

KAMIL JANIAK

PRODUKCJA STRUWITU I USUWANIE FOSFORU ZE ŚCIEKÓW

Politechnika Wroclawska

STYCZEŃ, 2025



Zakres szkolenia

-
1. Wytrącanie struwitu -reakcja
 2. Wytrącanie struwitu – kinetyka
 3. Usuwanie fosforu ze ścieków
-

Wytrącanie struwitu



Wytrącanie struwitu



Wytrącanie struwitu

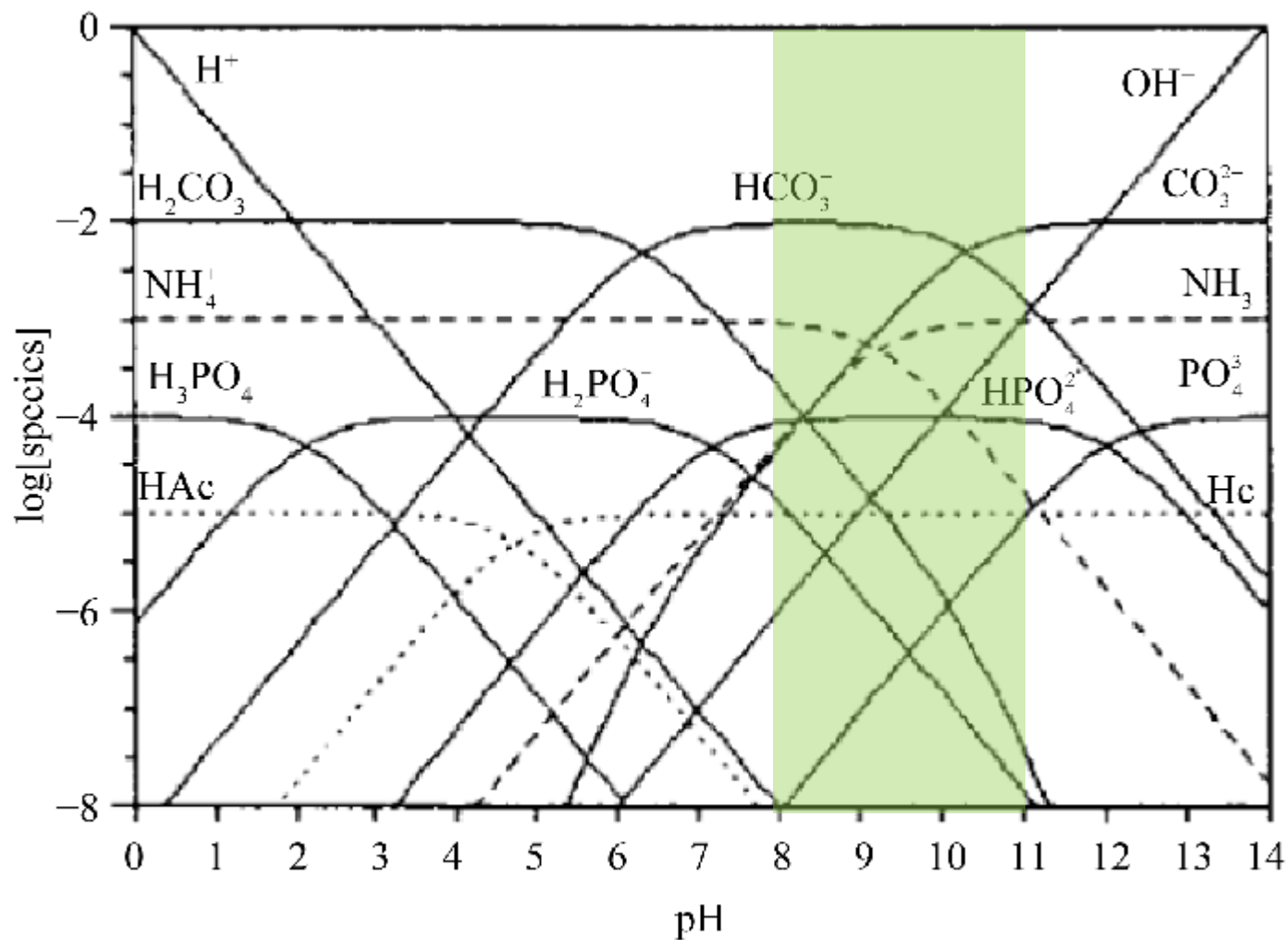
Kinetyka



Kiedy wytrąci się struwit? Gdy zostanie przekroczony iloczyn rozpuszczalności

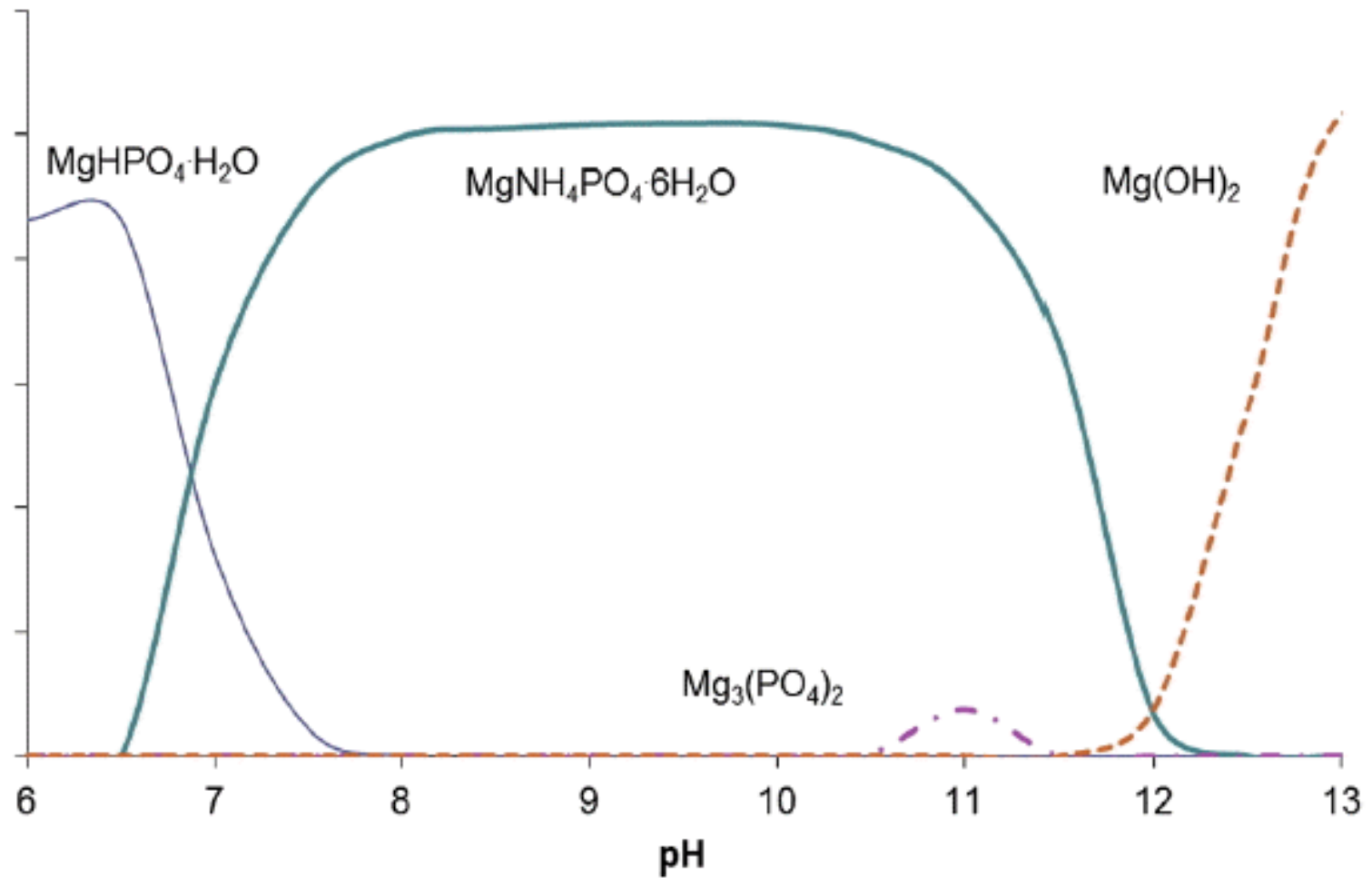
Wytrącanie struwitu

Kinetyka



Wytrącanie struwitu

Kinetyka



Usuwanie fosforu

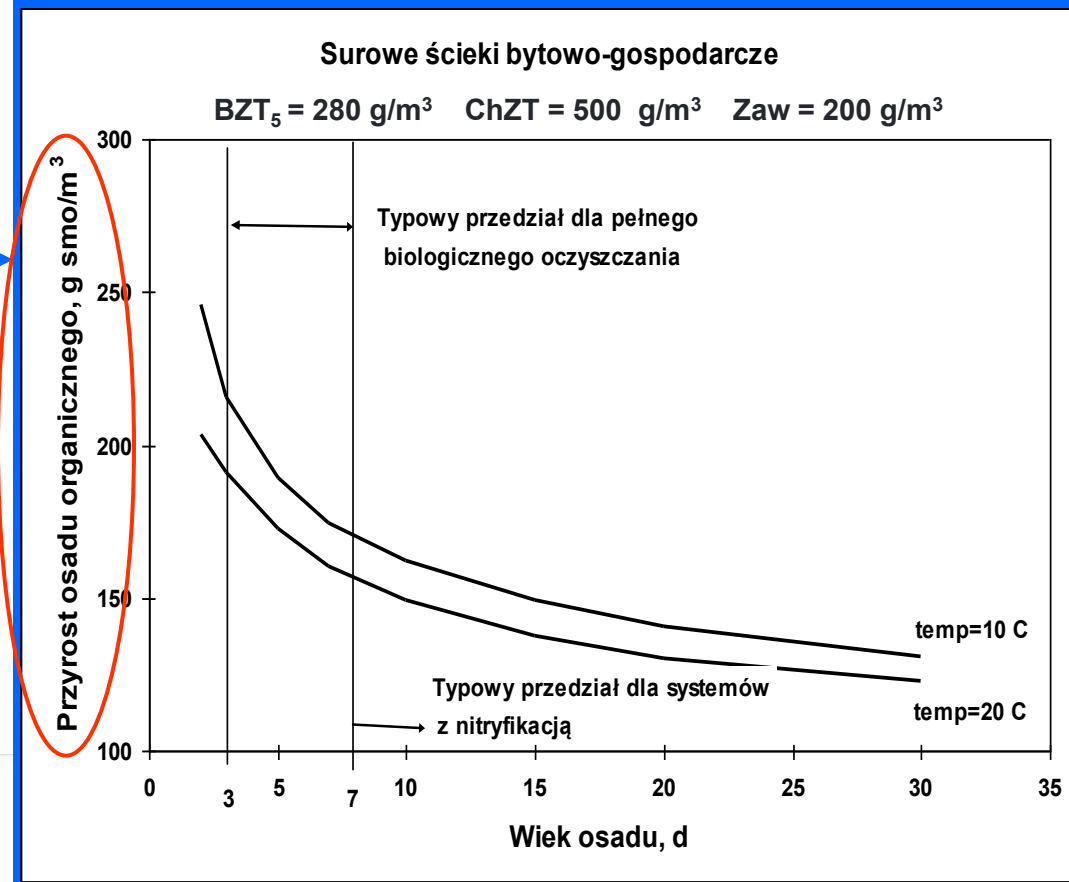
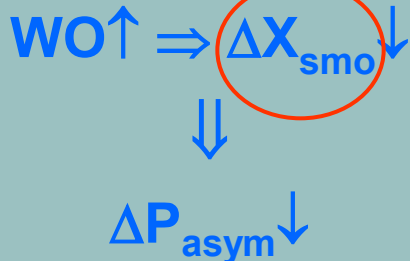
Usuwanie fosforu

Podstawowy mechanizm –biologiczna asymilacja

$$\Delta P \approx \Delta P_{Asym} = f_{P/smo} \cdot \Delta X_{smo} \text{ g P/m}^3$$

Zawartość fosforu w osadzie nadmiernym: $\sim 0.02 \text{ g P/g smo}$

Produkcja osadu nadmiernego:
 $\text{g smo/m}^3 \text{ ścieków}$



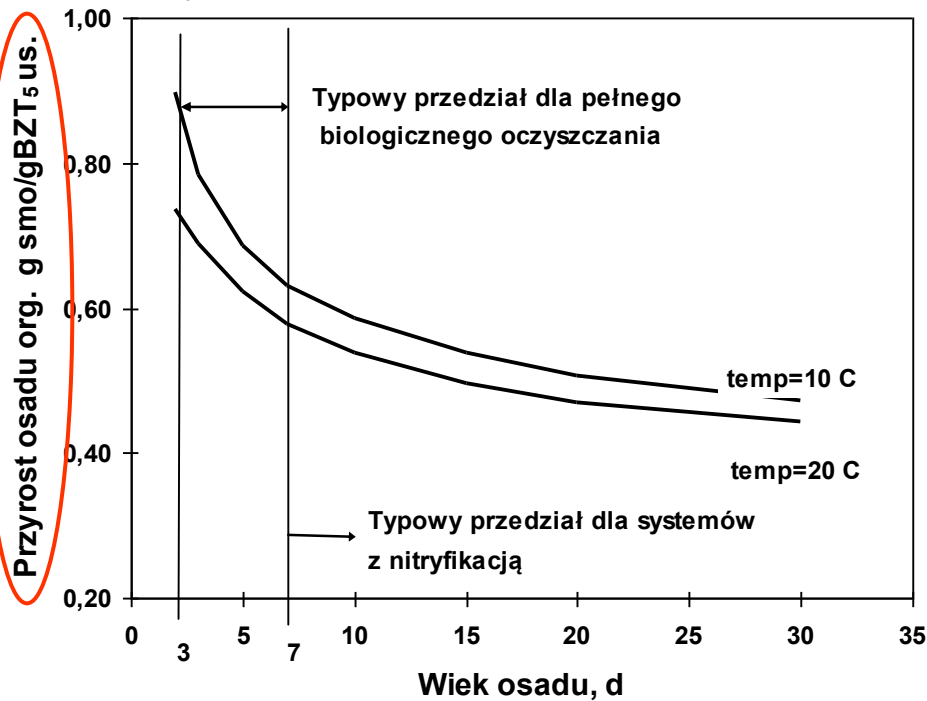
Usuwanie fosforu

Podstawowy mechanizm –biologiczna asymilacja

$$\Delta P \approx \Delta P_{Asym} \approx f_{P/smo} \cdot \Delta X_{smo} = f_{P/smo} \cdot \Delta X_{j,org} \cdot \Delta BZT_5, \text{ g P/m}^3$$

Surowe ścieki bytowo-gospodarcze

$BZT_5 = 280 \text{ g/m}^3$ $ChZT = 500 \text{ g/m}^3$ $Zaw = 200 \text{ g/m}^3$



Jednostkowa produkcja osadu nadmiernego: $\text{g smo/g BZT}_{5,us}$

$WO \uparrow \Rightarrow \Delta X_{j,org} \downarrow$

$\Delta P_{asym} \downarrow$

Ubytek BZT_5 ścieków: $\text{g BZT}_5/\text{m}^3$

Dla $WO = \text{const}$

BZT_5 ścieków surowych \uparrow

$\Delta BZT_5 \uparrow \Rightarrow \Delta P_{Asym} \uparrow$

Usuwanie fosforu

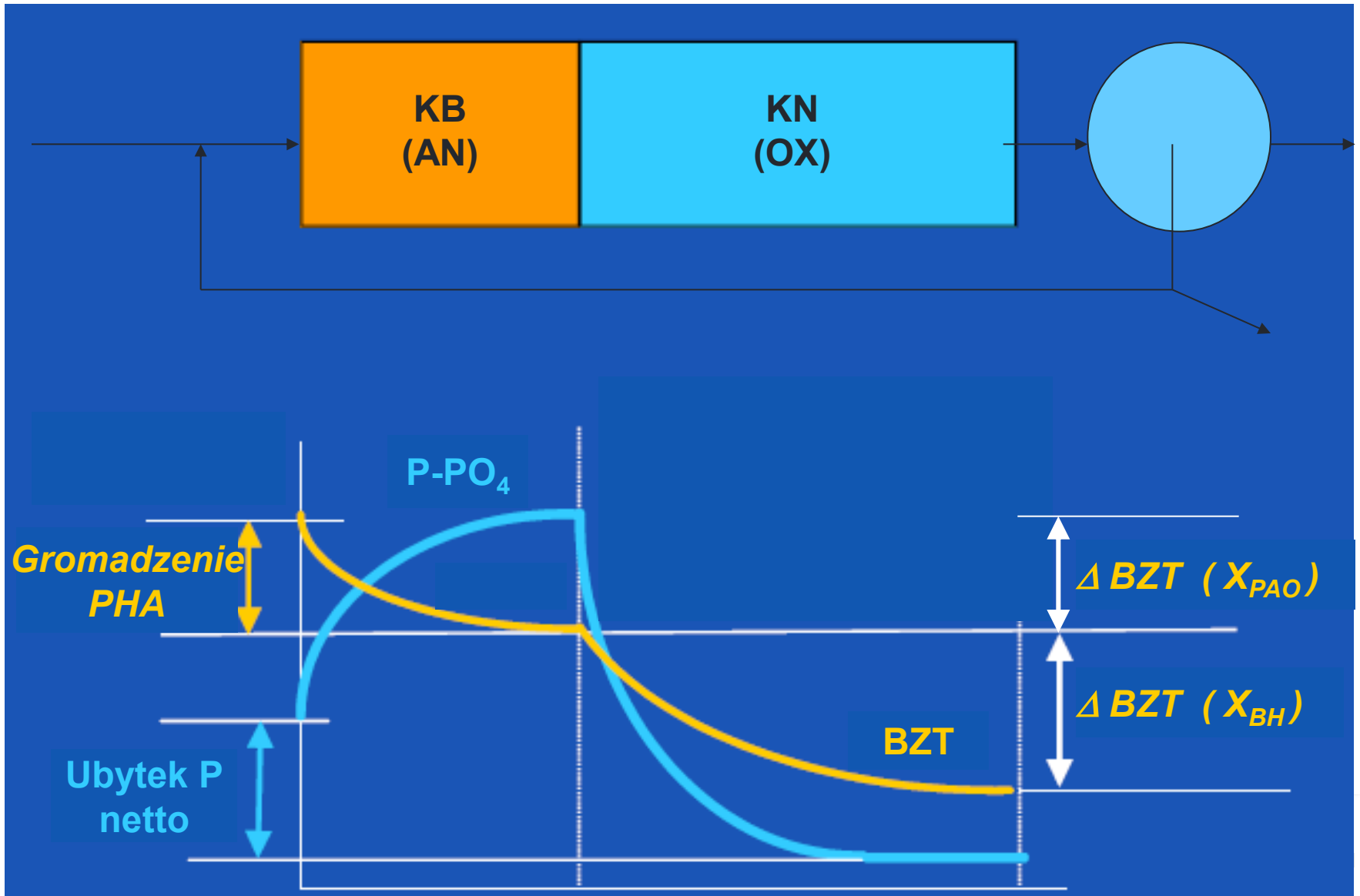
Podstawowy mechanizm –biologiczna asymilacja

Przykład dla P_{og} dopływu = 12 g P/m³

WO [d]	<u>Ścieki miejskie</u> $\Delta BZT_5 = 300 \text{ g O}_2/\text{m}^3$ (dla temperatur 10°C/20°C)			<u>Ścieki przemysłowe</u> $\Delta BZT_5 = 1000 \text{ g O}_2/\text{m}^3$ (dla temperatur 10°C/20°C)		
	ΔP_{Asym} [g N/m ³]	$P_{og,e,filtr}$ [g N/m ³]	Ubytek P %	ΔP_{Asym} [g N/m ³]	$P_{og,e,filtr}$ [g N/m ³]	Ubytek P %
5	3.6/3.3	8.4/8.7	30/27	12/11	~0/1	~100/92
30	2.4/2.2	9.6/9.8	20/18	8/7.4	4/4.6	67/62

Usuwanie fosforu

Głębokie usuwanie fosforu - mechanizm



Chemiczne strącanie fosforanów

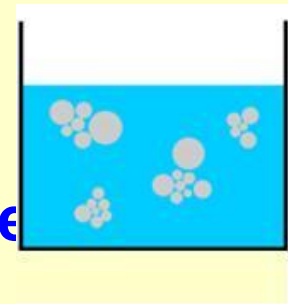
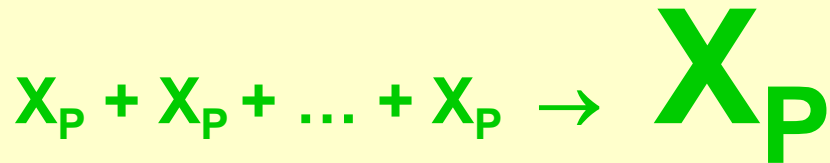
Chemiczne strącanie fosforanów

Podstawy – mechanizm procesu

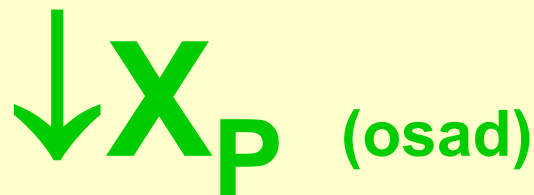
- wytracenie fosforu w formie zawiesiny



- koagulacja/flokulacja wytrąconej zawiesiny



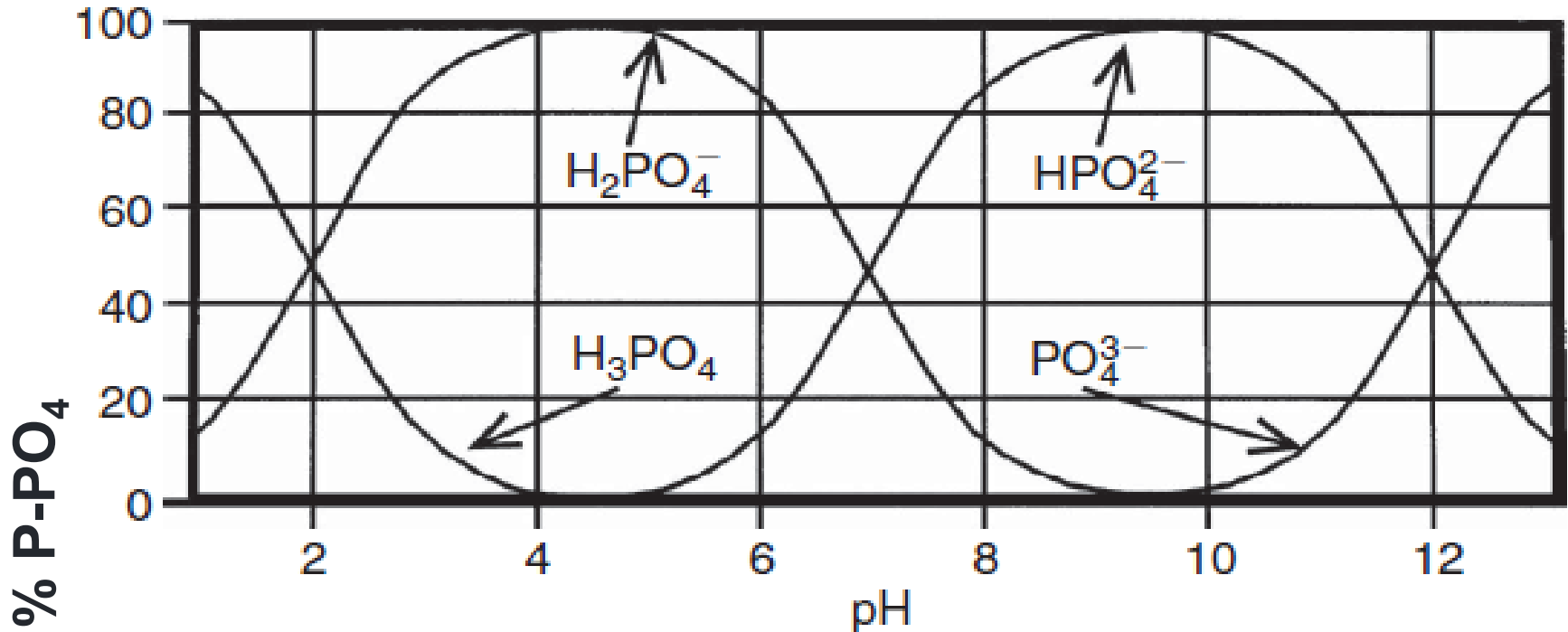
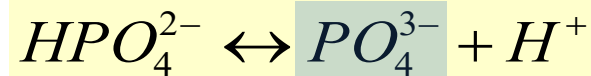
- oddzielenie wytworzonej zawiesiny od ścieku (sedymentacja, filtracja)



Chemiczne strącanie fosforanów

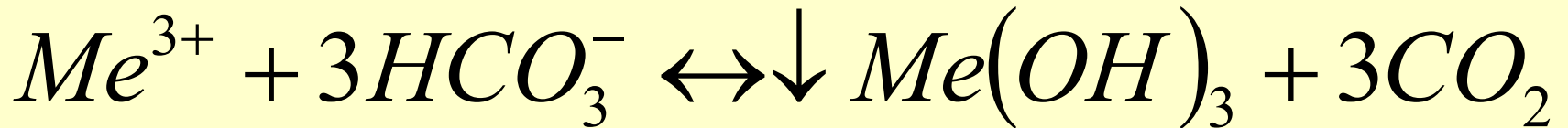
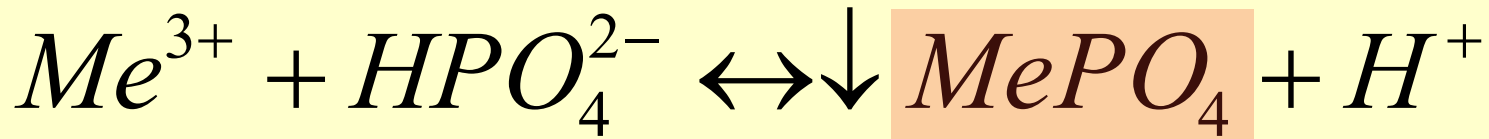
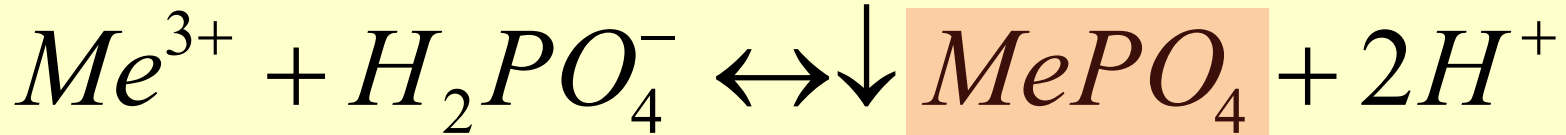
Podstawy – forma fosforanów

S_{PO_4} - ortofosforany



Chemiczne strącanie fosforanów

Podstawy – reakcja i stechiometria



$\downarrow MePO_4$ to raczej $\downarrow Me_x(PO_4)_y(OH)_z$

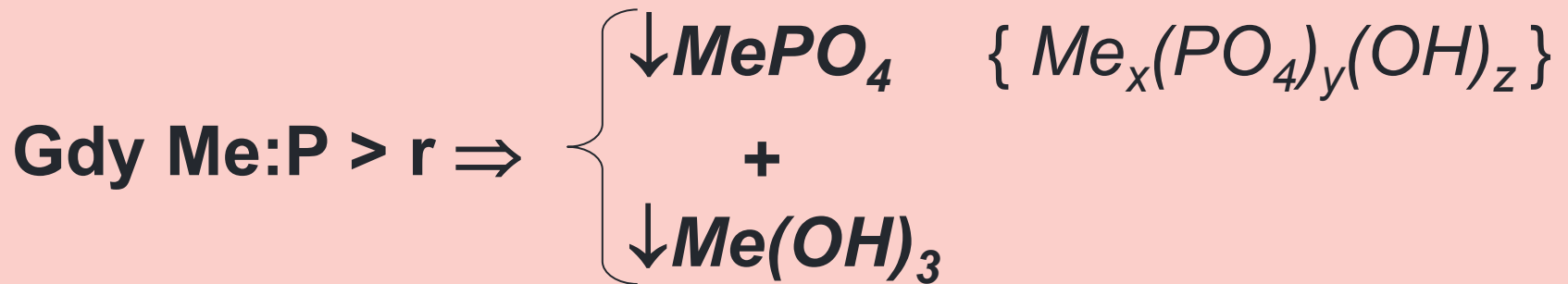
$r = x:y \approx 1 \text{ mol Me} / \text{mol P}$

$\sim 1.81 \text{ g Fe}^{3+} / \text{g P-PO}_4$

$\sim 0.87 \text{ g Al}^{3+} / \text{g P-PO}_4$

Chemiczne strącanie fosforanów

Podstawy – stechiometria a wytrącane formy



Chemiczne strącanie fosforanów

Podstawy – efekty dodatkowe

S_{P_org} – fosfor organiczny rozpuszczony

Częściowo sorbuje się na wytrąconej zawieszynie $MePO_4$ $\{Me_x(PO_4)_y(OH)_z\}$ i $Me(OH)_3$

S_{PP} – polifosforany

Praktycznie nie sorbują się na wytrąconej zawieszynie

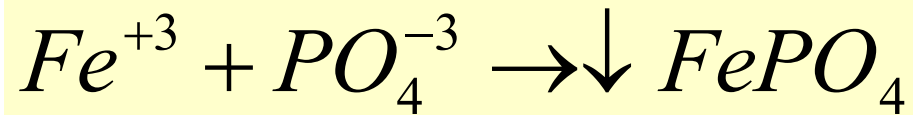
X_{P_org} – fosfor organiczny nierozpuszczony

Ulega koagulacji i usidla się w wytrąconej zawieszynie $MePO_4$ $\{Me_x(PO_4)_y(OH)_z\}$ i $Me(OH)_3$

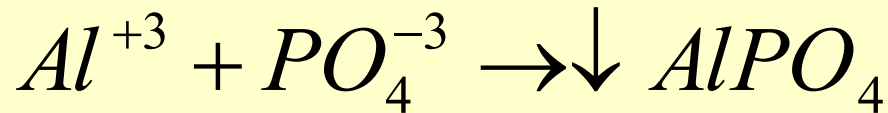
Chemiczne strącanie fosforanów

Podstawy – podsumowanie stechiometrii

Strącanie solami żelaza - $Fe_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, $FeSO_4$



Strącanie solami glinu - $Al_2(SO_4)_3$



Dawka stechiometryczna

- 1 mol Fe/mol P
- 1 mol Al/mol P

Dawka praktyczna (dla uzyskania $\sim \leq 1$ g P- PO_4/m^3)

$1.5 \div 3 \times$ dawka stechiometryczna – **wyznaczana doświadczalnie!!**

Chemiczne strącanie fosforanów

Podstawy – produkcja osadów

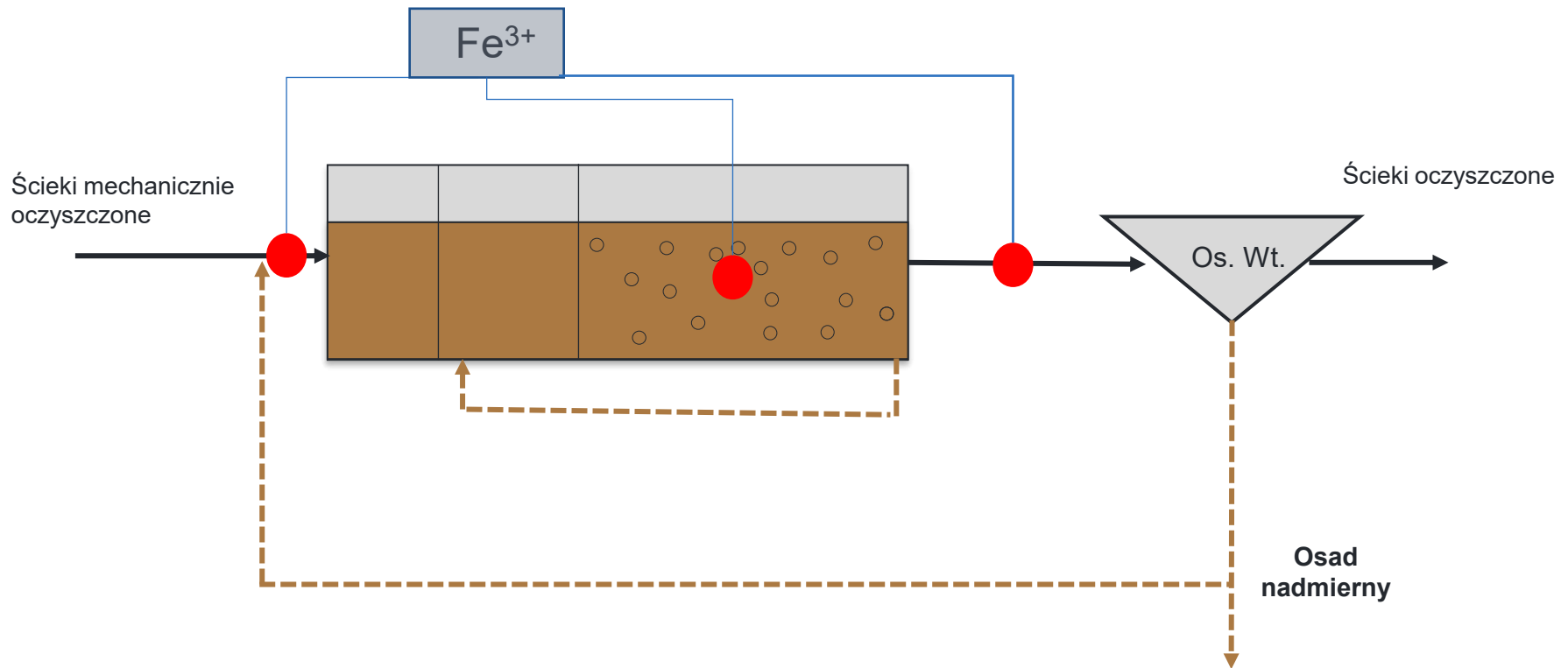
Produkcja osadu chemicznego (dodatkowy osad)

$$\text{Fe/P} = 2 \text{ mol/mol} \Rightarrow \Delta X_{\text{Chem}} \sim 8.3 \text{ g sm/g } P_{\text{usuniętego}} (\Delta X_{\text{min}})$$

$$\text{Al/P} = 2 \text{ mol/mol} \Rightarrow \Delta X_{\text{Chem}} \sim 6,5 \text{ g sm/g } P_{\text{usuniętego}} (\Delta X_{\text{min}})$$

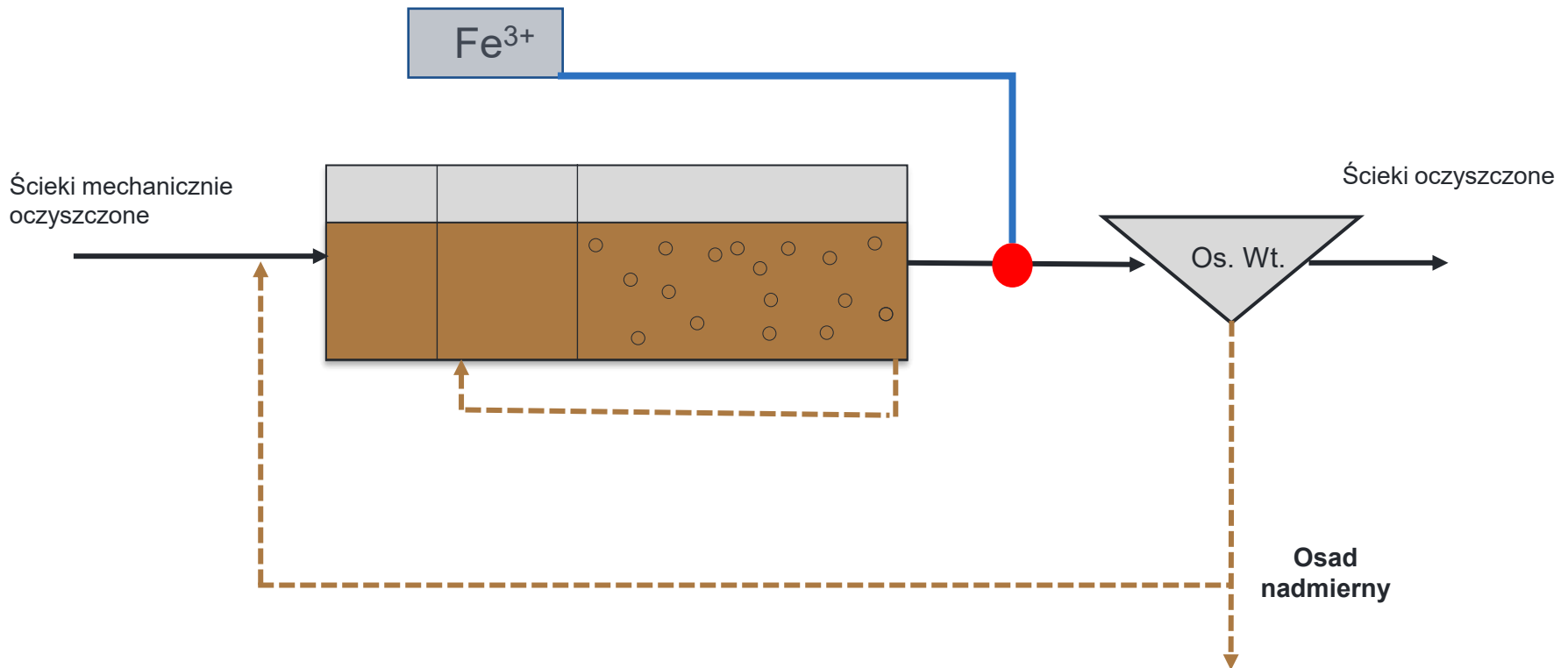
Chemiczna i biologiczna defosfatacja

Jak te procesy na siebie wpływają?



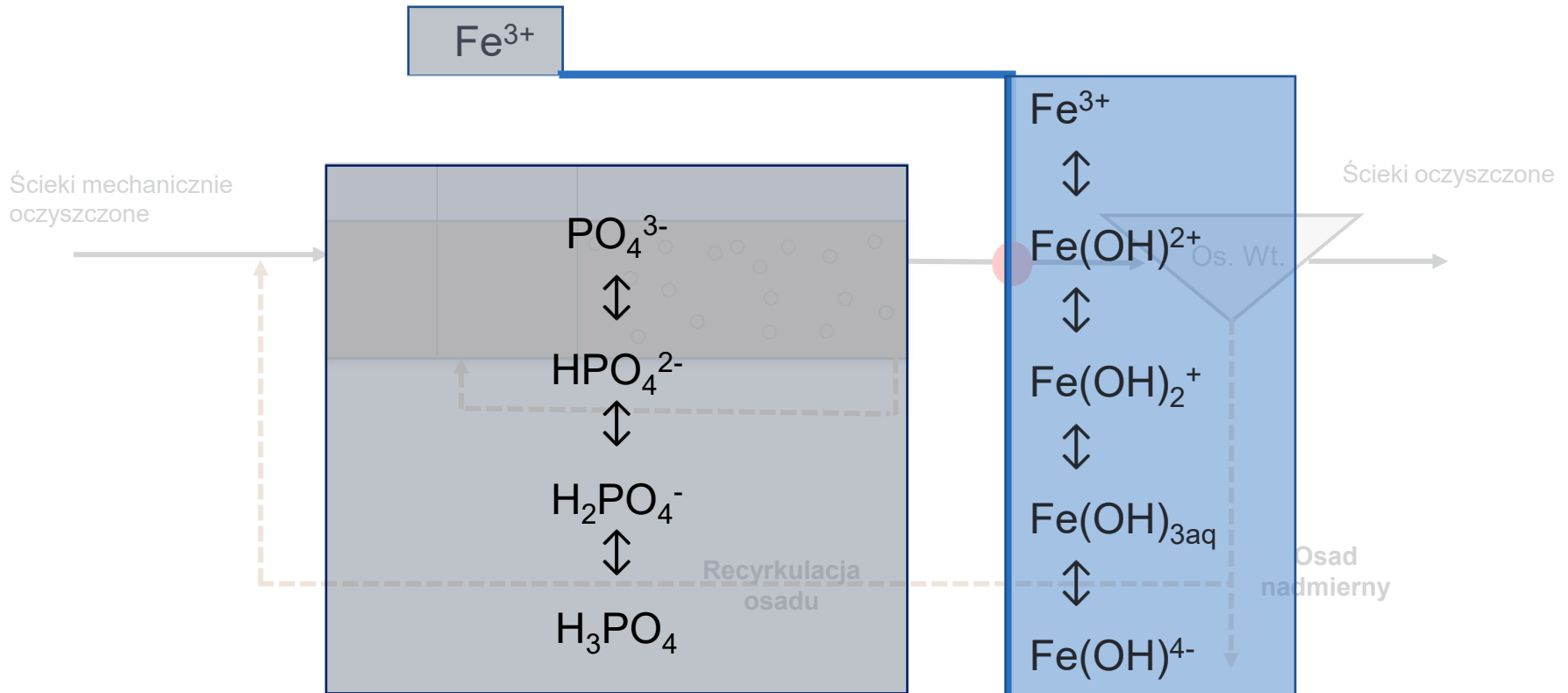
Chemiczna i biologiczna defosfatacja

Jak te procesy na siebie wpływają?



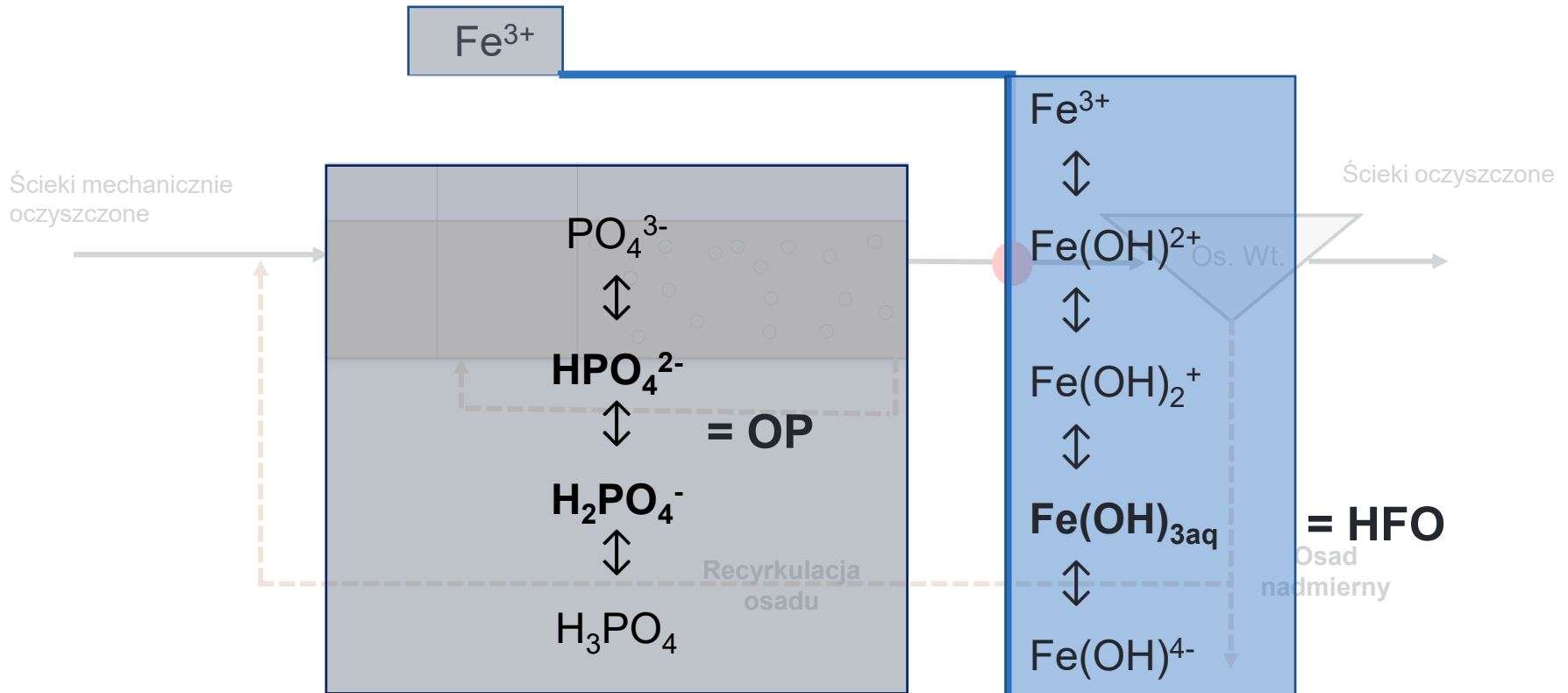
Chemiczna i biologiczna defosfatacja

Jak te procesy na siebie wpływają?



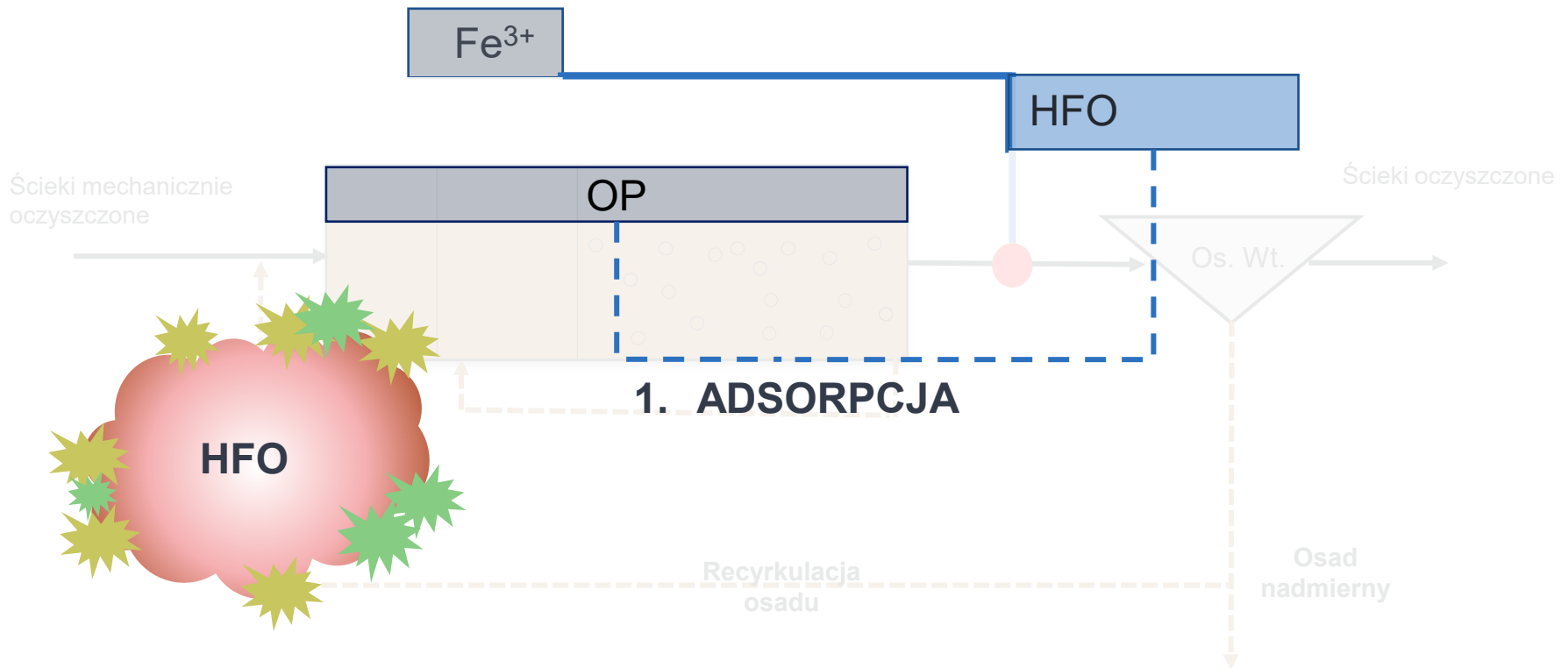
Chemiczna i biologiczna defosfatacja

Jak te procesy na siebie wpływają?



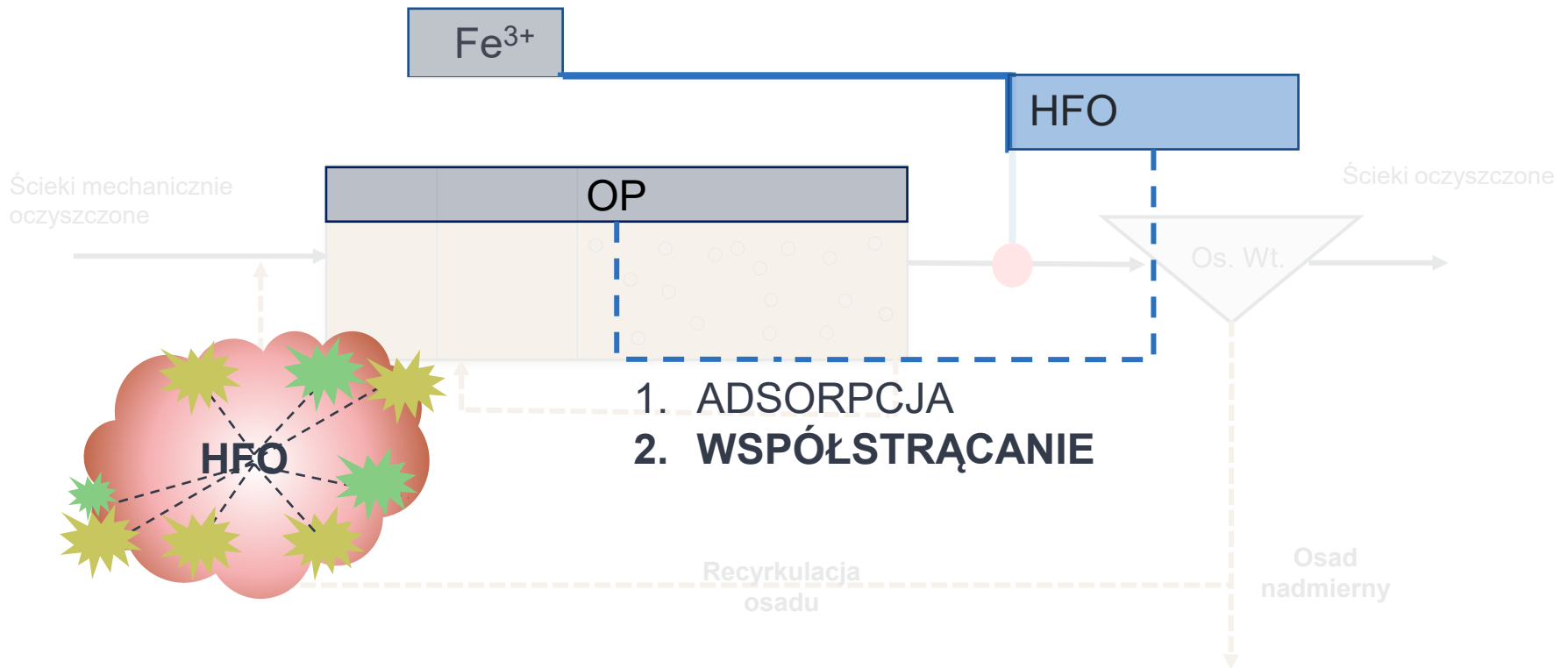
Chemiczna i biologiczna defosfatacja

Jak te procesy na siebie wpływają?



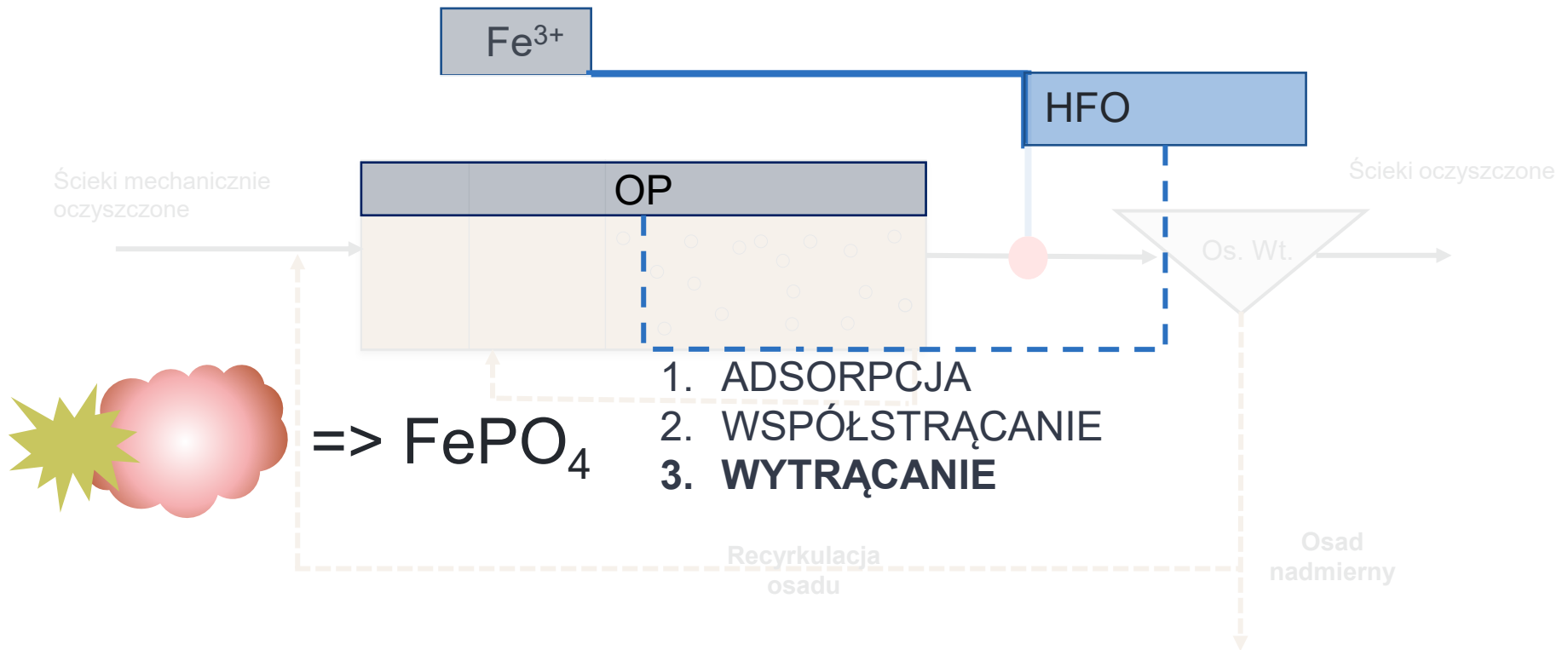
Chemiczna i biologiczna defosfatacja

Jak te procesy na siebie wpływają?



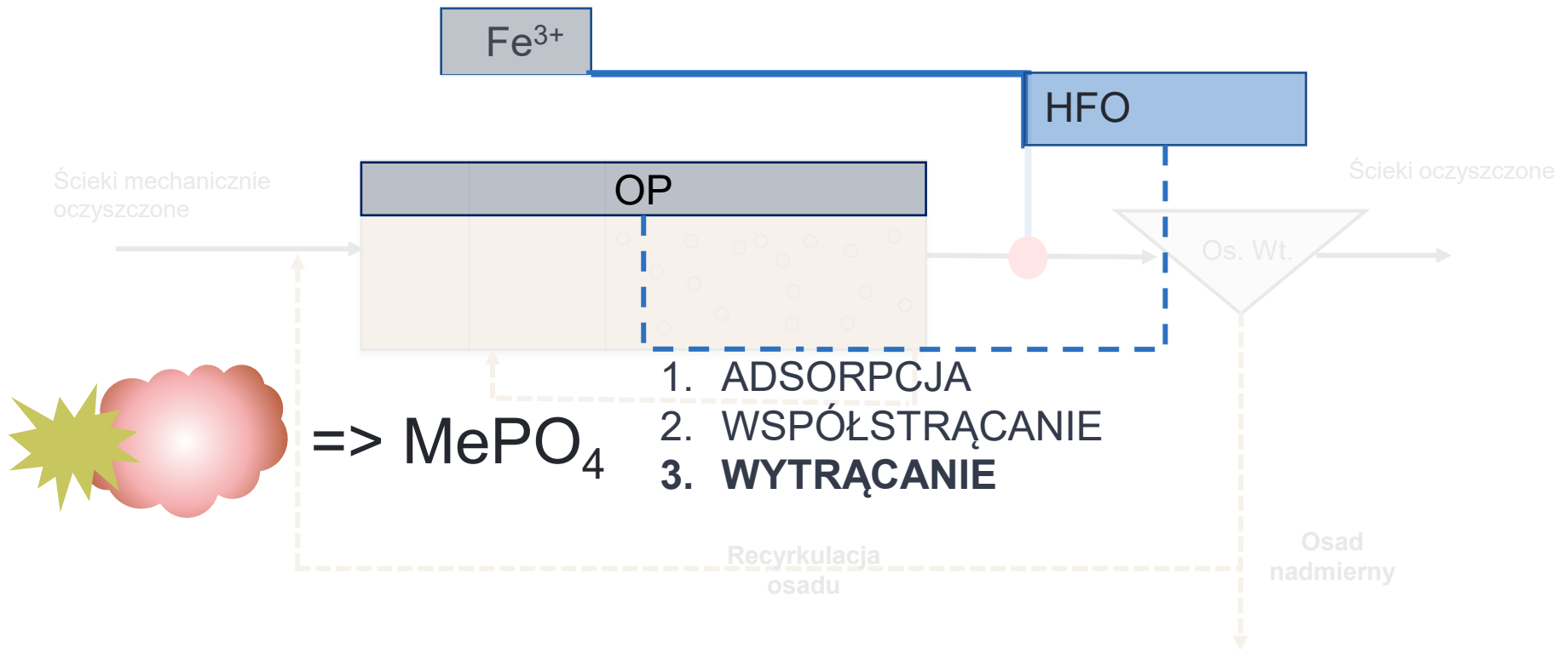
Chemiczna i biologiczna defosfatacja

Jak te procesy na siebie wpływają?



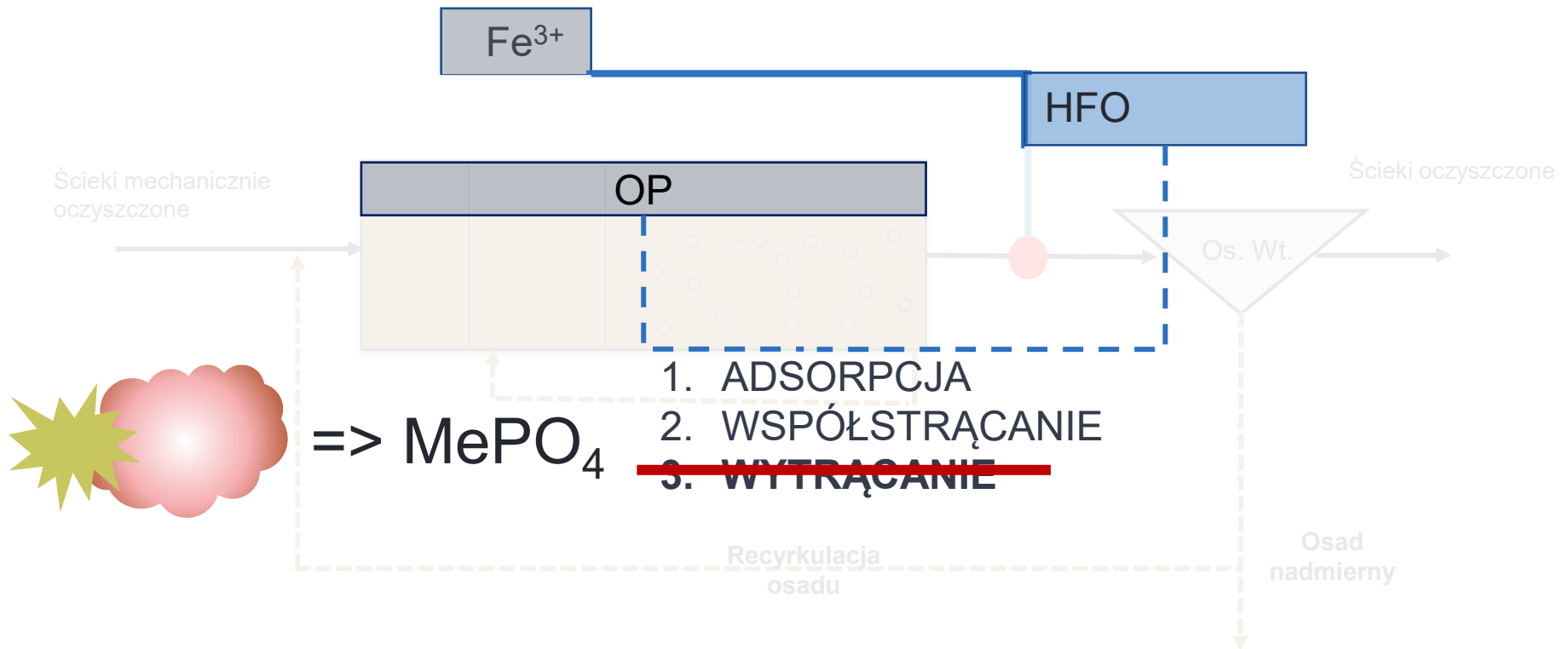
Chemiczna i biologiczna defosfatacja

Jak te procesy na siebie wpływają?



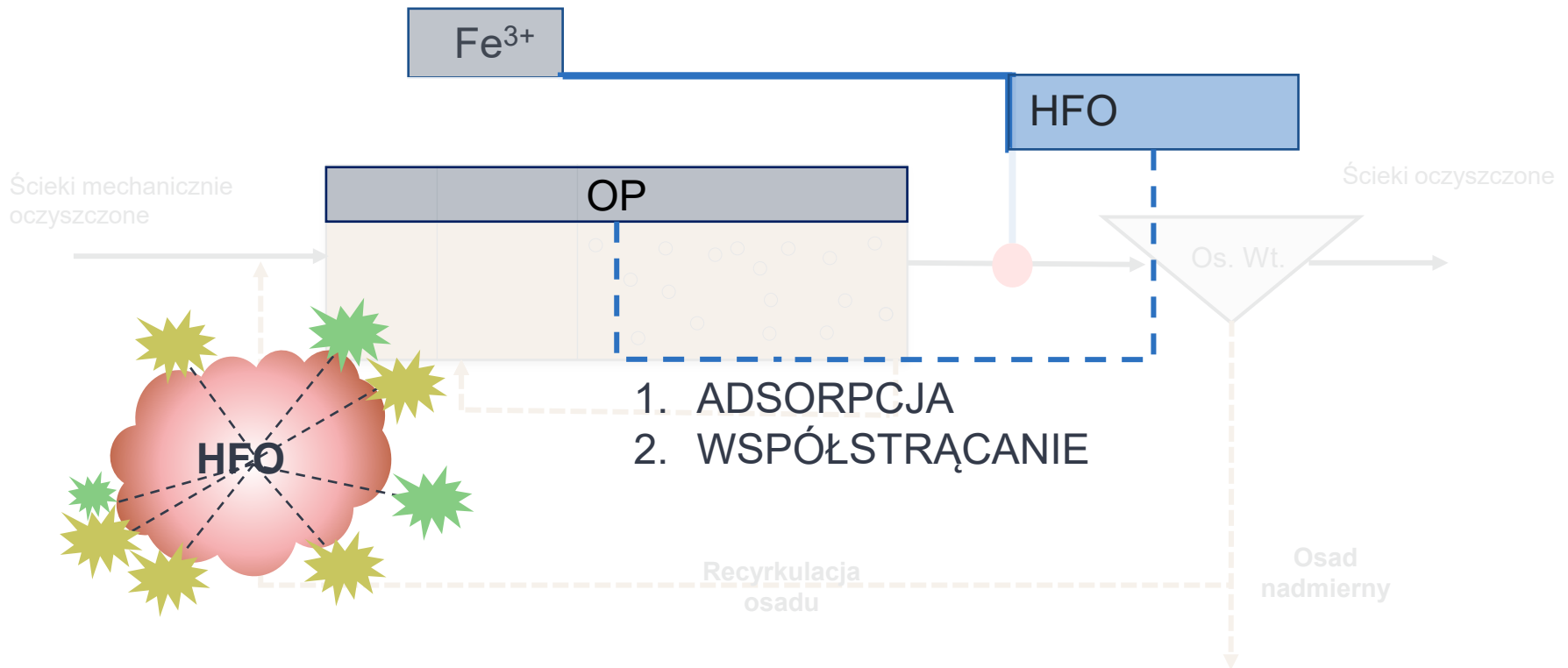
Chemiczna i biologiczna defosfatacja

Jak te procesy na siebie wpływają?



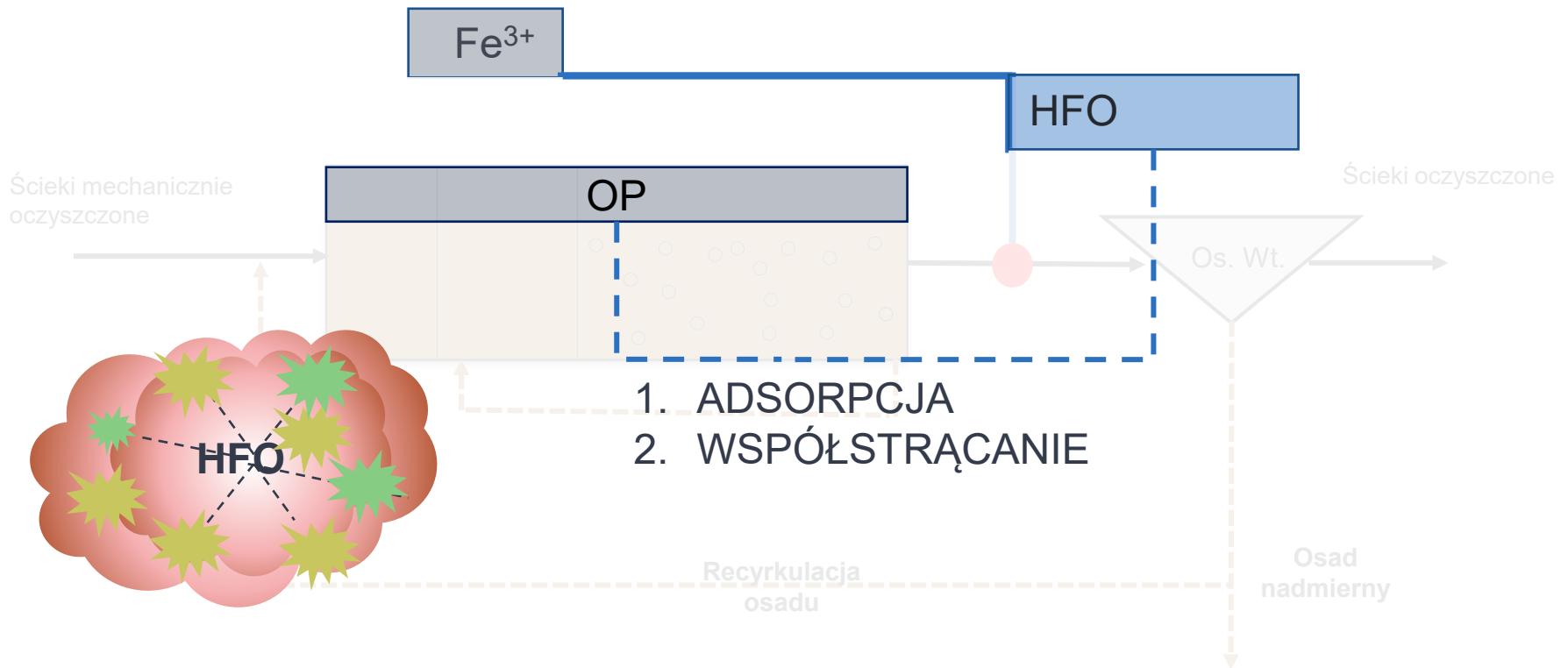
Chemiczna i biologiczna defosfatacja

Jak te procesy na siebie wpływają?



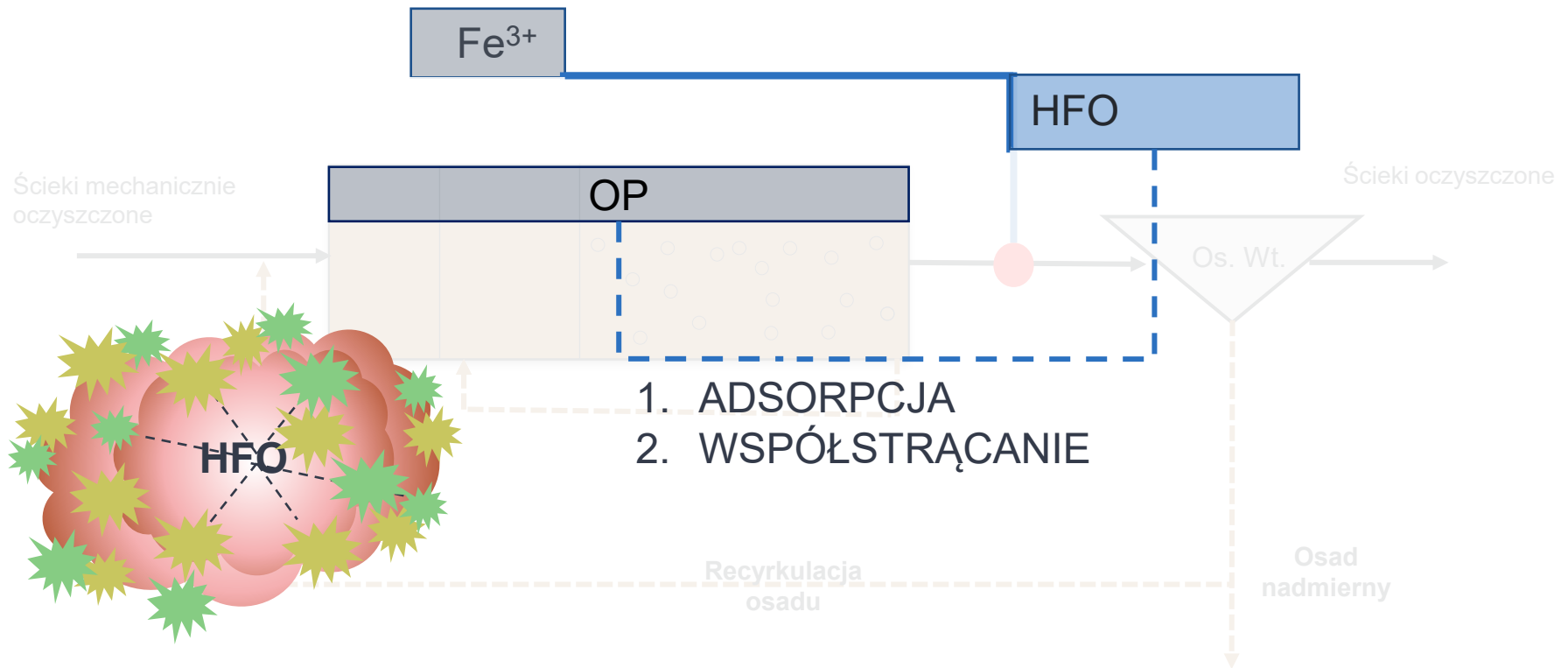
Chemiczna i biologiczna defosfatacja

Jak te procesy na siebie wpływają?



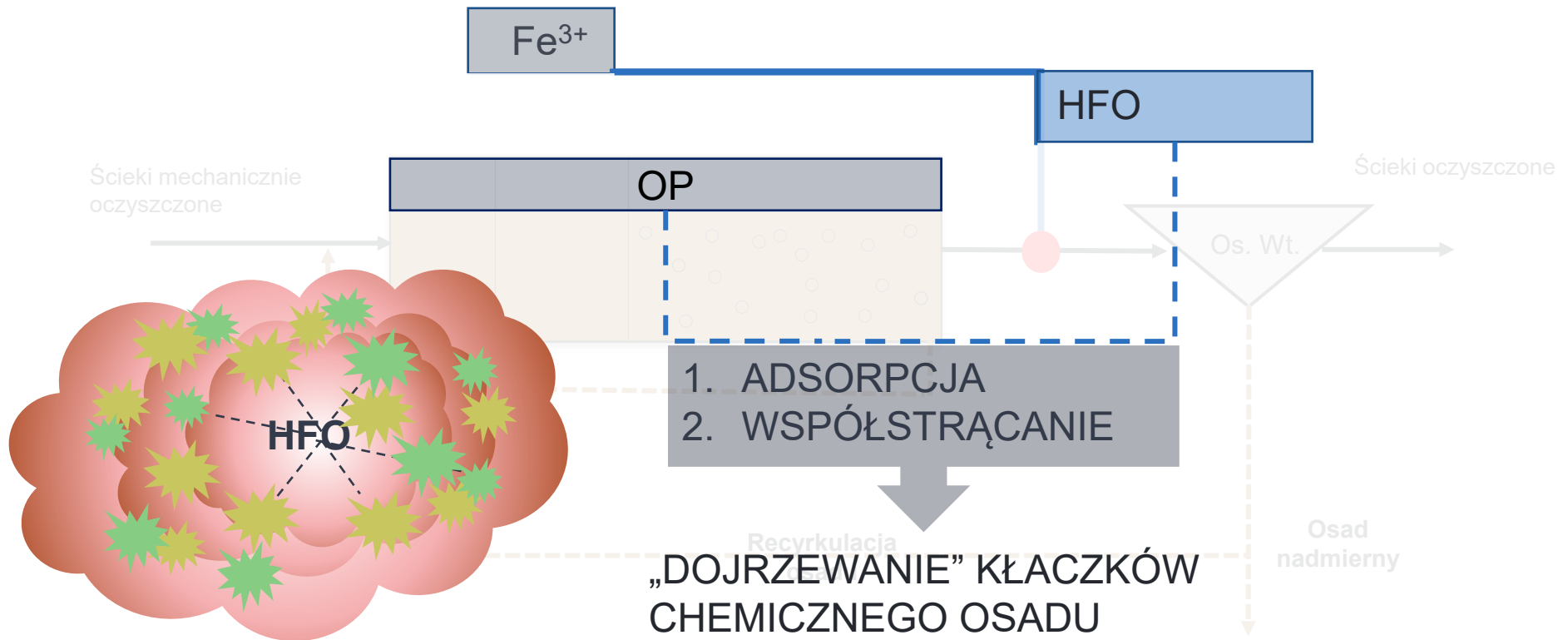
Chemiczna i biologiczna defosfatacja

Jak te procesy na siebie wpływają?



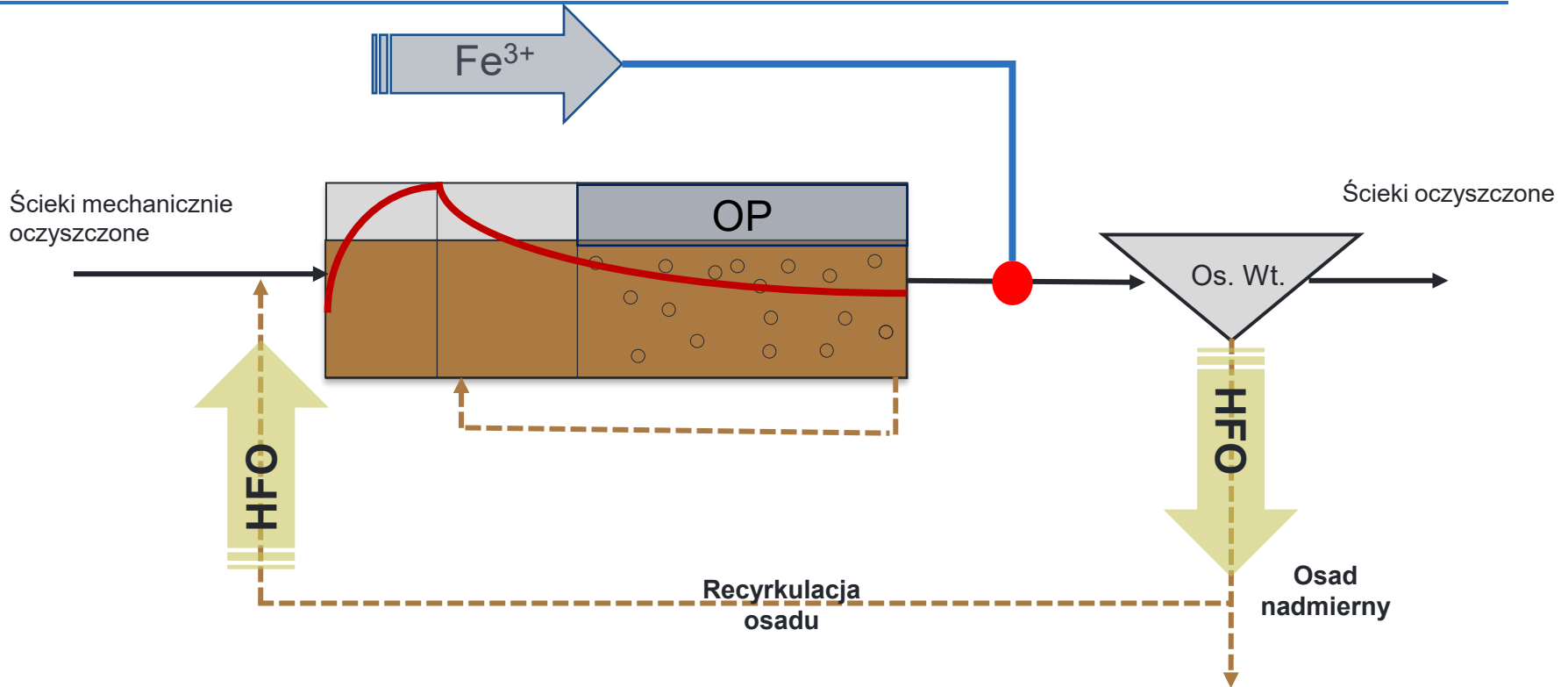
Chemiczna i biologiczna defosfatacja

Jak te procesy na siebie wpływają?



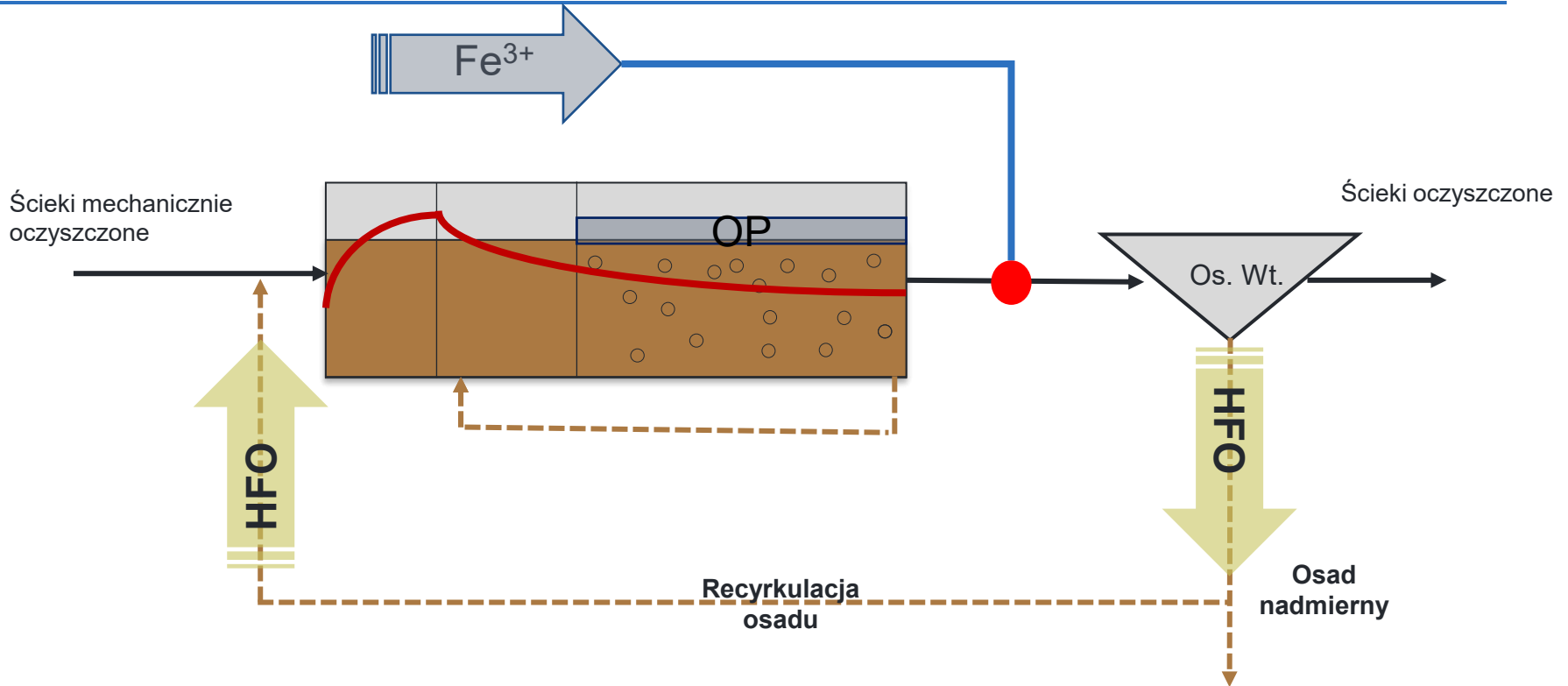
Chemiczna i biologiczna defosfatacja

Jak te procesy na siebie wpływają?



Chemiczna i biologiczna defosfatacja

Jak te procesy na siebie wpływają?



Chemiczna i biologiczna defosfatacja

Jak te procesy na siebie wpływają?

