

**POLITECHNIKA ŁÓDZKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII PROCESOWEJ I OCHRONY
ŚRODOWISKA
KIERUNEK: INŻYNIERIA ŚRODOWISKA**

**„Optymalizacja planowania przestrzennego w
zakresie zarządzania zasobami wodnymi”**

Wykonał:
Piotr Placek

Promotor:
Prof. dr hab. inż. Ireneusz Zbiciński

Łódź, 2006

SPIS TREŚCI:

- 1. Wstęp**
- 2. Uwarunkowania prawne**
- 3. Położenie geograficzne**
- 4. Charakterystyka środowiska naturalnego**
 - 4.1. Rzeźba terenu**
 - 4.2. Budowa geologiczna**
 - 4.3. Wody podziemne**
 - 4.4. Wody powierzchniowe**
 - 4.5. Jakość wód powierzchniowych płynących**
 - 4.6. Jakość wody w zbiorniku Jeziorsko**
- 5. Charakterystyka zbiornika wodnego Jeziorsko**
 - 5.1. Parametry zbiornika**
 - 5.2. Funkcje zbiornika wodnego Jeziorsko**
- 6. Problemy i korzyści wynikające z budowy zbiornika wodnego Jeziorsko**
- 7. Opis aspektów środowiskowych**
 - 7.1. Turystyka w Polsce i obrębie zbiornika wodnego**
 - 7.2. Rolnictwo w Polsce i obrębie zbiornika wodnego**
- 8. Optymalizacja wielokryterialna**
- 9. Wspomaganie w podejmowaniu decyzji**
- 10. Metodyka obliczeń**
 - 10.1 Dane służące do obliczenia funkcji**
 - 10.2 Stworzenie funkcji**
 - 10.3 Normalizacja funkcji**
 - 10.4 Funkcja celu**
 - 10.5 Wykonanie obliczeń**
 - 10.6 Przedstawienie obliczeń i interpretacja wyników**
- 11. Podsumowanie i wnioski**
- 12. Literatura**

1. Wstęp.

System środowiska przyrodniczego ma charakter przestrzenny a zjawiska występujące na danych obszarach oraz w różnych systemach są mocno związane z działalnością człowieka. Dlatego niezbędne jest monitorowanie tych systemów oraz przemian w nich zachodzących. Z punktu widzenia ochrony środowiska ważne jest monitorowanie skutków jakie wywiera człowiek na dany system.

Niezbędne jest harmonizowanie rozwoju przestrzennego oraz społeczno-gospodarczego z ochroną środowiska, przez określenie podstawowych zasad korzystania z dostępnej przestrzeni. Zasad, które w szerszym rozumieniu pozwalają łączyć interes publiczny i prywatny z wartościami przyrodniczymi.

Realizacja tych zasad w kwestii zagospodarowania przestrzennego pozwala na utrzymanie równowagi przyrodniczo-społecznej.

Dziedziną, która zajmuje się organizowaniem otoczenia dla użytku człowieka i środowiska przyjaznego człowiekowi jest planowanie przestrzenne.

Proces planowania przestrzennego jest procesem trudnym gdyż zwykle musi godzić, często sprzeczne interesy zainteresowanych stron: rolników, turystów, ekologów oraz gminy.

Celem pracy jest optymalizacja wielokryterialna zagospodarowania przestrzennego terenów otaczających zbiornik wodny Jeziorsko.

Podjęcie takiego tematu jest spowodowane ciągłym rozwojem inżynierii środowiskowej, udoskonalaniem technik planowania przestrzennego oraz dbałością o stan środowiska i skuteczną jego poprawę.

Głównym zadaniem pracy, oprócz zaprezentowania i poznania zagadnienia optymalizacji wielokryterialnej oraz procesu obliczeniowego towarzyszącego temu zagadnieniu, jest znalezienie takiego rozwiązania, które pogodzi problemy związane z zagospodarowaniem przestrzennym terenów przeznaczonych na cele turystyczne, rolnicze oraz tereny podnoszące walory ekologiczne.

2. Uwarunkowania prawne.

Podstawowym aktem prawnym regulującym zasady wykorzystania zasobów wodnych jest Ustawa Prawo wodne z dnia 18 lipca 2001 r.

Ustawa reguluje gospodarowanie wodami zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju, a w szczególności kształtowanie i ochronę zasobów wodnych, korzystanie z wód oraz zarządzanie zasobami wodnymi.

Zarządzanie zasobami wodnymi służy zaspokajaniu potrzeb ludności, gospodarki, ochronie wód i środowiska związanego z tymi zasobami, w szczególności w zakresie:

- zapewnienia odpowiedniej ilości i jakości wody dla ludności;
- ochrony zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem oraz niewłaściwą lub nadmierną eksploatacją;
- utrzymywania lub poprawy stanu ekosystemów wodnych i od wody zależnych;
- ochrony przed powodzią oraz suszą;
- zapewnienia wody na potrzeby rolnictwa oraz przemysłu;
- zaspokojenia potrzeb związanych z turystyką, sportem oraz rekreacją;
- tworzenia warunków dla energetycznego, transportowego oraz rybackiego wykorzystania wód.

Instrumenty zarządzania zasobami wodnymi stanowią:

- plany gospodarki wodnej;
- pozwolenia wodnoprawne;
- opłaty i należności w gospodarce wodnej;
- kataster wodny;
- kontrola gospodarowania wodami.

Organami właściwymi w sprawach gospodarowania wodami są:

- minister właściwy do spraw gospodarki wodnej;
- Prezes Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej - jako centralny organ administracji rządowej, nadzorowany przez ministra właściwego do spraw gospodarki wodnej;

- dyrektor regionalnego zarządu gospodarki wodnej - jako organ administracji rządowej nie zespolonej, podlegający Prezesowi Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej;
- wojewoda;
- organy jednostek samorządu terytorialnego.

Podstawowym aktem prawnym regulującym zagadnienia związane z planowaniem przestrzennym jest Ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym z dnia 27 marca 2003 r.

Ustawa ta określa:

- zasady kształtowania polityki przestrzennej przez jednostki samorządu terytorialnego organy administracji rządowej;
- zakres i sposoby postępowania w sprawach przeznaczania terenów na określone cele oraz ustalania zasad ich zagospodarowania i zabudowy, przyjmując ład przestrzenny i zrównoważony rozwój za podstawę tych działań.

W planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym uwzględnia się zwłaszcza:

- wymagania ładu przestrzennego, w tym urbanistyki i architektury;
- walory architektoniczne i krajobrazowe;
- wymagania ochrony środowiska, w tym gospodarowania wodami i ochrony gruntów rolnych i leśnych;
- wymagania ochrony dziedzictwa kulturowego i zabytków oraz dóbr kultury współczesnej;
- wymagania ochrony zdrowia oraz bezpieczeństwa ludzi i mienia, a także potrzeby osób niepełnosprawnych;
- walory ekonomiczne przestrzeni;
- prawo własności;
- potrzeby obronności i bezpieczeństwa państwa;
- potrzeby interesu publicznego.

Przez „ład przestrzenny” rozumie się ukształtowanie przestrzeni, które tworzy harmonijną całość oraz uwzględnia w uporządkowanych relacjach wszelkie uwarunkowania i wymagania funkcjonalne, społeczno-gospodarcze, środowiskowe, kulturowe i kompozycyjno-estetyczne.

Przez „rozwój zrównoważony” rozumie się rozwój społeczno-gospodarczy, w którym następuje proces integrowania działań politycznych, gospodarczych i społecznych, z zachowaniem równowagi przyrodniczej oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych, w celu zagwarantowania możliwości zaspokajania podstawowych potrzeb poszczególnych społeczności lub obywateli zarówno współczesnego pokolenia, jak i przyszłych pokoleń.

Jak mówi art. 4 w/w ustawy, ustalenie przeznaczenia terenu, rozmieszczenie inwestycji celu publicznego oraz określenie sposobów zagospodarowania i warunków zabudowy terenu następuje w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego.

W przypadku braku planu miejscowego zagospodarowania przestrzennego określenie sposobów zagospodarowania i warunków zabudowy terenu następuje w drodze decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu, przy czym:

- lokalizację inwestycji celu publicznego ustala się w drodze decyzji o lokalizacji inwestycji celu publicznego;
- sposób zagospodarowania terenu i warunki zabudowy dla innych inwestycji ustala się w drodze decyzji o warunkach zabudowy.

W odniesieniu do terenów zamkniętych w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego ustala się tylko granice tych terenów oraz granice ich stref ochronnych. W strefach ochronnych ustala się ograniczenia w zagospodarowaniu korzystaniu z terenów, w tym zakaz zabudowy.

3. Położenie geograficzne.

Zbiornik retencyjny „JEZIORSKO” (pow. do 4230 ha) zlokalizowany jest w dolinie Warty, pomiędzy miejscowością Skęczniew w województwie wielkopolskim, a miastem Warta w województwie łódzkim. Wyznaczają go współrzędne geograficzne: 18°38'10" - 18°41'10"E i 51°42'30" - 51°47'40"N

Zbiornik „JEZIORSKO” położony jest na rzece Warta, znajduje się w jej środkowym biegu, od 484 do 504 km. Utworzono go w wyniku przegrodzenia doliny rzeki i spiętrzenia jej wód na 483,4 km /linia Skęczniew - Łyszkowice, sięga miasta Warta/.

4. Charakterystyka środowiska naturalnego.

4.1 Rzeźba terenu.

Współczesna rzeźba terenu uformowała się w wyniku oddziaływania złożonych czynników, z których największą rolę odegrało zlodowacenie Warty. Zasadniczymi elementami morfologii terenu są:

- południowo przebiegająca dolina Warty przekształcona poprzez budowę zbiornika „Jeziorsko” wraz z siecią dolin rzek stanowiących jej dopływy;
- równiny wysoczyzny polodowcowej z przeważającym udziałem gliny zwałowej;
- misy wytopiskowe i zagłębienia bezodpływowe włączone w sieć dolin wypełnione piaskiem i torfem.

Wysoczyzny Turecka, Łaska i Złoczowska są moreną denną o charakterze płaskiej lub falistej równiny. Między doliną dzisiejszej Warty i plejstocenijskiej pra-Warty wykorzystywaną przez Pichnę pod Glinem, Brzegiem i Brodnią zachowały się kępy wysoczyzny glacialnej. Elementem krajobrazu naturalnego Kotliny Sieradzkiej są dwa poziomy terasowe: niższy madowy holocenijski zajęty przeważnie przez łąki i użytki zielone i wyższy piaszczysty plejstocenijski, przeważnie zalesiony, częściowo użytkowany rolniczo.

4.2 Budowa geologiczna.

Najstarszymi osadami stwierdzonymi w otworach wiertniczych są utwory kredy górnej, należące stratygraficznie do mastrychtu, wykształcone w facji węglanowo - marglistej. Całkowita miąższość tych utworów nie jest rozpoznana otworowo. Przepuszczalnie wynosi ona ok. 120 m. Utwory mastrychtu stanowią stropową część miąższych utworów mezozoiku budujących podłoże niecki łódzkiej. Występujące w zaleganiu stropu kredy deniwelacje sięgają 50 m i mają charakter tektoniczno – erozyjny.

Dolina Warty i częściowo Teleszyny posiadają założenia tektoniczno – erozyjne. Strop utworów kredy w dolinie Warty oraz obniżeniu tektonicznym ciągnącym się od miejscowości Warta w kierunku północnym ku miejscowościom Grzybki, Kolonia Socha, Żerechów występuje na rzędnych około 50 m n.p.m. Najwyższe występowanie utworów w mezozoiku tj. na rzędnej około 15 m n.p.m. stwierdzono w miejscowości Pęczniew, Wylazłów, Maszew, Łyszkowice – Siedlątków, Piekary i Rudniki.

W Nowej Dąbrowie i Pęczniewie tj. w dolinie Pichny, wapienne utwory mastrychtu występują na głębokości 0,5 – 3,4 m p.p.t. Nieco głębiej, bo na głębokościach 12-16 m utwory te nawiercono w rejonie Wylazłowa, Kolonii Kraczyнки, Łyszkowic i Piekar. Również dość wysokie występowanie utworów kredy, bo już na głębokości 24 – 27 m p.p.t. stwierdza się w rejonie Ostrowa Warckiego, Miłkowic, Włynia, Dzierżąznej i Kolonii Glinno. Najniższe zaleganie utworów kredy ma miejsce na linii miejscowości Grzybki – Socha – Żerechów w zachodniej części opracowania, gdzie utwory kredy występują pod osadami trzeciorzędu oraz po wschodniej stronie zbiornika Jeziorsko w rejonie Luboli – Brodni i Brzegu. Utwory kredy występują tu na głębokości około 60 m pod zwartym kompleksem glin środkowopolskich.

Utwory trzeciorzędu występują generalnie na zachód od linii Warta – Grzybki. Strop tych utworów zalega na rzędnej 80 m n.p.m. Są to mioceńskie piaski i mułki z węglem brunatnym, określane mianem warstw środkowopolskich oraz szaroniebieskie ropy i mułki i ropy piaszczyste zaliczane do tzw. warstw poznańskich. W rozmieszczeniu poziomym rysuje się tendencja do redukcji warstw poznańskich w kierunku północnym i północno – wschodnim, (co ma wpływ na izolację poziomą

wodonośnego w utworach górnej kredy). Miąższość osadów trzeciorzędowych wynosi maksymalnie 40 – 50 m.

Utwory czwartorzędu pokrywają omawiany teren w całości. W zależności od ukształtowania stropu podłoża kredowego i trzeciorzędowego miąższość tych utworów waha się od 3 do 12 m w rejonie wyniesienia stropu kredy do 60 m; najczęściej wynosi ona od 30 do 60 m. Generalnie miąższość utworów czwartorzędu jest zredukowana w rejonie Pęczniewa, Wylazłowa, Popowa oraz zapory rzeki Teleszyny. Najwyższe miąższości utworów czwartorzędowych (60 m) występują na wysoczyźnie po obu stronach zbiornika. Osady te związane są ze zlodowaczeniami południowo- i środkowopolskimi oraz w niewielkim stopniu z osadami interglacjału wielkiego i emskiego. Osady zlodowaczenia południowo - polskiego znane są tylko z wierceń w rejonie Żerechowa i Kolonii Sochy. Zlodowaczenia środkowo – polskie reprezentowane są przez osady piaszczysto – gliniaste zlodowaczenia Odry i Warty. Utwory powierzchniowe i morfologia terenu ukształtowane zostały całkowicie podczas recesji lądolodu Warty. I tak na przykład piaski i żwiry wodnolodowcowe okresu warciańskiego o miąższości do 20 m stanowią wypełnienie doliny Teleszyny, piaski i żwiry moren czołowych rejonu Warta – Bartochów wyznaczające linię recesji lądolodu warciańskiego, stanowią kompleks utworów tworzących złożę bilansowe „Małków”.

Utwory piaszczysto – żwirowe wodnolodowcowe formujące równinę sandrową w rejonie Rossoszycy oraz utwory rzeczne pra – Warty tworzą rozległy poziom wodonośny w utworach czwartorzędu w południowo – wschodniej części terenu. Najmłodsze utwory czwartorzędowe holoceniowe wypełniają dolinę Warty i doliny mniejszych cieków. Reprezentowane są przez piaski rzeczne, mady, łąy i torfy. W dolinie Warty taras zalewowy budują piaski drobne i średnie oraz żwiry frakcji korytovej, przykryte nieciągłą warstwą gruntów powodziowych – mad piaszczystych i gliniastych. Taras nadzalewowy Warty tworzą piaski średnie i drobne o miąższości ok. 20 m z okresu zlodowaczenia północno – polskiego. Taras ten nadbudowują piaski eoliczne z zespołami wydym (Włyń, Dzierżazna). W obrębie czaszy zbiornika osady aluwialne piaszczysto – żwirowe podścielone są lokalnie warstwą gliny o miąższości od kilku do kilkunastu metrów, stanowiącą naturalne uszczelnienie dna zbiornika. Warstwa ta nie tworzy ciągłej pokrywy nieprzepuszczalnej na całym obszarze czaszy zbiornika. Brak tych utworów pod korpusem zapory czołowej w środkowej jej części, a w rejonie zapory bocznej Pichny oraz Teleszyny występują

one w formie płatów (szczególnie Pichny). W dolnej części zbiornika przyczółki zapory posiadają naturalne uszczelnienie przez grunty spoiste (gliny o znacznej miąższości). Obserwujemy ponadto redukcję utworów czwartorzędowych w wyniku wysokiego zalegania utworów podłoża mezozoicznego, określoną zarówno w wartościach bezwzględnych tj. w m n.p.m. jak i wartościach w stosunku do poziomu terenu. Zaleganie tu piaszczysto – żwirowych utworów aluwialnych, a więc przepuszczalnych bezpośrednio na płytko występujących utworach szczelinowych kredy górnej (marglach piaszczystych, wapieniach piaszczystych, gezach piaszczystych) stwarza problemy w zakresie utrzymania szczelności zbiornika.

4.3 Wody podziemne.

Na omawianym terenie występują wody podziemne w utworach *czwartorzędu, trzeciorzędu i kredy górnej*.

Wody podziemne w utworach *czwartorzędu* występują na znacznej części obszaru. Brak utworów wodonośnych *czwartorzędu* występują w rejonie wysokiego zalegania podłoża mezozoicznego tj. w rejonie Dąbrowy, Pęczniewa, Popowa i Wylazłowa na prawym brzegu zbiornika oraz Maszewa na lewym brzegu, a także w niektórych częściach wysoczyzny, gdzie w profilu dominują utwory nieprzepuszczalne np. w rejonie Luboli, Brodni, Ustkowa, Kaszewa, Małkowa oraz Woli Piekarskiej.

Poziom wodonośny *czwartorzędu* występuje w trzech rejonach:

- na obszarze współczesnych dolin: w dolinie Warty, Teleszyny i częściowo Pichny;

Rejon współczesnych dolin rzecznych, charakteryzuje się stosunkowo mało skomplikowanymi warunkami hydrogeologicznymi, gdyż występuje tu ciągłość warstw wodonośnych, przeważnie o swobodnym płytko zalegającym lustrze wody. Kolektor stanowią utwory aluwialne, na które składają się piaski drobne i średnioziarniste, żwiry i pospółki. Występujące tu mady i namuły mogą powodować lokalne napięcie wód. Miąższość utworów wodonośnych w dolinie Warty wynosi ok. 20 – 30 m, maksymalnie 50 m w części północnej.

Utwory wodonośne czwartorzędu w dolinie Warty w rejonie miejscowości Warta przez strefę uskokuwą łączą się z poziomem wodonośnym trzeciorzędu i kredy górnej. Istnieje również kontakt hydrauliczny pomiędzy utworami wodonośnymi czwartorzędu i kredy górnej w granicach dawnego koryta rzeki Warty i jej tarasów zalewowych, a więc w granicach czaszy zbiornika Jeziorsko, lokalnie zaś na terenie miasta Warta tj. w dolinie Warty powyżej zbiornika oraz na obszarze na wschód od miejscowości Włyń.

Zasilanie poziomu wodonośnego w utworach czwartorzędu odbywa się przez infiltrację wód opadowych i powierzchniowych oraz dopływ podziemny z obszarów otaczających wysoczyznę. Pierwszy sposób zasilania jest najlepszy przy wysokich stanach wód powierzchniowych, przy jednoczesnym przyhamowaniu dopływu podziemnego. Przy niskich stanach wód uruchamiany jest zwiększony dopływ podziemny. Z tych względów poziom wodonośny w obrębie dolin rzecznych takich jak Warta, wyróżnia się dużą odnawialnością zasobów. Warta w naturalnych warunkach przed spiętrzeniem w zbiorniku retencyjnym była podstawową i stałą bazą drenażu wód z wysoczyzn oraz z części doliny Teleszyny przylegającej do krawędzi wysoczyzny od strony Miłkowic. Przy wysokich stanach wód, a więc na skutek piętrzenia wód w zbiorniku następuje zjawisko odwrócenia kierunku przepływu wód podziemnych. Na stany wód podziemnych w utworach czwartorzędu w rejonie zbiornika Jeziorsko wpływają, oprócz opadów atmosferycznych i zasilania podziemnego naturalnego, dodatkowo stany wód określone w zbiorniku retencyjnym oraz system melioracyjny.

- na obszarze dawnych dolin rzecznych;

Rejon dawnej doliny Warty, tj. obszar występujący w południowo – wschodniej części, zawarty jest pomiędzy współczesną doliną Warty i Pichny. Kontaktuje się on bezpośrednio z tarasami nadzalewowymi Warty. Lustro wody ma charakter swobodny, a przepływ odbywa się w kierunku dolin rzecznych zgodnie z nachyleniem powierzchni morfologicznej. Miąższość utworów wodonośnych może wynosić tu 30 - 50 m, współczynnik filtracji określa się na około 0,00012 – 0,00027 m/s, zaś potencjalna wydajność studni na obszarze może wynosić 30 – 70 m³/h. Na obszarze tym zaznacza się kontakt hydrauliczny utworów wodonośnych czwartorzędu i kredy. Jest to rejon słabo rozpoznany wierceniami. Eksploatowany jest kilkoma płytkimi

studniami należącymi do użytkowników prywatnych oraz jednym ujęciem wodociągowym w miejscowości Skęczno – Piła, zaopatrującym w wodę miejscowości Skęczno – Piłę, Grabinę i Ralewice, na terenie gminy Zadziny oraz Rożdżały w gminie Warta.

- na obszarze wysoczyzn polodowcowych (np. rejon Cielce, Wola Zadąbrowska, Strachanów, Jeziorsko, Miłkowice).

Na wysoczyznach morenowych występuje poziom wodonośny związany z wodnolodowcowymi osadami piaszczysto – żwirowymi, leżącymi między lub pod glinami morenowymi. Poziom ten ma charakter nieciągły i charakteryzuje się zmienną głębokością występowania warstwy wodonośnej średnio w granicach 15 – 35 m. Eksploatowany był przez kilkanaście studni wierconych zlokalizowanych głównie wzdłuż zbiornika (obecnie nieczynnych).

Miąższość utworów wodonośnych w obrębie tego poziomu waha się od 5 do 10 m. Współczynnik filtracji najczęściej wynosi od 7 do $18 \cdot 10^{-5}$ m/s (6-16 m/24h). Zwierciadło wody jest napięte. Wydajności studni wierconych uzyskane w trakcie próbnych pompowań zależne od potrzeb użytkowników wynoszą od 2,0 do 32,2 m³/h, średnio do 6 m³/h. Potencjalna wydajność studni wierconych waha się od 10 do 30 m³/h. Poziomu tego nie ujmuje żadne ujęcie wodociągowe.

Zasoby odnawialne piętra czwartorzędowego określone metodą badań modelowych wahają się w granicach 93 – 157 m³/24 h km² w zależności od warunków infiltracji. Zasoby dyspozycyjne ocenia się w ilości od 70 do 75% zasobów odnawialnych. Kierunek spływu wód czwartorzędowych nawiązuje do morfologii terenu. Główną bazą drenażu jest rzeka Warta.

Trzeciorzędowy poziom wodonośny tworzą drobnoziarniste piaski o zróżnicowanej miąższości i zasięgu ograniczonym do obszaru występowania utworów mioceńskich.

Zawodnione piaski i mułki z węglami brunatnymi wypełniają zagłębienia tektoniczne lub erozyjne w stropie utworów kredy.

Poziom tych wód ujmowany jest zaledwie dwiema studniami wierconymi, w tym ujęciem wodociągowym dla wsi Grzybki o wydajności $Q = 80$ m³/h przy depresji

$S = 120$ m (nieczynnym obecnie). Współczynnik filtracji warstwy wodonośnej wynosi $6 - 9 \cdot 10^{-5}$ m/s ($5 - 8$ m/24h). Zwierciadło wody jest napięte, warstwę wodonośną nawiercono na głębokości 33,61 m. W rejonie miejscowości Warta, w rowie tektonicznym, poziom trzeciorzędowy kontaktuje się hydraulicznie z poziomem czwartorzędowym i górnokredowym. Podobnie zjawisko w utworach trzeciorzędu i czwartorzędu istnieje w rejonie miejscowości Socha i Żerechów. Nie zostało to jednak potwierdzone otworami studziennymi. Kierunek spływu wód trzeciorzędowych nawiązuje do regionalnego spływu wód w utworach mezozoicznych.

Górnokredowy poziom wodonośny typu szczelinowo-porowego występuje w spękaniach wapiennych, marglach i opokach mastrychtu. Według mapy obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony, północna część omawianego terenu obejmuje zbiornik wód w tych utworach. Jest to zbiornik „Turek – Konin – Koło”.

Kompleksy osadów trzeciorzędowych i czwartorzędowych przykrywających mezozoik sprawiają, że wody tego poziomu mają charakter wód naporowych. Jedynie w strefach bezpośredniego kontaktu z wodami czwartorzędowymi w dolinie Warty i Pichny występują wody o zwierciadle swobodnym.

Zawodnione piaszczysto – żwirowe utwory czwartorzędu wraz z zalegającymi pod nimi szczelinowymi utworami kredy górnej tworzą wspólny poziom wodonośny.

Parametry tego poziomu rozpoznano licznymi otworami badawczymi i piezometrami podczas budowy zbiornika Jeziorsko i w trakcie jego eksploatacji.

Zwierciadło wody poziomu górnokredowego stabilizuje się przeważnie w granicach 0 – 3 m poniżej zwierciadła poziomu czwartorzędowego. W rejonie kontaktów hydraulicznych ciśnienia obu poziomów wyrównują się w sposób naturalny. Dolina Warty stanowi podstawę drenażu wód podziemnych od strony sąsiadujących wysoczyzn. Przepływ wód odbywał się zgodnie z nachyleniem terenu.

W obszarze płytkiego zalegania utworów mezozoicznych w północno – wschodniej części, poziom górnokredowy zasilany jest bezpośrednio z zawodnionych utworów czwartorzędowych, a na pozostałym obszarze przez przesączenie wód z nadległych poziomów kenozoicznych. Proces zasilania intensyfikowany jest dodatkowo poprzez spiętrzenie wód Warty w zbiorniku retencyjnym Jeziorsko. W wyniku eksploatacji zbiornika nastąpiła zmiana naturalnych warunków krążenia wód podziemnych w tym rejonie.

Maksymalne piętrzenie wody w zbiorniku do rzędnej 121,50 m n.p.m. powoduje podpiętrzenie wód podziemnych spływających od strony wysoczyzn, a także odwrócenie kierunku przepływu wód podziemnych, który w warunkach naturalnych jak przedstawiono powyżej odbywał się w kierunku Warty. Oddziaływanie zbiornika stwierdzono na znaczne odległości do 4 km, szczególnie w strefie czołowej zbiornika.

4.4 Wody powierzchniowe.

Sieć rzeczną tworzy Warta – prawobrzeżny dopływ Odry II rzędu. Prawobrzeżne dopływy Warty to: Pichna z Brodnią, Jadwichną i Urszulanką, dopływ III rzędu, Niniwka i Mazur dopływy III rzędu. Lewobrzeżne dopływy to Teleszyna, bezimienne cieki spod Strachanowa i Cielec, Struga Spicymierska oraz Potok Niemiecki (Rów Zborowski) i Starorzecze Niemieckie. Zbiorniki powierzchniowe sztuczne oprócz zbiornika Jeziorsko na Warcie to stawy rybne w Pęczniewie na Pichnie. Naturalnymi zbiornikami są niewielkie jeziora występujące na zabagnionych terenach we wschodniej części omawianego regionu: Wrzosa – Ługi, Ługi pod Glinem i Jadwichną, staw pod Ferdynadowem. Częściowo sztuczny charakter mają starorzecza odcięte w wyniku regulacji koryta Warty w rejonie Skęczniewa, Nerek i Piekar.

Dla uniknięcia zalania dolin wykonano zapory boczne przy ujściu prawobrzeżnej Pichny i lewobrzeżnej Teleszyny. Wybudowano również zapory cofkowe: prawo i lewobrzeżne. W wyniku obwałowań bocznych i cofkowych powstały obszary depresyjne, które są sztucznie odwadniane. W ramach prac regulacyjnych przeniesiono koryta Pichny i Urszulanki oraz kanał Teleszyny, którym woda z pompowni „Miłkowice” odprowadzana jest do elektrowni Adamów koło Turka.

4.5 Jakość wód powierzchniowych płynących.

Działania Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Łodzi, mające na celu określenie składu jakościowego powierzchniowych wód płynących w zlewni zbiornika Jeziorsko.

Oceny dokonano w oparciu o 4 punkty kontrolno-pomiarowe regionalnej i krajowej sieci monitoringu:

- na rzece Warcie – powyżej zbiornika Jeziorsko (1 punkt);
- na rzece Warcie – powyżej zbiornika Jeziorsko (2 punkty);

- na rzece Pichnie – most Lubola w Pęczniewie.

Punkty na odpływie ze zbiornika zlokalizowane są: bezpośrednio poniżej zapory czołowej oraz w miejscowości Księżę Młyny. Punkt w Księżych Młynach stanowi punkt pomiarowo-kontrolny sieci monitoringu krajowego.

Poborów wody do badań dokonywano z częstotliwością jeden raz w miesiącu. Ogólną ocenę jakości wód przeprowadzono według obowiązującej do końca 2002 roku trzystopniowej skali klasyfikacyjnej, zawartej w *Rozporządzeniu Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991 r. w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub ziemi* (Dz. U. Nr 116, poz. 503).

Z dniem 18 lipca 2002 r. zaczęła obowiązywać ustawa Prawo Wodne (Dz. U. 2001 Nr 115, poz. 1229 z późniejszymi zmianami), wprowadzająca w ocenie wód nowe pojęcie „dobrego stanu ekologicznego”.

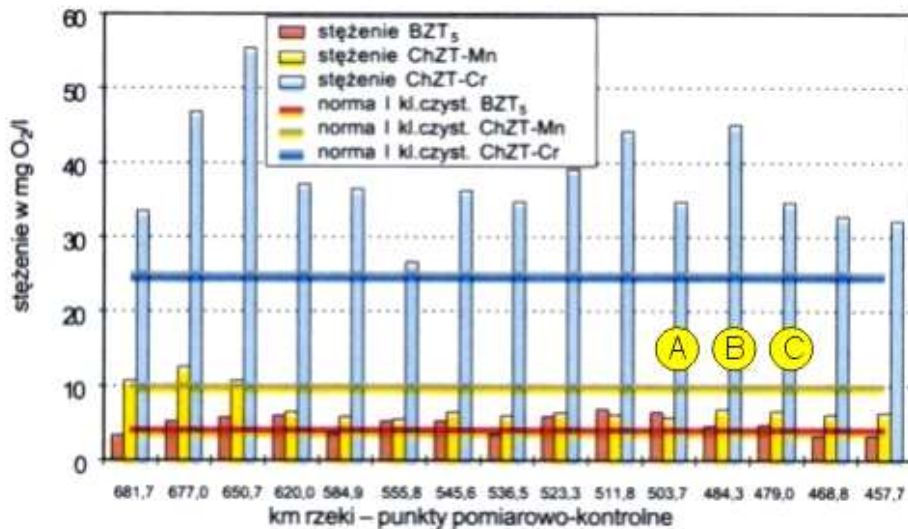
O przynależności do odpowiedniej klasy czystości decydował najbardziej niekorzystny wskaźnik.

Wody, których parametry przekraczały wielkości dopuszczalne w najniższej – III klasie czystości określano jako pozaklasowe, nieodpowiadające normom.

Jakość fizyko-chemiczna wody w Warcie powyżej zbiornika Jeziorsko spełniała wymogi klasy II, a pozaklasowa ocena rzeki spowodowana była tylko zanieczyszczeniem mikrobiologicznym. Pogorszenie tej jakości w postaci około dwukrotnego wzrostu stężenia fosforu ogólnego (P_{og}) oraz fosforanów (PO_3) wystąpiło w profilu kontrolno-pomiarowym bezpośrednio poniżej zbiornika Jeziorsko. W stosunku do obowiązujących norm dla wód I klasy czystości, stężenie fosforu ogólnego i fosforanów wzrosło pod wpływem oddziaływania zbiornika od wartości dwukrotnie przekraczającej tę normę do wartości przekraczającej ją ponad czterokrotnie. Poziom fosforu ogólnego w dalszym profilu zbiornika (punkt kontrolno-pomiarowy Księżę Młyny) ustabilizował się na poziomie zarejestrowanym w odcinku przed zbiornikiem, natomiast wyraźne zwiększenie stężenia fosforanów obserwowane jest w znacznie dalszej odległości.

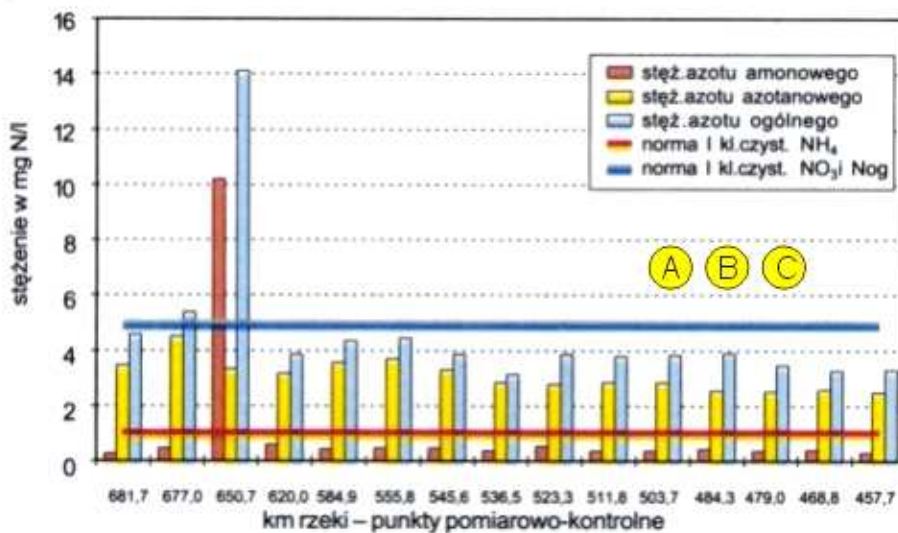
Na odcinkach pomiarowych przed i za zbiornikiem Jeziorsko nie stwierdzono znaczącej zmienności stężeń BZT₅, ChZT-Mn, azotu amonowego, azotu azotanowego i azotu ogólnego. W profilu pomiarowym bezpośrednio poniżej

zbiornika Jeziorsko obserwowany był wzrost zawartości ChZT-Cr o około 40% w stosunku do punktów pomiarowych Warta (przed zbiornikiem) i Księżę Młyny (poniżej zbiornika).



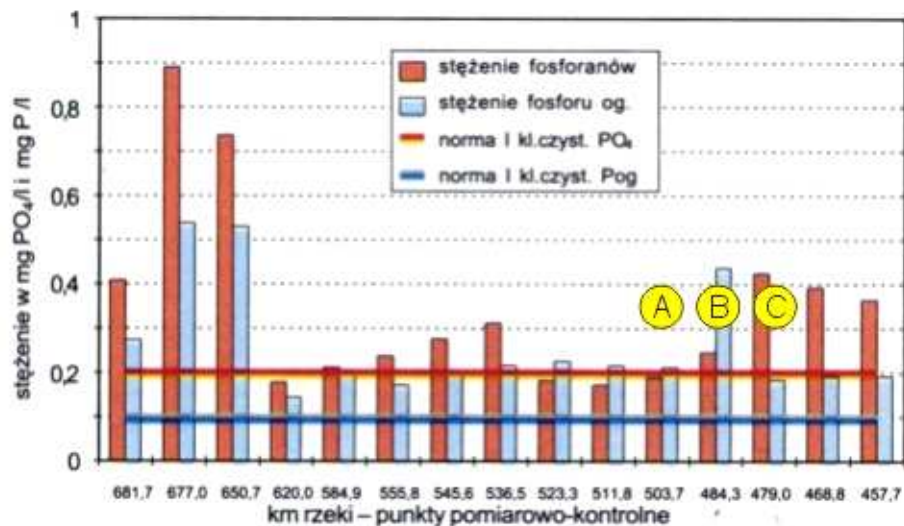
A – Warta (powyżej zbiornika); B – poniżej zb. Jeziorsko (bezpośrednio przy zaporze);
C – Księżę Młyny (poniżej zbiornika)

Wykres 1. Zmiany stężeń wskaźników tlenochłonnych wzdłuż Warty w 2003 roku.



A – Warta (powyżej zbiornika); B – poniżej zb. Jeziorsko (bezpośrednio przy zaporze);
C – Księżę Młyny (poniżej zbiornika)

Wykres 2. Zmiany stężeń związków azotowych wzdłuż Warty w 2003 roku



A – Warta (powyżej zbiornika); B – poniżej zb. Jeziorsko (bezpośrednio przy zaporze);
C – Księżę Młyny (poniżej zbiornika)

Wykres 3. Zmiany stężeń związków fosforowych wzdłuż Warty w 2003 roku

Do rzek o najgorszych parametrach jakościowych wody w zlewni Warty zaliczono w 2003 roku rzekę Pichnę, zasilającą zbiornik Jeziorsko od strony wschodniej. Już w pierwszym punkcie kontrolnym na rzece, zlokalizowanym powyżej wylotu ścieków z miejskiej oczyszczalni ścieków w Zduńskiej Woli, pozaklasowe wartości przyjmowało 12 wskaźników (przewodnictwo elektryczne, O₂, BZT₅, ChZT-Cr, zawiesiny, substancje rozpuszczone, NH₄, NO₂, N_{og}, PO₄, P_{og}, fekalne miano Coli). Na dalszym odcinku rzekę obciążały ścieki z Oczyszczalni MPWiK w Zduńskiej Woli, ścieki z elektrociepłowni Zduńska Wola, z Zakładów „Zwoltext” oraz z Janiszewic, powodując utrzymanie się ponadnormatywnego zanieczyszczenia w zakresie substancji mineralnych, organicznych, biogennych i mikrobiologicznych. Skład jakościowy wody określony w ostatnim profilu kontrolnym (Boczki Stare) wskazuje, że rzeka na ponad 10-kilometrowym odcinku nie zdołała przetworzyć zbyt dużego ładunku wprowadzanych zanieczyszczeń i w dalszym ciągu zawyżone stężenia przyjmowało 5 wskaźników (przewodnictwo elektryczne, NH₄, NO₂, PO₄, P_{og}, fekalne miano Coli). W strefie wpływu rzeki do zbiornika Jeziorsko (kolejne 15 kilometrów niżej) wody Pichny są nadal znacznie skażone; tym bardziej, iż poprzez kolejne dopływy (Szadkówka, Brodnia) wprowadzane są kolejne zanieczyszczenia (m.in. z oczyszczalni ścieków w Szadku). Jakość wód w Pichnie nie odpowiadała normom ze względu na przekroczone wartości fosforanów (nowe koryto), fosforu ogólnego i miano Coli (stare i nowe koryto). W III klasie czystości

były: rtęć (stare koryto) oraz fosforany i przewodnictwo właściwe (stare i nowe koryto).

Nr ppk	Nazwa rzeki	Lokalizacja profilu Pomiarowo-kontrolnego	Km rzeki	Klasa czystości stwierdzona	Wskaźniki decydujące o klasie czystości
W7 W8 KW10	Warta	Warta Poniżej Zb. Jeziorsko Księżę Młyny	503,7 484,3 479,0	non non non	Chlorofil „a”, miano Coli P _{og}
W20	Pichna - nowe koryto	Most Lubola – Pęczniew	1,4	non	NO ₂ , PO ₄ , P _{og} , miano Coli

Tabela 1. Klasyfikacja wód rzek zlewni Warty w kontrolowanych profilach pomiarowo-kontrolnych

Nazwa rzeki	Profil pomiarowo-kontrolny	Klasa czystości wymagana	Klasa czystości wg. Grup zanieczyszczeń							Klasyf. ogólna
			Sub. org.	Sub. miner.	Sub. biogen.	Sub. specyf.	Zawiesiny	Miano Coli	Hydrobiolog.	
Warta	Warta	I	II	I	II	-	II	non	non	non
	Poniżej Zb. Jeziorsko	I	II	I	non	-	II	non	II	non
	Księżę Młyny	I	II	I	II	-	II	non	II	non
Pichna - nowe koryto	Most Lubola – Pęczniew	II	II	III	non	-	II	non	II	non

Tabela 2. Ocena składu jakościowego rzek zlewni Warty w poszczególnych grupach zanieczyszczeń

4.7 Jakość wody w zbiorniku „Jeziorsko”.

Jakość wody w zbiorniku kształtuje się w zależności od stanu zanieczyszczenia dopływających wód, pory roku, opadów atmosferycznych, aktualnego stanu spiętrzenia, części zbiornika, a także oznaczanych parametrów. Stwierdzenie wartości większości oznaczonych wskaźników jakości wody zbiornika na przestrzeni lat, świadczą o przyspieszonej jego eutrofizacji. Jest on bardzo zasobny w pierwiastki biogenne - azot i fosfor, które decydują o jego żyzności. Efektem występowania w zbiorniku Jeziorsko dużych koncentracji związków azotowych i fosforowych jest powstawanie zakwitów wody, często obserwowane zwłaszcza w okresach letnich.

W zależności od pory roku, w wodzie występują zarówno sinice, zielenice oraz okrzemki. Najczęściej rozwijają się masowo sinice i nitkowate, które latem nadają wodzie niebieskawe - zielonkawe zabarwienie. Obficie występują również organizmy zwierzęce, wśród których dominują wrotki.

Nie bez znaczenia pozostają stwierdzone w powyższych stężeniach i niekiedy przekraczających wartości normatywne, metale ciężkie (kadm, cynk, miedź, ołów). Zauważa się wyraźną tendencję wzrostową w przypadku występowania zawartości kadmu, cynku, ołowiu, jak i miedzi. Ponadto w wodzie zbiornika wykrywane są takie związki, jak fenole lotne, których wartości stwierdzone w latach 1995 - 1996 mieściły się w II klasie, a detergenty i ekstrakty eterowe w nieco podwyższonych ilościach, ale nieprzekraczających normatywów przewidzianych dla I klasy czystości wód.

Zanieczyszczenie zbiornika tymi związkami można łączyć z wpływem wód Warty i Pichny, jak i spływami obszarowymi.

Czystość wód zbiornika pod względem sanitarnym jest również niezadowalająca. Wartości miana coli typu kałowego mieszczą się na ogół w zakresie II - III klasy czystości. Natomiast wody dopływu pod względem tego wskaźnika są często pozaklasowe.

Jeziorsko jest zbiornikiem bardzo podatnym na wpływy z zewnątrz, a wskazują na to jego cechy, takie jak: mała średnia głębokość, wysoka wartość stosunku objętości mas wodnych do długości linii brzegowej, wysoki procent wymiany wody w ciągu roku, duża powierzchnia zlewni i jej rolnicze zagospodarowanie. Wartości ich znajdują się w większości poza III kategorią podatności na degradację. Naturalne cechy zbiornika i zanieczyszczenia dopływające z jego zlewni bezpośrednio

wpływają łącznie na niską jakość wód, a obecność źródeł punktowych w zlewni bezpośredniej determinuje stan czystości wody bez względu na warunki naturalne zbiornika i zlewni.

Źródła zanieczyszczeń, które powoduje zanieczyszczenie zbiornika to:

- ścieki z miast położonych na terenie zlewni;
- ścieki z wiejskich gospodarstw posiadających wodociągi, a pozbawionych oczyszczalni;
- wody drenażowe zapory;
- wody odwadniające ośrodek zarybieniowy w Pęczniewie;
- ścieki opadowe i spływy powierzchniowe;
- ptactwo wodne, którego odchody w istotny sposób zasilają (głównie w związku fosforu) wody zbiornika.

Jakość wszystkich dopływów zbiornika w 2003 roku nie odpowiadała normom:

- rzeka Warta – pod względem mikrobiologicznym i hydrobiologicznym (chlorofil „a”). Jakość fizyko-chemiczna określona została na poziomie klasy II;
- rzeka Pichna - (nowe koryto) – ze względu na fosforany, fosfor ogólny i miano Coli. W III klasie czystości były fosforany i przewodnictwo właściwe;
- rzeka Pichna (stare koryto) – ze względu na miano Coli i fosfor ogólny. W III klasie czystości były fosforany, przewodnictwo właściwe i rtęć;
- rzeka Niniwka – ze względu na miano Coli. Jakość fizyko-chemiczna odpowiadała III klasie (fosfor);
- rzeka Urszulanka – ze względu na miano Coli. Jakość fizyko-chemiczna na poziomie klasy III (azot azotynowy);
- Struga Mazur z Kanałem Augustynowskim – ze względu na fosfor ogólny, mangan i fekalne miano Coli.

Wody dopływów były bogate w substancje biogenne. Najwyższe stężenia związków fosforu miała w 2003 roku rzeka Pichna w nowym korycie, którym prowadzone są ścieki ze Zduńskiej Woli i Szadku. Starym korytem Pichny były również odprowadzane do zbiornika nadmierne ilości fosforu. Jest ono odbiornikiem

ścieków ze źle pracującej, przewidzianej do modernizacji oczyszczalni w Pęczniewie oraz wód spuszcanych ze stawów rybnych w Pęczniewie. Kolejnym dopływem z maksymalnymi stężeniami związków fosfory była Struga Mazur z Kanałem Augustynowskim, która odbiera ścieki z miasta Warta.

Badania zbiornika Jeziorsko w 2003 roku wykonywano w trzech stanowiskach kontrolnych:

- w części pelagialnej – Miłkowice i przy zaporze czołowej (2 punkty kontrolne);
- w części litoralnej – kąpielisko Pęczniew-Wylazłów (1 punkt).

Na podstawie 53 oznaczanych wskaźników zanieczyszczeń można stwierdzić, że:

- temperatura wody i jej odczyn w całym okresie badań spełniały wymogi określone dla klasy I. Wskaźniki te spełniały również wymogi określone dla hodowli ryb oraz wód przeznaczonych do kąpieli;
- natlenienie wody w zbiorniku spełniało wymogi klasy I w całym słupie wodnym (również w warstwie naddennej). Spełnione były wymogi określone dla wód w kąpieliskach. Wskaźnik ten nie odpowiadał jednak wymogom określonym dla hodowli ryb w 14,3 – 28,6% prób w warstwie powierzchniowej i w 42,9% prób w warstwie naddennej;
- wskaźniki zapotrzebowania tlenowego były w klasie I – II i spełniały wymogi określone dla kąpielisk i hodowli ryb;
- zawartość biogenów przedstawiała się dość korzystnie w zaliczeniu wody do klas czystości. Wskaźniki te spełniały normy klas I – II za wyjątkiem azotu azotynowego w warstwie naddennej w Miłkowicach (III klasa). Według wymogów dla kąpieli ocena była pozytywna. Pod względem przydatności do hodowli ryb zawartość azotynów dyskwalifikowała wody (nawet do hodowli ryb karpiovatych) na kąpielisku. Na pozostałych stanowiskach badawczych było nieco lepiej, ale w 42,9% prób woda była dyskwalifikowana jako siedlisko dla ryb. Kolejnym niekorzystnym wskaźnikiem dla hodowli ryb był fosfor

ogólny, którego stężenie dyskwalifikowało wody warstwy przy powierzchniowej w 14,3 – 57,1%, a w warstwie naddennej przedział ten wynosił 28,6 – 42,9%;

- zawartość oznaczanych metali ciężkich w większości badanych prób była w I klasie czystości. Jednak sporadycznie stężenia pozaklasowe przyjmowały rtęć i cynk;
- badane substancje specyficzne (fenole lotne, detergenty aminoaktywne, węglowodory aromatyczne) stwierdzano w ilościach typowych dla wód czystych;
- zanieczyszczenia mikrobiologiczne określane wartością miana Coli typu fekalnego wahały się w granicach norm klasy II – III, sporadycznie były stwierdzane wartości pozaklasowe;
- zawartość chlorofilu „a” w większości badań wahała się w przedziałach klas I – II. Najwyższe stężenia tego wskaźnika stwierdzono w czerwcu i lipcu;
- skład biocenozy sestonu wodnego przez cały okres badań odpowiadał normom klasy II;
- przezroczystość wody wahała się w granicach 1,0 – 1,8 m (najniższa była we wrześniu).

Podsumowując przedstawione wyniki badań kontrolnych należy stwierdzić, że w 2003 roku wody zbiornika Jeziorsko nie spełniały wymogów planowanej I klasy czystości w żadnym z badań. Normy klasy II spełnione były w całym zbiorniku tylko podczas badań w miesiącu kwietniu. Wody zbiornika zanieczyszczone były głównie bakteriami Coli typu fekalnego i biogenami, co świadczy o ich zanieczyszczeniu ściekami bytowymi. Jakość wód w zbiorniku nie spełnia zakładanych przy jego budowie celów – zawiera wodę nie nadającą się do rekreacji i z ograniczoną przydatnością do hodowli ryb.

Wykaz wskaźników nie spełniających warunków I klasy czystości w Zbiorniku Jeziersko:

Miesiąc Badań	Warstwa powierzchniowa			Warstwa naddenna		
	Klasa II	Klasa III	non	Klasa II	Klasa III	non
Punkt pomiarowo-kontrolny - Miłkowice						
Kwiecień	BZT ₅ , detergenty anionowe, saprobowość sestonu,	-	-	detergenty anionowe, saprobowość sestonu, miano Coli	-	-
Maj	miano Coli BZT ₅ , ChZT-Cr, azot azotynowy, rtęć, chlorofil „a”,	miano Coli	-	BZT ₅ , ChZT-Cr, chlorofil „a”, saprobowość sestonu	azot azotyn. miano Coli	rtęć
Czerwiec	saprobowość sestonu BZT ₅ , ChZT-Mn, ChZT-Cr, fosfor ogólny, fosforany, rtęć,	miano Coli	chlorofil „a”	ChZT-Cr, fosfor ogólny, fosforany, saprobowość sestonu	miano Coli	-
Lipiec	saprobowość sestonu BZT ₅ , ChZT-Cr, fosfor ogólny, fosforany, chlorofil „a”,	-	miano Coli	ChZT-Cr, fosfor ogólny, mangan, chlorofil „a”, saprobowość sestonu	miano Coli	-
Sierpień	saprobowość sestonu ChZT-Cr, fosfor ogólny, fosforany, mangan, fenole lotne,	-	-	ChZT-Cr, fosforany, fosfor ogólny, mangan, saprobowość sestonu, miano Coli	-	-
Wrzesień	saprobowość sestonu, miano Coli mangan, saprobowość	-	cynk	BZT ₅ , mangan, saprobowość sestonu, miano Coli	-	cynk
Październik	sestonu, miano Coli mangan, fosfor ogólny, saprobowość sestonu, miano Coli	-	-	ChZT-Cr, mangan, rtęć, saprobowość sestonu, miano Coli	-	-
Punkt pomiarowo-kontrolny – powyżej zapory						
Kwiecień	BZT ₅ , azot azotynowy, saprobowość sestonu, miano Coli	-	-	BZT ₅ , mangan, saprobowość sestonu	-	-
Maj	ChZT-Cr, azot azotynowy, fenole lotne, rtęć,	miano Coli	-	ChZT-Cr, azot azotynowy, fenole lotne, rtęć, saprobowość sestonu	miano Coli	-
Czerwiec	saprobowość sestonu BZT ₅ , ChZT-Cr, fosfor ogólny, fosforany, mangan, saprobowość sestonu	miano Coli chlorofil „a”	-	ChZT-Cr, fosfor ogólny, fosforany, saprobowość sestonu	miano Coli	-
Lipiec	ChZT-Cr, fosfor ogólny, fosforany, chlorofil „a”, saprobowość sestonu	-	miano coli	ChZT-Cr, fosfor ogólny, fosforany, saprobowość sestonu	-	miano Coli
Sierpień	ChZT-Cr, fosfor ogólny, fosforany, fenole lotne, saprobowość sestonu, miano Coli	-	-	ChZT-Cr, fosforany, fosfor ogólny, saprobowość sestonu, miano Coli	-	-
Wrzesień	ChZT-Cr, mangan, chlorofil „a”, saprobowość sestonu, miano Coli	-	-	ChZT-Cr, mangan, saprobowość sestonu	miano Coli	-
Październik	ChZT-Cr, saprobowość sestonu, miano Coli	-	-	ChZT-Cr, fosfor ogólny, mangan, saprobowość sestonu	miano Coli	-

Punkt pomiarowo-kontrolny – Pęczniew kąpielisko			
Kwiecień	BZT ₅ , ChZT-Cr, fenole, detergenty, azot azotynowy, saprobowość sestonu, miano Coli	miano Coli	-
Maj	ChZT-Cr, fenole lotne, saprobowość sestonu	miano Coli	-
Czerwiec	ChZT-Cr, fosfor ogólny, chlorofil „a”, saprobowość sestonu	miano Coli	-
Lipiec	BZT ₅ , ChZT-Cr, fosfor ogólny, fosforany, saprobowość sestonu	-	m. Coli chlorofil „a”
Sierpień	BZT ₅ , ChZT-Mn, ChZT-Cr, fosfor ogólny, mangan, saprobowość sestonu	miano Coli	-
Wrzesień	mangan, saprobowość sestonu	miano Coli	-
Październik	BZT ₅ , ChZT-Cr, fosfor ogólny, fosforany, zawiesina ogólna, mangan, saprobowość sestonu,	miano Coli	-

Tabela 3. Wykaz wskaźników nie spełniających warunków I klasy czystości w Zbiorniku Jeziorsko

5. Charakterystyka zbiornika wodnego „Jeziorsko”.

5.1 Parametry zbiornika.

Zbiornik Jeziorsko usytuowany jest na rzece Warcie między 503,8 km jej biegu (most w Warcie) a 484,3 km (zapora czołowa).

Dane techniczne Zbiornika Jeziorsko:

Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Poziom piętrzenia w m n.p.m.	
			min 116,0	max 121,5
1	Pojemność całkowita	mln m ³	30,2	202,8
2	Pojemność użytkowa	mln m ³	-	172,6
3	Powierzchnia zalewu	km ²	17,6	42,3
4	Głębokość	m	4,0	do 10,5
5	Wysokość spiętrzenia przy zaporze czołowej	m	4,0	10,5
6	Długość zbiornika	km	7,0	16,3
7	Szerokość zbiornika	km	1,8+3,0	1,8+3,5

Tabela 4. Dane techniczne zbiornika Jeziorsko

5.2 Funkcje zbiornika wodnego „Jeziorsko”.

Zbiornik Jeziorsko został oddany do eksploatacji 20 września 1986 r., wtedy przekazano oficjalnie do użytku zaporę czołową oraz zapory boczne na dopływach Warty: Teleszynie i Pilchnie. Pod zalew przeznaczono tereny pomiędzy wsią Skęczniew a miastem Warta, czyli między 484 a 504 km biegu rzeki Warty. Lustro wody Jeziorska przy stanie maksymalnym obejmuje powierzchnię 42,3 km². Długość zbiornika wynosi 16,3 km, szerokość 1,8 - 3,5 km. W pobliżu zapory urządzono osłoniętą mołą ziemnym przystań dla statków inspekcyjnych i technicznych oraz zainstalowano dla nich wyciąg. Gospodarowanie wodą zbiornika zamyka się w cyklu rocznym. Każdorazowo od stycznia do kwietnia wiosenne wezbranie wód wypełnia całkowicie jego czaszę. Od maja do października rezerwuar wody jest stopniowo opróżniany, aż do osiągnięcia minimalnego poziomu piętrzenia. Długość zbiornika kurczy się wtedy do 7 km, a powierzchnia do niespełna 18 km². Jeziorsko spełnia, więc rolę retencjonowania wód z wiosennych roztopów, czyli przechwytuje i reguluje pojawiającą się falę powodziową. Ta funkcja zalewu zabezpiecza tereny położone w dół od głównej zapory.

Jeziorsko chroniąc uprawy przed powodzią, służy jednocześnie do ich nawadniania na obszarze ponad 570 km². Znaczenie tej funkcji jest ogromne wobec stałego niedoboru wód dla rolnictwa. Woda ze zbiornika zabezpiecza także potrzeby przemysłu, zwłaszcza w okolicach Turku, Konina, Inowrocławia i Poznania. Poziom Warty uległ podwyższeniu o co najmniej 20 - 30 cm, co zwiększyło możliwości ujęć wodociągowych i wpływa na poprawę warunków żeglugowych dolnej Warty oraz na jej stan sanitarny. Niejako przy okazji, zbiornik wykorzystuje się do celów energetycznych. Elektrownia wodna JEZIORSKO ruszyła w 1994 r.

Przez jej turbinę przepływać może 35 m³ wody na sekundę, co pozwala na wytworzenie energii elektrycznej, wystarczającej na potrzeby kilkutysięcznego miasteczka. Jedną z najciekawszych inwestycji towarzyszących budowie zbiornika jest ośrodek zarybieniowy. Stanowi on w pewnym stopniu rekompensatę za trwałe przegradzanie rzeki zaporą bez przepławki, której brak uniemożliwia migracją ryb i upośledza biocenozę pod względem ichtiologicznym. Utworzenie potężnego zbiornika retencyjnego w zasadniczy sposób zmieniło charakter doliny rzeki Warty.

ZADANIA TECHNOLOGICZNE ZBIORNIKA TO:

- zabezpieczenie przeciwpowodziowe doliny rzeki Warty i miast nadwarciańskich, łącznie z Poznaniem;
- zapewnienie wody do nawodnień gruntów ornych i użytków zielonych na powierzchni ok. 57 tys. ha;
- zabezpieczenie potrzeb wodnych przemysłu i energetyki w rejonach Konina, Turka, Śremu, Poznania;
- podniesienie przepływów niżówkowych rzeki Warty w celu poprawy stanu sanitarnego rzeki oraz polepszenia warunków żeglugowych;
- prowadzenie racjonalnej gospodarki rybackiej na terenie zalewu z wykorzystaniem ośrodka zarybieniowego o powierzchni 220 ha;
- produkcja energii elektrycznej w elektrowni wodnej;
- wykorzystanie zapory czołowej do przejścia drogowego łączącego Kalisz - Poddębice - Łódź;
- stworzenie warunków rekreacyjne - wypoczynkowo - sportowych dla Łódzkiego Okręgu Przemysłowego oraz Sieradza, Konina, Kalisza, Turka i Poddębic;
- aktywizacja gospodarcza terenów sąsiadujących, obecnie słabo rozwiniętych;
- ochrona przyrody.

Użytkowanie wód, obrzeży zbiornika jest bardzo intensywne. W ostatnim okresie, obok podstawowych jego zadań, zbiornik wykorzystywany jest dla celów turystyczno - rekreacyjnych. Obrzeża zbiornika zabudowuje się domkami letniskowymi i urządzi się pola namiotowe.

Istotna jest również krajobrazowa wartość Jeziorska. Liczne punkty widokowe na krawędzi pradoliny Warty, po obu stronach zbiornika, pozwalają podziwiać rozległe widoki i przyciągają tłumy turystów, zwłaszcza w weekendy.

Ogromna jest rola zalewu jako miejsca uprawiania sportów wodnych i żeglarstwa. Każdego roku rozgrywane są tu zawody kajakowe i motorowodne.

Zbiornik Jeziorsko jest obiektem wyjątkowo atrakcyjnym i łatwo dostępnym, stąd też jest szczególnie zagrożony negatywnymi skutkami nieprawidłowo rozwijającej się

rekreacji. Brakuje zabezpieczeń sanitarnych, w miejscach niedozwolonych parkuje się samochody i przyczepy campingowe, zaśmieca się obrzeża. Konieczne jest wprowadzenie 100 - metrowego pasa ochronnego.

Aby lepiej zagospodarować tereny, wokół zbiornika 28.11.2000 r. powstało **Stowarzyszenie Promocji Zbiornika JEZIORSKO** z siedzibą w Pęczniewie.

Jego cele to:

- wspieranie rozwoju agroturystyki i turystyki wiejskiej wokół zbiornika JEZIORSKO,
- upowszechnianie i rozwijanie rekreacji ruchowej, sportu i turystyki oraz innych form aktywnego wypoczynku i rehabilitacji ruchowej, ochrona walorów przyrodniczo - krajobrazowych naturalnego środowiska oraz zabytków regionu,
- wspomaganie rozwoju usług turystycznych wokół zbiornika,
- działania na rzecz tworzenia bazy rekreacyjnej - sportowej dla sportów letnich i zimowych,
- poprawa czystości wód zbiornika poprzez rozbudowę infrastruktury technicznej,
- promocja walorów turystycznych zbiornika,
- integracja mieszkańców regionu.

6. Problemy i korzyści wynikające z budowy zbiornika wodnego „Jeziorsko”.

Budowę największego nizinnego zbiornika Jeziorsko rozpoczęto w 1975 r., a zakończono ją w 1986 r. Realizacja tak dużej inwestycji napotykała na wiele trudności technicznych i problemy społeczne. Oto niektóre z nich:

- wywłaszczenia, rozbiórka mostu, przeniesienie cmentarza, obwałowanie zabytkowego kościoła, wycinka lasów, budowa dróg, budowa mieszkań, budowa mostu żelbetonowego na zaporze.

W czasie przygotowywania czaszy zbiornika do zalewu, wykupiono około 5,3 tys. ha gruntów. Przeznaczone do likwidacji budynki, zamieszkiwało 1 537 osób (504 rodziny, 355 zagród). Przyjęto wówczas następującą kolejność wykupów: najpierw tereny, przeznaczone pod budowę obiektów, a następnie tereny, które mogły być użytkowane rolniczo do końca budowy zbiornika. Rolnicy, którzy zamierzali w dalszym ciągu pracować na roli, otrzymane odszkodowania przeznaczyli na zakup gospodarstw w okolicznych gminach. Dla pozostałych rodzin wybudowano bloki mieszkalne w Dobrej, Pęczniewie i Warcie (łącznie ok. 156 mieszkań). Dla osób młodych, otrzymanie mieszkania o wyższym standardzie wykończenia (często możliwość zatrudnienia przy budowie zbiornika), stało się szansą na lepsze życie. Pokolenie ludzi starszych natomiast, dotkliwie odczuwało brak bezpośredniego kontaktu z naturą.

We wsi Miłkowice, na obszarze zatapianym przez wody zbiornika, znajdował się czynny od kilkuset lat cmentarz (1 252 groby), który w 1985 r. po przeprowadzonej ekshumacji zwłok, przeniesiono na nowe miejsce.

W rejonie zalewu znalazł się również średniowieczny zabytkowy kościół w Siedlątkowie. Ostatecznie odsłonięte go od strony zbiornika wałem ziemnym, ubezpieczonym płytami betonowymi i nie został ruszony.

Dokonano też rozbiórki starego drewnianego mostu w Miłkowicach. Wycięto około 335 ha nadwarciańskich lasów oraz liczne skupiska drzew, krzewów śródpolnych i nadrzecznych.

Zniknęły też z krajobrazu doliny Warty liczne meandry, starorzecza, wysepki, plaże, kępy, a także ośrodek wypoczynkowy KWB ADAMÓW i przystań kajakowa w Miłkowicach.

Charakterystyka wpływu zbiornika retencyjnego Jeziorsko na jakość wód gruntowych w poszczególnych obszarach przyległych do zbiornika:

1. Miejscowość Nerki - polepszenie jakości wód na skutek zmiany kierunku przepływu wód oraz rozcieńczania wodami powierzchniowymi (zbiornika retencyjnego), spadek stężeń do ilości śladowych.
2. Miejscowość Kolonia Siedlątków - pogorszenie się jakości wód wskutek zatamowania naturalnego kierunku przepływu wód podziemnych oraz zmniejszenia miąższości strefy aeracji.
3. Miejscowość Kolonia Kraczynki - polepszenie jakości wód wskutek rozcieńczenia wód gruntowych wodami powierzchniowymi (zbiornika retencyjnego), wzrost stężeń N-NH₄ wskutek zmniejszenia miąższości strefy aeracji.
4. Miejscowość Nowa Dąbrowa - pogorszenie się jakości wód (szczególnie w zakresie azotanów) na skutek intensyfikacji dopływu zanieczyszczonych wód z terenów okalających w wyniku prowadzonych prac melioracyjnych.
5. Miejscowość Brodnia, Szklanki - brak możliwości określenia wpływu zbiornika na skutek różnorodności zjawisk hydrodynamicznych zależnych od stanów napełnienia zbiornika

Przekształcenia środowiska naturalnego związane z budową zbiornika Jeziorsko:

1. Zmiana krajobrazu naturalnego
 - powstanie rozległej tafli wody
 - regulacja biegu rzeki Warty i przełożenie koryta Pichny
 - budowa systemów rowów melioracyjnych
 - budowa stawów rybnych na Pichnie wraz z zapleczem rybackim
 - wycięcie naturalnej roślinności w dolinie Warty, wprowadzenie nowej m.in. obudowującej zbiornik, częściowo wymiana gatunkowa drzewostanu – rozwój siedlisk łągowych
 - zmiana form użytkowania gruntów – fragmentaryczna zamiana gruntów ornich na użytki zielone – poniżej zapory, przy krawędzi

wysoczyzny oraz użytków zielonych na grunty orne – poniżej zapory w dolinie rzeki

- wprowadzenie nowych obiektów architektonicznych (architektury przemysłowej i blokowej) do krajobrazu: zaporą, elektrownią wodną, zaplecze techniczne zapory, przepompownie, bloki mieszkalne.

2. Zmiana warunków wodnych – systemu przepływu i jakości wód

- poprzez rozległy system melioracyjny i regulację kanałów
- częściowe włączenie starorzeczy w system odpływu
- utworzenie polderów z systemem sztucznego drenażu
- odwrócenie naturalnego kierunku przepływu wód podziemnych w strefie przyzaporowej oraz w strefie pompowni Wylazłów podczas piętrzenia zbiornika, a w efekcie chemizmu wód głębinowych
- przerzut wody z drenażu polderu „Teleszyna” i drenażu podcieków ze zbiornika kanałem do rzeki Teleszyny i dalej do Turku dla potrzeb elektrowni
- zmiana przepływów w Warcie – ustabilizowanie przepływów
- zwiększenie poboru wód podziemnych poprzez budowę nowych ujęć wodnych i rozbudowę systemu wodociągowego
- zwiększenie ilości ścieków odprowadzanych do wód powierzchniowych (i gruntu nielegalnie) na skutek zwodociągowania gospodarstw domowych
- eutrofizacja zbiornika Jeziorsko
- zmiana miąższości strefy aeracji i saturacji, a w efekcie naturalnego chemizmu wód

3. Inne przekształcenia w środowisku naturalnym

- częściowa zmiana gatunkowa flory i fauny wodnej i lądowej
- utworzenie korzystnych siedlisk dla ptaków szczególnie błotno – wodnych
- obniżenie podstawy erozyjnej rzeki poniżej zbiornika, a w efekcie obniżenie poziomu wód w strefie przybrzeżnej

4. Przekształcenia w zakresie infrastruktury technicznej i zagospodarowania przestrzennego

- zmiana układu dróg wraz z nowym mostem na Warcie w miejscowości Warta
- budowa zapory czołowej i zapór bocznych
- zmiana układu sieci przesyłu energii elektrycznej
- powstanie elektrowni wodnej
- budowa zapleczy technicznych elektrowni, zapory, przepompowni
- powstanie układu sieci rowów melioracyjnych wraz z przepustami
- budowa stawów rybnych i powstanie gospodarstwa rybackiego na rzece Pichna w rejonie Pęczniewa
- budowa nowych ujęć wodociągowych wraz z systemem sieci wodociągowej
- budowa oczyszczalni w Jeziorsku i Pęczniewie
- zmiana form użytkowania terenu oraz form budownictwa – wyburzenie lub modernizacja starych gospodarstw, powstanie sieci domków letniskowych oraz obudowy turystycznej i rekreacyjnej zbiornika, budowa bloków mieszkalnych w Pęczniewie

5. Przekształcenia w środowisku społecznym

- poprawa jakości życia mieszkańców: budowa nowych domów, zwodociągowanie terenu
- poprawa produktywności części gruntów poprzez uregulowanie stosunków wodnych
- powstanie nowych form zatrudnienia
- zmiana miejsca zamieszkania mieszkańców wsi zalanych przez wody zbiornika

Korzystne i niekorzystne skutki powstania zbiornika Jeziorsko:

- Skutki korzystne:
 - Budowa zbiornika zmniejszyła potencjalne szkody powodziowe w dolinie Warty, zapewniła zaopatrzenie w wodę konińsko – tureckiego okręgu węglowo – energetycznego.
 - Poprzez budowę systemu rowów melioracyjnych uregulowano stosunki wodne, zwiększając tym samym stopień produktywności rolnej gruntów.
 - Zaprojektowanie i budowa elektrowni wodnej umożliwiła pozyskiwanie taniej energii odnawialnej.
 - Powstanie zbiornika przyczyniło się do wzrostu bioróżnorodności środowiska.
 - Zbiornik stworzył dobre warunki dla lęgów ptaków i przyczynił się do wyraźnego wzrostu liczebności populacji szeregu gatunków ptaków, w tym niektórych szczególnie chronionych. Dogodne warunki dla zakładania siedlisk znalazły zwłaszcza licznie osiedlające się tu gatunki ptactwa wodnego i błotno-wodnego. Istotną korzyścią jest utworzenie rezerwatu ptaków o randze europejskiej.
 - Budowa zbiornika podniosła atrakcyjność krajobrazu i stworzyła warunki dla rozwoju rekreacji.
 - Budowa zbiornika wpłynęła na poprawę jakości życia mieszkańców (wykup zalanych gruntów, zwodociągowanie terenu, możliwość sprzedaży działek rekreacyjnych, praca związana z obsługą ruchu turystycznego oraz z obsługą techniczną zapory i obiektów towarzyszących.

- Skutki niekorzystne:
 - Wymuszona została budowa szeregu obiektów towarzyszących, nie zawsze współgrających estetycznie z krajobrazem (np. zapory boczne, zaplecza techniczne, bloki mieszkalne).
 - W wyniku budowy zapór bocznych nastąpiło zamknięcie naturalnego odpływu wód podziemnych w kierunku Warty. Powstały poldery: Pichny, Teleszyny, Glinna, Proboszczewic, gdzie na skutek podnoszenia zwierciadła wód dochodzi do podtopień terenu i koncentracji zanieczyszczeń związkami azotu pochodzenia rolniczego i socjalno-bytowego.
 - Na skutek spiętrzenia wód w zbiorniku i zmiany kierunku przepływu wód podziemnych, doszło do znacznego pogorszenia jakości wód podziemnych w rejonie wschodniego przyczółka zapory czołowej. Poniżej zapory obserwowane jest wyraźne pogorszenie jakości wód w Warcie (eutrofizacja).
 - Wycięcie drzewostanów oraz pojedynczych i występujących w grupach drzew i krzewów ograniczyło możliwości odbywania lęgów dziuplakom i wielu innym gatunkom ptaków śpiewających na korzyść gatunków wodnych i błotno-wodnych. Przyrost gatunków i populacji ptactwa wodnego i błotno-wodnego prowadzi do wzrostu zawartości związków fosforu w składzie chemicznym wody zbiornika, co jest szczególnie widoczne w okresach sezonowej migracji ptaków.
 - Budowa zapory bez przepławki dla ryb naruszyła równowagę gatunkową ryb (na korzyść ryb z grupy karpiowatych) oraz spowodowała częściowe zdegradowanie populacji (chów wsobny).
 - Rozwój budownictwa letniskowego w okolicach zbiornika powoduje wzrost intensywności użytkowania terenu i wykorzystania środowiska (zwiększony pobór wody i zrzut ścieków, większa ilość odpadów itp.).
 - Na terenach przeznaczonych do zalania inwestycja spowodowała konieczność przesiedlenia ludności osiadłej w tradycyjnych budynkach wiejskich do nowo wybudowanych osiedli mieszkaniowych (bloki), co wiązało się ze zmianą sposobu życia.

7. Opis aspektów środowiskowych.

7.1 Turystyka w Polsce i obrębie zbiornika wodnego.

Turystyka jest jedną z ważniejszych dziedzin gospodarki, stanowi w wielu krajach jedno z głównych źródeł dochodu dla budżetu państwa, dla mieszkańców rozwiniętych turystycznie regionów oraz dla całej branży.

Turystyka jest jedną z najbardziej dynamicznie rozwijających się dziedzin gospodarki w wielu krajach. Stanowi ona istotny czynnik rozwoju gospodarczego miejscowości i regionów. Jej dynamiczny rozwój miał miejsce w XX wieku, był to efekt przemian społeczno-gospodarczych świata.

Współczesną turystykę można określić jako:

- stały element stylu życia mieszkańców;
- sposób poznawania świata, przyrody, ludzi, kultury;
- akcelerator rozwoju gospodarczego i społecznego regionów turystycznych;
- dawanie możliwości odpoczynku, relaksu, regeneracji sił oraz poprawy stanu zdrowia.

Jedną z form turystyki jest turystyka wiejska, czyli każda forma turystyki odbywająca się w środowisku wiejskim i wykorzystująca walory tego środowiska.

Turystyka wiejska może odbywać się w gospodarstwie rolnym i mówimy wówczas o agroturystyce. W tym drugim przypadku może odbywać się w „drugich domach” lub obiektach turystycznych typu: pensjonaty, kempingi, motele, zajazdy.

Turystyka wiejska obejmuje całokształt gospodarki turystycznej na terenach wiejskich, której domeną jest przestrzeń, zapewniająca bliskość natury i swobodę poruszania się, ograniczająca kontakt z anonimowym tłumem i dająca możliwość osobistego kontaktu z innymi (mieszkańcami wsi i turystami), sprzyjająca nawiązaniu wzajemnych więzi i przyjazdów w przyszłości.

Różnica między agroturystyką a wsią „letniskową” tkwi w sposobie zakwaterowania, spotykania innego typu ludzi oraz formie wypoczynku. W tych dwóch rodzajach turystyki mamy do wyboru zakwaterowanie w gospodarstwie lub obiekcie turystycznym, które może być połączone (zależnie od warunków) z całodziennym wyżywieniem lub możliwością

zakupu świeżych produktów z gospodarstwa do samodzielnego przyrządzania posiłków. Agroturystyka to m.in. wypożyczenie konia, bryczki, sprzętu sportowego, organizowanie kuligów, sprzedaż wyrobów rzemieślniczych itp. oraz umożliwienie wędkowania, zajęcia się myślistwem, zbierania i suszenia ziół, owoców i grzybów, jazdy konnej i na rowerze itd., jeśli jest związane z gospodarstwem rolniczym.

Rozwój agroturystyki jak i wsi „letniskowej” wiąże się z koniecznością przystosowania miejscowości (regionu) do istniejących potrzeb w zakresie turystyki, przez co pobudza ich rozwój gospodarczy.

Rozwój agroturystyki pociąga za sobą:

- przystosowanie budynków mieszkalnych i gospodarczych do świadczenia różnego rodzaju usług turystycznych;
- wynajmowanie miejsc noclegowych i rozbudowa bazy noclegowej;
- rozwój różnego rodzaju usług związanych z turystyką, które zwiększają jej atrakcyjność;
- wzrost atrakcyjności obszarów wiejskich, wyrażający się we wzroście cen gruntów, a przez to wartości terenów rolnych i wiejskich.

Agroturystyka staje się w krajach europejskich coraz powszechniejszą formą wypoczynku. Przyczyną tego stanu jest na pewno chęć propagowania zdrowego stylu życia, obcowania z naturą w ciszy i spokoju. Można stwierdzić z całą pewnością, iż nie jest to moda przejściowa, lecz przedsięwzięcie, które przynosi ogromne korzyści regionowi, miejscowości, gospodarstwu rolnemu.

Rozwija się tam, gdzie:

- znajdują się walory krajobrazowe i przyrodnicze;
- są gospodarstwa rolne, w których można wykorzystać istniejące zaplecze mieszkaniowe.

Turystyka wiejska a zrównoważony rozwój.

Geneza terminu *zrównoważonego rozwoju* (ekorozwoju) sięga początku lat 70., a termin „ekorozwój” został wprowadzony na konferencji ONZ w Sztokholmie w 1972 r. – Konferencji Narodów Zjednoczonych w sprawie ochrony środowiska Pt. „Środowisko życia człowieka”. Pojęcie zrównoważonego rozwoju zostało dokładnie sformułowane w 1975 roku,

jednak ostateczną wersję tej definicji ustalono na Konferencji Narodów Zjednoczonych w Rio de Janeiro w 1992 r., zwaną też Szczytem Ziemi. Definicja ta brzmi następująco: „Jest to stały rozwój ekonomiczny i społeczny zachodzący bez szkody dla środowiska i bogactw naturalnych, od jakości, których zależy dalszy rozwój i istnienie ludzi. Określa on zaspokajanie potrzeb dnia dzisiejszego, które jednocześnie nie ograniczają przyszłym pokoleniom możliwości zaspokajania ich potrzeb”.

Podczas tej Konferencji przyjęto m.in. dokument o nazwie Agenda 21, jest to plan wskazujący w jaki sposób rozwój może zostać zrównoważony w kategoriach gospodarczych, społecznych i ekologicznych.

W literaturze funkcjonują też terminy turystyka zrównoważona i ekoturystyka. „*Turystyka zrównoważona* dotyczy szeroko pojętej koncepcji rozwoju turystycznego przyjaznego środowisku, w regionach wiejskich oraz miastach, w małych ośrodkach turystycznych oraz wielkich centrach rozrywkowych i wypoczynkowych itp., koncepcji, która dotyczy wszystkich znanych rodzajów turystyki po dokonaniu stosownej ich ekologizacji. *Ekoturystyka* to najczystsza forma turystyki zrównoważonej, „to podróżowanie w celu studiowania, podziwiania i czerpania zadowolenia z piękna krajobrazów, obserwacji dzikich roślin i zwierząt, jak również podziwiania miejscowych obyczajów i kultury”

W przeglądanej literaturze natknąłem się na pytanie „czy turystyka wiejska może być turystyką zrównoważoną?”.

Według autorki artykułu jest kilka powodów, które decydują o tym, że turystyka wiejska powinna być wbudowana w koncepcję zrównoważonego rozwoju i sama też powinna realizować zawarte w niej założenia.

Oto te powody:

- Wieś jako kategoria przestrzenno-produkcyjna jest „surowcem” dla rozwoju turystyki wiejskiej. Wieś jest również nośnikiem wartości kulturowych wykorzystywanych w turystyce,
- Turystyka jest jednym z alternatywnych sposobów zagospodarowania obszarów wiejskich (baza noclegowa i gastronomiczna, miejsca wypoczynkowe i rekreacyjne, szlaki turystyczne, itp.) oraz alternatywnym źródłem zatrudnienia ludności autochtonicznej,
- Ludność miejscowa ma wpływ na zakres i kształt rozwoju turystyki (w jej interesie jest analiza wariantów rozwoju danego obszaru, wybór i realizacja najlepszego), jest to

możliwe m.in. poprzez strategie rozwoju regionalnego i lokalnego, które podlegają konsultacji społecznej,

- Gospodarcze skutki rozwoju agroturystyki mogą mieć charakter pozytywny:
 - aktywizacja przedsiębiorczości ludności wiejskiej,
 - stworzenie dodatkowego dochodu w gospodarstwie,
 - zachęcenie do podtrzymania i rozwoju rzemiosła i twórczości ludowej,
 - stworzenie dodatkowych miejsc pracy poza gospodarstwem,
 - dywersyfikacja i ożywienie gospodarki lokalnej,
 - wspieranie lokalnych usług i przetwórstwa,
 - rozwój infrastruktury technicznej,lub negatywny:
 - zmiana struktury własności ziemi,
 - zmiana funkcji wsi z produkcyjnej lub produkcyjno-turystycznej na turystyczną m.in. poprzez niekontrolowany rozwój zabudowy letniskowej,
- Społeczne skutki rozwoju turystyki możemy też pogrupować na pozytywne i negatywne. W tej pierwszej grupie należy wymienić: rozwój zawodowy mieszkańców regionów turystycznych (powstawanie nowych zawodów, zdobywanie nowej wiedzy i umiejętności), poszerzanie wiedzy o regionie wśród turystów i o świecie wśród ludności autochtonicznej, nawiązywanie nowych znajomości, a często wieloletnich przyjaźni. Turystyka wiejska podobnie jak inne rodzaje turystyki może też powodować szkody w środowisku społeczno-kulturowym, np.: komercjalizacja kultury regionalnej; przejmowanie obyczajów, nawyków, sposobu bycia, a czasem nałogów od przyjezdnych; zanik autentycznej kultury regionalnej, niszczenie struktur społecznych i rozbijanie struktur lokalnych, wzrost postaw konsumpcyjnych wśród ludności miejscowej, niszczenie obiektów zabytkowych,
- Przejawy negatywnego oddziaływania na środowisko przyrodnicze to m.in.: zanieczyszczenie powietrza, ziemi i wody; zabór ziemi i wody; niszczenie roślinności; płoszenie dziko żyjących gatunków zwierząt. Jako pozytywny wpływ turystyki na środowisko przyrodnicze należy niewątpliwie wymienić ochronę obszarów cennych przyrodniczo dla potrzeb rozwoju turystyki. Często działaniom organizacji turystycznych zawdzięcza się objęcie danego obszaru ochroną prawną,

- W aspekcie przestrzennym, możemy zauważyć dążenie do uporządkowanego zagospodarowania danego obszaru, a z drugiej, np. nieuporządkowaną zabudowę letniskową.

Turystyka wiejska podobnie, jak inne rodzaje turystyki uzależniona jest od wielu czynników, tj.: czasu wolnego, siły nabywczej, urbanizacji, walorów turystycznych (przyrodnicze i kulturowe), polityki państwa w dziedzinie turystyki oraz rozwoju obszarów wiejskich. Ponadto od: proekologicznych zmian w świadomości turystów, zmian zachodzących na polskiej wsi w kierunku dywersyfikacji gospodarki, zaangażowania (lub jego brak) samorządów lokalnych i całych społeczności w rozwój usług turystycznych. Znaczenie czasu wolnego i siły nabywczej w rozwoju turystyki jest kolosalne. Turystyka wiejska, a szczególnie agroturystyka postrzegane są w Polsce wciąż jako wypoczynek tani, co potwierdzają wyniki badań wielu ośrodków akademickich.

Zależność pomiędzy urbanizacją ekonomiczną i demograficzną, a rozwojem turystyki jest wprost proporcjonalna. W niektórych regionach naszego kraju obserwujemy zainteresowanie mieszkańców miast opuszczonymi zabudowaniami gospodarskimi, które wykorzystywane zostają dla organizacji tzw. drugich domów. Nowymi właścicielami są często emigranci z tej wsi czy okolicy lub ich potomkowie. Jako przykład mogą tu służyć nadbużańskie Mierzvice, gdzie obecnie na około 50 zagród, niemal połowa należy do „letników”.

Turystyka a zagospodarowanie strefy brzegowej

Strefa brzegowa jest najbardziej eksploatowaną częścią zbiornika, najintensywniej zagospodarowaną turystycznie i najbardziej narażoną na procesy dewastacyjne. Należy wziąć to pod uwagę, iż ruch turystyczny w strefie brzegowej nie rozkłada się równomiernie, przykładowo, 80 % wypoczywających osób w dni pogodne i godziny największego nasłonecznienia, korzysta z plaży i kąpieliska, a pas spacerowy jest najczęściej wykorzystywany w dni pochmurne i w godzinach popołudniowych.

Do walorów strefy brzegowej zapewniających prawidłowe zagospodarowanie zbiornika wodnego dla funkcji turystycznych można zaliczyć: rodzaj budowy geologicznej podłoża, stopień nachylenia umożliwiający organizację plaży i kąpieliska, korzystną ekspozycję słoneczną plaży i kąpieliska, bezpieczny do

korzystania z kąpielii wodnej stan higieniczno-sanitarny zbiornika wodnego, odpowiedni stan higieniczno-sanitarny podłoża gruntowego i rejonu plaży oraz uwzględnienie uwarunkowań prawnych i funkcji terenów, jakie wynikają z decyzji obowiązujących miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego.

Celem analizy powyższych uwarunkowań jest wybór najkorzystniejszych odcinków strefy brzegowej pod lokalizację plaż i kąpielisk, ujawnienie odcinków brzegowych wymagających adaptacji oraz wykluczenie z rozważań tych, które najmniej sprzyjają wypoczynkowi nad wodą.

Do prac planistycznych w dziedzinie zagospodarowania strefy brzegowej dla celów turystycznych i rekreacyjnych przydatne są studia następujących zagadnień:

- Stopień stabilności wahań lustra wody,
- Wielkość powierzchni wody i wielkość stref stykowych lądowa, które są możliwe do użytkowania dla celów turystyki,
- Określenie i wydzielenie stref bezpieczeństwa dla obiektów, urządzeń i funkcji budowli hydrotechnicznej,
- Stan sanitarny środowiska umożliwiający komfort wypoczynku,
- Określenie innych form użytkowania terenu oraz szczegółowy zasięg funkcji turystyczno-rekreacyjnej,
- Ocenienie zakresu zaistniałych i szacowanie przewidywanych w kolejnych fazach eksploatacji zbiornika zmian środowiska,
- Ocenienie stref brzegowych zbiorników pod kątem możliwości zagospodarowania turystyczno-rekreacyjnego, świadome ograniczenie terenów zurbanizowanych, wykorzystanie już istniejących sieci osiedleńczej w celu ochrony terenów przed nadmiernym „przeinwestowaniem”,
- Zwrócenie uwagi na walory architektoniczne eksponowanych elementów kompozycji, w szczególności na formę bryły zapory, która powinna być obiektem starannie skomponowanych i harmonizującym z krajobrazem a jednocześnie spełniającym swoją funkcję,
- Rozważenie możliwości przystosowania zapory czołowej i zapór bocznych dla celów turystycznych,
- Budowa punktów widokowych i szlaków spacerowych,

- Zabezpieczenie stref brzegowych przed erozją i szerokim odsłonięciem horyzontalnym,
- Budowa bezpiecznych i łatwo dostępnych punktów dojścia do wody na odcinkach brzegów wysokich.

Przy ocenie walorów turystyczno-rekreacyjnych danego zbiornika wodnego istotne dla prawidłowego zagospodarowania przestrzennego jest uwzględnienie tzw. „wskaźnika potencjalnego wykorzystania powierzchni wody zbiornika”.

Przykładowo przyjmuje się, że dla uprawiania na zbiornikach naturalnych żeglarstwa powierzchnia zbiornika powinna wynosić, co najmniej 100 ha. Takiej miary nie można stosować dla zbiorników sztucznych. Zbiorniki wielofunkcyjne wnoszą ze względu na inne priorytety w użytkowaniu pewne ograniczenia w swobodnym dysponowaniu strefami brzegowymi i obszarem wodnym, np. ich użytkowanie ograniczają strefy bezpieczeństwa wyznaczone dla urządzeń hydrotechnicznych. Po wyłączeniu z powierzchni zbiornika obszarów stref „technicznych” otrzymamy powierzchnię użytkową netto dla turystyki i rekreacji.

Poszukiwany wskaźnik potencjalnego wykorzystania powierzchni wodnej dla celów turystyczno-rekreacyjnych można określić ze wzoru:

$$W_p = \frac{P_n}{P_c}$$

W_p – jest to poszukiwany wskaźnik potencjalnego wykorzystania powierzchni wodnej zbiornika do celów turystyczno-rekreacyjnych;

P_n – jest to powierzchnia zbiornika (w ha) możliwa do użytkowania turystyczno-rekreacyjnego, wyliczona jako powierzchnia średniego (normalnego) stanu piętrzenia;

P_c – jest to całkowita powierzchnia zbiornika (w ha) przy piętrzeniu maksymalnym.

Zbiorniki o wskaźniku 0,5 – 0,75 uznaje się za akweny o dużym potencjale, natomiast zbiorniki o wskaźniku poniżej 0,5 za zbiorniki o małej powierzchni użytkowej dla turystyki i rekreacji.

Korzystając z wyników badań i studiów Instytutu Turystyki można przyjąć, że:

- 1 łódź żeglowna (lub deska surfingowa) wymaga 4 ha powierzchni wodnej,
- 1 kajak, rower wodny lub łódź wiosłowa wymaga 1 ha powierzchni wodnej.

Dla zbiornika Jeziorsko, wskaźnik potencjalnego wykorzystania powierzchni wodnej wynosiłby:

P_n – 2700 ha (powierzchnia zbiornika wyliczona dla średniego piętrzenia wynosi 3000 ha, po odjęciu 10 % obszarów stref „technicznych” $P_n = 2700$ ha),

P_c – 4230 ha

$$W_p = \frac{P_n}{P_c} = \frac{2700}{4230} = 0,64$$

Otrzymany wynik świadczy o bardzo dużym potencjale powierzchni użytkowej zbiornika Jeziorsko dla turystyki i rekreacji.

Chłonność powierzchni Jeziorska sprzętu pływającego może być oszacowana jako iloraz powierzchni zbiornika przy normalnym stanie piętrzenia (wynoszącej 3000 ha) i wskaźnika odpowiedniego dla danego rodzaju sprzętu pływającego.

- Jednocześnie po zbiorniku może pływać maksymalnie 750 żaglówek,
- Jednocześnie po zbiorniku może pływać maksymalnie 3000 jednostek typu rower wodny, kajak lub łódź wiosłowa).

Podsumowując całe zagadnienie trzeba wspomnieć, że z jednej strony specjaliści podkreślają, że najkorzystniej jest już na etapie projektowania i realizacji sztucznych zbiorników wodnych przygotować obszary przyzbiornikowe do pełnienia funkcji turystycznych i rekreacyjnych, z drugiej strony sygnalizowana jest konieczność szczegółowych badań i wieloletniej obserwacji wybranych odcinków strefy brzegowej przed podjęciem ostatecznej decyzji o trwałej ich adaptacji do plażowania, kąpieli i sportów wodnych. Obserwacje wieloletnie zbiorników dowodzą, że nie wszystkie teoretyczne studia symulacyjne zachowań strefy brzegowej są w stanie przewidzieć rzeczywiste przeobrażenia obszarów pobraży, tym samym szanse na długoterminowe wykorzystanie dla funkcji turystycznych.

7.2 Rolnictwo w Polsce i obrębie zbiornika wodnego.

Rolnictwo w Polsce jest głównym źródłem dochodów około połowy Polaków, ma ono na ogół charakter lokalny i charakteryzuje się tym, że ma:

- dużą ilość małych gospodarstw rolnych;
- jeden z najniższych w Europie poziom zużycia chemii rolnej;
- dużą bioróżnorodność gatunków roślin i zwierząt.

Powierzchnia Polski wynosi około 31,3 mln ha. Szacuje się, że powierzchnia ogólna gruntów sektora prywatnego wynosi 20,1 mln ha, tj. o 0,2 % mniej niż w 2004 roku, a powierzchnia ogólna gruntów sektora publicznego wynosi 11,2 mln ha, tj. o 0,3 % więcej niż w roku 2004.

Według danych GUS-u na 2005 rok, powierzchnia kraju przeznaczona pod użytek rolny w gospodarstwach rolnych wynosiła 50,9 % ogólnej powierzchni kraju, powierzchnia lasów i gruntów leśnych wynosiła 29,3 % ogólnej powierzchni kraju a powierzchnia pozostałych gruntów wynosiła 19,8 % ogólnej powierzchni kraju. W ogólnej powierzchni Polski, powierzchnia gospodarstw rolnych wyniosła 18,3 mln ha stanowiąc 58,7% ogólnej powierzchni kraju. Powierzchnia ogólna gruntów należących do gospodarstw rolnych zmniejszyła się o 242,2 tys. ha (o 1,3%).

Grunty należące do gospodarstw rolnych sektora prywatnego wyszacowano na 17,5 mln ha, tj. o 184,5 tys. ha (o 1,0%) mniej niż w roku 2004, a grunty gospodarstw rolnych sektora publicznego na 0,9 mln ha, tj. o 57,7 tys. ha (o 6,2%) mniej niż w roku ubiegłym. Powierzchnia użytków rolnych w gospodarstwach rolnych zajmowała 15,9 mln ha i zmniejszyła się w porównaniu do roku 2004 o 421,4 tys. ha (o 2,6%).

W powierzchni użytków rolnych – grunty orne w gospodarstwach rolnych zajmują 12,2 mln ha (tj. o 3,6% mniej niż w 2004 r.) i stanowią 76,8% powierzchni użytków rolnych oraz 66,6% powierzchni ogólnej w gospodarstwach rolnych.

Sady zajmują ok. 296,5 tys. ha (więcej o 6,8% w porównaniu do 2004 r.), co stanowi 1,9% powierzchni użytków rolnych i 1,6% powierzchni ogólnej gospodarstw rolnych (w 2004 r. odpowiednio 1,7% oraz 1,5%).

Trwałe użytki zielone zajmują 3,4 mln ha (w porównaniu do 2004 r. – więcej o 0,7%) i stanowią 21,3% powierzchni użytków rolnych i 18,5% powierzchni ogólnej gospodarstw rolnych (w roku 2004 odpowiednio 20,6% i 18,1%).

Jeśli wziąć pod uwagę podział terytorialny Polski to, wg GUS-u największy odsetek gospodarstw prowadzących działalność rolniczą odnotowano w województwach: lubelskim (86,3%), wielkopolskim (85,8%) i kujawsko-pomorskim (85,3%), a najniższy w województwach: śląskim (52,8%), zachodniopomorskim (64,4%) oraz lubuskim (66,3%).

Najmniej gospodarstw, które zaniechały prowadzenia działalności rolniczej znajdowało się w województwie lubelskim (13,8% ogółu gospodarstw w województwie), wielkopolskim (14,2%) kujawsko-pomorskim (14,7%).

Najwyższy odsetek gospodarstw nieprowadzących działalności rolniczej wystąpił w województwie śląskim (47,2%), a także w województwie zachodniopomorskim (35,7%) i lubuskim (33,7%).

Tabela 5 przedstawia gospodarstwa z określoną powierzchnią, powierzchnię przedstawioną w hektarach oraz średnią powierzchnię gruntów w jednym gospodarstwie rolnym w hektarach dla Polski, tabela 6 przedstawia te same dane dla województwa łódzkiego.

Wyszczególnienie	Ogółem	Grupy obszarowe użytków rolnych w ha										
		0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 30	30 - 50	50 - 100	100 i więcej
Gospodarstwa ogółem	2733364	946679	446962	258743	326736	388513	167793	77245	64428	34728	13868	7668
Gospodarstwa z powierzchnią:												
ogółem	2733128	946443	446962	258743	326736	388512	167793	77245	64428	34728	13868	7668
użytków rolnych	2707831	921146	446962	258743	326736	388513	167793	77245	64428	34728	13868	7668
lasów i gruntów leśnych	869509	104697	121161	96777	151889	200942	88706	41994	34568	18022	6601	4151
pozostałych gruntów	2411307	786539	378680	228525	300255	366966	160708	74322	62039	33360	13025	6888
Powierzchnia w hektarach:												
ogółem	18341743	604419	803278	779633	1528985	3205292	2311404	1501801	1721755	1436629	1043148	3405401
użytków rolnych	15905965	378370	637994	628452	1267330	2762561	2036779	1328121	1552458	1304472	927821	3081606
lasów i gruntów leśnych	1157704	72476	82504	82225	159750	262175	154861	89884	89728	55658	38841	69603
pozostałych gruntów	1278074	153573	82780	68956	101905	180556	119764	83796	79569	76499	76485	254192
Średnia powierzchnia gruntów w jednym gospodarstwie rolnym w hektarach:												
ogółem	6,71	0,64	1,80	3,01	4,68	8,25	13,78	19,44	26,72	41,37	75,22	444,11
użytków rolnych	5,82	0,40	1,43	2,43	3,88	7,11	12,14	17,19	24,10	37,56	66,90	401,88

Tabela 5. Dane o gospodarstwach oraz powierzchni w hektarach dla całego terenu Polski

Wyszczególnienie	Ogółem	Grupy obszarowe użytków rolnych w ha										
		0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 30	30 - 50	50 - 100	100 i więcej
Gospodarstwa ogółem	197945	45400	30435	16777	29757	45868	16872	6594	4140	1569	377	157
Gospodarstwa z powierzchnią:												
ogółem	197944	45399	30435	16777	29757	45868	16872	6594	4140	1569	377	157
użytków rolnych	197653	45107	30435	16777	29757	45868	16872	6594	4140	1569	377	157
lasów i gruntów leśnych	75427	4978	7744	5727	15085	25065	9560	3647	2370	952	206	93
pozostałych gruntów	183047	39088	26560	15230	27990	44938	16517	6561	4097	1544	368	154
Powierzchnia w hektarach:												
ogółem	1243525	28859	54722	49167	141555	375762	225299	123895	110514	62607	26408	44735
użytków rolnych	1086139	17982	43483	40767	117608	327380	203837	113379	99111	57581	24700	40311
lasów i gruntów leśnych	87175	3065	5000	4298	14674	29454	12825	5582	7905	2874	722	777
pozostałych gruntów	70210	7812	6239	4102	9273	18929	8637	4934	3499	2153	986	3647
Średnia powierzchnia gruntów w jednym gospodarstwie rolnym w hektarach:												
ogółem	6,28	0,64	1,80	2,93	4,76	8,19	13,35	18,79	26,69	39,91	69,98	284,70
użytków rolnych	5,49	0,40	1,43	2,43	3,95	7,14	12,08	17,19	23,94	36,70	65,45	256,54

Tabela 6. Dane o gospodarstwach oraz powierzchni w hektarach dla województwa łódzkiego.

W 2005 r. dominujące w rolnictwie gospodarstwa rolne sektora prywatnego posiadały w użytkowaniu 15,2 mln ha użytków rolnych, tj. 95,8% ogólnej powierzchni użytków rolnych.

Biorąc pod uwagę przekrój terytorialny największy udział użytków rolnych sektora prywatnego w ogólnej powierzchni użytków rolnych wystąpił w województwach: świętokrzyskim – 99,6%, łódzkim – 99,2%, małopolskim i śląskim po 98,7%, podlaskim – 98,6%, mazowieckim – 98,1%, oraz w kujawsko-pomorskim i lubelskim – po 98,0%.

Gospodarstwa rolne sektora publicznego użytkowały 0,7 mln ha użytków rolnych, tj. 4,2% ogólnej powierzchni użytków rolnych. W przekroju terytorialnym największy udział użytków rolnych w gospodarstwach rolnych sektora publicznego w ogólnej powierzchni użytków rolnych wystąpił w województwach: lubuskim – 12,6%, zachodniopomorskim – 10,8%, warmińsko-mazurskim – 8,7% i opolskim – 8,3%.

Łączna liczba gospodarstw rolnych w 2005 r. wyniosła 2733,1 tys., tj. o 3,9% mniej niż w roku ubiegłym. Gospodarstw indywidualnych było 2728,7 tys., z tego gospodarstw, w których powierzchnia użytków rolnych wyniosła powyżej 1 ha było 1782,3 tys., tj. 65,3% ogólnej liczby gospodarstw indywidualnych. W gospodarstwach indywidualnych posiadających powyżej 1 ha użytków rolnych 31,2% stanowiły gospodarstwa użytkujące 5-15 ha użytków rolnych, posiadając 35,6% powierzchni ogólnej gospodarstw indywidualnych użytkujących powyżej 1 ha użytków rolnych.

Liczba gospodarstw indywidualnych użytkujących 100 i więcej ha użytków rolnych wynosiła zaledwie 5,3 tys., tj. 0,3% liczby gospodarstw użytkujących powyżej 1 ha użytków rolnych. W gospodarstwach tych znajdowało się jednak 8,5% powierzchni ogólnej gospodarstw rolnych użytkujących powyżej 1 ha użytków rolnych. Średnia powierzchnia ogólna gospodarstwa rolnego w 2005 r. wyniosła 6,71 ha, natomiast średnia powierzchnia ogólna gospodarstwa indywidualnego wyniosła 5,86 ha, w tym średnia powierzchnia użytków rolnych w gospodarstwach indywidualnych wyniosła 5,18 ha.

Rolnictwo w obrębie zbiornika opiszę na przykładzie powiatu sieradzkiego. W tym rejonie zarówno warunki klimatyczne jak i rzeźba terenu sprzyjają rozwojowi rolnictwa i dobrej produkcji rolnej.

W strukturze klas botanicznych gleb w tym rejonie, największy udział mają gleby V i VI klasy i wynoszą 48,7 % użytków rolnych. Gleby klasy IV stanowią 31,7 %, III stanowią 19,1 %, natomiast najmniejszy udział ma II klasa gleb - 0,5 %.

Ze wszystkich gmin znajdujących się w powiecie sieradzkim najlepsze warunki produkcyjne posiada gmina Błaszki, a najłabsze gmina Brąszewice.

Struktura użytków rolnych w powiecie sieradzkim przedstawia się następująco:

- Grunty orne – 81,2 %
- Łąki – 12,2 %
- Pastwiska – 5,8 %
- Sady – 0,7 %

Zróźnicowanie powiatu pod względem rolniczym uwarunkowane jest aspektami przyrodniczymi oraz ekonomiczno-produkcyjnymi. Pozwala to na podział powiatu na następujące części:

- rejon północno zachodni obejmujący gminy, Goszczanów, Błaszki i Wróblew, częściowo Wartę charakteryzujący się najlepszymi glebami i stosunkowo wysoką wartością rolniczej przestrzeni produkcyjnej, dużym udziałem użytków rolnych i wysoką produkcją towarową,
- rejon środkowy obejmujący gminy: Złoczew, Brzeźno i częściowo gm. Sieradz charakteryzujący się nieco gorszymi warunkami naturalnymi i przeciętną wartością rolniczej przestrzeni produkcyjnej, większym udziałem gleb słabszych i w miarę stabilną strukturą agrarną,
- rejon południowo-zachodni i wschodni obejmujący pozostałe obszary powiatu tj. gminy: Brąszewice, Klonowa, Burzenin, częściowo gminy Sieradz i Warta, charakteryzujący się słabymi glebami, dużym udziałem lasów i stosunkowo niskim wskaźnikiem waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej.

Według Urzędu Statystycznego w Łodzi, liczba indywidualnych gospodarstw rolnych w powiecie wynosi 13,6 tyś, jest tu duża ilość gospodarstw rolnych prowadzących wielokierunkową produkcję. Średnia wielkość gospodarstwa rolnego wynosi 9,0 ha. Struktura gospodarstw jest zróżnicowana a największy udział gospodarstw jest w przedziale obszarowym 1 - 5 ha i wynosi on 37,6 % oraz 5 - 10 ha -

8. Optymalizacja wielokryterialna.

Optymalizacja wielokryterialna to metoda wyznaczania optymalnych rozwiązań polegająca na wyznaczeniu najlepszego rozwiązania względem wcześniej założonych kryteriów i pozwalająca na określenie różnego stopnia kompromisu między tymi kryteriami.

Kryteria, według których dokonuje się obliczeń oraz podejmuje się decyzje nazywane są funkcjami celu.

Zagadnienie optymalizacji wielokryterialnej przedstawia się w sposób następujący:

$$\max \{f(x) : x \in Q\}$$

gdzie

$f = (f_1, \dots, f_m)$ jest funkcją (wektorową) przekształcającą przestrzeń decyzji

(realizacji) $X = R^n$ w przestrzeń ocen $Y = R^m$;

poszczególne współrzędne f_i reprezentują skalarne funkcje oceny;

$I = \{1, 2, \dots, m\}$ jest zbiorem indeksów ocen,

$Q \in X$ oznacza zbiór dopuszczalny,

$x \in X$ oznacza wektor zmiennych decyzyjnych.

Funkcja f przyporządkowuje każdemu wektorowi zmiennych decyzyjnych $x \in Q$ wektor ocen $y = f(x)$, który mierzy jakość decyzji x z punktu widzenia ustalonego układu funkcji f_1, \dots, f_m . Problem wyznaczania najlepszej decyzji można ograniczyć do wyboru najlepszego wektora ocen w zbiorze osiągalnych wektorów ocen:

$$A = \{y : y = f(x), x \in Q\}$$

Z każdym problemem decyzyjnym związany jest model preferencji. Model taki pokazuje, relacje pewnych par wektorów y . Wyróżniamy następujące modele preferencji:

- relację ścisłej preferencji $\mathbf{y}' \succ \mathbf{y}''$ co oznacza, że \mathbf{y}' jest lepszy niż \mathbf{y}'' ,
- relację indyferencji $\mathbf{y}' \cong \mathbf{y}''$ co oznacza, że \mathbf{y}' jest tak samo dobry jak \mathbf{y}'' ,
- relację słabej preferencji $\mathbf{y}' \succeq \mathbf{y}''$ co oznacza, że \mathbf{y}' nie jest gorszy niż \mathbf{y}'' .

Model preferencji określony jest całkowicie przez relację słabej preferencji \succeq .

Relacje ścisłej preferencji i indyferencji są indukowane przez relację słabej preferencji zgodnie z poniższymi wzorami:

$$\mathbf{y}' \succ \mathbf{y}'' \Leftrightarrow (\mathbf{y}' \succeq \mathbf{y}'' \text{ i } \mathbf{y}'' \not\succeq \mathbf{y}'),$$

$$\mathbf{y}' \cong \mathbf{y}'' \Leftrightarrow (\mathbf{y}' \succeq \mathbf{y}'' \text{ i } \mathbf{y}'' \succeq \mathbf{y}').$$

Optymalizacja wielokryterialna pomaga w podejmowaniu decyzji w kontekście wyboru jednego efektywnego rozwiązania.

Rozwiązanie efektywne wielokryterialnego problemu może być wygenerowane za pomocą prostej skalaryzacji problemu.

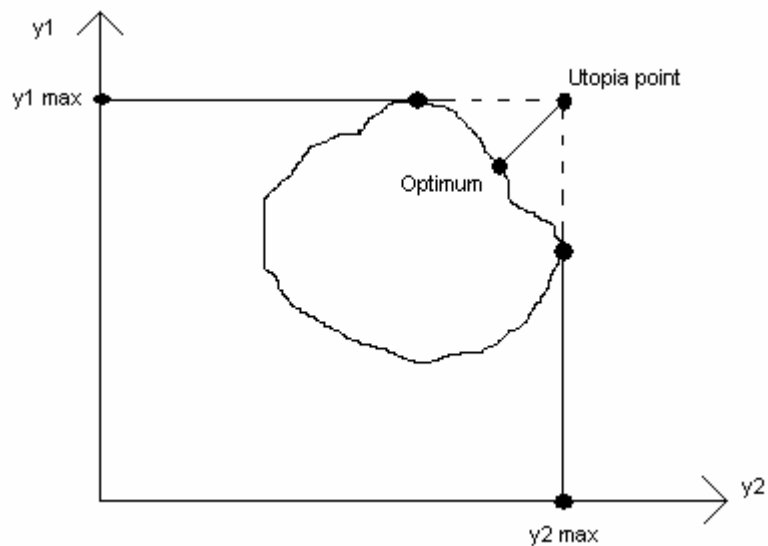
Szczególnym przypadkiem skalaryzującej funkcji celu jest suma indywidualnych funkcji oceny, tzw. suma indywidualnych funkcji oceny, która prowadzi do zadania postaci:

$$\max \left\{ \sum_{i=1}^m f_i(x) : x \in Q \right\},$$

Najpowszechniej stosowaną techniką wyznaczania rozwiązań efektywnych, czyli optymalnych rozwiązań tego zadania jest *metoda ważenia ocen* oparta na skalaryzacji za pomocą liniowych funkcji ocen, czyli wyznaczaniu rozwiązań optymalnych skalaryzacji w postaci:

$$\max \left\{ \sum_{i=1}^m w_i f_i(x) : x \in Q \right\},$$

Wagi w tym równaniu mają wartości dodatnie i ich suma wynosi zawsze 1. Wybrana metoda ważenia wag jest bardzo dobrą metodą skalaryzacji, gdyż funkcja skalaryzująca jest tu liniowa, co nie wprowadza żadnych utrudnień obliczeniowych.



Rys. Wykres Pareto

Wykres Pareto, przedstawia zbiór punktów w granicach funkcji od $y_1 \max$ do $y_2 \max$ dla których rozwiązanie optymalizacji wielokryterialnej znajduje się w miejscu najbliższym położonemu punktowi zwanemu „Optimum”. „Utopia piont” przedstawia miejsce przecięcia się dwóch granicznych linii, będących brzegami danego zbioru wartości

9. Wspomaganie w podejmowaniu decyzji.

Proces decyzyjny polega na opracowaniu i przeanalizowaniu danego zbioru wariantów rozwiązań oraz wyborze spośród nich rozwiązania najlepszego z punktu widzenia wcześniej założonych kryteriów.

W każdym procesie decyzyjnym występują decydent, który spośród zbioru możliwych wariantów decyzyjnych wybiera najlepszy.

Jak podaje autor książki „Podejmowanie decyzji (wybrane zagadnienia)”, podejmowanie decyzji powinno być odpowiednie zarówno pod względem rzeczowym jak i metodologicznym.

Właściwość podjęcia decyzji pod względem rzeczowym ma miejsce, gdy dobór środków osiągnięcia zamierzonego celu odpowiada prawidłowej, obiektywnie

istniejącej sytuacji. Natomiast właściwość podjęcia decyzji pod względem metodologicznym ma miejsce, gdy decydent prawidłowo przetwarza posiadane informacje, a jego wnioskowanie jest logiczne i poprawne.

Jeśli mamy zapewnione w/w aspekty to podejmowane decyzje mogą być trafne i optymalne. Trafność decyzji jest zależna jest od ilości i rodzaju poznanych wariantów działania, prawidłowości informacji na ich temat oraz oceny ich przez decydenta.

Proces podejmowania decyzji przebiega w kilku etapach, takich jak:

- sformułowanie informacji niezbędnych do podjęcia decyzji;
- ustalenie możliwych wariantów decyzji;
- wybór optymalnego wariantu decyzji;
- sformułowanie decyzji i wprowadzenie jej w życie;
- kontrola wykonania decyzji.

10. Metodyka obliczeń.

10.1 Dane służące do obliczenia funkcji celu

Celem pracy jest optymalne zagospodarowanie pod względem przestrzennym terenów wokół zbiornika Jeziorsko. W pracy zostały wzięte pod uwagę aspekty ekologiczne, rolnicze oraz turystyczne. W tym celu niezbędne było zebranie danych służących do obliczenia funkcji celu.

W pracy wykorzystano dane zawarte w rocznikach statystycznych GUS-u, na podstawie danych GUS-u umieszczonych na stronie internetowej, raportach GUS-u, w Urzędach Gmin oraz generowane na podstawie obliczeń.

10.2 Formułowanie poszczególnych kryteriów

W pracy przyjęto następujące założenia dotyczące analizowanego obszaru:

- **T** jest parametrem określającym ilość turystów, zawiera się on w granicach od 0 do 20000, [os],
- **X** jest parametrem określającym powierzchnię rolną w ogólnie dostępnej powierzchni terenu, zawiera się w granicach od 1 do 160, [km²].

- **powierzchnia:**

$$F_1 = L \cdot D$$

$$F_1 = 16,3 \cdot 3,5 = 57 \text{ km}^2$$

F_1 – powierzchnia zbiornika Jeziorsko, [km²], (przyjęto, że zbiornik ma kształt prostokąta),

L – długość linii brzegowej zbiornika wodnego Jeziorsko, 16,2 [km],

D – szerokość linii brzegowej zbiornika wodnego Jeziorsko, 3,5 [km].

F_2 – powierzchnia z uwzględnieniem pasa terenu do zagospodarowania otaczającego zbiornik, [km²],

$$F_2 = (L + S) \cdot (D + S)$$

$$F_2 = (16,3 + 6) \cdot (3,5 + 6) = 22,3 \cdot 9,5 = 212 \text{ km}^2$$

S – szerokość pasa terenu wokół zbiornika przeznaczonego do zagospodarowania, 6 [km].

F – powierzchnia terenu przeznaczonego do zagospodarowania, [km²].

$$F = F_2 - F_1$$

$$F = 212 - 57 - 155 \text{ km}^2 \approx 160 \text{ km}^2$$

- **T** jest parametrem określającym ilość turystów, zawiera się on w granicach od 0 do 20000, [os],

- **X** jest parametrem określającym powierzchnię rolną w ogólnie dostępnej powierzchni terenu, zawiera się w granicach od 1 do 160, [km²].

- **powierzchnia zbiornika Jeziorska przypadająca na jednego turystę** wynosi 0,15 ha i została uzyskana na drodze poniższych obliczeń:

$$P = \frac{P_n}{T_{\max}} = \frac{3000}{20000} = 0,15 \frac{\text{ha}}{\text{os}}$$

P_n – powierzchnia zbiornika wodnego przy normalnym spiętrzeniu, 3000 [ha],

T_{max} – maksymalna ilość turystów, 20000 [os].

- **stężenie nawozu w wodach odpływających z gruntów** wynosi $10,9 \cdot 10^{-6}$ [kg/m³] i została obliczona według wzoru:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0,06}{5500} = 10,9 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

m – masa nawozu odpływająca z 1 km² powierzchni terenu, 0,06 [kg], informacja uzyskana na podstawie danych GUS'u;

V – średnioroczna wielkość opadu deszczu na 1 km² powierzchni terenu, 5500

[m³], informacja uzyskana na podstawie danych WIOŚ.

Poniżej przedstawiono sześć funkcji, które pokazują jakie zyski oraz straty wynikają z działalności rolniczej i turystycznej na terenach wokół zbiornika Jeziorsko oraz jaka część terenu wokół zbiornika jest zajmowana przez poszczególną działalność. Na podstawie poniższych funkcji można było podjąć właściwą decyzję.

- *funkcja nr 1* – określająca zysk ze sprzedaży plonów rolnych, funkcja ta została utworzona w celu przedstawienia, jakie dochody przynosi rolnictwo w obszarze wokół zbiornika w funkcji powierzchni wykorzystanej pod uprawę rolną.

Założono że, wartością optymalną funkcji będzie wartość, dla której uzyska się najwyższy zysk z plonów rolnych [zł]. Wartość maksymalną funkcji, która wynosi 3192000 [zł], uzyskujemy poprzez wstawienie pod X maksymalnej wartości tego parametru – 160 [km²], czyli jeśli całą powierzchnię wokół zbiornika wykorzystamy pod uprawę rolną. Wartość minimalną funkcji uzyskujemy poprzez wstawienie pod X minimalnej wartości tego parametru – 1 [km²] i wynosi ona 19950 [zł].

$$f_1 = 0,15 \cdot 350 \cdot 380 \cdot X \quad [\text{zł}]$$

- | | |
|------|---|
| 0,15 | – procent zysku dla gminy ze sprzedaży plonów; informacja uzyskana z danych GUS-u, |
| 350 | – wielkość plonu uzyskiwana z 1 km ² użytku rolnego, [t/km ²]; informacja uzyskana z danych GUS-u, |
| 380 | – cena skupu 1 tony zboża, [zł/t]; informacja uzyskana z danych GUS-u, |
| X | – powierzchnia rolna, [km ²]; |

- *funkcja nr 2* – określająca koszt oczyszczania ścieków eutroficznymi, funkcja ta została utworzona w celu zrównoważenia funkcji 1, ukazuje straty jakie wynikają z działalności rolniczej. Założono, że wartością optymalną funkcji będzie jak najniższa jej wartość [zł]. Wartość maksymalną funkcji uzyskujemy poprzez wstawienie pod X maksymalnej wartości tego parametru - 160 [km²] i wynosi ona 4738352 [zł], wartość minimalną funkcji, która wynosi 29614,7 [zł] uzyskujemy poprzez wstawienie pod X minimalnej wartości tego parametru – 1 [km²].

$$f_2 = 0,06 \cdot 5,38 \cdot \frac{1}{10,9 \cdot 10^{-6}} \cdot X \quad [\text{zł}]$$

- 0,06 – średnia stężenie nawozów rolniczych zrzucanych do wody z 1 km² terenu, [kg/km²]; informacja uzyskana z danych GUS-u,
- 5,38 – cena oczyszczania 1 m³ ścieków, [zł/m³]; informacja uzyskana z danych GUS-u,
- 10,9·10⁻⁶ – stężenie nawozu w wodach odpływających z gruntów, [kg/m³]; informacja uzyskana na drodze obliczeń,
- X – powierzchnia rolna, [km²];

- *funkcja nr 3* – określająca zyski uzyskane z działalności turystycznej, funkcja ta została utworzona dla przedstawienia zysków z turystyki. Dla tej funkcji założono, że wartość optymalna będzie wynosić 19000000 [zł]. Wartość maksymalną funkcji, która wynosi 19000000 [zł] uzyskujemy poprzez wstawienie pod T maksymalnej wartości tego parametru – 20000 [os], wartość minimalną uzyskujemy poprzez wstawienie pod T minimalnej wartości tego parametru – 0 [os] i wynosi ona 0 [zł].

$$f_3 = 0,19 \cdot 50 \cdot 100 \cdot T \quad [\text{zł}]$$

- 0,19 – procent zysków z podatków dla gminy; informacja uzyskana z danych GUS-u,
- 50 – założona średnia ilość wydawanych pieniędzy na dobę na osobę, [zł/db*os]; wartość założona przez decydenta,
- 100 – okres turystyczny w dniach, [db]; wartość założona przez decydenta,
- T – ilość turystów, [os]; wartość założona przez decydenta.

- *funkcja nr 4* – określająca koszty oczyszczania ścieków komunalnych, funkcja ta została utworzona w celu zbilansowania funkcji 3, funkcja ta przedstawia koszty, jakie ponosi gmina na oczyszczenie ścieków komunalnych. Założono, że wartością optymalną funkcji będzie jej jak najniższa wartość [zł]. Wartość maksymalną funkcji uzyskamy przez wstawienie pod T maksymalnej wartości tego parametru - 20000 [os] i wynosi ona 2940000 [zł], wartość minimalną uzyskujemy przez wstawienie minimalnej wartości parametru T – 0 [os] i wynosi ona 0 [zł].

$$f_4 = 100 \cdot [(5,38 + 2,55) \cdot 120 \cdot 10^{-3} \cdot T + 0,2 \cdot 2,6 \cdot T] \quad [\text{zł}]$$

100	– okres turystyczny w dniach, [db]; informacja przyjęta przez decydenta,
5,38	– cena oczyszczania 1 m ³ ścieków, [zł/m ³]; informacja uzyskana z danych GUS-u,
2,55	– cena uzdatnienia 1 m ³ wody [zł/m ³]; informacja uzyskana z danych GUS-u,
120*10 ⁻³	– dzienne zużycie wody przez jedną osobę, [m ³ /db*os]; informacja uzyskana z danych GUS-u,
0,2	– cena unieszkodliwienia 1 kg odpadów, [zł/kg]; informacja uzyskana z danych GUS-u,
2,6	– ilość wyprodukowanych odpadów przez 1 osobę w ciągu doby, [kg/db*os]; informacja uzyskana z danych GUS-u,
T	– ilość turystów [os]; wartość założona przez decydenta.

- *funkcja nr 5* – określa gęstość turystów. Założoną, optymalną wartością funkcji jest jej jak najmniejsza wartość. Wartość maksymalną funkcji uzyskujemy wstawiając pod parametr X jego wartość minimalną – 1 [km²], a pod parametr T jego wartość maksymalną – 20000 [os] i wynosi ona 20000 [os/km²]. Wartość minimalną funkcji uzyskujemy wstawiając pod wartość T wartość minimalną tego parametru – 0 [km²], wtedy funkcja równa jest 0 [os/km²].

$$f_s = \frac{T}{161 - X} \left[\frac{os}{km^2} \right]$$

T	– ilość turystów, [os]; wartość założona przez decydenta,
X	– powierzchnia pod wykorzystanie rolnicze, [km ²]; informacja uzyskana na drodze obliczeń.

- *funkcja nr 6* – określająca wykorzystanie powierzchni zbiornika Jeziorsko przez turystów. Optymalną wartość funkcji założono na poziomie 200 [ha], co odpowiada wykorzystaniu 200 ha powierzchni zbiornika przez turystów. Pozostała powierzchnia zbiornika może być wykorzystana w inny sposób m.in. w celach ochrony środowiska. Wartość maksymalną funkcji wynosi 3000 [ha], jest uzyskana przez wstawienie pod parametr T jego wartości maksymalnej – 20000 [os], wartość minimalną funkcji uzyskujemy przez wstawienie pod parametr T wartości minimalnej – 0 [os] i jest równa 0 [ha].

$$f_6 = 0,15 \cdot T \quad [ha]$$

- 0,15 – powierzchnia Jeziorska przypadająca na jednego turystę [ha/os];
informacja uzyskana na drodze obliczeń,
T – ilość turystów [os].

10.3 Normalizacja funkcji.

Normalizacja to działanie mające na celu ujednoczenie wyników funkcji w celu zapewnienia ich funkcjonalności. Działanie to jest realizowane poprzez zastosowanie odpowiedniego wzoru matematycznego.

Normalizacja poniższych funkcji jest obliczana wg wzoru:

$$F = \frac{f(x) - f_1(x)}{f_2(x) - f_1(x)}$$

$f(x)$ – normalna postać funkcji;

$f_1(x)$ – normalna postać funkcji ze zmienną o wartości minimalnej

$f_2(x)$ – normalna postać funkcji ze zmienną o wartości maksymalnej

W aktualnym przypadku celem normalizacji jest doprowadzenie do sytuacji, aby wyniki funkcji zawierały się w granicach od 0 do 1.

- $X \in (1, 160)$, parametr określający powierzchnię rolną, [km²],
- $T \in (0, 20000)$, parametr określający ilość turystów, [os],

- funkcja nr 1

$$f_1 = 19950 \cdot X = \frac{19950 \cdot X - 19950 \cdot 1}{19950 \cdot 160 - 19950 \cdot 1} = \frac{X - 1}{159}$$

- funkcja nr 2

$$f_2 = 29614,7 \cdot X = \frac{29614,7 \cdot X - 29614,7 \cdot 1}{29614,7 \cdot 160 - 29614,7 \cdot 1} = \frac{X - 1}{159}$$

- funkcja nr 3

$$f_3 = 950 \cdot T = \frac{950 \cdot T - 950 \cdot 0}{950 \cdot 20000 - 950 \cdot 0} = \frac{T}{20000}$$

- funkcja nr 4

$$f_4 = 147 \cdot T = \frac{147 \cdot T - 147 \cdot 0}{147 \cdot 20000 - 147 \cdot 0} = \frac{T}{20000}$$

- funkcja nr 5

$$f_5 = \frac{T}{(161 - X) \cdot 20000}$$

- funkcja nr 6

$$f_6 = 0,15 \cdot T = \frac{0,15 \cdot T - 0,15 \cdot 0}{0,15 \cdot 20000 - 0,15 \cdot 0} = \frac{T}{20000}$$

10.4 Funkcja celu.

Funkcja celu to funkcja lub kilka funkcji cząstkowych, dzięki którym decydent może podjąć odpowiednie decyzje lub porównać zbiór otrzymanych rozwiązań.

Funkcja celu dąży do wartości przez nasz wcześniej założonych.

W wyniku połączenia wielu funkcji celu f_i otrzymujemy jedną funkcję celu F określoną wzorem:

$$F(x) = \sum_{i=1}^k w_i f_i(x)$$

gdzie:

k – ilość funkcji cząstkowych;

x – wektor zmiennych mierzalnych;

w_i – wagi.

$$w_i \in [0,1] \quad \text{oraz} \quad \sum_{i=1}^k w_i = 1$$

Ostateczna postać funkcji zastosowanej w programie:

$$F = abx \left(w_1 \cdot \left(1 - \frac{X-1}{159} \right) \right) + w_2 \cdot \left(\frac{X-1}{159} \right) + w_3 \cdot \left(1 - \frac{T}{20000} \right) + w_4 \cdot \left(\frac{T}{20000} \right) + w_5 \cdot \left(1 - \frac{T}{(161-X) \cdot 20000} \right) + w_1 \cdot \left(\frac{200}{3000} - \left(\frac{T}{20000} \right) \right)$$

Ograniczenia funkcji:

- $X \in (1, 160)$, parametr określający powierzchnię rolną, [km²],

- $T \in (0, 20000)$, parametr określający ilość turystów, [os],

10.5 Wykonanie obliczeń.

Obliczenia wykonywane są przy pomocy programu napisanego w języku Pascal. Algorytm optymalizacyjny oparty był na metodzie COMPLEX. Na początku obliczeń zakładamy sześć przypadkowych wag dla każdego z siedmiu różnych rozwiązań.

Po wygenerowaniu wszystkich rozwiązań przez program, rozwiązanie o najgorszym wyniku było odrzucane, przy czym najgorsze rozwiązanie rozumiemy wynik nie spełniający preferencji decydenta. W miejsce odrzuconego rozwiązania generujemy nowy wektor wag. W tym celu stosujemy tzw. lustrzane odbicie:

$$X_i = X_{c_i} + \alpha \cdot (X_{c_i} - X_{w_i})$$

gdzie:

X_i – nowa wartość wagi uzyskana przez lustrzane odbicie;

X_{c_i} – wartość wagi odpowiadająca punktowi centralnemu;

α – współczynnik odbicia (tu przyjęto, iż wynosi 0,2);

X_{w_i} – wartość wagi odpowiadająca najgorszemu rozwiązaniu.

$$X_{c_i} = \sum_{i \neq w}^{m+1} \frac{X_i}{m}$$

gdzie:

X_{c_i} – wartość wagi odpowiadająca punktowi centralnemu;

X_i – wartość wagi;

m – ilość wag.

Obliczenia prowadzimy tak długo, aż program wygeneruje optymalne rozwiązanie.

10.6 Przedstawienie obliczeń i interpretacja wyników.

Lp	w1	w2	w3	w4	w5	w6	F1	f2	f3	f4	F5	f6	X	T	161-X
1	0,4	0,2	0,05	0,05	0,2	0,1	3192000	4738352	19000000	2640000	20000	3000	160	20000	1
2	0,1	0,5	0,2	0,1	0,05	0,05	19950	296147	19000000	2940000	125	3000	1	20000	160
3	0,05	0,1	0,5	0,1	0,05	0,2	19950	296147	19000000	2940000	125	3000	1	20000	160
4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	3192000	4738352	19000000	2940000	20000	3000	160	20000	1
5	0,05	0,05	0,1	0,1	0,3	0,4	19950	29615	0	0	0	0	1	0	160
6	0,1	0,05	0,05	0,5	0,1	0,2	19950	29615	0	0	0	0	1	0	160
7	0,05	0,2	0,2	0,2	0,3	0,05	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160

Powyższa tabela przedstawia siedem różnych rozwiązań przy przypadkowo założonych wagach od w1 do w6. W tabeli przedstawiono także wyniki sześciu funkcji od f1 do f6 opisanych poniżej oraz aktualne wartości powierzchni rolniczej i turystycznej oraz ilość turystów dla każdego rozwiązania. Podejmowanie decyzji odbywało się na podstawie wcześniej ustalonych preferencji.

- f1 - zyski ze sprzedaży plonów rolnych, [zł]
- f2 - koszty oczyszczania ścieków eutroficznych, [zł]
- f3 - zyski uzyskane z działalności turystycznej, [zł]
- f4 - koszty oczyszczania ścieków komunalnych, [zł]
- f5 - gęstość turystów, [os/km²]
- f6 - wykorzystanie powierzchni zbiornika Jeziorsko przez turystów, [ha]
- (161-X) - wielkość powierzchni pod turystykę, [km²]
- X - wielkość powierzchni pod rolnictwo, [km²]
- T - ilość turystów, [os]

Obliczenie 1

Lp	w1	w2	w3	w4	w5	w6	F1	f2	f3	f4	F5	f6	X	T	161-)
1	0,4	0,2	0,05	0,05	0,2	0,1	3192000	4738352	19000000	2640000	20000	3000	160	20000	1
2	0,1	0,5	0,2	0,1	0,05	0,05	19950	296147	19000000	2940000	125	3000	1	20000	160
3	0,05	0,1	0,5	0,1	0,05	0,2	19950	296147	19000000	2940000	125	3000	1	20000	160
4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	3192000	4738352	19000000	2940000	20000	3000	160	20000	1
5	0,05	0,05	0,1	0,1	0,3	0,4	19950	29615	0	0	0	0	1	0	160
6	0,1	0,05	0,05	0,5	0,1	0,2	19950	29615	0	0	0	0	1	0	160
7	0,05	0,2	0,2	0,2	0,3	0,05	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160

Lp	Xci	Xi
1	0,108	0,05
2	0,183	0,18
3	0,192	0,22
4	0,183	0,21
5	0,167	0,16
6	0,167	0,18

W obliczeniu 1 odrzucono rozwiązanie nr 1 i wygenerowano nowe rozwiązanie dla nowych wag.

Rozwiązanie to zostało odrzucone z powodu, iż funkcje f2, f4, f5 i f6 nie spełniły oczekiwanych kryteriów. Maksymalna wartość funkcji f1 oznacza całkowite wykorzystanie dostępnej powierzchni terenu pod działalność rolną.

Funkcje f2 i f4 prezentują maksymalne wartości, co oznacza iż nie osiągnęły wartości optymalnych dla tych funkcji.

Kolejnym powodem odrzucenia rozwiązania nr 1 jest funkcja f6. Funkcja obrazuje wykorzystanie powierzchni zbiornika przez turystów. Rozwiązaniem optymalnym funkcji f6 jest wynik 200 [ha], co oznacza, iż 200 ha powierzchni zbiornika zostanie wykorzystana do celów turystyczno-rekreacyjnych. Zgodnie z obliczeniami zamieszczonymi w punkcie 7.1 pracy, przy takim wykorzystaniu powierzchni zbiornika może pływać na zbiorniku jednocześnie 200 kajaków lub łodzi wiosłowych.

Obliczenie 2

Lp	w1	w2	w3	w4	w5	w6	F1	f2	f3	f4	F5	f6	X	T	161-X
1	0,05	0,18	0,22	0,21	0,16	0,18	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160
2	0,1	0,5	0,2	0,1	0,05	0,05	19950	296147	19000000	2940000	125	3000	1	20000	160
3	0,05	0,1	0,5	0,1	0,05	0,2	19950	296147	19000000	2940000	125	3000	1	20000	160
4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	3192000	4738352	19000000	2940000	20000	3000	160	20000	1
5	0,05	0,05	0,1	0,1	0,3	0,4	19950	29615	0	0	0	0	1	0	160
6	0,1	0,05	0,05	0,5	0,1	0,2	19950	29615	0	0	0	0	1	0	160
7	0,05	0,2	0,2	0,2	0,3	0,05	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160

Lp	Xci	Xi
1	0,1	0,1
2	0,13	0,06
3	0,195	0,19
4	0,202	0,22
5	0,185	0,21
6	0,188	0,22

W następnym kroku analizy odrzucono rozwiązanie nr 2 i wygenerowano nowe rozwiązanie dla nowych wag.

Powodem odrzucenia tego rozwiązania jest nie spełnienie wcześniejszych założonych kryteriów przez funkcje f1, f4 i f6. W przeciwieństwie do obliczenia nr 1 w obecnym przypadku obserwuje się minimalną wartość funkcji f1, co oznacza, iż rolnictwo w obrębie zbiornika istnieje w stopniu minimalnym. Cała dostępna powierzchnię terenu tj. 160 km² można wykorzystać pod działalność turystyczną oraz terenu podnoszące walory ekologiczne.

Funkcja f6 nie opisuje optymalnego wykorzystania powierzchni zbiornika Jeziorsko.

Obliczenie 3

Lp	w1	w2	w3	w4	w5	w6	F1	f2	f3	f4	F5	f6	X	T	161-X
1	0,05	0,18	0,22	0,21	0,16	0,18	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160
2	0,1	0,06	0,19	0,22	0,21	0,22	3192000	4738352	0	0	0	0	160	0	1
3	0,05	0,1	0,5	0,1	0,05	0,2	19950	296147	19000000	2940000	125	3000	1	20000	160
4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	3192000	4738352	19000000	2940000	20000	3000	160	20000	1
5	0,05	0,05	0,1	0,1	0,3	0,4	19950	29615	0	0	0	0	1	0	160
6	0,1	0,05	0,05	0,5	0,1	0,2	19950	29615	0	0	0	0	1	0	160
7	0,05	0,2	0,2	0,2	0,3	0,05	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160

Lp	Xci	Xi
1	0,108	0,12
2	0,123	0,13
3	0,143	0,07
4	0,222	0,25
5	0,212	0,24
6	0,192	0,19

W obliczeniu 3 zdecydowano się na odrzucenie rozwiązania nr 3 i wygenerowanie nowego rozwiązania dla nowych wag.

Funkcje f1, f4 i f6 nie spełniają wcześniej założonych kryteriów.

Wszystkie cztery funkcje nie osiągnęły wartości optymalnych, a funkcja f1 nie przynosi oczekiwanych zysków z działalności rolniczej.

Obserwuje się maksymalną wartość funkcji f4, co świadczy o zwiększeniu wydatków gminy na oczyszczenie ścieków.

Funkcja f6 obrazuje całkowite wykorzystanie powierzchni zbiornika Jeziorsko pod działalność turystyczną, rozwiązanie to nie jest optymalne pod względem zagospodarowania przestrzennego oraz funkcji ekologicznych.

Obliczenie 4

Lp	w1	w2	w3	w4	w5	w6	F1	f2	f3	f4	F5	f6	X	T	161-X
1	0,05	0,18	0,22	0,21	0,16	0,18	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160
2	0,1	0,06	0,19	0,22	0,21	0,22	3192000	4738352	0	0	0	0	160	0	1
3	0,12	0,13	0,07	0,25	0,24	0,19	19950	29615	0	0	0	0	1	0	160
4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	3192000	4738352	19000000	2940000	20000	3000	160	20000	1
5	0,05	0,05	0,1	0,1	0,3	0,4	19950	29615	0	0	0	0	1	0	160
6	0,1	0,05	0,05	0,5	0,1	0,2	19950	29615	0	0	0	0	1	0	160
7	0,05	0,2	0,2	0,2	0,3	0,05	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160

Lp	Xci	Xi
1	0,111	0,11
2	0,137	0,15
3	0,147	0,17
4	0,18	0,12
5	0,235	0,26
6	0,19	0,19

W obliczeniu 4 odrzucono rozwiązanie nr 6 i wygenerowano nowe rozwiązanie dla nowych wag.

Odrzucono to rozwiązanie z uwagi, iż funkcje f3, f5, f6 nie spełniły wcześniejszych kryteriów. Funkcja f1 osiągnęła wartość minimalną, przekłada się to na bardzo niski koszt oczyszczenia ścieków eutroficznych, co pokazuje wysoka wartość funkcji f2.

Brak wpływu funduszy dla gminy z działalności turystycznej, brak turystów oraz brak zagospodarowania powierzchni akwenu pod względem rekreacyjnym może spowodować, że region straci atrakcyjność pod względem wypoczynkowo-rekreacyjnym.

Obliczenie 5

Lp	w1	w2	w3	w4	w5	w6	F1	f2	f3	f4	F5	f6	X	T	161-X
1	0,05	0,18	0,22	0,21	0,16	0,18	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160
2	0,1	0,06	0,19	0,22	0,21	0,22	3192000	4738352	0	0	0	0	160	0	1
3	0,12	0,13	0,07	0,25	0,24	0,19	19950	29615	0	0	0	0	1	0	160
4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	3192000	4738352	19000000	2940000	20000	3000	160	20000	1
5	0,05	0,05	0,1	0,1	0,3	0,4	19950	29615	0	0	0	0	1	0	160
6	0,11	0,15	0,17	0,12	0,26	0,19	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160
7	0,05	0,2	0,2	0,2	0,3	0,05	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160

Lp	Xci	Xi
1	0,122	0,14
2	0,153	0,17
3	0,158	0,17
4	0,183	0,2
5	0,229	0,21
6	0,155	0,11

Analizując dalej uzyskane wyniki, zdecydowano odrzucić rozwiązanie nr 5.

Decyzję o odrzuceniu tego rozwiązania można poprzeć tym, iż funkcja f1 obrazuje minimalne zagospodarowanie powierzchni wokół zbiornika pod względem rolniczym, niski zysk z tego tytułu oraz adekwatnie do tego niskie koszty oczyszczenia ścieków eutroficznym.

Ponadto funkcje f3, f5 i f6 nie spełniły wcześniej ustalonych założeń, obrazując brak liczby turystów, a co za tym idzie brak zysków z tego tytułu.

Nie wykorzystanie zbiornika pod względem turystyczno-rekreacyjnym stwarza możliwość zagospodarowania tej powierzchni przez działania podnoszące funkcję ekologiczną regionu, m.in. przez utworzenie Rezerwatu Ornitologicznego na znacznej powierzchni akwenu.

Obliczenie 6

Lp	w1	w2	w3	w4	w5	w6	F1	f2	f3	f4	F5	f6	X	T	161-X
1	0,05	0,18	0,22	0,21	0,16	0,18	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160
2	0,1	0,06	0,19	0,22	0,21	0,22	3192000	4738352	0	0	0	0	160	0	1
3	0,12	0,13	0,07	0,25	0,24	0,19	19950	29615	0	0	0	0	1	0	160
4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	3192000	4738352	19000000	2940000	20000	3000	160	20000	1
5	0,14	0,17	0,17	0,2	0,21	0,11	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160
6	0,11	0,15	0,17	0,12	0,26	0,19	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160
7	0,05	0,2	0,2	0,2	0,3	0,05	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160

Lp	Xci	Xi
1	0,125	0,13
2	0,125	0,12
3	0,152	0,17
4	0,152	0,13
5	0,223	0,22
6	0,223	0,23

W obliczeniu nr 6 zdecydowano się na odrzucenie rozwiązania nr 3 i wygenerowanie nowego rozwiązania dla nowych wag.

Rozwiązanie nr 3 jest identyczne jak rozwiązania nr 7 w obliczeniu nr 5.

Charakteryzuje się minimalną wartością funkcji f1 oraz funkcji f2.

Pozostałe funkcje nie spełniły określonych wcześniej kryteriów.

Rozwiązanie to jest odpowiednie do zagospodarowania przestrzennego terenu, które podniosłoby walory ekologiczne regionu, tyczy się to zagospodarowania terenu wokół zbiornika jak i samej powierzchni zbiornika.

Obliczenie 7

Lp	w1	w2	w3	w4	w5	w6	F1	f2	f3	f4	F5	f6	X	T	161-X
1	0,05	0,18	0,22	0,21	0,16	0,18	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160
2	0,1	0,06	0,19	0,22	0,21	0,22	3192000	4738352	0	0	0	0	160	0	1
3	0,12	0,13	0,07	0,25	0,24	0,19	3192000	4738352	19000000	2940000	20000	3000	160	20000	1
4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	3192000	4738352	19000000	2940000	20000	3000	160	20000	1
5	0,14	0,17	0,17	0,2	0,21	0,11	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160
6	0,11	0,15	0,17	0,12	0,26	0,19	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160
7	0,05	0,2	0,2	0,2	0,3	0,05	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160

Lp	Xci	Xi
1	0,097	0,06
2	0,111	0,09
3	0,163	0,18
4	0,157	0,17
5	0,227	0,23
6	0,245	0,27

W obliczeniu nr 7 zdecydowano się na odrzucenie rozwiązanie nr 4 i wygenerowanie nowego rozwiązania dla nowych wag.

Powodem odrzucenia było niespełnienie przez funkcję f2, f4, f5 oraz f6 wcześniej założonych kryteriów.

Funkcje f2 i f4 osiągają wartości maksymalne, nie przedstawiając oczekiwanych rezultatów.

Funkcja f6 nie opisuje optymalnego wykorzystania powierzchni zbiornika Jeziorsko.

Rozwiązaniem optymalnym funkcji f6 jest wynik 200 [ha], co oznacza, iż 200 ha powierzchni zbiornika zostanie wykorzystana do celów turystyczno-rekreacyjnych.

Obliczenie 8

Lp	w1	w2	w3	w4	w5	w6	F1	f2	f3	f4	F5	f6	X	T	161-X
1	0,05	0,18	0,22	0,21	0,16	0,18	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160
2	0,1	0,06	0,19	0,22	0,21	0,22	3192000	4738352	0	0	0	0	160	0	1
3	0,12	0,13	0,07	0,25	0,24	0,19	3192000	4738352	19000000	2940000	20000	3000	160	20000	1
4	0,06	0,09	0,18	0,17	0,23	0,21	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160
5	0,14	0,17	0,17	0,2	0,21	0,11	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160
6	0,11	0,15	0,17	0,12	0,26	0,19	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160
7	0,05	0,2	0,2	0,2	0,3	0,05	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160

Lp	Xci	Xi
1	0,09	0,1
2	0,15	0,17
3	0,17	0,16
4	0,19	0,19
5	0,24	0,24
6	0,16	0,14

W obliczeniu 8 odrzucono rozwiązanie nr 2 i wygenerowano nowe rozwiązanie dla nowych wag.

Rozwiązanie to zostało odrzucone z powodu, iż funkcje f2, f3, f5 i f6 nie spełniły oczekiwanych kryteriów. Maksymalna wartość funkcji f1 oznacza całkowite wykorzystanie dostępnej powierzchni terenu pod działalność rolną.

Funkcje f2 prezentuje maksymalną wartość, co oznacza iż nie osiągnęła wartości optymalnej dla tej funkcji.

Kolejnym powodem odrzucenia rozwiązania nr 1 jest funkcja f6, która obrazuje brak wykorzystania rekreacyjno-turystycznego powierzchni Jeziorska . Rozwiązaniem optymalnym funkcji f6 jest wynik 200 [ha].

Obliczenie 9

Lp	w1	w2	w3	w4	w5	w6	F1	f2	f3	f4	F5	f6	X	T	161-X
1	0,05	0,18	0,22	0,21	0,16	0,18	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160
2	0,1	0,17	0,16	0,19	0,24	0,14	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160
3	0,12	0,13	0,07	0,25	0,24	0,19	3192000	4738352	19000000	2940000	20000	3000	160	20000	1
4	0,06	0,09	0,18	0,17	0,23	0,21	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160
5	0,14	0,17	0,17	0,2	0,21	0,11	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160
6	0,11	0,15	0,17	0,12	0,26	0,19	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160
7	0,05	0,2	0,2	0,2	0,3	0,05	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160

Lp	Xci	Xi
1	0,09	0,08
2	0,17	0,17
3	0,18	0,21
4	0,18	0,17
5	0,23	0,23
6	0,15	0,14

W obliczeniu nr 9 zdecydowano się na odrzucenie rozwiązanie nr 3 i wygenerowanie nowego rozwiązania dla nowych wag.

Rozwiązanie to jest identyczne jak rozwiązanie nr 4 w obliczeniu 7.

Powody odrzucenia tego wyniku są podobne jak w obliczeniu 7, funkcje f2, f4, f5 oraz f6 nie spełniły wcześniej założonych kryteriów.

Funkcja f6 nie opisuje optymalnego wykorzystania powierzchni zbiornika Jeziorsko.

Rozwiązaniem optymalnym funkcji f6 jest wynik 200 [ha], co oznacza, iż 200 ha powierzchni zbiornika zostanie wykorzystana do celów turystyczno-rekreacyjnych.

Obliczenie 10

Lp	w1	w2	w3	w4	w5	w6	F1	f2	f3	f4	F5	f6	X	T	161-X
1	0,05	0,18	0,22	0,21	0,16	0,18	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160
2	0,1	0,17	0,16	0,19	0,24	0,14	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160
3	0,08	0,17	0,21	0,17	0,23	0,14	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160
4	0,06	0,09	0,18	0,17	0,23	0,21	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160
5	0,14	0,17	0,17	0,2	0,21	0,11	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160
6	0,11	0,15	0,17	0,12	0,26	0,19	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160
7	0,05	0,2	0,2	0,2	0,3	0,05	19950	296147	1266667	196000	8	200	1	1333	160

Powyższa tabela pokazuje ostateczny wynik analizy.

Po długim etapie analizy i interpretacji obliczeń, wyłoniono rozwiązanie najlepsze dla decydenta uznając je za rozwiązanie optymalne. Przyjęto, że najlepszym rozwiązaniem jest rozwiązanie powtarzające się we wszystkich pozycjach.

Głównym założeniem było, aby wartość funkcji f_6 wynosiła 200 [ha], cel ten został osiągnięty. Pozwala to na swobodne sterowanie powierzchnią zbiornika. Pewna część przeznaczona jest na turystyczno-rekreacyjne wykorzystanie, pozostała część może być wykorzystana na zwiększenie powierzchni, znajdującego się w sąsiedztwie zbiornika, Rezerwatu Ornitologicznego lub poszerzyć strefę ochronną krajobrazu. Podniesie to atrakcyjność ekologiczną regionu.

Gęstość turystów wynosi 8 [os/km²], co obrazuje iż powierzchnię 160 [km²] zajmuje 1333 [os].

Zysk osiągnięty z działalności turystycznej wynosi 1266667 [zł], natomiast z działalności rolniczej wynosi 19950 [zł].

Przy maksymalnym, rolniczym wykorzystaniu dostępnych terenów tj. 160 [km²] zysk wynosiłby 3192000 [zł]. W analizowanym rozwiązaniu wielkość terenu przeznaczonego na działalność rolniczą to 1 [km²] z ogólnej, dostępnej powierzchni terenu.

13. Podsumowanie i wnioski.

Rozwiązanie optymalne zostało wygenerowane dzięki programowi komputerowemu, który został opracowany do celów obliczeniowych w pracy magisterskiej. Program jest napisany w języku Pascal, zawiera algorytm optymalizujący oparty na metodzie Complex oraz funkcję opisaną w punkcie 10.4 pracy.

W wyniku obliczeń, każdorazowo najgorszy wynik był wykluczany i poddawany transformacji przez tzw. lustrzane odbicie. Wynik otrzymany na drodze transformacji ponownie był poddawany analizie. Końcowy efekt obliczeń to uzyskanie jednego rozwiązania optymalnego, spełniającego preferencje dokonującej analizy. Na drodze obliczeń i analizy, za optymalne uznano rozwiązanie powtarzającej się.

- Funkcja 1, uzyskała wartość – 19950 zł;
- Funkcja 2, powinna być jak najmniejsza – 296147 zł, jest to wartość uzależniona od wartości funkcji 1;
- Funkcja 3 i 4 wynoszą odpowiednio: funkcja f3 – 1266667 zł, funkcja f4 – 196000 zł;
- Funkcja 5 wynosi 8 os/km²;
- Funkcja 6, osiągnęła założone kryterium, wartość optymalna funkcji wynosi 200 ha.

Powierzchnia terenu pod wykorzystanie rolnicze oraz turystyczne jest ustalona, powierzchnią zbiornika można dowolnie sterować, rezerwując przy tym odpowiednią część terenu na realizację funkcji ekologicznych i przyrodniczych regionu.

Przykładowo, zwiększając wielkość powierzchni wykorzystania zbiornika Jeziorsko, wzrośnie liczba turystów oraz wzrośnie wielkość powierzchni pod uprawę rolną.

Praca dyplomowa oraz program komputerowy opracowany na potrzeby pracy może posłużyć jako narzędzie pomocnicze w planowaniu i optymalizacji zagospodarowania przestrzennego terenów położonych bezpośrednio w rejonie zbiorników wodnych oraz powierzchni tych zbiorników na etapie inwestycyjnym i projektowym.

14. Literatura.

1. Multiple criteria optimization and decision under risk, Włodzimierz Ogryczak, "Control and Cybernetics" vol. 31/2002.
2. Jeziorsko – Geneza i koncepcja zbiornika, Józef Głuszak, „Gospodarka Wodna” 8/1986.
3. Na ratunek Warcie, Hanna Szymanowicz, „Gospodarka Wodna” 2/2001.
4. Problemy zagospodarowania strefy brzegowej jezior zaporowych dla turystyki i rekreacji, Anna Pawlikowska-Piechotka, „Problemy Ekologii” 2001.
5. Zrównoważony rozwój turystyki wiejskiej, Agata Balińska, „Zagadnienia doradztwa rolniczego” 2/2005.
6. Uwarunkowania rozwoju agroturystyki, Katarzyna Karbowski, „Zagadnienia doradztwa rolniczego” 3/2005.
7. Podejmowanie decyzji (wybrane zagadnienia), Edward Wiśniewski, Politechnika Koszalińska 1998
8. Rocznik statystyczny województw 2005, Warszawa 2005.
9. Rocznik statystyczny Polski 2005, Warszawa 2005.
10. Raport o stanie środowiska w województwie łódzkim w 2003 roku, WIOŚ Łódź, 2004.
11. Strony internetowe:
 - www.stat.gov.pl
 - www.mos.gov.pl
 - www.powiat.sieradz.net