INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 7/2008, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 213–221
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Henryk Orzeszyna, Krzysztof Lejcuś, Daniel Gawlikowski, Andrzej Pawłowski

KONSTRUKCJE I LOKALIZACJE BUDOWLI OGRANICZAJĄ-CYCH WYNOSZENIE RUMOWISKA Z MAŁYCH ZLEWNI

CONSTRUCTION AND LOCALIZATION OF INSTALLATIONS REDUCING THE SEDIMENTARY THE AMOUNT OF SEDIMENTS WASHED OUT FROM SMALL WATERSHEDS

Streszczenie

W artykule przedstawiono zespół czynników warunkujących erozję wodną stoków i zboczy, standardowe przeciwerozyjne działania ochronne. Analiza ochronnych działań przeciwerozyjnych podejmowanych w Ameryce Północnej skłoniła autorów do zaprezentowania sposobu przechwytywania erodowanego materiału w dogodnych miejscach na stoku. Przedstawiono sposoby ograniczania erozji w małych zlewniach oparte na budowie barier, przegród stałych i tymczasowych, basenów i małych zbiorników. Omówiono konstrukcyjne rozwiązania przegród tymczasowych, basenów o przepuszczalnych przegrodach, stawów i zbiorników sedymentacyjnych z przelewami wieżowymi i awaryjnymi.

Słowa kluczowe: erozja wodna, stawy osadowe, zabezpieczenia przeciwerozyjne

Summary

Factors determining water erosion of slopes and standard anti erosion methods were presented. The analyze of erosion control methods applied in North America induced authors to present methods of soil intercepting in favorable sites on the slope. Methods of erosion limiting in a small watershed based on temporary and permanent barriers, sedimentation basins, ponds and small reservoirs were described. Construction of temporary barriers, basins with permeable divisions, ponds and reservoirs with tower and emergency outlet were presented.

Key words: *water erosion, sedimentary ponds, erosion control methods*

WSTĘP

Potrzeba ochrony gleb wynika ze świadomości dysproporcji czasowej potrzebnej na ich wytworzenie (tysiąclecia – średnio 500 lat dla wytworzenia 2,5 cm warstwy gleby), a jednorazowymi stratami powodowanymi różnymi formami erozji oraz kosztami jej ewentualnego odtwarzania. Gleby, stanowiąc podstawę życia rośli, zwierząt i ludzi, wg inicjatorów Międzynarodowej Konwencji Glebowej z 1998 r. [Międzynarodowa konferencja… 1999] powinny być chronione jako główny element przyrody. Ochrona gleb wpisuje się także w program zrównoważonego rozwoju, to jest całokształt działań restrukturyzacyjnych mających na celu ochronę przyrody i środowiska człowieka. Należy podkreślić, że pokrywa glebowa oprócz pełnienia wielu funkcji biologicznych ma zdolność retencjonowania wód opadowych i w pewnym stopniu kształtuje wielkość potencjału przeciwpowodziowego zlewni.

Obok degradacji gleb, wynikającej z ich użytkowania, głównym czynnikiem niszczącym jest erozja wodna. Ulewny lub rozlewny deszcz, a także gwałtowne topnienie śniegów na stokach i zboczach o spadkach powyżej 2° uruchamiają spływ powierzchniowy [Klimaszewski 1981]. Efektem spływu, zależnie od nachylenia stoku, rodzaju podłoża i stanu pokrywy roślinnej zbocza, są różne formy erozyjnych żłobień i zmywów. Skoncentrowany spływ szybko dokonuje zniszczeń w postaci głębokich rozcięć, a nieumocnione drogi polne, rowy śródpolne o dużych spadkach, wykopy komunikacyjne przecinające zbocza są często elementami inicjującymi i potęgującymi erozję. Cząstki gleby, a czasem całe jej warstwy zmyte ze zbocza tylko w niewielkiej części osadzane są u jego podnóża, reszta zawieszona w wodzie, unoszona jest do cieków wyższego rzędu.

Davies [www.davies.pl] zwraca uwagę, że już w VI w. p.n.e. prawodawca Solon próbował wprowadzić w Grecji zakaz uprawiania ziemi na stokach, a jego następca Pizystrat dotował ich obsadzanie drzewami oliwnymi. W II połowie XX w. mimo dobrego rozpoznania procesu erozji i wykonania wielu wielkoobszarowych prac zabezpieczających w Algierii, Chinach, Francji, Indonezji, Japonii, Kanadzie, Meksyku USA [www.erosioncontrol.com] nie uzyskano istotnego efektu działań przeciwerozyjnych.

Średnie roczne zmywy gleby z obszaru Polski ocenia się na 76 Mg/km^2, zmywy w Karpatach Fliszowych na 280 Mg/km^2, a na Nizinnie Środkowopolskiej na 2,7 Mg/km^2 [www.erozja.iung.pulawy.pl]. Na obszarze woj. dolnośląskiego degradacją, głównie erozyjną, zagrożonych jest ponad 356 tys. ha gleb. Nawet młodoglacjalne zbocza o spadkach powyżej 3% na obszarze północnej i środkowej Polski ulegają silnym zniszczeniom erozyjnym, gdzie pojedyncze rozmycia o powierzchni ponad 2 ha osiągają głębokość 1,4 m [Koćmit 1998]. Coroczny spływ z nieumocnionych skarp budowli ziemnych szacuje na około 360 Mg z 1 ha skarpy. Przedstawione niżej konstrukcje osadników i przegród mogłyby stanowić jeden z elementów ograniczających straty.

ZDOLNOŚCI RETENCYJNE WIERZCHNIEJ WARSTWY GLEBY STOKÓW I ZBOCZY

Górne partie stoków górskich pokrywają gleby inicjalne, będące wynikiem naturalnego wietrzenia podłoża skalistego. Te płytkie i niewykształcone gleby są systematycznie erodowane podczas każdego opadu. Zmywany materiał w dolnych partiach zboczy i u podnóży tworzy pokrycia o większej miąższości, które są erodowane w trakcie deszczy nawalnych. Trwałe porosty roślinności trawiastej i w mniejszym stopniu zalesienia, skutecznie chronią gleby przed erozją i przemieszczaniem ich cząstek w dół stoku tylko podczas opadów na poziomie średnim. Z porównania wielkości opadów nawalnych z możliwością ich wsiąkania w podłoże [Orzeszyna i Garlikowski; 2004] wynika, że spływ powierzchniowy może wystąpić już pierwszych minutach opadu nawalnego i w trakcie pierwszych godzin deszczu rozlewnego.

Na uprawianych zboczach zwykle zakłada się wykonywanie zabiegów agromelioracyjnych. Głębokie orki wykonane wpoprzek stoków, podorywki, kretowanie, torfowanie, nawożenie organiczne, wapnowanie mają na celu poprawę struktury gleby i zwiększenie jej pojemności wodnej. Powyższe zabiegi, wykonane nawet kompleksowo, nie zwiększają jednak pojemności wodnej gleb w sposób znaczący. Gdy deszcze nawalne i gwałtowne roztopy uruchomią spływ powierzchniowy, przeciwerozyjne zabiegi agromelioracyjne na uprawianych zboczach o nachyleniu powyżej 10° (ok. 18%) przestają wystarczająco spełniać swoją rolę.

PRZECIWEROZYJNE DZIAŁANIA OCHRONNE

Istniejące zniszczenia erozyjne, bez ingerencji człowieka stabilizującej ich stan, będą się w dalszym ciągu rozwijały i proces ten potrwa długo, a dewastacje erozyjne wywoływane kolejnymi spływami obejmować będą coraz większy obszar. Mając to na uwadze, od lat stosowane są zabezpieczenia ograniczające rozmiary zniszczeń.

Jednym z podstawowych, choć nie zawsze realnym sposobem działań przynoszących prawie natychmiastowy skutek, są zmiany strukturalne użytkowania gleb na stokach. Zaniechanie upraw wymagających spulchniania gleby na rzecz trwałych użytków zielonych lub zalesienia stoku we względnie krótkim czasie przyczynia się do stopniowej stabilizacji warstwy gleby.

Biologiczna i techniczna zabudowa przeciwerozyjna skłonów, zboczy i skarp powinna powodować:

- spowolnienie spływu powierzchniowego,
- umocnienie i ubezpieczenie powierzchni spływu,
- przechwycenie i bezpieczne odprowadzenie spływającej wody systemem drenażu powierzchniowego lub podziemnego.

Zabudowa biologiczna – przyspieszona forma zabudowy naturalnej, w praktyce sprowadza się do obsadzania rozcięć erozyjnych drzewami i krzewami oraz doprowadzenia do zadarnienia powierzchni narażonych na spływ powierzchniowy.

Rozbudowana powierzchniowo, kilkucentymetrowa warstwa systemu korzeniowego roślinności darniowej, tworzy elastyczny dywan odporny na uderzenia kropel deszczu i zabezpiecza cząstki gleby przed wymywaniem. Taka zwarta powierzchnia runi trawiastej na stoku bez uszczerbku może przyjąć oraz przetrwać opad i spływ wody o dużym natężeniu. Zabudowie biologicznej skłonów przez zalesienie przypisuje się pozyskanie znacznych zdolności retencyjnych. Należy tu jednak podkreślić, że obok doskonałej ochrony powierzchni stoku przed erozją spadających kropel deszczu, wielkość retencji jaką kilkudziesięcioletni drzewostan może wygenerować w postaci intercepcji łącznie z retencją ściółki i gleby, nie przekracza 20 mm [Orzeszyna, Garlikowski 2004]. Wielkość ta nie redukuje w znaczącym stopniu spływu powierzchniowego, jaki zostanie uruchomiony w wyniku deszczu nawalnego. W stosowanej dotychczas zabudowie technicznej, umacnia się osuwiska, progi erozji wstecznej, stabilizuje dna pogłębiane przez erozję. Różne formy kaszyc, murów kamiennych i gabionowych z porostem, kratownic stalowych, ażurowych płyt betonowych wzmacniają skarpy, wykorzystuje się materiały budowlane i rośliny, a ich skuteczność rośnie wraz z rozwojem roślinności [Begemann, Schiechtl 1999]. Ten sposób zabudowy wprowadza jednak wiele sztucznych elementów, co szczególnie w odniesieniu do elementów betonowych jest źle postrzegane w krajobrazie wąwozu. Wszystkim wyżej wymienionym typom zabudowy nie towarzyszą jednak z reguły konstrukcje pozwalające przechwycić i zatrzymać materiał unoszony przez wody spływające po stokach.

W celu ograniczenia procesów erozyjnych i efektywniejszej ochrony gleb, zabezpieczenia urządzeń melioracyjnych i cieków wodnych przed zamulaniem, poprawy gospodarki wodnej na danym terenie, należy podejmować próby budowy możliwie dużej ilości osadników przechwytujących materiał niesiony przez wodę. Istniejące muldy, debry, wąwozy, a także rowy stokowe i opaskowe zabezpieczające budowle komunikacyjne oraz rowy przydrożne, których zadaniem jest szybkie odprowadzenie wód, powinny je odprowadzać do zbiorników sedymentacyjnych lub je przez nie przeprowadzać. W podobnej sytuacji, ale na nieporównywalnie większych obszarach, w USA i Kanadzie z dobrym skutkiem stosuje się od ponad 40 lat przeciwerozyjne zabezpieczenia i zbiorniki sedymentacyjne, w których woda piętrzona jest przez geotechniczne konstrukcje wspomagane szeroką gamą geosyntetyków i geokompozytów [www.ectc.org; www.erosioncontrol.com; www.ieca.org].

ZBIORNIKI SEDYMENTACYJNE

W poprzek stoków, na muldach, debrach oraz na wykształtowanych już ściekach i wąwozach, można instalować różne formy zbiorników sedymentacyjnych celem przechwycenia zawiesin unoszonych w dół stoku. Zbiorniki te mogą być o charakterze tymczasowym lub stałym. Misy, baseny, stawy i zbiorniki, zależnie od wielkości obszaru z jakiego przechwytują wody opadowe, różnią się konstrukcją przegrody, przelewu i osadnika. Zamulające się misy i baseny powinny być zakładane w wybranych miejscach na stoku. Czasza zbiornika może być zaprojektowana jako miejsce sedymentowania zawiesin lub przetrzymywać część wody na stałe. Gromadzona woda może być wykorzystywana do hodowli ryb, ptactwa wodnego oraz do innych celów gospodarczych, a nawet rekreacyjnych. Tak organizowana ochrona przeciwerozyjna stoków, zwiększająca zdolności retencyjne zlewni, wpisuje się w program małej retencji i ochrony przeciwpowodziowej [Program małej… 2000].

Materiał gruntowy zmyty w trakcie kolejnych opadów może posłużyć do zalądowania zbiornika. Osady można także każdorazowo usunąć i deponować tak, by nie podlegały kolejnej erozji, lub przetransportować je do źródeł erozji w celu odbudowy ubytków. W przypadku dużej zawartości części organicznych wydobyty osad można wykorzystać jako żyzne podłoże w nowych założeniach parkowych lub po przetworzeniu dystrybuować w postaci ziemi ogrodowej.

ROZWIĄZANIA KONSTRUKCYJNE PRZEGRÓD

Jako pierwszy krok w spowalnianiu spływu i osadzaniu unosin na stokach o pochyleniu większym od 5% proponuje się stosować proste w konstrukcji tymczasowe przegrody o wysokości 0,1 ÷ 0,4 m. Mogą one być wykonane z geowłókniny lub geotkaniny rozpiętej na palisadzie. Pas geowłókniny usytuowany w poprzek spadku stoku, po zagięciu końcówek w górę stoku, stworzy podłużną misę. Zależnie od spadku stoku i wysokości przegrody misy takie mogą czasowo przetrzymać od 0,1 do 1,6 m^3 wody na 1 mb przegrody. Przegroda taka, przerywając ciągłość strumienia, zmniejsza prędkość spływającej wody, zatrzymuje grube i część drobnych cząstek spłukiwanej gleby. Na stokach dobrze zadawnionych wystarczającą ich ochronę będą stanowiły niskie przegrody wykonane z geotkaniny, których zadaniem będzie obniżenie zdolności erozyjnych spływającego strumienia poprzez jego spowolnienie. Ochronę stoków uprawianych lub ze słabo rozrastającą się darnią zapewnią wykonane z geowłóknin przegrody przepuszczalne, odsączające wodę i osadzające erodowaną glebę (rys. 1).

Dla zabezpieczenia stabilności dłuższych przegród brzegi geowłókniny można wzmocnić liną lub taśmą PP. Oba końce liny zawieszonej na palisadzie należy zakotwić, zaś drugą linę umieszczoną na dnie wykopu zakotwić prętami

stalowymi na całej długości. W przypadku silnie rozmakającego podłoża stabilizację konstrukcji zapewnią odciągi zamontowane na wybranych kołkach palisady, kotwione na przedpolu przegrody.

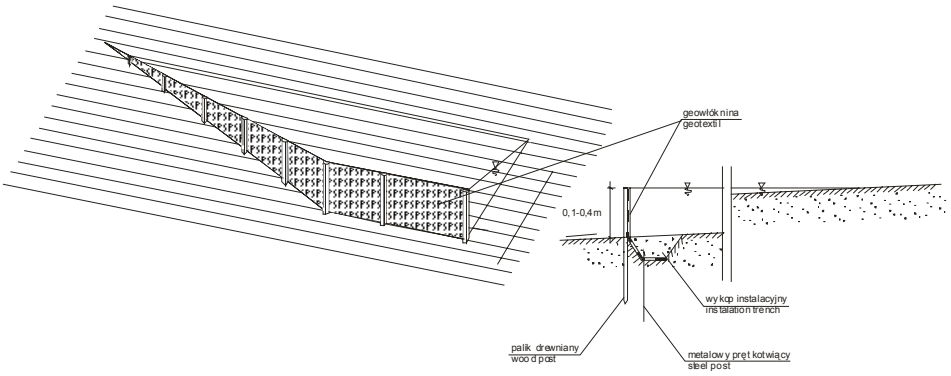
Przegrody wyższe od 0,3 m, zakładane z niewielkim ukosem do stoku, dla sprawniejszego odprowadzenia wód gromadzonych przed przegrodą, można zakończyć odcinkiem przelewowym w postaci nasypu żwirowego lub stosu kamiennego. Wewnątrz przelewu o rozbieralnej warstwie zewnętrznej należy umieścić geowłókninę zatrzymującą unosiny, którą po zakolmatowaniu będzie można wymienić. Przegrodę większej misy pracującej docelowo, dla przechwycenia wody z obszaru mniejszego od 0,5 ha, można wykonać w postaci wału kamienno-żwirowego lub niskiego muru gabionowego.

W celu sprawdzenie skuteczności działania przegrody w konkretnym miejscu można wykonać tymczasową przegrodę. Może to być wał z worków wypełnionych piaskiem lub żwirem, rząd beli słomianych, wał kamienny z ekranem filtrującyjnym z geowłókniny. Worki należy układać w pryzmy. Bele słomiane ułożone w płytkim wkopie powinny zostać oparte o palisadę i umocnione jej elementami.

Dla spowolnienia skoncentrowanego spływu i ochrony podłoża muld, debr i ścieków przed erozją, w poprzek ich biegu, stosuje się porowate przegrody w postaci kotwionych beli sprasowanej słomy, kiszek trzcinowych lub faszynowych, walców jutowych lub kokosowych wypełnionych kamieniem. Przegrody te powodują tworzenie podłużnej misy i krótkotrwałe podpiętrzenie zmniejszające spadek ścieku. Wydłużenie okresu piętrzenia przez przegrodę wydatnie przyczyni się do zwiększenia ilości sedymentujących cząstek zawieszonych w wodzie, co można osiągnąć poprzez zainstalowanie w przegrodzie geowółkniny jako elementu filtrującego.

W dogodnych układach topograficznych należałoby powodować, by wody spływające z powierzchni do 1,0 ha przepływały przez baseny, a w przypadku spływu z większych powierzchni przez stawy i zbiorniki z przelewami wieżowymi o perforowanych ścianach.

Przegrodę basenu powinien stanowić niski, metrowej wysokości wał kamienno-żwirowy lub wał ziemny z kamienno-żwirową sekcją przelewową, separowaną od podłoża geowłókniną. Materiał przeznaczony na nasyp grobli powinien zostać pozbawiony korzeni, resztek roślinnych, humusu, dużych kamieni i zagęszczony warstwami o miąższości 0,20 m. Skarpy uformowanego nasypu powinny mieć nachylenie 1: 2 lub mniejsze, co umożliwi mechaniczne koszenie porastających go traw. Lekko obniżoną komienno-żwirową sekcją przelewową, dla zatrzymania zawieszonych w wodzie cząstek gruntowych, należy przykryć gruntowym filtrem odwrotnym lub zainstalować geowłókninę z możliwością jej wymiany. Część odpowietrzna sekcji powinna być uformowana tak, by umożliwić bezpieczne, powierzchniowe przelewanie się wody. Obszar bezpośrednio poniżej przelewu powinien być ubezpieczony narzutem kamiennym na geowłókninie, a w przypadku dużego przepływu należy przewidzieć spowalniające go kamienne wały poprzeczne (rys. 2).



Rysunek 1. Tymczasowa przegroda z geowłókniny tworząca misę sedymentacyjną na stoku
Figure 1. Temporary barrier made of geotextile forming a sedimentary pond on a slope

Pracujące pojedynczo lub w kaskadzie stawy zbierające wody z powierzchni 2–5 ha i zbiorniki na materiał wleczony i sedymentowany z wód spływających z obszarów większych niż 5 ha powinny być zamykane nasypem ziemnym z szerokim, powierzchniowym przelewem awaryjnym i bystrzem umocnionym narzutem kamiennym – (rys. 4). Zależnie od wielkości spodziewanego przepływu należy zapewnić odpływ wód ze zbiornika przez jeden lub kilka przelewów wieżowych. Niskie przelewy wieżowe do 1,5 m, o perforowanych ścianach, można wykonać z prefabrykowanych elementów betonowych lub tworzyw sztucznych gdzie osłonę perforacji zapewni geowłóknina. Przelewy wieżowe wyższe od 1,5 m powinny być masywnymi konstrukcjami żelbetowymi na odpowiednim fundamencie. Dla zapewnienia odpowiedniego odpływu wokół wieży należy uformować stożek z gruboziarnistego materiału (rys. 3). Zewnętrzna powierzchnia stożka powinna zostać zabezpieczona warstwą gruntowego filtru odwrotnego lub geowłókniną dociążoną przepuszczalnym gruntem.

Zbiorniki oraz stawy o większej pojemności, których awaria mogłaby spowodować znaczne zniszczenia, powinny być projektowane na podstawie geotechnicznego rozpoznania podłoża i materiału ziemnego przyszłej przegrody.

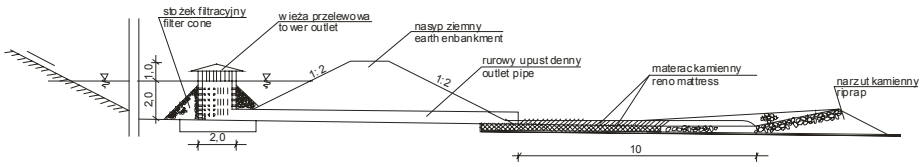
Geowłókniny są alternatywą dla filtrów odwrotnych – tańszą, łatwiejszą w konserwacji i efektywniejszą. Ze względów estetycznych, a także dla zabezpieczenia przed promieniowaniem UV, geosyntetyki muszą zostać przykryte żwirem, piaskiem lub obłożone narzutem kamiennym. Zakolmatowanie geowłókniny, potwierdzone obserwacją zmniejszonej intensywności przecieków przez przegrodę, powinno być sygnałem do jej wymiany.

Czasze stawów i zbiorników można wyposażyć w dodatkowe przegrody poprzeczne wykonane z geotkanin, przez co uzyska się wydłużenie drogi do-

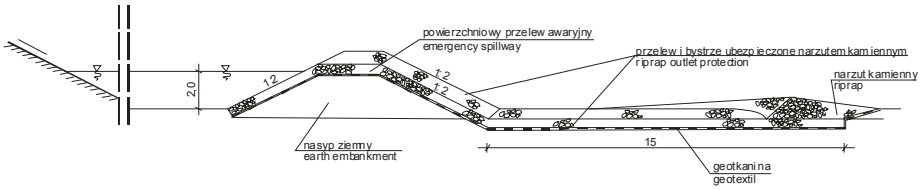
pływu do przelewu i czasu sedymentacji. Tam, gdzie przewiduje się systematyczne usuwane osadów, w celu ułatwienia odspajania oraz dla ochrony dna czaszy i skarpy odwodnej przegrody, powierzchnie te można pokryć 10–20 cm warstwą piasku. Gromadzona na piasku warstwa osadów dobrze się odsącza i łatwo zdejmuje, a odsłoniętą powierzchnię piasku można wyrównać.

Na powierzchni czaszy, w jej podłożu, w celu zwiększenia ilości odprowadzanej ze stawu lub zbiornika wody, można założyć system drenażowy odprowadzający wody do studni przelewu.

W celu uzyskania trwałego porostu trawiastego muld i debr, można ich powierzchnie pokryć biowłókniną. W przypadku powtarzających się rozmyć należy je wzmocnić i ubezpieczyć geomatą lub geokratą wypełnioną grubym żwirem.



Rysunek 3. Konstrukcja przegrody i przelewu wieżowego zbiornika sedymentacyjnego
Figure 3. Construction of barrier and of tower outlet of sedimentary reservoir



Rysunek 4. Przelew awaryjny zbiornika sedymentacyjnego
Figure 4. Emergency outlet of sedimentary reservoir

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

1. Skutki erozji wodnej, której efektem jest niszczenie i ubożenie gleb, stanowią poważny problem natury przyrodniczej i ekonomicznej.
2. Stosowane dotychczas w Polsce zabezpieczenia przeciwerozyjne okazują się często niewystarczające dla wyraźnego zmniejszenia skali erozji wodnej i ograniczenia wynoszenia substancji gleb przez spływ powierzchniowy.
3. Przeciwerozyjne zabezpieczenia stoków należy wspomagać różnymi formami zbiorników sedymentacyjnych, które od ponad 40 lat stosowane są z powodzeniem w USA i Kanadzie.

4. Wody spływające z niewielkich powierzchni mogą być spowalniane przez proste przegrody tymczasowe, demontowane i odbudowywane po każdym większym opadzie. W przypadku spływu wód z powierzchni większych od 0,5 ha do jego spowolniania i sedymentacji zawiesin stosować baseny o przepuszczalnych przegrodach oraz stawy i zbiorniki z przelewami wieżowymi.

BIBLIOGRAFIA

Begemann W., Schiechtl H. M. *Inżynieria ekologiczna w budownictwie wodnym i ziemnym*. Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1999.

Davies N. *Teksty-Europa-Kapsułki*. Ekologia. www.davies.pl (04.2007).

Erosion Control Handbook for Local Road. Minnesota Department of Transportation. 2003.

Handbook for Sedimentation and Erosion Control. Ohio Department of Transportation. 2000.

Klimaszewski M. *Geomorfologia*. PWN, Warszawa 1981.

Koćmit A. *Erozja wodna w obszarach młodoglacjalnych Pomorza i możliwości jej ograniczania*. Bibl. Fragm. Agron., 4B, 83–99, 1998.

Koreleski K. *Wybrane zagadnienia przeciwerozyjnej ochrony gleb w świetle wymogów zrównoważonego rozwoju*. Acta Agrophysica, 2005, 5(1), s. 49–55.

Międzynarodowa konwencja o ochronie gleb. Projekt pod redakcją R. Dębickiego i J. Glińskiego. Lublin 1999.

Orzeszyna H., Garlikowski D. *Realny udział retencji obszarów leśnych w ograniczaniu wezbrań powodziowych*. "Mała retencja jako element poprawy zasobów wodnych". Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej Nr 502. Inżynieria Środowiska XIII. Wrocław 2004, s. 353–367.

Program małej retencji wodnej w województwie dolnośląskim. Sejmik Województwa Dolnośląskiego. 2000.

www.ectc.org (04.2007).

www.erosioncontrol.com (04.2007).

www.erozja.iung.pulawy.pl (04.2007).

www.ieca.org (04.2007).

Ziemnicki S. *Melioracje przeciwerozyjne*. PWRiL, Warszawa 1967.

Henryk Orzeszyna
Instytut Inżynierii Środowiska
Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu
Pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław
tel: 71 3205 577
e-mail: henryk.orzeszyna@up.wroc.pl