

Zastosowanie zdjęć lotniczych w badaniach den dolin rzecznych (na przykładzie dolnego Bobru)

WPROWADZENIE

Koryta rzeczne i ich doliny cieszą się w ostatnich latach wzrastającym zainteresowaniem badaczy z różnych dziedzin wiedzy: geomorfologów, geologów, hydrologów, hydrotechników, meliorantów i innych. Ten wzrost zainteresowania podyktowany jest rosnącym znaczeniem wody w różnych dziedzinach gospodarki, jak i tym, iż jak to określili S. Kozarski i K. Rotnicki (1977, 1978), rzeka oraz tworzone przez nią dno doliny są tymi składnikami środowiska geograficznego, które bardzo wyraźnie reagują na jakiegokolwiek zmiany naturalnego cyklu obiegu wody w przyrodzie i na zaburzenia, jakie w tym cyklu powoduje gospodarka człowieka. Rozpoznanie cyklu rozwojowego procesów w rzece i w zlewni jest — według tych autorów — kluczem do poznania prawidłowości rządzących środowiskiem, co powinno przyczynić się do bardziej racjonalnej gospodarki jego zasobami.

Tradycyjne metody badań, oparte na analizie archiwalnych materiałów kartograficzno-geodezyjnych, katastralnych i hydrologicznych, a także pracach terenowych o charakterze geologicznym, nie dają możliwości dostatecznie szybkiego i dokładnego rozpoznania sytuacji na znaczniejszych obszarach. Szansę taką zapewniają studia prowadzone z użyciem zdjęć lotniczych.

W Polsce szczególnie prace E. Falkowskiego (1971, 1967, 1972, 1975) stanowią przykład wykorzystania zdjęć lotniczych do szybkiej, a zarazem dokładnej analizy rozwoju morfologicznego koryta rzecznego oraz powstałych w wyniku jego działalności teras rzecznych. Analizy te posłużyły E. Falkowskiemu również do skonstruowania prognoz dalszych etapów rozwojowych koryt rzecznych i den ich dolin w odniesieniu do niektórych rzek środkowej i wschodniej Polski.

Szczególne usługi oddaje analiza zdjęć lotniczych w badaniach den

doliny. Dna dolin rzecznych, przede wszystkim na obszarach Niziu Polskiego, są stosunkowo obszerne, a ich rzeźba bogata. Urozmaicenie rzeźby den dolinnych nie idzie jednak w parze z wysokością względną form, stąd na mapach topograficznych przedstawiane są one jako obszary płaskie lub też ich rzeźba oddana jest niezbyt wiernie, ponieważ stosowane jest zbyt duże cięcie hipsometryczne. Również w terenie obszary den dolinnych wydają się monotonne, gdyż rozległość pozioma form pozostaje w znacznej dysproporcji w relacji do ich względnej wysokości. Wykorzystanie zdjęć lotniczych pozwala na zerwanie z poglądami o monotonii den dolinnych. Okazuje się, iż występują na ich obszarze liczne łuki paleomeandrów o wyraźnie ciemniejszym fototonie, a także towarzyszące im meandrowe łachy wałowe w postaci jasnych łuków układających się zazwyczaj w rozległe wachlarze, jak również mniej liczne ślady działalności koryt przelewowych, wały przykorytowe, albo romboidalne i trapezoidalne formy będące dziełem rzeki dziczej (Falkowski, 1967, 1971, 1972, 1975; Trafas, 1968, 1975; Matusik, 1969, 1970; Kozarski, 1974a, b; Tomaszewski, 1974a, b; Mycielska-Dowgiałło, 1972, 1973, 1977; Szumański, 1972; Kozarski, Rotnicki, 1977, 1978; Ruszczycka-Mizera, 1978; Ciołkosz, Miszalski, Olędzki, 1978; Florek, 1978, 1979. w druku i in.).

W badaniach dna doliny dolnego Bobru na odcinku od Żagania do Krosna Odrzańskiego zastosowano zdjęcia lotnicze czarno-białe w skali od 1:22 700 do 1:24 700. Zdjęcia te posłużyły do wykonania kalek fotointerpretacyjnych w skali 1:25 000, które stanowiły podstawę analizy rzeźby dna doliny. Materiał zdjęciowy wykorzystano też do kartometrycznych pomiarów cech geometrycznych paleomeandrów, co posłużyło do wykonania studium rekonstrukcji warunków paleohydrologicznych Bobru z okresu funkcjonowania paleokoryt. Założenia ideowe metody oraz jej źródła przedstawił autor w oddzielnej publikacji (Florek, 1978)

ZAGADNIENIA FOTINTERPRETACYJNE

Dno doliny Bobru na badanym odcinku stanowi poziom terasowy składający się z wielu pólek, których wyniesienie ponad współczesny poziom wody w korycie rzeki wynosi 3—5 m, oraz stosunkowo wąski, współcześnie się kształtujący poziom wyniesiony ponad średni poziom wody w rzece o 0—1,5 m.

Terasa 3—5-metrowa

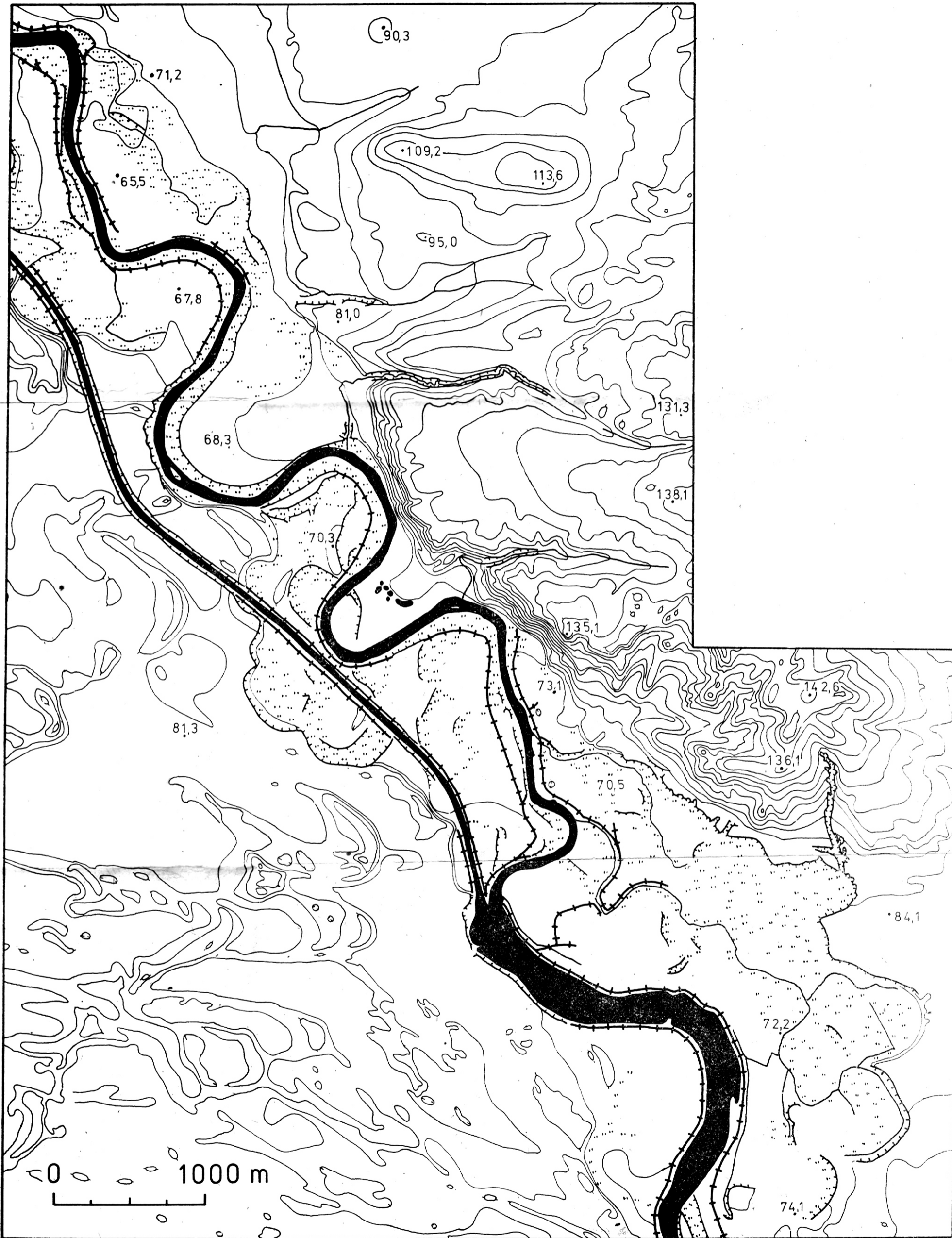
Kolejne poziomy omawianego zespołu teras zajmują dość znaczne powierzchnie, a granice pomiędzy poszczególnymi elementami terasy są

trudne do odczytania. Wysokość krawędzi nie przekracza 1,0—1,5 m, co powoduje, że systematyczne wydzielenie poziomów tego zespołu teras, różniących się wiekiem oraz cechami morfologicznymi lub strukturalnymi, jest niezwykle trudne, wręcz niemożliwe. Stopień trudności ilustruje fragment odrysu z mapy topograficznej (niemieckiej) w skali 1 : 25 000.

Liczba form możliwych do odczytania jest niewielka. Na podstawie krawędzi zaznaczonych na obszarze dna doliny oraz kształtu krawędzi wyższych poziomów terasowych można wnosić, iż na powierzchni badanego poziomu terasowego występują ślady działalności rzeki meandrującej oraz liczne obszary podmokłe o różnej wielkości i zarysie. Wprowadzenie do analizy tego samego obszaru (na północ od Krzystkowic) zdjęć lotniczych pozwoliło na:

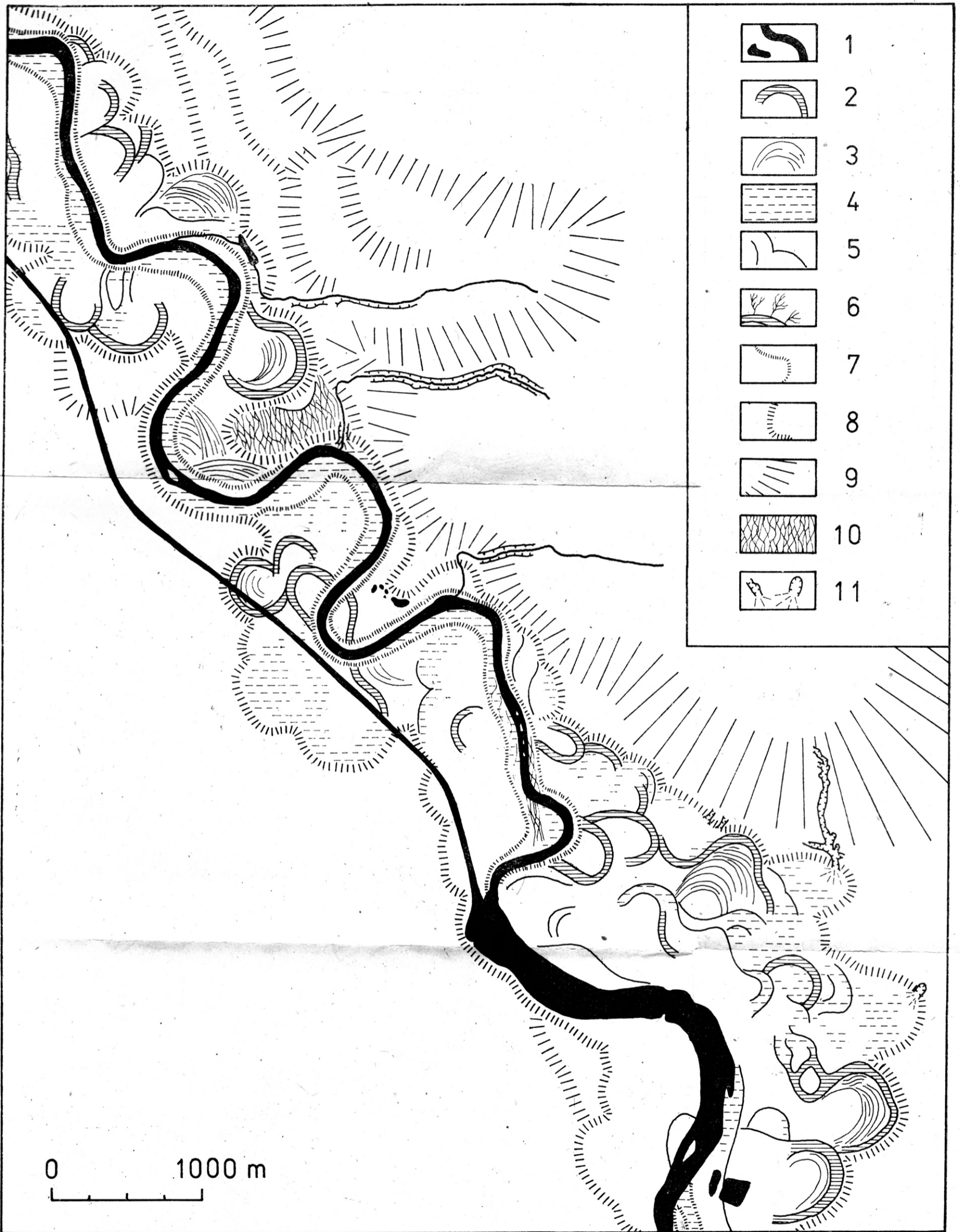
- określenie położenia i zasięgu obszarów krawędziowych w obrębie wyższych poziomów morfologicznych doliny rzeki i na obszarze do niej przylegającym,
- wykrycie niektórych śladów działalności rzeki roztokowej na wyższych poziomach terasowych,
- określenie zasięgu terasy 3—5-metrowej oraz krawędzi oddzielającej ją od najniższego i zarazem najmłodszego elementu doliny,
- wykrycie licznych śladów działalności rzeki meandrującej na obszarze terasy 3—5-metrowej: paleomeandrów oraz paleokoryt o zarysie krętym lub prostym, krawędzi erozyjnych pochodzenia fluwialnego, łuków meandrowych łańcuch wałowych, a także śladów działalności koryt przelewowych, głównie w postaci stożków (glifów krewasowych), jak również basenów powodziowych różniących się fototonem (ze względu na różnice w litologii i stosunkach hydrogeologicznych), strukturą obrazu, stopniem i charakterem podkrycia roślinnego, itp.
- stwierdzenie, iż niektóre ze stożków usypanych u wylotów rozcięć krawędzi ważnych poziomów morfologicznych usypane zostały (bądź przynajmniej nadsypane) po uformowaniu się dna doliny,
- stwierdzenie na podstawie położenia meandrowych łańcuch wałowych względem siebie, iż część z nich powstawała podczas wyłącznie bocznego przesuwania się meandrów, inne zaś gdy meandry wędrowały jednocześnie w dół rzeki (por. rys. 2 i 3).

Oprócz określenia istotnych elementów przestrzennego rozkładu form i osadów zdjęcia lotnicze umożliwiły przestrzenną ekstrapolację rezultatów badań morfologicznych, litologicznych, studiów nad wiekiem form i osadów (palinologicznych i C^{14}), które z konieczności mogły być wykonane jedynie w odniesieniu do wybranych form.



Ryc. 1. Rejon na północ od Krzystkowie — odrys z mapy topograficznej (niemieckiej) w skali 1 : 25 000 (poziomice co 5 m)

Fig. 1. Area north of Krzystkowie — Copy of a (German) topographical map in the scale of 1 : 25 000 (contour line every 5 m)

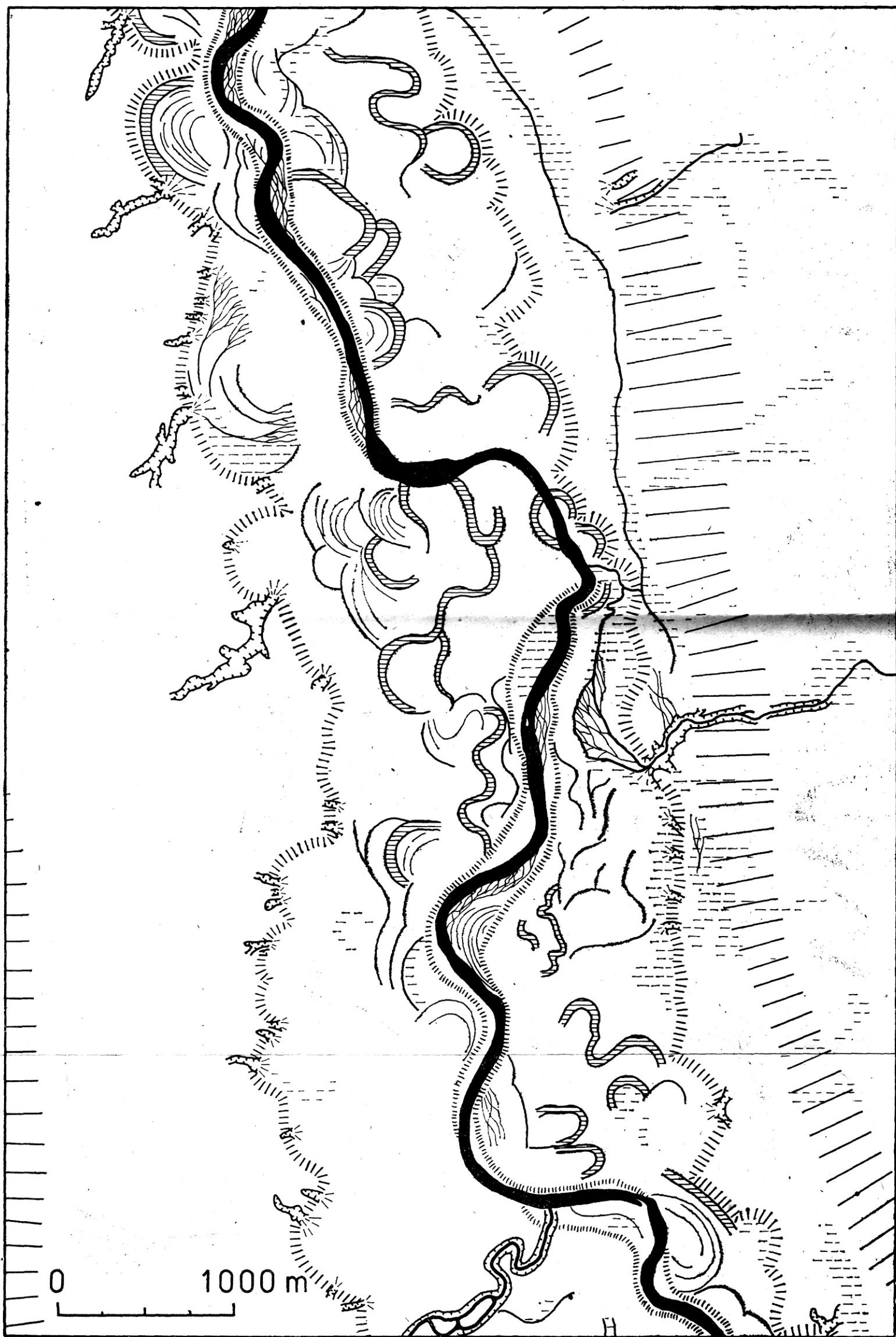


Ryc. 2. Rejon na północ od Krzystkowic — kalka fotointepretacyjna form dolinnych i krawędziowych:

1 — swobodne powierzchnie wodne, 2 — paleokoryta wypełnione osadami mineralnymi i organogenicznymi, 3 — meandrowe łąki wałowe, 4 — bagna i podmokłe łąki, 5 — ślady erozyjnej działalności wody płynącej na powierzchni teras holocenijskich, 6 — ślady działalności koryt przelewowych, 7 — erozyjne skarpy stanowiące granicę współcześnie formującego się poziomu terasowego, 8 — skarpy erozyjne stanowiące granice pozostałych poziomów terasowych, 9 — skarpa erozyjna stanowiąca granicę doliny Bobru oraz Pradoliny Barucko-Głogowskiej, 10 — ślady działalności koryt o nie uporządkowanym przepływie wody, 11 — rozcięcia erozyjne i stożki napływowe

Fig. 2. Area north of Krzystkowice — a photointerpretative tracing paper of valley and escarpment forms:

1 — free water surfaces, 2 — paleochannels filled with mineral and organogenic sediment, 3 — meander backwater sandbanks, 4 — swamps and wet meadows, 5 — traces of erosive impact of water flowing on the surfaces of holocene terraces, 6 — traces of impact of overflowing channels, 7 — erosion scarps constituting the boundary of contemporarily forming terrace level, 8 — erosion scarps constituting the boundaries of other terrace levels, 9 — erosion scarps constituting the boundary of the Bóbr River Valley and of the Pradolina (ice marginal streamway) Barucko-Głogowska, 10 — impact traces of irregular water channels, 11 — gully erosion and alluvial cones



Ryc. 3. Kalka fotointerpretacyjna form dolinnych i krawędziowych Bobru obszaru na północ od Żagania; objaśnienia znaków — patrz ryc. 2

Fig. 3. A photointerpretative tracing paper of valley and escarpment forms of the Bóbr River, area north of Żagania; explanation of signs — see Fig. 2

Terasa współczesna (równina zalewowa)

Równina zalewowa osiąga szerokość do około 300 m. Dokładne określenie jej zasięgu przy użyciu map topograficznych, a nawet bezpośrednio w terenie jest trudne, niekiedy zaś niemożliwe z powodu zmian w rzeźbie, jakie pojawiły się w rezultacie rozbudowy wałów przeciwpowodziowych. Zdjęcia lotnicze dają możliwość usunięcia wątpliwości co do zasięgu tej formy. Dzięki zdjęciom lotniczym stają się też wyraźne liczne ślady działalności rzeki meandrującej w postaci meandrowych łach wałowych i łukowatych podcięć erozyjnych, a także romboidalne i trapezoidalne formy pokryte niekiedy nieregularną siecią ciemniejszych fototonów, będące świadectwem działalności rzeki roztokowej. Analiza dziewiętnastowiecznych map potwierdziła, iż w najnowszym etapie rozwojowym Bobru istniał — prawdopodobnie w XVIII i XIX wieku — okres, w którym rzeka wykazywała skłonność do dziczenia. Prace regulacyjne, jakie wykonano na Odrze i Bobrze, a także zabudowa hydrotechniczna koryta Bobru spowodowały odwrócenie się tendencji rozwojowych koryta rzeki i powrót do skoncentrowanego spływu oraz krętego przebiegu z wyraźnymi procesami meandrowania na wielu odcinkach (por. Florek, 1979, w druku).

Dane fotointerpretacyjne uzyskane przez autora nie przynoszą jednak nowszych informacji od tych, które zawarte są w licznych wymienionych na wstępie artykułów publikacjach.

Ich wyniki nie zadowolili autora i skłoniły do bardziej wnikliwego zajęcia się kartometryczną stroną osiągniętych dzięki zastosowaniu zdjęć lotniczych, rezultatów.

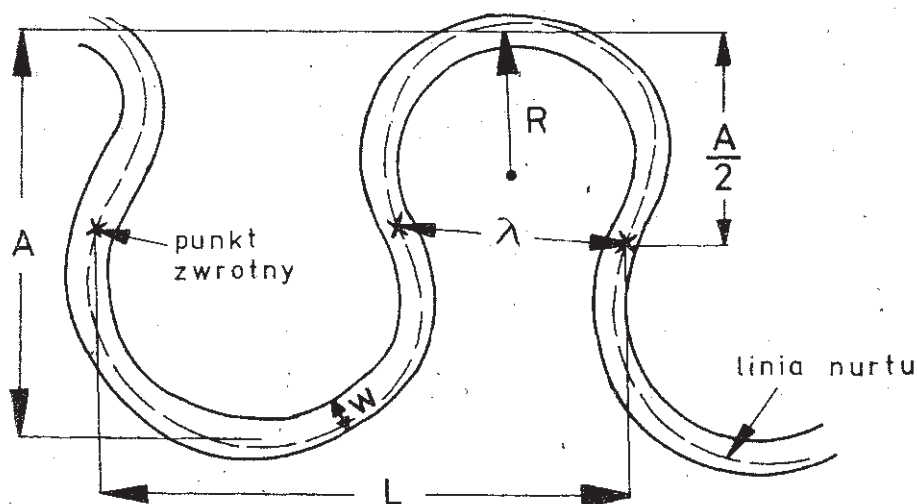
PRÓBA ANALIZY CECH GEOMORFOLOGICZNYCH PALEOMEANDRÓW I MEANDRÓW WSPÓŁCZESNYCH

Notowany w ostatnich latach wzrost zainteresowania cechami geometrycznymi meandrów rzecznych wziął się stąd, że jak to wykazano w licznych pracach autorów amerykańskich i europejskich opartych na studiach eksperymentalnych i terenowych, parametry geometryczne meandrów pozostają w pewnych, dość ścisłych, związkach pomiędzy sobą i pomiędzy cechami hydraulicznymi cieków oraz cechami diagnostycznymi środowiska. W literaturze polskiej dokładniejsze omówienie tego zagadnienia znaleźć można w pracach K. Trafasa (1968, 1975), M. Ruszczyckiej-Mizery (1978), K. Klimaszewskiego (1978), a ostatnio W. Florka (1978, 1979a, w druku).

Zdaniem autora (por. Florek, 1978, 1979, w druku) znajomość wielkości parametrów geometrycznych meandrów i związków pomiędzy nimi może stanowić przesłankę pozwalającą na odtworzenie, z pewną

tolerancją, dynamiki środowiska fluwialnego, którego pozostałością są wspomniane ślady koryt meandrowych. Oprócz czynników hydraulicznych istotny wpływ na kształtowanie się koryt rzek meandrujących mają także czynniki lokalne, takie jak stopień odporności podłoża, w którym rzeka kształtuje swoje koryto, zwartość i skład pokrywy roślinnej i wiele innych czynników. Ich rolę podkreślali już pierwsi autorzy syntetycznych opracowań dotyczących rozwoju meandrów: J.F. Friedkin (1945), L.B. Leopold, M.G. Wolman (1960), R.A. Bagnold (1960), L.B. Leopold, M.G. Wolman, J.P. Miller (1964) i inni. Wpływ owych czynników lokalnych na kształtowanie się geometrycznych cech meandrów Bobru starano się uchwycić porównując cechy geometryczne paleomeandrów ze współczesnymi meandrami rzeki.

Zastosowana procedura badawcza została szczegółowo omówiona przez autora w oddzielnej publikacji (Florek, 1978). Zasadniczo sprowadza się ona do pomiarów parametrów geometrycznych „pojedynczego” zakola, a nie dwóch po sobie następujących (por. rys. 4). Autor nawiązał w ten sposób do założeń Państwowego Instytutu Hydrologicznego ZSRR (por. Popow, 1969; Własow, 1977), czy K. Trafasa (1968, 1975), zachowując jednak system oznaczeń stosowany przez L.B. Leopolda i M.G. Wolmana (1960).



Ryc. 4. Schemat obrazujący parametry geometryczne meandru, których pomiarów dokonywał autor; objaśnienia symboli w tekście

Fig. 4. A diagram presenting the geometrical parameters of a meander, measurements by the author; explanation of symbols — in the text

Dokonywano pomiarów:

- średniej szerokości koryta (w),
- średniego promienia krzywizny meandru (R),

— szerokości meandru (λ), początkowo (Fl o r e k, 1978) połowy długości fali meandrowej $\frac{L}{2}$,

— połowy amplitudy fali meandru $\frac{A}{2}$.

Parametry te pomierzono dla 85 meandrów kopalnych i 38 meandrów współczesnych. Zbadano też relacje pomiędzy poszczególnymi parametrami geometrycznymi, wyznaczając równania regresji oddzielnie dla paleomeandrów i meandrów współczesnych. Obliczono również współczynniki korelacji (r) dla poszczególnych relacji oraz wartości błędów standardowych (S). Szczegółowe ich zestawienia zostały opublikowane (Fl o r e k, 1978, w druku).

Przeprowadzone studia wykazały, iż formy współczesne są większe, tzn. osiągają większe wartości promienia krzywizny meandru (R), szerokości meandru (λ) oraz połowy amplitudy fali meandru $\frac{A}{2}$. Jest to szczególnie wyraźne na odcinku pradolinny (rys. 2) na północ od Krzystkowic. Jedynie średnia szerokość paleomeandrów jest większa od szerokości koryta rzeki współczesnej. Wyjaśnienia tego stanu rzeczy można szukać w dwojaki sposób:

1. Zakola rzeki współczesnej ukształtowały się w zasadniczych zrzębach już przed okresem prac regulacyjnych na Odrze i w dolinie Bobru w XIX stuleciu. Świadczy o tym stan zarejestrowany na mapach pochodzących z początku XIX wieku. W wyniku tych prac nastąpiło wcięcie koryt rzek uregulowanych, a więc zwiększenie koncentracji profilu poprzecznego. Wywołało to zmniejszenie pierwotnej, ukształtowanej przez rozwój naturalnych procesów fluwialnych, szerokości koryta rzeki.

2. Wypełnienie kopalnych koryt osadami drobnoziarnistymi i organicznymi nastąpiło do poziomu wyższego od średniego stanu wód, jaki był charakterystyczny dla rzeki z okresu, kiedy owe koryta były czynne.

Mierzone przez autora parametry geometryczne meandrów są najczęściej korelowane ponadto z głębokością koryta (d), spadkiem koryta (s) i wielkością przepływu wody (Q). Według S. A. Schumma (1971) rozmiary transportu rumowiska dennego (Q_s) są również ważnym elementem określającym cechy geometryczne meandrów. Autor ten uważa, że wielkość przepływu (Q) oraz rozmiary transportu rumowiska dennego (Q_s) są zmiennymi niezależnymi wpływającymi na morfologię koryta, tzn. jego wymiary, kształt, spadek i układ. Przekonanie to wynika zarówno z własnych dociekań S. A. Schumma, jak dokonań innych badaczy: S. Leliavsky'ego (1955), L. B. Leopolda i M. G. Wolmana (1957), L. B. Leopolda i T. Maddocka Jr. (1953), G. H. Dury'ego (1969), J. G. Speighta (1965, 1967), Ch. W. Carlstona (1965) i innych. Według S. A. Schumma (1971) wszyst-

kie możliwe sytuacje związane z geometrią koryt opisują trzy zależności:

$$Q^+ Q_s^+ \simeq w^+, d^{+-}, L^+, s^{+-}, p^-, F^+,$$

$$Q^+ Q_s^- \simeq w^{+-}, d^+, L^{+-}, s^-, p^+, F^-,$$

$$Q^- Q_s^+ \simeq w^{+-}, d^-, L^{+-}, s^+, p^-, F^+,$$

gdzie $F = \frac{w}{d}$ — wskaźnik kształtu koryta; pozostałe symbole objaśnione są w tekście.

W przypadku Bobru mamy do czynienia z niewątpliwym wzrostem promienia krzywizny meandru (R^+), szerokości meandru (λ^+) i połowy amplitudy fali meandru $\left(\frac{A^+}{2}\right)$ oraz ze zmniejszeniem się szerokości koryta (w^-) w meandrach rzeki współczesnej w stosunku do koryt paleomeandrów zachowanych na powierzchni terasy 3—5-metrowej.

Wzrost wartości średniego promienia krzywizny meandru jest wyrazem zmniejszenia się krętości rzeki (p^-). Nieliczne wykonane pomiary wskazują też na zmniejszenie się głębokości koryta rzeki współczesnej (d^-) w relacji do głębokości paleokoryt. Brak jest jedynie informacji na temat spadku (s), biorąc jednak pod uwagę fakt większej krętości rzeki kopalnej oraz nie ulegający w zasadzie zmianom w ostatnim okresie stopień nachylenia najniższych teras (por. Florek, 1981, w druku), należy przyjąć, że dla rzeki współczesnej osiąga on większą wartość. Byłoby więc:

$$Q^- Q_s^+ \simeq w^+, d^-, L^+, p^-, s^+, F^+.$$

A więc kopalny Bóbr, który uformował powierzchnię terasy 3—5-metrowej, w świetle tych rozważań, których kwintesencję stanowi przytoczona zależność, jawi się nam jako rzeka, której przepływ (Q) był większy od przepływu w rzece współczesnej, natomiast masa rumowiska dennego, transportowanego przez ówczesną rzekę, była mniejsza (por. Florek, 1978, 1979).

Rozpoznanie budowy geologicznej zespołu teras 3—5-metrowych oraz wyniki analizy palinologicznej osadów wypełniających jeden z paleomeandrów, a także rezultaty datowań metodą radiowęglą C^{14} potwierdziły wyniki studiów nad geometrycznymi cechami paleomeandrów Bobru. Tworzyły się one głównie u schyłku okresu atlantyckiego i w okresie subborealnym, a także w pierwszej części okresu subatlantyckiego, przy dużym zwarciu pokrywy roślinnej warunkującym niewielką dostawę grubszych frakcji do koryta, oraz w warunkach narastającej wilgotności klimatu (Florek, 1979, 1981, w druku).

Badania autora wykazały przydatność zależności sformułowanych przez S. A. Schumma w rekonstrukcji paleohydrologicznych cech koryt rzek meandrujących. Niedostatek kompleksowych badań tego typu

powoduje, iż dziś można formułować zależności o charakterze jakościowym. Dalsze studia powinny przynieść sformułowanie zależności ilościowych.

Należy sądzić, iż osiągnięte w ten sposób zależności będą odzwierciedlały stosunki, jakie panowały w dawnych środowiskach fluwialnych, daleko wierniej aniżeli zależności obecnie formułowane z użyciem jednej zmiennej niezależnej. — wielkości przepływu średniego bądź kształtującego koryto (por. Leopold, Maddock Jr., 1953; Leopold, Wolman, Miller, 1964; Trafas, 1975; Ruszczycka-Mizera, 1978).

Rezultaty osiągnięte przez autora byłyby zapewne jeszcze bardziej przekonujące gdyby — jak w przypadku badań E. Falkowskiego (1967, 1972, 1975), A. Szumańskiego (1972), E. Mycielskiej-Dowgiałło (1972, 1973, 1977), S. Kozarskiego (1974a, b), S. Kozarskiego i K. Rotnickiego (1977, 1978) czy M. Ruszczyckiej-Mizery (1978) — udało się wydzielić tzw. generacje meandrów. Na obszarze doliny dolnego Bobru nie udało się tego dokonać.

PODSUMOWANIE

Zastosowanie czarno-białych zdjęć lotniczych w badaniach rozwoju dna doliny dolnego Bobru przyniosło, jak to wykazano, znaczne korzyści. Okazało się też, iż na cele fotointerpretacyjne zdjęcia w skali około 1:20 000 dla dolin rzek niżowych średniej wielkości zawierają wystarczającą ilość informacji. Stwierdzono też, iż na potrzeby kartometryczne skala taka jest zbyt mała — bardziej odpowiednie byłyby zdjęcia w skali około 1:10 000. Skala taka pozwoliłaby na uniknięcie trudności pomiarowych, szczególnie w zakresie dokładności pomiarów szerokości koryta.

Badania autora oraz wnioski wypływające z prac innych badaczy skłaniają do sformułowania stwierdzenia, iż możliwości interpretacyjne czarno-białych zdjęć panchromatycznych w zakresie interpretacji niżowej rzeźby fluwialnej zostały w sensie metodologicznym w zasadzie wyczerpane. Być może zastosowanie zdjęć na innych materiałach bądź w wybranych zakresach widma, albo też wykorzystanie nowych urządzeń fotointerpretacyjnych przyniesie nowe rezultaty.

Obecnie, szczególne efekty można — zdaniem autora — osiągnąć jeszcze w zakresie kartometrycznej treści zdjęć. W tym zakresie, mimo znacznej liczby prac, metodyka badań pozostawia jeszcze wiele do życzenia. Ścisłego określenia wymagają także związki tego typu studiów z badaniami geologicznymi i hydrologicznymi.

LITERATURA

- Carlston Ch. W., 1965: *The relation of free meander geometry to stream discharge and its geomorphic implications*, Amer. Journ. of Science, no 263.
- Ciołkosz A., Miszański J., Olędzki J. R., 1978: *Interpretacja zdjęć lotniczych*, PWN, Warszawa.
- Dury G. H., 1969: *Relation of morphometry to runoff frequency*, [in:] *Water, Earth and Man*, ed. R. J. Chorley, Methuen and Co. Ltd., London.
- Falkowski E., 1967: *Ewolucja holocenijskiej Wisły na odcinku Zawichost-Solec i inżyniersko-geologiczna prognoza jej dalszego rozwoju (Sum.: Evolution of the Holocene Vistula from Zawichost to Solec with engineering-geological prediction of further development)*, Biul. Inst. Geol., nr 198, Z badań geologiczno-inżynierskich w Polsce, t. IV, Warszawa.
- Falkowski E., 1971: *Historia i prognoza rozwoju układu koryta wybranych odcinków rzek nizinnych Polski (Sum.: History and prognosis for the development of bed configuration of selected sections of Polish Lowland rivers)*, Biul. Geol., t. 12, Uniwersytet Warszawski, Warszawa.
- Falkowski E., 1972: *Regularities in development of lowland rivers and changes in river bottom in the Holocene: „Changes in the paleogeography of valley floors of the Vistula drainage basin during Holocene”*, 2nd Part: *The Polish Lowland*, Warszawa.
- Falkowski E., 1975: *Variability of channel processes of lowland rivers in Poland and changes of the valley floors during the Holocene*, Biul. Geol., t. 19, Uniwersytet Warszawski, Warszawa.
- Florek W., 1979: *Rozwój dna doliny dolnego Bobru w holocenie, praca doktorska i kopalnych na przykładzie dolnego Bobru (Sum.: An attempt to analyse changes in geometrical characteristics of present-day and fossil meanders: a case study of the lower Bóbr (Western Poland))*, Przegl. Geogr., t. I, z. 4, PWN, Warszawa.
- Florek W., 1979: *Rozwój dna doliny dolnego Bobru w holocenie, praca doktorska, maszynopis w Bibl. Wydz. Geogr. i Studiów Region., Uniwersytet Warszawski, Warszawa.*
- Florek W., 1981: *Późnholocenijskie osady wypełniające paleomeander Bobru na północ od Wysokiej*, Bad. Fizjogr. nad Polską Zach., t. XXXII, seria A, PWN, Warszawa—Poznań.
- Florek W., w druku: *The development of valley floor of the lower Bóbr river with special reference to middle and late Holocene*, Quaest. Geogr., Poznań.
- Friedkin J. P., 1945: *A laboratory study of the meandering of alluvial rivers*, U. S. Waterways Exp. Station, Mississippi River Comm., Vicksburg.
- Klimaszewski M., 1978: *Geomorfologia*, PWN, Warszawa.
- Kozarski S., 1974a: *Późnoglacialne i holocenijskie zmiany w układzie koryt rzecznych niżowej części dorzecza Odry*, [in] *Krajowe Sympozjum n.t. „Rozwój den dolinnych...”*. Streszczenia referatów i komunikatów, Wrocław—Poznań.
- Kozarski S., 1974b: *Stanowisko Jaszkowo koło Śremu. Migracja koryta Warty na południe od Poznania w późnym glacie i holocenie — generacja meandrów*, [in:] *Krajowe Sympozjum n.t. „Rozwój den dolinnych...”*. Przewodnik Wycieczki, Wrocław—Poznań.
- Kozarski S., Rotnicki K., 1977: *Valley floors and changes of river channel patterns in the North Polish Plain during the Late-Würm and Holocene*, Quaest. Geogr., no 4, Uniwersytet im. A. Mickiewicza, Poznań.
- Kozarski S., 1978: *Problemy późnowürmskiego i holocenijskiego rozwoju den dolinnych na Niżu Polskim (Sum.: Problems concerning the development of*

- valley floors during Late-Würm and Holocene in the Polish Lowland), Prace Kom. Geogr.-Geol. Pozn. Tow. Przyj. Nauk, t. XIX, PWN, Warszawa—Poznań.
- Leliavsky S., 1955: *An introduction to fluvial hydraulics*, Constable and Co., London.
- Leopold L.B., Maddock T. Jr., 1953: *The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications*, U.S. Geol. Surv. Prof. Paper, no 252.
- Leopold L.B., Wolman M.G., 1957: *River channel patterns: braided, meandering and straight*, U.S. Geol. Surv. Prof. Paper, no 282-B.
- Leopold L.B., 1960: *River meanders*, Geol. Soc. of Amer., Bull., no 71.
- Leopold L.B., Wolman M.G., Miller J.P., 1964: *Fluvial processes in geomorphology*, W.H. Freeman and Co., San Francisco—London.
- Matusik J., 1969: *Uwagi o morfologii doliny Bzury koło Chodakowa*, Fotointerpretacja w geografii, nr 7, Warszawa.
- Matusik, J., 1970: *Starorzecza a współczesny bieg Bzury na zachód od Łowicza*, Fotointerpretacja w geografii, nr 8, Warszawa.
- Mycielska-Dowgiałło E., 1972: *Stages of Holocene evolution of the Vistula Valley on the background of its older history in the light of investigations carried out near Tarnobrzeg*, [in:] *Excursion Guide-Book. Symposium of INQUA Comm. on Studies of the Holocene: „Changes in paleogeography of valley floors of the Vistula drainage basin during Holocene”*, 2nd Part: *The Polish Lowland*, Warszawa.
- Mycielska-Dowgiałło E., 1973: *Wykorzystanie zdjęć lotniczych w badaniach nad tendencjami rozwojowymi koryta Wisły na przykładzie prac z okolic Tarnobrzega*, [in:] *Materiały VI Ogólnopolskiej Konferencji Fotointerpretacji*, Warszawa.
- Mycielska-Dowgiałło E., 1977: *Channel pattern changes during the last glaciation and Holocene in the northern part of the Sandomierz Basin and the middle part of the Vistula Valley, Poland*, [in:] *River channel changes*, K.J. Gregory (ed.), John Wiley and Sons, Chichester—New York.
- Popow I.W., 1969: *Dieformacji riečných rusíet i gidrotiechničeskoje stroitiel'stvo*, Gidromietieoizdat, Leningrad.
- Ruszczycka-Mizera M., 1978: *Fotointerpretacja jako metoda analizy rozwoju rzeźby dna doliny dużej rzeki na przykładzie doliny Odry* (Sum.: *Interpretation of aerial photographs as a method of analysis of river valley bottom relief development in larger rivers such as the Odra River*), Acta Univ. Wratislaviensis, no 340, Prace Inst. Geogr., seria A, PWN, Warszawa—Wrocław.
- Schumm S.A., 1971: *Fluvial geomorphology and river mechanics*, Water Res. Publ., Fort Collins, Colorado.
- Speight J.G., 1965: *Meanders spectra of the Annabunga River*, Journ. Hydr., vol. 3.
- Speight J.G., 1967: *Spectral analysis of meanders of some Australian Rivers*, [in:] *Landform studies from Australia and New Guinea*, Australia Nat. Univ. Press.
- Szumański A., 1972: *Changes in the development of the lower San channel pattern in the Late Pleistocene and Holocene*, [in:] *Excursion Guide-Book. Symposium of the INQUA. Comm. on Studies of the Holocene: „Changes in paleogeography of valley floors of the Vistula drainage basin during Holocene”*, 2nd Part: *The Polish Lowland*, Warszawa.
- Tomaszewski E., 1974a: *Współczesne zmiany den dolin rzecznych w świetle badań teledetekcyjnych*, [in:] *Krajowe Sympozjum nt. „Rozwój den dolinnych...”*. Streszczenia referatów i komunikatów, Wrocław—Poznań.

- Tomaszewski E., 1974b: *Dolina Warty koło Jeziorska*, Acta Univ. Wratislaviensis no 236, Prace Inst. Geogr., PWN, Warszawa—Wrocław.
- Trafas K., 1968: *Rekonstrukcja starych koryt rzecznych na podstawie zdjęć lotniczych*, Fotointerpretacja w geografii, nr 6, Warszawa.
- Trafas K., 1975: *Zmiany biegu koryta Wisły na wschód od Krakowa w świetle map archiwalnych i fotointerpretacji* (Sum.: *Changes of the Vistula River bed east of Cracow in the light of archival maps and photointerpretation*), Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr., z. 40, PWN, Warszawa-Kraków.
- Własow A. T., 1977: *O dieformacjach izlućyn swobodno mieandrirujuščych riek (na primierie r. Diesny)*, [in:] *Rusťowyje processy riek i dinamika wodojemow*, Trudy Gos. Gidr. Inst., wyp. 242, Gidromietieoizdat, Leningrad.

WACŁAW FLOREK

THE APPLICATION OF AIR PHOTOGRAPHS FOR THE INVESTIGATION OF RIVER VALLEY BOTTOMS (BASED ON THE LOWER BÓBR RIVER)

Summary

The author has shown the particular usefulness of air photographs for the analysis of river valley bottoms on lowlands. The black and white photographs in the scale of about 1:20 000 have been ascertained to contain sufficient information for photointerpretative purposes.

The air photographs have also turned out to be an interesting material for cartometric analysis of fluvial relief, especially for investigating the paleocrit of divagating rivers. The investigation by the author has shown the usefulness of dependencies formulated by S. A. Schumm for the reconstruction of paleohydrological characteristics of divagating rivers' beds. The scarcity of complex investigations of this type makes it possible to formulate dependencies of only qualitative character at present. Further studies should result in formulating qualitative dependencies which would reflect correctly the relations existing in past fluvial environments. It was observed during the investigation that for cartometric purposes air photographs in the scale of about 1:20 000 are insufficient. It is necessary to make use of photographs in the scale of about 1:10 000.

Translated by
Stanisław D. Wojdala

WACŁAW FLOREK

L'APPLICATION DES PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES DANS LES RECHERCHES SUR LES FONDS DE VALLÉES FLUVIALES (À L'EXEMPLE DE L'AVAL DE BÓBR)

Résumé

L'auteur a démontré une particulière utilité des photographies aériennes pour l'analyse du relief des fonds de vallées fluviales dans les régions dépressives. A été constaté que les photographies noir et blanc, à l'échelle 1:20 000 environ

contiennent des informations suffisantes pour les objectifs de photointerprétation. Il se trouve que les photographies aériennes constituent un matériel intéressant pour l'analyse cartométrique du relief fluvial, surtout dans le domaine des recherches sur les lits paléolithiques des fleuves serpentant. Les recherches de l'auteur ont confirmé l'utilité des dépendances formulées par S. A. Schumm à la reconstruction des traits paléohydrologiques des lits des fleuves serpentant.

Faute de recherches complexes seules les relations qualificatives sont possibles à formuler. Les études ultérieures devraient donc apporter la formule des dépendances quantitatives qui reflèteraient bien les relations dans les anciens milieux fluviaux. Au cours des recherches en question a été également constaté que pour les objectifs cartométriques les photographies aériennes à l'échelle 1 : 20 000 sont insuffisantes, il est donc nécessaire d'utiliser les photographies à l'échelle 1 : 10 000.

*Traduit par
Teresa Korba-Fiedorowicz*