

**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY**

OPRACOWANIE ZAMÓWIONE PRZEZ MINISTRA ŚRODOWISKA

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

Arkusz ŚWIĘTAJNO (216)



Warszawa 2012

Autor: Elżbieta Gawlikowska*, Krzysztof Seifert*, Izabela Bojakowska*, Paweł Kwecko*,
Hanna Tomassi-Morawiec*, Jerzy Król**, Małgorzata Marczak**

Główny koordynator MGŚP: Małgorzata Sikorska-Maykowska*

Redaktor regionalny planszy A: Bogusław Bąk*

Redaktor regionalny planszy B: Olimpia Kozłowska*

Redaktor tekstu: Sylwia Tarwid-Maciejowska*

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

** – Przedsiębiorstwo Geologiczne we Wrocławiu PROXIMA SA,
ul. Kwidzyńska 71, 51-415 Wrocław

ISBN

Spis treści

I. Wstęp – <i>K. Seifert</i>	3
II. Charakterystyka geograficzna i gospodarcza – <i>K. Seifert</i>	4
III. Budowa geologiczna – <i>K. Seifert</i>	6
IV. Złoża kopalin – <i>E. Gawlikowska, K. Seifert</i>	9
V. Górnictwo i przetwórstwo kopalin – <i>E. Gawlikowska, K. Seifert</i>	
VI. Perspektywy i prognozy występowania kopalin – <i>E. Gawlikowska, K. Seifert</i>	12
VII. Warunki wodne – <i>E. Gawlikowska, K. Seifert</i>	13
1. Wody powierzchniowe.....	13
2. Wody podziemne.....	14
VIII. Geochemia środowiska.....	16
1 Gleby – <i>P. Kwecko</i>	16
2 Osady – <i>I. Bojakowska</i>	19
3. Pierwiastki promieniotwórcze – <i>H. Tomassi-Morawiec</i>	22
IX. Składowanie odpadów – <i>M. Marczak, J. Król</i>	25
X. Warunki podłoża budowlanego – <i>E. Gawlikowska</i>	28
XI. Ochrona przyrody i krajobrazu – <i>E. Gawlikowska</i>	30
XII. Zabytki kultury – <i>K. Seifert</i>	35
XIII. Podsumowanie – <i>E. Gawlikowska, M. Marczak, J. Król</i>	35
XIV. Literatura	37

I. Wstęp

Arkusz Świątajno Mapy geośrodowiskowej Polski (MGŚP) w skali 1:50 000 został wykonany w 2012 roku. Składa się z dwóch plansz: plansza A zawiera zaktualizowaną treść Mapy geologiczno-gospodarczej Polski, a plansza B warstwę informacyjną „Zagrożenia powierzchni ziemi”, opisującą tematykę geochemii środowiska i warunki korzystne do składowania odpadów. Plansza A została wykonana w Oddziale Dolnośląskim Państwowego Instytutu Geologicznego. Przy jego opracowywaniu wykorzystano informacje zamieszczone na arkuszu Świątajno Mapy geologiczno-gospodarczej Polski w skali 1:50 000, wykonanej w roku 2006 w SEGI-AT w Warszawie (Gałaś, 2006). Plansza B została wykonana w Przedsiębiorstwie Geologicznym we Wrocławiu PROXIMA SA (składowanie odpadów) i w Państwowym Instytucie Geologicznym w Warszawie (geochemia środowiska). Niniejsze opracowanie powstało zgodnie z instrukcją opracowania MGŚP (Instrukcja, 2005).

Plansza A zawiera dane 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 pogorszyć stan środowiska. Informacje dotyczące zanieczyszczenia gleb są użyteczne do wskazywania optymalnych kierunków zagospodarowania terenów zdegradowanych.

Mapa adresowana jest przede wszystkim do instytucji, samorządów terytorialnych i administracji państwowej zajmujących się racjonalnym zarządzaniem zasobami środowiska przyrodniczego. Analiza jej treści stanowi pomoc w realizacji postanowień ustaw o zagospodarowaniu przestrzennym i prawa ochrony środowiska. Informacje zawarte w mapie mogą być wykorzystywane w pracach studialnych przy opracowywaniu strategii rozwoju województwa oraz projektów i planów zagospodarowania przestrzennego, a także w opracowaniach ekofizjograficznych. Przedstawiane na mapie informacje środowiskowe stanowią ogromną pomoc przy wykonywaniu wojewódzkich, powiatowych i gminnych programów ochrony środowiska oraz planów gospodarki odpadami.

W trakcie opracowywania arkusza wykorzystano materiały archiwalne znajdujące się w Centralnym Archiwum Geologicznym Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie, Departamencie Ochrony Środowiska Warmińsko-Mazurskiego Urzędu Marszałkowskiego i Archiwum Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków w Olsztynie, starostwach powiatowych, urzędach gminnych oraz nadleśnictwach. Informacje dotyczące gleb chronionych uzyskano w Instytucie Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach. Dane archiwalne uzupełniono i zweryfikowano w czasie zwiadu terenowego przeprowadzonego w sierpniu 2011 roku.

Mapa przygotowana jest w formie cyfrowej jako element bazy danych Mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000. Dane dotyczące złóż kopalin zostały zamieszczone w kartach informacyjnych dla komputerowej bazy o złożach.

II. Charakterystyka geograficzna i gospodarcza

Obszar arkusza Świętajno rozciąga się między 21°00'–21°15' długości geograficznej wschodniej oraz 53°30'–53°40' szerokości geograficznej północnej.

Pod względem administracyjnym obszar arkusza położony jest w południowej części województwa warmińsko-mazurskiego, obejmując swym zasięgiem część powiatu szczycieńskiego z gminą i miastem Szczytno, gminami Świętajno i Dźwierzuty oraz małym fragmentem powiatu mrągowskiego z gminą Piecki.

Według podziału fizycznogeograficznego Polski (Kondracki, 2002) obszar arkusza położony jest w obrębie makroregionu Pojezierze Mazurskie (fig. 1). Północna część terenu arkusza leży w obrębie mezoregionu Pojezierze Mrągowskie, zaś południowa i centralna w obrębie mezoregionu Równina Mazurska (fig. 1).

Większą część obszaru arkusza zajmuje płaska i pokryta w dużej części lasami Równina Mazurska. Jej powierzchnię budują rozległe pola sandrowe przecięte płytkimi dolinami rzek. Jeziora, które tu występują znajdują się na przedłużeniu dwóch głębokich rynien Pojezierza Mrągowskiego. Są to jeziora: Wałpusz i Marksoby. Jeziora: Nożyce i Świętajno leżą w nieco mniejszej i rozgałęzionej rynnie. Największe z nich, jezioro Wałpusz, ma powierzchnię 4 km², a głębokość ponad 10 m. W dolinach rzek i w bezodpływowych zagłębieniach terenu występują mady oraz niewielkie torfowiska. Ku północy powierzchnia terenu podnosi się ze 130 do 150 m n.p.m. i pojawiają się wały moren należące do Pojezierza Mrągowskiego, które jest wyraźnie wyższe (30–50 m) od Równiny Mazurskiej. Są one przecięte południkowo zorientowanymi, subglacjanymi rynnami, z których największa na tym terenie jest rynna Jeziora Łęsk. Jezioro jest wąskie i głębokie, a przedłużeniem rynny są jeziora: Łęczek, Starokiejkuc-

kie i Wałpusz. Wzdłuż rynien ciągną się wzgórza kemów i porozrywane przez erozję wały ozów, a na wysoczyznach pojawia się glina morenowa. Wysokość pagórków kemowych nie przekracza zwykle 25 m p.p.t. Najwyższe wzniesienie to Jabłońskie Góry, o wysokości 207 m n.p.m., położone na wschód od Nowych Kiejkut. Fragmenty moren czołowych oraz moren powstałych przy bryłach martwego lodu mają zwykle przebieg prostopadły do rynien wypełnionych jeziorami, a w płytszych częściach torfami, gytią i osadami jeziornymi.

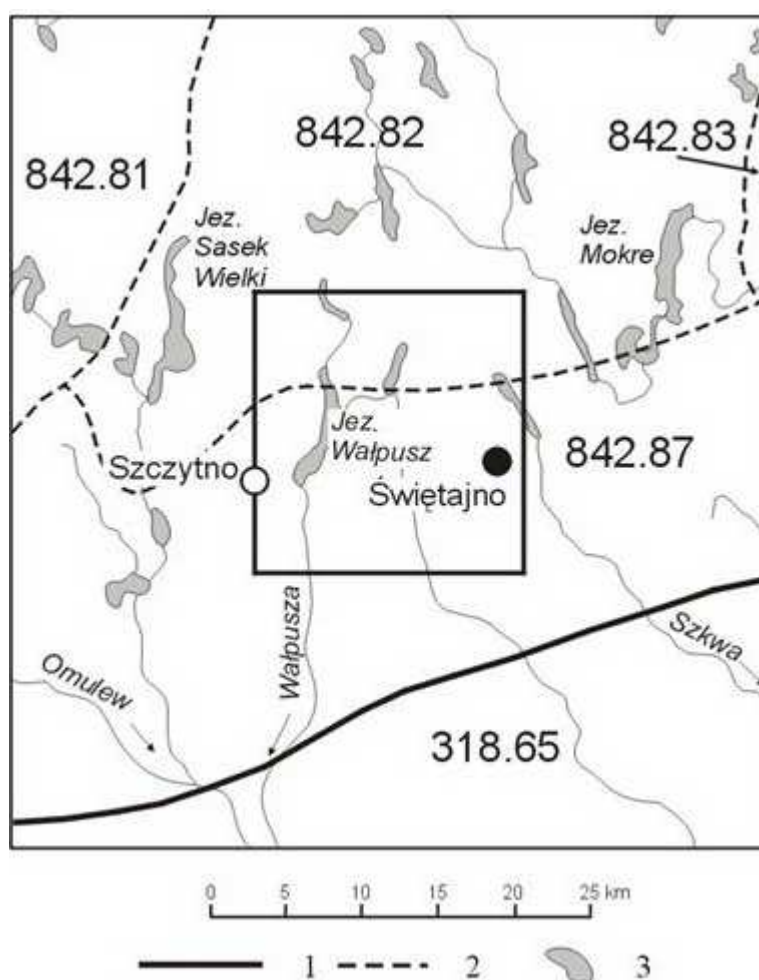


Fig. 1. Położenie arkusza Świętajno na tle jednostek fizycznogeograficznych wg Kondrackiego (2002)

1 – granice prowincji, 1 – granice mezoregionów; 3 – większe jeziora

Prowincja: Niz Środkowoeuropejski

Podprowincja: Niziny Środkowopolskie

Makroregion: Nizina Północnomazowiecka

Mezoregion: Równina Kurpiowska (318.65)

Prowincja: Niz Wschodniobałtycko-białoruski

Podprowincja: Pojezierza Wschodniobałtyckie

Makroregion: Pojezierze Mazurskie

Mezoregion: Pojezierze Olsztyńskie (842.81), Pojezierze Mrągowskie (842.82), Kraina Wielkich Jezior Mazurskich (842.83), Równina Mazurska (842.87)

Według podziału klimatycznego Polski, teren arkusza znajduje się w zasięgu regionu zachodniomazurskiego. Jest to strefa ścierania się wpływów klimatu kontynentalnego i mor-

skiego. Na obszarze badanego arkusza duży wpływ na klimat ma również duże zalesienie terenu oraz liczne jeziora. Średnia roczna temperatura powietrza wynosi około 7°C, przy średniej temperaturze lipca około 17°C i średniej temperaturze stycznia na poziomie -3,5°C. Suma rocznych opadów zawiera się w przedziale 550–650 mm (Woś, 1996).

Omawiany obszar jest regionem typowo rolniczo-leśnym. Znaczną część zajmują bory sosnowe Puszczy Kurpiowskiej i Puszczy Piskiej. Lasy pokrywają głównie obszary równiny sandrowej. Warunki glebowe i cechy klimatu sprawiają, że głównym gatunkiem występującym w lasach jest sosna. Poza sosną duże znaczenie mają: świerk, dąb, buk, olcha brzoza i modrzew. Poza obszarami leśnymi teren jest wykorzystywany rolniczo.

Największą miejscowością na obszarze arkusza jest miasto Szczytno (około 25 tys. mieszkańców) – siedziba powiatu szczytyńskiego, władz miasta i gminy Szczytno. Większa część tego miasta znajduje się na obszarze arkusza Szczytno i tam są zlokalizowane wszystkie większe zakłady przemysłowe. Wieś Świętajno, licząca około 1,6 tys. mieszkańców, jest ośrodkiem gminnym. Inne większe wsie to: Olszyny (około 900 mieszkańców), Romany (500) i Nowe Kiejkuty (300).

Na omawianym obszarze sieć dróg komunikacyjnych jest dobrze rozwinięta. Do ważniejszych szlaków komunikacyjnych należą drogi krajowe: nr 53 (Olsztyn–Szczytno–Ostrołęka) i nr 58 (Olsztynek–Szczytno–Pisz) oraz droga wojewódzka nr 600 (Szczytno–Mrągowo). Poza tym większe miejscowości łączą drogi powiatowe. Przez obszar arkusza biegną linie kolejowe łączące Szczytno z Olsztynem, Biskupcem i Piszem.

III. Budowa geologiczna

Budowę geologiczną obszaru arkusza Świętajno przedstawiono na podstawie Mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Świętajno z objaśnieniami 1999 (Żuk, 1999, 2000).

Według podziału Polski na jednostki geologiczne, omawiany obszar położony jest w obrębie wyniesienia mazurskiego (zwanego też mazursko-suwalskim), będącego częścią prekambryjskiej platformy wschodnioeuropejskiej. W obrębie wyniesienia, na krystalicznym podłożu zalegają osady mezozoiczne i kenozoiczne. Utwory starsze zostały usunięte podczas wydzwignięcia garbu mazursko-suwalskiego w okresie kaledońsko-warycyjskich ruchów górotwórczych. Podczas krótkotrwałych transgresji morskich, jakie miały miejsce od permu do górnej kredy, powstały osady piaskowcowo-mułowcowo-węglanowe, o zróżnicowanej miąższości. Na nich leżą utwory trzeciorzędowe. W otworach wiertniczych osadów paleogenu w obrębie obszaru arkusza nie stwierdzono. Prawdopodobnie występują one w południo-

wo-wschodniej części terenu, w miejscu głębokiego obniżenia powierzchni podczwartorzędowej. Są to piaski kwarcowo-glaukonitowe i mułki piaszczyste. Nad tymi utworami zalegają, zaburzone glacitektonicznie w północno-wschodniej części obszaru arkusza, mioceńskie ropy, piaski i mułki, lokalnie z węglem brunatnym, o miąższości około 15 m.

Utwory trzeciorzędowe pokrywa zróżnicowany kompleks osadów czwartorzędowych o miąższości od 90 do 250 m. Wyróżniono poziomy glacialne siedmiu zlodowaceń: narwi, nidy, sanu 1, sanu 2 (wilgi), odry, warty i wisły. Są one przedzielone piaskami i żwirami interglacjału ferdynandowskiego oraz lubelskiego i bagienno-torfowymi eemskiego. Poziomy glacialne przedzielone są także miąższymi osadami wodnolodowcowymi i zastoiskowymi.

W czasie najstarszego zlodowacenia – narwi, osadziły się gliny zwałowe oraz piaski i żwiry wodnolodowcowe. Gliny zwałowe wypełniają głębokie obniżenie powierzchni podczwartorzędowej w południowo-wschodniej i południowo-zachodniej części terenu arkusza. Osiągają one około 60 m miąższości. Lokalnie są przykryte wodnolodowcowymi piaskami i żwirami. W rejonie Szczytna osiągają miąższość około 12 m.

Osady te przykryte są utworami zlodowaceń południowopolskich: nidy, sanu 1 i sanu 2, które wypełniają wszystkie obniżenia w podczwartorzędowej powierzchni. Wśród glin zwałowych odpowiadającym tym zlodowaceniom, lokalnie występują wkładki i soczewy osadów wodnolodowcowych, zastoiskowych i rzecznych. Są to piaski i żwiry różnych frakcji oraz mułki i ropy warwowe. Największą miąższość i rozprzestrzenienie mają gliny zwałowe zlodowacenia sanu 1. Ich miąższość sięga 25 m. Młodsze od nich utwory zlodowacenia sanu 2 zachowały się głównie w postaci warstwy wodnolodowcowych piasków i żwirów, które w północnej części obszaru mają miąższość około 15 m, a na południu miąższość ich spada do kilku metrów.

Na erozyjnie ściętej powierzchni osadów zlodowacenia sanu 2 leżą utwory zlodowaceń środkowopolskich (odry i warty). Osady zlodowacenia odry mają miąższość około 40 m, a maksymalnie 60 m. W profilu wyróżnia się ropy i mułki zastoiskowe, które w południowej części zanikają i są zastąpione przez poziom gliny zwałowej, piaski i żwiry wodnolodowcowe – dolne, glinę zwałową oraz piaski i żwiry wodnolodowcowe górne.

Osady zlodowacenia warty mają miąższość około 50 m. W profilu wyróżnia się piaski i żwiry wodnolodowcowe, gliny zwałowe, ropy i mułki zastoiskowe oraz drugi poziom piasków i żwirów wodnolodowcowych. Piaski i żwiry dolne oraz glina zwałowa są dość rozmyte i tworzą urozmaiconą rzeźbę maskowaną przez szczelny płaszcz piasków i żwirów górnych.

Na powierzchni arkusza odstawiają się tylko osady zlodowaceń północnopolskich (zlodowacenie wisty) (fig. 2). W okresie tego zlodowacenia uformowane zostały główne rysy rzeźby obszaru arkusza Świętajno.

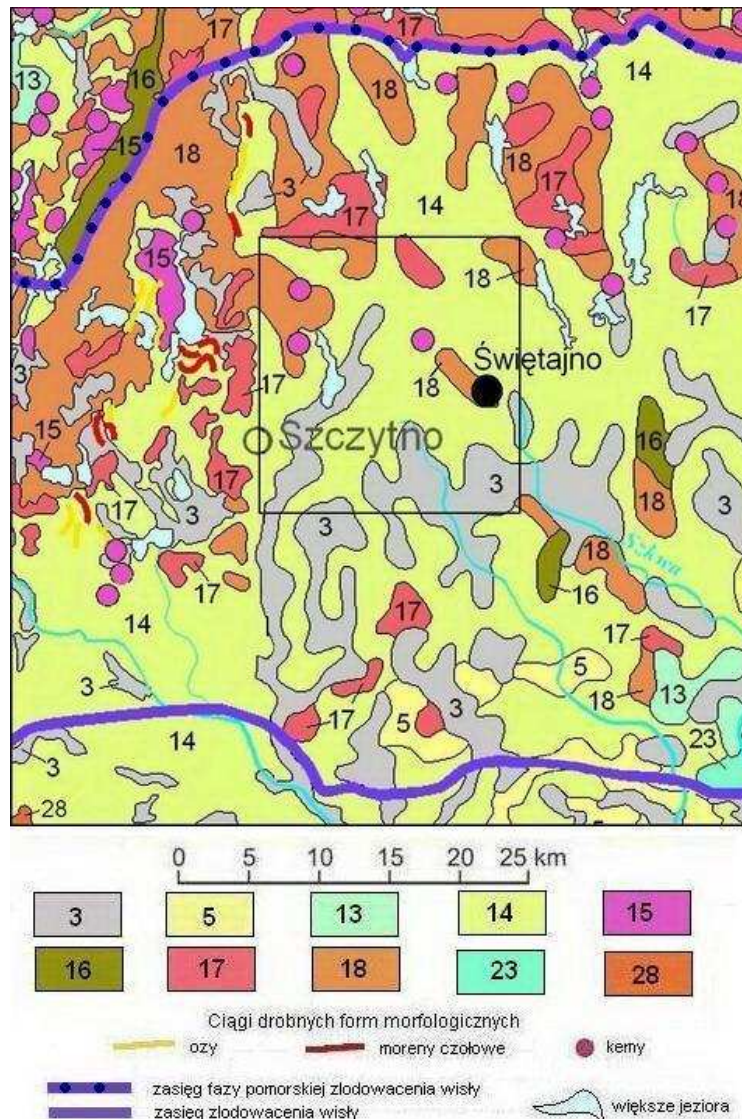


Fig. 2. Położenie arkusza Świętajno na tle Mapy geologicznej Polski w skali 1:500 000 wg L. Marksa, A. Bera, W. Gogołka, K. Piotrowskiej (red.), (2006)

Czwartorzęd: holocen: 3 – piaski i żwiry; mady rzeczne oraz torfy i namuły, 5 – piaski eoliczne, lokalnie w wydmachach; 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, głazy i gliny moren czołowych; 18 – gliny zwałowe, ich zwietrzeliny oraz piaski i żwiry lodowcowe; zlodowacenia środkowopolskie: 23 – iły, mułki i piaski zastoiskowe, 28 – gliny zwałowe, ich zwietrzeliny oraz piaski i żwiry lodowcowe

Uwaga: przy opisie wydziałów stratygraficznych zachowano oryginalną numerację z Mapy geologicznej Polski w skali 1:500 000

Czoło lądolodu znajdowało się w północno-zachodniej części omawianego obszaru, o czym świadczą fragmenty moren czołowych i moren powstałych wskutek wytapiania brył martwego lodu. Rzeźbę urozmaicają pagórki kemów, o wysokości do 20 m, zbudowane z piasków i żwirów oraz fragmenty rozmytej i pobrużdżonej erozyjnie wysoczyzny zbudowanej z gliny zwałowej. Była ona rozcinana mniejszymi lobami lodu, co zaznaczyło się w terenie rynnami.

nami o przebiegu południkowym, szerokości do 2 km i głębokimi nawet do 40 m. Na przedpolu lądolodu, na pozostałej części omawianego obszaru, następowała akumulacja wodnolodowcowych piasków i żwirów. Utworzone zostały rozległe pola sandrowe, z których zbudowana jest płaska równina we wschodniej i południowej części obszaru. Osady sandrowe utworzone w różnych fazach tego zlodowacenia nakładają się na siebie, osiągając miejscami znaczną grubość. Piaski i żwiry mają miąższość od kilku do 15 m. W czasie zaniku lądolodu rynny (Jeziora Wałpusz i Świątajno) wypełnione były bryłami martwego lodu. Wzdłuż nich przepływały wody roztopowe tworząc kemowe tarasy rynnowe, w których miąższość osadów piaszczysto-żwirowych może przekraczać 20 m. Efektem ocieplenia i recesji lądolodu są jeziora rynnowe, powstałe po wytopieniu brył lodu. Największą taką rynną na omawianym obszarze wypełniają jeziora: Łęsk, Starokiejkuckie i Wałpusz. Jeziora są poprzedzielane piaskami i żwirami, które wypełniają rynny tworząc lokalnie wały w miejscach, gdzie następowało najszybsze wytapianie brył martwego lodu. Rynny były odwadniane w kierunku południowym, a ich przedłużeniem są płaskie i wycięte w sandrach dolinki rzek Wałpuszy i Jerutki. W północno-zachodniej części omawianego obszaru, w obrębie wysoczyzny zbudowanej z gliny zwałowej zlodowacenia wiśły, na zboczach dolin i kemów rozwinęły się pokrywy deluwialne zbudowane z: piasków, mułków i glin. Miąższość tych utworów nie przekracza zwykle 3 m.

Holocenijskie osady rzeczne – piaski i mułki wypełniają doliny Wałpuszy i Jerutki oraz Kanału Zachodniego i mniejszych cieków. Mają one zwykle miąższość około 2 m. W dolinach rzecznych, starorzeczach i zagłębieniach bezodpływowych na równinie utworzyły się namuły torfiaste (do 2 m miąższości), a w bardziej podmokłych częściach dolin – torfy. Torfy występują w dwóch rejonach. W części północnej i centralnej wypełniają zagłębienia pojezierne. Znajdują się tam torfy turzycowe i turzycowo-trzcinowe o maksymalnej miąższości 4,5 m. W południowej i południowo-wschodniej części terenu cienkie pokrywy torfów (do 2 m) wypełniają płaskie i rozległe dna dolin. Przeważają tam torfy drzewne i mszyste. Osady jeziorne skupione w rynnach, w zagłębieniach bezodpływowych reprezentowane są przez piaski drobnoziarniste, gytie, kredę jeziorną i torfy. Największy zespół tych osadów wypełnia zagłębienie, w którym poprowadzono kanał łączący Jeziora Wałpusz i Marksoby. Miąższość osadów jeziornych może lokalnie osiągać miąższość kilkunastu metrów.

IV. Złoże kopalin

Na obszarze arkusza Świątajno udokumentowano dwa złoże kruszywa naturalnego piaszczysto-żwirowego: „Nowe Kiejkuty” i „Świątajno”. Charakterystykę gospodarczą i klasyfikację sozologiczną złóż przedstawiono w tabeli 1.

Złoże kopalin i ich charakterystyka gospodarcza oraz klasyfikacja

Numer złoże na mapie	Nazwa złoże	Rodzaj kopaliny	Wiek kompleksu litologiczno-surowcowego	Zasoby geologiczne bilansowe (tys. t)	Kategoria rozpoznania	Stan zagospodarowania złoże	Wydobycie (tys. t)	Zastosowanie kopaliny	Klasyfikacja złoże		Przyczyny konfliktowości złoże
				wg stanu na 31.12.2010 (Szuflicki i in. (red.), 2011)					Klasy 1-4	Klasy A-C	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Nowe Kiejkuty	p, pż	Q	182*	C ₁	G	0	Sd	4	B	G1
2	Świątajno	p	Q	66	C ₁	G	2	Skb, Sd	4	B	Natura 2000 W

Rubryka 3: p – piaski, pż – piaski i żwiry

Rubryka 4: Q – czwartorzęd

Rubryka 5: * – zasoby wg operatu ewidencyjnego na koniec 2010 roku wynoszą 85 385 ton

Rubryka 7: G – złoże zagospodarowane

Rubryka 9: kopaliny: Skb – kruszyw budowlanych; Sd – kruszyw drogowych

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

Rubryka 11: złoże: B – konfliktowe

Rubryka 12: G1 – ochrona gleb, W – ochrona wód podziemnych

Złoże „Nowe Kiejkuty” udokumentowano na powierzchni 1,14 ha (Zaprzelski, Bieniek, 2004). Obejmuje ono pagór kemowy. Położone jest ponad zwierciadłem wód gruntowych. Nadkład o grubości od 1,5 do 2,0 m, śr. 1,6 m stanowi gleba i piaski z przewarstwieniami piasków gliniastych i pylastych. Kopalinę stanowią wodnolodowcowe drobnoziarniste piaski oraz piaski i żwiry. Miąższość złoże wynosi od 6,8 do 10,5 m, śr. 8,7 m. Punkt piaskowy (zawartość ziaren poniżej 2 mm) piasków wynosi od 80,6 do 100%, śr. 93,0%, zawartości pyłów od 3,2 do 10,0%, śr. 5,8%, a ciężar nasypowy w stanie utręzionym od 1,64 do 1,85 t/m³, śr. 1,69 t/m³. Dla piasków i żwirów średni punkt piaskowy wynosi 58,7%, zawartość pyłów 6,5%, a ciężar nasypowy w stanie utręzionym 1,98 t/m³. Kopalina może być wykorzystywana do budowy nasypów i nawierzchni drogowych.

Złoże „Świątajno” udokumentowano na powierzchni 1,32 ha (Zaprzelski, 2006). Kopalina są wodnolodowcowe piaski, częściowo zawodnione. W nadkładzie o grubości do 1,7 m, śr. 0,6 m, występuje gleba i piaski gliniaste. Miąższość złoże wynosi od 2,0 do 4,8 m, śr. 3,2 m. Punkt piaskowy wynosi od 73,6 do 89,3%, śr. 81,8%, zawartość pyłów od 0,9 do 2,3%, śr. 1,7%, a ciężar nasypowy w stanie utręzionym od 1,64 do 1,89 t/m³, śr. 1,79 t/m³. Kopalina może być wykorzystywana w budownictwie i drogownictwie.

Złóża „Nowe Kiejkuty” i „Świątajno” zostały zaliczone do złóż powszechnie występujących na terenie całego kraju (klasa 4). Z uwagi na ochronę środowiska oba złóża uznano za konfliktowe (klasa B) – złoże „Nowe Kiejkuty” ze względu na gleby chronione, a złoże „Świątajno” ze względu na położenie w granicach obszaru Natura 2000. Ponadto ww. złóża znajdują się w granicach szczegółowo udokumentowanych czwartorzędowych głównych zbiorników wód podziemnych: nr 213 (Nowakowski i in., 2007) – złoże „Nowe Kiejkuty”, nr 216 (Rendak i in., 1998) – złoże „Świątajno”. Nie powoduje to konfliktowości złoże „Nowe Kiejkuty”, ponieważ znajduje się ono powyżej poziomu wód podziemnych zbiornika.

V. Górnictwo i przetwórstwo kopalin

Na obszarze arkusza Świątajno eksploatowane są dwa złóża kruszywa naturalnego piaszczysto-żwirowego: „Nowe Kiejkuty” i „Świątajno”. Wydobywane z tych złóż kopaliny nie są poddawane przeróbce.

Użytkownikiem złoże „Nowe Kiejkuty” jest osoba prywatna, która posiada koncesję na jego eksploatację ważną od lipca 2005 r. do czerwca 2015 roku. Utworzono obszar górniczy o powierzchni 1,14 ha i teren górniczy o powierzchni 3,10 ha. Eksploatacja prowadzona jest od 2005 r. okresowo, w wyrobisku stokowo-wgłębnym, suchym. Ostatnie wydobywanie miało

miejsce w 2009 roku i wyniosło 14 tys. ton. Brak wydobycia po 2009 roku spowodowany jest brakiem popytu na tę kopalinę.

Koncesję na eksploatację złoża „Świątajno” otrzymało Kółko Rolnicze ze Świątajna. Jest ona ważna od lipca 2005 r. do marca 2017 roku. Utworzony obszar górniczy ma powierzchnię 1,32 ha, a teren górniczy 1,93 ha. Wydobycie prowadzone jest od 2005 r. w wyrobisku wglębnym, częściowo zawodnionym.

Na obszarze arkusza występuje także punkt niekoncesjonowanej eksploatacji naturalnego kruszywa piaszczystego w Romanach (fot. 1) oraz stare wyrobiska po eksploatacji kopalin okruchowych, w większości zarośnięte i częściowo wypełnione śmieciami (na mapie zaznaczone jako punkty występowania kopaliny). Wyrobiska te znajdują się w Nowych Kiejkutach, Starych Kiejkutach, Ochodnie, w lesie przy drodze ze Szczytna do Zabieli (w rejonie Czarkowego Grądu) i na północ od Powalczyna.



Fot. 1. Romany – punkt niekoncesjonowanej eksploatacji kopalin

VI. Perspektywy i prognozy występowania kopalin

Na obszarze objętym arkuszem Świątajno, na podstawie analizy archiwalnych materiałów geologicznych, wizji terenowej oraz Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000 (Żuk, 2000) wyznaczono trzy obszary perspektywiczne piasków i żwirów oraz dwa obszary prognostyczne torfów.

W północno-zachodniej części obszaru arkusza, na podstawie odsłoneń i mapy geologicznej wyznaczono trzy obszary perspektywiczne piasków i żwirów. Obejmują one niewielkie wzgórza kemowe w rejonie Nowych Kiejkut, Ochodna i Zielonki.

Na omawianym obszarze znajduje się wiele miejsc występowania torfów. Są to przeważnie torfowiska niskie, olesowe. Wyznaczono dwa obszary prognostyczne spełniające kryteria bilansowości, na północ od Jeziora Świątajno i na wschód od Szczytna (Ostrzyżek, Dembek, 1996). Parametry geologiczno-górnice obszarów prognostycznych torfów i jakościowe kopaliny zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Wykaz obszarów prognostycznych

Numer obszaru na mapie	Powierzchnia (ha)	Rodzaj kopaliny	Wiek kompleksu litologiczno-suwrowcowego	Parametry jakościowe	Średnia grubość nadkładu (m)	Grubość kompleksu litologiczno-suwrowcowego średnio (m)	Zasoby w kategorii D ₁ (tys. m ³)	Zastosowanie kopaliny
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	21,0	t	Q	popielność: 10,70% stopień rozkładu: 30%	0,0	śr. 2,18 maks. 4,10	458	Sr
II	4,2	t	Q	popielność: 10,00% stopień rozkładu: 45%	0,0	śr. 1,62 maks. 1,90	68	Sr

Rubryka 3: t – torfy

Rubryka 4: Q – czwartorzęd

Rubryka 9: Sr – rolnicze

W rejonie miejscowości Romany, wykonano prace geologiczne w poszukiwaniu żwirów (Kamola, 1963). Odwiercono trzy otwory o głębokości od 6 do 11 m, wykonano sześć wkopów o głębokości od 0,8 do 3,2 m. Tylko w jednym otworze nawiercono piaski o miąższości 4,8 m, a pod nimi żwiry o miąższości 2,6 m. W pozostałych otworach i wkopach występowała glina zwałowa, piaski zaglinione lub piaski pylaste. Wyniki badań uznano za negatywne. Prace mające na celu udokumentowanie złoża łąw do produkcji wyrobów cieniściennych przeprowadzono w rejonie Ochodna (Wilczek, Hass, 1966). Wykonano sześć sond do głębokości 1,5–4,5 m. Stwierdzono w nich zaglinione piaski różnoziarniste ze żwirem, gliny i łąw piaszczyste. Rejon badań uznano za negatywny.

VII. Warunki wodne

Charakterystyka wód powierzchniowych i podziemnych na obszarze arkusza Świątajno została opracowana na podstawie Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Świątajno (Ćwiartniewska, Herbich, 2002).

1. Wody powierzchniowe

Obszar arkusza Świątajno należy do zlewni rzek: Omulew, Rozoga i Szkwa, które są prawymi dopływami Narwi, należącej do zlewni Wisły. W północnej części niewielkie dopływy tych rzek wypływają z jezior i płyną na południe. Są to od zachodu: rzeka Sawica (Jezioro Domowe Małe – poza obszarem arkusza), Wałpusza (jeziro Wałpusz) i Jerutka (jeziro Marksoby) – dopływy Omulwi oraz wypływający z jeziora Piasutno niewielki ciek, który wpada do Szkwy (poza omawianym obszarem). Rzeki płyną z reguły płaskimi dolinami wypełnionymi licznymi podmokłościami, torfowiskami i niewielkimi oczkami wodnymi. W południowej części doliny są szersze i pocięte krzyżującymi się często rowami odwadniającymi.

Jeziora wypełniają rynny o przebiegu południkowym. Typowo rynnowymie jeziorami są: Łęsk, Łęczek i Starokiejkuckie. Jezioro Łęsk, najgłębsze na tym terenie, osiąga głębokość to 40 m. Pozostałe jeziora są dużo płytsze i ich głębokość rzadko przekracza 10 m. Największe jest jezioro Wałpusz (4 km²), następnie Świątajno (2,1 km²), Marksoby (1,5 km²) oraz jeziora: Piasutno, Nożyce i Lemańskie (wszystkie o powierzchni poniżej 0,5 km²). W nielicznych nieckach bezodpływowych uformowanych przez wytapianie się martwego lodu znajdują się niewielkie (do kilku hektarów) oczka wodne.

Na południe od Powalczyna znajduje się źródło o wydajności 2–5 l/s, zasilane przesączającymi się wodami z jeziora Nożyce.

Na omawianym obszarze brak jest stałych punktów monitoringowych wód powierzchniowych. Najbliższy punkt pomiarowy jest na rzece Wałpusz, przy ujściu do rzeki Omulew, poza omawianym obszarem.

2. Wody podziemne

Zgodnie z podziałem regionalnym na jednostki hydrogeologiczne (Paczyński, 1995) obszar ten znajduje się w obrębie regionu I – mazowieckiego. W celu lepszej ochrony, gospodarowania i poprawy stanu wód podziemnych wydzielono jednostkowe obszary – tzw. Jednolite Części Wód Podziemnych (JCWPd). Teren arkusza znajduje się w granicach JCWPd nr 33 i 50 (Paczyński, Sadurski, 2007).

Na omawianym obszarze wody podziemne występują w utworach czwartorzędowych i trzeciorzędowych. Główny poziom użytkowy związany jest z czwartorzędowymi osadami polodowcowymi i rzecznyymi. W utworach glacialnych wyróżnia się dwa poziomy: międzymorenowy i sandrowy. Poziom międzymorenowy występuje zazwyczaj na głębokości od 20 do 60 m. Jego miąższość dochodzi do 55 m, przewodność jest zróżnicowana w przedziale 200–500 m²/dobę. Są to starsze piaski zlodowacenia warty przeważnie połączone ze starszy-

mi piaskami zlodowacenia odry. Zwierciadło wód jest zazwyczaj swobodne, ale wydajność dość zróżnicowana. Takie stosunki wodne panują niemal na całym obszarze. W północno-zachodniej części arkusza czwartorzędowy poziom wodonośny tworzą dwa poziomy piasków zlodowacenia warty i trzeci – zlodowacenia odry. Warstwy piaszczyste rozdzielone są glinami zwałowymi. W rejonie Świętajna, Wawrochów i Powalczyna rolę głównego wodonośnego poziomu użytkowego przejmuje poziom sandrowy. W dolinach rzek zwierciadło wód występuje zwykle na głębokości około 4 m, natomiast na równinie ujmowane są wody z głębokości często poniżej 10 m p.p.t. Miąższość tego poziomu dochodzi do 25 m, przewodność 200–300 m²/dobę, a wydajność średnio 50–70 m³/dobę, niekiedy przekracza tę wartość. Ze względu na brak naturalnej izolacji poziom ten cechuje wysoki stopień zagrożenia zanieczyszczeniami.

Poziom trzeciorzędowy jest słabo rozpoznany. Wody tego poziomu ze względu na stosunkowo grubą pokrywę czwartorzędową i brak zapotrzebowania nie są obecnie wykorzystywane.

Wody czwartorzędowe z poziomu sandrowego i międzymorenowego stanowią główne źródło zaopatrzenia w wodę. Wody te występują tu zwykle pod ciśnieniem, a wydajność studni jest bardzo zróżnicowana. Szczytno zaopatrywane jest w wodę z dwóch ujęć – jedno z nich znajduje się przy ul. Polskiej (na obszarze arkusza Szczytno), a drugie – „Lemany”, poza granicami miasta na terenie wsi Lipowa Góra – Wschód. Wydajność tego ujęcia, złożonego z siedmiu studni wierconych o głębokości 45–62 m, wynosi 450 m³/h, przy depresji 21 m. Ujęcie posiada pozwolenie wodno-prawne na pobór 6694 m³/d. Ujęcia wody zasilające wiejskie wodociągi zbiorowe, o wydajnościach powyżej 100 m³/dobę, znajdują się w Romanach, Nowych Kiejkutach, Świętajnie, Olszynach i Wawrochach. Wody piętra czwartorzędowego ujmowane są także do celów przemysłowych w Wytwórni Podłoża Zastępczego w Lemanach i w Szczytnie na terenie Wyższej Szkoły Policyjnej.

Na obszarze arkusza Świętajno według Kleczkowskiego (1990) występują fragmenty trzech głównych zbiorników wód podziemnych (fig. 3). Są to zbiorniki o dużej powierzchni i znacznych zasobach – Zbiornik międzymorenowy Olsztyn (nr 213) i Sandr Kurpie (nr 216), wyznaczone w utworach czwartorzędowych oraz Subniecka Warszawska (nr 215) wyznaczony w utworach trzeciorzędowych. W wyniku szczegółowego rozpoznania hydrogeologicznego został udokumentowany Zbiornik międzymorenowy Olsztyn (Nowakowski i in., 2007) i Sandr Kurpie (Rendak i in., 1998). Ich granice uległy zmianom w stosunku do wyznaczonych w opracowaniu Kleczkowskiego (1990). Szacunkowe zasoby dyspozycyjne zbiornika nr 213 wynoszą 290 tys. m³/d, a zbiornika nr 216 – 134 tys. m³/d.

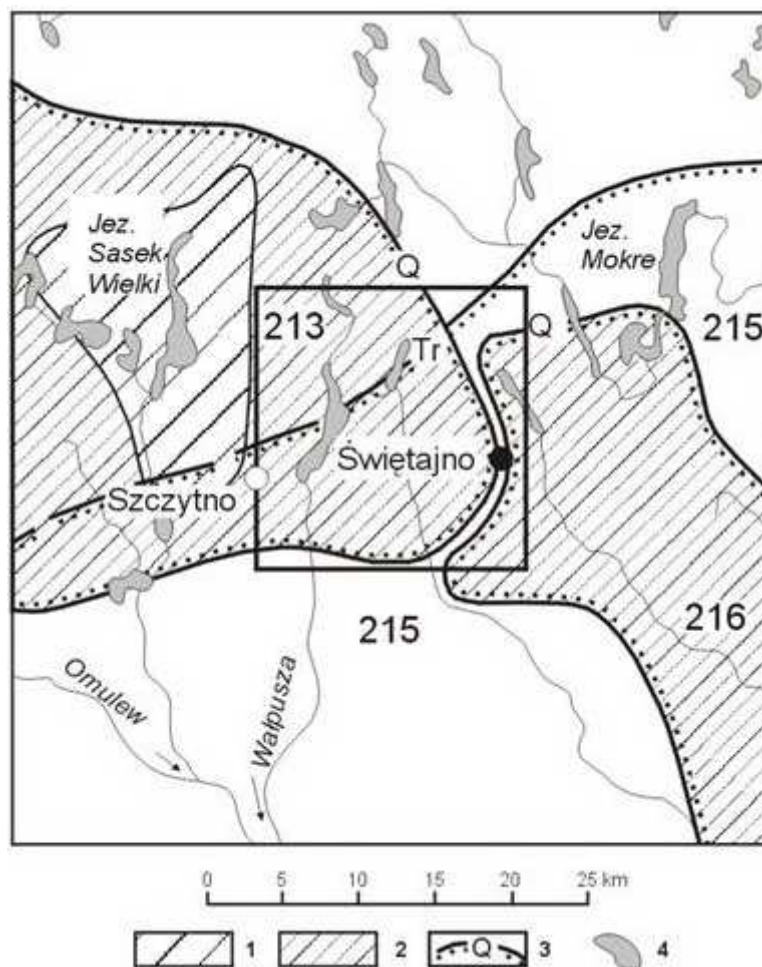


Fig. 3. Położenie arkusza Świątajno na tle obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony, wg A. S. Kleczkowskiego (1990)

1 – obszar najwyższej ochrony (ONO), 2 – obszar wysokiej ochrony (OWO); 3 – granica GZWP w ośrodku porowym, 4 – większe jeziora

Numer i nazwa GZWP, wiek utworów wodonośnych: 213 – Zbiornik międzymorenowy Olsztyn, czwartorzęd (Q), 215 – Subniecka Warszawska, trzeciorzęd (Tr), 216 – Sandr Kurpie, czwartorzęd (Q)

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 (Rozporządzenie..., 2002). Dopuszczalne wartości pierwiastków dla poszczególnych grup użytkowania, ich zakresy oraz przeciętne zawartości w glebach z terenu arkusza 216 – Świątajno, umieszczono w tabeli 3. W celu porównania tabelę uzupełniono danymi o przeciętnej zawartości (median) pierwiastków w glebach terenów niezabudowanych Polski (najmniej zanieczyszczonych w kraju).

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 216 – Świętajno	Wartość przeciętnych (median) w glebach na arkuszu 216 – Świętajno	Wartość przeciętnych (median) w glebach obszarów niezabudowanych Polski ⁴⁾
	Grupa A ¹⁾	Grupa B ²⁾	Grupa C ³⁾	N=6	N=6	N=6522
				Frakcja ziarnowa <1 mm Mineralizacja HCl (1:4)		
			Głębokość (m p.p.t.) 0–0,3	Głębokość (m p.p.t.) 0–2,0		
As Arsen	20	20	60	<5	<5	<5
Ba Bar	200	200	1000	11–30	18	27
Cr Chrom	50	150	500	2–5	4	4
Zn Cynk	100	300	1000	14–26	21	29
Cd Kadm	1	4	15	<0,5	<0,5	<0,5
Co Kobalt	20	20	200	<1–2	1	2
Cu Miedź	30	150	600	<1–3	2	4
Ni Nikiel	35	100	300	<1–3	2	3
Pb Ołów	50	100	600	6–10	8	12
Hg Rtęć	0,5	2	30	<0,05–0,06	<0,05	<0,05
Ilość badanych próbek gleb z arkusza 216 – Świętajno w poszczególnych grupach użytkowania				¹⁾ grupa A		
As Arsen	6			a) nieruchomości gruntowe wchodzące w skład obszaru poddanego ochronie na podstawie przepisów ustawy Prawo wodne,		
Ba Bar	6			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	6			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	6			³⁾ grupa C – tereny przemysłowe, użytki kopalne, tereny komunikacyjne,		
Cd Kadm	6			⁴⁾ Lis, Pasieczna, 1995 – Atlas geochemiczny Polski 1:2 500 000		
Co Kobalt	6			N – ilość próbek		
Cu Miedź	6					
Ni Nikiel	6					
Pb Ołów	6					
Hg Rtęć	6					
Sumaryczna klasyfikacja badanych gleb z obszaru arkusza 216 – Świętajno do poszczególnych grup użytkowania (ilość próbek)						
	6					

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). Próbki 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).

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, baru, chromu, cynku, kadmu, kobaltu, miedzi, niklu, ołowiu oraz rtęci w badanych glebach arkusza są na ogół niższe lub równe w stosunku do wartości przeciętnych (median) w glebach obszarów niezabudowanych Polski.

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

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 in., 2004; Reiss i in., 2004; Birch i in., 2001; Howsam, Jones, 1998; Mecray i in., 2001; Lindström, 2001; Pulford i in., 2009; Ramamoorthy, Ramamoorthy, 1997; Wildi i in., 2004). Występujące 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 in., 1999; Liu i in., 2005; Šmejkalová i in., 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 in., 2004; Bordas, Bourg, 2001). Także podczas powodzi zanieczyszczone osady mogą być przemieszczane na gleby tarasów zalewowych albo transportowane w dół rzek (Gocht i in., 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, Sokołowska, 1996; Bojakowska i in., 1995; Miller i in., 2004; Middelkoop, 2000).

Kryteria oceny osadów

Jakość osadów dennych, w aspekcie ich zanieczyszczenia metalami ciężkimi oraz wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi (WWA) i polichlorowanymi bifenylami

(PCB) oceniono na podstawie kryteriów zawartych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. w 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*.

Tabela 4

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

Parametr	Rozporządzenie MŚ*	<i>PEL</i> **	Tło geochemiczne
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 D. i in., 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

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 (PMŚ).

Próbki osadów rzecznych są pobierane ze strefy brzegowej koryt rzecznych, spod powierzchni wody, z przeciwnej strony do nurtu, w miejscach, gdzie tworzący się osad charakteryzuje się większą zawartością frakcji mułkowo-ilastej, zaś osady jeziorne są pobierane z głębozoków 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.

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

Spośród jezior znajdujących się na arkuszu Świętajno zbadane zostały osady jezior Łęska, Nożyce, Piastuna, Świętajna i Wałpusz (tabela 5). Osady jezior Łęska, Nożyce i Piastuna charakteryzują się niskimi zawartościami potencjalnie szkodliwych pierwiastków, za wyjątkiem ołowiu w osadach jeziora Piastuna, zbliżonymi do ich wartości tła geochemicznego. Osady pozostałych dwóch jezior Świętajna i Wałpusz cechuje podwyższona zawartość pierwiastków śladowych, zwłaszcza cynku, ołowiu, kadmu i rtęci. W osadach jeziora Wałpusz odnotowano także podwyższoną zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycz-

nych w porównaniu do przeciętnie spotykanej w osadach jezior. Jednakże stwierdzone zawartości pierwiastków śladowych i WWA 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.

Tabela 5

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

Parametr	Łęsk (Łęczek) 1991 r.	Nożyce 1991 r.	Piasutno 1991 r.	Świątajno (Spychowo) 1998 r.	Wałpusz 2010 r.
Arsen (As)	<3	<3	<3	12	8
Chrom (Cr)	3	2	4	10	9
Cynk (Zn)	14	17	68	143	117
Kadm (Cd)	0,5	0,5	0,5	2	1
Miedź (Cu)	2	5	14	11	15
Nikiel (Ni)	2	2	2	8	8
Ołów (Pb)	8	8	42	60	54
Rtęć (Hg)	0,04	0,1	0,01	0,12	0,232
WWA ₁₁ WWA ₁₁ *	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	3,889
WWA ₇ WWA ₇ **	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	3,941
PCB ₁₁ ***	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,0005

* – suma acenaftylenu, acenaftenu, fluorenu, fenantrenu, antracenu, fluorantenu, pirenu, benzo(a)antracenu, 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

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

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.

3. Pierwiastki promieniotwórcze

Materiał i metody badań

Do określenia dawki promieniowania gamma i stężenia radionuklidów poczynobylskiego cezu wykorzystano wyniki badań gamma-spektrometrycznych wykonanych dla Atlasu Radioekologicznego Polski 1:750 000 (Strzelecki i in., 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 mi-

nuty. Pomiary wykonywano spektrometrem GS-256 produkowanym przez „Geofizykę” Brno (Czechy).

Prezentacja wyników

Z uwagi na to, że gęstość opróbowania nie pozwala na opracowanie map izoliniowych w skali 1:50 000, wyniki przedstawiono w formie słupkowej (fig. 4) 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

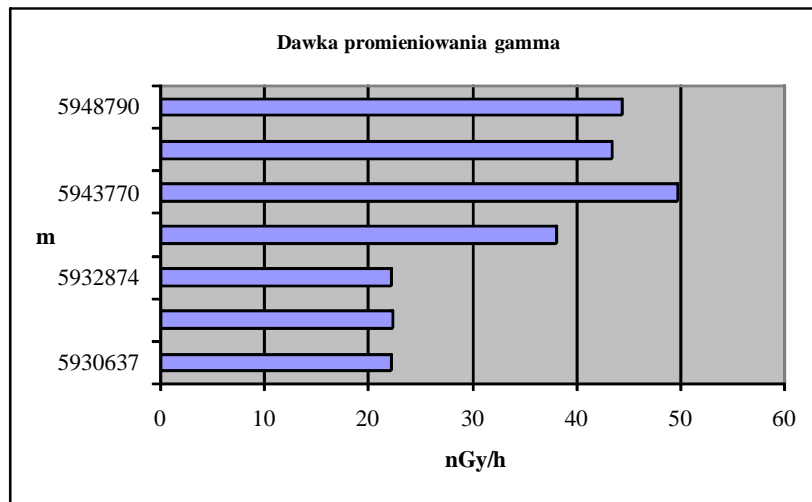
Wartości dawki promieniowania gamma wzdłuż profilu zachodniego wahają się w przedziale od około 22 do około 51 nGy/h. Przeciętnie wartość ta wynosi około 37 nGy/h i jest wyższa od średniej dla obszaru Polski wynoszącej 34,2 nGy/h. Wzdłuż profilu wschodniego wartości promieniowania gamma zmieniają się od około 20 do około 32 nGy/h i przeciętnie wynoszą około 25 nGy/h. W profilu zachodnim obserwuje się zróżnicowanie zarejestrowanych dawek promieniowania gamma.

Wyższymi wartościami promieniowania gamma (ok. 40–50 nGy/h) charakteryzują się gliny zwałowe zlodowacenia północnopolskiego, występujące w północno-zachodniej części arkusza, a niższymi (ok. 20–35 nGy/h) – wodnolodowcowe osady piaszczysto-żwirowe z tego samego okresu zlodowacenia, przeważające na pozostałym obszarze. W profilu wschodnim zarejestrowane dawki promieniowania gamma są bardzo wyrównane, co świadczy o tym, że zalegające wzdłuż profilu utwory – osady wodnolodowcowe i torfy charakteryzują się podobnymi wartościami promieniowania gamma.

Stężenia radionuklidów poczynobylskiego cezu zmierzone wzdłuż obu profili są generalnie bardzo niskie, charakterystyczne dla obszarów bardzo słabo zanieczyszczonych. Wzdłuż profilu zachodniego wynoszą od 2,4 do 13,2 kBq/m², a wzdłuż profilu wschodniego wahają się od 2,9 do 13,6 kBq/m². Nieco podwyższone lokalnie wartości stężeń cezu w obu profilach pomiarowych (ok. 10–13 kBq/m²) są związane z niezbyt intensywną anomalią występującą między Olsztynem, Piszem a Ostrołęką i nie stwarzają żadnego zagrożenia radiologicznego dla ludności.

216 W

PROFIL ZACHODNI



216 E

PROFIL WSCHODNI

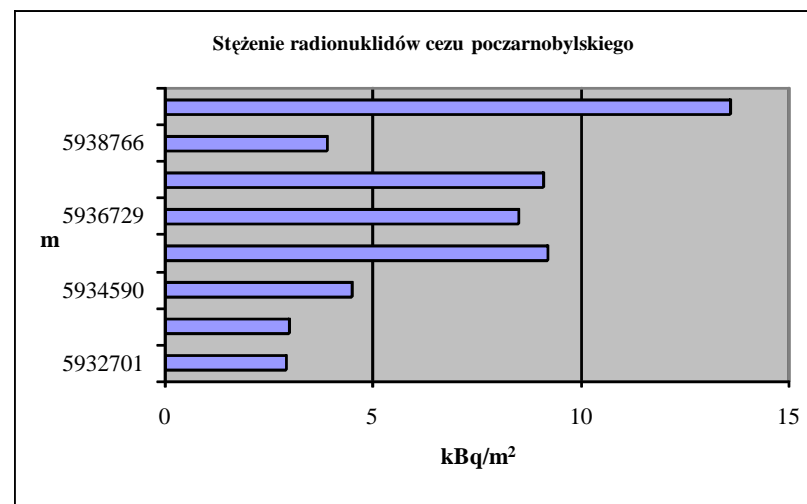
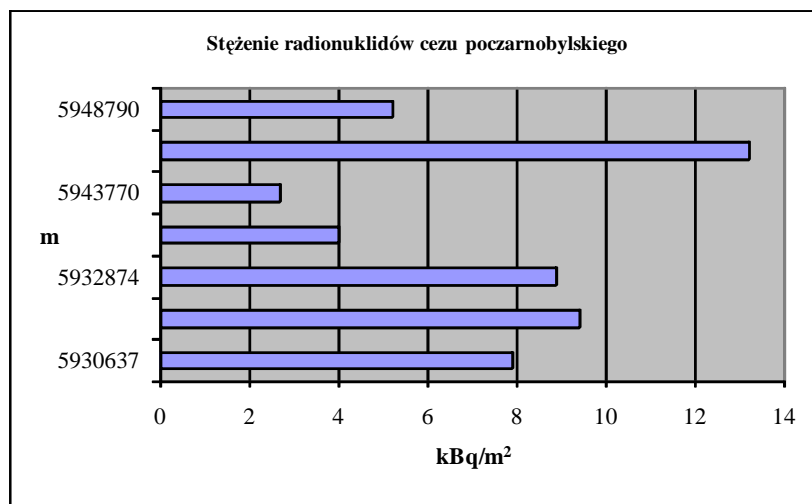
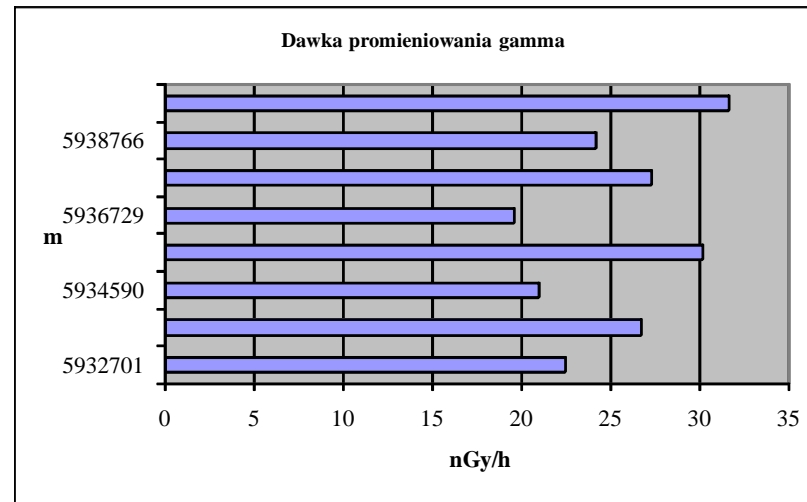


Fig. 4. Zanieczyszczenie gleb pierwiastkami promieniotwórczymi na obszarze arkusza Świętajno (na osi rzędnych – opis siatki kilometrowej arkusza)

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). W nielicznych przypadkach przyjęto zmodyfikowane rozwiązania w stosunku do wymienionych aktów prawnych, co wynika ze skali oraz charakteru opracowania kartograficznego i nie stoi w sprzeczności z możliwością późniejszych weryfikacji i uszczegółowień na etapie projektowania składowisk.

Na mapie, w nawiązaniu do powyższych kryteriów, wyznaczono:

- 1) tereny wyłączone całkowicie z możliwości lokalizacji wszystkich typów składowisk ze względu na wymagania ochrony hydrosfery, przyrody, infrastruktury oraz warunki inżyniersko-geologiczne;
- 2) tereny preferowane do lokalizowania w ich obrębie składowisk odpadów, ze względu na istnienie naturalnej, gruntowej warstwy izolacyjnej, są one traktowane jako **potencjalne obszary lokalizowania składowisk (POLs)**;
- 3) tereny nieposiadające naturalnej warstwy izolacyjnej, na których możliwa jest jednak lokalizacja składowisk odpadów pod warunkiem wykonania sztucznej bariery izolacyjnej dla dna i skarp obiektu.

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

Tabela 6

Kryteria izolacyjnych właściwości gruntów

Rodzaj składowanych odpadów	Wymagania dotyczące naturalnej bariery geologicznej		
	Mięszczość [m]	Współczynnik filtracji k [m/s]	Rodzaj gruntów
N – odpady niebezpieczne	≥ 5	$\leq 1 \times 10^{-9}$	Iły, iłotłupki
K – odpady inne niż niebezpieczne i obojętne	1–5	$\leq 1 \times 10^{-9}$	
O – odpady obojętne	≥ 1	$\leq 1 \times 10^{-7}$	Gliny

Ocena wykształcenia naturalnej bariery geologicznej pozwala na wyróżnienie w obrębie POLs:

- warunków izolacyjności podłoża zgodnych z wymaganiami 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).

Omawiane wyżej wydzielenia przestrzenne zostały przedstawione na Planszy B Mapy geosrodowiskowej Polski. Tło dla przedstawianych na Planszy B informacji stanowi stopień zagrożenia głównego użytkowego poziomu wodonośnego, przeniesiony z arkusza Świątajno Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 (Ćwiertniewska, Herbich, 2002). 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 izolującej (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 składowiska odpadów. Wydzielone tereny o dobrej izolacyjności (POLs) mogą współwystępować z obszarami o różnym zagrożeniu jakości wód podziemnych.

Obszary o bezwzględnym zakazie lokalizacji składowisk odpadów

W granicach arkusza Świątajno ponad 99% powierzchni objęte jest bezwzględnym zakazem lokalizowania składowisk wszystkich typów odpadów. Wyłączeniom podlegają:

- obszar objęty ochroną przyrody w ramach Europejskiej Sieci Ekologicznej NATURA 2000 – obszar specjalnej ochrony ptaków „Puszcza Piska” (PLB 280008) oraz specjalny obszar ochrony siedlisk „Ostoja Piska” (PLH 280048);
- teren stepowego rezerwatu przyrody „Kulka”, obejmującego wschodni brzeg Jeziora Łęsk;
- tereny przykryte osadami holoceniowymi, wykształconymi w postaci: torfów, gytii, namułów torfiastych, namułów piaszczystych, piasków rzecznych i humusowych, piasków i namułów den dolinnych i cieków okresowo przepływowych, jak również utworów deluwialnych i deluwialno-rzecznych. Utwory te akumulowane zostały przede wszystkim w dolinie Wałpuszy i Jerutki oraz wzdłuż Kanału Zachodniego, Kanału Marksobskiego i mniejszych cieków oraz w zagłębieniach bezodpływowych;
- tereny zabagnione i podmokłe oraz obszary łąk na glebach pochodzenia organicznego, występujące głównie w dolinie Jerutki, Kanału Zachodniego, Marksobskiego, a także w rejonie Szczytna, wyłączone bezwzględnie wraz ze strefą o szerokości 250 m;

- obszar objęty strefą ochronną czwartorzędowych głównych zbiorników wód podziemnych: GZWP nr 213 „Olsztyn” (Nowakowski, Szelewicka, 2007) oraz GZWP nr 216 „Sandr Kurpie” (Rendak i in., 1998);
- tereny predysponowane do występowania i rozwoju ruchów masowych. Zlokalizowane są one na zalesionych stokach wzgórz na północnym i południowym brzegu Jeziora Łęsk, skarpach nad zachodnim brzegiem Jeziora Starokiejkuckiego, stokach wzgórz nad wschodnim brzegiem Jeziora Marksoby i stokach wzgórz na północ od Powalczyna (Grabowski (red.), 2007);
- zwarte kompleksy leśne o powierzchni powyżej 100 ha;
- obszary zwartej zabudowy i infrastruktury wschodniej części miasta Szczytna oraz miejscowości Świętajno, będącej siedzibą urzędu gminy.

Problem lokalizacji składowisk odpadów obojętnych i komunalnych

Na terenie arkusza Świętajno nie wyznaczono rejonów spełniających wymagania pod bezpośrednią lokalizację składowisk odpadów, dla których, w przypadku odpadów obojętnych wymagana jest przypowierzchniowa warstwa gruntów spoistych o współczynniku wodoprzepuszczalności $\leq 1 \times 10^{-7}$ m/s i miąższości ≥ 1 m, a dla odpadów komunalnych $k \leq 1 \times 10^{-9}$ m/s i $m \geq 1$ m.

Na obszarze arkusza wskazano jedynie obszary pozbawione naturalnej bariery geologicznej, na których jednak możliwa jest lokalizacja składowisk odpadów. Zajmują one około 1% powierzchni w rejonie miejscowości: Jerominy, Gawrzyjałki, Biały Gnut, Stare Czajki oraz na południe od Świętajna-Kolonii. W strefie przypowierzchniowej występują tam utwory piaszczysto-żwirowe akumulacji wodnolodowcowej. Lokalizacja inwestycji uciążliwej dla środowiska na tych terenach wiązać się będzie z koniecznością wykonania pełnej sztucznej bariery izolacyjnej jego dna i skarp. Gliny zwałowe, mogące stanowić naturalną barierę geologiczną umożliwiającą składowanie odpadów, występują w strefie przypowierzchniowej na terenach sąsiednich arkuszy.

Wskazania lokalizacyjne pod składowiska odpadów w rejonach nieobjętych bezwzględnym zakazem, mogą nastąpić dopiero po przeprowadzeniu szczegółowych badań hydrogeologicznych i geologicznych, mających na celu rozpoznanie budowy geologicznej terenu planowanego składowiska i zbadanie możliwości występowania utworów słabo przepuszczalnych w podłożu przypowierzchniowych osadów piaszczystych.

W zasięgu obszarów, w obrębie których możliwe jest składowanie odpadów znajduje się czwartorzędowe użytkowe piętro wodonośne związane z wodonośnymi utworami zlodowacenia

warty (Ćwiertniewska, Herbich, 2002). Na obszarze wyznaczonych rejonów strop warstwy wodonośnej o znaczeniu użytkowym położony jest na głębokości od 5 do 50 m. W rejonie Zubrów, Podozieran i Jałówki, z uwagi na brak przypowierzchniowej warstwy słabo przepuszczalnej nie jest on izolowany od wpływów powierzchniowych. Stopień zagrożenia głównego użytkowego poziomu wodonośnego (GPU) na tym obszarze określono jako wysoki.

Na obszarze arkusza brak jest składowisk odpadów.

Ocena najkorzystniejszych warunków geologiczno-hydrogeologicznych dla lokalizowania składowisk odpadów

Na obszarze arkusza nie wskazano terenów, dla których warunki izolacyjne podłoża spełniają przyjęte kryteria dla bezpośredniego składowania odpadów, zarówno komunalnych jak i obojętnych. Istniejące na obszarze arkusza warunki naturalne sprawiają, że lokalizowanie składowisk odpadów we wskazanych na mapie obszarach, wyznaczonych jako pozbawione naturalnej bariery geologicznej, możliwe będzie jedynie po wykonaniu sztucznych przesłon izolacyjnych.

Charakterystyka wyrobisk poeksploatacyjnych

Na terenach nieobjętych bezwzględnym zakazem lokalizowania składowisk brak jest wyrobisk poeksploatacyjnych, mogących w przyszłości stanowić niszę do lokalizowania składowisk odpadów.

X. Warunki podłoża budowlanego

Na obszarze arkusza Świętajno ocenę warunków podłoża budowlanego przeprowadzono na podstawie Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Świętajno (Żuk, 2000), Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Świętajno (Ćwiertniewska, Herbich, 2002) i mapy topograficznej.

Warunki geologiczno-inżynierskie podłoża na obszarze omawianego arkusza określono stosując dwa wydzielenia: obszary o warunkach korzystnych i niekorzystnych, utrudniających budownictwo. Warunki te określono tylko dla fragmentu arkusza, ponieważ z waloryzacji wyłączono tereny leśne i grunty rolne klas I–IVa, obszary występowania łąk na glebach pochodzenia organicznego, rezerwat przyrody i obszar zabudowy miejskiej Szczytna.

Omawiany obszar przykryty jest ciągłą pokrywą utworów czwartorzędowych pochodzenia lodowcowego oraz rzeczno. Warunki podłoża budowlanego są korzystne w obszarach występowania gruntów spoistych: zwartych, półzwartych i twaroplastycznych oraz gruntów sypkich średnio zagęszczonych, na których nie występują zjawiska geodynamiczne,

a głębokość zwierciadła wody gruntowej przekracza 2 m p.p.t. Takie podłoże mogą stanowić piaski i żwiry (grunty średnio zagęszczone) sandru utworzonego w fazie pomorskiej, zlodowaceń bałtyckich, które pokrywają znaczną część arkusza. Obszary występowania tych utworów stanowią płaską powierzchnię, która porozcinana jest stosunkowo małymi, płytkimi dolinami rzecznyymi. Korzystne podłoże wyznaczono dla okolic miejscowości: Wawrochy, Olszyny, Jerutki, Jeruty i Świętajno. Niektóre części dolin zostały zmeliorowane, co zwiększyło areal gruntów nadających się pod lekką zabudowę.

Korzystne podłoże budowlane stanowi także wysoczyzna morenowa zbudowana z osadów zlodowaceń północnopolskich w północno-zachodniej części arkusza. Są to gliny zwałowe moreny dennej małoskonsolidowane i nieskonsolidowane. W większej części tej wysoczyzny zwierciadło wód gruntowych znajduje się głęboko, jednak miejscami mogą występować płytkie wody podskórne, które utrudniają budownictwo. Rzeźba wysoczyzny jest dość urozmaicona i jako korzystne należy uznać tylko obszary wypłaszczeń, wzdłuż linii kolejowej Szczytno–Biskupiec.

Rejony o warunkach geologiczno-inżynierskich utrudniających budownictwo to obszary występowania gruntów słabonośnych, do których zalicza się grunty: organiczne oraz spoiste miękkoplastyczne. Utrudnienia dla budownictwa występują na gruntach sypkich luźnych oraz obszarach podmokłych, zabagnionych i płytkiego występowania wód gruntowych (0–2 m). W dolinach rzek Wałpuszy i Jerutki, na holocenijskich tarasach budownictwo utrudniają stosunki wodne oraz występowanie słabonośnych gruntów organicznych. Tarasy rzeczne zbudowane są z: piasków, mułków, torfów, mad i wykazują płytsze niż na równinie występowanie zwierciadła wody, czasami mniej niż 2 m p.p.t. Dlatego obszary dolin rzek uznano za niekorzystne. W północnej części arkusza, w rynnach polodowcowych występują piaski i żwiry sandrowe, które przykryte są zwykle cienką warstwą holocenijskich osadów jeziornych: gytie, torfy, piaski humusowe, namuły. Dna rynien, w których znajdują się jeziora: Wałpusz, Marksochy, Nożyce i Świętajno określono więc jako obszary niekorzystne dla budownictwa. W wymienionych obszarach warunki budowlane utrudniają również możliwość występowania wód agresywnych względem stali i betonu.

Krawędź wysoczyzny morenowej, przebiegająca, wzdłuż drogi Szczytno – Pisz oraz obszar występowania wzgórz kemowych, uznano za obszary niekorzystne dla budownictwa, ze względu na nachylenie zbocza powyżej 12%. Ponieważ powierzchnia wysoczyzny, na zachód od rynny jeziora Łęsk i jeziora Wałpusz, jest porozcinana mniejszymi rynnami i małymi dolinkami o różnej głębokości, krawędzie tych form mogą być podatne na spływanie i spływanie przy większych opadach atmosferycznych.

Terenami predysponowanymi do występowania i rozwoju ruchów masowych są zalesione stoki wzgórz nad północnym i południowym brzegu jeziora Łęsk, skarpy nad zachodnim brzegiem Jeziora Starokiejkuckiego, stoki wzgórz nad wschodnim brzegiem jeziora Marksoby i stoki wzgórz na północ od Powalczyna (Grabowski (red.), 2007).

Obszary o warunkach geologiczno-inżynierskich utrudniających budownictwo (strefy zaburzeń glacitektonicznych, tereny o dużej zmienności przestrzennej gruntów) wymagają szczegółowych badań przed podjęciem ewentualnych inwestycji oraz sporządzenia dokumentacji geologiczno-inżynierskiej.

XI. Ochrona przyrody i krajobrazu

Na obszarze arkusza Świątajno gleby chronione klas I–IVa wykształciły się przede wszystkim w północno-zachodniej jego części, na wysoczyźnie morenowej. Większe płaty występują także na północ od Świątajna. Należą do nich gleby brunatne, bielicowe i pseudo-bielicowe, które rozwinęły się na piaskach i glinach pochodzenia wodnolodowcowego.

W obrębie łąk na glebach pochodzenia organicznego występują w przewadze gleby murszowo-mineralne i murszowate. Niewielką powierzchnię zajmują gleby torfowe oraz murszowo-torfowe. Łąki występują w dolinach rzek oraz na śródleśnych polanach położonych w rynnach subglacialnych, głównie w południowej części obszaru arkusza.

Większą część omawianego obszaru pokrywa zwarty kompleks leśny stanowiący krawędź Puszczy Piskiej. Są to w przeważającej części lasy sosnowe, a w rejonach podmokłych mieszane. Głównym typem siedlisk są różne odmiany boru.

Na arkuszu Świątajno występują fragmenty trzech obszarów chronionego krajobrazu – Spychowskiego Obszaru Chronionego Krajobrazu (SOChK), Obszaru Chronionego Krajobrazu Puszczy Napiwodzko-Ramuckiej (OChKPN-R) i Obszaru Chronionego Krajobrazu Pojezierza Olsztyńskiego (OChKPO).

Największy zasięg na omawianym obszarze ma SOChK, utworzony w 2003 r., o całkowitej powierzchni 12 101,8 ha. Utworzono go w celu ochrony i zachowania dolin jezior rynnowych, które posiadają duże walory krajobrazowe, przyrodnicze i wypoczynkowe. Obszar ma prawie naturalny charakter, występują tu liczne jeziora, bagna oraz żyzne łąki. Stwarza to wyśmienite warunki dla gniazdowania licznych ptaków. Mają tu swoje tereny lęgowe ptaki, takie jak np. orzeł bielik, bocian czarny, kraska i żuraw. Bardzo liczny jest zespół zbiorowisk torfowych, należą do nich: żurawina błotna, bagno zwyczajne, skalnica torfowa i inne. W wodach występują: pstrągi, węgorze, szczupaki i okonie. Spośród licznych ssaków obecne są tu między innymi bobry, rysie i wilki.

Pozostałe dwa obszary, utworzone w 1998 r., OChKPN-R – o całkowitej powierzchni 131 444 ha i OChKPO – o całkowitej powierzchni 40 997 ha, występują fragmentarycznie w zachodniej części arkusza. Ochroną objęto w nich jeziora, bagna i zwarty kompleks leśny.

W 1955 roku utworzono rezerwat stepowy „Kulka”, którego fragment znajduje się w północnej części omawianego arkusza (tabela 7). Ochroną objęto wschodni, wysoki i stromy, z licznymi wąwozami, brzeg jeziora Łęsk. Głównym przedmiotem ochrony jest las mieszany ze stanowiskami roślinności ciepłolubnej (stepowej). Występowały tam takie rośliny jak np.: sasan-ka łąkowa, sparceta piaszkowa, ostrołódka kosmata, driakiew żółta, goździk kartuzek, sasan-ka otwarta. Udział roślin kserotermicznych w tym rezerwacie ulega stopniowemu ograniczeniu wskutek zaniechania ekstensywnego wypasu, zarastania muraw orlicą i krzewami, zwierania się koron w drzewostanie, co ocenia podłoże i pogarsza warunki rozwoju światłolubnych roślin.

Tabela 7

Wykaz rezerwatów, pomników przyrody, użytków ekologicznych i zespołów przyrodniczo-krajobrazowych

Nr obiektu na mapie	Forma ochrony	Miejscowość/ Nadleśnictwo	Gmina Powiat	Rok zatwierdzenia	Rodzaj obiektu (powierzchnia w ha)
1	2	3	4	5	6
1.	R	Nadleśnictwo Korpele	Świątajno Szczytno	1955	St – „Kulka” (12,15*)
2.	P	Nadleśnictwo Strzałowo, Leśnictwo Kulka, oddz. 74	Świątajno Szczytno	1952	Pn – G (granitognejs)
3.	P	Szczytno, ul. Poznańska 20	Świątajno Szczytno	1993	Pż – klon pospolity
4.	P	Szczytno, ul. M. Konopnickiej 7	Świątajno Szczytno	1992	Pż – klon pospolity
5.	P	Szczytno, ul. 1 Maja 50	Świątajno Szczytno	1992	Pż – lipa drobnolistna
6.	P	Szczytno, ul. 1 Maja 28-32	Świątajno Szczytno	1992	Pż – dąb szypułkowy
7.	P	Nadleśnictwo Spychowo. Leśnictwo Czajki, oddz. 311/312	Świątajno Szczytno	1995	Pż – sosna pospolita „Pochyła Sosna”
8.	P	Nadleśnictwo Szczytno, Leśnictwo Nowiny, oddz. 206	Świątajno Szczytno	1996	Pż – sosna pospolita
9.	P	Nadleśnictwo Szczytno, Leśnictwo Lipnik, oddz. 205j i 218	Świątajno Szczytno	1996	Pż – dąb szypułkowy
10.	P	Nadleśnictwo Szczytno, Leśnictwo Lipniki, oddz. 205i	Świątajno Szczytno	1996	Pż – dąb szypułkowy
11.	P	Nadleśnictwo Szczytno, Leśnictwo Wały oddz. 83f	Świątajno Szczytno	1987	Pż – sosna pospolita
12.	U	Szczytno	Świątajno Szczytno	2007	„Mała Biel” – teren wodno-bagienny (3,57**)
13.	Z	Nadleśnictwo Strzałowo	Świątajno Piecki Szczytno, Mrągowo	2000	„Rzeka Babant i Jezioro Białe” (12 458)*

Rubryka 2: **R** – rezerwat; **P** – pomnik przyrody, **U** – użytk ekologiczny, **Z** – zespół przyrodniczo-krajobrazowy

Rubryka 6: rodzaj rezerwatu: **St** – stepowy, **G** – gład narzutowy, * – częściowo poza obszarem arkusza, ** – łączna powierzchnia dwóch pól (zaznaczone na mapie jednym symbolem)

Na terenie arkusza występuje 9 pomników przyrody żywej – okazałe klony, dęby i sosny oraz 1 pomnik przyrody nieożywionej – położony niedaleko jeziora Łęsk duży głaz narzutowy (granitognejs) o wysokości 1,4 m (tabela 7).

W Szczytnie w formie użytku ekologicznego „Mała Biel” objęto ochroną w 2007 r. dwa małe, położone blisko siebie, tereny wodno-bagiennie (tabela 7). Celem utworzenia użytku jest ochrona awifauny, zwiększenie bioróżnorodności fauny i flory i przywrócenie funkcji fizjocenotycznych obszaru mokradłowego.

W północnej części arkusza znajduje się fragment zespołu przyrodniczo-krajobrazowego „Rzeka Babant i Jezioro Białe”, utworzonego w 2000 roku (tabela 7). Zespół powstał w trosce o zachowanie naturalnego krajobrazu oraz w celu ochrony zlewni rzeki Krutyń, Babanckiej i Krawieńskiej Strugi oraz jezior: Białe, Gant, Tejsowo, Krawno, Krawienko, Kały, Słupek, Stromek, Babant Wielki i Mały. Na jego terenie znajduje się duże zlotowisko żurawi oraz gnieździ się perkoz rdzawoszyi.

Według systemu ECONET (Liro, 1998) niemal cały obszar arkusza Świętajno znajduje się w granicach międzynarodowego obszaru węzłowego Puszczy Piskiej – 14M, jego południowo-zachodni narożnik w granicach obszaru Zachodniomazurskiego – 13M, a południowo-wschodni w granicach obszaru Puszczy Kurpiowskiej – 22M. Na północ od Szczytna, przy zachodniej krawędzi omawianego arkusza, biegnie międzynarodowy korytarz ekologiczny Mazurski – 7m (fig. 5).

Zadaniem obszarów Natura 2000 jest ochrona cennych i zagrożonych składników różnorodności biologicznej kontynentu europejskiego. Na terenie arkusza Świętajno znajdują się fragmenty dwóch obszarów Natura 2000 – w części wschodniej obszar specjalnej ochrony ptaków Puszcza Piska PLB280008, a w jego obrębie, specjalny obszar ochrony siedlisk Ostoja Piska PLH280048 (tabela 8). Obszar Puszcza Piska leży na granicy pomiędzy krainą Wielkich Jezior Mazurskich a Niziną Mazurską.

W jego północno-zachodniej części (poza arkuszem) znajduje się największe polskie jezioro – Śniardwy. Występują tu głównie lasy iglaste z dominującą sosną. W nasadzeniach liściastych dominują lipa i wiąz. Wokół zbiorników wodnych na terenach podmokłych występują zarośla olchowe i różnego rodzaju zabagnienia. Jest to ostoja ptasia o randze europejskiej i krajowej. Występuje co najmniej 37 gatunków ptaków z Załącznika I Dyrektywy Ptasiej, 12 gatunków z Polskiej Czerwonej Księgi. Jest to bardzo ważna ostoja cietrzewia oraz bociana czarnego, orlika krzykliwego, puchacza, rybitwy rzecznej, włochatki i derkacza. Część wyżej opisanej ostoi obejmuje drugi obszar Natura 2000 – Ostoja Piska.

W skład obszaru weszły przede wszystkim tereny o najlepiej zachowanych lasach z cechami naturalnymi oraz o największym bogactwie gatunkowym. Ostoja obejmuje także liczne, rynnowe jeziora połączone ze sobą rzeką Krutynią oraz fragmenty Puszczy o najbardziej zróżnicowanej i urozmaiconej rzeźbie terenu. Jest to ważna ostoja wydry, bobra i wilka. Szczególnie cenne są zachowane w naturalnym stanie zbiorowiska roślinne, zwłaszcza grądu subkontynentalnego, naturalnych, dystroficznych zbiorników wodnych, torfowisk przejściowych i trzęsawisk, jezior eutroficznych oraz zbiorowisk ramienic w wodach mezotroficznych

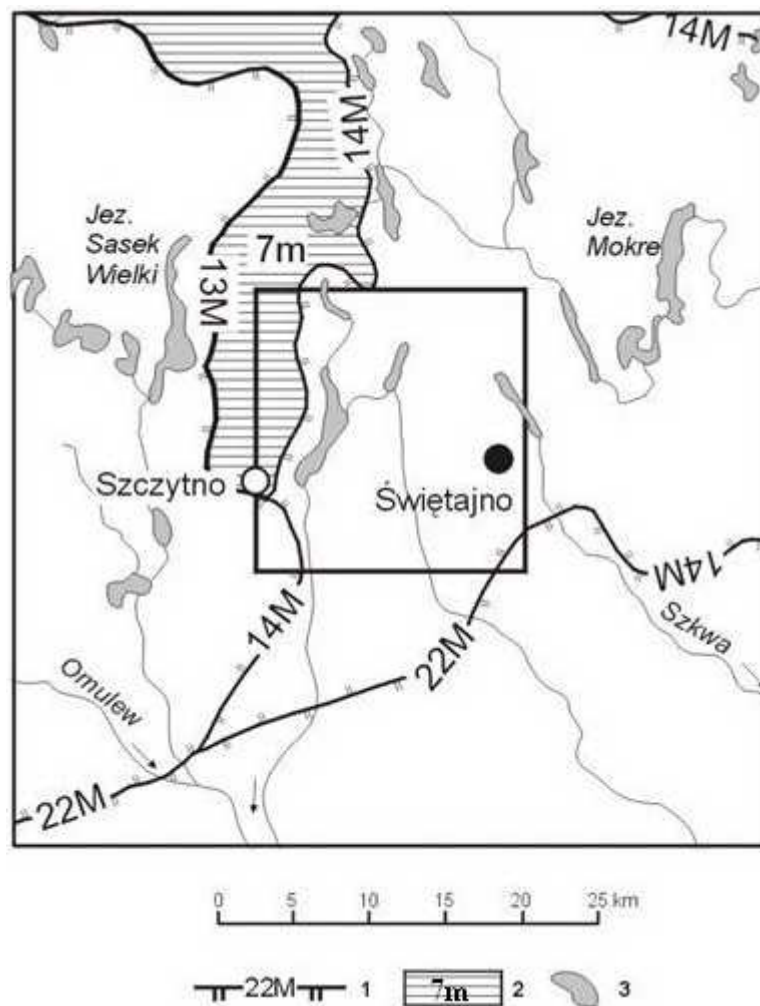


Fig. 5. Położenie arkusza Świętajno na tle systemu ECONET (Liro, 1998)

1 – granica obszaru węzłowego o znaczeniu międzynarodowym, jego numer i nazwa: 13M – Zachodniomazurski, 14M – Puszczy Piskiej, 22M – Puszczy Kurpiowskiej; 2 – korytarz ekologiczny o znaczeniu międzynarodowym, jego numer i nazwa: 7m – Mazurski; 3 – większe jeziora

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	D	PLB 280008	Puszcza Piska (P)	E 21°28'24"	N 53°39'15"	172 802,21	PL623 PL344 PL622	warmińsko- mazurskie	szczycieński, mragowski	Szczytno, Świę- tajno Piecki
2	K	PLH 280048	Ostoja Piska (S)	E 21°21'42"	N 53°33'35"	57 826,61	PL622 PL623	warmińsko- mazurskie	szczycieński, mragowski	Szczytno, Świę- tajno Piecki

Rubryka 2: **D** – OSO (obszar specjalnej ochrony), który graniczy z innym obszarem Natura 2000 – OSO lub SOO (specjalny obszar ochrony); **K** – SOO (specjalne obszary ochrony), częściowo przecinający się z OSO

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

Rubryka 8: PL622 – olsztyński, PL623 – etcki; P344 – łomżyński

XII. Zabytki kultury

Na arkuszu Świętajno występują liczne ślady osadnictwa. Stanowiska archeologiczne datowane są od paleolitu po późne średniowiecze. Na omawianym obszarze zachowały się kurhany na wzgórzach na północ od Szczytna. Kurhan koło wsi Zielonka datowany jest na epokę brązu, a koło miejscowości Romany – na okres starożytny.

Na obszarze omawianego arkusza ochroną konserwatorską objęte zostały zabytki sakralne i architektoniczne. Do najcenniejszych zabytków architektury sakralnej należy kościół katolicki, dawniej ewangelicki, z 1715 r., wraz z cmentarzem przykościelnym w Jerutkach. Kościół ma konstrukcję ryglową i dobrze zachowany ołtarz organowy. W Świętajnie zabytkiem jest kościół z początku XIX wieku, pierwotnie ewangelicki, obecnie katolicki, a w Szczytnie trzy XIX-wieczne cmentarze: komunalny (dawniej ewangelicki), żydowski i wojenny.

Zabytkami architektonicznymi są liczne drewniane chałupy z XVIII i XIX wieku – w Świętajnie 9 chałup (zaznaczono na mapie jednym symbolem), Jerutach, Romanach. Także w Jerutkach 16 chałup objętych jest ochroną konserwatorską, w tym jedna z oborą i stodołą (zaznaczono na mapie jednym symbolem). W Jerutkach zabytkiem jest też szachulcowa kostnica z XIX wieku. W Szczytnie do zabytków należą dawne koszary wojskowe z końca XIX wieku, obecnie główna siedziba Wyższej Szkoły Policyjnej.

W północno-zachodniej części arkusza, na gruntach wsi Jabłonka znajduje się zabytkowy park. Po wysadzonym w powietrze pałacu zbudowanym w 1859 r. zachowały się jedynie fundamenty. Ostatnim właścicielem był baron Wilhelm von König.

XIII. Podsumowanie

Obszar arkusza Świętajno Mapy geośrodowiskowej Polski stanowi część Mazur. Znaczna jego część pokryta jest lasem, a pozostała objęta uprawami rolniczymi, głównie zbóż i ziemniaków. Warunki klimatyczne nie sprzyjają zbyt uprawom, ale gleby, w większej części należą do III i IVa klasy bonitacji, co pozwala uzyskiwać dobre plony.

Puszczę Piską porastają głównie lasy sosnowe, w których prowadzona jest gospodarka polegająca na pozyskaniu drewna dla okolicznych tartaków. Gospodarka rybacka jest oparta na zasobach kilku jezior, z których największe stanowi Jezioro Wałpusz. W podmokłych częściach dolin rzecznych i wokół jezior występują łąki na glebach pochodzenia organicznego.

Wydobycie kopalin – obecnie tylko piasków oraz piasków ze żwirami – na tym obszarze ma znikome znaczenie i ogranicza się do dwóch małych złóż. Istnieją niewielkie perspek-

tywy udokumentowania małych złóż piasków i żwirów. Niewielkie prognozy torfów występujących w obszarach podmokłych dolin wyznaczono koło Szczytna i na przedłużeniu jeziora Świętajno.

Użytkowe, czwartorzędowe piętro wodonośne stanowi w północno-zachodniej części poziom międzymorenowy, a na pozostałym obszarze poziom sandrowy. Zasoby wód powierzchniowych są duże, choć częściowo zagrożone degradacją. Wynika to z powodu braku izolacji warstw wodonośnych, które zagrożone są zanieczyszczeniami pochodzącymi z terenów wiejskich o nieuporządkowanej gospodarce wodno-ściekowej. Wydajności z wiejskich ujęć wód podziemnych przekraczają 100 m³/dobę i w pełni wystarczają. Także Szczytno posiada wystarczającą ilość ujęć wody.

W granicach arkusza Świętajno zdecydowanie dominują tereny wyłączone bezwzględnie z możliwości składowania wszelkiego typu odpadów. Obszary, na których możliwe jest lokalizowanie składowisk odpadów występują jedynie w południowo-wschodniej części waloryzowanego obszaru arkusza. Są to jednak rejony pozbawione naturalnej bariery izolacyjnej, dlatego też stopień zagrożenia głównego poziomu użytkowego wód podziemnych na tych obszarach określono jako wysoki. Lokalizacja składowisk odpadów na wyznaczonych obszarach powinna być poprzedzona wykonaniem pełnej sztucznej bariery izolacyjnej. Na omawianym terenie brak jest również wyrobisk poeksploatacyjnych, które mogłoby być rozpatrywane jako potencjalne miejsce składowania odpadów.

Omawiany obszar jest w zasadzie płaski, równinny, a tylko w północnej części pofalowany i porozcinany dolinami jezior rynnowych. Na równinie warunki podłoża budowlanego są zwykle dobre, natomiast w dolinach i wokół jezior pojawiają się grunty organiczne, które utrudniają budownictwo. Dodatkowo mała miąższość piasków ze żwirami na tarasach rzecznych powoduje, że okresowo podnosi się na nich poziom wód gruntowych. Stąd należy te obszary także uważać za niekorzystne do zabudowy. W północnej części na stromych stokach moren i kemów występują zjawiska niekorzystne dla budownictwa – splezywanie i spłukiwanie, a strome zbocza dolin jeziornych są predysponowane do występowania ruchów masowych, takich jak osuwiska i obrywy.

Środowisko przyrodnicze jest w nieznacznym stopniu przekształcone. Jest to związane z całkowitym brakiem przemysłu i innych uciążliwych dla środowiska form zagospodarowania. Najcenniejsze tereny objęto ochroną w kompleksie obszarów chronionego krajobrazu, w formie rezerwatu przyrody „Kulka”, użytku ekologicznego „Mała Biel” oraz zespołu przyrodniczo-krajobrazowego „Rzeka Babant i Jezioro Białe”. Jeziora, obszary podmokłe i lasy

stanowią siedliska licznych gatunków ptaków i zwierząt. Najcenniejsze przyrodniczo tereny objęto ochroną Natura 2000 – jest to Ostoja Piska PLH280048 i Puszcza Piska PLB280008.

Północna część obszaru posiada duże walory krajobrazowe oraz przyrodnicze i stanowi ciekawy obszar turystyczny. Południowa, płaska część arkusza, jest raczej predysponowana do produkcji ekologicznej żywności.

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.
- BIRCH G., SIAKA M., OWENS C., 2001 – The source of anthropogenic heavy metals in fluvial sediments of a rural catchment: Coxs River, Australia. *Water, Air & Soil Pollution*, 126 (1–2): 13 – 35.
- BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., 1996 – Heavy metals in the Bystrzyca river flood plain. *Geological Quarterly*, 40 (3): 467–480.
- BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., LEWANDOWSKI P., 1995 – Metale ciężkie w glebach tarasów zalewowych Pisi. *Prz. Geol.* 44 (1), 75, 1995.
- 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.
- ĆWIERTNIEWSKA Z., HERBICH P., 2002 – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Świętajno. *Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., 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.
- GAŁAŚ A., 2006 – Mapa geologiczno-gospodarcza Polski w skali 1:50 000, arkusz Świętajno (216) wraz z objaśnieniami. *Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.*
- 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.), MORAWSKI W., POCHOCKA-SZWARC K., 2007 – Mapa osuwisk i obszarów predysponowanych do występowania ruchów masowych w województwie warmińsko-mazurskim. *Centr. Arch. Geol. PIG, 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.
- KAMOLA Z., 1963 – Orzeczenie z przeprowadzonych prac geologiczno-wiertniczych w rejonie wsi Romany, pow. Szczytno, woj. olsztyńskie. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KLECZKOWSKI A. S. (red.), 1990 – Mapa głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających ochrony, w skali 1:500 000. Akademia Górniczo-Hutnicza, 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., 1998 – Strategia wdrażania krajowej sieci ekologicznej. ECONET, Fundacja IUCN, 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 soils and crops affected by the Chenzhou lead/zinc mine spill (Hunan, China). *Sci Total Environ.* 339(1–3):153–166.
- 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.
- MARKS L., BER A., GOGOŁEK W., PIOTROWSKA K. (red.), 2006 – Mapa geologiczna Polski w skali 1:500 000. Państw. Inst. Geol., 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.
- NOWAKOWSKI C., SZELEWICKA A., CZERWIŃSKA M., SUCHARZEWSKA M., WĘGRZYN A., 2007 – Dokumentacja określająca warunki hydrogeologiczne dla ustanowienia obszaru ochronnego Głównego Zbiornika Wód Podziemnych Olsztyn GZWP nr 213. *Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.*
- 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 i kształtowaniem środowiska. IMUZ, Falenty.
- PACZYŃSKI B. (red.) 1995 – Atlas hydrogeologiczny Polski, skala 1:500 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PACZYŃSKI B., SADURSKI A. (red.) 2007 – Hydrogeologia regionalna Polski. Tom I. Wody słodkie. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- 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.
- RENDAK M., JAWORSKA I., HAKENBERG H., KUSMIERZ A., 1998 – Dokumentacja określająca warunki hydrogeologiczne dla ustanowienia stref ochronnych zbiornika wód podziemnych w utworach czwartorzędowych Sandr Kurpie – GZWP 216. *Arch. Przeds. Geol. POLGEOL S.A. Warszawa.*
- 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 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.
- 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., MIKANOVÁ O., BORŮVKA L., 2003 – Effects of heavy metal concentrations on biological activity of soil micro-organisms. *Plant & Soil Environ.*, 49 (7): 321–326.
- STRZELECKI R., WOŁKOWICZ S., SZEWCZYK J., LEWANDOWSKI P., 1993 – Mapy Radioekologiczne Polski cz. I: Mapa mocy dawki promieniowania gamma w Polsce; Mapa stężenia cezu w Polsce. Skala 1:750 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- STRZELECKI R., WOŁKOWICZ S., SZEWCZYK J., LEWANDOWSKI P., 1994 – Mapy Radioekologiczne Polski cz. II. Mapa koncentracji uranu, toru i potasu w Polsce. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SZUFLICKI M., MALON A., TYMIŃSKI M. (red.), 2011 – Bilans zasobów kopalin i wód podziemnych w Polsce według stanu na 31 XII 2010 r. Państw. Inst. Geol., 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.

- WILCZEK T., HASS T., 1966 – Sprawozdanie z I-go etapu badań geologicznych złóż surowców ilastych ceramiki budowlanej w okolicach Szczytna. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- WILDI W., DOMINIK J., LOIZEAU J., THOMAS R. FAVARGER P. HALLER L., PEROUD 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., 1996 – *Klimat Polski*. Wydawnictwo PWN, Warszawa.
- ZAPRZELSKI Z., BIENIEK A., 2004 – Dokumentacja geologiczna złoża kruszywa naturalnego „Nowe Kiejkuty” w kat. C₁. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- ZAPRZELSKI Z., 2006 – Dokumentacja geologiczna złoża kruszywa naturalnego „Świątajno” w kat. C₁. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- ŻUK R., 1999 – Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, arkusz Świątajno. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- ŻUK R., 2000 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, arkusz Świątajno. Państw. Inst. Geol., Warszawa.