

**INSTYTUT PRAHISTORII UNIWERSYTETU IM. ADAMA MICKIEWICZA**

**OŚRODEK OCHRONY DZIEDZICTWA ARCHEOLOGICZNEGO**

**MUZEUM ARCHEOLOGICZNE W BISKUPINIE**

**POZNAŃSKIE TOWARZYSTWO PREHISTORYCZNE**

# **Biskupin... i co dalej?**

**Zdjęcia lotnicze w polskiej archeologii**

REDAKCJA

JACEK NOWAKOWSKI

ANDRZEJ PRINKE

WŁODZIMIERZ RĄCZKOWSKI

POZNAŃ 2005

ABSTRACT: Jacek Nowakowski, Andrzej Prinke, Włodzimierz Rączkowski (eds), *Biskupin... i co dalej? Zdjęcia lotnicze w polskiej archeologii* [Biskupin... and what next? Aerial photographs in Polish archaeology]. Instytut Prahistorii UAM, Ośrodek Ochrony Dziedzictwa Archeologicznego, Muzeum Archeologiczne w Biskupinie, Poznańskie Towarzystwo Prehistoryczne, Poznań 2005, pp. 522, fig. & phot. 199, colour plates 142. ISBN 83-916342-2-1. Polish text with English summaries and captions.

These papers present examples of the application of aerial photography in Poland and some other European countries. The authors discuss several issues including the history of Polish aerial archaeology, the conditions of its usefulness in Polish archaeology, certain contemporary technological resources that increase the effectiveness of the information in the photographs, the complex problems of photointerpretation and the closely related question of how to archive them and make them available, the universal uses of photographs in conservation work and in research practice. Aerial photographs also allow to look at archaeology from a different perspective, thus they can be a good basis for re-conceptualisation of many fundamental problems, such as methods of cultural landscape studies.

Recenzenci:

prof. dr hab. Bogusław Gediga  
prof. dr hab. Sławomir Kadrow

© Copyright by Jacek Nowakowski, Andrzej Prinke, Włodzimierz Rączkowski 2005  
© Copyright by Authors

Publikację wydano przy finansowym wsparciu Wielkopolskiego Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków, Dziekana Wydziału Historycznego UAM, Fundacji UAM, Aerial Archaeology Research Group oraz ze środków projektu *European Landscapes: Past, Present and Future* (Ref. No 2004-1495/001-001 CLT CA22) realizowanego w ramach programu Culture 2000.

Adjustacja streszczeń i tłumaczenie podpisów: Joanna Haracz-Lewandowska  
Skład i łamanie: ad rem, Poznań – Jacek Tomczak

Projekt okładki: Jolanta i Konrad Królowie

ISBN 83-916342-2-1

Wydawca:

ad rem

ul. Słowiańska 38A/6

61-664 Poznań

tel./fax +48/61 826 78 44

e-mail: [adrem@echostar.pl](mailto:adrem@echostar.pl)

## Spis treści

Jacek Nowakowski, Andrzej Prinke, Włodzimierz Rączkowski, <i>Latać, latać i... interpretować: problemy i perspektywy polskiej archeologii lotniczej</i> .....	11
---	----

### Część I: Trochę historii – czy tylko Biskupin?

Wojciech Piotrowski, <i>Wykopaliska biskupińskie z lotu ptaka – próba podsumowania</i> .....	27
Lidia Żuk, <i>Dokąd prowadzisz Biskupinie?</i> .....	51
Dariusz Krasnodębski, <i>Pamiętkowy album z polskimi zdjęciami lotniczymi z lat 1923-1929</i> .....	71
Agnieszka Dolatowska, Danuta Prinke, <i>Do trzech razy sztuka: próba interpretacji zdjęć lotniczych z Kotliny Toruńsko-Bydgoskiej</i> .....	81

### Część II: Zdjęcia lotnicze i technologia

Sławomir Królewicz, <i>Charakterystyka wybranych cech współczesnych średnio- i wysokorozdzielczych danych teledetekcyjnych</i> .....	101
Jerzy Miałdun, <i>Wymiar fraktalny zobrazowań teledetekcyjnych krajobrazu ekologicznego, poddanego antropopresji</i> .....	109
Jerzy Miałdun, <i>Wstępna koncepcja struktury systemu pozyskiwania danych w trakcie rekonesansu lotniczego i ich transmisji do Internetu w czasie rzeczywistym</i> .....	117

### Część III: Problemy z interpretacją

Lidia Żuk, <i>W poszukiwaniu salomonowego rozwiązania, czyli o tym, kto powinien interpretować zdjęcia lotnicze – słów kilka</i> .....	125
Andrzej Kijowski, Stefan Żynda, <i>Struktury glacialne i peryglacialne jako tło dla archeologicznej interpretacji zdjęć lotniczych</i> .....	145
Krzysztof Maciejewski, <i>Wrózenie z fusów? Dylematy fotografującego obiektu archeologiczne</i> ..	157

### Część IV: Archiwizacja i udostępnianie zdjęć lotniczych w archeologii

Wiesław Stępień, <i>„Karta obserwacji terenu z góry”</i> .....	165
Katarzyna Bronk-Zaborowska, Andrzej Prinke, Lidia Żuk, <i>A<sub>Ph</sub>_Max – baza danych o zdjęciach lotniczych dla potrzeb archeologii</i> .....	171
Andrzej Prinke, <i>Zaplecze informacyjne w zastosowaniach metody archeologicznego rekonesansu lotniczego</i> .....	183
Jerzy Miałdun, Izabela Mirkowska, Włodzimierz Rączkowski, <i>Wczesnośredniowieczne założenia obronne w Polsce północno-wschodniej: projekt systemu informacji archeologicznej</i> .....	193

### Część V: Zdjęcia lotnicze w praktyce konserwatorskiej

Zbigniew Kobyliński, Krzysztof Misiewicz, Dariusz Wach, <i>„Archeologia niedestrukcyjna” w północno-wschodniej Polsce</i> .....	205
Piotr Górny, Małgorzata Przybyszewska, Jacek Wysocki, <i>Weryfikacja terenowa zdjęć lotniczych</i> .....	237
Wojciech Sosnowski, <i>Dokumentacja fotolotnicza w archeologii ziemi chełmińskiej. Pierwsze doświadczenia, możliwości, perspektywy</i> .....	241
Andrzej Prinke, Włodzimierz Rączkowski, Bogdan Walkiewicz, <i>Archeologiczny zwiad lotniczy wzdłuż trasy planowanej autostrady A2 w granicach dawnego woj. poznańskiego</i> .....	247

Jacek Nowakowski, <i>Znaczenie zdjęć lotniczych w konserwatorstwie archeologicznym na przykładzie stanowiska archeologicznego w Osiecznej (stan. 4)</i> .....	257
Tomasz Burda, <i>Archeologiczna apokalipsa. Wykorzystanie fotografii lotniczej w ocenie zniszczeń na stanowiskach archeologicznych w Iraku</i> .....	263

## **Część VI: Od zdjęć lotniczych do wieloaspektowych i zintegrowanych badań: dorobek i perspektywy**

Andrzej M. Wyrwa, <i>Zdjęcia lotnicze w tekneńskim kompleksie osadniczym oraz ich weryfikacja archeologiczno-architektoniczna i osadnicza</i> .....	271
Krzysztof Maciejewski, Włodzimierz Rączkowski, <i>Jamy, jamy... lecz nie tylko: wyniki archeologicznego rozpoznania lotniczego w Wielkopolsce w latach 2001-2002</i> .....	283
Barbara Stolpiak, Włodzimierz Rączkowski, <i>Opactwo pocysterskie w Bierzwniku, woj. zachodniopomorskie a zdjęcia lotnicze – oczekiwania i możliwości</i> .....	297
Kazimierz Grażawski, <i>Zdjęcia lotnicze w archeologicznej praktyce badawczej Muzeum w Brodnicy</i> .....	311
Dariusz Krasnodębski, <i>Lotnicza prospekcja archeologiczna w dorzeczu Odry, przeprowadzona w 1999 roku</i> .....	317
Krzysztof Wieczorek, <i>Widać, nie widać – czy pilot może zostać archeologiem?</i> .....	321
Marcin Dziewanowski, Lidia Żuk, <i>Zaległości „nie do odrobienia”?</i> <i>Przyczynek do przydatności zdjęć lotniczych w badaniach terenowych na przykładzie stan. 5 w Mierzynie, woj. zachodniopomorskie</i> .....	327
Rafał Gradowski, <i>Fotografia lotnicza w archeologii a problem wczesnośredniowiecznego osadnictwa obronnego na terenie miasta Człuchowa</i> .....	337
Miłosz Giersz, Maciej Słomczyński, Mariusz Ziółkowski, <i>Archeologia lotnicza w polskich badaniach archeologicznych w Andach</i> .....	341
Violetta Julkowska, Włodzimierz Rączkowski, <i>Zobaczmy przeszłość! Zdjęcia lotnicze w dydaktyce historii</i> .....	353

## **Część VII: Zdjęcia lotnicze i krajobraz kulturowy**

Wiesław Stępień, <i>Fotografia lotnicza w ochronie krajobrazu kulturowego</i> .....	373
Paul M. Barford, <i>Tworzenie krajobrazu: archeologia osadnicza z lotu ptaka?</i> .....	379
Grzegorz Kiarszys, <i>Osadnictwo czy krajobraz kulturowy: konsekwencje poznawcze korelacji wyników badań powierzchniowych i rozpoznania lotniczego</i> .....	389

## **Część VIII: Jak się to robi w Europie?**

Robert Bewley, <i>Archeologia lotnicza – kilka myśli na przyszłość</i> .....	399
Rog Palmer, <i>Dlaczego niezbędna jest interpretacja zdjęć lotniczych i wykonywanie map?</i> .....	407
Ralf Schwarz, Günter Wetzel, <i>Archeologia lotnicza w Niemczech – z historii badań</i> .....	413
Michael Doneus, <i>Archeologia lotnicza w Austrii</i> .....	439
Martin Gojda, <i>Archeologia lotnicza w Czechach w końcu XX wieku:</i> <i>integracja studiów nad krajobrazem kulturowym a archeologia nieinwazyjna</i> .....	449
Ivan Kuzma, <i>Archeologia lotnicza na Słowacji</i> .....	457
Lis Helles Olesen, <i>Archeologia lotnicza w Danii</i> .....	479
Romas Jarockis, <i>Fotografia lotnicza, archeologia i dziedzictwo kulturowe na Litwie</i> .....	489
Juris Urtāns, <i>Fotografia lotnicza w archeologii na Łotwie</i> .....	495
Indeks nazw osobowych .....	499
Indeks nazw geograficznych .....	507
Lista adresowa autorów .....	517

## *Struktury glacialne i peryglacialne jako tło dla archeologicznej interpretacji zdjęć lotniczych*

### 1. Wstęp

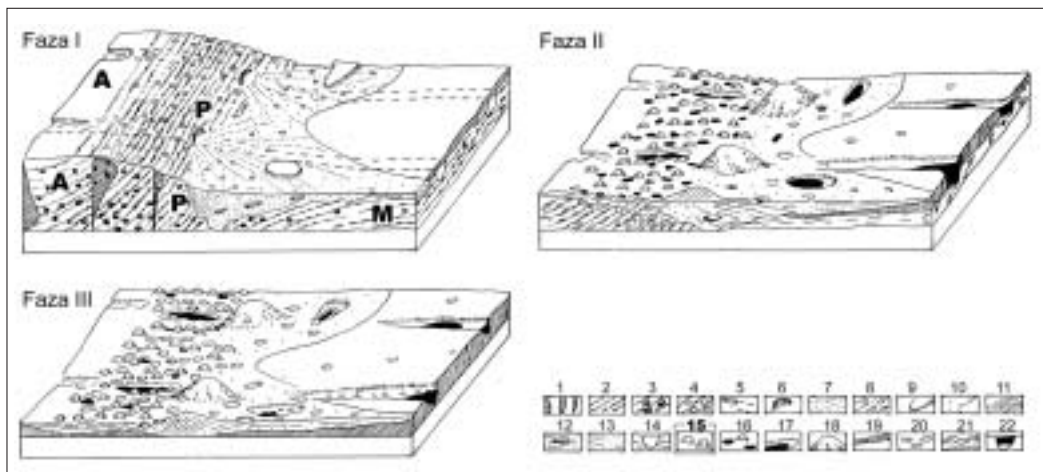
Od kilkunastu lat coraz częściej archeolodzy w Polsce sięgają do zdjęć lotniczych w celu wykorzystania zawartych na nich informacji w studiach nad przeszłością. Można powiedzieć, że ich zasadniczym celem jest poszukiwanie stanowisk archeologicznych i rozpoznanie ich struktury przestrzennej. Stosunkowo niewielkie doświadczenie interpretacyjne rodzi poważne wątpliwości co do charakteru wielu obserwowanych śladów (najczęściej wyróżników roślinnych). Obiekty archeologiczne są tylko jedną z kategorii obiektów, które ujawniają się w formie wyróżników roślinnych. Jedną z takich grup struktur, które mogą utrudniać interpretację obiektów archeologicznych są struktury glacialne i peryglacialne. To właśnie na te struktury nakładają się ślady stanowisk archeologicznych. Analizując zdjęcia lotnicze spotykamy się zatem z sytuacjami, w których nie ma wątpliwości co do kulturowego lub przyrodniczego charakteru obserwowanych wyróżników roślinnych, ale również z licznymi przykładami takich wyróżników roślinnych, których interpretacja nie jest oczywista i wymaga wzajemnych konsultacji.

Celem tego tekstu jest przybliżenie archeologom podstawowych informacji o formach glacialnych i peryglacialnych w strefie Niżu Polskiego. Wiedza o tym, jak wyglądają niektóre formy, często wręcz imitujące obiekty archeologiczne, może być przydatna w procesie interpretacji zdjęcia oraz identyfikacji obiektów archeologicznych.

### 2. Geneza morfologiczno-litologiczna form plejstoceniowych i ich obraz na zdjęciach lotniczych

#### 2.1. Deglacjacja frontalna i arealna

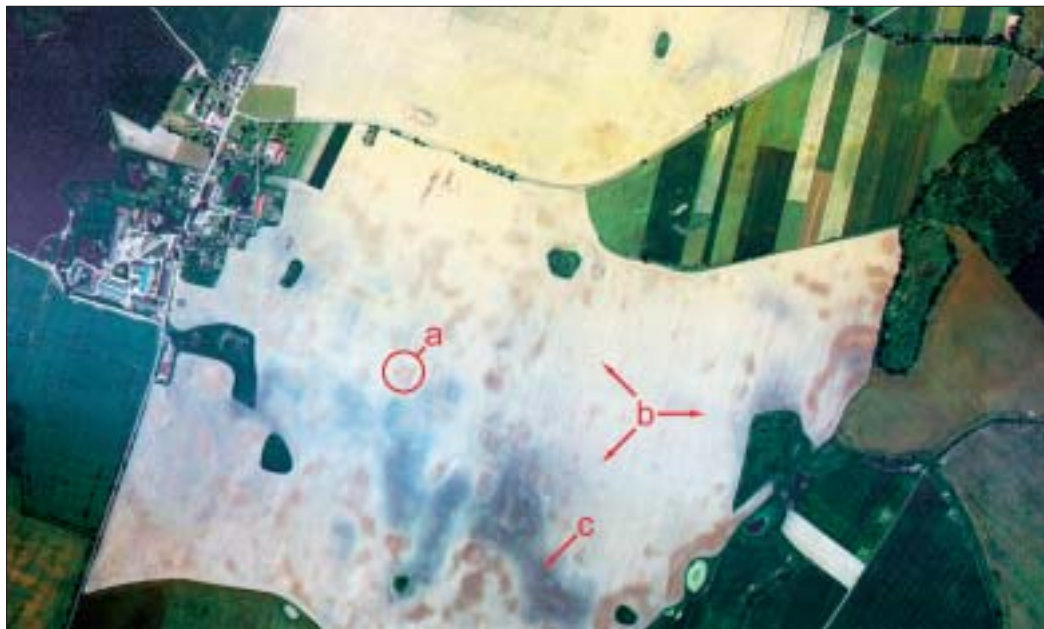
Na obszarze współczesnej Polski powierzchnię terenu ukształtował łądolód, a procesy związane z jego wycofywaniem, czyli deglacjacją, pozostawiły określone formy terenowe, zbudowane w przeważnie ze żwirów, piasków, glin, mułków i utworów organicznych. Produktem **deglacjacji arealnej i frontalnej** są formy powierzchni terenu o charakterystycznej budowie geologicznej, która poprzez sposób sedymentacji – budowę wewnętrzną – tworzy określone struktury biegu i upadu warstw, która to z kolei odzwierciedla się w litologii powierzchniowej formy terenowej. Aby poznać formy i budowę powierzchniową obszaru, należy dokładnie przeanalizować morfogenezę terenu badań. W tym celu zaprezentujemy schematy graficzne, ilustrujące procesy morfogenetyczne, oraz zdjęcia lotnicze pionowe i ukośne, wizualizujące zapis morfologii struktur litologicznych.



Ryc. 1. Fazy rozwoju i zaniku form i struktur etapów postępu i rozpadu brzegu czaszy lodowej: I) etap degradacji inicjalnej-powierzchniowej, II) etap degradacji późnej-wgłębnej (Tieftauen), prawie wyłącznie w fazie gazowej, III) etap po zakończeniu degradacji lodu – etap degradacji form (według T. Bartkowskiego 1970). Legenda: A – lód aktywny, P – lód pasywny, M – lód martwy, 1 – wykresy prędkości mas lodowych w przekroju pionowym, 2 – warstwy ślizgowe (shear planes) w lodowcu z nagromadzeniem materiału morenowego, 3 – szczeliny w lodowcu w miejscu kontaktu lodu aktywnego z pasywnym, 4 – szczeliny wypełnione materiałem wodnolodowcowym, wymytym z lodowca przez cyrkulujące w szczelinach wody, szczególnie z warstw bogatych w morenę, 5 – szczeliny systemu podłużnego (radialnego) w lodowcu, w lodzie aktywnym czynne na powierzchni i prowadzące wody roztopowe, w lodzie pasywnym, ale uszczelinionym, prowadzące wodę w głębi lodowca, w lodzie martwym w większości wypełnione lodem kongelacyjnym i nieczynne (zagrzebane pod moreną ablacijną i sandrem), 6 – „brama lodowcowa”, miejsce wpływu wód roztopowych na powierzchnię lodu, na podobieństwo wywierzyška krasowego, 7 – stożki sandrowe, 8 – strefa uszczelinienia na skraju lodowca, miejsce cyrkulacji wód roztopowych w lodowcu na podobieństwo wód krasowych, 9 – odosobnione bloki lodu martwego, opływane przez wody sandrowe i dlatego nie przysypane materiałem wodnolodowcowym, miejsce przyszłych wielkich „wytopisk” na sandrze, 10 – granica między akumulacją sandrową a wytopianiem się spokojnym lodu martwego, nie przykrytego materiałem sandrowym, 11 – struktura form akumulacji wodnolodowcowej na skraju lądolodu, z upadami warstw odwróconym na skutek wytopiania się lodu, o który się wspierały materiały wodnolodowcowe, 12 – soczewka lodu kongelacyjnego, zagrzebanego w sandrze (lodu zimowego?), 13 – struktura warstwowa utworów sandrowych, 14 – lód kongelacyjny, wypełniający rynnę lodowcową (dawną szczelinę lodowcową), 15 – pagórki morenowe w zapleczu strefy marginalnej (kuppige Grundmoräne, hummocky moraine), 16 – zagłębienia bezodpływowe wypełnione wodą, ukazujące się w miarę powstawania pagórków morenowych, efekt degradacji lodu w fazie płynnej, 17 – „wytopisko” wypełnione wodą, 18 – pagórek morenowy zbudowany z utworów wodnolodowcowych u wylotu „bramy lodowcowej”, zazwyczaj uważany za morenę czołową, 19 – morena denna, efekt degradacji lodu w fazie gazowej, 20 – wytopiska, przeważnie już „zapłynięte” lub zatorfione, 21 – morena ablacyjna pokrywająca pagórki morenowe, najczęściej ulegająca przemieszczeniom soliflukcyjnym na zboczach (orientacja głazików zgodna z nachyleniem stoku), 22 – lód kongelacyjny, zalegający w dnie wytopisk (np. w rynnach lodowcowych), podczas gdy na powierzchni występuje już woda.

W pracy zbiorowej pod redakcją Jana R. Olędzkiego *Polska na zdjęciach lotniczych i satelitarnych* (1988) przedstawiono wiele przykładów zdjęć lotniczych z różnych regionów Polski. Przedmiotem publikacji było pokazanie form geomorfologicznych (Karczewski 1988), budowy geologicznej (Kozacki 1988), struktur peryglacjalnych i glaciekttoniki (Rotnicki 1988), a na ich tle warstwy kulturowej (Kijowski 1988a), między innymi Biskupina i grodziska w Moraczewie. Syntezą przeglądu literatury w zakresie wykorzystania zdjęć lotniczych do rekonstrukcji paleośrodowiska w kontekście studiów archeologicznych jest praca W. Rączkowskiego (2002; por. też Żuk w tym tomie).

Z punktu widzenia interpretacji zdjęć lotniczych przez archeologów niezbędne jest przedstawienie wybranych blokdigramów graficznych, prezentujących fazy deglacjacji lądolodu i etapy powstawania form terenu. Kolejnym zagadnieniem jest zapoznanie się z morfologiczno-litologicznymi



Tabl. I: A. Rejon wsi Witkowo, gm. Kaźmierz. Skala zdjęcia pionowego około 1:20000 umożliwia identyfikację form o wymiarach 4-10 metrów. Charakterystyczny obraz moreny dennej falistej z widoczną zmiennością litologiczną, gdzie koliste formy terenowe nie są zapisem układów kulturowych (archeologicznych), ale poprzez barwę i powierzchniowe usytuowanie identyfikujemy je jako pagórki gliniaste (a), powierzchnie jasnobrązowe to powierzchnie piasków gliniastych (b), a obniżenia terenowe z materiałem ilastym oraz materiałem organicznym (c) przedstawiają się jako fototony ciemnoszare. Fot. A. Kijowski, 3.06.2002.



Tabl. I: B. Rejon wsi Witkowo, gm. Kaźmierz. Ukośne zdjęcie lotnicze przedstawia fragment moreny dennej falistej, prezentowanej powyżej. Obserwowana mozaika kolorystyczna to powtórzenie sekwencji plamistej zmienności litologicznej (a, b, c), widocznej dzięki zróżnicowanemu zaawansowaniu wegetacji pszenicy. Fot. W. Rączkowski, 15.07.2003.



Tabl. II: A. Zdjęcie lotnicze pionowe w skali 1:20000 rejonu wsi Buszewko, gm. Pniewy, przedstawia teren moreny dennej falistej. Widoczne brązowe koliste plamy są zdenudowanymi formami pagórków morenowych, zbudowanych z gliny i bruku morenowego. Fot. A. Kijowski, 9.05.1998.



Tabl. II: B. Budowa wewnętrzna jednego z pagórków, widocznych na zdjęciu pionowym w rejonie wsi Buszewko, gm. Pniewy (powyżej). Przekrój pionowy odkrywki przedstawia materiał w postaci kamieni, gliny i piasków gliniastych. Fot. A. Kijowski, 17.06.1999.





Tabl. III: A. Mierzejewo, gm. Krzemieniewo. Teren płaski bez widocznego tła litologiczno-wilgotnościowego, na który „nałożony” jest obiekt, który można interpretować jako całkowicie przekształcony przez intensywną agrotechnikę pagórek morenowy. Fot. W. Rączkowski, 12.07.2000.



Tabl. III: B. Rydzyna, gm. loco (AZP 65-25/52). Przestrzenna struktura hydro-litologiczna na zboczu wysoczyzny z widoczną strefą wysięków wód podziemnych (niebieskie strzałki) podkreślona ciemnobrązową barwą zboża. Na górnej krawędzi stoku widoczne obiekty archeologiczne w postaci jasnych kropek (a). Fot. W. Rączkowski, 12.07.2000.



Tabl. IV: A. Rejon wsi Witkowice, gm. Kaźmierz. Zdjęcie lotnicze ukośne przedstawiające struktury litologiczne w postaci „postawionych” prostopadłe warstw zdeformowanej glaciektonicznie moreny dennej (a), rysunek systemu melioracyjnego (b), powierzchniowe plamy fototonalne (c) oraz kolistą formę przestrzenną o średnicy około 20 metrów (d), którą można interpretować jako warstwę kulturową. Fot. W. Rączkowski, 16.06.2003.



Tabl. IV: B. Rejon wsi Rogierówko, gm. Rokietnica. Na zdjęciu widoczna jest forma w postaci pagóra kemowego, a jej kolisty kształt może być interpretowany jako obiekt archeologiczny (np. grodzisko, kurhan itp.). Fot. A. Kijowski, 2.08.1998.

mi mechanizmami kształtowania powierzchni terenu i budowy geologicznej. W wyniku deglacji, czyli rozpadu łądolodu, powstają formy o skali **makro**, takie jak morena czołowa, morena denna, sandry, pradoliny, doliny, rynny jeziorne (np. Basalykas 1968; Rotnicki 1966; Jewtuchowicz 1966; Bartkowski 1959; 1970; Żynda 1972; Kijowski 1988b; Bogdański, Kijowski 1990). Obraz mechanizmu rozpadu łądolodu przedstawia (ryc. 1).

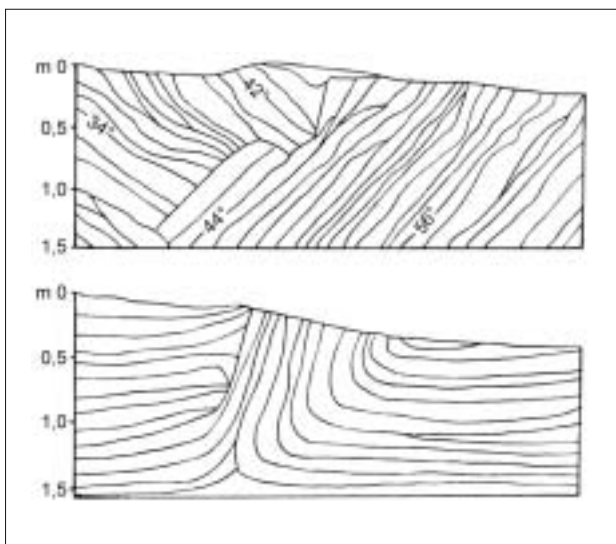
Widoczne na schemacie formy terenowe i ich budowa wewnętrzna wizualizuje się na zdjęciach lotniczych, a wybrane przykłady z Wielkopolski i Kujaw stanowią istotę niniejszego opracowania. W wyniku deglacji odbywającej się etapowo (jak przedstawia ryc. 1) powstają przede wszystkim formy terenowe w postaci pagórków (patrz legenda ryc. 1 – oznaczenie 15) o szczególnej budowie geologicznej. Ich rozkład przestrzenny ilustrują pionowe i ukośne zdjęcia lotnicze (Tabl. I: A, B; II: A, B; III: A). Fotografie te przedstawiają obraz moreny dennej, powstałej w czasie **deglacji arealnej**, a widoczne na zdjęciach wykonanych zarówno przed wegetacją, jak i w okresie wegetacji roślin koliste kształty są właśnie obrazami tych pagórków. Szczegółowe opisy fotografii lotniczych informują o specyfice przestrzennego rozmieszczenia form, jak i ich budowy geologicznej.

W czasie **deglacji frontalnej** powstają formy sandrowe, które charakteryzują się spokojną i jednorodną budową geologiczną w postaci piasków i żwirów. Kształt sandru to powierzchnia płaska, na której mogą występować „ostańce” bloków martwego lodu, które po wytopieniu mogą przyjąć postać kolistych wytopisk. Kolejna fotografia (Tabl. III: B) ilustruje taki właśnie wizerunek płaskiej powierzchni, na której widoczny jest ślad wytopiska.

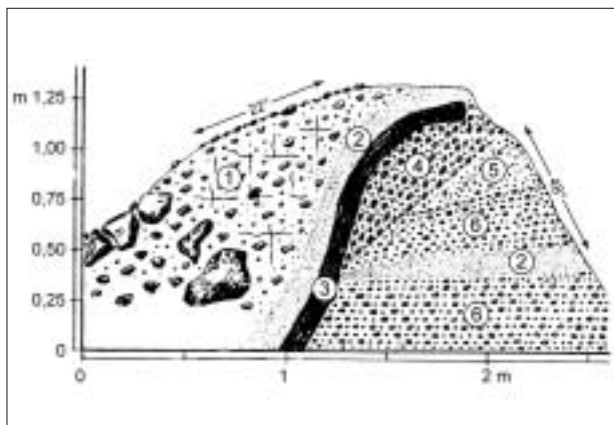
Formy rynnowe i dolinne powstają w warunkach **fluwioglacjalnych**. Stąd też na zboczach tych form spotykamy się z wychodniami struktur litologicznych. Zmienność litologiczna na krawędzi zboczy skutkuje często występowaniem stref źródłiskowych wód podziemnych. Kolejna fotografia (Tabl. IV: A) prezentuje taką złożoną strukturę litologiczno-hydrologiczną.

## 2.2. Struktury glacitektoniczne

Drugą grupą struktur litologicznych, które powstają w wyniku transgresji (nacisku na podłoże) i deglacji łądolodu są formy w skali **mikro**, które określane są jako struktury glacitektoniczne i peryglacialne. Struktury glacitektoniczne powstają w wyniku nacisku łądolodu na podłoże, które w konsekwencji ulega deformacji i zapisuje się w postaci charakterystycznego układu warstw. Występują one w strefach moren czołowych (marginalnych), a zapis rysunku warstw położonych prostopadle do powierzchni terenu (wyciśniętych) wyraża się w zmianie kierunku upadu i biegu warstw. Taki obraz przebiegu warstw jest rejestrowany na zdjęciach lotniczych (Tabl. IV: A). Wielkość struktur glacitektonicznych jest zróżnicowana, przyjmuje wartości od kilku centymetrów w odniesieniu do szerokości układu warstwy do kilkunastu metrów w odniesieniu do biegu struktury. Schematyczne zilustrowanie struktur litologicznych, powstałych w procesie glacitektonicznego deformowania podłoża, prezentują ryc. 2 i 3.



Ryc. 2. Schemat ukazujący układ warstw o różnym biegu i upadzie, powstałych w wyniku procesów glacitektonicznych (według S. Jewtuchowicza 1970).



Ryc. 3. Ilustracją zapisu procesu glacictektonicznego są formy litologiczne ciągłe, które w rzutach prostopadłych (na zdjęciach lotniczych) prezentują liniowe i koliste struktury, mogące być kojarzone z liniowymi lub owalnymi obiektami archeologicznymi. Rycina przedstawia strukturę wewnętrzną ozu według J. Szupryczyńskiego (1963). Legenda: 1 – glina morenowa z obfitością gładów, 2 – mułek piaszczysty, 3 – warstwa organiczna (torf), 4 – żwir o frakcji 1-5 cm, 5 – piasek gruboziarnisty z ziarnami żwirku, 6 – żwirtek.

Zdjęcia lotnicze wykonane w optymalnych warunkach wilgotności gleby i głębszego podłoża przedstawiają często geometryczne w układzie powierzchniowym „smugi” fototonów i fotolineamenty. Jest to spowodowane odsłanianiem się biegu i upadu warstw struktur glacictektonicznych – (a) na zamieszczonym zdjęciu lotniczym (Tabl. IV: A). Na zdjęciu widoczny jest też drenaż podziemny w postaci systemu melioracyjnego (b), a z drugiej strony – liniowe i plamiste struktury fototonów informują o strukturach litologicznych (c). Wśród plam fototonalnych uwidaczniają się także koliste formy przestrzenne (d), które należy wydzielić przy interpretacji zdjęcia lotniczego od wskazywanych wyżej elementów litologicznych i hydrogeologicznych.

### 2.3. Martwy lód

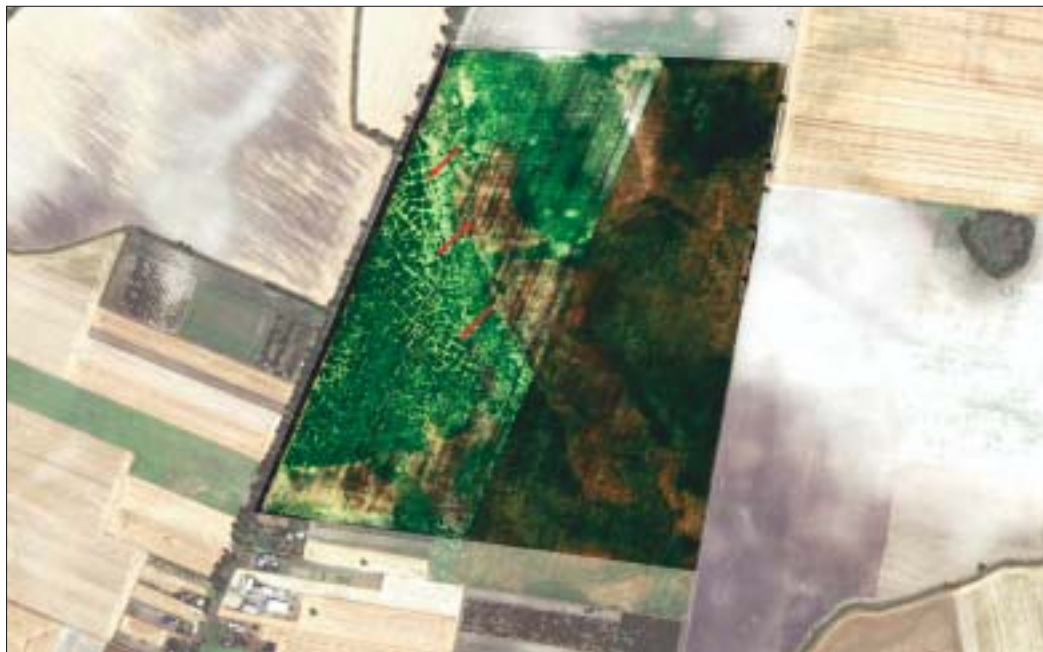
Kolejną grupą form powstałych w wyniku trwania procesów deglacjacji w warunkach klimatu peryglacialnego oraz procesów deglacjacji **martwego lodu** są kemy, wytopiska, kliny mrozowe. Morfologia tych form, przyjmująca kształty koliste i liniowe, podkreślane przez budowę wewnętrzną, może przy interpretacji zdjęć lotniczych dla celów archeologicznych prowadzić do błędnych wniosków. Warstwowanie materiału polodowcowego w wyniku wytapiania się martwego lodu daje w efekcie rzutu prostopadłego formy koliste, które mogą być interpretowane przez archeologów jako kurhany czy zniszczone grodziska. Schemat graficzny (ryc. 4) ilustruje proces powstawania form i ich budowę wewnętrzną w wyniku wytapiania się martwego lodu.

Formy powstałe w wyniku wytapiania się martwego lodu mogą tworzyć zagłębienia wypełnione materiałem innym niż otoczenie (tzw. „kieszń” martwego lodu – ryc. 5: A) pagórka (także o odmiennej budowie geologicznej – ryc. 5: B).

Zdjęcia lotnicze (Tabl. IV: B) oraz ryc. 5: B z fazami wytapiania się martwego lodu to ilustracja sytuacji często spotykanych w Wielkopolsce. Przy interpretacji archeologicznej zdjęć lotniczych należy uwzględnić w analizie morfogenetycznej formy, która powstawała w warunkach martwego lodu. Parametry wielkościowe widocznego na zdjęciu lotniczym obiektu, oznaczone symbolem (a), mogą być kojarzone z obiektem kulturowym na podstawie kształtu i wielkości. Ciemne smugi mają szerokość 8 metrów, a średnica formy kolistej wynosi około 20 metrów.

### 2.4. Kliny mrozowe

Procesy i formy mrozowe tworzą się w warunkach klimatu peryglacialnego. Mechanizm powstawania i ich przestrzenny układ (ryc. 6) oraz wielkość klinów mrozowych w Wielkopolsce został przedstawiony w opracowaniu Bogdańskiego i Kijowskiego (1990), gdzie stwierdzono, że zdjęcia lotnicze pozwalają określać geometrię klinów mrozowych. Na przykładzie dwóch stanowisk testowych w Grabianowie i Sulejewie (gm. Brodnica) obliczono dwa wskaźniki geometryczne dla struktur mrozowych, a mianowicie wymiar boku wieloboku mrozowego oraz powierzchnię wieloboku.



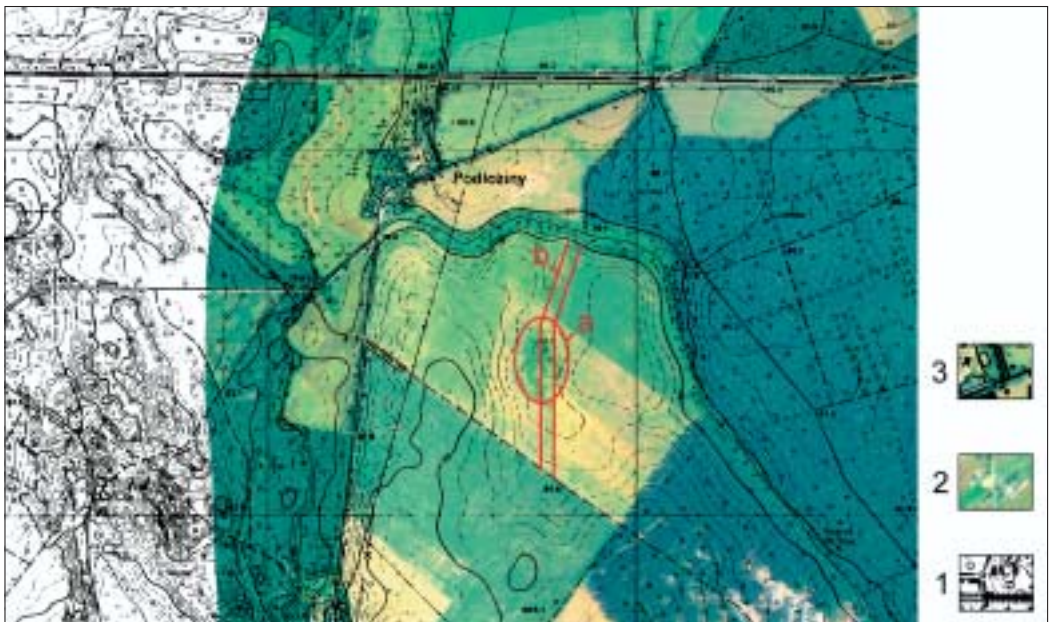
Tabl. V: A. Powierzchnia wysoczyzny w rejonie wsi Rostworowo, gm. Rokietnica, pokryta systemem klinów mrozowych o różnej wielkości boków poligonów (1, 4, 10, 20 metrów). Widoczna jest geometria klinów, wśród których można wskazać kształty prostokątne. Zdjęcie lotnicze w skali 1:5000. Fot. A. Kijowski, 2.08.2000.



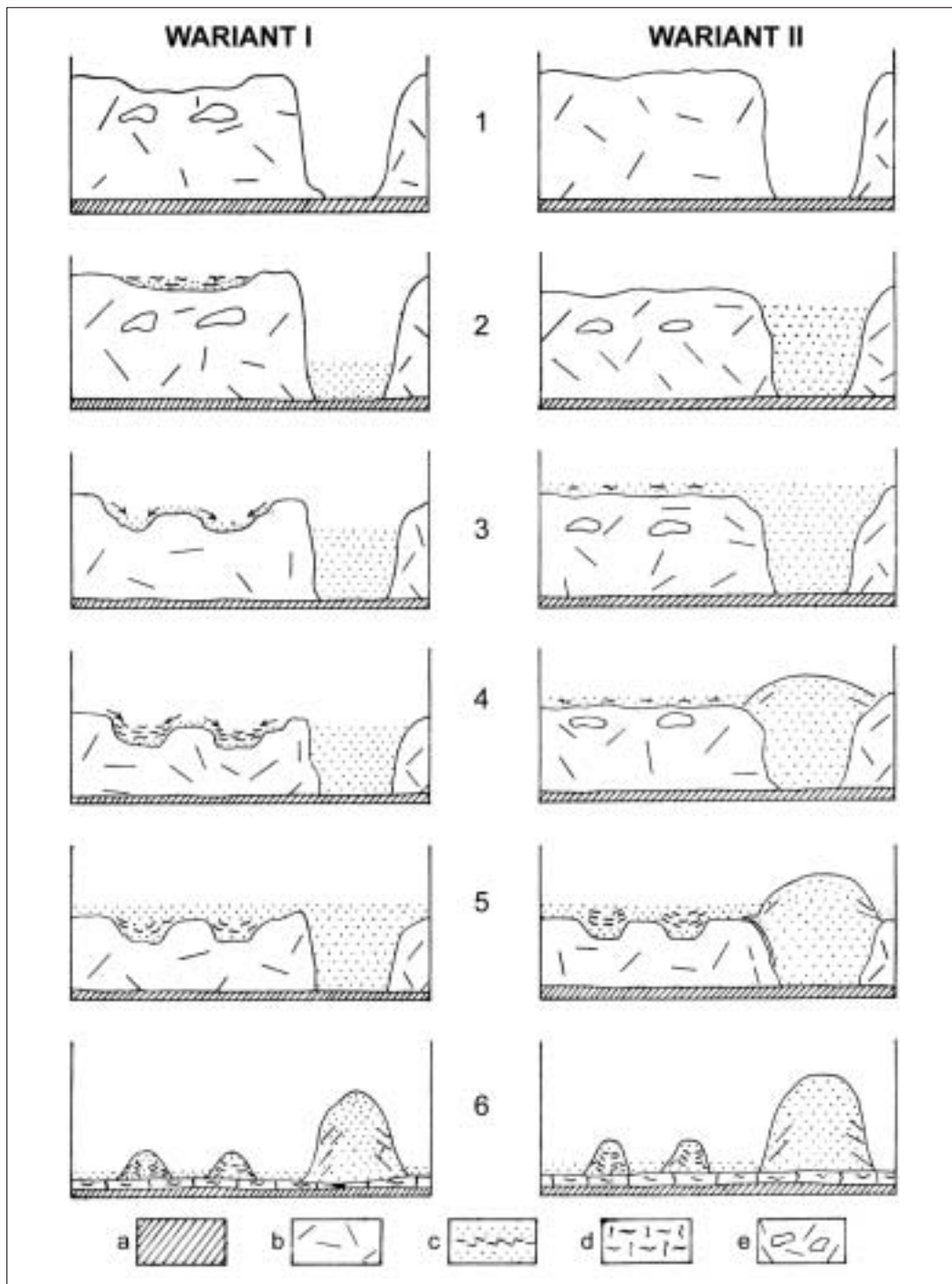
Tabl. V: B. Rejon wsi Czmoń, gm. Kórnik. Widoczne struktury peryglacjalne o liniowym i punktowym kształcie, które można by kojarzyć z obiektami archeologicznymi. Geometria form peryglacjalnych to wieloboki o wymiarach 8 metrów. Widoczne są też liniowe obiekty o wymiarach 20-40 metrów oraz niewielkie punktowe struktury o wymiarach od 1 do 3 metrów. Fot. A. Kijowski, 4.06.2002.



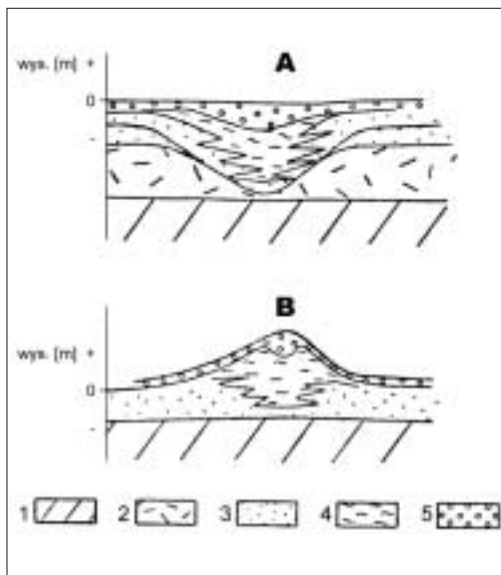
Tabl. VI. A. Rejon wsi Witkowo, gm. Kaźmier. Pokrycie powierzchni terenu roślinnością uprawową (pszenicą) oraz zastosowana agrotechnika w warunkach zróżnicowanych gleb, spowodowanych zmiennością litologiczną i morfogenetyczną, wskazuje na konieczność wielowarstwowej interpretacji pod kątem identyfikowania warstwy kulturowej. Legenda: a – warstwa roślinna, b – warstwa glebowo-agrotechniczna, c – warstwa morfogenetyczna. Fot. W. Rączkowski, 15.07.2003.



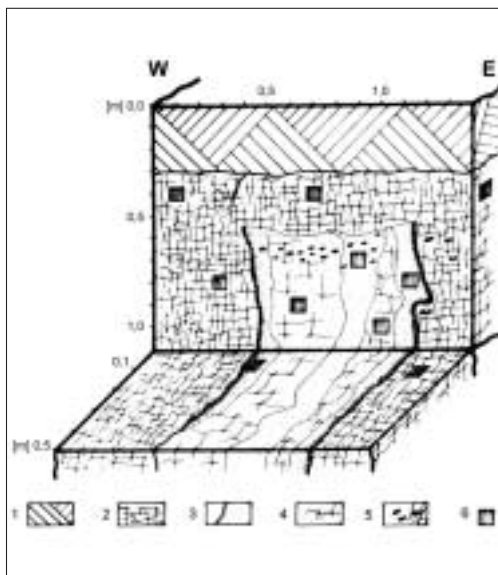
Tabl. VI. B. Rejon wsi Podłoziny, gm. Dopiewo. Dwie warstwy GIS-owskie, to znaczy fotomapa w skali 1:10000 połączona z hipsometrią (mapą topograficzną) „uplastycznia” interpretację fototonów. Wskazuje usytuowanie mozaiki fototanalnej na formie terenowej, pozwalając prawidłowo interpretować obraz od strony morfogenezy. Legenda: 1 – mapa topograficzna, 2 – fotomapa, 3 – warstwy tematyczne, a – warstwa z owalną formą powierzchniową, b – warstwa z fotolineamentem. Opracował A. Kijowski.



Ryc. 4. Schemat rozwoju form kemowych w okresie recesji lądolodu w warunkach „martwego lodu”. Na poziomie 6. widoczne pagórki z charakterystyczną budową wewnętrzną. Legenda: a – podłoże, b – lód martwy, c – materiały wodnolodowcowe, budujące formy kemowe i powierzchnie sandrowe, d – glina moreny dennej, e – groty wewnątrzlodowe.



Ryc. 5. Schemat powstawania „kieszeni” martwego lodu w kulminacji pagórka według T. Bartkowskiego (1959). Legenda: A – faza deglacji „kieszeni” martwego lodu, która po wytopieniu przyjmuje postać zagłębienia, B – faza deglacji z martwym lodem, w wyniku której powstaje pagórek.



Ryc. 6. Przekrój stropowej części klina mrozowego. Legenda: 1 – warstwa glebowa, 2 – piasek gliniasty (budowa zewnętrzna klina), 3 – granica klina (wypełnienie w postaci piasku), 4 – mikropeknienia wewnątrz klina, 5 – poziom kamienisty, 6 – miejsca poboru prób do analiz.

Geometria klinów mrozowych istotna dla problematyki interpretacji zdjęć lotniczych z perspektywy archeologicznej przedstawia się następująco:

- a) pierwsza generacja najmniejszych klinów mrozowych to pięcioboki o średniej długości boku 3,95 metra,
- b) druga generacja średnich klinów to pięcioboki o średniej długości boku 6,1 metra,
- c) trzecia generacja klinów to prostokąty o proporcjach boków 1:2, czyli np. 5:10 metrów,
- d) czwarta generacja to także prostokąty o proporcji boków 1:3 i o maksymalnych wymiarach 15,2 m.

W Wielkopolsce dosyć powszechnie występują powierzchnie wysoczyznowe, na których w szczególnych warunkach przesuszenia gleby i głębszego podłoża rejestrowane są struktury klinów mrozowych. Jak już przedstawiliśmy wcześniej, mają one określoną geometrię, która wyraża się w generacji wielkościowej, i spotkać można kliny mrozowe o wymiarach boku od 1 do 20 metrów. Przestrzenny układ struktur mrozowych odczytywany pojedynczo może być interpretowany, jak i identyfikowany, jako obiekt archeologiczny ze względu na kształt i wielkość śladu (fototonu). Przy interpretacji wyróżników roślinnych na zdjęciach lotniczych należy zatem brać pod uwagę obecność struktur glacialnych, takich jak kliny mrozowe, które przyjmują kształt jednej linii lub systemu układów geometrycznych. Prezentowane dwa przykłady zdjęć lotniczych (pionowe i ukośne) ilustrują dwa zagadnienia. Pierwsze z nich to w przypadku zdjęć pionowych możliwość określenia powierzchni pokrytej strukturami mrozowymi oraz ich zróżnicowanie w sensie generacji klinów. Interpretacja takich zdjęć (Tabl. V: A) nie stwarza trudności w identyfikowaniu struktur mrozowych, lecz kompletnie uniemożliwia odszukanie punktowych i liniowych wskaźników warstwy kulturowej. Drugie zagadnienie odnosi się do zdjęć ukośnych (Tabl. V: B), które poprzez kąt fotografowania „deformują” układy geometryczne, widoczne w strukturach mrozowych. W ujęciach ukośnych zdjęć lotniczych kliny mrozowe, a dokładniej obraz wieloboków, ulega perspektywicznym zniekształceniom i prowadzi do fałszywych interpretacji.





Ryc. 7. Fragment mapy geomorfologicznej w skali 1:50000 (Arkusz Poznań), która przedstawia zespoły morfogenetyczne w postaci wysoczyzn, rynien, dolin rzecznych, krawędzi, stoków (według Tomaszewskiego 1960).

### 3. Formy litologiczne w ujęciach kartograficznych

Przedstawione schematycznie procesy deglacji frontalnej i arealnej oraz powstające formy terenowe, a także formy terenowe powstające w wyniku procesów peryglacialnych, których produktem jest obecny kształt i budowa powierzchni terenu mają swój zapis na **szczegółowych mapach geomorfologicznych** (por. ryc. 7). Umiejętność korzystania z tych map i znajomość ww. procesów w zdecydowany sposób mogą pomóc w interpretacji zdjęć lotniczych na potrzeby archeologii.

Wydaje się więc, że konieczne jest korzystanie z map geomorfologicznych w procedurze interpretacji zdjęć lotniczych dla celów archeologicznych. Zawarte na mapach informacje o typie morfogenetycznym terenu wskazują na możliwość występowania **makro** i **mikro** form oraz struktur peryglacialnych, które mogą maskować lub „imitować” obiekty archeologiczne.

### 4. Kartograficzna synteza danych litologicznych topograficznych i archeologicznych

Na zdjęciach lotniczych, tak pionowych, jak i ukośnych, rejestruje się kompleksowo zapis krajobrazu, który może zawierać wiele warstw tematycznych. Są to, ogólnie mówiąc, **warstwa roślinna** (a) – użytkowanie terenu, **warstwa glebowoagrotechniczna** (b) – gleby i ich parametry fizyko-chemiczne oraz **warstwa morfogenetyczna** (c) – litologia i struktura budowy geologicznej. Jak wiemy,

każda z tych warstw może stanowić oddzielną warstwę w systemie GIS. W takim to środowisku warstwowo-tematycznym, zdjęcia lotnicze rejestrują również interesujący nas **krajobraz kulturowy** (w tym **archeologiczny**).

Interpretację zdjęć lotniczych dla celów identyfikacji warstwy kulturowej w kontekście wspomnianych warstw, oznaczonych symbolami (a), (b), (c), ilustruje zdjęcie ukośne (Tabl. VI: A), gdzie roślinność (wyróżniki roślinne), typy gleb i ślady zabiegów pielęgnacyjnych oraz struktury geomorfologiczne przeplatają się, komplikując w istotny sposób interpretację archeologiczną.

Rozwiązaniem porządkującym procedury interpretacji zdjęć lotniczych w kontekście archeologicznym jest zastosowanie technik GIS-owskich. Umożliwiają one wygenerowanie „czystych” warstw tematycznych, takich jak: morfologia, litologia powierzchniowa, użytkowanie terenu i wielu innych, które to warstwy tak pojedynczo, jak i złożone wprowadzają swoistą logikę identyfikowania warstwy kulturowej (por. Tabl. VI: B). Techniki GIS-owskie wykorzystywane są szeroko w geografii, lecz również przez wielu archeologów (np. Harris, Lock 1990; Doneus, Doneus, Neubauer 2002; Dernoga, Nowakowski, Prinke 2002).

## 5. Podsumowanie

Celem niniejszego opracowania było zwrócenie uwagi na potrzebę współpracy archeologa i geografa w procesie fotointerpretacji zdjęć lotniczych. Ta współpraca pozwoli wypracować odpowiednie procedury, które wyeliminują niepotrzebne błędy oraz ustalą kolejność kroków interpretacyjnych.

Zdjęcia lotnicze, pionowe i ukośne, a zwłaszcza widoczne na nich fototony, struktury, geometria rysunku są efektem zapisu wielu informacji. Wychodnie warstw litologicznych o odmiennych parametrach kolorystycznych i fizyczno-chemicznych oraz składu granulometrycznego prowadzą do utrudniania procedury interpretacji zdjęć. Stąd też interpretacja archeologiczna zdjęć lotniczych powinna być wykonywana według proponowanego schematu:

1. analiza morfogenetyczna przy wykorzystaniu map geomorfologicznych,
2. rozpoznanie powierzchniowej budowy geologicznej,
3. wskazanie stref zmienności litologicznej, wilgotnościowej i agrotechnicznej,
4. analiza uwarunkowań hydrograficznych,
5. zmienność fototonalna (spektralna) jako zapis procesu naturalnego,
6. skalowanie wielkości struktur fototonalnych,
7. interpretacja pod kątem identyfikacji obecności obiektów archeologicznych.

W procedurach interpretacyjnych i przy opracowywaniu wyników warto wykorzystać współczesne narzędzia oferowane przez GIS, pozwalające na kompilację treści materiału fotolotniczego (szczególnie morfogenezy form terenowych) w ramach wielu warstw informacyjnych.

## Bibliografia

- Bartkowski T. 1959. *Z morfogenezy obszaru kemowego na wschód od Pszczewa*. Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM.
- Bartkowski T. 1970. *Budowa wewnętrzna form strefy marginalnej na obszarze ostatniego zlodowacenia na Niżu Polskim*. Poznań: PTPN.
- Basalykas A. 1968. Różnorodność morfogenetyczna dolin krajobrazu polodowcowego na przykładzie terenów Litewskiej SSR, *Przegląd Geograficzny* **40** (3): 771-781.
- Bogdański P., Kijowski A. 1990. Photointerpretation of geometry of Vistulian ice-wedge polygons: the Grabianowo and Sulejewo sites, south of Poznań, *Quaestiones Geographicae* **11/12** (1985/1986): 39-52.
- Dernoga M., Nowakowski J., Prinke A. 2002. Archaeological heritage management in the Information Age: GIS applications and air photography processing in Wielkopolska (Greater Po-

- land), [w:] *Aerial Archaeology – Developing Future Practice*, (red.) R. Bewley, W. Rączkowski. Amsterdam: IOS Press, 283-290.
- Doneus M., Doneus N., Neubauer W. 2002. Integrated archaeological interpretation of combined prospection data, Zwingendorf (Austria) – a case study, [w:] *Aerial Archaeology – Developing Future Practice*, (red.) R. Bewley, W. Rączkowski. Amsterdam: IOS Press, 149-165.
- Harris T. M., Lock G. R. 1990. The diffusion of a new technology: a perspective on the adoption of geographic information system within UK archaeology, [w:] *Interpreting Space: GIS and Archaeology*, (red.) K. M. Allen, S. W. Green, E. B. W. Zubrow. London: Taylor & Francis, 249-365.
- Jewtuchowicz S. 1966. Akumulacja w warunkach martwego lodu na przykładzie lodowców spitsbergeńskich, *Przegląd Geograficzny* **38** (3): 429-434.
- Jewtuchowicz S. 1970. Strukturalne zaburzenia w Morenie Kutnowskiej, *Acta Geographica Lodziensia* **24**: 239-248.
- Karczewski A. 1988. Nizina Szczecińska, Jarchlino (4), [w:] *Polska na zdjęciach lotniczych i satelitarnych*, (red.) J. R. Olędzki. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 34-35.
- Kijowski A. 1988a. Lednogóra, [w:] *Polska na zdjęciach lotniczych i satelitarnych*, (red.) J. R. Olędzki. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 96-97.
- Kijowski A. 1988b. Interpretation of aerial photographs as a method of studying variations in lithology and moisture of the surface ground layer: detailed study at the Mosina International Study Area, *Quaestiones Geographicae* **10**: 47-70.
- Kozacki L. 1988. Wzniesienia Żarskie, [w:] *Polska na zdjęciach lotniczych i satelitarnych*, (red.) J. R. Olędzki. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 118-119.
- Olędzki J. R. (red.) 1988. *Polska na zdjęciach lotniczych i satelitarnych*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Rączkowski W. 2002. *Archeologia lotnicza – metoda wobec teorii*. Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM.
- Rotnicki K. 1966. *Rzeźba Wzgórz Ostrzeszowskich jako rezultat rozwoju stoku podczas Würmu*. Poznań: PTPN.
- Rotnicki K. 1988. Wysoczyzna Kaliska, [w:] *Polska na zdjęciach lotniczych i satelitarnych*, (red.) J. R. Olędzki. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 110-111.
- Szupryczyński J. 1963. Rzeźba strefy marginalnej i typy deglacji lodowców południowego Spitsbergenu, *Prace Geograficzne* **39**: 7-162.
- Tomaszewski E. 1960. Arkusze Poznań, [w:] *Mapa geomorfologiczna Polski 1:50000*, (red.) R. Galon. Toruń: Instytut Geografii PAN w Toruniu.
- Żynda S. 1972. Kemy okolic Bytnicy, [w:] *Studia z geografii fizycznej*, (red.) S. Kozarski. Warszawa, Poznań: PTPN, 265-288.

## **Andrzej Kijowski, Stefan Żynda**

### ***Archaeological interpretation of aerial photographs against a background of glacial and periglacial structures***

#### **Summary**

For nearly two decades, archaeologists in Poland have used using aerial photographs as a data source for their studies of the past more and more frequently. There are numerous examples of cropmarks and soilmarks, whose interpretation is not so obvious and requires further interdisciplinary consultation. Surface terrain features in Poland have been mostly formed by glaciers and deglaciation processes. As a result of deglaciation macro-scale features have been formed such as front and ground moraines, outwashes, valleys and lake troughs. Also micro-scale features are present: undrainable hollows, melt holes and others. Glacial and periglacial structures recorded as geological forms take on various shapes, which might suggest the presence of archaeological features. Aerial photographs provide a complete record of a landscape that may con-

tain many thematic layers. Each of these layers may constitute a separate layer in GIS. The aim of this paper is to present a proposal for the photointerpretation of aerial photographs in identifying archaeological features, within the context of the geological surface. The presented paper includes photointerpretative recommendations for archaeologists, which lead from the analysis of geomorphological maps, through the identification of geological, lithological and hydrographic structures to the archaeological interpretation of aerial photographs. Close cooperation between archaeologists and geographers is recommended in the process of aerial photography interpretation, which can be a way to avoid many mistakes.

## Captions:

Fig. 1. Phases of development and degradation of forms and the structures of stages that occur in the stages of stagnation and disintegration of the border zone of ice cap; I) Phase of initial, superficial degradation of ice; II) Phase of late “deep” (Tieftauen) degradation of ice—almost exclusively by means of the gaseous phase of water; III) Phase after the degradation ended—phase of forms degradation (according to T. Bartkowski 1970). Legend: A – active ice, P – passive ice, M – dead ice, 1 – diagrams of velocity of ice masses in vertical section, 2 – shear planes in the glacier enriched by morainic material, 3 – crevasses in the glacier in where active ice meets passive, 4 – crevasses filled with fluvio-glacial material, washed out of the glacier by circulating water, especially from ice layers, rich in morainic material (from the shear planes), 5 – crevasses of the longitudinal (radial) system in the glacier, in active ice, functioning on the surface of the glacier: carrying melt waters; in passive, crevassed ice, carrying these waters in the interior of the glacier, and in dead ice mostly filled with congelative ice and therefore inactive (buried by the ablation moraine or by the outwash deposits), 6 – “the glacial gate”, place of outflow meltwaters on the ice surface similar to karstic gushing springs (rise pits), 7 – outwash cones, 8 – zone of ice crevassing in the edge of the glacier – place of circulation of meltwaters in the glaciers similar to the circulation of karstic waters, 9 – isolated dead ice blocks, outwash waters flow around them and so they are not covered by fluvio-glacial material, the site of future great thaw-hollows in the outwash plain, 10 – edge between outwash accumulation and undisturbed melting of dead ice not covered by outwash material, 11 – structures of forms of fluvio-glacial accumulation at the edge of inland ice, with reversed dipping of layers, caused by the melting of ice that supported fluvio-glacial sediments, 12 – intercalation of congelation ice, buried in the outwash deposits (winter ice?), 13 – stratified structure of outwash deposits, 14 – congelation ice, filling up glacial tunnel (former ice crevasse), 15 – morainic hillocks in the hinterland of the marginal zone (kuppige Grundmoräne, hummocky moraine), 16 – little depressions without superficial outlet (pits), filled with water (ponds), appearing gradually along with the formation of morainic hillocks – result of degradation of ice by means of the fluid phase of water, 17 – “thaw hole” filled with water, 18 – morainic hillock built of fluvio-glacial sediments, situated at the outlet of the glacier gate, commonly considered as frontal moraine, 19 – ground moraine – the result of ice degradation by means of gaseous phase of water (transpiration), 20 – thaw-holes, mostly “water-filled” or filled with peat, 21 – ablation moraine, covering the morainic hillocks mostly subject to solifluctional displacements on the slopes (orientation of little stones concordant to the inclination of slope), 22 – congelation ice, lying at the bottom of the thaw-holes (e.g. in glacial channels), while in parts near the surface of the tunnel water already appears.

Fig. 2. Chart showing layers with a variety of directions and angles created during glaciotectionic processes (according to S. Jewtuchowicz 1970).

Fig. 3. Continuous lithological features are the result of glaciotectionic processes which when viewed at a right-angle (on aerial photographs) appear as linear and circular forms which may be interpreted as linear or oval archaeological features. The drawing shows the inner structure of an esker according to J. Szupryczyński (1963). Legend: 1 – till with abundance of boulders, 2 – arenaceous silt, 3 – organic layer (peat), 4 – gravel 1-5cm fraction, 5 – coarse – grained sand with particles of fine gravel, 6 – fine gravel.

Fig. 4. Chart of the development of kames during the retreat of a glacial under “dead ice” conditions. Level 6 shows hummocks with a characteristic internal structure. Legend: a – base, b – dead ice, c – fluvio-glacial material which makes up the kames and the alluvial outwash surface, d – ground moraine soil, e – caves within a glacier.

Fig. 5. Chart showing creation of a “pocket” of dead ice during the formation of a hummock according to T. Bartkowski (1959). Legend: A – deglaciation phase of a dead ice “pocket” which after thawing becomes a depression, B – deglaciation phase of dead ice after which there is a hummock.

Fig. 6. Cross-section of the upper part of frost crack. Legend: 1 – soil layer, 2 – clay-sand (external construction of wedge), 3 – edge of wedge (filled with sand), 4 – microfractures within the wedge, 5 – level of stones, 6 – area from which sample was taken.

Fig. 7. Fragment of geomorphological map at scale 1:50000 (Poznań sheet), showing morphogenetic features – uplands, trenches, river valleys, ledges, slopes (according to Tomaszewski 1960).

Plate I: A. Near Witkowice village, Szamotuły Dist. Vertical photograph scale approx. 1:20000 allows identification of features from 4-10 metres. A typical image of a rippled ground moraine with clear lithological variations, where circular terrain forms are not a record of archaeological features, but by their colour and location on the surface they can be identified as clay hills (a), light brown surface shows clay-sand soil (b), and depressions with loam or organic material (c) show up as dark grey tones. Photo: A. Kijowski, 3.06.2002.

Plate I: B. Near Witkowice village, Szamotuły Dist. This oblique aerial photograph presents a fragment of the above mentioned rippled ground moraine. The colour mosaic repeats the sequence of lithological changes (a, b, c) which are visible thanks to the differences stages of wheat growth. Photo: W. Rączkowski, 15.07. 2003.

Plate II: A. Vertical aerial photograph at scale 1:20000, of the Buszewko village region in Szamotuły Dist., showing a rippled ground moraine. The visible brown circular patches are hummocky moraines of clay and morainic stones which have been exposed to denudation Photo: A. Kijowski, 9.05.1998.

Plate II: B. Internal structure of one of the hummocks visible on the Buszewko photograph (above). The outcrop profile shows material in the form of stones, clay and clay-sands. Photo: A. Kijowski, 17.06.1999.

Plate III: A. Mierzejewo, Leszno Dist. Level terrain with no visible lithological-damp background, on which there is a feature which may be interpreted as a moranic hummock totally altered by intensive ploughing. Photo: W. Rączkowski, 12.07.2000.

Plate III: B. Rydzyna, Leszno Dist. (AZP 65-25/52). A large hydrolithographic structure on the slope of upland with visible underground water springs (blue arrows) emphasised by the dark brown colour of the cereal. At the uppermost edge of the slope archaeological features are visible in the form of light coloured dots (a). Photo: W. Rączkowski, 12.07.2000.

Plate IV: A. Near Witkowice village, Szamotuły Dist. Oblique aerial photograph showing lithological structures in the form of right-angled layers of a deformed glaciotectionic ground moraine (a), a drawing of the drainage system (b), tonal surface patches (c) and a circular feature about 20 metres in diameter (d), which may be interpreted as a cultural feature. Photo: W. Rączkowski, 16.06.2003.

Plate IV: B. Near Rogierówko, Poznań Dist. A kame feature whose circular form may be interpreted as an archaeological feature (ie. stronghold, barrow etc.). Photo: A. Kijowski, 2.08.1998.

Plate V: A. Surface of the upland near Rogierówko, Poznań Dist., covered by a system of ice wedges of various polygon sizes (1, 4, 10, 20 metres). The geometry of the wedges is visible, within which there are square shapes. Aerial photograph at scale 1:5000. Photo: A. Kijowski, 2.08.2000.

Plate V: B. Near Czmoń village, Poznań Dist. Linear and point-shaped periglacial structures, which might be reminiscent of archaeological features. The geometry of periglacial forms is multi-sided of 8 metres in size. Also visible are linear features of 20-40 metres and smaller features between 1-3 metres in size. Photo: A. Kijowski, 4. 06. 2002.

Plate VI: A. Near Witkowice village, Szamotuły Dist. In areas where there are variations in the soil due to lithological and morphogenetic changes the crop covering of the surface (wheat) and the farming methods used indicate the necessity of a multilayered interpretation to identify the cultural layers. Legend: a – vegetation layer, b – soil-agrotechnical layer, c – morphogenetic layer. Photo: W. Rączkowski, 15.07.2003.

Plate VI: B. Near Podłożyny village in Poznań Dist. Two GIS layers, that is to say a photomap at scale 1:10000, joined with hypsometry (a topographical map) make phototones easier to interpret. They indicate the phototonal mosaic on the landscape allowing for the correct interpretation of the morphogenetic aspect of the image. Legend: 1 – topographical map, 2 – photomap, 3 – thematic layers, a – layer with an oval surface shape, b – layer with photolineament (by A. Kijowski).