

„Ścieżki odzysku i oszczędności energii na oczyszczalniach ścieków komunalnych”

Gdańsk, 25.09.2017

Warsztaty

Beata Szatkowska

Bjarne Paulsrud



1. Deklaracja zaangażowania się na rzecz poprawy efektywności energetycznej

Rozmiar nie ma znaczenia!

Sukces opiera się na **regularnej ocenie** osiągnięć energetycznych zakładu oraz na wdrażaniu kroków zmierzających do zwiększenia efektywności energetycznej.

Stwórz dedykowany **zespół ds. energii** z jego liderem i ustanów **politykę energetyczną**

Kluczowe **obowiązki lidera** mogą obejmować:

- koordynację i kierowanie całym programem energetycznym
- zwiększenie widoczności zarządzania energią w organizacji
- opracowanie polityki energetycznej
- ocenę potencjału wartości lepszego zarządzania energią
- utworzenie i prowadzenie Zespołu ds. Energii
- zapewnienie wystarczających zasobów do wdrożenia strategicznego zarządzania energią
- zapewnienie odpowiedzialności i zaangażowania ze strony głównej kadry organizacji
- identyfikacja możliwości poprawy i zapewnienia wdrożenia (w tym szkolenia personelu)
- pomiar, śledzenie, ocena i przekazywanie wyników
- uzyskanie uznania za osiągnięcia



Utworzony **zespół ds. Energii** powinien:

- realizować działania w zakresie zarządzania energią w różnych częściach organizacji
- zapewnić integrację najlepszych praktyk
- planować i wdrażać konkretne ulepszenia,
- mierzyć i śledzić wydajność energetyczną
- komunikować się z kadrą kierowniczą, pracownikami i innymi zainteresowanymi stronami.



Polityka energetyczna - stanowi podstawę skutecznego zarządzania energią. Wskazuje na zaangażowanie organizacji w efektywność energetyczną pracowników, akcjonariuszy, społeczności i innych zainteresowanych stron.

Polityka energetyczna powinna:

- wyznaczyć cel - mieć wyraźny, wymierny cel odzwierciedlający zaangażowanie i priorytety organizacji.
- ustalić odpowiedzialności - ustanowienie kto i za co jest odpowiedzialny, określenie ról w organizacji oraz zapewnienie personelowi możliwości wdrożenia planu zarządzania energią.
- zapewnić stałą poprawę - uwzględnienie przepisów dotyczących oceny i aktualizacji polityki w celu odzwierciedlenia zmieniających się potrzeb i priorytetów.
- promować cele - wyznaczania celów łącząc cele energetyczne z ogólnymi celami finansowymi i środowiskowymi organizacji.

2. Ocena charakterystyki energetycznej oczyszczalni

Zrozumienie obecnego i wcześniejszego zużycia energii jest ważne, aby **zidentyfikować możliwości poprawy efektywności energetycznej** i uzyskiwania **korzyści finansowych**.

Określ działania i czynności, które zużywają najwięcej energii lub są nieefektywne.



Audyt energetyczny, identyfikacja najbardziej energochłonnych i/lub nieefektywnych działań i czynności w obiekcie. Ten krok może wymagać porównania z oceną znamionową wymienioną na tabliczkach znamionowych urządzeń lub porównania z podobnymi modelami urządzeń, aby uzyskać typowe zużycie energii.

Ocena - okresowy proces oceny wykorzystania energii - podstawa do mierzenia przyszłych wyników skuteczności.

Ocena efektywności energetycznej wymaga dobrych informacji na temat sposobu, kiedy i gdzie energia jest używana.

Zebranie i śledzenie tych informacji jest niezbędne do ustalenia punktu wyjścia i zarządzania zużyciem energii.

Analiza danych może pomóc lepiej zrozumieć czynniki wpływające na wydajność energetyczną i określić kroki mające na celu ograniczenie zużycia energii.

Audyty energetyczne to kompleksowe przeglądy prowadzone przez specjalistów i/lub inżynierów energii, które oceniają rzeczywiste działanie systemów i wyposażenia zakładu w odniesieniu do zaprojektowanej wydajności lub w odniesieniu do najlepszej dostępnej technologii. Różnica między nimi jest potencjałem do oszczędności energii.

Główne etapy przeprowadzania ocen technicznych i audytów to: zebrać zespół ekspertów, zaplanować i opracować strategię, stworzyć raport końcowy.

Istnieje wiele sposobów analizy danych w zależności od potrzeb zakładu.

Kluczowe aspekty obejmują:

Zbieranie i zarządzanie danymi

- Zbieranie i śledzenie danych - gromadzenie informacji o zużyciu energii i dokumentowanie danych w czasie.

Punkt wyjścia i benchmarking

- Ustanowienie punktu wyjścia - określenie statusu, od którego będziemy mierzyć postęp.
- Benchmarking - porównanie charakterystyki energetycznej z innymi obiektami

Analiza i ocena

- Analiza - zrozumienie wzorców i trendów zużycia energii.
- Ocena techniczna i audyt - ocena skuteczności działania systemów i urządzeń obiektu w celu określenia potencjału poprawy.



Ocena efektywności energetycznej pomaga:

- skategoryzować bieżące zużycie energii ze względu na źródło, dział operacyjny, urządzenia, itp.
- zidentyfikować wysokosprawne urządzenia (uznane i powtarzalne praktyki).
- ustalenie najmniej sprawnych urządzeń/procesów i zapewnienie ich natychmiastowej poprawy/wymiany.
- zrozumienie udziału wydatków energetycznych w kosztach operacyjnych.
- opracowanie historycznej perspektywy i kontekstu dla przyszłych działań i decyzji.
- stworzenie punktów odniesienia do pomiaru i nagradzania dobrych wyników.



3. Ustanowienie celu

SET GOALS

- 1.
- 2.
- 3.



Aby **określić skutecznie cele** należy:

- określić zakres - określenie parametrów organizacyjnych i czasowych dla celów.
- oszacować potencjał poprawy - przeanalizować punkt wyjścia, benchmarking w celu określenia potencjału i kolejności modernizacji oraz przeprowadzić oceny techniczne i audyty.

Przykładami kryteriów, które można wykorzystać w **rankingu priorytetów** są: koszty kapitałowe, koszty utrzymania, potencjalny spadek zużycia energii, istniejąca potrzeba modernizacji urządzeń, zwrotu z inwestycji, wymagania regulacyjne, łatwość wdrożenia.

- oszacować potencjał poprawy - ważne jest, aby mieć świadomość, jaki poziom poprawy jest osiągalny i jakie są do tego potrzebne zasoby.
- ustalić cele - stworzenie i wyrażenie jasnych, wymiernych celów, z wyznaczonymi datami, dla całej organizacji, obiektów, technologii i urządzeń.

Ustalanie celów pomaga:

- wyznaczyć kierunek dla poprawy w całej organizacji;
- mierzyć sukces programu zarządzania energią;
- pomaga Zespołowi ds. Energii w identyfikacji postępu i niekorzystnych wyników na poziomie urządzeń;
- tworzyć poczucie celu i motywować pracowników;
- wykazać się zobowiązaniem do zmniejszenia negatywnego wpływu na środowisko;
- tworzyć harmonogramy modernizacji i identyfikować kamienie milowe.

Istnieje wiele **sposobów określania potencjału**. Metoda wyboru zależy od szeregu czynników, takich jak: dostępne zasoby, czas, charakter wykorzystania energii w obiektach oraz sposób zorganizowania programu energetycznego.

Metody stosowane przez wiodące programy energetyczne obejmują:

- Przeglądanie danych dotyczących skuteczności - powinna pomóc w identyfikacji różnic w zużyciu energii między podobnymi obiektami, dając ograniczony, punktowy wgląd, perspektywę potencjalnej poprawy. Dane dotyczące skuteczności obejmujące dłuższy okres czasu będą bardziej użyteczne w celu zrozumienia potencjału poprawy.
- Benchmarking - Benchmarking stanowi podstawę do oceny możliwości, gdy dostępne są wystarczająco dużo danych, aby pokazać trendy w zużyciu energii.
- Ocena przeszłych projektów i najlepszych praktyk - ocena dotychczasowych projektów i najlepszych praktyk w celu określenia możliwości przeniesienia tych praktyk do innych części organizacji.
- Przegląd oceny technicznej i audytów - określenie możliwości zmniejszenia zużycia energii zidentyfikowanych podczas oceny technicznej i audytów urządzeń o uboższych osiągnięciach, aby ustanowić silną podstawę do określenia potencjału poprawy.
- Porównanie celów podobnych organizacji - przegląd celów dotyczących wyników innych organizacji może pomóc w kierowaniu i informowaniu o potencjale własnej organizacji.
- Łączenie się z celami strategicznymi w całej organizacji - strategiczne i operacyjne cele, takie jak redukcja kosztów, mogą również pomóc w informowaniu o procesie wyznaczania celów.

4. Utworzenie planu działania



Zakłady osiągające sukces wykorzystują szczegółowy plan działań, aby zapewnić **systematyczny proces wdrażania działań** w zakresie efektywności energetycznej. W przeciwieństwie do polityki energetycznej plan działania jest **regularnie aktualizowany**, najczęściej raz w roku, w celu odzwierciedlenia ostatnich osiągnięć, zmian wyników i przesunięć priorytetów.

Podstawowe kroki stworzenia planu:

- Określenie kroków technicznych i celów
 - Określenie celi i skuteczności - dla każdego działu i działania organizacji w celu śledzenia postępów w osiągnięciu celów.
 - Określenie terminów - w przypadku działań, w tym regularne spotkania kluczowych pracowników w celu oceny postępów, dat wykonania, kamieni milowych i oczekiwanych rezultatów.
 - Ustanowienie systemu śledzenia - utworzenie systemu do śledzenia i monitorowania postępów działań. System ten powinien śledzić i mierzyć zużycie energii oraz działania związane z projektem/programem.
- Określenie ról i zasobów

Współpracuj z zespołem ds. Energii w celu przekazania planu działań we wszystkich obszarach organizacji. Określ, kto powinien być zaangażowany i jakie będą ich obowiązki.

5. Wdrożenie planu działania

świadomość, zaangażowanie i zdolności!

Uzyskanie wsparcia i współpracy kluczowych osób na różnych szczeblach organizacji jest ważnym czynnikiem skutecznego wdrożenia planu działań w wielu organizacjach. Ponadto osiągnięcie celów zależy często od świadomości, zaangażowania i zdolności ludzi, którzy będą realizować projekty.

W celu wdrożenia planu działań należy rozważyć następujące kroki:

- **Utworzenie planu komunikacji** - opracowanie ukierunkowanych informacji dla kluczowych odbiorców o swoim programie zarządzania energią.
- **Podnoszenie świadomości** - budowanie wsparcia na wszystkich szczeblach organizacji w zakresie inicjatyw i celów związanych z zarządzaniem energią. Zwiększenie ogólnej świadomości może być skutecznym sposobem na większe wsparcie inicjatyw energetycznych.
- **Budowanie potencjału** - można zwiększyć możliwości swoich pracowników poprzez szkolenia, dostęp do informacji, dzielenie się udanymi praktykami, procedurami i technologiami oraz wymianę doświadczeń. Inwestowanie w szkolenia i systemy dzielenia się udanymi praktykami pomaga zapewnić sukces planu działań poprzez budowanie ogólnej zdolności organizacyjnej. Wiele organizacji uznało, że poinformowani pracownicy częściej pomagają w tworzeniu pomysłów, prawidłowo obsługiwają sprzęt i postępują zgodnie z procedurami, pomagając zagwarantować, że inwestycje kapitałowe w poprawę efektywności energetycznej będą mogły wykorzystać ich potencjał.

- **Motywacja** - należy zachęcać pracowników do poprawy efektywności energetycznej, aby osiągnąć cele. Oferowanie zachęt w zarządzaniu energią jest jednym ze sposobów, w których wiele organizacji stwarza zainteresowanie podejmowania inicjatyw energetycznych i sprzyja poczuciu odpowiedzialności wśród pracowników.

Uznanie - wyróżnij i nagradzaj osiągnięcia osób.

Bonus i nagrody finansowe - oferuj bonusy pieniężne i inne nagrody, jeśli cele są spełnione.

Odpowiedzialność za środowisko - użyj komunikatów dotyczących środowiska w celu promowania poczucia odpowiedzialności za środowisko i społeczność.

Standardy działania - dostosuj standardy wydajności pracowników do celów energetycznych

- **Śledzenie i monitorowanie** - należy używać systemu śledzenia opracowanego w ramach planu działania w celu regularnego śledzenia i monitorowania postępów. System powinien być scentralizowany i dostępny dla wszystkich, aby wykorzystać go do oceny postępów w kierunku ustalonych celów, kamieni milowych i terminów. Utrzymanie systemu śledzenia umożliwia ocenę niezbędnych kroków, działań korygujących i określenie sukcesów. Okresowy przegląd działań opisanych w planie działań ma kluczowe znaczenie dla osiągnięcia celów dotyczących efektywności energetycznej. Wymaga to : regularnych aktualizacji, przeprowadzania okresowych przeglądów, określenia niezbędnych działań naprawczych.

6. Ocena postępu

Ocena postępów obejmuje formalny przegląd zarówno danych dotyczących zużycia energii, jak i działań realizowanych w ramach planu działania w porównaniu do celów dotyczących wyników. Wyniki oceny i informacje zebrane podczas formalnego procesu przeglądu są wykorzystywane przez wiele organizacji do tworzenia nowych planów działań, określania najlepszych praktyk i wyznaczania nowych celów w zakresie skuteczności.

Kluczowe etapy obejmują:

- Pomiar wyników - porównanie aktualnych osiągnięć z założonymi celami.
- Przegląd planu działań - zrozumienie tego, co działało dobrze, a co nie w celu zidentyfikowania najlepszych praktyk.

Regularna ocena charakterystyki energetycznej i skuteczności inicjatyw zarządzania energią pozwalają menedżerom energii na:

- mierzyć efektywność realizowanych projektów i programów,
- podejmowania świadomych decyzji dotyczących przyszłych projektów energetycznych
- nagrodzić jednostki i zespoły za osiągnięcia
- udokumentować dodatkowe oszczędności, a także niemierzalnych korzyści, które mogą być wykorzystane do przyszłych inicjatyw.

7. Rozpoznanie/uznanie osiągnięć

Zapewnienie i ubieganie się o uznanie osiągnięć w zakresie zarządzania energią jest sprawdzonym krokiem w kierunku utrzymania tempa i wsparcia dla programu poprawy efektywności energetycznej.

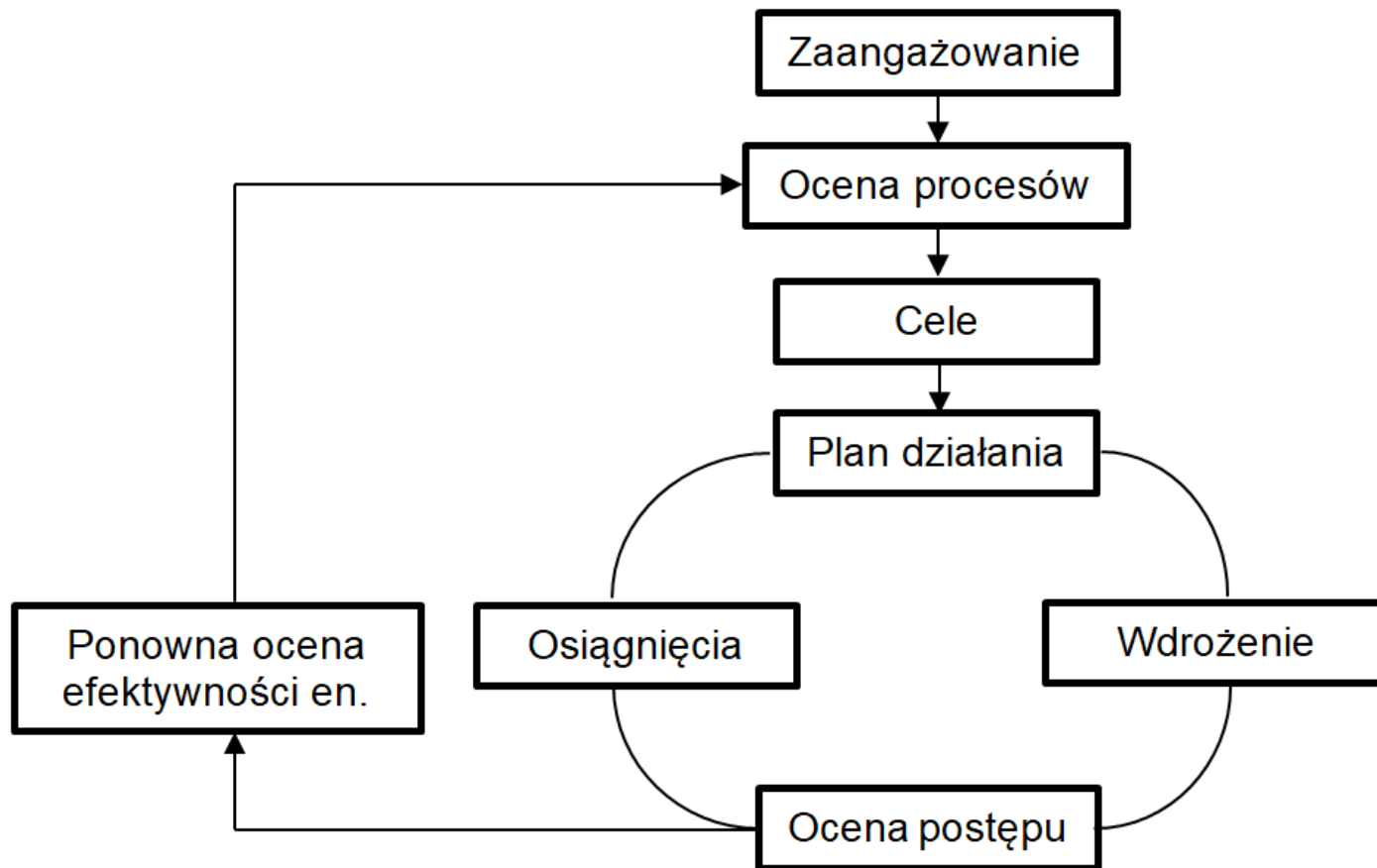
Zapewnienie uznania tym, którzy pomogli organizacji osiągnąć te wyniki motywuje pracowników i przynosi pozytywne działanie dla programu zarządzania energią.

Uzyskanie uznania ze źródeł zewnętrznych potwierdza znaczenie programu zarządzania energią zarówno dla wewnętrznych, jak i zewnętrznych zainteresowanych stron i zapewnia pozytywną ekspozycję na całą organizację.

Kluczowe kroki w dostarczaniu i zdobywaniu uznania obejmują:

- Zapewnienie wewnętrznego uznania - osobom, zespołom w organizacji.
- Otrzymywanie zewnętrznego uznania - od agencji rządowych, zrzeszeń, izb, mediów i innych organizacji zewnętrznych, które nagradzają osiągnięcia.





Odzysk energii/Energy recovery:

- biogaz, -pompy ciepła, -odzysk z różnych wysokotemperaturowych strumieni przez wymiennik ciepła

Poprawa efektywności energetycznej/

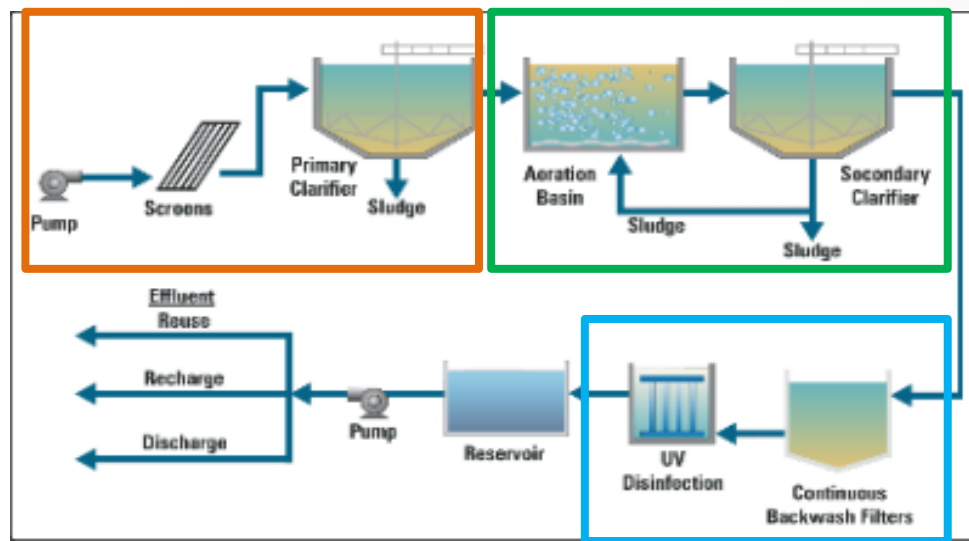
Energy efficiency improvement:

- oczyszczanie wstępne
- oczyszczanie biologiczne
- oczyszczanie trzeciego stopnia

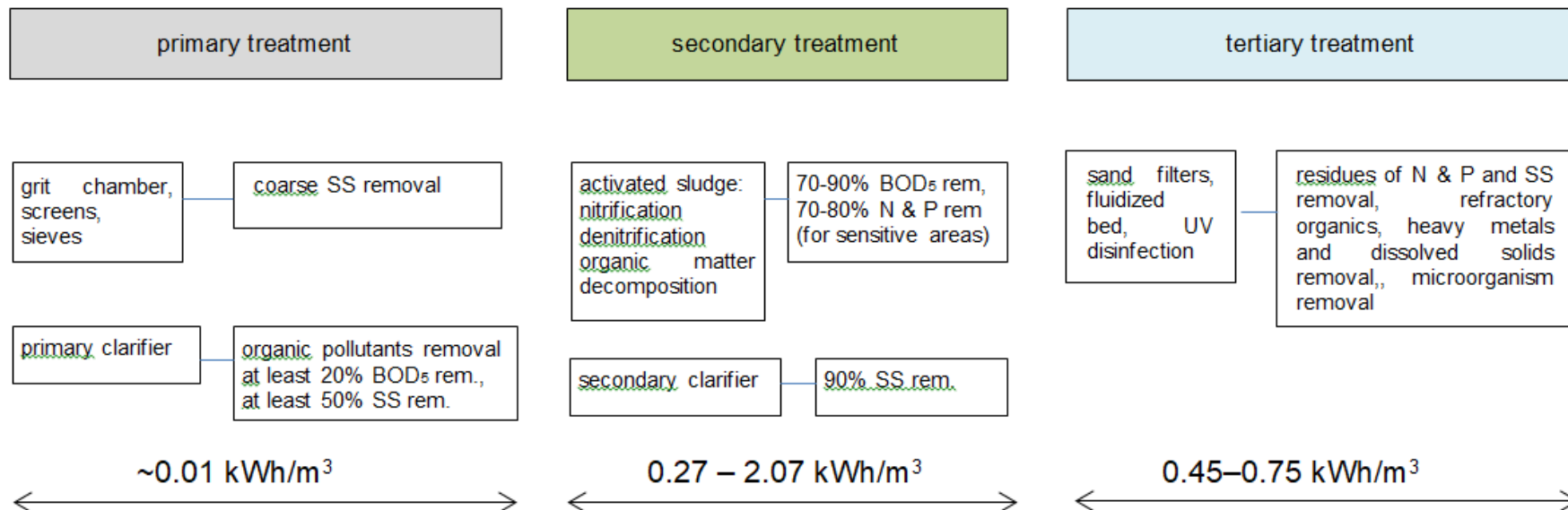
Intensywność energetyczna oczyszczania ścieków bardzo się różni w poszczególnych krajach

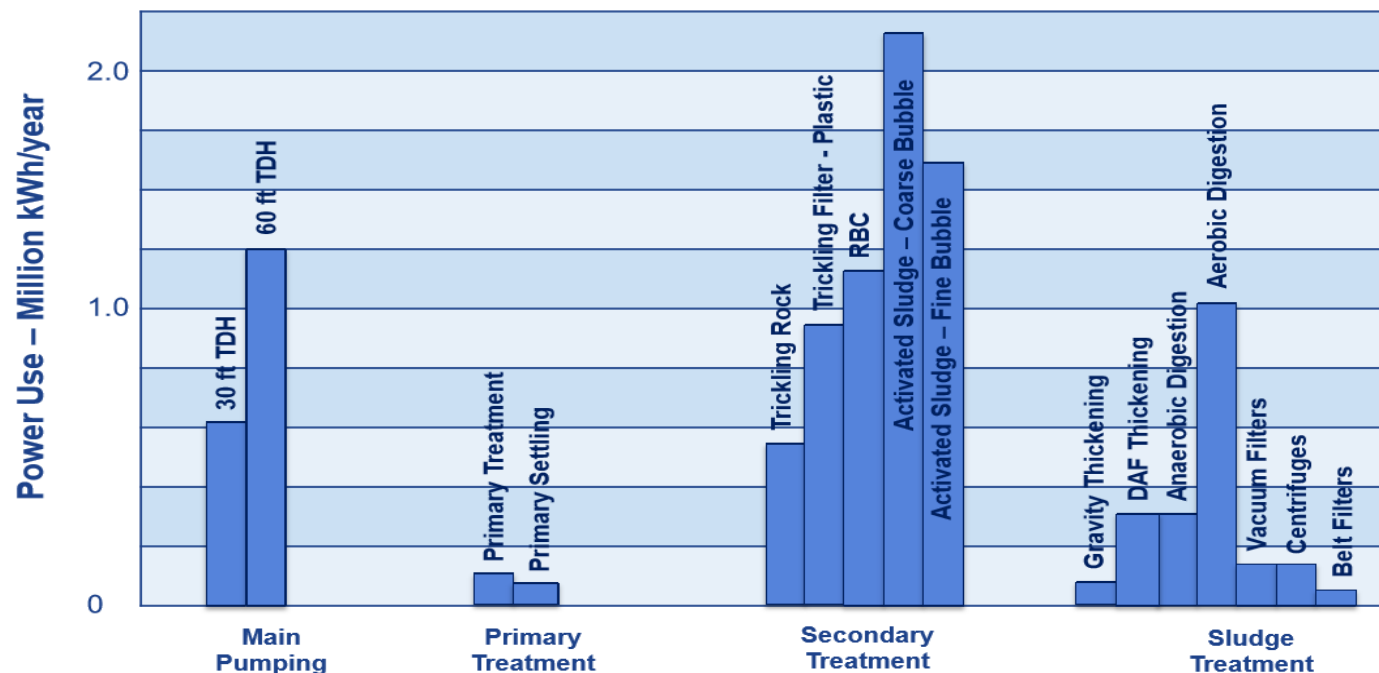
-dla **oczyszczania wstępnego** (najbardziej energochłonne -pompy) np.

0,02 do 0,1 kWh/m³ w Kanadzie,
od 0,045 do 0,14 kWh/m³ na Węgrzech i
od 0,1 do 0,37 kWh/m³ w Australii



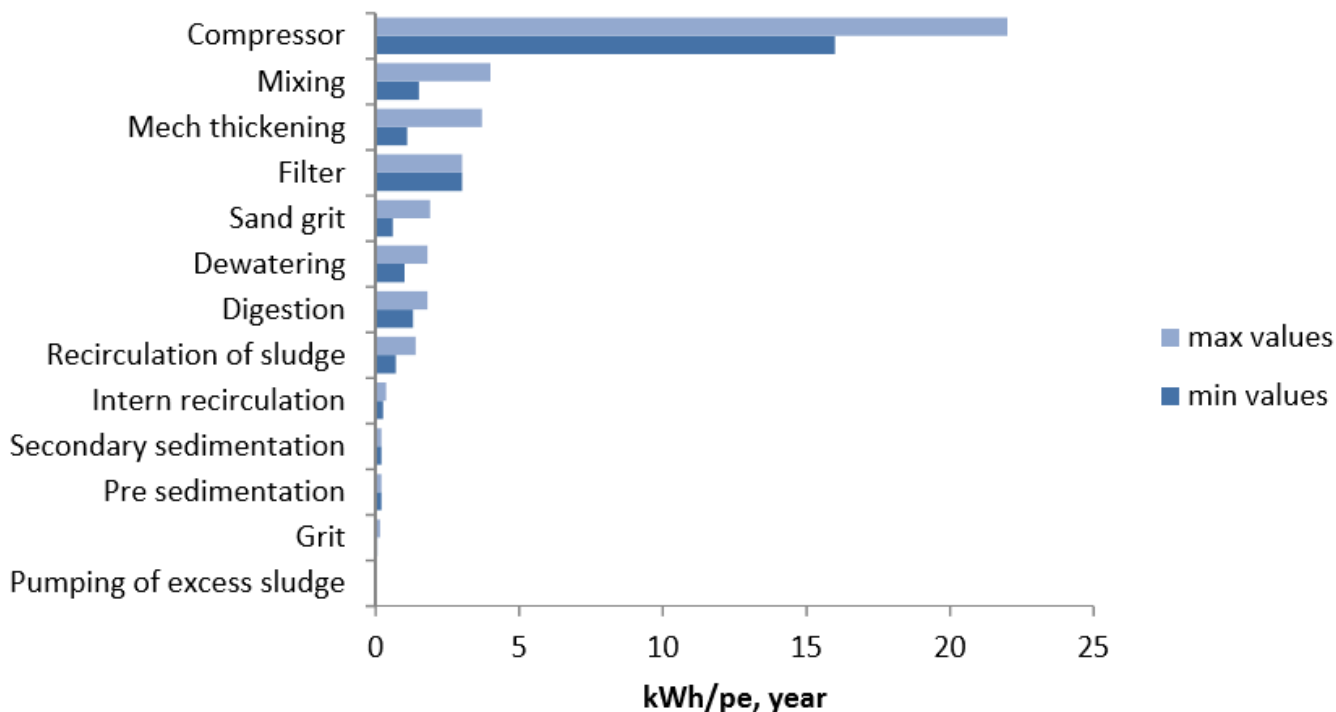
- dla **oczyszczania drugiego stopnia** (napowietrzanie, mieszanie osadu czynnego w denitryfikacji i recyrkulacja osadu (pompowanie) stanowią 60-65% całkowitych kosztów) np. 0.46 kWh/m³ (Australia), 0.269 kWh/m³ (Chiny), 0.33–0.60 kWh/m³ (USA) i 0.30–1.89 kWh/m³ (Japonia).
- dla **oczyszczania trzeciego stopnia** (zaawansowane) relatywnie duża ilość energii – intensyf. procesów usuwania N i P lub innych intensywnych procesów energet., np. Dezynf. UV.



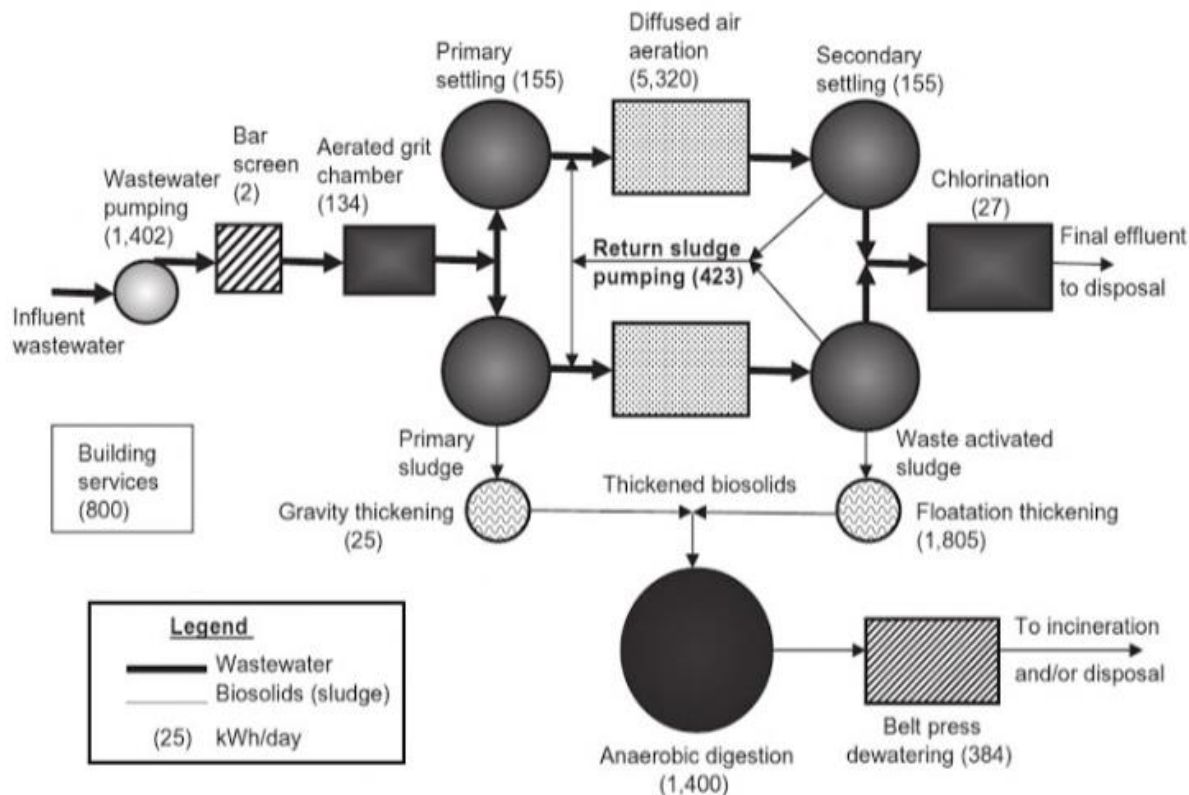


Typowy profil zużycia energii (dla oczyszczalni 37 854,1 m³/dzień). Źródło : Energy Conservation in Water and Wastewater Facilities - Manual of Practice no 32. WEF, McGraw-Hill Professional, 2009.

Primary treatment – podczyszczanie/oczyszczanie wstępne, primary settling – osadnik wstępny, trickling filters – złoża biologiczne zraszane, RBC – rotacyjne złoża biologiczne, activated sludge – osad czynny, coarse-bubble diffuser- dyfuzor grubopęcherzykowy, fine-bubble diffuser- dyfuzor drobnopęcherzykowy, gravity thickening – zagęszczacz garbitacyjny, DAF thickening – separator flotacyjny drobnopęcherzykowy, anaerobic digestion – fermentacja beztlenowa, aerobic digestion – fermentacja tlenowa, vacuum filters – filtr próżniowy, centrifuge – wirówka, belt filters – prasa taśmowa



Zużycie energii w poszczególnych procesach w kWh/RLM*rok, Źródło: Wennerholm, 2014
 compresor – kompresor, mixing – mieszanie, mech thickening – zagęszczanie mechaniczne, filter – filtr, sand grit – piaskownik (usuwanie piasku), dewatering – odwodnienie, digestion, fermentacja, recirculation of sludge – recyrkulacja osadu, intern recirculation – recyrkulacja wewnętrzna, secondary sedimentation – osadnik wtórny, pre sedimentation – osadnik wstępny, grit – usuwanie żwiru, pumping of excess sludge – pompowanie osadu nadmiernego.



Dzienne zużycie energii elektrycznej dla instalacji 37 854,1 m³/d. Źródło: Cao, 2001.

No	Jednostka	Zużycie energii, kWh	Udział w całkowitym zużyciu energii, %	Specyficzne zużycie energii elektrycznej, kWh/m ³
1	Pompa podnosząca	1402	8.2	0.04
2	Kraty	2	0.01	pomijalne
3	Piaskownik	134	0.8	pomijalne
4	Osadnik wstępny	155	0.9	0.01
5	Natlenianie	8766 (5320+3446) ¹	51.2 (31.1+20) ¹	0.23 (0.14+0.09) ¹
6	Pompa osadu recyrk.	508	3.0	0.01
7	Osadnik wtórny	155	0.9	0.01
8	Mieszanie chemikaliów	552	3.2	0.01
9	Pompa zasilająca filtr	822	4.8	0.02
10	Filtracja	385	2.2	0.01
11	Chlorowanie	27	0.1	pomijalne
12	Zagęszczacz grawiacyjny	25	0.1	pomijalne
13	Zagęszczacz flotacyjny	2022	11.8	0.05
14	Fermentacja beztlenowa	1700	10.0	0.05
15	Odwadnienie taśmowe	457	2.7	0.01

¹ cyfry na zewnątrz nawiasów są zużyciem energii potrzebnej do całkowitego usunięcia ChZT i nityfikacji łącznie, podczas gdy pierwsza i druga liczba w nawiasie to odpowiednio indywidualne zużycie energii dla usunięcia ChZT i nityfikacji.

	Oczyszczanie ścieków		
	Pompy wlotowe	Procesy oczyszczania	Obróbka osadu
Zużycie energii w %	25	60	15
Pompowanie	X		X
Osadnik wstępny		X	
Mieszanie/koagulacja		X	
Usuwanie biogenów		X	
Pompowanie osadu recyrkulowan.		X	
Zagęszczanie/odwadnianie		X	
Fermentacja/ko-fermentacja		X	
Suszenie osadu		X	
Biogaz / CHP		X	
Energia słoneczna		X	
Małe turbiny wodne	X		
Turbiny wiatrowe			X

Etap oczyszczania	Udział zużycia energii	Potencjał oszczędności energii
Pobór ścieków (pompowanie)	10%	5-10% poprzez poprawę pracy istniejących pomp. Do 30% dzięki lepszej konserwacji i dokładniejszej regulacji do rozmiaru ładunku.
Oczyszczanie (natlenianie)	55%	20-50% poprzez lepsze dostosowanie parametrów sterowania ze standardami na odpływie np poprawa/ instalacja systemu kontroli on-line.
Obróbka osadu (odwadnianie i pompowanie)	35%	30% efektywności energetycznej można osiągnąć przez zastosowanie tradycyjnej fermentacji mezofilowej z CHP. Zastosowanie wstępnego kondycjonowania (np hydroliza termiczna) osadu lub fermentacji termofilowej może zwiększyć efektywność do 50%. Dalsze zastosowanie zaawansowanego procesu zintegrowanego z ko-fermentacją i wykokosprawną CHP mogą zwiększyć efektywność energetyczną do 80%.

Procesy oczyszczania wstępnego zużywają około **11% całkowitego zużycia energii** na oczyszczalni. Wiążą się głównie z energią na **mieszanie i pompowanie** skrutek, piasku i osadu wstępnego.

Flokulacja odgrywa ważną rolę w tym stopniu oczyszczania. Jest to proces o **niskim zużyciu energii**. Dzielimy ją na powietrzną oraz mechaniczną (mieszanie hydrauliczne lub mechaniczne). Na pobór mocy wpływa m.in. wielkość kłaczków wymaganych dla przeprowadzenia procesu klarowania.

Procesy oczyszczania wstępnego usuwają zawiesinę poprzez osadzanie/**strącanie** (zbiorniki sedymentacyjne) lub poprzez **flotację** (flotacja rozpuszczonego powietrza - DAF). Metoda oczyszczania DAF wymaga systemu wtrysku powietrza, który jest energochłonny (8-12%).

Stężenie usuniętego osadu z osadnika różni się w szerokim zakresie. Zależy to od typu osadnika i metody usuwania osadu. Im wyższe jest stężenie tym niższe straty wody i mniejsza kubatura jednostki obróbki osadu.

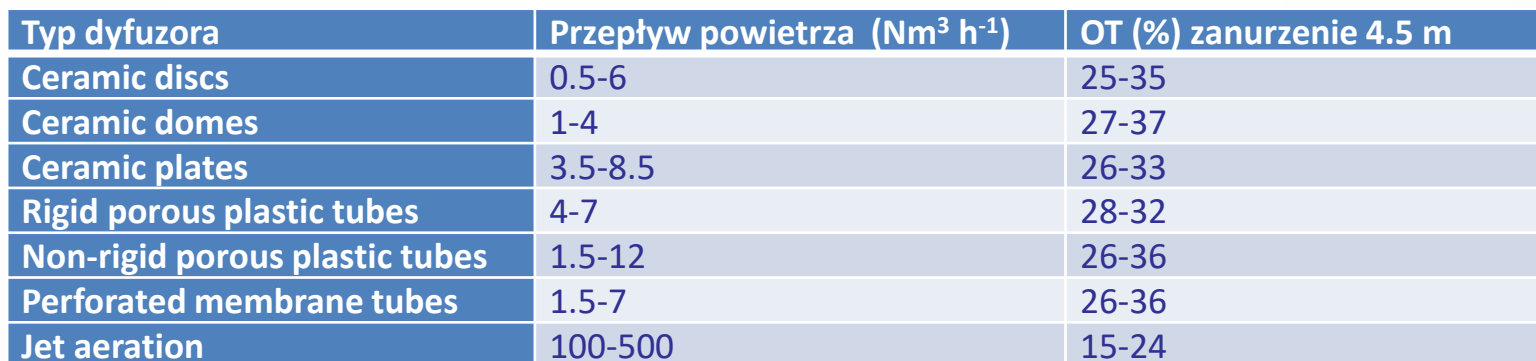
Zaoszczędzić energię można poprzez regulację pracy zgarniaków na podstawie natężenia przepływu na wejściu i szybkość przepływu osadu recyrkulowanego lub w połączeniu ze stężeniem zawiesiny w komorze napowietrzania lub osadem recyrkulowanym, zamiast na podstawie stałego natężenia przepływu (zwykle przepływu pory deszczowej). W tym celu zgarniaki powinny mieć regulowaną prędkość i możliwość dostosowania w systemie operacyjnym (kontrola procesu).

Optymalizacja wstępnego procesu oczyszczania wpływa pośrednio na produkcję energii w zakładzie. Nowe podejście jest wdrażane w wielu oczyszczalniach ścieków, gdzie produkcja osadu wstępnego jest intensyfikowana dzięki chemicznie obróbce wstępnej (**proces CEPT**) lub poprzez użycie drobnych sit lub filtrów bębnowych zamiast zbiorników sedymentacyjnych w celu uzyskania jak największej ilości substancji organicznych dla fermentacji beztlenowej. Wyższa produkcja osadu wstępnego to większy zysk energetyczny dzięki zwiększonej produkcji biogazu. Przy tym procesie pamiętać jednak należy o zabezpieczeniu etapu denitryfikacji w łatwo rozkładalną substancją organiczną w ściekach po wstępnym oczyszczaniu.

Duża część oczyszczalni ścieków w Europie pracuje w oparciu o proces osadu czynnego jako główny etap wtórnego oczyszczania. Wymagania energetyczne do obsługi tego procesu są wysokie. Wartości 0,15-0,7 kWh/m³ są podane przez WssTP, 2011. Zużycie tlenu (teoretyczne) wynosi 4.57 kgO₂/kgN.

Dyfuzja tlenu odgrywa ważną rolę. Stosowane dyfuzory mają różną zdolność tworzenia pęcherzyków powietrza. Pęcherzyki wytwarzane na jednostkę objętości powietrza, oraz średnice pęcherzyków różnicują systemy.

Stopień wykorzystania tlenu (OT) jest jednym z ważniejszych parametrów systemu napowietrzania w głębnego. Wyraża sprawność, z jaką tlen dyfunduje z powietrza do mieszaniny osadu czynnego i ścieków. Jego wartość zależy od wielu czynników, do których należą między innymi: rodzaj zastosowanych dyfuzorów, skład napowietrzanego medium, warunki hydrauliczne, stężenie tlenu w reaktorze, temperatura czy też natężenie przepływu przez dyfuzor



Koszt inwestycyjny drobnopęcherzykowego systemu napowietrzania będzie prawdopodobnie wyższy, ale roczny koszt instalacji będzie mniejszy niż w przypadku napowietrzaczy grubopęcherzykowych. **Systemy o drobnych porach mogą zmniejszyć koszty energii napowietrzania o 40 do 50%.** Czas zwrotu z tytułu wymiany systemów grubopęcherzykowych na drobnopęcherzykowe wynosi od 5 do 7 lat dla większości oczyszczalni ścieków.

Odpowiednie utrzymanie i **czyszczenie dmuchaw** również przyczynia się do niższego zużycia energii.

Skrócenie wieku osadu może znacząco zmniejszenie zużycia tlenu. Krótki wiek osadu stosowany w tak zwanych procesach wysokowydajnych może pozwolić na prawie całkowite wykorzystanie biodegradowalnego substratu w wyższych temperaturach, ale czas retencji osadu jest za krótki, dla jego rozkładu i związanego z tym endogenego oddychania. W związku z tym zużycie tlenu w tych procesach będzie niskie, podczas gdy produkcja osadu jest wysoka, a w nim wysoka frakcja osadu czynnego ulegającego biodegradacji (osad bogaty w materiał organiczny powinien uzyskać więcej biogazu).

Przy optymalizacji wieku osadu należy wyregulować czas retencji tak, aby mikroorganizmy nie były wypłukiwane z układu. Krótszy wiek osadu może być również niewystarczający do utrzymania procesu nitryfikacji w normalnych temperaturach ścieków. Krótszy wiek osadu może powodować trudności z oddzielaniem zawieszin. Dodatek chemicznych substancji wspomagających flokulację oraz usuwanie zawieszin może być konieczny by spełnić standardy jakości ścieków na odpływie.

Dodatkowe koszty użytych chemikaliów oraz energii w celu przetwarzania dodatkowych ilości osadów muszą być porównane z oczekiwanymi oszczędnościami energii spowodowanymi mniejszym napowietrzaniem i wyższą produkcją biogazu.

Z powodu przewymiarowanych urządzeń lub braku monitoringu, ilość dostarczanego tlenu jest zazwyczaj zbyt wysoka w porównaniu do zapotrzebowania. Doprowadzanie zbyt dużych ilości tlenu to nie tylko marnotrawienie energii, ale również problemy z sedymentacją osadu oraz wymywaniem osadu do ścieków. Podstawową funkcją **systemu sterowania** napowietrzaniem powinno być stałe monitorowanie procesu oczyszczania ścieków i przekazywanie danych do centrum sterowania, gdzie komputer dostosuje działanie systemu napowietrzania. Najprostszym systemem sterowania jest ciągły **pomiar rozpuszczonego tlenu (DO)** za pomocą czujnika DO w zbiorniku napowietrzającym

Obecnie dostępne są również bardziej zaawansowane systemy kontroli online oparte na dodatkowych pomiarach i czujnikach. Bakterie odpowiedzialne za nitryfikację biologiczną wykazują znaczną różnorodność populacyjną oraz wykazują aktywność w różnych warunkach (także przy niskim stężeniu DO). Dlatego też, opierając się na monitoringu wyłącznie DO nie uzyskamy najbardziej efektywnego energetycznie systemu. Zaawansowane systemy wykorzystują wiele parametrów pomiarowych m.in: azot amonowy, azotyny i azotany. Dzięki równoczesnym pomiarom **DO oraz $\text{NH}_4\text{-N}$** , można zaoszczędzić do **30% pierwotnej energii napowietrzania**. Ponadto, napowietrzanie nieciągłe/naprzemienne bazujące na czujnikach **może zaoszczędzić 15% energii napowietrzania** (Wett, 2007).

Inne innowacyjne rozwiązania mogą być wykorzystane jako alternatywne pomiary aktywności biologicznej i wykorzystywane dalej do kontroli procesu. Są to **respirometria**, kontrola punktu krytycznego tlenu oraz off/gas monitoring (stężenie ditlenku węgla i tlenu).

Energia napowietrzania może być obniżona o około 1% również dzięki wykorzystaniu powietrza wywiewnego, które może być transportowane do zbiornika napowietrzającego przez dmuchawę powietrza.

Stosując tzw. "**bump-aeration**" (intensywne napowietrzanie w bardzo krótkim czasie) w okresach bez napowietrzania nie obserwuje się transferu tlenu, ale osad jest nadal mieszany. W konsekwencji tego mieszadła mogą stać się zbędne, zmniejszając tym samym zużycie energii.

Energię można zaoszczędzić przez **optymalizację działania mieszadeł** na podstawie mierzonej prędkości przepływu cieczy w zbiorniku. Pomiary ciągłe są utrudnione lecz prędkości te mogą być mierzone okresowo i dzięki temu można regulować działanie mieszadeł. W tym celu śruby napędowe wymagają pracy napędu o zmiennej prędkości, operacji, a także konieczne jest dostosowanie systemu operacyjnego.

Pompy **RAS** zazwyczaj zużywają 5-10 % zapotrzebowania na energię konieczną do oczyszczania ścieków. Jest to zwykle zależne od przepływu ścieków. Można jednakże zastosować inne parametry, takie jak właściwości sedymentacyjne osadu (mierzone jako SSVI- wskaźnik objętości osadu) oraz ogólne stężenie osadu w komorze napowietrzania. Zmniejszając szybkość pompowania RAS, zużywana jest mniej energii. Zakres potencjalnych oszczędności może wynosić do **55 %** zużycia energii wymaganej przez RAS.

Podsumowując, istnieje kilka sposobów na **zwiększenie efektywności energetycznej wtórnego oczyszczania**:

- zastosowanie drobnoperzerzykowych systemów napowietrzania (40-50%)
- prawidłowa konserwacja systemu napowietrzania
- kalibracja czujników
- optymalizacja wieku osadu (1-10%)
- zastosowanie sterowania systemem napowietrzania (optymalizacja pozycjonowania oraz ilości sensorów) (30%)
- zastosowanie napowietrzania przerywanego (do 15%)
- obniżenie poziomu stężenia tlenu (1-10%)
- zastosowanie powietrza wywiewanego (1%)
- zarządzanie przepływem osadu recyrkulowanego (do 55%)

Doczyszczanie ścieków z usuwaniem substancji biogenych.

Wymagany w oczyszczalniach ścieków komunalnych które odprowadzają ścieki do obszarów wrażliwych na eutrofizację.

Filtracja jest procesem wymagających znacznych nakładów energii (ok. 7-12% całkowitego zapotrzebowania na energię. Filtry piaskowe są przeznaczone do usuwania nadmiaru zawiesiny, BZT oraz P.

Ze względu na obawy związane z bezpieczeństwem, obsługą oraz toksycznością związaną z chlorem, **promieniowanie UV** staje się coraz popularniejsze jako alternatywa dla dezynfekcji chemicznej. Wymagania energetyczne dla UV zależą od liczby, typu i konfiguracji lamp używanych do osiągnięcia docelowej dawki promieniowania UV w celu dezaktywacji patogenów.

TABLE OF CONTENTS

FEATURES

	
TERTIARY TREATMENT TECHNOLOGIES & PRACTICES	
Hybrid Depth Filtration	22
A Novel Technology for Meeting Ultra-low Phosphorous Permit Limits.....	26
Optimization of Biological Nutrient Removal (BNR) Facilities to Achieve Consistent and Compliant Effluent Quality.....	30
Full Scale Microfiber Cloth Filter Achieving Ultra-Low Total Phosphorus Limit.....	34
Current Best Practices for Chemical Phosphorus Removal.....	38
Tertiary Disk Filters at the Kitchener WWTP.....	42
Decentralized Tertiary Wastewater Treatment Plant with a Sub-Surface Disposal System for a New Residential Development in the Town of Mono.....	44
Proven and Emerging Technologies to Achieve Ultra-Low Phosphorus Limits.....	46
The City of Barrie: Moving Beyond Tertiary Treatment.....	50
Optimizing Tertiary Treatment at the Lindsay Water Pollution Control Plant.....	52

Trzeci stopień oczyszczania to również oczyszczanie **strumieni bocznych** np. wód odciekowych z odwodnionego osadu po fermentacji.

Przykład – **deamonifikacja** – proces biologiczny autotroficzny stosowany dla oczyszczania strumieni o wysokim stężeniu azotu.

Zwiększa wydajność głównego ciągu technologicznego i pozwala na oszczędność energii na napowietrzanie.

Proces składa się z dwóch etapów: utleniania amoniaku do azotynów (częściowa nitrytacja), a następnie na konwersji w warunkach beztlenowcy pozostałego amoniaku z azotynami do azotu gazowego (Anammox).

Wymagania: niski iloraz C/N i wysoka temperatura.

Dane na temat pełnej skali z oczyszczalni w Strass w Austrii wskazują, że zużycie energii do usuwania azotu z wód odciekowych wynosiło 1,16 kWh/kgN, co jest znacząco niższe w porównaniu z 6,5 kWh/kgN przypadające na oczyszczanie strumienia głównego (Wett, 2007).

Po zastosowaniu Anammox w strumieniu bocznym zużycie tlenu dla usunięcia amoniaku zmniejszyło się o 50%, co odpowiada około 12% oszczędności całkowitego zużycia energii elektrycznej na oczyszczalni.

Optymalizacja konfiguracji

Przy projektowaniu oczyszczalni ścieków (nowo wybudowanej lub remontowanej) należy minimalizować wysokość podnoszenia ścieków i uwzględnić przepływy powrotne oraz recyrkulacyjne. Wybierając inteligentną konfigurację, można zminimalizować straty energii hydraulicznej (zminimalizować opory przepływu).

Transport grawitacyjny

W przypadku nowo wybudowanych oczyszczalni ścieków konstrukcja powinna zmierzać do jak największego wykorzystania transportu grawitacyjnego. To zmniejsza zużycie energii przez stacje pompowe. W zależności od konkretnej sytuacji opcją może być konstrukcja podziemna (częściowo), aby zoptymalizować wysokość linii wodnej. Wyższe koszty (w tym pompy wody gruntowej podczas budowy) należy rozważyć w odniesieniu do niższych kosztów zużycia energii w przypadku urządzeń w dłuższym okresie użytkowania.

Optymalizacja systemu transportowego

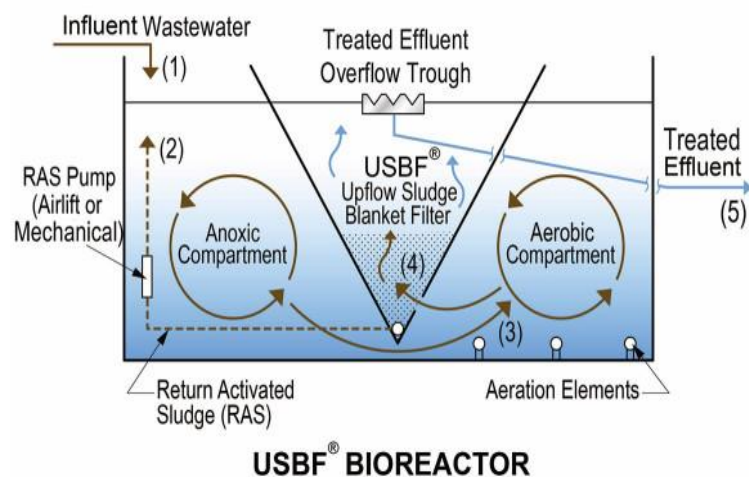
Poprzez optymalizację kontroli procesu nad przepompowniami w systemie transportowym, na przykład poprzez Real Time Control (kontrolę czasu rzeczywistego), dostarczanie ścieków do oczyszczalni ścieków może być rozprowadzane bardziej równomiernie. Ma to pozytywny wpływ na zużycie energii w całym procesie oczyszczania.

Zaawansowane oczyszczanie wstępne

Poprzez zastosowanie drobnych sit/filtrów zamiast osadnika wstępnego - więcej BZT → więcej biogazu. Uwaga 1: w ściekach musi pozostać wystarczająca zawartość BZT w celu efektywnego przeprowadzenia procesu usuwania azotu; Uwaga 2: wzrost produkcji osadu wstępnego i większa wydajność fermentacji beztlenowej → wzrost ładunku azotu w odciekach; w tym przypadku można zastosować zaawansowane metody oczyszczania strumienia odciekowego.

Upflow Sludge Blanket Filtration (USBF).

Proces USBF oparty jest na technice rozdziału osadu/ciecz i konstrukcji kształtu litery V. W konfiguracji tej nie jest wymagany zgarniacz, a pompa osadu recykulowanego wymaga niższej wysokości podnoszenia w porównaniu z konwencjonalnymi osadnikami. Obie różnice pozwalają na niższe zużycie energii, ale należy dokonać dokładnego porównania z konwencjonalnymi osadnikami.



Sekwencyjne reaktory biologiczne (SBR)

Poprzez sekwencyjne oczyszczanie ścieków można oszczędzać energię w odniesieniu do systemów recykulacyjnych. Systemy SBR można budować modułowo, w przypadku większych oczyszczalni ścieków liczba modułów się zwiększa.

Oczyszczanie lokalne (u źródła)

W przypadku dopływu ścieków stężonych (np. ścieki szpitalne lub z dużego kompleksu mieszkaniowo-biurowego) ścieki mogą być oczyszczane lokalnie, zmniejszając tym samym obciążenie w zbiorczej oczyszczalni ścieków. Zwłaszcza w przypadku problematycznych mikro/zanieczyszczeń, takich jak leki, zdecentralizowane oczyszczanie może być interesujące, ponieważ czasami rozkład takich substancji ze stężonego przepływu jest łatwiejszy. Zysk energetyczny jest w dużej mierze uzależniony konkretnej sytuacji.

Wymiana energii

Temperatura ciepłych ścieków strumieni bocznych może być wykorzystywana do ogrzewania lub chłodzenia budynków biurowych lub ścieków. W przypadku oczyszczalni ścieków można podnieść temperaturę ścieków wpływających. Efekt podniesienia temperatury na wlocie na zużycie energii zależy od konkretnych okoliczności w danej oczyszczalni ścieków.

Beztlenowe usuwanie azotu

Większość nowoczesnych propozycji obejmuje wdrożenie lepszej kontroli istniejących procesów. Jest to wykonalne w stosunkowo krótkim czasie i stosunkowo niskich kosztach. Bardziej radykalną propozycją o większych możliwych korzyściach jest **zastąpienie obecnych systemów tlenowych procesami beztlenowymi w niskich temperaturach – REWOLUCJA!**

Podniesienie temperatury - z osadu przetwarzanego na miejscu lub innych zewnętrznych odpadów organicznych

Główną korzyścią będzie obniżenie kosztów napowietrzania.

Inna propozycja - przejście na procesy beztlenowe w niskich temperaturach i stosowanie bioreaktorów membranowych (Caffoor, 2010).

Szacuje się, że do roku 2030 oczyszczanie tlenowe, które pochłania $0,15-0,7 \text{ kWh/m}^3$, może zostać zastąpione przez procesy beztlenowe, wytwarzające **$1,7 \text{ kWh/m}^3$** (WssTP, 2011; GWRC, 2010).

Wett i inni (2007) proponuje następujące rozwiązanie:

- zintensyfikowane oczyszczanie wtępne z zastosowaniem polimeru organicznego do strącania w celu zwiększenia produkcji osadu wstępnego → biogazu w fermentacji,
- proces osadu czynnego z krótkim czasem zatrzymania osadu i hydraulicznym w celu adsorpcji koloidalnego i rozpuszczalnego ChZT dla większej produkcji biogazu,
- dynamiczna kontrola napowietrzania i pH,
- termiczna obróbka osadu przed fermentacją,
- generatory wysokiej sprawności lub ogniwo paliwowe do wytwarzania energii elektrycznej oraz
- zastosowanie Anammox dla wód odciekowych

Poniżej przedstawione jest studium przypadku z oczyszczalni w UK WWTP, gdzie zredukowano przepływ osadu recyrkulowanego z 1330m³/d do 660m³/d, co dało oszczędności energii na poziomie 320 kWh/d

Lokalizacja:	Hendon, UK
Sektor:	oczyszczalnia
Wielkość	225 205 RLM
Operator:	Northumbrian Water
Koszt energii:	£0.066/kWh (0.32PLN/kWh)
Proces:	Biologiczny
System	Osad Czynny
Problem:	Wysoki koszt pompowania osadu recyrkulowanego (RAS)
Zmiana:	Zmiana stałego przepływu RAS z 1330m ³ /d na 660m ³ /d
Zysk energetyczny:	320 kWh/d
Zysk finansowy/analiza korzyści:	Oszczędności £9 000/rok (ca 42 000PLN/rok)

Dane z stanu Nowy Jork pokazują, że usunięcie grubopęcherzykowego i mechanicznego napowietrzania i oraz instalacja układów drobnopęcherzykowych, na oczyszczalniach ścieków z osadem czynnym, może zaoszczędzić od 300 do 500 milionów kWh energii elektrycznej rocznie.

Redukcja wieku osadu z 12 do 3 dni może zaoszczędzić 100 do 200 milionów kWh rocznie. Instalacja sterowników układu napowietrzania, które automatycznie dostosowują wydajność dmuchaw lub sprężarek powietrza w odpowiedzi na stężenie tlenu rozpuszczonego w komorach napowietrzania, może dodatkowo ograniczyć zużycie energii elektrycznej z 100 milionów do 150 milionów kWh na rok.

Szwedzka oczyszczalnia Sternö, 26000 RLM

Dwie równoległe linie – biologiczne oczyszczanie z wstępną denitryfikacją

Na każdej z linii zastosowano następujące urządzenia: dmuchawa śrubowa AtlasCopco, dyfuzory drobnopęcherzykowe niskociśnieniowe Sanitaire i urządzenia pomiarowe. Przebadano dwie strategie kontroli: kontrola tlenem I kontrola NH_4 .

35 % zużycia energii zostało zredukowane przy użyciu nowej dmuchawy śrubowej. Kolejne 21 % zostało zaoszczędzone przez dyfuzory oraz przez dokładne dostrojenie nastawników.

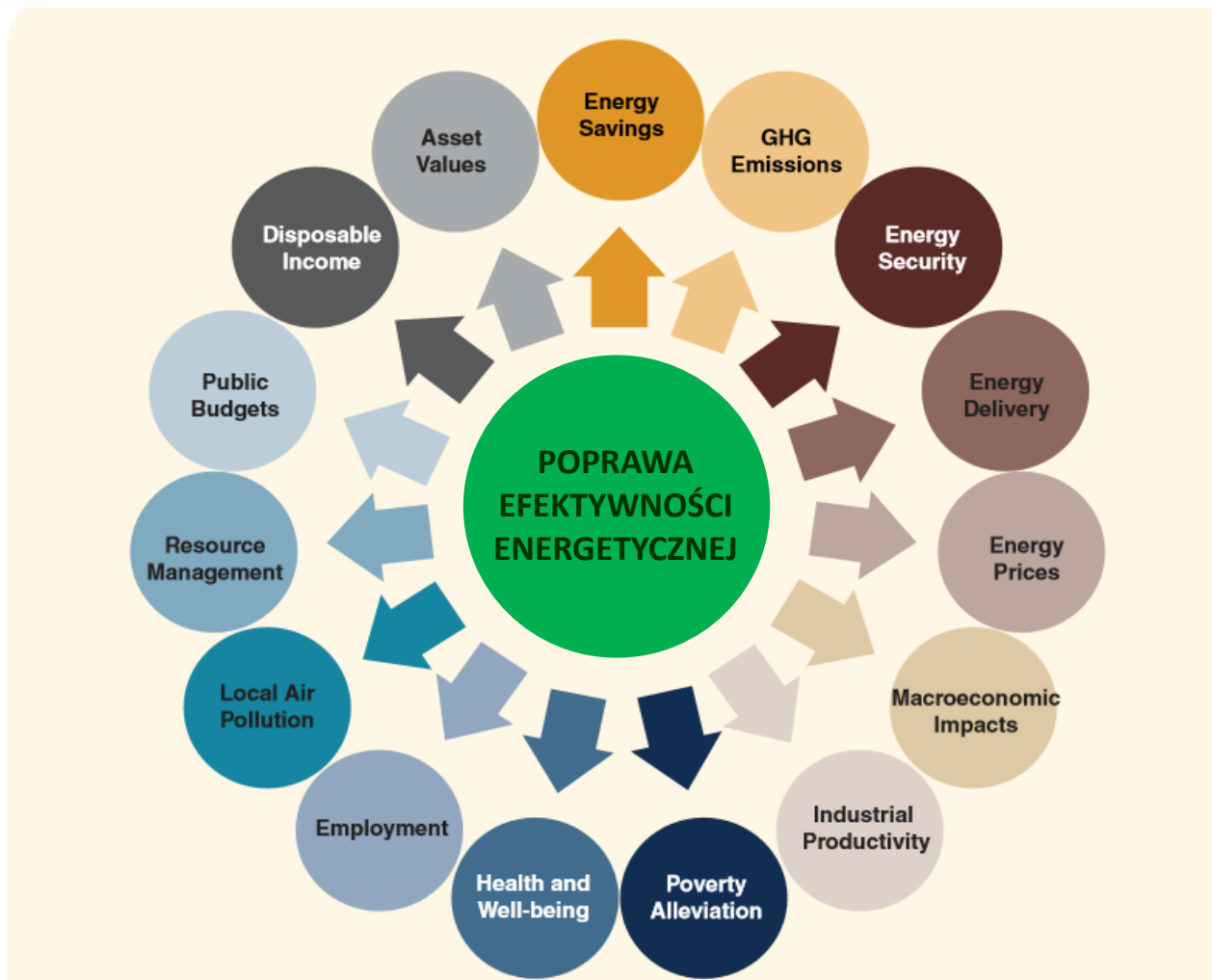
Kolejne 9% oszczędności dało odpowiednie stężenie tlenu i ciśnienia powietrza.

Kontrola NH_4 nie dała efektu oszczędności, ponieważ najniższy dozwolony punkt stężenia tlenu DO ($0,7 \text{ mg L}^{-1}$) utrzymywał NH_4 na odpływie poniżej punktu nastawy NH_4 wynoszącego 1 mg L^{-1} .

Ostateczne oszczędności energetyczne testowej linii wyniosły **$65 \pm 2 \%$** .

Oszczędności odpowiadały **13%** całkowitego zużycia energii na oczyszczalni Sternö.

Te oszczędności są równoważne rocznym oszczędnościom 178 MWh, które obniżają koszty energii o **200 000 SEK rocznie**. Okres zwrotu kosztów zaimplementowanego sprzętu napowietrzania i kontroli wyniósł 3.7 lata (Larsson, 2011).



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ!

WARSZTATY

określ Kluczowe Wskaźniki Efektywności
Procesu wpływające na efektywność
energetyczną procesów oczyszczania

