



# Systemy wbudowane

## Wykład 3: struktura systemu sterowania

dr inż. Przemysław Zakrzewski

Instytut Informatyki

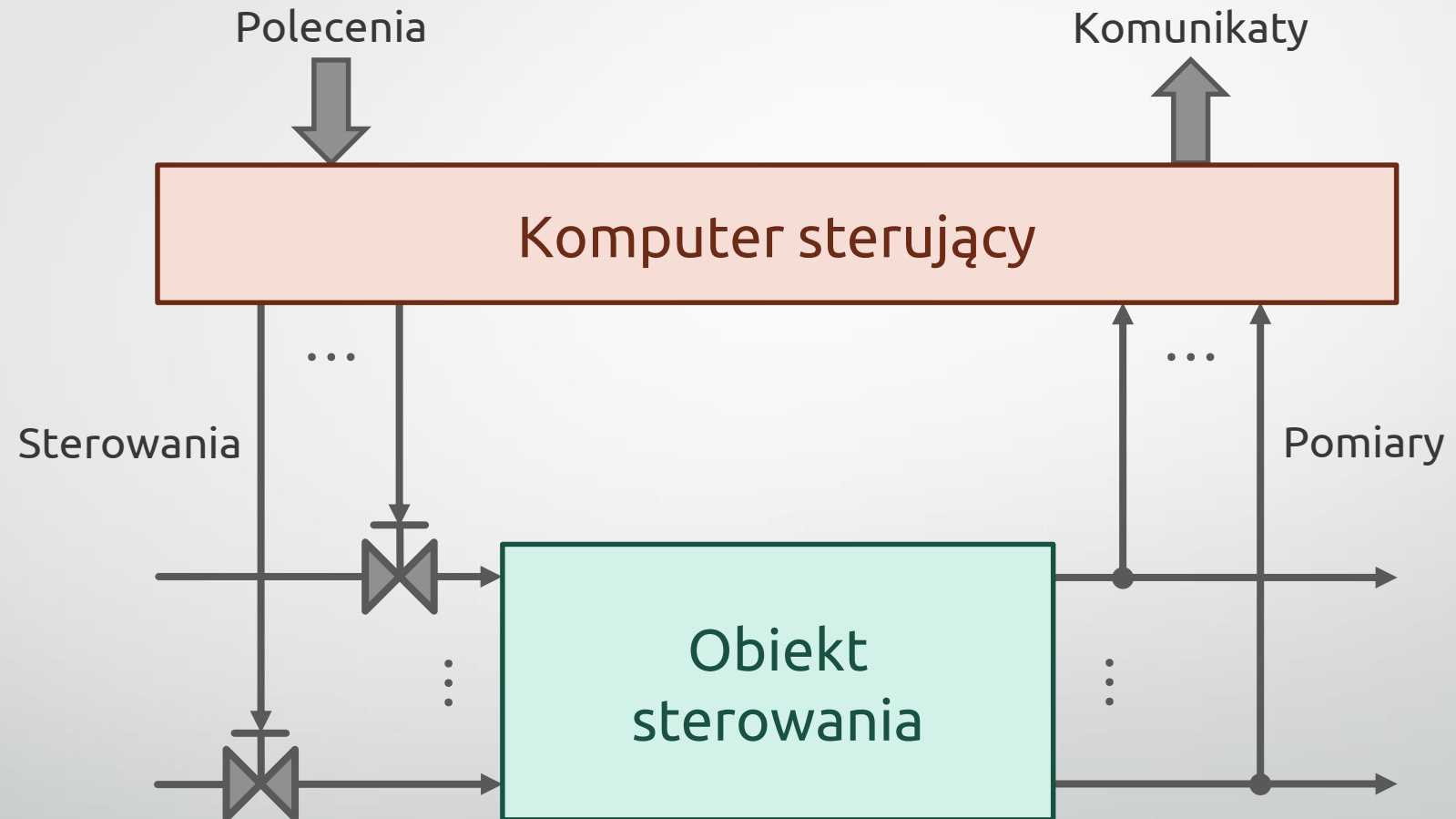
Politechnika Poznańska

[przemyslaw.zakrzewski@cs.put.poznan.pl](mailto:przemyslaw.zakrzewski@cs.put.poznan.pl)

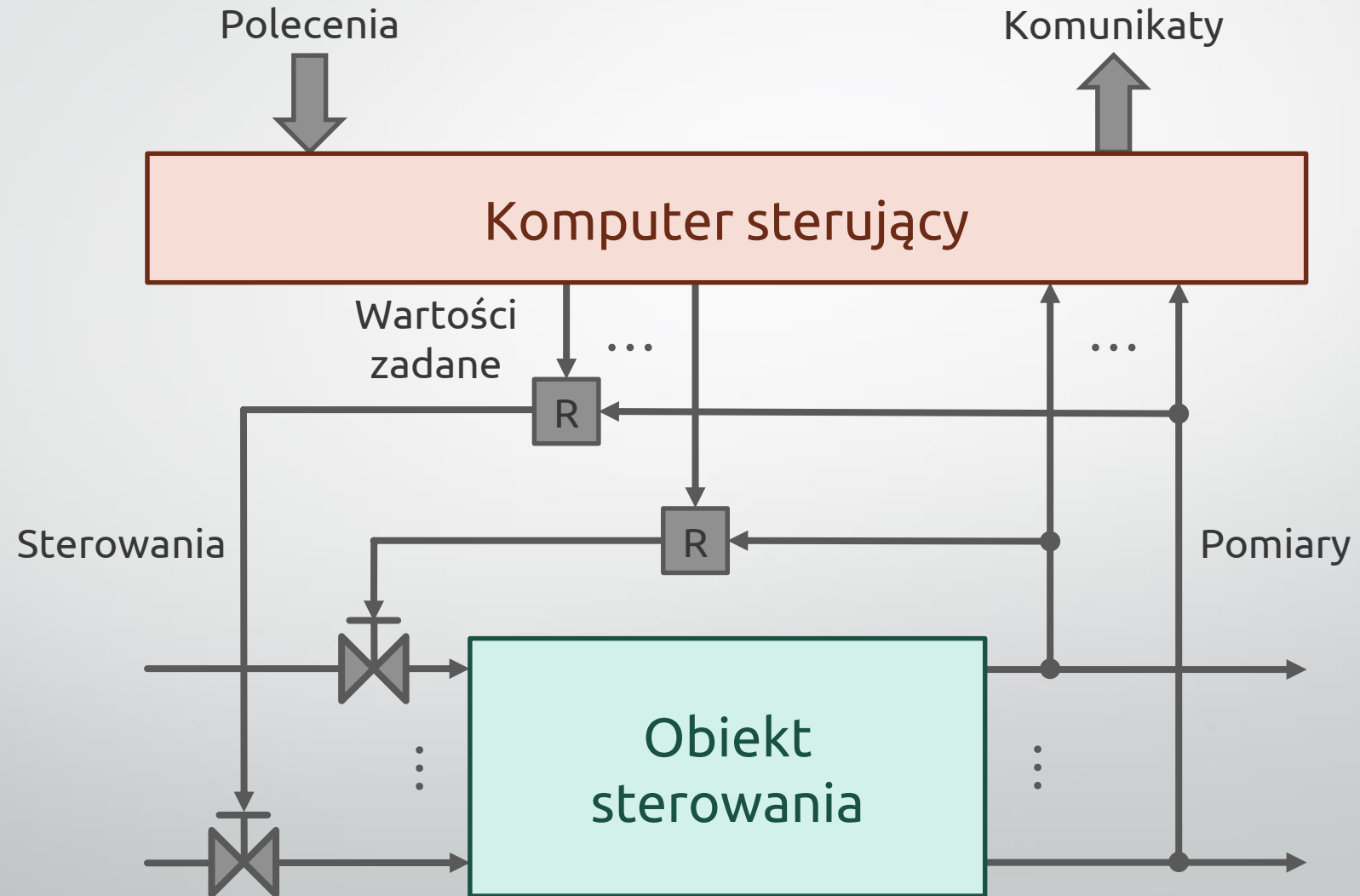
# Plan wykładu

- Komputerowe systemy sterowania (KSS):
  - ✓ systemy sterowania bezpośredniego DDC (ang. *Direct Digital Control*),
  - ✓ systemy sterowania nadrzędnego SPC (ang. *SuPervisory Control*),
  - ✓ systemy wbudowane.
- Warstwowa struktura sterowania (WSS):
  - ✓ integracja zarządzania i sterowania,
  - ✓ warstwy i funkcje,
  - ✓ łańcuch poznawczy.
- Dekompozycja zadania sterowania:
  - ✓ biologiczny proces oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego z usuwaniem związków węgla i azotu.

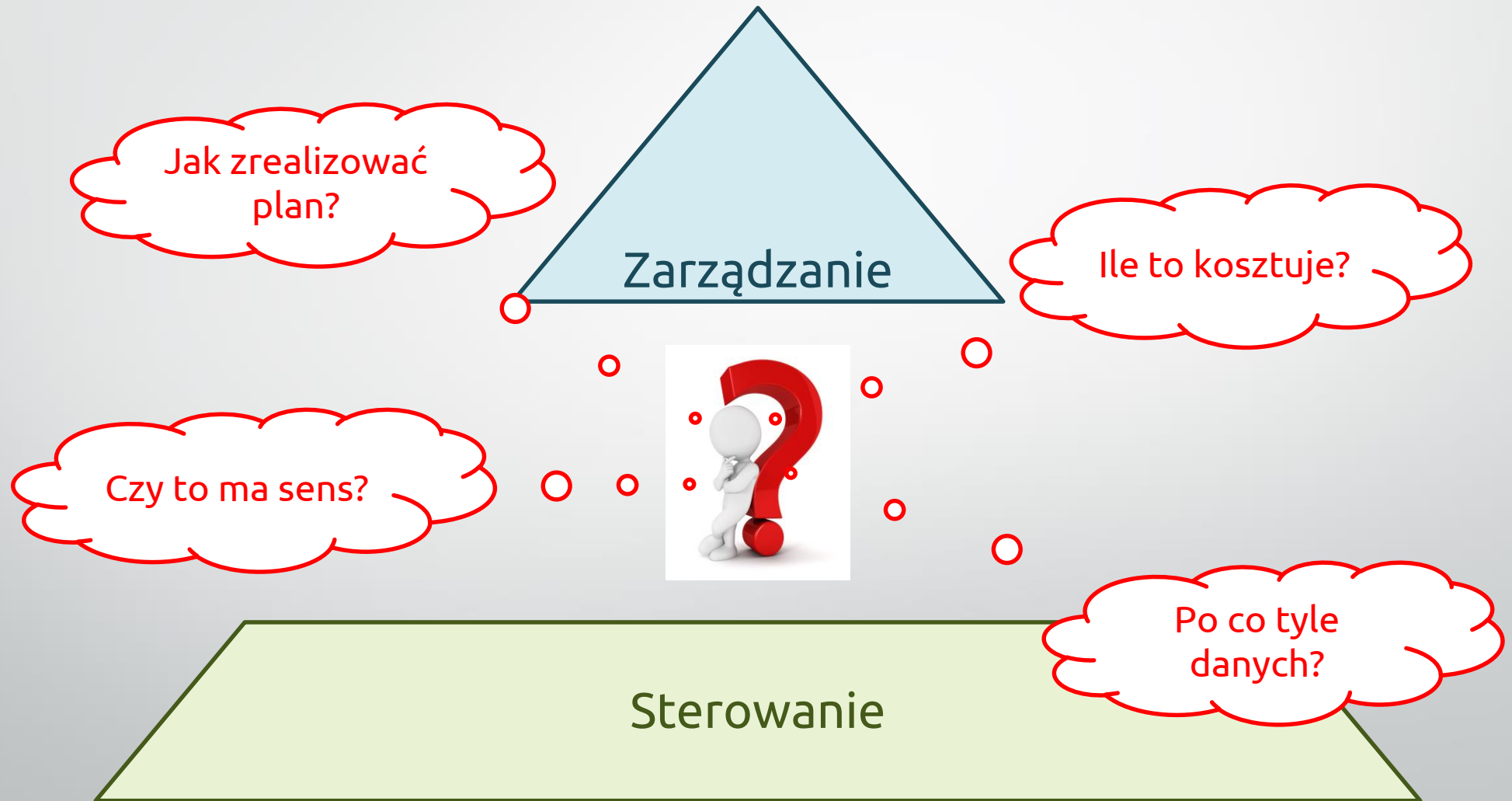
# KSS: system sterowania bezpośredniego – DDC



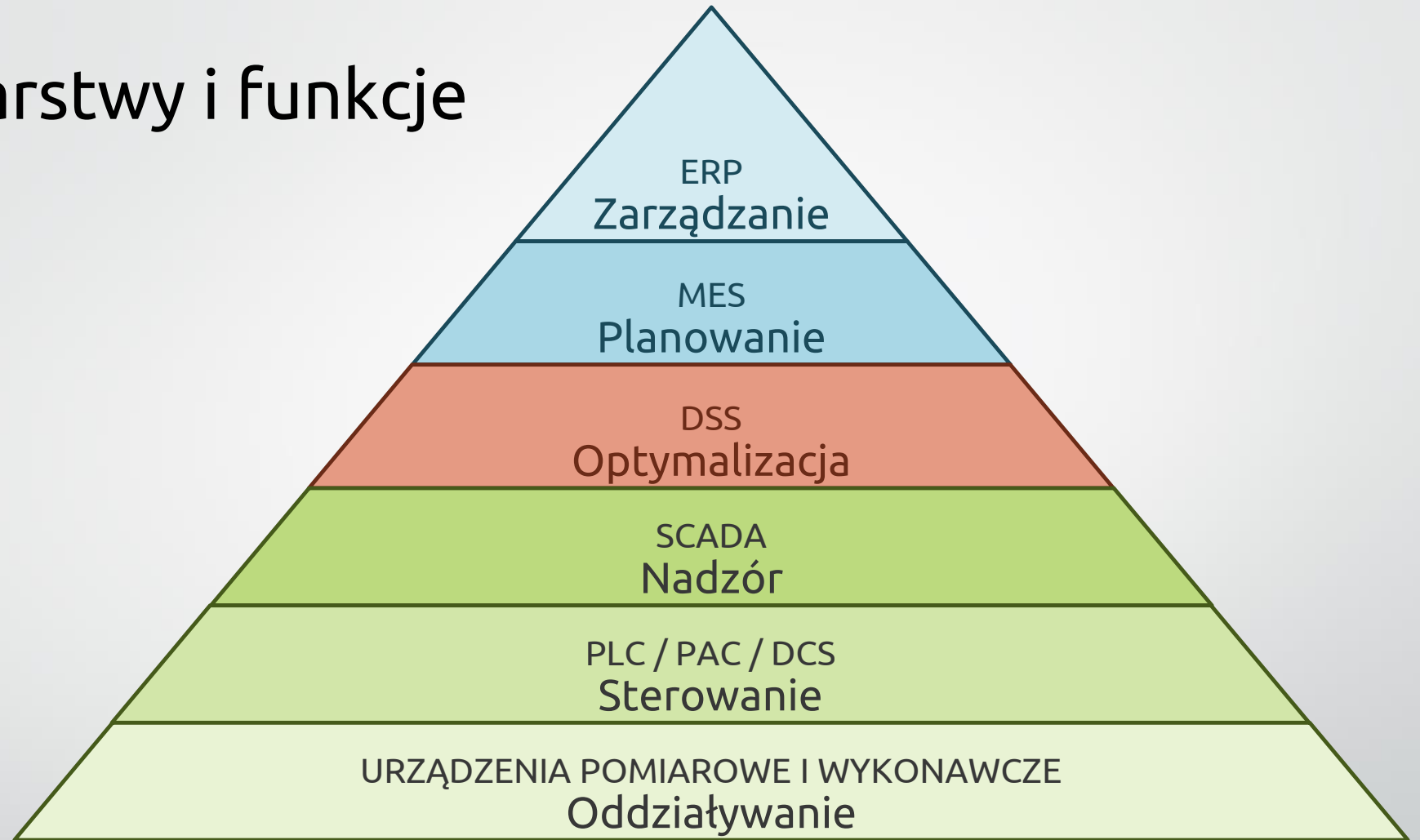
# KSS: system sterowania nadrzędnego – SPC



# WSS: integracja zarządzania i sterowania



# WSS: warstwy i funkcje



## Oznaczenia:

ERP (ang. *Enterprise Resource Planning*) – planowanie zasobów przedsiębiorstwa, MES (ang. *Manufacturing Execution System*) – system realizacji produkcji, DSS (ang. *Decision Support System*) – system wspomagania decyzji, SCADA (ang. *Supervisory Control And Data Acquisition System*) – system sterowania nadrzędnego, monitorowania i wizualizacji, PLC (ang. *Programmable Logic Controller*) – programowalny sterownik logiczny, PAC (ang. *Programmable Automation Controller*) – programowalny sterownik automatyki, DCS (ang. *Distributed Control System*) – rozproszony system sterowania.

# WSS: oddziaływanie

- Urządzenia pomiarowe i wykonawcze:
  - ✓ ustawienie odpowiednich zakresów działania,
  - ✓ weryfikacja poprawności działania,
  - ✓ lokalna kalibracja urządzeń pomiarowych.

# WSS: sterowanie

- Algorytmy sterowania:
  - ✓ klasyczne (PI, PD, PID),
  - ✓ adaptacyjne,
  - ✓ predykcyjne (MPC),
  - ✓ wykorzystujące elementy sztucznej inteligencji (ANN, FL, GA).



# WSS: nadzór

- Sterowanie nadrzędne, monitorowanie i wizualizacja:
  - ✓ wizualizacja stanu procesu odpowiednia do roli i uprawnień użytkownika (operator, technolog, automatyk, administrator systemu, kadra zarządcza),
  - ✓ bieżąca i historyczna analiza stanu procesu oraz jakości sterowania,
  - ✓ hierarchiczne grupowanie zdarzeń (alarmów, awarii),
  - ✓ zdalna kalibracja urządzeń pomiarowych,
  - ✓ wspomaganie decyzji operatora (dobór nastaw, symulacja procesu).



# WSS: optymalizacja

- Funkcja celu:
  - ✓ cel ekonomiczny – **minimalizacja kosztów** przy zachowaniu dopuszczalnej jakości,
  - ✓ cel ekologiczny – **maksymalizacja jakości** przy zachowaniu dopuszczalnych kosztów,
  - ✓ cel organizacyjny – **efektywne zarządzanie** wpływa na oszczędność czasu, materiałów, minimalizację kosztów usuwania awarii, bezpieczeństwo realizowanych prac oraz świadome planowanie przyszłych przedsięwzięć.
- Ograniczenia:
  - ✓ wymagana jakość produkcji,
  - ✓ aktualna wydajność urządzeń wykonawczych,
  - ✓ dopuszczalne zużycie energii,
  - ✓ dopuszczalne zużycie materiałów i półproduktów.

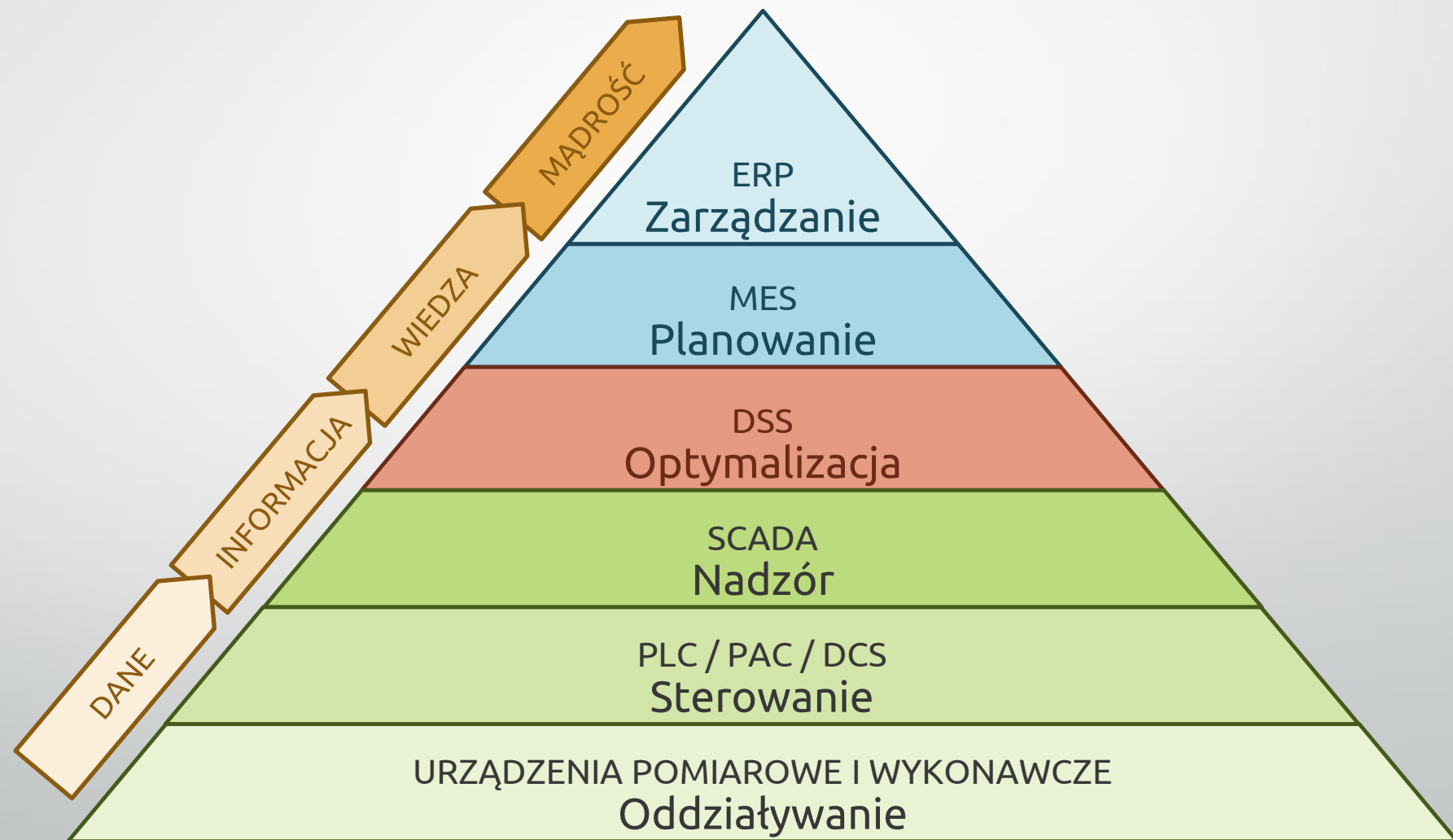
# WSS: planowanie

- Systemy wspomagające planowanie:
  - ✓ przeglądów technicznych urządzeń wykonawczych,
  - ✓ kalibracji urządzeń pomiarowych,
  - ✓ kolejności usuwania awarii,
  - ✓ przydziału ekip serwisowych do awarii,
  - ✓ zakupu części zamiennych i materiałów eksploatacyjnych.

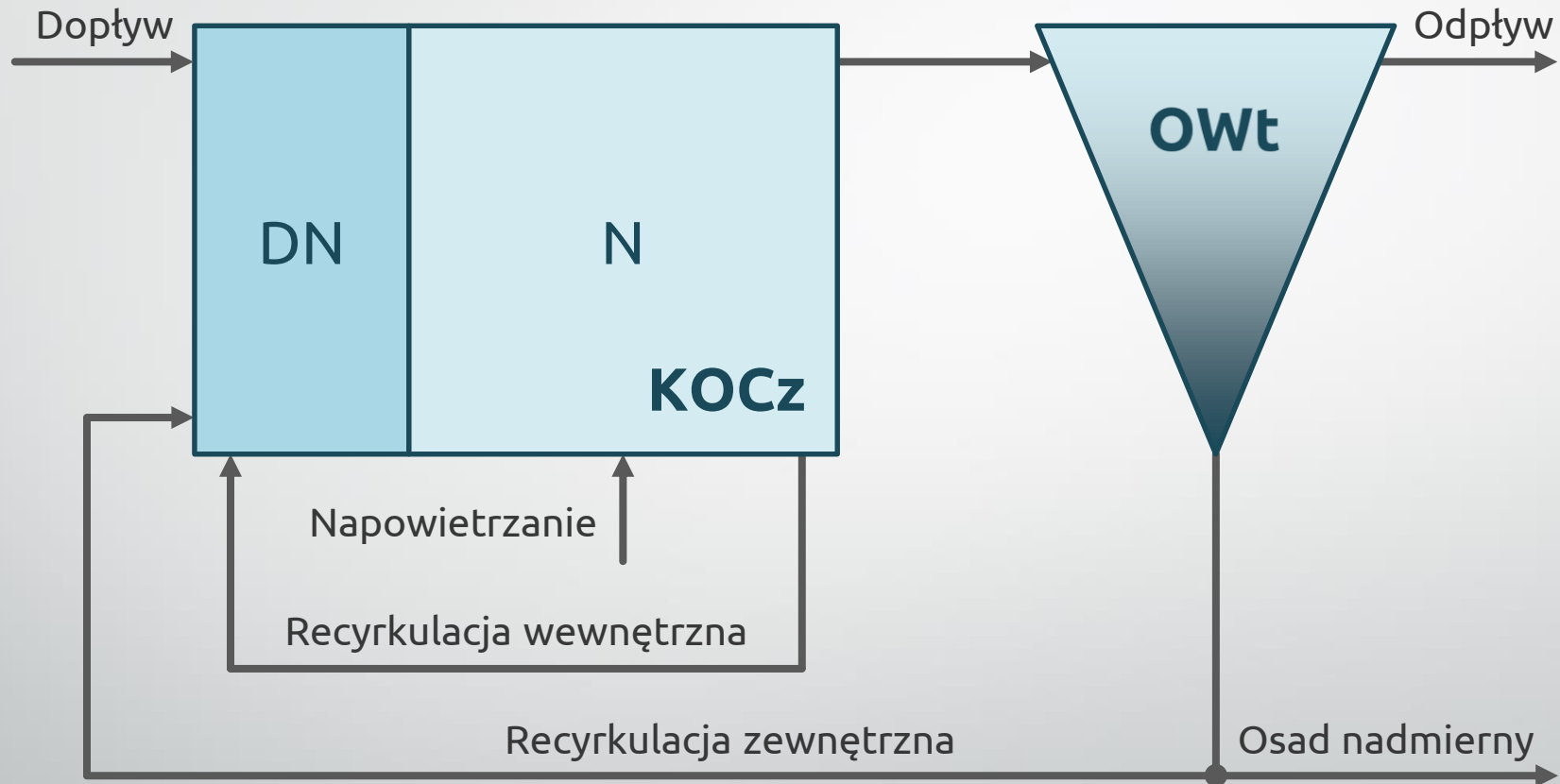
# WSS: zarządzanie

- Systemy wspomagające:
  - ✓ kontrolę realizacji przyjętej strategii działania,
  - ✓ analizę rentowności,
  - ✓ przygotowanie planu modernizacji,
  - ✓ szacowanie możliwości zwiększenia produkcji, ograniczenia kosztów, itp.

# WSS: łańcuch poznawczy



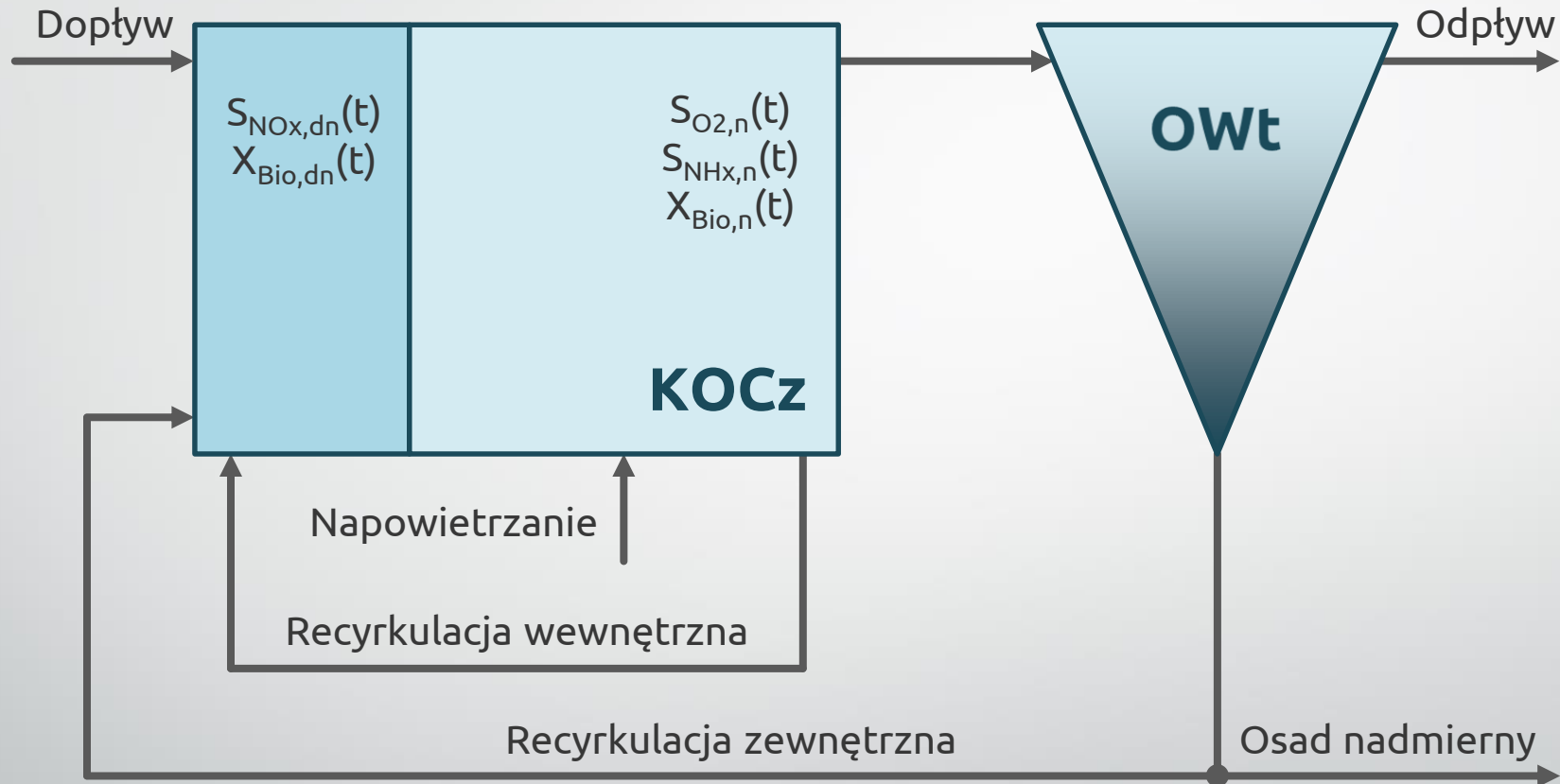
# Dekompozycja zadania sterowania



**Oznaczenia:**

KOCz – komora osadu czynnego: DN – strefa denitryfikacji (niedotleniona), N – strefa nityfikacji (tlenowa), OWt – osadnik wtórny.

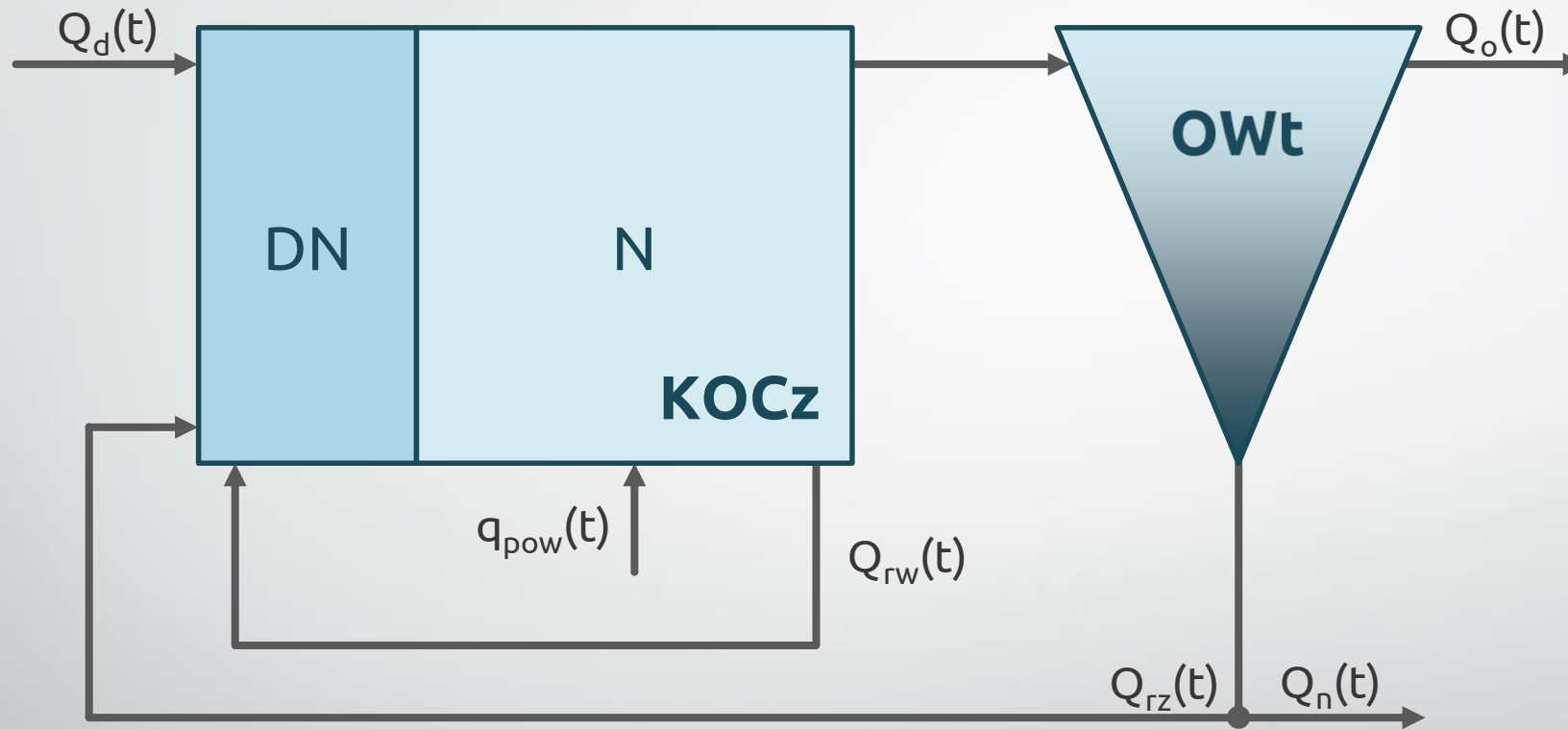
# Dekompozycja zadania sterowania



## Zmienne procesowe:

$S_{NHx,n}(t)$  – stężenie azotu amonowego w strefie nityfikacji [ $g_N/m^3$ ],  $S_{NOx,dn}(t)$  – stężenie azotu azotanowego w strefie denityfikacji [ $g_N/m^3$ ],  
 $S_{O2,n}(t)$  – stężenie tlenu rozpuszczonego w strefie nityfikacji [ $g_{O2}/m^3$ ],  $X_{Bio,dn}(t)$  – stężenie biomasy w strefie denityfikacji [ $g_{ChZT}/m^3$ ],  
 $X_{Bio,n}(t)$  – stężenie biomasy w strefie nityfikacji [ $g_{ChZT}/m^3$ ].

# Obiekt sterowania: zmienne sterowane



## Zmienne sterowane:

$Q_d(t)$  – natężenie przepływu ścieków doptywających [ $m^3/d$ ],  $Q_n(t)$  – natężenie przepływu osadu nadmiernego [ $m^3/d$ ],  $Q_o(t)$  – natężenie przepływu ścieków oczyszczonych [ $m^3/d$ ],  $Q_{rw}(t)$  – natężenie przepływu recyrkulowanej mieszaniny ścieków i osadu czynnego [ $m^3/d$ ],  $Q_{rz}(t)$  – natężenie przepływu osadu recyrkulowanego [ $m^3/d$ ].



# Dekompozycja zadania sterowania

Warstwa	Zadania
Zarządzanie	Określenie funkcji celu, np. minimalizacja zużycia energii elektrycznej.
Planowanie	Określenie ograniczeń wynikających z dopuszczalnej jakości ścieków oczyszczonych oraz dopuszczalnej aktualnej wydajności urządzeń wykonawczych. Oznaczenie aktualnego składu i jakości ścieków na doływie, w komorze osadu czynnego i na odpływie. Oznaczenie kondycji osadu w komorze osadu czynnego oraz w osadniku wtórnym.
Optymalizacja	Wyznaczenie najkorzystniejszych wartości lub przedziałów wartości dla zmiennych procesowych: <ul style="list-style-type: none"><li>- stężenia tlenu rozpuszczonego w strefie nitryfikacji,</li><li>- stężenia azotu azotanowego w strefie denitryfikacji,</li><li>- wieku osadu,</li><li>- stężenia osadu w komorze osadu czynnego.</li></ul>

# Dekompozycja zadania sterowania

Warstwa	Zadania
Nadzór	Wyznaczenie wartości zadanych dla zmiennych sterowanych: <ul style="list-style-type: none"><li>- natężenia przepływu powietrza,</li><li>- natężenia przepływu recyrkulowanej mieszaniny ścieków i osadu czynnego,</li><li>- natężenia przepływu osadu nadmiernego,</li><li>- natężenia przepływu osadu recyrkulowanego,</li><li>- natężenia przepływu ścieków doptywających.</li></ul>
Sterowanie i oddziaływanie	Utrzymanie wartości zmiennych sterowanych w pobliżu wyznaczonych wartości zadanych poprzez zmiany wydajności urządzeń wykonawczych: <ul style="list-style-type: none"><li>- dmuchawy powietrza,</li><li>- pompy recyrkulowanej mieszaniny ścieków i osadu czynnego,</li><li>- pompy osadu nadmiernego,</li><li>- pompy osadu recyrkulowanego,</li><li>- pompy ścieków doptywających.</li></ul>



**Dziękuję za uwagę**

**Konsultacje:**

[przemyslaw.zakrzewski@cs.put.poznan.pl](mailto:przemyslaw.zakrzewski@cs.put.poznan.pl)