

# GEOLOGICZNE UWARUNKOWANIA REWITALIZACJI I ZAGOSPODAROWANIA TZW. „BIAŁYCH MÓRZ” NA TERENACH PO BYŁYCH KRAKOWSKICH ZAKŁADACH SODOWYCH „SOLVAY”

**Geological condition of revitalization and land development  
the “Białe Morza” on the terrains  
after former “Solvay” Krakow Soda Works**

**Wiesław SROCZYŃSKI**

*Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN;  
ul. Wybickiego 7, 31-261 Kraków;  
e-mail: wues@min-pan.krakow.pl*

**Treść:** „Białe Morza” w Krakowie-Łagiewnikach to wschodnia część terenów poprzemysłowych po byłych Krakowskich Zakładach Sodowych „Solvay”. Od lat 30. XX w. do 1989 r. deponowano tam odpady posodowe, głównie szlamy, w nadpoziomowych stawach osadowych, łącznie ok. 5 mln ton. Po wstępnej rekultywacji osadniki przez kilkanaście lat pozostawały w stadium samoistnej regeneracji i przyrodniczej sukcesji. Te zaniedbane tereny stały się ostatnio łakomym kąskiem dla potencjalnych inwestorów. Zgodnie z nowymi koncepcjami ich zagospodarowania mają one pełnić funkcje publiczne (m.in. budowa Centrum Jana Pawła II „Nie lękajcie się”). W 2007 r. pod kierunkiem autora została sporządzona dokumentacja geologiczno-inżynierska na potrzeby miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego tego obszaru. Podstawowe ograniczenia rozwiązań urbanistycznych to: znacznie zmieniona rzeźba, skomplikowane i niekorzystne warunki geologiczno-inżynierskie oraz znaczący zmniejszenie środowiska. W artykule omówiono historię zagospodarowania, formy i mechanizmy antropopresji, warunki geologiczne, geotechniczne oraz geoekologiczne. Wskazano zagrożenia geologiczne. Przedstawiono mapę rejonizacji warunków geologiczno-inżynierskich na potrzeby kształtowania struktury funkcjonalno-przestrzennej.

**Słowa kluczowe:** geologia środowiskowa, stawy osadowe, odpady posodowe, rejonizacja geologiczno-inżynierska, Krakowskie Zakłady Sodowe „Solvay”

**Abstract:** The “Białe Morza” in Krakow-Łagiewniki is an east part of post-industrial terrains after former “Solvay” Krakow Soda Works. From the thirties of 20. century to 1989 the soda wastes were stored, mainly sludge. Sludge was deposited on the sedimentary ponds in quantities equal 5 Mg. After primary land reclamation the settling tanks were in a stage of intrinsic regeneration and natural succession. That neglected terrains are recently a “tempting bite” for potential investors. Public function – building the John Paul II Centre “Be not afraid!” – is a new, basic destination of that terrains. In 2007 was made by an author and team a geological and engineering documentation for needs of local development plan. Basic limitations for urban solutions are: considerably changed topographic profile, complicated and disadvantageous geological and engineering conditions and environment pollution. In this article, history of land development, forms and mechanisms of anthropopression, geological, geotechnical and geoecological conditions are discussed. Reionisation of geological and engineering conditions for needs of forming a functional and spatial structure were presented.

**Key words:** environmental geology, sedimentary ponds, soda wastes, geological-engineering reionisation, “Solvay” Krakow Soda Works

## WPROWADZENIE

Krakowskie „Białe Morza” wzięły nazwę od stawów osadowych zlikwidowanych Zakładów Sodowych „Solvay”. Przez długie lata składowano tam szlamy posodowe odznaczające się białą barwą i skłonnością do pylenia. Po postawieniu fabryki w stan likwidacji (w 1989 r.) i wstępnej rekultywacji osadniki pozostawały przez kilkanaście lat w stadium samoistnej regeneracji i przyrodniczej sukcesji. Powstał rozległy niezagospodarowany kompleks zieleni (ponad 100 ha, w tym osadniki ok. 80 ha) pełniący samoistnie funkcje przyrodnicze, a nieformalnie również zaplecza rekreacyjnego dla okolicznych osiedli. Jednocześnie zachodziły zmiany w otoczeniu. Powstała południowa autostradowa obwodnica miasta i komplementarna z nią sieć drogowa (w szczególności ciąg ulic Turowicza – Herberta). Na okoliczne tereny wkroczyło budownictwo mieszkaniowe. Przy klasztorze i zakładzie wychowawczym Sióstr Matki Bożej Miłosierdzia z końca XIX w. (przy ul. Siostry Faustyny) wyrósł nowy kompleks sakralny, wzniesiony na przełomie XX i XXI stulecia – Sanktuarium Bożego Miłosierdzia w Łągiewnikach. Tereny przemysłowe po zachodniej stronie magistrali kolejowej Kraków – Zakopane zostały zrewitalizowane i przekształcone w centrum kulturalno-handlowe „Zakopianka”. Również zaniedbany obszar „Białych Mórz” stał się atrakcyjny dla potencjalnych inwestorów. Podstawowe ograniczenia przyszłego zagospodarowania stanowią: znacznie zmieniona rzeźba, skomplikowane i niekorzystne warunki geologiczno-inżynierskie oraz zanieczyszczenie środowiska.

## RYS HISTORYCZNY

Fabrykę sody w Borku Fałęckim uruchomiono w 1906 r. Produkowano wówczas sodę kalcynowaną ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$  – surową) w ilości ok. 5 t/dobę oraz sodę kaustyczną ( $\text{NaOH}$ ) – w niewielkiej ilości. Stosowano przy tym metodę Honigmanna. Po wykupieniu i rozbudowie fabryki przez koncern Solvaya zaczęto stosować jego metodę produkcji. W latach międzywojennych wytwarzano od 33 do 180 t/dobę sody surowej oraz od 5 do 60 t/dobę sody kaustycznej. Po II wojnie światowej firma została upaństwowiona i rozbudowana (w latach 1950–1960), a produkcję zwiększono odpowiednio do 600 i 200 ton/dobę. Wśród produktów był również salmiak ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), spożywczy dwutlenek węgla ( $\text{CO}_2$ ) i in. Od 1972 r. ze szlamu podestylacyjnego odzyskiwany był chlorek wapnia ( $\text{CaCl}_2$ ). Podstawowymi surowcami do produkcji były: solanka z Wieliczki i spod Bochni, kamień wapienny z kamieniołomu „Zakrzówek” oraz amoniak. Odpady to głównie szlamy wapienne (w ilości ok. 9–10 m<sup>3</sup> na każdą tonę produktu), deponowane na stawach osadowych; poza tym granulaty wapienne, krzemienie, żużle, solanka i in. W szczytowym okresie produkcji na stawy osadowe kierowano rurociągami do 6000 m<sup>3</sup> szlamów na dobę. Osadniki zajmowały coraz większe powierzchnie, a gdy zabrakło miejsca zostały nadbudowane. Wysokość składowania osiągnęła od kilkunastu do ok. 30 m nad dno doliny. Łączną ilość nagromadzonych odpadów szacuje się na ok. 5 mln ton. Zewnętrzne skarpy mają nachylenie od 1:1 do 1:1.5. Obecnie wznoszą się w tym miejscu cztery „martwe” osadniki, tworzące odrębne bryły, w tym jeden nadbudowany i jeden odseparowany od pozostałych ulicą Podmokłą. Rozdzielają je cieki wodne – rzeka Wilga i jej dopływy – w dużej mierze skanalizowane.

## PROPOZYCJE PRZYSZŁEGO ZAGOSPODAROWANIA TERENU

Obszar „Białych Mórz” był dotychczas w planowaniu przestrzennym przeznaczony pod zieleni parkową. W październiku 2007 r. Rada Miasta Krakowa przystąpiła do zmiany studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego dla części obszaru pomiędzy ulicą Podmokłą a Sanktuarium Bożego Miłosierdzia (ok. 87 ha). To punkt wyjścia do sporządzenia i uchwalenia miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego.

Postulowane są następujące kierunki zagospodarowania terenu:

- zieleni urządzonej z obiektami małej architektury;
- budownictwo kubaturowe (w tym obiekty Centrum Jana Pawła II);
- budownictwo komunikacyjne, w szczególności tzw. trasa zwierzyniecka (w ciągu trzećiej obwodnicy miasta, z odcinkiem tunelowym);
- kopiec Jana Pawła II.

Najbardziej zaawansowane są plany budowy Centrum Jana Pawła II. W maju 2007 r. zostały uporządkowane kwestie własnościowe. W tym samym roku przystąpiono do sporządzania miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego. W pierwszej połowie 2008 r. została przyjęta koncepcja architektoniczno-urbanistyczna. Aktualnie, z inicjatywy władz miasta, projektowane są drogi dojazdowe mające obsługiwać przyszłe Centrum.

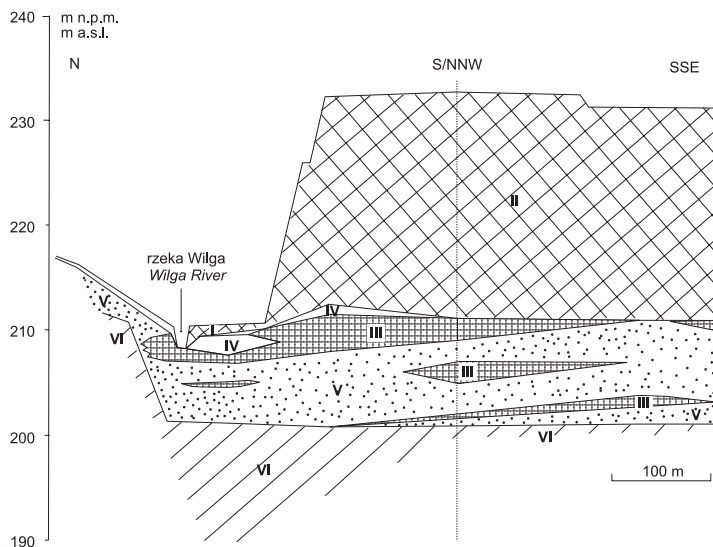
Inicjatywa usypiania w Krakowie kopca upamiętniającego postać Jana Pawła II pozostaje na razie w fazie niesformalizowanej koncepcji. Pomysł pojawił się jeszcze za życia papieża. Były rozpatrywane różne lokalizacje, ale obecnie wskazywana jest tylko jedna – na osadniku między ulicą Podmokłą a autostradą. Miałyby to być monumentalna budowla o wysokości ok. 40 m, z figurą papieża na szczycie. W listopadzie 2002 r. założone zostało Stowarzyszenie Budowy Kopca-Pomnika im. Jana Pawła II w Krakowie (zarejestrowane 13 maja 2003 r.). We wrześniu 2005 r. na terenie AGH w Krakowie odbyło się sympozjum, na którym poruszane były również kwestie geotechniczne związane z budową kopca (Kaczmarczyk & Naborczyk 2005).

## WARUNKI GEOLOGICZNE I GEOTECHNICZNE

Obszar „Białych Mórz” zajmuje morfologiczne obniżenie doliny rzeki Wilgi (ok. 210–215 m n.p.m.), pomiędzy Wzniesieniem św. Józefa na północy (233 m n.p.m., z dominującymi obiektami Sanktuarium Bożego Miłosierdzia w Łagiewnikach) a Górą Borkowską na południowym zachodzie (249 m n.p.m., z dominującym kościołem MB Zwycięskiej). W części przewidzianej do objęcia miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego obszar liczy ok. 87 ha. Prawie 70% tej powierzchni zajmują nadpoziomowe stawy osadowe (osadniki) KZS „Solvay”, wstępnie zrekultywowane. Są one obecnie porośnięte roślinnością: na skarpach głównie wysoką, na wierzchowinach głównie niską, z wkraczającą sukcesją drzew i krzewów. Wierzchowina najwyższego osadnika wznosi się do ok. 240 m n.p.m.

Budowa geologiczna jest typowa dla południowej części Krakowa. W podłożu podczwartorzędowym występują zręby mezozoiku (skały węglanowe) pokryte trzeciorzędowymi ilami morskimi miocenu (przeważnie ily z gipsem). Czwartorzęd rodzimy reprezentują piaski, pospółki i żwiry rzeczne, w różnym stopniu zaglinione, z licznymi przewarstwieniami

namulów organicznych. Łączna miąższość tego kompleksu dochodzi do kilkunastu metrów. W partiach peryferyjnych ropy występują pływce, zwłaszcza po stronie sanktuarium (Fig. 1).



**Fig. 1.** Przekrój geologiczno-inżynierski przez dolinę rzeki Wilgi i osadnik O1 (w rejonie planowanej budowy trasy łagiewnickiej i obiektów Centrum Jana Pawła II): I – nasypy, II – grunty antropogeniczne osadnika, III – namuły organiczne, IV – gliny, V – piaski, pospółki i żwiry rzeczne, VI – ropy morskie trzeciorzędu

**Fig. 1.** Geological and engineering profile through the Valley of the Wilga River and O1 sedimentary pond (in region of planned building of the Łagiewniki Route and objects of the John Paul II Centre): I – embankments, II – anthropogenic grounds of sedimentary pond, III – organic aggradate muds, IV – clays, V – sands, all-in aggregates and valley gravels, VI – marine clays

Wśród utworów antropogenicznych osadników można wyróżnić:

- warstwę rekultywacyjną z żużla i gliny (ok. 20–60 cm, lokalnie ponad 1 m);
- osady wapienne granulowane, zawierające też okruchy wapienia, cegły, żużla itp.;
- osady białe jednorodne o charakterze ciasta wapiennego i konsystencji plastycznej lub miękkoplastycznej.

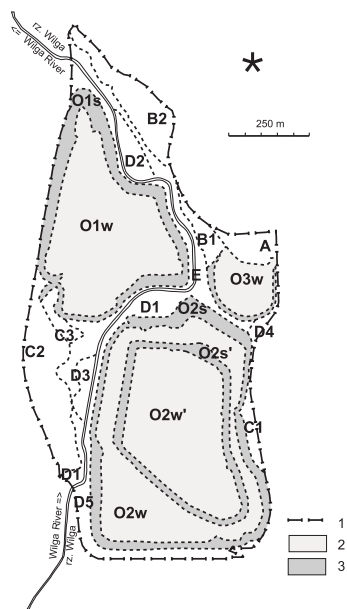
Co charakterystyczne, z wyjątkiem warstwy powierzchniowej, odpady odznaczają się silnie zasadowym odczynem (rzędu  $\text{pH} = 11\text{--}12$ ) oraz zasoleniem. Na kontakcie rodzimego podłoża z materiałem osadników utworzyła się warstwa zeskalonego gruntu o grubości do ok. 1 m i cechach chudego betonu. To skutek reakcji chemicznych silnie zasadowych odcieków, bogatych w wapń, z gruntami rodzimymi.

Wody pierwszego ciągłego poziomu wodonośnego w utworach czwartorzędowych występują płytko – zwykle do ok. 1–2 m p.p.t. (licząc od naturalnej powierzchni terenu) i są mniej lub bardziej zanieczyszczone. Wewnątrz osadników nie stwierdzono stałego poziomu wodonośnego, a jedynie wody sączeniowe, silnie zasolone, dające wycieki u podnóża skarp i w brzegach rzeki. Wody pod osadnikami wykazują wysoką mineralizację. Przykładowe wyniki analizy próbki pobranej spod najstarszego osadnika (przy sanktuarium) są na-

stępujące: substancje rozpuszczone: ok. 22 000 mg/dm<sup>3</sup>, chlorki (Cl<sup>-</sup>) – 12 744 mg/dm<sup>3</sup>, siarczany (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) – 991 mg/dm<sup>3</sup>, wapń (Ca<sup>+2</sup>) – 4536.5 mg/dm<sup>3</sup>, magnez (Mg<sup>+2</sup>) – 195 mg/dm<sup>3</sup> (Gaszyński *et al.* 2006). Zanieczyszczone wody wykazują agresywność względem betonu, zwłaszcza siarczanową (Gaszyński *et al.* 2006, Płoskonka 2007). Obszar „Białych Mórz” nie posiada lokalnego monitoringu. W minionym ćwierćwieczu (od początku lat 90. XX w.) stan środowiska wodno-gruntowego uległ poprawie, ale brak systematycznych badań nie pozwala na ocenę ilościową.

## REJONIZACJA GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKA NA POTRZEBY ZAGOSPODAROWANIA PRZESTRZENNEGO

W ramach dokumentacji geologiczno-inżynierskiej na potrzeby zagospodarowania przestrzennego (Sroczyński *et al.* 2007) została sporządzona mapa rejonizacji warunków geologiczno-inżynierskich. Wydzielono 20 stref i podstref różniących się warunkami zagospodarowania przestrzennego, w tym 12 stref i podstref o charakterze rodzimym oraz 8 stref antropogenicznych – w miejscach dawnych stawów osadowych KZS „Solvay” (Fig. 2).



**Fig. 2.** Rejonizacja warunków geologiczno-inżynierskich: 1 – obszar analizy, 2 – wierzchowiny stawów osadowych, 3 – skarpy stawów osadowych. A – wysoczyzna zbudowana z ilów, B1–B2 – stoki wysoczyzny j.w., C1–C3 – obszary zbudowane z piasków, D1–D5 – obszary występowania namulów organicznych, E – skanalizowane koryto rzeki Wilgi, O1–O3 – tereny stawów osadowych: O1w–O3w – wierzchowiny, O1s–O3s – skarpy, O2w'–O2s' – osadnik drugiej generacji (nadbudowany)

**Fig. 2.** Reionisation of geological and engineering conditions: 1 – tested area, 2 – tops of sedimentary ponds, 3 – scarps of sedimentary ponds. A – upland built by clays, B1–B2 – upland scarps (as before), C1–C3 – areas built by sands, D1–D5 – areas of organic aggragate muds occurrence, E – sewered the Wilga River-bed, O1–O3 – terrains of sedimentary ponds: O1w–O3w – tops, O1s–O3s – scarps, O2w'–O2s' – second generation pond (superstructured)

## GEOTECHNICZNE WARUNKI ZAGOSPODAROWANIA OSADNIKÓW

Stawy osadowe (osadniki) zaliczane są do nadpoziomowych budowli hydrotechnicznych. Obwałowania są formowane z grubszych frakcji materiału odpadowego, a wypełnienie stanowią szlamy, płynne lub półpłynne. Formowanie stawów i ich wypełnianie postępuje równolegle, aż do osiągnięcia założonego poziomu składowania. Dla oceny warunków stateczności „martwych” osadników zasadnicze znaczenie mają stosunki wodne. Podczas formowania zwierciadło wód technologicznych utrzymywane jest na poziomie niewiele niższym od korony obwałowań. W tak niekorzystnych warunkach muszą być zapewnione warunki stateczności. Po zaprzestaniu składowania ustaje dopływ wód technologicznych i następuje osuszenie korpusu. W osadach występują jedynie wody infiltracyjne, pochodzenia opadowego. W oczywisty sposób poprawia to warunki stateczności. Dlatego można przyjąć – z dużą dozą pewności – że skarpy ustabilizowanych, porośniętych zielenią osadników „Białych Mórz” nie są jakoś szczególnie narażone na powierzchniowe ruchy mas ziemi. Aktualnie drobne zerwy tworzą się jedynie w miejscach nadmiernie rozdeptywanych albo podkopywanych przy pozyskiwaniu złomu. Problemy związane ze statecznością mogą wystąpić w przypadku: dociążenia naziomu – np. ciężkimi budowlami albo nasypami, podcięcia zboczy, prowadzenia w bezpośrednim sąsiedztwie osadników głębokich robót ziemnych. W każdym takim przypadku wymagane jest szczegółowe rozpoznanie geologiczno-inżynierskie, z rzetelną analizą stateczności. Należy mieć na uwadze, że bryły osadników stanowią pewną całość, a zadaniem obwałowań jest utrzymywanie w stabilności półpłynnych szlamów. Z tego względu każde naruszenie obwałowań może mieć niekorzystne konsekwencje.

Potencjalne zagrożenia dla środowiska, z jakimi należy się liczyć przy planowaniu zagospodarowania przestrzennego osadników posodowych, to:

- odcieki w różnym stopniu zasolone,
- muły i osady wypełniające wnętrza osadników – silnie zasadowe i mechanicznie bardzo słabe – w postaci „ciasta wapiennego”,
- odpady komunalne zdeponowane „na dziko” i ukryte przy wyrównywaniu terenu.

Wyżej wymienione zagrożenia są związane głównie z naruszeniem ciągłości osadników i okrywy rekultywacyjnej. Dlatego działania takie powinny być podejmowane jedynie w ostateczności i z dużą rozważą, po uprzedniej analizie wpływu na środowisko.

## PODSUMOWANIE

Atutem obszaru „Białych Mórz” jest atrakcyjne położenie i duża zwarta enklawa śródmiejskiej zieleni (ponad 100 ha). Ograniczenia rozwiązań urbanistycznych wynikają przede wszystkim z warunków geotechnicznych i hydrogeochemicznych podłoża, które są skomplikowane i mało dogodne dla budownictwa. Enklawy gruntów lepszych zostały już w większości zajęte pod zabudowę. Potencjalną rezerwę terenów pod zabudowę stanowią ustabilizowane budowle ziemne osadników. W działaniach inżynierskich powinny być one traktowane całościowo. O ile to możliwe, nie należy naruszać obwałowań ani warstwy re-

kulturywacyjnej. W każdym przypadku inwestowania wymagane jest rzetelne rozpoznanie geologiczno-inżynierskie, z oceną warunków stateczności oraz oceną oddziaływania na środowisko gruntowo-wodne. Walory przyrodnicze i krajobrazowe są przeciętne, z tendencją do renaturyzacji. To obszar kształtowania krajobrazu przyrodniczego, o dużym potencjale. Preferowana opcja zagospodarowania przestrzennego to rewitalizacja do funkcji przyrodniczo-użytkowej. Ważne jest zachowanie spontanicznie wykształconej funkcji „zielonego” zaplecza dla mieszkańców miasta i odwiedzających pobliskie sanktuarium.

## LITERATURA

- Gaszyński J., Gładysz B. & Jurczak S., 2006. *Ocena geotechnicznych warunków posadowienia obiektów na terenie składowiska odpadów Solvay-Białe Morza*. Ekspertyza geotechniczna, Archiwum PUG-L Chemkop-Laborgeo, Kraków, 1–26.
- Kaczmarczyk S. & Naborczyk J., 2005. Elementy konstrukcyjne oraz szacunkowy koszt budowy kopca. *Symposium „Budowa Kopca-Pomnika im. Jana Pawła II w Krakowie dla uczczenia największego Syna Polskiej Ziemi”*, Kraków, 1–4.
- Płoskonka J., 2007. *Dokumentacja geotechniczna dla koncepcji obsługi komunikacyjnej Centrum Jana Pawła II w Krakowie-Łagiewnikach*. Archiwum Geoprojektu Kraków, 1–8.
- Sroczyński W., Krupińska-Lemparc E., Skrzypczak R. & Syposz-Łuczak B., 2007. *Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla potrzeb sporządzenia planu zagospodarowania przestrzennego obszaru „Białe Morza” w Krakowie*. Archiwum IGSMiE PAN, Kraków, 1–50.

## Summary

The “Białe Morza” in Krakow-Łagiewniki is an east part of post-industrial terrains after former „Solvay” Krakow Soda Works. From the thirties of 20 century to 1989 the soda wastes were stored, mainly sludge. Sludge was deposited on the sedimentary ponds in quantities equal 5 Mg. After primary land reclamation the settling tanks were in a stage of intrinsic regeneration and natural succession. Actually, their management is planned. That neglected terrains are recently a “tempting bite” for potential investors. Public function – building the John Paul II Centre “Be not afraid!” is a new, basic destination of that terrains.

Basic limitations for urban solutions are: considerably changed topographic profile, complicated and disadvantageous geological and engineering conditions and environment pollution.

Geological structure is typical for the south part of Krakow. In the sub-Quaternary foundation, the Miocene’s marine clays occur (mostly clays with gypsum). Native Quaternary is represented by sands, all-in aggregates and river gravels, with numerous interbeddings of organic aggredate muds. Total volume of that complex achieves several meters. In the peripheral parts, clays occur shallower than in the central part, especially on the side of the Sanctuary (Fig. 1).



In the frame of a geological-engineering documentation for the necessity of land development, a reionisation map of geological-engineering conditions was made. 20 zones and sub-zones, which are differed in properties of land development, were separated: 12 zones and sub-zones with native character and 8 anthropogenic zones – on the site of former sedimentary ponds of “Solvay” Krakow Soda Works (Fig. 2).

Potential threats for the environment, which should be taken into account during land development of ponds:

- eluate, in differ degree of salinity;
- sludges and sediments filling the ponds interior – strongly alkaline and mechanically very weak – in the shape of “calcareous paste”;
- wastes deposited “on wild” and hided during land levelling.

Above mentioned threats are connected mainly with breach of ponds continuity and reclamation cover. Therefore that activities should be taken only in the eventuality, after making an analysis of influence on the environment.