

Artykuł pochodzi z archiwalnych zasobów firmy EKO-KONSULT sp. z o.o. 80-557 Gdańsk,
ul. Narwicka 6.

Wszystkie prawa zastrzeżone.

Korzystanie za zgodą firmy EKO-KONSULT biuro@ekokonsult.pl



Kwartalnik „Problemy Ocen Środowiskowych” wydawany cyklicznie w latach 1998 – 2012, przez EKO-KONSULT był jedynym wydawnictwem w Polsce, poświęconym wyłącznie ocenom środowiskowym planowanych inwestycji oraz strategicznym ocenom oddziaływania na środowisko. Dla praktyków OOS, ale również dla osób początkujących może nadal stanowić wartościowe źródło wiedzy np. w zakresie prezentowanych case study i przeglądu stosowanych metodyk - w tym kontekście znaczna część artykułów zachowuje sporo aktualności.

Bronisław Kamiński
Andrzej Lewandowski
Andrzej Tyszecki

Wykorzystanie modelowania matematycznego w ocenie oddziaływania na środowisko zbiornika Wielowieś Klasztorna

Wprowadzenie

W 1956 roku rozpoczęto pierwsze prace studialne i badawcze dotyczące gospodarki wodnej oraz melioracji w zlewni Proсны. Już wówczas powstała koncepcja budowy zbiornika

retencyjnego w profilu Wielowieś Klasztorna o projektowanej pojemności 155 mln m³. Efektem realizacji tak dużego zbiornika byłaby konieczność m.in. wysiedlenia ponad 200 gospodarstw oraz wycięcie 425 ha lasów. Niezbędna byłaby również budowa zapór bocznych, pompowni, przekładanie dróg i linii energetycznych.

Na początku lat dziewięćdziesiątych Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Poznaniu zweryfikował potrzeby wodne w dostosowaniu do warunków gospodarki rynkowej i na tej podstawie przyjęto koncepcję zbiornika o pojemności około 50 mln m³. Wariant ograniczonego zbiornika pozbawiony jest większości wad zbiornika dużego. Z obiektów hydrotechnicznych pozostała tylko zaporą czołową, wyeliminowano zapory boczne oraz pompownie odwadniające. Wywłaszczenia ograniczy się do 25 gospodarstw, a wycinkę lasu do powierzchni około 220 ha. Następnie w 1997 roku opracowano „Ekspertyzę budowy zbiornika wodnego Wielowieś Klasztorna na rzece Prośnie”¹, której podstawowym zadaniem było zweryfikowanie zasadności realizacji spiętrzenia oraz wstępne określenie wpływu przedsięwzięcia na środowisko i zagospodarowanie terenu. Równoległe z pracami nad „Ekspertyzą...” wykonywane było opracowanie pt. „Oszacowanie i minimalizacja wpływu zbiornika Wielowieś Klasztorna na środowisko”²

Cel oceny

Celem wstępnej oceny wpływu zbiornika Wielowieś Klasztorna na środowisko było m.in. prognozowanie przyszłych zmian środowiska, spowodowanych realizacją i funkcjonowaniem zbiornika oraz rozpoznanie problemu dla potrzeb studiów uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gmin oraz zmian planów zagospodarowania przestrzennego gmin.

Równocześnie wstępna ocena służyła weryfikacji założonych parametrów zbiornika, ze względu na spełnienie podstawowych warunków środowiskowych (jakość wód poniżej zbiornika, poziom wód podziemnych, redukcja przepływów powodziowych itp.).

Lokalizacja i parametry zbiornika

Projektowany zbiornik zlokalizowano w dolinie Prośny około 24 km na południe od Kalisza, pomiędzy wsiami Wielowieś Klasztorna - Kakawa i Zamość - Ostrów Kaliski, na terenie gmin: Sieroszewice, Godziesze Wlk., Brzeziny, Kraszewice i Grabów. Zaporę czołową zlokalizowano w 93 kilometrze rzeki Prośny na wysokości wsi Kakawa (Rys.1).

Zakładane cele zbiornika to:

- redukcja maksymalnych przepływów powodziowych powyżej Kalisza,
- zapewnienie przepływu biologicznego w rzece Prośnie poniżej zapory i poprawa stanu sanitarnego rzeki,
- zaspokojenie rosnących potrzeb wodnych Kalisza,

¹ Proeko Sp. z o. o., Hydroprojekt Poznań, Geomor Sp. z o. o., EKO-KONSULT

² Geomor Sp. z o. o., Danish Hydraulic Institute

- retencjonowanie wód do nawodnień rolniczych,
- zagospodarowanie rekreacyjne,
- prowadzenie gospodarki rybackiej,
- wykorzystanie energetyczne.

W celu określenia dyspozycyjnych zasobów wód powierzchniowych górnej części zlewni rzeki Proсны wykorzystano system modelowy MIKE BASIN, który jest matematycznym odwzorowaniem zlewni, obejmującym konfigurację głównej rzeki i dopływów, hydrologię zlewni w czasie i przestrzeni oraz istniejące w zlewni zapotrzebowanie na wodę. Jest to zatem model bilansujący wszystkie potrzeby i zasoby wodne zlewni.

Celem zastosowania modelu było ustalenie optymalnej wielkości zbiornika oraz wysokości zapory czołowej w taki sposób, aby zbiornik spełniał swoje zadania zarówno podczas okresów zagrożenia powodzią (przejmowanie fali powodziowej), jak i podczas okresów suchych (magazynowanie wody dla potrzeb komunalnych, przemysłowych, rolniczych i rekreacyjnych oraz **ochrony środowiska naturalnego rzeki poniżej zapory**).

Obecna sytuacja stwarza poważne zagrożenia powodziowe dla miasta Kalisza oraz nie gwarantuje przepływu biologicznego w Prośnie podczas największych niżówek, co wydatnie wpływa m.in. na pogorszenie jakości wód w rzece.

W oparciu o wyniki obliczeń wyznaczone zostały poziomy operacyjne zbiornika w skali roku przy granicznych poziomach jego funkcjonowania: 120,50 m npm- minimum oraz 124,00 m npm- maksimum. Jeśli poziom wody jest wyższy od założonego poziomu kontroli powodziowej, woda będzie oddawana ze zbiornika w zadanej wielkości (maksymalne zrzuty ze zbiornika). Ta wielkość jest zgodna z największą możliwą, nieprzekraczalną wielkością odpływu (wynoszącą 85 m³/s) nie powodującego zagrożenia powodziowego (przy obecnym stanie wałów).

Tabela 1. Poziomy operacyjne zbiornika

	Styczeń	Luty	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Paździer.	Listopad	Grudzień
Poziom kontroli powodziowej (m npm)	122,00	122,00	122,00	122,90	123,10	123,20	123,00	122,8	123,00	122,60	122,70	122,50
Minimalne zrzuty w dół rzeki (m ³ /s)	1,22	1,22	1,22	1,22	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,20	1,20	1,20

Tabela powyższa przedstawia uproszczony schemat gospodarki wodnej w projektowanym zbiorniku, z zachowaniem warunku ochrony Kalisza przed powodzią. Oznacza to, że poziom wody powyżej rzędnej 123,20 m npm jest dozwolony tylko w przypadku wystąpienia powodzi. Z badań modelowych wynika m.in., że jeśli utrzymane byłyby poziomy wody w zbiorniku przedstawione w powyższej tabeli, to fale powodziowe z lat 1950-1997 zostałyby zredukowane przez zbiornik do przepływu 85 m³/s. Przepływ ten jest całkowicie bezpieczny dla Kalisza.

Jednak w hydrologii istnieje jeszcze pojęcie przepływu o określonym prawdopodobieństwie wystąpienia np. 1 % co oznacza przepływ pojawiający się średnio

1 raz na 100 lat. To oznacza, że przepływ taki może pojawić się dla przykładu 2 lata pod rząd, a przez następne 200 lat nie pojawić się wcale.

W efekcie obliczeń ustalono następujące parametry zbiornika:

- rzędna maksymalnego poziomu piętrzenia - 124,0 m npm
- rzędna minimalnego poziomu piętrzenia - 120,5 m npm
- objętość całkowita (użyteczna + martwa) - 48,79 mln m³
- objętość użyteczna (wykorzystywana gospodarczo) - 39,93 mln m³
- objętość tzw. martwa - 8,86 mln m³
- powierzchnia zalewu przy maks. poziomie piętrzenia - 1660,0 ha
- powierzchnia zalewu przy min. poziomie piętrzenia - 557,5 ha
- głębokość średnia przy maks. poziomie piętrzenia - 2,84 m
- głębokość średnia przy min. poziomie piętrzenia - 1,01 m
- długość zbiornika - 11,0 km.

Metoda oceny

Do oceny i prognoz jakości wody w rzece Prośnie, jak i w planowanym zbiorniku w fazie eksploatacji zastosowany został zintegrowany system modelowy oparty o oprogramowanie opracowane przez Danish Hydraulic Institute; w szczególności System MIKE 11 zastosowany na rzece Prośnie (przypadek jednowymiarowy X) i System Reservoir zastosowany do planowanego zbiornika (przypadek dwuwymiarowy XZ; Rys.2).

Oba systemy MIKE 11 i Reservoir posiadają budowę modułową pozwalającą na łączenie zagadnień dynamicznych (przepływ wody, transport substancji biertnej) z procesami biologicznymi i chemicznymi zachodzącymi w środowisku wodnym (fotosynteza, nityfikacja, degradacja materii organicznej).

Obliczenia modelowe mają charakter niestacjonarny, zarówno w części hydrodynamicznej (przepływy, stany wody), jak i w części dotyczącej jakości wody: biomasa fitoplanktonu (chlorofil-a), tlen rozpuszczony, azot azotanowy i amonowy, fosfor rozpuszczony, obumarła materia organiczna (detrytus).

Wpływ zbiornika na środowisko

PROGNOZA JAKOŚCI WÓD W ZBIORNIKU

Jednym z podstawowych kryteriów określających stopień zanieczyszczenia zbiorników wodnych są warunki tlenowe. Podstawowe procesy, które wpływają na bilans tlenu w wodzie to: reaeracja (dyfuzja tlenu z atmosfery), fotosynteza, respiracja organizmów żywych, mineralizacja materii obumarłej w toni wodnej oraz w osadzie. Zawartość tlenu uzależniona jest również silnie od temperatury wody.

Na rysunku 3 przedstawiono symulację rozkładu temperatury dla warunków letnich przy rzadko występującym poziomie piętrzenia 124,0 m npm. Wyraźnie widoczne są gradienty temperatury zarówno w kierunku horyzontalnym, jak i pionowym.

Dopływająca woda rzeczna o określonej, na podstawie badań modelowych w górnej części rzeki Proсны, zawartości substancji biogennych spowoduje rozwój fitoplanktonu, którego wskaźnikiem jest zawartość chlorofilu-a. Przestrzenny rozkład chlorofilu-a wykazuje wyraźną zmienność wzdłuż projektowanego zbiornika i raczej homogeniczny charakter w pionie (Rys.4).

Z obliczeń modelowych przy założeniach standardowych wynika, iż zbiornik będzie silnie zeutrofizowany. Eutrofizacja powoduje określony rozkład zawartości tlenu w różnych warstwach zbiornika (Rys.5). Zawartość tlenu w warstwach powierzchniowych zbiornika będzie wyższa niż w dopływającej do zbiornika wodzie. Wynika to z produkcji tlenu przez fitoplankton w procesie fotosyntezy. Z kolei niedobór tlenu spowodowany będzie głównie poprzez zużywanie go w procesie mineralizacji materii obumarłej.

Substancje biogenne, azot i fosfor w postaci mineralnej, docierające do zbiornika nie ulegają wyczerpaniu, jak to ma często miejsce w innego typu zbiornikach bądź jeziorach. Powodowane jest to faktem, iż światło, na skutek ograniczonej przezroczystości wody, jest czynnikiem limitującym wzrost fitoplanktonu. Wstępną ocenę dopływu fosforu i azotu do planowanego zbiornika przy założeniach standardowych przedstawiono w Tabeli 2.

Tabela 2. Bilans azotu i fosforu całkowitego dla planowanego zbiornika Wielowieś Klasztorna [t/rok]

	Dopływ	Odływ	Retencja/akumulacja w osadzie
Azot	1030	616	414
Fosfor	43,3	28,6	14,7

W celu określenia wpływu różnych wysokości piętrzenia, jak i ładunków substancji biogennych wnoszonych do projektowanego zbiornika wykonano szereg obliczeń dodatkowych. Zarówno warunki przepływu w Prośnie w ujściu do zbiornika, jak i warunki meteorologiczne zostały nie zmienione w porównaniu do obliczenia standardowego.

Obniżenie poziomu piętrzenia ze 124 do 123 m npm w zauważalny sposób wpłynie na zawartość chlorofilu-a, nie zmieni to jednak znacząco warunków tlenowych panujących w zbiorniku. Również redukcja ładunku substancji biogennych o 50 % w niewielkim stopniu zmieni warunki tlenowe w zbiorniku. Wyraźną poprawę warunków tlenowych obserwować będzie można dopiero przy 75-procentowej redukcji ładunku dopływających substancji biogennych. Krytyczna zawartość tlenu (2,0 - 4,0 mg/l) wystąpi tylko na niewielkim obszarze. Jednakże wówczas obniży się zawartość tlenu rozpuszczonego w wodzie powierzchniowej ze względu na mniejsze tempo produkcji pierwotnej. Przy 90-procentowej redukcji ładunków azotu i fosforu zawartość tlenu w warstwie powierzchniowej i przydennej dochodzi do 8 - 9 mg/l.

Przy założeniu, iż redukcja ładunków azotu i fosforu odprowadzanych do projektowanego zbiornika jest mało realna, możliwe są inne działania optymalizujące warunki środowiskowe panujące w zbiorniku. W przypadku wystąpienia zagrożenia deficytem tlenu w warstwie przydennej (zawartość tlenu poniżej 2 mg/l) sytuacja może ulec poprawie poprzez interwencyjny zrzut wody upustami dennymi. I tak przy zrzucie rzędu 15 m³/s przez okres 24 godzin, nastąpi zwiększenie zawartości tlenu o 1 - 2 mg/l przy spadku poziomu zwierciadła o 10 cm. Sytuacja taka utrzyma się jednakże tylko przez okres 1 tygodnia. W związku z tym nie może być to metoda stosowana w sposób ciągły, ale wydaje się, że mogłaby być stosowana interwencyjnie w przypadku, kiedy zawartość tlenu w warstwie przydennej byłaby krytyczna.

Generalnie wyniki modelowe pokazały, iż przy obecnych wielkościach ładunków substancji biogenych (azot, fosfor), które byłyby odprowadzane z górnej części zlewni Proсны, zbiornik Wielowieś Klasztorna podlegałby silnym procesom eutrofizacji. Pierwszym efektem wzmożonej eutrofizacji byłaby wzmożona produkcja pierwotna zbiornika. Ocenia się, że zawartość chlorofilu-a w okresie letnim dochodziłaby do poziomu 0,12 mg/l⁻¹, podczas gdy wartość graniczna dla III klasy czystości wynosi 0,03 mg/l⁻¹.

ZMIANY JAKOŚCI WÓD

W modelowaniu jakości wody rzeki Proсны uwzględniono następujące procesy: bilans termiczny wody, reaerację, fotosyntezę, nityfikację, denityfikację, degradację materii organicznej, sedymentację materii zawieszanej, resuspencję, pobór substancji biogenych przez rośliny, transport zanieczyszczeń bakteryjnych.

Przy uwzględnieniu powyższych procesów modelowanymi parametrami były: temperatura, tlen rozpuszczony, azot amonowy, azot azotanowy, BZT₅ - biologiczne zapotrzebowanie tlenu, fosfor fosforanowy, E-Coli.

Kluczową rolę w badaniach modelowych projektowanego zbiornika spełnia dokładne określenie ładunku zanieczyszczeń wprowadzanych do wód powierzchniowych w obszarze zlewni rzeki Proсны. Z punktu widzenia odwzorowań modelowych niezbędne jest poprawne oszacowanie wartości ładunków zanieczyszczeń nie tylko ze źródeł punktowych, ale także ze źródeł rozproszonych.

Przy ocenie wpływu zbiornika na jakość wód rzeki Proсны poniżej planowanego zbiornika Wielowieś Klasztorna aż do ujścia do Warty wzięto pod uwagę obliczenia modelowe dla zbiornika przy założeniu, że maksymalna rzędna piętrzenia wynosi 124,0 m n.p.m. Zmiany jakości wody wywołane zrzutem substancji biogenych ze zbiornika określano w czterech punktach (Rys.6, 7 i 8):

- poniżej zapory (km 125,050),
- poniżej ujścia rzeki Ołobok (km 138,756),
- poniżej Kalisza (km 155,833),
- przy ujściu Proсны do Warty (km 223,550).

Częstotliwość występowania poziomu wody na wysokości 124 m npm nie będzie zbyt wysoka. Obrazuje ona jednocześnie zachowanie zbiornika w sytuacji ekstremalnej.

Wyniki badań modelowych przedstawiono w postaci przebiegów czasowych parametrów jakości wody w powyższych punktach. Rozpatrywano trzy możliwe warianty:

- zrzut wody ze zbiornika upustami dennymi dla obliczenia standardowego (poziom piętrzenia 124 m npm, ładunki substancji biogennych jak w 1994 r.),
- zrzut wody ze zbiornika przy 90-procentowej redukcji ładunku na dopływie (poziom piętrzenia 124 m npm),
- zrzut wody ze zbiornika przelewem, woda powierzchniowa (poziom piętrzenia 124 m npm, ładunki substancji biogennych jak w 1994 r.).

Generalnie na podstawie badań modelowych można stwierdzić, iż wpływ planowanego zbiornika na jakość wód w dolnej części Prośny, zarówno biorąc pod uwagę warunki tlenowe, BZT₅, jak i substancje biogenne będzie niewielki i zaznaczy się głównie na odcinku od zapory do ujścia dopływu Ołobok tj. ok. 13 km. Poniżej warunki jakości wody kształtowane są bardzo silnie poprzez zrzuty zanieczyszczeń dopływających głównie z Ostrowa Wik. i Kalisza.

Do czasu rozpoczęcia budowy planowanego zbiornika Wielowieś Klasztorna może dojść do budowy lub modernizacji oczyszczalni ścieków w wymienionych miastach, co w znaczący sposób zmieni warunki jakości wody w rzece Prośnie.

ODDZIAŁYWANIE NA WODY PODZIEMNE

Opis warunków geologiczno-inżynierskich przygotowany został w zakresie niezbędnym do charakterystyki warunków gruntowo wodnych dla potrzeb modelu przestrzennego obiegu wód w rejonie zbiornika przy wykorzystaniu systemu MIKE-SHE. Model ten stanowi podstawę do określenia wpływu zbiornika na warunki występowania i użytkowania wód podziemnych.

Podstawowym warunkiem prawidłowości prognoz związanych z określeniem wpływu zbiornika na warunki występowania wód podziemnych jest zgodność modelu z rzeczywistymi pomiarami zwierciadła wody w piezometrach, stanach wody w rzece i w ciekach powierzchniowych oraz innymi mierzonymi parametrami obiegu wód uwzględnionymi w modelu.

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, iż w rejonie zbiornika wystąpi jedynie lokalne podpiętrzenie poziomu zwierciadła wód podziemnych. W całym rejonie głębokość występowania pierwszej warstwy wodonośnej wynosi około 1,0 - 2,0 m poniżej poziomu terenu. Podniesienie się zwierciadła wody wystąpi w zasadzie jedynie po zachodniej stronie zbiornika przy czym nie przekroczy 1,0 do 2,0 m ppt. Rozpoznanie powierzchniowej warstwy rejonu zbiornika pozwoliło także na określenie rejonów zasilania zbiornika, a także rejonów

odpływu wody ze zbiornika. Rejony te należałoby uszczelnić, aby ograniczyć ucieczkę wody ze zbiornika.

Spiętrzenie wody spowoduje wzrost poziomu wód podziemnych w otoczeniu zbiornika. Przeprowadzone badania symulacyjne wykorzystujące wyniki szczegółowych badań geologicznych i hydrogeologicznych wykazały, że negatywne oddziaływania mają ograniczony zasięg i nie stanowią istotnego zagrożenia.

Podsumowanie

Do oceny wpływu zbiornika Wielowieś Klasztorna na środowisko wykorzystano zintegrowany system modeli matematycznych, które umożliwiają prognozowanie jakości wody w zbiorniku w ścisłym powiązaniu ze stanem hydrologicznym i sanitarnym zlewni zasilającej zbiornik oraz ze sposobem użytkowania zbiornika. Pozwala to również na ocenę hydrologiczną i sanitarną rzeki poniżej zbiornika.

Wspomniany system modeli matematycznych umożliwia zatem określenie niezbędnego programu ochrony wód w zlewni zasilającej zbiornik oraz wprowadzenie ograniczeń w sposobie użytkowania zbiornika warunkujących utrzymanie granicznych parametrów hydrologicznych i sanitarnych w zbiorniku oraz w rzece poniżej zbiornika.

Z przeprowadzonej oceny wynika, że projektowany zbiornik Wielowieś Klasztorna spowoduje zmiany w zagospodarowaniu przestrzennym terenów położonych w obszarze jego oddziaływań, jak również spowoduje istotne skutki środowiskowe w realizacji i funkcjonowaniu. Pomimo szeregu niekorzystnych oddziaływań, charakterystycznych dla zbiorników zaporowych spełni on założone cele, korzystnie wpływając na warunki funkcjonowania środowiska poprzez:

- poprawę stanu sanitarnego wód rzeki Proсны poprzez zapewnienie przepływu biologicznego poniżej zapory,
- poprawę bilansu wodnego w regionie, w tym ograniczenie poboru wód podziemnych,
- polepszenie warunków funkcjonowania ekosystemów w dolinie Proсны,
- stworzenie warunków rozwoju fauny i flory związanej z ekosystemem jeziornym.

Ocena wykazała, że funkcja ochrony przeciwpowodziowej zbiornika powinna być szczegółowo przeanalizowana. Ochrona przeciwpowodziowa Kalisza nie powinna się opierać wyłącznie na zbiorniku retencyjnym Wielowieś Klasztorna, ale również uwzględniać możliwość zwiększenia przepustowości koryta Proсны poniżej zbiornika, co związane jest między innymi z poprawą zabezpieczeń przeciwpowodziowych miasta przez podniesienie poziomu wałów.

Projektowany zbiornik jest inwestycją ważną również ze względów społecznych. Zwiększy ochronę przeciwpowodziową w dolinie Proсны poniżej zapory, stworzy warunki do rozwoju rekreacji, a przede wszystkim zabezpieczy mieszkańców, przemysł i rolnictwo przed groźbą deficytu wody.

W celu zapobieżenia niekorzystnym zjawiskom, które często towarzyszą zbiornikom w trakcie eksploatacji (eutrofizacja, zły stan sanitarny) niezbędna jest radykalna poprawa gospodarki wodno-ściekowej w górnej części zlewni rzeki Proсны. Jak wynika z przeprowadzonych symulacji, dopiero 75-procentowa redukcja dopływu biogenów nie powoduje powstawania warunków beztlenowych w zbiorniku. Z tego względu jak najszybciej powinno się przeprowadzić działania w górnej części zlewni ukierunkowane głównie na zminimalizowanie dopływu ładunków azotu i fosforu, pochodzących z działalności rolniczej. **Osiągnięcie określonej jakości wód powinno być warunkiem realizacji zbiornika. Skuteczność wdrożenia programu poprawy jakości wód powinna być potwierdzona poprzez badania monitoringowe.**

Wpływ planowanego piętrzenia na jakość wód poniżej zapory, biorąc pod uwagę warunki tlenowe, BZT₅ i substancje biogenne zaznaczy się głównie na krótkim odcinku - do ujścia Ołoboku (tj. ok. 13 km poniżej zapory), ponieważ od tego miejsca jakość wody kształtowana jest przez dwa znaczące zrzuty zanieczyszczeń z Ostrowa Wlk. (rzeką Ołobok) i Kalisza, dlatego też przed zakończeniem budowy zbiornika Wielowieś Klasztorna winno dojść do uruchomienia lub modernizacji oczyszczalni ścieków w miastach i dużych wsiach leżących nad górną Prosną i jej dopływami, co w istotny sposób winno zmienić parametry jakościowe wody w rzece.

Z oceny wynika także, że lokalizacja zapory oraz proponowany poziom piętrzenia są wybrane trafnie, gdyż projektowany zbiornik nie powoduje istotnych konfliktów przestrzennych. Występują jedynie typowe kolizje takie jak: przełożenie odcinka linii elektroenergetycznej, przebudowa krótkich odcinków dróg, likwidacja stosunkowo niewielkiej liczby gospodarstw.

Dr inż. Bronisław Kamiński,
Proeko Sp. z o.o., Warszawa
Dr inż. Andrzej Lewandowski,
Geomor Sp. z o.o., Sopot
Dr inż. Andrzej Tyszecki,
EKO-KONSULT, Gdańsk