

ANNA ASANI\*

## NOWOCZESNE ROZWIĄZANIA W OCHRONIE PRZECIWPOWODZIOWEJ

### *Streszczenie*

*Realizacja ochrony przeciwpowodziowej w Polsce, jak i wielu krajach europejskich oparta jest głównie o wały przeciwpowodziowe. Stan techniczny tych prostych budowli ziemnych ma więc ogromne znaczenie i bezpośrednio stanowi o skutecznej ochronie przed powodzią. Artykuł opisuje materiały i technologie stosowane do umocnień wałów. Scharakteryzowano w nim również nowatorskie, przenośne konstrukcje ochronne będące alternatywą dla stałych budowli hydrotechnicznych.*

Słowa kluczowe: ochrona przeciwpowodziowa, materiały i technologie uszczelnienia wałów, mobilne systemy ochrony przeciwpowodziowej

### WSTĘP

Ochrona przeciwpowodziowa to jedno z ważniejszych działań zrównoważonej gospodarki wodami w zlewni. W wielu krajach, co pewien czas, występują mniejsze lub większe powodzie. Powodują one duże szkody i wymagają olbrzymich wydatków na ich likwidację.

W Polsce, choć jest krajem ubogim w wodę, także występują okresowe powodzie. Przykładem rozwiązań zabezpieczeń przeciwpowodziowych są wały przeciwpowodziowe. Jak uczy doświadczenie, nie zawsze były one w stanie sprostać założeniom inżynierów i oprzeć się naporom wody. Kolejne powodzie wymusiły więc szukanie nowatorskich rozwiązań, polegających na wykorzystaniu nowych materiałów poprawiających skuteczność ochrony przeciwpowodziowej, ale również na innych, bardziej nowoczesnych technologiach.

---

\* Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Środowiska

## MATERIAŁY I TECHNOLOGIE USZCZELNIENIA WAŁÓW

Wały przeciwpowodziowe to proste budowle ziemne pracujące tylko podczas powodzi, przez co dopiero w czasie tych nagłych wezbrań możemy tak naprawdę zweryfikować ich faktyczny stan techniczny.

Nowoczesne wały przeciwpowodziowe to już nie tylko uformowany w kształcie trapezu nasyp ziemny. Aktualnie projektowane i modernizowane wały w swojej konstrukcji zawierają różnego rodzaju wzmocnienia, oparte zarówno o naturalne, jak i syntetyczne materiały, np.: kamień, beton, mieszanki bitumiczne, stal, tworzywa sztuczne i geomembrany.

Jedną z pierwszych i najczęściej stosowanych (także dziś) metod zabezpieczających wały przed wzmogoną filtracją jest stosowanie tzw. biologicznej metody umocnienia obwałowań. Polega ona na pokrywaniu odwodnej skarpy nasypu warstwą gliny (o miąższości 1 m) i obsiewaniu korpusu wału odpowiednią mieszanką traw. Warto zaznaczyć, że metoda ta równie często stosowana jest jako uzupełnienie innych metod modernizacji wałów [Kołodziejczyk 2002]. W przypadku długiego czasu utrzymywania się wysokiego poziomu wody, metoda ta nie gwarantuje jednak skutecznej ochrony.

Wśród najbardziej popularnych umocnień, gwarantujących pełną wodoszczelność konstrukcji, należy wymienić: umocnienia bitumiczne, umocnienia betonowe, ekrany i ścianki szczelne oraz grodzie [Asani 2009, Bieberstern i Branus 2002, Borys 2006, Hermann i Jansen 2003, Kołodziejczyk 2007, Saathoff i Werth 2003, Wosiewicz i Sroka 2001].

Umocnienia bitumiczne wykorzystują substancje bitumiczne i składniki mineralne. Bituminy, ze względu na ich właściwości mechaniczne, stosuje się głównie jako materiał wypełniający lub w postaci mieszanek, np. narzutu kamienno-bitumicznego. Stosowanie mieszanki mastyksu i asfaltu powoduje dużą plastyczność umocnienia oraz gwarantuje jego długotrwałość. Rozwiązania te są jednak rzadko stosowane.

Umocnienia betonowe, z uwagi na małą plastyczność, zaleca się projektować w przypadku wałów już wybudowanych, dobrze skonsolidowanych, w których proces osiadania uznano za znikomy. Zaletą stosowania płyt betonowych jest ich duża trwałość oraz możliwość szybkiego montażu. Natomiast wadą tej metody jest fakt, że płyty betonowe nie mogą dopasować się do nierównomiernie osiadającego podłoża, co w konsekwencji może prowadzić do ich podmywania, a – wskutek uderzeń fal – pęknięcia i wymywania.

Najlepsze efekty, w tego typu zabezpieczeniach, daje zastosowanie wodoszczelnych ekranów z tworzyw sztucznych. Dominują tu głównie folie z polietylenu (PEHD) lub polichlorku winylu (PVC), o wysokiej gęstości. Odnaczają się one wysokimi parametrami wytrzymałościowymi, których zaletą jest duża skuteczność w ochronie wałów przed przesiąkaniem, przy jednoczesnej niskiej podatności na korozję. Układanie folii polega na poziomym rozłożeniu

odcinków folii na uprzednio przygotowanej skarpie wału, ich zakotwieniu, a następnie połączeniu poszczególnych elementów poprzez zgrzewanie, a w końcu - przykryciu folii warstwą gruntu. Mankamentem tej technologii jest możliwość przebicia warstwy folii przez korzenie drzew, czy też zniszczenia spowodowane przez zwierzęta drążące nory w skarpach wału.

Bardziej odporną na uszkodzenia, a jednocześnie sprawdzoną metodą ochrony nasypów, jest stosowanie pionowych ekranów (ścianek szczelnych). Montuje się je zwykle w korpusie wału lub na przedwału [Asani 2009, Borys i Reszka 2001]. Efektem działania tych umocnień jest przede wszystkim ograniczenie, bądź całkowite odcięcie przesiąków, a zatem – ograniczenie sufozji i wymywania gruntu w czasie powodzi oraz zmniejszenie ciśnień porowych panujących w podłożu. Najczęściej używane są w tej metodzie pale drewniane lub stalowe, wbijane ściśle obok siebie, bądź łączone na tzw. zamek. Metody te, z uwagi na duże powierzchnie łączenia, nie gwarantują jednak pełnej wodoszczelności. Co więcej, podczas wbijania poszczególne złącza mogą pękać, powodując tym samym rozszczerlenie przegrody. Warto dodać, iż ze względu na ograniczoną żywotności materiałów, administrator wałów musi liczyć się koniecznością wymiany pali po określonym czasie eksploatacji. Z kolei, trwalsze elementy betonowe nie są zalecane do stosowania w formie ścianek szczelnych – z powodu trudności w szczelnym połączeniu poszczególnych elementów.

Coraz częściej stosowane są winylowe ściany palowe typu C-LOC (rys. 1).



*Rys. 1. Przykład zastosowania ścianek szczelnych w ochronie przeciwpowodziowej [Minbud 2010]*

*Fig. 1. Example of use a wall pales in the flood protection [Minbud 2010]*

Znajdują one szerokie zastosowanie jako elementy umocnień przeciwpowodziowych, zabezpieczenia wykopów, rowów melioracyjnych oraz jako osłony

przeciwierozyjne. Elementy grodzie ściany palowej C-LOC wykonane są z tworzywa PVC (z dodatkiem stabilizatorów) o gładkiej powierzchni oraz dobrych właściwościach mechanicznych tworzyw je kształtujących, zapewniających tym samym ich szczelność i trwałość. Warto dodać, iż elementy grodzie ściany palowej C-LOC spełniają również wymagania w zakresie nieszkodliwości oddziaływania na środowisko, potwierdzonej odpowiednimi atestami.

Nowoczesnym sposobem wzmocnienia wałów są ekrany hydroizolacyjne, wykonywane poprzez wtłaczanie do wywierconych wcześniej otworów roztworów cementu lub bentonitu [Bobowska 2004, Borys 2009, Borys, Mosiej i Topolnicki 2006, Kołodziejczyk 2009].

Najmniej kłopotliwymi i stosunkowo prostymi zabezpieczeniami stosowanymi w ochronie przeciwpowodziowej są grodzie. Stanowią je zamknięte masy ziemi, usypane pomiędzy dwiema ściankami szczelnymi. Ich główną zaletą jest możliwość szybkiej budowy i niskie koszty. Stosuje się je doraźnie, głównie jako wały tymczasowe, zalecane szczególnie w przypadku prowadzenia prac modernizacyjnych.

#### MOBILNE SYSTEMY OCHRONY PRZECIWPOWODZIOWEJ

Niewątpliwą nowością na rynku zabezpieczeń przeciwpowodziowych są przenośne wały przeciwpowodziowe. Wał tego typu, np. PPH070 (rys. 2) składa się ze stosunkowo lekkiej, bo ważącej zaledwie 18 kg, metalowej konstrukcji o wymiarach 0,7 m x 1,0 m, na którą nakłada się fartuch techniczny (np. wytrzymałą folię). Producent reklamuje ten produkt jako niezawodny i szybki w montażu, a ponadto – nie wymagający użycia urządzeń mechanicznych czy specjalnie wyszkolonej obsługi. Producent gwarantuje: wysoką stabilność i trwałość wału bez konieczności kotwienia, nieograniczoną długość, lekkość konstrukcji, jak również trwałość i doskonałą szczelność wału.



Rys. 2. Przenośne wały przeciwpowodziowe typu PPH070 [Reoamos 2010]

Fig. 2. Portable flood embankment type PPH070 [Reoamos 2010]

Innym typem przenośnych obwałowań są – stosowane z powodzeniem od wielu lat w Niemczech, Holandii i Anglii – przeciwpowodziowe zapory wodne (rys. 3) oraz ściany przeciwpowodziowe (rys. 4).

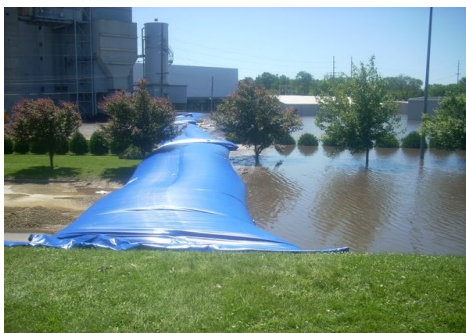


Rys. 3. Zapory przeciwpowodziowe  
[IBS Polska 2010]  
Fig. 3. Flood wall [IBS Polska 2010]



Rys. 4. Ściany przeciwpowodziowe  
[Floodwall 2010]  
Fig. 4. Flood wall [Floodwall 2010]

Kolejnym sprawdzonym pomysłem są bariery ochronne, w różnych wersjach i modułach (rys. 5 i 6). Składają się one z jednego lub kilku rzędów tubusów, które po napełnieniu wodą wytworzą nieprzepuszczalną barierę. Ważnym elementem takich rozwiązań jest to, iż w zależności od potrzeb, można je łączyć modułowo, dostosowując przegrodę do warunków miejscowych. Ten rodzaj zabezpieczenia jest możliwy do wielokrotnego użycia – po akcji łatwo barierę opróżnić, wyczyścić i składować.



Rys. 5. Przeciwpowodziowa bariera  
ochronna Rubena C-120  
[Polcomplex 2010]  
Fig. 5. Flood barrier type C-120  
[Polcomplex 2010]



Rys. 6. Przeciwpowodziowa bariera  
ochronna PPB015 [Reoamos 2010]  
Fig. 6. Flood barrier type PPB015 [Reo-  
amos 2010]

Wśród uszczelnień wałów przeciwpowodziowych powszechne są umocnienia przepuszczalne, wykonywane zarówno jako: narzut luźnych elementów, ułożenie elementów w sposób uporządkowany oraz skonstruowanie monolitycznych konstrukcji przepuszczalnych. Charakteryzują się one dobrym dopasowaniem do istniejących warunków podłoża, nawet w przypadku jego ewentualnej deformacji.

W budowie przepuszczalnych umocnień stosuje się zwykle kwadratowe lub prostokątne kostki betonowe, bądź pospolite otoczaki. Montaż tego rodzaju umocnień polega na układaniu poszczególnych elementów na uprzednio przygotowanej warstwie drenażowej, zbudowanej ze żwiru lub geowłókniny. Warstwa ta ma na celu zmniejszenie wyporu hydraulicznego oraz zapobieżenie wymywaniu cząstek podłoża przez szczeliny i otwory między poszczególnymi elementami umocnienia. Ułożone bloczki tworzą warstwę przepuszczalną (ze względu na szczeliny występujące pomiędzy układanymi elementami). W praktyce szczeliny te ulegają z czasem zamuleniu, dlatego tak ważne w tej metodzie jest zapewnienie odpowiedniego drenażu, czy też zastosowanie bloczków o nieregularnych krawędziach, utrudniających wymywanie drobnych cząstek gruntu. W ubiegłych latach, w tej metodzie, stosowane były również zróżnicowane wymiarowo cegły oraz płyty ażurowe.

Jako główny element odrębnej metody umocnień skarp wałów stosowana jest geowłóknina. Jedną z metod polega na „zaszywaniu” elementów skalnych w kieszeniach z geowłókniny, układanych później ściśle na skarpie. W efekcie uzyskuje się umocnienie z bezładnego narzutu kamiennego, bądź układanego elementu skalnego, uzupełnionego o tkaninę polipropylenową – zamiast dolnej warstwy drenażowej. Zaletą tej metody jest możliwość jej stosowania na stromych skarpach, szybki montaż, mała korozyjność oraz prostota wykonania.

Innym, ciekawym przykładem zabezpieczeń wałów przeciwpowodziowych jest monolit bitumiczny, dotychczas stosowany tylko eksperymentalnie. Elementami konstrukcyjnymi tej metody są: porowaty asfalt kamienny, utworzony z pokruszonych żwirów lub wapieni pokrytych warstwą lepiszcza oraz asfalt piaszczysty, utworzony z mieszanin piasku i masy bitumicznej, cechujący się znacznie mniejszą plastycznością niż asfalt kamienny. Z uwagi na małą spistość, a – co za tym idzie – niewystarczającą odporność na działanie nurtu i fal, asfalt piaszczysty jest zwykle używany jako warstwa filtracyjna, przykrywana w stropie porowatym asfaltem kamiennym.

W obliczu zagrożenia przydają się też proste rozwiązania, z których można ustawić konstrukcje oporowe. Jutowe worki do napełniania piaskiem w roku 1997 były towarem deficytowym. Dziś, 14 lat po tej wielkiej powodzi, możemy w Internecie znaleźć nie tylko wzory tradycyjnych worków, lecz także ich nowatorskie modyfikacje. Takim przykładem są np. oferowane przez firmę EKO-TECH propylenowe dwukomorowe worki przeciwpowodziowe (rys. 7), produkowane z „ekologicznego niezawodnego płótna”. Jak zapewnia producent, pro-

dukty te mogą być używane kilkakrotnie, a sam sposób ich ułożenia (na tzw. zakładkę, tj. w miejscu przegrody jednego worka układa się komorę drugiego worka) podnosi efektywność zabezpieczenia przeciwpowodziowego.

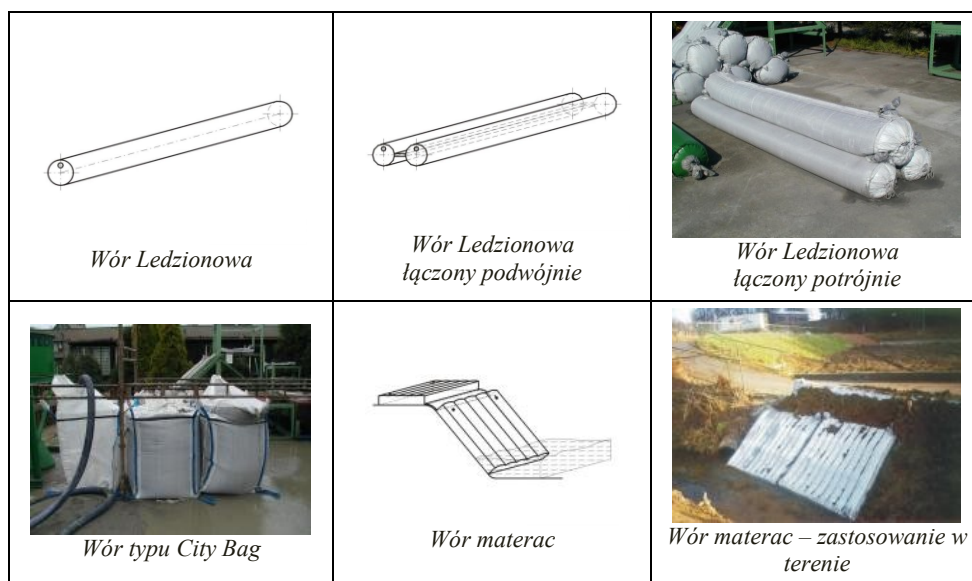


*Rys. 7. Propylenowe dwukomorowe worki przeciwpowodziowe [Reoamos 2010]  
Fig. 7. Polypropylene doublechamber sand bags [Reoamos 2010]*

Na uwagę zasługują również opatentowane wyroby (patent europejski numer 1 261 776) firmy KOEXPRO z Ostrawy. Podstawą tego nowatorskiego pomysłu są wielkoobjętościowe wory (5 typów podstawowych - rys. 8) oraz mieszanki do ich napełniania, przygotowane zarówno z ogólnie dostępnych materiałów budowlanych, jak i odpadów poeksploatacyjnych, w tym:

- odpadów z elektrowni (popiół lotny, stabilizatory),
- odpadów z kruszarni kamieniołomów (proch kamienny),
- odpadów z sortowni węgla (kamień flotacyjny),
- naturalnych surowców mineralnych (kaolin, bentonit, wapień) powstających podczas przeróbki urobku,
- mieszanin żwiru i piasku.

Wybór odpowiedniego zabezpieczenia przeciwfiltracyjnego musi być dostosowany do aktualnych warunków technicznych, ekonomicznych i socjologicznych. Każde proponowane rozwiązanie musi być bowiem rozpatrywane indywidualnie, aby efektywność zastosowanego zabezpieczenia była optymalna.



*Rys. 8. Wielkoobjętościowe wory stosowane w ochronie przeciwpowodziowej [Koexpro 2010]*

*Fig. 8. Large volume bags used in flood protection [Koexpro 2010]*

#### PODSUMOWANIE

Jak wykazano, sposobów wzmocnienia wałów przeciwpowodziowych jest wiele. Ich dobór powinien być ekonomicznie uzasadniony, głównie - warunkami miejscowymi, własnościami geologiczno-inżynierskimi podłoża, konstrukcją wału czy po prostu charakterem wezbrań. Alternatywnymi rozwiązaniami w ochronie przed powodzią są mobilne systemy ochrony przeciwpowodziowej. Montaż i utrzymanie barier ochronnych, wałów przenośnych, zapór czy ścian powodziowych jest znacznie tańszy niż budowa i konserwacja tradycyjnych wałów. Jedyną obawą przy stosowaniu tego typu zabezpieczeń jest konieczność zapewnienia dobrego systemu osłony hydrometeorologicznej kraju, jak również wzorowo prowadzonej akcji przeciwpowodziowej w przypadku nagłego zagrożenia powodzią. Należy podkreślić, iż tego typu zabezpieczenia najlepiej sprawdzają się na stosunkowo małych obszarach.



## LITERATURA

1. ASANI A.: *Uszczelnienie wałów przeciwpowodziowych przegrodą szczelną w postaci folii PVC i ścianki C-LOC*, [W:] Antropogeniczne oddziaływania i ich wpływ na środowisko wodne Wydawnictwo IMGW (Monografie Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej), s. 100-106. Warszawa 2009
2. BIEBERSTEIN A., BRAUNS J.: *Technischer Hochwasserschutz - Erfordernisse aus geotechnischer Sicht*. Geotechnik 25, Nr. 4/2002 s. 239-248
3. BOBOWSKA A.: *Methods of strengthening flood-embankments*, [w:] Zeszyty Naukowe nr 131 Inżynieria Środowiska nr 12 s. 37-43. Zielona Góra 2004
4. BORYS M.: *Metody modernizacji obwałowań przeciwpowodziowych z zastosowaniem nowych technik i technologii*. Wydaw. IMUZ, s. 126. Falenty 2006
5. BORYS M.: *Projektowanie i wykonawstwo ekranów przeciwfiltracyjnych z geomembran i mat bentonitowych w wałach przeciwpowodziowych i obwałowaniach małych zbiorników wodnych*. Wydaw. IMUZ, s. 62, Falenty 2009
6. BORYS M., MOSIEJ K., TOPOLNICKI M.: *Projektowanie i wykonawstwo pionowych przegród przeciwfiltracyjnych z zawieszin twardniejących w korpusach i podłożu wałów przeciwpowodziowych*. Wydaw. IMUZ, s. 64. Falenty 2006
7. BORYS M., RESZKA T.: *Zastosowanie grodzie winylowych C-LOC w wykonawstwie obiektów budowlanych gospodarki wodnej*, [W:] Zeszyty Naukowe Politechniki Zielonogórskiej, nr 125, s. 37-44. Zielona Góra 2001
8. HERRMANN R. A., JENSEN J.: *Sicherung von Dämmen und Deichen: Handbuch für Theorie und Praxis*. Hrsg., Universitätsverlag Siegen, s. 14-23. Siegen 2003
9. KOŁODZIEJCZYK U.: *Geologiczno-inżynierskie badania wałów przeciwpowodziowych i ich podłoża jako metoda prognozy zagrożeń powodziowych na lubuskim odcinku Odry*. Oficyna Wydawnicza UZ, s. 190 Zielona Góra 2002
10. KOŁODZIEJCZYK U.: *Ocena stateczności wałów przeciwpowodziowych wzmocnionych różnymi przegrodami hydroizolacyjnymi*, [W:] Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego - (Inżynieria Środowiska; 13) nr 133, s. 217-227. Zielona Góra 2007
11. KOŁODZIEJCZYK U.: *Ocena uszczelnienia wałów przeciwpowodziowych za pomocą mat bentonitowych*, [W:] Problemy geotechniczne i środowiskowe z uwzględnieniem podłoża ekspansywnych (pod red. E. Dembickie-

- go, M. K. Kumora, Z. Lechowicza). Wydawnictwa Uczelniane UTP, s. 259-268. Bydgoszcz 2009
12. SAATHOFF F., WERTH K.: *Geokunststoffe in Dämmen und Deichen. Sicherung von Dämmen und Deichen: Handbuch für Theorie und Praxis.* Hrsg. Hermann und Jensen. Universitätsverlag Siegen, s. 221 –237. Siegen 2003
  13. WOSIEWICZ B., SROKA Z.: *Ocena wpływu zabezpieczeń filtracyjnych modernizowanych wałów przeciwpowodziowych.* Gospodarka Wodna nr 3/2001, s. 104-110
  14. FLOODWALL. *Materiały reklamowe firmy Roseville Group Ltd T/A* [http://www.floodwall.uk.com/products\\_floodwall.php](http://www.floodwall.uk.com/products_floodwall.php), sierpień 2010
  15. MINBUD: *Grodzie EU. Materiały reklamowe Przedsiębiorstwa Produkcyjno-Handlowego MINBUD,* <http://www.grodzice.eu/pl/nawosci/>, sierpień 2010
  16. IBS POLSKA: *MSOP – Mobilne Systemy Ochrony Przeciwpowodziowej. IBS Polska* <http://www.ibspolska.com.pl/ochrona-przeciwpowodziowa-7.php>, wrzesień 2010
  17. KOEXPRO: *Nová technologie je postavena na čtyřech pilířích. Oferta handlowa firmy KOEXPRO OSTRAVA,* <http://www.koexpro.cz/new/koex/?menu=page-&lang=cz&id=28>, sierpień 2010
  18. POLCOMPLEX: *Zapory przeciwpowodziowe. Materiały reklamowa firmy Rubena A.S.,* <http://www.polcomplex.home.pl/zapory.htm>, sierpień 2010
  19. REOAMOS: *Zapory wodne i przegrody. Oferta handlowa firmy Reoamos.* <http://www.reoamos.cz/eshop/Wa%C5%82przeciwpowodziowy.html?cat=1304&pn=1075>, wrzesień 2010

## MODERN SOLUTIONS FOR FLOOD PROTECTION

### *S u m m a r y*

*Implementation of flood protection in Poland and many European countries is based mainly on the embankment. Condition of these simple earth structures has a significant meaning and provides directly to effective protection against flood. The article describes the materials and technologies used for the revetment. It also characterizes an innovative, portable structures as an alternative way to regular hydraulic structures.*

Key words: flood protection, methods and technologies of sealing flood embankments, mobile systems for flood protection



Autorka jest stypendystką w ramach Poddziałania 8.2.2 „Regionalne Strategie Innowacji”, Działania 8.2 „Transfer wiedzy”, Priorytetu VIII „Regionalne Kadry Gospodarki” Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego Unii Europejskiej i z budżetu państwa.