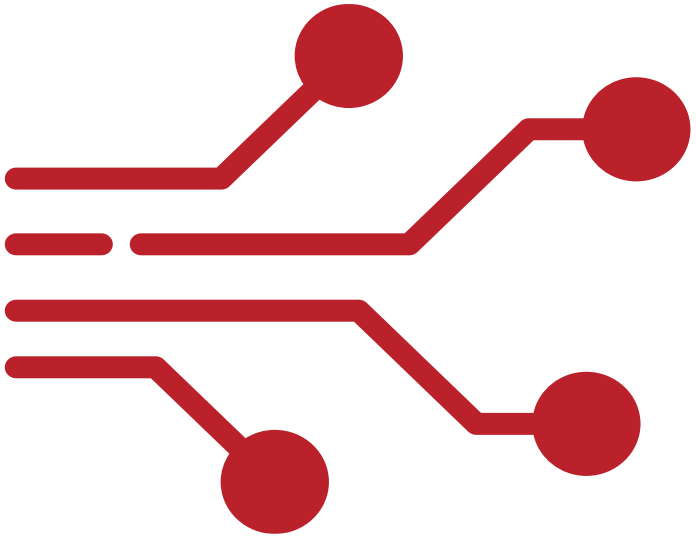
- Graphics - kontekst rysowania
- Pen – kontur
- Brush – wypełnienie
- Współrzędne w pikselach (x, y)

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Interakcja użytkownika (rysowanie myszą)

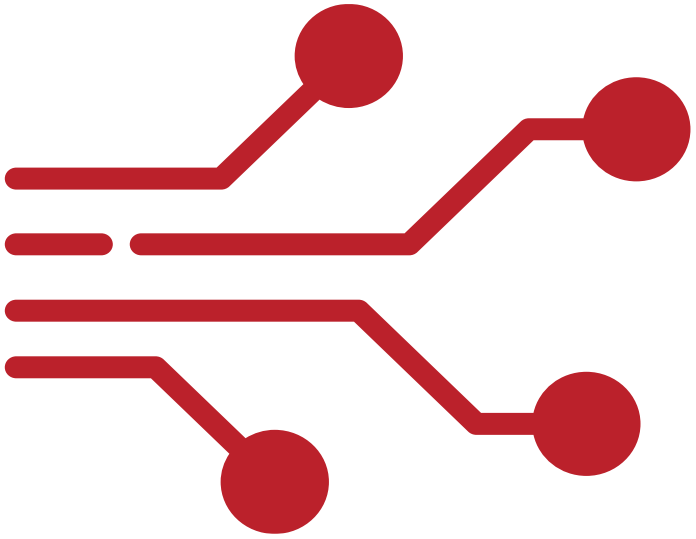
- Obsługa zdarzeń:
  - MouseDown
  - MouseMove
  - MouseUp
- Zapamiętywanie punktów:
  - lista punktów/figur
  - Wywołanie Invalidate() - odświeżenie



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład. Podstawy koncepcji rysowania



```
private void panel1_MouseMove(object sender, MouseEventArgs e)
{
    if (rysuje)
    {
        punkty.Add(e.Location);
        panel1.Invalidate();
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Canvas w WinForms z PictureBox i odświeżaniem

- Implementacja na PictureBox
  - PictureBox pełni rolę powierzchni rysunkowej
  - Rysowanie odbywa się w zdarzeniu Paint lub na obiekcie Graphics
  - Odświeżanie poprzez Invalidate() wymusza ponowne wywołanie Paint
- Obsługa zdarzeń myszy
  - MouseDown, MouseMove, MouseUp - pozwalają na rysowanie, przeciąganie lub zaznaczanie elementów
  - Przekazanie pozycji myszy i dynamiczne aktualizowanie elementów

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład - rysowanie prostokątów w PictureBox

```
PictureBox canvas = new PictureBox
{
    Location = new Point(10, 10),
    Size = new Size(300, 200),
    BorderStyle = BorderStyle.FixedSingle
};
this.Controls.Add(canvas);

List<Rectangle> rectangles = new List<Rectangle>();
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład - rysowanie prostokątów w PictureBox

```
canvas.MouseClick += (s, e) =>
{
    rectangles.Add(new Rectangle(e.X, e.Y, 50, 30));
    canvas.Invalidate(); // odświeża PictureBox, wywołuje Paint
};
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Przykład - rysowanie prostokątów w PictureBox

```
canvas.Paint += (s, e) =>
{
    e.Graphics.Clear(canvas.BackColor);
    foreach (var rect in rectangles)
    {
        e.Graphics.FillRectangle(Brushes.Blue, rect);
        e.Graphics.DrawRectangle(Pens.Black, rect);
    }
};
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Model sceny (obiekty do rysowania)

```
abstract class Shape
{
    public abstract void Draw(Graphics g);
}

class Node : Shape
{
    public Point Position;
    public string Text;
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Model sceny (obiekty do rysowania)

```
    public override void Draw(Graphics g)
    {
        var rect = new Rectangle(Position.X, Position.Y,
100, 50);
        g.FillRectangle(Brushes.LightBlue, rect);
        g.DrawRectangle(Pens.Black, rect);
        g.DrawString(Text, SystemFonts.DefaultFont,
Brushes.Black, Position.X + 5, Position.Y + 15);
    }
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Model sceny (obiekty do rysowania)

```
class Connection : Shape
{
    public Node From;
    public Node To;

    public override void Draw(Graphics g)
    {
        g.DrawLine(Pens.Black,
            From.Position.X + 50, From.Position.Y + 25,
            To.Position.X + 50, To.Position.Y + 25);
    }}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

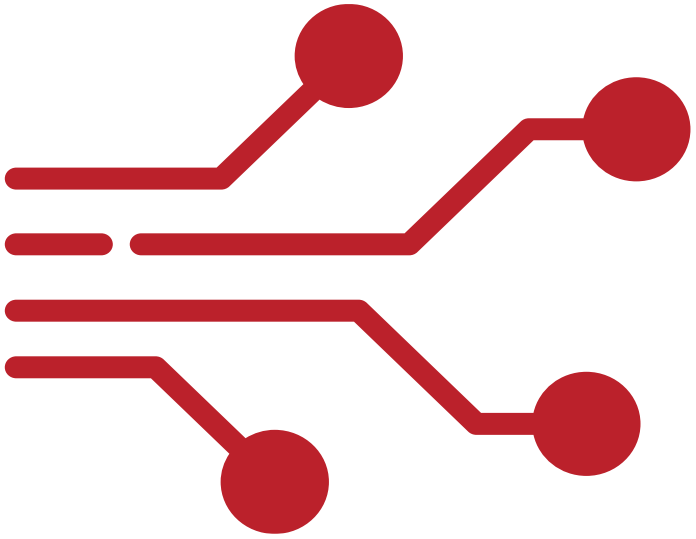
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Renderowanie do Bitmap + PictureBox

```
private Bitmap _buffer;
private List<Shape> _shapes = new();
private void Init()
{
    _buffer = new Bitmap(pictureBox1.Width,
pictureBox1.Height);
    pictureBox1.Image = _buffer;
}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską



Renderowanie do Bitmap + PictureBox

```
private void Render()
{
    using (Graphics g = Graphics.FromImage(_buffer))
    {
        g.Clear(Color.White);
        foreach (var shape in _shapes)
        {
            shape.Draw(g);
        }
    }
    pictureBox1.Invalidate();}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Interakcja: przeciąganie elementów

```
private Node _selected;

private bool _dragging;

private void pictureBox1_MouseDown(object sender,
MouseEventArgs e)

{

    _selected = _shapes.OfType<Node>()

        .FirstOrDefault(n => new Rectangle(n.Position, new
Size(100, 50)).Contains(e.Location));

    _dragging = _selected != null;

}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Interakcja: przeciąganie elementów

```
private void pictureBox1_MouseMove(object sender,
MouseEventArgs e)
{
    if (_dragging && _selected != null)
    {
        _selected.Position = new Point(e.X - 50, e.Y - 25);
        Render();
    }
}
private void pictureBox1_MouseUp(object sender,
MouseEventArgs e)
{_dragging = false;}
```


Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

Dziękuję za uwagę

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach:
FUNDUSZE EUROPEJSKIE DLA ROZWOJU SPOŁECZNEGO 2021-2027 (FERS)
"POLLUB z nami nowoczesne technologie" FERS.01.05-IP.08-0319/23-00

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską