

KONCEPCJA ROLNICZEJ UTYLIZACJI OSADÓW ŚCIEKOWYCH Z OCZYSZCZALNI M. ST. WARSZAWY

W oparciu o pracę studialną pt. „Studium możliwości rolniczej utylizacji osadów ściekowych z oczyszczalni m. st. Warszawy — etap I”, zrealizowaną w Instytucie Melioracji i Użytków Zielonych, Oddział we Wrocławiu, przedstawiono koncepcję rozwiązania rolniczego zagospodarowania osadów z oczyszczalni prawo- i lewobrzeżnej Warszawy. Ponowne podjęcie tej tematyki wynikało z faktu, że dotychczasowe opracowania i zamierzenia nie zostały w pełni zaakceptowane i wzbudziły przy tym szereg kontrowersji, szczególnie dot. zagadnień technologicznych. Koncepcję opracowano w oparciu o doświadczenia ośrodka wrocławskiego.

Wieloletnie i wielokierunkowe działania władz miejskich w zakresie porządkowania gospodarki ściekowej na terenie m. st. Warszawy doprowadziły do uznania celowości i konieczności budowy dwóch oddzielnych oczyszczalni ścieków dla miasta: oczyszczalni dla prawobrzeżnej i lewobrzeżnej Warszawy.

Doprowadzenie jednak do pełnej realizacji podjętych zamierzeń wymaga, równolegle z rozwiązaniem oczyszczalni ścieków, kompleksowego rozwiązania gospodarki osadowej, w zakresie którego w sposób integralny włączone jest dalsze wykorzystanie i zagospodarowanie osadów. Dotychczasowe opracowania i zamierzenia nie zostały w pełni zaakceptowane przez władze miasta [9]. Wzbudziły natomiast szereg kontrowersji, szczególnie dotyczących zagadnień technologicznych i środowiskowych. W 1981 r. podjęto ponowną próbę przeanalizowania możliwości rolniczego wykorzystania (zagospodarowania) osadów ściekowych z oczyszczalni warszawskich, z uwzględnieniem uwag dotychczasowych rozwiązań i wykorzystaniem wieloletnich doświadczeń ośrodka wrocławskiego w tej tematyce [4].

W niniejszym artykule przedstawiono najistotniejsze elementy opracowanej koncepcji ogólnego rozwiązania.

Charakterystyka technologiczna oczyszczalni warszawskich

Oczyszczalnia Ścieków Prawobrzeżnej Warszawy

Dla prawobrzeżnej części Warszawy, prowadzącej ogólnospławny system kanalizacji zaprojektowana została i jest już w trakcie realizacji oczyszczalnia mechaniczno-biologiczna, z osadem czynnym, napowietrzanym mechanicznie; oczyszczalnię zlokalizowano w rejonie miejscowości Legionowo. Według założeń projekto-

wych oczyszczane będą nie tylko ścieki z prawobrzeżnej Warszawy, ale również z Legionowa i z nowo projektowanych osiedli Pasma Legionowskiego. Realizacja budowy oczyszczalni ścieków przebiegać będzie w dwóch etapach: rok 1985 i lata 2000—2005. Projektowana przepustowość oczyszczalni (Q śrd) wg ZTE [2] wynosić będzie:

I etap eksploatacji oczyszczalni (po 1985) — 400.000 m³/d

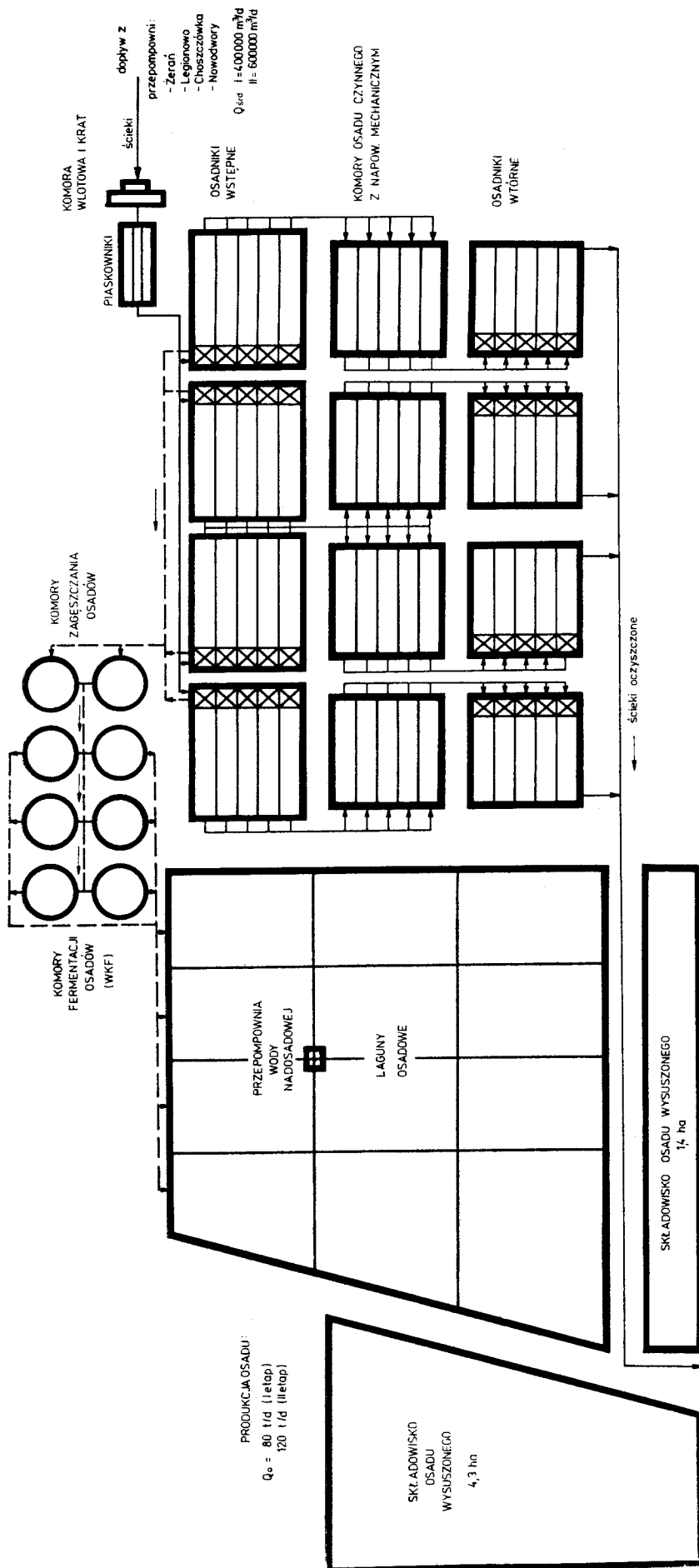
II etap eksploatacji oczyszczalni (po 2000) — 600.000 m³/d

W koncepcji oczyszczalni przyjęto podział urządzeń na ciągi technologiczne z tym, że za ciąg jednostkowy przyjęto zespół o przepustowości 200.000 m³/d ścieków. W I etapie działać będą dwa takie zespoły, zespół trzeci będzie włączony w etapie II.

Skład ścieków surowych określono przez analogię z wykorzystaniem istniejących danych analitycznych, m. in. badań IGK z różnych rejonów urbanistycznych Warszawy prawobrzeżnej:

	I etap	II etap
Średnie stężenie BZT ₅ w mg/CO ₂	307	290
Średnie stężenie zawiesin w mg/l	280	275

Wymagany niezbędny stopień oczyszczania ścieków, z uwzględnieniem obowiązującego stopnia zanieczyszczenia wód rz. Wisły wynosić powinien w stosunku do BZT₅ — 98%; dla I etapu przyjęto NSO 92—94%. Ścieki surowe doprowadzane będą rurociągiem tłocznym z kilku przepompowni: Żerań, Legionowo, Choszczówka i Nowodwory. Pompowy system doprowadzania ścieków i korzystne ukształtowanie terenu pozwoliło na zaprojektowanie grawitacyjnego układu urządzeń na terenie oczyszczalni. Schemat technologiczny urządzeń przedstawia się następująco:



Rys. 1 Schemat sytuacyjny oczyszczalni ścieków prawobrzeżnej Warszawy

A. Część ściekowa

- komora wlotowa, do komory doprowadzane są również ścieki z kanalizacji wewnętrznej
- komora krat
- zespół piaskowników poziomych napowietrzanych, skąd piasek po oczyszczeniu w separatorze będzie kierowany na wysypisko kontrolowane
- osadniki wstępne poziome o kształcie prostokątnym, skąd osad wstępny będzie przetwarzany do dalszej przeróbki
- komory osadu czynnego napowietrzane mechanicznie
- osadniki wtórne, poziome — prostokątne.

B. Część osadowa

- komory zagęszczania osadów wstępnych i tłuszców
- przepompownia osadu surowego
- komory fermentacyjne WKF ogrzewane parą, rozwiązane przy założeniu poniższego cyklu ich pracy:
 - mieszanie ciągle zawartości komory 5 razy na dobę
 - ciągle doprowadzanie osadu surowego zagęszczonego)
 - odprowadzanie ciągle osadu przefermentowanego i wody nadosadowej
 - szczepienie osadu surowego
 - utrzymywanie optymalnej temperatury wewnątrz komory przez ogrzewanie osadu parą
- laguny osadowe z przeznaczeniem na suszenie i magazynowanie osadów przefermentowanych
- składowisko osadu powietrznie suchego.

Schemat sytuacyjny oczyszczalni przedstawiono na rys. 1.

Oczyszczalnia Ścieków Lewobrzeżnej Warszawy

Dla lewobrzeżnej części Warszawy projektuje się również oczyszczalnię mechaniczno-biologiczną. Jej lokalizację umieszcza się w okolicy m. Łomianki, położonej na północno-zachodnim kierunku od Warszawy (kierunek Gdańsk). Docelowa przepustowość oczyszczalni ustalona na podstawie opracowania Biura Planowania Rozwoju Warszawy [1] wynosić będzie Q śrd = 750.000 m³/d.

Tabela 1
ILOŚĆ OSADÓW Z OCZYSZCZALNI PRAWOBRZEŻNEJ

Rodzaj osadów	Uwiednie %	Ilość osadów (m ³ /d)	
		1985	200-2005
Osady surowe	98	4000	6000
Osady po fermentacji	91	1000	1500
Osady odwodnione w lagunach	50	200	300
Sucha masa osadów			
w t/d	—	65	100
w tys. t/rok	—	23,7	36,5

Planowane ilości ścieków (bez wód deszczowych) do 1990 r.:

Ścieki komunalne	— 299 324 m ³ /d
Ścieki przemysłowe	— 207 100 m ³ /d
Wody infiltracyjne	— 101 286 m ³ /d
Razem:	607 710 m ³ /d Q śrd

Skład ścieków surowych, charakteryzowany głównymi wskaźnikami zanieczyszczeń, ustalono analogicznie jak dla Warszawy prawobrzeżnej:

Średnie stężenie BZT ₅	— 180 mg/CO ₂
Średnie stężenie ChZT	— 300 mg/CO ₂
Średnie stężenie zawiesin	— 220 mg/l

Odbiornikiem ścieków będzie rzeka Wisła, której wody na tym odcinku odpowiadać mają II klasie czystości; niezbędny stopień oczyszczania ścieków ustalono w granicach 92—94%.

Ścieki odprowadzane będą do oczyszczalni dwoma kanałami (tzw. kolektorem Burakowskim), a ukształtowanie terenu lokalizacji oczyszczalni pozwala na grawitacyjny przepływ ścieków przez urządzenia. Schemat technologiczny oczyszczalni.

A. Część ściekowa

- komora zbiorcza wraz z przelewem dla wód deszczowych; do komory doprowadzane są również ścieki z kanalizacji wewnętrznej i nadmierny osad czynny
- komora krat, skąd grube skratki po sprasowaniu będą przesyłane do spalarni odpadowej
- piaskowniki poziome napowietrzane, skąd piasek po oczyszczeniu w separatorze będzie kierowany na wysypisko uporządkowane
- osadniki wstępne — poziome o kształcie prostokątnym, skąd osad wstępny będzie przetwarzany do dalszej przeróbki
- komory osadu czynnego, napowietrzane mechanicznie
- osadniki wtórne

B. Część osadowa

- zagęszczacze osadu wstępnego I°
- komory fermentacyjne WKF, w projekcie przyjęto prawie analogiczne rozwiązanie jak w oczyszczalni dla Prawobrzeżnej Warszawy za wyjątkiem ogrzewania osadu za pomocą wymienników ciepła. W projekcie przewiduje się budowę 12 komór WKF o średniej pojemności około 6 300 m³ — każda
- zagęszczacze osadu przefermentowanego II°; stosuje się tu płukanie osadu oczyszczonymi ściekami
- urządzenia mechaniczne do odwadniania osadów; projektuje się wirówki OWO 600 G i dodatek polielektrolitów (Rokrysol WF-3 lub Zetag 92);
- Transport kołowy osadu odwodnionego do miejsc dalszego unieszkodliwiania.

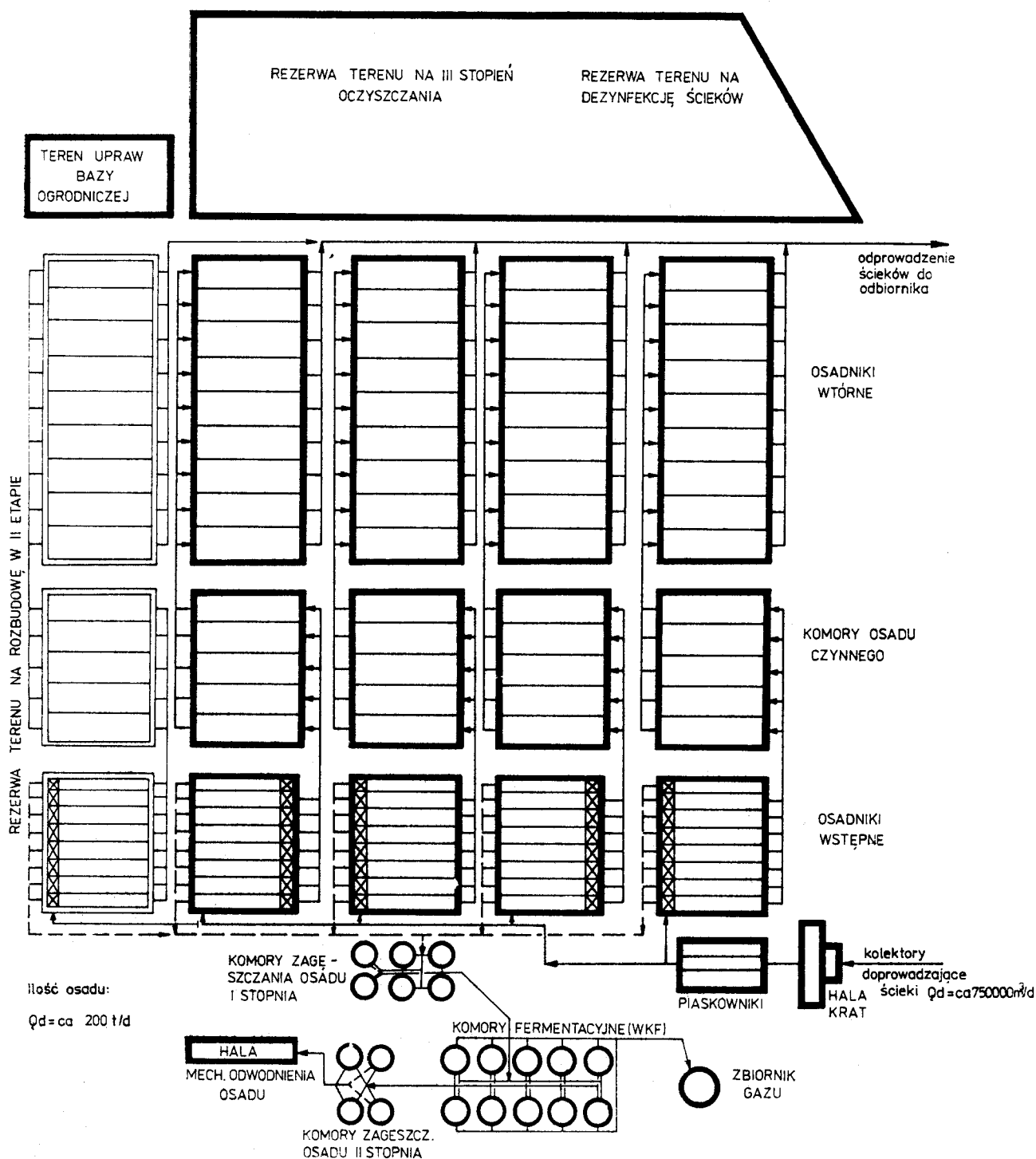
Schemat sytuacyjny oczyszczalni przedstawiono na rys. 2.

IIŁOŚĆ OSADÓW Z OCZYSZCZALNI LEWOBRZEŻNEJ Tabela 2

Rodzaj osadu	Uwodnienie %	Ilość osadów m ³ /d (docelowe)
Osady surowe	98	ca 9800
Osady po fermentacji	—	ca 1700
Osady po zag. 2 ^o	91	ca 1420
Osady odwodnione (z dodatkiem polielektrolitu)	70	ca 430
Osady odwodnione (bez elektrolitu)	75	ca 510
Sucha masa osadów:		
w t/d	—	ca 200
w tys t/rok	—	ca 73,0

Charakterystyka terenów i gleb w rejonie planowanych zamierzeń

Teren aktualnego województwa stołecznego należy pod względem geograficznym do Kotliny Warszawskiej, która tworzy rozległe obniżenie, gdzie zbiegają się główne rzeki Niziny Polskiej — Wisła, Bug i Narew. Pod względem ukształtowania, teren województwa warszawskiego składa się z typowych równin moreny dennej, urozmaiconej pagórkami morenowymi i dolinami rzeczek oraz pradolin i dolin wielkich rzek o wyrównanych tarasach erozyjnych. Znaczna



Rys. 2 Schemat sytuacyjny oczyszczalni ścieków lewobrzeżnej Warszawy

część terenów, szczególnie w północnej części zbudowana jest z piasków i mąd osadzanych przez wody Prawisły i Wisły. Szczególnie wielkie obszary tych piasków występują na terenie Puszczy Kampinoskiej. Pod wpływem działalności wiatrów powstawały wydmy o kształtach przeważnie parabolicznych z wypukłościami oraz piaski, tworzące dość równe pola. W pradolinie Wisły występują często pasy piaszczyste z wydmami i pasy bagienne, pokryte utworami mułowo-bagiennymi i torfami.

Wschodnia część terenów, położona na prawym brzegu Wisły, to plastyczne ily, często naprzemianległe z piaskami drobnoziarnistymi, które przechodzą stopniowo ku południowi w utwory bardziej piaszczyste. Przy ujściu Świdra występują już prawie wyłącznie piaski przerobione przez wiatr, osiagające w pewnych częściach tego terenu (okolice Otwocka) miąższość przekraczającą 30 m. Piaski te decydują między innymi o specyficznych warunkach klimatycznych tych okolic.

Na obszarze województwa warszawskiego, stanowiącego część zachodnią Krainy Wielkich Dolin, średnia roczna suma opadów atmosferycznych, zależna w pewnym stopniu od wzniesienia nad poziom morza, położenia geograficznego oraz konfiguracji terenu, waha się w granicach 450—500 mm. Obszar ten charakteryzuje się wczesną wiosną, dość długim okresem wegetacyjnym (170—200 dni), stosunkowo długim okresem bezzimowym oraz krótkim (35—65 dni) w ciągu roku, utrzymywaniem się pokrywy śnieżnej. Największą powierzchnię w woj. warszawskim zajmują gleby bielcowe (około 80% z wodami). Następnie: gleby bagienne (ok. 12%), czarne ziemie (ok. 3%) a wreszcie gleby brunatne, zajmujące najmniejszą powierzchnię, bo ok. 1%. Z gleb bielcowych na pierwsze miejsce wysuwają się gleby piaszkowe całkowite, zajmujące łącznie z wodami około 40% ogólnej powierzchni województwa. Jeżeli chodzi o skład mechaniczny gleb, to występuje najwięcej takich, które w swych wierzchnich warstwach wykazują skład mechaniczny piasków.

Użytkowanie gleb woj. warszawskiego przedstawia się następująco:

gleby orne	ok. 40%	og. pow. wojew.
las	„ 30%	„ „
sady i ogrody	„ 5%	„ „
łąki i pastwiska	„ 15%	„ „
inne grunty	„	„
i nieużytki	„ 8%	„ „
wody	„ 2%	„ „

Lewobrzeżna część terenów dolnej Wisły to przede wszystkim Kampinoski Park Narodowy. Puszczą Kampinoską nazywane są dzisiaj kompleksy leśne położone na dnie pradolinny Wisły na północny zachód od Warszawy, na obszarze ograniczonym od wschodu i północy korytem Wisły, od zachodu korytem Bzury i od południa skarpą wysokiego tarasu Równiny Błotńskiej. Obszar Puszczy Kampinoskiej jest stosunkowo niewielki, nieco ponad 20 tys. ha powierzchni zalesionych.

Opracowana została koncepcja programowo-przestrzenna, której założenia w pełni uznają walory przyrodnicze rezerwatu.

Park zajmuje obszar 33 664 ha, w tym około 24 tys. ha lasów, objętych ochroną rezerwatową. Blisko 15% tej powierzchni wydzielono jako rezerwat ściśle, w których wykluczono ingerencję człowieka w środowisko naturalne, pozostawiając przyrodę samą sobie. Projektowane jest znaczne rozszerzenie granic istniejących rezerwatów ściśle, zwłaszcza rezerwatów Debły, Kalisko, Krzywa Góra, Pożary, Sieraków. Przewiduje się również utworzenie nowych rezerwatów ściśle, a z czasem objęcie ochroną całego niemal obszaru Parku.

Oczyszczalnię ścieków dla Prawobrzeżnej Warszawy zlokalizowano na terenie wymienionych wydm piasków lotnych, między dwoma pasmami zalesionych wydm. W jej okolicach (Legionowo) istnieje kopalnia piasku silikatowego, której tereny perspektywnie nadawać się będą do rekultywacji i użyźniania gleb z oczyszczalni Prawobrzeżnej.

Obecnie jest już około 18 ha terenu pokopalanianego, terenu o zerowej wartości rolniczej. Roczne wyrobiska kopalniane rosnać będą o około 3 ha, a w końcowym etapie (ok. 2000 r.) osiągną powierzchnię rzędu 80 ha.

Dotychczasowe zamierzenia i koncepcje rozwiązań

Jak podkreślono we wstępie, dotychczas podejmowano szereg prób stworzenia koncepcji zagospodarowania osadów ściekowych z projektowanych oczyszczalni.

Duże podobieństwo charakterystyki technologicznej tych oczyszczalni, ich przepustowości, rodzaju ścieków i warunków lokalizacyjnych, skłaniają do przekonania, że prowadzone rozważania na temat gospodarki osadowej odnieść można jednocześnie do obydwu obiektów.

Koncepcja wg założeń generalnych

Zagadnienia gospodarki komunalnej woj. stołecznego Warszawy były analizowane i przedstawiane w oficjalnych opracowaniach Biura Planowania Rozwoju Warszawy [1] i Urzędu m. st. Warszawy [13].

Oprócz spraw bilansowych, dotyczących gospodarki odpadami komunalnymi, omówione zostały dokładniej metody unieszkodliwiania tych odpadów poprzez spalanie, kompostowanie i składowanie na wysypiskach. Nie precyzowano jednak w tych dokumentach określonej koncepcji zagospodarowania osadów, traktując je jako jeden ze składników odpadów komunalnych.

Koncepcja wg założeń projektowych

W obydwu opracowaniach projektowych [1, 2], wykonanych w fazie ZTE koncepcje dalszego zagospodarowania osadów ujęto jedynie w formie sugestii, że osady będą unieszkodliwiane w systemach rolniczych, tzn. mogłyby być

wykorzystywane do rekultywacji terenów zdegradowanych lub do nawożenia ubogich gleb, położonych w obrębie woj. warszawskiego.

Zasadnicze opracowanie koncepcji warunkuje się przeprowadzeniem specjalnego cyklu badań technologicznych i wegetacyjnych, które dostarczyłyby jednoznacznych, dotyczących rolniczych czy przyrodniczych możliwości wykorzystania osadów.

W dokumentacji projektowej nie precyzuje się równi z charakterystyki fizyko-chemicznej osadów, które wytwarzane będą przez obydwie oczyszczalnie; wybór i określenie charakterystyki pozostawia się dalszej fazie prac badawczych. Nie określa się również jednoznacznie ani terenów rolniczego, czy przyrodniczego wykorzystania ani też systemu transportu osadów do miejsc utylizacji, w przypadku oczyszczalni prawobrzeżnej wskazuje się jedynie na możliwość wykorzystania części terenów ubogich gleb, położonych po prawej stronie rzeki Wisły. Dla lewobrzeżnej — nie wyklucza się także takiej możliwości, nie podając jednakże bliższych danych na ten temat.

Bardzo orientacyjnie określa się również sposób transportowania osadów przefermentowanych. Zakłada się możliwość transportu kołowego (osad odwodniony) lub hydraulicznego, w zależności od decyzji o lokalizacji odpowiednich terenów.

Koncepcja przyrodniczego zagospodarowania osadów ściekowych

Z uwagi na skalę projektowanych i budowanych oczyszczalni, jak również w dużym stopniu na oryginalny w naszym kraju system zorganizowanego zagospodarowania osadów, w pełni uzasadnione było podjęcie szerokiego zakresu badań, zmierzających do rozpoznania i opracowania określonych podstawach technologicznych.

Przeprowadzenia badań podjął się Zakład Przyrodniczych Podstaw Kształtowania Środowiska Instytutu Kształtowania Środowiska, kierowany przez prof. dr J. Siutę. Badania realizowano w dwóch etapach: w latach 1973-77 oraz w latach 1977-80, wykorzystując jako obiekt doświadczalny Miejską Oczyszczalnię Ścieków w Pruszkowie, z uwagi na brak osadów z oczyszczalni warszawskich. Doświadczenia prowadzono zasadniczo w skali polowej, na poletkach założonych na nieużytkach przyległych do m. Pruszkowa oraz na terenie eksploatowanej kopalni piasku w Legionowie. Tematykę badawczą realizowano we współpracy z Instytutem Gleboznawstwa i Chemii Rolnej AR w Lublinie [12] oraz Instytutem Medycyny Pracy i Higieny Wsi [11].

W toku prac, zrealizowanych zasadniczo w I etapie przebadano:

— charakterystykę osadów przefermentowanych i odwodnionych z oczyszczalni w Pruszkowie, pod kątem możliwości ich przyrodniczego wykorzystania

— wpływ stosowania osadów na plonowanie traw, roślin zbożowych, warzyw, drzew i krzewów

— chemiczne i biologiczne właściwości roślin

— chemiczne i biologiczne właściwości środowiska glebowego

— skład chemiczny wód w doświadczeniach lizymerycznych.

W szczegółowych fazach badań dokonano:

— porównawczej oceny zawartości podstawowych składników odżywczych w produktach roślinnych z upraw doświadczalnych, nawożonych różnymi dawkami osadów

— określenia zawartości niektórych metali ciężkich, budzących zastrzeżenia sanitarno-higieniczne

— oznaczonego stopień wykorzystania białek produktów roślinnych z poletek nawożonych różną ilością osadów

— oceny wzrostu zwierząt laboratoryjnych, karmionych dietą z udziałem badanych roślin.

Ponadto, w zrealizowanym programie badań przeanalizowano możliwości wdrożenia przyrodniczego zagospodarowania osadów, na obszarze wschodniej części Województwa Stołecznego Warszawy, określając m.in. zasobność gleb w tym rejonie.

Wyniki 3-letnich badań technologicznych i wegetacyjnych potwierdziły założenia, że przefermentowane osady ściekowe z oczyszczalni Pruszków mogą być utylizowane, lub zagospodarowywane w systemach rolniczych. Stwierdzono, badając znaczny zakres dawek osadu od 50—1000 t/ha, że dawką najbardziej optymalną spełniającą zarówno warunki prawidłowego plonowania roślin jak i wymogi ochrony gleb, roślin i wód gruntowych, jest dawka 300 t/ha. Podkreślono przy tym, że przy tej dawce mało znaczący jest wzrost badanych metali ciężkich w glebie i roślinach, w porównaniu do obiektów kontrolnych. Ponadto jakościowa analiza roślin wykazała, że jednorazowe dawki o wysokości nawet do 500 t s.m./ha nie wywołują ujemnego wpływu. Dopiero powyżej 750 t s.m./ha obserwuje się odkładanie w roślinach nadmiernych ilości azotanów, ograniczających przydatność paszową zbóż i badanych warzyw. W zakończeniu zasadniczego etapu prac i eksperymentów polowych autorzy stwierdzają m.in.:

1. Badania nad rolniczą utylizacją wskazały, że jest to najbardziej prawidłowy sposób zagospodarowania, mający uzasadnienie z przyrodniczego i ekonomicznego punktu widzenia.

2. Dotychczasowy stan badań naukowych jest wystarczający do podjęcia decyzji o przyrodniczym zagospodarowaniu osadów ściekowych. Dalszym etapem działania winna być optymalizacja systemu i zagospodarowania techniczno-organizacyjne.

Przeprowadzony cykl doświadczeń i znaczny zakres przebadanych zagadnień pozwolił na wyciągnięcie wielu pozytywnych wniosków. Nie

były to jednakże badania ścisłe, nawiązujące do konkretnej sytuacji i potrzeb projektowanych oczyszczalni warszawskich. Zmierzały one w dużej mierze do uogólnienia wielu zagadnień technologicznych i technicznych z zakresu przyrodniczego zagospodarowania osadów, a z kolei te dane stanowić miały podstawę do opracowania wytycznych, z równoczesnym ewentualnym wykorzystaniem w konstruowaniu koncepcji, w nawiązaniu już do konkretnych warunków lokalnych.

Zgodnie z założeniami programu badawczego, opracowanie koncepcji rozwiązania dla oczyszczalni warszawskich miało być oddzielnym zadaniem, realizowanym przez inne jednostki do tego zobowiązane.

Dotychczasowy zakres działań wdrożeniowych

Na podstawie dotychczasowych wyników badań i dyskusji w gronie zainteresowanych instytucji podjęto się działań wdrożeniowych. W 1978 r. opracowana została informacja Biura Projektów Budownictwa Komunalnego „Stolica”, zawierająca koncepcję ogólną przyrodniczego zagospodarowania osadów z oczyszczalni prawobrzeżnej Warszawy [8].

Koncepcję oparto na dwóch zasadniczych założeniach:

- 1) — tereny przeznaczone do wykorzystania położone są w bezpośrednim sąsiedztwie Warszawy
- 2) — przyrodnicze wykorzystanie osadów w formie ciekłej (melioracyjny system nawożenia).

W opracowaniu podaje się, że wokół Warszawy, szczególnie po prawej stronie Wisły znajdują się tereny, na których plony z uwagi na wartość gleby nie uzasadniają nakładów produkcyjnych lub są na granicy opłacalności. Stwierdza się z kolei, na podstawie obliczeń, że powierzchnia tych terenów przekracza wielokrotnie możliwości ich użyznienia całą ilością osadów, jaką uzyskać będzie można z aglomeracji warszawskiej.

W koncepcji nie wydziela się jednak specjalnych terenów, z wytyczonym przeznaczeniem ich do zagospodarowania osadów, natomiast sugeruje się, w oparciu o wnioski i analizę z fazy badań, melioracyjne użyznianie kolejnych pól, wg określonego harmonogramu czasowego. Pola byłyby nawożone jednokrotnie określoną dawką osadu a następnie, po odpowiednich zabiegach agrotechnicznych, przeznaczone do eksploatacji produkcyjnej. Tego rodzaju sposób nawożenia umożliwiałby w krótkim okresie czasu znaczne podwyższenie jakości ubogich gleb. Zarówno w badaniach jak i w niniejszej koncepcji zakłada się, motywując to głównie względami ekonomicznymi, gospodarowanie osadami w formie ciekłej. Przefermentowane osady ciekłe byłyby hydraulicznie transportowane na wydzielone i odpowiednio przygotowane kwatery pól. Dla sytuacji awaryjnych przewiduje się

budowę tymczasowych lagun ziemnych, pełniących funkcję okresowych magazynów osadu.

Przedstawiona powyżej koncepcja zagospodarowania osadów odniesione została w zasadzie do oczyszczalni prawobrzeżnej, niemniej jednak podobny system był analizowany dla oczyszczalni lewobrzeżnej. Orientacyjną informację o lokalizacji terenów, kwalifikowanych do przyrodniczego zagospodarowania przedstawiono na planie sytuacyjnym (rys. 3) w oparciu o dane Wojewódzkiego Biura Geodezji i Urzędzeń Rolnych w Warszawie [16].

Jak wynika z dokumentów [16] następnym etapem wdrożenia, akceptowanej już w dużym stopniu koncepcji, było opracowanie projektu dokumentu prawnego, który jako tzw. Postanowienie Prezydenta m. st. Warszawy ustalać miał, w sposób formalno-prawny zakres prac, ich harmonogram czasowy oraz wielkość podstawowych nakładów inwestycyjnych, związanych z przyrodniczym zagospodarowaniem osadów. Postanowienie regulowało również zagadnienie organizacyjne. Ustalono m. in., że osady będą wykorzystywane przez Państwowe Gospodarstwo Rolne „Bródno” oraz Warszawski Zespół Leśny. Dla potrzeb tej działalności wyznaczone zostały przez Woj. B.G. i U.R. odpowiednie tereny i zrealizowano już odpowiedni zakres spraw organizacyjnych, związanych m. in. z możliwością komasacji odpowiednich arealów i pól.

Istotnym elementem programu wdrożeniowego (ujętym również w Projekcie Postanowienia) było zatwierdzenie celowości zorganizowania zakładu doświadczalno-wdrożeniowego, który pozwalałby na testowanie różnorodnych zagadnień technologicznych, technicznych i organizacyjnych. Dla potrzeb programu wdrożenia wyznaczono już wstępnie odpowiednie tereny, położone w bezpośrednim sąsiedztwie oczyszczalni w Pruszkowie.

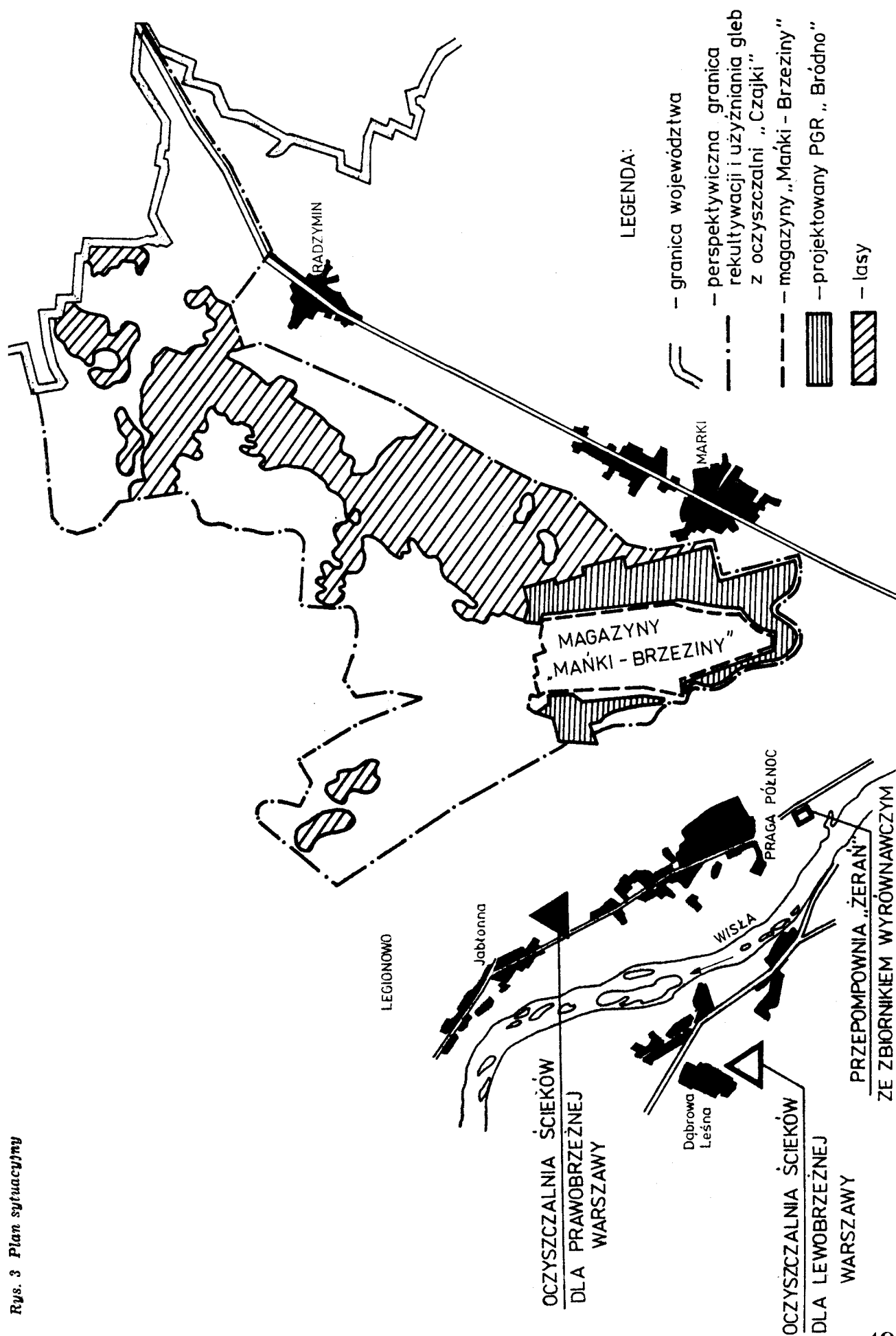
Przedsiębiorstwem odpowiedzialnym za realizację całego programu wdrożeniowego miała być Dyrekcja Budowy Wodociągu Północnego i Oczyszczalni Ścieków we współpracy z Woj. Biurem Geodezji i Urzędzeń Rolnych oraz Instytutem Kształtowania Środowiska.

Na przełomie lat 1979/80, w wyniku włączenia się do sprawy tzw. „opinii publicznej” [6] cały program działań wdrożeniowych został wstrzymany z założeniem ewentualnego ponownego przeanalizowania niektórych zagadnień i uwzględnieniem doświadczeń innych ośrodków badawczych, zajmujących się problematyką unieszkodliwiania osadów ściekowych z oczyszczalni miejskich.

Proponowana koncepcja rozwiązania

Problem utylizacji osadów ściekowych będzie musiał być w bliższej lub dalszej perspektywie rozwiązany nie tylko w skali każdej oczyszczalni, ale przede wszystkim w skali regionów. Coraz bardziej wzrastające ilości wytwarzanych osadów zaczynają przekraczać możliwości organizacyjne nie tylko wielu oczyszczalni ale także i wielu przedsiębiorstw gospodarki

Rys. 3 Plan sytuacyjny



komunalnej. Jak wynika z przeprowadzonego rozpoznania i analiz bilansowych [5] nie są to sporadyczne wypadki, ale masowo narastający problem w całym kraju. Konieczne jest pilne opracowanie generalnych zasad postępowania, które stanowiłoby pewnego rodzaju ramowe podstawy do rozwiązań lokalnych.

Wprowadzenie uwag ogólnych do opracowania dot. oczyszczalni warszawskich uznano za uzasadnione ze względu na konieczność szerszego naświetlenia problemu a jednocześnie zasugerowania pewnego kierunku perspektywnego działania w zakresie unieszkodliwiania osadów. Uwagi odniesione do skali kraju stanowią pewnego rodzaju tło do koncepcji oczyszczalni warszawskich.

Na obecnym etapie rozwoju kraju, oczyszczalnie ścieków miejskich i przemysłowych muszą być rozpatrywane jako elementy kompleksowych systemów gospodarczych, wodnych i odpadowych gospodarki komunalnej, przemysłu i rolnictwa.

Podstawą koncepcji zagospodarowania osadu z oczyszczalni ścieków (zarówno miejskich jak i przemysłowych), jako jednego z rodzaju odpadów powinna być zasada możliwie maksymalnego ograniczenia ich ilości w miejscu powstawania oraz włączenie ich do zasobu mas surowcowych, znajdujących się w cyklu obiegowym, w którym gromadzenie produktów bezużytecznych lub szkodliwych zastąpione jest zwiększonym stopniem recyrkulacji w obiegu materii. W takim ujęciu, problem osadów ściekowych przestaje być problemem danego miasta, czy danego zakładu przemysłowego, rozpatrywanym w kryteriach unieszkodliwiania lub pozbywania się uciążliwej masy odpadowej lecz staje się problemem regionalnym, międzyresortowym i musi być rozpatrywany w kryteriach wykorzystania jako surowca, wymagającego tylko odpowiedniej przeróbki.

Praktyczna możliwość realizacji takiej koncepcji w naszych warunkach krajowych wymaga jednak rozwiązania szeregu problemów naukowo-badawczych, projektowych, wykonawczych a także prawno-administracyjnych.

Opracowanie ramowych podstaw działania wraz z określeniem bardziej szczegółowego zakresu spraw, wymagających rozważenia podjęto się w IMUZ — Oddział we Wrocławiu, w temacie pt.: „**Opracowanie koncepcji planu perspektywnego rolniczego wykorzystania osadów ściekowych w Polsce**”. Temat przewidziany jest do realizacji w latach 1982-85.

Wnioski z dotychczasowych, wieloletnich już (krajowych i zagranicznych) doświadczeń praktycznych i badawczych, wnioski z wielu konferencji i seminariów naukowych potwierdzają celowość i konieczność powszechnego analizowania i preferowania utylizacji osadów ściekowych w systemach rolniczych, z uwagi nie tylko na konieczność ich unieszkodliwiania, ale i na potrzebę intensyfikacji wielu gleb i rekultywacji terenów zdegradowanych.

Z danych bilansowych (w skali kraju) osadów tylko z oczyszczalni miejskich wynika, że ładunek tych substancji odpadowych jest ogromny

i powinien być efektywnie spożytkowany, zarówno w interesie rolnictwa jak również z uwagi na potrzebę utrzymania odpowiedniej czystości środowiska. (Bilans osadów z oczyszczalni warszawskich wskazuje również na znaczny ładunek substancji, wymagającej odpowiedniego zagospodarowania).

Czynnikami hamującymi szersze i powszechniejsze wdrożenia rolniczych metod utylizacji osadów są problemy związane z charakterystyką chemiczną i tzw. aspektem higieniczno-sanitarnym. Dotychczasowe wieloletnie i bogate wyniki doświadczeń badawczych i perspektywnych pozwalają na określenie stopnia ryzyka i zagrożenia dla środowiska i człowieka takich systemów utylizacji osadów.

Istnieje jednakże pełna świadomość jak wiele czynników kształtuje rolniczą przydatność osadów ściekowych, od źródeł powstawania, poprzez przeróbkę technologiczną do końcowej fazy zagospodarowania. O ile źródła powstawania i przeróbka technologiczna ujęte są i kontrolowane w określonym systemie działań, o tyle końcowa faza zagospodarowania jest w większości działaniem przypadkowym.

By w pełni wykorzystać walory przyrodnicze tej substancji odpadowej, jaką są osady, a jednocześnie by zminimalizować większość negatywnych oddziaływań na środowisko i zagwarantować ciągłość działań systemu rolniczej utylizacji osadów, sugeruje się koncepcję organizowania Regionalnych Zakładów Unieszkodliwiania Osadów (RZUO). Proponuje się stworzenie na wydzielonych terenach (możliwie aktualnie najmniej użytecznych) specjalnych pól lub gospodarstw osadowych, które organizacyjnie i technicznie byłyby odpowiedzialne za całokształt gospodarki osadowej oczyszczalni ścieków, zlokalizowanych w danym regionie (województw, obszaru zlewni lub określonego regionu gospodarczo-przemysłowego).

Osady odpowiednio przygotowane i przetransportowane z oczyszczalni byłyby w sposób kontrolowany i zgodnie z zasadami rolniczymi, wykorzystywane do nawożenia określonych upraw o dalszym, z góry ukierunkowanym ich wykorzystaniu. Gospodarstwa osadowe lub RZUO organizowane podobnie jak pola rolnicze wykorzystania ścieków lub regionalne zakłady unieszkodliwiania odpadów miejskich objęłyby swoją działalnością całość problematyki, nie tylko produkcyjnej ale również kontrolno-pomiarowej. Dałoby to gwarancję nierozprzestrzeniania się zanieczyszczeń i niestwarzania potencjalnego zagrożenia dla środowiska. Na polach osadowych dopuszczalne byłoby stosowanie nawożenia wielokrotnego i o wyższym poziomie (wg opracowanych kryteriów). Wydzielone i określone tereny pól osadowych mogłyby być poza tym sprawniej gospodarowane, aniżeli wiele mniejszych poletek gospodarstw indywidualnych.

Określenie wielkości i liczby Regionalnych Zakładów Unieszkodliwiania Osadów wymaga każdorazowo indywidualnej analizy w nawiązaniu do warunków lokalnych. Niezmienny jest

jednak fakt, że przedsiębiorstwo to byłoby głównym użytkownikiem osadów i jednocześnie koordynatorem i gwarantem poprawnego gospodarowania osadami na polach innych użytkowników.

Określenie charakterystyki osadów

Nieznana jest aktualnie rzeczywista charakterystyka osadów, jakie będą wytwarzane w oczyszczalniach warszawskich. W dotychczasowych rozważaniach i pracach badawczych opierano się na charakterystyce, częściowo tylko zbliżonej do rzeczywistej.

Badania Instytutu Kształtowania Środowiska oparte były głównie na osadach z oczyszczalni ścieków w Pruszkowie. Z wielu sugestii, wysuwanych w poszczególnych fazach opracowania wynikałoby, że traktuje się te osady jako charakterystyczne dla oczyszczalni warszawskich. Nie stwierdzono tego jednakże w sposób jednoznaczny. Uzyskane wyniki badań na oczyszczalni w Pruszkowie interpretowano w nawiązaniu do osadów stosowanych w doświadczeniach.

Opierając się na własnym, szerokim rozpoznaniu charakterystyki osadów z oczyszczalni krajowych i porównując wyniki analiz IKS stwierdza się, że charakterystyki osadów z Pruszkowa nie można uznać za typową dla oczyszczalni warszawskich.

Powyższe zastrzeżenie nie odnosi się do tzw. charakterystyki podstawowej osadów, ponieważ w tej grupie wskaźników obserwuje się zasadniczo niewielkie zróżnicowanie stężeń.

Istotna z punktu widzenia omawianej koncepcji jest obecność elementów śladowych. Jak wynika z poniższego zestawienia, osady pruszkowskie pochodzą głównie ze ścieków przemysłowych, o czym świadczą bardzo wysokie stężenia chromu i ołowiu.

Stężenie elementów śladowych w osadach komunalno-przemysłowych z Pruszkowa:

1. Ołów (Pb)	2138 ppm
2. Cynk (Zn)	— 2399 „
3. Miedź (Cu)	— 89 „
4. Mangan (Mn)	— 309 „
5. Chrom (Cr)	— 1660 „
6. Nikiel (Ni)	— 141 „
7. Kadm (Cd)	— n.o. „
8. Bor (B)	— 9 „
9. Molibden (Mo)	— śl. „
10. Wanad (V)	— 79 „
11. Kobalt (Co)	— śl. „

Są to stężenia wyższe, aniżeli stwierdzone nawet w dużych oczyszczalniach ścieków w Polsce, gdzie na ogół udział ścieków przemysłowych jest również stosunkowo wysoki [3]. Tak wysokie stężenia chromu i ołowiu dyskwalifikują w zasadzie przydatność tych osadów do celów rolniczych. Normy zagraniczne dopuszczają w zasadzie maksymalne stężenia tych pierwiastków, rzędu 1000 ppm. Charakterystyka osadów pruszkowskich jest specyficzna i typowa dla małych miast obciążonych głównie ściekami przemysłowymi.

Zgodnie z przekonaniem autorów, popartym wieloma argumentami, przeznaczenie osadów pruszkowskich do rolniczego wykorzystania wymagałoby bezwzględnego zredukowania (poprzez wstępne oczyszczanie w zakładach przemysłowych ładunku chromu i ołowiu, zrzucającego ze ściekami przemysłowymi do kanalizacji).

Odnosnie osadów z oczyszczalni warszawskich, które kierowane byłyby do rolniczego zagospodarowania, to ich charakterystyka nie może być przypadkowa.

Rolniczy sposób utylizacji osadów jest warunkowany określoną charakterystyką osadów, którą osiągnąć się poprzez właściwe ustawienie gospodarki ściekowej w całej aglomeracji miejskiej. Muszą być opracowane i ustalone takie limity stężeń w zrzucanych ściekach przemysłowych do kanalizacji, aby w efekcie końcowym uzyskać pożądaną a nie przypadkową charakterystykę osadów. Takie działanie wymaga wdrożenia określonych przepisów organizacyjno-prawnych. Nie jest to novum, gdyż podobny system (prawny) działa m. in. w Anglii, w której 75% produkcji osadów jest kierowanych do rolniczego wykorzystania. Podobnie jest i w wielu innych krajach zachodnioeuropejskich [3].

Sugeruje się by za podstawę do dalszych rozważań i analiz przyjąć taką charakterystykę fizykochemiczną osadów dla oczyszczalni warszawskich, jaką ustalono w badaniach IMGW dla I grupy osadów [3]. Charakterystyka ta przedstawia taki skład osadów, który jest do przyjęcia w koncepcjach rolniczego wykorzystania osadów, a przy tym jest możliwy do osiągnięcia przy właściwie prowadzonej gospodarce ściekowej danego miasta czy aglomeracji. Łączenie osadów z różnych oczyszczalni stwarza dodatkowe możliwości modyfikacji składu.

Niezmiernie istotną sprawą w charakterystyce osadów dla rozważanej koncepcji jest ich uwodnienie, którego znaczenie omówiono w dalszej części.

Wstępne przygotowanie osadów i gospodarka osadami na polach

Kolejnym istotnym parametrem technologicznym, niezbędnym w formowaniu koncepcji rolniczego wykorzystania jest uwodnienie osadów doprowadzanych na teren pól. Różne są względy i czynniki warunkujące stopień uwodnienia osadów ale najistotniejsze to sprawa transportu i aspekt higieniczno-sanitarny.

Hydrauliczny transport osadów ciekłych jest niewątpliwie sposobem ekonomicznym i w wielu przypadkach na świecie w pełni funkcjonuje. Ten system transportu wymaga spełnienia określonych warunków lokalizacyjnych i nasuwa określony sposób gospodarowania osadami i ich gromadzenia. Osady muszą być w sposób ciągły odprowadzane na pola lub w okresach przerw w nawożeniu, gromadzone w odpowiednich zbiornikach.

Urządzenia transportowe i cały system działania wymaga wysokiego stopnia sprawności technicznej i organizacyjnej; wymagana jest wysoka sprawność służb eksploatacyjnych, odpowiedzialnych za urządzenia jak i za działalność rolniczą na terenie Zakładu Utylizacyjnego. Znając stan sprawności technicznej i eksploatacyjnej wielu dziesiątków oczyszczalni ścieków w Polsce autorzy nie są przekonani o tym, aby system hydraulicznego transportu i dystrybucji osadów z oczyszczalni warszawskich mógł być o wiele sprawniej eksploatowany. Nie jest to z pewnością w pełni wyczerpująca argumentacja, ale dodatkowe dowody na ten temat mogą być przedłożone, jeżeli uzna się to za konieczne.

Z rolniczym wykorzystaniem osadów wiąże się jak wiadomo tzw. aspekt higieniczno-sanitarny. Jest to obok elementów śladowych, równorzędny czynnik decydujący o takiej możliwości zagospodarowania osadów.

Tabela 3

**SUGEROWANA CHARAKTERYSTYKA FIZYKO-CHEMICZNA
OSADÓW WARSZAWSKICH**

	Wskaźnik składu	Jednostka	Wartość
wyciąg wodny	Odczyn pH		6,6
	Przewodnictwo	$\mu\text{S/g}$	540
	Kwasowość	mval/dm^3	0,12
	Zasadowość	mval/dm^3	0,93
	Utlonialność	mgO_2/dm^3	21,0
	ChZT	mgO_2/dm^3	62,5
	Chlorki	mgCl/dm^3	8,8
	Siarczany	$\text{mgSO}_4/\text{dm}^3$	125
	Fosforany	$\text{mgPO}_4/\text{dm}^3$	125
	Azot amonowy	$\text{mgN NH}_4/\text{dm}^3$	3,63
	Sucha pozostałość	mg/dm^3	4000
	Uwodnienie	$\% \text{H}_2\text{O}$	58
	Związki organiczne	$\% \text{s.m.}$	45
	RSO	$\% \text{s.m.}$	25
Sucha masa	Azot ogólny	mg N/g s.m.	12,8
	Fosfor ogólny	$\text{mg P}_2\text{O}_5/\text{g s.m.}$	17,0
	Potas	$\text{mg K}_2\text{O/g s.m.}$	2,65
	Wapń	mg Ca/g s.m.	33,0
	Sód	mg Na/g s.m.	0,64
	Żelazo	mg Fe/g s.m.	7,2
	Siarka	$\% \text{s.m.}$	0,74
	Cynk	$\mu\text{g/g}$	3458,6
	Chrom	$\mu\text{g/g}$	731,5
	Ołów	$\mu\text{g/g}$	371,5
	Miedź	$\mu\text{g/g}$	366,8
	Nikiel	$\mu\text{g/g}$	120,3
	Kadm	$\mu\text{g/g}$	19,7

Jak już podkreślano, przeróbka osadów na terenie oczyszczalni eliminuje zagrożenie sanitarne prawie całkowicie. Stosowanie osadów na polach w stanie ciekłym, a szczególnie ich magazynowanie w lagunach stwarza ponownie duże potencjalne zagrożenie sanitarne, szczególnie w regionach gęsto zaludnionych jak woj. warszawskie.

Wnioskiem więc z powyższych rozważań jest to, że na pola odprowadzać można jedynie osady odwodnione, najkorzystniej w stanie powietrznie-wysuszonym. Daje to możliwość łatwego składowania i elastycznego gospodarowania. Stwarza też dodatkową możliwość ich kompostowania lub modyfikowania składu, a przede wszystkim nie powiększa stopnia zagrożenia sanitarnego.

Gospodarowanie osadami odwodnionymi wymaga innego typu urządzeń i innej nieco organizacji pracy, ale właśnie ten system ma większe szanse akceptacji w naszych warunkach społeczno-gospodarczych.

System ten narzuca również określoną technologię przeróbki osadów przefermentowanych na terenie oczyszczalni, ale w tysiącach oczyszczalni na świecie stosuje się mechaniczne odwadnianie osadów, które jest traktowane jako naturalna konsekwencja oczyszczania ścieków i ochrony środowiska. Analizy ekonomiczne i poszukiwanie nowych rozwiązań koncentrują się na znalezieniu urządzeń i technologii, obniżających koszty odwadniania osadów, a nie na eliminacji tego niezbędnego zabiegu technologicznego.

W realizacji koncepcji istotna jest również wysokość dawki osadu stosowanej na pola. Różne są, jak podano, doświadczenia na ten temat. Głównym kryterium poziomu nawożenia są elementy śladowe, których obecność i wpływ na wielkość dawki została w sposób przekonujący udokumentowana w przeprowadzonych badaniach [5].

W systemach przyrodniczego wykorzystania osadów, sugerowanych przez prof. J. Siutę, można zapewne stosować jednorazowo dawkę rzędu 300 t/ha, ale zdaniem autorów dotyczyć to może wyłącznie działań rekultywacyjnych na terenach nie przeznaczonych do działalności rolniczej. Są to jednak wypadki sporadyczne, które mogą ewentualnie być realizowane równoległe do głównej działalności rolniczego wykorzystania osadów w Zakładzie Utylizacji.

Założenia organizacyjne

Rozważając założenia organizacyjne, związane z dalszym gospodarowaniem osadami ściekowymi oczyszczalni warszawskich uważa się, że i w tym przypadku najbardziej sensowną i wieloaspektowo uzasadnioną jest koncepcja Regionalnego Zakładu Utylizacji Osadów. Jak wynika z rozpoznania dotychczasowych zamierzeń i działań taki był właśnie kierunek postępowania m. in. Wojewódzkiego Biura Geodezji i Urzędu Rolnych, działającego z upoważnienia Urzędu m. st. Warszawy.

Woj. warszawskie charakteryzuje się dużym odsetkiem bardzo ubogich gleb, co stwarza bardzo korzystne warunki do założenia takiego gospodarstwa osadowego. Próbę organizacji podjęto na bazie PGR-Bródno, który mógłby w całości swojej działalności gospodarczej przejąć problematykę osadową i przekształcić się w zakład utylizacji.

W pierwszej fazie działania, Biuro Geodezji wyznaczyło już tereny o pow. 80—100 ha, które stanowiłyby początek określonego programu działania. Pozytywne efekty działania systemu rolniczej utylizacji stanowiłyby argument do dalszej rozbudowy gospodarstwa i dalszej jego intensyfikacji. W późniejszym okresie Zakład przejąłby osady z pozostałych oczyszczalni woj. warszawskiego, a także mógłby modyfikować swoją działalność poprzez produkcję kompos-

tów z różnorodnych organicznych substancji odpadowych. Bardziej szczegółowy program działania i rozwoju takiego Zakładu mógłby być opracowany po akceptacji i przyjęciu niniejszej koncepcji. Podkreśla się raz jeszcze, że zarówno względy technologiczne i ekonomiczne a przede wszystkim środowiskowe przemawiają zdecydowanie za taką koncepcją rozwiązania. Autorzy są świadomi różnorodnych problemów natury organizacyjno-prawnej (m. in. sprawy własnościowe) przekonani wszakże o słuszności takiego rozwiązania, sugerują politykę gruntową, prowadzącą do zorganizowania takiego zakładu — najbardziej słusznego rozwiązania w warunkach naszego kraju.

Koncepcje spalania osadów lub ich usuwania na wysypiska nie mają racjonalnego uzasadnienia. Biorąc pod uwagę roczną produkcję osadów w oczyszczalniach warszawskich jak i sugerowane kryterium ustalania dawki osadów oblicza się, że powierzchnia pól, na której mogłyby być realizowane rolnicze wykorzystanie osadów wynosiłaby w poszczególnych etapach realizacji oczyszczalni od ca 800 do 3600 ha (tabl. 4). Pierwszy etap eksploatacji będzie jednocześnie okresem doświadczeń i wypracowywania rzeczywistych parametrów technologicznych i organizacyjnych.

Tabela 4

POWIERZCHNIA PÓL ROLNICZEGO WYKORZYSTANIA OSADÓW

Etap realizacji	Roczna produkcja osadów w tys. t/ha	Wielkość powierzchni w ha
Oczyszczalnia prawobrzeżna		
I etap eksploatacji od 1985 — 2000 r.	23,7	790
II etap eksploatacji po 2000 r.	36,5	1220
Oczyszczalnia lewobrzeżna		
Etap eksploatacji po 2000 r.	73,0	2430

LITERATURA

1. **Biuro Planowania Rozwoju Warszawy.** Koncepcja Generalna oczyszczania i gospodarki odpadami w miastach i granicach WSW do 1990 r. Warszawa, 1976.
2. **Biuro Projektów Budownictwa Komunalnego „Stolica”.** Założenia techniczno-ekonomiczne oczyszczalni ścieków Prawobrzeżnej Warszawy — część technologiczna III. Warszawa, 1974.
3. **Biuro Projektów Budownictwa Komunalnego „Stolica”.** Założenia techniczno-ekonomiczne oczyszczalni ścieków Lewobrzeżnej Warszawy — część technologiczna. Warszawa, 1980.
4. J. CEBULA, T. JODKOWSKA: Studium możliwości utylizacji osadów ściekowych z oczyszczalni m. st. Warszawy. Inst. Melioracji i Użytków Zielonych, Oddział Wrocław. Wrocław, 1981 (praca nie publikowana).
5. J. CEBULA: Ustalenia kryterium przydatności osadów ściekowych w rolniczym ich wykorzystaniu. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Oddział we Wrocławiu. Wrocław, 1980 (praca nie publikowana).
6. **Memoriał w sprawie oczyszczalni ścieków warszawskich, ich rolniczego użytkowania i ochrony środowiska przyrodniczego.** Warszawa, 1979 (maszynopis — nie publikowany).
7. L. PAWŁOWSKA i inni: Badania ilościowe i jakościowe osadów ściekowych wraz z opracowaniem koncepcji gospodarki osadami w kraju. Etap I. Ocena aktualnej gospodarki osadami ściekowymi w kraju. Zakład Przyrodniczych Podstaw Kształtowania Środowiska IKS. Warszawa, 1979 (maszynopis).
8. J. RYLL: Koncepcja przyrodniczego zagospodarowania nieodwodnionych osadów ściekowych prawobrzeżnej Warszawy, BPBK „Stolica”. Warszawa, 1978 (maszynopis — nie publikowany).
9. J. SIUTA i inni: Sposoby i program rolniczej utylizacji osadu z oczyszczalni ścieków dla Prawobrzeżnej Warszawy (synteza). IKS Oddział w Warszawie. Warszawa, 1977.
10. J. SIUTA i inni: Badania ilościowe i jakościowe osadów ściekowych wraz z koncepcją gospodarki osadami w kraju. III etap — synteza. VII. 1976 — XI. 1980. Cz. I i II.
11. Z. STANKIEWICZ: Wpływ stosowania osadów ściekowych na chemiczne i biologiczne właściwości roślin. Inst. Medycyny Pracy i Higieny Wsi. Lublin, 1977 (maszynopis, nie publikowany).
12. R. TURSKI: Zmiany chemicznych właściwości gleb i roślin w warunkach stosowania osadów ściekowych i odpadów do rekultywacji i użytkowania gleb. Akademia Rolnicza w Lublinie. Lublin, 1977.
13. **Urząd m. st. Warszawy.** Perspektywiczny Plan Zagospodarowania Przestrzennego WGW. Warszawa, 1977.
14. G. WASIAK, L. PAWŁOWSKA: Koncepcja zagospodarowania odpadów komunalnych w WSW. Instytut Kształtowania Środowiska, Oddział w Warszawie. Warszawa, 1977.
15. **Working Group:** Disposal on sewage sludge to land. Public health implications of microbial hazards. ICP/RCE 401 (5). Stevenage. 1981.
16. **WPG i WR.** Lokalizacja terenów przyrodniczego zagospodarowania osadów ściekowych z oczyszczalni warszawskich. Warszawa, 1978 (materiały archiwalne — nie publikowane).