

GOSPODARKA W OBIEGU ZAMKNIĘTYM W SAMORZĄDACH

20 czerwca 2022 r., Słupsk



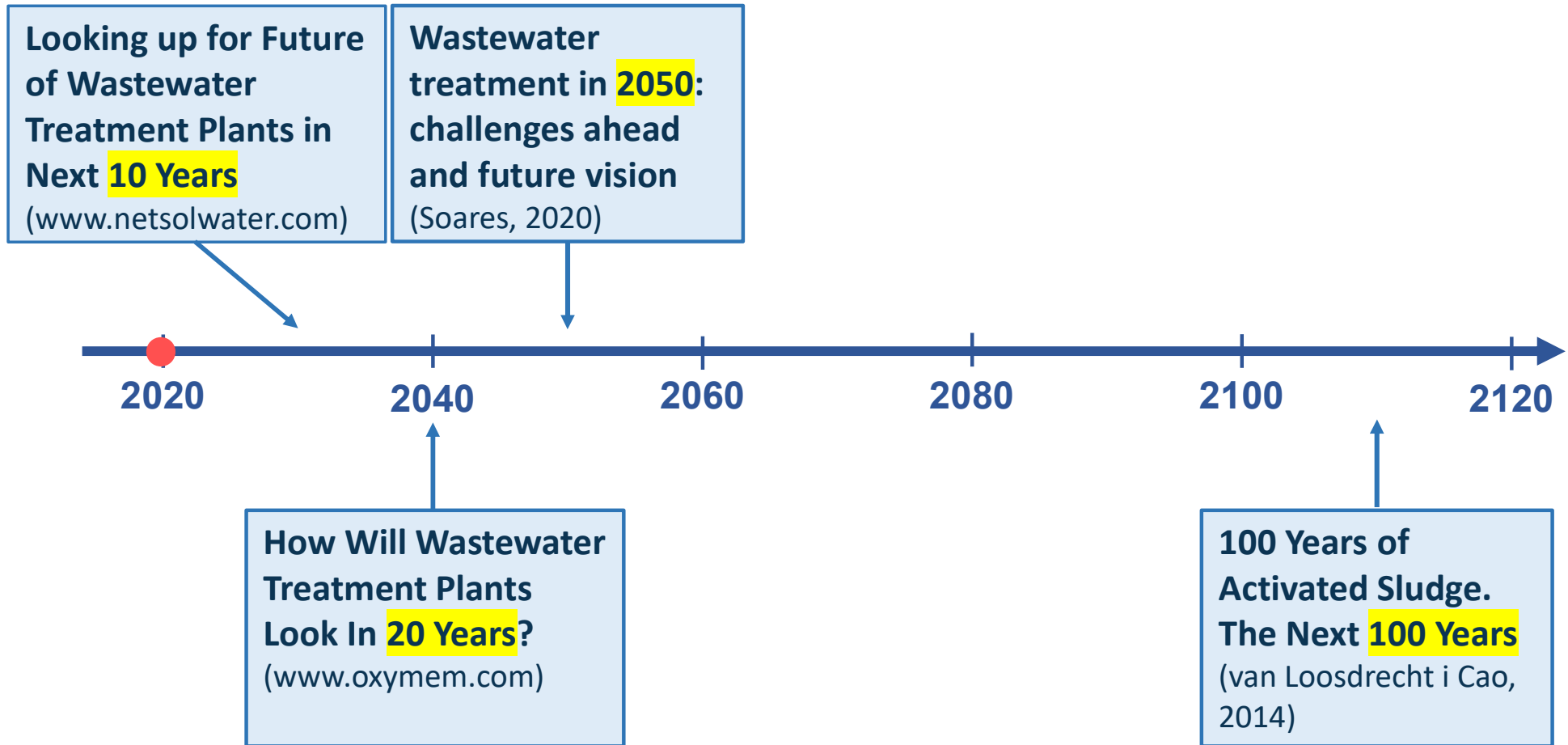
**POLITECHNIKA
GDAŃSKA**

Jak będą wyglądały oczyszczalnie przyszłości?

Jacek Mąkinia

Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

Katedra Inżynierii Sanitarnej





yokogawa.com

- **Samowystarczalność energetyczna** (nowe procesy usuwania azotu, odzysk energii) i **neutralność klimatyczna**
- **Odzysk surowców** (woda, związki biogenne, związki organiczne)
- **Usuwanie nowych rodzajów zanieczyszczeń** (farmaceutyki, mikrozanieczyszczenia)
- **Intensyfikacja procesu** oczyszczania ścieków i fermentacji osadu (np. osad granulowany)

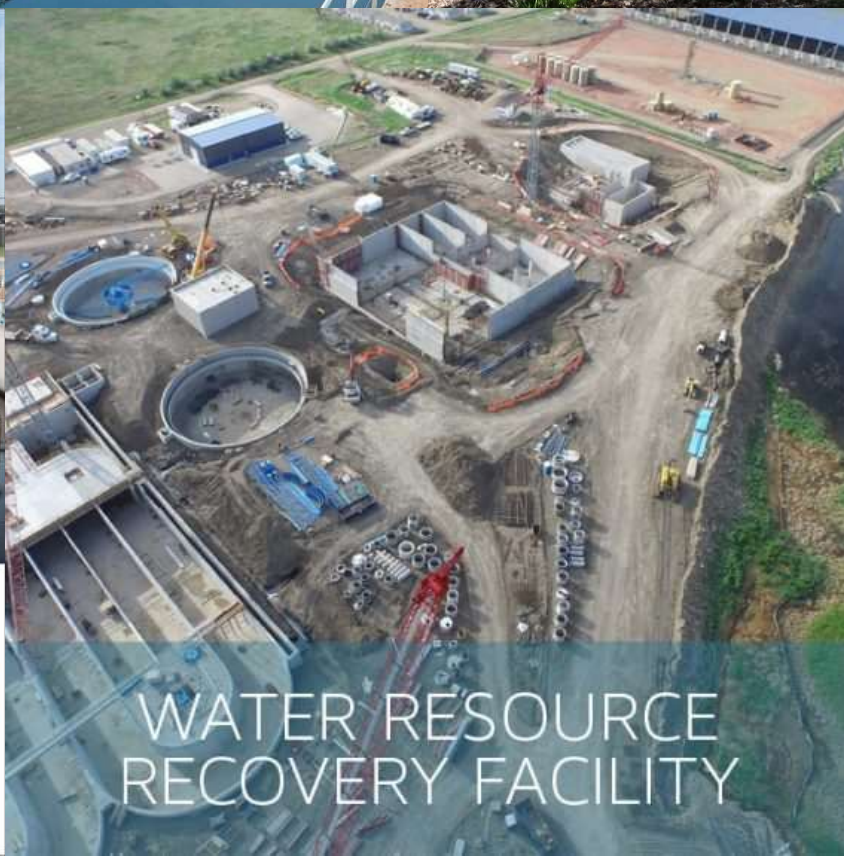


Process Monitoring and Automation of Water Resource Recovery Facilities (WRRF)

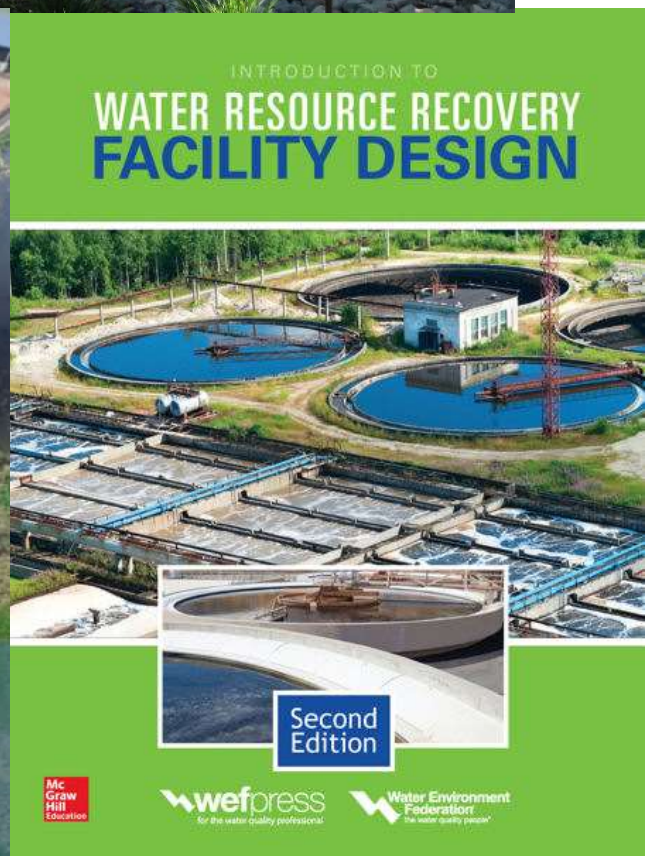


MOVING TOWARD WATER RESOURCE RECOVERY FACILITIES

wef special publication



WATER RESOURCE RECOVERY FACILITY



INTRODUCTION TO WATER RESOURCE RECOVERY FACILITY DESIGN

Second Edition

McGraw Hill Education

wefpress for the water quality professional

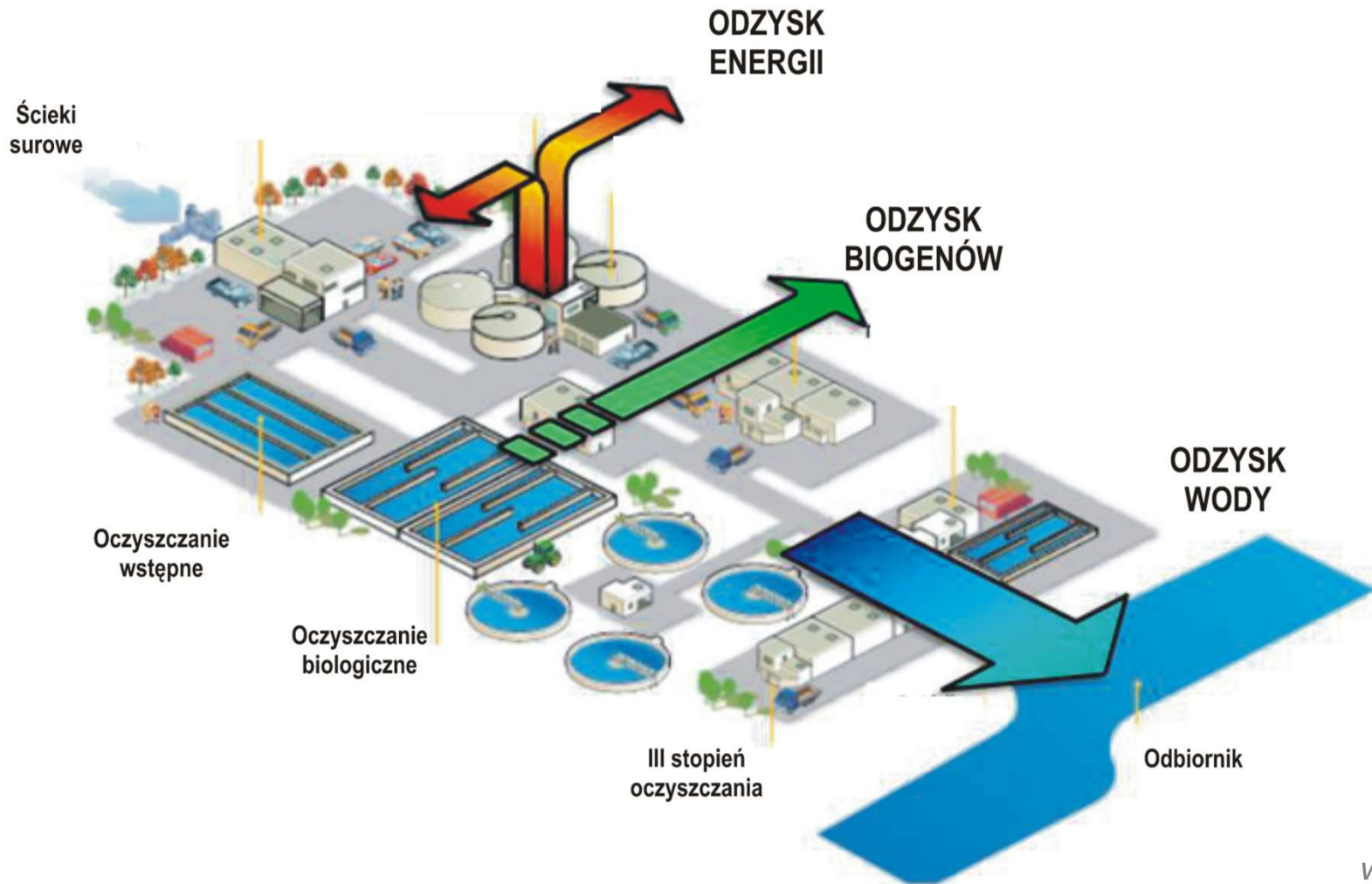
Water Environment Federation for the water quality people



ANALIZA CYKLU ŻYCIA (LCA) i ŚLAD WĘGLOWY



Odzysk energii i surowców w oczyszczalniach

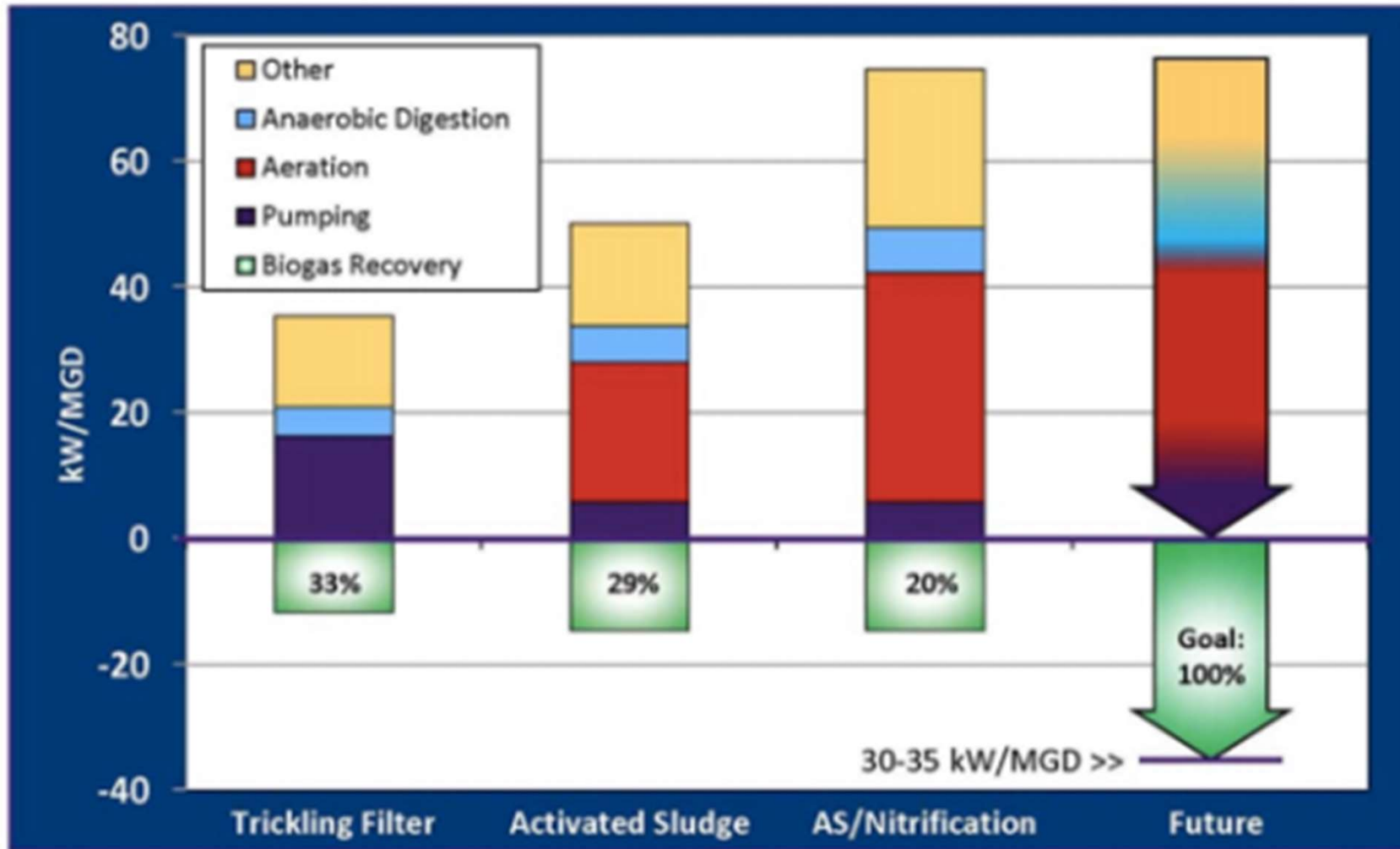


www.wateronline.com

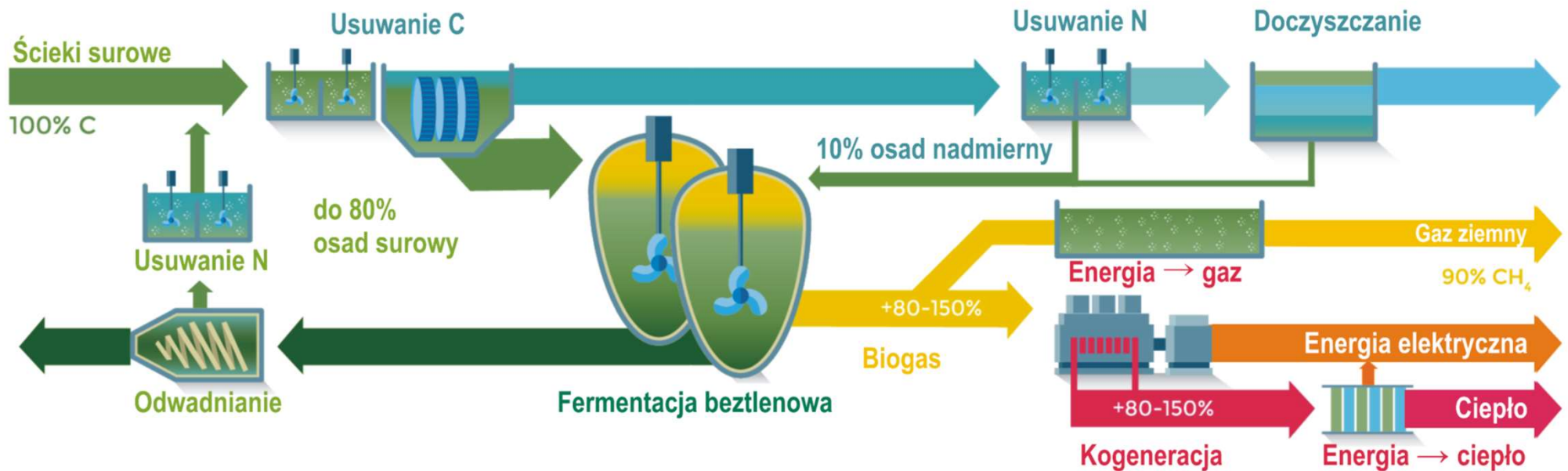




Zużycie energii w oczyszczalniach (1997)



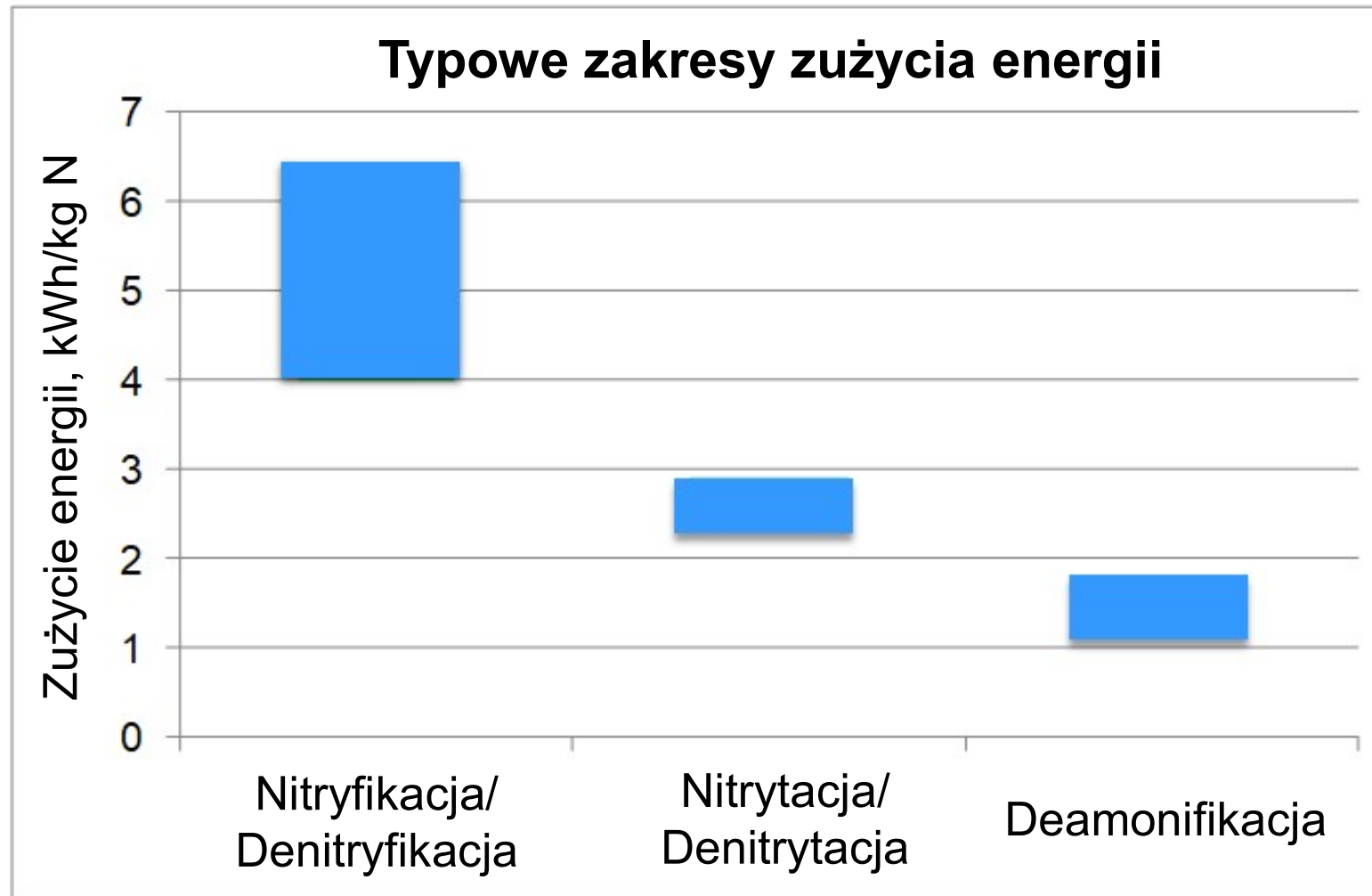
A graph from Elena Bailey's presentation showing that, historically, processes at water resource recovery facilities require an increasing amount of energy. The data is from WEF's Energy Conservation in Wastewater Treatment Facilities (MOP FD-2, 1997)



ENERGY-POSITIVE WWTP



Porównanie zużycia energii dla różnych procesów usuwania azotu





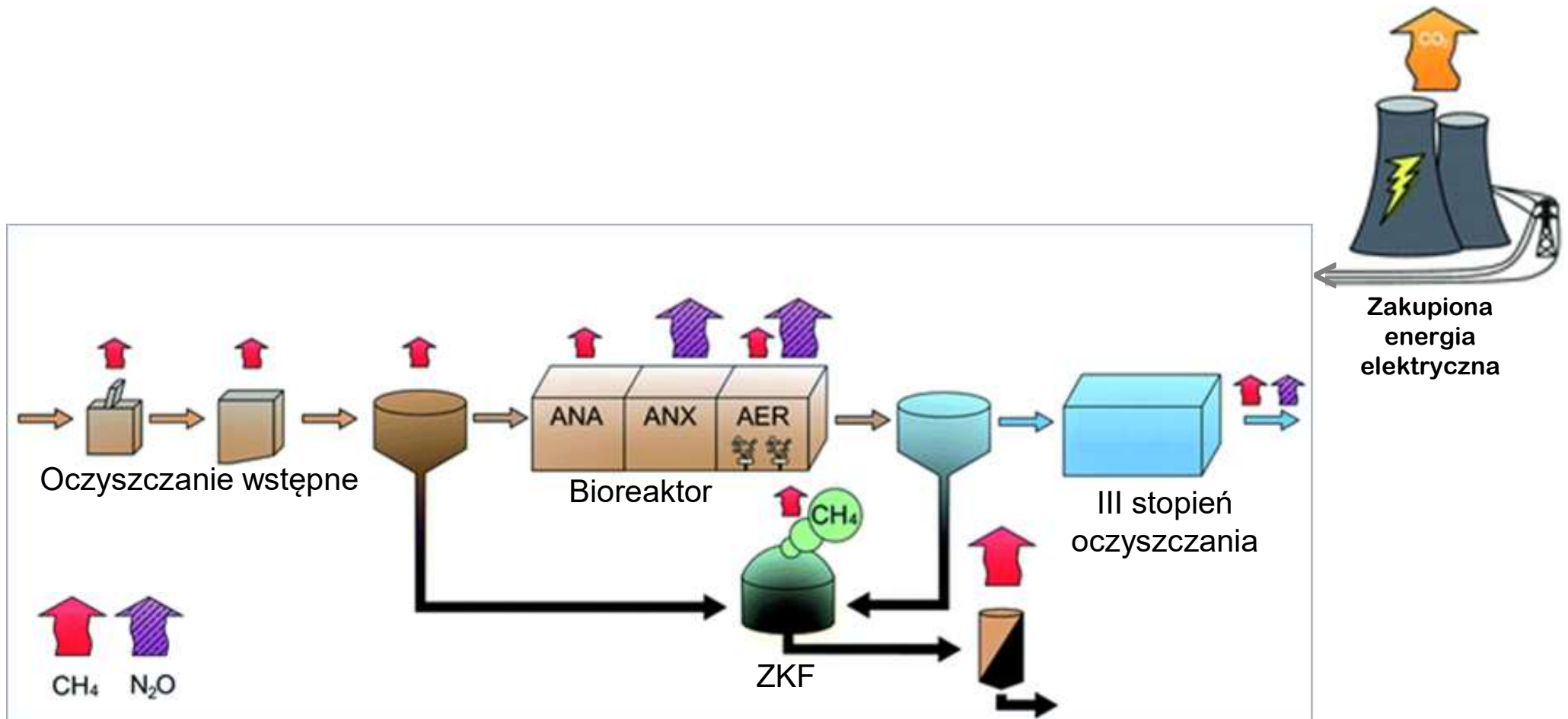
Motywacja

- **Brak zapotrzebowania zewnętrznego źródła węgla**
- **Energia**
 - Zmniejsza zapotrzebowanie tlenu w procesie usuwania N
 - Zmniejsza ilość związków organicznych utlenianych w komorach napowietrzania
 - Umożliwia przekierowanie ładunku węgla z dopływu do komór fermentacyjnych
- **Intensyfikacja procesu**
 - Zmniejszenie pojemności reaktorów



Wyzwania

- Uzyskanie stabilnej, wysokiej efektywności usuwania węgla w pierwszym stopniu
- Zahamowanie wzrostu bakterii NOB (utleniających azotyny do azotanów)
- Niska aktywność bakterii anammox w niskich temperaturach
- Efektywne zatrzymanie bakterii anammox w układzie
- Efektywne doczyszczanie frakcji azotu pozostałej po procesie deamonifikacji





$$CF_{WWTP} = \sum_{GHG} E_{GHG,WWTP} GWP_{GHG}$$

CO₂e

Gazy cieplarniane (GHG)

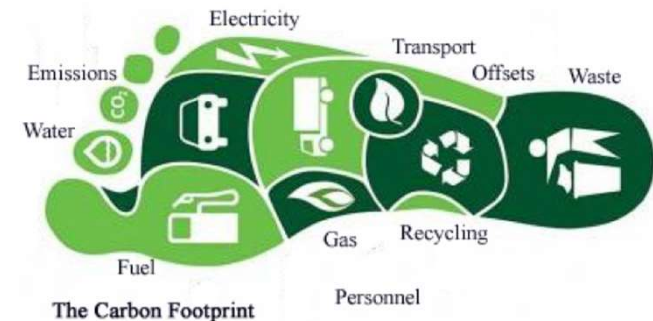
W horyzoncie 100 lat:

$$GWP_{CO_2} = 1$$

$$GWP_{CH_4} = 28$$

$$GWP_{N_2O} = 265$$

(IPCC, 2013; 2014)



CF_{WWTP} – ślad węglowy oczyszczalni/ekwiwalentna emisja CO₂, M(CO₂e)T⁻¹

E_{GHG} – emisja danego GHG w rozważanym okresie, MT⁻¹

GWP_{GHG} – potencjał globalnego ocieplenia (**Global Warming Potential**) danego GHG, M(CO₂e)M⁻¹



Ślad węglowy oczyszczalni - przykłady

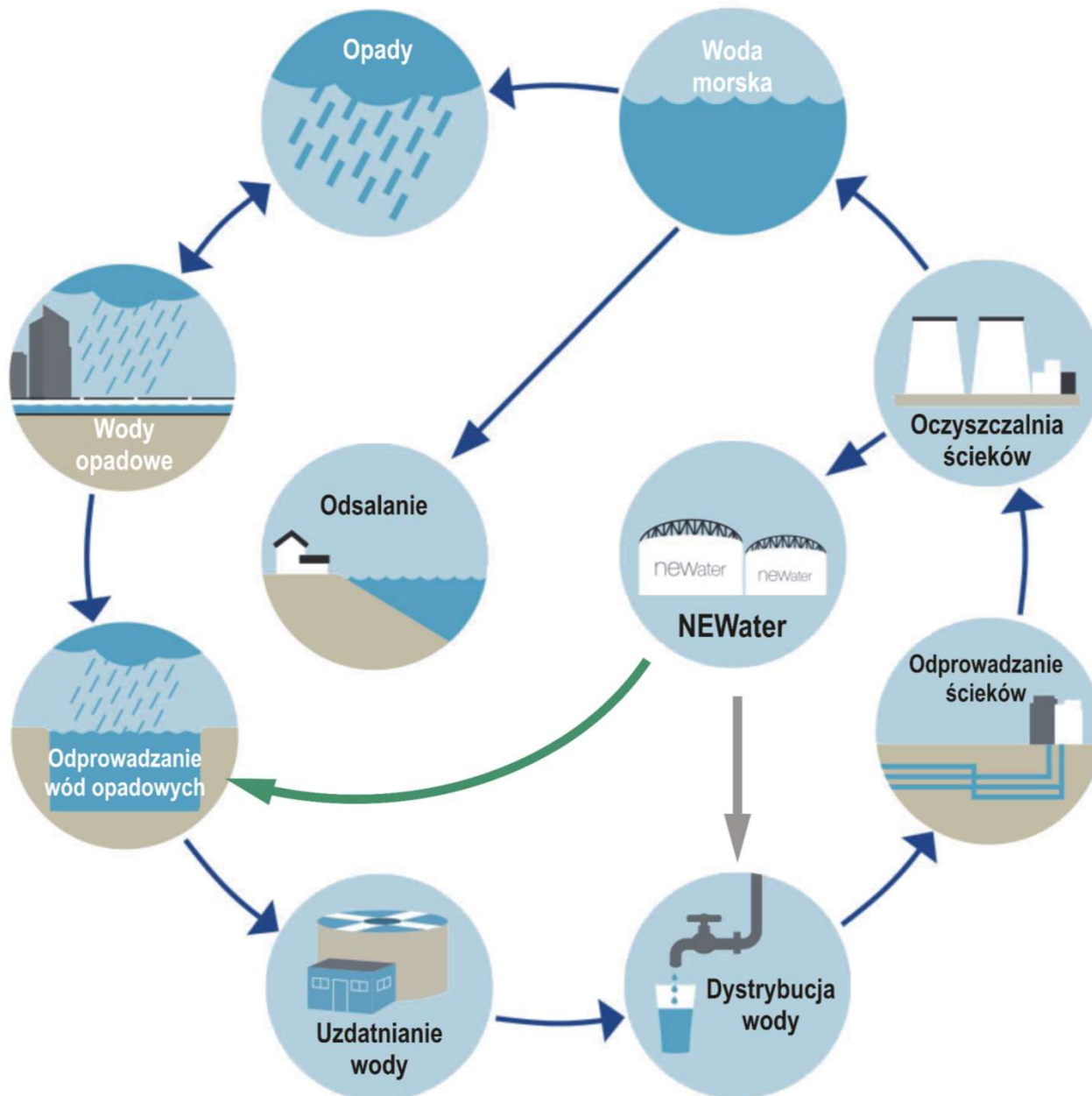
Obiekt A		26 (kg CO _{2e} /RM)	Niski (<i>wysoki odzysk energii z biogazu + kompost - zagospodarowanie rolnicze</i>)
Obiekt B		56 (kg CO _{2e} /RM)	Średni
Obiekt C		24 (kg CO _{2e} /RM)	Niski (<i>odzysk energii z biogazu + rolnicze zagospodarowanie osadów</i>)
Obiekt D		42 (kg CO _{2e} /RM)	Średni
Obiekt E		99 (kg CO _{2e} /RM)	Wysoki (<i>brak produkcji biogazu</i>)
Obiekt F		39 (kg CO _{2e} /RM)	Średni

Dane literaturowe:



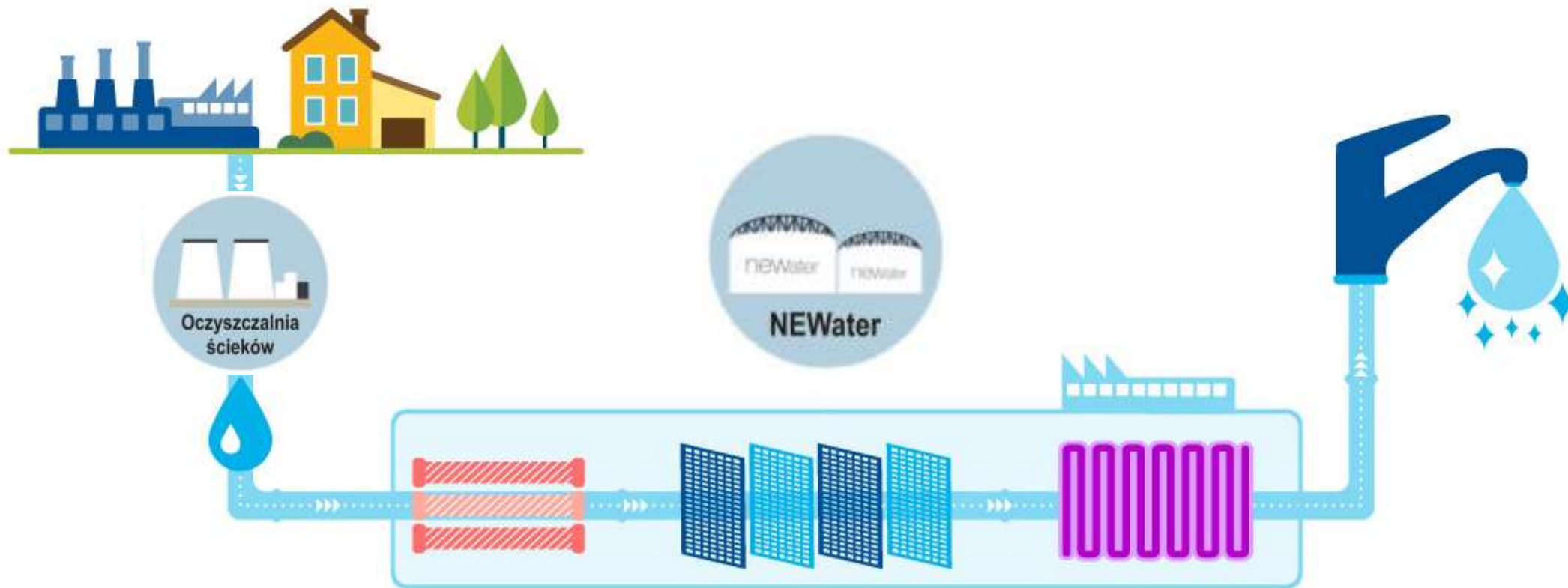


Odzysk wody – czy będziemy pili oczyszczone ścieki?



	Newater	Odsalanie	Zbiorniki i import
Obecnie	do 30%	do 10%	pozostała część
2060	do 50%	do 30%	pozostała część





Mikrofiltracja
(usunięcie
zawiesin,
bakterii)

Odwrócona osmoza
(usunięcie substancji
rozpuszczonych,
wirusów)

Promieniowanie UV
(dezynfekcja)



- Zasoby P są ograniczone, z przewidywanym niedoborem
- Wydobywanie P ma ogromny wpływ na środowisko, ponieważ generuje uciążliwe produkty uboczne (np. gips)
- Odzysk N ze ścieków może zmniejszyć zużycie energii do produkcji nawozów azotowych
- Technologie odzysku P i N były szeroko badane i opracowano różne rozwiązania
- Wydajność odzysku P i N zwykle spada wraz z niższymi stężeniami w strumieniu ścieków
- Zaleca się postępowanie 3-etapowe:
 1. Akumulacja metodami biologicznymi, chemicznymi lub fizycznymi.
 2. Uwalnianie metodami biologicznymi, chemicznymi lub termicznymi.
 3. Ekstrakcja i odzysk w postaci skoncentrowanego nawozu metodami chemicznymi lub fizycznymi.



Technology	No. of plants	Location	Product
AirPrex®	9	Germany, Netherlands, China, USA	Struvite
ANPHOS (Colsen)	6	Netherlands, Italy	Struvite
Crystalactor®	1	China	Struvite
EloPhos®	1	Germany	Struvite
EXTRAPHOS (Budenheim)	1	Germany	DCP
Gifhorn	1	Germany	Struvite/CaP
Hitachi-Zosen (Unitika)	2	Japan	Struvite
J-Oil	1	Japan	HAP
JSA	1	Japan	HAP
KURITA	1	Japan	Struvite
Kyowa Hakko	1	Japan	HAP
Multiform™	4	USA	Struvite
NASKEO	1	France	Struvite
NuReSys	9 (10 - 2018)	Belgium, Netherlands, Germany	Struvite
PEARL® (OSTARA)	14 (22 - 2018)	USA, UK, Netherlands, Spain	Struvite
PHORWater	1	Spain	Struvite
PHOSPAQ™	4 (12 - 2018)	Netherlands, UK	Struvite
PhosphoGREEN (SUEZ)	3	Denmark	Struvite
REPHOS® (NuReSys)	1	Germany	Struvite
STRUVIA™	1	Denmark	Struvite
Stuttgart	1 (pilot plant)	Germany	
Swing	1	Japan	Struvite
TOTAL	65 plants		

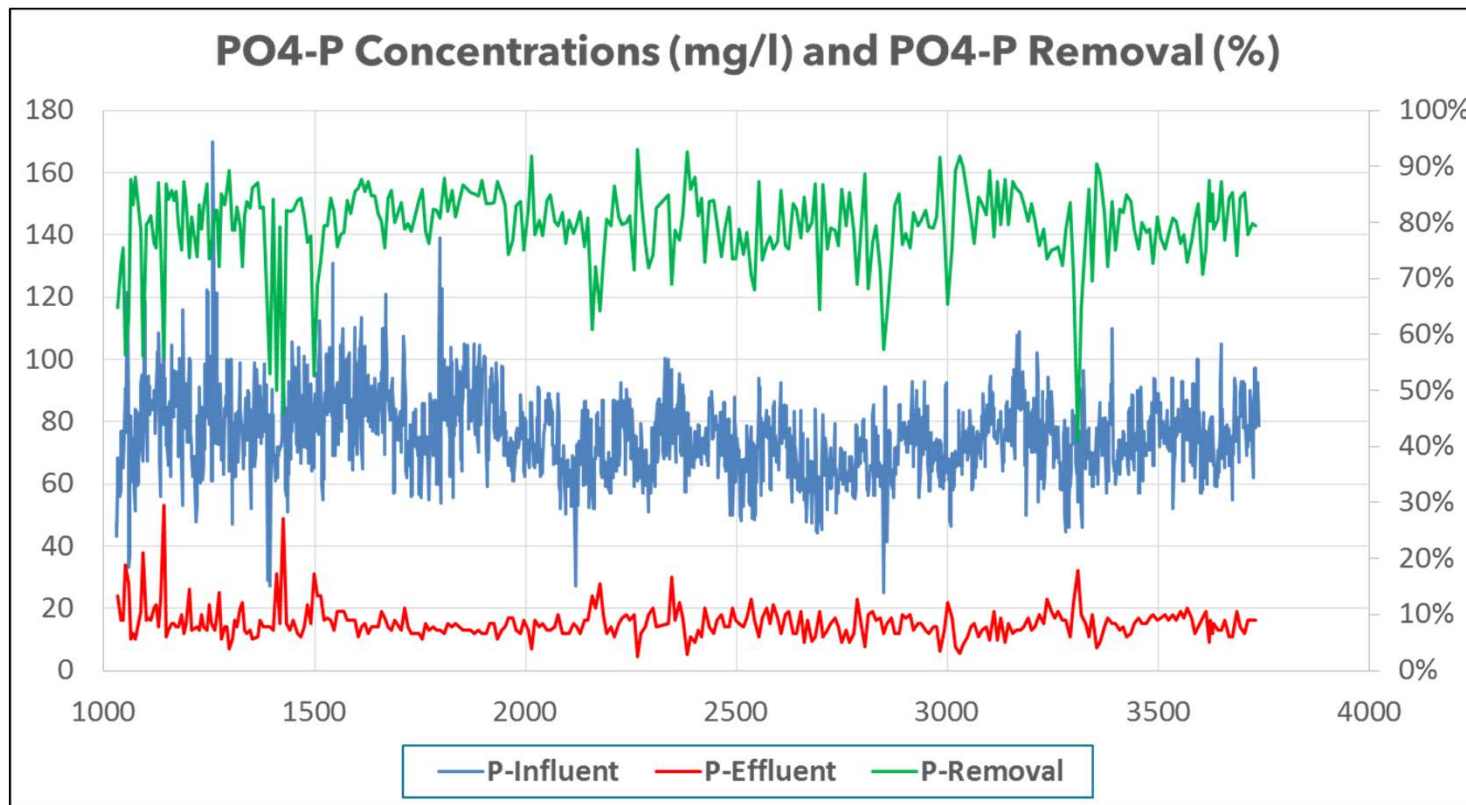
Europa:

1. Niderlandy - 14 instalacji
2. Niemcy - 12 instalacji
3. Belgia - 5 instalacji



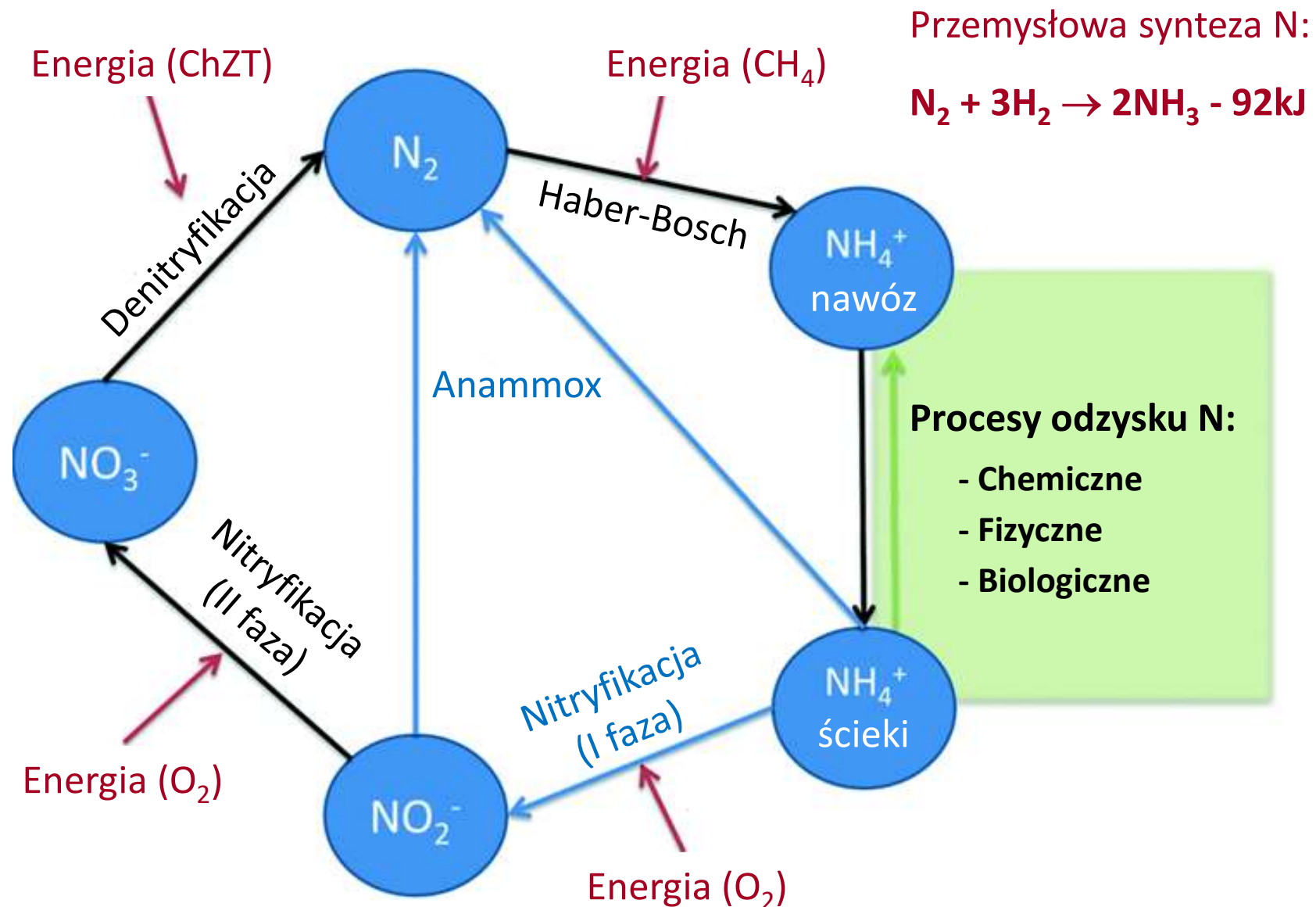


10-letnie wyniki pracy instalacji PHOSPAQ w Olburgen (NL) (2006-2016)



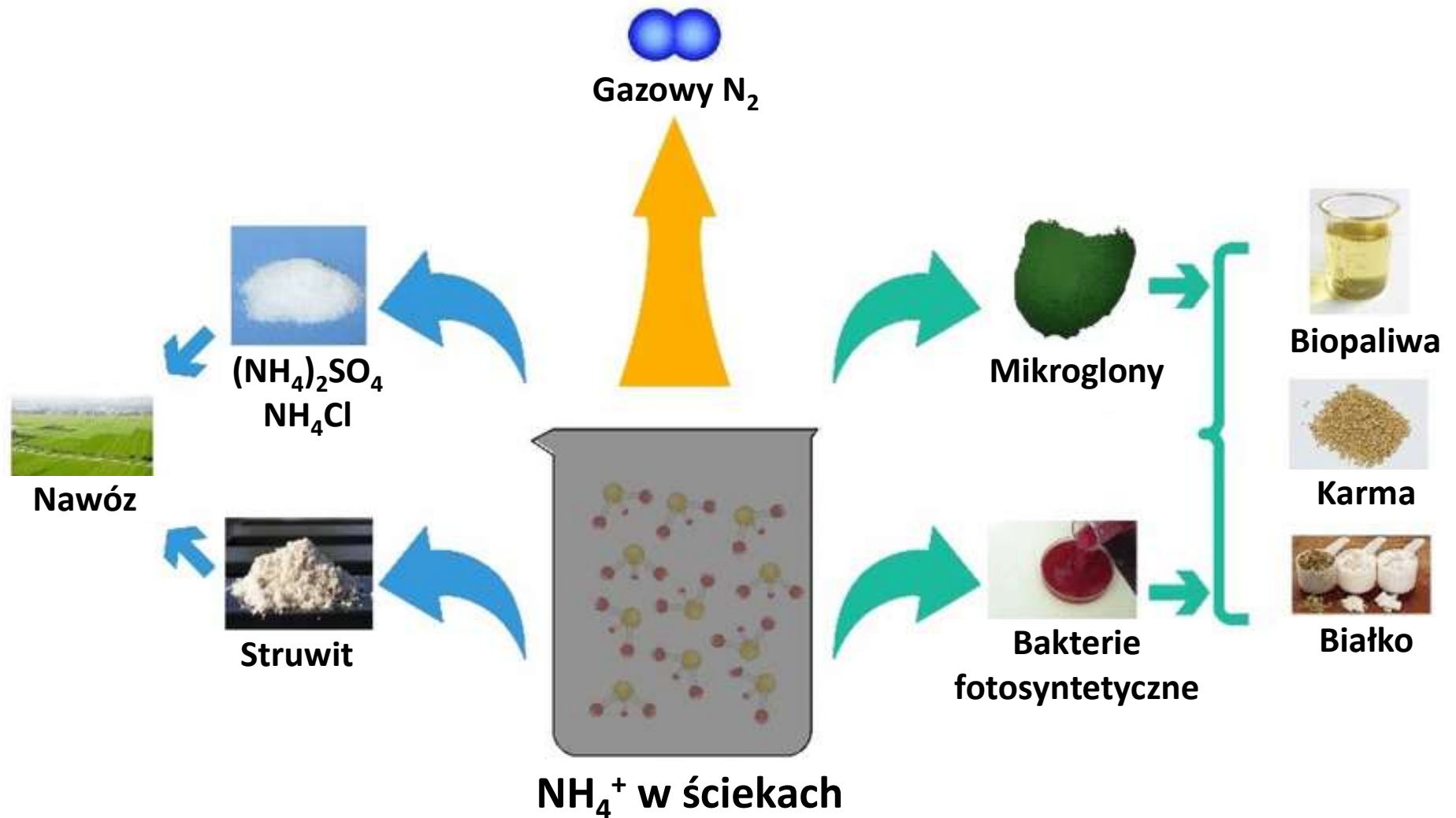


Obieg azotu w produkcji azotu i procesach oczyszczania ścieków





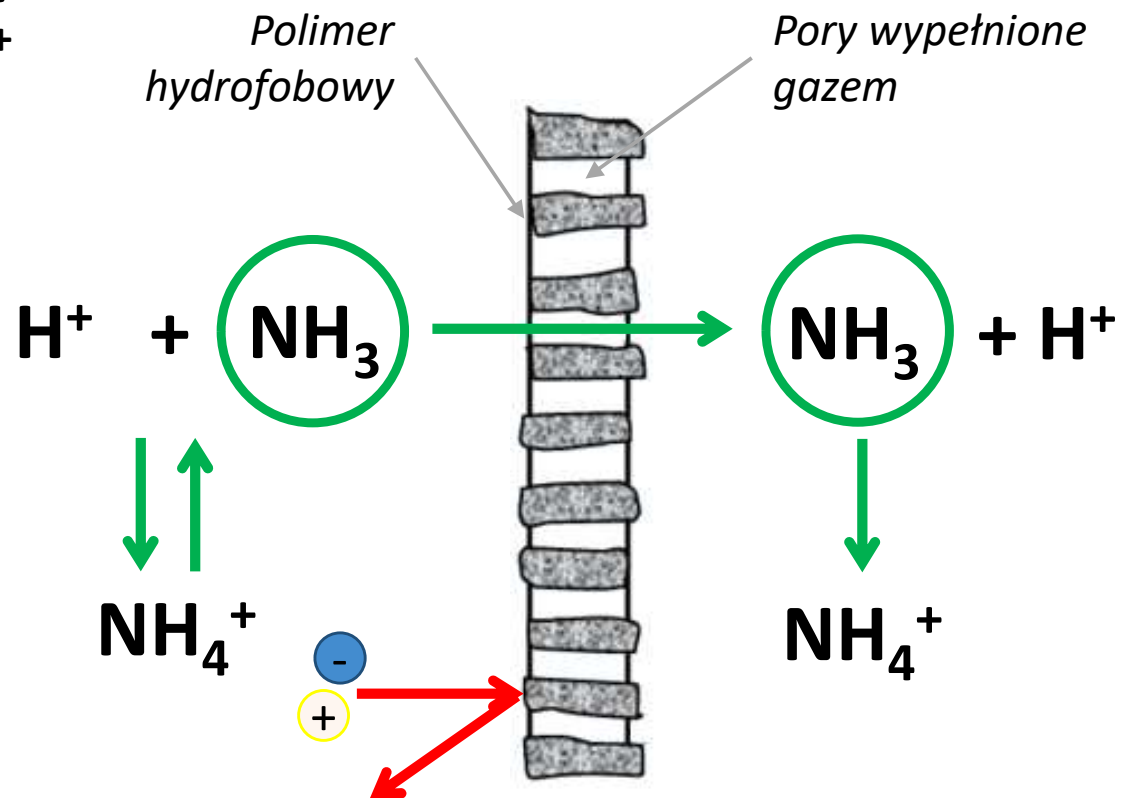
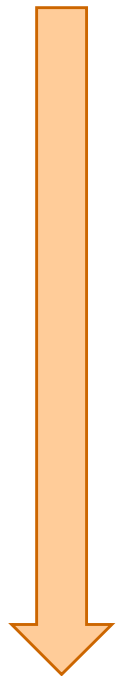
Odzysk amoniaku ze ścieków i jego wykorzystanie



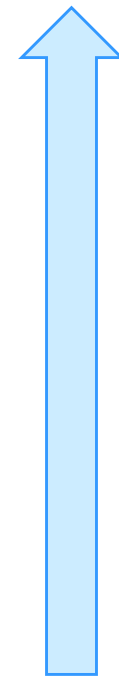


Membrana gazoprzepuszczalna

Przepływ cieczy
bogatej w NH_4^+

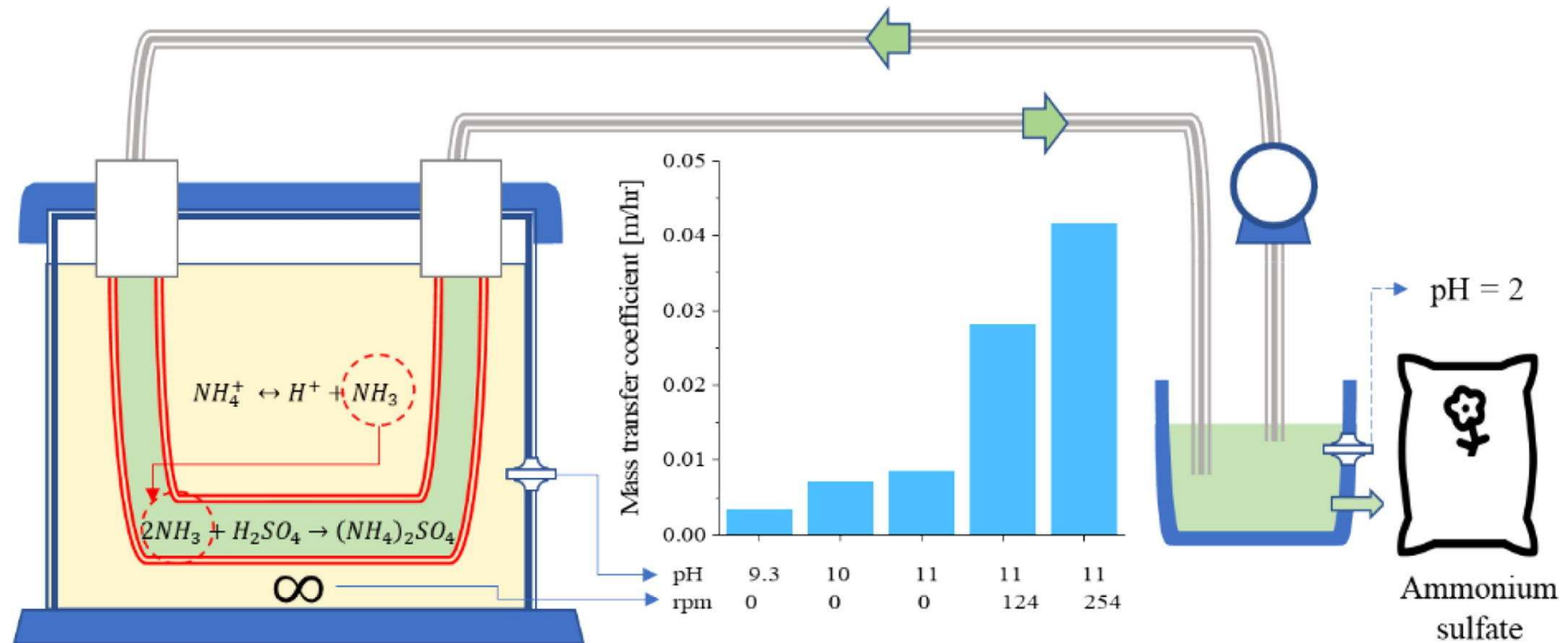


Przepływ kwasu
do strącania NH_4^+





Układ do odzysku azotu z membraną gazoprzepuszczalną



Munasinghe-Arachchige i wsp (2021) Chem. Eng. J.



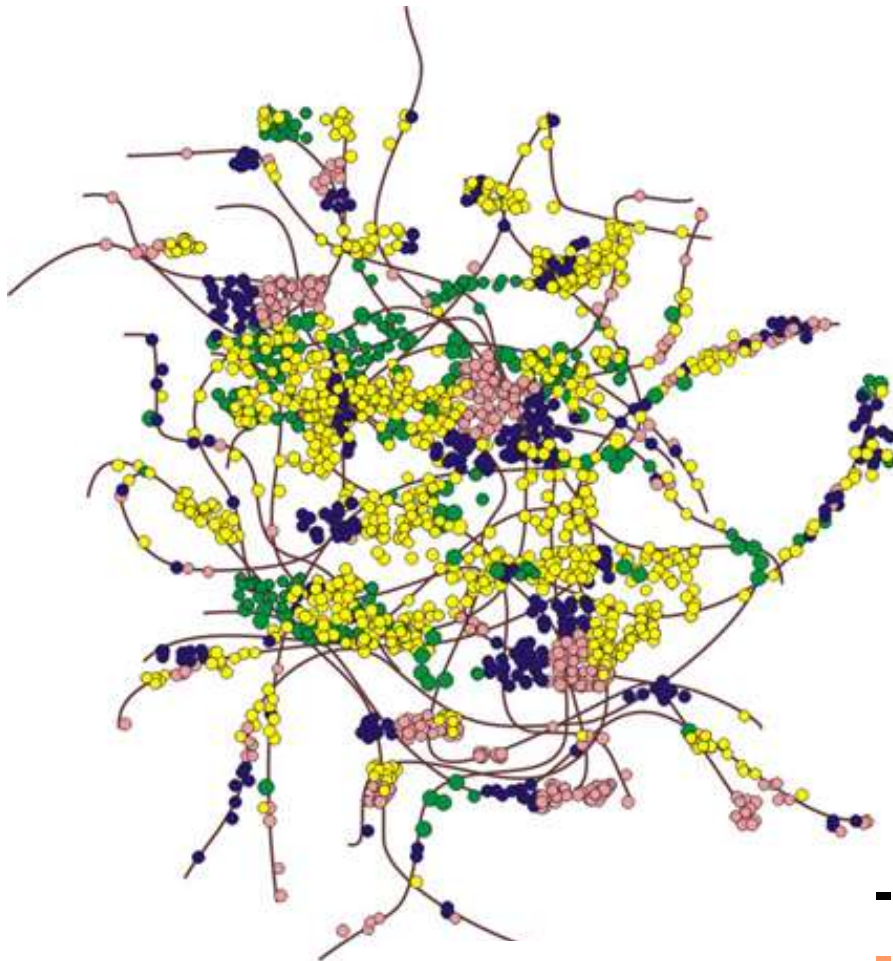
Nagy et al. (2019) Chem. Papers



Zasób	Zapotrzebowanie	Potencjalny odzysk z OŚ	Zaspokojenie potrzeb rynkowych, %
WODA	Pobór wody	Odptyw	20
		Doczyszczanie (MF-UF)	17
		Doczyszczanie (MF-UF/RO)	13
ENERGIA	Energia elektryczna	Energia elektr. (kogeneracja)	1
	Ciepło	Ciepło (kogeneracja)	4
FOSFOR	P jako nawóz	P jako struwit	5
		P w dopływie	14
AZOT	N jako nawóz	N w osadzie	2
		N w dopływie	14
Kwas alginowy	Produkcja	Potencjalna produkcja EPS	252

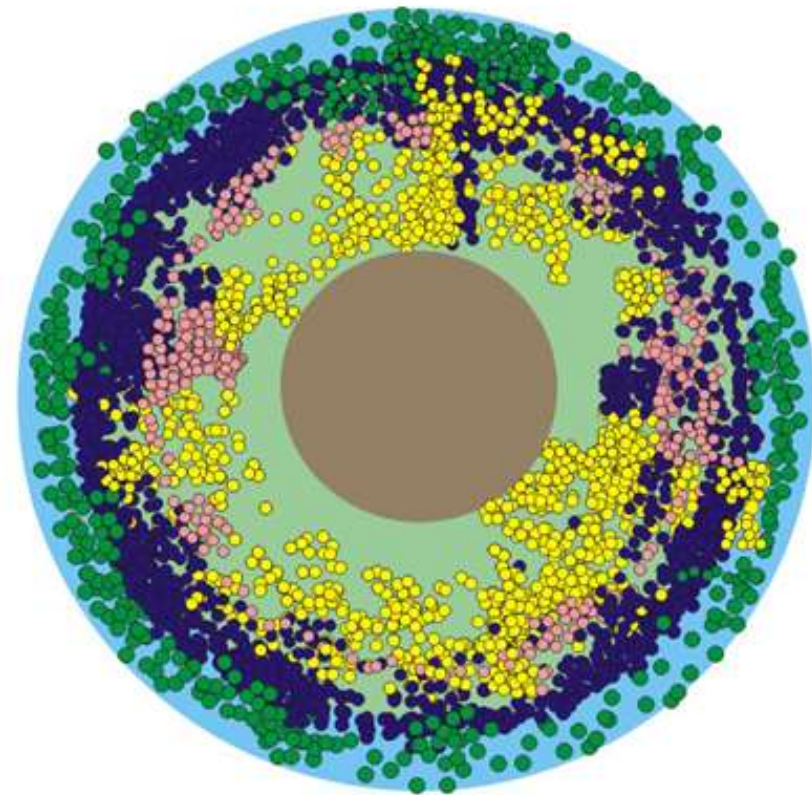


Osad kłaczkowaty vs. osad granulowany



Mikroorganizmy:

- PAO
- Denitryfikanty
- Nitrifikanty
- GAO



Strefy:

- Tlenowa
- Anoksyiczna
- Beztlenowa



Osad granulowany

Wielkość cząstek: **>0,2 mm**

Gęste i kompaktowe skupiska

Silny efekt dyfuzji

Szybkość sedymentacji: **30-90 m/h**

Indeks osadu po **5 min** \approx **30 min**



Mniejsza pojemność reaktora

Selekcja wolno rosnących bakterii

Równoczesne usuwanie C, N i P

Odporność na zrzut toksycznych ładunków

Lepsza odwadnialność



Osad kłaczkowaty



Wielkość cząstek: **<0,2 mm**

Lekkie kłaczkowate

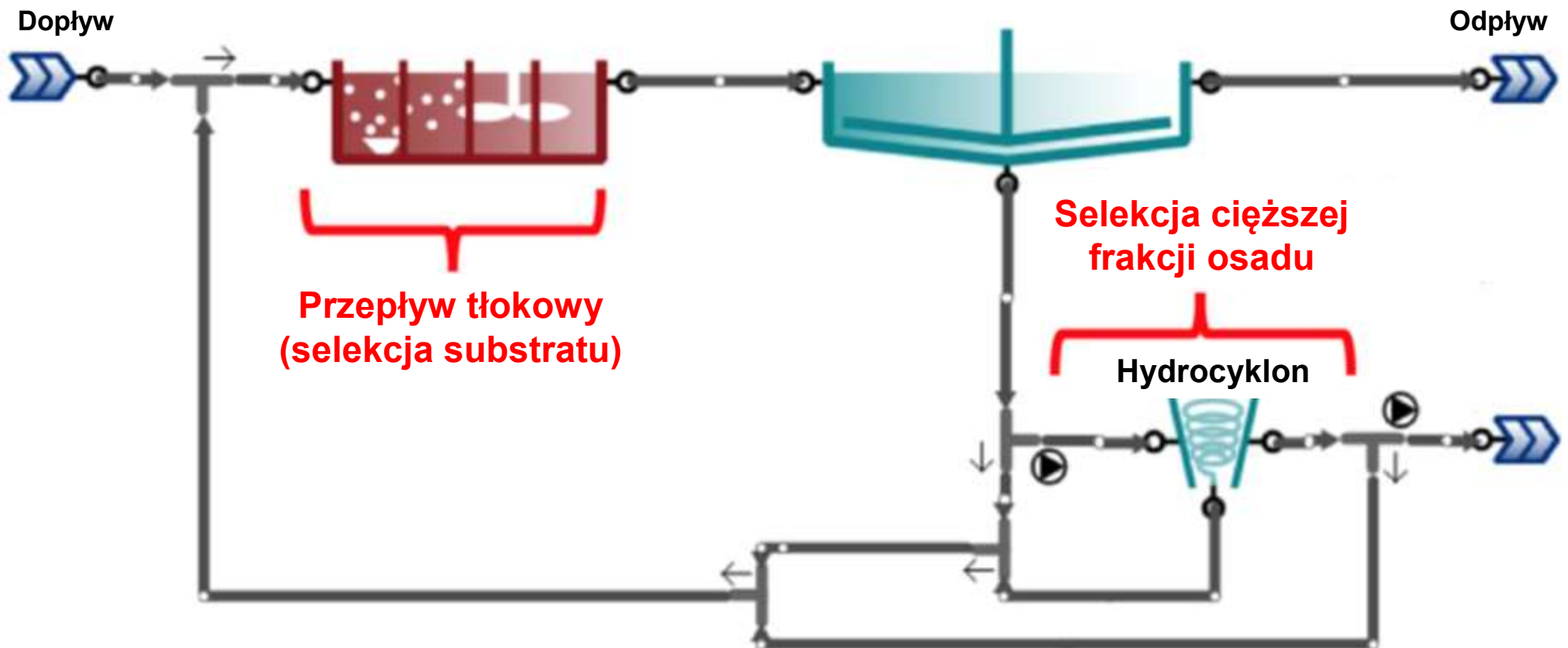
Brak efektu dyfuzji

Szybkość sedymentacji: **8-10 m/h**

Indeks osadu po **5 min** \gg **30 min**

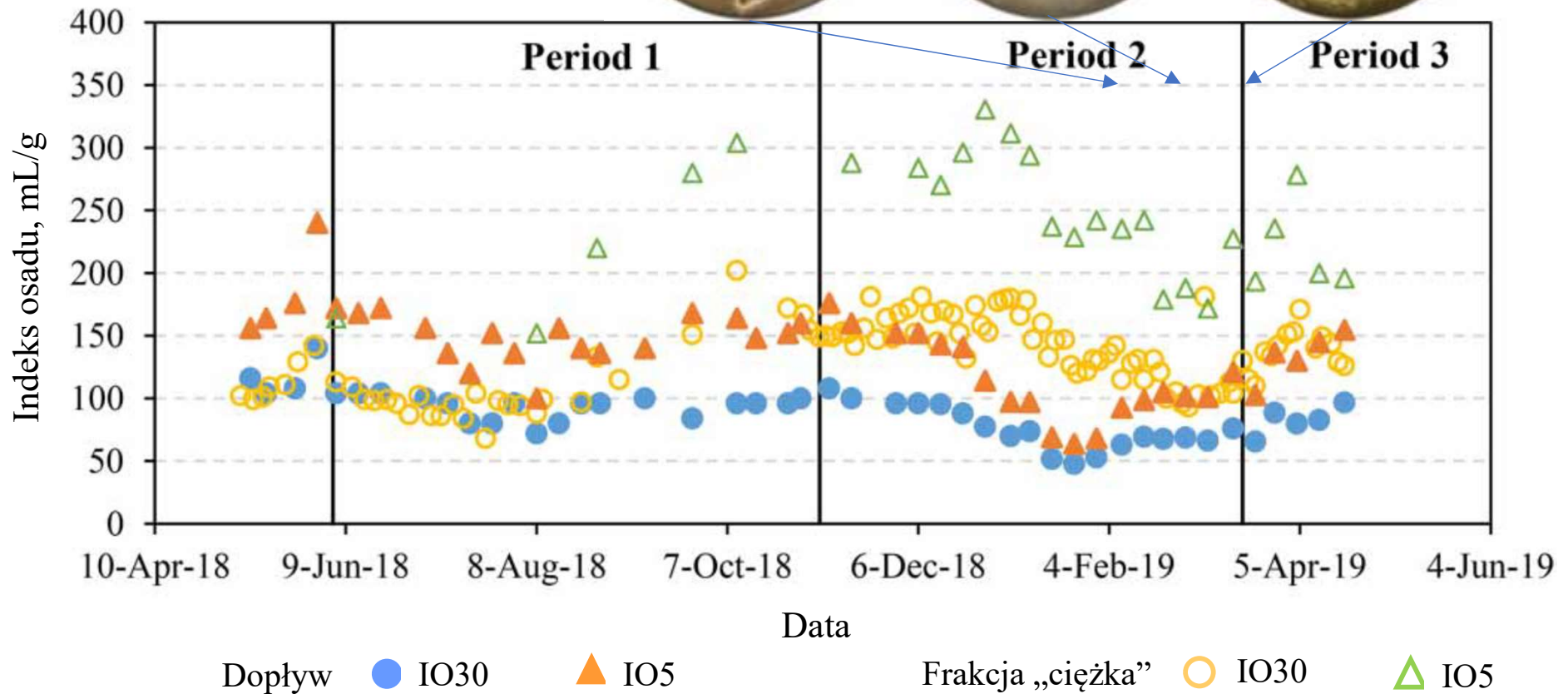
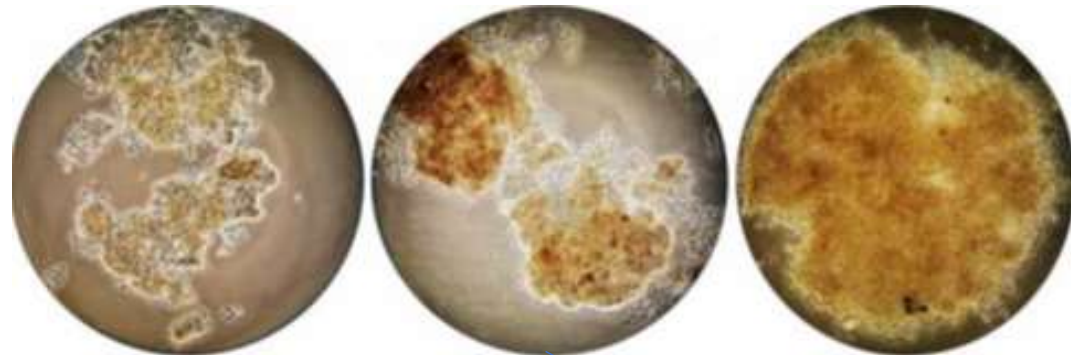


Instalacja hydrocyklonu w linii recyrkulacji osadu





Porównanie indeksu osadu po zastosowaniu hydrocyklonu (oczyszczalnia w Denver, USA)





yokogawa.com

- **Samowystarczalność energetyczna** (usuwanie azotu – proces anammox, wzrost produkcji biogazu)
- **Neutralność klimatyczna (?)**
- **Odzysk wody** (uzyskanie jakości wody pitnej)
- **Odzysk innych surowców**
P (szybciej), N (później),
związki organiczne (duży potencjał)
- **Intensyfikacja procesu** (poprzez zastosowanie osadu granulowanego)



POLITECHNIKA
GDAŃSKA

Dziękuję za uwagę