

**Przygotowanie do przyszłych inwestycji.  
Porównanie podejść projektowych: ATV-DVWK A 131E  
2000, DWA-A 131E 2016 i praktyka USA.  
Co mierzyć, gdzie i jak często.**

**mgr inż. Agata Malec  
MollyTech**

**mgr inż. Maciej Kita  
TIM II Maciej Kita**

**dr inż. Lesław Płonka  
Politechnika Śląska  
w Gliwicach**

Modernizacja oczyszczalni ścieków wymaga danych, które pozwalają wybrać/obronić decyzję projektową.

W praktyce nie wystarcza zestaw stężeń oznaczonych w próbkach pobieranych okresowo. Podstawą powinny być miarodajne ładunki, odpowiadające im przepływy, warunki temperaturowe, informacja o pracy obiektu oraz bilanse obejmujące zarówno linię ściekową, jak i linię osadową.

Szczególne znaczenie ma rozróżnienie między danymi potrzebnymi do obliczeń według ATV-DVWK-A 131E z 2000 r., bardziej szczegółowym podejściem DWA-A 131E z 2016 r. oraz danymi wymaganymi do modelowania dynamicznego. **Są to trzy różne poziomy szczegółowości i nie powinny być mieszane bez świadomego uzasadnienia.**

# A zanim pomiary...

Podaj swoje zapisane problemy. Zapisuj je wcześniej:

- Jakie awarie
- Jakie usterki, co się zagazowuje, co się zatyka
- Jakie zużycie prądu
- Jak jest zużycie chemii i w jakich sytuacjach
- Obserwacje mikroskopowe
- Indeks osadu i jego stężenia

Tylko ty wiesz jak działa Twoja oczyszczalnia.

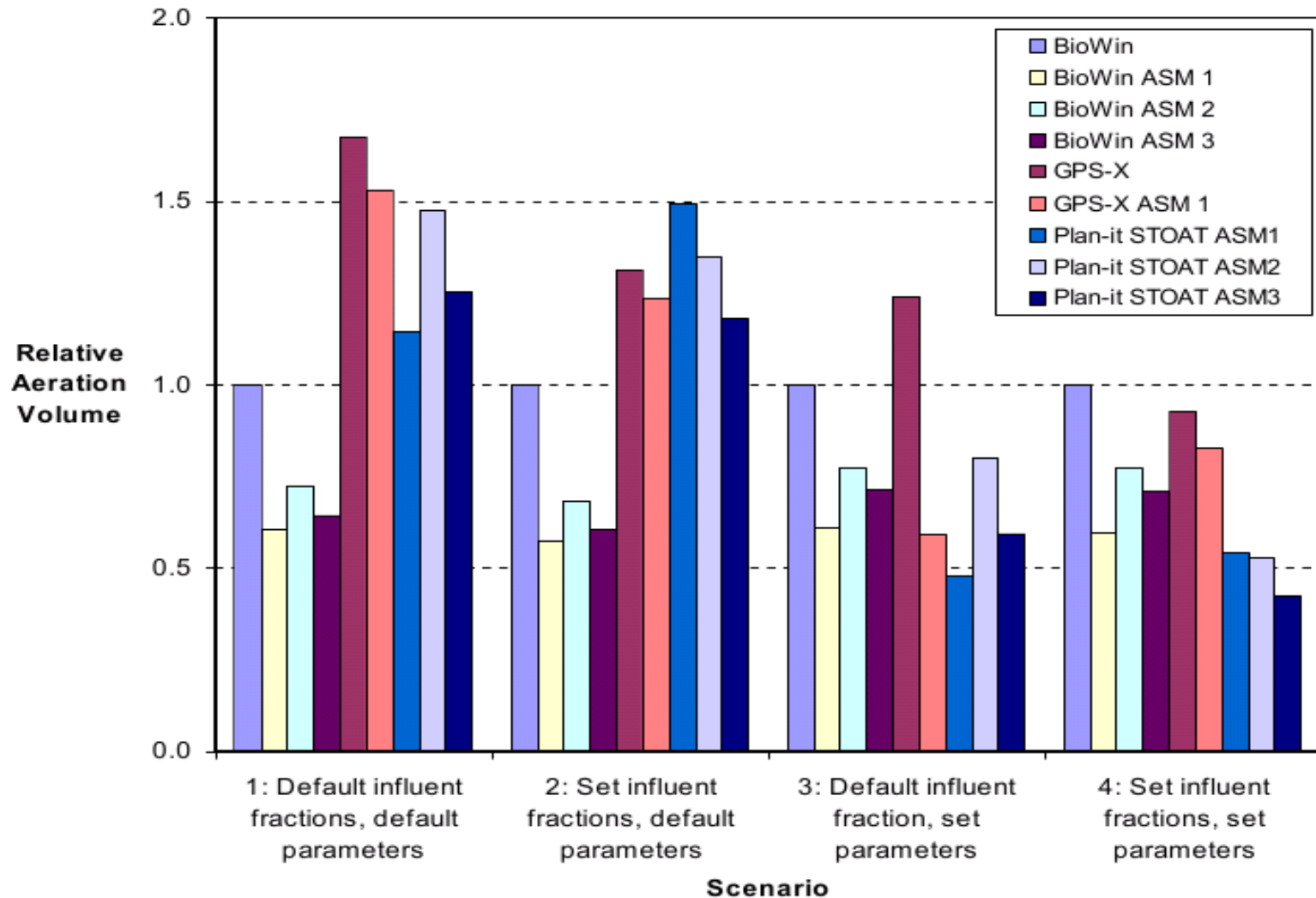
- Celem pomiarów wykonywanych przed modernizacją oczyszczalni nie jest samo zebranie dużej liczby wyników analitycznych. Celem jest uzyskanie informacji potrzebnych do podjęcia decyzji projektowej: czy obiekt ma wystarczającą rezerwę, który element jest ograniczeniem, jakiego obciążenia należy użyć do wymiarowania oraz czy problem można rozwiązać zmianą eksploatacji, sterowania lub konieczna jest przebudowa.
- Pomiar ma być traktowany jako element procesu decyzyjnego. Wynik analizy laboratoryjnej jest użyteczny dopiero wtedy, gdy można powiązać go z przepływem, czasem poboru, warunkami pracy oczyszczalni i bilansem masy. Stężenie bez przepływu nie daje ładunku. Przepływ bez stężenia nie daje obciążenia. Pojedynczy wynik z dnia poboru próby nie opisuje automatycznie sezonowości, pogody mokrej, obciążeń przemysłowych ani wpływu strumieni powrotnych z gospodarki osadowej.
- Najważniejsza teza jest następująca: dobrze pomiary przed modernizacją powinny pozwolić zamknąć bilanse i wskazać ograniczenie procesu. Jeżeli tego nie robią, nawet obszerna tabela wyników może mieć ograniczoną wartość projektową.

## Od pomiaru do decyzji modernizacyjnej



Wartość pomiaru zależy od decyzji, którą umożliwia.

**Figure 2. Relative volume of aeration tanks for each scenario to achieve effluent ammonia of 1 mg/L, normalized to the BioWin model**



The Dangers of Uncalibrated Activated Sludge Simulation Packages

Authors: Sedran, Marie A.; Mehrotra, Anna S.; Pincince, Albert B

Publisher: Water Environment Federation

# Jak policzyć oczyszczalnię.

Zanim zaczniemy gromadzić dane, musimy wiedzieć do czego one posłużą. Każda metoda obliczeniowa wymaga innego rodzaju danych.

Metodyki projektantów:

- Partyzantka własna (dramat).
- Wytyczne niemieckie: ATV-DVWK A 131E 2000 lub DWA-A 131E 2016.
- Metody amerykańskie: stanowe lub regionalne standardy projektowe, podręczniki WEF/ASCE i coraz częściej modelowanie całej oczyszczalni

**Nie przesadzajmy ze szczegółowością, ale coś trzeba dać 😊.**

**Nie zostawiajmy tego do wyboru Wykonawcy!**

# Metodyki obliczeniowe

- ATV-DVWK-A 131E 2000 - podejście nadal praktyczne, stosunkowo oszczędne pod względem danych, oparte głównie na miarodajnych ładunkach i obliczeniach według wieku osadu.
- DWA-A 131E 2016 - nowsze podejście bilansowe, silniej oparte na ChZT, frakcjach ChZT i powiązaniu części ściekowej z gospodarką osadową.
- USA - nie jedna metoda, lecz zestaw praktyk: stanowe lub regionalne standardy projektowe, podręczniki WEF/ASCE i coraz częściej modelowanie całej oczyszczalni. W USA nie ma bezpośredniego odpowiednika ATV A 131 jako jednej dominującej normy obliczeniowej. Amerykańskie podejście jest bardziej rozproszone: część wymagań wynika z przepisów stanowych i dokumentów typu Ten States Standards, część z podręczników projektowych WEF/ASCE, a część z modelowania procesowego używanego wtedy, gdy sprawa jest zbyt złożona dla prostych obliczeń.
- Symulacje dynamiczne

# Dane wejściowe: co trzeba mieć

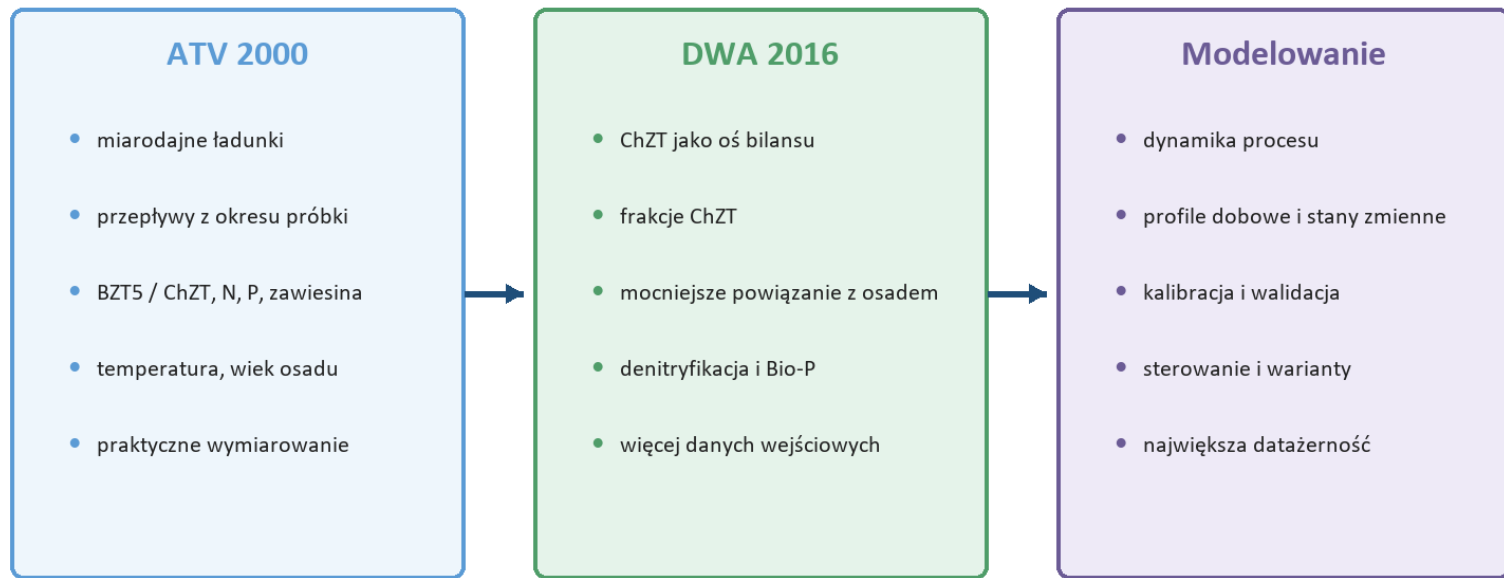
Grupa danych	ATV 2000	DWA 2016	USA - standardy i podręczniki	USA - modelowanie
Przepływy	Przepływ dobowy i przepływy odpowiadające okresom poboru próbek; rozróżnienie warunków suchych/mokrych i okresów miarodajnych.	Podobnie, ale większe znaczenie ma zamknięcie bilansu dla strumieni i obiektów.	Design average flow, maximum day flow, peak hourly flow, czasem peak instantaneous flow; dla istniejących systemów rzeczywiste dane przepływowe i ocena ich wiarygodności.	Serie historyczne, SCADA, profile dobowe, przepływy recyrkulacji, RAS/WAS, odcieki, filtraty, strumienie osadowe.
Organika	BZT5, ChZT, ładunek organiczny; przy modernizacji ważniejsza jest reprezentatywność ładunku niż pojedyncze stężenie.	ChZT całkowita i <u>frakcje</u> ; ChZT staje się podstawą bilansu.	BOD5/CBOD5, czasem COD; w klasycznych kryteriach nadal częsty jest F/M oparty na BOD5 i MLVSS.	COD, BOD5, stosunek COD/BOD5, frakcje rozpuszczone/cząstkowe, biodegradowalne/inertne.
Zawiesina i osad czynny	Zawiesina w ściekach, MLSS/MLVSS, SVI, wiek osadu.	Silniejsze powiązanie zawiesiny z ChZT cząstkową i produkcją osadu.	TSS, MLSS, MLVSS, SVI; projekt RAS zależy m.in. od MLSS, SVI i czasu przetrzymania w osadniku.	TSS, VSS, MLSS, MLVSS, dane z osadników, bilanse suchej masy, RAS/WAS, osady pierwotne i nadmierne.

<b>Azot</b>	TKN/azot ogólny, NH <sub>4</sub> , temperatura, piki obciążenia przy ostrych wymaganiach.	Bardziej rozbudowany bilans N w powiązaniu z ChZT, denitryfikacją i strumieniami wewnętrznymi.	TKN, NH <sub>4</sub> -N, NO <sub>2</sub> /NO <sub>3</sub> zależnie od wymagań pozwolenia; alkaliczność i temperatura przy nitryfikacji.	Pełne serie NH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> , TKN, alkaliczność, pH, profile dobowe i dane do kalibracji.
<b>Fosfor</b>	Fosfor całkowity, ewentualnie dane do strącania chemicznego.	TP/ortofosforany i Bio-P powiązane z bilansem ChZT.	TP i orto-P, jeżeli są limity lub projekt nutrient removal.	TP, orto-P, chemikalia, strumienie wewnętrzne P, dane do kalibracji Bio-P lub chemicznego usuwania.
<b>Temperatura i tlen</b>	Temperatura ścieków jest kluczowa dla nitryfikacji; zapotrzebowanie tlenowe liczone z obciążeń.	Podobnie, ale z większą spójnością bilansu ChZT/N.	Zdolności napowietrzania; standardy wymagają dostosowania tlenu do obciążenia.	DO, powietrze, energia, alpha factor, sterowanie, profile czasowe.
<b>Dane eksploatac.</b>	Potrzebne do sprawdzenia, czy okres kampanii jest miarodajny.	Jeszcze ważniejsze, bo bez nich frakcje i bilanse mogą być pozornie dokładne.	Dane operacyjne są podstawą facility plan i oceny istniejącej oczyszczalni.	Dane historyczne, SCADA, ręczne odczyty, laboratoryjne serie, walidacja i kalibracja.

<b>Mocna strona</b>	<b>Pragmatyczność i zgodność z realnymi danymi, które da się zwykle zebrać.</b>	<b>Lepsza spójność bilansowa, szczególnie przy osadach, ChZT, Bio-P i strumieniach wewnętrznych.</b>	<b>Elastyczność: można zostać przy prostych kryteriach albo przejść do modelu całej oczyszczalni, jeśli projekt tego wymaga.</b>
<b>Słaba strona</b>	<b>Mniej wykorzystuje informacje o frakcjach ChZT; jeżeli je zmierzmy, metoda główna nie zawsze ma gdzie je wstawić.</b>	<b>Wymaga więcej danych; częściowe zebranie frakcji może dawać złudzenie dokładności, jeśli nie liczymy konsekwentnie według 2016.</b>	<b>Brak jednej normy utrudnia porównanie; praktyka zależy od stanu, regulatora, projektanta i celu. Modelowanie może stać się bardzo datażerne.</b>

- Porównanie ATV-DVWK-A 131E 2000 z DWA-A 131E 2016 pokazuje zmianę sposobu opisu substratu. Wersja z 2000 r. jest w praktyce silnie związana z wymiarowaniem na podstawie BZT5, choć wykorzystuje także inne dane, w tym ChZT w określonych zastosowaniach. Wersja z 2016 r. przenosi ciężar obliczeń na ChZT i wymaga bardziej szczegółowego opisu frakcji materii organicznej: w tym rozróżnienie frakcji rozpuszczonych i nierozpuszczonych, biodegradowalnych i inertnych oraz łatwo biodegradowalnych składników istotnych dla denitryfikacji i biologicznego usuwania fosforu.
- Dane potrzebne do obliczeń według ATV 2000 nie są identyczne z danymi potrzebnymi do obliczeń według DWA 2016. Frakcje ChZT mogą być bardzo użyteczne diagnostycznie, szczególnie przy udziale ścieków przemysłowych, problemach z denitryfikacją, deficycie łatwo dostępnego węgla, biologicznym usuwaniu fosforu lub przy modelowaniu. Nie są jednak automatycznym wejściem do podstawowych wzorów ATV 2000. Jeżeli projekt jest liczony według ATV 2000, frakcje ChZT powinny mieć jasno określoną funkcję diagnostyczną albo stanowić element świadomego przejścia na bardziej szczegółowy sposób obliczeń.

## Trzy poziomy szczegółowości danych



Większa szczegółowość → większe wymagania wobec danych

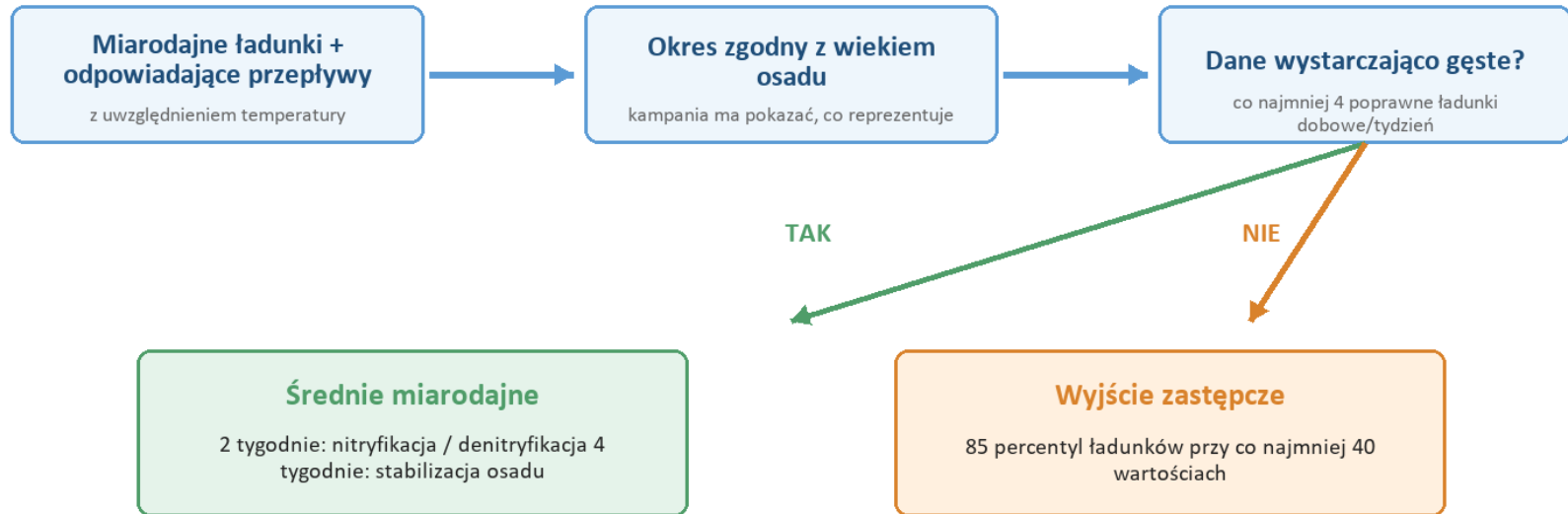
Frakcje i dane modelowe są użyteczne, ale muszą pasować do metody obliczeń.

Modelowanie dynamiczne jest jeszcze inną warstwą. W literaturze modelowanie jest bardzo widoczne, ponieważ pozwala analizować warianty sterowania, dynamikę azotu, produkcję osadu, zapotrzebowanie tlenu i pracę całej oczyszczalni. Jednocześnie modele są wrażliwe na jakość danych wejściowych. Brak danych o strumieniach wewnętrznych, odciekach, pogodzie mokrej, rzeczywistych przepływach lub dynamice dobowej może ograniczyć wartość modelu. Dlatego literatura modelowa jest szczególnie użyteczna jako wskazanie, czego często brakuje w danych, a nie jako argument, że każda modernizacja musi zaczynać się od modelu dynamicznego.

## Co z tego wynika dla modernizacji projektowanej w Polsce według ATV 2000?

1. Nie trzeba udawać, że najlepszym rozwiązaniem zawsze jest najbardziej szczegółowa metoda. Jeżeli obliczenia formalnie lub praktycznie prowadzimy wg ATV 2000, to podstawowy wysiłek pomiarowy powinien najpierw zapewnić dobre ładunki, przepływy, temperaturę, azot, fosfor, zawiesinę, dane osadowe i dane o strumieniach wewnętrznych.
2. DWA 2016 i modelowanie są świetne tam, gdzie mamy dane i gdzie pytanie projektowe uzasadnia większą szczegółowość. Bez danych wejściowych te metody nie są "dokładniejsze"; mogą tylko tworzyć bardziej precyzyjną formę niepewności.
3. Amerykańskie źródła potwierdzają praktyczną tezę: nawet przy innym systemie projektowania trzeba znać przepływy, ładunki, piki, strumienie boczne, osady i wiarygodność danych.
4. Dane "modelowe", takie jak frakcje ChZT, mają sens, gdy rzeczywiście będziemy liczyć metodą, która je zużywa, albo gdy służą do diagnostyki. Jeżeli projekt jest liczony wg ATV 2000, to same frakcje ChZT nie zastępują porządných miarodajnych ładunków.
5. USA jest dobrym kontrapunktem do ATV: podejście bywa bardziej elastyczne, ale nie jest mniej wymagające. W prostych projektach może być tabelaryczne i empiryczne; w trudnych modernizacjach przechodzi w pełny plan, modelowanie, kalibrację i walidację.

## ATV 2000: średnie, kampania i 85 percentyl



Krótką kampania jest cenna, ale sama nie zastępuje historii obiektu.

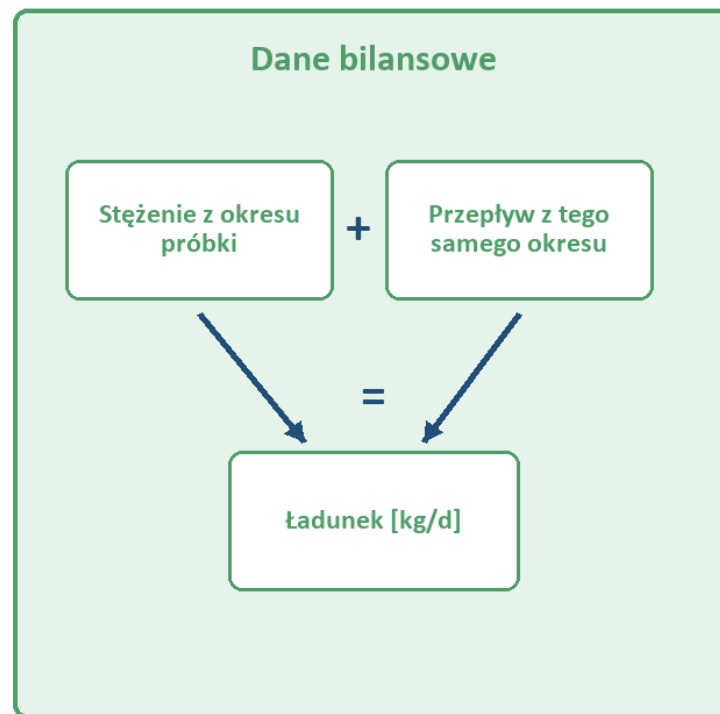
# Dane historyczne operatora

Dane rutynowe operatora są bardzo cenne - długi okres pracy oczyszczalni. Pozwalają ocenić sezonowość, zmienność dopływu, wpływ temperatury, zmiany eksploatacyjne, awarie, warunki suche i mokre oraz stabilność procesu, o ile zostaną sprawdzone pod względem spójności. Typowym problemem jest to, że dane przekazywane jako podstawa bilansu nie pozwalają bezpośrednio obliczyć ładunków. W praktyce często występują:

- stężenia bez odpowiadających przepływów;
- przepływy bez stężeń z tego samego okresu;
- dobowe przepływy zestawione z próbkami chwilowymi;
- brak informacji o czasie poboru próbki;
- brak danych o odciekach, filtratach i wodach nadosadowych;
- brak danych o wodach technologicznych lub ściekach czy osadach dowożonych;
- brak rozróżnienia pogody suchej i mokrej;
- brak danych pozwalających ocenić magazynowanie osadu w układzie.

Należy więc sprawdzić, czy tworzą one bilansowo spójną całość. Nie chodzi o formalną kontrolę kompletności tabeli, lecz o pytanie, czy z danych można wyznaczyć obciążenia istotne dla procesu.

## Stężenie + przepływ = ładunek



Dotyczy dopływu, odcieków, filtratów, odcieków z wirówek i wód nadosadowych.

# Kampania pomiarowa

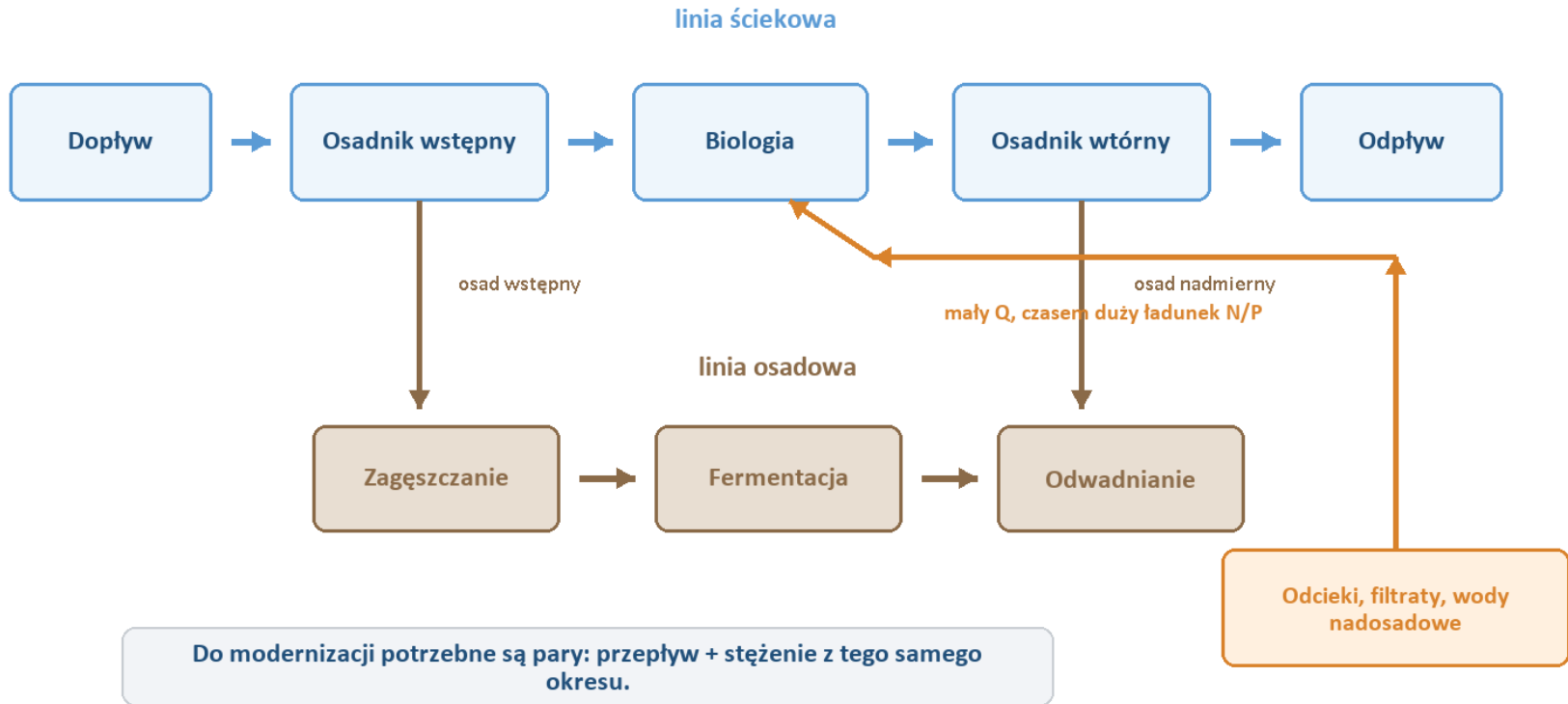
- Kampania pomiarowa jest jednym z najlepszych narzędzi poznania obiektu, jeżeli jest zaprojektowana pod konkretny cel. Może uzupełnić dane rutynowe, uchwycić profil dobowy, rozpoznać strumienie wewnętrzne, sprawdzić skuteczność osadnika wstępnego, ocenić pracę osadników wtórnych lub wyjaśnić rozbieżności w bilansach. Nie powinna jednak być traktowana jako proste zastępstwo wieloletniej historii oczyszczalni.
- Ryzyko krótkiej kampanii polega na tym, że może ona bardzo dokładnie opisać okres, który nie jest reprezentatywny dla modernizacji. Może przypaść na nietypowy sezon, brak opadów, wyjątkowy zrzut przemysłowy, remont, zmienioną eksploatację, niską temperaturę albo okres wyjątkowo stabilnej pracy. Wyniki takiej kampanii mogą być poprawne analitycznie, ale niemiarodajne projektowo.
- Przy małej liczbie próbek rocznie niepewność 85 percentyla ładunku ChZT może być istotna. Dla 26 próbek rocznie zmienność mogła dochodzić do około  $\pm 18\%$ , natomiast około 90 próbek rocznie było potrzebne, aby zejść poniżej  $\pm 10\%$  niepewności. Dla średnich tygodniowych 4 dobowe ładunki w tygodniu dawały niepewność około  $\pm 11\%$ .
- Więcej pomiarów nie oznacza automatycznie więcej informacji. Kampania powinna zaczynać się od celu, zmiennych kluczowych i bilansów masy. Dopiero później należy definiować miejsca poboru, parametry i częstotliwość. W przeciwnym razie można wykonać wiele analiz i nadal nie uzyskać odpowiedzi na pytanie projektowe.

**O ILE PROJEKTANT POTRAFI TE PYTANIA W OGÓLE ZADAĆ, A NIE PO PROSTU OBSŁUGUJE PROGRAM.**

# Oczyszczalnia jako całość

- Modernizacja nie dotyczy wyłącznie reaktora biologicznego. Oczyszczalnia jest układem połączonych strumieni wody, zanieczyszczeń, osadów i recyrkulacji. Dlatego bilans powinien obejmować zarówno linię ściekową, jak i linię osadową.
- Szczególnie łatwo pominąć strumienie powrotne z gospodarki osadowej. Ocieki, filtraty i wody nadosadowe mogą stanowić niewielki przepływ hydrauliczny, ale istotny ładunek azotu amonowego, azotu ogólnego lub fosforu. Do oceny ich wpływu nie wystarczy samo stężenie ani sama objętość. Potrzebny jest ładunek, czyli stężenie powiązane z przepływem z tego samego okresu. Uwaga - pobór odcieku bez/z wodą płuczącą!
- Podobnie w obliczeniach dotyczących fermentacji metanowej nie wystarczy informacja, że do komory trafia określona liczba metrów sześciennych osadu na dobę. Potrzebne są ładunki suchej masy, części organicznych, ewentualnie ChZT oraz informacje o składzie i zmienności osadu. Jeżeli osad jest zagęszczany grawitacyjnie, jego gęstość może zmieniać się w czasie zrzutu. Próbkę pobrana wyłącznie na początku lub końcu zrzutu może nie reprezentować całej partii. W takich przypadkach sposób poboru próbki jest częścią jakości danych, a nie detalem laboratoryjnym.

# Oczyszczalnia jako układ połączonych strumieni



# Bilans substratu i osadów

Ilość powstających osadów powinna być bilansowo powiązana z obciążeniem substratowym. Produkcja osadu zależy od ładunku materii organicznej, zawiesin, wieku osadu, oddychania endogennego, osadnika wstępnego, biologicznego lub chemicznego usuwania fosforu, strumieni bocznych i sposobu prowadzenia gospodarki osadowej. Rażąca niespójność między deklarowanym obciążeniem, a ilością osadu jest sygnałem ostrzegawczym.

Jeżeli bilans obciążenia i osadów się nie zgadza, należy sprawdzić co najmniej:

- czy doływowe ChZT/BZT5 i zawiesina są reprezentatywne;
- czy przepływy odpowiadają okresom poboru próbek;
- czy osad nadmierny i osad wstępny są mierzone jako ładunki suchej masy;
- czy uwzględniono magazynowanie osadu w osadnikach i komorach;
- czy pomiar TS/VS (zawiesina całkowita/lotna) osadów jest reprezentatywny;
- czy nie pominięto osadów dowożonych, odcieków lub strumieni powrotnych;
- czy zmiana wieku osadu, temperatury lub sposobu napowietrzania nie zmieniła rzeczywistej produkcji osadu.

Taki bilans jest nie tylko narzędziem obliczeniowym. Jest również kontrolą wiarygodności danych. Jeżeli ładunek doływowy, zużycie tlenu, produkcja osadu i strumienie powrotne nie układają się w spójną całość, modernizacja oparta na tych danych będzie obarczona istotnym ryzykiem.

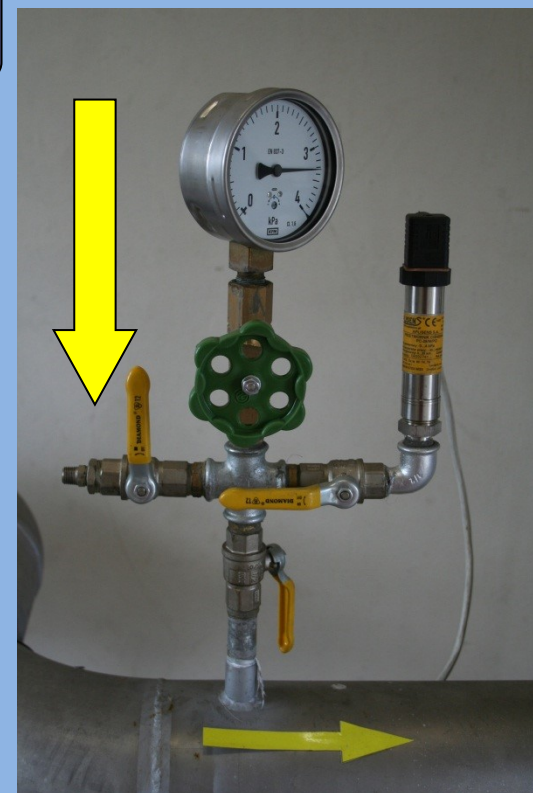
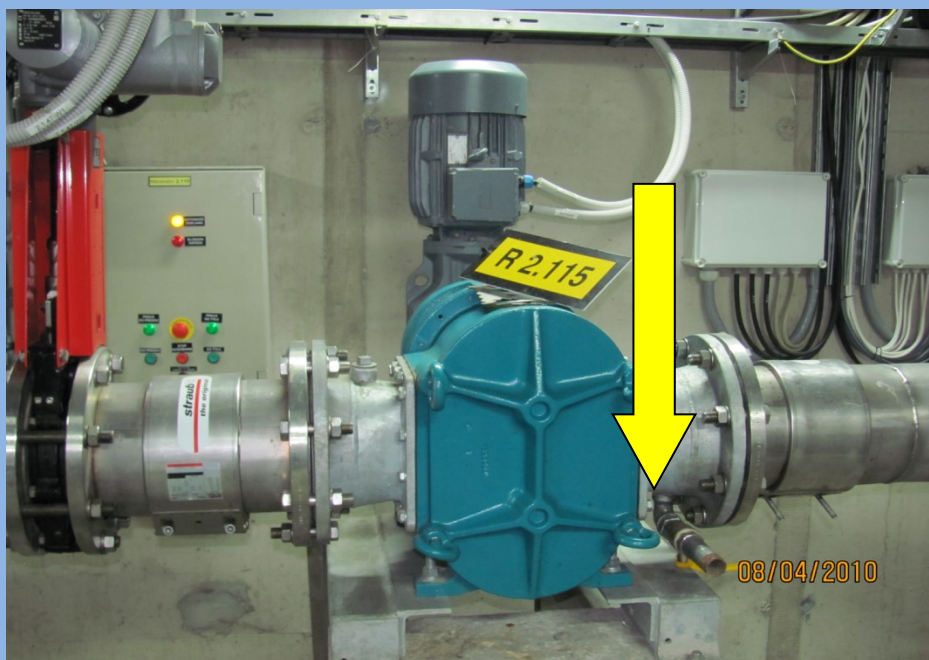
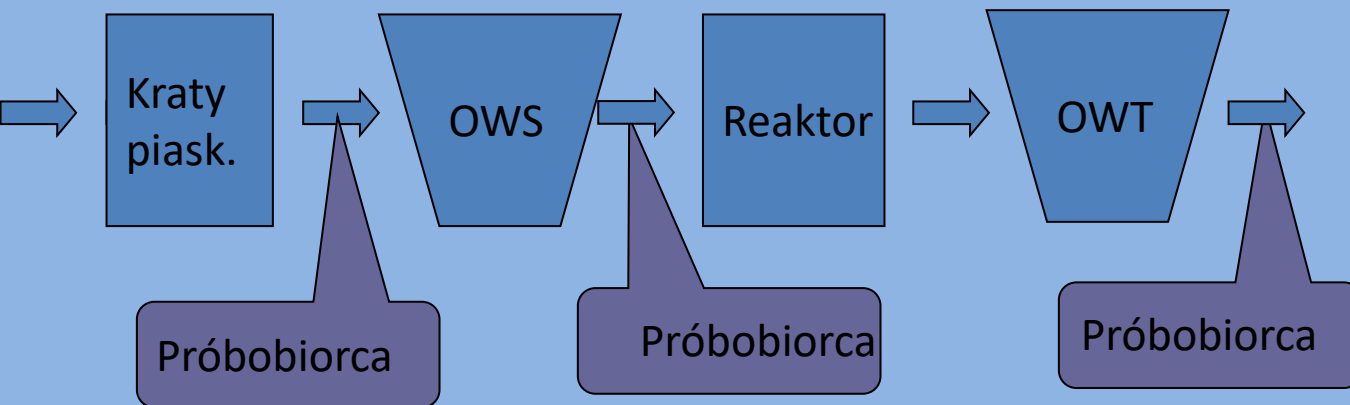
# Zakres pomiarów w linii ściekowej

W klasycznym podejściu opartym na ATV 2000 podstawą są dane pozwalające wyznaczyć miarodajne obciążenie biologii. Minimalny rdzeń obejmuje:

- przepływy dobowe i charakterystyczne przepływy godzinowe;
- temperaturę ścieków, najlepiej z okresu wieloletniego;
- BZT5, ChZT i zawiesinę;
- azot Kjeldahla, azot amonowy i azot ogólny, zależnie od celu obliczeń;
- fosfor ogólny;
- pH i zasadowość, jeżeli nitryfikacja lub chemia mogą być ograniczeniem;
- informację o warunkach suchych, mokrych, sezonowych i przemysłowych.

W przypadku osadnika wstępnego warto ocenić nie tylko jego istnienie, ale rzeczywistą skuteczność. Osadnik wstępny wpływa na ładunek trafiający do biologii, ilość osadu wstępnego, dostępność węgla do denitryfikacji, produkcję biogazu oraz bilans energii. Jeżeli ma istotne znaczenie dla modernizacji, wskazana jest osobna kampania obejmująca dopływ i odpływ osadnika, próbki 24-godzinne oraz przepływy odpowiadające okresowi poboru.

# Lokalizacja pobieraków i punktów poboru



# Zakres pomiarów w linii osadowej

Linia osadowa powinna być traktowana jako część bilansu oczyszczalni, a nie jako oddzielny dodatek. Do modernizacji potrzebne mogą być dane o:

- osadzie wstępnym;
- osadzie nadmiernym;
- osadzie zagęszczonym;
- osadzie kierowanym do fermentacji;
- osadzie przefermentowanym;
- odciekach po zagęszczaniu i odwadnianiu;
- osadach dowożonych lub zewnętrznych, jeżeli występują.

Dla tych strumieni istotne są przepływy lub objętości oraz stężenia suchej masy i części organicznych. W zależności od problemu potrzebne mogą być także ChZT, azot, fosfor, zasadowość lub parametry fermentacyjne. Szczególnej ostrożności wymaga pobór próbek z urządzeń, w których stężenie osadu zmienia się w czasie. Próbka musi reprezentować strumień lub partię osadu, a nie przypadkowy moment zrzutu.

# Osad czynny i sedymentacja

Ocena osadu czynnego nie może ograniczać się do stężeń zanieczyszczeń w dopływie. Wiek osadu, MLSS (s.m.), MLVSS (s.m.o.), RAS (osad recyrk.), WAS (osad nadm.) i właściwości sedymentacyjne wpływają na rzeczywistą przepustowość i stabilność biologii. Szczególnie ważny jest indeks objętościowy osadu SVI, ale wymaga on ostrożnej interpretacji.

- SVI (*Sludge Volume Index*) oznacza objętość osadu po standardowym czasie sedymentacji odniesioną do stężenia zawiesin osadu czynnego. Jest prosty i użyteczny, lecz silnie zależy od metody. Wynik może być zniekształcony przez stężenie MLSS, brak rozcieńczenia, inne naczynie, efekt ścian, temperaturę próbki, błąd oznaczenia MLSS, niewłaściwe pobranie próbki lub trudność odczytu granicy osadu.

W literaturze i praktyce występują także warianty:

- DSVI (*Diluted Sludge Volume Index*) - indeks oznaczany po rozcieńczeniu próbki;
- SSVI (*Stirred Sludge Volume Index*) - indeks oznaczany przy delikatnym mieszaniu;
- SSVI3.5 - wariant mieszany odnoszony do stężenia MLSS 3,5 g/L;

SVI należy mierzyć często, ale porównywać tylko wyniki oznaczane spójną metodą. Pojedyncza liczba bez informacji o procedurze może prowadzić do błędnej oceny osadnika wtórnego.

# Osadniki wtórne i warstwa osadu

Osadnik wtórny często decyduje o rzeczywistej przepustowości oczyszczalni. Można mieć wystarczającą objętość biologii, ale jeżeli osadnik nie utrzyma biomasy, układ będzie ograniczony separacją osadu. Dlatego SVI powinien być uzupełniany informacją o pracy osadnika w pełnej skali. Pomiar położenia warstwy osadu pozwala ocenić, czy osadnik ma rezerwę, czy magazynuje zbyt dużo osadu, czy reaguje na deszcz, piki hydrauliczne, wysokie MLSS, zmiany RAS lub pogorszenie sedymentacji. Przydatne są zarówno pomiary poziomu warstwy osadu, jak i profile zawiesin w osadniku.

W praktyce pomiar warstwy osadu może pomóc odpowiedzieć na pytania:

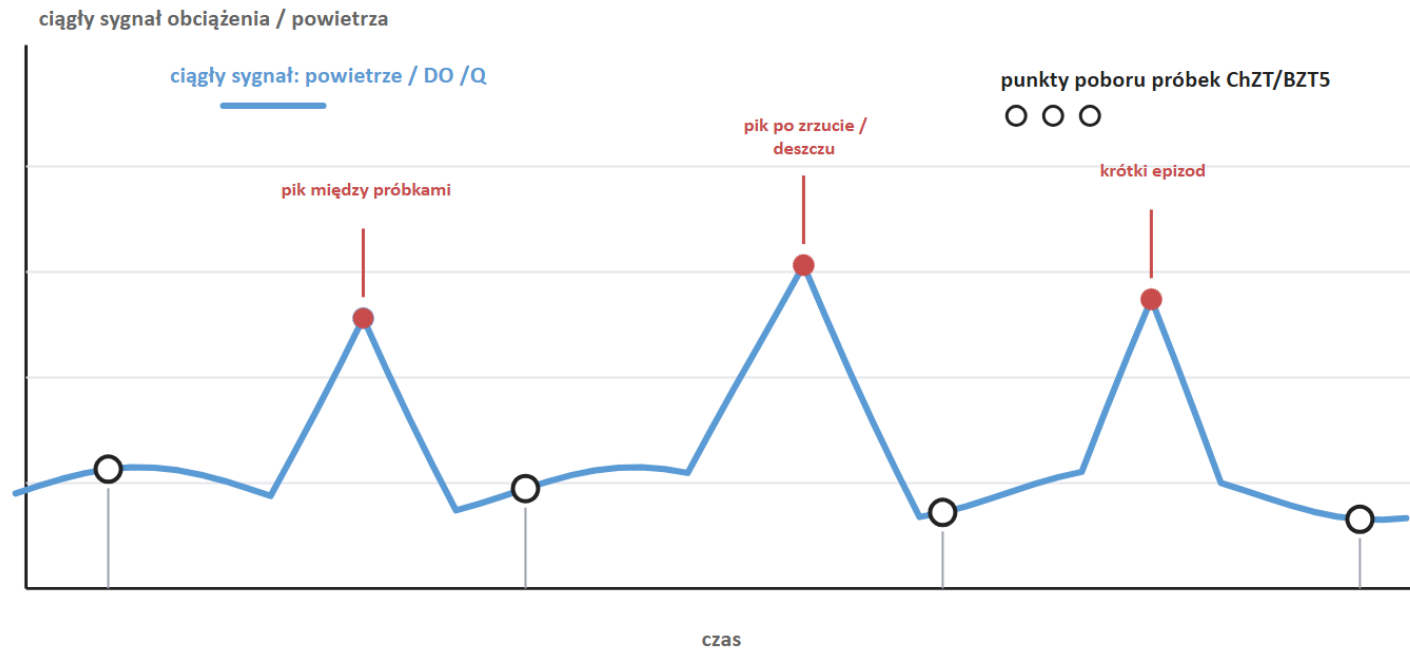
- czy osadnik jest przeciążany hydraulicznie;
- czy przy deszczu warstwa osadu podnosi się do strefy klarowania;
- czy problem wynoszenia zawiesiny wynika z osadu, hydrauliki czy recyrkulacji;
- czy RAS i WAS są prowadzone adekwatnie do rzeczywistego magazynowania biomasy;
- czy istnieje ryzyko denitryfikacji w osadniku i wynoszenia osadu.

Taki pomiar ma szczególne znaczenie przed modernizacją, gdy trzeba rozstrzygnąć, czy ograniczeniem jest biologia, osadnik wtórny, hydraulika, recyrkulacja czy jakość osadu.

# Dynamika obciążenia niewidoczna w rzadkich próbkach

- W wielu oczyszczalniach ChZT, BZT5 lub azot są oznaczane raz na dwa tygodnie, dwa razy w miesiącu albo nawet rzadziej. Taki zakres może być wystarczający formalnie, ale nie opisuje dynamiki procesu. Piki obciążenia mogą pojawiać się między poborami próbek: po deszczu, po zrzucie przemysłowym, po odciekach, w określonych godzinach lub dniach tygodnia.
- Warto analizować dane ciągłe, które oczyszczalnia często już posiada: zużycie powietrza, przepływ ścieków i stężenie tlenu rozpuszczonego. Nie należy traktować ich jako prostego przelicznika na ChZT. Zużycie powietrza zależy od ładunku organicznego, amoniaku, temperatury, stanu dyfuzorów, sterowania, zadanych wartości DO (stężenie tlenu), ograniczeń dmuchaw i hydrauliki. Może jednak pokazać, że układ w pewnych okresach pracuje pod wyraźnie większym zapotrzebowaniem tlenowym niż wynika z rzadkich danych laboratoryjnych.
- Jeżeli w dniach poboru próbki można powiązać zużycie powietrza z ChZT, BZT5 lub NH<sub>4</sub>-N, analiza może stać się jeszcze bardziej informacyjna. Jeżeli korelacja jest słaba, również jest to informacja: układ może być ograniczony sterowaniem, pracą dmuchaw, stanem napowietrzania albo zmiennością, której nie wyjaśniają dostępne pomiary laboratoryjne. Jeżeli dmuchawy pracują na pełnej mocy przez znaczną część doby, sygnał może się nasycić. Wtedy nie pokazuje już wielkości piku, ale pokazuje, że układ doszedł do granicy możliwości.

## Piki obciążenia niewidoczne w rzadkich próbkach



Rzadkie próbki mogą być poprawne, ale nie muszą reprezentować rzeczywistej zmienności procesu.

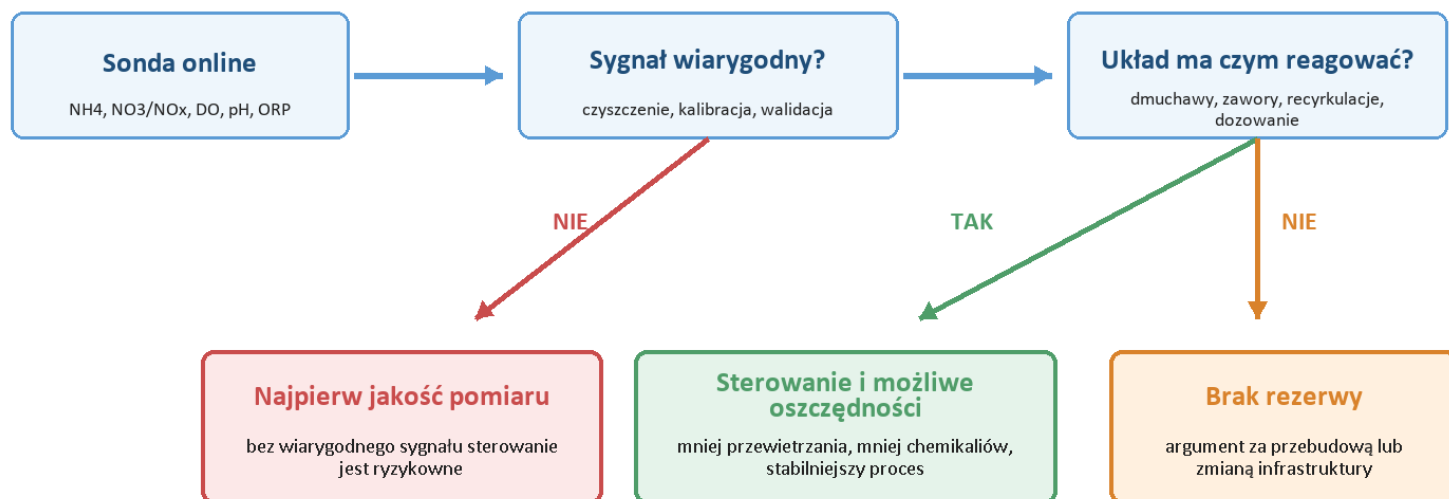
# Pomiary online jako inwestycja

Pomiary online mogą być kosztem, ale mogą też być inwestycją. Warunkiem jest to, że wynik pomiaru prowadzi do działania. Pomiary online mają sens ekonomiczny, gdy spełnione są warunki techniczne:

- czujniki są czyszczone, kalibrowane i walidowane;
- istnieje zapis danych w SCADA;
- dmuchawy, zawory, mieszadła, recyrkulacje lub dozowanie mogą reagować na sygnał;
- operatorzy rozumieją logikę sterowania;
- istnieje procedura awaryjna na wypadek dryfu lub awarii pomiaru;
- efekty są normalizowane do obciążenia i warunków pracy.

Istotna jest jeszcze jedna możliwość. Inwestycja w pomiar online może wykazać, że nie ma już istotnej rezerwy eksploatacyjnej. Jeżeli dmuchawy dochodzą do granicy wydajności, układ powietrza jest zdławiony, reaktor nie ma objętości albo osadnik wtórny ogranicza separację biomasy, dalsza poprawa nie wynika z korekty nastaw. W takim przypadku wartość pomiaru polega na wykazaniu, że problem jest infrastrukturalny.

## Pomiary online: oszczędność albo brak rezerwy



Pomiar online ma wartość, gdy prowadzi do działania albo do ucziwej diagnozy ograniczenia.

# Planowanie kampanii pomiarowej

Kampania pomiarowa powinna być planowana od pytania projektowego. Przed ustaleniem listy analiz należy odpowiedzieć na pytania:

- co ma być modernizowane;
- jaki bilans musi zostać zamknięty;
- które dane historyczne są dostępne;
- gdzie spodziewane jest ograniczenie;
- które strumienie są słabo opisane;
- czy problem dotyczy średniego obciążenia, pików, sezonowości, osadu, hydrauliki czy sterowania;
- czy potrzebne są dane do ATV 2000, DWA 2016, modelu dynamicznego czy tylko diagnostyki.

Dopiero po tej analizie można dobrać punkty poboru, częstotliwość i parametry.

Można wyróżnić trzy poziomy pomiarów:

Poziom	Cel	Przykłady
Dane podstawowe	Wyznaczenie ładunków i warunków wymiarowania	przepływ, temperatura, BZT5, ChZT, zawiesina, azot, fosfor
Kampania uzupełniająca	Rozpoznanie zmienności i brakujących bilansów	profile dobowe, odcieki, osady, osadnik wstępny, osadniki wtórne, pogoda mokra
Pomiary specjalne	Odpowiedź na szczególne ryzyko technologiczne	frakcje ChZT, respirometria, testy osadu, pomiary online, modelowanie

Właściwie zaplanowana kampania nie musi oznaczać największej możliwej liczby analiz. Powinna dostarczyć informacji, które są identyfikowalne bilansowo i odpowiadają na konkretne pytanie modernizacyjne.

# Lista kontrolna

Przed wykorzystaniem danych do modernizacji warto sprawdzić:

1. Czy dostępne są ładunki, czy tylko stężenia?
2. Czy przepływ odpowiada okresowi poboru próbki?
3. Czy dane obejmują sezonowość i temperaturę?
4. Czy rozróżniono pogodę suchą i mokrą?
5. Czy uwzględniono przemysł i zdarzenia nietypowe?
6. Czy znane są strumienie powrotne z gospodarki osadowej?
7. Czy dane o osadach pozwalają policzyć ładunki suchej masy i części organicznych?
8. Czy ilość osadu jest zgodna z obciążeniem substratowym?
9. Czy osadnik wstępny i osadniki wtórne zostały opisane pomiarowo, jeżeli są istotne dla modernizacji?
10. Czy SVI jest oznaczane spójną metodą?
11. Czy znany jest poziom warstwy osadu w osadnikach wtórnych lub jego zmienność?
12. Czy rzadkie próbki laboratoryjne nie pomijają pików obciążenia?
13. Czy dane online są utrzymywane, kalibrowane i walidowane?
14. Czy każdy dodatkowy pomiar prowadzi do konkretnej decyzji obliczeniowej, eksploatacyjnej lub inwestycyjnej?

# Archiwizacja danych

- Baza danych w komputerze, która ma wystarczającą pojemność. Nie musi być wielka, należy skalować rozdzielczość zapisu.
- Arkusz kalkulacyjny do wpisywania danych
- Mnożenie przepływów i stężeń = ładunki
- Zapis zjawisk nietypowych, sezonowych, itd.

# PRZYKŁADY

## Analiza danych

- Celem określenia ilości ścieków obecnie dopływających do oczyszczalni pozyskano dane zgromadzone w systemie AKPIA.
- Otrzymany zestaw danych składał się z 1078 baz danych, po jednej bazie za każdy dzień pracy. Pomiarów obejmowały okres od 20-11-2009 do 29-11-2012r.
- Każda baza danych zawierała 1440 minutowych pomiarów ilości ścieków mierzonych w odpływie z oczyszczalni oraz w przepływie awaryjnym co daje ponad 1,5 mln pomiarów.
- Dane zostały poddane walidacji pod kątem kompletności zestawów (w niektóre dni brakowało części pomiarów), zostały obliczone sumy godzinowe i dobowe.
- Po odrzuceniu danych niekompletnych otrzymano zestaw 25362 sum godzinowych obejmujących 1057 dób pracy oczyszczalni .

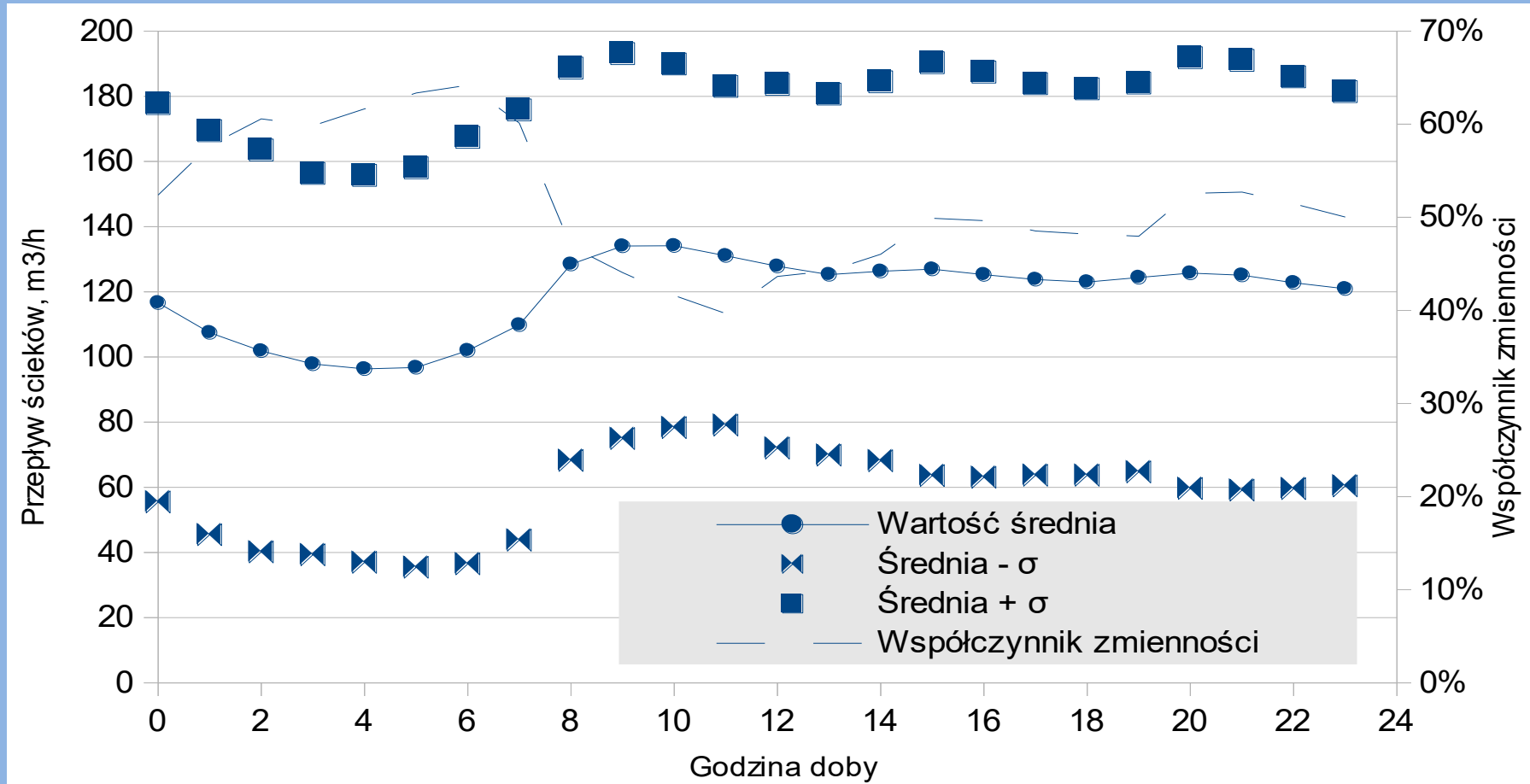
**ZATEM DANE SĄ WIARYGODNE ILOŚCIOWO, SPRAWDZIĆ JAKOŚCIOWO**

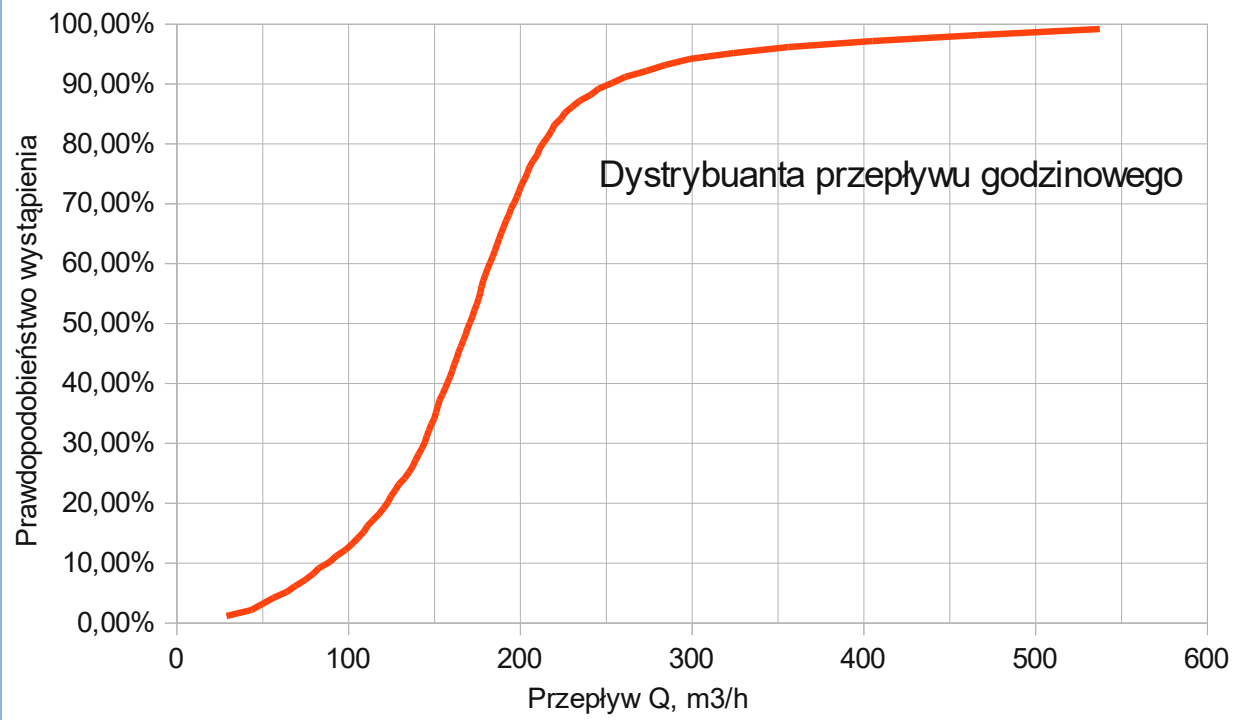
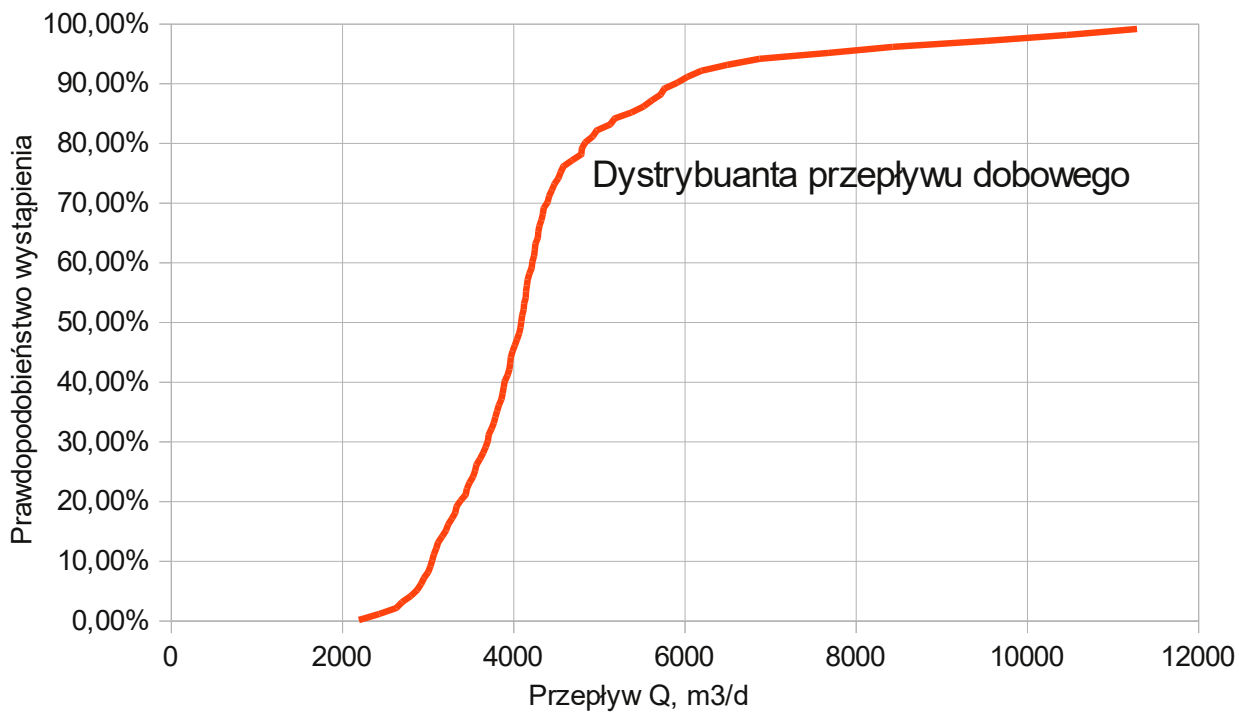
# PRZYKŁADY

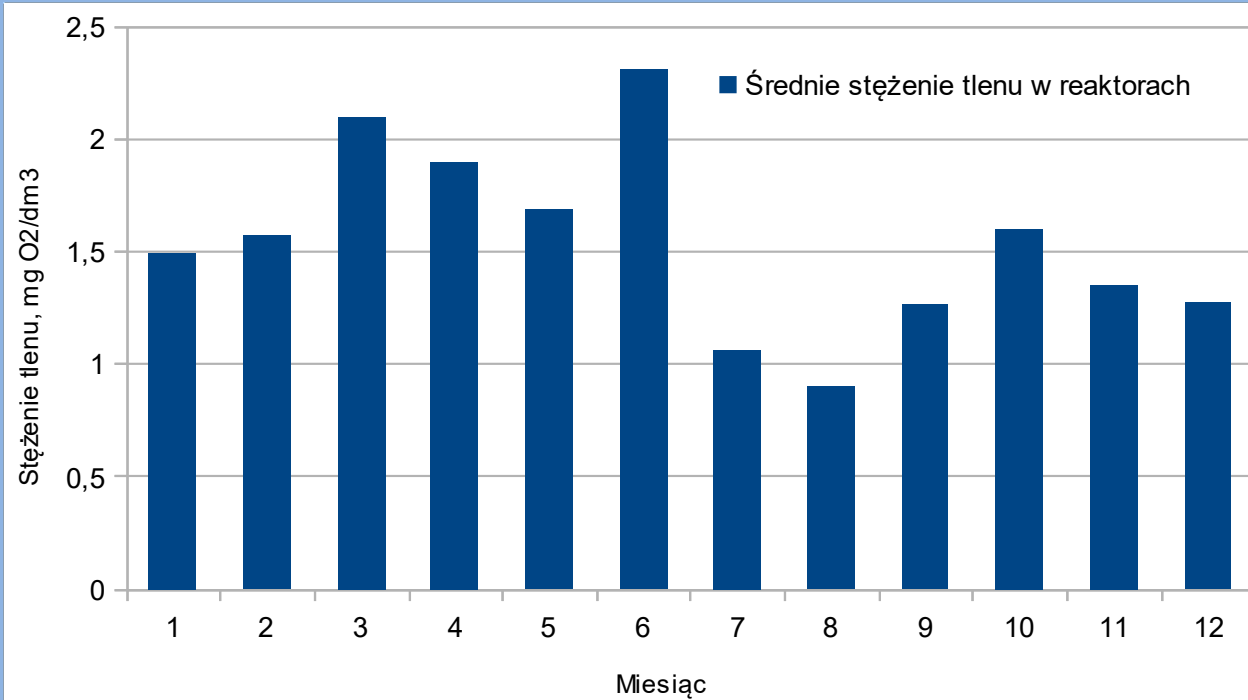
## Analiza przepływów

- *Statystyka godzinowa przepływów wraz z odchyleniem standardowym.*

### JAKI PRZEPŁYW NOCNY??



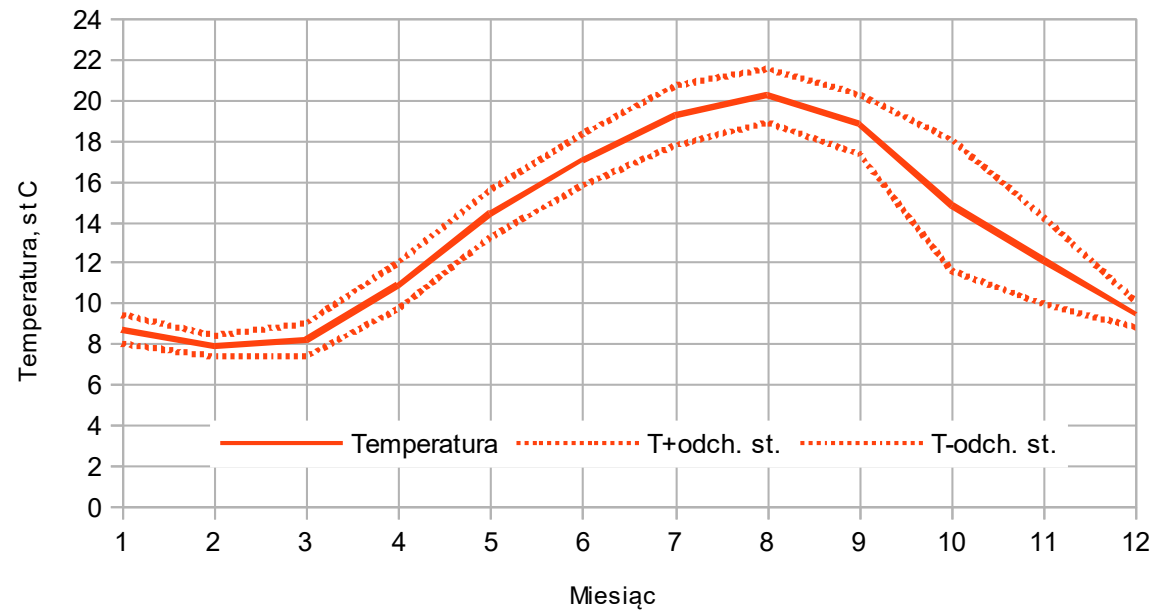


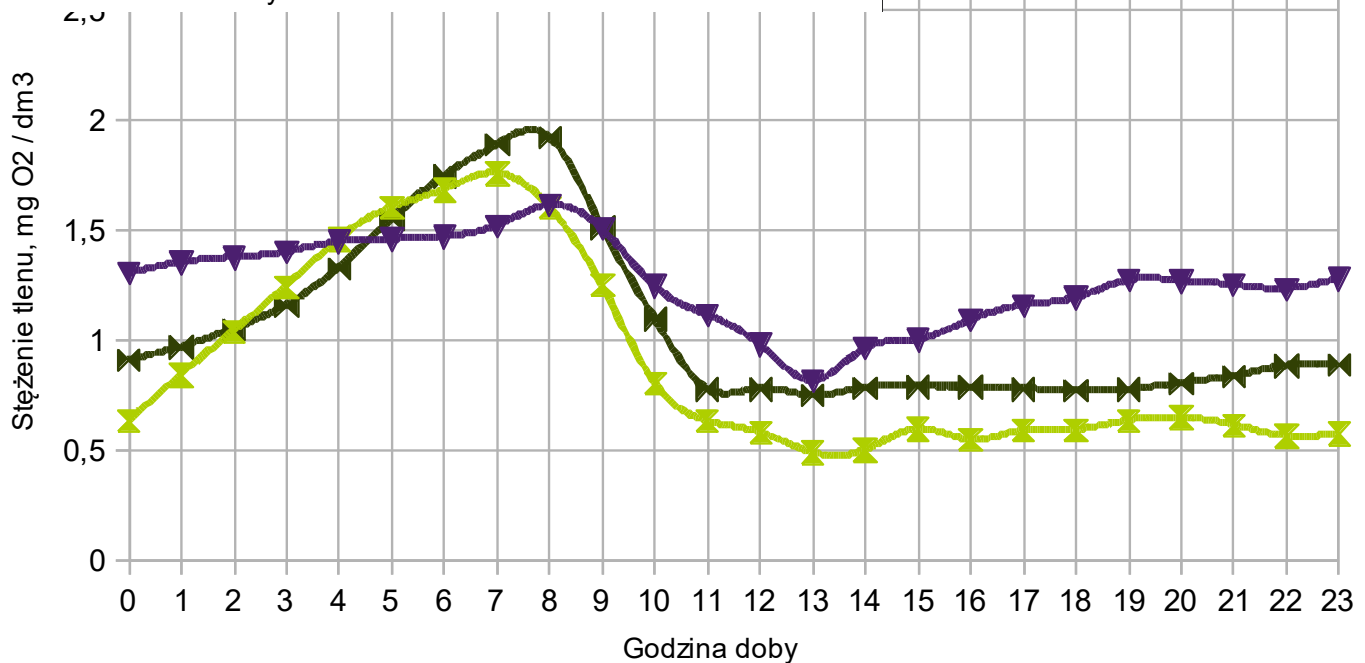
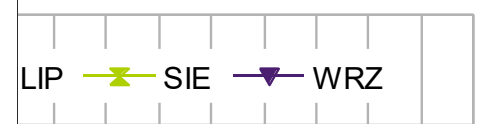
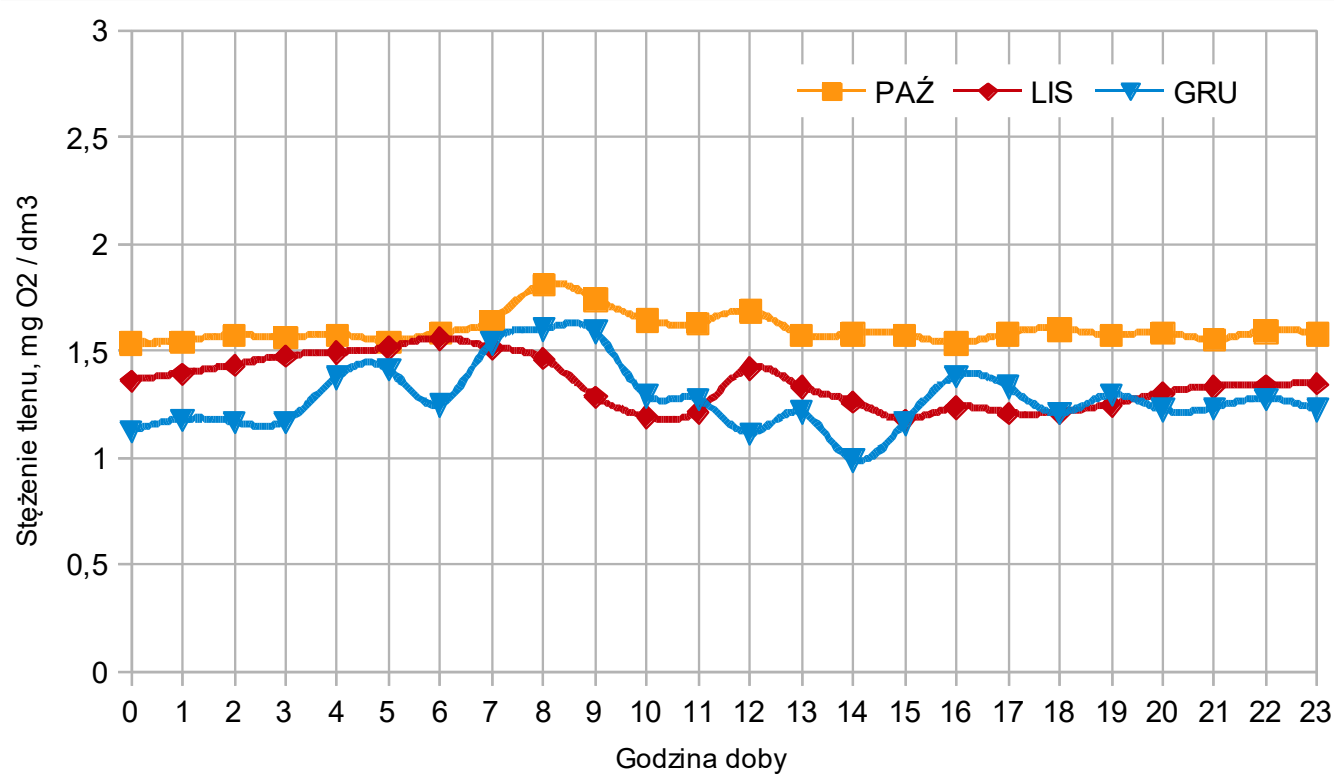


**OKRESOWE BRAKI  
TLENU  
– SYSTEM  
NIEWYDOLNY**

**NIE TRZEBA LICZYĆ  
NA 24 STOPNIE**

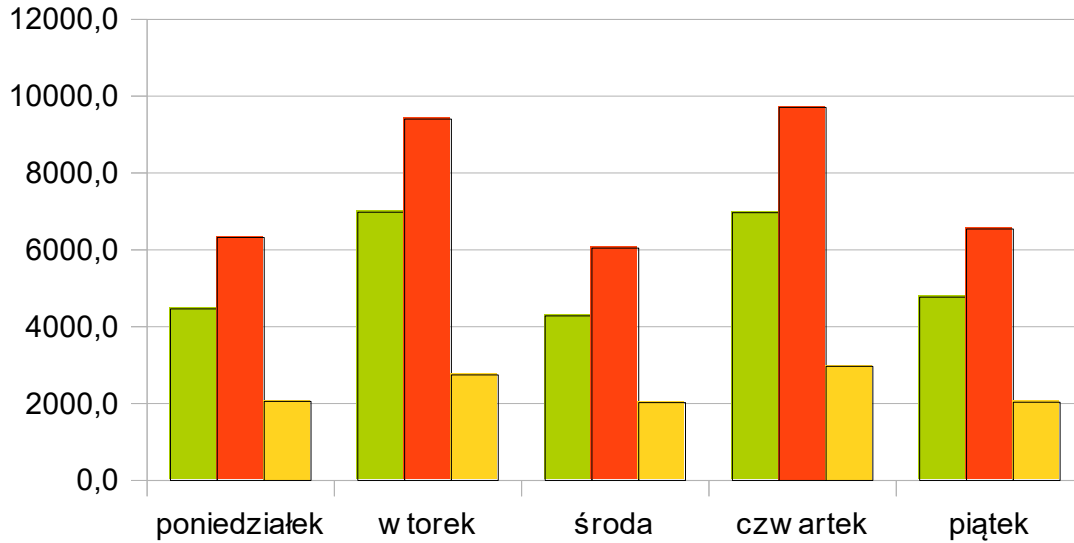
Średnia temperatura w reaktorach przez 12 m-cy





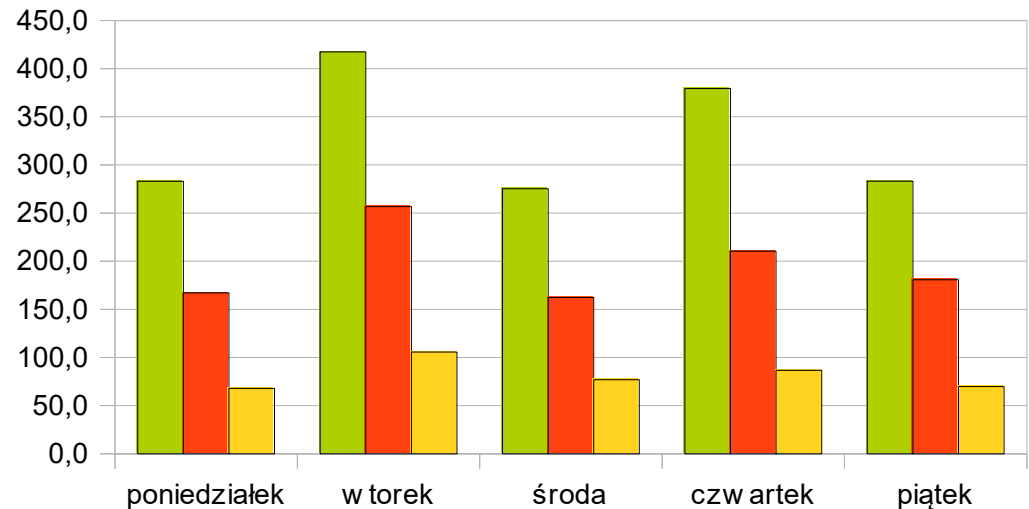
**POTĘŻNA  
SEZONOWOŚĆ I  
ZMIENNOŚĆ  
DOBOWA**

■ Średnia - Ł BZT5 kg O2/d ■ Średnia - Ł ChZT kg O2/d ■ Średnia - Ł TSS kg/d



**A W JAKIE DNI MAMY  
POBORY? ZAWSZE TE  
SAME?**

■ Średnia - Ł N og kg N/d ■ Średnia - Ł N NH4 kg N/d ■ Średnia - Ł P og kg P/d



# Skutki...

Parametr	ChZT [mg/l]	BZT5 [mg/l]	Zawiesina ogólna [mg/l]	Azot ogólny [mg/l]	Fosfor ogólny [mg/l]
Projekt	882	378	504	75,9	16,5
Średnia	413,3	170	194,3	41,8	4,68
[%] projektowego	46,9	45	38,6	55,1	28,4

**Obciążenie hydrauliczne oczyszczalni = 84% wartości projektowej**

Parametr	BZT <sub>5</sub> [mg/l]	ChZT [mg/l]	Zawiesina ogólna [mg/l]	Azot ogólny [mg/l]	Fosfor ogólny [mg/l]
Projekt	403	1129	476	80,6	17,7
Średnia	695,3	1393,7	546,7	94,8	13,9
[%] projektowego	173	123	115	118	79

**Obciążenie hydrauliczne oczyszczalni = 38,7-46,8 % wartości projektowej**

Parametr		BZT <sub>5</sub> [mg/l]	ChZT [mg/l]	Zawiesina ogólna [mg/l]	Azot ogólny [mg/l]	Fosfor ogólny [mg/l]
Projekt		573	1162	642	116,4	23,6
Wyniki	Średnia	532,4	971,4	987,3	209	21,5
	Maks	1010	1850	3270	315	28,7
	Min	315	640	88	144	15,4

**Obciążenie hydrauliczne oczyszczalni –  
poniżej 40 % wartości projektowej**

# Wnioski

- Pomiarzy przed modernizacją oczyszczalni powinny być podporządkowane decyzji projektowej. Najważniejsze są nie pojedyncze wyniki stężeń, lecz wiarygodne ładunki, odpowiadające im przepływy, reprezentatywność okresu pomiarowego i bilans całego obiektu.
- ATV-DVWK-A 131E 2000 pozostaje praktycznym punktem odniesienia dla wielu modernizacji, ale wymaga danych miarodajnych. DWA-A 131E 2016 i modelowanie dynamiczne rozszerzają zakres potrzebnych danych, zwłaszcza w kierunku frakcji ChZT i dynamiki procesu. Te poziomy należy rozróżniać.
- Kampania pomiarowa jest wartościowa wtedy, gdy uzupełnia historię pracy oczyszczalni i odpowiada na zdefiniowane pytanie. Może być mniej użyteczna, jeżeli jest krótka, przypadkowa i oderwana od bilansu.
- Pomiarzy online mogą przynieść oszczędności energii lub chemikaliów, ale tylko wtedy, gdy są elementem sterowania i utrzymania ruchu. Mogą także wykazać, że dalsza poprawa wymaga przebudowy, co również jest istotnym wynikiem przedmodernizacyjnym.
- Ostatecznie pomiar powinien służyć obronie decyzji modernizacyjnej. Jeżeli wynik nie wpływa na bilans, wymiarowanie, diagnozę ograniczenia lub decyzję eksploatacyjną, jego wartość projektowa jest ograniczona.

- Ty mówisz co źle działa.
- Nie zlecaj JEDNEGO zagadnienia, pora na CAŁOŚĆ.
- Projektant patrzy na CAŁOŚĆ.
- Ty zaproponuj metodykę, albo weź kogoś kto WSPÓŁPRACUJE, a nie WIE LEPIEJ
- Patrz na pracę projektanta
- ROZMAWIAJ I SUMUJ WIEDZĘ OBU STRON

**DZIĘKUJEMY ZA UWAGĘ**

