

Mapa geomorfologiczna województw pomorskiego i warmińsko-mazurskiego z wykorzystaniem metod geoinformatycznych

Geomorphological map of pomorskie and warmińsko-mazurskie voivodeships using geoinformatics methods

Adriana MARCINKOWSKA, Adrian OCHTYRA, Jan R. OLEŹDKI,
Elżbieta WOŁK-MUSIAŁ, Bogdan ZAGAJEWSKI

Słowa kluczowe: forma rzeźby, geomorfologia, Landsat, mapa cyfrowa, podlaskie, pomorskie, warmińsko-mazurskie, wektoryzacja, województwo, zdjęcie satelitarne,

Key words: landform, geomorphology, Landsat, digital map, podlaskie, pomorskie, warmińsko-mazurskie, vectorization, voivodeship, satellite image

Otrzymano: 20 września 2012; **Zaakceptowano** 17 marca 2013

Received: 20 September 2012; **Accepted:** 17 March 2013

The aim of this study was to prepare geomorphological maps of pomorskie and warmińsko-mazurskie voivodeships in scale 1:300 000. Analysis primarily were based on the General Geomorphological Map of Poland 1:500 000 and Landsat 5 TM satellite images in RGB 453 composition, and alternatively with Geological Map of Poland 1:200 000, Topographic Map of Poland 1:100 000 and Digital Terrain Model from Shuttle Radar Topography Mission. These materials were processed into digital form and imported them PUWG 1992 coordinate system. Based on them was lead interpretation and vectoriza-

tion of geomorphological forms. It was detailing the boundaries in accordance with the content of the General Geomorphological Map of Poland 1:500 000. Then polygons were coded according to the numbering of J. Borzuchowski (2010). Very important was process to design a legend and then editing maps. The last stage of this study was to prepare a composition for printing maps. The effect of studies are geomorphological maps of pomorskie and warmińsko-mazurskie voivodeships in scale 1:300 000, and an interactive databases in ESRI shapefile format (.shp).*

Wstęp

Mapa jest jednym z podstawowych źródeł informacji geograficznych. Termin „mapa” (*łac. mappa*) oznacza zmniejszone, uogólnione zobrazowanie całości lub fragmentu powierzchni Ziemi na płaszczyźnie. Jest to termin złożony i odnosi się on do materiałów spełniających pewne, istotne wymagania. Mapa charakteryzuje się określoną matematycznie konstrukcją, zależnością między światem rzeczywistym a jego modelem prezentowanym na płaszczyźnie w skali, zastosowaniem specjalnych systemów znaków, jak również wyborem i generalizacją przedstawianych zjawisk (Robinson i in., 1988, Saliszczew, 2003).

Istnieją różne rodzaje map. Ze względu na skalę oraz przedmiot komunikowania mapy dzieli się na małoska-

lowe i wielkoskalowe¹, oraz ogólnogeograficzne i tematyczne, natomiast uwzględniając treść i funkcje dzielimy mapy na katastralne, nawigacyjne, drogowe, glebowe, geologiczne, geomorfologiczne itp. (Robinson i in., 1988)

Wszystkie rodzaje map można zaprezentować w postaci analogowej, której początki sięgają rozwoju pierwszych cywilizacji, jak również za pomocą technik cyfrowych, które obecnie są coraz powszechniejsze, głównie z powodu większych możliwości ich wykorzystania, np. w nawigacji GPS, czy innych urządzeniach mobilnych. Mapa cyfrowa jest to model rzeczywistości geograficznej przedstawiony w postaci cyfrowej oraz

¹ Mapy wielkoskalowe występują w skalach 1:10000 i większych, średnioskalowe: powyżej 1:10000 do 1:100000, małoskalowe: powyżej 1:100000 i mniejszych (*Instrukcja techniczna O-2, 1987*).

przystosowany do komputerowego przetwarzania danych a także generowania map analogowych danego obszaru (Gaździcki, 2002). Przechowuje ona topologię oraz geometrię obiektów geograficznych wraz z informacjami je opisującymi (atrybutami), tworząc bazy danych (Myrda, 1991). Mapy takie tworzone są w systemach geoinformatycznych, będących narzędziem zbierania, analizy, przetwarzania oraz wizualizacji danych powiązanych z daną lokalizacją w środowisku geograficznym (Werner, 2004).

W niniejszej publikacji, równie istotnym zagadnieniem, jak mapa oraz mapa cyfrowa, jest geomorfologia. Nauka ta bada formy powierzchni Ziemi oraz procesy jakie je kształtują. Rzeźba terenu obok budowy geologicznej, klimatu, pokrywy glebowej, hydrografii oraz szaty roślinnej, należy do kluczowych komponentów środowiska przyrodniczego, determinujących inne jego elementy, ale także i działalność człowieka. Rola geomorfologii, obejmująca poznanie cech morfologicznych i morfometrycznych, pochodzenia, wieku form, jak również procesów rzeźbotwórczych przyczynia się do racjonalniejszego zagospodarowania i wykorzystania rzeźby terenu przez człowieka (Klimaszewski, 1978, Migoń, 2006, Mycielska-Dowgiałło i in., 1999).

W geomorfologii stosuje się ilościowe i jakościowe metody badawcze, jedną z nich, uwzględniającą zarówno cechy ilościowe, jak i jakościowe, jest kartowanie geomorfologiczne. Rezultatem kartowania jest mapa geomorfologiczna, prezentująca rzeźbę powierzchni Ziemi w dowolnie przyjętej skali oraz umowie przyjętych sygnatur i symboli. Mapa powinna przedstawiać cechy morfologiczne i morfometryczne, charakter ukształtowania powierzchni, genezę form oraz ich wiek, jak również umożliwiać odtworzenie procesów jakie zaszły przed ukształtowaniem się ówczesnej rzeźby oraz ocenę zagrożeń obecnie zachodzącymi procesami na powierzchni Ziemi (Migoń, 2006).

Ze względu na skalę, mapy geomorfologiczne dzieli się na szczegółowe (1:10 000 – 1:100 000) oraz przeglądowe (poniżej 1:100 000). Mapy szczegółowe są opracowywane na podstawie terenowego kartowania z wykorzystaniem materiałów pomocniczych, np. map topograficznych, czy zdjęć lotniczych. Fotointerpretacja form geomorfologicznych pozwala na identyfikację wielu form i typów rzeźby, a także pomiar danych morfometrycznych. Przeglądowa mapa geomorfologiczna, w skalach od 1:200 000 do 1:1 000 000 jest wynikiem opracowań i studiów kameralnych. Zestawia ona kartograficznie stan badań i wiedzy o rzeźbie badanego terenu, obrazuje główne rysy rzeźby i jej stosunek do budowy podłoża. Przy opracowywaniu istotne znaczenie mają zarówno zdjęcia lotnicze, jak i satelitarne (Klimaszewski, 1978).

Cel pracy

Celem niniejszej pracy jest opracowanie cyfrowych map geomorfologicznych województw pomorskiego oraz

warmińsko-mazurskiego z fragmentami podlaskiego w skali 1:300 000, na podstawie materiałów teledetekcyjnych i kartograficznych oraz Numerycznego Modelu Terenu (NMT). Praca jest kontynuacją projektu prowadzonego przez Katedrę Geoinformatyki i Teledetekcji WGiSR UW. Projekt ma na celu opracowanie cyfrowej *Mapy Geomorfologicznej Polski* w skali 1:300 000.

Pierwszą opracowaną mapą w tej skali była *Przeglądowa Mapa Geomorfologiczna Podlasia* z 2008 roku, będąca efektem pracy magisterskiej Jacka Krzemińskiego (Krzemiński, 2009), napisanej pod opieką prof. Jana R. Olędzkiego. Drugim opracowaniem była *Cyfrowa Mapa Geomorfologiczna Mazowsza*, wykonana w roku 2010 przez Milenę Napiórkowską, pod opieką dr Elżbiety Wołk-Musiał (Napiórkowska, 2011).

Dla wykonania map geomorfologicznych województw pomorskiego oraz warmińsko-mazurskiego wykorzystano oprogramowanie ArcGIS 10 oraz ENVI 4.5. Podstawą konstrukcji map są zobrazowania satelitarne Landsat 5 TM oraz arkusze *Przeglądowej Mapy Geomorfologicznej Polski 1:500 000*. Do materiałów pomocniczych należą arkusze *Mapy Geologicznej Polski 1:200 000*, *Mapy Topograficznej Polski 1:100 000* a także Numeryczny Model Terenu z misji SRTM. Zakres treści opracowanych map jest zgodny z treścią *Przeglądowej Mapy Geomorfologicznej 1:500 000*, jednak zasięg form został uszczegółowiony w procesie interpretacji zdjęć satelitarnych (kompozycji RGB 453), NMT oraz wspomnianych map geomorfologicznych i geologicznych. Zwektoryzowane poligony zakodowane zostały zgodnie z numeracją opracowaną przez J. Borzuchowskiego (Borzuchowski, Olędzki, 2011). Kolejnym elementem było opracowanie mapy podkładowej, zawierającej warstwice, drogi krajowe oraz miasta powiatowe. Końcowym etapem było opracowanie symboliki legendy oraz redakcja mapy. Efektem opracowania są dwie mapy geomorfologiczne analizowanych województw w skali 1:300 000 oraz interaktywne bazy danych w standardzie ArcGIS.

Kartowanie geomorfologiczne w świetle literatury

W Polsce działa szereg ośrodków naukowych zajmujących się badaniami geomorfologicznymi, wyspecjalizowanych w różnych kierunkach (Tabela 1). Ośrodki te zajmują się różnorodną tematyką z zakresu geomorfologii. Są to zarówno analizy terenów znajdujących się w ich okolicach (np. Katedra Geomorfologii i Geologii Czwartorzędu Uniwersytetu Gdańskiego zajmująca się strefą brzegową południowego Bałtyku oraz Pojezierzami Południowobałtyckimi), jak również obejmujące rozleglejsze tereny Polski lub innych miejsc na świecie (Zakład Geomorfologii i Hydrologii Nizy PAN – badania na obszarze Nizy Polskiego oraz badania porównawcze w obszarach polarnych – Spitsbergen z zakresu geomorfologii glacialnej i w Centralnej Azji z zakresu hydrologii i geomorfologii strefy peryglacialnej).

Wyniki opracowań geomorfologicznych prezentowane są w postaci opisowej oraz kartograficznej. Dla obszaru

Tabela 1. Wybrane ośrodki geomorfologiczne w Polsce.

Table 1. Selected centers of geomorphological researches in Poland.

Ośrodek	Jednostka	Kierownictwo (rok rozpoczęcia)
Kraków	PAN, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania, Zakład Geomorfologii i Hydrologii Gór i Wyżyn	M. Klimaszewski (1953), L. Starkel (1968), A. Kotarba (2001), Z. Rączkowska (2009)
Toruń	PAN, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania, Zakład Geomorfologii i Hydrologii Nizy	R. Galon (1953), J. Szupryczyński (1968)
Warszawa	Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Instytut Geografii Fizycznej, Zakład Geomorfologii	C. Radłowska (1974), M. Bogacki (1985), A. Richling (2004), E. Mycielska-Dowgiałło (1994), E. Smolska (2006)
Kraków	Uniwersytet Jagielloński, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania, Zakład Geomorfologii	M. Klimaszewski (1967), L. Kaszowski (1979), K. Krzemień (1996)
Poznań	Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Instytut Geoeologii i Geoinformacji, Zakład Geomorfologii	S. Kozarski (1966), B. Nowaczyk (1996)
Lublin	Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej	K. Pękala (1992), J. Superson (2006)
Wrocław	Uniwersytet Wrocławski, Wydział Nauk Ziemi i Kształtowaniu Środowiska, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, Zakład Geomorfologii	A. Jahn (1969), J. Czerwiński (1994), P. Migoń (2002)
Toruń	Uniwersytet im. Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, Instytut Geografii, Zakład Geomorfologii i Paleogeografii Czwartorzędu	R. Galon (1946), B. Rosa (1969), W. Niewiarowski (1970), E. Wiśniewski (1984), L. Andrzejewski (1994)
Gdańsk	Uniwersytet Gdański, Katedra Geomorfologii i Geologii Czwartorzędu	B. Augustowski (1959), B. Rosa (1970), R. Gołębiwski (1996), S. Fedorowicz (2008)
Szczecin	Uniwersytet Szczeciński, Wydział Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk o Morzu, Zakład Geomorfologii Morskiej	S. Musielak
Słupsk	Akademia Pomorska w Słupsku, Instytut Geografii i Studiów Regionalnych, Zakład Geomorfologii i Geologii Czwartorzędu	W. Florek (1986)
Sosnowiec	Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Geomorfologii	M. Pulina (1976), J. Jania (1991)
Kielce	Uniwersytet im. Jana Kochanowskiego w Kielcach, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Instytut Geografii, Zakład Geomorfologii, Geoarcheologii i Kształtowania Środowiska	T. Kalicki
Łódź	Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Instytut Nauk o Ziemi, Zakład Geomorfologii, Katedra Badań Czwartorzędu	A. Dylikowa (1981), Z. Klajnert (1982), K. Kozuchowski (2006), H. Klatkova (1981), K. Turkowska (1994)

Źródło: opracowanie własne¹.Source: own description².

¹ Na podstawie: www.geoinfo.amu.edu.pl/igig/, www.geom.geo.uj.edu.pl, www.geom.uni.wroc.pl, www.geomorf.wnoz.us.edu.pl, www.geomorfologia.umcs.lublin.pl, www.globus.igipz.pan.pl/krakow/home_pl.htm, www.globus.igipz.pan.pl/torun/home_pl.htm, www.home.umk.pl/~zgipc/Geomorfologia, www.kgigcz.ug.edu.pl, www.ujk.edu.pl/zgks, www.us.szcz.pl/main.php/geom?xml=load_page&st=17009

² Na podstawie: www.geoinfo.amu.edu.pl/igig/, www.geom.geo.uj.edu.pl, www.geom.uni.wroc.pl, www.geomorf.wnoz.us.edu.pl, www.geomorfologia.umcs.lublin.pl, www.globus.igipz.pan.pl/krakow/home_pl.htm, www.globus.igipz.pan.pl/torun/home_pl.htm, www.home.umk.pl/~zgipc/Geomorfologia, www.kgigcz.ug.edu.pl, www.ujk.edu.pl/zgks, www.us.szcz.pl/main.php/geom?xml=load_page&st=17009

Tabela 2. Wybrane opracowania geomorfologiczne w Polsce.

Table 2. Selected geomorphological studies in Poland.

Rok / lata opracowania	Autor	Tytuł mapy	Skala opracowania	Postać	Ośrodek
1956	Klimaszewski M., Galon R. i in.	<i>Szczegółowa Mapa Geomorfologiczna Polski</i>	1:25 000 1:50 000	analogowa	Zakład Geomorfologii i Hydrologii Gór i Wyżyn, Instytut Geografii PAN Kraków, Zakład Geomorfologii Instytutu Geografii UMK Toruń, Zakład Geomorfologii Nizu IGiPZ PAN
1980	Starkel L. i in. (red.)	<i>Przeglądowa Mapa Geomorfologiczna Polski 1:500 000</i>	1:500 000	analogowa	Zakład Geomorfologii i Hydrologii Gór i Wyżyn, Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN Kraków
1961 2007	Krygowski B. i in.	<i>Mapa Geomorfologiczna Niziny Wielkopolsko-Kujawskiej 1:300 000</i>	1:300 000	analogowa, cyfrowa	Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego, Instytut Geologii i Geoinformacji Wydziału Nauk Geograficznych UAM Poznań
1964 2005	Żynda S. i in.	<i>Mapa geomorfologiczna Wysoczyzny Torzymskiej</i>	1:50 000	analogowa, cyfrowa	
1965 2011	Rotnicki K. i in.	<i>Mapa geomorfologiczna Wzgórz Ostrzeszowskich i doliny środkowej Proсны między Bolesławcem a Kaliszem</i>	1:50 000 1:75 000	analogowa, cyfrowa	Instytut Geoekologii i Geoinformacji Wydziału Nauk Geograficznych UAM Poznań
1965 2011	Rotnicki K. i in.	<i>Geomorfologia południowo-wschodniej Wielkopolski</i>	1:100 000 1:200 000	analogowa, cyfrowa	
1968 2007	Karczewski A. i in.	<i>Cyfrowa mapa geomorfologii Pojezierza Myśliborskiego i Niziny Szczecińskiej</i>	1:125 000 1:200 000	analogowa, cyfrowa	Zakład Geomorfologii,
1992	Musiał A.	<i>Rzeźba Glacialna Północnego Podlasia 1:200 000</i>	1:200 000	analogowa	
1978	Wołk-Musiał E.	<i>Granica zlodowacenia bałtyckiego na obszarze Wysoczyzny Kolneńskiej w świetle analizy zdjęć lotniczych</i>	1:26 000 1:48 000	analogowa	Pracownia Fotointerpretacji Geograficznej,
1992	Wołk-Musiał E.	<i>Fotointerpretacyjna mapa geomorfologiczna w skali 1:50 000, arkusz Choroszcz, opracowana numerycznie</i>	1:50 000	cyfrowa	
2000	Wołk-Musiał E., Zagajewski B.	<i>Analiza geomorfologiczna terenu z zastosowaniem systemów informacji geograficznej</i>	1:50 000	cyfrowa, analogowa	
2002	Wołk-Musiał E., Lewiński S., Zagajewski B.	<i>Geomorphological Map (Tykocin Sheet). Methodology</i>	1:25 000	cyfrowa, analogowa	
2004	Borzuchowski J.	<i>Cyfrowa mapa geomorfologiczna Karpat</i>	1:500 000	cyfrowa, analogowa	
2007	Ciećwierz A.	<i>Wielkoskalowa mapa geomorfologiczna wschodniej części arkusza Knyszyn (N-34-106-B). Studium metodyczne cyfrowej prezentacji</i>	1:25 000	cyfrowa, analogowa	Katedra Geoinformatyki i Teledetekcji Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych UW Warszawa
2007	Lewczuk G.	<i>Wielkoskalowa mapa geomorfologiczna zachodniej części arkusza Knyszyn (N-34-106-B). Studium metodyczne cyfrowej prezentacji</i>	1:25 000	cyfrowa, analogowa	

2008	Krzemiński J.	<i>Przeglądowa Mapa Geomorfologiczna Podlasia 1:300 000</i>	1:300 000	cyfrowa, analogowa
2009	Gatkowska (Kaniowska) M.	<i>Mapa geomorfologiczna Narwiańskiego Parku Narodowego wraz z otuliną w skali 1:25 000</i>	1: 25 000	cyfrowa, analogowa
2010	Napiórkowska M.	<i>Przeglądowa Mapa Geomorfologiczna Mazowsza 1:300 000</i>	1:300 000	cyfrowa, analogowa

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Binduga, 2007, Borzuchowski, Olędzki, 2011, Ciećwierz, 2007, Klimaszewski, 1978, Krzemiński, 2009, Lewczuk, 2007, Musiał, 1992, Napiórkowska, 2011, Wołk-Musiał, 1978, Wołk-Musiał, 1992, Wołk-Musiał, Gatkowska, 2011, Wołk-Musiał, Lewiński, Zagajewski, 2002, Wołk-Musiał, Zagajewski 2000, www.geoinfo.amu.edu.pl, www.wojman.bloog.pl
 Source: own description based on: Binduga, 2007, Borzuchowski, Olędzki, 2011, Ciećwierz, 2007, Klimaszewski, 1978, Krzemiński, 2009, Lewczuk, 2007, Musiał, 1992, Napiórkowska, 2011, Wołk-Musiał, 1978, Wołk-Musiał, 1992, Wołk-Musiał, Gatkowska, 2011, Wołk-Musiał, Lewiński, Zagajewski, 2002, Wołk-Musiał, Zagajewski 2000, www.geoinfo.amu.edu.pl, www.wojman.bloog.pl

Polski wykonywano zarówno szczegółowe, jak i przeglądowe mapy geomorfologiczne, a zestawienie wybranych opracowań kartograficznych, z uwzględnieniem skali oraz postaci, zaprezentowano w Tabeli 2.

Analizując Tabelę 2 można zaobserwować specjalizację wymienionych ośrodków w metodyce wykonywanych opracowań. Mapy w wersji analogowej są to pierwsze mapy geomorfologiczne, które powstały w Polsce, w Krakowie oraz Toruniu w latach 50-tych do 90-tych XX w. (Klimaszewski, 1978, Starkel i in., 1980). Kolejne są opracowaniami ośrodka poznańskiego, pierwotnie analogowymi (Krygowski, 1961, Żynda, 1964, Rotnicki, 1965, Karczewski, 1968), jednak od roku 2005 przetwarzanymi do postaci cyfrowych². Mapy powstałe w ośrodku warszawskim natomiast, początkowo były to mapy w wersji papierowej (Wołk-Musiał, 1978, Musiał, 1992), jednak w większości są to mapy opracowane w postaci numerycznej (Wołk-Musiał, 1992, Wołk-Musiał, Zagajewski, 2000, Wołk-Musiał, Lewiński, Zagajewski, 2002, Borzuchowski, Olędzki, 2011, Ciećwierz, 2007, Lewczuk, 2007, Krzemiński, 2009, Wołk-Musiał, Gatkowska, 2011, Napiórkowska, 2011), które w końcowym etapie prac zostały wydrukowane, zatem istnieją również w postaci analogowej.

W przypadku map analogowych pierwszą mapą jest *Szczegółowa Mapa Geomorfologiczna Polski 1:50 000*, wydana w 30 arkuszach w latach 1958-1969, oraz w kolejnych 4 arkuszach w latach 1988-1994, przez prof. M. Klimaszewskiego w Zakładzie Geomorfologii Jagiellońskiego Hydrologii Gór i Wyżn Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN w Krakowie oraz przez prof. R. Galona w Zakładzie Geomorfologii Nizu IGiPZ PAN w Toruniu. Zasady konstruowania mapy ustalone zostały w czasie posiedzenia podkomisji Kartowania Geomorfologicznego Międzynarodowej Unii Geograficznej. W roku 1963 Klimaszewski ogłosił tzw. „krakowską” legendę, stawiała ona nacisk na formy i procesy charakterystyczne dla obszarów górskich i wyżynnych, bez specyfiki nizinnych obszarów

połodowcowych, które uzupełnione zostały w legendzie „toruńskiej” Galona, która opierała się na klasyfikacji wykorzystującej genetyczną sekwencję form rzeźby postępujących w miarę oddalania się od czoła lądolodu. Kartowanie geomorfologiczne dla północnej Polski objęła legenda toruńska, dla południowej natomiast legenda krakowska (Klimaszewski, 1978).

W roku 1980 została opracowana *Przeglądowa Mapa Geomorfologiczna Polski 1:500 000*, redagowana i zestawiona przez zespół kierowany przez L. Starkla w Zakładzie Geomorfologii i Hydrologii Gór i Wyżyn Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN na podstawie materiałów wielu autorów wymienionych w stopce mapy. Wydana została w 6 arkuszach: GDAŃSK, KRAKÓW, LUBLIN, POZNAŃ, WARSZAWA, WROCŁAW. Dla Polski wyróżniono hierarchicznie 173 formy terenu: na pierwszym poziomie mieszczą się obszary wynoszone w neogenie i czwartorzędzie, następnie obszary obniżane w neogenie i czwartorzędzie, kolejno formy o takiej samej genezie, na końcu natomiast występują pojedyncze formy o określonej genezie i czasie powstania Starkel i in. 1980, Gilewska i in. 1982).

Istotnym ośrodkiem, w którym opracowywano mapy geomorfologiczne, zarówno w wersji analogowej, jak w późniejszym okresie również w wersji cyfrowej, jest ośrodek poznański. Analogowa *Mapa Geomorfologiczna Niziny Wielkopolsko-Kujawskiej 1:300 000*, opracowana w 1961 roku przez prof. B. Krygowskiego w Instytucie Geoeologii i Geoinformacji Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych Uniwersytetu Adama Mickiewicza przedstawia geomorfologię Niziny sprzed 40 lat. W roku 2006, w 100 rocznicę urodzin profesora rozpoczęto prace nad zaktualizowaniem a także przetworzeniem mapy do wersji cyfrowej³.

Kolejnym opracowaniem geomorfologicznym, będącym odpowiedzią na zapotrzebowanie rozwoju metodyki badań fizycznogeograficznych przy zastosowaniu technik teledetekcyjnych oraz GIS, powstałym w tym ośrodku jest *Mapa geomorfologiczna Wysoczyzny Torzymskiej*

² www.geoinfo.amu.edu.pl, www.wojman.bloog.pl

³ www.geoinfo.amu.edu.pl/igig/badaniad_mapa_bk.php

z roku 1964, autorstwa prof. S. Żyndy, wykonana w Instytucie Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego UAM. Mapę tę również opracowano w wersji numerycznej w roku 2005, w Zakładzie Kształtowania Środowiska Przyrodniczego i Fotointerpretacji UAM, pod główną redakcją W. Mania⁴.

Mapa geomorfologiczna Wzgórz Ostrzeszowskich i doliny środkowej Prozny między Bolesławcem a Kaliszem prof. K. Rotnickiego z roku 1965, wykonana w Instytucie Geoekologii i Geoinformacji UAM, przedstawia kartowanie geomorfologiczne na podkładzie niemieckich map topograficznych w skali 1:25 000, których pierwowrys zmniejszono następnie do 1:50 000. Oryginał mapy powstał na podstawie badań terenowych w latach 1958-1964. W roku 2011 powstała wersja cyfrowa mapy w skali 1:75 000, do której dołączono wiek niektórych form, wyrażony w tysiącach lat radiowęglowych⁵.

Następna mapa tego samego autora, *Geomorfologia południowo-wschodniej Wielkopolski: powiązania wiekowe form peryglacjalnych obszaru zlodowacenia środkowopolskiego z formami glacialnymi zlodowacenia bałtyckiego* w skali 1:100 000, również powstała w 1965 roku w Instytucie Geoekologii i Geoinformacji UAM. W roku 2011 stworzono ją także w wersji cyfrowej, w skali 1:200 000. Obie mapy K. Rotnickiego były załącznikami do jego rozprawy doktorskiej pt.: *Rzeźba Wzgórz Ostrzeszowskich jako rezultat rozwoju stoku podczas Würmu, którą opublikowało w 1966 roku Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk jako tom 5, zeszyt 2 Prac Komisji Geograficzno-Geologicznej. Obie mapy nie były opublikowane z powodów panującej ówczesnie cenzury*⁶.

W ośrodku poznańskim, w Instytucie Geoekologii i Geoinformacji Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych UAM, w roku 1968 powstała również *Cyfrowa mapa geomorfologii Pojezierza Myśliborskiego i Niziny Szczecińskiej*. Mapa autorstwa prof. A. Karczewskiego była wynikiem badań terenowych z lat 1958-1965. Powstała na podstawie map topograficznych w skali 1:25 000, w 1998 roku wydano ją w formie czarno-białej w skali 1:125 000, natomiast w roku 2007 pracownicy i studenci geoinformacji opracowali jej wersję numeryczną⁷.

Niewątpliwie istotnym ośrodkiem, w którym wykonywano opracowania geomorfologiczne jest ośrodek warszawski – Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego. Były to opracowania zarówno opisowe, jak i kartograficzne, dotyczące różnych obszarów. Należy do nich z pewnością *Studium rzeźby glacialnej północnego Podlasia*, autorstwa A. Musiała (1992), będące syntetyczną pracą, poprzedzoną wieloma szczegółowymi studiami. Przedstawia ona charakterystykę poszczególnych części północnego Podlasia, wraz ze szczegółowym opisem etapów powstawania rzeźby.

Autor obalił teorię o frontальnym charakterze zaniku lodowca, uważając, iż formy glacialne wiążą się ze znacznie rozciągniętą w czasie deglacjacją przetainową. W pracy zaprezentowano także przestrzenne zróżnicowanie geomorfologiczne obszaru za pomocą *Rzeźby Glacialnej Północnego Podlasia*, będącej opracowaniem kartograficznym w skali 1:200 000 (Musiał, 1992).

Badania dotyczące geomorfologii na Uniwersytecie Warszawskim, również przy pomocy kartowania, z użyciem metod teledetekcyjnych, prowadzone są przez dr E. Wołk-Musiał. Praca pt. *Granica zlodowacenia bałtyckiego na obszarze Wysoczyzny Kolneńskiej w świetle analizy zdjęć lotniczych* przedstawia możliwości zastosowania zdjęć do szczegółowego wyznaczania zasięgu form polodowcowych na obszarze Wysoczyzny Kolneńskiej. Wykorzystano w tym celu pięć zespołów panchromatycznych zdjęć lotniczych. Autorka poprzez pośrednią analizę fototonów na zdjęciach udowodniła, iż odczyt zasięgu zlodowacenia bałtyckiego w sposób bezpośredni możliwy jest we wschodniej części Wysoczyzny, pośrednio możliwy jest w części zachodniej (poprzez charakterystyczny układ fototonów), natomiast najtrudniej wyodrębnić formy w części centralnej, ze względu na dwa typy deglacjacji występującej na badanym obszarze. W pracy zawarto dwie mapy, przedstawiające zróżnicowanie fototonów w częściach analizowanych obszarów, w skalach 1:26 000 (*Zróżnicowanie fototonu dla okolic Bęcłowa*) oraz 1:48 000 (*Zróżnicowanie fototonu dla obszarów na południe od Kumielska*) (Wołk-Musiał, 1978).

Pierwszą mapą numeryczną, która opierała się na analizie zdjęć panchromatycznych w skali 1:25 000 z 1987 r., obrazów satelitarnych, map topograficznych oraz tematycznych w skali 1:25 000, jak również literatury i prac terenowych była *Fotointerpretacyjna mapa geomorfologiczna w skali 1:50 000, arkusz Choroszcz, opracowana numerycznie*. Została ona wykonana w Pracowni Fotointerpretacji Geograficznej Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego przez dr E. Wołk-Musiał w 1992 r. Obejmowała ona cztery mapy: Szorce, Długoleka, Choroszcz oraz Tykocin w skali 1:25 000, które łącznie składały się na arkusz Choroszcz w skali 1:50 000. Wersja numeryczna utworzona została w systemie SINUS (Wołk-Musiał, 1992).

Kolejnym opracowaniem obszaru Choroszczy było zastosowanie zdjęć lotniczych do analizy homogeniczności fototonalnej obszaru (jednostki fotomorficzne) oraz morfometrii i litologii terenu. Pozwoliło to uzyskać typy rzeźby i poprzez generalizację mapę geomorfologiczną (Wołk-Musiał, Zagajewski, 2000). Prace te były kontynuowane w celu lepszej wizualizacji jednostek mapy. Jednym z rozwiązań było wzbogacenie mapy o zdjęcia lotnicze, za pomocą transformacji RGB-IHS-RGB, które pozwoliły na lepszą orientację poszczególnych form (Wołk-Musiał, Lewiński, Zagajewski, 2002).

Kolejnymi opracowaniami o tematyce geomorfologicznej były prace magisterskie wykonane w Katedrze Geoinformatyki i Teledetekcji Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego. Pierwszą tego typu pracą była *Cyfrowa Mapa Geomorfologiczna*

⁴ www.wojman.bloog.pl/id,1323622,title,Numeryczna-mapa-geomorfologiczna-Wysoczyzny-Torzynskiej,index.html?tid=6d3af

⁵ www.geoinfo.amu.edu.pl/igig/badaniad_mapa_kr.php

⁶ www.geoinfo.amu.edu.pl/igig/badaniad_mapa_kr.php

⁷ www.geoinfo.amu.edu.pl/igig/badaniad_mapa_ak.php

Polski 1:500 000 J. Borzuchowskiego z 2004 r., polegająca na przetworzeniu mapy analogowej do wersji cyfrowej poprzez zeskanowanie materiałów, następnie nadanie georeferencji, na końcu zaś na ręcznej wektoryzacji wydzieleniu form rzeźby (Borzuchowski, Olędzki, 2011).

Pracą magisterską, będącą instrukcją do wykonywania wielkoskalowych opracowań geomorfologicznych była praca J. Bindugi z 2007 r., pod tytułem *Instrukcja szczegółowej mapy geomorfologicznej w skali 1:50 000*. Praca ta została napisana pod opieką promotorską dr E. Wołk-Musiał. Zawiera ona opis postępowania podczas wykonywania map tematycznych w skali 1:50 000, na podstawie którego opracowana została tytułowa instrukcja, dzięki której możliwe jest tworzenie map przy pomocy danych teledetekcyjnych oraz kartograficznych, baz danych GIS a także kartowania terenowego (Binduga, 2007).

Następnie, w roku 2007, w Katedrze Geoinformatyki i Teledetekcji wykonane zostały dwie szczegółowe mapy geomorfologiczne z wykorzystaniem narzędzi GIS, na podstawie danych teledetekcyjnych, kartograficznych a także Numerycznego Modelu Terenu: *Wielkoskalowa mapa geomorfologiczna 1:50000 wschodniej części arkusza Knyszyn (N-34-106-B). Studium metodyczne cyfrowej prezentacji*, autorstwa A. Cieciewierza oraz *Wielkoskalowa mapa geomorfologiczna 1:50000 zachodniej części arkusza Knyszyn (N-34-106-B). Studium metodyczne cyfrowej prezentacji*, autorstwa G. Lewczuka. Obie prace zostały napisane pod kierunkiem dr E. Wołk-Musiał (Cieciewierz, 2007, Lewczuk, 2007).

Kolejnym opracowaniem geomorfologicznym, zaliczanym do map przeglądowych, jest również wspomniana *Przeładowa Mapa Geomorfologiczna Podlasia 1:300 000*, J. Krzemińskiego w 2008 r. Metodyka pracy opierała się na interpretacji obrazów z serii Landsat 5, z wykorzystaniem *Przeładowej Mapy Geomorfologicznej Polski 1:500 000*, map topograficznych, geologicznych oraz Numerycznego Modelu Terenu z misji SRTM (Krzemiński, 2009).

W obrębie obszaru, jakim jest Podlasie wykonano także kolejną mapę szczegółową, mianowicie *Mapę geomorfologiczną Narwiańskiego Parku Narodowego wraz z otuliną w skali 1:25 000*. Autorką mapy z 2009 roku była M. Gatkowska (Kanigowska), pisząca pracę magisterską pod opieką dr E. Wołk-Musiał. Praca ta wykorzystywała techniki GIS a także dane teledetekcyjne, do których zaliczały się zdjęcia spektrostrefowe. Dodatkowo, do wyznaczenia zasięgów poszczególnych form rzeźby terenu posłużono się Numerycznym Modelem Terenu oraz badaniami terenowymi (Wołk-Musiał, Gatkowska, 2011).

Ostatnią pracą magisterską, będącą opracowaniem geomorfologicznym była kontynuacja mapy geomorfologicznej w skali 1:300 000, pod tytułem *Cyfrowa Mapa Geomorfologiczna Mazowsza 1:300 000* autorstwa M. Napiórkowskiej z 2010 r., wykonana pod opieką dr E. Wołk-Musiał. Formy rzeźby wyznaczane zostały w tym przypadku stosując tę samą metodykę, a zatem również na podstawie *Przeładowej Mapy Geomorfologicznej Polski 1:500 000*, *Mapy Geologicznej Polski 1:200*

000 a także map topograficznych oraz Numerycznego Modelu Terenu (Napiórkowska, 2011).

Zasoby kartograficznych opracowań geomorfologicznych opracowanych przez różnych autorów znajdują się również w osobnych ośrodkach na terenie kraju, lub w monografiach bądź czasopismach, przez co charakteryzują się różnymi skalami oraz metodami (Dmowska i in., 2010).

Badane obszary województw pomorskiego oraz warmińsko-mazurskiego z fragmentami podlaskiego nie posiadają zbyt wielu syntetycznych opracowań. Jednak istotnymi pozycjami dotyczącymi ich rzeźby terenu są z pewnością arkusze *Przeładowej Mapy Geomorfologicznej Polski 1:500 000* (POZNAŃ, GDAŃSK, WARSZAWA) (Starkel i in., 1980), a także publikacje: *Główne etapy tworzenia się rzeźby Niziny Polskiej* (Galon, 1972), *Ziemia polskie w czwartorzędzie* (Mojski, 2005), *Pomorze* (Augustowski, 1977), *Dolina Dolnej Wisły* (1982) oraz *Plejstocen Polski północno-wschodniej w nawiązaniu do głębszego podłoża i obszarów sąsiednich* (Ber, 2000). Najliczniejszą grupą opracowań są natomiast opracowania szczegółowe, występujące w skalach lokalnych bądź obejmujące mniejsze jednostki przestrzenne.

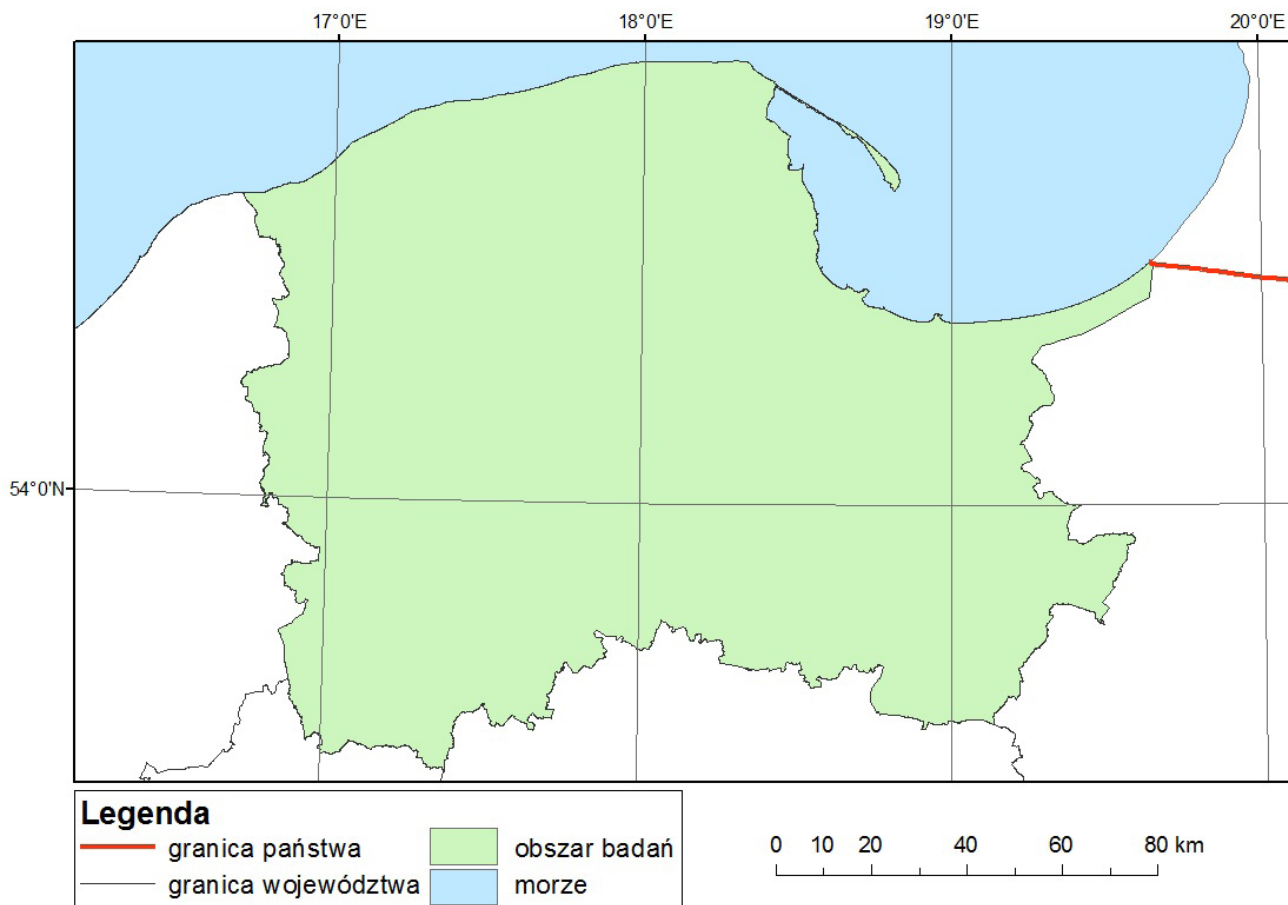
Charakterystyka obszarów badań

Obszary badań znajdują się w północnej i północno-wschodniej Polsce, należą do nich: województwo pomorskie oraz województwo warmińsko-mazurskie z dwoma fragmentami województwa podlaskiego. Współczesny morfosystem Polski północnej obejmuje zespół form rzeźby pochodzenia glacialnego, które były przekształcane w okresie holocenu. Od strefy staroglacjalnej odróżniają je przede wszystkim: większe zróżnicowanie hipsometryczne, złożona sieć dolin a także rynien subglacjalnych i zagłębień bezodpływowych, w tym również wypełnionych jeziorami. Do zespołów form charakterystycznych dla obszarów młodoglacjalnych należą dodatkowo wzgórza i wały morenowe, rozległe obszary wysoczyzn morenowych a także równiny sandrowe (Kostrzewski i in., 2008). Badane obszary znajdują się w większości w zasięgu zlodowacenia bałtyckiego, jedynie fragmenty południa województwa warmińsko-mazurskiego oraz podlaskiego obejmują zlodowacenie środkowopolskie, które charakteryzuje mniejsza dynamika rzeźby terenu, są one w przewadze równinne.

Województwo pomorskie znajduje się w północnej części Polski (Rycina 1). Obejmuje ono powierzchnię 18,3 tys. km², będąc ósmym województwem pod względem wielkości w Polsce⁸. Obszar od wschodu graniczy z województwem warmińsko-mazurskim, od południa z kujawsko-pomorskim oraz wielkopolskim, od zachodu z zachodniopomorskim, natomiast północną jego granicą jest Morze Bałtyckie.

Według podziału dotyczącego regionów geograficznych Polski (Olędzki, 2007), obszar obejmuje pięć ma-

⁸ www.defs.pomorskie.eu/res/pokl/Dokumenty/Raporty/raport_8.1.2_01_06.pdf



Ryc. 1. Obszar województwa pomorskiego.

Fig. 1. Pomorskie voivodeship area.

kronegionów: POBRZEŻE ZACHODNIE, POBRZEŻE ZATOKI GDAŃSKIEJ, POMORZE ŚRODKOWE I ZIEMIA LUBUSKA, niewielki fragment na południowym wschodzie POJEZIERZA MAZURSKO-SUWAŁSKIEGO, oraz niewielki fragment RÓWNIN ŚRODKOWO-POLSKICH na południowym zachodzie. Mezoregionami, mieszczącymi się w ich obrębie są: Pobrzeże Pomorskie, Wysoczyzny Wschodniokaszubskie, Delta Wisły, Pobrzeże Warmińskie, Pomorze Środkowe, Pojezierze Mazurskie oraz niewielki fragment Wielkopolski Północnej na południowym zachodzie obszaru. Szczegółowy podział regionów geograficznych tego obszaru zestawiony został w Tabeli 3.

Teren województwa charakteryzuje się zróżnicowaną rzeźbą terenu. Najwyższym punktem jest Wieżyca (329 m n.p.m.), najniższym zaś rów w Cedrach Małych (-1,5 m). Obszar porożcinany jest licznymi jeziorami oraz rzekami, największym jeziorem jest Łebsko (7140 ha), najgłębszym Wdzydze Południowe (68 m), natomiast największą rzeką przepływającą przez województwo jest Wisła. Najdalej na północ wysuniętym punktem Polski jest Przylądek Rozewie (54°50' N)⁹.

Województwo warmińsko-mazurskie położone jest w północno-wschodniej Polsce. Jest ono czwartym

co do wielkości regionem Polski, liczącym ponad 24 tys. km². Od północy graniczy z Obwodem Kaliningradzkim, na wschodzie z województwem podlaskim, na zachodzie z województwami pomorskim i kujawsko-pomorskim, od południa natomiast z województwem mazowieckim, rozciągając się pomiędzy 19°07' i 22°48' E oraz między 54°27' i 53°08' N.

Województwo warmińsko-mazurskie nie jest jednak całkowitym analizowanym obszarem. W ramach niniejszej pracy analizie poddano również dwa fragmenty województwa podlaskiego, gdyż zasięg opracowania powstałej w 2008 roku mapy Podlasia obejmował nie administracyjny podział województw, jak w przypadku mapy Mazowsza (Napiórkowska, 2011), lecz obszar makroregionu geograficznego Podlasia (Krzemiński, 2009, Olędzki, 2007, Rycina 2). Brakujące luki pomiędzy mapami, zostały wypełnione w niniejszym opracowaniu.

Obszar województwa warmińsko-mazurskiego obejmuje cztery makroregiony geograficzne: Pobrzeże Zatoki Gdańskiej, Pojezierze Mazursko-Suwalskie, Równiny Środkowopolskie oraz fragment Podlasia. Do regionów poziomu drugiego, (mezoregionów) tego obszaru należą: Delta Wisły, Pobrzeże Warmińskie, Pojezierze Mazurskie, Ziemia Suwalska, Ziemia Gołdapska, Kurpie, Ziemia Chełmińsko-Dobrzyńska, Mazowsze Północne oraz Podlasie Północne (Olędzki, 2007, Tabela 4).

⁹ www.pomorskie.eu/pl

Tabela 3. Regiony geograficzne znajdujące się w obrębie województwa pomorskiego, na podstawie opracowania J. R. Olędzkiego.

Table 3. Geographic regions within the pomorskie voivodeship province, based on J. R. Olędzki study.

Kod regionu	Nazwa regionu
1	POBRZEŻE ZACHODNIE
1.2	Pobrzeże Pomorskie
1.2.6	POBRZEŻE SŁUPSKO-DARŁOWSKIE
1.2.7	WYBRZEŻE SŁOWIŃSKIE
1.2.8	OBNIŻENIE MACHOWIŃSKIE
1.2.9	OBNIŻENIE ŁĘBSKIE
1.2.10	PRZYBRZEŻE SASIŃSKIE
1.2.11	POBRZEŻE KASZUBSKIE
1.2.12	MIERZEJA HELSKA
1.2.15	RÓWNINA SŁAWNIAŃSKA
1.2.16	WYSOCZYŻNA DAMNICKA
1.2.17	DOLINA ŁEBY
2	POBRZEŻE ZATOKI GDAŃSKIEJ
2.1	Wysoczyzny Wschodniokaszubskie
2.1.1	WYSOCZYŻNA KOŚCIERSKA
2.1.2	WYSOCZYŻNA SKARSZEWSKA
2.1.3	ZIEMIA STAROGARDZKA
2.1.4	POJEZIERZE LUBIECHOWSKIE
2.1.5	WYSOCZYŻNA SKÓRCZEWSKA
2.1.6	WYSOCZYŻNA WARLUBSKA
2.1.7	WYSOCZYŻNA PELPLIŃSKA
2.1.8	WYSOCZYŻNA TCZEWSKA
2.1.9	WYSOCZYŻNA PRUSZCZAŃSKA
2.2	Delta Wisły
2.2.1	ŻUŁAWY
2.2.2	MIERZEJA WIŚLANA
2.2.3	ZALEW WIŚLANY
2.2.4	GDAŃSK
2.3	Pobrzeże Warmińskie
2.3.1	WZNIESIENIA DZIERZGOŃSKIE
2.3.3	WZNIESIENIA SUSKIE
2.3.4	POJEZIERZE ŁASIŃSKIE
3.1	Pomorze Środkowe
3.1.1	LASY DARŻLUBSKIE
3.1.2	DOLINA REDY
3.1.3	LASY GNIEWOWSKO-OLIWSKIE
3.1.4	WYSOCZYŻNA RĘBICHOWSKA
3.1.5	PUSZCZA KASZUBSKA
3.1.6	LASY ŁĘBORSKIE
3.1.7	WYSOCZYŻNA SIERAKOWICKA
3.1.8	POJEZIERZE KASZUBSKIE
3.1.9	POLANA UNICHOWSKA
3.1.10	POLANA CZERSKA
3.1.11	BORY TUCHOLSKIE

3.1.12	PUSZCZA KOSZALIŃSKA
3.1.15	POLANY PŁOCKO-OSOWSKIE
3.1.16	POJEZIERZE BYTOWSKIE
3.1.17	WZNIESIENIA BARWICKO-POLANOWSKIE
3.1.20	BORY KRAJEŃSKO-MIĘDZYBORSKIE
3.1.23	PAGÓRKI LIPNICKIE
3.1.24	POLANY PRZECHLEWSKO-CZARNECKIE
4	POJEZIERZE MAZURSKO-SUWAŁSKIE
4.1	Pojezierze Mazurskie
4.1.1	POJEZIERZE POŁUDNIOWOMAZURSKIE
5	RÓWNINY ŚRODKOWOPOLSKIE
5.1	Wielkopolska Północna
5.1.1	POJEZIERZE KRAJEŃSKIE

Fragmenty województwa podlaskiego mieszczą się w granicach jednego makroregionu geograficznego, jakim jest Pojezierze Mazursko-Suwalskie. Mezoregionami, wchodzącymi w jego skład na tym obszarze są: Pojezierze Mazurskie, Ziemia Suwalska, Ziemia Goldapska oraz Kurpie (Olędzki, 2007, Tabela 5).

Zróżnicowanie rzeźby terenu analizowanego obszaru najlepiej prezentują najwyższy usytuowany punkt, którym jest Dylewska Góra o wysokości 312 m n.p.m., oraz najniższy, będący równocześnie najniższym położonym punktem Polski – Raczki Elbląskie o wysokości -1,8 m n.p.m. Największym jeziorem są Śniardwy o powierzchni 114 km², natomiast najgłębszym Hańcza o głębokości 106,1 m. Podobnie jak w przypadku najniższego punktu, są to nie tylko rekordowe wielkości na badanym obszarze, ale również w całej Polsce¹⁰.

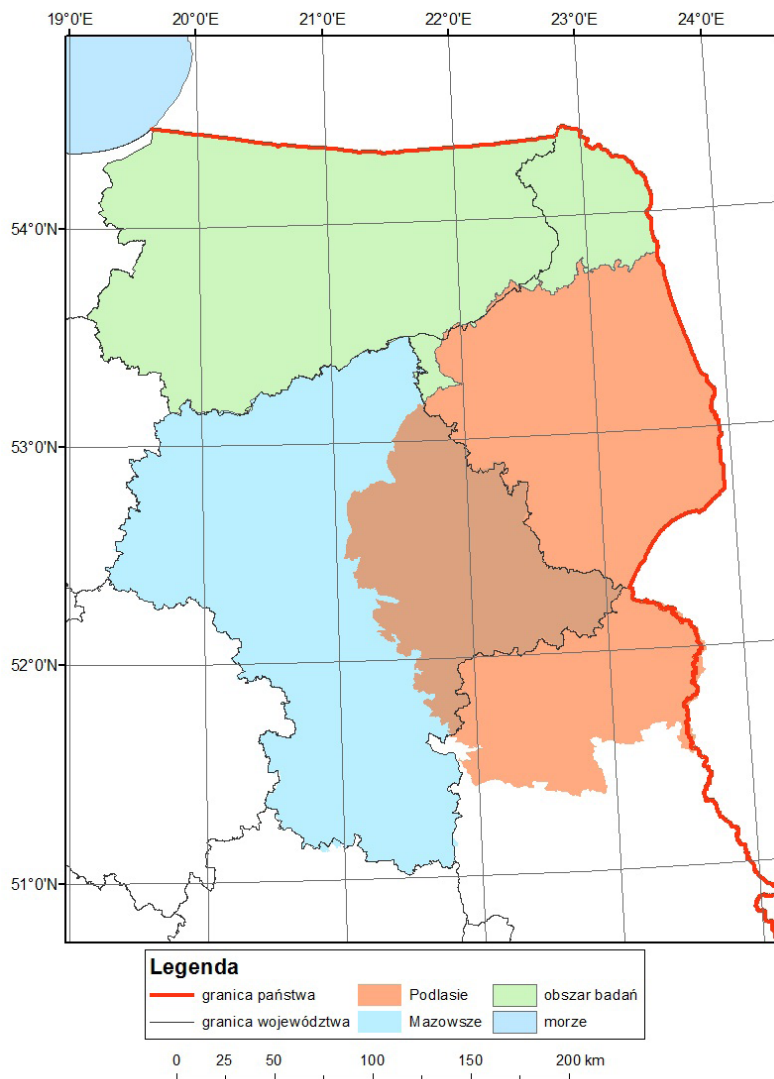
Metodyka pracy

Przeglądowa mapa geomorfologiczna w skali 1:300 000 jest efektem kompleksowego wykorzystania odpowiednich materiałów. Do jej opracowania użyto zobrazowania satelitarne Landsat 5 TM, arkusze *Przeglądowej Mapy Geomorfologicznej Polski 1:500 000*, arkusze *Mapy Geologicznej Polski 1:200 000*, *Mapy Topograficznej Polski 1:100 000* a także Numerycznego Modelu Terenu.

Zobrazowania satelitarne Landsat 5 TM

Landsat 5 był jednym z satelitów, które dostarczały danych do badania obszarów lądowych. Został on wystrzelony 1 marca 1984 roku i wraz z Landsatem 7, wystrzelonym 15 kwietnia 1999 roku dostarczał danych, wielce przydatnych do wielu badań, różnych aspektów środowiska. Na Landsacie 5 umieszczone były dwa

¹⁰ www.wrota.warmia-mazury.pl



Ryc. 2. Obszar województwa warmińsko-mazurskiego z fragmentami podlaskiego.

Fig. 2. Warmińsko-mazurskie and part of podlaskie voivodeships area.

skanery obrazujące: MSS (*Multi-spectral Scanner*) o rozdzielczości terenowej 80 m, oraz TM (*Thematic Mapper*) o rozdzielczości terenowej 30 m. Instrument MSS został wyłączony w sierpniu 1995, natomiast TM dostarczał danych do roku 2011¹¹.

Pierwszym etapem wykonywania *Przeglądowej Mapy Geomorfologicznej Polski 1:300 000* był wybór zobrażeń satelitarnych i utworzenie z nich kompozycji barwnej. Zobrazowania te charakteryzują się rozdzielczością terenową wynoszącą 30 metrów dla kanałów 1-5 oraz 7, dla kanału 6 wynosi ona 120 metrów. Rozdzielczość radiometryczna jest 8 bitowa. Rozmiar pojedynczej sceny obejmuje 170 km w kierunku północ-południe oraz 183 km w kierunku wschód-zachód¹². Zdjęcia pobrane zo-

stały z przeglądarki *glovis.usgs.gov*¹³. Po ich połączeniu utworzona została kompozycja RGB 453, pozwalająca na rozróżnienie roślinności pośrednio wpływającej na interpretację form.

Dla obszaru województwa pomorskiego wybrano dwa zdjęcia z 2 maja oraz dwa zdjęcia z 28 lipca 1990 roku (Rycina 3). Dla obszaru województwa warmińsko-mazurskiego były to początkowo dwa zobrażenia z 3 oraz 19 lipca 2006 r., a także dwa zobrażenia z 12 i 14 września 2006 r. Obrazy połączone w oprogramowaniu ENVI 4.5. Dodatkowo, do fotomozaiki wykonanej dla obszaru województwa warmińsko-mazurskiego zostały dołączone dwa zobrażenia z 14 września 2006 roku, gdyż brakujący fragment województwa podlaskiego nie znajdował się w całości na tym obszarze (Rycina 4).

Przeglądowa Mapa Geomorfologiczna Polski 1:500 000

Podstawą do wyznaczenia form rzeźby terenu na mapach geomorfologicznych województw pomorskiego oraz warmińsko-mazurskiego była *Przeglądowa Mapa Geomorfologiczna Polski 1:500 000*. Została ona opracowana przez zespół prof. L. Starckla w Zakładzie Geomorfologii i Hydrologii Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN i obejmuje sześć arkuszy. Arkusz wspólny dla obydwu analizowanych obszarów prezentuje Rycina 5. Legenda do mapy posiada konstrukcję hierarchiczną, obejmującą 173 formy rzeźby terenu. Pierwszy poziom obejmują obszary wynoszone i obniżane w neogenie i czwartorzędzie, jak na przykład masywy krystaliczne i stare zrównane góry fałdowe, podniesione wzdłuż linii tektonicznych, na drugim poziomie znajdują się formy o takiej samej genezie, przykładowo są to formy akumulacji lodowcowej lub rzecznołodowcowej. Na trzecim poziomie natomiast mieszczą się pojedyncze formy o określonej genezie i czasie powstania, jak równiny tarasowe z okresu zlodowacenia bałtyckiego. Wszystkie wydzielenia znajdujące się w legendzie do *Przeglądowej Mapy Geomorfologicznej Polski 1:500 000* znajdujące się na obszarach województw pomorskiego oraz warmińsko-mazurskiego z fragmentami podlaskiego zostały wykorzystane do opracowania legendy *Przeglądowej Mapy Geomorfologicznej Polski 1:300 000*¹⁴.

¹³ www.glovis.usgs.gov

¹¹ www.landsat.gsfc.nasa.gov, www.landsat.usgs.gov, www.kosmonauta.net

¹² www.landsat.gsfc.nasa.gov, www.landsat.usgs.gov, www.glovis.usgs.gov

¹⁴ Dla województwa pomorskiego wykorzystano arkusze: POZNAŃ (którego redaktorami byli B. Rosa oraz S. Kozarski, autorstwa B. Rosy, A. Karczewskiej, S. Kozarskiego, T. Murawskiego oraz K. Rotnickiego, przy wykorzystaniu

Tabela 4. Regiony geograficzne znajdujące się w obrębie województwa warmińsko-mazurskiego, na podstawie opracowania J. R. Olędzkiego.

Table 4. Geographic regions within the warmińsko-mazurskie voivodeship province, based on J. R. Olędzki study.

Kod regionu	Nazwa regionu
2	POBRZEŻE ZATOKI GDAŃSKIEJ
2.2	Delta Wisły
2.2.1	ŻUŁAWY
2.2.3	ZALEW WIŚLANY
2.3	Pobrzeże Warmińskie
2.3.1	WZNIESIENIA DZIERZGOŃSKIE
2.3.2	POJEZIERZE ZELEWSKIE
2.3.3	WZNIESIENIA SUSKIE
2.3.4	POJEZIERZE ŁASIŃSKIE
2.3.5	WARMIA
2.3.6	POJEZIERZE MORĄGOWSKIE
2.3.7	NIZINA STAROPRUSKA
2.3.8	WZNIESIENIA GÓROWSKIE
2.3.9	RÓWNINA KORSZAŃSKA
2.3.10	RÓWNINA ORNECKA
2.3.11	WZNIESIENIA WILCZKOWSKIE
4.1	Pojezierze Mazurskie
4.1.1	POJEZIERZE POŁUDNIOWOMAZURSKIE
4.1.2	WZNIESIENIA OLSZTYNECKIE
4.1.3	POJEZIERZE OLSZTYŃSKIE
4.1.4	POJEZIERZE SZCZYTNIAŃSKO-RYŃSKIE
4.1.5	POJEZIERZE MRĄGOWSKIE
4.1.6	KRAINA WIELKICH JEZIOR
4.1.7	RÓWNINA OŚWIŃSKA
4.2	Ziemia Suwalska
4.2.1	POJEZIERZE SUWALSKIE
4.2.2	POJEZIERZE ELCKIE
4.2.3	PAGÓRKI GRAJEWSKIE
4.2.4	PAGÓRKI AUGUSTOWSKO-RAJGRODZKIE

materiałów B. Krygowskiego, W. Stankowskiego i E. Żyndy), GDAŃSK (pod redakcją L. Roszko (Rycina 5), autorstwa M. Domosławskiej-Baranieckiej, J.E. Mojskiego oraz L. Roszko, przy wykorzystaniu materiałów L. Liberackiego, T. Murawskiego, W. Niewiarowskiego, E. Wiśniewskiego i in). Dla województwa warmińsko-mazurskiego oraz fragmentów podlaskiego były to arkusze: GDAŃSK (j. w.), WARSZAWA (pod redakcją J. E. Mojskiego, autorstwa H. Maruszczaka, J.E. Mojskiego i S. Pietkiewicza, przy wykorzystaniu materiałów H. Bałuka, A. Bery, M. Domosławskiej-Baranieckiej, M. Bogackiego, J. Kondrackiego, S. Masłaka, Z. Michalskiej, J. Nowaka, A. Nowickiej, Z. Sarnackiej, W. Słowańskiego oraz K. Straszewskiej).

4.3	Ziemia Goldapska
4.3.1	KRAINA WĘGORAPSKO-GOŁDAPSKA
4.3.2	PUSZCZA BORECKA
4.3.3	WZGÓRZA SZESKIE
4.3.4	PUSZCZA ROMINCKA
4.4	Kurpie
4.4.1	RÓWNINA KURPIOWSKA
4.4.2	WYSOCZYNA RÓŻAŃSKO-KRASNOSIELECKA
5.5	Ziemia Chelmińsko-Dobrzyńska
5.5.5	ZIEMIA DZIAŁDOWSKA
5.5.6	DOLINA DZIAŁDÓWKI
5.5.7	WZNIESIENIA DYLEWSKIE
5.5.8	WYSOCZYNA LUBAWSKA
5.5.11	WYSOCZYNA WĄBRZEŃNIAŃSKA
5.6	Mazowsze Północne
5.6.11	DORZECZE GÓRNEGO ORZYCA
5.6.12	WYSOCZYNA NAPIERSKA
5.6.13	WYSOCZYNA LUBOWIDZKA
6.1	Podlasie Północne
6.1.30	WYSOCZYNA KOLNEŃSKA

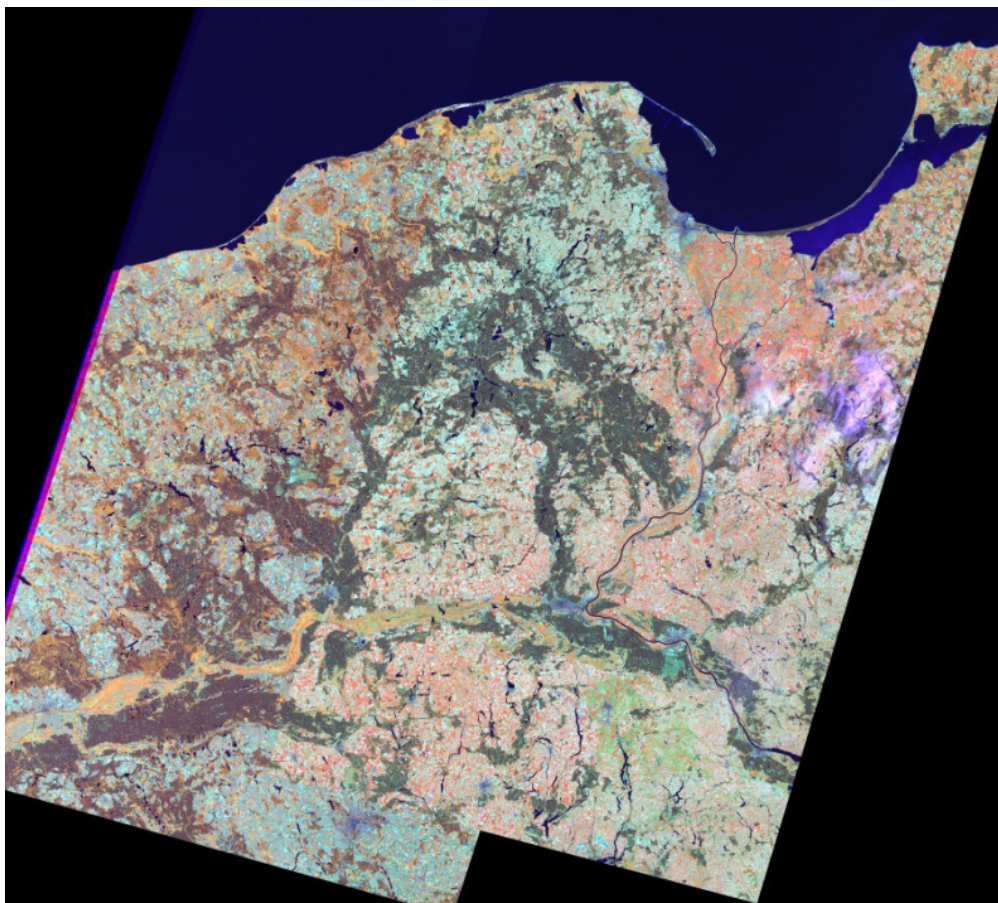
Tabela 5. Regiony geograficzne znajdujące się w obrębie fragmentów województwa podlaskiego, na podstawie opracowania J. R. Olędzkiego.

Table 5. Geographic regions within the parts of podlaskie voivodeship province, based on J. R. Olędzki study.

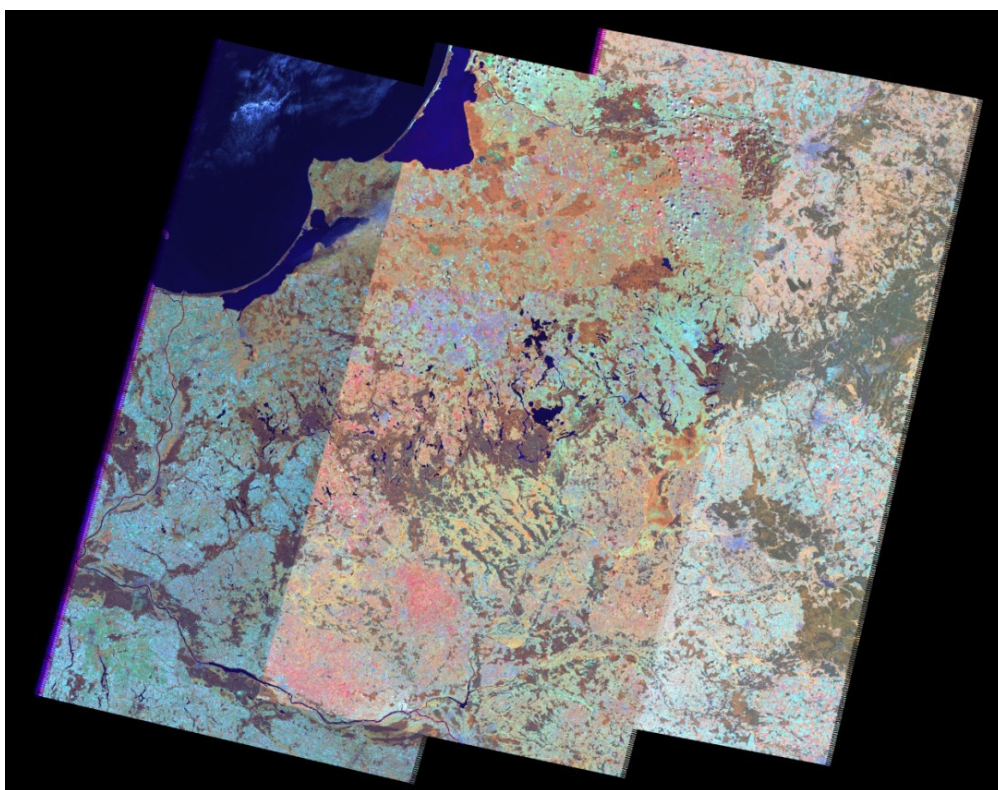
Kod regionu	Nazwa regionu
4	POJEZIERZE MAZURSKO-SUWALSKIE
4.1	Pojezierze Mazurskie
4.1.1	POJEZIERZE POŁUDNIOWOMAZURSKIE
4.2	Ziemia Suwalska
4.2.1	POJEZIERZE SUWALSKIE
4.2.4	PAGÓRKI AUGUSTOWSKO-RAJGRODZKIE
4.2.5	PUSZCZA AUGUSTOWSKA
4.3	Ziemia Goldapska
4.3.3	WZGÓRZA SZESKIE
4.4	Kurpie
4.4.1	RÓWNINA KURPIOWSKA

Mapa Geologiczna Polski 1:200 000

Istotnym źródłem, pomocnym przy opracowywaniu *Przeglądowej Mapy Geomorfologicznej Polski 1:300 000* dla obszarów województwa pomorskiego oraz warmińsko-mazurskiego z fragmentami podlaskiego była *Mapa Geologiczna Polski 1:200 000*. Utwory budujące formy rzeźby mają duże znaczenie w wyznaczaniu granic wydzielen geomorfologicznych, zwłaszcza, iż mapa ta jest wykonana w skali znacznie bardziej szczegółowej niż *Przeglądowa Mapa Geomorfologiczna Polski 1:500 000*.



Ryc. 3. Fotomozaika z obrazowań satelitarnych dla obszaru województwa pomorskiego.
Fig. 3. Photomosaic of satellite images for pomorskie voivodeship.



Ryc. 4. Fotomozaika z obrazowań satelitarnych dla obszaru województwa warmińsko-mazurskiego i fragmentów podlaskiego.
Fig. 4. Photomosaic of satellite images for warmińsko-mazurskie and part of podlaskie voivodeships.



Ryc. 5. Arkusz GDAŃSK Przegładowej Mapy Geomorfologicznej Polski 1:500 000.

Fig. 5. GDAŃSK sheet of Geomorphological Map of Poland 1:500 000.



Ryc. 6. Fragment Mapy Geologicznej Polski 1: 200 000, arkusz Elbląg.

Fig. 6. Part of Geological Map of Poland 1: 200 000. Elbląg sheet.

Mapa wydana została przez Państwowy Instytut Geologiczny w latach 1969-1998. Obejmuje ona 154 arkusze (Paślowski 2006).

Dla województwa pomorskiego wykorzystane zostało dziesięć arkuszy¹⁵. Dla obszaru województwa warmińsko-mazurskiego również wykorzystano dziesięć arkuszy¹⁶. Dla ołączonych do województwa warmińsko-mazurskiego fragmentów podlaskiego wykorzystano dodatkowo dwa arkusze mapy¹⁷.

Rycina 6 przedstawia fragment arkusza Elbląg, wykorzystany zarówno dla obszaru województwa pomorskiego, jak i województwa warmińsko mazurskiego.

¹⁵ 1. Leba (J. Bohdziewicz, Z. Pazdro, J. Piątkowski, B. Wróbel, 1977), 2. Puck (J. Bohdziewicz, Z. Pazdro, B. Wróbel (aktualizacja redaktora mapy J. E. Mojskiego –1980, 1976), 5. Koszalin (Przedsiębiorstwo Geologiczne w Warszawie, zespół w składzie: N. Butrymowicz, S. Maksiak i M. Uniejewska, konsultant naukowy A. Makowska z Instytutu Geologicznego, 1972), 6. Słupsk (J.E. Mojski, J. Sylwestrzak, 1975), 7. Gdańsk (J.E. Mojski, J. Sylwestrzak, 1976), 8. Elbląg (A. Makowska, 1977), 15. Szczecinek (Przedsiębiorstwo Geologiczne w Warszawie, zespół w składzie: S. Maksiak i W. Mróz, konsultant naukowy A. Makowska z Instytutu Geologicznego, 1974), 16. Chojnice (Kombinat Geologiczny w Warszawie, Zakład Projektów i Dokumentacji Geologicznych w składzie: N. Butrymowicz, T. Murawski, M. Pasierbski, konsultant naukowy A. Makowska z Instytutu Geologicznego, 1976), 17. Grudziądz (A. Makowska, 1972), 18. Iława (A. Makowska, 1976).

¹⁶ 8. Elbląg (A. Makowska, 1977), 9. Lidzbark Warmiński (A. Mańkowska, W. Słowański, 1976), 10. Kętrzyn (W. Słowański, 1972), 11. Suwałki (A. Ber, 1969), 18. Iława (A. Makowska, 1976), 19. Olsztyn (A. Mańkowska, W. Słowański, 1976), 20. Pisz (W. Słowański, 1969), 21. Ełk (A. Ber, 1973), 28. Brodnica (Instytut Geografii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, zespół w składzie: Z. Churski, J. Kotarbiński, M. Liberacki, W. Niewiarowski, C. Wójcik, konsultant naukowy W. Słowański z Instytutu Geologicznego, 1976), 29. Mława (A. Bałuk, 1976).

¹⁷ 12. Sejny (A. Ber, 1970), 22. Sokółka (A. Ber, 1970).

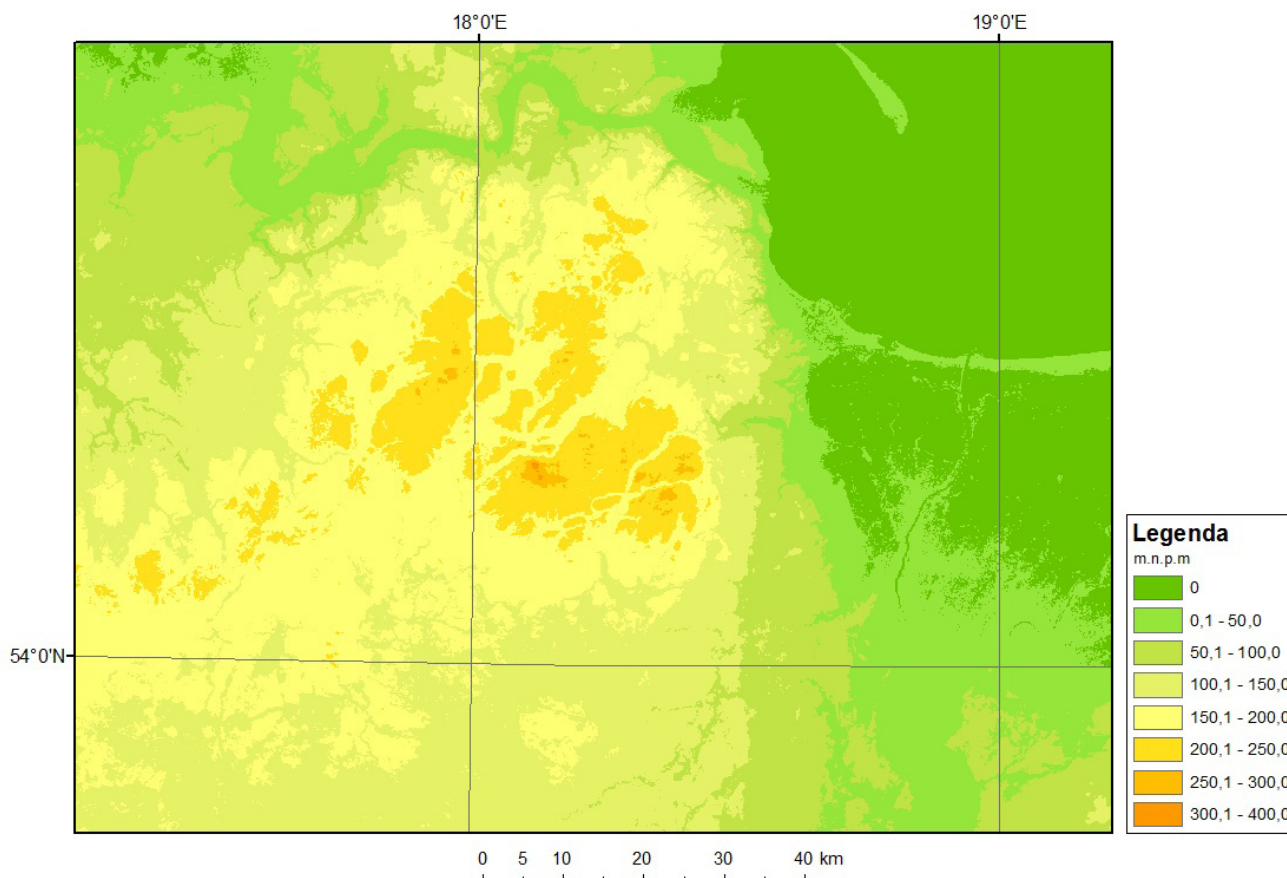
Numeryczny Model Terenu, Mapa Topograficzna Polski

Do opracowania *Przeglądowej Mapy Geomorfologicznej Polski 1:300 000*, dla obszarów województwa pomorskiego oraz warmińsko-mazurskiego z fragmentami województwa podlaskiego przydatny był również Numeryczny Model Terenu z misji SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) promu kosmicznego *Endeavour*. Misja ta odbyła się w lutym 2011 roku i trwała jedenaście dni. Z powodu parametrów orbity skanowanie nie objęło obszarów biegunowych, obszar zawierał się pomiędzy równoleżnikami 54°S i 60°N. Dane SRTM-3 dla Polski posiadają rozdzielczość $\Delta x = 60$ m i $\Delta y = 90$ m. W celach analizy dla niniejszej pracy fragmenty Numerycznego Modelu Terenu pobrane zostały z przeglądarki earthexplorer.usgs.gov¹⁸.

Numeryczny Model Terenu ułatwia interpretację form rzeźby, zwłaszcza przy analizowaniu zasięgu form wysokościowych. Znacznie usprawnia proces interpretacji takich wydzielen geomorfologicznych, jak na przykład wały moren akumulacyjnych. Jedna scena Numerycznego Modelu Terenu obejmuje swym zasięgiem obszar 1° długości geograficznej na 1° szerokości geograficznej. Dla województwa pomorskiego wykorzystane zostało 8 fragmentów, województwo warmińsko-mazurskie również objęło 8 scen, dla obszaru województwa podlaskiego pobrano natomiast 2 fragmenty Numerycznego Modelu Terenu. Fragment zaprezentowany został na Rycinie 7.

Wykorzystywanym przy opracowaniu mapy geomorfologicznej, materiałem kartograficznym, była również *Mapa Topograficzna Polski* w skali 1:100 000. Opracowana została ona w układzie GUGIK-80, jednakże jest dostępna również w układzie PUWG 1992 poprzez serwer WMS udostępniany przez serwis geoportal.gov.

¹⁸ www.earthexplorer.usgs.gov



Ryc. 7. Fragment Numerycznego Modelu Terenu.

Fig. 7. Part of Digital Elevation Model.

pl. Dla województwa pomorskiego pobrane zostały 23 arkusze¹⁹, dla obszaru województwa warmińsko-mazurskiego wykorzystano 32 arkusze²⁰, dla fragmentów województwa podlaskiego wykorzystano natomiast 11 arkuszy mapy²¹.

¹⁹ 81.03.2 Ustka (1975), 81.04.1 Łeba (1976), 81.04.2 Lębork (1970), 81.05.1 Gdynia (1970), 81.05.2 Hel (1961), 81.03.4 Słupsk (1975), 81.04.2 Bytów (1976), 81.04.4 Sierakowice (1970), 81.05.3 Gdańsk (1969), 81.05.4 Nowy Dwór Gdański (1970), 82.01.3 Tolkmicko (1970), 81.08.2 Miastko (1975), 81.09.1 Swornegacie (1976), 81.09.2 Kościerzyna (1969), 81.10.1 Starogard Gdański (1969), 81.10.2 Malbork (1969), 82.06.1 Elbląg (1970), 81.08.4 Szczecinek (1975), 81.09.3 Chojnice (1976), 81.09.4 Tuchola (1969), 81.10.3 Skórcz (1969), 81.10.4 Kwidzyn (1969), 82.06.3 Iława (1970).

²⁰ 82.01.3 Tolkmicko (1970), 82.01.4 Braniewo (1971), 82.02.3 Górowo Iławieckie (1971), 82.02.4 Bartoszyce (1972), 82.03.3 Srokowo (1970), 82.03.4 Węgorzewo (1972), 82.04.3 Gołdap (1972), 82.04.4 Wizajny (1972), 82.06.1 Elbląg (1970), 82.06.2 Morąg (1971), 82.07.1 Lidzbark Warmiński (1971), 82.07.2 Biskupiec (1971), 82.08.1 Kętrzyn (1971), 82.08.2 Giżycko (1971), 82.09.1 Olecko (1972), 82.09.2 Suwałki (1972), 82.06.3 Iława (1970), 82.06.4 Ostróda (1971), 82.07.3 Olsztyn (1971), 82.07.4 Szczytno (1971), 82.08.3 Ruciane Nida (1971), 82.08.4 Pisz (1971), 82.09.3 Ełk (1970), 82.09.4 Rajgród (1970), 82.11.1 Brodnica (1970), 82.11.2 Lidzbark (1971), 82.12.1 Nidzica (1971), 82.12.2 Chorzele (1971), 82.13.1 Kadzidło (1971), 82.13.2 Łomża (1971), 82.11.4 Sierpc (1970), 82.12.3 Ciechanów (1970).

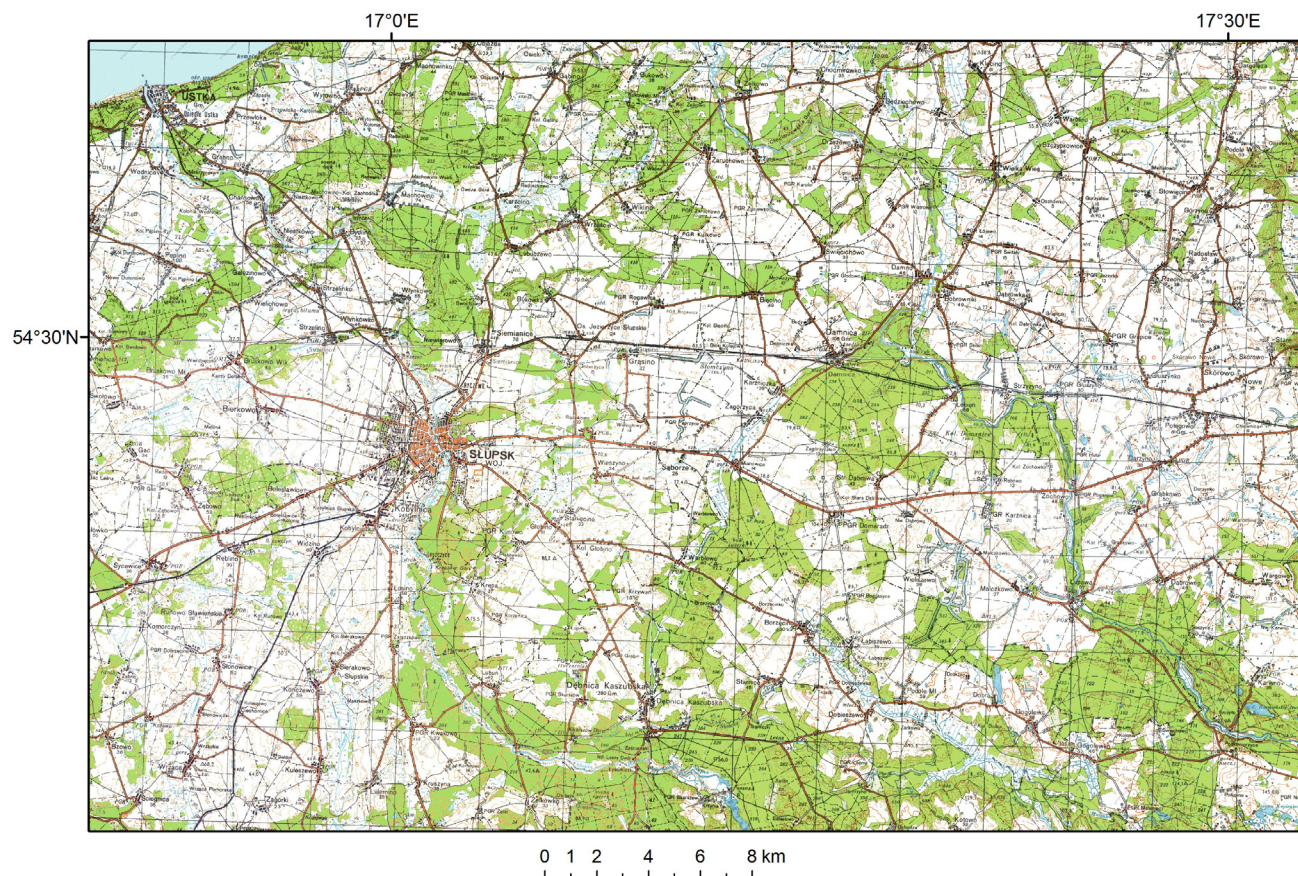
²¹ 82.13.1 Kadzidło (1971), 82.13.2 Łomża (1971), 82.04.3 Gołdap (1972), 82.04.4 Wizajny (1972), 82.05.3 Puńsk (1973),

Etapy opracowania mapy

Opracowanie przeglądowej mapy geomorfologicznej w skali 1:300 000 polega na zwektoryzowaniu form rzeźby z *Przeglądowej Mapy Geomorfologicznej 1:500 000*, a także na uszczegółowieniu wydzielen w oparciu o obrazy satelitarne, gdyż dla wielu form pokrycie terenu podkreśla ich zarys. Istotny jest w tym przypadku dobór kompozycji barwnej RGB, który umożliwia zinterpretowanie danych elementów. Wybrana kompozycja 453 wykorzystuje trzy kanały spektralne: kanał 4 o zakresie długości fal elektromagnetycznych 0,76-0,90 μm (bliska podczerwień), kanał 5 o zakresie 1,55-1,75 μm (średnia podczerwień) oraz kanał 3 o zakresie 0,63-0,69 μm ²². Kanał 4 umożliwia określanie typów pokrywy roślinnej, 5 wykorzystywany jest do badań bilansu wodnego roślin, natomiast kanał 3 pozwala m.in. identyfikować obszary różnogatunkowej roślinności (Wasilewski, Chormański, 2003). Kompozycja ta uwydatnia zatem cechy związane z zawartością wody w roślinach, przez co należy rozumieć użytkowanie terenu, które pozwala na delimitację form rzeźby. Wydzielenia, które nie są możliwe do zidentyfikowania na zdjęciu satelitarnym, interpretowane są przy pomocy materiałów w postaci map geologicznych,

82.09.1 Olecko (1971), 82.09.2 Suwałki (1972), 82.10.1 Sejny (1972), 82.09.3 Ełk (1970), 82.09.4 Rajgród (1970), 82.10.1 Dąbrowa Białostocka (1973).

²² www.landsat.gsfc.nasa.gov



Ryc. 8. Fragment Mapy Topograficznej Polski 1:100 000.

Fig. 8. Part of Topographic Map of Poland 1:100 000.

topograficznych oraz Numerycznego Modelu Terenu. Kolejnymi etapami pracy jest zakodowanie wydzieleni według konwencji przyjętej przez J. Borzuchowskiego (Borzuchowski, Olędzki, 2011) oraz opracowanie jednolitej legendy odpowiadającej mapie geomorfologicznej w skali 1:500 000. Następnie budowana jest topologia oraz wykonywana jest treść podkładowa. Ostatnim elementem pracy jest utworzenie kompozycji mapy do wydruku.

Schemat postępowania

W celu zaprezentowania poszczególnych działań, składających się na ogólną metodykę opracowywania map geomorfologicznych w wersji cyfrowej opracowany został schemat, przedstawiający kroki, jakie podjęto podczas opracowywania map geomorfologicznych województw pomorskiego oraz warmińsko-mazurskiego z fragmentami podlaskiego (Rycina 9).

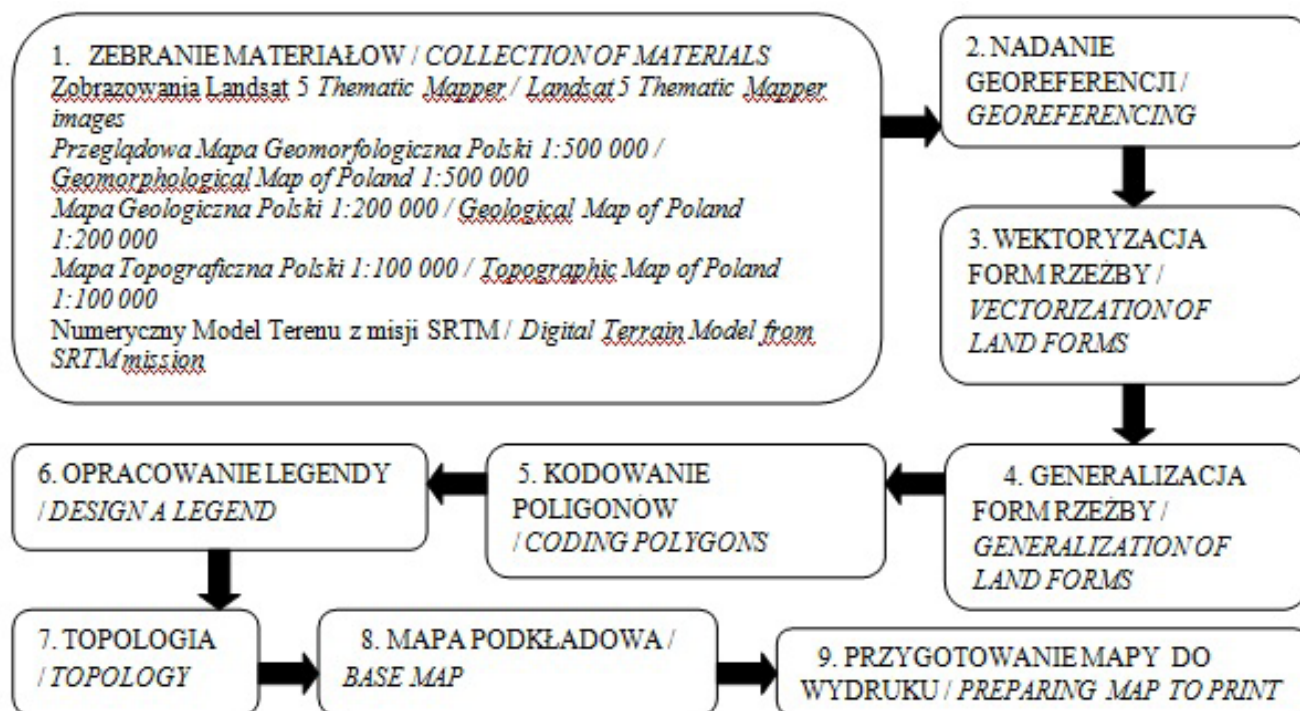
Zebranie materiałów źródłowych i ich geometryzacja

Pierwszym etapem prac było zgromadzenie dostępnych materiałów, niezbędnych do opracowywania przeglądowej mapy geomorfologicznej. Zobrazowania satelitarne

zapisane są w formacie GeoTIFF. *Mapa Topograficzna Polski 1:100 000* została pobrana z serwisu *geoportal.gov.pl*, również posiada georeferencje i jest zarejestrowana w układzie PUVG 1992. Zgeometryzowane są również arkusze Numerycznego Modelu Terenu pobrane z przeglądarki *earthexplorer.usgs.gov*²³.

Materiały kartograficzne w postaci arkuszy *Przeglądowej Mapy Geomorfologicznej Polski 1:500 000* oraz *Mapy Geologicznej Polski* występują w wersji analogowej, zostały one udostępnione przez Katedrę Geoinformatyki i Teledetekcji w postaci skanów potrzebnych do analiz arkuszy. Należało je zatem zarejestrować na podstawie siatki współrzędnych geograficznych. Dla wszystkich zarejestrowanych materiałów uzyskano błąd poniżej połowy piksela, zatem poniżej 15 m. Docelowym układem opracowania jest układ PUVG 1992. Poprzednie mapy geomorfologiczne, wykonane dla Podlasia oraz Mazowsza zarejestrowano w układzie 1942, jednak dla opracowania dalszych części Polski należało zmienić układ na jednostrefowy, aby uniknąć położenia kartowanego obszaru w różnych strefach odwzorowawczych. Sprowadzenie wszystkich materiałów do jednego układu współrzędnych pozwoliło na płynne przechodzenie pomiędzy nimi, podczas analizowania poszczególnych form rzeźby.

²³ www.earthexplorer.usgs.gov



Ryc. 9. Uproszczony schemat metodyki opracowywania mapy geomorfologicznej województw.

Fig. 9. Simplified scheme including methodology of making geomorphological map of voivodeships.

Identyfikacja form rzeźby terenu

Formy rzeźby terenu, występujące na analizowanych obszarach, zostały zwektoryzowane na podstawie *Przeglądowej Mapy Geomorfologicznej 1:500 000*. Aby jednak mapa geomorfologiczna była opracowaniem w skali 1:300 000, przebieg granic wydzielen należało uszczegółowić. Analiza i wektoryzacja wszystkich wydzielen form rzeźby przebiegała w skali 1:100 000. Użyto w tym celu zobrazowań satelitarnych Landsat 5 TM. Na zobrazowaniach tych można wyznaczyć formy rzeźby terenu, zarówno na podstawie fotointerpretacyjnych cech bezpośrednich, jak również pośrednich. Istotne znaczenie w tym przypadku ma dobór odpowiedniej kompozycji barwnej. Przykładowymi formami wyznaczanymi na podstawie cech bezpośrednich są koryta rzek (Rycina 10), które w kompozycji RGB 453 charakteryzują się granatowym bądź czarnym fototonem. Na podstawie cech pośrednich, do których zaliczyć należy użytkowanie terenu, można wyznaczyć m.in. formy erozji rzecznej, np. równiny terasowe plejstoceńskie (Rycina 10). Identyfikuje się je poprzez występowanie rozległych łąk, które w kompozycji RGB 453 charakteryzują się wyraźnym pomarańczowym fototonem. Spowodowane jest to wykorzystaniem w kompozycji dwóch kanałów podczerwonych, wrażliwych na zawartość wody w roślinach.

W celu prawidłowego przeprowadzenia procesu wydzielenia form rzeźby na obrazie satelitarnym opracowano klucz fotointerpretacyjny dla wszystkich form prezentowanych za pomocą poligonów, znajdujących się na badanym obszarze. Wyszczególniono w nim wszystkie takie wydzielenia, a następnie opisano, w jaki sposób są

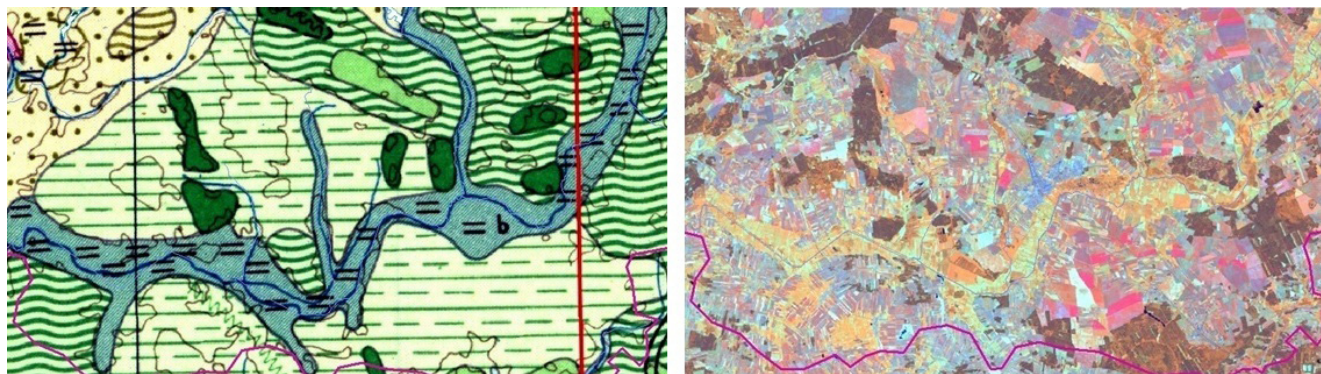
one rozpoznawalne na zdjęciu Landsat. Tabela 6 prezentuje wybrane wydzielenia geomorfologiczne, które uznano za najbardziej charakterystyczne na obydwu analizowanych obszarach.

Poniżej zaprezentowano w formie graficznej oraz opisowej kilka przykładów opisanych w kluczu fotointerpretacyjnym (Tabela 12). Są to: *wały moren spiętrzonych* (Rycina 11), *pojedyncze duże wytopiska* (Rycina 12) oraz *ozy* (Rycina 13), pochodzące z okresu zlodowacenia bałtyckiego. Dodatkowo, opisane zostały pokrótce materiały pomocnicze, które wykorzystano przy interpretacji i wektoryzacji form trudnych do zidentyfikowania na zobrazowaniu satelitarnym. Zaprezentowano również wyniki wektoryzacji wymienionych wydzielen form rzeźby terenu.

Wały moren spiętrzonych (Rycina 11), należące do wałów morenowych strefy marginalnej, form akumulacji lodowcowej i rzeczno-lodowcowej z okresu zlodowacenia bałtyckiego:

Granice powyższego wydzielenia, jak wynika z klucza fotointerpretacyjnego (Tabela 3), są możliwe do zweryfikowania na zobrazowaniu satelitarnym. Charakteryzuje je użytkowanie terenu, gdyż na tym obszarze występują lasy liściaste, które w kompozycji 453 przyjmują barwę jasnobrażową (Rycina 11b). Dodatkowym materiałem, na którym wały moren spiętrzonych są łatwe w identyfikacji, jest Numeryczny Model Terenu. Prezentuje on w wyraźny sposób formy wysokościowe, również pozwalając wyznaczyć granice przebiegu wydzielen (Rycina 11c). Zwektoryzowane poligony zaprezentowano na podkładzie zdjęcia satelitarnego (Rycina 11d).

Pojedyncze duże wytopiska (Rycina 12), (formy wytopiskowe, należące do form akumulacji lodow-



Ryc. 10. Koryta rzek (rzeki) widoczne za pomocą cech bezpośrednich oraz równiny terasowe plejstoceniowe widoczne za pomocą cech pośrednich na zdjęciu satelitarnym (z lewej: Przeglądowa Mapa Geomorfologiczna Polski 1:500 000, z prawej: zobrazowanie Landsat 5 TM).

Fig. 10. River channel (rivers) visible using direct characteristics and pleistocene terrace plains visible using indirect characteristics on satellite image (on the left: Geomorphological Map of Poland 1:500 000, on the right: Landsat 5 TM image).

Tabela 6. Wybrane elementy klucza fotointerpretacyjnego.

Tabela 6. Selected elements of photointerpretation key.

Forma rzeźby terenu / relief form	Cechy fotointerpretacyjne / photointerpretation characteristics
Dna większych dolin płaskodennych z akumulacją holoceniową <i>Large flat-bottomed valley floors filled with holocene sediments</i>	użytkowanie terenu: łąki, położenie wzdłuż cieków <i>land use: meadows, position along watercourses</i>
Koryta rzek (rzeki) <i>River channels (rivers)</i>	obiekty liniowe o ciemnym fototonie <i>line objects with a dark phototone</i>
Misy jeziorne (powierzchnia wody) <i>Lake basins (water surface)</i>	ciemny fototon <i>dark phototone</i>
Ozy <i>Eskers</i>	użytkowanie terenu: las iglasty, podłużny kształt <i>land use: pine forests, longitudinal shape</i>
Pojedyncze duże wytopiska <i>Single large thaw basins</i>	różowa lub pomarańczowa barwa, często owalny kształt <i>pink or orange phototone, often oval shape</i>
Równiny sandrowe <i>Outwash (sandur) plains</i>	użytkowanie terenu: przewaga lasów iglastych <i>land use: predominance of pine forests</i>
Równiny terasowe plejstoceniowe z okresu zlodowacenia bałtyckiego <i>Pleistocene terrace plains dating from the Vistulian</i>	użytkowanie terenu: rozległe łąki, położenie wzdłuż cieków <i>land use: wide meadows, position along watercourses</i>
Rynny subglacjalne (jeziorne) z okresu zlodowacenia bałtyckiego <i>Subglacial channel (with lakes) dating from the Vistulian</i>	forma podłużna, wyraźnie inna barwa od otoczenia, często wypełniona jeziorem lub zespołem jezior <i>a longitudinal form, different phototone from environment, often filled with lake or groups of lakes</i>
Wąły morenowe strefy marginalnej (wąły moren akumulacyjnych) <i>Morainic ridges in the marginal zone, formed by deposition</i>	użytkowanie terenu: lasy liściaste <i>land use: leaf forests</i>
Wąły morenowe strefy marginalnej (wąły moren spiętrzonych) <i>Morainic ridges in the marginal zone, formed by thrust</i>	użytkowanie terenu: lasy liściaste <i>land use: leaf forests</i>

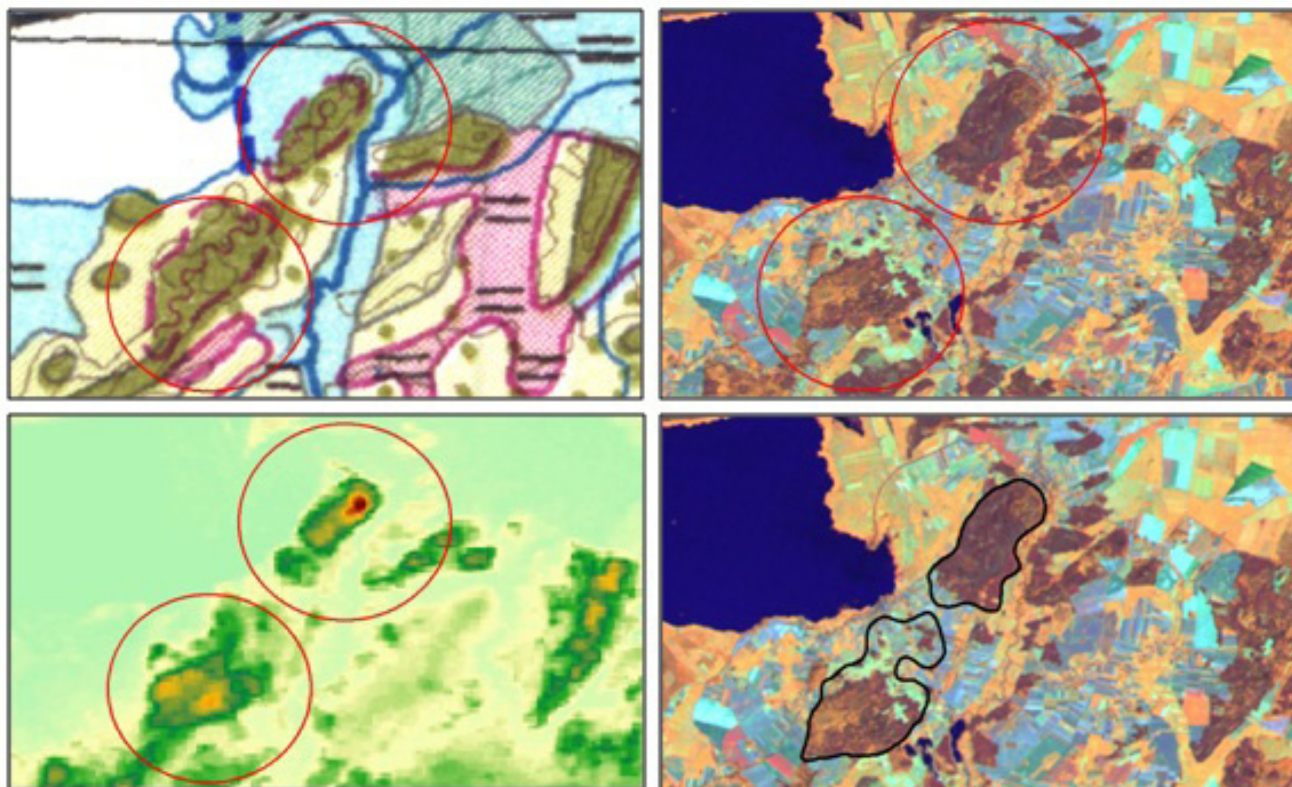
Źródło: opracowanie własne.

Source: own description.

cowej i rzeczno-lodowcowej z okresu zlodowacenia bałtyckiego):

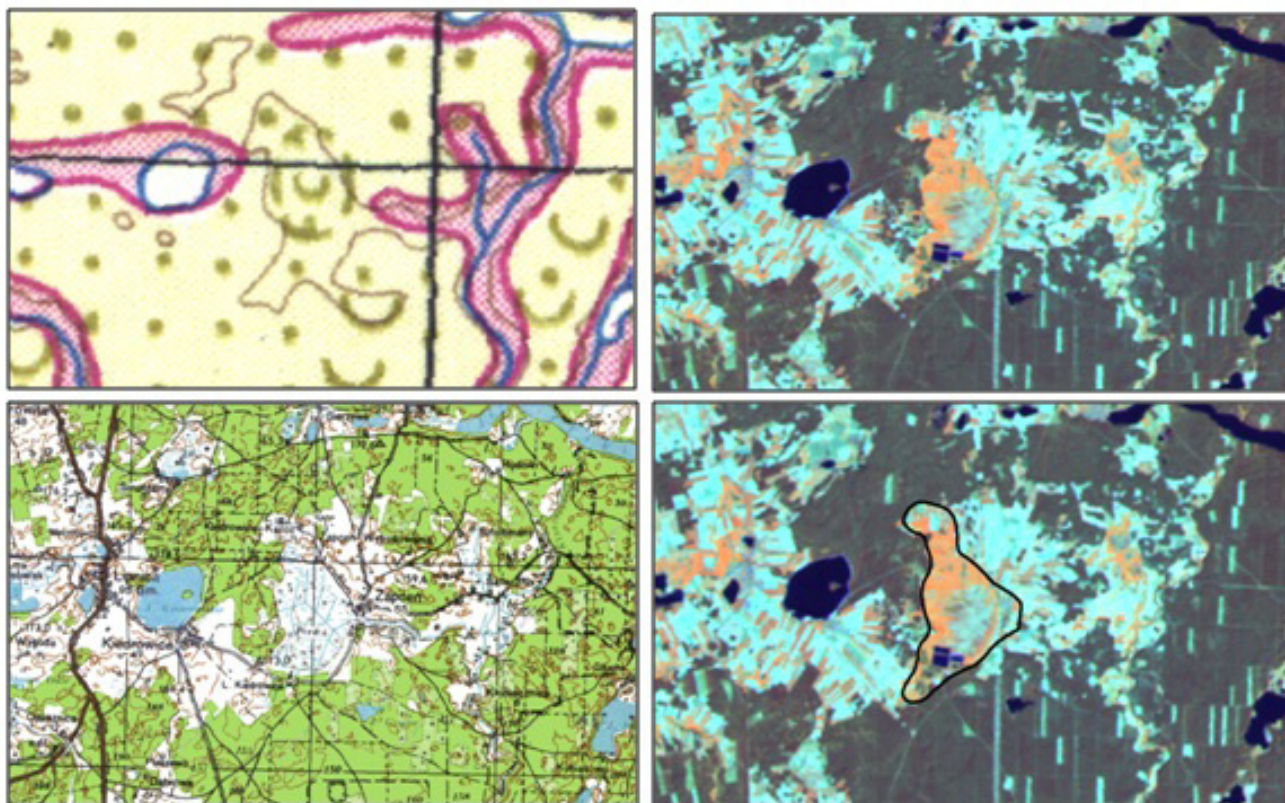
Pojedyncze duże wytopiska, podobnie jak wały moren spiętrzonych, są łatwe do zinterpretowania na zdjęciu satelitarnym. Charakteryzuje je najczęściej różowy bądź

pomarańczowy fotofon, a także owalny kształt (Rycina 12b). W miejscach, w których interpretacja na zdjęciu była utrudniona, materiałem pomocniczym okazała się mapa topograficzna w skali 1:100 000, na której analizowano wydzielenia za pomocą prezentacji kartograficznej



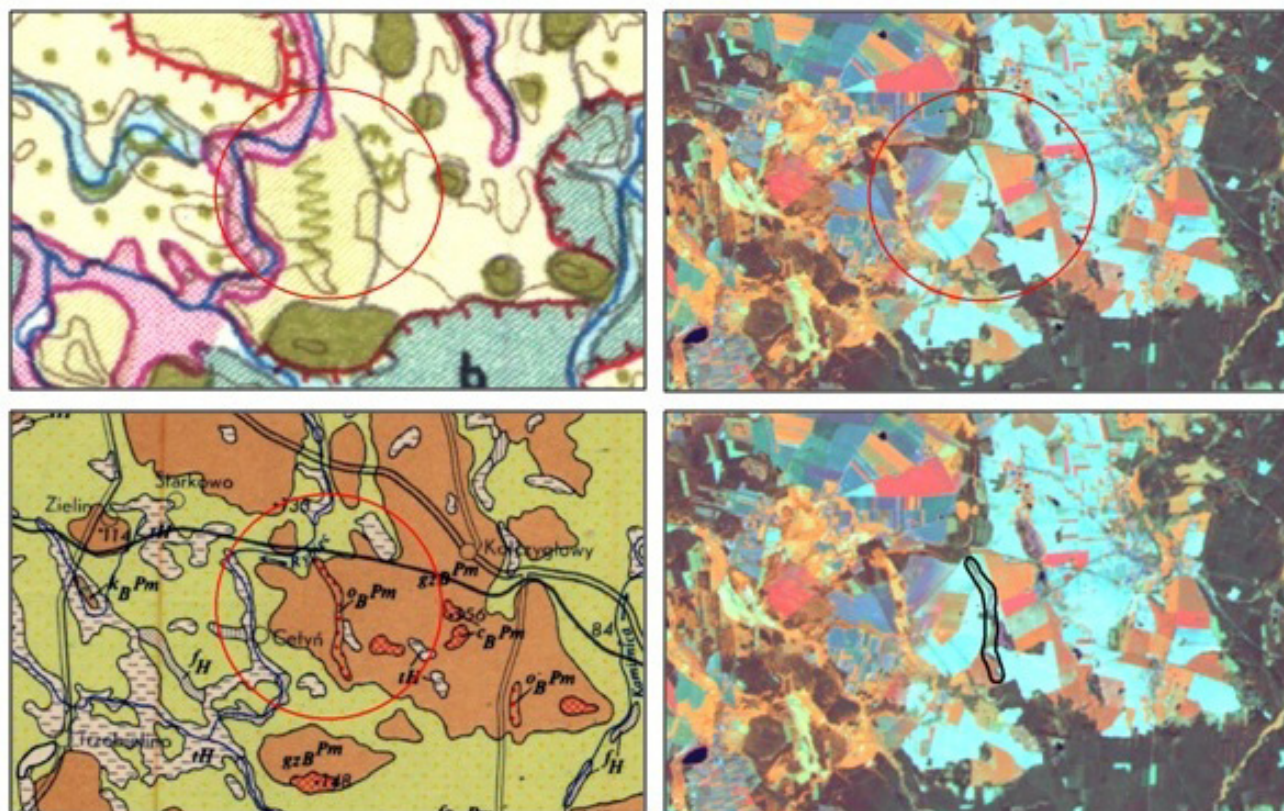
Ryc. 11. Wały moren spiętrzonych na mapie geomorfologicznej (a), zdjęciu satelitarnym (b), Numerycznym Modelu Terenu (c) oraz w postaci zwektoryzowanego poligonu (d).

Fig. 11. Thrust on the geomorphological map (a), satellite image (b), Digital Terrain Model (c) and vectorized polygon (d).



Ryc. 12. Pojedyncze duże wyciępiska na mapie geomorfologicznej (a), zdjęciu satelitarnym (b), mapie topograficznej (c) oraz w postaci zewktoryzowanego poligonu (d).

Fig. 12. Single large thaw basins on the geomorphological map (a), satellite image (b), topographic map (c) and vectorized polygon (d).



Ryc. 13. Ozy na mapie geomorfologicznej (a), zdjęciu satelitarnym (b) mapie geologicznej (c) oraz w postaci zwektoryzowanego poligonu (d).

Fig. 13. Eskers on the geomorphological map (a), satellite image (b) and geological map (c) and vectorized polygon (d).

terenów podmokłych (Rycina 12c). Efekt wektoryzacji wydzielenia przedstawia Rycina 12d.

Ozy (Rycina 13), również należące do form akumulacji lodowcowej oraz rzeczno-lodowcowej z okresu zlodowacenia bałtyckiego:

Formy rzeźby terenu, do których należą ozy, także za pomocą fotointerpretacyjnych cech pośrednich są możliwe do zidentyfikowania na obrazowaniu satelitarnym. Charakterystyczne dla ozów jest to, że są one porastane przez lasy iglaste, które mają specyficzny wydłużony kształt (Rycina 13b). Bardzo istotnym materiałem pomocniczym, na którym także można wyznaczyć granice tego wydzielenia, ze względu na wyraźny związek rzeźby z litologią, jest mapa geologiczna. Prezentuje ona wydzielenie *piaski i żwiru ozów*, co sugeruje na występowanie tej formy rzeźby terenu bezpośrednio w wyznaczonym miejscu. Zwektoryzowane wydzielenie zaprezentowano na Rycinie 13d.

Zaprezentowane przykłady pozwalają przybliżyć sposób wyznaczania wszystkich wydzieleni form rzeźby znajdujących się na badanych obszarach. Proces ten przebiegał poprzez znalezienie powiązań pomiędzy *Przeglądową Mapą Geomorfologiczną 1:500 000* a obrazowaniami satelitarnymi, dodatkowo w oparciu o materiały pomocnicze, a następnie na wyznaczeniu na tej podstawie odpowiednich form rzeźby terenu. Najistotniejszymi materiałami była mapa geomorfologiczna oraz zdjęcia satelitarne, jednak pozostałe materiały

w wielu przypadkach były niezwykle istotne i pomagały rozstrzygnąć, jak powinien wyglądać przebieg granic niemożliwych do zweryfikowania na zdjęciu.

Efektom analiz zgromadzonych materiałów i wektoryzacji form są warstwy poligonów, linii oraz punktów. W początkowym zamyśle opracowania mapy chciano wszystkie wydzielenia sygnowane z mapy analogowej zamienić na poligonowe. Jednak w przypadku niektórych form rzeźby terenu, było to niemożliwe, ze względu na fakt, iż ich powierzchnia w skali 1:300 000 byłaby zbyt mała, aby były one czytelne. Jako najmniejszą powierzchnię prezentowaną na opracowywanej mapie przyjęto 1 mm², czyli 90 000 m² w rzeczywistości. Odstępstwem od tej reguły są wydzielenia o wydłużonym przebiegu, jak np. wydmy.

Dla obszaru województwa pomorskiego grupami wydzieleni są: formy erozji rzecznej, formy akumulacji rzecznej, formy erozji lodowcowej i rzeczno-lodowcowej, formy akumulacji lodowcowej i rzeczno-lodowcowej z okresu zlodowacenia bałtyckiego, formy eoliczne późnolodowcowe i holoceny, organogeniczne holoceny, formy limniczne czwartorzędowe, formy abrazji morskiej holoceny oraz formy akumulacji morskiej. Dla województwa warmińsko-mazurskiego oraz części podlaskiego wyznaczono następujące grupy form rzeźby terenu: formy erozji oraz akumulacji rzecznej, formy erozji lodowcowej i rzeczno-lodowcowej, akumulacji lodowcowej i rzeczno-lodowcowej w zasięgu zlodowacenia środkowo-

polskiego oraz z okresu zlodowacenia bałtyckiego, formy eoliczne późnoglacialne i holocenijskie, organogeniczne holocenijskie oraz formy limniczne czwartorzędowe.

Ręczna wektoryzacja poligonów powoduje powstanie nienaturalnie wyglądających, „kanciastych” form rzeźby. Należało zatem zastosować generalizację, która możliwa jest do wykonania za pomocą różnych algorytmów. Stopień wygładzenia zależy od skali opracowania, a także od oceny wizualnej. W pracy wykorzystano algorytm PAEK, któremu nadano parametr 300 m, gdyż uznano go za najlepszy dla tego opracowania.

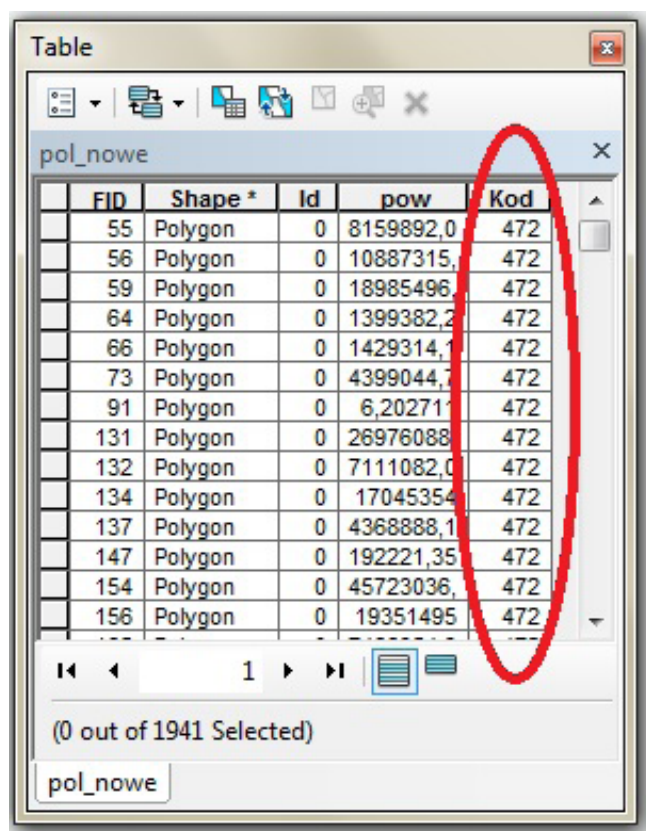
Kodowanie wydzieleni

Powstałe podczas wektoryzacji, a następnie poddane przetworzeniu wydzielenia form rzeźby należało zakodować, w ten sposób, aby można było je zidentyfikować zarówno wizualnie na mapie jak i w tabeli atrybutów. W tym celu do tabeli dodana została kolumna zatytułowana „Kod”, którą następnie wypełniono wartościami liczbowymi, zaczerpniętymi z legendy do *Przeglądowej Mapy Geomorfologicznej Polski 1:500 000* J. Borzuchowskiego (Rycina 14). Każde wydzielenie tej legendy posiada swój indywidualny kod, który jest zależny od rangi grupy wydzieleni. Przykładowo, kod 4 nadano najszerzej grupie wydzieleni, zatytułowanej *Genetyczne zespoły*

form egzogenicznych – małych, do których należą *Formy erozji rzecznej* – kod 42, w skład których wchodzi *Dna większych dolin płaskodennych* zakodowane numerem 421, podzielone na: z *akumulacją plejstoceńską* – kod 4211 oraz z *akumulacją holocenijską* – kod 4212.

Kody, jakie wykorzystano w powstałych mapach geomorfologicznych Podlasia oraz Mazowsza odpowiadają poszczególnym wydzieleniom *Przeglądowej Mapy Geomorfologicznej Polski 1:500 000*, jednak przypisano im inne wartości liczbowe, mieszczące się w przedziale od 1 do 86. Aby *Przeglądowa Mapa Geomorfologiczna Polski 1:300 000* była jednolita, należałoby przypisać im kody z legendy do *Przeglądowej Mapy Geomorfologicznej Polski 1:500 000* opracowanej przez J. Borzuchowskiego (Borzuchowski, Olędzki, 2011).

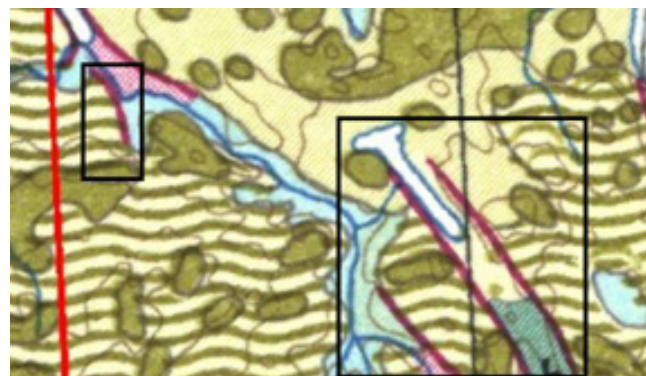
Dodatkowym wydzieleniem wśród form liniowych, które nie zostało wyznaczone w legendzie do *Przeglądowej Mapy Geomorfologicznej 1:500 000* były *krawędzie rynien*, przedstawione na mapie kolorem bordowym. Fragmenty krawędzi rynien zaznaczone czarnym prostokątem prezentuje Rycina 15. Należało w tym przypadku stworzyć nowy kod. Zdecydowano się wykorzystać kod przypisany do form poligonowych, jakimi były *rynny subglacialne*, ze względu na fakt, iż krawędzie są kontynuacją tych wydzieleni poligonowych, wypełnioną innymi formami rzeźby.



FID	Shape *	Id	pow	Kod
55	Polygon	0	8159892,0	472
56	Polygon	0	10887315,	472
59	Polygon	0	18985496,	472
64	Polygon	0	1399382,2	472
66	Polygon	0	1429314,1	472
73	Polygon	0	4399044,7	472
91	Polygon	0	6,202711	472
131	Polygon	0	26976088,	472
132	Polygon	0	7111082,0	472
134	Polygon	0	17045354,	472
137	Polygon	0	4368888,1	472
147	Polygon	0	192221,35	472
154	Polygon	0	45723036,	472
156	Polygon	0	19351495	472

Ryc. 14. Dodanie kolumny „Kod” w tabeli atrybutów warstwy i zakodowanie poligonów.

Fig. 14. Adding column „Kod” in attribute table layer and encoding polygons.

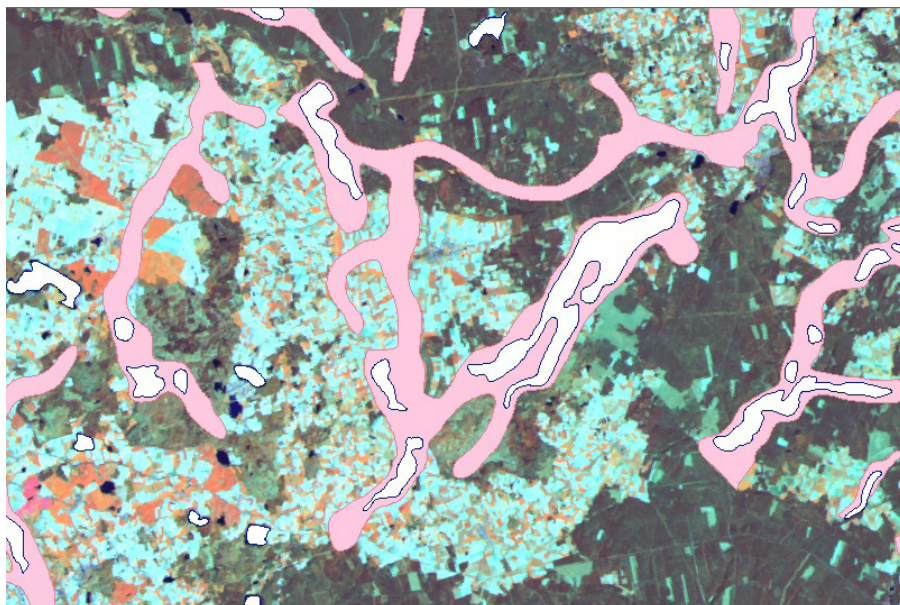


Ryc. 15. Krawędzie rynien nie zawarte w legendzie.

Fig. 15. Channel slopes (scarps) not include in legend.

Wyznaczone poligony, linie i sygnatury są gotowymi wydzieleniami form rzeźby terenu, możliwymi do poddania dalszym przetworzeniom. Jako, że wykonywana mapa geomorfologiczna jest zarówno bazą danych, możliwe jest wykorzystywanie tych danych dla różnych celów. Warstwa poligonowa zawiera wszystkie formy rzeźby, jednak możliwa jest również ekstrakcja danych, które aktualnie będą potrzebne do analiz. Przykład (Rycina 16) przedstawia wyświetlone na ekranie komputera *rynny subglacialne* oraz *misy jeziorne* za pomocą zapytań SQL.

Przedstawianie wybranych form rzeźby terenu możliwe jest dzięki ich zakodowaniu. Operację taką można wykonywać również w celu wyświetlenia form o innych, określonych parametrach, np. zajmowanej powierzchni.



Ryc. 16. Rynny subglacjalne oraz misy jeziorne.

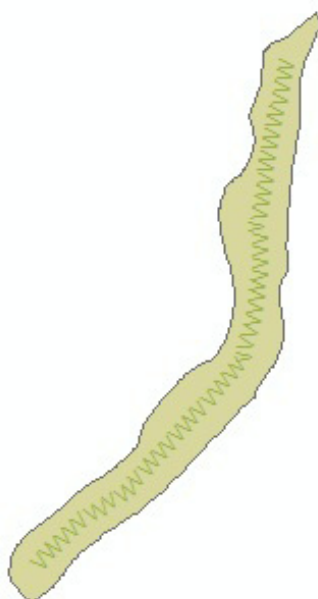
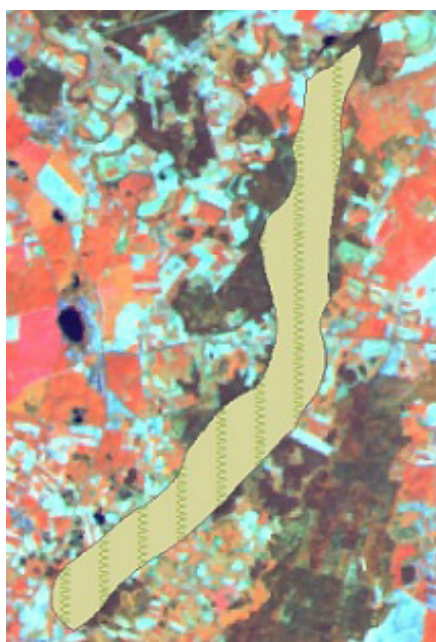
Fig. 16. Subglacial channel and lake basins.

Opracowanie legendy

Na obszarze województwa pomorskiego wyznaczonych zostało 40 wydzieleni form rzeźby terenu, zaczerpniętych z *Przeglądowej Mapy Geomorfologicznej Polski 1:500 000*. Głównie są to wydzielenia poligonowe (1941), następnie liniowe (395) oraz sygnaturowe (225). Na obszarze województwa warmińsko-mazurskiego wyznaczono 40 wydzieleni form rzeźby, głównie poligonowych (3428), liniowych (146) oraz sygnaturowych (9). Legenda w wersji analogowej do mapy w skali 1:500 000 stanowiła wzorzec do opracowania legendy dla map w skali 1:300 000, w wersji cyfrowej. Starano się zastosować podobną kolorystykę, a także symbole zawarte w wydzieleniach. Jak wspomniano w podrozdziale 4.3., wydzielenia przedstawione na *Przeglądowej Mapie Geomorfologicznej 1:500 000* za pomocą sygnatur, zostały

częściowo zaprezentowane jako poligony, jednak w niektórych przypadkach zdecydowano się na sygnatury, bądź poligony, na które nałożono sygnatury liniowe lub punktowe. Rycina 17 prezentuje opisaną sytuację na przykładzie ozu.

Niewątpliwą zaletą opracowanej legendy jest fakt, iż jest ona możliwa do wykorzystania przy tworzeniu kolejnych przeglądowych map geomorfologicznych, co do tej pory nie było możliwe. Wydzielenia uszeregowano hierarchicznie, w tej samej konwencji, w jakiej występuje legenda do *Przeglądowej Mapy Geomorfologicznej Polski 1:500 000*. Dołączono do nich dodatkowo elementy treści mapy podkładowej, a zatem drogi krajowe, poziomice oraz miasta powiatowe. Wszystkie wydzielenia podpisane zostały w języku polskim oraz angielskim. Legendy zawierające wszystkie formy rzeźby terenu dla obszarów województw pomorskiego oraz warmińsko-ma-



Ryc. 17. Od lewej: pierwotna wersja symbolu dla ozów, od prawej: wersja poprawiona.

Fig. 17. On the left: the first version of the symbol for eskers, on the right: corrected version.



Ryc. 18. Legenda mapy geomorfologicznej województwa pomorskiego.
Fig. 18. Legend of geomorphological map for pomorskie.



Ryc. 19. Legenda mapy geomorfologicznej województwa warmińsko-mazurskiego z fragmentami podlaskiego.
Fig. 19. Legend of geomorphological map for warmińsko-mazurskie and parts of podlaskie voivodships.

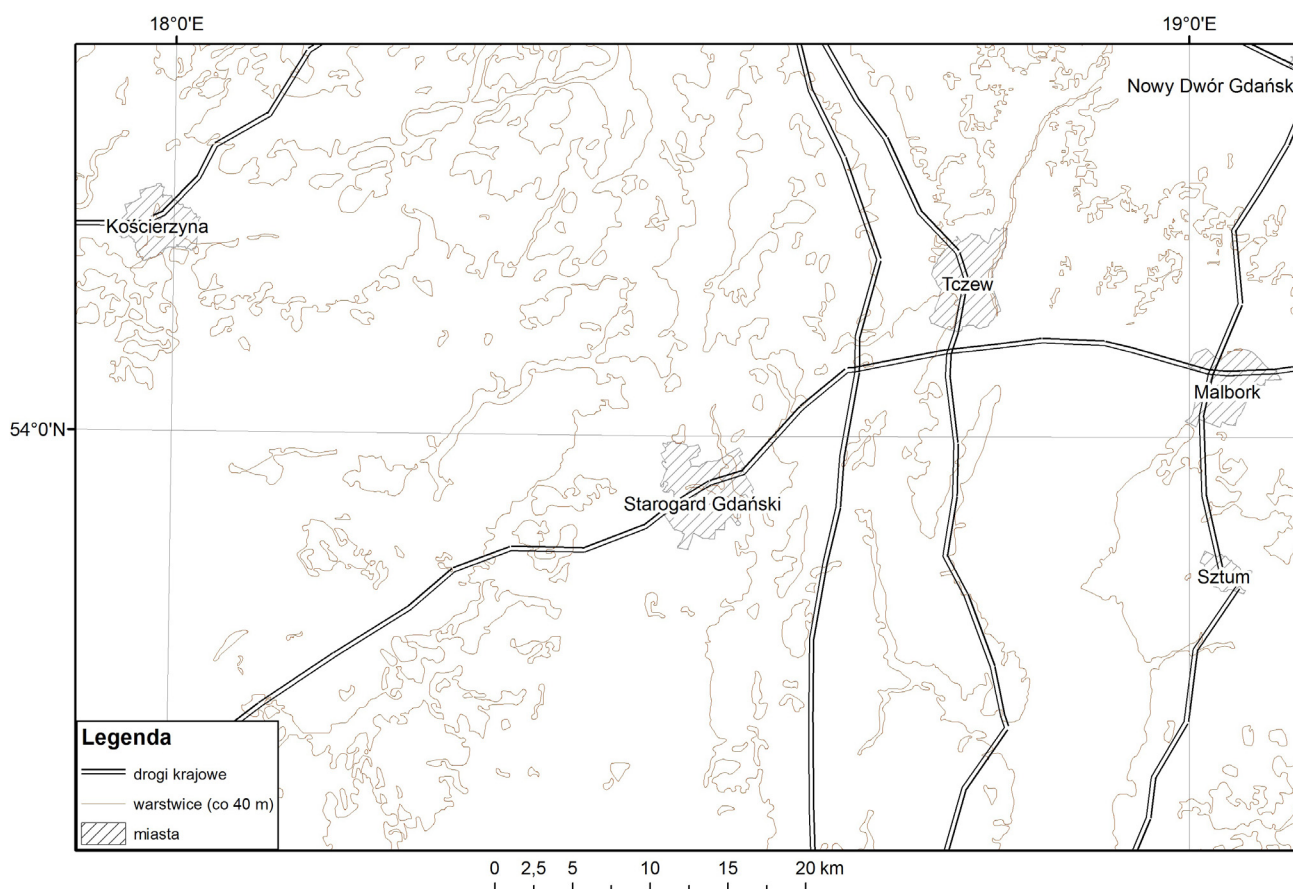
zurskiego z fragmentami podlaskiego zamieszczono na Rycinach 18-19.

Weryfikacja granic oraz sprawdzenie topologii

Mapy województw pomorskiego oraz warmińsko-mazurskiego z fragmentami podlaskiego są kontynuacją map Podlasia oraz Mazowsza, i są składowymi mapy geomorfologicznej w skali 1:300 000 dla obszaru całej Polski. Województwo pomorskie graniczy z warmińsko-mazurskim, również obie wcześniej opracowane mapy sąsiadują ze sobą, dodatkowo przylegają do nich bezpośrednio województwo warmińsko-mazurskie oraz części podlaskiego. Należało zatem zweryfikować przebieg granic wydzielen na nich się znajdujących. Przebieg form na granicy województw był uzgadniany w trakcie opracowywania map, natomiast zauważono, iż granice na mapie województwa warmińsko-mazurskiego oraz fragmentu podlaskiego nie zawsze pokrywają się z granicami Podlasia i Mazowsza. Należało w tym przypadku przeanalizować zgromadzone materiały w miejscach styków map i podjąć decyzję, czy zwektoryzowane formy pozostawić w takiej wersji, w jakiej je opracowano, czy też zmienić ich przebieg w ten sposób, aby poszczególne wydzielenia pasowały do siebie. Różnice w wykonanych mapach wynikały głównie z innej metodyki opracowanych map

Podlasia oraz Mazowsza, gdyż mapy te powstały m.in. poprzez geometryzację oraz wektoryzację kalek interpretacyjnych, wykonywanych w ramach zajęć specjalizacyjnych, zatem tworzyło je wielu interpretatorów. Innym powodem różnic w mapach jest fakt, iż rzeki oraz jeziora na mapach Podlasia oraz Mazowsza potraktowane zostały jako elementy treści mapy podkładowej, zatem zaznaczano jedynie rzeki główne, natomiast na mapach województw pomorskiego oraz warmińsko-mazurskiego z fragmentami podlaskiego zaznaczono wszystkie rzeki oraz jeziora, które występowały na *Przeglądowej Mapie Geomorfologicznej Polski 1:500 000*. Spowodowane było to faktem, iż te elementy hydrograficzne zostały zamieszczone również w legendzie do mapy w skali 1:500 000 i zostały usytuowane w hierarchii tej legendy (rzeki jako formy erozji rzecznej, zatytułowane *koryta rzek (rzeki)*, natomiast jeziora jako formy limniczne czwartorzędowe, nazwane *misami jeziornymi*), zatem należą one również do wydzielen geomorfologicznych.

Po wektoryzacji a także wygładzeniu wydzielen należało sprawdzić, czy powstały błędy topologiczne, w postaci nachodzących na siebie poligonów, bądź pustych miejsc pomiędzy formami rzeźby terenu. Błędy te zidentyfikowano przy pomocy narzędzia *Error Inspector*, a następnie je usunięto.



Ryc. 20. Fragment mapy podkładowej.

Fig. 20. Part of base map.

Treść topograficzna warstwy podkładowej

Do powstałego opracowania należało dołączyć mapę podkładową, zawierającą drogi krajowe, miasta powiatowe a także poziomice (Rycina 20). Treść ta jest pomocna przy lokalizacji form rzeźby terenu na mapie. Istotnym elementem było opracowanie jednolitej mapy podkładowej dla obu województw, co spowodowane było faktem, iż powstałe wcześniej mapy Podlasia oraz Mazowsza różniły się pod tym względem. Docelowo należało pozyskać dane ze źródeł ogólnodostępnych, które będą możliwe do zaimportowania. Wybrane zostały drogi krajowe, należące do dostępnych w zasobach internetowych danych *OpenStreetMap*. Pobrane zostały one z serwisu *gis-support.pl*²⁴. Miasta powiatowe zaczerpnięto natomiast z serwisu *geoportal.gov.pl*, w postaci rastrowej (WMS)²⁵, a następnie je zwektoryzowano. Ostatnim elementem mapy podkładowej są poziomice, które wygenerowano z Numerycznego Modelu Terenu, za pomocą funkcji *Contour Generate*. Przyjęto cięcie poziomicowe co 40 m, ze względu na fakt, iż analizowane obszary charakteryzują się znacznymi deniwelacjami terenu i zastosowanie cięcia bardziej szczegółowego spowodowałoby nieczytelność mapy. Powstałe linie zostały wygładzone w podobny sposób, w jaki wygładzano poligony oraz wydzielenia liniowe.

Rycina 20 przedstawia fragment mapy podkładowej, pokrywający obszar województwa pomorskiego.

Przygotowanie mapy do wydruku

Powstała baza danych jest efektem końcowym prac. Ostatnim krokiem jest przygotowanie kompozycji mapy do wydruku. Należy w tym celu do powstałego opracowania kartograficznego dołączyć pozostałe elementy, składające się na ostateczną wersję pracy. Pierwszym z nich jest siatka współrzędnych geograficznych. Została ona opisana co pół stopnia, w formacie 17°30'E (stopni i minut). Wewnątrz ramki należało zamieścić takie elementy jak tytuł mapy, podziałkę liniową, legendę a także informacje o autorach. Jako, iż mapa województwa pomorskiego oraz mapa województwa warmińsko-mazurskiego z fragmentami podlaskiego są dwoma osobnymi opracowaniami, tytuły prac zostały zamieszczone na każdej z nich indywidualnie, kolejne elementy poza legendą oraz autorami zamieszczone zostały na obydwu mapach w podobnej konwencji. Podziałka liniowa wyrażona została w kilometrach. Legendy uporządkowane zostały w sposób hierarchiczny tak, jak opisano to w podrozdziale *Opracowanie legendy*. W informacjach o autorach znalazły się nazwiska studentów opracowujących mapy, a także promotorów prac, jak również nazwa jednostki, w której wykonana została mapa. Ostatnim elementem było dołączenie tytułów materiałów, które wykorzystywano podczas opracowywania map, jak rów-

nież informacji o układzie współrzędnych, odwzorowaniu kartograficznym oraz elipsoidzie odniesienia.

Istotny jest także dobór formatu papieru, na którym mapa zostanie zamieszczona, jest on zależny przede wszystkim od skali opracowania. Dla mapy województwa pomorskiego w skali 1:300 000 zdecydowano się na format A1, natomiast mapa województwa warmińsko-mazurskiego, ponieważ obszar ten jest większy, w tej samej skali została dopasowana do formatu A0. W ten sposób utworzone kompozycje map gotowe są do wydruku. Efekty opracowań cyfrowych map geomorfologicznych województw przedstawiają Ryciny 21 i 22. Dla celów niniejszej publikacji obie mapy zaprezentowano w znacznym pomniejszeniu.

Wyniki i analizy form geomorfologicznych

Opracowane mapy stanowią bazę danych, pozwalającą na analizę geomorfologiczną badanych obszarów. Analizie statystycznej poddano jedynie formy poligonowe, ze względu na fakt, iż niektóre z wydzieleni liniowych, a także wydzielenia sygnaturowe nie oddają rzeczywistej długości bądź powierzchni zajmowanej przez daną formę, lecz jedynie sygnalizują jej występowanie. Przykładem jest zaznaczenie rozległych obszarów *równin deltowych holocenijskich* na *Przeglądowej Mapie Geomorfologicznej Polski 1:500 000* za pomocą sygnatury liniowej.

Wszystkie formy rzeźby terenu występujące na badanych obszarach zostały opisane dodatkowo na podstawie własnej oceny wizualnej opracowanych map. Z powodu, iż tereny te są bardzo rozległe, podzielono je w tym celu na jednostki geograficzne w skali mezoregionów, będące opracowaniem autorskim prof. Ołędzkiego (Ołędzki, 2007). W obrębie tych regionów dokonano opisu geomorfologicznego obszarów.

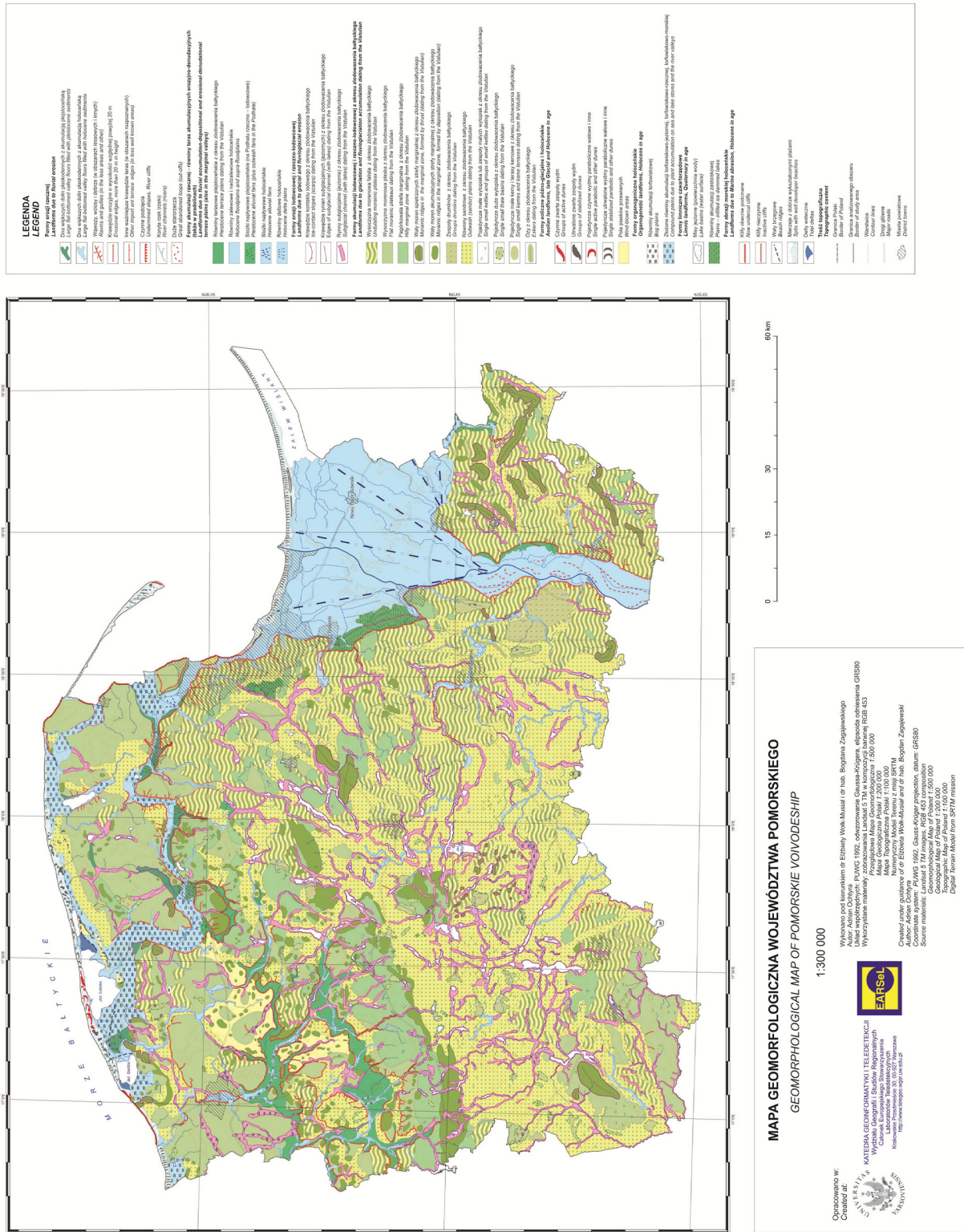
Na terenie **województwa pomorskiego** wyodrębnionych zostało łącznie 40 wydzieleni form rzeźby terenu (1941 poligonów, 395 obiektów liniowych oraz 225 sygnaturowych). W Tabeli 7 zestawiono wszystkie formy poligonowe, z uwzględnieniem ich liczby oraz powierzchni, wyrażonej w kilometrach kwadratowych.

Najbardziej liczną grupą spośród wydzieleni są *misy jeziorne*, które występują w liczbie 439, a ich łączna powierzchnia zajmuje powierzchnię 418,55 km² (3,06% ogółu powierzchni). Na analizowanym terenie najmniej poligonów (po 2) reprezentują trzy wydzielenia: *równiny akumulacji torfowiskowej* (o powierzchni 4,19 km², 0,59% obszaru), *deltę wsteczne* (11,19 km², 0,06% obszaru) oraz *zespoły drumlinów* (107,29 km², 0,59% obszaru). Największym powierzchniowo wydzieleniem są *równiny sandrowe*, które obejmują swym zasięgiem 4452,65 km² (24,34% całkowitego obszaru) natomiast najmniejszą powierzchnię (0,01%) zajmują *pojedyncze czynne wydmy paraboliczne wałowe i inne* – 1,06 km².

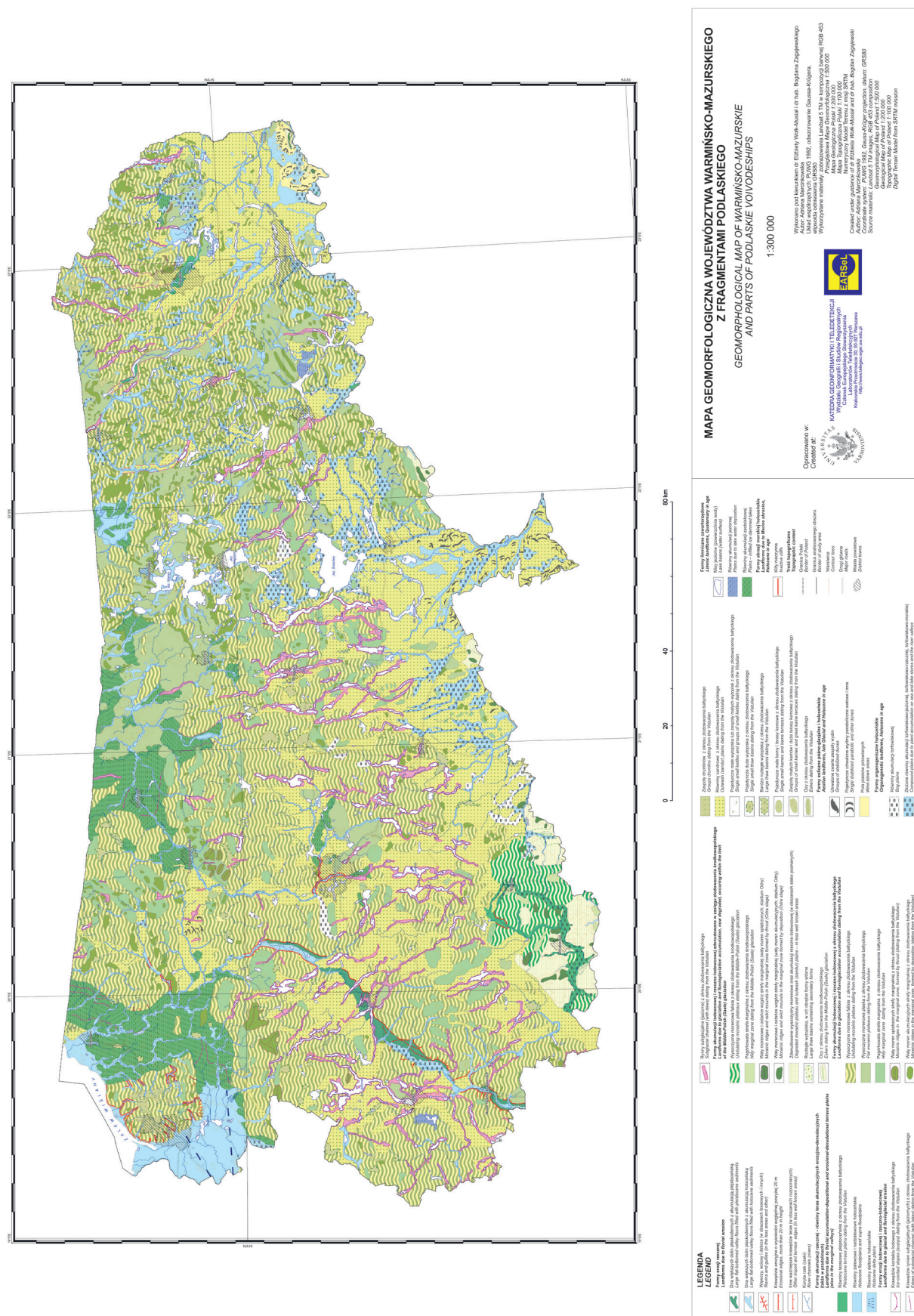
Rzeźba poszczególnych regionów, znajdujących się w obrębie badanych obszarów została opisana w publikacji *Regiony Geograficzne Polski*, autorstwa

²⁴ www.gis-support.pl

²⁵ www.geoportal.gov.pl



Ryc. 21. Mapa geomorfologiczna województwa pomorskiego. Fig. 21. Geomorphological map of pomorskie voivodeship.



Ryc. 22. Mapa geomorfologiczna województwa pomorskiego.
Fig. 22. Geomorphological map of pomorskie voivodeship.

Tabela 7. Zestawienie wszystkich form poligonowych na obszarze województwa pomorskiego.

Table 7. List of all polygon forms at the pomorskie voivodeship area.

Rodzaj formy	Kod	Liczba poligonów	Powierzchnia (km ²)	Udział procentowy w powierzchni obszaru
Dna większych dolin płaskodennych z akumulacją plejstoceniową <i>Large flat-bottomed valley floors filled with pleistocene sediments</i>	4211	14	100,89	0,55
Dna większych dolin płaskodennych z akumulacją holoceniową <i>Large flat-bottomed valley floors filled with holocene sediments</i>	4212	83	2378,74	13,00
Równiny terasowe plejstoceniowe z okresu zlodowacenia bałtyckiego <i>Pleistocene terrace plains dating from the Vistulian</i>	4313	37	415,68	2,27
Rynny subglacjalne (jeziorne) z okresu zlodowacenia bałtyckiego <i>Subglacial channel (with lakes) dating from the Vistulian</i>	4432	152	1201,8	6,57
Wysoczyzna morenowa falista <i>Undulating morainic plateaux</i>	472	89	3409,26	18,63
Wysoczyzna morenowa płaska <i>Flat morainic plateaux</i>	473	93	2316,09	12,66
Pagórkowata strefa marginalna <i>Hilly marginal zone</i>	474	82	1144,93	6,26
Wały morenowe strefy marginalnej (wały moren spiętrzonych) <i>Morainic ridges in the marginal zone, formed by thrust</i>	4751	48	274,32	1,50
Wały morenowe strefy marginalnej (wały moren akumulacyjnych) <i>Morainic ridges in the marginal zone, formed by deposition</i>	4752	357	666,64	3,64
Zespoły drumlinów <i>Groups drumlins</i>	4761	2	107,29	0,59
Równiny sandrowe <i>Outwash (sandur) plains</i>	477	164	4452,65	24,34
Pojedyncze duże wytopiska <i>Single large thaw basins</i>	4792	66	225,22	1,23
Pojedyncze małe kemy i terasy kemowe <i>Single small kames and kame terraces</i>	47011	12	17,59	0,10
Ozy <i>Eskers</i>	4702	4	10,72	0,06
Czynne zwarte zespoły wydym <i>Groups of active dunes</i>	40121	7	5,57	0,03
Utrwalone zwarte zespoły wydym <i>Groups of stabilized dunes</i>	40122	26	12,63	0,07
Pojedyncze czynne wydmy paraboliczne wałowe i inne <i>Single active parabolic and other dunes</i>	40131	7	1,02	0,01
Pojedyncze utrwalone wydmy paraboliczne wałowe i inne <i>Single stabilized parabolic and other dunes</i>	40132	204	25,89	0,14

Pola piasków przewianych <i>Wind-blown areas</i>	4014	12	211,8	1,16
Równiny akumulacji torfowiskowej <i>Bog plains</i>	4021	2	4,19	0,02
Złożone równiny akumulacji torfowiskowo-jeziornej, torfowiskowo-rzecznej, torfowiskowo-morskiej <i>Compound plains due to plant accumulation on sea and lake stores and the river valleys</i>	4022	20	428,45	2,34
Misy jeziorne (powierzchnia wody)* <i>Lake basins (water surface)</i>	4031	439	560,24	3,06
Równiny akumulacji zastoiskowej <i>Plains – infilled ice dammed lakes</i>	4033	5	107,28	0,59
Mierzeje z dobrze wykształconymi plażami <i>Spits with well developer beaches</i>	4052	7	205,08	1,12
Delty wsteczne <i>Tidel deltas</i>	4053	2	11,19	0,06
Całkowity obszar <i>Total area</i>	-	1934	18295,16	100,00

* w tym powierzchnia części Zalewu Wiślanego (141,69 km²)

Źródło: opracowanie własne. *Source: own description.*

prof. J. R. Olędzkiego (Olędzki, 2007). Ogólnie, zarówno na podstawie opracowanej mapy wraz z bazą danych, jak również na podstawie opisu regionów geograficznych, można przeanalizować teren pod względem geomorfologicznym. Ponieważ w publikacji opisane zostały mikroregiony, w analizie obszarów województw postanowiono dokonać ogólniejszego opisu w obrębie mezoregionów. Opisu tego dokonano na podstawie interpretacji wizualnej we wspomnianych jednostkach, które zaprezentowano na Rycinie 23. Opisane poniżej formy rzeźby terenu występujące na obszarze województwa pomorskiego, w całości powstały w okresie zlodowacenia bałtyckiego.

Nawiązując do regionów geograficznych na obszarze województwa pomorskiego, począwszy od Pomorza Pomorskiego (1.2), rzeźba terenu od strony brzegu morskiego ukształtowana jest poprzez procesy związane z działalnością morza. Jest to widoczne w rozwoju szerokiej strefy piaszczystych plaż, a także w abrazji morskiej oraz rozwoju wybrzeża klifowego w środkowej oraz wschodniej części regionu, znajdującego się w granicach województwa pomorskiego. Dodatkowo, na całej długości wybrzeża Bałtyku występują formy eoliczne, takie jak wydmy paraboliczne, wałowe i inne. Występują one zarówno jako formy utrwalone oraz czynne. Formy czynne występują głównie w pasie pomiędzy jeziorem Łebsko a Morzem Bałtyckim. Specyficznym wydzieleniem tego mezoregionu w obrębie województwa pomorskiego są delty wsteczne występujące na wschód od jeziora Łebsko oraz na zachód od jeziora Gardno. Na południe od form związanych z działalnością morza, dominującą formą na tym obszarze jest wysoczyzna morenowa płaska, do której przylegają złożone równiny akumulacji torfowiskowej oraz holocenijskie równiny zalewowe i nadzalewowe. Poprzecinana jest ona również rynnami subglacjalnymi z akumulacją torfowiskową.

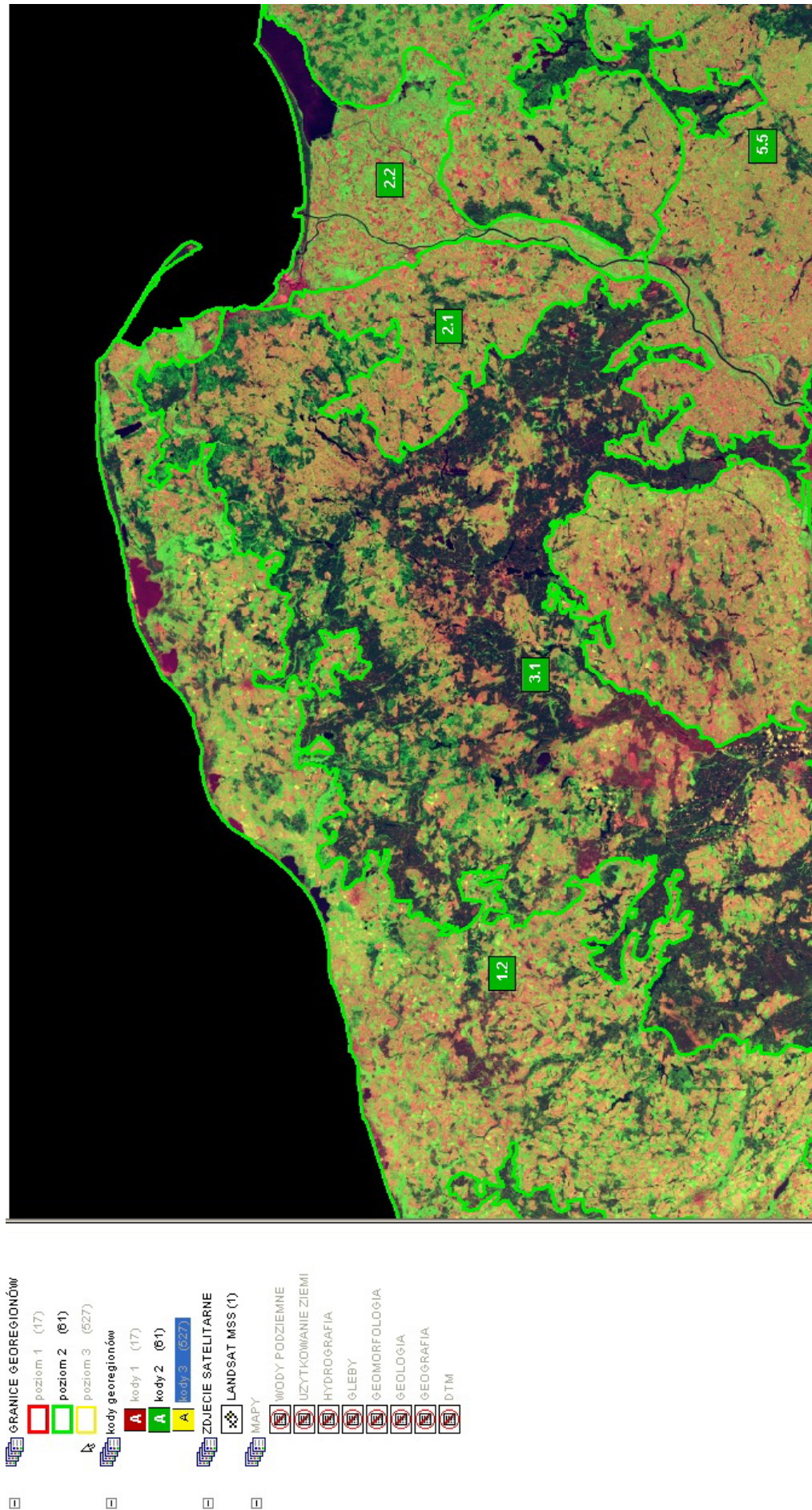
Kolejnym mezoregionem zajmującym znaczącą część województwa pomorskiego jest Pomorze Środkowe (3.1).

Dominującymi formami na północy tego obszaru są wyniesienia w postaci wałów morenowych strefy marginalnej zlodowacenia bałtyckiego – wały moren akumulacyjnych oraz spiętrzonych, a także wysoczyzny morenowej falistej. Formy te stanowią szeroki pas rozciągający się z południowego zachodu w kierunku północnego wschodu. Północny wschód obszaru zajmują rozległe równiny terasowe plejstocenijskie z okresu zlodowacenia bałtyckiego, w obrębie których znajdują się również dna większych dolin płaskodennych z akumulacją holocenijską. Na południe od pasa moren rozciągają się wielkopowierzchniowe równiny sandrowe z licznymi rynnami subglacjalnymi wypełnionymi często misami jeziornymi. Charakterystycznym elementem dla południowej części tego regionu jest występowanie pojedynczych małych wytopisk. Region ten jest także jedynym miejscem występowania kemów na analizowanym terenie.

Niewielki fragment mezoregionu Wielkopolska Północna (5.1) znajduje się na terytorium południowej części województwa pomorskiego. Występują tam formy takie jak: wysoczyzna morenowa falista oraz płaska, a także pagórkowata strefa marginalna. Obszar porożcinany jest rynnami subglacjalnymi.

Mezoregionem znajdującym się prawie w całości w województwie pomorskim są Wysoczyzny Wschodniokaszubskie. Głównym wydzieleniem geomorfologicznym jest tutaj wysoczyzna morenowa falista z głęboko wciętymi dolinami płaskodennymi z akumulacją holocenijską, a także rynnami subglacjalnymi. Na północy tego obszaru występują nieliczne wały moren spiętrzonych (z okresu zlodowacenia bałtyckiego), północny wschód natomiast obejmują równiny akumulacji zastoiskowej. Charakterystyczną formą dla tego regionu są występujące na południu zespoły drumlinów, których nie można znaleźć nigdzie indziej na obszarze całego województwa pomorskiego.

Kolejnym analizowanym regionem jest Delta Wisły (2.2). W granicach województwa na tym obszarze prze-



Ryc. 23. Mezoregiony geograficzne znajdujące się w obrębie województwa pomorskiego, na podstawie opracowania J. R. Ołędzkiego.
 Fig. 23. Geographic mesoregions within the pomorskie voivodeship province, based on J. R. Ołędzki study.

plywa Wisła, natomiast teren w większości zajmowany jest przez holocenijską równinę deltową. Na północy obszaru, wzdłuż wybrzeża Bałtyku ciągnie się pas mierzei z dobrze wykształconymi plażami, na których występują pojedyncze utrwalone wydmy paraboliczne, wałowe i inne. Na wschodzie zlokalizowana jest część Zalewu Wiślanego.

Południowo-wschodnia część województwa pomorskiego zajmowana jest przez fragment Pobrzeża Warmińskiego (2.3). Przeważającą formą tego obszaru jest wysoczyzna morenowa falista, porozcinana rynkami subglacjalnymi oraz stosunkowo wąskimi pasami równin sandrowych. Na północy oraz południowym zachodzie występują podłużne wały moren spiętrzonych w większości rozciągające się z południowego zachodu w kierunku północno-wschodnim. Na południowym wschodzie obszaru zlokalizowane są pojedyncze utrwalone wydmy paraboliczne, wałowe i inne.

Ostatnim mezoregionem, znajdującym się na niewielkim fragmencie obszaru województwa pomorskiego jest Pojezierze Mazurskie (4.1). Występuje tutaj rozległa równina sandrowa, której znaczna część mieści się na sąsiednim obszarze województwa warmińsko-mazurskiego.

Analiza geomorfologiczna obszaru **województwa warmińsko-mazurskiego oraz fragmentów podlaskiego** przebiegła identycznie, jak w przypadku województwa pomorskiego. Jak również wspomniano w podrozdziale *Opracowanie legendy*, na obszarze wyznaczono 40 wydzieleni form rzeźby terenu. Dominują formy powierzchniowe (3428 poligony), wydzieleni liniowych jest 146, natomiast najmniej występuje form punktowych (9). Wyniki przeprowadzonych analiz wydzieleni poligonowych, znajdujących się na badanym terenie prezentuje Tabela 7.

Na badanym obszarze najbardziej liczną grupą są *wały moren akumulacyjnych z okresu zlodowacenia bałtyckiego* (929), które zajmują powierzchnię 1066,83 km² (3,78% całkowitego obszaru). Natomiast *wały moren spiętrzonych stadium Odry* (4,8 km², 0,2% obszaru) oraz *zespoły małych kemów i dużych terasów kemowych* są reprezentowane jedynie przez jeden poligon. Ostatnie wydzielenie jest również najmniejsze powierzchniowo, gdyż zajmuje 2,06 km², co stanowi 0,01% całkowitego analizowanego obszaru. Największą powierzchnię zajmuje *wysoczyzna morenowa falista*, obejmując 9448,87 km² (33,52% całkowitego terenu).

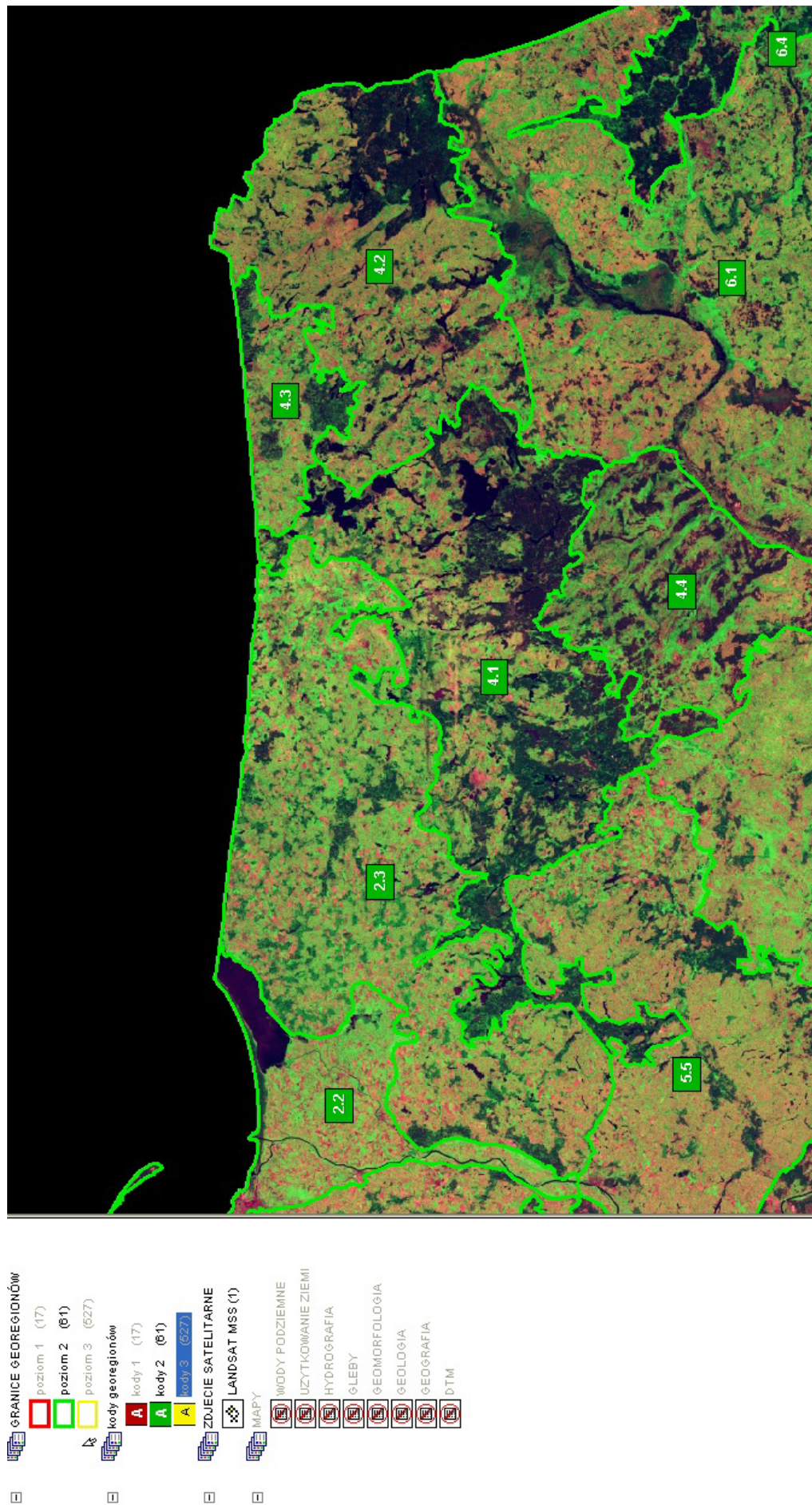
Podobnie jak w przypadku obszaru województwa pomorskiego, województwo warmińsko-mazurskie oraz fragmenty województwa podlaskiego można przeanalizować pod względem opracowanej mapy. Analizy również dokonano na podstawie oceny wizualnej w mezoregionach geograficznych prof. Olędzkiego (Rycina 24).

Północny zachód województwa warmińsko-mazurskiego obejmuje wschodni fragment Deltę Wisły (2.2). Na północy mezoregionu położona jest część Zalewu Wiślanego, południe natomiast stanowią równiny deltowe holocenijskie, w obrębie których usytuowane jest Jezioro Drużno.

Sąsiadującym z opisanym powyżej regionem jest Pobrzeże Warmińskie (2.3). Dominującym wydzieleniem geomorfologicznym jest na tym obszarze morena falista. Mieszczą się na niej liczne wały moren akumulacyjnych a także, w mniejszym stopniu, wały moren spiętrzonych. Ich występowanie często związane jest z występowaniem płatów pagórkowatej strefy marginalnej. Obszar porozcinany jest licznymi korytami rzek, umiejscowionymi w dolinach płaskodennych z akumulacją holocenijską bądź w rynnach subglacjalnych. Drugim, pod względem zajmowanej powierzchni wydzieleniem są równiny akumulacji zastoiskowej. Występują one na północno-zachodniej oraz północno-wschodniej części makroregionu. Obszar centralny zajmują równiny sandrowe, na których zlokalizowano utrwalone zwarte zespoły wydym. Specyficznym elementem jest wyniesiony obszar znajdujący się na północny wschód od Elbląga. Stanowią go wysoczyzna morenowa falista, porozcinana licznymi, wąskimi dolinami z akumulacją holocenijską o wysokich krawędziach. Charakterystyczną formą są występujące w centralnej części wyniesienia zespoły drumlinów, znajdujące się jedynie w tym miejscu na obszarze całego województwa. Północno-zachodnią krawędzią są formy abrazji morskiej holocenijskiej, w postaci nieczynnych klifów. Wszystkie wydzielenia form rzeźby terenu zlokalizowane na badanym obszarze pochodzą z okresu zlodowacenia bałtyckiego.

Kolejnym mezoregionem, znajdującym się na terenie województwa warmińsko-mazurskiego jest Pojezierze Mazurskie (4.1). Charakterystyczne dla tego obszaru jest występowanie bardzo licznych jezior, a także rynn subglacjalnych a także złożonych równin akumulacji torfowiskowo-rzecznej oraz torfowiskowo-jeziornej. Przeważającą część zajmuje tutaj również wysoczyzna morenowa falista, jak również występujące na zachodzie i południu równiny sandrowe. W obrębie moreny falistej zlokalizować można niewielkie wały moren akumulacyjnych, wysoczyznę morenową płaską, a także płaty pagórkowatej strefy marginalnej. W części zachodniej położona jest część rozległej doliny płaskodennej z akumulacją plejstocenijską. W obrębie analizowanej jednostki znajdują się również dwa duże obszary równin akumulacji torfowiskowej, mieszczące się we wschodniej oraz zachodniej części terenu. Opisane powyżej formy również datowane są na okres zlodowacenia bałtyckiego, jedynie niewielki fragment moreny falistej w południowo-wschodniej części obszaru pochodzi z okresu zlodowacenia środkowopolskiego.

Na zachód od opisanego powyżej makroregionu, znajduje się Ziemia Chełmińsko-Dobrzyńska (5.5). Obszar ten, mieszczący się w obrębie województwa warmińsko-mazurskiego, w przewadze zajmuje wysoczyzna morenowa falista zlodowacenia bałtyckiego. W części centralnej występuje pagórkowata strefa marginalna, natomiast w kierunku z południowego zachodu na północny wschód rozciągają się równiny sandrowe. Południowo-wschodnia część zajmowana jest przez formy zlodowacenia środkowopolskiego. Są to przeważnie: wysoczyzna morenowa falista, zdenudowane wysoczyzny



Ryc. 24. Mezoregiony geograficzne znajdujące się w obrębie województwa warmińsko-mazurskiego oraz fragmentów podlaskiego, na podstawie opracowania J. R. Olędzkiego.
 Fig. 24. Geographic mesoregions within the warmińsko-mazurskie and parts of podlaskie voivodeships province, based on J. R. Olędzki study.

Tabela 8. Zestawienie wszystkich form poligonowych na obszarze województwa warmińsko-mazurskiego oraz fragmen-tów podlaskiego.

Table 8. List of all polygon forms at the warmińsko-mazurskie and parts of podlaskie voivodeships area.

Rodzaj formy	Kod	Liczba poli-gonów	Powierzchnia (km ²)	Udział procentowy w powierzchni obszaru
Dna większych dolin płaskodennych z akumulacją plejstoceniową <i>Large flat-bottomed valley floors filled with pleistocene sediments</i>	4211	12	109,06	0,39
Dna większych dolin płaskodennych z akumulacją holoceniową <i>Large flat-bottomed valley floors filled with holocene sediments</i>	4212	259	2197,82	7,80
Równiny terasowe plejstoceniowe z okresu zlodowacenia bałtyckiego <i>Pleistocene terrace plains dating from the Vistulian</i>	4313	9	157,61	0,56
Równiny zalewowe i nadzalewowe holoceniowe <i>Holocene floodplains and supra-floodplains</i>	432	19	54,89	0,19
Rynny subglacjalne (jeziorne) z okresu zlodowacenia bałtyckiego <i>Subglacial channel (with lakes) dating from the Vistulian</i>	4432	109	815,18	2,89
Wysoczyzna morenowa falista* <i>Undulating morainic plateaux</i>	461	7	366,27	1,30
Pagórkowata strefa marginalna* <i>Hilly marginal zone</i>	462	6	28,46	0,10
Wały morenowe i ostańce wzgórz strefy marginalnej (wały moren spiętrzonych; stadium Odry) * <i>Morainic ridges and relict mounds in the marginal zone formed by thrust (Odra stage)</i>	4631	1	4,8	0,02
Wały morenowe i ostańce wzgórz strefy marginalnej (wały moren akumulacyjnych; stadium Odry)* <i>Morainic ridges and relict mounds in the marginal zone formed by deposition (Odra stage)</i>	4632	23	46,03	0,16
Zdenudowane wysoczyzny morenowe oraz akumulacji rzeczno-lodowcowej (w obszarach słabo poznanych)* <i>Degraded morainic plateau and outwash (sandur) plains – in less well known areas</i>	464	14	388,83	1,38
Rozległe wytopiska, w ich obrębie formy wtórne* <i>Large thaw basins containing secondary forms</i>	4673	3	19,06	0,07
Ozy* <i>Eskers</i>	469	3	5,67	0,02
Wysoczyzna morenowa falista** <i>Undulating morainic plateaux</i>	472	262	9448,87	33,52
Wysoczyzna morenowa płaska** <i>Flat morainic plateaux</i>	473	99	1590,25	5,64
Pagórkowata strefa marginalna** <i>Hilly marginal zone</i>	474	181	1330,8	4,72
Wały morenowe strefy marginalnej (wały moren spiętrzonych)** <i>Morainic ridges in the marginal zone, formed by thrust</i>	4751	12	85,08	0,30
Wały morenowe strefy marginalnej (wały moren akumulacyjnych)** <i>Morainic ridges in the marginal zone, formed by deposition</i>	4752	929	1066,83	3,78
Zespoły drumlinów** <i>Groups drumlins</i>	4761	6	49,57	0,18
Równiny sandrowe** <i>Outwash (sandur) plains</i>	477	234	6012,63	21,33

Pojedyncze duże wytopiska** <i>Single large thaw basins</i>	4792	32	135,17	0,48
Bardzo rozległe wytopiska** <i>Large thaw basins</i>	4793	6	17,02	0,06
Pojedyncze małe kemy i terasy kemowe** <i>Single small kames and kame terraces</i>	47011	21	45,02	0,16
Zespoły małych kemów i duże terasy kemowe** <i>Groups of small kames and great kame terraces</i>	47012	1	2,06	0,01
Ozy ** <i>Eskers</i>	4702	27	22,03	0,08
Utrwalone zwarte zespoły wydym <i>Groups of stabilized dunes</i>	40122	141	49,53	0,18
Pola piasków przewianych <i>Wind-blown areas</i>	4014	6	79,19	0,28
Równiny akumulacji torfowiskowej <i>Bog plains</i>	4021	32	300,25	1,07
Złożone równiny akumulacji torfowiskowo-jeziornej, torfowisko-wo-rzecznej, torfowiskowo-morskiej <i>Compound plains due to plant accumulation on sea and lake stores and the river valleys</i>	4022	77	934,75	3,32
Misy jeziorne (powierzchnia wody)*** <i>Lake basins (water surface)</i>	4031	814	1339,87	4,75
Równiny akumulacji jeziornej <i>Plains due to lake water deposition</i>	4032	6	29,19	0,10
Równiny akumulacji zastoiskowej <i>Plains – infilled ice dammed lakes</i>	4033	74	1459,81	5,18
Całkowity obszar <i>Total area</i>	-	3425	28191,6	100

* formy pochodzą z okresu zlodowacenia środkowopolskiego

** formy pochodzą z okresu zlodowacenia bałtyckiego

***w tym powierzchnia części Zalewu Wiślanego (163,70 km²)

Źródło: opracowanie własne.

Source: own description.

morenowe oraz akumulacji rzeczno-lodowcowej, wały moren akumulacyjnych oraz rozległa równina terasowa plejstocenska z akumulacją torfowiskową, przez którą przepływa rzeka Działdówka.

Na obszarze województwa warmińsko-mazurskiego znajduje się również niewielki fragment mezoregionu Mazowsze Północne (5.6). Stanowi on formy rzeźby terenu pochodzące wyłącznie z okresu zlodowacenia środkowopolskiego. Należą do nich: zdenudowane wysoczyzny morenowe oraz akumulacji rzeczno-lodowcowej, wysoczyzna morenowa falista, a także rozległe wytopiska, w których obrębie mieszczą się formy wtórne.

Południe województwa obejmuje również fragment mezoregionu Kurpie (4.4). Charakterystyczne dla tego fragmentu jest występowanie rozległych równin sandrowych porożcinanych korytami rzek oraz złożonymi równinami akumulacji torfowiskowo-rzecznej.

Podobnie, jak w przypadku dwóch opisanych powyżej mezoregionów, fragmentarycznie na obszar województwa warmińsko-mazurskiego wchodzi Podlasie Północne (6.1). Na tereny te w przewadze składa się wysoczyzna morenowa falista oraz pagórkowata strefa marginalna z okresu zlodowacenia bałtyckiego, jedynie na częściach południowych występują zdenudowane wysoczyzny mo-

renowe oraz akumulacji rzeczno-lodowcowej oraz wały moren akumulacyjnych zlodowacenia środkowopolskiego. Obszar jest rozcięty doliną płaskodenną z akumulacją holocenska.

Wschód województwa warmińsko-mazurskiego obejmuje zachodnią część mezoregionu Ziemia Suwalska (4.2). Tereny te charakteryzuje występowanie rozległej wysoczyzny morenowej falistej, na której położone są liczne wały moren akumulacyjnych. Dodatkowo, obszar porożcinany jest licznymi dolinami płaskodennymi z akumulacją holocenska, a także złożonymi równinami torfowiskowo-rzecznej oraz torfowiskowo-jeziornej. Wschodnią część obszaru zajmuje wysoczyzna morenowa płaska, na południu zlokalizowano również fragmenty równin sandrowych.

Ostatnim regionem na analizowanym obszarze jest Ziemia Goldapska (4.3). Dominującą formą rzeźby terenu również jest tutaj wysoczyzna morenowa falista oraz liczne wały moren akumulacyjnych. Znaczną część zajmuje tutaj również pagórkowata strefa marginalna, a także równiny akumulacji zastoiskowej wraz z rozległą doliną płaskodenną z akumulacją holocenska. Na zachodzie obszaru zlokalizowany został ciąg ozów, przebiegających z południowego zachodu w kierunku północno-wschodnim.

Dolączone do województwa warmińsko-mazurskiego fragmenty województwa podlaskiego obejmują cztery mezoregiony. Ziemia Suwalska (4.2) znajduje się we wschodniej części badanego obszaru. Dominującym wydzieleniem geomorfologicznym są tutaj rozległe równiny sandrowe, w ich obrębie zlokalizowane są dna dolin płaskodennych z akumulacją holoceniową, równiny zalewowe i nadzalewowe holoceniowe, a także równiny akumulacji torfowiskowo-rzecznej i torfowiskowo-jeziornej. Z południowego wschodu w kierunku północno-zachodnim, przez Suwałki, przebiega rozległa równina terasowa plejstoceniowa. Północ obszaru stanowią wały moren akumulacyjnych, a także rynny subglacjalne. Na południe od Kanału Augustowskiego występują pola piasków przewianych, na których znajdują się utrwalone zespoły wydm.

Ziemia Goldapska (4.3) niewielkim fragmentem wchodzi w skład części województwa podlaskiego. Na terenie tym przeważa wysoczyzna morenowa falista z wałami moren akumulacyjnych.

Równie niewielki fragment województwa stanowi Pojezierze Mazurskie (4.1). Są to zespoły wydm utrwalonych na równinach sandrowych w pobliżu rzeki Pisy oraz jej doliny, wypełnionej akumulacją holoceniową.

Ostatnim analizowanym dla tego obszaru mezoregionem są Kurpie (4.4). Są to tereny rozległych równin sandrowych z zespołami utrwalonych wydm, porozcinane korytami rzek z dolinami płaskodennymi wypełnionymi akumulacją holoceniową, a także złożonymi równinami akumulacji rzecznej.

Analizując tabele zestawionych form poligonowych dla obydwu obszarów (Tabele 4, 5), województwa pomorskiego oraz warmińsko-mazurskiego z fragmentami podlaskiego, można stwierdzić, iż dominują na nich formy zlodowacenia bałtyckiego, które zarówno występują najliczniej, jak i zajmują największe powierzchnie. Formy z okresu zlodowacenia środkowopolskiego występują jedynie na południu obszaru województwa warmińsko-mazurskiego oraz części podlaskiego, zatem ich liczebność oraz powierzchnia nie są znaczące. Nie należy jednak interpretować dosłownie liczby występujących na obszarach poligonów, gdyż wiele z nich występuje pojedynczo lub jest ze sobą połączonych, a także obejmuje fragmenty styków z innymi mapami. Podobnie nie należy się sugerować do końca powierzchniami poligonów, gdyż zdarzają się przypadki, gdy formy występują na sobie, natomiast ich powierzchnia jest liczona jedynie w miejscu ich zaznaczenia (np. rynny subglacjalne wypełnione jeziorami).

Podczas interpretacji wizualnej można zauważyć prawidłowość, iż formy związane z działalnością lądolodu ukierunkowane są najczęściej z północnego wschodu na południowy zachód, co potwierdza kierunek jego przemieszczania się. Pozwala to wysnuć wniosek, iż opracowane mapy mają istotne znaczenie w wyobrażeniu powstawania ukształtowanej obecnie rzeźby terenu. Nie zastąpi to z pewnością badań, w tym kartowania geomorfologicznego, jednak z pewnością je ułatwi.

Wnioski

Proces planowania przestrzennego wymaga aktualnych i szczegółowych informacji. Mapy geomorfologiczne mają kluczowe znaczenie wśród map środowiskowych. Dla celów opracowań w skalach mniejszych istotne jest wykorzystanie materiałów teledetekcyjnych i kartograficznych. Zobrazowania satelitarne są bardzo pomocne w opracowywaniu map, zarówno uwzględniając wizualne cechy bezpośrednie, jak i pośrednie. Istotny jest również dobór kompozycji barwnej. Mapy tematyczne i NMT pomagają w dokładnym wyznaczeniu granic wydzieleni form rzeźby terenu w miejscach, w których są one niejednoznacznie widoczne na zdjęciu satelitarnym. Poprzez związek rzeźby z litologią duże znaczenie mają mapy geologiczne, które również ze względu na większą skalę opracowania są pomocne podczas uszczegóławiania form. Istotne są materiały w postaci mapy topograficznej oraz Numerycznego Modelu Terenu, które można wykorzystać do weryfikacji wydzieleni wysokościowych na podstawie gęstości poziomicy bądź kolorów, jakie zastosowano w wizualizacji NMT.

Ważnym elementem opracowywania mapy jest wybór układu odwzorowawczego odpowiedniego dla analizowanego obszaru. Należy przy tym uwzględnić fakt, z ilu stref składa się wybrany układ, aby uniknąć sytuacji, w której badany obszar znajdzie się na styku stref odwzorowawczych.

W skali niniejszego opracowania wyznaczenie zasięgu niektórych form za pomocą poligonu nie było możliwe, gdyż ich powierzchnia byłaby zbyt mała, aby można było ją dostrzec na mapie. Formy te zostały przedstawione za pomocą sygnatur symbolicznych, bądź sygnatur liniowych. Metodą zasięgu plamowego z jednoczesnym zastosowaniem sygnatur liniowych posłużono się do zaprezentowania ozów. Zdecydowano się na taki sposób prezentacji kartograficznej, gdyż wypełnienie deseniem nie byłoby jednoznaczne z legendą.

Istotnym elementem, który należy wziąć pod uwagę przy wykonywaniu tego rodzaju map, składających się z wielu arkuszy, jest opracowanie jednolitej legendy a także jednolitej mapy podkładowej dla całej Polski, w tym celu, aby nie powstawały komplikacje podczas łączenia sąsiadujących map.

Przeprowadzanie analiz przestrzennych wybranych komponentów środowiska umożliwiające dane w postaci cyfrowej. Systemy Informacji Geograficznej (GIS) wykorzystywane są nie tylko do pozyskiwania aktualnych informacji, ale także do przetwarzania materiałów analogowych do postaci cyfrowych. Cyfrowa mapa geomorfologiczna jest otwartą bazą danych, możliwą do edycji, co daje szerokie możliwości jej dalszych zastosowań.

Literatura

- Augustowski B., 1977, *Pomorze*, PWN, Warszawa.
Augustowski B., 1982, *Dolina Dolnej Wisły*, Ossolineum, Wrocław.
Ber A., 2000, Plejstocen Polski północno-wschodniej w nawiązaniu do głębszego podłoża i obszarów sąsiednich, *Prace PIG*, t. 170, ss. 1-89.

- Binduga J., 2007, *Instrukcja szczegółowej mapy geomorfologicznej w skali 1:50 000*, Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, maszynopis pracy magisterskiej napisanej w Katedrze Geoinformatyki i Teledetekcji pod opieką dr E. Wołk-Musiał.
- Borzuchowski J., Olędzki J. R., 2011, *Cyfrowa mapa geomorfologiczna Karpat, Teledetekcja Środowiska*, Polskie Towarzystwo Geograficzne, Warszawa, t. 46.
- Ciećwierz A., 2007, *Wielkoskalowa mapa geomorfologiczna wschodniej części arkusza Knyszyn (N-34-106-B). Studium metodyczne cyfrowej prezentacji*, Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, maszynopis pracy magisterskiej napisanej w Katedrze Geoinformatyki i Teledetekcji pod opieką dr E. Wołk-Musiał, Warszawa.
- Dmowska A., Gudowicz J., Zwoliński Z., 2010, *Cyfrowa adaptacja analogowych map geomorfologicznych, Landform analysis*, Publikacja Stowarzyszenia Geomorfologów Polskich, Poznań, t. 12, ss. 35-47.
- Galon R., 1972, *Główne etapy tworzenia się rzeźby Niziny Polskiej, Geomorfologia Polski*, t. 2, PWN, Warszawa, ss. 35-110.
- Gaździcki J., 2002, *Leksykon geomatyczny – Lexicon of Geomatics*, Polskie Towarzystwo Informacji Przestrzennej, Warszawa.
- Gilewska S., Klimkowa M., Starkel L., 1982, *The Geomorphological Map of Poland, Geographia Polonica*, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Warszawa.
- Instrukcja techniczna O-2*, 1987, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Warszawa
- Klimaszewski M., 1956, *The principles of the geomorphological survey of Poland, Przegląd Geograficzny*, t. 28.
- Klimaszewski M., 1978, *Geomorfologia*, PWN, Warszawa.
- Kostrzewski A., Zwoliński Z., Andrzejewski L., Florek W., Mazurek M., Niewiarowski W., Podgórski Z., Rachlewicz G., Smolska E., Stach A., Szymańska J., Szpikowski J., 2008, *Współczesny morfosystem strefy młodoglacjalnej, Landform analysis*, Publikacja Stowarzyszenia Geomorfologów Polskich, Poznań, t. 7, ss. 7-11.
- Krzemiński J., 2009, *Przeładowa Mapa Geomorfologiczna Podlasia, w skali 1:300 000, Teledetekcja Środowiska*, Warszawa, t. 42, ss. 43-58.
- Lewczuk G., 2007, *Wielkoskalowa mapa geomorfologiczna zachodniej części arkusza Knyszyn (N-34-106-B). Studium metodyczne cyfrowej prezentacji*, Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, maszynopis pracy magisterskiej napisanej w Katedrze Geoinformatyki i Teledetekcji pod opieką dr E. Wołk-Musiał, Warszawa.
- Mapa Geologiczna Polski 1:200 000*, 1969-1998, Państwowy Instytut Geologiczny.
- Migoń P., 2006, *Geomorfologia*, PWN, Warszawa.
- Mojski J., 2005, *Ziemia polskie w czwartorzędzie: zarys morfogenezy*, PIG, Warszawa.
- Musiał A., 1992, *Studium rzeźby glacialnej północnego Podlasia, Rozprawy Uniwersytetu Warszawskiego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.
- Mycielska-Dowgiało E., Korotaj-Kokoszczynska M., Smolska E., 1999, *Geomorfologia dynamiczna z elementami stosowanej. Wybrane zagadnienia*, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.
- Myrda G., 1991, *GIS, czyli mapa w komputerze*, Helion, Gliwice.
- Napiórkowska M., 2011, *Cyfrowa Mapa Geomorfologiczna Mazowsza 1:300 000, Teledetekcja Środowiska*, Warszawa, t. 45, ss. 23-39.
- Olędzki J.R., 2007, *Regiony Geograficzne Polski, Teledetekcja Środowiska*, t. 38, Polskie Towarzystwo Geograficzne, Warszawa.
- Pasławski J., 2006, *Wprowadzenie do kartografii i topografii*, Wyd. Nowa Era, Wrocław.
- Robinson A., Sale R., Morrison J., 1988, *Podstawy kartografii*, PWN, Warszawa.
- Saliszczew K. A., 2003, *Kartografia ogólna*, PWN, Warszawa.
- Starkel L., Roszko L., Domoławska-Baraniecka M., Mojski J.E., 1980, *Przeładowa Mapa Geomorfologiczna Polski 1:500 000*, arkusz Gdańsk, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Kraków.
- Starkel L., Rosa B., Kozarski S., A. Karczewska S., Murawski T., Rotnicki K., 1980, *Przeładowa Mapa Geomorfologiczna Polski 1:500 000*, arkusz Poznań, 1980, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Kraków.
- Starkel L., Mojski J.E., Maruszczak H., Pietkiewicz P., 1980, *Przeładowa Mapa Geomorfologiczna Polski 1:500 000*, arkusz Warszawa, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Kraków.
- Wasilewski M., Chormański J., 2003, *Możliwości wykorzystania teledetekcji do określania terenów podtopionych Dolnym Basenem rzeki Biebrzy*, Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa.
- Werner P., 2004, *Wprowadzenie do systemów geoinformacyjnych*, Uniwersytet Warszawski WGiSR, Warszawa.
- Wołk-Musiał E., 1978, *Granica zlodowacenia bałtyckiego na obszarze Wysoczyzny Kolneńskiej w świetle analizy zdjęć lotniczych. Fotointerpretacja w geografii*, t. 13, ss. 82-91.
- Wołk-Musiał E., 1992, *Fotointerpretacyjna mapa geomorfologiczna w skali 1:50 000, arkusz Choroszcz, opracowana numerycznie, [w:] Fotointerpretacja w geografii*, Warszawa, t. 22, ss. 81-98.
- Wołk-Musiał E., Gatkowska M., 2011, *Mapa geomorfologiczna Narwiańskiego Parku Narodowego wraz z otuliną w skali 1:25 000, Teledetekcja Środowiska*, Warszawa, t. 45, ss. 42-52.
- Wołk-Musiał E., Lewiński S., Zagajewski B., 2002, *Geomorphological Map (Tykocin sheet). Methodology, [w:] Proceedings of the 21st EARSel Symposium, Observing our environment from space: New Solutions for a New Millennium*, Paris.
- Wołk-Musiał E., Zagajewski B., 2000, *Analiza geomorfologiczna terenu z zastosowaniem systemów informacji geograficznej, Fotointerpretacja w geografii*, Warszawa, t. 31, ss. 137-142.
- www.defs.pomorskie.eu/res/pokl/Dokumenty/Raporty/raport_8.1.2_01_06.pdf
- www.earthexplorer.usgs.gov
- www.geoinfo.amu.edu.pl/igig/
- www.geoinfo.amu.edu.pl/igig/badaniad_mapa_ak.php
- www.geoinfo.amu.edu.pl/igig/badaniad_mapa_bk.php
- www.geoinfo.amu.edu.pl/igig/badaniad_mapa_kr.php
- www.geom.geo.uj.edu.pl
- www.geom.uni.wroc.pl
- www.geomorf.wnoz.us.edu.pl
- www.geomorfologia.umcs.lublin.pl
- www.geoportal.gov.pl
- www.gis-support.pl/dane/
- www.globus.igipz.pan.pl/krakow/home_pl.htm
- www.globus.igipz.pan.pl/torun/home_pl.htm
- www.glovis.usgs.gov
- www.home.umk.pl/~zgipc/Geomorfologia
- www.kgigcz.ug.edu.pl
- www.landsat.gsfc.nasa.gov
- www.landsat.usgs.gov, stan na dzień 01.04.2012
- www.pomorskie.eu
- www.ujk.edu.pl/zgks
- www.us.szc.pl/main.php/geom?xml=load_page&st=17009
- www.wojman.blog.pl/id,1323622,title,Numeryczna-mapa-geomorfologiczna-Wysoczyzny-Torzymskiej,index.html?ticaid=6d3af
- www.wrota.warmia.mazury.pl



Mgr Adriana Marcinkowska, absolwentka studiów magisterskich na kierunku geografia, specjalności geoinformatyka, w Katedrze Geoinformatyki i Teledetekcji Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego. Obecnie studentka studiów doktoranckich na specjalności geoinformatyka i kartografia na Wydziale Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego oraz studentka studiów inżynierskich na kierunku Geodezja i Kartografia na Uczelni Warszawskiej im. Marii Skłodowskiej-Curie.. Wiceprezes Koła Naukowego Geoinformatyki i Teledetekcji UW.

Adres do korespondencji: adriana.marcinkowska@student.uw.edu.pl

http://telegeo.wgsr.uw.edu.pl/am/am_pl.html



Mgr Adrian Ochtyra, zatrudniony w Katedrze Geoinformatyki i Teledetekcji Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego na stanowisku asystenta. Absolwent studiów magisterskich na kierunku geografia, specjalności geoinformatyka, w Katedrze Geoinformatyki i Teledetekcji, obecnie student studiów doktoranckich w Kolegium Międzywydziałowych Indywidualnych Studiów Matematyczno-Przyrodniczych Uniwersytetu Warszawskiego (MISDoMP) oraz student studiów inżynierskich na kierunku Geodezja i Kartografia na Uczelni Warszawskiej im. Marii Skłodowskiej-Curie. Prezes Koła Naukowego Geoinformatyki i Teledetekcji UW.

Adres do korespondencji: adrian.ochtyra@uw.edu.pl

http://telegeo.wgsr.uw.edu.pl/ao/ao_pl.html



Prof. dr hab. Jan R. Olędzki – Profesor emerytowany. Zajmuje się zagadnieniami wykorzystania zdjęć lotniczych w badaniach struktury środowiska geograficznego oraz nauczaniu teledetekcji na studiach geograficznych i ochronie środowiska. Ważniejsze opracowania to: *Geoinformatyka zintegrowanym narzędziem badań przestrzennych* (2004), *Regiony geograficzne Polski* (2007). Jest współautorem podręczników: *Polska na zdjęciach lotniczych i satelitarnych* (1988), *Interpretacja zdjęć lotniczych* (1999), *Geograficzne badania środowiska przyrodniczego* (2007), *Zintegrowane badania środowiska* (2009). E-mail: jroledzk@uw.edu.pl



Dr Elżbieta Wołk-Musiał jest absolwentką Instytutu Geografii Uniwersytetu Warszawskiego. Stopień naukowy doktora uzyskała w 1975 r. Przez cały czas trwania pracy zawodowej związana jest z początkowo z Pracownią Fotointerpretacji, potem z Zakładem Teledetekcji Środowiska, a obecnie Katedrą Geoinformatyki i Teledetekcji WGiSR UW. Zajmuje się wykorzystaniem zdjęć lotniczych i obrazów satelitarnych w geomorfologii (kartowanie wielkoskalowe z zastosowaniem GIS) i geografii fizycznej. E-mail: eiwołkmu@uw.edu.pl.



Dr hab. Bogdan Zagajewski, adiunkt w Katedrze Geoinformatyki i Teledetekcji Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego. Zainteresowania naukowe koncentrują się wokół teledetekcji i SIG i ich zastosowań w badaniach środowiska. Od roku 2002 zajmuje się technikami hiperspektralnymi w badaniach nad roślinnością. Dane kontaktowe: e-mail: bogdan@uw.edu.pl, tel. 022 5521507, fax 022 5521521, http://telegeo.wgsr.uw.edu.pl/bz/bz_pl.html.

