

Kinga PACHUTA

Katedra Przyrodniczych Podstaw Melioracji SGGW

Możliwości oczyszczania ścieków za pomocą hydrofitów

Wstęp

Lansowane obecnie oczyszczalnie ścieków wykorzystujące rośliny bazują na jednym, czasami dwu gatunkach. Z reguły są to monokultury trzciny, rzęsy lub wierzby. Inne makrofity wchodzi w skład zbiorowisk oczyszczających sporadycznie i w małych ilościach najczęściej jako przypadkowe komponenty samorzutnie przechodzące z sąsiednich, naturalnych siedlisk. Nie poświęca się im należytej uwagi ani w etapie planowania, budowy i zakładania oczyszczalni, ani też w czasie ich eksploatacji. Również rozproszenie, a najczęściej brak informacji naukowej na temat możliwości namnażania i stosowania innych gatunków przyczyniają się do ubóstwa taksonomicznego i niepełnego wykorzystania, a często niesprawnego funkcjonowania tego typu obiektów. Tymczasem intensywność i skuteczność ich działania zależy w dużej mierze od bogactwa gatunkowego oraz możliwie największego podobieństwa sztucznej fitocenozy "oczyszczającej" do naturalnych, bogatych w faunę i florę zbiorowisk roślin wodnych i szuwarowych. Poniżej przedstawione są niektóre właściwości ekologiczne oraz cechy morfologii, rozmnażania i wymagań siedliskowych wybranych hydromakrofitów pod względem ich przydatności w oczyszczalniach. Są to gatunki pospolite, powszechnie spotykane w Polsce.

Wykorzystanie roślin w oczyszczalniach ścieków

Badania nad przydatnością makrofitów w procesie oczyszczania wód zapoczątkowane ponad trzydzieści lat temu przez Seidel (1971) kontynuują w Polsce m.in. Oziemek (1991), Kalisz, Sałbut (1993), Kowalik, Obarska-Pempkowiak (1994) i Szymańska (1994). System oczyszczania ścieków metodą "trzcinową" Kickutha znany od ponad dwudziestu lat obecnie w Polsce stosuje m.in. spółka "Ekma" z Warszawy (1), "FinSkog" (2) oraz "BIWiOS – Gajda" (3) z Gdańska i licencjonowani przedstawiciele firm zagranicznych np. "Gąsiorowski" (1). System ten został szczegółowo zbadany i przedstawiony w licznych pracach a także przetestowany i wykorzystany na wielu obiektach (Obarska-Pempkowiak 1992; Geller 1994; Hofmann 1994). Choć w wymienionych artykułach znajdują się wzmianki o występowaniu w oczyszczalniach situ, pałki, a nawet turzyc, jednak brak jest wskazówek co do sposobu ich wprowadzania na nowe obiekty. Łatwo domyślić się, że źródłem materiału do nasadzeń mogłyby być najbliższe naturalne zbiorowiska hydromakrofitów. Jednak jest to dla nich ogromne zagrożenie, eksploatacja bowiem i trzebież oraz niszczenie jednych gatunków przy poszukiwaniu innych, rzadszych wiąże się zawsze z dewastacją i na większą niż badawcza skalę jest nie-

dopuszczalne. Zachodzi przeto pilna potrzeba przeprowadzenia badań i upowszechniania sposobów szybkiego i jak najmniej inwazyjnego pozyskania materiału roślinnego do zasiedlania nowych oczyszczalni w warunkach polskich.

W opracowaniu Kowalika (1993) o funkcjonowaniu zbiorowisk trzcinowych jako oczyszczalni ścieków znajduje się informacja, że w miejscu największego ich stężenia lepiej niż trzcina rośnie pałka. Po kilku latach pałka, która ma płytki system korzeniowy (10–30 cm) obumiera, ustępując miejsca trzcinie. Mamy tu więc do czynienia z następstwem gatunków i zbiorowisk związanych z nasilającą się głęboką eutrofizacją siedliska. Interesujące byłoby znalezienie ekonomicznej i szybkiej metody rozmnażania i wprowadzania pałki na nowo zakładane obiekty. Ponadto w powyższej i innych pracach brak jest rozróżnienia ekologii i przydatności pałki szerokolistnej (*Typha latifolia*) i pałki wąskolistnej (*T. angustifolia*).

Ostatnio firma "FinSkog" proponuje jako alternatywę dla systemu drenażu rozsączającego, filtrów piaskowych i gruntowych rozwiązania hydrobotaniczne z trzciną, sitowiem, pałką i wierzwą. Podczas gdy proces rozmnażania i wprowadzania trzciny dawno został opisany i istnieją firmy, które specjalizują się w produkcji jej sadzonek, brak jest danych dotyczących sitowia (częstym błędem, nawet w fachowej literaturze jest określanie oczeretu mianem sitowia lub mylenie sitowia z sitem!). Tymczasem sitowie leśne (*Scirpus silvaticus*) daje się implantować bezpośrednio do ścieków bytowych po osadniku Imhoffa, a kępy zeszłoroczne przyjmują się nawet, jeśli je przesadza w czerwcu (Wojarska, Pachuta 1992).

Podobnie jak trzcina, powszechnie dostępna jest i łatwo rozmnaża się wegetatywnie wierzwa (Śimićek 1992). Obecnie plantacje wierzb m.in. "Atopol" (4) "Ekotest"

(5) dostarczają wyselekcjonowanego materiału roślinnego, gotowego do nasadzeń. Sposób wykorzystania wierzby wiciowej (*Salix viminalis*) oraz jej właściwości ekologiczne szczegółowo przedstawione są w Instrukcji uprawy wierzby wiciowej (1992), opracowanej w Ośrodku Doradztwa Rolniczego w Przysieku k. Torunia. Od 1992 r., również firma "FinSkog" z Gdańska prowadzi pod nadzorem duńskim dystrybucję sadzonek oraz projekty zastosowania *Salix viminalis* m.in. w oczyszczalniach ścieków. Wierzbowe plantacje energetyczne oczyszczające ścieki szeroko propaguje Perttu (1993), współtwórca szwedzkiego programu produkcji biomasy roślinnej jako odnawialnego źródła energii, od 1982 r., współpracujący z Politechniką Gdańską. W Polsce od dawna wierzwami zajmowali się m.in. Białkiewicz (1992) i Kowalik (1990). W badaniach Obarskiej-Pempkowiak (1992) nad wierzwą wiciową i trzciną pospolitą znajdują się uwagi o możliwości wykorzystania situ (*Juncus* sp.) oraz hiacynta wodnego (*Eichhornia crassipes*). O ile hiacynt wydaje się mniej interesujący, gdyż nie rośnie u nas naturalnie, interesujące byłoby badania sitów – chociażby spreycyzowanie, które z sześciu pospolicie występujących w Polsce są najbardziej odpowiednie.

Oczyszczalnie typu "Lemna" z wykorzystaniem rzęsy drobnej (*Lemna minor*) oferuje obecnie m.in. przedsiębiorstwo "Hydro" z Kielc (6), a prezentują Sikorski, Borys (1993). Przegląd możliwości zastosowania roślin pleustonowych (wśród nich rzęsy drobnej), elodeidów (*Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis*, *E. densa*, *Patamogeton pectinatus*, *Myriophyllum spicatum*) oraz helofitów (*Schoenoplectus lacustris*, *Glyceria maxima*, *Typha angustifolia*, *T. latifolia*, *Acorus calamus*) wraz ze składem chemicznym niektórych z nich i oceną stopnia oczyszczenia ścieków oraz tolerancją na zawartość azotu podaje Ozi-

mek (1991). Składem chemicznym wodnych roślin siedlisk eutroficznych oraz zmianami chemii środowisk zanieczyszczonych pod wpływem wegetacji zajmuje się Dykyjova (1992). W tej i innych cytowanych pracach brak jest jednak opisu metody hodowli i rozmnażania tych makrofitów, wskazówek dotyczących rodzaju, długości, średnicy, wieku fragmentów roślin, które należy implantować, a także określenia optymalnych warunków czasowych (kiedy rozmnażać) i przestrzennych (w jakich warunkach wystawy, odległości od siebie, relacji z innymi gatunkami), które zapewnią wzrost roślin. W przyszłości badania w tej dziedzinie powinny wykazać, jaka metoda rozmnażania jest najkorzystniejsza.

Istniejące oczyszczalnie: trzcinowe, typu "Lemna" lub z udziałem wierzby wicjowej są monokulturami. Pomijając oczywisty fakt, że tego typu oczyszczalnie mogą obsługiwać tylko małe obiekty lub grupy kilku gospodarstw, już niewielkie nawet przeciążenie wywołuje przejściową niewydolność, a większe – trwałe uszkodzenie i obumarcie okrywy roślinnej, z której to przyczyny powinny być projektowane "na wyrost". Ponadto, jak każda monokultura, tak i te wykorzystują siedlisko (tu: ścieki) jednostronnie. Osobniki w tym samym wieku, tego samego gatunku konkurując jednocześnie o te same składniki pokarmowe, światło i przestrzeń życiową mało skutecznie bronią się przed atakami szkodników i chorób. Problem ten często znajduje odzwierciedlenie w niewydolności systemu, a dodatkowo zwiększa go kolmatacja podłoża (Stros 1991; Saga, Dostal 1991; Husak 1992).

Biegunowo przeciwne były próby podjęte w początku lat 70. w USA, gdzie dokonano adaptacji systemu naturalnych lagun i stawów dla celów oczyszczania ścieków z 13 miast. Rolę składnika roślinnego pełniły tam początkowo bogate zbiorowiska hy-

dromakrofitów wraz z towarzyszącą im mikroflorą i fauną (Lappo 1976). Wykorzystanie rowów jako odbiorników wód zanieczyszczonych prezentują Kuczewski i Paluch (1993). Stwierdzili oni, że największą skuteczność oczyszczania osiągnęła rześa drobna (*Lemna minor*) i żabieniec babka wodna (*Alisma plantago-aquatica*), nieco mniejsze, choć znaczące wartości uzyskano dla pałki szerokolistnej (*Typha latifolia*), situ rozpierzchłego (*Juncus effusus*) i trzcinnika piaskowego (*Calamagrostis epigeios*); najmniejsze zaś dla trzciny pospolitej (*Phragmites australis*), której słoma jesienią zawierała najmniej składników mineralnych. Wykorzystanie istniejących stawów i zagłębień terenowych funkcjonujących w warunkach naturalnych jako oczyszczalnie trzcinowe i wiklinowe zespolone z oczyszczalniami opartymi na klasycznej technologii osadu czynnego przedstawia Krawiec (1992).

Rozwiązania takie wzbudzały zawsze wiele kontrowersji. Obecnie wiadomo, że oczyszczalnie roślinne nie zastąpią całkowicie oczyszczalni klasycznych. Powinny one znajdować zastosowanie dla małych obiektów (jak np. ośrodki wczasowe) lub w pojedynczych gospodarstwach (do 50–60 osób) oraz, przede wszystkim w procesie doczyszczania wód odpływowych z klasycznych oczyszczalni. Obszerny przegląd literatury (ponad 60 pozycji) na temat roli hydromakrofitów w oczyszczaniu wód zebrała Wojarska (1992), Wojarska i in. (1993).

W polskich wodach występuje ok. 150 gatunków roślin okrytonasiennych. Większość roślin strefy brzegowej i toni wodnej siedlisk eutroficznych można wykorzystać do celów małych oczyszczalni ścieków. Niewiele jednak jest danych dotyczących gatunków, które rosną na określonym rodzaju ścieku. Próbę przyporządkowania rośliny – dominanta zbiorowiska – do rodzaju ścieków wybranych spośród kilkun-

stu obiektów woj. warszawskiego (Pachuta, Nowak 1994) przedstawia tab. 1.

Tabela 1 uwzględnia jedynie przykładowe składy gatunkowe dla wybranych miejsc wylewania ścieków. Dane te zebrano na obiektach funkcjonujących od ponad 5 lat. Każdy z rodzajów ścieków preferowany jest przez jeden lub kilka gatunków dominujących oraz dużą grupę gatunków nie przedstawionych w tabeli, na ogół powtarzających się w większości obiektów. Stanowią one zespoły najlepiej dopasowane ekologicznie do siedlisk. Uzupełnienie tej wiedzy przez określenie możliwości namnażania wymienionych roślin przyczyniłoby się do ich upowszechnienia i zastosowania jako pożądaných komponentów w nowo zakładanych zbiorowiskach oczyszczających.

W tabeli 2 zestawione są dane dotyczące ekologii i właściwości biologicznych hydrofitów. Niektóre z nich wymienione są w różnych pozycjach literatury oraz w tabeli 1 jako gatunki przydatne w oczyszczaniu wód bądź ścieków. Zestawione informacje stanowią bazę wyjściową dla badań podjętych w celu uzyskania odpowiedzi na pytanie: **jak im plantować możliwie największą liczbę gatunków na nowo założone oczyszczalnie hydrobotaniczne przy ograniczeniu w przyszłości dzikięgo i rabunkowego pozyskania materiału roślinnego.** Jednocześnie unaocznia ono, jak wiele jeszcze właściwości tych roślin jest nieznaných i wymaga szczególnych badań.

Podsumowanie

Większość roślin strefy brzegowej i toni wodnej siedlisk eutroficznych można wykorzystać w małych oczyszczalniach ścieków. Niewiele jednak jest danych o gatunkach, które rosną na określonym rodzaju ścieku.

Intensywność oczyszczania wody zależy, oprócz możliwości eliminacji skład-

ników zawartych w ściekach przez poszczególne gatunki (dopasowania: ściek – typ ekologiczny rośliny), od m.in. możliwie największej liczby taksonów oraz od zagęszczenia roślin w fitocenozach szuwarowych i wodnych, a w związku z tym bogactwa rozwijającego się na nich peryfitonu.

W skład fitocenozy "oczyszczającej" powinny wchodzić: gatunki szuwarowe, gatunki o liściach pływających po powierzchni oraz gatunki zanurzone. Jednocześnie kolejność ich występowania, zagęszczenie i rozmieszczenie powinny być skorelowane z odległością od miejsca wpływu ścieków oraz stopniem i rodzajem zanieczyszczeń, a także typem podłoża i ekspozycją na światło oraz odpornością na zamarzanie.

Zakładanie nowych oczyszczalni ścieków typu hydrobotanicznego wymaga szybkiego i taniego (gdyż ten rodzaj oczyszczalni jest niskonakładowy) implantowania określonych gatunków roślin.

Do osiągnięcia tych celów konieczna jest znajomość ekologii hydromakrofitów. Niestety zbiór informacji naukowych o właściwościach ekologicznych tych roślin jest rozproszony i bardzo fragmentaryczny.

Konieczne jest rozpoznanie możliwości namnażania oraz sztucznego wprowadzania różnych roślin, a także odnawiania gatunkowej struktury biocenoz wodnych po pracach konserwacyjno-renowacyjnych lub usuwaniu warstwy osadów (namułów) z dna i skarp zbiorników oczyszczalni, a także w renaturyzowanych akwenach i ciekach.

Oczyszczalnie roślinne powinny znajdować zastosowanie m.in. w procesie doczyszczania wód, odpływających z oczyszczalni klasycznych. W ten sposób unika się wprowadzania do nich zbyt dużej ilości zawiesin, które prowadzą do kolmatacji podłoża.

TABELA 1. Gatunki roślin dominujące w zbiorowiskach występujących w różnych rodzajach ścieków – przykłady obiektów woj. warszawskiego (utlenialność w mg/dcm³O₂)

Rodzaje ścieków (miejscowość)	BZT ₅ (utlenialność)	Zawiesina (subst. rozp.)	Gatunki dominujące		
			toń wodna	strefa brzegowa	skarpa do 1 m od lustra wody
Gosp.-bytowe Miłosna	116 (150)	117 (813)	<i>Lemna minor</i>	<i>Bidens tripartitus</i>	<i>Sambucus nigra</i>
Gosp.-bytowe Halinów	70 (41)	57	<i>Glyceria fluitans</i>	<i>Phalaris arundinacea</i>	<i>Equisetum palustre</i>
Jednostka wojskowa Borzęcin	47 (24)	35 (316)	<i>Lemna minor</i> <i>Phalaris arundinacea</i>	<i>Juncus effusus</i> <i>Solanum dulcamara</i>	trawy gazonowe
Komunalne + ścieki z wozów asenizacyjnych Piaseczno	106, max 223	80, max 145	koryto betonowe	<i>Urtica dioica</i> <i>Rumex hydrolapathum</i> <i>Phalaris arundinacea</i> <i>Heracleum spondylium</i> <i>Bidens tripartitus</i>	<i>Urtica dioica</i> <i>Phalaris arundinacea</i> <i>Rumex hydrolapathum</i> <i>Sambucus nigra</i> <i>Geranium palustre</i>
Przemysłowe Polkolor – Piaseczno	nie- znany	nie- znany	koryto betonowe	<i>Phalaris arundinacea</i> <i>Urtica dioica</i>	<i>Phalaris arundinacea</i> <i>Urtica dioica</i>
Ze szpitala Dziekanów Leśny	76 (40)	83 (358)	<i>Lemna minor</i>	<i>Urtica dioica</i> <i>Solanum dulcamara</i>	<i>Alnus glutinosa</i> <i>Sambucus nigra</i>
Z produkcji antybiotyków Macierzysz	11 (17)	33,4	<i>Phalaris arundinacea</i> <i>Rumex aquaticus</i>	<i>Salix cinerea</i> <i>Populus nigra</i> <i>Sambucus nigra</i>	<i>Sambucus nigra</i>
Z chlewni Kazuń	260 (56)	118 (706)	<i>Glyceria aquatica</i> <i>Bidens tripartitus</i> <i>Ceratophyllum demersum</i> <i>Nuphar luteum</i> <i>Lemna minor</i>	<i>Glyceria aquatica</i> <i>Bidens tripartitus</i> <i>Urtica dioica</i> <i>Iris pseudoacorus</i> <i>Sium latifolium</i> <i>Solanum dulcamara</i> <i>Phragmites australis</i> <i>Acorus calamus</i> <i>Butomus umbellatus</i>	<i>Urtica dioica</i> <i>Salix alba</i> <i>Phragmites australis</i> <i>Iris pseudoacorus</i>
Z browaru Jabłonowo	1400 (147)	117 (1606)	<i>Lemna minor</i> <i>Alisma plantago-aquatica</i>	<i>Bidens tripartitus</i> <i>Lycopus europaeus</i> <i>Juncus effusus</i> <i>Cicuta virosa</i>	trawy gazonowe
Gospodarczo- bytowe Jabłonowo	nie- znany	nie- znany	<i>Lemna minor</i> <i>Callitriche autumnalis</i> <i>Glyceria fluitans</i> <i>Alisma plantago-aquatica</i>	<i>Glyceria fluitans</i> <i>Juncus conglomeratus</i> <i>Juncus effusus</i> <i>Oenanthe aquatica</i>	<i>Urtica dioica</i> <i>Ranunculus repens</i>

TABELA 2. Ekologia i niektóre właściwości biologiczne hydrofitów w aspekcie wykorzystania w oczyszczalniach ścieków (? – brak danych; nasilenie właściwości: +++ duże, ++ średnie, + małe)

Gatunek nazwa polska nazwa łacińska	Wysokość roślin, optymalna głębokość [cm]	Umocowanie w podłożu	Kwitnienie		
			typ kwiatostanu		
			okres	kwiat	barwa
1	2	3	4		
<i>Bidens tripartitus</i> uczep trójlistkowy	15–90 ?	korzenie sięgające do 40 cm głęb.	VI–VIII	koszyczek	ciemno- żółta
<i>Eupatorium cannabinum</i> sadziec konopiasty	70–170 ?	system korzeniowy	VII–IX	gęste balda- chogrono	brudno- różowa
<i>Epilobium palustre</i> wierzbowica błotna	50–70 ?	krótkie nitkowate kłącze, podziemne rozłogi	VII–VIII	kwiaty promieniste	liliowo- -biała
<i>Lythrum salicaria</i> krwawnica pospolita	60–150 0–50	grube proste kłącze	VII–VIII	szczytowy okazały kłos	fioletowa, różowa
<i>Calla palustris</i> czermień błotna	15–30 0–15	dł. kłaczy do 1 m, korzeń do 60 cm	V–VIII	kolba dł. ok. 2 cm	biało- -czerwona
<i>Menyanthes trifoliata</i> bobrek trójlistkowy	10–30 0–30	rozgałęzione walcowate kłącze	V–VII	grono	biała
<i>Caltha palustris</i> kaczyniec błotny	20–30 0–15	silne, wielowierz- chołkowe kłącze	III–V	pojedyncze	żółta
<i>Lysimachia nummularia</i> tojeść rozesłana	5–10 0–15	zakorzenia się w węzłach	VI–IX	pojedyncze, pięcio- płatkowe	żółta
<i>Scirpus silvaticus</i> sitowie leśne	30–100 0–5	rozłogi	V–VII	rozrzutka	brązowa
<i>Typha angustifolia</i> pałka wąskolistna	120–250 0–30	grube, płożące się kłącze	VI–VIII	kolba	brunatna
<i>Juncus effusus</i> sit rozpiezchły	30–120 0–15	zbita kępa prze- rośnięta kłaczami	VI–VIII	rozrzutka	brunatna
<i>Iris pseudacorus</i> kosaciec żółty	60–90 0–20	grube, rozgałęzione kłącze	V–VII	okazałe, pojedyncze	żółta
<i>Acorus calamus</i> tatarak zwyczajny	50–100 0–15	członowane, żółte, rozgałęzione kłącze	V–VII	kolba	oliwkowa
<i>Sparganium ramosum</i> jeżogłówka gałęzista	30–120 30–60	rozłogi sięgające do 15 cm głęboko	VI–VIII	główka	zielona
<i>Glyceria aquatica</i> manna wodna	50–200 0–80	płożące kłącze, długie rozłogi	VI–VII	wiecha	jasno- brązowa
<i>Alisma plantago-aquatica</i> żabieniec babka wodna	20–100 10–30	bulwiaste, pionowe kłącze	VI–IX	piętrowy, 3–6 okółków	biało- -różowa

Rozmnażanie		Występowanie			Zastosowanie – strefa				Ładunek zanieczyszczenia			Tolerancja na wysychanie
wegetatywne	generatywne	pojedyncze	skupienia	łany	skarpa	brzeg	woda płytka	toń wodna	mały	średni	duży	
5		6			7				8			9
?	+++	+	+		+	+			+	+	+	+++
?	+++		+		+	+			+	+	?	+++
+++	+	+	+		+	+			+	?		+++
+ ?	+++	+	+		+	+	+	+	+	+	?	++ ?
++	+	+	+	+		+	+		+	?		+ ?
++	+		+	+		+	+		+	?		?
++ ?	+	+				+	+		+	?		?
++	+++	+	+		+	+	+		+	+	+	?
+++	+	+	+		+	+	+		+	+	+	?
+++	+		+	+		+	+		+	+	+	?
+++	+	pojedyncze kępy			+	+	+		+	+	+	?
+++	+	+	+			+	+		+	+	?	+
+++	-		+	+		+	+		+	+	+	?
+++	+	+	+			+	+	+	+	+	?	+
+++	+++		+	+		+	+		+	+	+	+
+++	+++	+				+	+		+	+	?	?

cd. tabeli 2

Gatunek nazwa polska nazwa łacińska	Wysokość roślin, optymalna głębokość [cm]	Umocowanie w podłożu	Kwitnienie		
			typ kwiatostanu		
			okres	kwiat	barwa
1	2	3	4		
<i>Schoenoplectus lacustris</i> oczeret jeziorny	100–300 0–?	czołgające się kłącze	VI–VII	kłos	brunatna
<i>Butomus umbellatus</i> łączeń baldaszkowy	60–150 5–30	kłącze grub. 2 cm od dołu zakorzenione	VI–VIII	baldach pozorny	różowawa
<i>Sparganium simplex</i> jeżogłówka pojedyncza	20–80 0–30	rozłogi	VI–VIII	główka	zielona
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i> zabiściek pływający	4–7 0–50	1 cm kłącze gęsto ulistnione, długie rozłogi	V–VIII	kwiaty na szypułkach	biała
<i>Nuphar-luteum</i> grązel żółty	20–200 0–250	długie, grube do 5 cm żółte kłącze	V–IX	pojedyncze okazałe	żółta
<i>Sagittaria sagittifolia</i> strzałka wodna	50–100 15–30	krótkie kłącze, rozłogi z bulwkami	VI–VII	3 okółkowy	biała
<i>Veronica beccabunga</i> przetacznik bobowniczek	15–50 0–30	płożące się kłącze	V–VIII	luźne kłoso- kształtne	lazurowo- błękitna
<i>Potamogeton pectinatus</i> rdestnica grzebieniasta	15–300 0–300	kłącze rozgałęzione, cienkie (3 mm)	VI–VIII	niepozorne	brunatna
<i>Elodea canadensis</i> moczarka kanadyjska	10–300 10–300	cienkie, delikatne korzenie	nie kwitnie w Polsce		niebieska
<i>Myriophyllum verticillatum</i> wywłócznik okółkowy	10–250 0–300	u form lądowych proste kłącze	VI–IX	promieniste	biało- żółta
<i>Ceratophyllum demersum</i> rogatek sztywny	10–300 10–300	przekształ. białawe pędy "ryziody"	VII–IX	podwodne niepozorne pojedyncze	zielon- kawa
<i>Hottonia palustris</i> okrężnica bagienna	10–60 0–150	kłącze	V–VII	grono z 3–6 okółkami	biała lub różowawa
<i>Stratiotes aloides</i> osoka aloesowata	10–15 20–120	kłącze krótkie, bulwiaste, korzenie sznurowate	V–VIII	kwiatostan na tęgim głębiku	biała
<i>Utricularia vulgaris</i> pływacz zwyczajny	5–100 5–200	przekształcone pędy – chwytники	VI–VIII	pojedyncze okazałe	żółta

Rozmnażanie		Występowanie			Zastosowanie – strefa				Ładunek zanieczyszczenia			Tolerancja na wysychanie
wegetatywne	generatywne	pojedyncze	skupienia	łany	skarpa	brzeg	woda płytka	toń wodna	mały	średni	duży	
5		6			7				8			9
++	+		+	+		+	+	+	+	+	+	+
+++	+	+	+			+	+		+	+	?	+
++	+		+	+		+	+	+	+	+	?	+
+++	+++		+	+		+	+	+	+	?		+
+++	+++		+	+			+	+	+	+	?	+
+++	+	+	+	+		+	+	+	+	+	?	+
+++	+	+	+			+	+		+	+	?	?
+++	+		+	+			+	+	+	+	+	+
+++	-		+	+			+	+	+	+	+	+
+++	+++		+	+			+	+	+	+	+	+
+++	+++		+	+			+	+	+	+	+	+
+++	+		+	+		+	+	+	+	?		+
+++	+++		+	+			+	+	+	?		+
+++	+++		+	+			+	+	+	+	?	+

Literatura

- BIAŁKIEWICZ F. 1992: *Oczyszczanie i wykorzystanie ścieków w glebie pod plantacjami drzew*. Mat. konf. "Gospodarowanie wodą w krajobrazie rolniczym jako element zrównoważonego rozwoju" SGGW, Warszawa.
- DVKYJOVA D. 1992: *Odber minerálnich živin v pobrežných rakosinách*. Účelové kultivace vodních a mokradních rostlin. Trebon, Botanický ústav ČSAV, Ekologie rostlin. 58–66.
- GELLER G. 1994: *Roślinne oczyszczalnie ścieków typu "filtry gruntowo-roślinne" do oczyszczania wód*. Seminarium robocze z zakresu ekologii inżynierskiej Cedzyna/Górnio VI. 1994 "Oczyszczanie ścieków na filtrach gruntowo-roślinnych. Możliwości uzdatniania ścieków deszczówki i osadów ściekowych w terenie wiejskim" Fundacja wspomagająca zaopatrzenie wsi w wodę – Water Supply Foundation, Centre of applied ecology, Schattweid CH-6114 Steinhuserberg; 2–28.
- HOFMANN K. 1994: *Zachowanie wzrostowe trzciny w ekstremalnych warunkach środowiskowych*. Internationalen Arbeitsangung Universität Konstanz 5 IV 1992 "Seeuferzerstörung und Seeuferrenaturierung".
- HUSAK Š. 1992: *Druhy rostlin vhodné pro vegetační čistírny*. Účelové kultivace vodních a mokradních rostlin. Trebon, Botanický ústav ČSAV, Ekologie rostlin; 75–79.
- KALISZ L., J. SAŁBUT 1993: *Wykorzystanie makrofitów do oczyszczania ścieków*. Ochr. Środ. i Zasobów Natur. 5 Inst. Ochr. Środowiska, Warszawa; 37–47.
- KOWALIK P. 1990: *Techniczne możliwości wykorzystania wierzb dla potrzeb energetycznych*. W: Białkiewicz S: *Nasze drzewa leśne*. PWN, Poznań; 365–367.
- KOWALIK P. 1993: *Zasady oczyszczania ścieków na podtopionych złożach trzcinowych*. Zesz. Probl. PZITS Tech. Sanit. Wsi 672; 82–96.
- KOWALIK P., OBARSKA-PEMPKOWIAK H. 1994: *Zasady pracy małych hydrobotanicznych oczyszczalni ścieków*. Mat. Inf. IMUZ Falenty 28; 62 ss.
- KRAWIEC J. 1992: *Oczyszczalnie biologiczne*. Aura 12; 15–16.
- KUCZEWSKI K., J. PALUCH 1993: *Rowy jako odbiorniki wód zanieczyszczonych*. Zesz. Probl. PZITS 672, Technika Sanitarna Wsi; 104–115.
- LAPPO L. 1976: *Living filter periks up regional system*. Water and Wastes Engineering XIII, 6; 18–44.
- OBARSKA-PEMPKOWIAK H. 1992: *Oczyszczanie ścieków metodą hydrobotaniczną z wykorzystaniem filtrów gruntowych i stawów ściekowych*. Zesz. Nauk. P. Gd. Budownictwo Wodne 38; 95 ss.
- OZIMEK T. 1991: *Makrofity jako filtry biologiczne w procesie oczyszczania ścieków*. Wiad. Ekol. 37, 4; 271–281.
- PACHUTA K. 1994: *Rejestracja flory naczyniowej i warunków siedliskowych wylewisk ścieków województwa warszawskiego* (nie publ., Sprawozdanie – Grant KBN 5S 308030 07).
- PERTTU K. L. 1994: *Filtry roślinne – połączenie produkcji energii oraz detoksykacji ścieków*. Aura 2/93.
- SAGA P., T. DOSTAL 1991: *Evropske smernice pro navrhovani a provoz korenových čistiren*. W: mat. konfer. "Use of Constructed Wetlands in Water Pollution Control", Univ. Cambridge, UK; 25 ss.
- SEIDEL K. 1971: *Macrophytes as functional elements in the environment of men*. Hydrobiologia. 12; 121–130.
- SIKORSKI M., K. BORYS 1993: *Efektywność działania i wpływ na środowisko oczyszczalni ścieków typu "Lemna"*. Mel. Rol. Biul. Informacyjny 3/4; 26–32.
- SZYMAŃSKA H. 1994: *Poprawa funkcjonowania małych zbiorników retencyjnych za pomocą makrofitów*. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu 246; 175–178.
- SIMIČEK V. 1992: *Vrby pri upravach vodních toku a ekologické obnove krajiny*. Vyd. Min. Zemelstvi CR, Praha 142 ss.
- STROS P. 1991: *Prirode blízke způsoby čistění odpadních vod*. Praha "Renatur"; 52 ss.
- WOJARSKA I. 1992: *Przegląd krajowych i zagranicznych rozwiązań zastosowania roślin w procesie technologii oczyszczania ścieków*. W: Sikorski M., I. Wojarska, K. Pachuta – *Doskonalenie technologii i metod oczyszczania ścieków wiejskich z wykorzystaniem roślinności – sprawozd. z tematu badań*. VI.4/SW/4 IMUZ. Falenty: 1–37.
- WOJARSKA I., K. PACHUTA 1992: *Określenie roślinności występującej na stawie ściekowym, stawach hodowlanych i w otoczeniu silosów oraz wytypowanie gatunków najbardziej przydatnych do badań nad wykorzystaniem roślinności w procesie oczyszczania ścieków*. W: *Opracowanie technologii i metod oczyszczania ścieków z wykorzystaniem roślinności – sprawozdanie z realizacji prac badawczych*. IMUZ, Falenty; 1–4.
- WOJARSKA I., M. SIKORSKI, A. ZDANOWICZ, K. PACHUTA 1993: *Badanie możliwości i sposobów wykorzystania hydrofitów w miejskich oczyszczalniach ścieków typu hydroponicznego*. Sprawozd. z tematu badawczego S-11/4.6./SW IMUZ, Falenty; 1–9.

Firmy specjalizujące się w roślinnych oczyszczalniach ścieków:

- (1) "EKMA" – projektowanie ekologiczne. Gąsiorowski i sp., 04-154 Warszawa, ul. Kawcza 50a, tel/fax 610 22 37, 610 36 68.
- (2) "FinSkog Ltd" – Zakł. Gosp. Wodno-Ściekowej Grupy Rynkowej, 80-286 Gdańsk, Jaśkowa Dolina 59, tel/fax 0-58 47 67 71, 21 98 73.
- (3) "Biuro Inżynierii Wodnej i Ochrony Środowiska M.I. Gajda" – 80-858 Gdańsk, ul. Wałowa 19, tel/fax 0-58 31 33 05, tlx 51 23 93.

- (4) "Atopol Ltd" – 70-502 Szczecin, Wały Chrobrego 4, p. 238, tel/fax 39654, tel. 303711
- (5) "Ekotest" – Przedsiębiorstwo Innowacyjne, 70-192 Toruń, ul. Gen. Hallera 23, tel. (856) 22 371, 20 586, tlx 555 150, fax (856) 26 636.
- (6) "Hydro" – Przedsiębiorstwo Projektowo-Usługowo-Produkcyjno-Handlowe, 25-318 Kielce, ul. A. Czerwonej 106, tel/fax 0-11 285 50, 41 011 w. 262.

Summary

Possibilities of wastewater purification using hydrophytes. Plant purification stations base on following plant species: common reed, lemna and

willow. If other species are present then self – acting imigration from natural community took place. The share of such plants is minimal then. When the share of other plants is bigger those plant species consist the remnant of rich natural plant communities, destroyed by severage flood. There are no indications for plant material gethering and its introduction to purification stations areas.

Author's address:

K. Pachuta
Warsaw Agricultural University – SGGW
02-787 Warszawa
ul. Nowoursynowska 166
Poland