

## WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE I EKOLOGICZNE PAŁKI SZEROKOLISTNEJ *TYPHA LATIFOLIA* W ASPEKCIE KSZTAŁTOWANIA I OCHRONY ZBIORNIKÓW WODNYCH

## THE CHOSEN ECOLOGICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF *TYPHA LATIFOLIA* AND THE FORMATION AND PROTECTION OF WATER BODIES

Weronika Kowalik, Ryszard Mazurczuk, Piotr Dąbrowski  
Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

**Streszczenie.** W artykule zaprezentowano rolę zbiorowisk szuwarowych *Typhetum latifoliae* w ochronie i kształtowaniu zbiorników wodnych. Są to najczęściej spotykane w Polsce i na świecie formacje szuwarowe. Szczególny nacisk położono na ich zdolność do umacniania i stabilizacji brzegów zbiorników wodnych. Przedstawiono wyniki badań własnych nad właściwościami mechanicznymi pałki szerokolistnej. Ustalono wytrzymałość na rozciąganie poszczególnych elementów rośliny – kłączy, nasady pędów nadziemnych i pędów podziemnych. Porównano je z wynikami badań dotyczącymi niektórych gatunków drzew, krzewów i roślin zielnych, podanymi przez innych Autorów. Jak można wnioskować, pałka jest istotnym elementem stabilizującym i chroniącym podłoże przed erozją wodną, tworzącym system zabezpieczeń bardziej trwały i środowiskotwórczy niż umocnienie sztuczne.

**Abstract.** The role of plant communities *Typhetum latifoliae* in the formation and protection of water bodies has been presented in this paper. They are the most common marshy plant communities in Poland and in the world. The ability to strengthen and stabilize the banks of water bodies has been emphasized. The results of own researches on mechanical properties of *Typha latifolia* have been presented. The tensile strength of individual parts of plants – rhizomas, base of shoots and shoots have been determined. These data have been compared to data relating to some species of trees, bushes and herbaceous plants, given

---

Adres do korespondencji – Corresponding authors: mgr inż. Weronika Kowalik, mgr inż. Piotr Dąbrowski, Katedra Kształtowania Środowiska, inż. Ryszard Mazurczuk, Katedra Inżynierii Budowlanej, SGGW w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa, e-mail: weronika85sier@interia.pl, rmazurczuk@gmail.com, piotr\_dabrowski@sggw.pl.

by other Authors. As can be inferred, *Typha latifolia* is important element, stabilizing and protecting the substrate from water erosion, creating a security system more durable and environment – creating than artificial strengthening.

**Słowa kluczowe:** zbiorowiska szuwarowe, właściwości mechaniczne, wytrzymałość na rozciąganie, kłącze

**Key words:** marshy plant communities, mechanical properties, tensile strength, rhizome

## WSTĘP

Zbiorowiska szuwarowe z pałą szerokolistną *Typhetum latifoliae* spotkać można prawie na całym świecie. W Polsce, obok trzcinowisk *Phragmitetum*, są najczęściej występującymi formacjami roślinnymi w strefie litoralnej zbiorników wodnych. Rosną w wypłyceńcach jezior, starorzeczach oraz sztucznych ekosystemach wodnych, takich jak stawy i rowy melioracyjne. Preferują wody eutroficzne. Rozwijają się na żyznym podłożu organicznym i organiczno-mineralnym. Są w stosunku do np. trzcinowisk bogatsze gatunkowo. Jako najczęściej spotykane gatunki towarzyszące występują: manna mielec *Glyceria maxima*, trzcina pospolita *Phragmites australis*, pałka wąskolistna *Typha angustifolia*, skrzyp bagienny *Equisetum fluviatile*, żabieniec babka wodna *Alisma plantago-aquatica*, żabiściek pływający *Hydrocharis morsus-ranae*, szczaw lancetowaty *Rumex hydrolapathum*, rzęsa drobna *Lemna minor* i rzęsa trójrowkowa *Lemna triscula* [Podbielkowski i Tomaszewicz 1996, Matuszkiewicz 2005]. Dzięki temu stanowią ekotonowy łącznik między łądem a głębszymi partiami zbiornika wodnego. To tu przebywają zwierzęta typowe dla siedlisk wodnych lub lądowych, a także charakterystyczne dla strefy szuwarów, m.in. objęte ochroną ścisłą oraz wymagające ochrony czynnej (na terenie Polski) płazy, żółw błotny *Emys orbicularis*, bączek *Ixobrychus minutus*, ślepowron *Nycticorax nycticorax*, derkacz *Crex crex*, kropiatka *Porzana porzana*, rybitwy *Sternidae* czy błotniak stawowy *Circus aeruginosus* [Rozporządzenie... 2011]. Ich występowanie determinuje sposób gospodarowania, możliwości oraz ograniczenia kształtowania i ochrony zbiorników wodnych.

Na uwagę zasługuje szczególnie odporność zbiorowisk pałki szerokolistnej *Typhetum latifoliae* na zanieczyszczenia antropogeniczne. Zbiorowiska te są w stanie efektywnie oczyszczać za pomocą kłączy nawet ścieki bytowo-gospodarcze, które potencjalnie mogłyby dostać się do zbiornika wodnego [Kowalik i Obarska-Pempkowiak 1994, Obarska-Pempkowiak i in. 2010]. Badania przeprowadzone przez Daniszewskiego [2009] na doświadczalnej oczyszczalni hydrofitowej wykazały, że różnice pomiędzy wielkościami redukcji wskaźników chemicznych dla zbiorowisk pałki szerokolistnej *Typhetum latifoliae* oraz trzciny pospolitej *Phragmitetum australis* wyniosły nie więcej niż 3,3%. Skuteczność obu gatunków w zmniejszaniu ogólnej liczby bakterii jest taka sama, a w procesie redukcji ogólnej liczby grzybów pałka szerokolistna ma 12% przewagi (tab. 1). Dzięki powyższym właściwościom jej zbiorowiska pełnią funkcję naturalnego filtra biologicznego i bariery ekologicznej.

Ponadto obecność zbiorowisk pałki szerokolistnej *Typhetum latifoliae* może wskazywać na właściwości chemiczne strefy litoralnej zbiorników wodnych [Kłosowski i Tomaszewicz 1984, Kłosowski i Jabłońska 2009].

Tabela 1. Stopień redukcji wskaźników chemicznych i mikrobiologicznych w oczyszczalniach hydrofitowych [Daniszewski 2009]

Table 1. Degree of reduction of chemical and microbiological indicators in constructed wetlands [Daniszewski 2009]

Gatunek Species	Redukcja – Reduction, %					
	Wskaźniki chemiczne Chemical indicators				Wskaźniki mikrobiologiczne Microbiological indicators	
	N	P	BZT 5	ChZT	Ogólna liczba bakterii Total number of bacteria	Ogólna liczba grzybów Total number of fungi
Trzcina pospolita <i>Phragmites australis</i>	92,7	92,4	96,7	89,1	67,4	22,1
Pałka szerokolistna <i>Typha latifolia</i>	89,4	90,4	95,9	87,2	67,1	34,0

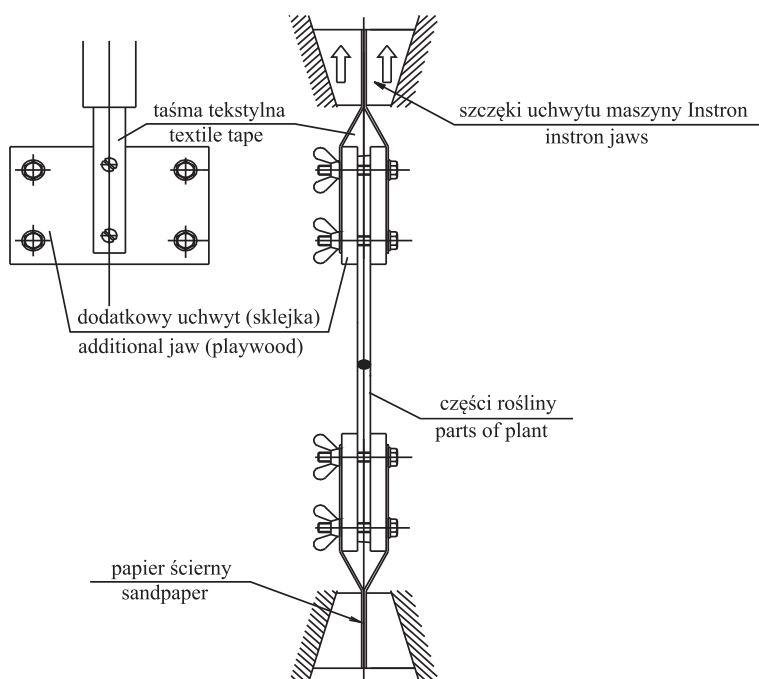
Zbiorowiska *Typhetum latifoliae* zajmują duże powierzchnie, charakteryzują się silnym rozwojem pędów nadziemnych i podziemnych oraz dużym ich zagęszczeniem [Kłosowski i Kłosowski 2007]. Pałkowiska są pożądanym, tanim i łatwo dostępnym materiałem roślinnym dla wielu zastosowań inżyniersko-budowlanych.

W artykule szczególnie nacisk położono na cechy wytrzymałościowe pałki szerokolistnej, które umożliwiają wykorzystanie zbiorowisk *Typhetum latifoliae* do ochrony dna i brzegów zbiorników wodnych przed erozją.

## METODYKA

W badaniach określono wytrzymałość na rozciąganie pędów nadziemnych, nasady pędów nadziemnych i kłaczy pałki szerokolistnej *Typha latifolia*. Okazy pałki pobrano ze zbiorników w Otwocku koło Warszawy, z wieloletniego i w pełni rozwiniętego zbiorowiska *Typhetum latifoliae*. Rośliny w całości wydobywano z podłoża ręcznie. Na miejscu dokonywano selekcji, odrzucono okazy z uszkodzeniami mechanicznymi, deformacjami i zmianami chorobowymi. Wybranych 45 egzemplarzy o możliwie zbliżonej powierzchni przekroju poprzecznego pędów nadziemnych i podziemnych kłaczy przewieziono do laboratoriów Centrum Wodnego Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. W celu zabezpieczenia przed utratą wody materiał transportowano w grubych workach plastikowych. Badania wytrzymałościowe w większości przypadków przeprowadzono tego samego dnia. Gdy było to niemożliwe, próbki zamknięte w workach, umieszczano w akwenach Parku Centrum Wodnego. Czas przechowywania nie przekraczał trzech dni.

Wytrzymałość poszczególnych części rośliny na rozciąganie określono za pomocą uniwersalnej maszyny wytrzymałościowej Instron 5966 [Instron 2009a], o zakresie pomiarowym wartości sił do 10 kN. Przebieg badania rejestrowano, wykorzystując program Bluehill 2. Sposób mocowania pędu nadziemnego oraz kłaczy w szczękach



Rys. 1a. Schemat urządzenia do pomiaru wytrzymałości na rozciąganie pędu nadziemnego i kłączy  
 Fig. 1a. Fixing scheme of shoots and rhizomes in chuck devices for measuring the tensile strength



Rys. 1b. Pomiar wytrzymałości na rozciąganie nasady pędu nadziemnego  
 Fig. 1b. Measurement of tensile strength for base of shoot

maszyny przedstawiono na rys. 1a. Na potrzeby statycznych prób rozciągania nasady pędu nadziemnego zmodyfikowano uchwyt dolny (rys. 1b).

Dla pędu nadziemnego pałki szerokolistnej wykonano 7 ważnych, statycznych prób rozciągania. Dla nasady pędu nadziemnego było to 12 udanych prób. Dla pędu podziemnego (kłączy) za ważne uznano 10 prób.

Wyniki opracowano statystycznie za pomocą programu komputerowego STATISTICA. W celu dokładnego określenia istotności różnic między wartościami średnimi zastosowano analizę wariancji ANOVA, test RIR Tuckey'a przy poziome ufności 0,05. Są one istotne dla  $p < 0,05$ . Dla wartości średnich podano również odchylenie standardowe w formie słupków błędów.

## WYNIKI

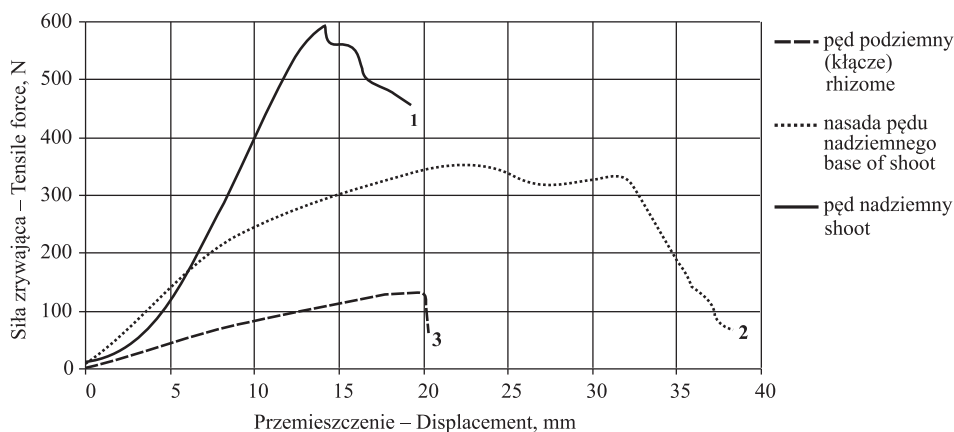
Na rys. 2 przedstawiono trzy krzywe obrazujące przebieg procesu rozciągania poszczególnych części pałki szerokolistnej *Typha latifolia*

Analizując przebieg krzywej 1 dla pędu nadziemnego, można zauważyć, że siły zrywające rosną liniowo wraz z przemieszczeniem. Po osiągnięciu wartości maksymalnej następuje łagodny i nieregularny spadek aż do momentu ustabilizowania się na prawie jednakowym poziomie. We wszystkich próbach zerwania nastąpiły w środku lub w odległości minimum 3,0 cm od którejkolwiek ze szczęk urządzenia, często w kilku miejscach jednocześnie. Ponadto w czasie trwania prób powtarzał się ten sam schemat zdarzeń – zerwanie następowało stopniowo i warstwami. Najpierw zniszczeniu ulegały liście zewnętrzne, dopiero potem głębiej położone.

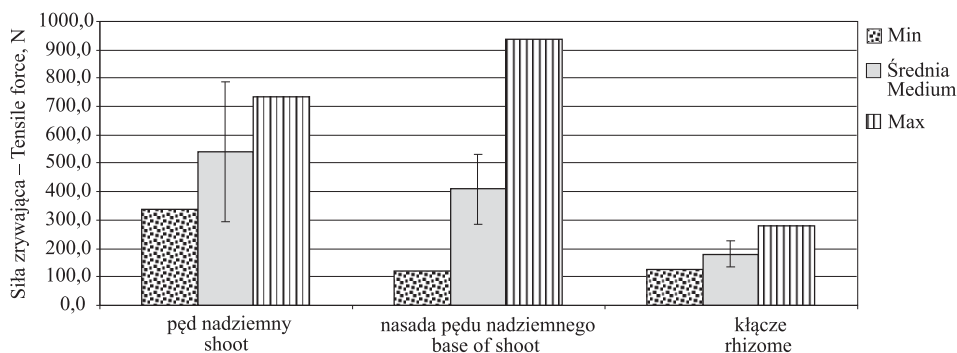
Na krzywej 2 dla nasady pędu nadziemnego nie ma wyraźnie zaznaczonych punktów zerwania. Siły zrywające rosną wraz z przemieszczeniem. Zanim nastąpi ich ostateczny spadek, na wykresie pojawiają się wzniesienia, zagłębienia oraz inne nieregularności. Proces zrywania włókien zaczynał się w miejscach niewidocznych dla badającego, dopiero potem stopniowo się ujawniał.

Inny wygląd ma krzywa 3 dla kłącza. Siły zrywające rosną wraz z przemieszczeniem. Po osiągnięciu wartości maksymalnej następuje gwałtowny ich spadek. Ponadto na niektórych odcinkach wykresu przed osiągnięciem wartości maksymalnej sił występują liczne nieregularności. Świadczy to o tym, że proces zrywania rozpoczynał się w miejscach niewidocznych dla badającego jeszcze przed osiągnięciem wartości maksymalnej sił rozciągających. Wtedy też pojawiały się na niej drobne pęknięcia, często w kilku miejscach jednocześnie. W próbce ulegała zerwaniu najpierw zewnętrzna warstwa, dopiero potem wewnętrzna – ma to związek z budową kłącza, gdzie zewnętrzna warstwa cechuje się strukturą gąbczastą, a wewnętrzna włóknistą.

Największą wartość średnich sił zrywających wykazuje pęd nadziemny – 540,0 N. W dalszej kolejności znajduje się nasada pędu nadziemnego z średnią siłą zrywającą 408,3 N, a na końcu kłącze – 180,9 N. Istotne różnice stwierdzono tylko między kłaczem a pędem nadziemnym ( $p = 0,000835$ ) oraz kłaczem a nasadą pędu nadziemnego ( $p = 0,013106$ ). Podobnie dzieje się w przypadku sił zrywających minimalnych, gdzie wartości są najwyższe dla pędu nadziemnego – 338,0 N, a dla nasady pędu nadziemnego i kłącza niemal identyczne – odpowiednio 121,3 N i 123,9 N. Inaczej przedstawia się



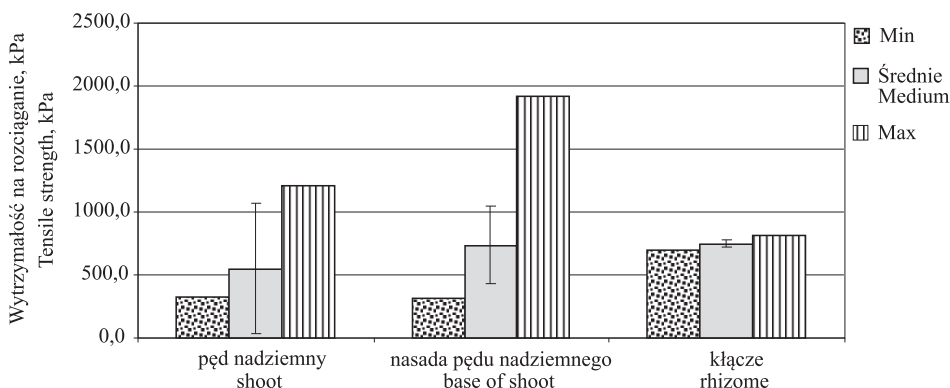
Rys. 2. Charakterystyka rozciągania poszczególnych części pałki szerokolistnej *Typha latifolia*  
 Fig. 2. Tensile characteristic of different parts of *Typha latifolia*



Rys. 3. Minimalna, średnia i maksymalna siła zrywająca oraz odchylenie standardowe dla poszczególnych części pałki szerokolistnej *Typha latifolia*  
 Fig. 3. Min, medium and max tensile force and standard deviation for different parts of *Typha latifolia*

sytuacja z maksymalnymi siłami zrywającymi – tu wartości są najwyższe dla nasady pędu nadziemnego (931,6 N), a najniższe dla kłącza (282,3 N).

W przypadku pędu nadziemnego wytrzymałość na rozciąganie wynosi od 326 do 1203,9 kPa (przy polu przekroju poprzecznego 600–1500 mm<sup>2</sup>). Dla nasady pędu nadziemnego wartości te wahają się od 316,5 do 1918,2 kPa (przy polu przekroju poprzecznego 363–904 mm<sup>2</sup>), a dla pędów podziemnych (kłącza) od 701,5 do 815 kPa (przy polu przekroju poprzecznego 176,0–230,0 mm<sup>2</sup>). Podczas analizy statystycznej nie stwierdzono jakichkolwiek różnic pomiędzy poszczególnymi częściami pałki szerokolistnej ( $p$  w przedziale 0,531223–0,997169). Minimalna i średnia wytrzymałość na rozciąganie są najniższe dla pędu nadziemnego, a najwyższe dla kłącza – występuje tu więc sytuacja odwrotna niż w przypadku sił zrywających.



Rys. 4. Minimalna, średnia i maksymalna wytrzymałość na rozciąganie oraz odchylenie standardowe dla poszczególnych części pałki szerokolistnej *Typha latifolia*.

Fig. 4. Min, medium and max tensile strength and standard deviation for different parts of *Typha latifolia*.

## DYSKUSJA

Wyniki badań wskazują, że najsilniejszym elementem pałki szerokolistnej *Typha latifolia* są kłącza, których średnia wytrzymałość na rozciąganie to 749 kPa. Porównywalna jest średnia wytrzymałość na rozciąganie nasady pędu nadziemnego wynosząca 737 kPa. Najslabszy jest pęd nadziemny, którego średnia wytrzymałość na rozciąganie wyniosła 551,4 kPa.

Wartość średnią uzyskaną dla pędu podziemnego (kłącza) pałki szerokolistnej porównano z danymi dotyczącymi korzeni drzew, krzewów i roślin zielnych podanymi przez różnych autorów. Abdi i in. [2009] ustalili, że dla grabu pospolitego *Carpinus betulus* średnia wytrzymałość na rozciąganie to 31510 kPa. Według Rokity [1970] średnia wytrzymałość na rozciąganie korzeni buka zwyczajnego *Fagus silvatica* wyniosła 22148 kPa. Schiechtl [1973] stwierdził, że perz *Elymus* osiąga wartość średnią 16150 kPa. Korzenie buka są 25 razy, grabu 42 razy, a perzu 21 razy wytrzymalsze niż kłącze pałki szerokolistnej.

Korzenie drzew i krzewów, w porównaniu z kłączami pałki szerokolistnej, mają dużą wytrzymałość na rozciąganie. Nie oznacza to jednak, że nadają się one do umacniania brzegów zbiorników wodnych oraz ich kształtowania. Zarówno grab pospolity, jak i buk zwyczajny są gatunkami bardzo wymagającymi, źle znoszą gleby silnie podmokłe, bagienne. Korzenie buka zwyczajnego, unikając wrastania poniżej zwierciadła wody gruntowej, kierują się w stronę przeciwną do brzegu zbiornika wodnego [Rokita 1970]. Z kolei zatopione w wodzie korzenie niektórych roślin po pewnym czasie gniją, tracąc w ten sposób swoją wytrzymałość, a więc przestają pełnić funkcję wzmacniającą brzegi zbiorników wodnych. W przestrzeniach po innych gatunkach łatwo wrastają i rozprzestrzeniają się np. korzenie traw, dodatkowo wzmacniając grunt. Ważne jest też to, że w okresie jesiennym opadająca do wody duża ilość liści może spowodować nadmierne



nagromadzenie się materiału organicznego i w efekcie przyspieszoną eutrofizację zbiornika wodnego. Dlatego też w licznych opracowaniach zaleca się sadzenie wielu gatunków drzew i krzewów w pewnej odległości od linii brzegowej.

Kłącza pałki tworzą tymczasem gęstą sieć, sięgając nawet kilku metrów w głąb gruntu. Są one doskonale przystosowane do stabilizacji podłoża w warunkach stałego zatopienia, niedotlenienia, eutrofii, lekkiego zasolenia, zanieczyszczenia środowiska i antropopresji [Podbielkowski i Tomaszewicz 1996, Kłosowski i Kłosowski 2007]. Mogą wzmocniać brzegi wód stojących i płynących oraz ich dno do głębokości 1,5 m. Rozległe szuwary pałkowe ustępują pod względem częstości występowania i wytrzymałości na antropopresję jedynie trzinie pospolitej. Szuwary pałkowe, jako elementy ożywione, przywracają zbiornikom wodnym naturalność, stanowią filtr biologiczny, a także zdolne są do samostnej regeneracji nawet w przypadku dużych uszkodzeń, powstałych np. na skutek gwałtownych zmian poziomu lustra wody. Tych zalet nie mają sztuczne umocnienia betonowe i żelbetowe.

## WNIOSKI

1. Badania wykazały, że wytrzymałość pędów roślin szuwarowych na rozciąganie jest ważną cechą w utrzymaniu kształtu linii brzegowej zbiorników wodnych.
2. Największą wartość średniej siły zrywającej stwierdzono u pędu nadziemnego. Największą wartość średniej wytrzymałości na rozciąganie ma natomiast kłącze. Może ono pełnić funkcję wzmacniającą grunt brzegów zbiorników wodnych nawet wtedy, gdy brakuje części nadziemnych rośliny.
3. Pałka szerokolistna może być stosowana do umocnienia brzegów zbiorników wodnych w warunkach niesprzyjających innym roślinom (z powodu zbyt wysokiej trofii, zanieczyszczeń oraz wahań stanów wody).

## LITERATURA

- Abdil E., Majnounian B., Rahimi H., Zobeiri M., 2009. Distribution and tensile strength of Hornbeam (*Carpinus betulus*) roots growing on slopes of Caspian Forests, Iran. *J. Forestry Res.* 20(2), 105–110.
- Daniszewski P., 2009. Oczyszczalnie roślinno-wodne. *Inżynier Budow.*, 67, 81–82.
- Kłosowski S., Jabłońska E., 2009. Aquatic and swamp plant communities as indicators of habitat properties of astatic water bodies in north-eastern Poland. *Limnologica* 39, 115–127.
- Kłosowski G., Kłosowski S., 2007. Rośliny wodne i bagienne. Multico Warszawa.
- Kłosowski S., Tomaszewicz H., 1984. *Typhetum angustifoliae* and *Typhetum latifoliae* as indicators of various habitats. *Pol. Archiw. Hydrobiol.* 31, 245.
- Kowalik P., Obarska-Pempkowiak H., 1994. Zasady pracy małych hydrobotanicznych oczyszczalni ścieków. *Mat. Inform. IMUZ* 28.
- Matuszkiewicz W., 2005. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Wyd. Nauk. PWN Warszawa.
- Obarska-Pempkowiak H., Gajewska M., Wojciechowska E., 2010. Hydrofitowe oczyszczanie wód i ścieków. Wyd. Nauk. PWN Warszawa.
- Podbielkowski Z., Tomaszewicz H., 1996. Zarys hydrobotaniki. Wyd. Nauk. PWN Warszawa.



- Rokita Z., 1970. Systemy korzeniowe niektórych drzew i krzewów i ich przydatność do obudowy biologicznej potoków górskich. *Ochr. Przyr.* 35: 100 – 155.
- Schiechtl H.M., 1973. *Sicherungsarbeiten im Landschaftsbau*. G.D.W. Callwey Munich.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 12 października 2011 r. w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt – Załącznik 1. *Dz.U.* z 2011 r. Nr 237, poz. 1419.
- Instron, 2009a. 5960 Series Dual Column Frames System Support. Illinois Tools Works Inc.
- Instron, 2009b. Bluehill 2 Test Method Development Training Training Manual.

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 21.03.2013*