

Czy klasyczna oczyszczalnia to już za mało?

Rola IV stopnia oczyszczania ścieków

Monika Pielach

XXIV Forum Wymiany Doświadczeń – Kielce 11-13.05.2026

Krótką odpowiedź: **TAK**
w wielu przypadkach „klasyczna” oczyszczalnia zaczyna być na granicy wymagań, a w perspektywie najbliższych lat często będzie **za słaba**, jeśli patrzymy przez pryzmat nowej dyrektywy ściekowej UE.

Ale co ważne: diabeł tkwi w szczegółach

CZY KLASYCZNA OCZYSZCZALNIA TO JUŻ ZA MAŁO? ROLA IV STOPNIA OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW

| | Termin ostateczny | Wielkość oczyszczalni | Warunki |
|---|-----------------------|--|--|
| Plany zintegrowanego gospodarowania ściekami komunalnymi (w tym: ścieki komunalne, przelewy wód burzowych i odpływy komunalne - wody opadowe) | 2033 | aglomeracje >100 tys RLM | Dopuszczalny limit ładunku z oczyszczalni w stosunku do pory suchej 2% |
| | 2039 | aglomeracje od 10 tys do 100 tys RLM | Dopuszczalny limit ładunku z oczyszczalni w stosunku do pory suchej 2% |
| Małe aglomeracje | 2035 | ≥ 1000 RLM | 98 % podłączonych do kanalizacji |
| | 2035 | ≥ 2000 RLM | 100% |
| Biogeny (Azot i fosfor) | 2039 | Oczyszczalnie > 150 tys. RLM | Azot Nog - 8 mg/l (80% redukcji); Fosfor - P og - 0,5 mg/l (90% redukcji), |
| | 2045 | Oczyszczalnie 10-150 tys RLM | Azot Nog -10 mg/l (80% redukcji); Fosfor - P og - 0,7 mg/l (87,5% redukcji), |
| Mikrozanieczyszczenia | 2045 | Oczyszczalnie > 150 tys. RLM | 80% redukcji |
| | 2045 | Oczyszczalnie 10-150 tys RLM | 80% redukcji |
| Samowystarczalność energetyczna | 2045 | Ustalono cele pośrednie w zależności od wielkości oczyszczalni | 100% całkowitej rocznej ilości energii zużywanej przez oczyszczanie ze źródeł odnawialnych |
| Monitorowanie | 30 m-cy od ogłoszenia | wzrost ilości i częstotliwości badań ścieków, osadów i gazów | |

Kierunek zmian przewidzianych w nowej Dyrektywie Ściekowej

Zakres monitoringu:

1. Parametry jakości ścieków po oczyszczaniu

- Parametry fizykochemiczne i biologiczne wskazane w załączniku I (np. BZT, ChZT, zawiesina ogólna).

2. Substancje priorytetowe oraz mikrozanieczyszczenia

- Farmaceutyki, kosmetyki oraz środki chemiczne ujęte na liście UE i w załączniku IV.

3. Emisje gazów cieplarnianych

- CO₂, CH₄, N₂O powstające w procesach oczyszczania oraz w gospodarce osadowej.

4. Zużycie energii

- Łączne zużycie energii w oczyszczalniach ścieków.

5. Produkcja energii odnawialnej

- Wielkość energii uzyskanej z biogazu, ciepła odpadowego oraz innych źródeł OZE.

6. Skuteczność oczyszczania w IV stopniu

- Poziom usuwania mikrozanieczyszczeń w oczyszczalniach stosujących technologie czwartego stopnia.

7. Parametry osadów ściekowych

- Zawartość substancji niebezpiecznych oraz mikrozanieczyszczeń w osadach.

Określenie stanu wyjściowego – parametry podstawowe

Proponowane zmiany w nowej Dyrektywie Ściekowej

| RLM | Azot ogólny | Fosfor ogólny |
|------------------|------------------------|---------------------------|
| > 150 000 | 8 mg/L (80% redukcji) | 0,5 mg/L (90% redukcji) |
| 10 000 - 150 000 | 10 mg/L (80% redukcji) | 0,7 mg/L (87,5% redukcji) |

Średnie wartości z roku
na podstawie Raportu Technologicznego

| Oczyszczalnia | 2023 | | 2024 | | 2025 | |
|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|
| | Azot ogólny | Fosfor ogólny | Azot ogólny | Fosfor ogólny | Azot ogólny | Fosfor ogólny |
| | [mg/L] | [mg/L] | [mg/L] | [mg/L] | [mg/L] | [mg/L] |
| COŚ | 5,97 | 0,82 | 6,96 | 0,76 | 6,33 | 0,91 |
| LOŚ | 5,68 | 0,54 | 8,54 | 0,99 | 4,64 | 0,88 |
| OŚ Mosina | 4,8 | 0,52 | 5,27 | 0,59 | 6,13 | 0,40 |
| OŚ Borówiec | 7,24 | 1,01 | 8,28 | 0,84 | 7,18 | 0,35 |
| OŚ Szlachęcin | 10,09 | 0,47 | 10,9 | 0,49 | 9,76 | 0,28 |

| Oczyszczalnia | Częstotliwość analiz | |
|---------------|----------------------|------------|
| | wg Nowej Dyrektywy | Obecnie |
| COŚ | 2x/tydzień | 2x/miesiąc |
| LOŚ | 2x/tydzień | 2x/miesiąc |
| OŚ Mosina | 1x/tydzień | 2x/miesiąc |
| OŚ Borówiec | 2x/miesiąc | 1x/miesiąc |
| OŚ Szlachęcin | 2x/miesiąc | 1x/miesiąc |
| OŚ Chludowo | 1x/miesiąc | 1x/kwartał |
| OŚ Radojewo | 1x/miesiąc | 1x/kwartał |

Mikrozanieczyszczenia wg nowej Dyrektywy Ściekowej

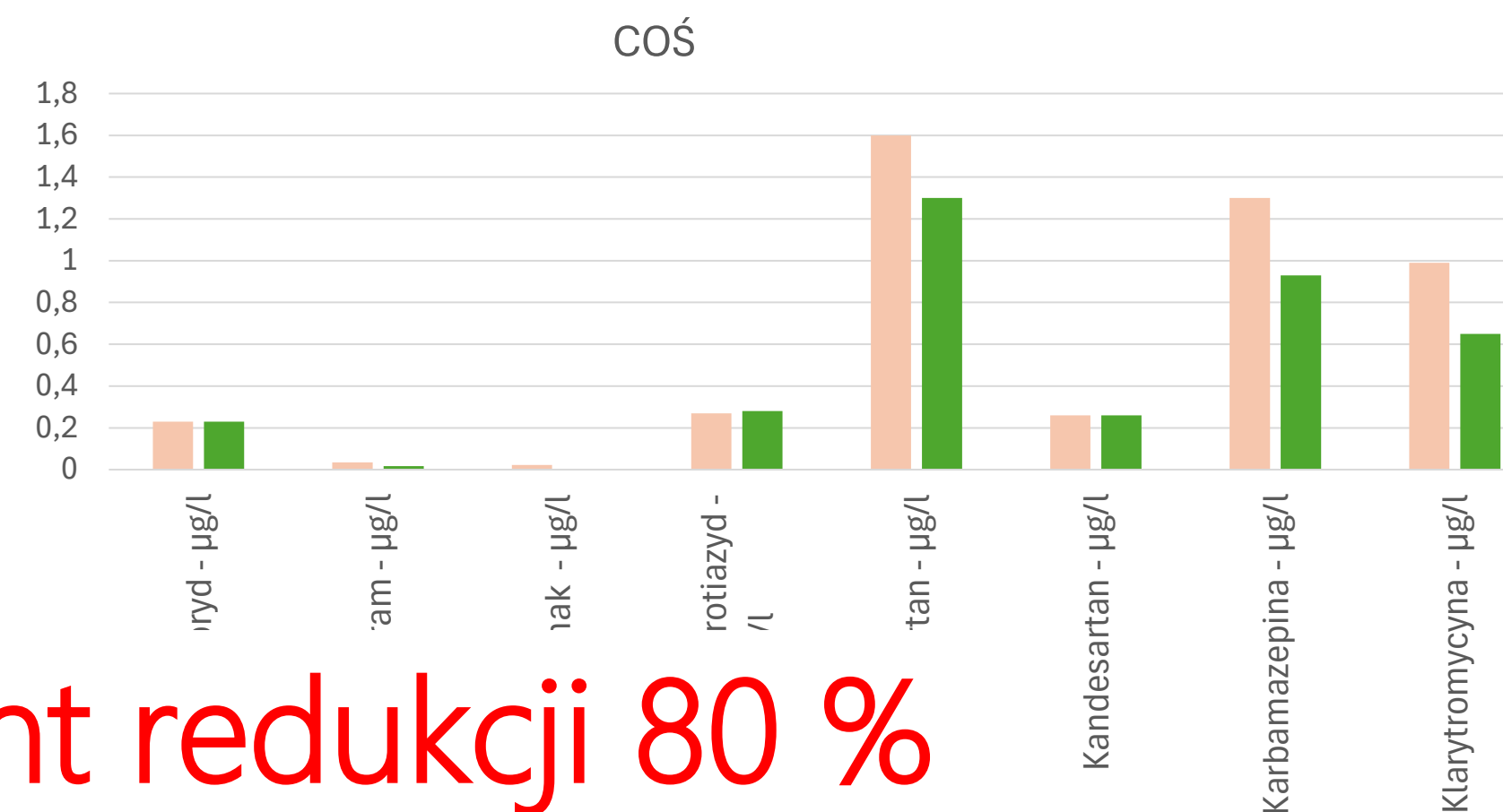
Bardzo małe stężenia substancji chemicznych, obecnych w zakresie $\mu\text{g/l}$ lub ng/l które mimo niskich stężeń:

- Szkodzą organizmom wodnym
- Zaburzają gospodarkę hormonalną
- Kumulują się w środowisku
- Wpływają na zdrowie ludzi

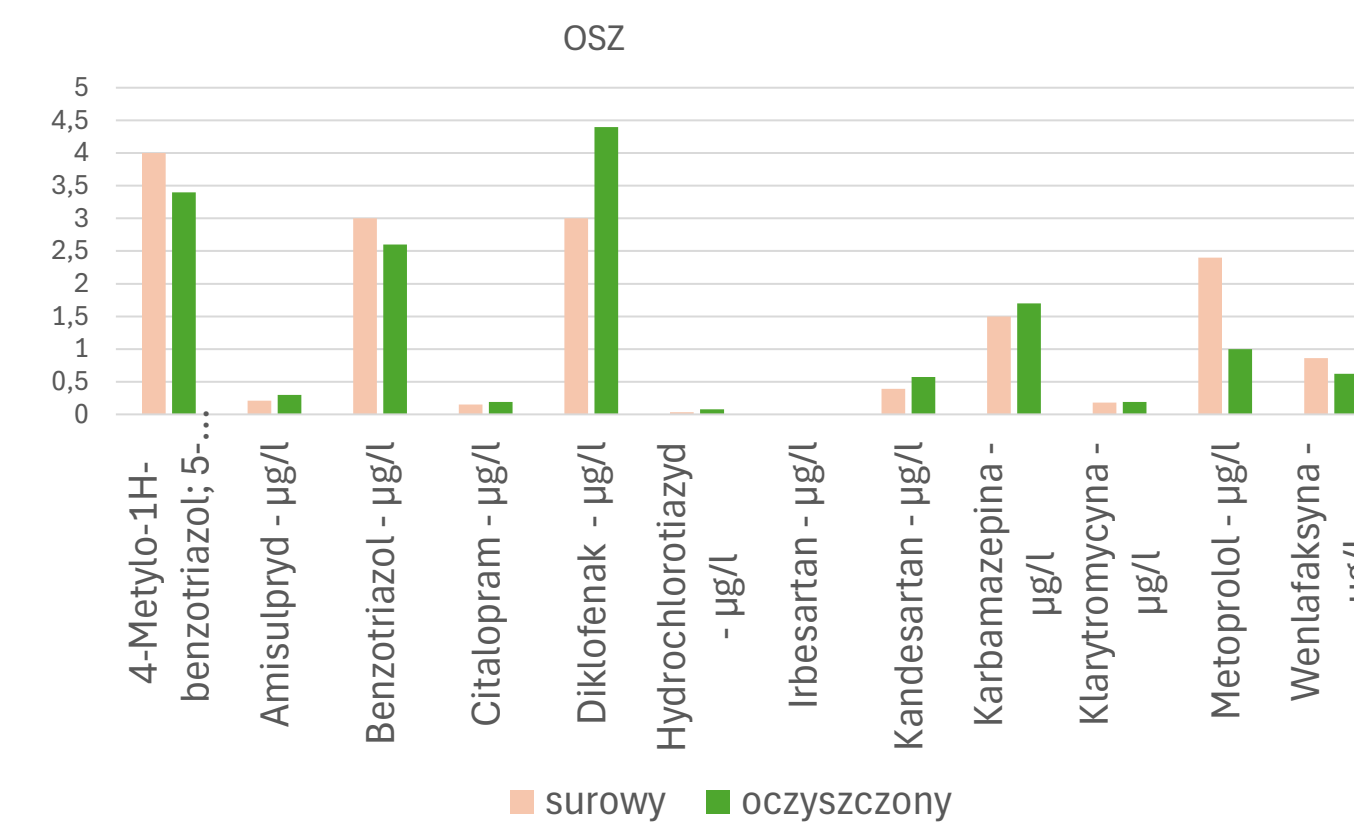
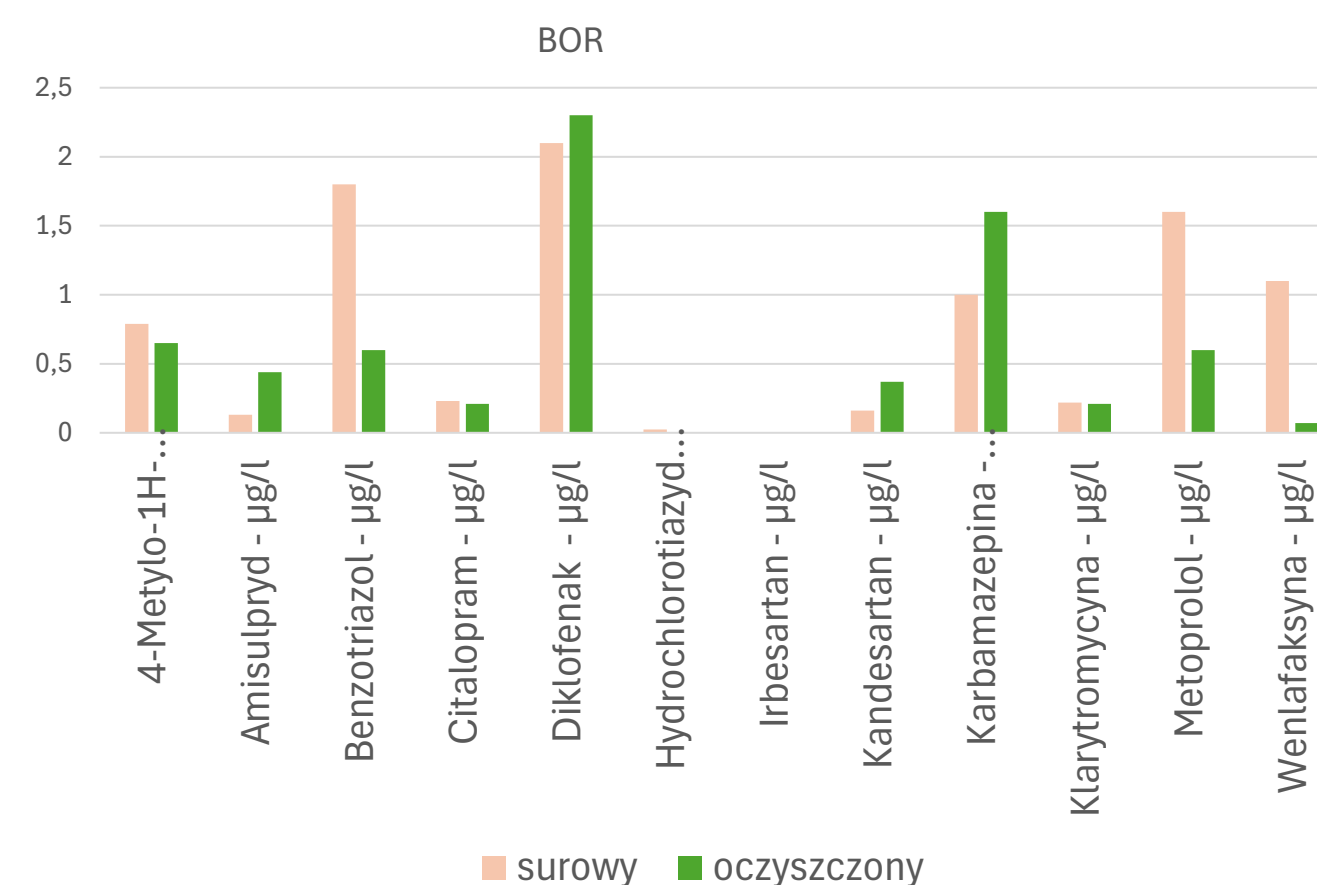
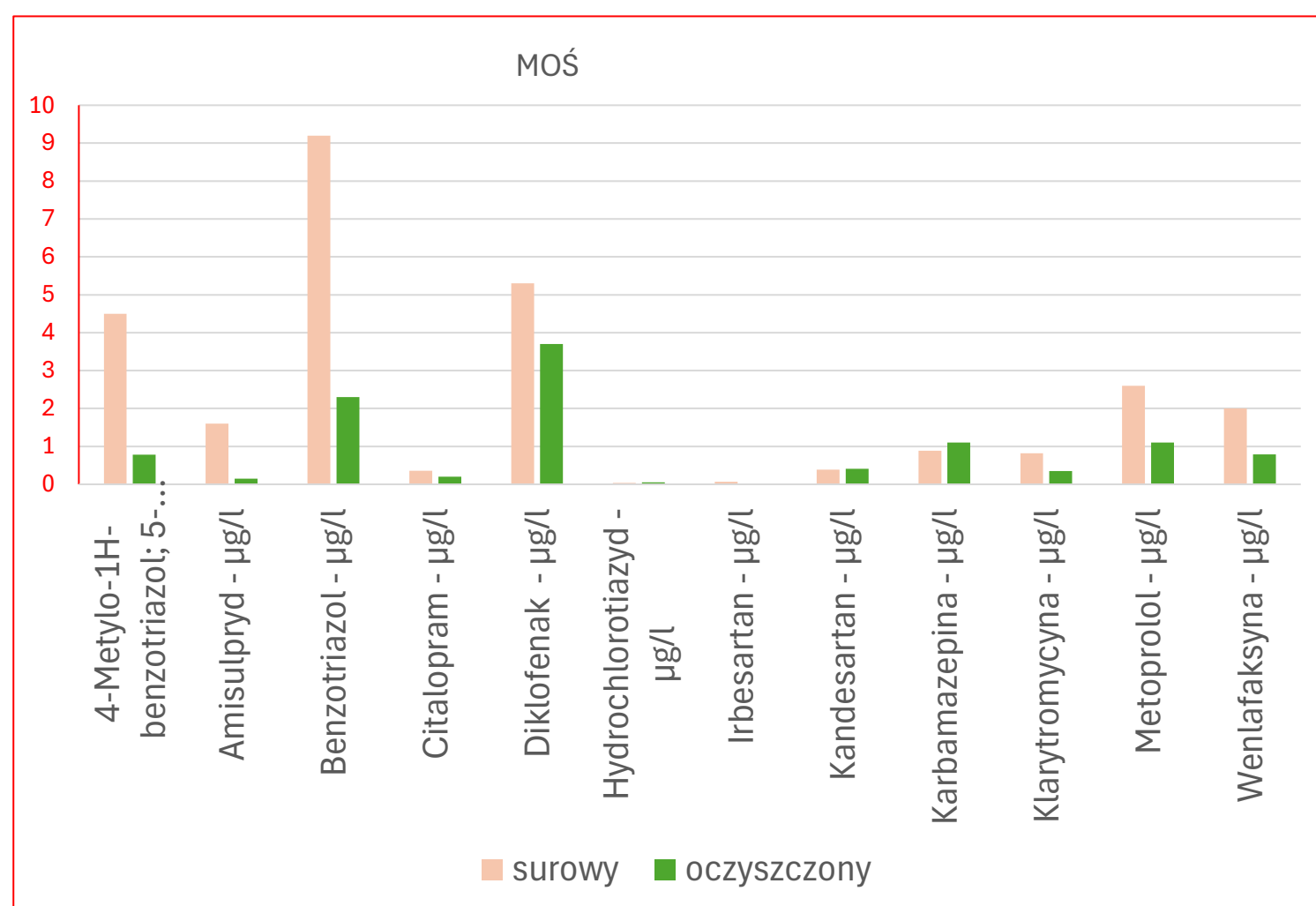
Dyrektywa szczególnie koncentruje się na:

- Farmaceutykach (diklofenac, ibuprofen, antybiotyki, karbamazepina i inne)
- Kosmetykach (filtry UV, substancje zapachowe i inne)
- Substancjach endokrynnie czynnych (w tym hormony)
- Trwałych związkach organicznych (PFASy, mikroplastiki, pestycydy i inne)

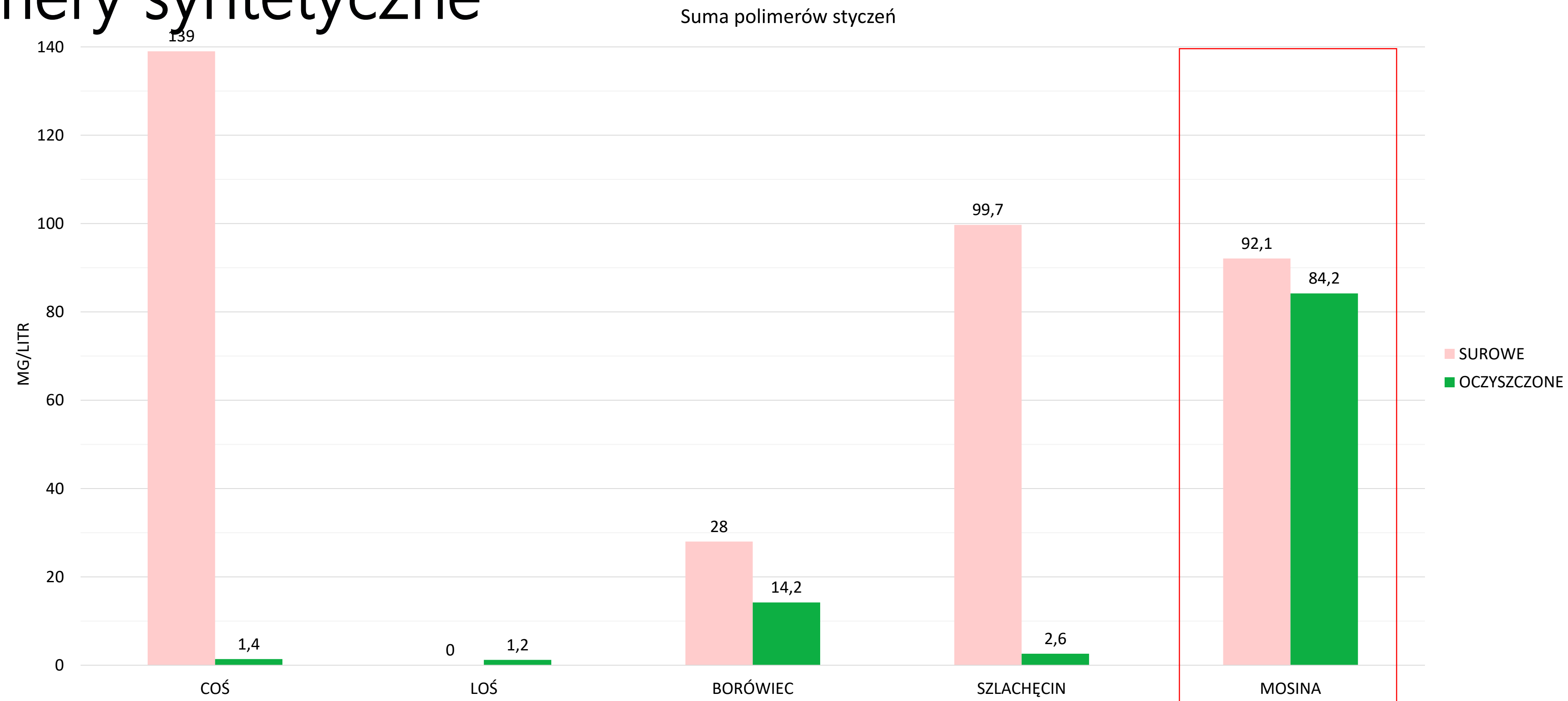
Określenie stanu wyjściowego – parametry dodatkowe - farmaceutyki



Minimalny procent redukcji 80 %



Określenie stanu wyjściowego – parametry dodatkowe – polimery syntetyczne



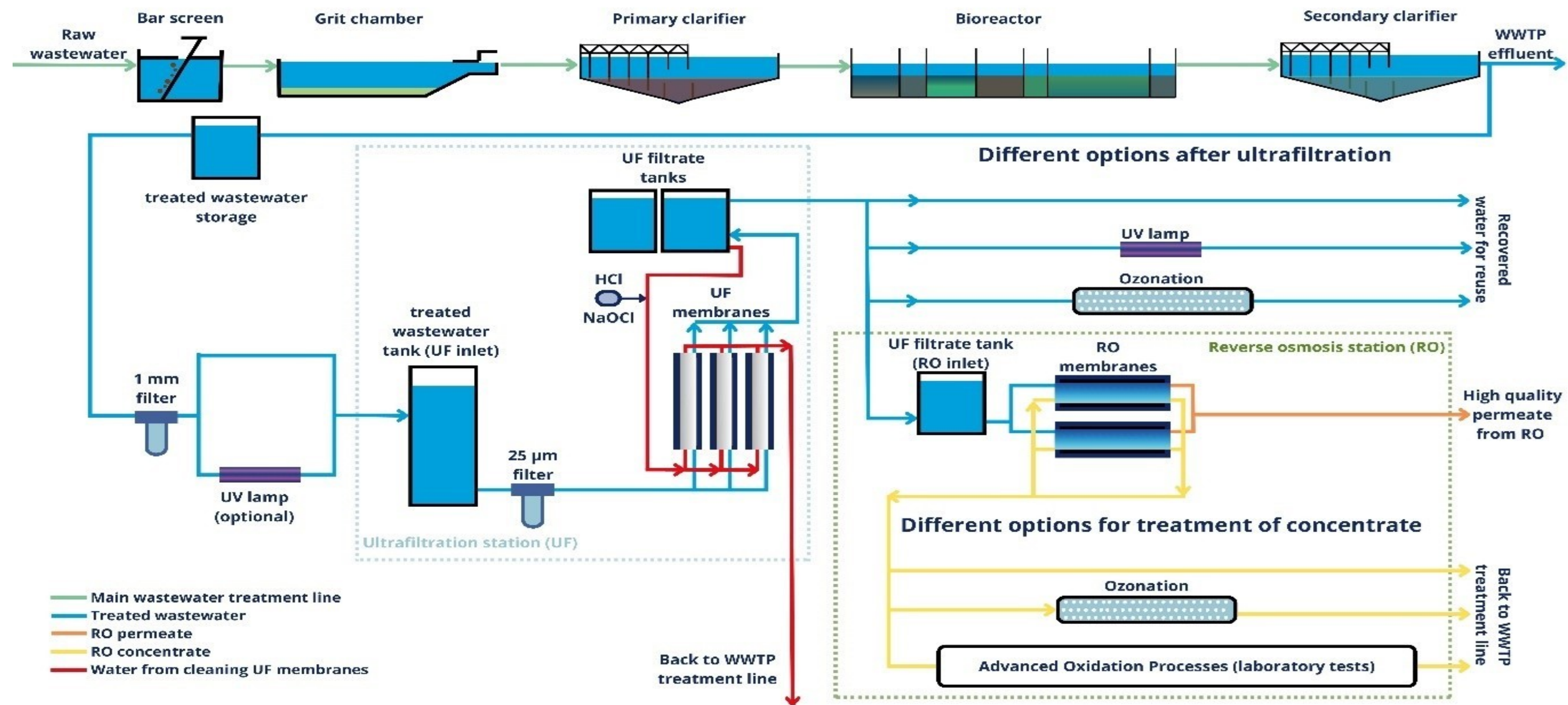
Akrylonitryl-butadien-styren (ABS) Poliamid-6.6 9(PA 66) Polichlorek winylu (PVC)
Polipropylen Polistyren Polyamide 6 (PA6) Polycarbonate (PC) Polyetylen Polyethylene
terephthalate (PET) Polymethyl metacrylate (PMMA)

Określenie stanu wyjściowego – parametry dodatkowe - PFASy

| | Oczyszczalnia | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|
| | COŚ | | LOŚ | | MOŚ | | BOR | | OSZ | | CHL | | RAD | |
| | surowy | oczyszczony | surowy | oczyszczony | surowy | oczyszczony | surowy | oczyszczony | surowy | oczyszczony | surowy | oczyszczony | surowy | oczyszczony |
| PFBA - Kwas perfluorobutanowy µg/l | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | 0,054 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 |
| PFBS - Kwas perfluorobutanosulfonowy µg/l | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 |
| PFDA - Kwas perfluorodekanowy µg/l | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 |
| PFDODA - Kwas perfluorododekanowy µg/l | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 |
| PFDODS - Kwas perfluorododekanosulfonowy µg/l | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 |
| PFDS - Kwas perfluorodekanosulfonowy µg/l | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | 0,22 | <0,050 | 0,79 | 0,39 | 0,052 | 0,057 | <0,050 | <0,050 | 0,2 | 0,14 |
| PFHpA - Kwas perfluoroheptanowy µg/l | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 |
| PFHpS - Kwas perfluoroheptanosulfonowy µg/l | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 |
| PFHxA - Kwas perfluoroheksanowy µg/l PB/PCh-46 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 |
| PFHxS - Kwas perfluoroheksanosulfonowy µg/l | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 |
| PFNA - Kwas perfluorononanowy µg/l PB/PCh-46 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 |
| PFNS - Kwas perfluorononanosulfonowy µg/l | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | 0,053 | <0,050 | 0,05 | 0,058 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | 0,064 | 0,075 |
| PFOA - Kwas perfluorooktanowy µg/l | 0,067 | 0,053 | 0,069 | 0,092 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | 0,075 | 0,083 | 0,087 | 0,094 | 0,079 | 0,058 |
| PFOS - Kwas perfluorooktanosulfonowy µg/l | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 |
| PFPeA - Kwas perfluoropentanowy µg/l | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 |
| PFPeS - Kwas perfluoropentanosulfonowy µg/l | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 |
| PFTTrDA - Kwas perfluorotridekanowy µg/l | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 |
| PFTTrDS - Kwas perfluorotridekanosulfonowy µg/l | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 |
| PFUnDA - Kwas perfluoroundekany µg/l | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | 0,059 | 0,059 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | 0,06 | <0,050 |
| PFUnDS - Kwas perfluoroundekanosulfonowy µg/l | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 |

Instalacja pilotażowa na OŚ Mosina

QUARTEINARY WASTEWATER TREATMENT FOR WATER REUSE



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation program under grant agreement No 869496



Składowe elementy instalacji do IV stopnia oczyszczania ścieków.

Instalacje będą musiały być dobierane pod konkretne obiekty i zlewnie.

Ozonowanie klasyczne O₃

Główna technologia usuwania mikrozanieczyszczeń organicznych (farmaceutyki, hormony, pestycydy) oraz utleniania trudno rozkładalnych związków organicznych.

Energochłonność: 0,04 – 0,08 kWh/m³

Typowa dawka ozonu - 0,3 – 0,6 g O₃/m³

Skuteczność usuwania mikrozanieczyszczeń: 70 – 90%.

Skuteczność mikroplastików: niska – średnia.

Zgodność z UE: pełna.

Kubatura: 0,17 – 0,33 m³/m³/h.

Modernizacja: dobra.

Ozonowanie low-dose (O₃ LD)

W odróżnieniu od ozonowania wspomaga biodegradowalność i aktywuje mikrozanieczyszczenia przed BAC/GAC.

Energochłonność: 0,01 – 0,03 kWh/m³.

Typowa dawka ozonu - 0,1 – 0,3 g O₃/m³

Skuteczność mikrozanieczyszczeń: 30 – 60% (samodzielnie), >80% w hybrydzie.

Skuteczność mikroplastików: niska.

Zgodność z UE: pośrednia (wymaga dopełnienia).

Kubatura: 0,05 – 0,13 m³/m³/h.

Modernizacja: bardzo dobra.

PAC – węgiel aktywny pylasty

Adsorpcja mikrozanieczyszczeń w zawieszynie.

Energochłonność: 0,005 – 0,02 kWh/m³.

Skuteczność mikrozanieczyszczeń: 60 – 90%.

Skuteczność mikroplastików: średnia.

Zgodność z UE: pełna.

Kubatura: 0,25 – 0,50 m³/m³/h.

Modernizacja: bardzo dobra.

GAC/BAC – węgiel aktywny granulowany

Długoterminowa adsorpcja i biodegradacja.

Energochłonność: 0,005 – 0,015 kWh/m³.

Skuteczność mikrozanieczyszczeń: 70 – 95%.

Skuteczność mikroplastików: wysoka.

Zgodność z UE: pełna.

Kubatura: 1,0 – 2,5 m³/m³/h.

Modernizacja: ograniczona.

Ultrafiltracja (UF)

Bariera fizyczna dla mikroplastików i bakterii.

Energochłonność: 0,05 – 0,15 kWh/m³.

Skuteczność mikrozanieczyszczeń: bardzo niska.

Skuteczność mikroplastików: >99%.

Zgodność z UE: nie samodzielnie.

Kubatura: 0,2 – 0,4 m³/m³/h.

Modernizacja: trudna.

Nanofiltracja / RO

Usuwanie niemal wszystkich rozpuszczonych związków.

Energochłonność: 0,4 – 1,5 kWh/m³.

Skuteczność mikrozanieczyszczeń: > 95 – 99%.

Skuteczność mikroplastików: ~100%.

Zgodność z UE: techniczna.

Kubatura: 0,1 – 0,3 m³/m³/h.

Modernizacja: ograniczona.

AOP – Advanced Oxidation Processes (UV/H₂O₂, O₃/H₂O₂)

Zaawansowane utlenianie trwałych mikrozanieczyszczeń.

CAPEX: wysoki.

OPEX: wysoki.

Energochłonność: 0,2 – 0,6 kWh/m³.

Skuteczność mikrozanieczyszczeń: 80 – 95%.

Skuteczność mikroplastików: niska.

Zgodność z UE: pełna.

Kubatura: 0,2 – 0,4 m³/m³/h.

Modernizacja: umiarkowana.

MBR

Podniesienie jakości III stopnia oczyszczania ścieków, bariera fizyczna.

CAPEX: wysoki.

OPEX: wysoki.

Energochłonność: 0,4 – 0,8 kWh/m³.

Skuteczność mikrozanieczyszczeń: 20 – 40%.

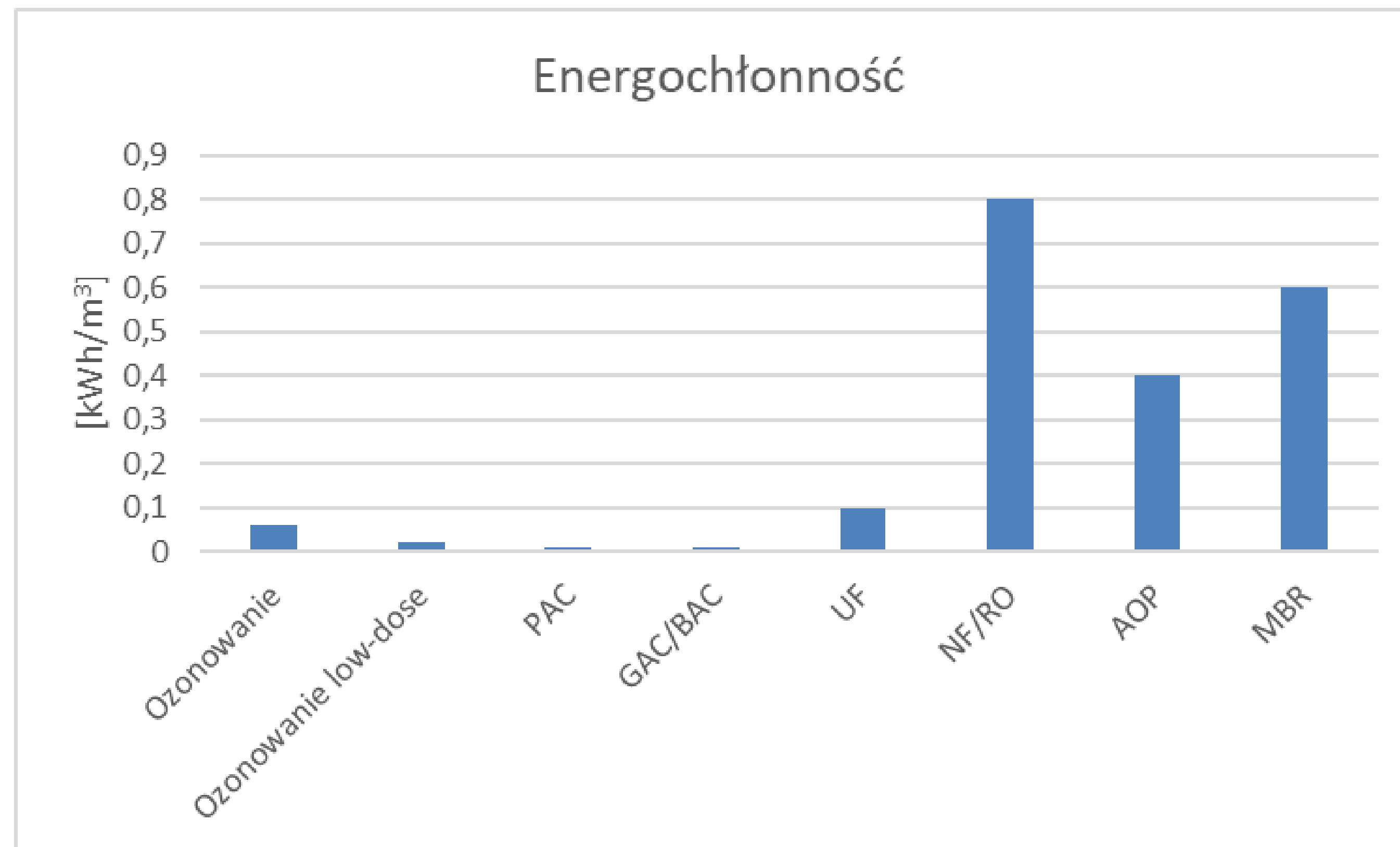
Skuteczność mikroplastików: >95%.

Zgodność z UE: nie samodzielnie.

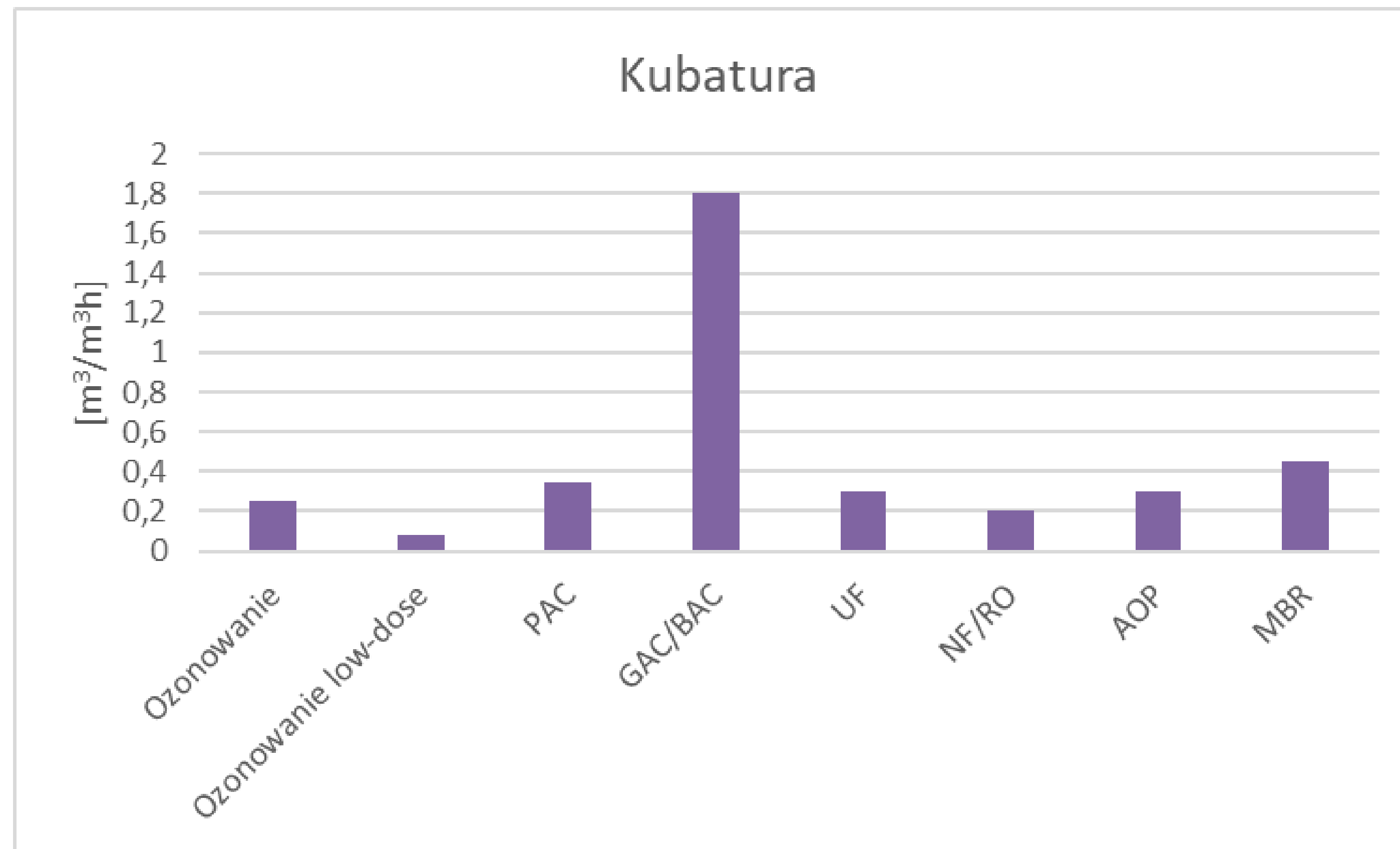
Kubatura: 0,3 – 0,6 m³/m³/h.

Modernizacja: ograniczona.

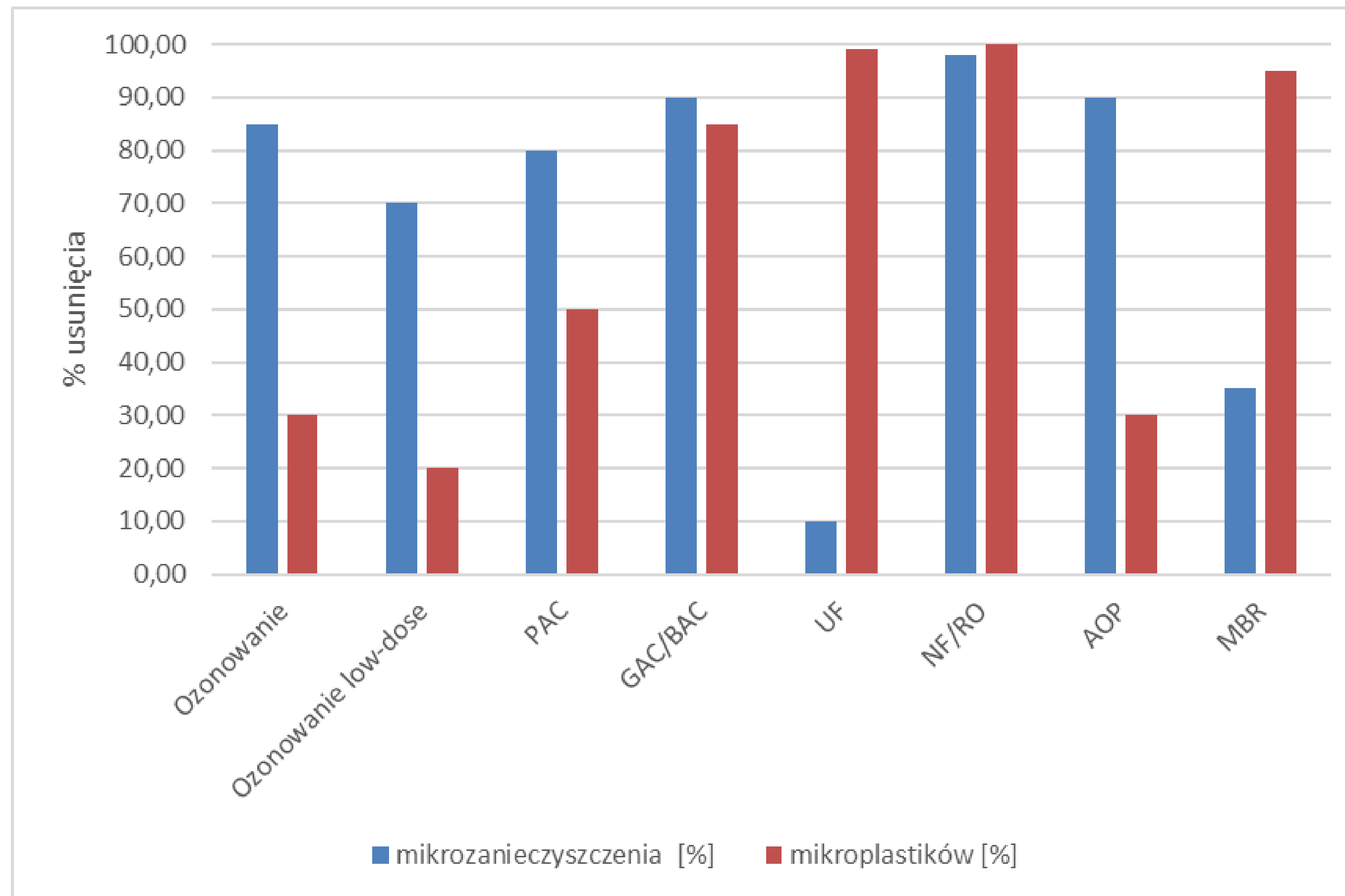
Podsumowanie technologii oczyszczania IV stopnia w kontekście zużycia energii elektrycznej



Podsumowanie technologii oczyszczania IV stopnia w kontekście dostępnego terenu



Podsumowanie technologii oczyszczania IV stopnia w kontekście usuwania mikrozanieczyszczeń i mikroplastików



Dane potrzebne do warsztatu

| Technologia | CAPEX | OPEX | Energia | Mikrozanieczyszczenia | Mikroplastiki | Kubatura |
|-------------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|---------------|----------|
| | | | [kWh/m3] | % usunięcia | % usunięcia | [m3/m3h] |
| Ozonowanie | średni-wysoki | wysoki | średni | 85 | 30 | 0,25 |
| O ₃ low-dose | średni | niski -średni | niski- średni | 70 | 20 | 0,08 |
| GAC/BAC | średni-wysoki | średni | niski | 90 | 85 | 1,8 |
| PAC | niski-średni | wysoki | niski | 80 | 50 | 0,35 |
| UF | średni-wysoki | średni | średni | 10 | 99 | 0,3 |
| NF/RO | bardzo wysoki | bardzo wysoki | wysoki | 98 | 100 | 0,2 |
| AOP | wysoki | wysoki | wysoki | 90 | 30 | 0,3 |
| MBR | wysoki | wysoki | wysoki | 35 | 95 | 0,45 |