

Magdalena Graczyk

ROZWÓJ TECHNOLOGII OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW
ZAMIERZENIA I RZECZYWISTOŚĆ

Streszczenie

W artykule przedstawiono przegląd metod oczyszczania ścieków poczynając od zarania problemu do chwili obecnej. Praca stanowi chronologiczny opis rozwoju technologii oczyszczania ścieków i jednocześnie krytyczne omówienie tychże technologii.

Technologia oczyszczania ścieków ma już ponad 130 letnią historię, a za kolebkę jej rozwoju uważa się Anglię. Problem ścieków sanitarnych pojawił się właściwie wraz z prozaicznym wynalazkiem spłukiwanej miski klozetowej w Anglii w 1810 roku.

W tym okresie niektóre większe angielskie miasta posiadały kanalizacje wód deszczowych założoną w postaci krótkich kanałów podziemnych podłączonych do otwartych rowów i rzek.

Istniały wówczas przepisy zabraniające wprowadzania odpływów sanitarnych z poszczególnych domostw do sieci kanałów deszczowych. Tym samym rzeki były na ogół dość czyste i jedynie w okresie nawalnych deszczów pojawiały się krótkotrwałe zanieczyszczenia. Sytuacja zmieniła się radykalnie po roku 1815 kiedy to Zarząd Miejski Londynu zezwolił na wpuszczenie ścieków sanitarnych do kanalizacji deszczowej. W ślad za Londynem poszły inne miasta, mianowicie w roku 1833 Boston, w 1880 Paryż.

W niedługim czasie po podjęciu tych decyzji zaobserwowano gwałtowny wzrost zanieczyszczeń czystych do tej pory rzek. Powodem tego stanu było spławianie siecią kanalizacyjną (zwaną teraz ogólnospławną) zanieczyszczeń i różnych odpadków domowych.

W roku 1855 znany uczyony Michał Faraday tak opisał stan rzeki Tamizy w Londynie " ... rzeka Tamiza pokryta była na całej swej powierzchni pływającymi fekaliami, różnego rodzaju odpadkami domowymi i bulgocącymi pęcherzami gazów pochodzącymi z fermentacji osadów dennych, podpalanymi przez bawiącą się młodzież ...". W ten sposób na przestrzeni 40 lat zamieniono Tamizę w otwarty, cuchnący kanał ściekowy, a przebywanie w jej pobliżu względnie zamieszkiwanie, stało się prawie niemożliwe. W Londynie zwłaszcza w okresie letnim Parlament Angielski zmuszony bywał częstokroć przerywać swoje sesje, gdyż cuchnąca Tamiza uniemożliwiała kontynuowanie obrad nawet przy szczelnie zamkniętych oknach.

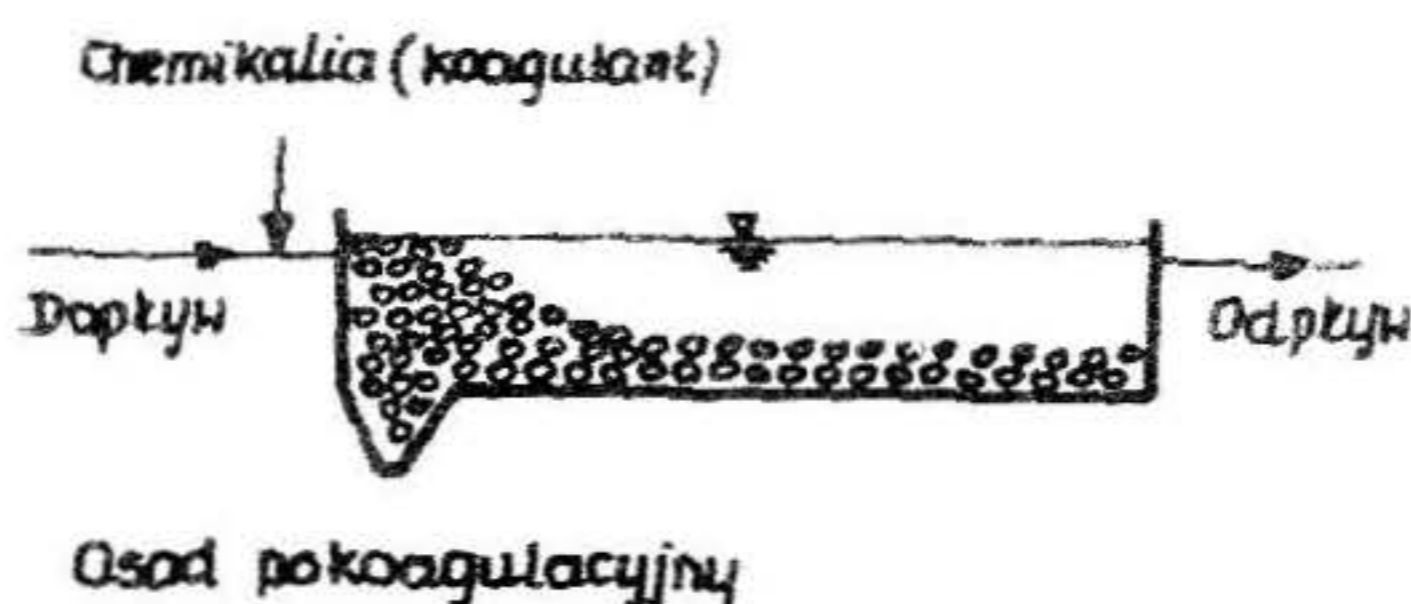
Ten katastrofalny stan rzeki zaczął spędzać sen z oczu ojców miasta, a także stał się inspiracją dla ówczesnych badaczy w celu znalezienia środków zaradczych.

Zaproponowano wówczas dwa rozwiązania:

- chemiczną koagulację ścieków, - rozdeszczanie ścieków na polach.

Chemiczna koagulacja ścieków

Wkrótce po ustaleniu, że dodatek chemikaliów (koagulantów) do ścieków powoduje powstawanie kłaczków, na których są sorbowane zawarte w nich zanieczyszczenia, przystąpiono do realizacji tego procesu w skali technicznej.



Rys. 1. Chemiczna koagulacja ścieków

W bardzo krótkim czasie objęto ochroną patentową ponad sto chemicznych związków spełniających rolę koagulantów. Wynalazcy mogli w sposób bardzo obrazowy przekonać ojców miasta o słuszności wybranej drogi. Wystarczyło szklany cylinder wypełnić ściekami, dodać niewielką ilość koagulantu i już wkrótce można było obserwować duże, szybko opadające na dno kłaczkowe osady. Woda nad osadem stawała się klarowna. Ponieważ w osadzie pokoagulacyjnym zdeponowane były zawarte w ściekach wartościowe substancje nawozowe, wydawało się słusznym założenie, że znajdą one nabywców wśród ogrodników i rolników. Wynalazcom i ojcom miast marzyły się nie tylko czyste rzeki, ale także duże zyski. Niestety, rzeczywistość okazała się inna i znacznie skorygowała marzenia. Proces chemicznej koagulacji usuwał co prawda zawieszane zanieczyszczenia ze ścieków, ale substancje rozpuszczone, w których znaczną część stanowiły szybko zagniwające związki organiczne, płynęły dalej wraz ze sklarowanymi ściekami do rzeki.

Stan czystości rzek pomimo znacznych nakładów poprawił się niewiele. Powstał przy tym nowy problem zagospodarowania dużych ilości osadów pokoagulacyjnych, stosunkowo szybko zamieniających się w cuchnącą i fermentującą masę, która wbrew założeniom nie znajdowała nabywców.

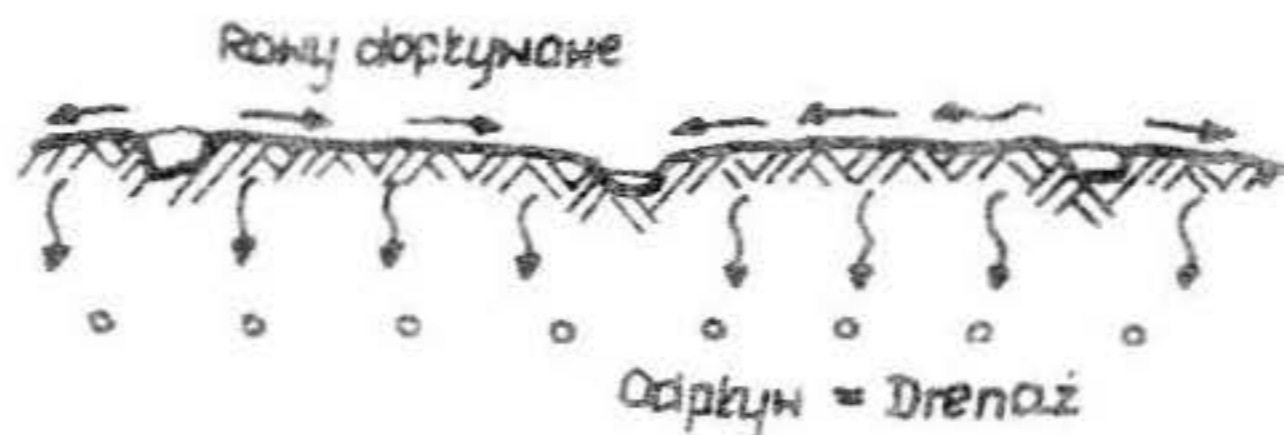
Ponad 200 angielskich miast, które zrealizowały powyższą koncepcję stanęło ponownie wobec nierozwiązanego problemu oczyszczania ścieków.

Rozdeszczanie ścieków na polach

Balsze badania potwierdziły, że po rozdeszczaniu ścieków na polach i przesączeniu przez warstwę gleby, tracą one zdolność do zagniwania, a jednocześnie w glebie pozostają substancje nawozowe, co znacznie zwiększało entuzjazm stosowania tej metody oczyszczania ścieków.

Jednakże znówu rzeczywistość okazała się nie na miarę marzeń. Otóż w pobliżu wielu angielskich miast nie było wystarczających powierzchni pól, a niekiedy pola o gruntach gliniastych trudno przesiękliwych, znacznie ograniczyły możliwość rozdeszczania

ścieków. Gliniaste powierzchnie ulegały szybko zasklepieniu i ścieki zamiast przesączać się w głąb gruntu tworzyły na powierzchni cuchnące, spływające następnie do rowów kałuże. Tak więc i ta propozycja nie przyniosła oczekiwanych rozwiązań.

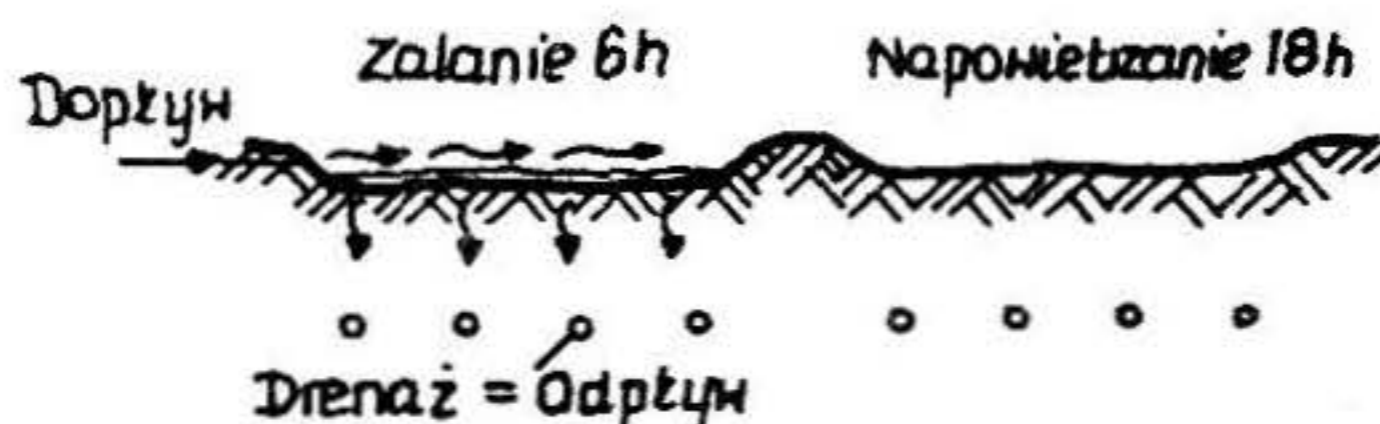


Rys. 2. Rozdeszczanie ścieków na polach

Periodyczne filtry glebowe (pola filtracyjne)

Niedoskonałości dotychczasowych rozwiązań inspirowały do dalszych poszukiwań. W roku 1958 Parlament Angielski powołał Królewską Komisję pod przewodnictwem znanego chemika Franklanda, w skład której weszli wszyscy ówczesni wybitni uczeni. Po kilku latach pracy Komisji, po raz pierwszy w historii technologii oczyszczania ścieków, określono znaczenie tlenu w wodach powierzchniowych dla procesów samoczyszczenia się tychże wód, jak również dla mineralizacji zanieczyszczeń organicznych zawartych w ściekach. Zaproponowano oczyszczanie ścieków na periodycznie działających filtrach glebowych i sformułowano następujące warunki procesu:

- 1) należy zaniechać uprawy roślin na polach zalewanych ściekami,
- 2) procesy zachodzące w glebie porównano z procesami zachodzącymi podczas oddychania w płucach zwierząt. Wiadomo, że dla oddychania niezbędny jest tlen czerpany z powietrza. Podobnie w procesie oczyszczania ścieków, im więcej tlenu wprowadzi się do gleby, tym wyższy efekt oczyszczania uzyska się. Celem dobrego napowietrzenia filtrów glebowych postanowiono wprowadzić ich periodyczną pracę, a więc 6 godzinne zalanie ściekami i 18 godzinne przerwy na napowietrzenie i wprowadzenie tlenu w pory gleby,
- 3) wykorzystanie nawozowych własności ścieków na polach filtracyjnych uznano za niemożliwe.

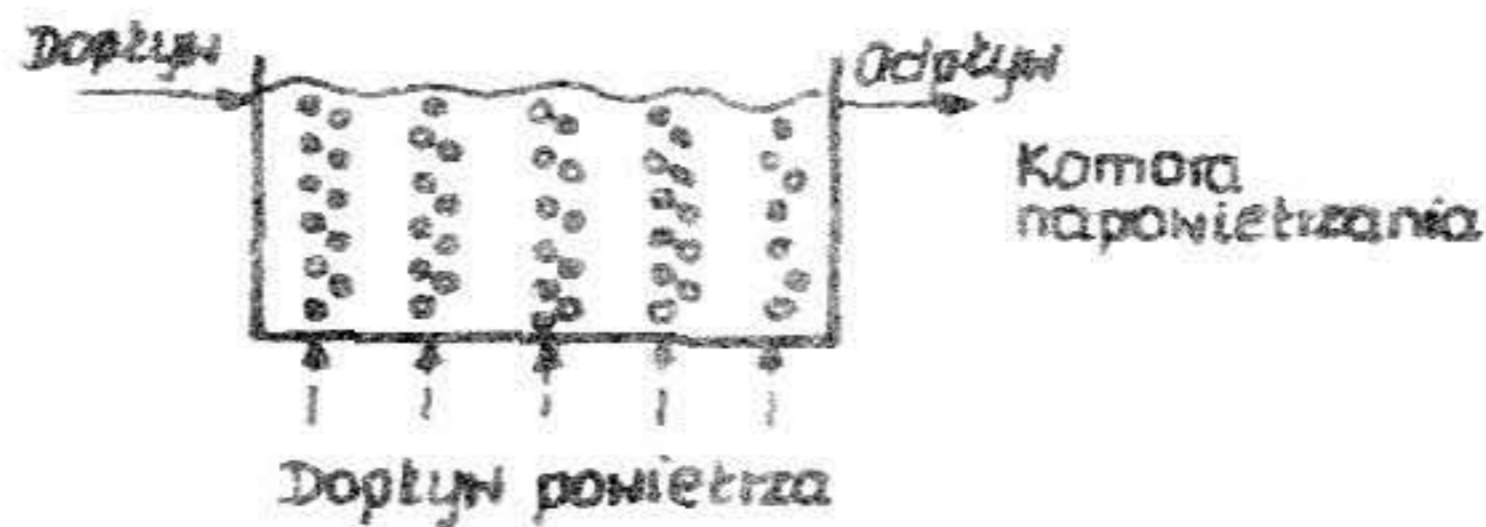


Rys. 3. Periodyczne filtry glebowe

Stopniowo periodycznie działające filtry glebowe przekształcono w filtry o działaniu ciągłym. Spowodowało to pogorszenie efektów oczyszczania i tym samym spadek zainteresowania tą metodą.

Bezpośrednie napowietrzanie ścieków

Opierając się na badaniach Franklanda formułujących zależność między napowietrzeniem, a uzyskanym efektem oczyszczania ścieków, rozpoczęto w latach 1880-1910 zarówno w Anglii jak i na kontynencie amerykańskim badania nad bezpośrednim napowietrzaniem ścieków w komorze przepływowej. Dla pełnego utlenienia związków azotu organicznego do azotanów był wymagany jednak długi czas napowietrzania do 12 dób, co stanowiło niewątpliwie mankament tej metody.



Rys. 4. Bezpośrednie napowietrzanie ścieków

Lata 1883 i następane są latami dalszego rozwoju technologii ścieków. Postęp w tej dziedzinie związany jest z odkryciami Ludwika Pasteura, twórcy bakterologii.

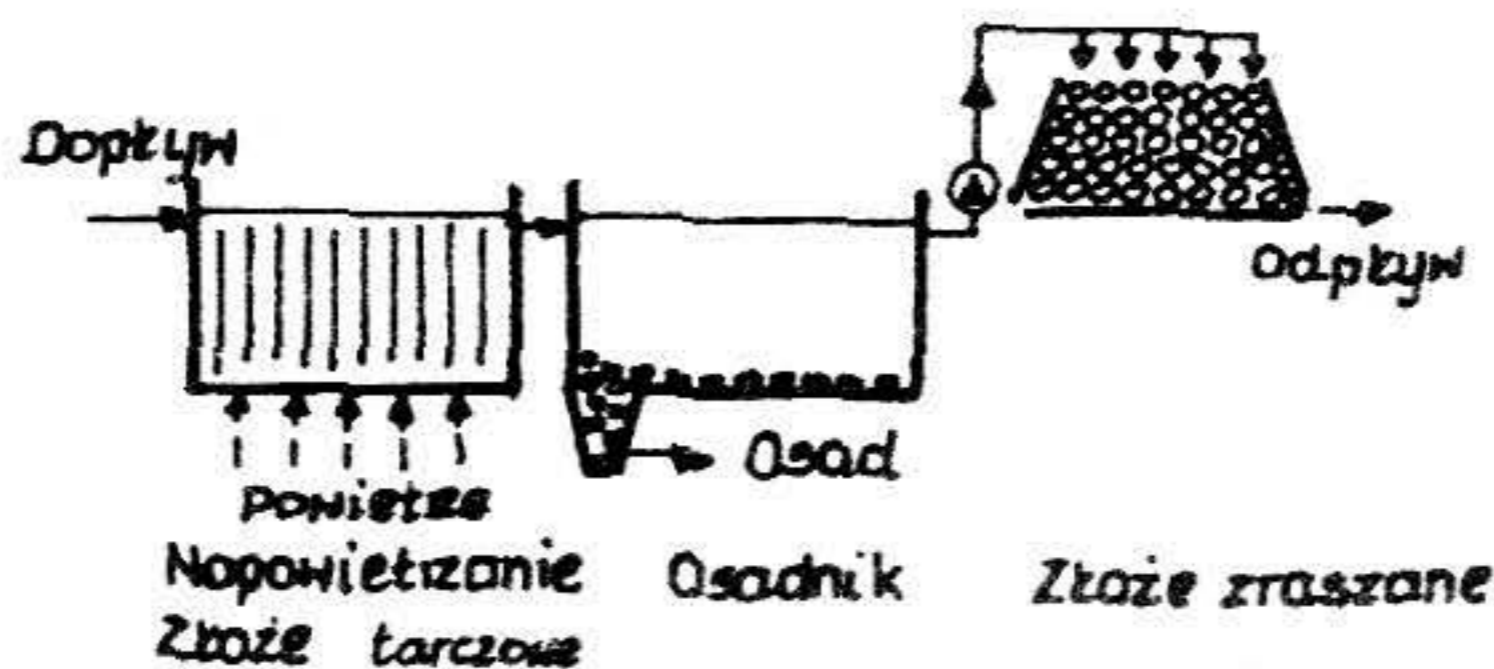
Pozwoliły one stwierdzić nie tylko wysoko zakaźny charakter ścieków, lecz umożliwiły również określenie przydatności mikroorganizmów w procesie ich oczyszczania.

W roku 1893 w Anglii wynaleziono złoża zraszane wykonane w postaci zbiorników wypełnionych materiałem ziarnistym.

Zasadniczym czynnikiem powodującym oczyszczanie ścieków był zespół mikroorganizmów zasiedlających błonę biologiczną, która powstawała samoczynnie na powierzchni ziarnistego wypełnienia złoża po kilku tygodniach zraszania ściekami.

Napowietrzanie połączone z działaniem uwieczonych mikroorganizmów

Podczas wspomnianych badań nad bezpośrednim napowietrzaniem ścieków w oczyszczalni dla Bostonu zauważono, że ścieki oczyszczają się szybciej, gdy na ścianach komory napowietrzania utworzą się porosty mikroorganizmów.



Rys. 5. Napowietrzanie połączone z działaniem uwieczonych mikroorganizmów

Wykorzystując to spostrzeżenie, w komorze napowietrzania rozmieszczono gęsto łupkowe tarcze, zanurzone w ściekach, których powierzchnie stopniowo porastały mikroorganizmami. Część porostów podczas intensywnego napowietrzania komory ulegała rozrywaniu i zatrzymywana była w osadniku za komorą napowietrzania. Dla poprawy efektu oczyszczania, sklarowane ścieki płynęły na złożo biologiczne spłukiwane, które rozwiązywało problem zapachy i plagi owadów zajmując przy tym niewiele miejsca.

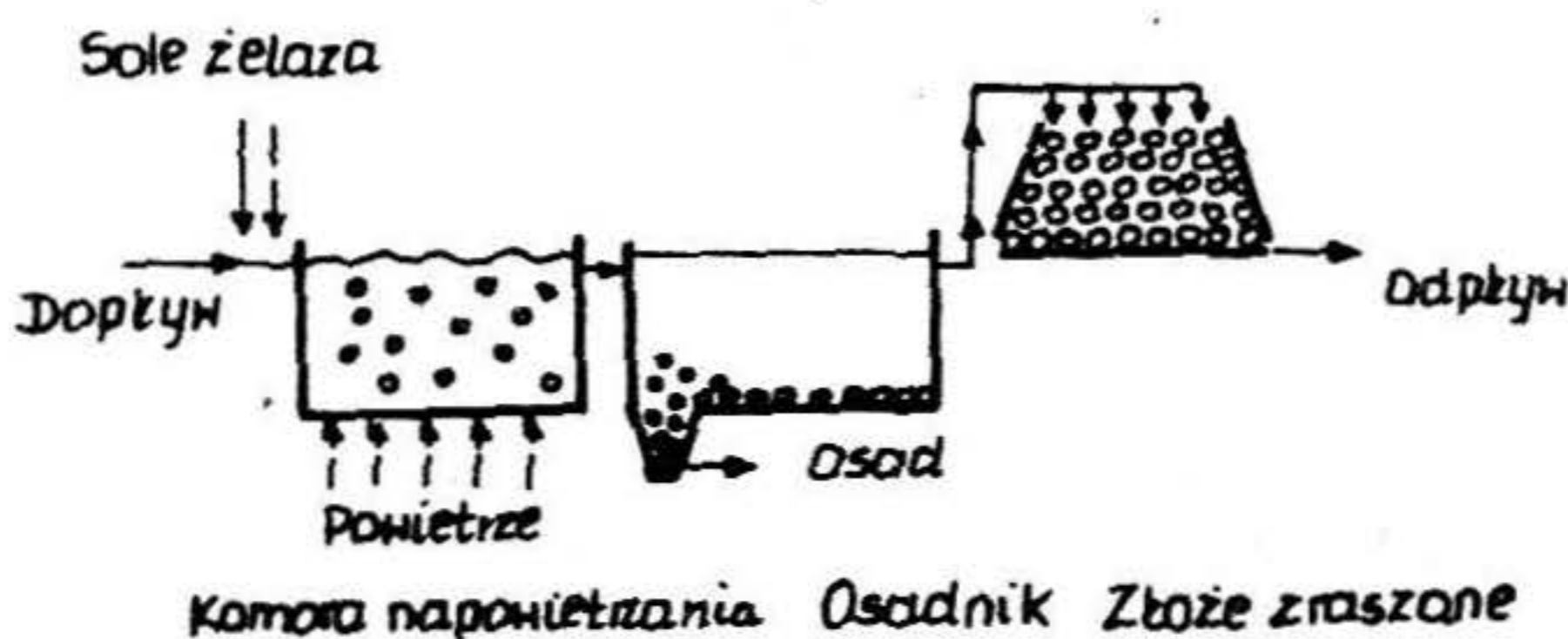
Połączenie napowietrzania z współdziałaniem bakterii uwięzionych na tarczach łupkowych znalazło w technologii ścieków liczne zastosowanie, a obecnie obserwuje się także renesans złóż tarczowych, szczególnie chętnie instalowanych w małych oczyszczalniach ścieków.

Napowietrzanie przy współdziałaniu swobodnie pływających wyizolowanych kultur bakteryjnych

Postępujący rozwój bakteriologii umożliwił hodowlę wysublimowanych określonych kultur bakteryjnych, którym przypisywano szczególnie duże zdolności oczyszczania ścieków.

W pobliżu Manchesteru, Mumford z odpływu wód kopalnianych wyizolował gatunek bakterii, które nazwał "M7". Stwierdził on, że ich rozwój następuje dobrze, szczególnie przy dodatku wodorotlenku lub innych soli żelaza. Mumford wraz z Fowlerem w roku 1913 przeprowadzili próby zaszczepienia ścieków wyizolowanym gatunkiem bakterii "M7" przy jednoczesnym dodatku soli żelaza i stałym napowietrzaniu komory. Po 6 godzinym napowietrzaniu i sedymentacji w osadniku, uzyskano klarowny i niezagniwający odpływ, który był kierowany na 2 stopień oczyszczania - złożo biologiczne, gdzie następował proces nitryfikacji.

Jednakże oczyszczanie ścieków przy pomocy czystej wyizolowanej kultury bakteryjnej ocenione zostało jako droga niewłaściwa i uciążliwa.

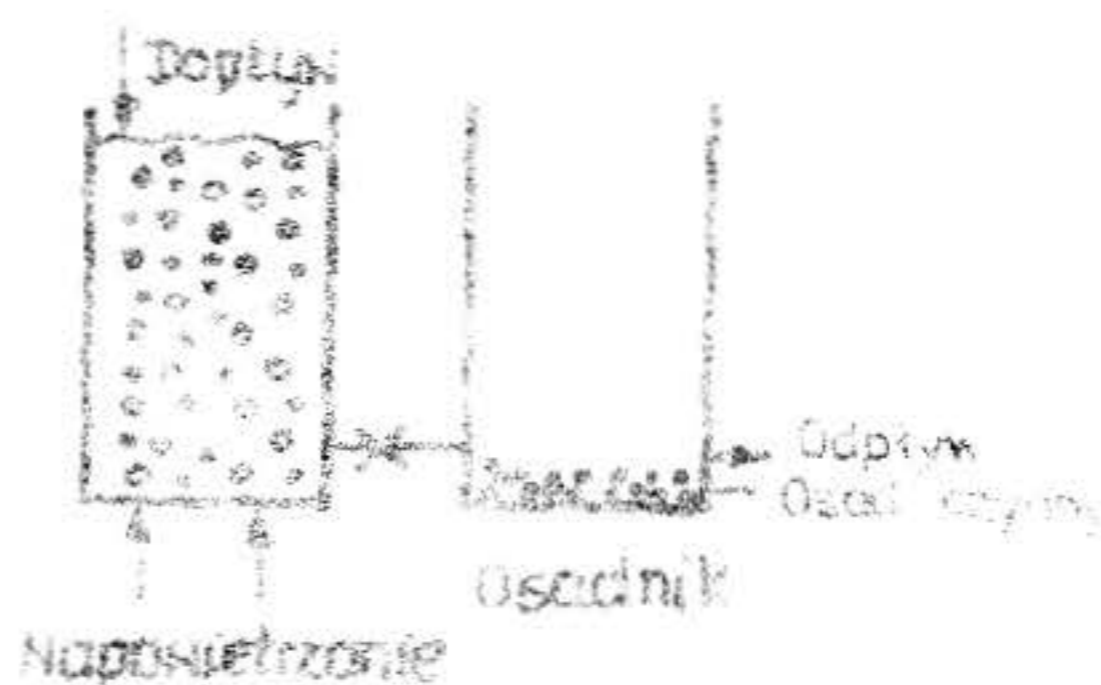


Rys. 6. Napowietrzanie przy współdziałaniu wyizolowanych kultur bakteryjnych

Proces osadu czynnego z jednoczesną nitryfikacją

W roku 1914 na oczyszczalni w Manchester, Arden i Lockett rozpoczęli badania nad oczyszczaniem ścieków przy współdziałaniu mikroorganizmów bakteryjnych w nich zawartych,

aż do osiągnięcia fazy nitryfikacyjnej. Powyżkowe jałow. przeprowadzono w skali laboratoryjnej - 2 litrowy cylinder wypełniono osadkami i napowietrzano tak długo, aż osiągnięto pełną nitryfikację.

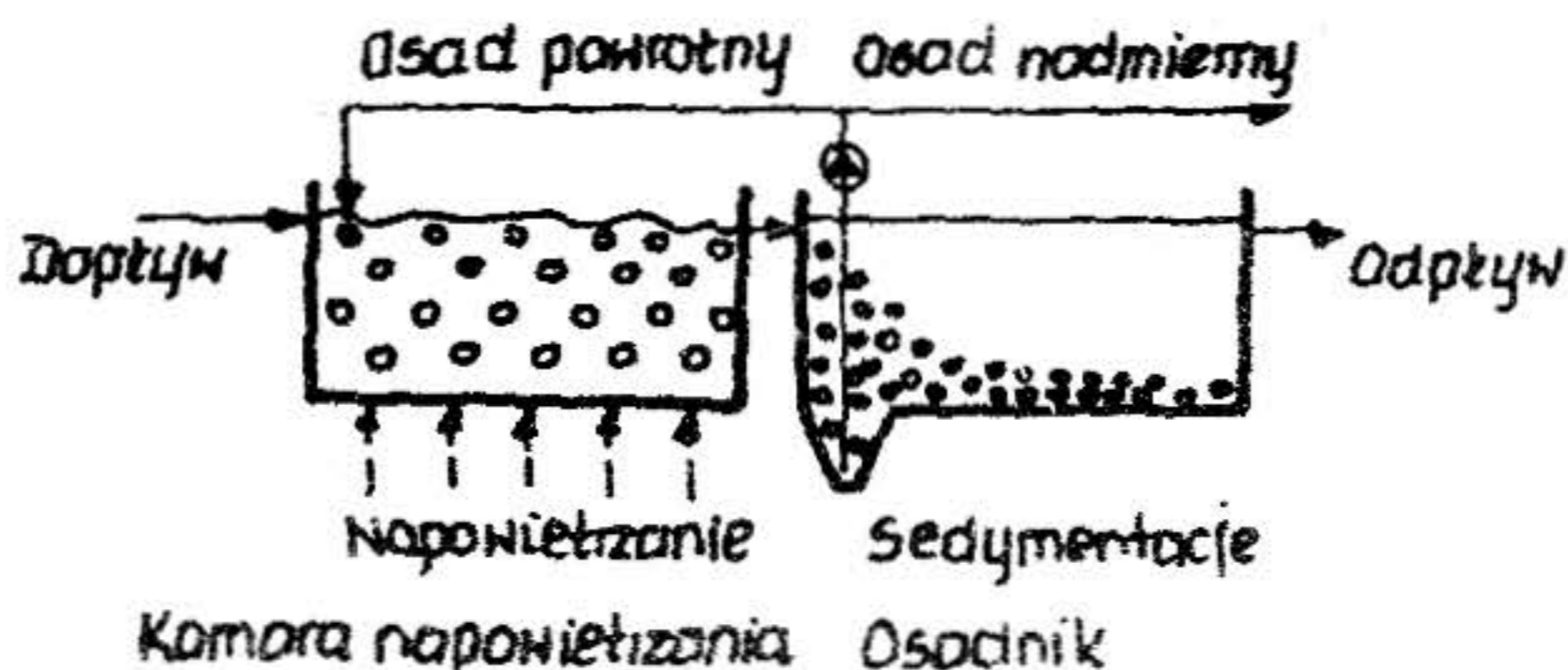


Rys. 7. . Dczyszczanie ścieków przy współdziałaniu mikroorganizmów w nich zawartych

Podczas kiedy wszyscy wcześniejsi badacze oczyszczone ścieki wraz z zawieszonymi w nich komórkami bakteryjnymi kierowali do odpływu, Lockett wprowadzał je do drugiego cylindra, w którym następował proces sedymentacji. Wydzielony osad zwracał do napowietrzonego cylindra, a sklarowane ścieki kierowane były do odpływu. Ten zabieg zwracania utworzonego osadu do obiegu wyraźnie wpływał na skrócenie procesu oczyszczania ścieków. Powstały osad został przez nich nazwany *osadem czynnym*, gdyż stanowiły go ożywione kłaczki mikroorganizmów czynnie uczestniczące w procesie oczyszczania.

Po kilkumiesięcznych badaniach Lockett sformułował podstawowe zasady procesu oczyszczania ścieków osadem czynnym:

1. Wymagany czas napowietrzania jest uzależniony od ilości osadu czynnego zgromadzonego w komorze napowietrzania, od stężenia ścieków oraz od oczekiwanego stopnia oczyszczenia.
2. Osad czynny stanowią bakterie i pierwotniaki (ok. 30 mln/ml), powinien on posiadać barwę ciemnobrunatną i dobre właściwości sedymentacyjne.
3. Osad czynny zawiera dużą ilość związków azotowych (masa białkowa komórek bakteryjnych).



Rys. 8. Oczyszczanie ścieków osadem czynnym

Następnie Ardern i Lockett rozwiązali technologiczny problem oczyszczania ścieków osadem czynnym.

Podstawę tego procesu stanowiły dwie komory. Pierwsza spełniała rolę komory napowietrzania - stały dopływ powietrza powodował utrzymanie w zawieszeniu mikroorganizmów osadu czynnego, a jednocześnie umożliwiał im biochemiczne procesy mineralizacji związków organicznych znajdujących się w ściekach. Drugą komorę stanowił osadnik, w którym następował proces sedymentacji osadu czynnego. Osad ten był ponownie kierowany do obiegu, tj. pompowany do komory napowietrzania stanowiąc tzw. osad powrotny, a sklarowane ścieki płynęły do odbiornika.

W wyniku procesu biooksydacji w miarę jak rozrastała się ilość komórek bakteryjnych, część osadu była usuwana i nie uczestniczyła w dalszym procesie stanowiąc tzw. osad nadmierny. Nowa możliwość oczyszczania ścieków przy pomocy osadu czynnego przyjęta została z dużym entuzjazmem i to zarówno w Anglii, jak i w USA, gdzie już do roku 1916 powstały pierwsze oczyszczalnie dla 10.000 m³/d ścieków, pracujące w oparciu o powyższą metodę. Praktyka eksploatacyjna potwierdziła wszystkie zalety tego procesu technologicznego, z jednym wyjątkiem, Lockett zakładał, że ze względu na wysoką zawartość związków azotowych osad nadmierny będzie wykorzystywany w celach nawozowych. Wkrótce jednak okazało się, że duże ilości wysoko uwodnionego osadu gromadzonego na oczyszczalniach wymagają odrębnego potraktowania.

Rozwiązanie tego problemu znalazł Imhoff proponując osad nadmierny przepompowywać do dopływu na oczyszczalnię i następnie łącznie z osadem surowym zatrzymywany w osadniku wstępnym, poddawać procesowi fermentacji metanowej.

Największy sukces w praktyce eksploatacyjnej procesu oczyszczania ścieków osadem czynnym osiągnięto w Anglii w grupowej oczyszczalni Mogden w pobliżu Londynu w roku 1934. Oczyszczalnia ta przyjęła ścieki z 28 starych oczyszczalni i po wybudowaniu 110 km kanału, 300.000 m³/d ścieków (1,5 mln. RLM) wprowadzono do komór napowietrzania. Pozytywne efekty pracy oczyszczalni Mogden zachęciły dalszych 200 małych oczyszczalni do połączenia się w 10 grupowych, również oczyszczających ścieki osadem czynnym. Metoda ta do chwili obecnej jest nadal stosowana dla dużych miast i zakładów przemysłu rolno-spożywczego.

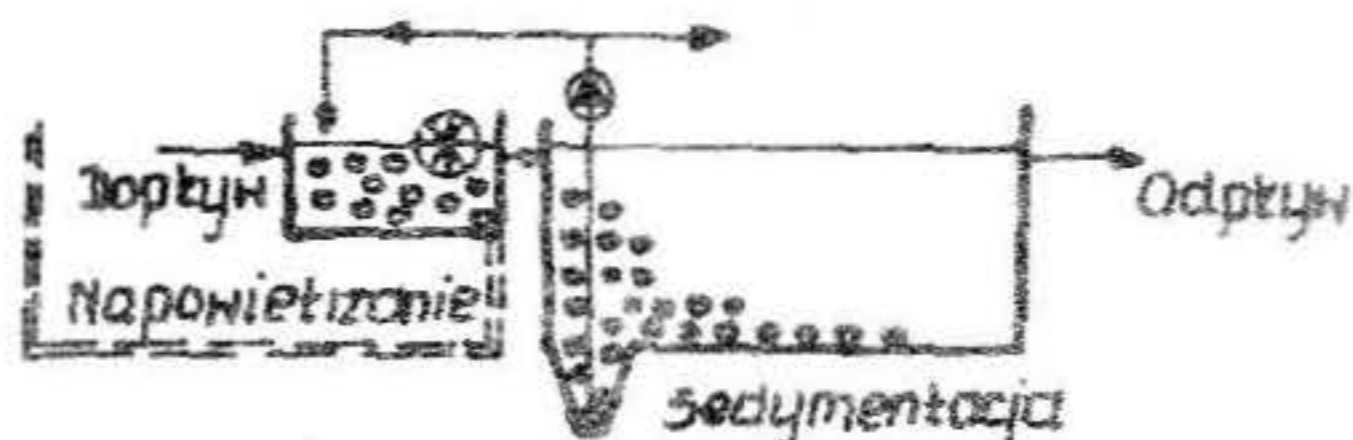
Wysokoobciążony osad czynny

Pierwsze 35 lat rozwoju metody osadu czynnego zapisało się w historii technologii ścieków, jako okres powstawania dużych oczyszczalni angielskich i amerykańskich, w których stosowano klasyczne czasy napowietrzania 8 do 12 godz.

Natomiast drugie 35-lecie ma swoją historię już na kontynencie europejskim i jest to okres pewnej ewolucji procesu. Zapoczątkował ją Holender Pasveer, który uważany jest za ojca tzw. wysokoobciążonego procesu osadu czynnego. W swoich badaniach postanowił zmniejszyć do 1/6 wymaganą objętość komory napowietrzania przy zachowaniu tej samej ilości tlenu, jaka byłaby wymagana dla komory o konwencjonalnej objętości.

Powyższe rozwiązanie gwarantowało częściowe oczyszczanie ścieków przy stosunkowo krótkich czasach przetrzymania (1 do 1,5 godz.) w komorze i możliwe było do zastosowania wszędzie tam, gdzie odbiornik ścieków posiadał dużą chłonność tzn. niezbędny stopień oczyszczania, np. w granicach 60 - 75 %.

W latach 1955-70 na terenie RFN powstało wiele oczyszczalni pracujących właśnie metodą wysokoobciążonego osadu czynnego, bądź wysokoobciążonych źródeł biologicznych np. w Dissen, Kassel i Hamburgu.



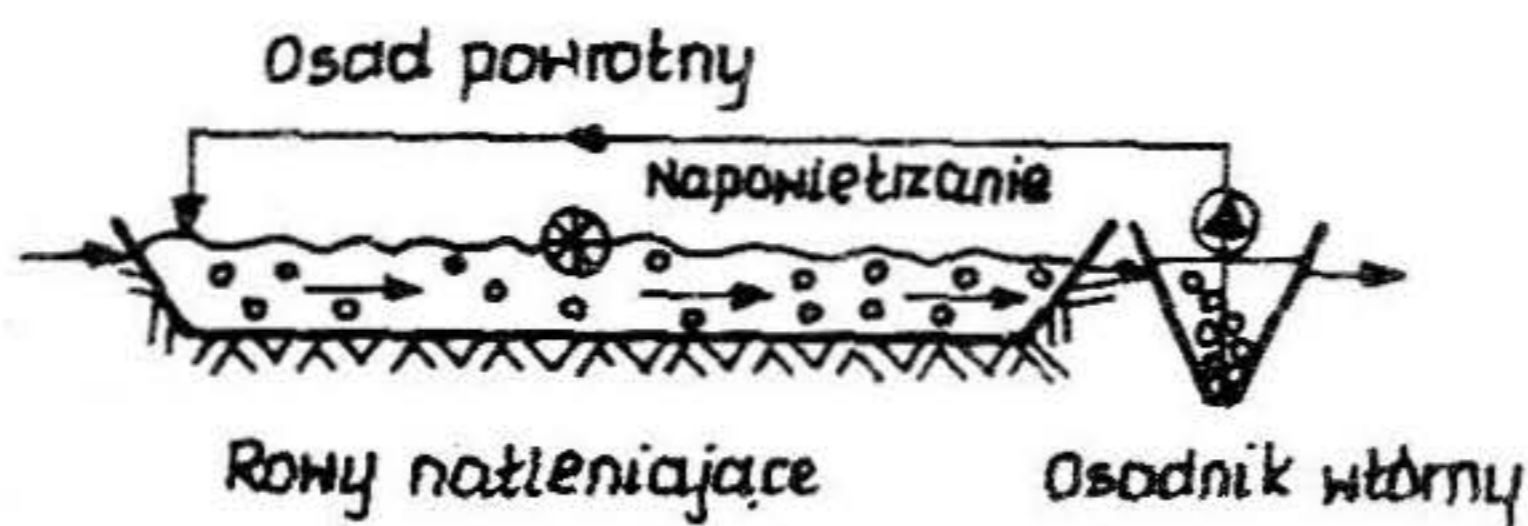
Komora napowietzania Osadnik wtórny

Rys. 9. Wysokoobciążony osad czynny

Praktyka eksploatacyjna tych oczyszczalni potwierdziła założenia procesu, że należy pamiętać, że przy tak skróconych czasach napowietrzania proces nitryfikacji zachodzi w odbiorniku ścieków, dla którego azot w formie amonowej jest tak samo groźny, jak azot w postaci azotanowej. W obu formach azot jest przyswajalny przez mikro i makro organizmy roślinne i sprzyja przyspieszonej eutrofizacji cieków i zbiorników wodnych.

Osad czynny z jednoczesną stabilizacją osadów

Do połowy lat 50-dziesiątych był utrwalony pogląd, że metoda osadu czynnego pozwala co prawda osiągnąć wysoki stopień oczyszczania ścieków, ale sterowanie procesem jest skomplikowane i wymaga wysokokwalifikowanej obsługi. Z tych względów uważano za niemożliwe zastosowanie tej metody dla małych oczyszczalni ścieków.

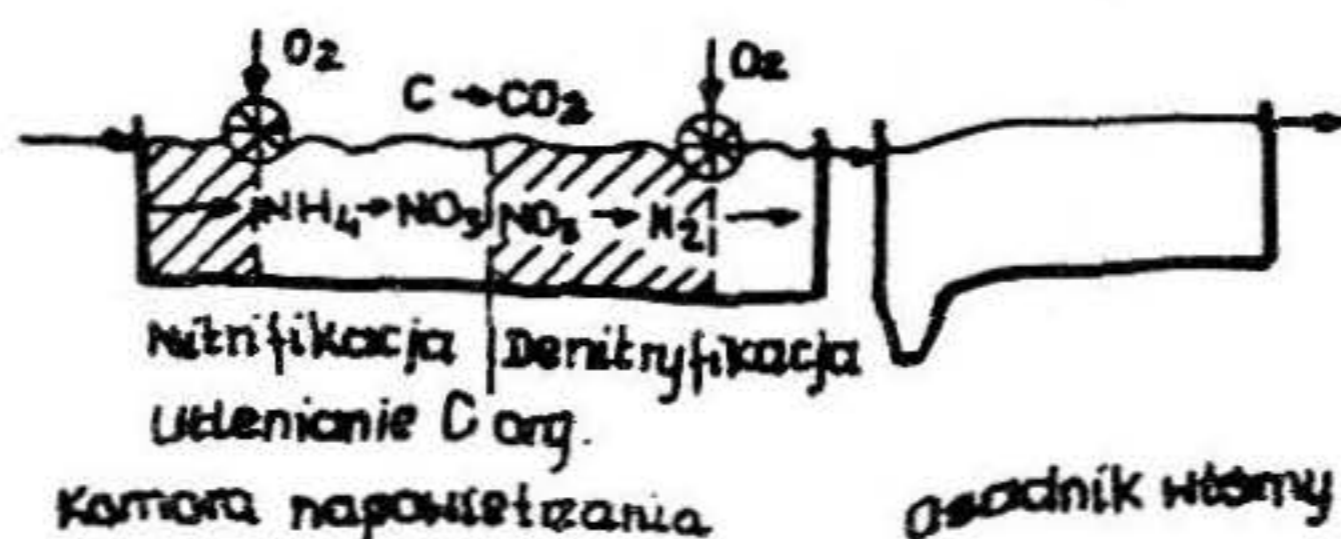


Rys. 10. Rowy natleniające - osad czynny z jednoczesną stabilizacją osadów

Ponierskie rozwiązanie Pasveera tzw. rowy utleniające stanowią zaprzeczenie tych poglądów. Rowy utleniające pracują bez osadnika wstępnego i ponieważ czas napowietrzania wynosi 2 lub 3 doby, gwarantują one stopień oczyszczania ścieków nie gorszy, aniżeli w dużych grupowych oczyszczalniach. Zaletą tego rozwiązania jest również stabilizacja osadów, które przy tak długich czasach napowietrzania tracą zdolność do zagniewania, a także prostota obsługi nie wymagająca stałego, fachowego nadzoru. Rowy utleniające stanowią też doskonałe rozwiązanie dla oczyszczania ścieków z przemysłu rolno-spożywczego, np. młeczarskiego.

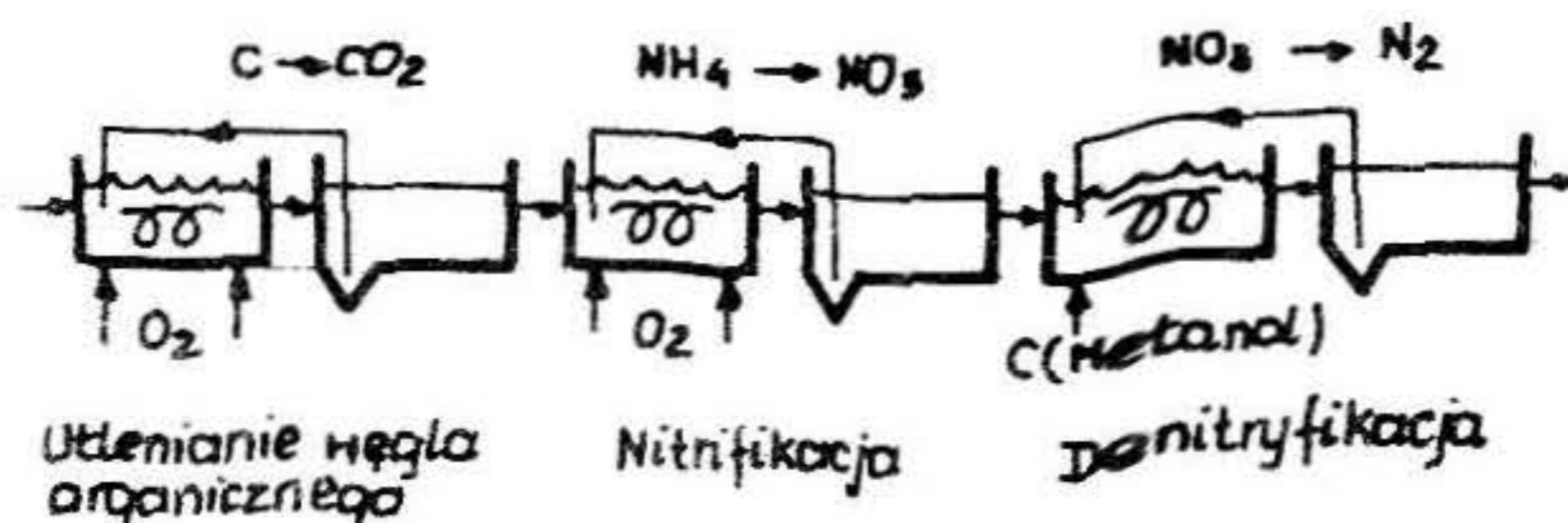
Osad czynny z denitryfikacją

Na przestrzeni ostatnich dwudziestu lat pojawił się problem denitryfikacji ścieków sprowadzający się do rozłożenia azotanów i uwolnienia azotu gazowego do atmosfery. Jest to możliwe do zrealizowania w trójstopniowym procesie osadu czynnego.



Rys. 11. Osad czynny z denitryfikacją

W pierwszym stopniu zachodzi proces utleniania węgla organicznego do CO_2 , w drugim stopniu zachodzi proces nitryfikacji tzn. azot organiczny utleniony zostaje do NH_3 i dalej do NO_2 i NO_3 . Trzeci stopień przeznaczony jest dla procesów denitryfikacyjnych. Osad czynny utrzymywany jest w zawieszeniu na skutek mieszania zawartości komory lecz dopływ powietrza zostaje wstrzymany. Bakterie dominujące w trzeciej fazie czerpią tlen do swoich procesów życiowych z rozkładu azotanów, przy jednoczesnym uwalnianiu azotu gazowego do atmosfery.



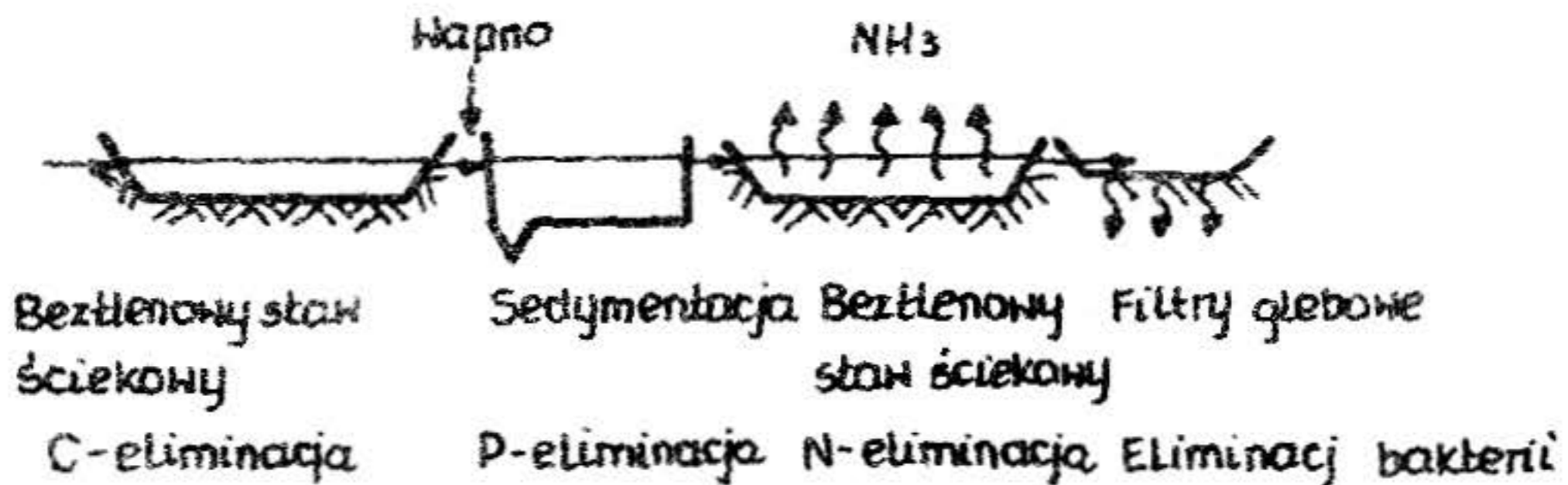
Rys. 12. Osad czynny z denitryfikacją chemiczną

Ponieważ jednak związki węgla organicznego zostały rozłożone w pierwszym stopniu procesu, niezbędne jest dodawanie dla bakterii denitryfikacyjnych substancji pokarmowej zawierającej węgiel, np. metanolu.

Ze względu na duży koszt metanolu, a także na fakt, aby nie przedostawał się do odpływu, wymagane jest bardzo dokładne jego dawkowanie. Stanowi to niewątpliwą wadę tego trójstopniowego procesu.

Denitryfikacja może być również osiągnięta bez dodatku chemikaliów w tzw. procesie totalnego utleniania przy jednoczesnej oksydacji węgla i azotu. Potwierdziły to wyniki Pasveera oczyszczania ścieków w rowach utleniających, a także doświadczenia eksploatacyjne oczyszczalni ścieków w Wiedniu (Blumental około 200.000 RLM), gdzie proces denitryfikacyjny jest osiągnięty w komorach napowietrzania przez odpowiednie ste-

rowanie doprowadzania powietrza do komór. W niektórych krajach i rejonach świata wybitnie ubogich w zasoby wód naturalnych niezbędnym staje się tak daleko idące oczyszczanie ścieków, aby mogły być one ponownie wykorzystane np. jako woda ujmowana dla potrzeb przemysłowych. W takich przypadkach konieczna jest nie tylko eliminacja węgla i azotu, ale także fosforu i pozbawienie ścieków czynników chorobotwórczych. Przykładem takiego daleko idącego oczyszczania ścieków może być Tel Aviv, gdzie zdecydowano się na połączenie ładunków zanieczyszczenia (2 mln. RLM) z większości gmin w bezpośredniej bliskości Tel Avivu i zastosowanie rozwiązania grupowego.



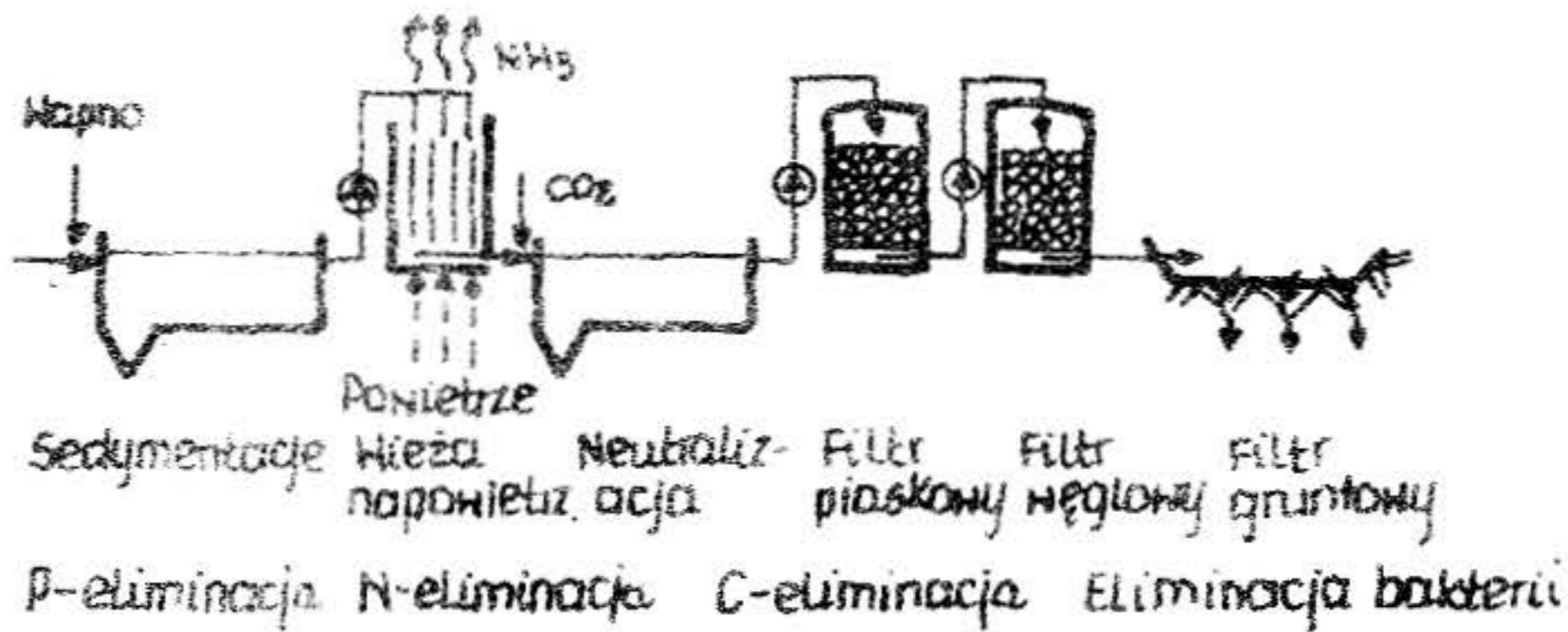
Rys. 13. Rozwiązanie z pełną eliminacją związków węgla, fosforu i azotu

Ze względu na korzystne warunki klimatyczne początkowo przyjęto układ obejmujący stawy beztlenowe, w których następowałaby eliminacja węgla organicznego, następnie koagulacja wapnem i sedymentacja w celu usunięcia fosforu, ponownie stawy beztlenowe z zapoczątkowaną denitryfikacją i usuwaniem gazowego NH₃ do atmosfery i periodicznie działające filtry glebowe dla eliminacji bakterii.

Jednakże okazało się, że przyjęcie takiej koncepcji jest pomimo wspomnianych korzystnych warunków klimatycznych niemożliwe. Ze względu na nieprzyjemne zapachy i duże zapotrzebowanie na powierzchnię pod stawy, zainteresowano się nowym rozwiązaniem proponowanym przez USA. Ciąg technologiczny składa się z eliminacji fosforu poprzez koagulację wapnem i sedymentację, następnie w wieży napowietrzanej w przeciwnym kierunku zostaje amoniak, dalsze etapy obejmują neutralizację i filtrację przez filtr piaskowy i filtr wypełniony węglem aktywnym i eliminacją bakterii za pomocą filtru glebowego. Jest to rozwiązanie o znacznie mniejszym zapotrzebowaniu na powierzchnię, ale charakteryzujące się bardzo wysokim stopniem utrudnienia i wymagające wysoko kwalifikowanej obsługi.

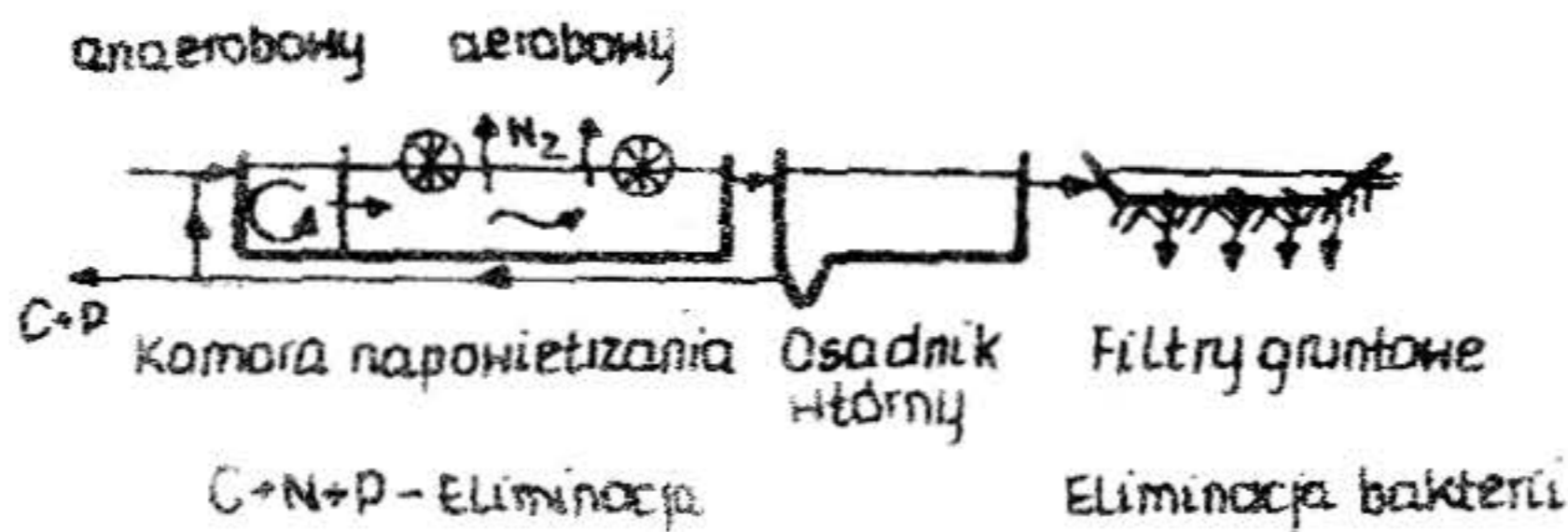
Jako propozycję konkurencyjną do obu powyższych rozwiązań przedstawić można ciąg technologiczny zrealizowany w Afryce Południowej, wzorowany na procesie osadu czynnego z oczyszczalni ścieków w Wiedniu (Blumental). W jednostopniowym procesie osadu czynnego bez osadnika wstępnego możliwa jest nie tylko eliminacja węgla organicznego, ale także denitryfikacja i usunięcie związków fosforu. Uzyskuje się to poprzez włączenie do ciągu technologicznego komory czołowej nienapowietrzanej, w której osad czynny zawieszony w ściekach utrzymywany jest w zawieszonym stanie mieszaniem, ścieki ściekające w dół; komórki nie preferują ut azotanów; w tych warunkach możliwa jest eliminacja fosforu i amoniaku. Wzrost bakterii i innych mikroorganizmów prowadzi do powstania i magazyn-

nujące fosfor. Końcowy etap usunięcia bakterii chorobotwórczych sprowadza się do przesądzania ścieków przez filtr piaskowy, przy czym czas przesączu wynosi około 400 dób.



Rys. 14. Rozwiązanie z pełną eliminacją związków węgla,

Nawiązując do marzeń twórców osadu czynnego Franklanda, Locketta i Pasveera można stwierdzić, że powyższa technologia stanowi ich urzeczywistnienie, ścieki zostają oczyszczone bez dodatku jakichkolwiek chemikaliów, a także bez jakiegokolwiek uszczerbku dla środowiska.



Rys. 15. Modyfikacja metody osadu czynnego gwarantująca pełną eliminację związków węgla, azotu i fosforu

W roku 1938 znany amerykański technolog ścieków Mohlman z okazji 25-lecia metody osadu czynnego pisał: "Dzisiaj po 25 latach na całym świecie setki oczyszczalni, co dnia oczyszczają mln. m³ ścieków wykorzystując osad czynny. To nadzwyczajne rozwiązanie nie ma sobie równego w historii oczyszczania ścieków, a proces technologiczny dobrze koresponduje ze stylem życia i wiedzą naszego okresu".

Oczyszczalnie ścieków naszych nowoczesnych miast powinny pracować bez przykrych i uciążliwych dla otoczenia zapachów spełniać wymagania, co do zajmowania niewielkich powierzchni. "Sterowanie procesem oparte jest o naukowe badania potwierdzone przez praktykę procesową ...".

Analizując te słowa dzisiaj w 75 lat po wynalezieniu osadu czynnego, można je uznać za tak samo trafne i słuszne. Do chwili obecnej metoda osadu czynnego w przeznaczonych jej wariantach procesowych jest skutecznym sposobem oczyszczania ścieków o dużym ładunku zanieczyszczeń organicznych.

