

ELŻBIETA BIELECKA

### **BT GIS - SYSTEM WSPOMAGAJĄCY MONITORING I OCHRONĘ ŚRODOWISKA NA OBSZARZE „CZARNEGO TRÓJKĄTA”<sup>1</sup>**

*ZARYS TREŚCI: Black Triangle Geographical Information System - BT GIS - powstał w wyniku współpracy IGiK i czeskiej firmy GISAT, finansowanej ze środków PHARE. Opracowane w ramach projektu metody oraz podstawy techniczne i organizacyjne tworzenia i funkcjonowania GIS zostały podporządkowane zagadnieniom ochrony i monitoringu środowiska. Założono bazę danych systemu oraz pokazano sposób rozwiązywania problemów z zakresu ochrony środowiska przy wykorzystaniu danych zgromadzonych w systemach informacji przestrzennej.*

*W kolejnych aplikacjach zwrócono uwagę na przydatność GIS do oceny stanu czystości powietrza, propagacji fali powodziowej oraz wyznaczania obszarów krytycznych zanieczyszczeń wód powierzchniowych.*

#### **1. CHARAKTERYSTYKA „CZARNEGO TRÓJKĄTA”**

„Czarnym Trójkątem” nazwany został obszar środkowo - europejskiego zagłębia węgla brunatnego położony w pasie przygranicznym trzech państw: Polski, Czech i Niemiec. Po stronie polskiej do obszaru tego zaliczone zostały 2 województwa: jeleniogórskie i wałbrzyskie, po stronie czeskiej 12 nadgranicznych powiatów, po stronie niemieckiej okręgi Drezno i Chemitz. Łączna powierzchnia „Czarnego Trójkąta” wynosi 32,4 tys. km<sup>2</sup>, obszar zamieszkiwany jest przez 6,3 mln ludności.

W krajobrazie tej części Europy dominują góry: Sudety, szczytami których przebiega granica Polsko-Czeska i Rudawy, stanowiące naturalną granicę między Czechami i Niemcami. Zarówno Sudety jak i Rudawy oraz ich przedgórza wyróżniają się walorami przyrodniczymi, uzdrowiskowymi i turystycznymi. Najcenniejsze pod względem przyrodniczym i krajobrazowym tereny chronione

---

<sup>1</sup> Praca wykonana w ramach projektu finansowanego ze środków programu PHARE.

są w formie parków narodowych, obszarów chronionego krajobrazu, parków krajobrazowych oraz licznych pomników przyrody. W obrębie ziem górskich znajduje się wiele źródeł wód mineralnych z unikatowymi wodami termalnymi włącznie. Na terenach tych występują takie bogactwa naturalne, jak: węgiel brunatny, dolomit, kwarc, kaolin, bazalt, a także minerały szlachetne np. miedź, cyna, wolfram, uran.

Obok szczególnego nagromadzenia walorów przyrodniczych rejon „Czarnego Trójkąta” należy do najbardziej zanieczyszczonych w Europie. Bogate pokłady węgla brunatnego sprawiły, że obszar leżący u zbiegu granic Polski, Czech i Niemiec jest największym zagłębiem węgla brunatnego w Europie, z roczną produkcją rzędu 200 mln t, z czego 14 mln t po stronie polskiej. Wydobywany węgiel spalany jest na miejscu w 16 wielkich elektrowniach zlokalizowanych głównie w Saksonii i północnych Czechach. Oprócz przemysłu wydobywczego i paliwowo-energetycznego na obszarze tym znajdują się zakłady przemysłu maszynowego, metalowego, elektromechanicznego, szklarskiego, ceramicznego i materiałów budowlanych.

Czynniki natury ekonomicznej spowodowały zamknięcie w ostatnich latach niektórych zakładów górniczych i energetycznych. Proces ten nasilił się szczególnie w ostatnich latach w Niemczech w związku z restrukturyzacją gospodarki na obszarze b. NRD. Nadal jednak w „Czarnym Trójkącie” pozostaje aktywny ogromny potencjał przemysłowy.

## 2. PROBLEMY EKOLOGICZNE „CZARNEGO TRÓJKĄTA”

Tak znaczna koncentracja produkcji przemysłowej na stosunkowo niewielkim obszarze (w tym istnienie dużych kopalń odkrywkowych węgla brunatnego) prowadziła w przeszłości i prowadzi obecnie do poważnego konfliktu ze środowiskiem. Nieuwzględnianie w ubiegłych dziesięcioleciach we wszystkich trzech krajach problematyki ochrony środowiska doprowadziło do poważnych zaniedbań w tej dziedzinie, a efekty tej działalności do dziś rzutują na stan środowiska „Czarnego Trójkąta”. Lokalne pierwotnie problemy z rejonów odkrywek zaczynały nabierać szerszego zasięgu, tworząc środkowoeuropejski region degradacji ekologicznej i zagrożenia dla zdrowia.

Problemy ekologiczne regionu dotyczą przede wszystkim zanieczyszczenia powietrza, wód powierzchniowych i gruntowych, deficytu wody, erozji gleb oraz daleko posuniętej degradacji lasów. Duża emisja do atmosfery dwutlenku siarki, tlenków azotu oraz pyłów zdegradowała przyrodę, a tym samym wywarła negatywny wpływ na warunki życia ludności.

Na łańcuchowy charakter degradacji środowiska Sudetów mają wpływ niekorzystne warunki meteorologiczne. Przewaga wiatrów z kierunków zachodniego i południowo-zachodniego powoduje, że większość związków siarki i azotu emitowanych z zakładów przemysłowych przenoszona jest na obszar

Sudetów, gdzie obserwuje się największe zniszczenie drzewostanów. Według badań Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Jeleniej Górze [13], aż 75-85% zanieczyszczeń napływa nad Sudety z terenów przyległych. Statystyki europejskie [5] pokazują, że zdrowych jest tylko 26% lasów Czech, 22% Dolnego Śląska i 45% Saksonii.

Nie mniej niepokojący jest stan czystości wód powierzchniowych. Jest on przede wszystkim związany z poważnymi zaniedbaniami w gospodarce wodno-ściekowej. Istniejące oczyszczalnie są nie wystarczające [13, 14], głównie z powodu braku oczyszczalni biologicznych. Inspektorzy Wojewódzkich Inspektoratów Ochrony Środowiska szacują, że w pełni oczyszczane jest zaledwie 20% ścieków przemysłowych i komunalnych. W wyniku tego większość powierzchniowych wód płynących nie nadaje się do produkcji wody pitnej. Jaskrawym przykładem degradacji wód jest stan czystości rzeki granicznej - Nysy Łużyckiej. Pod względem sanitarnym wody tej rzeki w 1994 r. [13] na całej długości nie odpowiadały normie.

Na problemy związane z gospodarką wodną znaczący wpływ ma również eksploatacja odkrywek. Wpływa ona na obniżenie poziomu wód gruntowych, ich zanieczyszczenie oraz na zaburzenie naturalnego sposobu odprowadzania wód opadowych.

### **3. GENEZA SYSTEMU INFORMACJI GEOGRAFICZNEJ DLA „CZARNEGO TRÓJKĄTA”**

W celu uzdrowienia środowiska w „Czarnym Trójkącie” konieczna jest współpraca między Polską, Czechami i Niemcami. Po 1990 r., te trzy sąsiadujące państwa, zdając sobie sprawę z zakresu i złożoności problemu, zdecydowały się na partnerskie działania w tym względzie. W czerwcu 1991 r. na spotkaniu w Dobrzysz ministrowie środowiska Czechosłowacji, Niemiec i Polski podpisali wspólną deklarację, na mocy której powołano Grupę Roboczą w celu sąsiedzkiej współpracy na rzecz ochrony środowiska w środkowoeuropejskim obszarze złóż węgla brunatnego. Podstawowym zadaniem tej grupy roboczej było przygotowanie ponadgranicznego planu działania na rzecz ochrony środowiska oraz wypracowanie propozycji działań w priorytetowych obszarach. Jako czwarty partner do Grupy Roboczej dołączyła Komisja Europejska, dostarczając wsparcia finansowego ze środków Programu Regionalnego PHARE. Zgodnie z decyzją Komisji, program miał się koncentrować przede wszystkim na zwalczaniu zanieczyszczenia przyrody, w tym redukcji emisji przemysłowych, gospodarce odpadami i ochronie przyrody [7].

Szanse na racjonalną gospodarkę w regionie przy możliwie najmniejszym konflikcie ze środowiskiem oraz systematyczną ochronę i rekonstrukcję środowiska przyrodniczego istnieją jedynie w przypadku pełnego dostępu do informacji na temat działalności gospodarczej, stanu środowiska

geograficznego i interakcji pomiędzy gospodarką a środowiskiem. Bogate i różnorodne dane na ten temat są rozproszone pomiędzy licznymi dysponentów we wszystkich trzech państwach. Występują również poważne trudności natury organizacyjno-prawnej, związane z wymianą informacji.

Inicjatywą mającą na celu usunięcie wspomnianych przeszkód w dostępie do informacji o stanie środowiska geograficznego był kolejny program finansowany ze środków PHARE - Black Triangle Geographical Information System, w skrócie BT GIS. Program miał za zadanie stworzenie podstaw metodycznych, technicznych i organizacyjnych funkcjonowania GIS na obszarze „Czarnego Trójkąta”. BT GIS, zgodnie z założeniami projektu, ma charakter integrujący działania Polski, Czech i Niemiec na rzecz monitoringu i ochrony środowiska.

#### **4. CELE SYSTEMU INFORMACJI GEOGRAFICZNEJ DLA „CZARNEGO TRÓJKĄTA”**

Celem Systemu Informacji Geograficznej dla „Czarnego Trójkąta” BT GIS jest zapewnienie dostępu do kompleksowych, aktualnych informacji związanych z przestrzenią geograficzną, niezbędnych do zarządzania tym regionem, planowania przestrzennego i strategicznego, rozwoju gospodarczego regionu, wspomaganie władz administracji rządowej i samorządowej oraz służb specjalistycznych zajmujących się ochroną środowiska.

Na poziomie centralnym system, przechowując dane zagregowane, będzie mógł być wykorzystywany do wspierania zarządzania i formułowania polityki ekologicznej. Na poziomie regionalnym system w połączeniu z danymi pochodzącymi z państwowej sieci monitoringu będzie wspierał podejmowanie decyzji w zakresie planowania przestrzennego, wydawania decyzji lokalizacyjnych, inicjatyw na rzecz poprawy stanu środowiska.

Założona baza danych będzie stanowiła podstawę do wizualizacji wyników działań statutowych WIOŚ i Regionalnych Centrów Programu PHARE „Black Triangle”, kontroli warunków wykorzystania środowiska i dokonywania jego oceny. BT GIS będzie umożliwiał:

- szybki dostęp do informacji o różnym charakterze i rozdzielczości,
- zarządzanie bazą danych,
- przekazywanie danych źródłowych, analizowanych i interpretowanych do wszystkich użytkowników i instytucji współpracujących,
- przekazywanie danych do innych narzędzi wspomagających zarządzanie środowiskiem,
- wykonywanie analiz danych źródłowych i zagregowanych,
- prezentację wyników modelowania i analiz przestrzennych w postaci map tematycznych, wykresów, tabel,
- tworzenie specjalistycznych opracowań i raportów.

## 5. UŻYTKOWNICY BT GIS

System Informacji Geograficznej dla „Czarnego Trójkąta” ukierunkowany jest na wielu użytkowników na poziomie regionalnym, krajowym i lokalnym. Użytkownikami na poziomie krajowym będą Ministerstwa Ochrony Środowiska w Polsce i Czechach oraz Komitet Koordynacyjny Programu PHARE „Czarny Trójkąt”; na szczeblu regionalnym: urzędy wojewódzkie w Jeleniej Górze i Wałbrzychu, urzędy okręgów Liberec, Ceska Lipa, Jablonec, Semily, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Jeleniej Górze i Wałbrzychu, Euroregion Nysa, Karkonowski/Krkonose Park Narodowy, Park Narodowy Gór Stołowych, Park Narodowy Vychodne Krusne Hory, dyrekcje parków krajobrazowych, regionalne biura planowania, uczelnie i instytuty naukowe; na szczeblu lokalnym władze administracji samorządowej.

Należy zaznaczyć, że wszyscy potencjalni użytkownicy systemu zainteresowani są utworzeniem wspólnej, jednolitej bazy danych stanowiącej podstawę monitoringu środowiska, analiz, modelowania i prognozowania zjawisk oraz procesów.

## 6. BAZA DANYCH BT GIS

Założona w ramach projektu baza danych składa się z siedmiu warstw tematycznych, obejmujących swoim zasięgiem obszar polskiej i czeskiej części „Czarnego Trójkąta”. Dodatkowo dla wybranych obszarów baza ta została poszerzona o trzy warstwy.

W celu zagwarantowania przyszłym użytkownikom systemu możliwości wykonywania specjalistycznych analiz i modelowania dane zapisywane są w relacyjnej bazie danych. Dane opisowe stanowią atrybuty obiektów jednoznacznie zlokalizowanych w systemie odniesienia. Podstawowa informacja geometryczna została zapisana w postaci wektorowej w wyniku digitalizacji map topograficznych i tematycznych w skali 1:100 000 i 1:50 000 oraz interpretacji i klasyfikacji obrazów satelitarnych (Landsat TM, SPOT).

Do tworzenia i zarządzania bazą danych wybrano system ARC/INFO, oferujący pełne możliwości w zakresie pozyskiwania, gromadzenia, analiz i udostępniania danych przestrzennych.

W skład bazy danych wchodzi następujące warstwy tematyczne:

1. Użytkowanie terenu,
2. Numeryczny model rzeźby terenu,
3. Hydrografia,
4. Transport,
5. Stacje monitoringu powietrza,
6. Obszary chronione,
7. Podział administracyjny.

**Użytkowanie terenu** zasilają dane pochodzące z interpretacji obrazów Landsat TM w skali 1:100 000, stanowiące fragment bazy CORINE Land Cover o jednolitej dla całej Europy legendzie. Na obszarze „Czarnego Trójkąta” występują 32 z 44 klas użytkowania terenu. Dla fragmentu obszaru (najbardziej zdegradowanego) wykonano interpretację obrazów synergicznych Landsat TM i SPOT w skali 1:50 000.

**Numeryczny model rzeźby terenu** to jedyna warstwa tematyczna o charakterze rastrowym. Przestrzenna rozdzielczość pozyskanych danych wynosi 1 km dla całego obszaru i 100 m dla wybranych do aplikacji terenów.

**Hydrografia** - dane zasilające tę warstwę pochodzą z digitalizacji map topograficznych w skali 1:50 000, wspomaganej interpretacją obrazów panchromatycznych SPOT. W bazie znajdują się takie elementy hydrografii powierzchniowej, jak: rzeki i strumienie, kanały, jeziora, oczyszczalnie ścieków oraz granice zlewni, do których przypisane są następujące atrybuty opisowe: nazwa, typ obiektu, kod.

**Transport** - baza danych dotycząca infrastruktury transportowej powstała poprzez digitalizację map topograficznych w skali 1:50 000. W bazie tej znajdują się drogi z podziałem na kategorie i koleje. Drogi charakteryzowane są przez takie atrybuty opisowe, jak: kategoria, numer wg klasyfikacji krajowej i numer wg klasyfikacji międzynarodowej.

**Stacje monitoringu powietrza** zapisane są w warstwie o charakterze punktowym. Znajdują się w niej wszystkie stacje monitoringu powietrza identyfikowane w bazie poprzez swój numer i nazwę.

**Obszary chronione** - w bazie tej, w dwóch warstwach tematycznych, znajdują się elementy o charakterze poligonowym i punktowym wraz z wieloma atrybutami opisowymi. Warstwa poligonowa zawiera informacje o parkach narodowych, parkach krajobrazowych i obszarach chronionego krajobrazu wraz z otulinami. W warstwie punktowej przedstawione są pomniki przyrody, rezerваты przyrody. Każdy element umieszczony w bazie charakteryzują następujące atrybuty opisowe: nazwa, numer, kategoria obszaru chronionego, akt prawny ustanawiający obszar chroniony, województwo lub gminę, na których terenie znajduje się dany obszar, rzeczywistą powierzchnię obszaru.

**Podział administracyjny** - baza ta po stronie polskiej zawiera podział na województwa i gminy, po stronie czeskiej na okresy. Każdej jednostce administracyjnej przypisane są: nazwa, numer statystyczny, liczba mieszkańców, powierzchnia rzeczywista, gęstość zaludnienia. Dane geometryczne pozyskano w wyniku digitalizacji map topograficznych w skali 1:50 000, dane opisowe z roczników statystycznych.

W przyszłości, zgodnie z sugestiami użytkowników, tematyczny zakres bazy zostanie rozszerzony o takie warstwy, jak: gleby (typy i rodzaje), geologia, roślinność, bogactwa mineralne, źródła zanieczyszczeń powietrza, wód i gleb.

## 7. ELEMENTY ORGANIZACJI BT GIS

Zaproponowano trzystopniową strukturę organizacji GIS w regionie. Zarządzanie systemem leżałoby w gestii administratora. Za zasilanie, aktualność, archiwizowanie, udostępnianie danych i komunikację z systemami zewnętrznymi powinna być odpowiedzialna grupa składająca się z przedstawicieli użytkowników. Przedstawiciele ci byłiby jednocześnie odpowiedzialni za współpracę i kontakty między użytkownikami. Proponuje się, aby koordynatorem i administratorem BT GIS była komórka GIS przy Komitecie Zarządzającym Centrum Regionalnego Programu PHARE Black Triangle w Libercu.

Należy zaznaczyć, że dane zgromadzone w bazie danych nie ulegają szybkim zmianom, aktualizacja ich nie będzie następcza dużych trudności.

W celu uzyskania dostępu do aktualnych danych komórka GIS powinna zawrzeć porozumienia ze wszystkimi dawcami informacji w sprawie ich bieżącej aktualizacji.

## 8. INWENTARYZACJA I OCENA MATERIAŁÓW ŹRÓDŁOWYCH

W ramach projektu dokonano inwentaryzacji wszystkich dostępnych dla regionu Czarnego Trójkąta materiałów źródłowych i ich oceny pod kątem zasilania GIS. Przeanalizowano następujące grupy materiałów: mapy topograficzne, mapy tematyczne, dane teledetekcyjne, statystyczne, meteorologiczne, dane pochodzące z monitoringu środowiska oraz materiały monograficzne o terenie.

## 9. PROJEKT PILOTOWY SYSTEMU INFORMACJI GEOGRAFICZNEJ DLA „CZARNEGO TRÓJKĄTA”

Celem realizacji projektu pilotowego jest zaprojektowanie, utworzenie i praktyczne wdrożenie prototypowej wersji komputerowego systemu wspomagającego zarządzanie regionem. Po konsultacjach z użytkownikami oraz analizie dostępnych materiałów źródłowych zdecydowano się na wykonanie trzech aplikacji:

- wykorzystania danych zgromadzonych w GIS do zasilania modelu rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń powietrza,
- wykorzystania danych zgromadzonych w GIS do modelowania odpływu w zlewni,

- wyznaczenia obszarów krytycznych pod względem zagrożenia zanieczyszczeń wód źródłami niepunktowymi.

## 10. MODELOWANIE ROZPRZESTRZENIANIA SIĘ ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA

Do modelowania rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń wykorzystany został regionalny model smugi zanieczyszczeń powietrza opracowany i wykorzystywany w Instytucie Hydrometeorologicznym w Pradze [2, 3]. Jest to model typu gaussowskiego, który uwzględnia suche i mokre osiadanie, oddziaływanie orograficzne i przemiany chemiczne związków zanieczyszczających powietrze. W wyniku obliczeń uzyskujemy stężenia na powierzchni ziemi, osiadanie i poziome przepływy powietrza zanieczyszczonego związkami siarki i azotu. Model jest wykorzystywany do oceny transportu transgranicznego zanieczyszczeń i badań ekologicznych.

W zależności od wprowadzonych parametrów meteorologicznych, model może być użyty do estymacji charakterystyk zanieczyszczenia powietrza w odniesieniu do rzeczywistej sytuacji bądź do prognozowania długoterminowego opartego na danych klimatologicznych [3]. Modelowanie na podstawie rzeczywistej sytuacji meteorologicznej rozpoczyna się procedurą konstruowania pola przepływu powietrza. Niezbędne do tego dane uzyskiwane są w wyniku sondowania wyższych warstw powietrza na terenie Europy Środkowej. Zakłada się, że skonstruowane pole przepływu powietrza jest stacjonarne dla całego okresu, dla którego model jest uruchamiany. Pole przepływu powietrza stanowi podstawę do skonstruowania smugi z każdego źródła emisji (przy założeniu, że osie smug przebiegają zgodnie z trajektoriami przepływu powietrza). W przypadku szacowania stężenia zanieczyszczeń na powierzchni ziemi brane jest pod uwagę: mieszanie pionowe typu Gaussa, dyfuzja pozioma w kierunku poprzecznym do smugi i wpływ oporu podłoża na prędkość wiatru.

Podstawowymi danymi zasilającymi model są oczywiście informacje o wielkości emisji i charakterystyki emitatorów oraz dane meteorologiczne. Pozostałe dane wejściowe to użytkowanie ziemi i numeryczny model terenu. Informacje o emitatorach, użytkowaniu ziemi i ukształtowaniu terenu zostały zgromadzone w zintegrowanej bazie danych i za jej pośrednictwem zasilają model rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń powietrza.

Informacja o użytkowaniu ziemi, umożliwiająca określenie wpływu oporu podłoża na prędkość wiatru, pochodziła z bazy danych CORINE Land Cover, przy czym na potrzeby modelowania dokonano agregacji klas. Wyróżniono 7 kategorii użytkowania ziemi:

- tereny zurbanizowane,
- tereny rolne,

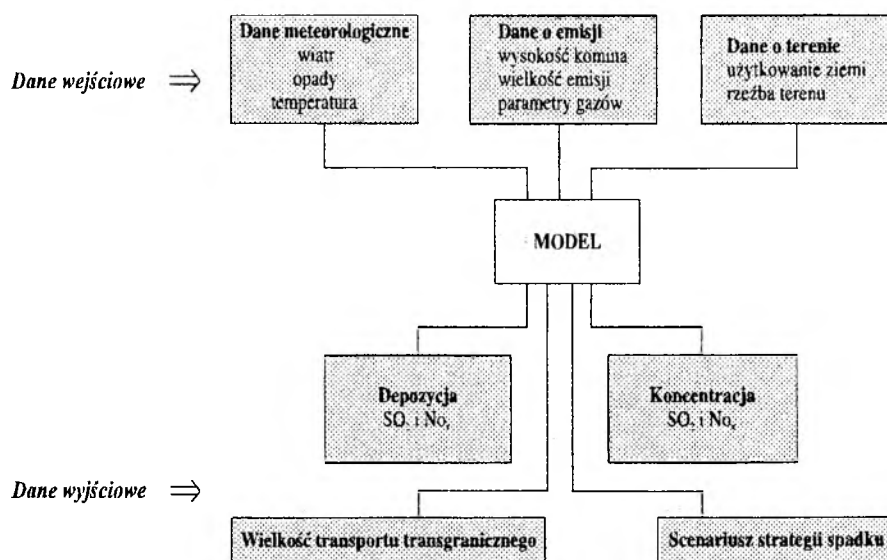


- lasy iglaste,
- lasy liściaste,
- lasy mieszane,
- strefy podmokłe,
- wody.

Dane o ukształtowaniu terenu, niezbędne do konstrukcji smugi zanieczyszczeń z każdego źródła emisji, pochodziły z rastrowej warstwy tematycznej bazy BT GIS.

Informacje o emisji: położenie emitora, wysokość komina, wielkość emisji, prędkość i temperatura gazów wylotowych pochodzą, w Polsce, z baz danych Wydziałów Ochrony Środowiska Urzędów Wojewódzkich, a w Czechach ze zbiorów Instytutu Hydrometeorologicznego w Pradze.

Należy zaznaczyć, że w celu uzyskania wiarygodnych wyników do modelu należało wprowadzić dane z dużo większego, niż interesujący nas obszar. W przypadku „Czarnego Trójkąta” dane meteorologiczne i informacje o źródłach zanieczyszczeń zbierane były z Czech, Polski, Niemiec, Austrii, Węgier i Słowacji. W modelu wykorzystano 1580 źródeł o wielkości emisji do atmosfery przekraczającej 5 MW. Schemat modelowania rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń powietrza przedstawiono na rys 1.



Rys. 1. Schemat modelowania rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń powietrza

W wyniku działania modelu otrzymano 4 rastrowe warstwy tematyczne przedstawiające roczną (1993) depozycję w  $t/km^2$  (rys. 2) i średnią dzienną koncentrację w  $g/m^3$  (rys. 3) SO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub> na obszarze „Czarnego Trójkąta”.

Analizując wyniki modelowania widzimy, że do najbardziej zanieczyszczonych regionów należą: okręgi Cieplice, Most i Chomutov oraz gminy Bogatynia, Sulików i Zgorzelec. Na obszarach tych wielkości zanieczyszczeń powietrza 2-krotnie przekraczają polskie normy [16]. Wśród obszarów o dużym skażeniu znajdują się również tereny chronione. Należą do nich Park Krajobrazowy Średniogórza Czeskiego oraz Góry Izerskie. Niewielką poprawę jakości powietrza zauważa się w Karkonoszach.

Model opracowany w Instytucie Hydrometeorologicznym w Pradze może być wykorzystywany do regionalnego planowania. Pozwala on, na podstawie przyjętych scenariuszy rozwoju przemysłu wydobywczego i energetyki, na wyliczenie hipotetycznego rozkładu zanieczyszczeń powietrza dla dowolnego obszaru.

## **11. MODELOWANIE ODPIYU W ZLEWNI NYSY ŁUŻYCKIEJ**

Zasilanie rzek odbywa się bezpośrednio przez opady, za pośrednictwem źródeł i zasilania gruntowego. Ilość wody spływającej powierzchniowo zależy od wielkości opadu atmosferycznego, ukształtowania powierzchni, a w szczególności od wielkości spadków, przepuszczalności warstw powierzchniowych oraz od szaty roślinnej.

Rzeki sudeckie, jak większość rzek środkowoeuropejskich, charakteryzuje śnieżno-deszczowy ustrój zasilania z dwoma wysokimi stanami wody w ciągu roku. Zasilanie śnieżne powoduje wysokie stany wód na wiosnę, zasilanie deszczowe związane jest z letnim maksimum opadowym.

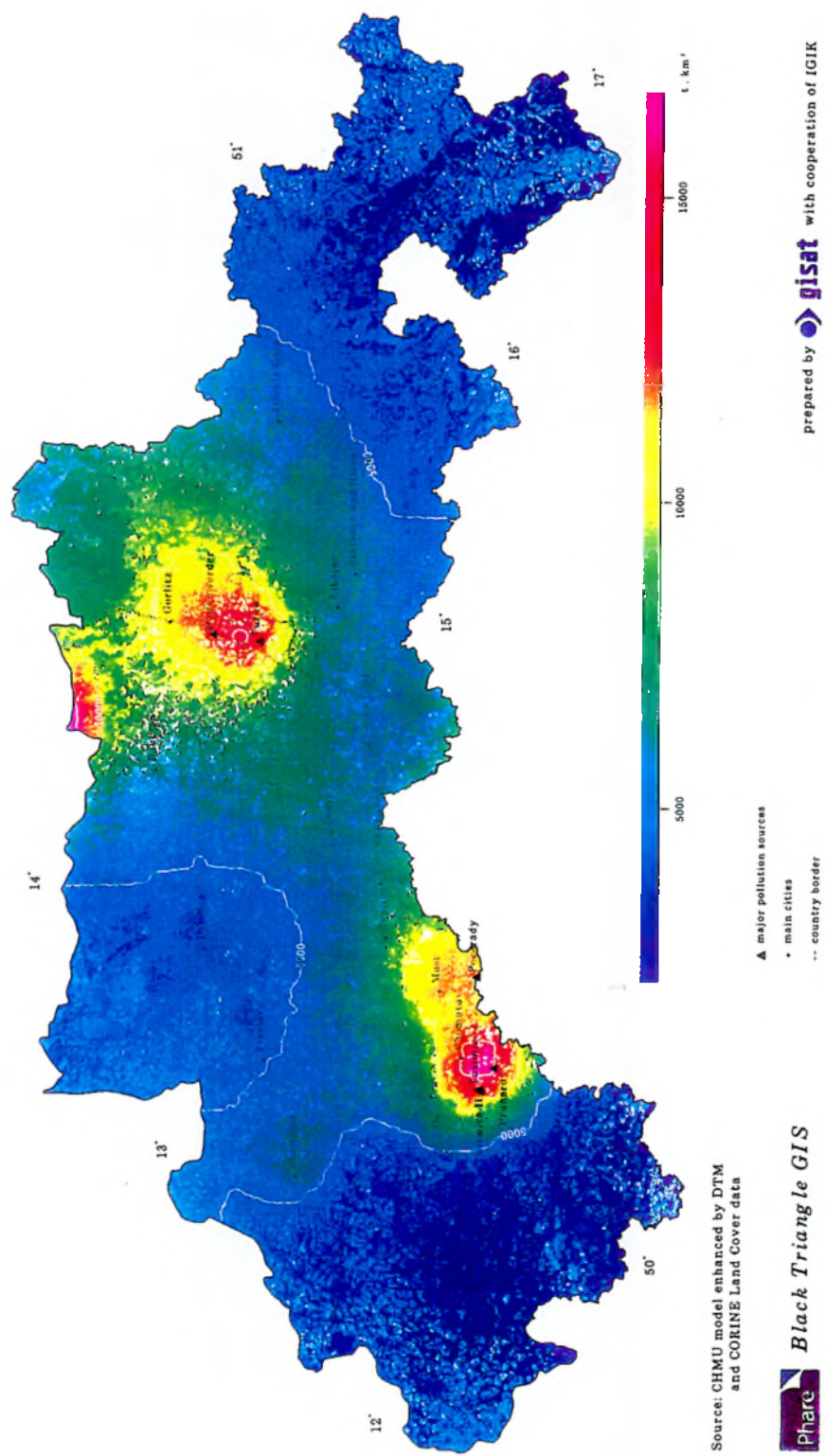
Stany wód podnoszą się i obniżają niejednokrotnie w różnych miejscach tej samej rzeki, nie mają też wszędzie jednakowego przebiegu. Fale wezbraniowe mogą nasuwać się jednocześnie, powodując powódzie lub niejednocześnie, utrzymując przez dłuższy czas wysoki stan wód.

Jednym z głównych problemów współczesnej hydrologii jest obliczanie odpływu rzecznoego i propagacji fali powodziowej.

Celem powyższej aplikacji jest pokazanie możliwości połączenia danych przestrzennych zgromadzonych w Systemie Informacji Geograficznej z danymi opadowymi pochodzącymi ze stacji monitoringowych i wykorzystanie ich do obliczenia odpływu w zlewni i propagacji fali powodziowej.

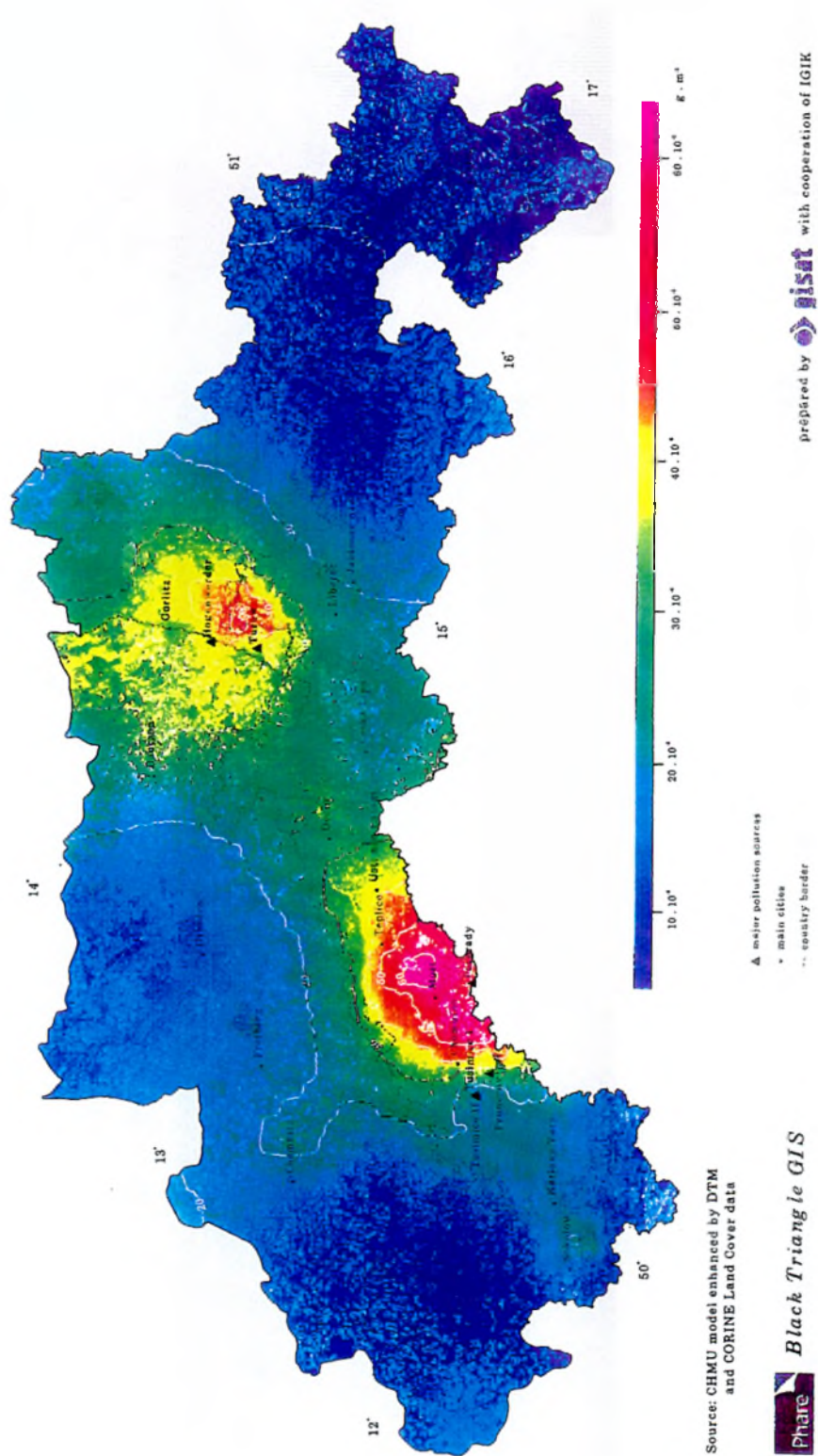
## **12. CHARAKTERYSTYKA FIZYCZNA ZLEWNI NYSY ŁUŻYCKIEJ**

Do aplikacji wybrano Nysę Łużycką, rzekę przepływającą przez terytorium trzech państw: Polski, Czech i Niemiec, od jej źródeł do Zgorzelca.



Rys. 2. Roczna depozycja  $\text{SO}_2$  na obszarze "Czarnego Trójkąta".





Rys. 3. Średnia dzienna koncentracja  $\text{SO}_2$  na obszarze "Czarnego Trójkąta".

Nysa Łużycka wypływa z południowo-zachodnich stoków Gór Izerskich, w rezerwacie przyrody na terenie Czech. Na terytorium Czech znajduje się górny odcinek rzeki, o długości 54 km, następnie Nysa Łużycka staje się rzeką graniczną Polski i Niemiec.

### 13. METODA BADAŃ

Do obliczenia wielkości odpływu, propagacji fali powodziowej oraz określenia reakcji zlewni na opad atmosferyczny wykorzystano amerykański model HEC-1. Jest to model matematyczny, wieloparametrowy, o parametrach skupionych. Obszar zlewni dzielony jest na zlewnie cząstkowe, a te z kolei na mniejsze powierzchnie, homogeniczne ze względu na warunki fizycznogeograficzne. Dla każdej powierzchni elementarnej ekstrapolowana jest wielkość opadów i obliczany współczynnik straty opadu. Wielkości te służą do obliczenia czasu wystąpienia kulminacji fali wezbraniowej i wielkości kulminacyjnego przepływu [1, 4].

Model raz wykalibrowany może być wykorzystywany przez dziesiątki lat. Jego powtórna kalibracja jest konieczna tylko wtedy, gdy w wyraźny sposób zmieniają się warunki fizycznogeograficzne w zlewni.

### 14. BAZA DANYCH DLA ZLEWNI NYSY ŁUŻYCKIEJ

Na potrzeby niniejszej aplikacji bazę danych „Czarnego Trójkąta” rozszerzono przestrzennie i tematycznie. Modelowaniem odpływu objęto fragment zlewni Nysy Łużyckiej leżący na terenie trzech granicznych państw. Tematycznie bazę danych uzupełniono o informacje o przepuszczalności gruntów, spadkach oraz o dane hydrometeorologiczne. W efekcie na potrzeby tej aplikacji baza danych składała się z warstw:

**Pokrycie terenu** - dane warstwę pochodzą z projektu CORINE Land Cover 1:100 000. Informacje o pokryciu terenu zostały zgeneralizowane, w aplikacji wykorzystano tylko podział pierwszego stopnia; wyróżniono obszary użytkowane rolniczo, zurbanizowane i lasy.

**Przepuszczalność gruntów** - informacje uzyskano w wyniku analizy mapy geologicznej Sudetów oraz map glebowo-rolniczych; po przeanalizowaniu składu mechanicznego gleb oraz rodzaju podłoża, na którym się wykształciły, przypisano im stopień przepuszczalności w skali od 1 do 3 (1 - dobra, 2 - średnia, 3 - zła).

**Spadki terenu** - dane uzyskano z numerycznego modelu terenu o rozdzielczości przestrzennej 100 m; wyznaczono spadki w 5 klasach (< 5%, 5-10%, 10-17%, 17-18%, >28%).

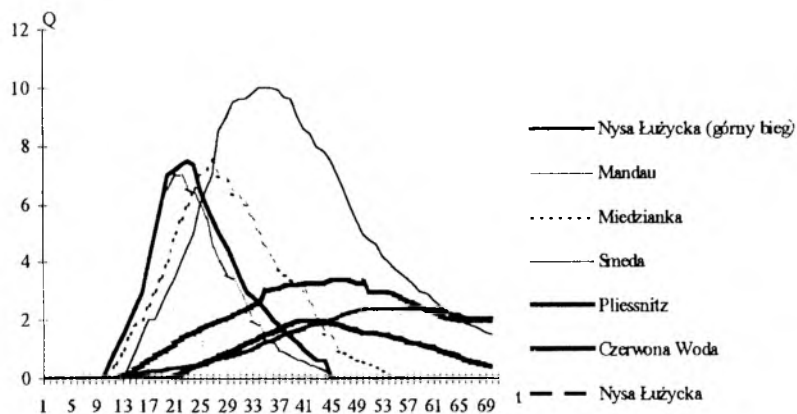
**Dane hydrometeorologiczne** - zawierają lokalizację posterunków meteorologicznych i odnotowane wielkości opadów oraz przepływy.

Dane hydrometeorologiczne otrzymano z IMGW w Warszawie i Instytutu Hydrometeorologicznego w Pradze. Aby prawidłowo wykalibrować model należało podać dobowe sumy opadów zmierzone na posterunkach meteorologicznych na danym terenie oraz ciągłe pomiary limnigraficzne przepływu w rzece wykonane w dwóch punktach, z których jeden powinien się znajdować w punkcie zamykającym zlewnię, w Zgorzelcu.

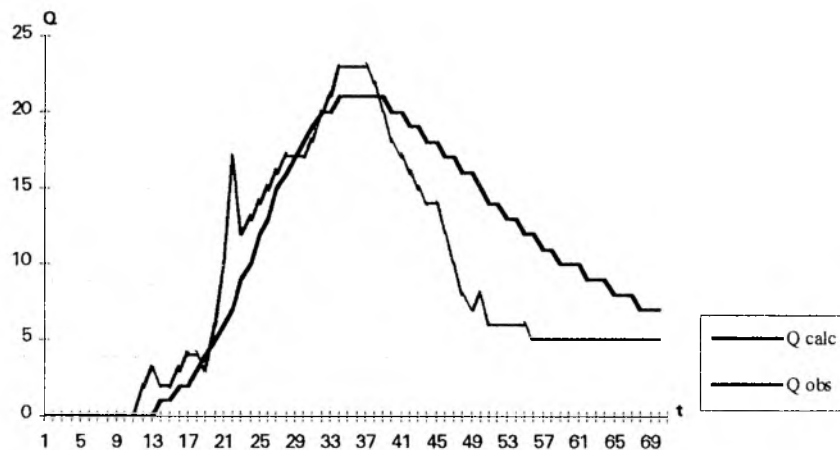
Do kalibracji powinien być wybrany tzw. opad znaczący, którego czas trwania i wielkość jest większa od średnich opadów w danym regionie. Wykorzystanie w modelu opadów zbyt małych lub występujących po długotrwałej suszy nie daje dobrych rezultatów, ponieważ wówczas znaczna część opadu paruje i wsiąka w glebę. W omawianej aplikacji do kalibracji modelu wykorzystano dane opadowe z 2 sierpnia 1977 r. i 3 czerwca 1981 r.

## 15. WYNIKI ANALIZY

W wyniku działania modelu HEC - 1 otrzymano hydrogramy odpływu dla zlewni cząstkowych i zlewni Nysy Łużyckiej (rys. 4). Zbieżność kształtu hydrogramu obliczonego z rzeczywistym, sporządzonym na podstawie pomiarów limnigraficznych w Zgorzelcu, informuje o poprawnej kalibracji modelu (rys. 5).



Rys. 4. Hydrogramy odpływu zlewni cząstkowych



Rys. 5. Hydrogram obliczony i rzeczywisty Nysy Łużyckiej

Analizowane zlewnie cechują się stosunkowo wysoką wartością współczynnika straty opadów ( $70 < C_n < 84$ ), co jest charakterystyczne dla rzek górskich. W zlewniach tych obserwujemy stosunkowo szybką reakcję na opad, czas osiągnięcia kulminacji fali wezbraniowej wahał się od 12 godzin dla zlewni rzeki Mandau i 13 godzin dla górskiej części zlewni Nysy Łużyckiej do 37 godzin dla zlewni Pliessnitz i 49 dla środkowego biegu Nysy Łużyckiej (tab. 1). Czas propagacji fali powodziowej jest najkrótszy dla zlewni górskich, o podłożu słabo i źle przepuszczalnym, użytkowanych rolniczo. Większy udział lasów w pokryciu terenu zlewni, przy zachowaniu innych parametrów fizycznogeograficznych, wydłuża czas reakcji zlewni na opad, zmniejsza kulminacyjny przepływ i opóźnia wystąpienie fali powodziowej.

Odpowiednio wczesna informacja o wystąpieniu kulminacji fali wezbraniowej i wielkości maksymalnego odpływu jest bardzo istotna z gospodarczego punktu widzenia, umożliwia bowiem podjęcie skutecznych działań prewencyjnych.



Tabela 1.: Charakterystyka zlewni

Parametry	Zlewnie częstkowe	Nysy Łużyckiej (górny bieg)	Mandau	Miedzianki	Smedy	Pliessnitz	Czerwonej Wody	Nysy Łużyckiej (środkowy bieg)
Powierzchnia w (km <sup>2</sup> )		373	295	95	322	182	133	224
Dominujące użytkowanie ziemi (%): tereny zurbanizowane grunty rolne lasy		52	52	58	49 45	73	70	68
Dominująca infiltracja (%): dobra średnia zła		59	92	46	44	70	77	54
Spadki (%): 0 - 5 5 - 10 10 - 17 17 - 27 > 27		45 20 17 12 6	57 17 12 10 6	42 22 22 11 4	52 11 16 14 7	73 12 9 4 1	53 12 17 15 2	65 11 13 10 4
Współczynnik straty opadów Cn: Czas osiągnięcia fali wezbraniowej T <sub>p</sub> : Max przepływ Q <sub>p</sub> : l/s km <sup>2</sup>		71 13,2 10,9 29	80 11,6 7,1 24	81 17,9 24,2 31	79 24,2 9,5 31	84 37,2 3,4 30	82 30,4 2,0 12	82 48,7 2,3 10

## 16. WYZNACZANIE OBSZARÓW KRYTYCZNYCH ZANIECZYSZCZEŃ WÓD ZLEWNI ŚCINAWKI

Rokrocznie Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska sporządzają raporty dotyczące stanu czystości wód powierzchniowych i podziemnych. Na jakość wód ma wpływ przede wszystkim charakter zlewni, a w szczególności sposób jej zagospodarowania i stopień uprzemysłowienia.

Źródłowe i górne partie rzek, zlokalizowane w przeważającej części na terenach leśnych i turystyczno-uzdrowiskowych, są najmniej zanieczyszczone. Raport WIOŚ [14] podaje, że wyłącznie w tych rzekach odnotowano obecność wód I klasy czystości.

W rzekach lub odcinkach rzek przepływających przez tereny rolnicze i miejskie o dużej liczbie obszarowych i punktowych źródeł zanieczyszczeń stwierdzono gwałtowny wzrost stopnia skażenia wód.

Przedstawiona aplikacja „Wyznaczanie obszarów krytycznych zanieczyszczeń wód” prezentuje sposób wykorzystania danych zgromadzonych w Systemie Informacji Geograficznej do ochrony zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem.

## 17. METODA BADAŃ

Za obszary krytyczne uważa się te obszary [11, 15], które stanowią potencjalnie największe zagrożenie zanieczyszczeń wód, głównie związkami fosforu, azotu oraz bakteriami. Występowanie obszarów krytycznych zależy od takich czynników, jak pokrycie terenu, właściwości gleb, rzeźby oraz odległości od wód powierzchniowych i jest mocno skorelowane z obszarami najbardziej narażonymi na erozję.

Istnieje wiele sposobów wyznaczania obszarów krytycznych, które ze względu na stosowane metody możemy podzielić na dwie grupy. Pierwsza, na podstawie pomiarów terenowych, pozwala określić rzeczywiste wielkości zanieczyszczeń i obszary, na których występują. Druga, polegająca na analizie wybranych komponentów środowiska geograficznego, umożliwia wyznaczenie obszarów stanowiących potencjalnie największe zagrożenie zanieczyszczeń wód powierzchniowych i podziemnych.

W omawianym opracowaniu do wyznaczenia obszarów krytycznych wykorzystano zmodyfikowane równanie USLE i metodę analizy GIS [10]. Dla każdego obszaru elementarnego wyznaczono wartość współczynnika ryzyka  $R_v$  zgodnie ze wzorem

$$R_v = (K * S * W * L) / 4$$

gdzie: *K* - erozyjność gleb  
*S* - nachylenie stoków  
*W* - odległość od wód powierzchniowych  
*L* - pokrycie terenu

Tabela 2. Wartości współczynników USLE i GIS

Wyszczególnienia	Klasy	USLE	GIS
Użytkowanie ziemi	las	0,005	1
	łąki	0,01	2
	tereny zabudowane	0,02	3
	grunty orne	0,75	15
Gleby	lessy	0,95	10
	ity	0,45	5
	gliny	0,38	4
	gliny piaszczyste	0,33	3
	piaski	0,25	2
	alluvia	0,30	3
Odległość od wód gruntowych (m)	0 - 60	1,00	10
	60 - 200	0,60	6
	200 - 500	0,40	4
	500 - 1000	0,30	3
	> 1000	0,10	1
Spadki (%)	< 5	0,40	4
	5 - 10	1,2	12
	10 - 18	1,5	15
	18 - 27	1,8	18
	> 27	2,0	20

Wartości współczynników *S*, *W* i *L* otrzymano poprzez parametryzację map tematycznych, współczynnik erozyjności gleb (*K*) określono na podstawie specjalnego nomogramu [12, 17, 18]. Wartości współczynników dla analizowanego obszaru przedstawione są w tab. 2. Obliczone zgodnie ze wzorem wartości współczynnika ryzyka, świadczące o stopniu zagrożenia wód zanieczyszczeniami pochodzącymi ze źródeł niepunktowych, zgrupowano w 6 klasach o narastającym stopniu zagrożenia. Obszary należące do klas o średnim, wysokim i bardzo wysokim zagrożeniu nazywamy obszarami krytycznymi.

## 18. CHARAKTERYSTYKA ZLEWNI ŚCINAWKI

Do przetestowania omówionej metody wybrano zlewnię Ścinawki, dopływ Nysy Łużyckiej. Ścinawka bierze swój początek w Górach Stołowych, po stronie polskiej, następnie poniżej Golińska wpływa na terytorium Czech, by w okolicy Tłumaczowa ponownie znaleźć się po stronie polskiej. Jakość wody w rzece kontrolowana jest w trzech punktach, co pozwoliło na porównanie wyników analizy GIS z rzeczywistymi zanieczyszczeniami.

Zlewnia Ścinawki ma charakter górski. Zróżnicowana budowa geologiczna i rzeźba sprawiły, że na omawianym terenie występuje wiele typów gleb o różnym składzie mechanicznym. W dolinie Ścinawki i większych jej dopływach występują mady, przeważnie ciężkie, o dużej zawartości części koloidalnych i składzie granulometrycznym glin. Tereny te w większości zajęte są pod osadnictwo oraz wykorzystywane jako łąki i pastwiska. Wyższe tarasy użytkowane są rolniczo.

Zbocza gór pokrywają gleby brunatne właściwe i kwaśne oraz gleby pseudobielicowe, utworzone z glin, ilów i piasków. Miąższość oraz zawartość części organicznych w tych glebach zmniejsza się wraz ze wzrostem wysokości i nachylenia stoków. Górne partie zboczy oraz wierzchowiny porastają lasy dolnoreglowe z przewagą buka, wśród których pojawiają się polany i płaty pól ornych. Dolne partie, poniżej 600 m n.p.m., użytkowane są rolniczo.

W południowej części zlewni przeważają gleby brunatne utworzone z utworów ilastych i lessy. Są to gleby żyzne, w większości wykorzystywane rolniczo.

Wody podziemne występują w trzech głównych piętrach wodonośnych: czwartorzędowym, trzeciorzędowym i kredowym.

Czwartorzędowe piętro wodonośne, związane z występowaniem dwóch typów utworów przepuszczalnych piasków i żwirów rzecznych, ma charakter lokalny i nieciągły. Na szerszą skalę eksploatowane jest w rejonie Kłodzka. Stanowi ono również główną bazę zaopatrzenia w wodę mieszkańców wsi.

Trzeciorzędowe piętro wodonośne, związane z piaskami, żwirami i ilami trzeciorzędowymi, jest głównym zbiornikiem wód podziemnych regionu podgórskiego, w tym również zlewni Ścinawki. W obrębie tego piętra istnieje kilka poziomów wodonośnych.

W części zlewni leżącej w Kotlinie Kłodzkiej występuje kredowe piętro wodonośne, związane ze spękanymi piaskowcami i wapieniami. O zasobności tego piętra decyduje nie tylko miąższość wodonośna, ale także skomplikowane drogi infiltracji i przepływu wód w szczelinach skalnych. Badania przeprowadzone w ostatnich latach wykazują, że jest to piętro zasobne i perspektywiczne.

Rejon Sudetów Środkowych należy do najbogatszych regionów Polski pod względem występowania wielu typów wód mineralnych i leczniczych. Na omawianym terenie występują unikalne w skali kraju wody z zawartością jodu i bromu (Nowa Ruda) oraz szczawy (Polanica Zdrój).

Zlewnia Ścinawki jest dobrze zagospodarowana i gęsto zaludniona. Największe zaludnienie występuje w okolicach Nowej Rudy oraz w Kotlinie Kłodzkiej.

W dolnej części zlewni występują tereny intensywnych upraw rolnych. Rozwój rolnictwa nastąpił tu w związku z występowaniem dobrych gleb i dłuższym niż w innych częściach Polski okresem wegetacyjnym.

Na terenach górskich obok lasów duże przestrzenie zajmują łąki i pastwiska górskie, na których wypasa się bydło i owce. Zarówno liczba bydła jak i owiec przewyższa tu znacznie średnią krajową.

Duże pokłady węgla kamiennego występujące w Zagłębiu Noworudzkim sprawiły, że obszar ten zaliczany jest do najbardziej uprzemysłowionych w województwie. Bogactwo lasów wpłynęło na rozwój przemysłu drzewnego i papierniczego (Kłodzko), dobrze rozwinięty jest również przemysł włókienniczy (Nowa Ruda, Kłodzko) i szklarski.

## 19. BAZA DANYCH DLA ZLEWNI ŚCINAWKI

Sporządzona na potrzeby aplikacji baza danych zawiera 4 warstwy tematyczne: pokrycie terenu, gleby, wody i spadki terenu.

**Pokrycie terenu** - dane otrzymano w wyniku interpretacji obrazów Landsat TM w ramach projektu CORINE Land Cover; klasy pokrycia terenu zgeneralizowano i sparametryzowano w celu obliczenia współczynnika  $L$ .

**Gleby** - informację otrzymano w wyniku digitalizacji map glebowo-rolniczych w skali 1:100 000; poszczególnym rodzajom gleb przypisano wartości współczynnika  $K$  proporcjonalnie do wartości odczytanych z nomogramu Morgana [12].

**Wody** - wody powierzchniowe (rzeki, kanały i jeziora) zostały zdigitalizowane z map topograficznych; a następnie obliczone ekwidystanty 60 m, 200 m, 500 m, 1000 m; powierzchniom leżącym pomiędzy kolejnymi ekwidystantami przypisano wartości współczynnika  $W$ .

**Spadki** - obliczono na podstawie poziomicy z cięciem warstwicowym 20 m; wyznaczono spadki w 5 przedziałach zgodnie z Instrukcją Ministrów Rolnictwa i Leśnictwa z 1973 r. [6, 8].

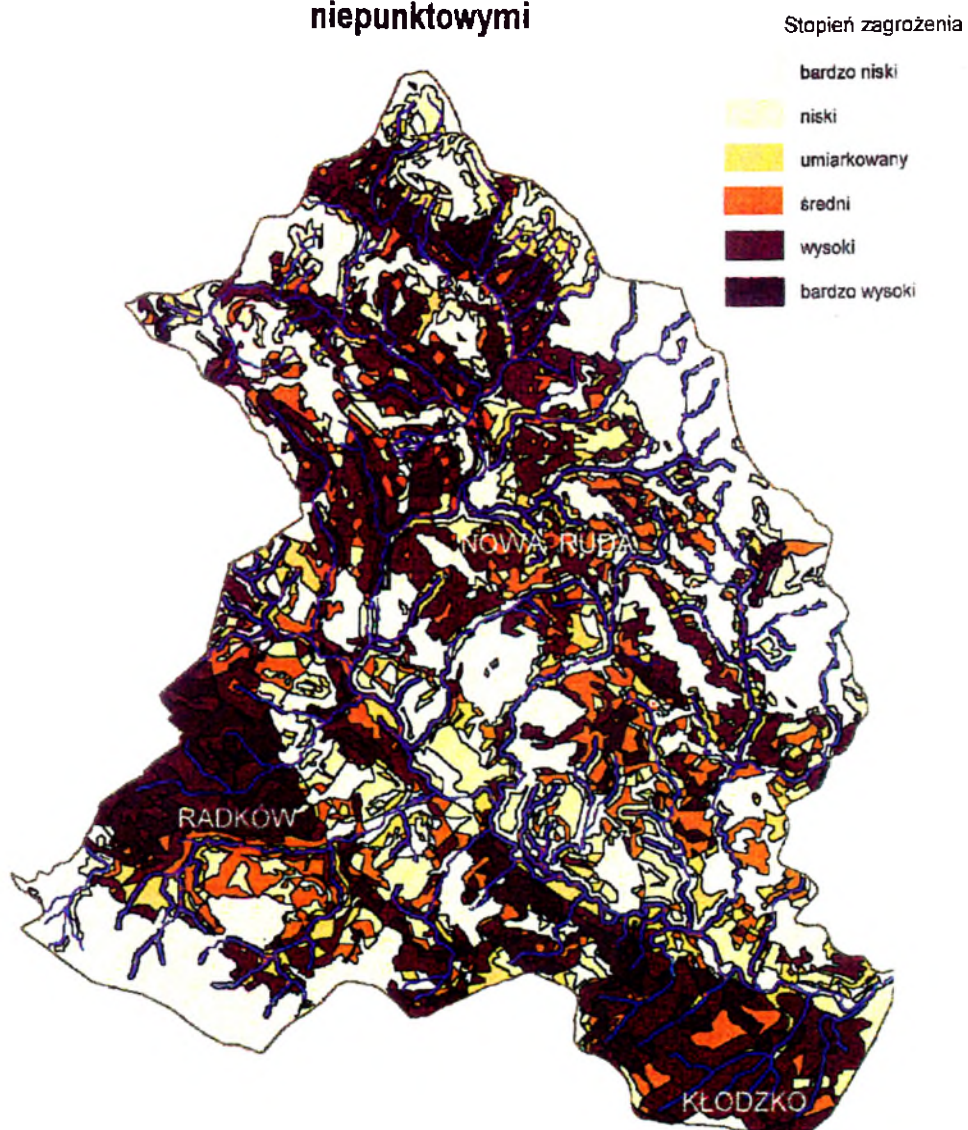
## 20. WYNIKI ANALIZY

W wyniku przeprowadzonej analizy wykonano mapę obszarów krytycznych (rys. 6), dla których określono potencjalne zagrożenie zanieczyszczeń wód źródłami niepunktowymi. Wyznaczono 6 klas zagrożenia, o wzrastającym stopniu zagrożenia od klasy 1 do 6, przy czym trzy ostatnie klasy stanowią tzw. obszary krytyczne, zajmujące 40% powierzchni zlewni.

O stopniu zagrożenia zanieczyszczenia wód źródłami niepunktowymi decydują: gleby, a w szczególności ich skład mechaniczny, spadki, pokrycie terenu i odległość od wód powierzchniowych. Obszary krytyczne w większości położone są na glebach o składzie granulometrycznym glin, ilów i utworów pyłowych, stosunkowo niewielkim spadku (do 10%) i odległości od wód powierzchniowych nie przekraczającej 500 m, grunty te są użytkowane rolniczo.

# Zlewnia Ścinawki

Obszary krytyczne zanieczyszczenia wód źródłami  
niepunktowymi



Rys. 6. Mapa obszarów krytycznych zlewni Ścinawki

Największe zagrożenie zanieczyszczenia wód źródłami niepunktowymi występuje na gruntach rolniczych w sąsiedztwie większych miast: Kłodzka, Nowej Rudy, Radkowa i Ludwikowic Kłodzkich oraz w dolinach rzecznych. Minimalne zagrożenie stanowią obszary pokryte lasem.

## **21. PORÓWNANIE OBSZARÓW KRYTYCZNYCH Z ZANIECZYSZCZENIAMI WÓD W ZLEWNI ŚCINAWKI**

Sposób i stopień zanieczyszczenia wód powierzchniowych i podziemnych zdeterminowany jest przez charakter zlewni. W rzekach lub na odcinkach rzek przepływających przez tereny rolnicze i miejskie o dużej liczbie obszarowych i punktowych źródeł zanieczyszczeń stwierdzono gwałtowny wzrost stopnia skażenia wód [14]. Ponieważ w zlewni przeważają tego typu tereny, stąd większość rzek prowadzi wody III klasy czystości lub nawet nie odpowiadające normom.

Jakość wody w Ścinawce kontrolowana jest przez WIOŚ w Wałbrzychu w trzech punktach: dwóch przy granicy polsko-czeskiej oraz jednym przy ujściu rzeki. Służby te obserwują stale wzrastające zanieczyszczenie wody w Ścinawce, wzrastające wraz z biegiem rzeki. W 1993 roku stan sanitarny wód rzeki przy ujściu w Kłodzku wykroczył poza dopuszczalne normy. Na mapie obszarów krytycznych dolina Ścinawki oraz doliny większych jej dopływów należą do obszarów o najwyższym stopniu zagrożenia.

Decydującymi o klasyfikacji parametrami zanieczyszczeń wód ze względu na częstość i wielkość przekroczeń są substancje biogenne - związki azotu i fosforu. Substancje te przedostają się do wód spływem powierzchniowym z pól oraz ze ścieków. Również w przypadku wód podziemnych najgroźniejsze i o największym znaczeniu ilościowym są zanieczyszczenia pochodzenia antropogenicznego. Należą do nich detergenty, pestycydy, metale ciężkie, związki azotu, siarczany i skażenia bakteriologiczne. Rozprzestrzenianie się tych zanieczyszczeń zależy głównie od obecności warstwy izolującej poziomy wodonośne od ogniska zanieczyszczeń. Najbardziej zagrożone i obecnie zanieczyszczane są wody czwartorzędowe, które w przeważającej części nie są izolowane od zanieczyszczeń powierzchniowych, takich jak nawozy naturalne i sztuczne, środki ochrony roślin, nie skanalizowane ścieki wiejskie, dzikie składowiska odpadów komunalnych i przemysłowych.

Prowadzone systematycznie przez WIOŚ w Wałbrzychu kontrole składu chemicznego wód ujmowanych w studniach potwierdzają złą jakość wód czwartorzędowego piętra wodonośnego. Stwierdzono przekroczenia dopuszczalnych norm zawartości żelaza, manganu, niklu, kadmu, ołowiu i bakterii na obszarach wiejskich i miejskich w sąsiedztwie wysypisk komunalnych. Jest to spowodowane przenikaniem odcieków z wysypisk. Na mapie obszarów krytycznych tereny te należą do wysokiej i bardzo wysokiej klasy zagrożenia.

W rejonie Radkowa, Nowej Rudy, Kłodzka, Szalejowa, Jugowa i innych obszarów wiejskich skażenia wód powierzchniowych spowodowane są zanieczyszczeniami powierzchniowymi pochodzenia rolniczego i przemysłowego. Również i te obszary zaliczone zostały, w wyniku analizy GIS, do obszarów krytycznych o najwyższym stopniu zagrożenia.

W górnym biegu rzeki Ścinawki stwierdzono silne zanieczyszczenie wód podziemnych pestycydami (stężenie  $0,12 \text{ mg/dm}^3$ ). Fakt ten znalazł odbicie również na mapie obszarów krytycznych, w miejscu tym występują tereny średnio i silnie zagrożone.

Porównując wyniki badań zanieczyszczeń wód powierzchniowych i podziemnych (prowadzonych przez WIOŚ w Wałbrzychu) z mapą obszarów krytycznych, obserwuje się dużą zgodność terenów zagrożonych wyznaczonych metodą analizy GIS z obszarami zanieczyszczonymi.

Obszary o największym stopniu ryzyka wyznaczone zostały z dużą precyzją i powinny być uwzględniane przy sporządzaniu planów zagospodarowania przestrzennego oraz wydawaniu decyzji lokalizacyjnych. Należy również zastanowić się nad sporządzeniem wytycznych związanych z rozwojem rolnictwa na obszarach najbardziej zagrożonych, a w szczególności określenia sposobu, ilości i okresu nawożenia pól uprawnych.

Zaprezentowana procedura określania obszarów krytycznych powinna zostać wykorzystana przez władze lokalne i służby specjalistyczne do zarządzania regionem.

Dokładność otrzymanych wyników zależy oczywiście od dokładności danych wejściowych. Wykorzystanie w jej trakcie danych teledetekcyjnych pozwala na znaczne podniesienie precyzji wyznaczania obszarów krytycznych, a zastosowanie w analizie technik GIS - na skrócenie czasu oczekiwania na wyniki.

## **22. PERSPEKTYWY POPRAWY STANU ŚRODOWISKA NA OBSZARZE „CZARNEGO TRÓJKĄTA”**

Stan środowiska geograficznego na obszarze „Czarnego Trójkąta” poprawia się. Po stronie niemieckiej w nowych krajach związkowych od 1990 r. realizowany jest przez rząd federalny i sektor gospodarczy jedyny w swoim rodzaju program sanacji w dziedzinie zaopatrzenia w energię. Niemcy wygasili piec w 80-letniej elektrowni Hirschfelde, położonej 600 m od polskiej granicy. Policzone są dni elektrowni Hagenwerder w dolinie Nysy Łużyckiej. Nowe bloki w Boxbergu, największej elektrowni w Europie, mają urządzenia odsiarczające i elektrofiltry.

Po stronie polskiej jedyną elektrownią opalaną węglem brunatnym i głównym źródłem zanieczyszczeń powietrza jest elektrownia „Turów” - trzecia co do wielkości elektrownia w Polsce (2030 MW, 10 bloków). Z pomocą



dla elektrowni wystąpił Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz Ekofundusz. „Turów” konsekwentnie realizuje program naprawczy - wymieniono elektrofiltry, stare kotły zastępowane są fluidalnymi o najwyższej sprawności. W wyniku tych inwestycji emisja  $\text{SO}_2$  ulegnie ograniczeniu o ok. 60%, co jest równoznaczne ze zredukowaniem emisji zanieczyszczeń do poziomu określonego rozporządzeniem ministra OŚZNiL z dn. 12 lutego 1990 r.. Koszt modernizacji „Turowa” ocenia się na 1,2 mld USD.

Stosunkowo najwolniej poprawia się sytuacja po stronie Czeskiej. Najdokuczliwsze dla regionu 4 elektrownie - Prunerzow II, Tusimice, Pocerady i Ledvice ciągle czekają na modernizację.

Szacuje się, że do roku 2001 emisja pyłów z elektrowni zlokalizowanych w „Czarnym Trójkącie” zmniejszy się o 98%, a dwutlenku siarki o 97% w porównaniu z rokiem 1989.

Na zakończenie warto nadmienić, że na inwestycje na terenie Dolnego Śląska, południowej Saksonii i północnej Bohemii wydano od 1991 roku ponad 23 mld ECU. Z tych pieniędzy m.in. zbudowano sprawnie działającą sieć 41 stacji monitoringowych rejestrujących zanieczyszczenia powietrza.

#### LITERATURA

- [1] Bedient P.B, Huber W.C.: *Hydrology and floodplain analysis*. Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts Bergsma 1988
- [2] Bednár J., Brechler J. et al.: *Modeling of Nitrogen Pollution in the Czech Republic*.
- [3] Bednár J., Brechler J. et al.: *Sulfur Pollution Assessment Based on Charles University Model*.
- [4] Dune T., Leopold L.B.: *Water in environmental planning*. W.H. Freeman, San Francisco 1978
- [5] Euroregion Nisse-Nisa-Nysa. GUS, Warszawa -Jelenia Góra 1994
- [6] Instrukcja nr 3 Ministrów Rolnictwa oraz Leśnictwa i Przemysłu Drzewnego z dn. 18.08.1973 r.
- [7] Jaśkiewicz J.: „Czorny Trójkąt” regionalny program PHARE. Eko-partner 1994 nr 11

- 
- [8] Józefaciuk Cz. i A.: *Komentarz do Instrukcji w sprawie inwentaryzacji gruntów zagrożonych erozją*. Wyd. IUNG, Puławy 1985
- [9] Kondracki J.: *Geografia fizyczna Polski*. PWN, Warszawa 1981
- [10] Kuczyk A.: *Wskazówki metodyczne dotyczące modelowania wybranych zjawisk przy zastosowaniu GIS*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 1994
- [11] Maas R. P.: *Selecting critical areas for nonpoint source pollution control*, *J. Soil and water Cons.* 40(1), 1985
- [12] Morgan K. M.: *Cropping Management Using Color and Color Infrared Aerial Photographs*. Photogramtric Eng. and Rem. Sen. (VI), 1979
- [13] *Raport o stanie środowiska w województwie jeleniogórskim w 1993r.* Biblioteka Monitoringu Środowiska WIOŚ, Jelenia Góra 1994
- [14] *Raport o stanie środowiska w województwie wałbrzyskim w 1994r.* Biblioteka Monitoringu Środowiska WIOŚ, Wałbrzych 1995
- [15] Reinelt L. E.: *A GIS to Target Critical Areas for Nonpoint Source Management*. Papers of the Nonpoint Source Management Symposium, Austin, Texas 1989
- [16] Rozporządzenie MOŚZNiL z dn. 12 lutego 1990r., Dziennik Ustaw Nr 15
- [17] Wischmeier W.H., Smith D.D.: *A universal soil loss estimating equation to guide conservation farm planning*. Congress of the Int. Soil Science Society, Wageningen 1960
- [18] Wischmeier W.H., Smith D.D.: *Predicting Rainfall Erosion Losses*. Agricultural Handbook 537, U.S. Dep. of Agriculture, Washington D.C 1978

*Recenzował: prof. dr hab. Andrzej Ciołkosz*  
*Przyjęto do opublikowania w lipcu 1997 roku*

ELŻBIETA BIELECKA

BT GIS - SYSTEM SUPPORTING  
MONITORING AND ENVIRONMENTAL PROTECTION AT  
„BLACK TRIANGLE” REGION

S u m m a r y

The name „Black Triangle” was given to the region of central-european brown-coal mining basin, located at the borderland of three countries: Poland, Czech Republic and Germany. Two voivodships from Poland: jeleniogorskie and walbrzyskie belong to this region, as well as 12 Czech frontier administrative districts and two German districts: Drezno and Chemnitz. Total area of „Black Triangle” is 322 400 km<sup>2</sup>, with 6.3 mln population.

„Black Triangle” is one of the most polluted regions in Europe. Large deposits of brown coal caused, that this borderland area is the biggest brown-coal mining basin in Europe, with annual production of 200 mln t. The extracted coal is burnt within this region at 16 large electric power plants located mainly in Saxony and in northern Czech Republic. Emission of sulphur dioxide from this relatively small region is as large as 3 mln t, including 172 000 t from Polish electric power plants.

Ecological problems at Sudety are related to air pollution, contamination of surface and ground water, water deficit, soil erosion and the serious forest degradation. Deforestation process is so extensive, that is called ecological disaster. Unfavourable meteorological conditions have impact on intensification of degradation of environment. Prevailing western and southwestern winds bring majority of sulphur and nitrogen compounds, which are emitted from industrial plants, to the Sudety region, where the most severe damages of forests are observed. According to the studies of the Voivodship Inspectorate of Environmental Protection in Jelenia Gora 75 - 85% of pollution is transported to Sudety from the adjacent regions.

Range and complexity of activities aimed at improvement of the state of environment at „Black Triangle” implies close cooperation of Poland, Germany and Czech Republic. Rational management of the region with the least colliding with environment, as well as systematic protection and reconstruction of natural environment are possible only, when full access to information stored at geographic information system (GIS) is ensured.

Geographic Information System for „Black Triangle” - BT GIS is created for many users at local, regional and country level. At the central level the system, storing the aggregated data, can be used for supporting management and formulation of ecological policy. At the regional level the system, in con-

junction with data collected by the state monitoring network can support decisions concerning physical planning, location decisions, initiatives aimed at improvement of the state of environment.

In order to demonstrate future users possibilities of utilizing data stored at the BT GIS for evaluating and monitoring environment three applications were prepared:

1. Modelling of propagation of air pollution.
2. Modelling of drainage at the catchment.
3. Determination of the most vulnerable areas to water pollution, which is produced from non-point sources.

The regional model of air pollution plume, prepared and used at the Hydrometeorological Institute at Prague, was utilized for modelling propagation of pollution. This is the model of Gaussian type, which takes into account dry and wet depositing, orographic impact and chemical changes of compounds, which form air pollution. As a result we obtain concentration of pollutants on the Earth surface, depositing and horizontal movements of air polluted with sulphur/nitrogen compounds. The model is used for evaluating frontier transport and for ecological studies. As a result of applying this model 4 raster thematic layers were produced; they present mean annual deposition (1993), as well as concentration of  $\text{SO}_2$  and  $\text{NO}_x$  at the „Black Triangle” region.

For modelling drainage at the catchment model HEC-1 was used. This model calculates hydrogram of outflow at the point closing catchment area on the basis of catchment characteristics (land use, soil permeability, slopes) and hydrometeorological data (amount and distribution of rainfall, water flux at the rivers). Fragment of catchment of Nysa Luzycka (from the source to Zgorzelec) divided into 7 parts was taken to the modelling.

As a result of modelling retention of catchment was assessed, as well as period of forming flood wave. The obtained results will enable to make prevention activities at the periods of excessive rainfall or during appearance of water pollution.

Determination of the most vulnerable areas to water pollution, produced from non-point sources, was performed through GIS analysis with the use of ARC/INFO software. The commonly known Universal Soil Loss Equation (USLE), modified by Reinelt, was applied for this analysis.

Catchment of Scinawka river, crossing Poland and Czech Republic, was selected as a pilot area. Input data: land cover, mechanical soil groups, slopes and distances from surface water level were generalized and parametrized. First values of risk coefficient were calculated; next they were merged into classes. As a result 6 classes of hazard caused by non-point pollutants of surface/ground water were determined. Classes 4 - 6 are the most vulnerable areas, which need to be specially protected. The obtained results fully correspond to the measurements of water pollution, conducted by the Voivodship Inspectorate of Environ-

mental Protection in Walbrzych. The most vulnerable areas overlap with areas, where environmental protection service observed, that standards of water pollution were exceeded.

Translation: Zbigniew Bochenek

*ЭЛЬЖБЕТА БЕЛЕЦКА*

BT GIS – СИСТЕМА ВСПОМОГАЮЩАЯ МОНИТОРИНГ  
И ОХРАНУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
НА ТЕРРИТОРИИ "ЧЕРНОГО ТРЕУГОЛЬНИКА"

Р е з ю м е

"Чёрным Треугольником" названо пространство центрально-европейского бассейна бурого угля, расположенное в приграничной зоне трёх государств: Польши, Чехии и Германии. По польской стороне к этому пространству зачисляются два воеводства: Еленёгурское и Валбжиское, по чешской стороне 12 приграничных повятов /районов/, а по немецкой стороне округа Дрезден и Хемниц. Общая поверхность "Чёрного Треугольника" составляет 32.4 тыс. км<sup>2</sup>, на этой территории проживает 6.3 мил. жителей.

Район "Чёрного треугольника" принадлежит к наиболее загрязнённым в Европе. Богатые залежи бурого угля привели к тому, что территория, находящаяся на перекрёстке границ Польши, Чехии и Германии, является самым большим бассейном бурого угля в Европе, с годовым производством порядка 200 млн. тонн. Добываемый уголь сжигается на месте в 16 больших электростанциях, расположенных главным образом в Саксонии и северной Чехии. Эмиссия двуокиси серы с этой территории составляет целых 3 млн. тонн, из чего только 172 тыс. тонн из польских электростанций.

Экологические проблемы Судетов, как территории экологической угрозы, касаются загрязнений воздуха, поверхностных и грунтовых вод, дефицита воды, эрозии почв и далеко продвинутой деградации лесов. Процесс обезлесения достиг таких размеров, что говорится уже об экологическом бедствии. На цепной характер деградации окружающей среды Судетов оказывают влияние неблагоприятные метеорологические условия. Преимущество ветров западного и юго-западного направлений приводит к тому, что большинство соединений серы и азота, испускаемых промышленными предприятиями, переносится на территорию Судетов, где наблюдается самое большое истребление древостоев. Согласно

исследованиям Воеводского инспектората по охране окружающей среды в Еленей Гуре почти 75–85 % загрязнений приходит над Судеты из прилегающих территорий.

Охват и сложность необходимого оздоровления окружающей среды в "Чёрном Треугольнике" не дают возможности решения этой проблемы без взаимного сотрудничества Польши, Чехии и Германии. Рациональное ведение хозяйства в районе с возможно наименьшим конфликтом со средой, а также систематическая охрана и реконструкция природной среды возможны единственно в случае полного доступа к информации, собираемой в системе географической информации.

Система Географической Информации для "Чёрного Треугольника" – BT GIS – целенаправлена на многих потребителей как регионального уровня, общекраевого, так и местного. На центральном уровне система, храня агрегированные данные, может использоваться как помощь в управлении и формулировании экологической политики. На региональном уровне система в соединении с данными, происходящими из государственной сети мониторинга, будет помогать в принятии решений в области территориального планирования, в выдаче локализационных постановлений, в предпринятии инициатив в пользу улучшения состояния окружающей среды.

Заложенная в рамках проекта база данных состоит из семи тематических слоёв: землепользование, цифровая модель рельефа местности, гидрография, транспорт, станции мониторинга воздуха, охраняемые территории, административное деление; охватывающих своим пределом территорию польской и чешской части "Чёрного Треугольника". Дополнительно для избранных территорий эта база расширена информацией о почвах и наклонах местности.

Чтобы показать будущим потребителям возможности использования данных, собранных в системе географической информации для оценки и мониторинга окружающей среды, сделано три приложения:

1. моделирование распространения загрязнений воздуха,
2. моделирование стоков в водосборном бассейне,
3. определение критических территорий с точки зрения угрозы загрязнения вод неточечными источниками.

Для моделирования распространения загрязнений была использована региональная модель полосы загрязнений воздуха, разработанная и использованная в Гидрометеорологическом институте в Праге. Эта модель гауссовского типа, которая учитывает сухое и мокрое оседание, орографическое воздействие и химические изменения соединений загрязняющих веществ в воздухе. В результате вычислений получаем насыщение на поверхности земли, оседание и горизонтальные перемещения воздуха, загрязнённого соединениями серы и азота. Модель используется для оценки трансграничного транспорта и экологических исследований. В результате

действия модели получено 4 растровых тематических слоя, представляющих среднегодовую /1993/ депозицию и концентрацию  $\text{SO}_2$  и  $\text{NO}_x$  на территории "Чёрного Треугольника".

Для моделирования стоков в водосборном бассейне была использована модель NEC-1. Эта модель на основе характеристики водосборного бассейна /землепользование, проницаемость почвы, наклоны/, а также гидрометеорологических данных /величины и размещения атмосферных осадков, расхода воды в реках/ вычисляется гидрограмма стока в пункте, закрывающем территорию водосборного бассейна. В качестве модельного водосборного бассейна принят фрагмент водосборного бассейна Нысы Лужицкой /от истока до Згожельца/, разделённого на семь частичных водосборных бассейнов.

В результате моделирования была установлена водозадерживающая способность водосборного бассейна, а также оценено время выступления волны наводнения. Полученные результаты дают возможность более раннего принятия предупредительных действий в период усиленных атмосферных осадков и/или выступления загрязнений вод.

Определение критических территорий, на которых выступает наибольшая угроза загрязнения вод неточечными источниками совершилось методом анализа GIS с использованием программы ARC/INFO. Было использовано известное уравнение USLE модифицированное для вышеуказанных целей Райнелтом.

В качестве показательной территории был выбран водосборный бассейн реки Сцинавки, проплывающей через территорию Польши и Чехии. Исходные данные: покрытие местности, механические группы почв, наклоны местности, а также отдалённость от поверхностных вод – были генерализированы и параметризованы. Вычислены были величины коэффициента риска, а затем сгруппировано его по классам. В результате получено 6 классов угрозы загрязнения неточечными источниками поверхностных и грунтовых вод. Классы от 4 до 6 являются, так называемыми, критическими пространствами, требующими специальной охраны. Полученные результаты полностью совпадают с измерениями загрязнения вод, проводимыми Воеводским инспекторатом по охране окружающей среды в Валбжихе. Критические пространства это одновременно территории, где службы по охране окружающей среды заметили превышение норм загрязнения вод.

Перевод: Róża Tołstikowa

