

**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY**

OPRACOWANIE ZAMÓWIONE PRZEZ MINISTRA ŚRODOWISKA

**OBJAŚNIENIA
DO MAPY GEOŚRODOWISKOWEJ POLSKI
1:50 000**

Arkusz KRASNOPOL (109)



SFINANSOWANO ZE ŚRODKÓW
NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA
I GOSPODARKI WODNEJ



MINISTERSTWO
ŚRODOWISKA

Warszawa 2012

Autorzy planszy A: Adam Szeląg*, Bogusław Bąk*
Autorzy planszy B: Paweł Kwecko*, Izabela Bojakowska*, Hanna Tomassi-Morawiec*,
Krystyna Wojciechowska**

Główny koordynator MGŚP: Małgorzata Sikorska-Maykowska*
Redaktor regionalny planszy A: Albin Zdanowski*

Redaktor regionalny planszy B: Joanna Szyborska-Kaszycka*

Redaktor tekstu: Iwona Walentek*

* Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

** Przedsiębiorstwo Geologiczne POLGEOL SA, ul. Berezyńska 39, 03-908 Warszawa

ISBN

Copyright by PIG-PIB and MŚ, Warszawa, 2012

Spis treści

I.	Wstęp – <i>A. Szelaq</i>	3
II.	Charakterystyka geograficzna i gospodarcza – <i>A. Szelaq</i>	4
III.	Budowa geologiczna – <i>B. Bqk</i>	7
IV.	Złóża kopalin – <i>B. Bqk, A. Szelaq</i>	11
V.	Górnictwo i przetwórstwo kopalin. – <i>B. Bqk, A. Szelaq</i>	15
VI.	Perspektywy i prognozy występowania kopalin – <i>B. Bqk, A. Szelaq</i>	15
VII.	Warunki wodne – <i>A. Szelaq</i>	17
	1. Wody powierzchniowe.....	17
	2. Wody podziemne.....	18
VIII.	Geochemia środowiska	20
	1. Gleby – <i>P. Kwecko</i>	20
	2. Osady wodne – <i>I. Bojakowska</i>	22
	3. Pierwiastki promieniotwórcze – <i>H. Tomassi-Morawiec</i>	27
IX.	Składowanie odpadów – <i>K. Wojciechowska</i>	29
X.	Warunki podłoża budowlanego – <i>A. Szelaq, B. Bqk</i>	36
XI.	Ochrona przyrody i krajobrazu – <i>A. Szelaq</i>	39
XII.	Zabytki kultury – <i>A. Szelaq</i>	46
XIII.	Podsumowanie – <i>A. Szelaq, B. Bqk, K. Wojciechowska</i>	47
XIV.	Literatura	49

I. Wstęp

Arkusz Krasnopol Mapy geośrodowiskowej Polski w skali 1:50 000 został opracowany w Oddziale Karpackim Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego w Krakowie (plansza A) oraz w Państwowym Instytucie Geologicznym – Państwowym Instytucie Badawczym w Warszawie i Przedsiębiorstwie Geologicznym POLGEOL SA w Warszawie (plansza B). Mapę wykonano zgodnie z Instrukcją opracowania Mapy geośrodowiskowej Polski w skali 1:50 000, (Instrukcja..., 2005). Przy opracowaniu wykorzystano materiały archiwalne i informacje zamieszczone na arkuszu Krasnopol Mapy geologiczno-gospodarczej Polski (MGGP) w skali 1:50 000 wykonanym w Przedsiębiorstwie Geologicznym SA w Krakowie (Breitmeier, 2006). Opracowanie sporządzono na podkładzie topograficznym w skali 1:50 000 w układzie 1942.

Mapa geośrodowiskowa Polski składa się z dwóch plansz. Plansza A zawiera zaktualizowane treści Mapy geologiczno-gospodarczej Polski zgrupowane w następujących warstwach informacyjnych: kopaliny, górnictwo i przetwórstwo, wody powierzchniowe i podziemne, warunki podłoża budowlanego oraz ochrona przyrody i zabytków kultury.

Dane i oceny geośrodowiskowe zaprezentowane na planszy B zawierają elementy wiedzy o środowisku przyrodniczym, niezbędne przy optymalnym typowaniu funkcji terenów w planowaniu przestrzennym poszczególnych jednostek administracji państwowej. Wskazane na mapie naturalne warunki izolacyjności podłoża są wskazówką nie tylko dla bezpiecznego składowania odpadów, lecz także powinny być uwzględniane przy lokalizowaniu innych obiektów, zaliczanych do kategorii szczególnie uciążliwych dla środowiska i zdrowia ludzi, lub mogących pogarszać stan środowiska. Informacje dotyczące zanieczyszczenia gleb i osadów dennych wód powierzchniowych są użyteczne do wskazywania optymalnych kierunków zagospodarowania terenów zdegradowanych.

Mapa przeznaczona jest głównie do praktycznego wspomagania regionalnych i lokalnych działań gospodarczych. Służyć może instytucjom, samorządom terytorialnym i administracji państwowej w podejmowaniu decyzji dotyczących gospodarki zasobami środowiska przyrodniczego oraz planowania przestrzennego. Przedstawiane na niej informacje środowiskowe mogą stanowić pomoc przy wykonywaniu wojewódzkich, powiatowych i gminnych programów ochrony środowiska oraz planów gospodarki odpadami. Mapa może też być przydatna w kształtowaniu proekologicznych postaw lokalnych społeczności oraz w edukacji na wszystkich szczeblach nauczania.

W opracowaniu przeanalizowano i wykorzystano materiały archiwalne pochodzące z Centralnego Archiwum Geologicznego Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie, Urzędu Wojewódzkiego i Marszałkowskiego w Suwałkach, Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Suwałkach, Instytutu Upraw, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach oraz urzędów powiatowych i gminnych, a także zasobów internetu.

Mapa wykonywana jest w wersji cyfrowej, a dane dotyczące złóż kopalin zostały zamieszczone w kartach informacyjnych dla komputerowej bazy danych o złożach.

II. Charakterystyka geograficzna i gospodarcza

Obszar arkusza Krasnopol o powierzchni około 303,5 km² rozciąga się między 23°00' a 23°15' długości geograficznej wschodniej oraz 54°00' a 54°10' szerokości geograficznej północnej.

Pod względem administracyjnym teren ten położony jest w północnej części województwa podlaskiego, w obrębie powiatów: suwalskiego (gminy Suwałki i Szypliszki), sejneńskiego (gminy Giby i Krasnopol) i augustowskiego (gmina Nowinka).

W krajobrazie omawianego obszaru wyróżniają się dwie jednostki geomorfologiczne – wysoczyzny polodowcowe o różnej genezie i ukształtowaniu powierzchni, z sandrem suwalsko-augustowskim i misą wytopiskowo-rynnową jeziora Wigry oraz dolinę rzeki Czarna Hańcza. Rozcina ona z północnego-zachodu ku południowemu-wschodowi wysoczyzny polodowcowe i włącza w odpływ jezioro Wigry (Ber, 1998).

Zgodnie z podziałem fizycznogeograficznym obszar arkuszy należy do prowincji Nizy Wschodniobałtycko-Białoruskiego i podprowincji Pojezierza Wschodniobałtyckie (Kondracki, 2002) (fig. 1). W granicach arkusza wyróżnia się dwa Mezoregiony – Pojezierze Wschodniosuwalskie i Równinę Augustowską wchodzących w skład makroregionu Pojezierze Litewskie.

Pojezierze Wschodniosuwalskie zajmuje północną i środkową część omawianego arkusza. Jego powierzchnia uformowana w czasie ostatniego zlodowacenia charakteryzuje się bardzo urozmaiconą rzeźbą terenu. Występują tu wały moren czołowych, kemy, ozy oraz głęboko wcięte rynny. Wały morenowe mają generalnie przebieg północny zachód – południowy wschód, zmieniający się na wschodni od jeziora Wigry.

W południowej części obszaru mapy rozciąga się Równina Augustowska. Jest to równina sandrowa obniżająca się w kierunku południowym. Jej charakterystycznym elementem są liczne jeziora rynnowe, m.in. Wigry, Sajno i Necko. Dużą część równiny zajmuje Puszcza Augustowska.

Najwyższe kulminacje występują w okolicach wsi Nowa Wieś i Bilwinowo, w północno-zachodniej części arkusza, w rejonie wzgórz moren czołowych z kulminacją 201,4 m n.p.m. Najniżej położone są tarasy zalewowe rzeki Czarnej Hańcza (około 125,0 m n.p.m.) w południowo-wschodniej części arkusza. Deniwelacje względne na krawędziach form rynnowych i wzgórz morenowych osiągają wartości rzędu 20–30 m.

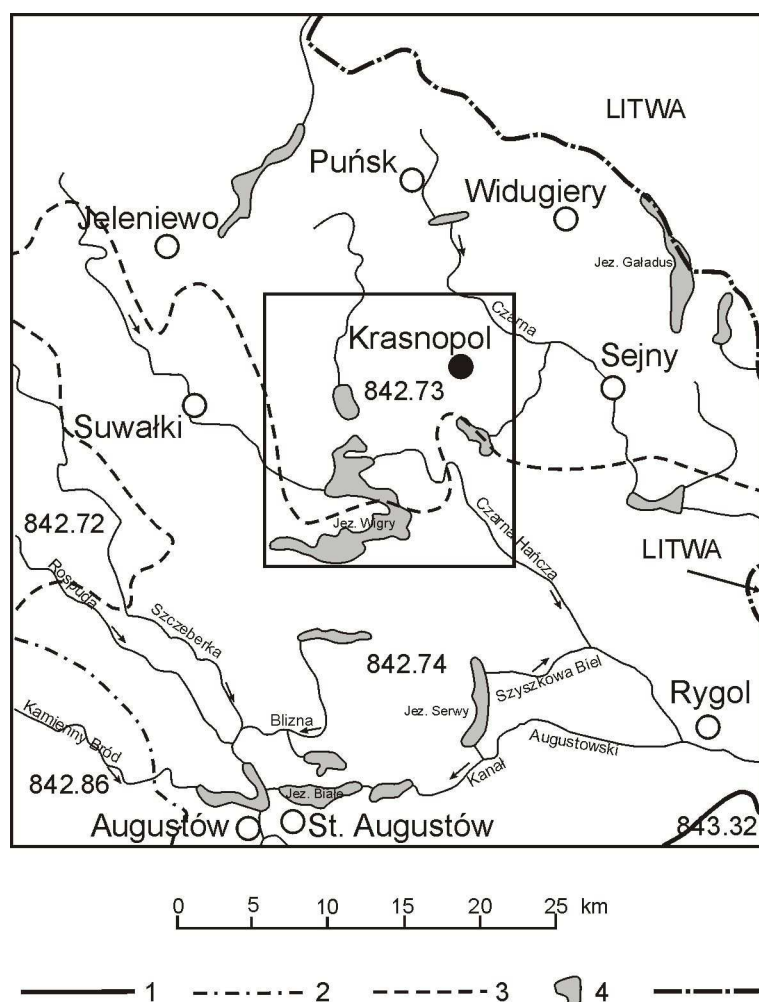


Fig.1. Położenie arkusza Krasnopol na tle jednostek fizycznogeograficznych wg J. Kondrackiego (2002)

1 – granica podprovincji, 2 – granica makroregionu, 3 – granica mezoregionu, 4 – jeziora, 5 – granica państwa

Prowincja: Niż Wschodnobałtycko-Białoruski

Podprovincja: Pojezierza Wschodniobałtyckie

Mezoregiony Pojezierza Litewskiego: 842.72 – Pojezierze Zachodniosuwalskie, 842.73 – Pojezierze Wschodniosuwalskie, 842.74 – Równina Augustowska

Mezoregiony Pojezierza Mazurskiego: 842.86 – Pojezierze Elckie

Mezoregiony Niziny Północnopodlaskiej: 843.32 – Kotlina Biebrzańska

Wyróżniającym elementem krajobrazu omawianego obszaru są lasy, pozostałość dawnej puszczy porastającej te ziemie. Największym kompleksem leśnym jest Las Krasnopski ciągnący się na północny-wschód od Krasnopola, a w południowo-zachodniej części mapy występują lasy stanowiące część Puszczy Augustowskiej. Dominują siedliska typu: bór świeży, olsy, bór bagienny i wilgotny. W drzewostanie przeważa sosna, olcha, świerk i brzoza.

Gleby pokrywające ten obszar zaliczają się generalnie do średniej klasy jakości. Przeważają gleby brunatne właściwe wytworzone na żwirach, piaskach i glinach zwałowych. Towarzyszą im gleby brunatne kwaśne, bielcowe oraz gleby torfowe i mułowo-torfowe.

Arkusze Krasnopol położony jest w mazursko-podlaskim regionie klimatycznym (Woś, 1999). Cały ten region, pomimo stosunkowo niewielkiej odległości od morza Bałtyckiego, pozostaje pod wpływem rozciągającego się na wschód bloku kontynentalnego. Sprawia to, że panują tutaj najsurowsze warunki klimatyczne całej nizinnej części kraju. Krótkie, ciepłe lato trwa około trzech miesięcy. Najcieplejszym miesiącem jest lipiec ze średnią temperaturą około 17°C. Jesień trwa niespełna dwa miesiące, a temperatura spada w tym okresie do około 6°C. Surowa zima rozpoczyna się zwykle w trzeciej dekadzie listopada i trwa do pierwszej dekady kwietnia. Średnia temperatura powietrza waha się w tym okresie od -6,7 do -2,7°C, a często temperatura spada poniżej -20°C. Zwarta pokrywa śnieżna zalega około 2,5 miesiąca, a ilość dni mroźnych lub z przymrozkami wynosi około 150. Roczne opady atmosferyczne, których najwięcej przypada na okres czerwiec-sierpień osiągają 550–600 mm (Lorenc (red), 2005).

Jest to teren słabo zurbanizowany i zaludniony. Brak tu ośrodków miejskich i przemysłowych. Największą miejscowością jest Krasnopol, siedziba gminy, liczący około 1300 mieszkańców.

Walorami tych terenów są przede wszystkim zasoby naturalne sprzyjające rozwojowi turystyki – lasy, liczne jeziora, zróżnicowany polodowcowy krajobraz oraz zasoby przyrodnicze skupione na terenie Wigierskiego Parku Narodowego. Najważniejszą gałęzią gospodarki jest rolnictwo. W strukturze użytków rolnych przeważają grunty orne oraz łąki i pastwiska. W produkcji roślinnej dominują zboża i rośliny pastewne, a w produkcji zwierzęcej przeważa chów bydła, trzody chlewnej oraz drobiu. Stosunkowo duża ilość koni związana jest z rodzajem świadczonych usług turystycznych (hippika, przejażdżki zaprzęgami konnymi). Dominuje typ małych, rodzinnych gospodarstw, opierających swoją działalność głównie na naturalnych metodach uprawy roślin i hodowli, który sprzyja produkcji żywności ekologicznej i tworzeniu gospodarstw agroturystycznych.

Najlepiej rozwiniętą formą działalności jest handel, usługi oraz budownictwo. Działalność produkcyjna to przede wszystkim przemysł tartaczny (dwa tartaki w Mikołajewie). Aktywizują się firmy z zakresu obsługi nieruchomości oraz ruchu turystycznego z zapleczem gastronomiczno-hotelowym. Liczne jeziora otoczone obszarami leśnymi z bogatą szatą roślinną stanowią doskonałe tereny turystyczno-rekreacyjne. Zlokalizowane są tu liczne ośrodki

wypoczynkowe i kempingowe m. in. w miejscowościach: Tartak, Stary Folwark, Magdale-
nowo, Czerwony Folwark i Gawrych Ruda.

Dostępność komunikacyjna, która jest istotnym elementem z punktu widzenia możliwo-
ści rozwoju regionu, jest atutem obszaru objętego arkuszem Krasnopol. Układ komunikacyjny
oparty jest o drogę wojewódzką nr 650, o kierunku wschód-zachód: Suwałki-Sejny. Daje ona
możliwość dotarcia do pobliskiego przejścia granicznego z Litwą w Ogrodnikach. Uzupełnie-
niem jest sieć dróg gminnych i lokalnych łączących miejscowości regionu.

III. Budowa geologiczna

Budowa geologiczna została opisana na podstawie Szczegółowej mapy geologicznej
Polski, arkusz Krasnopol w skali 1:50 000 wraz z objaśnieniami (Ber, 1998, 2000).

Omawiany obszar znajduje się w obrębie prekambryjskiej platformy wschodnioeuropej-
skiej, a dokładnie jej mniejszej jednostki – wyniesienia mazurskiego. Ma on budowę dwupię-
trową. Piętro starsze zostało ukształtowane w prekambrze. Jest to kompleks skał krystalicz-
nych i przeobrażonych: granitognejsy, gnejsy, migmatyty, dioryty i lamprofiry. Nawiercono
je w trzech otworach (w okolicach Krasnopola i Rosochatego Rogu) na głębokości od
527,3 do 596,0 m. W piętrze młodszym (przedtrzeciorzędowym), osadowym, występują płyt-
komorskie i morskie osady triasu dolnego (mułowce, z wkładkami mułków, piaskowce, ility,
margle i wapienie), jury środkowej i górnej (wapienie, margle, mułowce, piaskowce, ility
i łupki), kredy górnej (margle z czertami, piaskowce, kreda pisząca, mułowce i piaski glauko-
nitowe z fosforytami). Miąższość osadów mezozoicznych szacuje się tu na 250–350 m.

Osady trzeciorzędowe (paleogen) występują na całym omawianym obszarze, tworząc
bezpośrednie podłoże czwartorzędu. Ich wiek określono na paleocen dolny – mont. Są to
przeważnie margle, opoki i gezy glaukonitowe, a miejscami występują piaskowce i mułowce
glaukonitowe. Ich miąższość wynosi 60,0–102,6 m. Powierzchnia stropowa paleogenu cha-
rakteryzuje się obniżeniami (do 40 m p.p.m.) i wyniesieniami (do 15 m n.p.m.) powstałymi
prawdopodobnie na skutek intensywnych procesów tektoniczno-erozyjnych.

Utwory czwartorzędu osiągają miąższość (stwierdzona w otworach) od 131,0 m do
193,5 m. Wyróżniono w nich osady plejstocenu i holocenu (fig. 2). W obrębie utworów plej-
stoceniowych występują osady glacialne zlodowaceń: narwi (zlodowacenia najstarsze), nidy,
sanu 1, sanu 2 (zlodowacenia południowopolskie), liwca (interglacjał wielki), odry i warty
(zlodowacenia środkowopolskie), wisły (północnopolskie, inaczej bałtyckie) oraz osady orga-
niczne (jeziorne) lub mineralne (fluwialne) interglacjałów augustowskiego, małopolskiego,

mazowieckiego, zbójna i lubelskiego, a także osady fluwioglacjalne stadiału górnego (leszczyńsko-pomorskiego) zlodowacenia wisły.

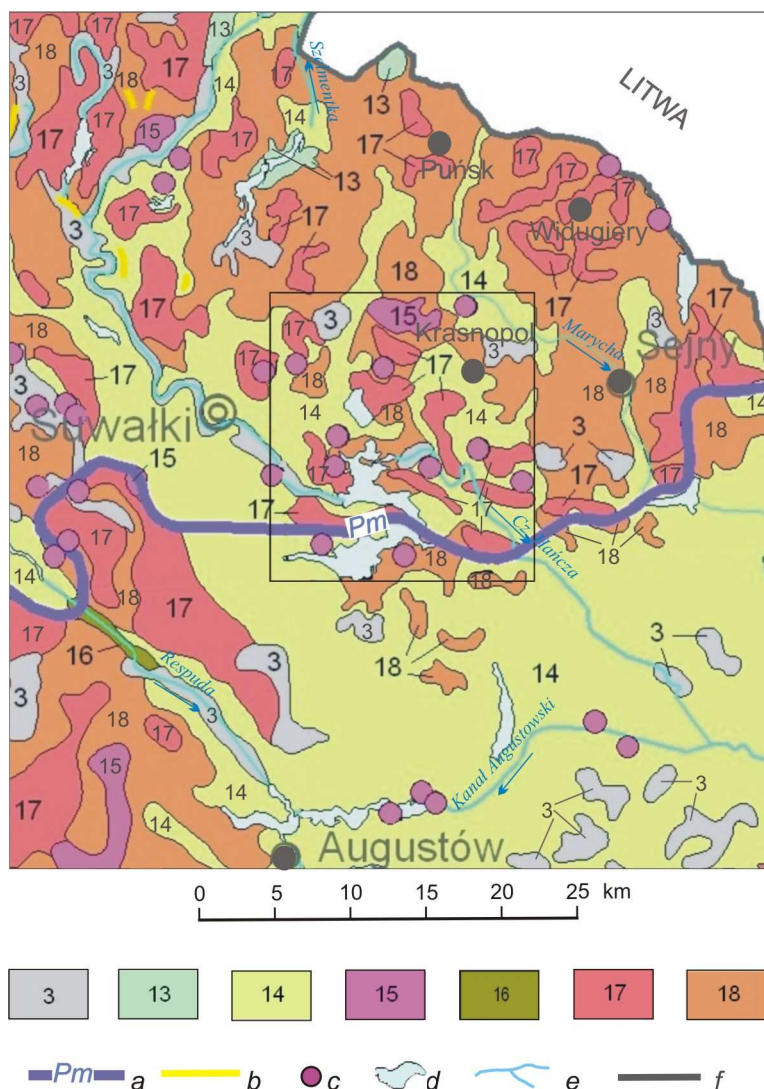


Fig. 2. Położenie arkusza Krasnopol na tle Mapy geologicznej Polski w skali 1:500 000 wg. L. Marksa, A. Bera, W. Gogołka, K. Piotrowskiej (red) (2006)

Czwartorzęd; holocen: 3 – piaski, żwiry, mady rzeczne oraz torfy i namuły; plejstocen: zlodowacenia północnopolskie: 13 – iły, mułki i piaski zastoiskowe, 14 – piaski i żwiry sandrowe, 15 – piaski i mułki kemów, 16 – piaski, mułki i żwiry ozów, 17 – żwiry, piaski, głązy i gliny moren czołowych, 18 – gliny zwałowe, ich zwietrzeliny oraz piaski i żwiry lodowcowe

a – zasięg fazy pomorskiej zlodowacenia wisły;

Ciągi drobnych form rzeźby: *b* – ozy; *c* – kemy;

d – jeziora, *e* – rzeki, *f* – granica państwa

Zachowano oryginalną numerację z Mapy geologicznej L. Marksa i innych (2006)

Zlodowacenie narwi reprezentowane jest przez lokalnie występujące gliny zwałowe o niewielkiej miąższości (8–13m), miejscami przewarstwione piaskami i mułkami.

Do osadów interglacjału augustowskiego (podlaskiego) zalicza się torfy (niepewnie datowane) oraz osady jeziorne: piaski, muły i iły. W stropie tych osadów występują gliny zwałowe w spływach.

Zlodowacenia południowopolskie reprezentowane są przez utwory glacialne łądolodów: nidy – glina zwałowa, dość jednolita, o miąższości nieprzekraczającej 13 m; sanu 1 – ciągły poziom glin zwałowych o miąższości do 25,8 m; oraz sanu 2 (wilgi) – glina zwałowa porożcinana, o zmiennej miąższości, maksymalnie, prawdopodobnie do 30 m.

Osady jeziorne (piaski, mułki i ropy) przypuszczalnie interglacjału małopolskiego (niepewne datowanie) nawiercono tylko miejscami w Gawrychrudzie, Okuniowcu, Bilwinowie i Krzywem. Rozdzielają one gliny zwałowe łądolodów nidy i sanu 1.

Z okresu interglacjału mazowieckiego (dolna część interglacjału wielkiego) zachowały się osady jeziorne – piaski, mułki i ropy, które wypełniają głębokie rozcięcia erozyjne w powierzchni gliny zwałowej łądolodu sanu 2. Mają one miąższość (dane z wierceń) od 8,7 do 32,0 m. Przed zlodowaceniem liwca nastąpiła akumulacja piasków, piasków ze żwirami i żwirów wodnolodowcowych o miąższości od kilku do ponad 20 m. Glina zwałowa łądolodu liwca stanowi dość ciągły, miejscami jedynie erozyjnie porożcinany poziom, osiągający znaczne miąższości (do 41 m w otworze w Bilwinowie). W rozcięciach erozyjnych wspomnianych glin osadziły się piaski, mułki i ropy zastoiskowe z wkładkami glin w spływach. Interglacjał zbójna zaznaczył się na omawianym terenie procesami erozji i denudacji, wynikiem których są pozostałości rozmywanych glin zwałowych, to jest bruk morenowy o miąższości do 1 m.

Okres zlodowaceń środkowopolskich rozpoczyna się intensywną akumulacją wodnolodowcową – piaski, piaski ze żwirami, które osiągają miąższość 51 m (otwór w Okuniowcu). Piaski i mułki zastoiskowe nawiercono tylko w okolicach Krzywego. Glina zwałowa łądolodu odry występuje na obszarze arkusza Krasnopol tylko płatami, a jej miąższość nie przekracza 10 m. Jej rezydwa składające się z piasków, żwirów i gładzików powstały jako wynik denudacji w okresie interglacjału lubelskiego. Powstanie łądolodu warty poprzedziła akumulacja wodnolodowcowa. Piaski, piaski ze żwirami, żwiry i gładziki osiągają miąższość do 33 m (otwór w Okuniowcu). Nie stanowią one poziomu ciągłego i są miejscami zaburzone glacitektonicznie. Gliny zwałowe zlodowacenia warty także nie stanowią poziomu ciągłego (erozja w interglaciale eemskim), a jej maksymalna znana miąższość nie przekracza 20 m. Także są zaburzone glacitektonicznie.

Osady zlodowacenia północnopolskiego (wisły) tworzą jeden poziom glacialny złożony z gliny zwałowej, osadów wodnolodowcowych i zastoiskowych oraz licznych form glacialnych, które powstały prawdopodobnie w okresie stadiału pomorsko – leszczyńskiego. Granica zasięgu fazy pomorskiej przebiega równoleżnikowo, w południowej części omawianego obszaru (Ber, 1974, 1981, 1998)

Nasunięcie się lądolodu zostało poprzedzone przez intensywną sedymentację piasków, żwirów i głazików wodnolodowcowych. Wypełniły one obniżenia terenu tworząc górne warstwy sandru suwalsko – augustowskiego. Ich miąższość waha się od około 2,5 m do 10 m. Gлина zwałowa stadiału pomorsko – leszczyńskiego tworzy stosunkowo cienki (do 10 m), nieciągly sedymentacyjnie, miejscami porozcinany erozyjnie lub przemyty do bruku morenowego poziom. Na omawianym obszarze występuje przeważnie w spływach, tworząc powierzchnię wysoczyzn polodowcowych najczęściej w postaci wzgórz i wałów moren martwego lodu i moren czołowych spiętrzenia, występuje w osadach ozów i kemów lub pokrywa te formy płatami.

Moreny czołowe spiętrzone mają zaburzoną strukturę wewnętrzną i tworzą je sfałdowane lub złuskowane osady piaszczysto – żwirowo – gliniaste przykryte gliną zwałową. Występują w obrzeżeniach obniżeń np. w okolicach Bilwinowa.

Moreny martwego lodu bardzo często nadbudowują moreny czołowe spiętrzone. Budują je warstwowane piaski i piaski ze żwirami, źle przemyte i wysegregowane, z głazikami i głazami często zaglinione. Występują przeważnie w obrębie obniżeń w północnej części obszaru arkusza.

Wały i pagórki ozów zbudowane są z piasków różnoziarnistych ze żwirem oraz żwirów z głazami o średnicy do 1 m. Miąższość tych osadów nie przekracza 15 m. Ozy towarzyszą głównie rynnom subglacjalnym jezior: Pierty, Długiego i Gremzdy oraz Żubrowo i Dowcień. Rzadziej występują na wysoczyźnie polodowcowej (okolice Jeglińca).

Kemy na omawianym obszarze są przeważnie limnoglacjalne, zbudowane z warstwowanych poziomo piasków drobnoziarnistych, pyłowatych i mułków szarych. Miejscami na zboczach kemy są przykryte płatami silnie piaszczystych glin w spływach o miąższości 2–3 m. Z kemami genetycznie związane są tarasy kemowe zbudowane z piasków drobnoziarnistych, miejscami przewarstwionych szarymi mułkami, źle wysegregowanych. Kemy występują w centralnej i północnej części obszaru arkusza.

W wyniku procesów akumulacji piasków i żwirów związanej z topniejącym lądolodem powstał najwyższy poziom sandru suwalsko-augustowskiego o miąższości do 20 m, czyli piaski, piaski ze żwirami, żwiry i głaziki wodnolodowcowe górne.

Pod koniec stadiału górnego zagłębienia powierzchni terenu zostały wypełnione przez piaski, ily i mułki zastoiskowe. Miąższość ich nie przekracza 5 m. Znane są one z okolic Bilwinowa i wsi Brogi k/Krasnopola.

Ostateczny kształt powierzchni obszaru arkusza zawdzięcza okresowi transgresji lądolodu wisły (stadiał górny). Zaznaczyła się ona intensywnymi zaburzeniami przez lądolód osad-

dów bezpośredniego podłoża przez naciski poziome (dynamiczne) i pionowe (statyczne). W ich wyniku powstała, charakterystyczna dla omawianego obszaru, glacitektonika festonowa czyli leżące na przemian różnej wielkości obniżenia i wyniesienia. Przez nacisk boczny masy lodowej na krawędzie i zbocza obniżeń, dolin i wysoczyzn powstały formy glacitektoniki krawędziowej (wschodnia część Jeziora Wigry, okolice Jeziora Białego).

Od schyłku plejstocenu aż po czasy współczesne powstają piaski i gliny deluwialne występujące na zboczach i krawędziach form wyniesionych. Tworzą się także piaski pyłowate rezydualne oraz piaski stożków napływowych. Wspomniane osady nie odgrywają ważnej roli w budowie i wyglądzie powierzchni opisywanego obszaru.

Spośród osadów holocenijskich największe rozprzestrzenienie i miąższość osiągnęły torfy. Występują one głównie w zagłębieniach wytopiskowych w północnej części opisywanego obszaru (okolice Bilwinowa, Krasnopol) oraz w dolinie Czarnej Hańczy. Są to najczęściej torfy turzycowe, sfagnowe, a także brunatne i czarne. Miejscami osiągają miąższość do 5–8 m. W dnach jeziornych występują gytie nieodsłaniające się nigdzie na powierzchni. W dolinach rzek tworzą się piaski i piaski ze żwirami osiągając grubość do 2 m. Towarzyszą im namuły torfiaste i piaszczyste o grubości do 1 m. Występują one również na obszarach bezodpływowych osiągając miąższość około 1,5 m. Miąższość osadów jeziornych (piaski, mułki i ropy jeziorne) jest zmienna, wynosi od kilkunastu centymetrów do ponad 2 m.

Na ukształtowanie współczesnej rzeźby omawianego obszaru największy wpływ miały: akumulacyjna i zaburzająca działalność lądolodów oraz akumulacyjna i erozyjna działalność wód fluwioglacjalnych. Mniejszy wpływ wywarła akumulacyjna działalność wód zastoiskowych oraz ukształtowanie i budowa starszego podłoża (Ber, 1998).

IV. Złóża kopalin

Na obszarze arkusza Krasnopol zlokalizowanych jest 5 złóż kopalin okruchowych, które są kopalnią pospolitą (Szuflicki i inni (red), 2011). Ich charakterystykę gospodarczą oraz klasyfikację przedstawiono w tabeli 1. Zestawienie wybranych parametrów geologiczno-górnich złóż i jakościowych kopaliny przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 1

Złoże kopalin i ich charakterystyka gospodarcza oraz klasyfikacja

Nr złoże na mapie	Nazwa złoże	Rodzaj kopaliny	Wiek kompleksu litologiczno-surowcowego	Zasoby geologiczne bilansowe (tys. t)	Kategoria rozpoznania	Stan zagospodarowana złoże	Wydobycie (tys. t)	Zastosowanie kopaliny	Klasyfikacja złoże		Przyczyny konfliktowości złoże
									wg stanu na rok 2010 (Szuflicki i inni (red), 2011)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Lipniak	pż, p	Q	18	C ₁ *	Z	-	Sb	4	A	-
2	Krasnopol III	pż	Q	190	C ₁ *	Z	-	Sd, Sb	4	B	K, N
3	Krasnopol I	p	Q	260	C ₁ *	Z	-	Sd, Sb	4	A	-
4	Krasnopol II	p, pż	Q	18	C ₁ *	Z	-	Sb	4	A	-
5	Sobolewo III ¹⁾	pż	Q	1 113	C ₁	N	-	Sd, Sb	4	B	K

Rubryka 2: ¹⁾złoże nie figuruje w Bilansie Zasobów Kopalin, zasoby wg dokumentacji geologicznej

Rubryka 3: pż – piasek ze żwirem, p – piasek

Rubryka 4: Q – czwartorzęd

Rubryka 6: C₁* – złoże zarejestrowane (kategoria przypisana umownie)

Rubryka 7: N – niezagospodarowane Z – zaniechane,

Rubryka 9: Sb – budowlane, Sd – drogowe

Rubryka 10: złoże: 4 – powszechne, licznie występujące, łatwo dostępne

Rubryka 11: złoże: A – małokonfliktowe, B konfliktowe

Rubryka 12: K – ochrona krajobrazu, N – NATURA 2000

Zarejestrowane („Lipniak”, „Krasnopol I”, „Krasnopol II”, „Krasnopol III”) i udokumentowane („Sobolewo III”) na omawianym obszarze złoża piasków ze żwirem i piasków są pochodzenia lodowcowego i wodnolodowcowego, z okresu stadiału górnego, zlodowacenia wistły. Osady piaszczysto-żwirowe związane z akumulacją lodowcową na obszarach moreny czołowej występują w złożach „Lipniak”, „Krasnopol I” i „Krasnopol III” natomiast z wodnolodowcową w obrębie pól sandrowych w złożach „Krasnopol II” i „Sobolewo III. Wymienione złoża z uwagi na złożoną budowę serii surowcowej, zaliczono do II grupy zmienności.

Złoże „Lipniak” zarejestrowano w 1985 roku (Sadowski, 1985) dla potrzeb Urzędu Gminy w Suwałkach. Położone jest ono 8 km na północny wschód od Suwałk obok miejscowości Lipniak i zajmuje powierzchnię 0,20 ha. Kopalinę stanowią piaski średnio- i gruboziarniste oraz utwory piaszczysto-żwirowe przydatne do produkcji betonu i zapraw budowlanych. Złoże jest suche. Miąższość złoża wynosi średnio 8,4 m, nadkład jest niewielki, stanowi go gleba i zagliniony piasek drobnoziarnisty o średniej grubości 0,6 m.

Złoże „Krasnopol III” leży w odległości 3 km na północny zachód od wsi Krasnopol i zajmuje powierzchnię 1,49 ha (Paprocka, 1988b). Serię złożową stanowią tu piaski grubo- i średnioziarniste ze żwirem i otoczkami. Kopalina jest przydatna dla potrzeb budownictwa i drogownictwa. W nadkładzie złoża występuje gleba i niewielka warstwa gliny piaszczystej lub piasku gliniastego o średniej grubości 0,9 m. Złoże jest suche.

Złoże kopalin okrucowych „Krasnopol I” usytuowane jest około 2 km na północny zachód od wsi Krasnopol. Obejmuje ono obszar o powierzchni 2,05 ha (Paprocka, 1988a). Kopaliną są piaski drobnoziarniste, lokalnie z przewarstwieniami pylastymi i gliniastymi, przechodzące miejscami w średnio- i gruboziarniste o przeznaczeniu dla celów budowlanych i drogowych. Średnia miąższość złoża wynosi 5,9 m. Nadkład stanowi gleba i glina zwałowa o średniej grubości około 1,5 m. Złoże było udokumentowane w warstwie suchej (zwierciadło wód gruntowych występuje średnio na głębokości 1 m poniżej spągu złoża).

Złoże „Krasnopol II” (Sadowski, 1987) zostało zarejestrowane w 1987 roku dla potrzeb Urzędu Gminy w Krasnopolu. Położone jest około 3,5 km na południowy wschód od Krasnopolu i zajmuje powierzchnię 0,39 ha. Kopalinę stanowią piaski średnioziarniste z przewarstwieniami piasków drobnoziarnistych oraz utwory piaszczysto – żwirowe przydatne dla potrzeb budownictwa. Kruszywo to jest bardzo dobrze przemyte, o czym świadczy bardzo niska zawartość pyłów mineralnych, poniżej 1,2 %. Złoże jest suche. W nadkładzie występują gleba i piaski o średniej grubości 1,4 m.

Złoże „Sobolewo III” (Sadowski, 2011) udokumentowano na powierzchni 7,13 ha, w dwóch sąsiadujących z sobą polach. Fragment pola B (zachodniego) znajduje się na obsza-

rze sąsiadującego od zachodu arkusza Suwałki. Do 2000 roku kilkusethektarowy obszar na zachód od wsi Sobolewo był objęty dokumentacją geologiczną w kategorii B+C₁+C₂ złoża piasku i żwiru „Sobolewo – Krzywe” obszar „Sobolewo B”. W 2000 r. anulowano zasoby w kat. C₂ tego złoża (Makowiecki, 2000), a w ich miejscu, ale na mniejszym obszarze udokumentowano (w kat. C₁) dwa złoża – „Sobolewo II” (całkowicie na obszarze arkusza Suwałki) i „Sobolewo III”. Złoże „Sobolewo III” jest częściowo zawodnione, ale tylko w partii przyspągowej. Nadkład o średniej grubości 1,1 m stanowi gleba piaszczysta, zaglinione piaski i piaski ze żwirem. Kopalina w złożu jest pospółka o średnim punkcie piaskowym (zawartość ziaren do 2 mm) – 52,3%. W stanie naturalnym nadaje się bez ograniczeń do budowy nasypów drogowych i kolejowych oraz do budowy i naprawy dróg o nawierzchni żwirowej. Po uszlachetnieniu polegającym na odsianiu frakcji piaszczystej, wyflukaniu nadmiaru pyłów mineralnych oraz rozkruszeniu nadziarna nadaje się do produkcji żwirów jedno- i wielofrakcyjnych do betonów.

Tabela 2

Parametry geologiczno-złożowe i jakościowe złóż kruszywa naturalnego

Parametry	Złoże:				
	Lipniak	Krasnopol III	Krasnopol I	Krasnopol II	Sobolewo III
Parametry złożowe:					
Powierzchnia złoża (ha)	0,20	1,49	2,05	0,39	7,13
Grubość nadkładu od – do; śr. (m)	0,3–0,9 0,6	0,3–1,3 0,9	0,0–5,0 1,5	0,4–1,8 1,4	0,2–2,8 1,1
Miąższość złoża od – do; śr. (m)	7,7–9,5 8,4	3,1–9,0 6,5	2,0–12,0 5,9	2,3–2,7 2,5	2,6–16,8 8,7
Stosunek grubości nadkładu do miąższości złoża (N/Z); śr.	0,07	0,13	0,26	0,58	0,19
Parametry jakościowe kopaliny:					
Zawartość ziaren poniżej 2 mm (punkt piaskowy) (% wag.)	pż: 68,2–77,0 73,9 p: 85,8	49,5–94,4 69,9	49,5–96,4 79,03	pż: 65,1 p: 84,5–92,7 89,3	35,8–74,0 52,3
Zawartość pyłów (% wag.)	pż: 2,3–5,3 3,6 p: 3,4	2,32–6,44 4,40	1,23–20,44 6,63	pż: 0,7 p: 1,0–1,4 1,2	1,3–5,0 3,0
Zawartość zanieczyszczeń obcych (% wag.)	0,06–0,13	brak	brak	brak	nb
Zawartość związków siarki (% wag.)	brak	nb	0,08	0,57	nb
Gęstość nasypowa w stanie zagęszczonym (t/m ³)	pż: 1,86–1,98 1,90 p: 1,80	nb	nb	pż: 1,90 p: 1,80–1,85 1,82	1,77–1,97 1,88

p – piaski, pż – piaski ze żwirem, nb – nie badano

Złoża kopalin okruchowych w granicach arkusza Krasnopol zawierają kopaliny pospolite, łatwo dostępne i powszechne w całym kraju – klasa 4. Złoża „Krasnopol III” i „Sobole-

wo III” uznano za konfliktowe. Pierwsze z nich z uwagi na położenie w obszarze NATURA 2000 i obszarze chronionego krajobrazu, drugie położone jest w obszarze chronionego krajobrazu i otulinie Wigierskiego Parku Narodowego. Podjęcie eksploatacji w granicach tych złóż jest możliwe po spełnieniu określonych wymagań. Złóża „Krasnopol I” i „Krasnopol II” uznano za mało konfliktowe. Złóże „Lipniak” także, mimo iż znajduje się w obszarów chronionego krajobrazu, gdzie obowiązują ograniczenia eksploatacji kopalin. Zajmuje ono małą powierzchnię, ponadto jest już zaniechane, a jego wyrobisko zrehabilitowane (Zasady..., 1999).

V. Górnictwo i przetwórstwo kopalin.

Na obszarze arkusza Krasnopol aktualnie nie jest prowadzona koncesjonowana eksploatacja kopalin.

Złóża „Lipniak”, „Krasnopol I”, „Krasnopol II” i „Krasnopol III” eksploatowane były w na przełomie lat 80 i 90 ubiegłego wieku. Wydobycie kopaliny zostało zaniechane z przyczyn ekonomicznych. W okolicach Suwałk jest bardzo duża podaż kopalin okruchowych. Ich wyrobiska zostały zrehabilitowane, skarpy zładowane i porośnięte trawą i krzewami. Obecnie ślady po działalności górniczej na terenach wspomnianych złóż są prawie niewidoczne. Zasoby geologiczne kopaliny w tych złóżach nie zostały rozliczone.

W kilku miejscach na obszarze omawianego arkusza, m.in. koło Lipniaka, Jegłówka, Krasnopola, Żłobina, Tartaku, Starego Folwarku i Czerwonego Krzyża, podczas prac terenowych nad mapą, zinwentaryzowano wyrobiska (poniżej 0,3 ha), gdzie okoliczni mieszkańcy na małą skalę, pobierają piasek i piasek ze żwirem na potrzeby własne. Większe potrzeby w tym zakresie mogą być zaspokajane z najbliższego sąsiedztwa tj. rejonu Sobolewa (arkusz Suwałki), gdzie wydobycie prowadzone jest na dużą skalę.

W przeszłości (przed latami 70. ubiegłego wieku) wykorzystywane były na małą skalę, na potrzeby lokalne, torfy do celów energetycznych i rolniczych oraz gliny zwałowe do produkcji ceramiki budowlanej.

VI. Perspektywy i prognozy występowania kopalin

Znaczenie surowcowe na obszarze arkusza Krasnopol ma obecnie wyłącznie kruszywo piaskowo-żwirowe. W przeszłości pewne znaczenie miały torfy i kopaliny ilaste ceramiki budowlanej. Możliwości wyznaczenia perspektyw i prognoz surowcowych są tu mocno ograniczone, z uwagi na duże walory przyrodnicze przeważającej części terenu, i wynikające z tego rygory jego ochrony. Wigierski Park Narodowy i jego otulina, obszary NATURA

2000, obszary chronionego krajobrazu, jeziora i mokradła, lasy zajmują ponad $\frac{3}{4}$ powierzchni arkusza.

Piaski i żwiry akumulacji wodnolodowcowej tworzące sandr suwalsko-augustowski w znakomitej większości są objęte zasięgiem Wigierskiego Parku Narodowego i jego otuliny. Niewielkie fragmenty poza strefami chronionymi (okolice Bilwinowa i Krasnopola) nie przedstawiają większej wartości surowcowej z uwagi na dużą domieszkę frakcji pylastej i zmienność parametrów geologiczno-złożowych. Piaski wodnolodowcowe występujące w północno-wschodniej części omawianego obszaru pokryte są lasem i brak jest jakichkolwiek informacji o ich jakości. Ponadto nie ma tam punktów eksploatacyjnych, brak więc podstaw do wyznaczenia obszaru perspektywicznego.

W rejonie miejscowości Krasnopol (na północ od jeziora Długie) wykonane zostały prace geologiczno – poszukiwawcze (Paprocka, 1988c) za kruszywem naturalnym dla potrzeb drogownictwa i budownictwa lokalnego. Dały one wynik negatywny z powodu nadmiernego zapylenia i przerostów gliniastych potencjalnej serii złożowej.

Torfy występują w licznych zagłębieniach wytopiskowych, w ciągach jezior, obniżeniach bezodpływowych oraz w dolinie Czarnej Hańczy. Przeważnie są to torfy niskie turzycowe, turzycowo-mszyste, mszyste lub turzycowo-trzcinowe. Ich miąższość dochodzi miejscami do 5 – 8 m. Najwięcej znajduje się ich w granicach Wigierskiego Parku Narodowego i jego otuliny, a także w obrębie Obszarów Chronionego Krajobrazu „Puszcza i Jeziora Augustowskie” i „Pojezierza Północnej Suwalszczyzny”. Z powodu konfliktowości ze środowiskiem przyrodniczym, nie zostały one włączone do potencjalnej bazy surowcowej torfów (Ostrzyżek, Dembek, 1996).

Kredy jeziornej poszukiwano w okolicach jeziora Wigry i Jeziora Krusznik (Tulska, 1972). Przeprowadzone prace potwierdziły perspektywiczność tego rejonu, jeśli chodzi o występowanie kredy jeziornej. Występuje ona w formie niewielkich pokładów w zarośniętych partiach jeziora. Mimo dobrej jakości kredy jeziornej, dalsze prace rozpoznawcze zostały przerwane, gdyż obszary te znalazły się w obrębie Wigierskiego Parku Narodowego.

Gliny zwałowe są dość rozpowszechnione na omawianym terenie i występują na powierzchni, lecz w obecnych czasach straciły znaczenie surowcowe. Iły i mułki warwowe występują w okolicach Bilwinowa, a we wsi Brogi koło Krasnopola iły i mułki piaszczyste. Brak jest badań, które potwierdziłyby ich przydatność dla ceramiki budowlanej.

VII. Warunki wodne

1. Wody powierzchniowe.

Pod względem hydrograficznym cały obszar arkusza Krasnopol leży w obrębie zlewni Morza Bałtyckiego. Teren ten odwadniają, poprzez swoje dopływy, zlewnie dwóch rzek – Wisły i Niemna. Oddziela je od siebie dział wodny I rzędu. W zlewni Wisły położona jest niewielka południowo-zachodnia część mapy o powierzchni około 1 km², pozostały obszar należy do dorzecza Niemna.

Największą rzeką na tym terenie jest Czarna Hańcza, która tworzy zlewnię II rzędu obejmującą cały jej bieg. Źródła rzeki znajdują się w pobliżu jeziora Jegliniszki (poza arkuszem), ujście do Niemna leży na terenie Białorusi. Długość rzeki wynosi 141,7 km, z czego 107,8 km przebiega na terenie Polski. Jej najważniejszymi dopływami w granicach omawianego arkusza są: Marycha (Czarna), Żubrówka, Kaletnik (Wiatrołuża) i Pawłówka (Giemzdówka). Rzeka, ze względu na unikatowe walory przyrodnicze doliny w połączeniu z pięknym krajobrazem stanowi cieszący się dużym uznaniem szlak wodny wykorzystywany intensywnie do turystyki kajakowej.

Na obszarze arkusza występują liczne jeziora o zróżnicowanej wielkości, głębokości i genezie. Największe z nich, Wigry, o powierzchni 2 118 ha i głębokości 73 m, należy do grupy jezior rynnowo-wytopiskowych. Do tej samej grupy należy także jezioro Gremzdy. W północnej części obszaru występują głównie jeziora rynnowe: m.in. Jegliniec, Długie, Boczniel, Żubrowo. Typowymi jeziorami wytopiskowymi są Krzywe i Koleśne. Osobliwością na tym terenie są dystroficzne jeziora śródleśne (Duży Sucharek, Małe Sucharki, Wądołek), w których woda o pH ok. 3 ma barwę jasnobrunatną pochodzącą od związków humusowych.

Stan czystości wód powierzchniowych kontroluje na tym terenie Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Białymstoku zgodnie z rozporządzeniami wykonawczymi do ustawy Prawo Wodne (Prawo..., 2001). Ma on na celu pozyskanie informacji o stanie wód powierzchniowych dla potrzeb planowania w gospodarowaniu wodami oraz oceny osiągnięcia celów środowiskowych. W 2010 r. wykonano cząstkową ocenę stanu/potencjału ekologicznego jednolitych części wód powierzchniowych zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 20.08.2008 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych (Rozporządzenie..., 2008). Wprowadza ono, jako zasadę generalną, że w ciekach naturalnych, jeziorach lub innych zbiornikach naturalnych, na podstawie zbadanych elementów biologicznych, fizykochemicznych i hydromorfologicznych klasyfikuje się

stan ekologiczny wód. Elementy hydromorfologiczne i fizykochemiczne spełniają rolę elementów wspierających.

W granicach arkusza Krasnopol w roku 2010 wstępnej ocenie poddano wody Czarnej Hańczy i Marychy (Czarnej). Badania wód Czarnej Hańczy prowadzone były na wodowskazi Sobolewo i obejmowały odcinek od wypływu z jeziora Hańcza do jeziora Wigry (Ocena..., 2011). Określono jedynie stan chemiczny wody (poniżej stanu dobrego).

Wody Marychy monitorowane były poza granicami arkusza (punkt Zelwa) i obejmują odcinek rzeki od Marychny do dopływu z jeziora Zelwa. W punkcie tym rzeka prowadzi wody, których stan/potencjał ekologiczny oceniono jako umiarkowany.

W 2010 r. prowadzono także monitoring reperowy stanu jezior znajdujących się w granicach omawianego arkusza (Klasyfikacja..., 2011). Wstępnej ocenie poddano wody Jeziora Długiego Wigierskiego i Gremzdel. Stan ekologiczny Jeziora Długiego Wigierskiego określono na dobry, a jeziora Gremzdel umiarkowany. Klasyfikację ostateczną (weryfikację oceny) wykona Instytut Ochrony Środowiska dla jezior całej Polski w terminie późniejszym.

2. Wody podziemne

Arkusze Krasnopol, pod względem hydrogeologicznym, należy do regionu mazowiecko-mazursko-podlaskiego (II), subregionu pojeziernego (II₂) (Paczyński (red), 1995). W podziale wg. jednostek jednolitych części wód podziemnych (JCWPd) jest to Region Narwi, Pregoły i Niemna (Paczyński, Sadurski (red.), 2007).

Obszar ten jest słabo i nierównomiernie rozpoznany pod względem hydrogeologicznym. Dotyczy to zwłaszcza poziomów podczwartorzędowych, które są nierozpoznane na tym obszarze. Wszystkie studnie zlokalizowane w obrębie arkusza ujmują pierwszy od powierzchni, zasobny w wodę, poziom czwartorzędowy. W obrębie czwartorzędowego piętra wodonośnego wydzielono trzy poziomy wodonośne o charakterze użytkowym (Felter i inni, 2004).

W południowej części obszaru, w obrębie sandru augustowskiego, występuje przypowierzchniowy poziom wodonośny (sandrowy). Jest on związany z występowaniem piaszczystych osadów fluwioglacjalnych zlodowacenia warty i wisły, a jego miąższość szacuje się na 25–50 m. Występują w nim wody o charakterze napiętym na głębokości od zera do kilku metrów p.p.t, których zasilanie odbywa się przez bezpośrednią filtrację opadów atmosferycznych. Wydajności studni wierconych uzyskiwane z tego poziomu są zróżnicowane, wahają się w przedziale 2,4–46,2 m³/h. Wydajności potencjalne są znacznie wyższe, od 35 m³/h do

ponad 70 m³/h. Poziom ten eksploatowany jest studniami ujęć wiejskich, ośrodków wypożyczynkowych oraz indywidualnych użytkowników.

W północnej i środkowej części arkusza Krasnopol, na obszarze wysoczyzny morenowej, występuje międzymorenowy poziom wodonośny. Poziom jest dwudzielny, rozdziela go nieciągła, kilkumetrowa warstwa glin, jednak na przeważającym obszarze obydwie poziomy występują łącznie. Wyraźna dwudzielność zaznacza się w zachodniej części arkusza, gdzie warstwa wodonośna rozdzielona jest kilkudziesięciometrowym pakietem glin. Część górna wykształcona jest w postaci piasków i żwirów wodnolodowcowych zlodowacenia bałtyckiego, część dolną budują osady piaszczysto-żwirowe zlodowacenia odry. Jego miąższość szacowana jest na ponad 40 m. Zasilanie międzymorenowego poziomu wodonośnego odbywa się poprzez przesączanie wód opadowych przez utwory słaboprzepuszczalne lub w drodze bezpośredniej filtracji. Zwierciadło wody może mieć tu charakter naporowy lub swobodny. Szacuje się, że można z niego uzyskać 50–70 m³/h wody z pojedynczej studni.

W Nowej Wsi, Remieńkiniu i Sarnetkach występują źródła typu zboczowego o wydajnościach 0,6–0,8 dm³/sek.

W obrębie głównego poziomu użytkowego występują wody słodkie (zwykłe), typu HCO₃-Ca i suchej pozostałości w granicach 191–353 mg/dm³. Wody podziemne są tutaj znacznie zróżnicowane pod względem jakości (klasy I, IIa, IIb i III). Na przeważającym obszarze występują wody zaliczone do klasy IIb jakości, ze względu na przekroczenia stężeń żelaza i manganu. Wody klasy I jakości stwierdzono w rejonie południowej zatoki jeziora Wigry, natomiast zaliczane do III klasy jakości, tylko punktowo w rejonie Mikołajewa.

Głębokość występowania poziomu wodonośnego, typ naturalnej izolacji, rodzaj ognisk zanieczyszczeń i intensywność ich oddziaływania, obecność lasów i obszarów chronionych są najważniejszymi czynnikami wpływającymi na ocenę zagrożenia wód podziemnych. W obrębie arkusza Krasnopol stopień zagrożenia czwartorzędowego piętra wodonośnego jest zróżnicowany. Wysoki stopień zagrożenia, ze względu na brak lub słabą izolację (poniżej 15 m) warstwy wodonośnej, występuje w północno-wschodniej i środkowej części arkusza. Potencjalnymi źródłami zanieczyszczeń są rolnicze użytkowanie terenu, lokalna zabudowa wiejska oraz gospodarstwa hodowlane.

Średni stopień zagrożenia występuje w północno-zachodniej i południowej części omawianego arkusza i charakteryzuje się ograniczoną dostępnością ze względu na ochronę prawną (park narodowy, rezerwat bobrów) oraz duże, zwarte masywy leśne. Na pozostałym obszarze występuje niski i bardzo niski stopień zagrożenia. Poziom wodonośny jest tutaj izolowany

od powierzchni mięszą warstwą glin (15–50 m), a na powierzchni pokrytej kompleksami leśnymi brak jest ognisk zanieczyszczeń.

W granicach arkusza Krasnopol, a także na obszarach arkuszy sąsiednich nie ma wydzielonego głównego zbiornika wód podziemnych (GZWP) (Kleczkowski, 1990).

VIII. Geochemia środowiska

1. Gleby

Kryteria klasyfikacji gleb

Dla oceny zanieczyszczenia gleb zastosowano wartości dopuszczalne stężeń metali określone w Załączniku do Rozporządzenia Ministra środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów gleby oraz standardów jakości ziemi (DzU nr 165 z dnia 4 października 2002 r., poz. 1359). Dopuszczalne wartości pierwiastków dla poszczególnych grup użytkowania, ich zakresy oraz przeciętne zawartości w glebach z terenu arkusza Krasnopol, umieszczono w tabeli 3. W celu porównania tabelę uzupełniono danymi o przeciętnej zawartości (median) pierwiastków w glebach terenów niezabudowanych Polski (najmniej zanieczyszczonych w kraju).

Materiał i metody badań laboratoryjnych

Dla oceny zanieczyszczenia gleb wykorzystano wyniki ze zbioru analiz chemicznych wykonanych do „Atlasu geochemicznego Polski 1:2 500 000” (Lis, Pasieczna, 1995). Próbkę gleb pobierano za pomocą sondy ręcznej z wierzchniej warstwy (0,0–0,2 m) w regularnej siatce 5x5 km. Pobierana gleba, o masie około 1000 g, była suszona w temperaturze pokojowej, kwartowana i przesiewana przez sita nylonowe o wymiarach oczka 2 mm.

Przedmiotem zainteresowania była grupa metali, której źródłem są zanieczyszczenia antropogeniczne, a więc pierwiastki słabo związane i łatwo ługowalne z gleb. Gleby mineralizowano w kwasie solnym (HCl 1:4), w temperaturze 90°C, w ciągu 1 godziny. Oznaczenia As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb i Zn wykonano za pomocą atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem plazmowym (ICP-AES *Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry*) z zastosowaniem spektrometrów: PV 8060 firmy Philips i JY 70 Plus Geoplasma firmy Jobin-Yvon. Analizy Hg przeprowadzono metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej techniką zimnych par (CV-AAS *Cold Vapour Atomic Absorption Spectrometry*) z użyciem spektrometru Perkin-Elmer 4100 ZL z systemem przepływowym FIAS-100. Wszystkie oznaczenia wykonano w laboratorium Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie. Kontrolę jakości gwarantowały analizy wielokrotne tych samych próbek umieszczanych losowo

w seriach analitycznych oraz stosowanie materiałów referencyjnych (wzorce Montana Soil, SRM 2710, SRM 2711, IAEA/Soil 7).

Tabela 3

Zawartość metali w glebach (w mg/kg)

Metale	Wartości dopuszczalne stężeń w glebie lub ziemi (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r.)			Zakresy zawartości w glebach na arkuszu Krasnopol	Wartość przeciętnych (median) w glebach na arkuszu Krasnopol	Wartość przeciętnych (median) w glebach obszarów niezabudowanych Polski ⁴⁾
	Grupa A ¹⁾	Grupa B ²⁾	Grupa C ³⁾	N=7	N=7	N=6522
Głębokość (m p.p.t.) 0–0,3 0–2,0			Głębokość (m p.p.t.) 0–0,2			
As Arsen	20	20	60	<5	<5	<5
Ba Bar	200	200	1000	19–51	28	27
Cr Chrom	50	150	500	2–12	3	4
Zn Cynk	100	300	1000	14–50	27	29
Cd Kadm	1	4	15	<0,5	<0,5	<0,5
Co Kobalt	20	20	200	<1–7	1	2
Cu Miedź	30	150	600	1–9	2	4
Ni Nikiel	35	100	300	2–12	3	3
Pb Ołów	50	100	600	5–14	8	12
Hg Rtęć	0,5	2	30	<0,05–0,05	<0,05	<0,05
Ilość badanych próbek gleb z arkusza Krasnopol w poszczególnych grupach użytkowania				¹⁾ grupa A		
As Arsen	7	–	–	a) nieruchomości gruntowe wchodzące w skład obszaru poddanego ochronie na podstawie przepisów ustawy Prawo wodne,		
Ba Bar	7	–	–	b) obszary poddane ochronie na podstawie przepisów o ochronie przyrody; jeżeli utrzymanie aktualnego poziomu zanieczyszczenia gruntów nie stwarza zagrożenia dla zdrowia ludzi lub środowiska – dla obszarów tych stężenia zachowują standardy wynikające ze stanu faktycznego,		
Cr Chrom	7	–	–	²⁾ grupa B – grunty zaliczone do użytków rolnych z wyłączeniem gruntów pod stawami i gruntów pod rowami, grunty leśne oraz zadrzewione i zakrzewione, nieużytki, a także grunty zabudowane i zurbanizowane z wyłączeniem terenów przemysłowych, użytków kopalnych oraz terenów komunikacyjnych,		
Zn Cynk	7	–	–	³⁾ grupa C – tereny przemysłowe, użytki kopalne, tereny komunikacyjne,		
Cd Kadm	7	–	–	⁴⁾ Lis, Pasieczna, 1995 – Atlas geochemiczny Polski 1:2 500 000		
Co Kobalt	7	–	–	N – ilość próbek		
Cu Miedź	7	–	–			
Ni Nikiel	7	–	–			
Pb Ołów	7	–	–			
Hg Rtęć	7	–	–			
Sumaryczna klasyfikacja badanych gleb z obszaru arkusza Krasnopol do poszczególnych grup użytkowania (ilość próbek)						
–	7	–	–			

Prezentacja wyników

Zastosowana gęstość pobierania próbek (1 próbka na około 25 km²) nie jest dostateczna do wykreślenia izoliniowej mapy zawartości pierwiastków zgodnie z zasadami przyjętymi w kartografii (dla skali 1:50 000 konieczne jest opróbowanie w siatce 0,5x0,5 km, czyli jedna

próbka – jedna informacja na 1 cm² mapy dla całego arkusza). Wyniki badań geochemicznych zostały więc przedstawione na mapie w postaci punktów.

Lokalizację miejsc pobierania próbek (wraz z numeracją zgodną z bazą danych) przedstawiono na mapie w postaci kwadratów wypełnionych kolorem przyjętym dla gleb zaklasyfikowanych do grupy A zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r.

Zanieczyszczenie gleb metalami

Wyniki badań geochemicznych gleb odniesiono zarówno do wartości stężeń dopuszczalnych metali określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r., jak i do wartości przeciętnych określonych dla gleb obszarów niezabudowanych całego kraju (tabela 3).

Przeciętne zawartości: arsenu, chromu, cynku, kadmu, kobaltu, miedzi, niklu, ołowiu i rtęci w badanych glebach arkusza są na ogół niższe lub równe w stosunku do wartości przeciętnych (median) w glebach obszarów niezabudowanych Polski. Wyższą wartość mediany wykazuje jedynie zawartość baru.

Z uwagi na zbyt niską gęstość opróbowania dane prezentowane na mapie nie umożliwiają oceny zanieczyszczenia gleb z terenu całego arkusza. Pozwalają tylko na oszacowanie ich stanu w miejscach pobrania i w niezbyt odległym otoczeniu.

2. Osady wodne

W warunkach naturalnych osady gromadzące się na dnie rzek i jezior powstają w wyniku akumulacji materiału (m.in. ziaren kwarcu, skaleni, minerałów węglanowych, minerałów ilastych), pochodzącego z erozji i wietrzenia skał na obszarze zlewni oraz materiału powstałego w miejscu sedymentacji (szczątki obumarłych organizmów roślinnych i zwierzęcych oraz wytrącające się z wody substancje). Na terenach uprzemysłowionych, zurbanizowanych oraz rolniczych do osadów trafiają również substancje, takie jak metale ciężkie i trwałe zanieczyszczenia organiczne (TZO), zawarte w ściekach przemysłowych, komunalnych i z ferm hodowlanych odprowadzanych do wód powierzchniowych. Wzrost stężenia metali ciężkich i TZO we współcześnie powstających osadach jest również skutkiem ich depozycji z atmosfery oraz spływu deszczowego i roztopowego z terenów zurbanizowanych (metale ciężkie, WWA) i rolniczych (arsen, rtęć, pestycydy chloroorganiczne) (Rocher i inni, 2004; Reiss i inni, 2004; Birch i inni, 2001; Howsam, Jones, 1998; Mecray i inni, 2001; Lindström, 2001; Pulford i inni, 2009; Ramamoorthy, Ramamoorthy, 1997; Wildi i inni, 2004). Wstępujące w osadach metale ciężkie i inne substancje niebezpieczne mogą akumulować się w łańcuchu

troficznym do poziomu który jest toksyczny dla organizmów, zwłaszcza drapieżników, a także mogą stwarzać ryzyko dla ludzi (Vink, 2009, Albering i inni, 1999; Liu i inni, 2005; Šmejkalová i inni, 2003). Osady o wysokiej zawartości szkodliwych składników są potencjalnym ogniskiem zanieczyszczenia środowiska. Część szkodliwych składników zawartych w osadach może ulegać ponownemu uruchomieniu do wody w następstwie procesów chemicznych i biochemicznych przebiegających w osadach, jak również mechanicznego poruszenia wcześniej odłożonych zanieczyszczonych osadów na skutek naturalnych procesów albo podczas transportu bądź bagrowania (Sjöblom i inni, 2004; Bordas, Bourg, 2001). Także podczas powodzi zanieczyszczone osady mogą być przemieszczane na gleby tarasów zalewowych albo transportowane w dół rzek (Gocht i inni, 2001; Gabler, Schneider, 2000; Weng, Chen, 2000). Przemieszczenie na tarasy zalewowe zanieczyszczonych osadów powoduje wzrost stężenia metali ciężkich i trwałymi zanieczyszczeniami organicznymi w glebach (Bojakowska, Sokółowska, 1996; Bojakowska i inni, 1995; Miller i inni, 2004; Middelkoop, 2000).

Kryteria oceny osadów

Jakość osadów dennych, w aspekcie ich zanieczyszczenia metalami ciężkimi oraz wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi (WWA) i polichlorowanymi bifenyłami (PCB) oceniono na podstawie kryteriów zawartych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. we sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony (DzU nr 55 poz. 498 z 14 maja 2002 r.). Dla oceny jakości osadów wodnych ze względów ekotoksykologicznych zastosowano wartości *PEL* (ang. *Probable Effects Levels – przypuszczalne szkodliwe stężenie*) – określające zawartość pierwiastka, WWA i PCB, powyżej której prawdopodobny jest szkodliwy wpływ zanieczyszczonych osadów na organizmy wodne. W tabeli 4 zamieszczono dopuszczalne zawartości pierwiastków oraz trwałych zanieczyszczeń organicznych (TZO) w osadach wydobywanych podczas regulacji rzek, kanałów portowych i melioracyjnych, obowiązujące w Polsce oraz wartości tła geochemicznego dla osadów wodnych Polski i wartości *PEL*.

Materiały i metody badań laboratoryjnych

W opracowaniu wykorzystane zostały dane z bazy *OSADY* zawierającej wyniki monitoringowych badań geochemicznych osadów wodnych Polski wykonywanych na zlecenie Głównego Inspektora Ochrony Środowiska w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska (PMS).

Próbki osadów rzecznych są pobierane ze strefy brzegowej koryt rzecznych, spod powierzchni wody, z przeciwnej strony do nurtu, w miejscach, gdzie tworzący się osad charak-

teryzuje się większą zawartością frakcji mułkowo-ilastej, zaś osady jeziorne są pobierane z głęboczków jezior. W badaniach analitycznych wykorzystano frakcję ziarnową drobniejszą niż 0,2 mm. Zawartości arsenu, chromu, kadmu, ołowiu, miedzi, niklu i cynku oznaczono metodą atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem plazmowym (ICP-OES), z roztworów uzyskanych po roztworzeniu próbek osadów wodą królewską, a oznaczenia zawartości rtęci wykonano z próbki stałej metodą spektrometrii absorpcyjnej z zateżaniem na amalgamatorze. Zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) – acenaftylenu, acenaftenu, fluorenu, fenantrenu, antracenu, fluorantenu, pirenu, benzo(a)antracenu, chryzenu, benzo(b)fluorantenu, benzo(k)fluorantenu, benzo(a)pirenu, indeno(1,2,3-cd)pirenu, dibenzo(a,h)antracenu, benzo(ghi)perylenu oznaczono przy użyciu chromatografu gazowego z detektorem spektrometrem mas (GC-MSD), a oznaczenia polichlorowanych bifenyli (kongenery PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB153, PCB138, PCB180) wykonano przy użyciu chromatografu gazowego z detektorem wychwytu elektronów (GC-ECD). Wszystkie oznaczenia wykonano w Centralnym Laboratorium Chemicznym Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie.

Tabela 4

**Zawartość pierwiastków i trwałych zanieczyszczeń organicznych
w osadach wodnych (mg/kg)**

Parametr	Rozporządzenie MS*	PEL**	Tło geochemiczne
1	2	3	4
Arsen (As)	30	17	<5
Chrom (Cr)	200	90	6
Cynk (Zn)	1000	315	73
Kadm (Cd)	7,5	3,5	<0,5
Miedź (Cu)	150	197	7
Nikiel (Ni)	75	42	6
Ołów (Pb)	200	91	11
Rtęć (Hg)	1	0,49	<0,05
WWA _{11 WWA} ***	–	5,683	–
WWA _{7 WWA} ****	8,5	–	–
PCB	0,3	0,189	–

* – ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r.

** – MACDONALD i inni, 2000.

*** – suma acenaftylenu, acenaftenu, fluorenu, fenantrenu, antracenu, fluorantenu, pirenu, benzo(a)antracenu, chryzenu, benzo[a]pirenu, dibenzo[ah]antracenu

**** – suma benzo(a)antracenu, benzo[b]fluorantenu, benzo[k]fluorantenu, benzo[a]pirenu, dibenzo[ah]antracenu, indeno[1,2,3-cd]pirenu, benzo[ghi]perylenu)

Prezentacja wyników

Lokalizację miejsc opróbowania osadów przedstawiono na mapie w postaci trójkąta o odmiennych kolorach dla osadów zaklasyfikowanych do zanieczyszczonych (czerwony) lub

niezanieczyszczonych (fioletowy) i o nieprzekroczonych wartościach *PEL* (niebieski) pod względem zawartości potencjalnie szkodliwych pierwiastków oraz w postaci koła o odmiennych kolorach dla osadów zaklasyfikowanych do zanieczyszczonych (czerwony) lub niezanieczyszczonych (fioletowy) i o nieprzekroczonych wartościach *PEL* (niebieski) pod względem zawartości trwałych zanieczyszczeń organicznych. Przy klasyfikacji stosowano zasadę zaliczania osadów do danej grupy, gdy zawartość żadnego pierwiastka lub związku organicznego nie przewyższała górnej granicy wartości dopuszczalnej w tej grupie. W przypadku zakwalifikowania osadu do zanieczyszczonego każdy punkt opisano na mapie symbolami pierwiastków lub związków organicznych decydujących o zanieczyszczeniu.

Zanieczyszczenie osadów

Na arkuszu zlokalizowane są dwa punkty obserwacyjne Państwowego Monitoringu Środowiska (PMS) na Czarnej Hańczy w Wysokim Moście i Czerwonym Folwarku, z których próbki osadów są pobierane do badań co trzy lata (tabela 5). Osady rzeki charakteryzują się niskimi zawartościami potencjalnie szkodliwych pierwiastków, zbliżonymi do ich wartości tła geochemicznego. Także odnotowane w osadach zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych są niższe od średniej zawartości WWA w osadach rzek Polski. Spośród jezior znajdujących się na arkuszu zbadane zostały osady jezior Długiego Wigierskiego, Wigry, Białego Wigierskiego, Długiego Krasnopolskiego, Krzywego Wigierskiego i Pierty. Osady jezior Długiego Wigierskiego, Wigry, Krzywego Wigierskiego i Pierty charakteryzują się niskimi zawartościami pierwiastków śladowych, porównywalnymi do ich wartości tła geochemicznego. Osady jezior Białego Wigierskiego i Długiego Krasnopolskiego cechuje podwyższona zawartość pierwiastków śladowych, zwłaszcza cynku i ołowiu. Jednakże stwierdzone zawartości pierwiastków śladowych i WWA w osadach rzeki i jezior są niższe od ich dopuszczalnych stężeń według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r., są one także niższe od ich wartości *PEL*, powyżej której obserwuje się szkodliwe oddziaływanie na organizmy wodne.

Dane prezentowane na mapie umożliwiają jedynie ocenę zanieczyszczenia osadów w miejscach pobrania i w niezbyt odległym otoczeniu. Powinny być jednak sygnałem dla odpowiednich urzędów i władz wskazującym na konieczność podjęcia badań szczegółowych i wskazania źródeł zanieczyszczeń, nawet w przypadku, gdy przekroczenia zawartości dopuszczalnych zaobserwowano tylko dla jednego pierwiastka lub związku organicznego.

Tabela 5

Zawartość pierwiastków i trwałych zanieczyszczeń w osadach rzecznych i jeziornych (mg/kg)

Parametr	Długie Wigierskie 2011 r.	Wigry 2011 r.	Czarna Hańcza Wysoki Most 2011 r.	Czarna Hańcza Czerwony Folwark 2011 r.	Białe Wigierskie 2004 r.	Długie Krasnopolskie (Sejneńskie) 2007 r.	Krzywe Wigierskie 1998 r.	Pierty 2004 r.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Arsen (As)	4	3	3	<3	20	<5	5	0,33
Chrom (Cr)	4	3	5	6	15	12	2	6
Cynk (Zn)	66	49	26	67	187	101	23	51
Kadm (Cd)	0,9	<0,5	<0,5	<0,5	3,0	1,1	0,5	0,6
Miedź (Cu)	12	8	7	17	16	13	3	7
Nikiel (Ni)	3	3	3	3	13	10	2	5
Ołów (Pb)	33	20	6	12	116	46	12	23
Rtęć (Hg)	0,095	0,103	0,058	0,053	0,176	0,16	0,03	0,089
WWA _{11 WWA} *	1,473	1,039	0,436	0,455	–	–	–	–
WWA _{7 WWA} **	1,340	0,984	0,524	0,589	–	–	–	–
PCB***	0,0019	0,0012	0,0055	0,0017	–	–	–	–

* – suma acenaftyleny, acenaftenu, fluoreny, fenantreny, antracenu, fluorantenu, pireny, benzo(a)antracenu, benzo[a]pireny, dibenzo[ah]antracenu

** – suma benzo(a)antracenu, benzo[b]fluorantenu, benzo[k]fluorantenu, benzo[a]pireny, dibenzo[ah]antracenu, indeno[1,2,3-cd]pireny, benzo[ghi]perylenu)

*** – suma PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB153, PCB138, PCB180

3. Pierwiastki promieniotwórcze

Materiał i metody badań

Do określenia dawki promieniowania gamma i stężenia radionuklidów poczarzarnobylskiego cezu wykorzystano wyniki badań gamma-spektrometrycznych wykonanych dla Atlasu Radioekologicznego Polski 1:750 000 (Strzelecki i inni, 1993,1994).

Pomiary gamma-spektrometryczne wykonywano wzdłuż profili o przebiegu N-S, przecinających Polskę co 15". Na profilach pomiary wykonywano co 1 kilometr, a w przypadku stwierdzenia stref o podwyższonej promieniotwórczości pomiary zagęszczano do 0,5 km. Sonda pomiarowa była umieszczona na wysokości 1,5 metra nad powierzchnią terenu, a czas pomiaru wynosił 2 minuty. Pomiary wykonywano spektrometrem GS-256 produkowanym przez „Geofizykę” Brno (Czechy).

Prezentacja wyników

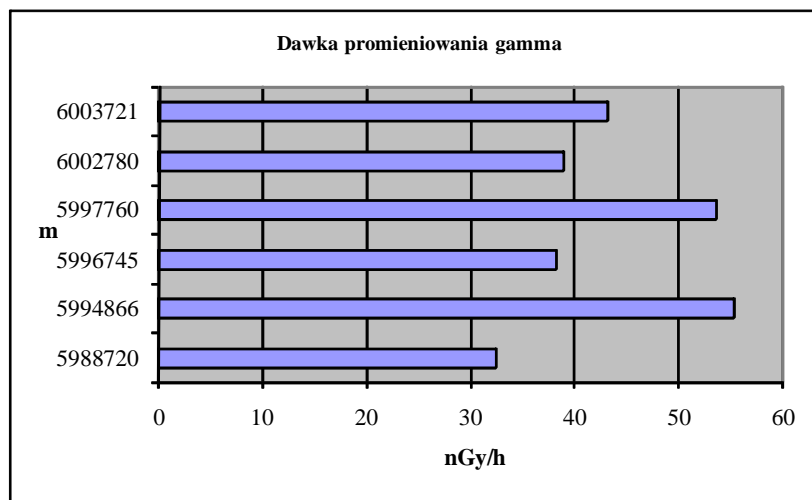
Z uwagi na to, że gęstość opróbowania nie pozwalała na opracowanie map izoliniowych w skali 1:50 000, wyniki przedstawiono w formie słupkowej (fig. 3) dla dwóch krawędzi arkusza mapy (zachodniej i wschodniej). Zabieg taki jest możliwy, gdyż te dwie krawędzie są zbieżne z generalnym przebiegiem profili pomiarowych. Wykresy słupkowe sporządzono jedynie dla punktów zlokalizowanych na opisywanym arkuszu, natomiast do interpretacji wykorzystano informacje zawarte w profilach na arkuszu sąsiadującym wzdłuż zachodniej lub wschodniej granicy opisywanego arkusza. Prezentowane wyniki dawki promieniowania gamma obejmują sumę promieniowania pochodzącego od radionuklidów naturalnych (uran, potas, tor) i sztucznych (cez).

Wyniki

Wartości dawki promieniowania gamma wzdłuż profilu zachodniego wahają się w przedziale od około 32 do około 60 nGy/h. Przeciętnie wartość ta w profilu zachodnim wynosi około 45 nGy/h i jest wyższa od średniej dla obszaru Polski wynoszącej 34,2 nGy/h. Wzdłuż profilu wschodniego wartości promieniowania gamma zmieniają się od około 22 do około 46 nGy/h i przeciętnie wynoszą około 36 nGy/h.

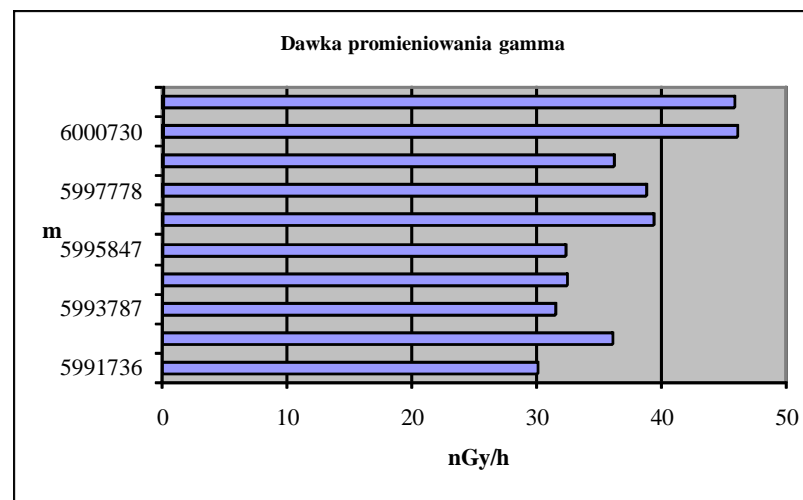
109 W

PROFIL ZACHODNI



109 E

PROFIL WSCHODNI



28

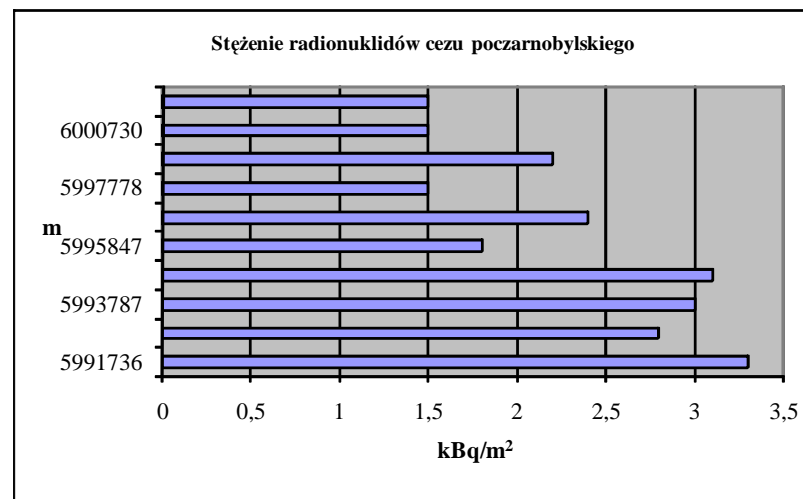
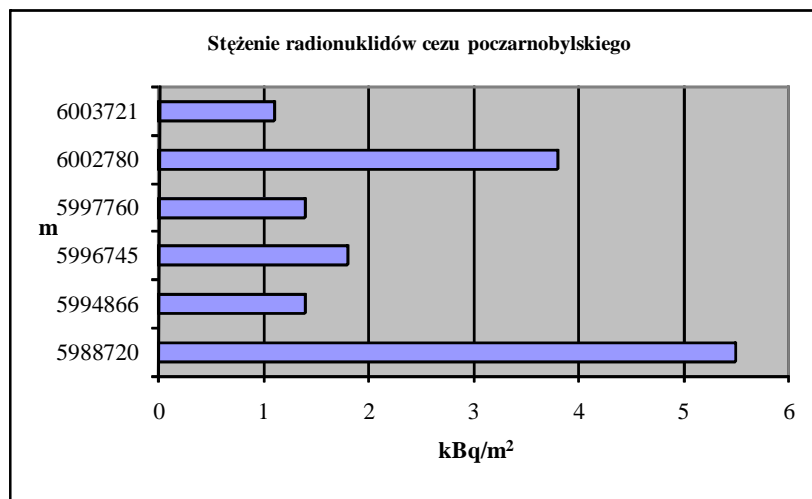


Fig. 3. Zawartość pierwiastków promieniotwórczych w glebach na terenie arkusza Krasnopol (na osi rzędnych – opis siatki kilometrowej arkusza)

W zachodnim profilu pomiarowym zarejestrowane dawki promieniowania gamma są dość wyrównane, co świadczy o tym, że dominujące wzdłuż profilu gliny zwałowe i utwory wodnolodowcowe zlodowaceń północnopolskich charakteryzują się zbliżonymi wartościami promieniowania gamma, lecz nieco wyższe dawki promieniowania gamma cechują zazwyczaj gliny (45–60 nGy/h). W profilu wschodnim zarejestrowane dawki promieniowania gamma są generalnie nieco niższe niż w profilu zachodnim, ponieważ brak wzdłuż profilu wystąpień glin zwałowych. Obserwuje się pewną dwudzielność tego profilu. Niższe dawki pomierzone w południowej części profilu (ok. 22–35 nGy/h) są związane z utworami wodnolodowcowymi (piaskami i żwirami) oraz z holocenijskimi torfami, a nieco wyższe w północnym odcinku profilu (ok. 40–45 nGy/h) – z osadami zastoiskowymi (piaski, mułki i ropy).

Stężenia radionuklidów poczynobylskiego cezu zmierzone wzdłuż obu profili są bardzo niskie, charakterystyczne dla obszarów bardzo słabo zanieczyszczonych. Wzdłuż profilu zachodniego wynoszą od 0,3 do 5,5 kBq/m², a wzdłuż profilu wschodniego wahają się od 1,5 do 6,0 kBq/m².

IX. Składowanie odpadów

Zasady wydzielania potencjalnych obszarów lokalizacji składowisk odpadów

Przy określaniu obszarów predysponowanych do lokalizowania składowisk uwzględniono zasady i wskazania zawarte w „Ustawie o odpadach” (Ustawa..., 2001) oraz w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 24 marca 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów (Rozporządzenie..., 2003) i Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 26 lutego 2009 r. zmieniającym rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów (Rozporządzenie..., 2009).

Z uwagi na skalę i specyfikę opracowania kartograficznego w nielicznych przypadkach przyjęto zmodyfikowane rozwiązania w stosunku do wymienionych aktów prawnych, umożliwiające późniejszą weryfikację i uszczegółowienie rozpoznania na etapie projektowania składowisk.

Przedstawione na Mapie geośrodowiskowej Polski w skali 1:50 000 warunki lokalizacyjne dla przyszłych składowisk odpadów są zróżnicowane w nawiązaniu do 3 typów składowisk:

N – odpadów niebezpiecznych,

K – odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne,

O – odpadów obojętnych.

Lokalizowanie składowisk odpadów podlega ograniczeniom z uwagi na wyspecyfikowane wymagania ochrony litosfery, hydrosfery i atmosfery. Specyfikacja ta obejmuje:

- wyłączenie terenów, na których bezwzględnie nie można lokalizować składowisk odpadów,
- warunkowe ograniczenia lokalizacji odpadów, wymagające akceptacji odpowiednich władz i służb,
- wymagania dotyczące naturalnych cech izolacyjnych podłoża i skarp potencjalnych składowisk.

Na mapie, w nawiązaniu do powyższych kryteriów, wyznaczono:

- obszary o bezwzględnym zakazie lokalizowania składowisk odpadów,
- obszary o warunkach izolacyjnych spełniających przyjęte kryteria dla określonego typu składowisk odpadów,
- obszary możliwej lokalizacji składowisk odpadów nieposiadające naturalnej warstwy izolacyjnej.

Występowanie w strefie przypowierzchniowej gruntów spoistych o wymaganej izolacyjności pozwala wyróżnić **potencjalne obszary dla lokalizowania składowisk (POLS)**. W ich obrębie wydzielono **rejony wyspecyfikowanych uwarunkowań (RWU)** na podstawie:

- izolacyjnych właściwości podłoża – odpowiadających wyróżnionym wymaganiom składowania odpadów,
- rodzajów warunkowych ograniczeń lokalizacyjnych składowisk wynikających z przyjętych obszarów ochrony.

Lokalizowanie przyszłych składowisk odpadów w obrębie RWU posiadających wymienione ograniczenia warunkowe będzie wymagało ustaleń z lokalnymi władzami oraz dokumentami planistycznymi dotyczącymi zagospodarowania przestrzennego.

Wymagania dotyczące naturalnych cech izolacyjnych podłoża i ścian bocznych potencjalnych składowisk są uzależnione od typu składowanych odpadów (tabela 6).

Ocena wykształcenia naturalnej bariery geologicznej pozwala na wyróżnienie:

- warunków izolacyjności podłoża zgodnych z wymaganiami dla określonego typu składowisk (przyjętymi w tabeli 6),
- zmiennych właściwości izolacyjnych podłoża (warstwa izolacyjna znajduje się pod przykryciem osadami piaszczystymi o miąższości do 2,5 m, miąższość lub jednorodność warstwy izolacyjnej jest zmienna).

Warstwa tematyczna „Składowanie odpadów” wraz z warstwą „Geochemia środowiska” wchodzi w skład warstwy informacyjnej „Zagrożenia powierzchni ziemi” i są przedstawione razem na Planszy B Mapy geosrodowiskowej Polski. Jednocześnie na dołączonej do materiałów archiwalnych mapie dokumentacyjnej przedstawiono lokalizację otworu wiertniczego, którego profil wykorzystano przy konstrukcji wydzieł terenów POLS.

Tło dla przedstawianych na Planszy B informacji stanowi stopień zagrożenia głównego użytkowego poziomu wodonośnego przeniesiony z arkusza Krasnopol Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 (Felter i inni, 2004). Stopień zagrożenia wód podziemnych wyznaczono w pięciostopniowej skali (bardzo wysoki, wysoki, średni, niski, bardzo niski) i jest on funkcją nie tylko wartości parametrów filtracyjnych warstwy izolacyjnej (odporności poziomu wodonośnego na zanieczyszczenia), ale także czynników zewnętrznych, takich jak istnienie na powierzchni ognisk zanieczyszczeń czy obszarów prawnie chronionych. Stopień ten jest parametrem zmiennym i syntetyzującym różne naturalne i antropogeniczne uwarunkowania. Dlatego też obszarów o różnym stopniu zagrożenia nie należy wprost porównywać z wyznaczonymi na Planszy B terenami pod składowanie odpadów. Wydzielone tereny o dobrej izolacyjności (POLS) mogą współwystępować z obszarami o różnym zagrożeniu jakości wód podziemnych.

Tabela 6

Charakterystyka naturalnej bariery geologicznej w odniesieniu do typu składowanych odpadów

Typ składowiska	Wymagania dotyczące naturalnej bariery geologicznej		
	miąższość [m]	Współczynnik k filtracji [m/s]	rodzaj gruntów
N – odpadów niebezpiecznych	≥ 5	$\leq 1 \times 10^{-9}$	iły, iłotłupki
K – odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne	≥ 1	$\leq 1 \times 10^{-9}$	
O – odpadów obojętnych	≥ 1	$\leq 1 \times 10^{-7}$	gliny

Obszary o bezwzględnym zakazie lokalizacji składowisk odpadów

Na obszarze objętym arkuszem Krasnopol bezwzględnemu wyłączeniu z możliwości składowania odpadów podlegają:

- obszary objęte ochroną prawną w Europejskiej Sieci Ekologicznej NATURA 2000: „Ostoja Wigierska” PLH 200004, „Ostoja Augustowska” PLH 200005, „Pojezierze Sej-

neńskie” PLH 200007 (ochrona siedlisk), „Puszcza Augustowska” PLB 200002 (ochrona ptaków),

- obszar Wigierskiego Parku Narodowego wraz ze strefą ochrony,
- rezerwat przyrody „Ostoja bobrów Marycha” (faunistyczny),
- zabudowa miejscowości gminnej Krasnopol,
- tereny leśne o powierzchni powyżej 100 hektarów,
- tereny bagienne, podmokłe, łąki wykształcone na glebach organicznych,
- źródła wraz ze strefą ochrony w miejscowościach Nowa Wieś, Remieńkin i Sarnetki,
- powierzchnie erozyjnych i akumulacyjnych tarasów holocenijskich w obrębie dolin rzek: Czarnej Hańczy, Żubrówki, Dowciani, Czarnej i pozostałych licznych cieków,
- strefy (do 250 m) wokół jezior: Wigry, Długie, Muliczne, Okrągłe, Sucharek, Białe, Klonek, Kruszyn, Malaczysko, Sucharki, Leszczewek, Postaw, Dowcień, Mozguc, Krzywe, Czarne, Koleśne, Zielone, Dąbrówka, Wiązowiec, Białe, Królówek, Pierty (Piertanie), Żubrowo, Jegliniec, Gremzdy, Dechle, Gremzdel, Boczniel, Głuche, Jurkowo, Płaskie, Miałkie, Pogorzelec i pozostałych akwenów,
- tereny o nachyleniu powyżej 10° (rejon Osinek, Nowej Wsi, Huty, Krzywego, Leszczewa, Leszczewka, Zamościsk, Gawrych Rudy, Czerwonego Folwarku, Maćkowej Rudy i Sarnetek,
- obszary zagrożone powierzchniowymi ruchami masowymi ziemi (rejon Lipniaka, Osinek, zachodni brzeg jeziora Królówek, Leszczewo – Tartak, północno-zachodni i północno-wschodni brzeg jeziora Żubrowo, rejon Cimochowizny – brzeg jeziora Wigry, półwysep Wysoki Wągiel, południowy brzeg jeziora Wigry (Grabowski (red.) i in., 2007),
- ciągi wałów i wzniesień zbudowanych z zaburzonych osadów przedczwartorzędowych lub czwartorzędowych (Ber, 2006),
- tereny płytkiego (do 5 m) występowania poziomu wodonośnego.

Obszary bezwzględnie wyłączone z możliwości składowania odpadów zajmują ponad 95% powierzchni analizowanego terenu.

Charakterystyka i ograniczenia warunkowe obszarów spełniających wymagania dla składowania odpadów obojętnych

Ze względu na wymagania dotyczące naturalnych cech izolacyjnych podłoża i ścian bocznych potencjalnych składowisk odpadów analizowano obszary, gdzie bezpośrednio na

powierzchni występują grunty spoiste spełniające kryteria przepuszczalności (tabela 6) lub grunty spoiste, których strop znajduje się nie głębiej niż 2,5 m p.p.t.

W przeważającej części obszary rekomendowane do składowania odpadów obojętnych wytypowano na terenie występowania wzgórz morenowych, przeważnie spiętrzonych.

Powstałe w okresie transgresji lądolodu moreny czołowe mają zaburzoną strukturę wewnętrzną (tzw. struktury glacitektoniczne).

Na powierzchni terenu występują tu gliny zwałowe stadiału leszczyńsko-pomorskiego zlodowacenia bałtyckiego. Tworzą one cienki, maksymalnie 10 metrowej miąższości poziom. Poziom jest niejednorodny sedymentacyjnie, miejscami porożrywany erozyjnie lub rozmyty do bruku morenowego (rezydua). Są to gliny brązowe, brunatno-brązowe i rdzawe, niejednolite, przewarstwione piaskami lub żwirami. Moreny czołowe spiętrzone mają zaburzoną strukturę wewnętrzną. Przeważnie tworzą je sfałdowane lub złuskowane osady piaszczysto-żwirowo-gliniaste przykryte gliną zwałową. Miejscami na glinach zwałowych zalega warstwa piasków, piasków ze żwirami żwirów i głazików wodnolodowcowych (górných) o miąższości do 2 m. Są to przeważnie piaski różnoziarniste, miejscami drobnoziarniste, z przewarstwieniami żwirów, w stropie gliniaste, z pojedynczymi żwirami i głazikami, sporadycznie głazami o średnicy do 1 m.

Między glinami, na powierzchni terenu, występują piaski i żwiry z głazami moren czołowych, moren wyciśnięcia i moren martwego lodu. Ich niewielkie wydzielenia włączono w granice obszarów rekomendowanych do składowania odpadów obojętnych.

Wytypowane obszary znajdują się w rejonie miejscowości Bilwinowo i Polule w gminie Szypliszki oraz Linówka – Orlinka, Podpawłówki i Krasnopol w gminie Krasnopol.

Ze względu na niejednolite litologicznie osady oraz zaburzenia glacitektoniczne (w rejonie Bilwinowa i Krasnopolą glacitektonika festonowa) właściwości izolacyjne utworów określono jako zmienne (mniej korzystne).

Należy podkreślić, że decyzję o wyborze miejsca lokalizacji składowisk odpadów każdorazowo musi poprzedzić rozpoznanie geologiczno-inżynierskie i hydrogeologiczne terenu planowanej inwestycji. Jest to bezwzględnie konieczne, ze względu na złożoną budowę geologiczną analizowanego terenu, głównie realną możliwość występowania zaburzeń glacitektonicznych.

Obszary rekomendowane do składowania odpadów obojętnych mają niewielkie powierzchnie.

Warunkowymi ograniczeniami budowy składowisk odpadów w części wytypowanych obszarów są:

b – bliskość zabudowy miejscowości gminnej Krasnopol,

p – położenie w granicach Obszaru Chronionego Krajobrazu Pojezierze Sejneńskie i Obszaru Chronionego Krajobrazu Północnej Suwalszczyzny.

Nie mają one charakteru bezwzględnych zakazów. Powinny być jednak rozpatrywane indywidualnie w ocenie oddziaływania na środowisko potencjalnego składowiska, a w dalszej procedurze w ustaleniach z odpowiednimi służbami: nadzoru budowlanego, gospodarki wodnej, ochrony przyrody, konserwatora zabytków oraz administracji geologicznej.

Na mapie wskazano również obszary możliwej lokalizacji składowisk odpadów pozbawione naturalnej izolacji. Na powierzchni terenu występują tu przepuszczalne osady czwartorzędowe. Budowa składowiska odpadów w ich granicach wiąże się z koniecznością zastosowania przesłony podłoża – mineralnej lub syntetycznej.

W rejonie miejscowości Bilwinowo i Polule użytkowy poziom wodonośny w osadach czwartorzędowych jest słabo izolowany od zanieczyszczeń powierzchniowych lub pozbawiony izolacji, a odporność poziomu wodonośnego określono na niską lub średnią. Występują tu znaczne spadki hydrauliczne (od 170 m n.p.m. do 145 m n.p.m.). Współczynnik filtracji wynosi 43 m/24 h. Stopień zagrożenia wód użytkowego poziomu wodonośnego ustalono na średni.

Pozostałe obszary rekomendowane do składowania odpadów wytypowano na terenie o wysokim stopniu zagrożenia wód głównego użytkowego poziomu wodonośnego występującego w międzymorenowych piaszczysto-żwirowych osadach fluwioglacjalnych. Współczynnik filtracji wynosi od 8,4 do 65 m/24 h. Poziom wodonośny występuje tu na głębokości 5–15 m (jedynie w Linówku 15–50 m), jego odporność na zanieczyszczenia powierzchniowe jest niska.

Problem składowania odpadów innych, niż obojętne i niebezpieczne (komunalnych)

Na powierzchni analizowanego terenu nie występują osady, których właściwości izolacyjne spełniałyby kryteria przyjęte dla składowania odpadów komunalnych. Budowa składowiska odpadów w granicach obszarów wskazanych dla składowania odpadów obojętnych wymaga dodatkowego rozpoznania geologiczno-inżynierskiego i hydrogeologicznego miejsca planowanej inwestycji. Pozwoli to na wybór optymalnej, bezwzględnie koniecznej przesłony podłoża obiektu – syntetycznej lub mineralnej.

Składowisko odpadów komunalnych w Krasnopolu zamknięto w 2006 roku. Obiekt został zrehabilitowany. Odstąpiono od monitoringu wód podziemnych, ze względu na bardzo dobre, naturalne uszczelnienie podłoża obiektu.

Odpady z terenów objętych arkuszem przewożone są do Zakładu Utylizacji Odpadów w Suwałkach i na składowisko odpadów koło Sejn.

Ocena najbardziej korzystnych warunków geologicznych i hydrogeologicznych dla składowania odpadów

Wszystkie obszary rekomendowane do składowania odpadów obojętnych mają podobne warunki geologiczne. W rejonie Bilwinowa i Krasnopola stwierdzono występowanie zaburzeń glacitektonicznych (Ber, 1998), dlatego obszary te powinny być rozpatrywane w dalszej kolejności. Z występowaniem zaburzeń glacitektonicznych należy się liczyć również w obrębie pozostałych obszarów.

Z kolei w rejonie Bilwinowa i Poluli występują bardziej korzystne warunki hydrogeologiczne dla składowania odpadów. Odporność głównego użytkowego poziomu wodonośnego w osadach czwartorzędowych określono na niską lub średnią, a stopień zagrożenia wód na średni.

Charakterystyka wyrobisk poeksploatacyjnych

Wyrobiska złóż kruszyw naturalnych „Krasnopol I”, „Krasnopol II” i „Krasnopol III” zostały zrehabilitowane. Wyrobisko zaniechanego złoża kruszywa naturalnego „Lipniak” znajduje się na terenie bezwzględnie wyłączonym z możliwości składowania odpadów. Punkty lokalnej eksploatacji kruszyw mają niewielkie powierzchnie (do 0,3 ha), w związku z czym nie zostały wytypowane jako miejsca ewentualnego składowania odpadów.

Przedstawione na mapie tereny i miejsca predysponowane do składowania wyróżnionych typów odpadów należy traktować jako podstawę późniejszych wariantowych propozycji lokalizacyjnych i w nawiązaniu do nich projektowania odpowiednich badań geologicznych i hydrogeologicznych. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 24 marca 2003 roku w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk na obszarze planowanego składowania odpadów i jego otoczenia oraz Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 26 lutego 2009 roku wymagane jest przeprowadzenie badań geologicznych i hydrogeologicznych, których wyniki opracowuje się w formie dokumentacji geologiczno-inżynierskiej i hydrogeologicznej, dołączonych do wniosku o wydanie decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu dla składowiska odpadów.

Wyznaczone na mapie obszary powinny być uwzględnione przy typowaniu wariantów lokalizacyjnych nie tylko składowisk odpadów, ale również na etapie uzgodnienia warunków zabudowy i zagospodarowania terenu przy rozpatrywaniu lokalizacji obiektów szczególnie

uciążliwych dla środowiska i zdrowia ludzi oraz obiektów mogących pogorszyć stan środowiska. Oprócz uwzględnienia ograniczeń prawnych, odnoszących się do tego typu inwestycji, przedstawione na mapie obszary potencjalnej lokalizacji składowisk obejmują zasięgi występowania w podłożu warstwy utworów słabo przepuszczalnych, stanowiących dobrą naturalną izolację dla położonych głębiej poziomów wodonośnych.

X. Warunki podłoża budowlanego

Na obszarze arkusza Krasnopol ocenę warunków geologiczno-inżynierskich przedstawiono z pominięciem obszarów: Wigierskiego Parku Narodowego, złoża kopalin, lasów, gleb chronionych, łąk na glebach pochodzenia organicznego oraz rejonów zwartej zabudowy miejscowości Krasnopol. Ocenie poddano około 40% powierzchni arkusza. Wykorzystano Szczegółową mapę geologiczną Polski, arkusz Krasnopol w skali 1:50 000 wraz z objaśnieniami (Ber, 1998, 2000), Atlasu geologiczno-inżynierskiego rejonu Suwałk (Jakubicz, 1989) oraz map topograficznych tego terenu w skali 1:50 000 i 1:25 000.

O warunkach geologiczno-inżynierskich decyduje kilka czynników – rodzaj i stan gruntów, morfologia terenu, głębokość położenia zwierciadła wód podziemnych, występowanie procesów geodynamicznych (Dobak, 2005). Dla potrzeb sporządzenia mapy geośrodowiskowej, zgodnie z „Instrukcją...”, (2005), stosuje się dwa wydzielenia – obszary o warunkach korzystnych dla budownictwa oraz obszary o warunkach niekorzystnych, utrudniających je.

Na powierzchni analizowanego terenu występują jedynie utwory holocenu i plejstocenu. Plejstocen reprezentowany jest przez osady stadiału leszczyńsko-pomorskiego zlodowacenia wisły (bałtyckiego), tworzące kilku- do kilkunasto metrową pokrywę na powierzchni arkusza. Dominującą rolę odgrywają piaski i żwiry wodnolodowcowe oraz gliny zwałowe, mniejszą osady rzeczne i jeziorne, torfy i namuły torfiaste.

Warunki korzystne dla budownictwa mają obszary, gdzie występują grunty: spoiste zwarte, półzwarte i twaroplastyczne lub grunty niespoiste: średnio zagęszczone i zagęszczone, a głębokość do wody gruntowej przekracza 2 m od powierzchni terenu.

Tereny o warunkach korzystnych dla budownictwa związane są tu z wysoczyznami (północna i wschodnia część mapy), na których występują grunty spoiste reprezentowane przez gliny zwałowe. Są to gliny ilaste, ilasto piaszczyste rzadziej piaszczyste, przeważnie zwarte, ze żwirami i gładzikami, często zaburzone. W trakcie ostatnich 20 tys. lat nie osiągnęły one stanu pełnego skonsolidowania (Kaczyński, Trzciniński, 2000). Towarzyszą im wodnolodowcowe, piaski różnoziarniste ze żwirami, często zaglinione w stropowych warstwach, two-

rzące grunty niespoiste, średnio zagęszczone. Zwierciadło wody gruntowej występuje tutaj głębiej niż 2,0 m od powierzchni terenu.

Grunty niespoiste budują też liczne, rozrzucone po całym terenie, wyniesienia moren czołowych i wyciśnięcia martwego lodu, tarasów kemowych, kemów. Są to słabo wysortowane piaski różnoziarniste ze żwirami i głazami oraz glinami zwałowymi w spływach. Zbudowane są z nich liczne niewysokie, wydłużone wzgórza, o na ogół łagodnych stokach. Wody gruntowe zalegają tu kilka metrów pod powierzchnią terenu, osady te stanowią więc podłoża budowlane o warunkach korzystnych dla budownictwa, o ile nie są zaburzone glacitektonicznie, a nachylenie stoków jest mniejsze niż 12%.

Piaski ze żwirami akumulacji szczelinowej i wałów ozowych towarzyszą z reguły rynnom subglacialnym jezior: Pierty, Długie, Żubrowo, Dowcień i tu warunki budowlane mogą być bardzo zmienne.

Obszary o warunkach zdecydowanie niekorzystnych cechuje: występowanie gruntów słabonośnych (organicznych), gruntów spoistych w stanie miękkoplastycznym i plastycznym, gruntów niespoistych luźnych, gruntów zaburzonych glacitektonicznie, płytkie położenie (0–2 m) zwierciadła wody gruntowej, oraz spadki terenu większe niż 12%.

Warunki niekorzystne utrudniające budownictwo zostały wyznaczone w obszarach mis wytopiskowych, dolin rynnowych, dolin rzek oraz zagłębień bezodpływowych wypełnionych gruntami niespoistymi w stanie luźnym (piaski), gruntami spoistymi o konsystencji plastycznej lub miękkoplastycznej (holoceńskie mady), piaskami humusowymi, namułami torfiastymi oraz gruntami organicznymi (torfy i występujące w ich podłożu gytie). Największe skupiska torfowisk występują w szerokim, wydłużonym równoleżnikowo, kilkukilometrowym pasie w środkowej oraz w północno-wschodniej i północno-zachodniej części arkusza. Łąki o podłożu organicznym występują w północnej, środkowej i wschodniej części obszaru. Zwierciadło wody w takich obszarach występuje płycej niż 2,0 m od powierzchni terenu. Wody te mogą charakteryzować się podwyższoną agresywnością w stosunku do stali i betonu.

Niekorzystne warunki budowlane mają też grunty występujące w zagłębieniach bezodpływowych i dnach dolin wypełnionych piaskami humusowymi, namułami torfiastymi i piaszczystymi występujące w północnej części arkusza. Piaski, mułki i łył jeziorne z wkładkami organicznymi, większe powierzchnie zajmują pomiędzy jeziorami: Pierty, Żubrowo i Dowcień.

Podłożem utrudniającym budownictwo są również piaski i gliny deluwialne występujące na krawędziach i zboczach wzniesień. Występują one sporadycznie, zajmując niewielkie powierzchnie w pobliżu jezior Pierty, Długie i Gremzdel.

Także piaski, mułki i żwiry tarasów zalewowych zaliczono do podłoża o warunkach niekorzystnych dla budownictwa. Odgrywają one zupełnie drugorzędną rolę w związku z małym rozprzestrzenieniem i lokalizacją na terenach leśnych lub łąkowych.

Znaczne problemy z zabudową występować będą także na stokach wzniesień form glacialnych i skarpach jezior o nachyleniu większym niż 12%. Tereny takie, na bardzo małych obszarach, występują w pobliżu: Osiek, Dąbrowy, Podlasu, Lipniaka i Jeziorek Małych. Urozmaicona rzeźba młodoglacjalna na tym terenie może sprzyjać rozwijaniu się powierzchniowych ruchów masowych (osuwiska, obrywy, spełzywania gruntów) (Grabowski (red.) i inni, 2007). Procesy takie rozwijają się zwykle w obrębie skarp i zboczy, na brzegach jezior, cieków powierzchniowych i podmokłych obniżeniach, często wypełnionych gruntami słabonośnymi, co nasila zjawiska osuwiskowe. Obszary predysponowane do powstawania ruchów masowych występują głównie w zachodniej części omawianego obszaru i związane są zwykle ze wzgórzami moren spiętrzonych. W praktyce przekłada się to na uszkodzenia dróg prowadzonych przez tereny zagrożone. Zjawiska takie są uciążliwe, ale o rozmiarach zbyt małych, aby je przedstawić na mapie w skali 1:50 000.

Wskutek glacitektonicznej działalności ostatniego lądolodu na powierzchni wysoczyzny występują licznie, różnej wielkości obniżenia wytopiskowe (glacidepresje). Do największych należą trzy misy wytopiskowe Jeziora Wigry. Mają one genezę egzarycyjną i otoczone są przez moreny czołowe spiętrzone, moreny martwego lodu, tarasy kemowe, kemy i inne formy powstałe w strefie martwego lodu tworzące wyniesienia (tzw. glacielewacje). Moreny czołowe spiętrzone mają zaburzoną glacitektonicznie strukturę wewnętrzną (osady są silnie sfałdowane). Zagłębienia i wyniesienia nadają powierzchni omawianego terenu, charakterystyczny, rytmiczny w układzie równoleżnikowym i południkowym, festonowy układ. Stwierdzono je w okolicach: Bilwinowa, Krasnopolu, Maćkowej Rudy (Ber, 1998).

Powierzchnia omawianego obszaru jest bardzo urozmaicona. Osady młodoglacjalne charakteryzują się znaczną zmiennością i są często zaburzone glacitektonicznie. Dlatego też prace budowlane na tych terenach powinny być poprzedzone opracowaniem dokumentacji geologiczno-inżynierskiej.

Obraz graficzny wyznaczonych warunków budowlanych jest bardzo ogólny i uproszczony w stosunku do złożonej morfologii i geologii tego obszaru. W obrębie wytypowanych obszarów o warunkach korzystnych należy spodziewać się szeregu miejsc (lokalnych obniżeniach i stromych zboczy) o warunkach utrudniających budownictwo, które ze względu na skalę opracowania musiały zostać zgeneralizowane.

XI. Ochrona przyrody i krajobrazu

Arkusze Krasnopol położony jest w jednym z najpiękniejszych i najatrakcyjniejszych regionów Polski obejmujący obszary o wybitnych walorach przyrodniczych i krajobrazowych. Ochrona tych dóbr natury ma na celu zachowanie lub restytuowanie rzadkich i cennych tworów przyrody żywej lub martwej oraz zapewnienia trwałości ich użytkowania. Najcenniejsze jej fragmenty, zgodnie z ustawą, poddane są ochronie prawnej. Za szczególnie efektywną należy uznać wielkoobszarową ochronę przyrody, polegającą na tworzeniu specjalnych jednostek przestrzennych obejmujących wiele różnych ekosystemów o walorach wymagających szczególnej ochrony. W granicach omawianego arkusza należą do nich: park narodowy, rezerwat przyrody, obszary chronionego krajobrazu i obszary NATURA 2000. Ponadto indywidualną ochroną prawną objęto okazałe drzewa w formie pomników przyrody.

Park narodowy obejmuje obszar wyróżniający się szczególnymi wartościami przyrodniczymi, naukowymi, społecznymi, kulturowymi i edukacyjnymi, na którym ochronie podlega cała przyroda oraz walory krajobrazowe. Tworzy się go m. in. w celu zachowania różnorodności biologicznej, zasobów, tworów i składników przyrody nieożywionej i walorów krajobrazowych.

Tabela 7

Wykaz rezerwatów i pomników przyrody

Nr obiektu na mapie	Forma ochrony	Miejscowość	Gmina	Rok zatwierdzenia	Rodzaj obiektu (powierzchnia w ha)
			Powiat		
1	2	3	4	5	6
1	R	Krasnopol	Krasnopol sejneński	1960	Fn – „Ostoja Bobrów Marycha” (55,83)
2	P	Krasnopol	Krasnopol sejneński	1978	Pż – 2 lipy drobnolistne
3	P	Smolany Dąb	Krasnopol sejneński	1978	Pż – 2 lipy drobnolistne
4	P	Stara Żubrówka	Krasnopol sejneński	1980	Pż – lipa drobnolistna
5	P	Maćkowa Ruda	Krasnopol sejneński	1967	Pż – lipa drobnolistna
6	P	Maćkowa Ruda	Krasnopol sejneński	1984	Pż – lipa drobnolistna
7	P	Maćkowa Ruda	Krasnopol sejneński	1984	Pż – modrzew europejski
8	P	Maćkowa Ruda	Krasnopol sejneński	1993	Pż – modrzew europejski
9	P	Maćkowa Ruda	Krasnopol sejneński	1998	Pż – lipa drobnolistna
10	P	Sarnetki	Giby sejneński	1993	Pż – jałowiec pospolity

Rubryka 2: **R** – rezerwat, **P** – pomnik przyrody

Rubryka 6: rodzaj rezerwatu: **Fn** – faunistyczny

rodzaj pomnika przyrody: **Pż** – żywej

Wigierski Park Narodowy (WPN) został utworzony decyzją Rady Ministrów w 1989 r. Po późniejszym powiększeniu (1997 r.) jego powierzchnia wynosi obecnie 15 085 ha (ochroną ścisłą objęte jest 385,6 ha), a wokół niej ustanowiono strefę ochronną (otulinę) obejmującą obszar 11 283,81 ha. Park położony jest na północnym skraju Puszczy Augustowskiej, największego zwartego kompleksu leśnego na niżu Europy. Centralną częścią Parku jest jezioro Wigry wraz z całym zespołem jezior otaczających i pozostających z nim w ścisłym związku hydrologicznym. Przez Park przepływa malownicza rzeka Czarna Hańcza. Występuje tu bardzo bogata flora, która liczy ponad 800 gatunków roślin naczyniowych (z czego 61 podlega ochronie ścisłej), około 170 gatunków mszaków i 300 porostów oraz wiele gatunków grzybów, śluzowców i glonów. Spośród drzew najliczniej występuje sosna i świerk. Oprócz nich także brzoza brodawkowata i omszona, olsza czarna, dąb szypułkowy, lipa drobnolistna i inne.

Świat zwierzęcy jest charakterystyczny dla obszaru Puszczy Augustowskiej. Występują tu wilki, rysie, łosie, jelenie, sarny, dziki, borsuki, lisy, jenoty, kuny i wiewiórki. Najbardziej charakterystycznym gatunkiem, będącym symbolem WPN jest bóbr. Zaobserwowano także tutaj 195 gatunków ptaków, głównie wodno-błotnych (kaczka krzyżówka, łyska, perkoz, mewka, rybitwa, gągoł, łabędź), w tym tak rzadkie jak: orzeł bielik, orlik krzykliwy, kania, myszołów, rybołów, bocian czarny, kormoran. Bogaty jest także świat owadów z rzadkimi gatunkami błonkówek muchówek, chrząszczy i motyli (wiele z nich podlega ochronie prawnej); wśród ryb oprócz gatunków pospolitych występuje rzadka już sieja i sielawa.

W roku 2002 Wigierski Park Narodowy został uznany w ramach konwencji ramsarskiej, jako obszar wodno-błotny o znaczeniu międzynarodowym.

Obszary chronionego krajobrazu (OChK) obejmują wyróżniające się krajobrazowo tereny o różnych typach ekosystemu, odznaczające się niewielkim stopniem przekształcenia środowiska przyrodniczego, których zadaniem jest ochrona terenów o walorach przyrodniczych, krajobrazowych i kulturowych. Ich zagospodarowanie powinno zapewnić stan względnej równowagi ekologicznej systemów przyrodniczych.

Na obszarze arkusza, decyzją Wojewody Suwalskiego, ustanowione zostały w 1991 r. trzy obszary chronionego krajobrazu. Zlokalizowany w części północno-zachodniej mapy Obszar Chronionego Krajobrazu „Pojezierza Północnej Suwalszczyzny” o powierzchni 39 510 ha, ma za zadanie ochronę i zachowanie półnaturalnego krajobrazu Północnej Suwalszczyzny o urozmaiconej rzeźbie terenu, z licznymi jeziorami, kemami, ozami i wzniesieniami morenowymi.

Północno-wschodnią i wschodnią część mapy pokrywa Obszar Chronionego Krajobrazu „Pojezierze Sejneńskie”. Na powierzchni 37 880 ha ochroną objęto urozmaicony krajobraz, z licznymi jeziorami, kemami, ozami i wzniesieniami morenowymi Pojezierza Sejneńskiego.

Niewielkie fragmenty Obszaru Chronionego Krajobrazu „Puszcza i Jeziora Augustowskie” pokrywają południowo–zachodnie i południowo–wschodnie części arkusza. Został on ustanowiony w celu ochrony i zachowanie jednego z największych i najcenniejszych pod względem przyrodniczym kompleksu leśnego Puszczy Augustowskiej oraz wartości kulturowych i historycznych Kanału Augustowskiego. Całkowita powierzchnia obszaru wynosi 65 475 ha. Kontynuuje się on na sąsiednim arkuszu (Suwałki).

Jedną z najwyższych kategorii ochrony obiektów przyrodniczych stanowią rezerwy przyrody. Tworzy się je w celu zachowania w stanie niezmienionym ekosystemów uznawanych za naturalne, zapewniających różnorodność genetyczną organizmów oraz regenerację procesów ekologicznych.

Rezerwat faunistyczny „Ostoja Bobrów Marycha” położony jest w lasach, około 4 km na północny wschód od Krasnopola, w górnym biegu rzeki Marycha. Został utworzony w 1960 roku w celu ochrony stanowisk bobra europejskiego. Pierwotnie jego powierzchnia liczyła 208,5 ha (w tym rezerwat ścisły 43,4 ha). Na podstawie Zarządzenia Nr 20/09 Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Białymstoku z dnia 13.08.2009 r. powierzchnia ta uległa zmianie i wynosi obecnie 55,83ha.

Dopełnieniem bogactwa przyrodniczego tego rejonu są pomniki przyrody (tabela 7). Są to szczególnie okazałe drzewa (lipy drobnolistne, modrzew europejski i jałowiec pospolity), świadczące o niedzisiejszej świetności tutejszych lasów.

W nawiązaniu do utworzonego w 1995 roku systemu ochrony europejskiego dziedzictwa przyrodniczego, utworzono w Polsce Krajową Sieć Ekologiczną (ECONET-Polska) (Liro (red.), 1998) (fig. 4). Jest to wielkoprzestrzenny system obszarów węzłowych i korytarzy ekologicznych. Obszary węzłowe to jednostki najlepiej zachowane pod względem przyrodniczym, reprezentatywne dla różnych regionów przyrodniczych kraju, które są ekstensywnie użytkowane. Korytarze ekologiczne są strukturami przestrzennymi umożliwiającymi rozprzestrzenianie się gatunków pomiędzy obszarami węzłowymi oraz terenami do nich przylegającymi. Prawie cały obszar arkusza znajduje się w międzynarodowym obszarze węzłowym – (16M) Obszarze Suwalskim (fig. 4).

Europejska Sieć Ekologiczna NATURA 2000 to spójna sieć obszarów chronionych na terenie Unii Europejskiej. Celem wyznaczania tych obszarów jest ochrona cennych pod względem przyrodniczym i zagrożonych, składników różnorodności biologicznej. Sieć NATURA 2000 tworzą dwa typy obszarów: specjalne obszary ochrony siedlisk (SOO) tworzone na podstawie Dyrektywy Siedliskowej (dla ochrony siedlisk przyrodniczych oraz siedlisk gatunków roślin i zwierząt) oraz obszary specjalnej ochrony ptaków (OSO) tworzone na pod-

stawie Dyrektywy Ptasiej (dla ochrony siedlisk ptaków). W granicach omawianych arkuszy utworzono cztery takie obszary (tabela 8).

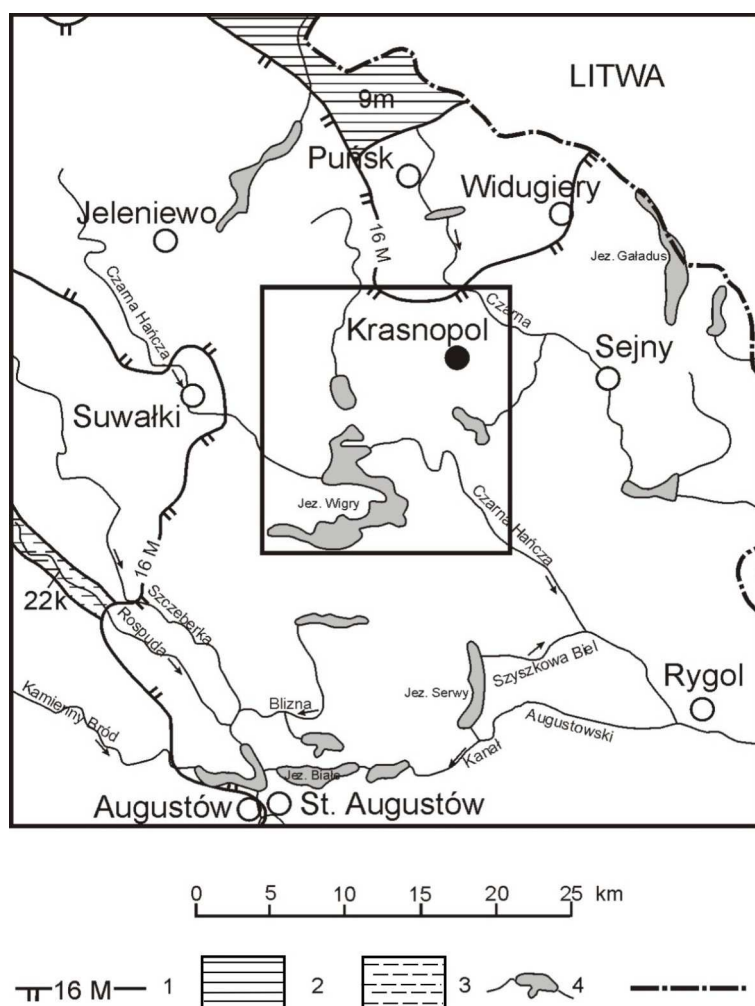


Fig. 4. Położenie arkusza Krasnopol na tle systemów ECONET (Liro (red), 1998)

1 – granica obszaru węzłowego o znaczeniu międzynarodowym, jego numer i nazwa: 16 M – Obszar Suwalski, 2 – korytarz ekologiczny o znaczeniu międzynarodowym, jego numer i nazwa: 9m – Korytarz Szeszupy; 3 – korytarz ekologiczny o znaczeniu krajowym, jego numer i nazwa: 22k – Korytarz Rospudy, 4 – większe jeziora i rzeki; 5 – granica państwa

Obszar ochrony ptaków „Puszcza Augustowska” (PLB 200002) obejmuje kompleks leśny Puszczy Augustowskiej. Około 90% jego powierzchni porastają urozmaicone drzewostany, które w wielu fragmentach zachowały naturalny charakter. Dominują bory, w tym dobrze zachowane bory wilgotne i bory bagienne. Duże powierzchnie zajmują olsy, miejscami występują dobrze zachowane grądy. Jest to ostoja ptasia o randze europejskiej E24. Występuje tu co najmniej 40 gatunków ptaków z Załącznika I Dyrektywy Ptasiej oraz 18 gatunków z Polskiej Czerwonej Księgi (PCK) m. in. bąk, błotniak stawowy, błotniak łąkowy, bocian czarny, cietrzew, dzięcioł biało-grzbiety, dzięcioł trójpalczasty, dzięcioł zielonosiwy, gadożer, głuszec, kania czarna i ruda, kraska, orlik krzykliwy, żuraw, włośchatka.

Wykaz obszarów chronionych Europejskiej Sieci Ekologicznej NATURA 2000

Lp.	Typ obszaru	Kod obszaru	Nazwa obszaru i symbol oznaczenia na mapie	Położenie centralnego punktu obszaru		Powierzchnia obszaru (ha)	Położenie administracyjne obszaru w granicach arkusza			
				Długość geogr.	Szerokość geogr.		Kod NUTS	Województwo	Powiat	Gmina
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	J	PLB 200002	Puszcza Augustowska (P)	23°10'49'' E	53°54'46'' N	134 377,7	PL 345	podlaskie	suwalski augustowski sejneński	Suwałki Nowinka Giby Krasnopol
2	K	PLH 200004	Ostoja Wigierska (S)	23°06'50'' E	54°01'05'' N	16 072,1	PL 345	podlaskie	suwalski augustowski sejneński	Suwałki Nowinka Giby Krasnopol
3	K	PLH 200005	Ostoja Augustowska (S)	22°09'57'' E	53°45'58'' N	107 068,7	PL 345	podlaskie	augustowski sejneński	Nowinka Giby
4	K	PLH 200007	Pojezierze Sejneńskie (S)	23°18'40'' E	54°02'14'' N	13 630,9	PL 345	podlaskie	sejneński	Sejny Giby

Rubryka 2: **J** – OSO, częściowo przecinający się z SOO; **K** – SOO, częściowo przecinający się z OSO.

Rubryka 4: **S** – specjalny obszar ochrony siedlisk, **P** – obszar specjalnej ochrony ptaków

„Ostoja Wigierska” (PLH 200004) obejmuje jezioro Wigry wraz z całym zespołem jezior go otaczających i pozostających z nim w ścisłym związku hydrologicznym oraz innych jezior różnej wielkości, a wśród nich małych jezierek dystroficznych, zwanych sucharami. Obszar ostoi obejmuje także pobliskie lasy, stanowiące północną część Puszczy Augustowskiej, a także fragment doliny Czarnej Hańczy i tereny rolnicze. Stwierdzono tutaj 19 rodzajów siedlisk z Załącznika I Dyrektywy Rady 92/43/EWG (m.in. pełny ciąg sukcesyjny zbiorowisk bagiennych od szuwaru do olesu). Flora naczyniowa obejmuje 886 gatunków, lichenoflora 262 gatunki, a we florze naczyniowej odnotowano 65 gatunków objętych ochroną prawną i 40 gatunków zagrożonych, z czego 10 gatunków z Załącznika II Dyrektywy Rady 92/43/EWG. Bogactwem charakteryzuje się także fauna. Ogółem występuje tu 21 gatunków zwierząt objętych Załącznikiem II Dyrektywy Rady 92/43/EWG, w tym naturalna populacja bobra. Obszar ma również duże znaczenie dla ochrony ptaków.

„Pojezierze Sejneńskie” (PLH 200007) to tereny o wyraźnej polodowcowej rzeźbie, z licznymi formami geomorfologicznymi z tym związanymi (moreny, kemy, ozy, jeziora rynnowe i wytopiskowe), charakteryzujące się wyjątkowym w skali polskiej części Pojezierza Litewskiego nagromadzeniem jezior. Jest obszarem o wyjątkowych walorach przyrodniczych. Występuje tu czternaście typów siedlisk z Załącznika I, a także sześć gatunków roślin oraz dziewięć gatunków zwierząt kręgowych z Załącznika II „Dyrektywy Siedliskowej”. Obszar pełni szczególną rolę dla ochrony lipiennika. Spośród siedlisk przyrodniczych, największe znaczenie mają siedliska jeziorne oraz torfowiskowe, zarówno leśne, jak i otwarte. Obszar pełni także istotną rolę w ochronie ciepłolubnych muraw napiaskowych, która są miejscem występowania gatunków rzadkich i zagrożonych (sasanka łąkowa, ostrołódka kosmata oraz leniec bezpodkwiatkowy).

Panujący na tych terenach surowy klimat, o cechach kontynentalnych, pociąga za sobą obecność gatunków borealnych, typowych dla strefy tajgi, które uważane są za relikty glacialne (chamedafne północna, brzoza niska i wierzba lapońska). Na obszarze tym stwierdzono także występowanie 47 gatunków roślin uwzględnionych na Czerwonej Liście Roślin i Grzybów Polski, „Czerwonej liście mchów”, oraz w Polskiej Czerwonej Księdze Roślin.

Spośród gatunków zwierząt z Załącznika II Dyrektywy Siedliskowej, na terenie obszaru stwierdzono wydrę, bobra, wilka, zółwia błotnego, kumaka nizinny, traszkę grzebieniastą, piskorza, kozę i różankę.

Południowo-zachodni i południowo-wschodni skrawek arkusza zajmuje „Ostoja Augustowska” (PLH 200005), kontynuująca się na sąsiednie arkusze (Sejny, Stacja Augustów, Rygol). Swym zasięgiem obejmuje ona jeden z największych i najlepiej zachowanych kom-

pleksów leśnych Europy środkowo-wschodniej – Puszcze Augustowską. Dominują bory sosnowe i sosnowo-świerkowe, częściowo o zachowanym charakterze naturalnym. Mniejszą powierzchnię zajmują bory mieszane, w tym ciepłolubne. Na terenie ostoi znajduje się wiele dystroficznych jezior z otaczającymi je torfowiskami przejściowymi. Jest to ostoja wielu zagrożonych gatunków, przede wszystkim rysia i wilka, a także wydry i bobra. Ogółem stwierdzono tu 10 gatunków zwierząt objętych Załącznikiem II Dyrektywy Rady 92/43/EWG. Teren ostoi jest najważniejszym obszarem występowania siedlisk lasów bagiennych i bagiennych lasów sosnowo-brzozowych w Polsce z I Załącznika Dyrektywy Rady 92/43/EWG. Oprócz lasów szczególną wartość przedstawiają zagrożone ekosystemy otwartych torfowisk różnego typu. Występuje tu 7 gatunków roślin z Załącznika II Dyrektywy Rady 92/43/EWG, z czego aldrowanda pęcherzykowata, skalnica torfowiskowa, lipiennik Loesela i sasanka otwarta mają zasadnicze znaczenie w skali Polski. Liczne są stanowiska rzadkich i zagrożonych w skali kraju gatunków roślin naczyniowych (35 gatunków z Polskiej czerwonej księgi i czerwonej listy).

Informacje na temat NATURA 2000 zaczerpnięto ze strony internetowej Ministerstwa Środowiska: <http://natura2000.gdos.gov.pl>.

Ważnym elementem środowiska przyrodniczego są gleby, o jakości których decyduje rodzaj skał macierzystych. Gleby chronione dla rolniczego użytkowania klas III-IVa występują w północnej części arkusza oraz w rejonie miejscowości Nowa Wieś, Wysoka Góra i Mikołajewo. Są to najczęściej gleby brunatne właściwe wykształcone na glinach lekkich. Oprócz nich występują też gleby pseudobielicowe wykształcone na piaskach gliniastych, a niewielki procent stanowią gleby brunatne wylugowane. Łąki na glebach pochodzenia organicznego porastają dna dolin cieków wodnych i inne obniżenia terenu (Dobrzański i inni, 1973).

Lasy pokrywają około 40% powierzchni arkusza. W zdecydowanej większości są to bory: świeże, czernicowe, łochyniowe, świerkowe torfowcowe oraz świerkowe mieszane. Na całym obszarze wyróżniają się wysepki grądów, obejmujących wielogatunkowe lasy liściaste. W zatorfionych dolinach rzek i strumieni spotyka się lasy łęgowe (m. in. łęg jesionowo-olszowy i świerkowo-olszowy).

Przez obszar arkusza przebiegają dwa szlaki turystyczne o znaczeniu europejskim. Pierwszy to „Międzynarodowy szlak rowerowy EuroVelo R-11”. Jest on jednym z węzłowych europejskich szlaków rowerowych. Prowadzi z Aten w Grecji do Przylądka Północnego w Norwegii (5964 km). Drugi, to fragment „Europejskiego dalekobieżnego szlaku pieszego E 11” prowadzącego z Amsterdamu przez góry Harzu, Brandenburgię, Pomorze, Mazury do

Rygi. Na odcinku pomiędzy Starym Folwarkiem a Pogorzelcem mają one przebieg wspólny. Ideą wyznaczania takich szlaków jest rozwój turystyki na kontynencie europejskim.

XII. Zabytki kultury

Pierwsi ludzie, członkowie koczowniczych plemion, pojawili się na tych terenach po ustąpieniu lodowca. Świadczą o tym najstarsze, pochodzące z paleolitu, zabytki archeologiczne – narzędzia kamienne. Natomiast pierwsi osadnicy – Jaćwingowie, zaczęli zasiedlać okolice Wigier na przełomie II i I w. p.n.e.

Na gruntach Magadalenowa i pobliskich Burdyniszek, na przesmyku między jeziorami Wigry i Dowcień, odkryto zespół stanowisk pradziejowych i wczesnośredniowiecznych. Natrafiono na pozostałości obozowisk kultur późnego paleolitu i mezolitu, a także relikty neolitycznej kultury amfor kulistych i na ślady osadnictwa z późniejszych epok. Najcenniejszym zabytkiem archeologicznym na terenie arkusza Krasnopol jest stanowisko w Żubronajciach zwane Górą Różańcową. W czasie wykopalisk odkryto tutaj grodzisko oraz dwie osady będące pozostałościami osadnictwa plemion bałtyjskich we wczesnej epoce żelaza. Znalezione w nich fragmenty ceramiki, narzędzia kościane, kawałki tygli i form odlewniczych. Ponadto odkryto również cmentarzysko kurhanowe kultury sudowskiej (zniszczone) z okresu wędrówek ludów.

Spuścizną długiej historii tego regionu są zabytki kultury materialnej, których zachowało się niewiele. Najcenniejsze zostały objęte ochroną konserwatorską.

Najcenniejszym obiektem zabytkowym na terenie arkusza jest zespół poklasztorny Kamedułów w Wigrach. W 1667 roku król Jan Kazimierz nadał Ojcom Kamedułow przywilej, na mocy którego w 1668 roku przejęli oni dwór myśliwski i na jego miejscu wybudowali drewniany kościół i zabudowania klasztorne. Po pożarze, który strawił cały klasztor, w latach 1694–1745 wybudowany został nowy, murowany zespół klasztorny. W skład zespołu wchodzi: kościół parafialny pw. Niepokalanego Poczęcia NMP z lat 1704–1745, refektarz z bramą wjazdową, dom furtiana, wieża zegarowa, dom gościnny „królewski”, kaplica Kanclerska, 17 eremów z XVII i XVIII wieku oraz plebania i budynek gospodarczy. Obecnie w obiektach poklasztornych mieści się hotel, restauracja i galeria.

Największa miejscowość na terenie arkusza – Krasnopol, została założona w XVII wieku. W 1782 r. uzyskała prawa miejskie, które utraciła na początku XIX wieku. Do dziś zachowała się charakterystyczna dla miasta zabudowa centrum – duży rynek i wychodzących z niego pięć ulic. Ponadto w rejestrze zabytków znajduje się zabytkowy, klasycystyczny, murowany kościół parafialny z 1862 r. p.w. Przemienienia Pańskiego, drewniana kaplica pw.

św. Agaty z przełomu XIX/XX w., a także dwa rzymskokatolickie cmentarze. Godnymi uwagi są również: drewniana plebania z połowy XIX w., drewniane domy oraz murowana synagoga z połowy XIX w.

W miejscowości Huta zachował się zabytkowy zespół dworsko-parkowy, w skład którego wchodzi dwór murowany z połowy XIX w, brama wjazdowa murowana z XVIII w. oraz pozostałości parku.

Do rejestru zabytków wpisane są również zabudowania gospodarcze z połowy XIX w. (dom drewniany, chlew, stodoła) w Nowej Żubrówce, a także drewniane schronisko w Magdalenowie (I połowa XX w.).

Do zabytków technicznych na terenie arkusza należy Wigierska Kolej Wąskotorowa powstała po odbudowaniu zabytkowej kolei leśnej. Jej szlak wiedzie przez Wigierski Park Narodowy i Puszcę Augustowską w południowo-zachodnim krańcu mapy.

Ochroną konserwatorską objęte zostały zabytkowe cmentarze wojenne z I wojny światowej w miejscowościach Kopiec i Leszczewek, a w Starym Folwarku rzymsko-katolicki cmentarz parafialny.

XIII. Podsumowanie

Arkusz Krasnopol położony jest w północnej części województwa podlaskiego, na pograniczu Pojezierza Wschodniosuwalskiego i Równiny Augustowskiej. Z uwagi na wybitne walory przyrodnicze większość jego obszaru znajduje się w zasięgu Wigierskiego Parku Narodowego, obszarów chronionego krajobrazu i obszarów NATURA 2000 – „Puszcza Augustowska” (PLB 200002), „Ostoja Augustowska” (PLH 200005), „Ostoja Wigierska” (PLH 200004) i „Pojezierze Sejneńskie” (PLH 200007). Pociąga to za sobą szereg ograniczeń, uwarunkowań i ukierunkowań w prowadzeniu gospodarki na tych terenach. Do atutów tego rejonu należy zaliczyć położenie w pobliżu transkontynentalnych szlaków komunikacyjnych, bardzo dobre warunki do ekologicznej produkcji żywności i rozwoju agroturystyki, tereny o wybitnych walorach turystycznych i rekreacyjnych.

Rejon ten należy do jednych z najatrakcyjniejszych turystycznie i krajobrazowo regionów Polski. Zachowały się tutaj czyste wody rzek i jezior w otoczeniu lasów, dużych kompleksów bagiennych z naturalną fauną i florą, które nieskażone rozwiniętym przemysłem, urzekają swoim pięknem. Oprócz przyrody o jego potencjale stanowią także walory kulturowe. Sprawia to, że nadaje się on doskonale do rekreacji, wypoczynku, żeglarstwa, uprawiania aktywnej turystyki pieszej, kajakowej i samochodowej przyciągając wielu turystów z kraju i z zagranicy.

Wiodącą gałęzią gospodarki jest rolnictwo z dominującym typem małych, rodzinnych gospodarstw opierających się na naturalnych metodach upraw roślin i hodowli, co sprzyja produkcji żywności ekologicznej i tworzeniu gospodarstw agroturystycznych. Potencjał turystyczny nie jest do końca wykorzystywany. Barię stanowi tutaj niedostateczna liczba całorocznych miejsc noclegowych o wysokim standardzie, stosunkowo skromna, zwłaszcza poza sezonem letnim, oferta produktów turystycznych, a także słaba promocja.

Na obszarze arkusza Krasnopol znajduje się 5 małych złóż kruszywa piaskowo-żwirowego. Cztery z nich były eksploatowane, ale z powodów ekonomicznych zostały zaniechane. Piąte „Sobolewo III” nie zostało jeszcze zagospodarowane. Z uwagi na dominującą na omawianym terenie funkcję ochrony przyrody nie wyznaczano perspektyw ani prognoz surowcowych. Występowanie kopalin okruchowych na omawianym terenie związane jest głównie z akumulacją wodnolodowcową zlodowaceń północnopolskich.

Obszar ten jest słabo i nierównomiernie rozpoznany pod względem hydrogeologicznym. Wszystkie ujęcia zlokalizowane w obrębie arkusza ujmują poziom czwartorzędowy. W jego obrębie wydzielono trzy poziomy wodonośne o charakterze użytkowym. Na przeważającym obszarze są to wody średniej jakości – klasy IIb, wymagające prostego uzdatniania, głównie ze względu na podwyższone zawartości manganu i żelaza. Największe czynne ujęcia komunalne wód podziemnych znajdują się w miejscowościach: Krasnopol, Krzywe i Nowa Wieś.

Podłoże budowlane o warunkach korzystnych dla budownictwa stanowią głównie piaszczysto-żwirowe osady sandru i moren czołowych. Utrudnieniem dla prac budowlanych są przede wszystkim grunty organiczne torf i namuły. Wśród rozpatrywanych gruntów w przewadze występują grunty o warunkach korzystnych pod zabudowę.

Obszary bezwzględnie wyłączone z możliwości składowania odpadów zajmują około 95% powierzchni terenu objętego arkuszem Krasnopol (głównie obszary przyrodnicze prawnie chronione).

Na powierzchni terenu nie występują osady, których właściwości izolacyjne spełniałyby kryteria przyjęte dla składowania odpadów komunalnych.

Na mapie wskazano jedynie obszary rekomendowane do składowania odpadów obojętnych. Naturalną barierę geologiczną stanowią gliny zwałowe stadiału leszczyńsko-pomorskiego zlodowacenia bałtyckiego. W granicach wytypowanych obszarów należy się liczyć z realną możliwością występowania zaburzeń glacitektonicznych. Znajdują się one na terenie gmin Szypliszki i Krasnopol.

Warunki hydrogeologiczne dla składowania odpadów nie są specjalnie korzystne. Jedynie dla obszarów wskazanych w rejonie Bilwinowa i Poluli stopień zagrożenia wód czwartorzędowego użytkowego poziomu wodonośnego określono na średni, pozostałe obszary wytypowano na terenach o wysokim stopniu zagrożenia wód.

Na analizowanym terenie nie ma wyrobisk poeksploatacyjnych, które można przeznaczyć na składowiska odpadów. Przed podjęciem decyzji o lokalizacji składowiska należy podkreślić bezwarunkową konieczność wykonania rozpoznania geologiczno-inżynierskiego i hydrogeologicznego terenu planowanej inwestycji.

XIV. Literatura

- ALBERING H., LEUSEN S., MOONEN E., HOOGEWERFF J., KEINJANS J., 1999 – Human health risk assessment: A Case study involving heavy metal soil contamination after the flooding of the river Meuse during the winter of 1993-1994. *Environmental Health Perspectives* 107 (1), 37-43.
- BER A., 1974 – Czwartorzęd Pojezierza Suwalskiego. *Biul. Inst. Geol.* Nr 269. Warszawa.
- BER A., 1981 – Pojezierze Suwalsko-Augustowskie. *Przew. Geol., Wyd. Geol.* Warszawa.
- BER A., 1998 – Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Krasnopol. *Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.*
- BER A., 2000 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Krasnopol. *Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.*
- BER A., 2006 – Mapa glaciektoniczna Polski w skali 1:1 000 000. *Państw. Inst. Geol., Warszawa.*
- BIRCH G., SIAKA M., OWENS C., 2001 – The source of anthropogenic heavy metals in fluvial sediments of a rural catchment: Cocks River, Australia. *Water, Air & Soil Pollution*, 126 (1-2): 13 – 35.
- BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., LEWANDOWSKI P., 1995 – Metale ciężkie w glebach tarasów zalewowych Pisi. *Prz. Geol.* 44 (1), 75, 1996.
- BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., 1996 – Heavy metals in the Bystrzyca river flood plain. *Geological Quarterly*, 40 (3): 467-480.
- BORDAS F., BOURG A., 2001 – Effect of solid/liquid ratio on the remobilization of Cu, Pb, Cd and Zn from polluted river sediment. *Water, Air, and Soil Pollution* 128: 391-400.

- BREITMEIER B., 2006 – Mapa geologiczno-gospodarcza polski w skali 1:50 000, arkusz Krasnopol. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- DOBAK P., 2005 – Geologiczno-inżynierskie systemy waloryzacji przestrzeni. Problemy Ocen Środowiskowych. Warszawa.
- DOBRZAŃSKI B., SIUTA J., STRZEMSKI M., WITEK T., ZAWADZKI S., 1973 – Zarys charakterystyki gleb Polski. Wyd. Geol., Warszawa.
- FELTER A., ŚMIETAŃSKI L., LISTKIEWICZ M., 2004 – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Krasnopol. Centr. Arch. Geolog. Państw. Inst. Geolog., Warszawa.
- GABLER H., SCHNEIDER J., 2000 – Assessment of heavy metal contamination of floodplain soils due to mining and mineral processing in the Harz Mountains, Germany. *Environmental Geology* 39 (7): 774-781.
- GOCHT T., MOLDENHAUER, K.M. AND PÜTTMANN, W., 2001 – Historical record of polycyclic aromatic hydro-carbons (PAH) and heavy metals in floodplain sediments from the Rhine River (Hessische Ried, Germany). *Applied Geochemistry* 16: 1707–1721.
- GRABOWSKI D. (red.), MAŁEK M., WODYK K., MALESZYK M., 2007 – Mapa osuwisk i obszarów predysponowanych do występowania ruchów masowych w województwie podlaskim. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- HOWSAM M., JONES K., 1998 – Sources of PAHs in the environment. In: *PAHs and related compounds*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 137 – 174.
- Instrukcja** opracowania Mapy geośrodowiskowej Polski w skali 1:50 000, 2005 – Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- JAKUBICZ B., 1989 – Atlas geologiczno-inżynierski rejonu Suwałk 1:50 000. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KACZYŃSKI R., TRZCIŃSKI J., 2000 – Problemy geotechniczne obszarów przybrzeżnych. Geologiczno-inżynierska charakterystyka glin lodowcowych fazy pomorskiej. Inst. Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, Uniwersytet Warszawski, Warszawa.
- Klasyfikacja** wstępna jezior województwa podlaskiego badanych w 2010 roku., 2011 – Woj. Insp. Ochr. Środ. w Białymstoku, Delegatura w Suwałkach. Suwałki.
- KLECZKOWSKI A. S. (red), 1990 – Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony w skali 1:500 000. Inst. Hydrogeol. i Geol. Inż. AGH., Kraków.
- KONDRACKI J., 2002 – Geografia regionalna Polski. PWN. Warszawa.

- LINDSTRÖM M., 2001 – Urban land use influences on heavy metal fluxes and surface sediment concentrations of small lakes. *Water, Air & Soil Pollution*, Vol.126 Nos. 3–4 p. 363–383.
- LIRO A. (red), 1998 – Strategia wdrażania Krajowej Sieci Ekologicznej, ECONET-Polska. Wyd. Fundacji IUCN-Poland, Warszawa.
- LIS J., PASIECZNA A., 1995 – Atlas geochemiczny Polski 1:2 500 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- LIU H., PROBST A., LIAO B., 2005 – Metal contamination of soil and crops affected by the Chenchou lead/zinc mine spill (Hunan, China). *Science of The Total Environment*, 339 (1-3):153-166.
- LORENC H. (red), 2005 – Atlas klimatu Polski. IMiGW. Warszawa.
- MACDONALD D., INGERSOLL C., BERGER T., 2000 – Development and Evaluation of consensus-based Sediment Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 39: 20–31.
- MAKOWIECKI G., 2000 – Dodatek nr 4 w kat. C₁+B do dokumentacji geologicznej złoża kruszywa naturalnego „Sobolewo-Krzywe”. Obszar „Sobolewo B”. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- MARKS L., BER A., GOGOŁEK W., PIOTROWSKA K., (red), 2006 – Mapa geologiczna Polski 1:500 000. Państw. Inst. Geolog., Warszawa.
- MECRAY E. L., KING J. W., APPLEBY P. G., HUNT A. S., 2001 – Historical trace metal accumulation in the sediments of an urbanized region of the Lake Champlain Watershed, Burlington, Vermont. *Water, Air & Soil Pollution* Vol. 125 Nos. 1–4 p 201–230.
- MIDDELKOOP H., 2000 – HEAVY-metal pollution of the river Rhine and Meuse floodplains in the Netherlands. *Geologie en Mijnbouw/Netherlands Journal of Geosciences* 79 (4): 411-428.
- MILLER J., HUDSON-EDWARDS K., LECHCLER P., PRESTON D., MACKLIN M., 2004 – Heavy metal contamination of water, soil and produce within riverine communities of the Rio Pilcomayo basin, Bolivia. *Sci. Total Environ.* 320(2-3):189-209.
- Ocena** stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego rzek województwa podlaskiego w 2010 roku (ocena w punktach pomiarowo-kontrolnych), 2011 – Woj. Insp. Ochr. Środ., Białystok.

- OSTRZYŻEK S., DEMBEK W., 1996 – Zlokalizowanie i charakterystyka złóż torfowych w Polsce spełniających kryteria potencjalnej bazy zasobowej z ustaleniem i uwzględnieniem wymogów związanych z ochroną oraz kształtowaniem środowiska. IMiUZ. Falenty.
- PACZYŃSKI B. (red.), 1995 – Atlas hydrogeologiczny Polski w skali 1:500 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PACZYŃSKI B., SADURSKI A. (red), 2007 – Hydrogeologia regionalna Polski, tom I. Wody słodkie. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PAPROCKA I., 1988a – Karta rejestracyjna złoża kruszywa naturalnego „Krasnopol I” dla potrzeb drogownictwa i budownictwa gminnego wraz z uproszczonym projektem zagospodarowania złoża i wytycznymi jego racjonalnej gospodarki. Centr. Arch. Geolog. Państw. Inst. Geolog., Warszawa.
- PAPROCKA I., 1988b – Karta rejestracyjna złoża kruszywa naturalnego „Krasnopol III” dla potrzeb drogownictwa i budownictwa gminnego wraz z uproszczonym projektem zagospodarowania złoża i wytycznymi jego racjonalnej gospodarki. Centr. Arch. Geolog. Państw. Inst. Geolog., Warszawa.
- PAPROCKA I., 1988c – Sprawozdanie z prac geologiczno-poszukiwawczych za złożem kruszywa naturalnego „Krasnopol II”. Centr. Arch. Geolog. Państw. Inst. Geolog., Warszawa.
- Prawo** wodne z dnia 18 lipca 2001 r. (DzU z 2005 r. Nr 239, poz. 2019 z późniejszymi zmianami).
- PULFORD I., MACKENZIE A., DONATELLO S., LAURA HASTINGS L., 2009 – Source term characterisation using concentration trends and geochemical associations of Pb and Zn in river sediments in the vicinity of a disused mine site: implications for contaminant metal dispersion processes. *Environmental Pollution* 157(5): 1649-1656.
- RAMAMOORTHY S., RAMAMOORTHY S., 1997 – Chlorinated organic compounds in the Environment. Lewis Publishers. pp.370.
- REISS D., RIHM B., THÖNI C., FALLER M., 2004 – Mapping stock at risk and release of zinc and copper in Switzerland – dose response functions for runoff rates derived from corrosion rate data. *Water, Air, and Soil Pollution* v. 159: 101-113.
- ROCHER V., AZIMI S., GASPERI J., BEUVIN L., MULLER M., MOILLERON R., CHEBBO G., 2004 – Hydrocarbons and metals in atmospheric deposition and roof runoff in Central Paris. *Water, Air, and Soil Pollution* vol. 159:67-86.

- Rozporządzenie** Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. we sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony. Dziennik Ustaw nr 55 poz. 498 z dnia 14 maja 2002 r.
- Rozporządzenie** Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. Dziennik Ustaw nr 165, poz. 1359, z dnia 4 października 2002 r.
- Rozporządzenie** Ministra Środowiska z dnia 24 marca 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów. Dziennik Ustaw nr 61, poz. 549 z dnia 10 kwietnia 2003 r.
- Rozporządzenie** Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, Dziennik Ustaw nr 162, poz. 1008, z dnia 10 września 2008 r.
- Rozporządzenie** Ministra Środowiska z dnia 26 lutego 2009 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów. Dziennik Ustaw nr 39 poz. 320 z dnia 13 marca 2009 r.
- SADOWSKI W., 1985 – Karta rejestracyjna złoża kruszywa naturalnego „Lipniak” wraz z uproszczonym projektem zagospodarowania złoża dla potrzeb budownictwa. Centr. Arch. Geolog. Państw. Inst. Geolog., Warszawa.
- SADOWSKI W., 1987 – Karta rejestracyjna złoża kruszywa naturalnego „Krasnopol II”, woj. suwalskie. Centr. Arch. Geolog. Państw. Inst. Geolog., Warszawa.
- SADOWSKI W., 2011 – Dokumentacja geologiczna złoża kruszywa naturalnego „Sobolewo III” w kat. C₁. Centr. Arch. Geolog. Państw. Inst. Geolog., Warszawa.
- SJÖBLOM A, HÅKANSSON K., ALLARD B., 2004 – River water metal speciation in a mining region – the influence of wetlands, limning, tributaries, and groundwater. *Water, Air, and Soil Pollution* 152: 173-194.
- ŠMEJKALOVÁ, M., O. MIKANOVA AND L. BORUVKA., 2003 – Effect of heavy metal concentration on biological activity of soil microorganisms. *Plant Soil Environment*, 49(7): 321-326.
- STRZELECKI R., WOŁKOWICZ S., SZEWCZYK J., LEWANDOWSKI P., 1993 – Mapy radioekologiczne Polski. Część I: Mapa mocy dawki promieniowania gamma w Polsce; Mapa stężeń cezu w Polsce. Skala 1:750 000. Wyd. Państw. Inst. Geol. Warszawa.

- STRZELECKI R., WOŁKOWICZ S., SZEWCZYK J., LEWANDOWSKI P., 1994 – Mapy radioekologiczne Polski. Część II: Mapa koncentracji uranu, toru i potasu w Polsce; Skala 1:750 000. Wyd. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- SZUFLICKI M., MALON A., TYMIŃSKI M., (red), 2011 – Bilans zasobów kopalin i wód podziemnych w Polsce wg stanu na 31. XII. 2010 r. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- TULSKA I., 1972 – Sprawozdanie z prac geologicznych z określeniem zasobów szacunkowych złoża kredy jeziornej w rejonie miejscowości Krusznik. Centr. Arch. Geolog. Państw. Inst. Geolog., Warszawa.
- Ustawa** o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 r. Dziennik Ustaw nr 185, poz. 1243 z dnia 5 października 2010 r.
- VINK J., 2009 – The origin of speciation: Trace metal kinetics over natural water/sediment interfaces and the consequences for bioaccumulation. *Environmental Pollution* 157: 519–527.
- WENG H., CHEN X., 2000 – Impact of polluted canal water on adjacent soil and groundwater systems. *Environmental Geology* vol. 39 (8): 945-950.
- WILDI W., DOMINIK J., LOIZEAU J., THOMAS R. FAVARGER P. HALLER L., PERROUD A., PEYTREMANN C., 2004 – River, reservoir and lake sediment contamination by heavy metals downstream from urban areas of Switzerland. *Lakes & Reservoirs: Research & Management* 9 (1): 75-87.
- WOŚ A., 1999 – *Klimat Polski*. PWN. Warszawa.
- Zasady** dokumentowania złóż kopalin stałych., 1999 – Min. Środ., Warszawa.