

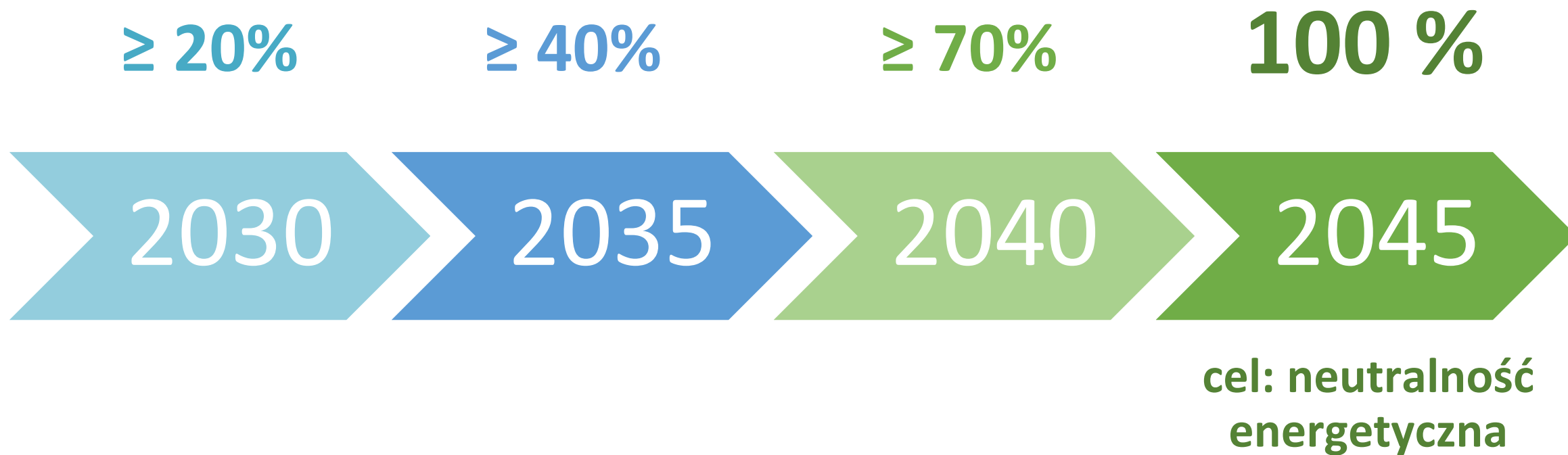
Wydział Inżynierii Środowiska
Politechnika Warszawska

W drodze do samowystarczalności energetycznej oczyszczalni ścieków

Prof. dr hab. inż. Monika Żubrowska-Sudoł
dr inż. Justyna Walczak
dr inż. Katarzyna Sytek-Szmeichel
dr inż. Beata Karolinczak

CELE PROCENTOWE SAMOWYSTARCZALNOŚCI ENERGETYCZNEJ

dla oczyszczalni ścieków komunalnych RLM > 10 000



JAK ZWIĘKSZYĆ ILOŚĆ PRODUKOWANEGO BIOGAZU ?

Proces kofermentacji

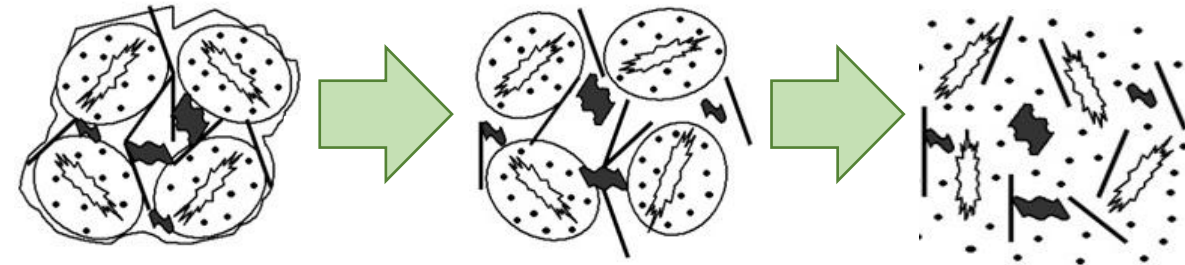
Osad ściekowy



Kosubstrat/ty

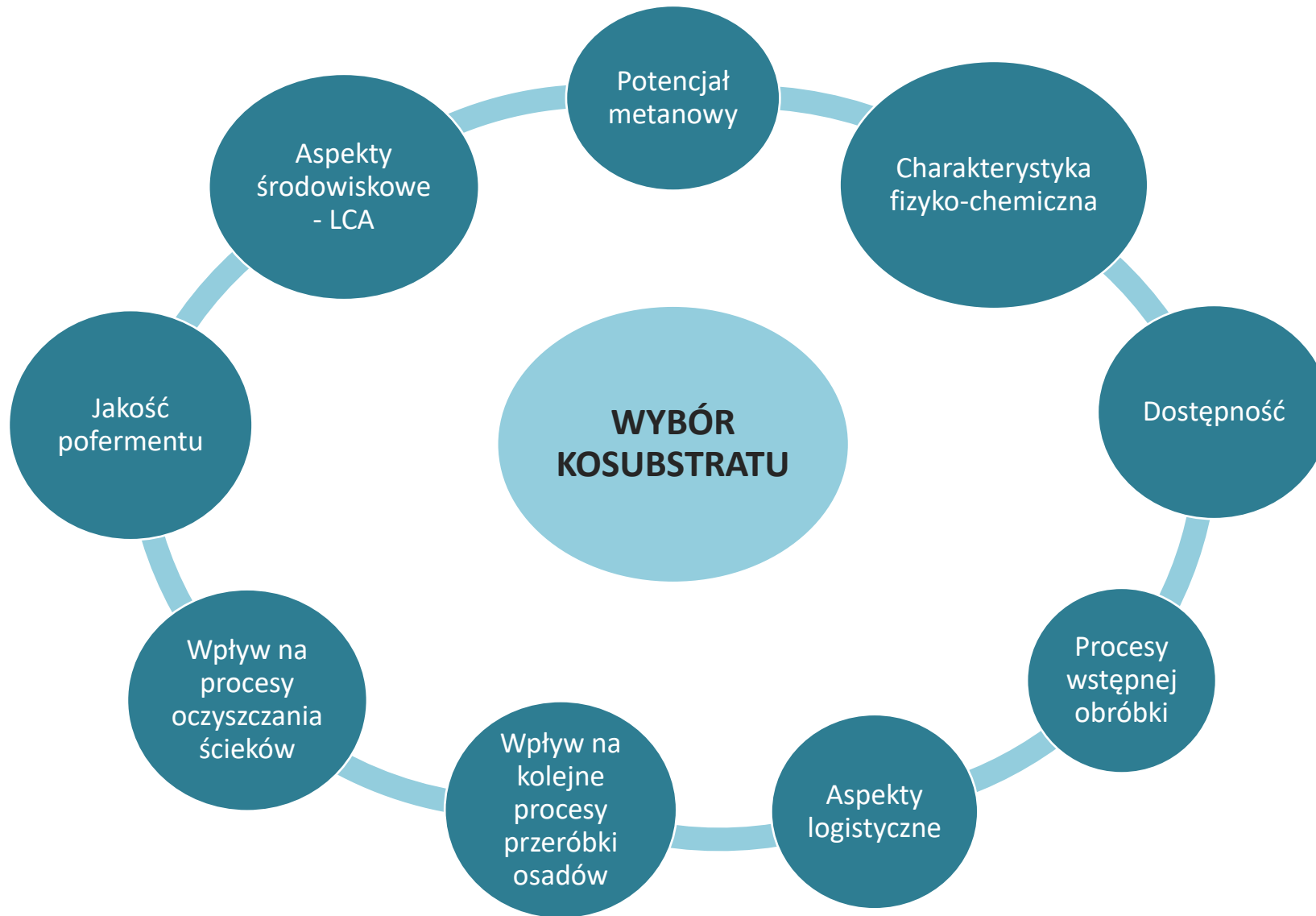
Proces dezintegracji

zwiększenie dostępności substratu
dla drobnoustrojów biorących udział
w procesie fermentacji metanowej



aspekty technologiczne, energetyczne, ekonomiczne, środowiskowe

WYBÓR KOSUBSTRATU/ÓW ORAZ DOBÓR STOSUNKU ZMIESZANIA



CHARAKTERYSTYKA FIZYKO-CHEMICZNA

➤ Skład substratu

C :N → od 10:1 do 16:1 (część badaczy: od 20:1 do 30:1)

N:P:S → 7:1:1

➤ pH i zdolność buforowa

pH:

prawidłowy przebieg fermentacji 7 – 7,5 (część badaczy 7 – 8,5)

Zasadowość:

optymalny zakres 2000 – 3000 mg CaCO₃/L

(nie mniej niż 500 mg CaCO₃/L)

Stężenie kwasów organicznych:

dopuszczalne stężenie 100 – 500 mgCH₃COOH/L

(nie więcej niż 2000 mgCH₃COOH/L) przy zasadowości od 500 mg CaCO₃/L

(część badaczy: stężenie kwasów organicznych ≤ 7000 mgCH₃COOH/L)

PRZYKŁAD: ZAWARTOŚCI C, H, N i S

Osady ściekowe ZAWARTOŚĆ PIERWIASTKA (%):

C - 37,66 (Niepewność pomiaru: 0,2%)

H – 5,81 (Niepewność pomiaru: 0,2%)

N – 5,22 (Niepewność pomiaru: 0,2%)

S - 0,693 (Niepewność pomiaru: rH 0,01%)

C/N = 7,21



BFO

ZAWARTOŚĆ PIERWIASTKA (%):

C - 43,56 (Niepewność pomiaru: 0,2%)

H – 6,29 (Niepewność pomiaru: 0,2%)

N – 2,14 (Niepewność pomiaru: 0,2%)

S - 0,155 (Niepewność pomiaru: rH 0,01%)

C/N = 20,4



C :N → od 10:1 do 16:1 (część badaczy: od 20:1 do 30:1)

GŁÓWNE INHIBITORY PROCESU FERMENTACJI METANOWEJ

Lp.	Rodzaj	Wartości stężenia powodujące inhibicję
1.	Wolny amoniak	> 80 mg/L > 150 mg/L całkowite zahamowanie procesu
2.	Azot amonowy	> 1500-3000 mg/L Występują przypadki braku inhibitującego wpływu przy stężeniach 7000-9000 mg/L
3.	Siarczki	> 80 mg/L
4.	Siarczany	> 5000 mg/L
5.	Lotne kwasy tłuszczowe: • kwas octowy • kwas izobutanowy • kwas propionowy	> 1000 mg/L przy pH<7 > 10 000 mg/L przy pH ok. 7 > 50 mg/L przy pH<7 > 5 mg/L przy pH<7 > 6000 przy pH ok. 7

POTENCJAŁ METANOWY - AMPTS

**Test potencjału wytwórczego metanu
– przydatne narzędzie analityczne**



AMPTS II		
inokulum	inokulum	inokulum
R4	R5	R6
R7	R8	R9
R10	R11	R12
R13	R14	R15

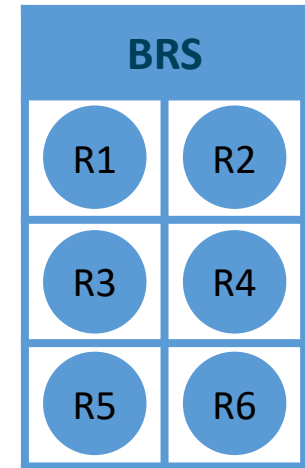


**Określenie potencjału
metanowego
[Nml/g s.m.o.]**

**Aparatura do wyznaczania potencjału metanowego AMPTS II
(Automatic Methane Potential Test)**

HODOWLA PÓŁCIĄGŁA - BRS (BioReactor Simulator)

Test w warunkach hodowli półciągłej



Określenie dobowej
produkcji metanu
[Nml/g s.m.o. /d]

Aparatura do prowadzenia testów półciągłych BRS
(BioReactor Simulator)

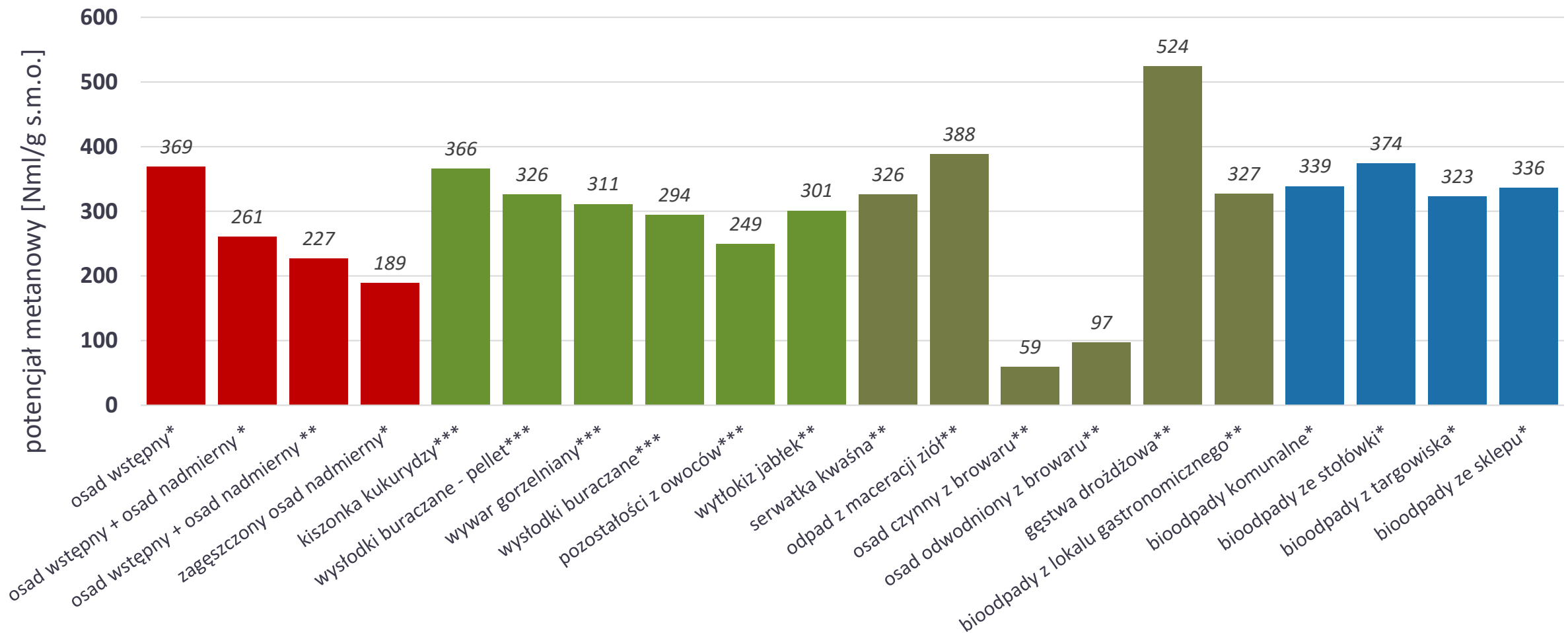
Aparatura do wyznaczania potencjału metanowego AMPTS II (Automatic Methane Potential Test)



Aparatura do prowadzenia testów półciągłych BRS (BioReactor Simulator)



POTENCJAŁ METANOWY



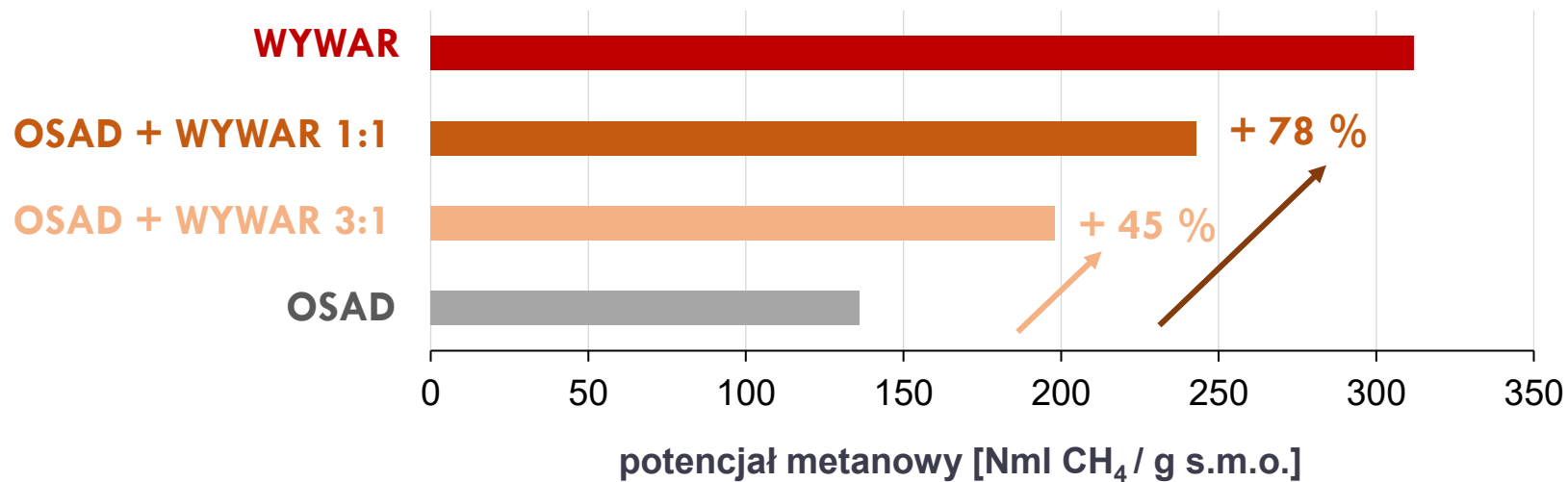
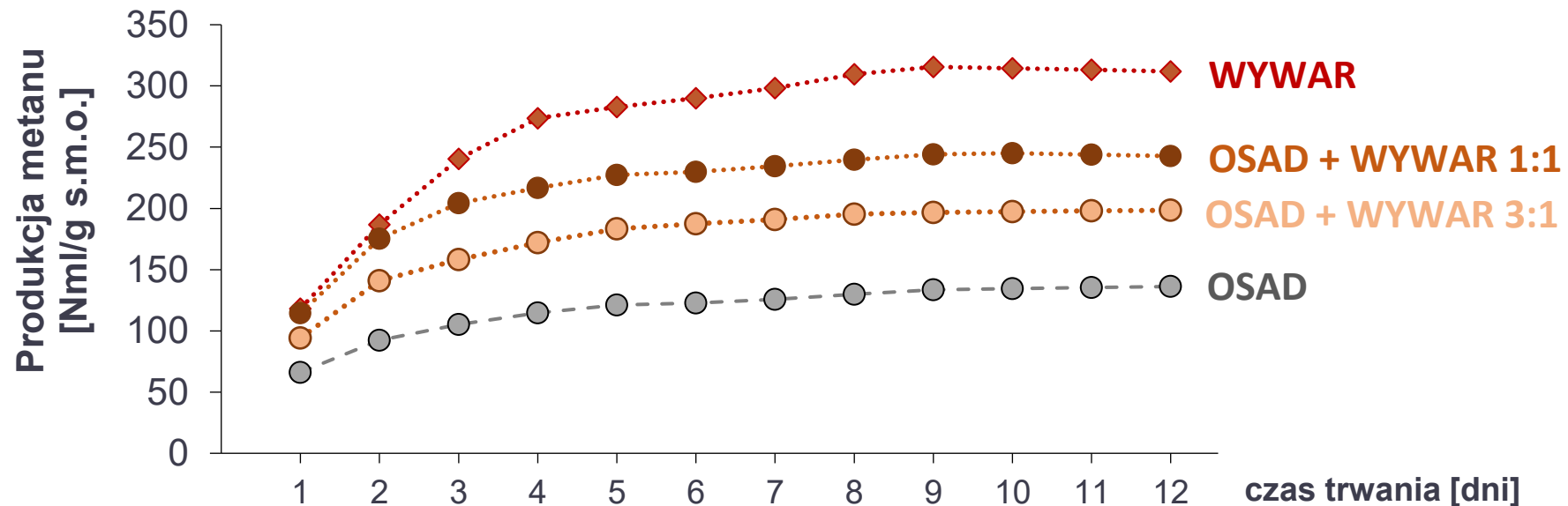
*Żubrowska-Sudoł M., Walczak J. *Analiza możliwości wzrostu produkcji energii odnawialnej w oczyszczalniach ścieków poprzez wykorzystanie procesów kofermentacji oraz dezintegracji substratów* (Projekt badawczy, 2021-2022)

** Marczewski P. *Analiza potencjału metanowego wybranych pozostałości odpadów organicznych* (Praca dyplomowa magisterska, promotorzy: Żubrowska-Sudoł M., Sytek-Szmeichel K., 2023)

*** Żubrowska-Sudoł M., Walczak J., Garlicka A., Sytek-Szmeichel K., Umiejewska K. *Opracowanie technologii przygotowania substratów wykorzystywanych w kofermentacji metanowej metodami dezintegracji - Dezmetan* (Projekt badawczy, 2018 – 2021)

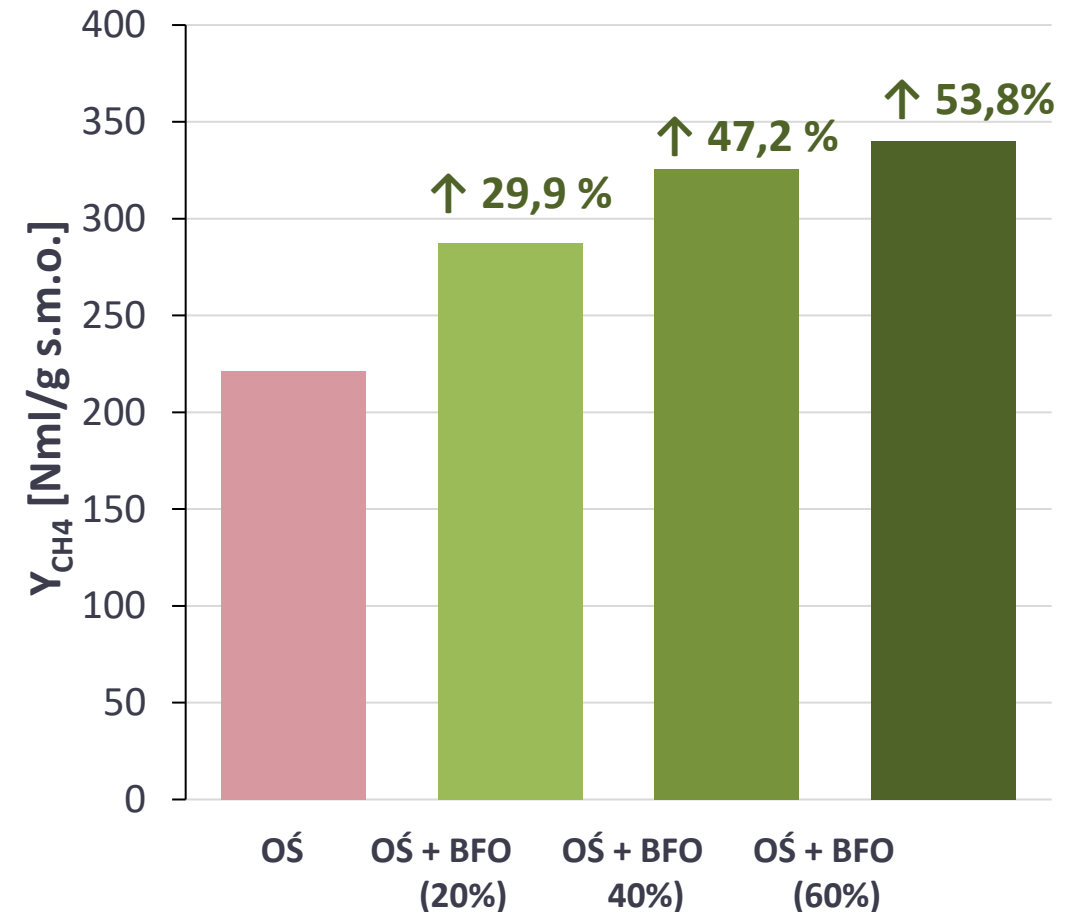
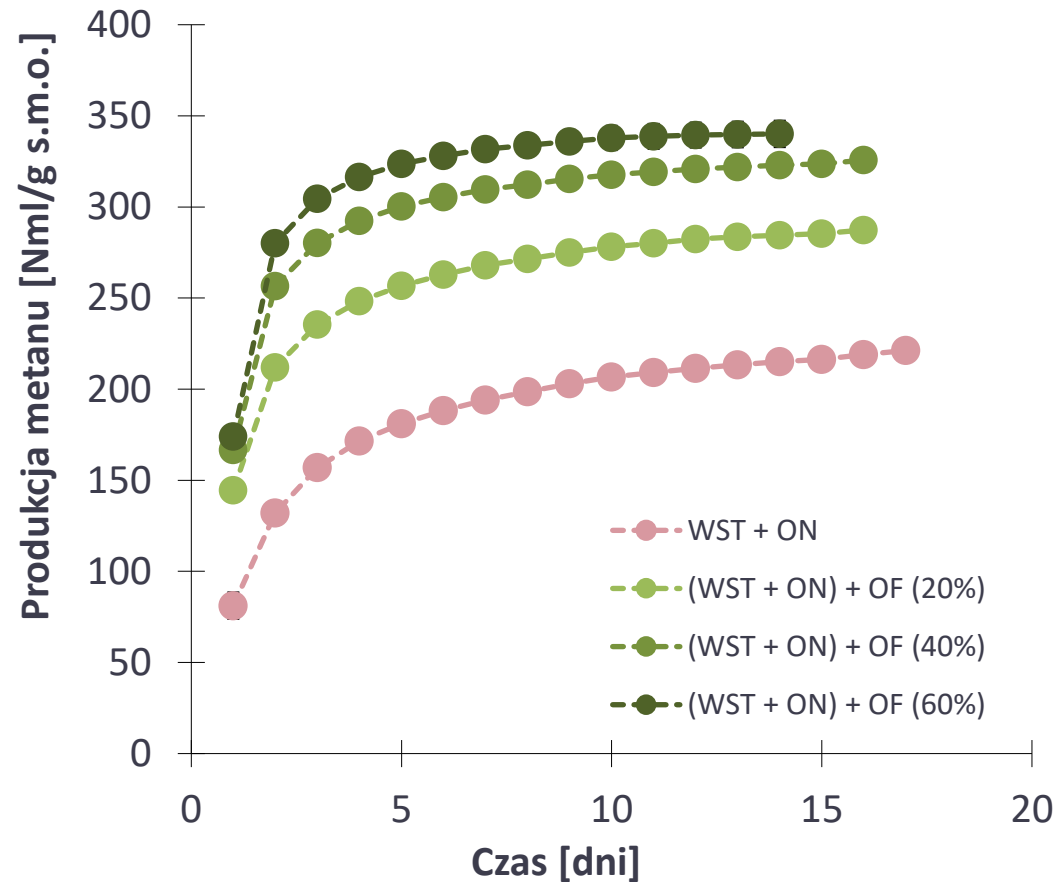
KOFERMENTACJA - PRZYKŁADY

W
Y
W
A
R



KOFERMENTACJA - PRZYKŁADY

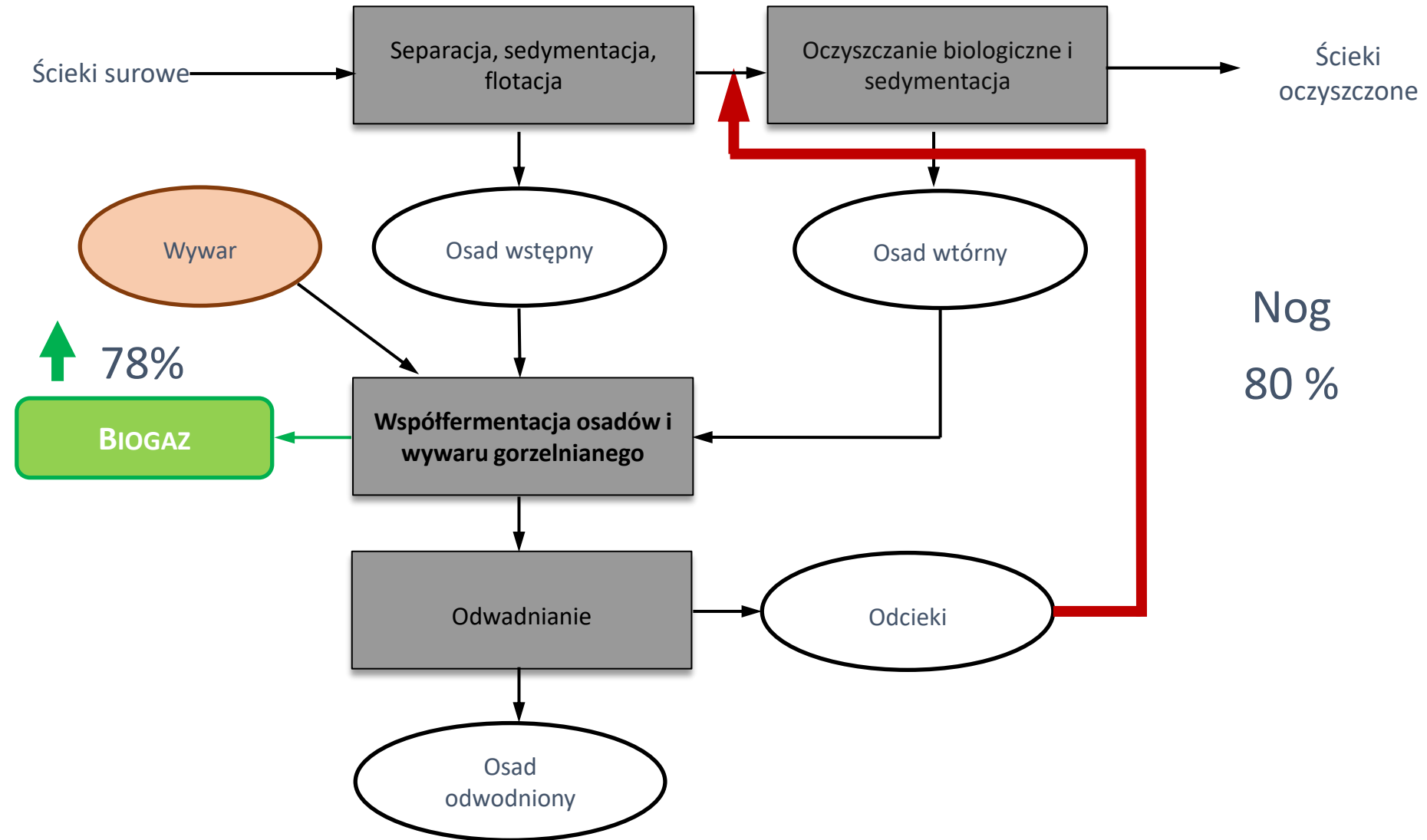
B
F
O



Projekt badawczy pt. „Analiza możliwości wzrostu produkcji energii odnawialnej w oczyszczalniach ścieków poprzez wykorzystanie procesów kofermentacji oraz dezintegracji substratów” finansowanego ze środków „Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza” (IDUB), Priorytetowe Obszary Badawcze: Konwersja i magazynowanie energii ENERGYTECH-2 (Umowa nr 1820/44/Z01/POB7/2021).

WPŁYW KOFERMENTACJI NA JAKOŚĆ ODCIEKÓW

W
Y
W
A
R



WPŁYW KOFERMENTACJI NA JAKOŚĆ ODCIEKÓW

B F O	Wskaźnik	Monofermentacja	Kofermentacja		
		OŚ	OŚ+BFO (20%)	OŚ+BFO (40%)	OŚ+BFO (60%)
	Nog (mg/l)	1214	1192	1280	1290
	N-NH ₄ (mg/l)	1102	1116	1136	1112
	Pog (mg/l)	28,4	28,7	27,2	25,6
	P-PO ₄ (mg/l)	27,9	27,8	26,4	25,4

Projekt badawczy pt. „Analiza możliwości wzrostu produkcji energii odnawialnej w oczyszczalniach ścieków poprzez wykorzystanie procesów kofermentacji oraz dezintegracji substratów” finansowanego ze środków „Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza” (IDUB), Priorytetowe Obszary Badawcze: Konwersja i magazynowanie energii ENERGYTECH-2 (Umowa nr 1820/44/Z01/POB7/2021).

WPŁYW KOFERMENTACJI NA PODATNOŚĆ NA ODWADNIANIE

Czas ssania kapilarnego (CSK)
Przydatny wskaźnik

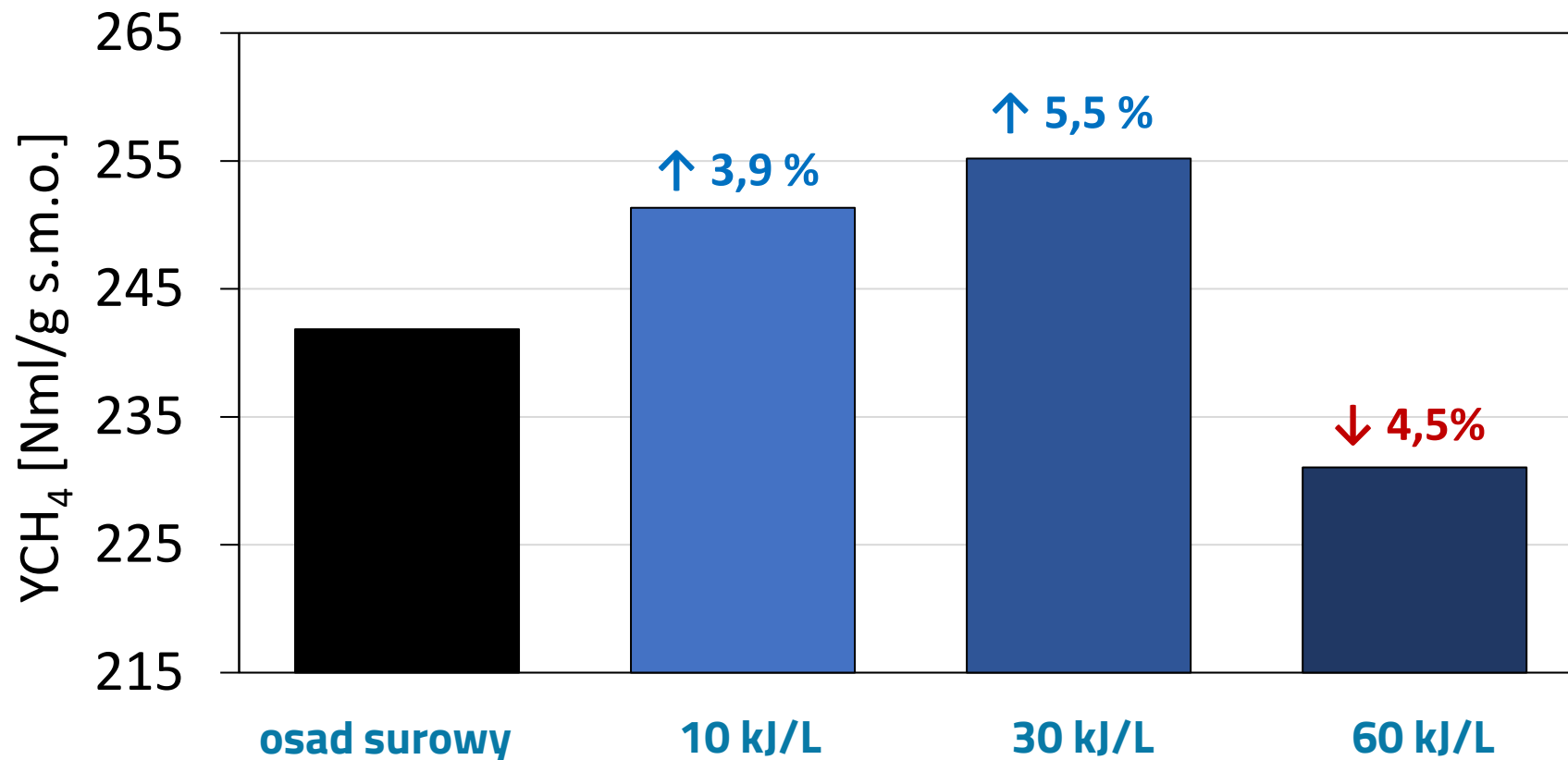


Wskaźnik	Monofermentacja	Kofermentacja		
	OŚ	OŚ+BFO 20%	OŚ+BFO 40%	OŚ+BFO 60%
CSK (s)	382,53	382,92	355,47	389,36

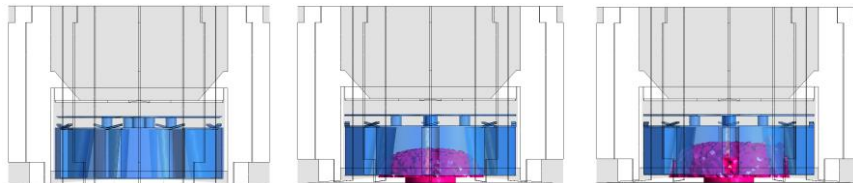
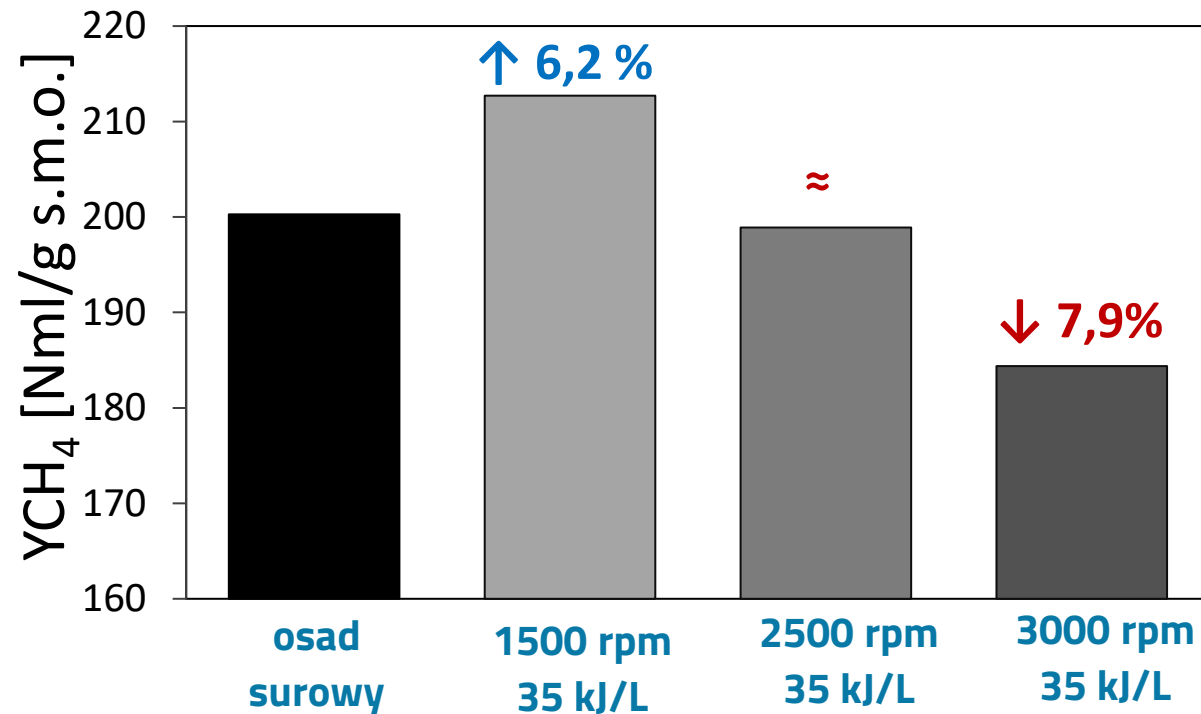
Czas ssania kapilarnego (CSK) definiuje się jako czas przejścia filtratu między kręgami o dwóch różnych średnicach (3,2 i 4,5 cm)

Projekt badawczy pt. „Analiza możliwości wzrostu produkcji energii odnawialnej w oczyszczalniach ścieków poprzez wykorzystanie procesów kofermentacji oraz dezintegracji substratów” finansowanego ze środków „Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza” (IDUB), Priorytetowe Obszary Badawcze: Konwersja i magazynowanie energii ENERGYTECH-2 (Umowa nr 1820/44/Z01/POB7/2021).

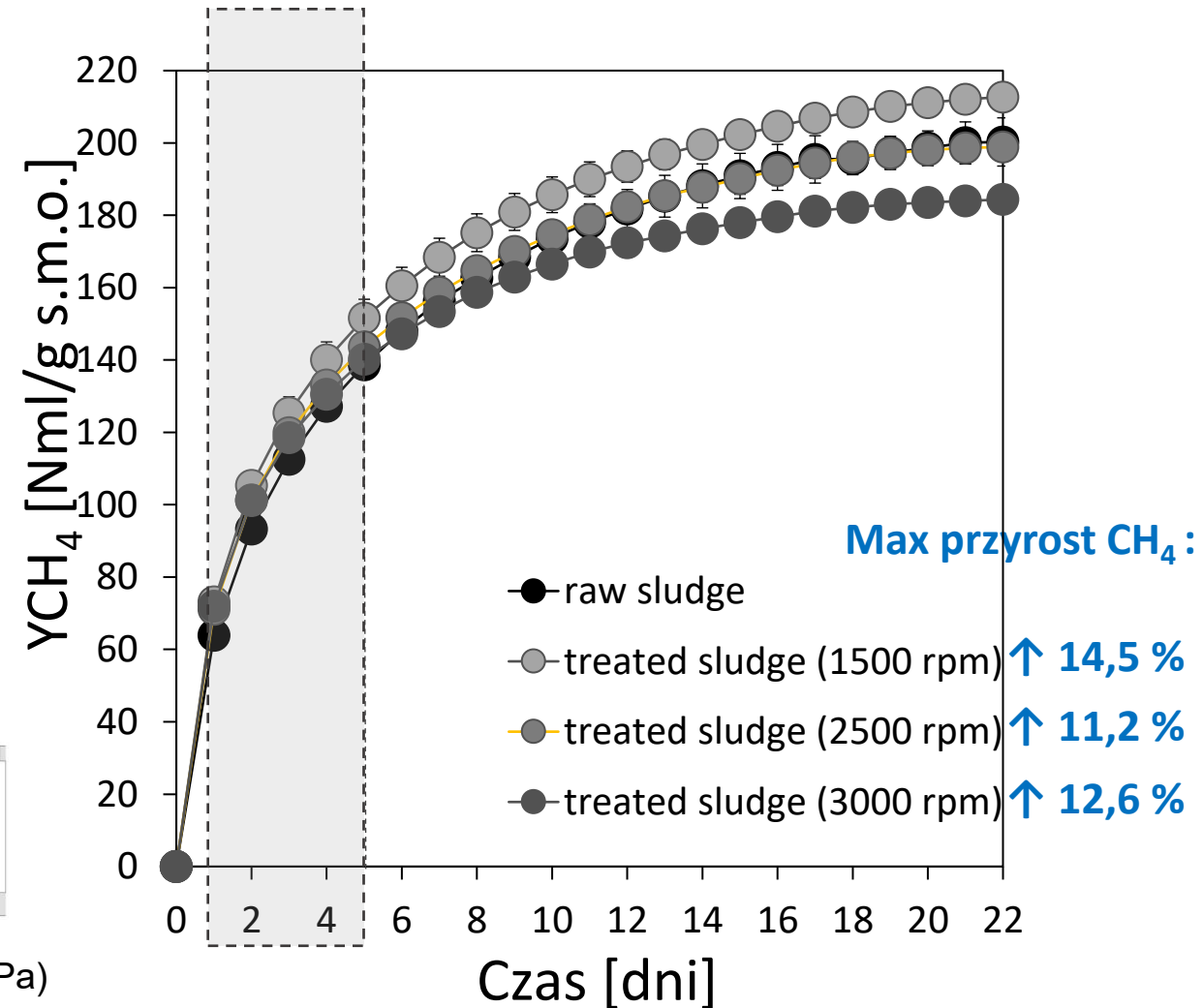
WPŁYW GĘSTOŚCI ENERGII NA POTENCJAŁ METANOWY (AMPTS)



WPŁYW OBROTÓW WIRNIKA NA POTENCJAŁ METANOWY (AMPTS)



Strefa poniżej ciśnienia kawitacyjnego (1705 Pa)



PODSUMOWANIE

Kofermentacja daje możliwość uzyskania znaczącego wzrostu produkcji energii odnawialnej, co czyni ją atrakcyjnym rozwiązaniem w dążeniu do samowystarczalności energetycznej oczyszczalni ścieków.

Istotny jest właściwy dobór kosubstratów oraz ich stosunku zmieszania z osadami ściekowymi. Powinien on uwzględniać aspekty technologiczne, logistyczne, środowiskowe oraz ekonomiczne.

Dodatkowy wzrost ilości produkowanego biogazu można uzyskać poprzez zastosowanie wstępnej obróbki wsadu do komór fermentacyjnych metodami dezintegracji. W przypadku dezintegracji hydrodynamicznej parametrami determinującymi uzyskanie pożądanego efektu są obroty wirnika oraz gęstość energii.

DZIĘKUJĘ!

Monika Żubrowska-Sudoł
monika.sudol@pw.edu.pl

Politechnika Warszawska

Wydział inżynierii Środowiska

Zakład Systemów

Wodociągowych i Kanalizacyjnych

