



Inteligentne systemy sterowania

Wykład 1: struktura systemu sterowania

dr inż. Przemysław Zakrzewski

Instytut Informatyki

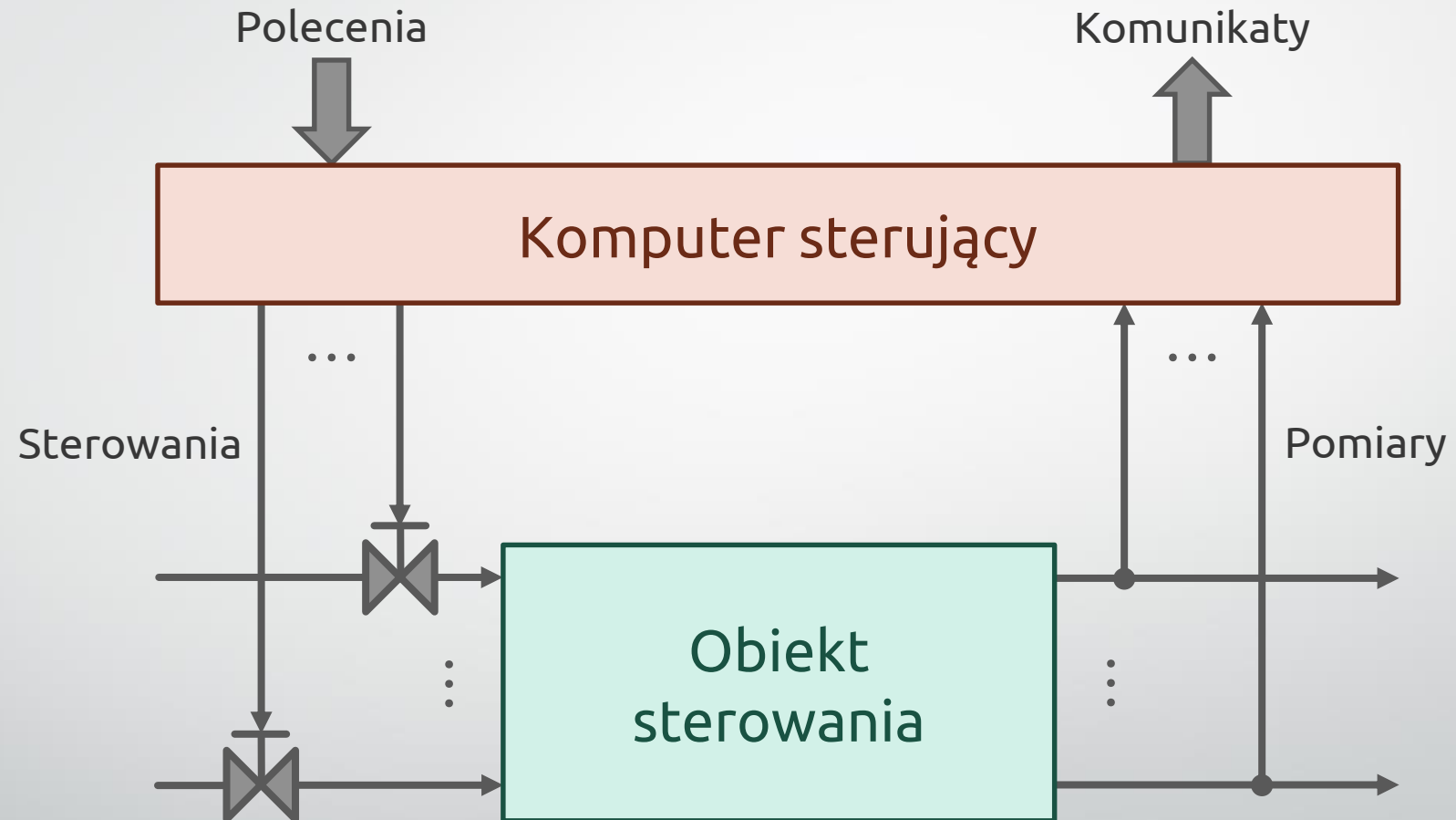
Politechnika Poznańska

przemyslaw.zakrzewski@cs.put.poznan.pl

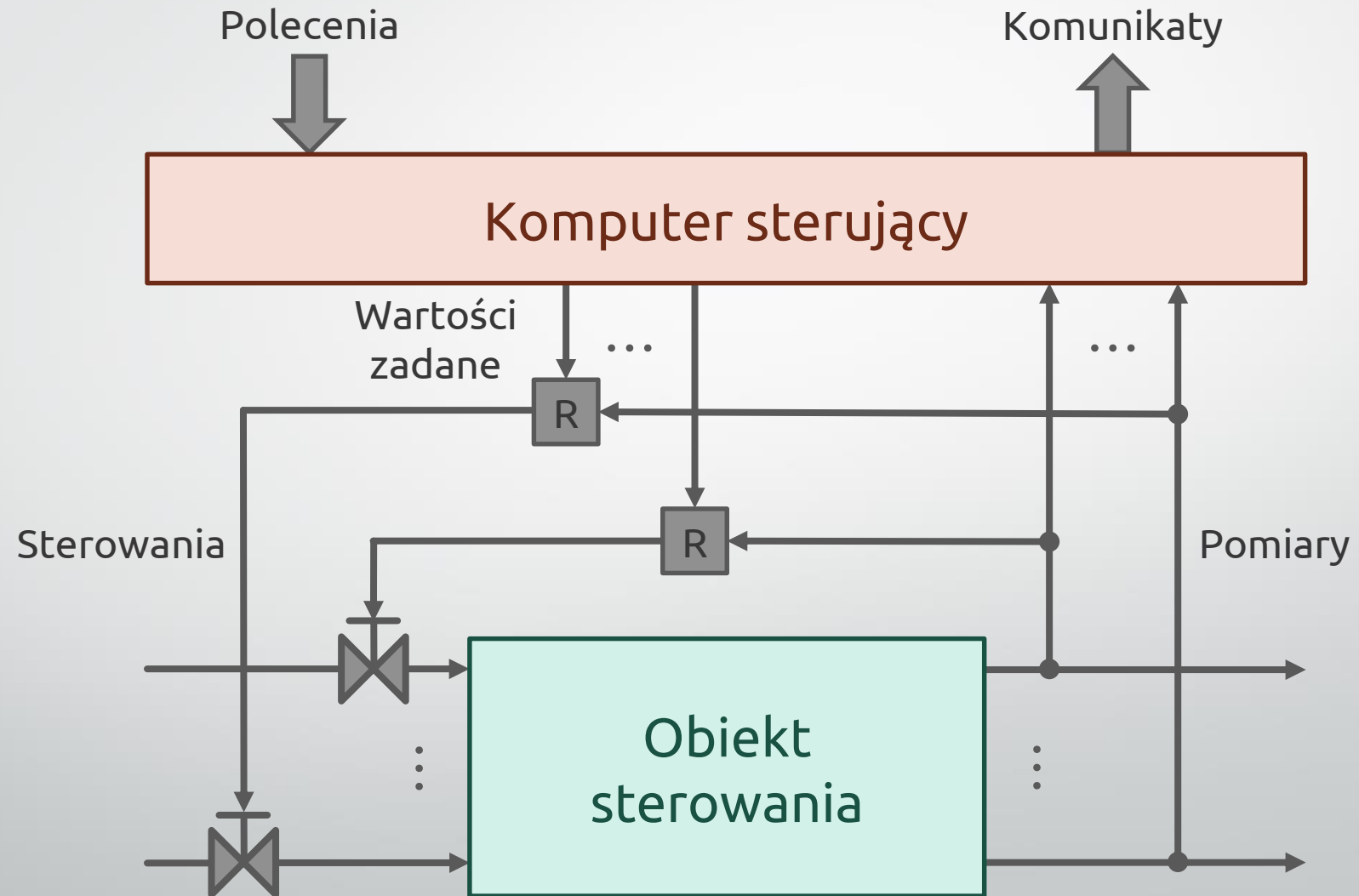
Plan wykładu

- 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.

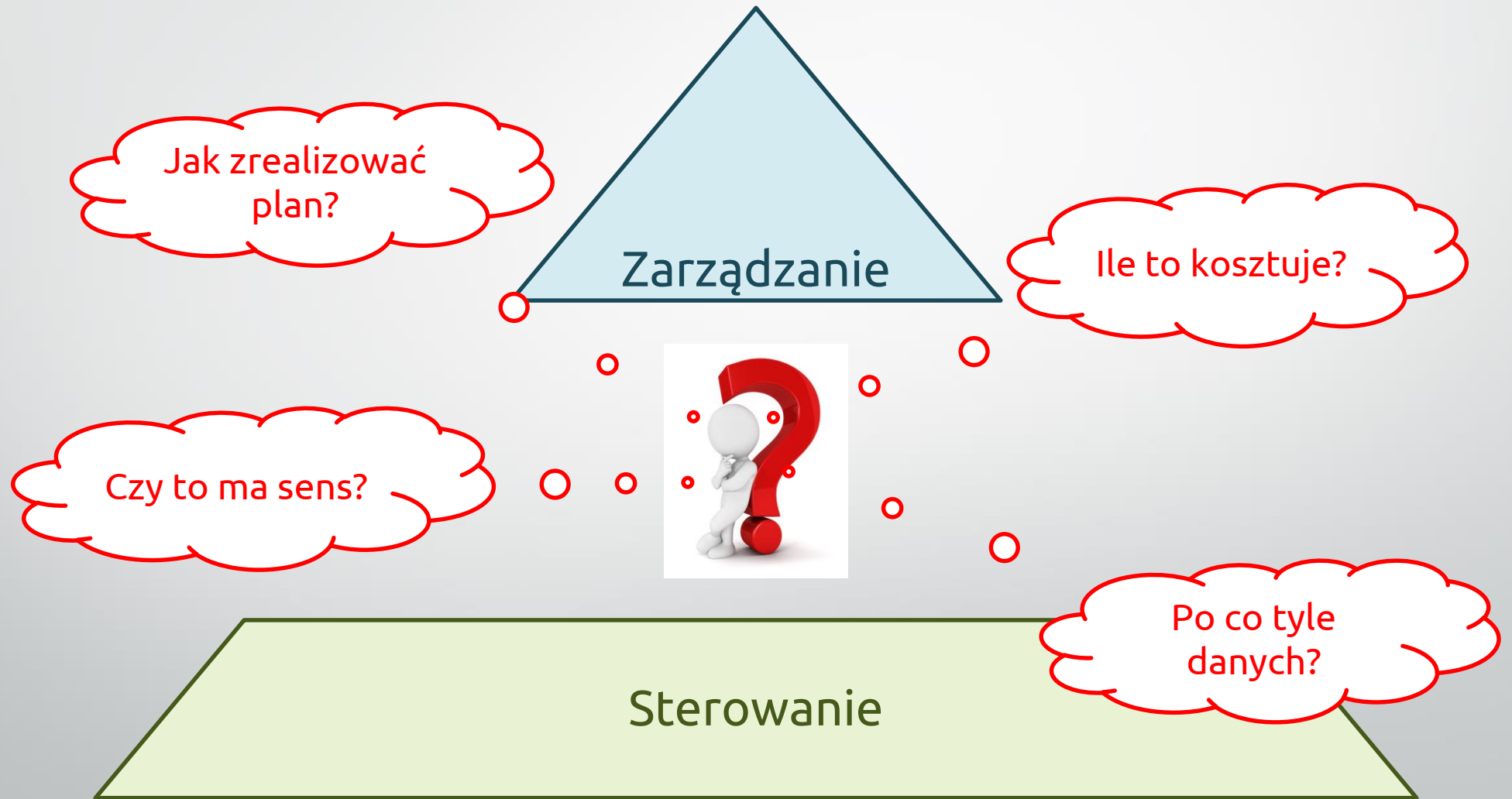
KSS: system sterowania bezpośredniego – DDC



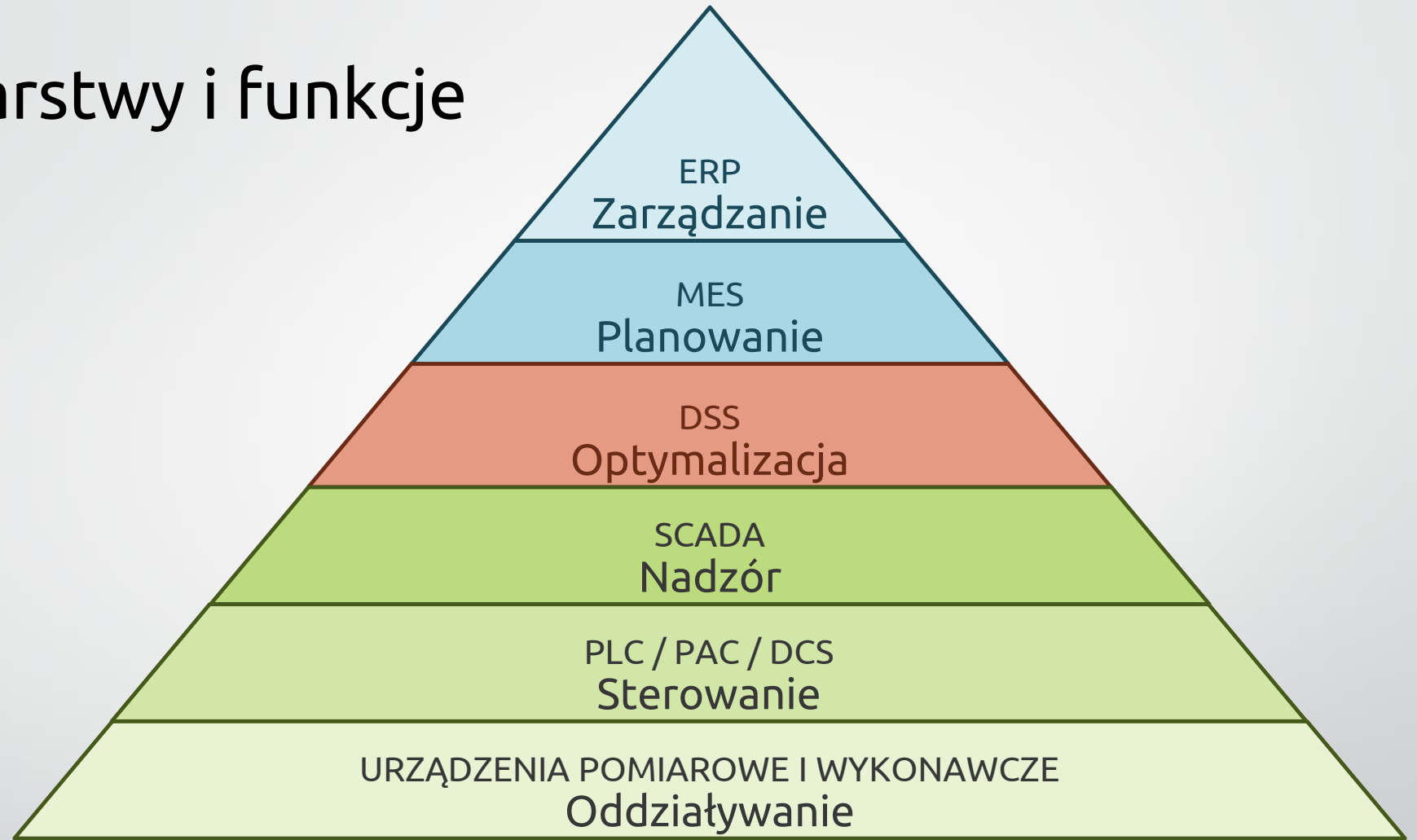
KSS: system sterowania nadrzędnego – SPC



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.

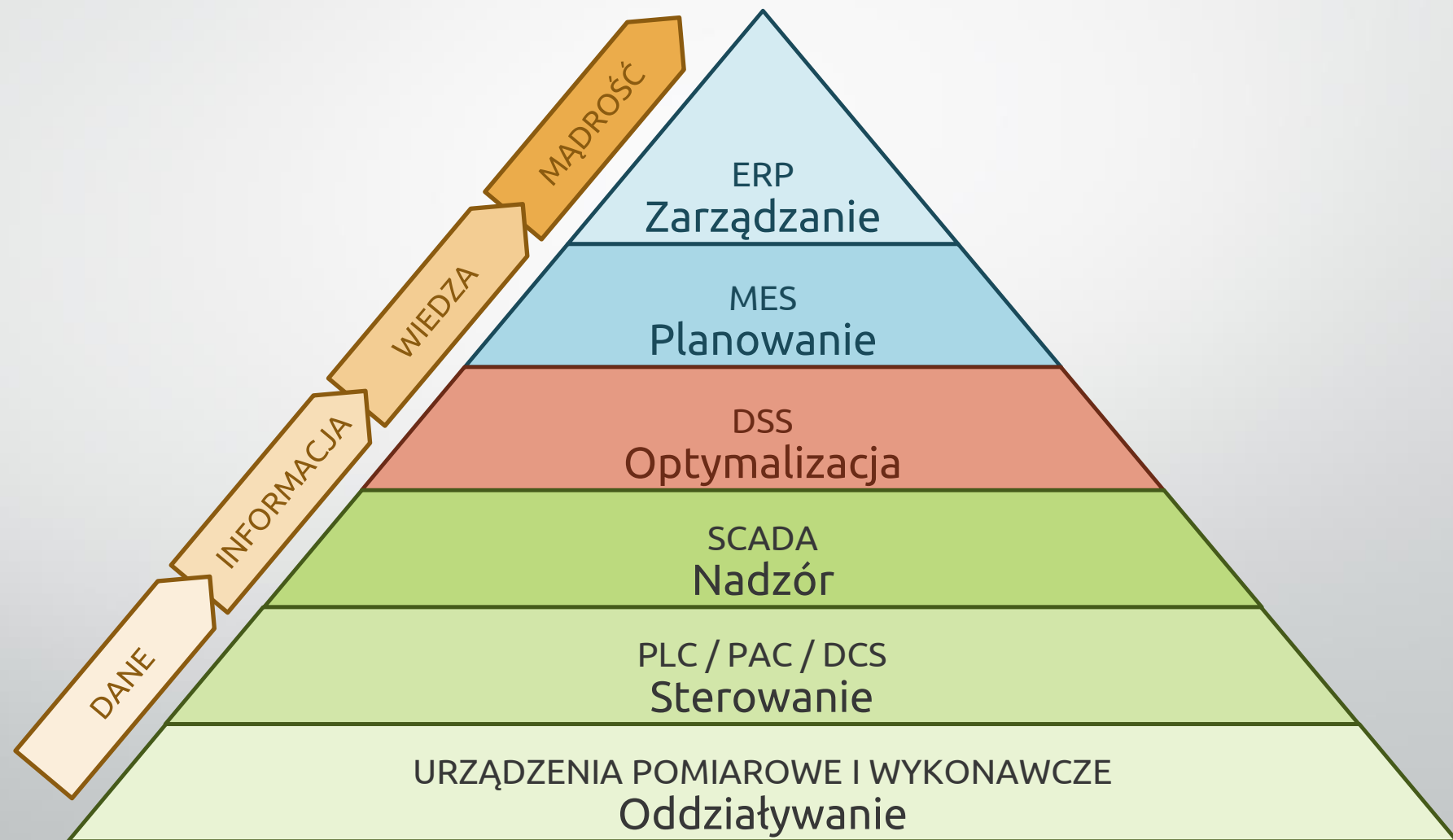
WSS: planowanie

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

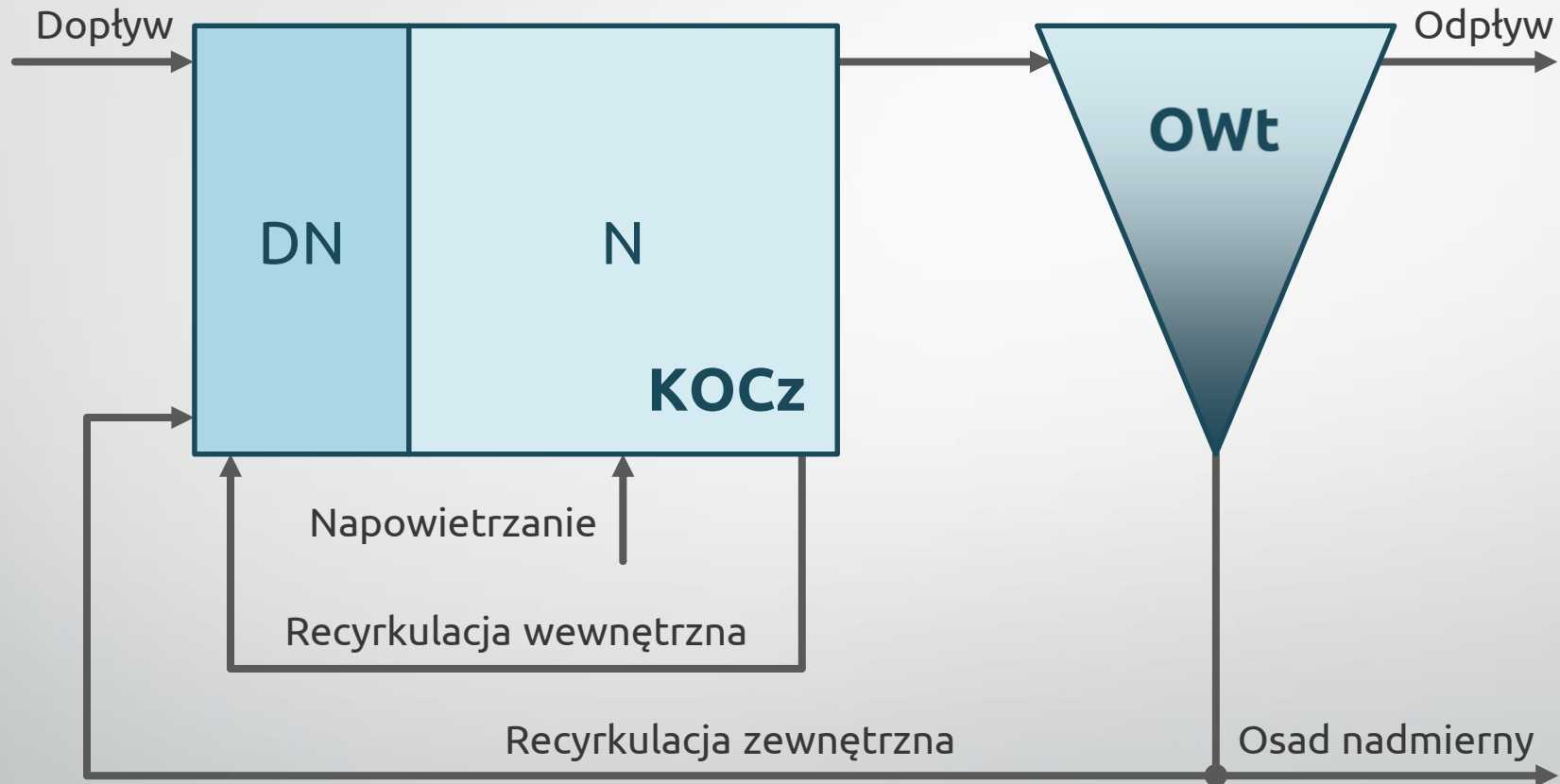
WSS: zarządzanie

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

WSS: łańcuch poznawczy



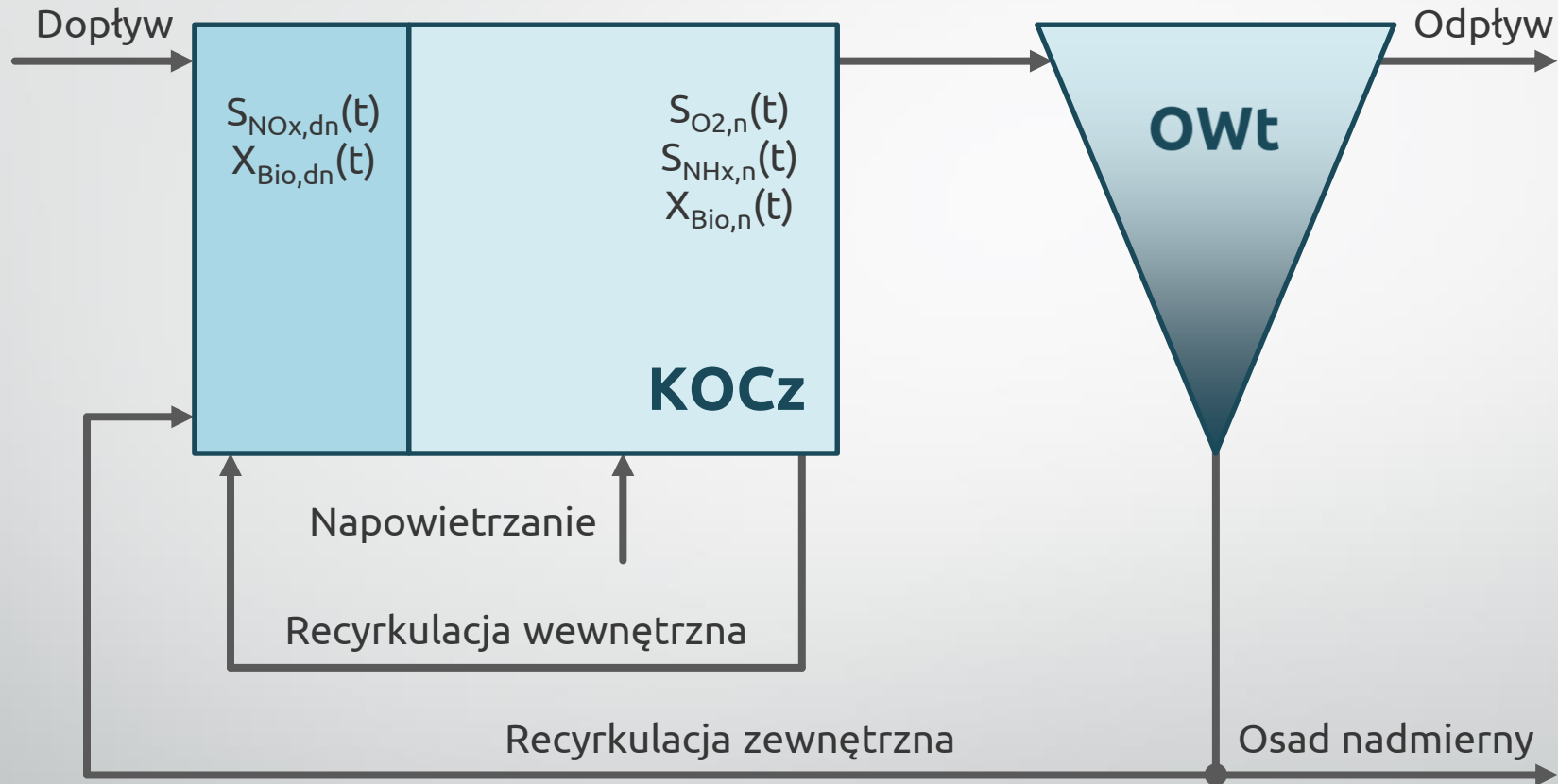
Dekompozycja zadania sterowania



Oznaczenia:

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

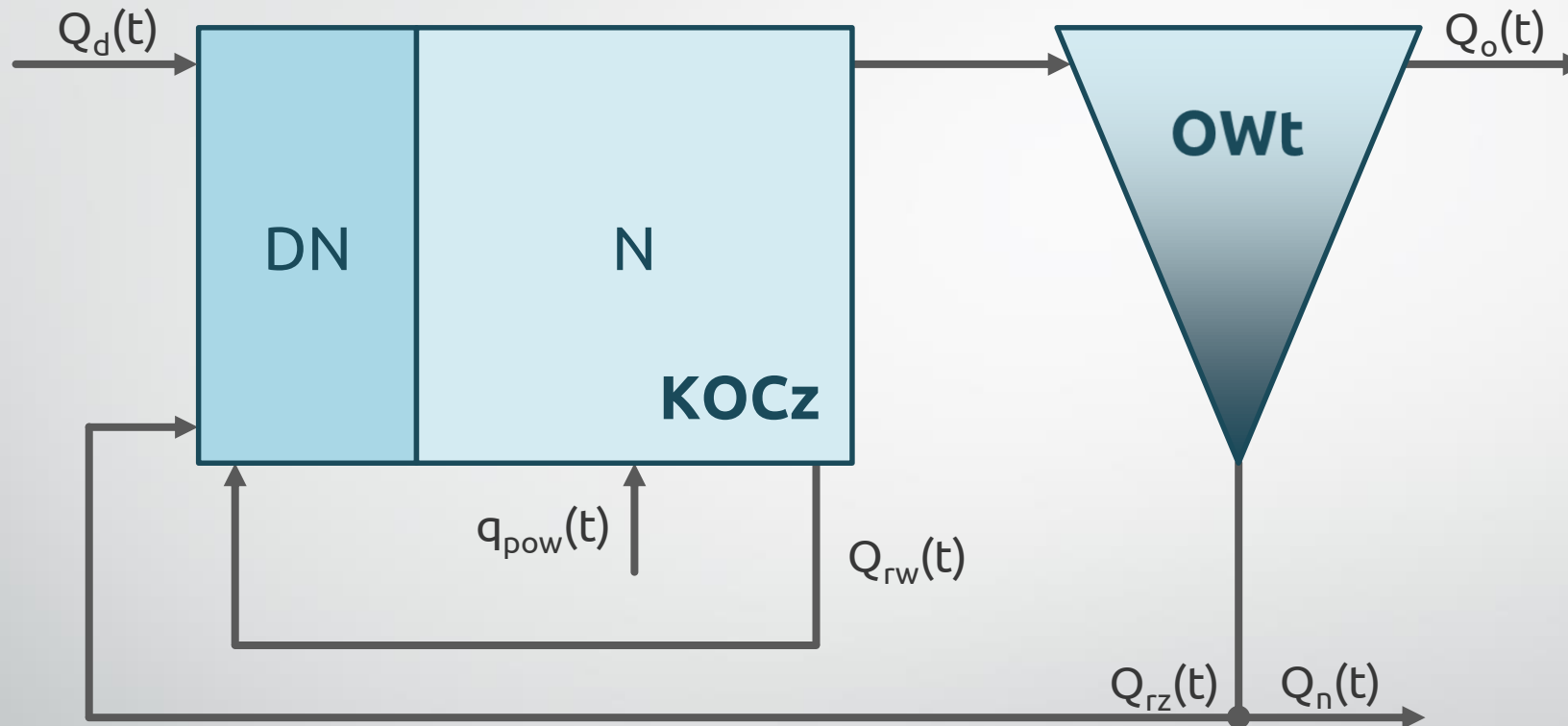
Dekompozycja zadania sterowania



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">- stężenia tlenu rozpuszczonego w strefie nitryfikacji,- stężenia azotu azotanowego w strefie denitryfikacji,- wieku osadu,- stężenia osadu w komorze osadu czynnego.

Dekompozycja zadania sterowania

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



Dziękuję za uwagę

Konsultacje:

przemyslaw.zakrzewski@cs.put.poznan.pl