

## BADANIA GEOLOGICZNE WYKONYWANE NA INWESTYCJACH LINIOWYCH WAŻNYM ŹRÓDŁEM NOWYCH DANYCH GEOLOGICZNYCH WYKORZYSTYWANYCH DO UAKTUALNIENIA SZCZEGÓŁOWEJ MAPY GEOLOGICZNEJ POLSKI W SKALI 1:50 000

### SIGNIFICANCE OF THE ROAD-CUTS AND OTHER ROCK SECTIONS EXPOSED BY THE NEW LINEAR INVESTMENTS FOR THE GEOLOGICAL RESEARCH IN POLAND

KRZYSZTOF URBAŃSKI<sup>1</sup>

**Abstrakt.** Odslonięcia geologiczne powstające w wyniku realizacji liniowych inwestycji infrastrukturalnych ze względu na dochodzącą do kilku kilometrów długość mają duże znaczenie przy rozpoznaniu powierzchniowej budowy geologicznej naszego kraju. Badania geologiczne prowadzone podczas realizacji tych inwestycji mają ścisły związek z weryfikacją *Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski* w skali 1:50 000 (SMGP). Możliwość wykorzystania odsłaniających się profili do celów kartografii geologicznej jest ograniczona czasowo. Wymaga to właściwej organizacji prac terenowych i szybkiego reagowania na informacje o prowadzonych inwestycjach. W pracy podano przykłady uzyskania niezwykle interesujących profili geologicznych z terenów, gdzie prowadzone są inwestycje liniowe, praktycznie bez potrzeby ponoszenia dodatkowych środków na prace ziemne. W związku z tym wydaje się celowe, żeby kartowanie geologiczne w obrębie inwestycji liniowych było jednym z ważniejszych zadań służby geologicznej.

**Słowa kluczowe:** inwestycje liniowe, geologiczna kartografia powierzchniowa, reambulacja SMGP.

**Abstract.** The road-cuts and other new excavation works provide an excellent opportunity for upgrading the geological maps in Poland. Such opportunity should not be missed. Updating *The Detailed Geological Map of Poland* at the scale of 1:50 000 should be the priority. Ephemeral nature of the freshly cut outcrops makes this research rather urgent. It would require an adequate planning and organization. Geological mapping based on the new road-cuts and rock sections exposed by new investments should be one of the main tasks of the Geological Survey of Poland.

**Key words:** linear investments, surface geological cartography, updating of *The Detailed Geological Map of Poland* at the scale of 1:50 000.

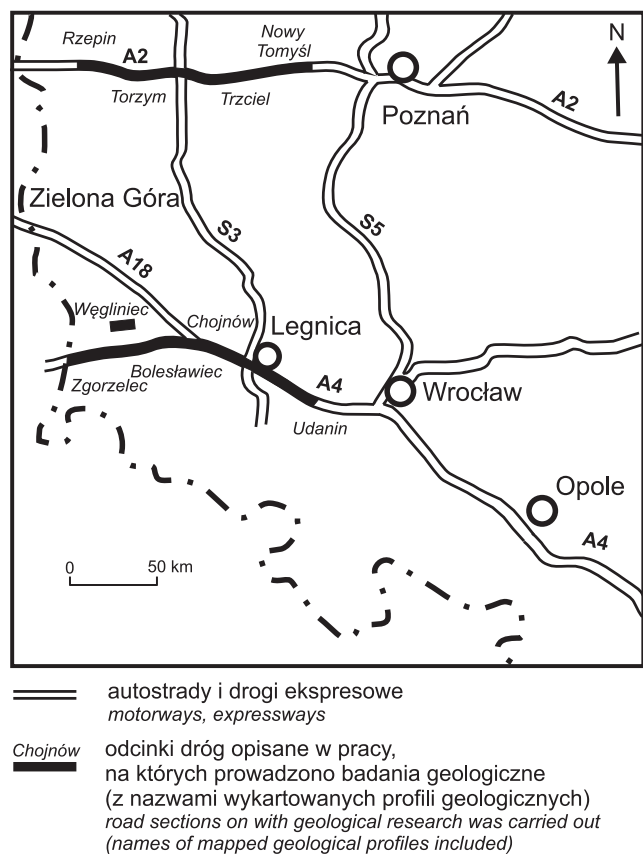
### WSTĘP

Od 2003 r. w Państwowym Instytucie Geologicznym – Państwowym Instytucie Badawczym (PIG-PIB) są prowadzone w sposób ciągły badania geologiczne odsłonień (fig. 1) powstających w związku z realizacją inwestycji liniowych (drog i autostrad, linii kolejowych, gazociągów, wodociągów, kanalizacji itp.). Wykonywane dotychczas prace dokumentacyjne były wykorzystywane do uaktualnienia *Szczegółowej*

*Mapy Geologicznej Polski* w skali 1:50 000 (SMGP). W wyniku ich prowadzenia pozyskano wiele nowych danych geologicznych, które zostały następnie wykorzystane do reambulacji i weryfikacji wydawanych seryjnie map geologicznych. Badania odsłonień wzdłuż inwestycji liniowych okazały się niezwykle przydatne do rozpoznania budowy geologicznej przypowierzchniowej warstwy litosfery.

Podstawową ich cechą jest ciągłość obserwacji i możliwość gęstego opróbowania do badań litostratygicznych.

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Dolnośląski, al. Jaworowa 19, 51-122 Wrocław;  
e-mail: krzysztof.urbanski@pgi.gov.pl.



**Fig. 1. Mapa lokalizacyjna omawianych rejonów badań geologicznych**

Location map of the regions of geological researches

W wyniku prowadzonych inwestycji uzyskuje się dostęp do odsłoneń o dobrej czytelności ścian mających długość od kilkudziesięciu metrów do kilku kilometrów (fig. 1, 2). Minimalna głębokość wkopów i wysokość odsłoniętych skarp, które wykorzystano do dokumentacji, wynosi 1,2 m. Średnia wysokość profilowanych skarp wzdłuż budowanych dróg i autostrad waha się od 2,5 do kilkunastu metrów. Najwyższe skarpy występują w kulminacjach morfologicznych. Na płaskim terenie na wzdłuż budowanych dróg nie ma skarp, a w przypadku braku rowów odwadniających nie uzyskuje się z takich odcinków inwestycji żadnych informacji geologicznych.

Nieco odmienną specyfikę mają prace dokumentacyjne na liniach gazowych budowanych w ramach infrastruktury Gaz-Systemu, które osiągają stałą głębokość od 3,5 do 4,0 m. Przeważnie, w odróżnieniu od inwestycji drogowych, mamy tu do czynienia z wielokilometrowymi odcinkami

wkopów, co jest niezwykle przydatne do prac służących weryfikacji dotychczasowych opracowań kartograficznych.

Jeżeli inwestycja liniowa jest prowadzona na znacznej długości, mamy możliwość obserwacji pełnej zmienności powierzchniowej budowy geologicznej w obrębie całych kompleksów osadowych. Daje to przewagę w prawidłowej interpretacji geologicznej w stosunku do punktowych danych geologicznych jakimi są sondy geologiczne, otwory wiertnicze czy niewielkie odsłonięcia, najczęściej mało czytelne, które standardowo służą do interpretacji geologicznej w realizowanych arkuszach SMGP.

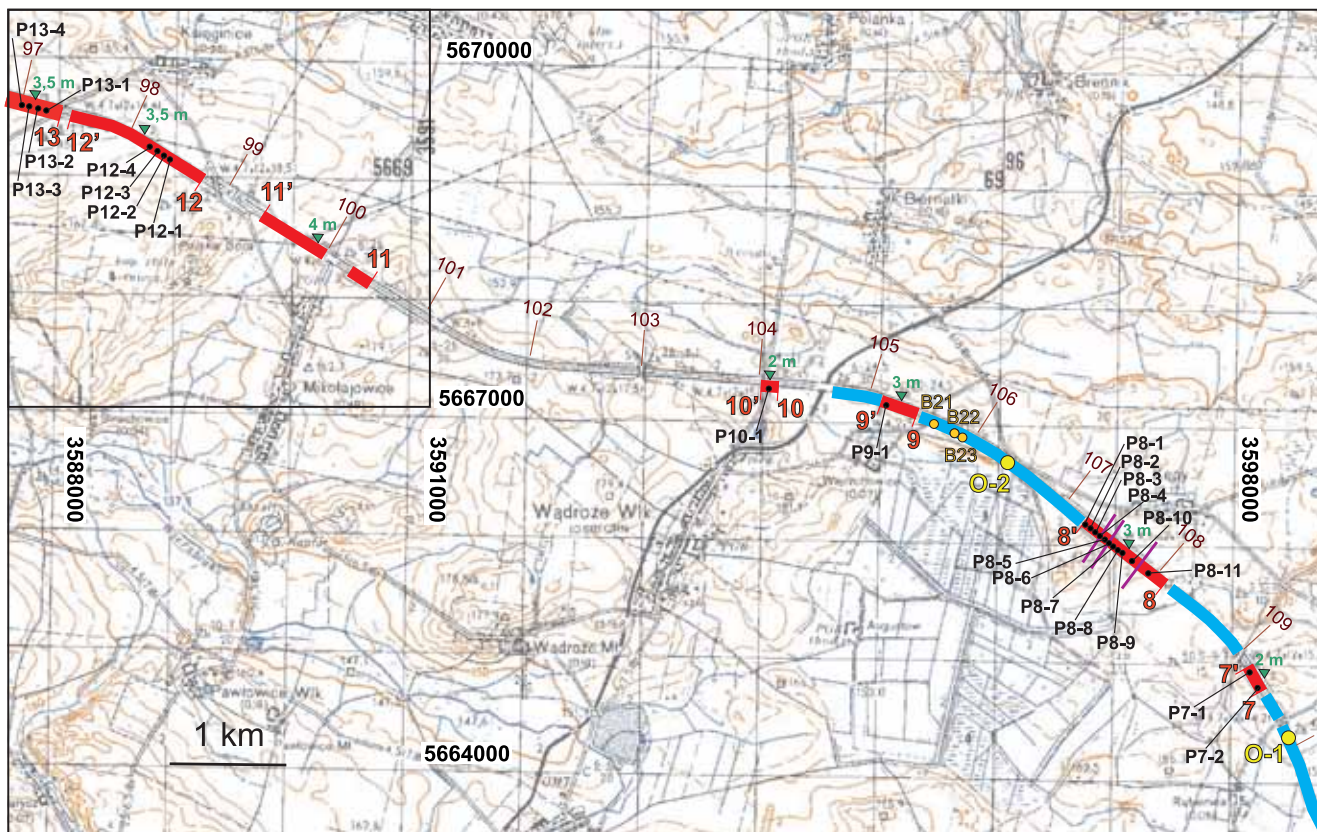
W związku z powyższym uzyskiwanie ciągłych, wielokilometrowych informacji geologicznych z inwestycji liniowych (fig. 2, 3) powinno być priorytetem działalności służby geologicznej.

Wyniki badań uzyskane z dokumentowania inwestycji liniowych były prezentowane na licznych konferencjach krajowych, np.: Stratygrafia Plejstocenu Polski 2010, Kongres Geologiczny 2008, 2011, 2016, Symposium Glacitektoniczne 2010, Warsztaty Sedymentologiczne 2005 oraz w publikacjach naukowych (Urbański i in., 2004, 2016; Kowalska, Urbański 2005a, b; Urbański, Różański, 2008; Urbański 2009, 2010; Badura i in., 2017).

Kartowanie wzdłuż inwestycji liniowych w latach 2003–2016 było finansowane z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska. Dokumentacje wykartowanych odcinków autostrad i gazociągów zostały oddane do archiwum PIG-PIB. Opracowania wykonano w latach 2004, 2007, 2010, 2013 i 2015. Od 2007 r. wyniki badań są systematycznie zamieszczane w komputerowej bazie danych.

## ORGANIZACJA PRAC NA TERENIE INWESTYCJI LINIOWYCH

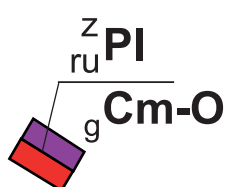
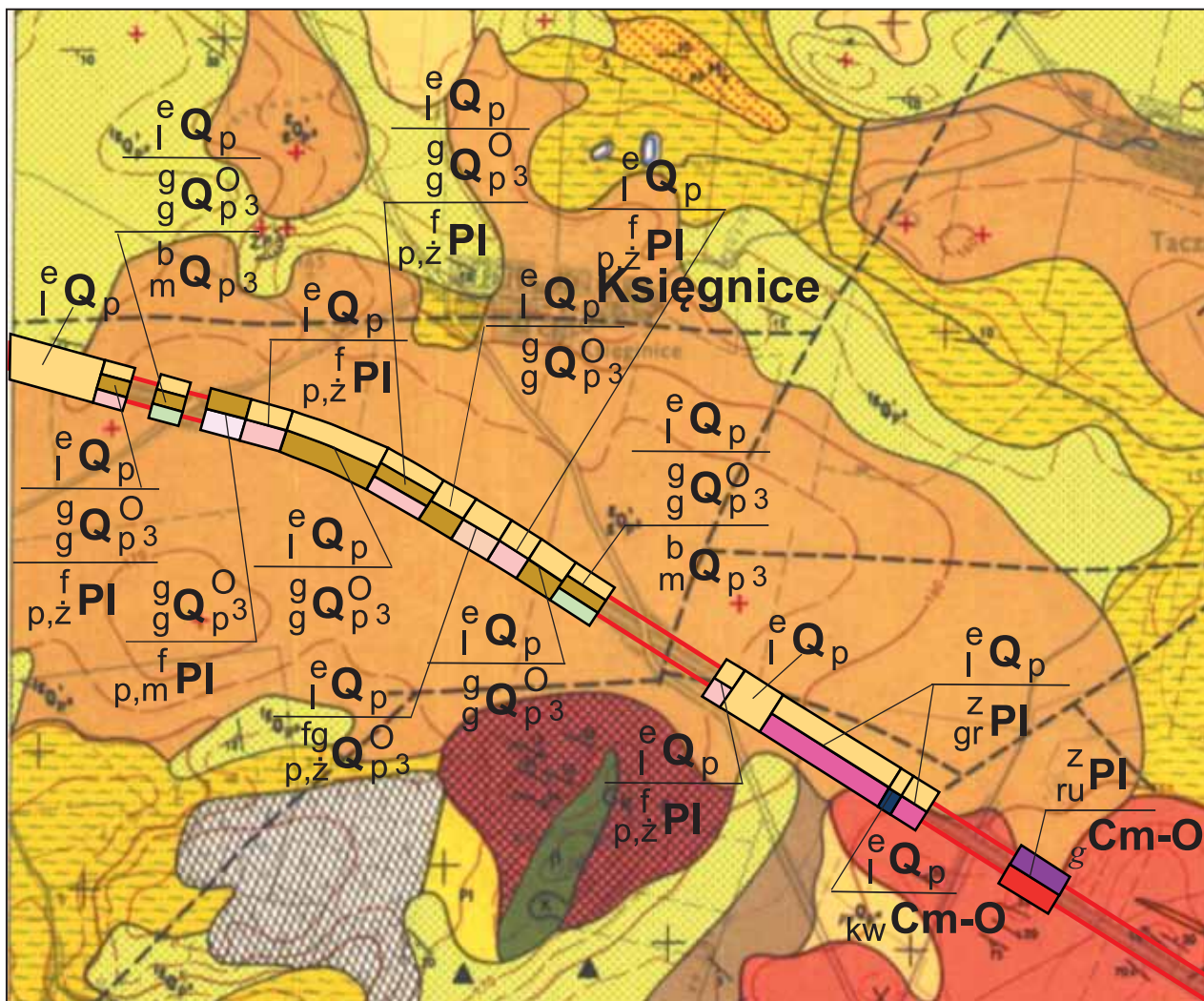
Prowadzenie prac geologicznych na terenie inwestycji liniowych zmusza kartujących geologów do uwzględnienia wielu uwarunkowań wynikających z prawa budowlanego i zasad BHP. Planowanie, przebieg i tempo prac geologicznych są uzależnione od organizacji pracy inwestorów. Podczas prowadzenia kartowania na terenach budowlanych należy przyjąć zasadę maksymalnego dostosowania się do procesu inwestycyjnego, żeby nie utrudniać działań inwestorowi i nie narażać na niebezpieczeństwo osób kartujących. Ważnym elementem organizacji prac jest uzyskanie informacji o rozpoczynającym się procesie inwestycyjnym. Informacja o terminie rozpoczęcia inwestycji nie zawsze jest precyzyjna i często ulega zmianie. Nie ułatwia to planowania wydatków podczas organizacji działań dokumentacyjnych.



- |  |   |
|--|---|
| <p><b>10'</b> <b>10</b> profilowany odcinek skarpy<br/>scarp section under study</p> <p> profilowane rowy odwodnieniowe<br/>water ditch under study</p> <p> <b>O-1</b> odsłonięcie punktowe<br/>opis wg PIG-PIB (Urbański i in., 2004)<br/>pointing outcrop<br/>according to PIG-PIB (Urbański et al., 2004)</p> <p> <b>B21</b> odsłonięcie punktowe<br/>opis wg PG Proxima (Urbański i in., 2004)<br/>pointing outcrop<br/>according to geological company<br/>PG Proxima (Urbański et al., 2004)</p> <p> <b>2 m</b> wysokość skarpy<br/>scarp height</p> | <p> <b>101</b> kilometraż na autostradzie A4<br/>chainage of the motorway A4</p> <p><b>P8-5</b> miejsce pobrania próbek<br/>do badań litopetrograficznych<br/>sampling site<br/>for lithopetrographic analyses</p> <p> lokalizacja szczegółowych<br/>profilii litostratygraficznych<br/>location of the lithostratigraphic profiles</p> <p> zasięg mapy geologicznej – fig. 3<br/>extent of the geological map on Fig. 3</p> <p>układ współrzędnych „1942”<br/>coordinate system “1942”</p> |
|--|---|

**Fig. 2.** Fragment mapy dokumentacyjnej inwestycji liniowych na autostradzie A4 w rejonie Wądroża Wielkiego

A section of a documentary map of line investments in motorway A4, Wądroże Wielkie region



litologia wykartowanej skarpy do głębokości 2 m  
*lithology of mapped scarp to a depth of 2 m*

zastosowano wydzielenia piętowe  
*stored geological units are applied*

**g Cm-O** gnejs – karbon–ordowik  
*gneiss – Carboniferous–Ordovician*

**z ru PI** rumosz, geneza zwietrzelinowa – pliocen  
*rock waste – Pliocene*

Symbole wydzieleni wg Instrukcji do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000  
*Symbols of the geological units according to Instruction to Detailed Geological Map of Poland, 1:50 000*

**Fig. 3. Mapa geologiczna skarpy wzdłuż autostrady A4 w rejonie Książnicy na podkładzie arkusza Wądroże Wielkie (761A) Szczegółowej mapy geologicznej Sudetów w skali 1:25 000**

The geological map of scarps along motorway A4 in the Książnica region (Sudetic Foreland) Wądroże Wielkie sheet (761A) Detailed map of the Sudetes, 1:25 000

Z uwagi na krótki (często kilkudniowy) okres przydatności odsłoneń do kartografii, w przypadku inwestycji gazowych, gdzie po położeniu gazociągu natychmiast dochodzi do zasypania wykopu, bardzo ważne są bezpośrednie informacje od kierowników robót przebywających na terenie inwestycji. Wymusza to dużą mobilność zespołów kartujących. W przypadku inwestycji drogowych sytuacja pod tym względem jest korzystniejsza, czas od wykonania prac ziemnych do możliwości udokumentowania odsłoneń wynosi od kilku tygodni do kilku miesięcy. Rekultywacja skarp i zasypanie wyrobisk kończy definitywnie możliwość wykonania prac kartograficznych.

## METODY PRAC GEOLOGICZNYCH

Podstawową zasadą prowadzonych prac na inwestycjach liniowych jest dokładna lokalizacja odsłoneń za pomocą odbiornika GPS, a także wszystkich charakterystycznych punktów topograficznych w ich obrębie, elementów budowy geologicznej (granic warstw, elementów tektonicznych i glacictektonicznych, zazębienia się facjalnego, wyklinowania warstw itp.) oraz miejsc pomiarów strukturalnych i punktów pobrania próbek.

Lokalizację odsłoneń w terenie ułatwiają także znajdujące się na terenie inwestycji tabliczki z kilometrażem. Pozwala to na określenie położenia tych punktów również na planach inwestycyjnych.

Przy opisach terenowych w pierwszej kolejności uwzględniano litologię, struktury i tekstury odsłaniających się skał. Następnie, o ile było to możliwe, z bezpośrednich obserwacji w terenie określano genezę skał. Na końcu opisu podawano stratygrafię odsłaniających się utworów. Określenie stratygraficznej przynależności skał wynikało z nawiązania do regionalnej budowy geologicznej, a jej sprecyzowanie następowało po przeprowadzonych badaniach laboratoryjnych pobranych próbek. Dla tych części odsłoneń, w których widoczna była duża zmienność budowy geologicznej lub były czytelne struktury sedymentacyjne, tektoniczne i glacictektoniczne, wykonywano odręczne szkice, które w połączeniu z dokumentacją fotograficzną pozwalały na opracowywanie bardziej szczegółowych profili. Nierzadko przed wykonaniem rysunków i fotografii dodatkowo odczyszczano powierzchnie dokumentowanych fragmentów odsłoneń, żeby uzyskać odpowiednią ich czytelność do interpretacji geologicznej.

Jednym z podstawowych elementów wykonywanych opracowań była bogata dokumentacja fotograficzna. Przy jednostajnej budowie geologicznej badanego odcinka fotografowano tylko te fragmenty odsłoneń, które najlepiej

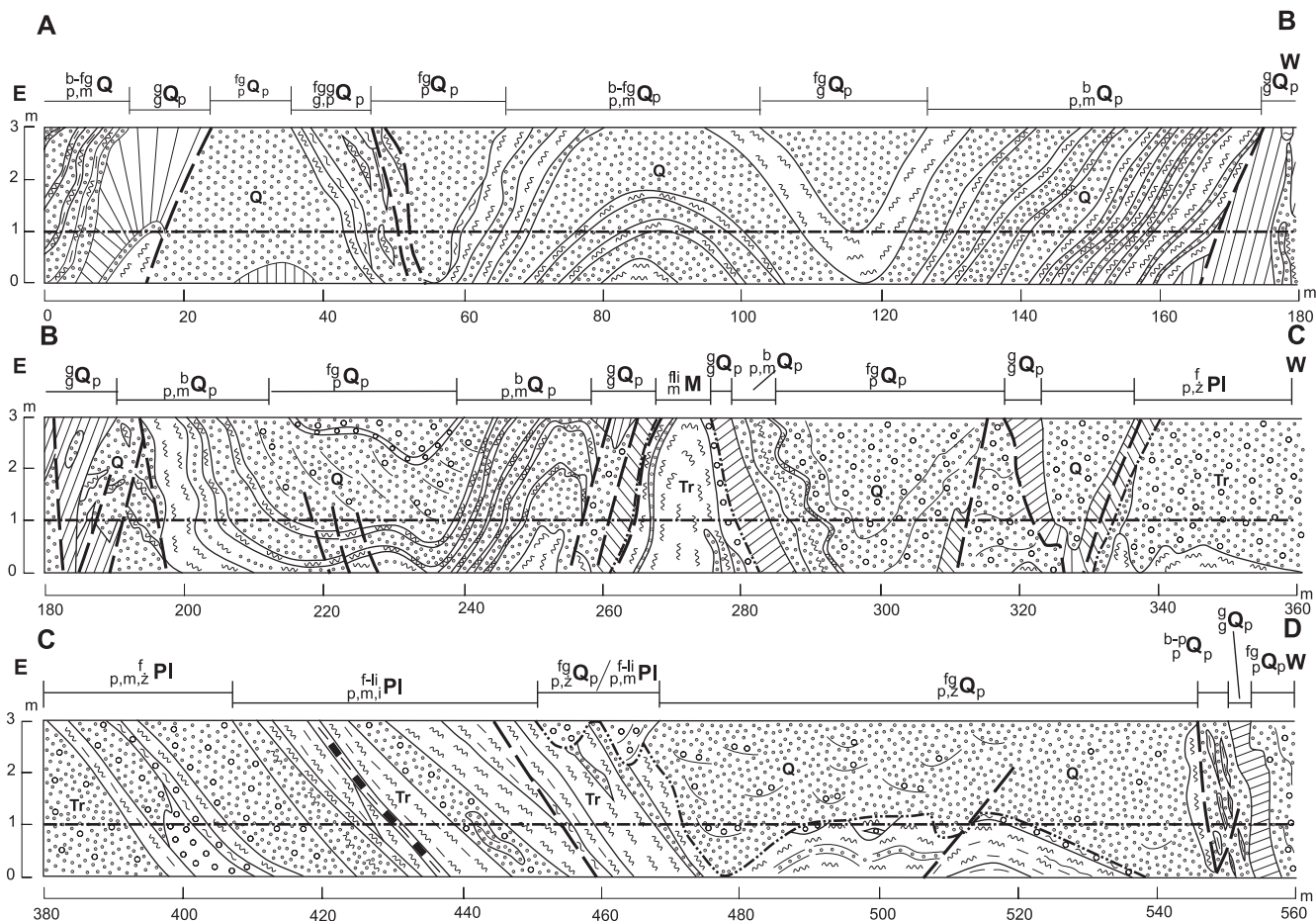
charakteryzowały osady pod względem geologicznym. Nierzadko wykonywano całe serie zdjęć pozwalające na zestawienie panoramy. W kolejnym etapie prac dokumentacyjnych można do wykonywania dokumentacji fotograficznych i filmów wykorzystać drony wyposażone w kamery. Wymaga to jednak wielu testów, tak żeby opracować odpowiednią metodykę.

W ramach prac geologicznych pobierano próbki do analiz laboratoryjnych służących ustaleniu genezy i litostratygrafii skał. Miejsce pobrania próbek zaznaczano na mapie dokumentacyjnej i na szkicu profilu odsłoneń. Wykonywano fotografię fragmentu odsłoneń, z którego pobierane były próbki. Podstawowy zakres analiz litologiczno-petrograficznych obejmował: badania składu petrograficznego, badania minerałów ciężkich, badania zawartości węglanów, badania obtoczenia i zmatowienia ziaren kwarcu oraz wykonanie i analizę płytek cienkich zwięzłych skał osadowych, magmowych i metamorficznych. Badania granulometryczne wykonywano tylko w uzasadnionych przypadkach, gdy geneza osadu była niejednoznaczna, a analizy te mogły pomóc w jej ustaleniu.

Badania składu petrograficznego frakcji żwirowej w przypadku glin zwałowych przeprowadzano w niezwięzłych partiach profili (zawierających wapienie i wyraźnie reagujących z 10% HCl).

## SKŁADOWE KOŃCOWEGO OPRAWOWANIA WYNIKÓW

Podstawowym załącznikiem graficznym były przekroje geologiczne ścian na skarpach i wkopach (fig. 4), które wykonywano z uwzględnieniem dużej liczby punktów charakterystycznych, lokalizując określone elementy geologiczne za pomocą układu współrzędnych kartograficznych lub geograficznych. Wysokość skarpy najczęściej określono za pomocą dalmierza laserowego lub wykorzystywano do tego celu plany inwestora, w których obraz skarp został narysowany za pomocą pomiarów geodezyjnych. W warunkach kameralnych, przy dodatkowym wykorzystaniu fotografii terenowych, wykonywano przekroje geologiczne w graficznych programach komputerowych, które następnie zamieszczano w końcowych dokumentacjach. Najczęściej w opracowaniach stosowano skalę poziomą 1:1000 i skalę pionową 1:100. Przewyższenie przekrojów wynosiło zatem przeważnie  $\times 10$ . Zamieszczone w opracowaniach przekroje geologiczne ścian wyrobisk w odróżnieniu od tradycyjnych przekrojów geologicznych, gdzie w różnym stopniu interpretujemy przebieg warstw skalnych między otworami wiertniczymi, przed-



Wydzielenie litostratygraficzne wykartowanej skarpy do głębokości 2 m  
 Lithostratigraphic unit of the scarp to a depth of 2 m

geneza genesis  
 wiek age  
 litologia lithology

f p, m, z PI  
 p, m, z PI  
 f PI  
 p, m, z PI

pliocen Pliocene  
 osady rzeczne fluvial sediments  
 piaski, mułki, żwiry sands, silts, gravels

Symbole wydzieleni wg Instrukcji do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000  
 Symbols of the geological units according to Instruction to Detailed Geological Map of Poland, 1:50 000

- |  |                                 |  |                              |  |  |
|--|---------------------------------|--|------------------------------|--|--|
|  | piaski<br>sands                 |  | mułki<br>silts               |  | iłły węgliste<br>carbonaceous clays  |
|  | piaski, żwiry<br>sands, gravels |  | mułki ilaste<br>clayey silts |  | żwiry zaglinione<br>loamy gravels  |
|  | żwiry<br>gravels                |  | gliny zwałowe<br>tills       |  | granica neogen/plejstocen<br>Neogene/Pleistocene boundary  |
|  |                                 |  |                              |  | uskoki<br>faults   |
|  |                                 |  |                              |  | granica miąższości osadu uwzględniana do mapy SMGP (2 m)<br>thickness boundary of sediment to a depth of 2 m for Detailed Geological Map of Poland |

Fig. 4. Przekroje geologiczne wzdłuż autostrady A4 w rejonie Wądroża Wielkiego

Geological cross-sections along the motorway A4 in the Wądroże Wielkie region

stawiają obraz bardzo zbliżony do rzeczywistej budowy geologicznej, oczywiście przy założeniu odpowiedniej czytelności odsłoneń w skarpach. Wykonanie przekrojów geologicznych ścian wyrobisk, chociaż pracochłonne, dostarcza dobry materiał wyjściowy do wartościowych analiz geologicznych. Ich najważniejszą cechą jest to, że odwzorowują one obraz rzeczywisty, a nie są wytworem koncepcji lub interpretacji autorskich na podstawie odległych od siebie punktów dokumentacyjnych.

Mapa dokumentacyjna była wykonywana w skali 1:25 000 (fig. 2). Na niej umieszczono wszystkie dokumentowane odsłonecia na inwestycjach liniowych. Zestawiono ją na podkładzie topograficznym w układzie 1942 w skali 1:50 000. Odsłonecia numerowano kolejno wzdłuż całej linii inwestycji. Mapa dokumentacyjna wykonywana była w cięciu arkuszowym analogicznym do SMGP.

Mapa geologiczna inwestycji liniowych (fig. 3) jest syntezą prowadzonych prac geologicznych. W pasie inwestycji liniowej, wzdłuż którego prowadzono obserwacje geologiczne, zaznaczono wydzielenia geologiczne ze szczegółowością dostosowaną do skali mapy. W praktyce przyjęto założenie, że najmniejsze pole zaznaczonego wydzielenia na mapie w skali 1:50 000 nie powinno mieć mniejszej szerokości niż 2 mm, co oznacza wartość 100 m w rzeczywistym terenie. Każde proponowane wydzielenie zamieszczone na mapach w opracowaniach wynikowych z inwestycji liniowych opatrzone symbolem (fig. 3) o konstrukcji zgodnej z załącznikiem 11 do *Instrukcji...* (2004).

Wykonawcy tych opracowań przyjęli, że zastosowane wydzielenia litostratygraficzne muszą być zgodnie z *Instrukcją...* (2004). Umożliwia to bezpośrednie porównanie wyników prac kartograficznych na inwestycjach liniowych z wydanymi arkuszami SMGP pod względem zgodności wydzieleni. Pozwala to na wniesienie zmian w przebiegu i liczbie wydzieleni geologicznych, które mogą w istotny sposób wzbogacić treść wydanego seryjnie arkusza SMGP.

Podstawowym elementem składowym dotychczasowych opracowań geologicznych dokumentujących badania wykonywane na inwestycjach liniowych jest komputerowa baza danych pozwalająca na cyfrowe gromadzenie wyników prac kartograficznych. Dane geologiczne pochodzące z inwestycji liniowych gromadzono dotychczas w formie tabelarycznej, zawierającej niezbędne informacje takie jak: lokalizacja opisanych odsłoneń za pomocą układu współrzędnych geograficznych, wysokość odkrywki, położenie opisywanych warstw, opis litologii, genezy, stratygrafii osadów i skał, określenie stopnia zgodności wyników badań z wydzieleniami na wydanych mapach geologicznych. W opracowaniach do 2015 r. stosowano również elementy graficzne: karty odsłoneń, w których przedstawiano lokalizację punktów na szkicach geologicznych i topograficznych, wybrane fotografie (wraz z opisem) charakteryzujące dany profil, uproszczony profil litostratygraficzny opisanych osadów oraz przekroje geologiczne wykonane na podstawie obserwacji ciągłych. Wyniki badań laboratoryjnych zamieszczano głównie

w formie wykresów. Dotyczyły one najbardziej typowych serii osadowych i skał litych.

Od 2015 r. w zarządzaniu pracami na inwestycjach liniowych pojawiły się zalecenia, żeby dane geologiczne z inwestycji liniowych, podobnie jak dane z punktów dokumentacyjnych do SMGP były przechowywane i udostępniane za pomocą tego samego programu. Zastosowano do tego celu odpowiednio zmodyfikowany program Geostar. W wyniku tego zarówno baza punktów dokumentacyjnych do SMGP, jak i dane z inwestycji liniowych są kompatybilne.

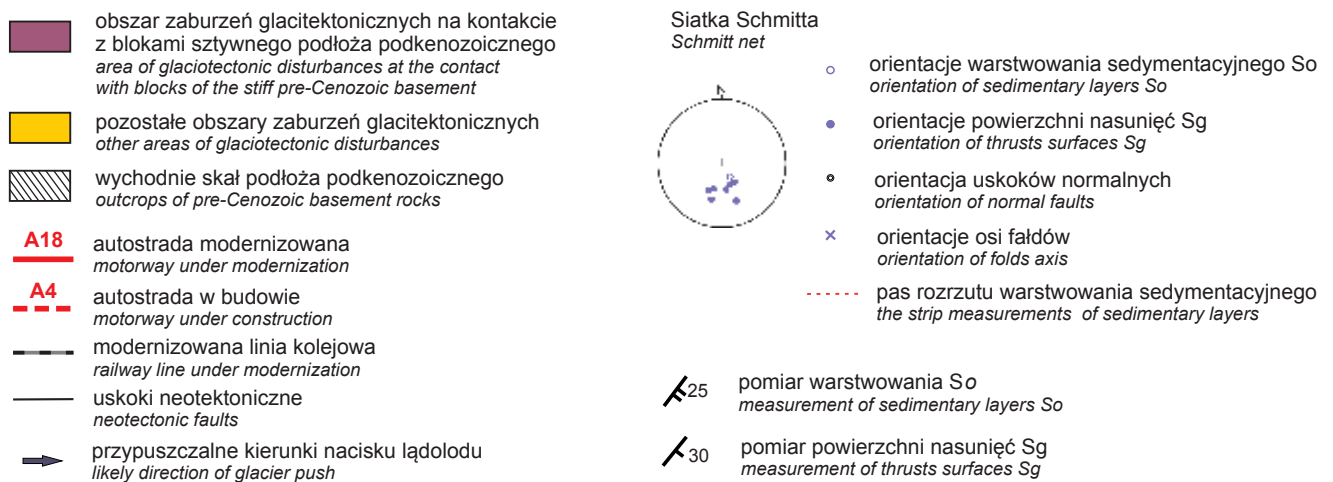
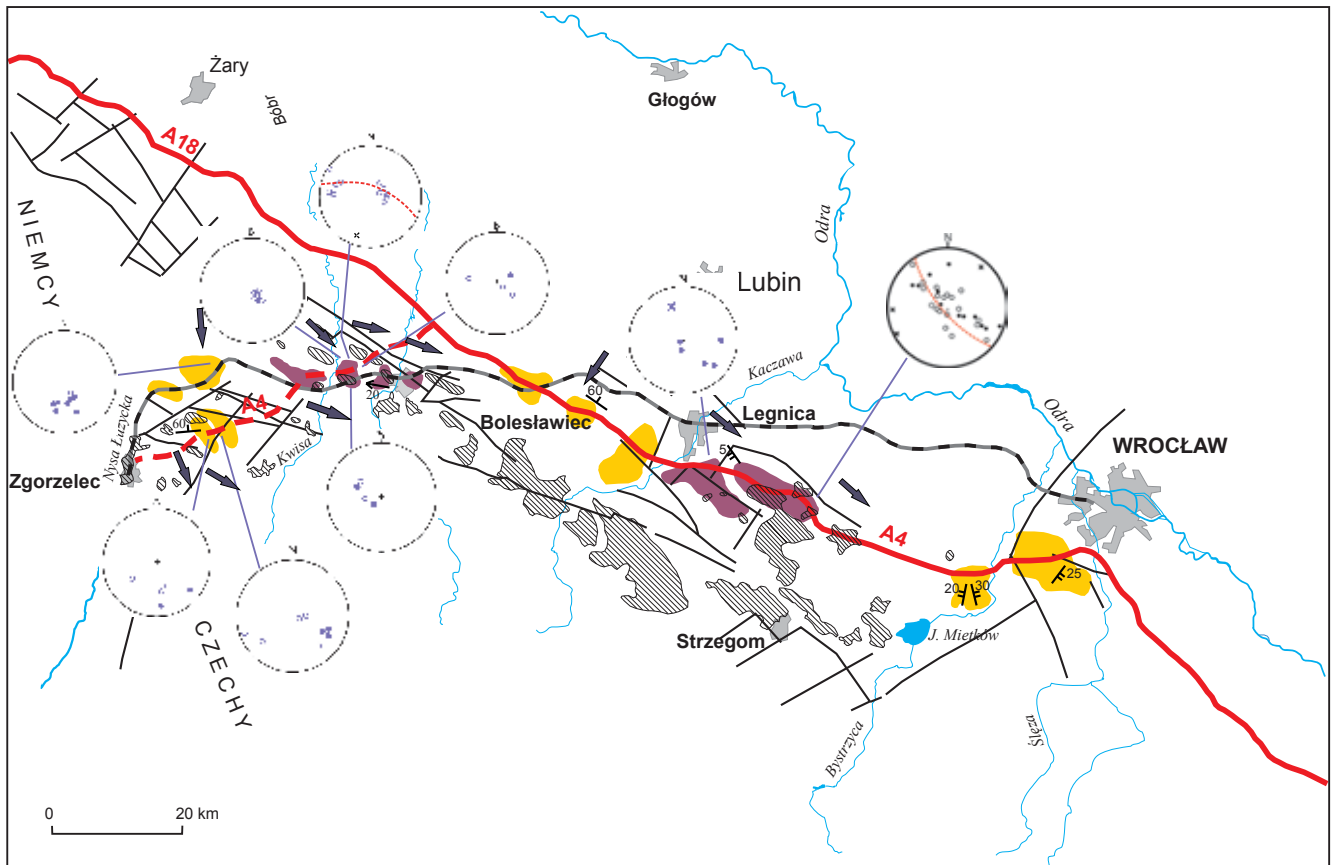
## INTERPRETACJE GEOLOGICZNE NA PODSTAWIE WYNIKÓW PRAC PROWADZONYCH NA TERENACH INWESTYCJI LINIOWYCH – PRZYKŁADY

Badania profili geologicznych wzdłuż inwestycji liniowych chociaż są głównie wykorzystywane do reambulacji SMGP mają także znaczenie dla rozwoju badań naukowych w zakresie geologii regionalnej. Poniżej przedstawiono przykłady wykorzystania wyników tych prac do poszerzenia stanu wiedzy odnośnie do kenozoiku Niżu Polskiego oraz skał obszaru przedgórza Sudetów odsłaniających się na powierzchni terenu.

### Glacitektonika przedpola Sudetów – autostrada A4 (Udanin-Zgorzelec)

Badania geologiczne wykonywane na terenie inwestycji liniowych były wykonywane przez zespół geologów z Oddziału Dolnośląskiego PIG-PIB na obszarze przedpola Sudetów w latach 2002–2009. W profilowanych skarpach obserwowano liczne deformacje glacitektoniczne, co dotychczas nie było opisywane w literaturze ani nie było przedstawiane na wydanych mapach geologicznych tego rejonu (fig. 5). Strefy zaburzeń glacitektonicznych w pewnych rejonach obserwowano na odsłoniętych skarpach niemal powszechnie. W strefach silnego litologicznego zróżnicowania osadów kenozoiku obserwowano głównie deformacje nieciągłe: nasunięcia i łuski glacitektoniczne (fig. 6, 7, 8) (Urbański, 2009). Ten typ deformacji wynikał przede wszystkim z bardzo dużej różnicy właściwości plastycznych uwodnionych iłw i mułków formacji poznańskiej oraz z zamrożonych serii piaszczystych neogenu i plejstocenu w trakcie deformacji. W monotonicznie wykształconych seriach osadowych plejstocenu występowały natomiast głównie deformacje fałdowe (fig. 9) (Urbański, 2009).

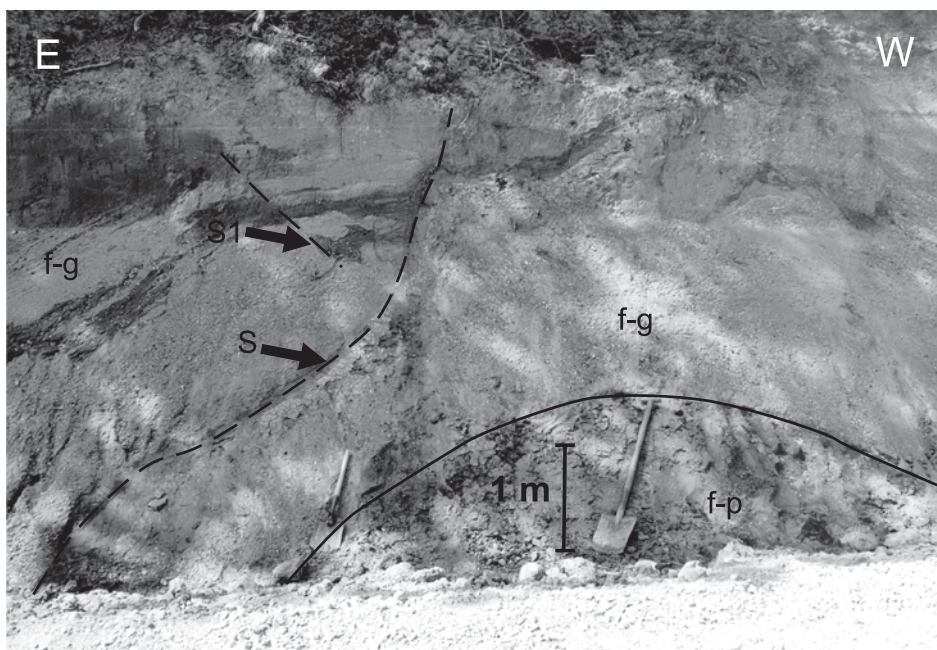
Wyniki pomiarów mezostruktur glacitektonicznych, które zebrano głównie z rejonu Wądroża Wielkiego wskazały jednoznacznie na kierunek nasuwania się łądolodu z WNW ku ESE. Na przeszkodzie łądolodu stały wydzwignięte tektonicznie bloki starszego podłoża, które pełniły rolę masy oporowej i w początkowej fazie modyfikowały kierunek przesuwania się masy lodowej. W tych miejscach często obserwowano mezostruktury glacitekto-



**Fig. 5. Strefy zaburzeń glaciotektonicznych udokumentowane na autostradach A4 i A18 (na podstawie Urbańskiego, Różańskiego, 2008)**

The zones of glacioteconic disturbances documented on motorways A4 and A18 (according to Urbański, Różański, 2008)



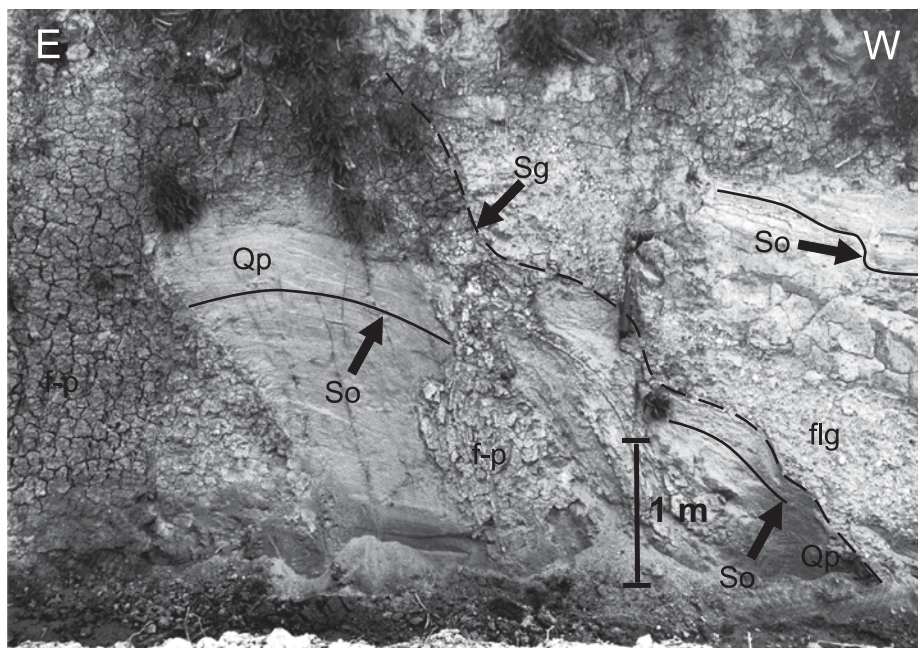


**Fig. 6. Deformacje glacitektoniczne w osadach neogenu w rejonie Wądroża Wielkiego, autostrada A4**

f-g – piaski, żwiry formacji gozdnickiej, miocen górny–pliocen; f-p – mułki, ropy formacji poznańskiej, miocen środkowy–pliocen; S – uskok listryczny; S1 – uskok wtórny

Glaciotectonic deformations in Neogene deposits – Wądroże Wielkie region, motorway A4

f-g – Gozdnicza Formation, Upper Miocene–Pliocene; f-p – Poznań Formation, Middle Miocene–Pliocene; S – listric fault; S1 – secondary fault

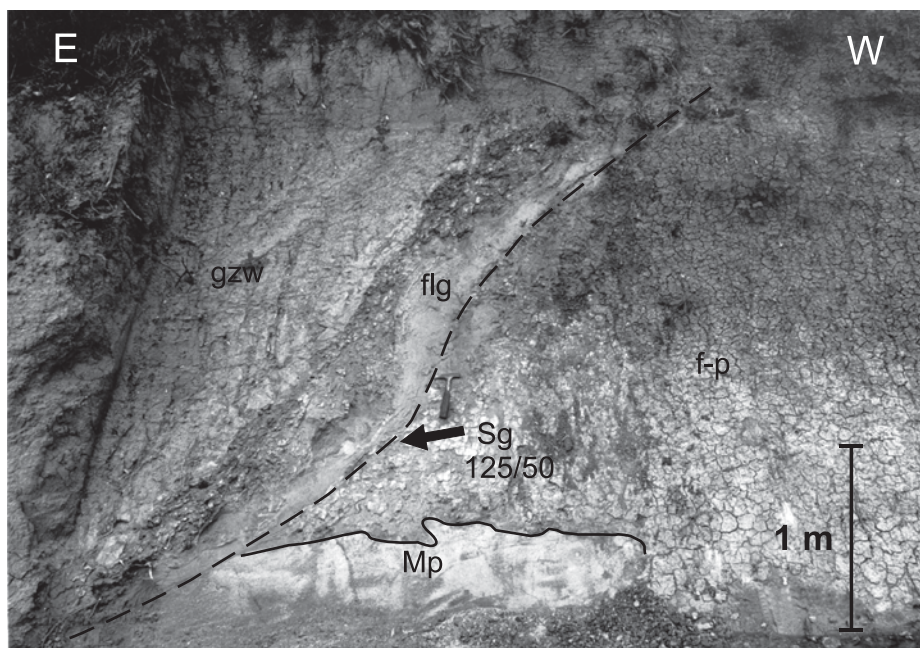


**Fig. 7. Melanż glacitektoniczny – bloki zamrożonych piasków wodnolodowcowych wtłoczonych w obręb miocenijskich mułków formacji poznańskiej**

Sg – nasunięcie; So – warstwowanie; flg – piaski, żwiry wodnolodowcowe, zlodowacenie sanu II?; Qp – piaski wodnolodowcowe jako bloki w mułkach formacji poznańskiej; f-p – mułki formacji poznańskiej, miocen środkowy–pliocen

Glaciotectonic melange – frozen blocks pressed into Miocene silts of the Poznań Formation

Sg – thrust; So – bedding; flg – fluvio-glacial sands and gravels, Sanian II?; Qp – blocks of fluvio-glacial sands in the Poznań Formation; f-p – Poznań Formation, Middle Miocene–Pliocene

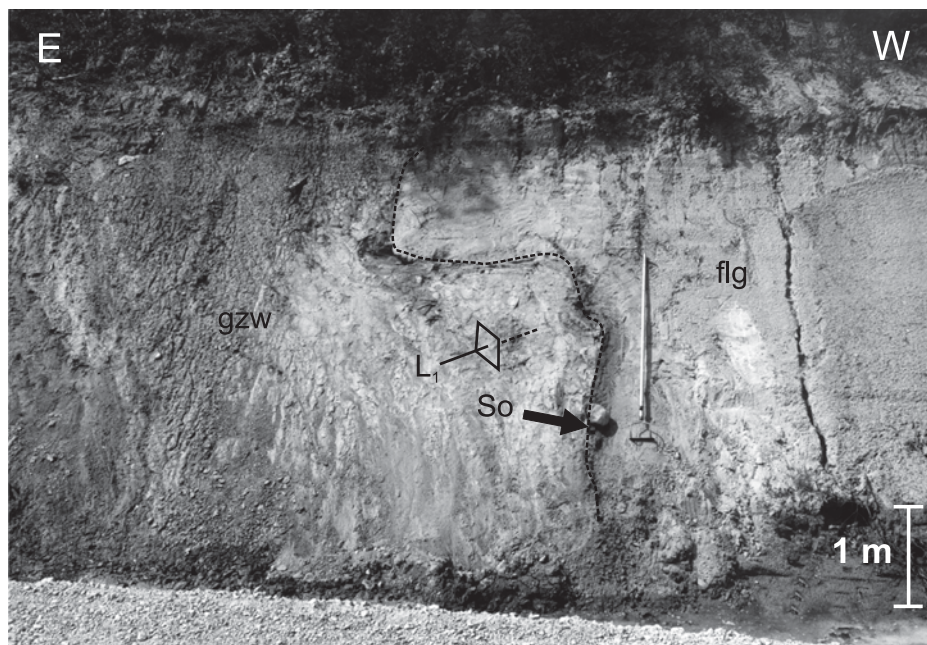


**Fig. 8. Nasunięcie glin zwałowych na mulki formacji poznańskiej, autostrada A4 Wądroże Wielkie**

Sg – nasunięcie; gzw – glina zwałowa, zlodowacenie sanu II?; flg – piaski, zwiroy wodnolodowcowe, zlodowacenie sanu II?; Mp – piaski kwarcowe, miocen; f-p – formacja poznańska, miocen środkowy–pliocen

A thrust of till onto silts of the Poznań Formation – motorway A4, Wądroże Wielkie

Sg – thrust; gzw – till, Sanian II?; flg – fluvio-glacial sands and gravels, Sanian II?; Mp – quartz sands, Miocene; f-p – Poznań Formation, Middle Miocene–Pliocene



**Fig. 9. Deformacje faldowe w obrębie utworów plejstocenijskich w rejonie Wądroża Wielkiego, autostrada A4**

So – powierzchnia sedymentacyjna; L1 – oś fałdu; gzw – glina zwałowa, zlodowacenie sanu II?; flg – osady wodnolodowcowe, zlodowacenie sanu II?

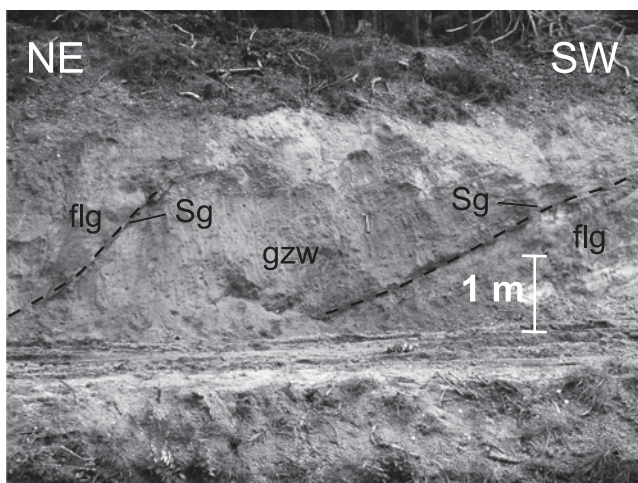
Folding deformations within Pleistocene sediments Wądroże Wielkie region, motorway A4

So – stratification surface; L1 – fold axis; gzw – till, Sanian II?; flg – fluvio-glacial sediments, Sanian II?

niczne świadczące o silnej kompresji. Reakcja sztywnych bloków tektonicznych na naciskający łądolód powodowała powstanie także nacisków o tym samym kierunku, ale przeciwnym zwrocie, co uwidaczniało się w orientacji licznych struktur o analogicznym biegu, ale zróżnicowanym kierunku upadu warstw. W rejonach, gdzie podłoże podkenozoiczne występowało na większych głębokościach, orientacja struktur glaciektonicznych wskazywała bardziej zbliżony do południkowego kierunku nacisku łądolodu.

Wiek deformacji glaciektonicznych na podstawie badań litopetrograficznych glin zwałowych odsłaniających się wzdłuż budowanych inwestycji przyjęto na okres zlodowaceń sanu I, sanu II lub fazę transgresywną zlodowacenia odry. Na seriach zaburzonych glaciektonicznie powszechnie zalegał bowiem górny, niezdeformowany poziom zwałowych osadów lodowcowych, który można już wiązać z okresem zlodowacenia odry.

W rejonie Węglińca obserwacje odsłoniętych skarp z widocznymi nasunięciami i łuskami glaciektonicznymi pozwoliły na wyznaczenie ciągów moren spiętrzonych (fig. 10). Wzgórza te wcześniej opisywane były jako kemy świadczące o deglacjacji arealnej. Wzdłuż linii kolejowej na obrzeżu depresji północnosudeckiej w rejonie Bolesławca obserwowano ponadto kilkudziesięciometrowe pakiety łusek glaciektonicznych zbudowanych z osadów kredy górnej, występujące między osadami neogenu i plejstocenu, co świadczy o oddziaływaniu łądolodu na wyniesione jednostki blokowe zbudowane z utworów kredy górnej (fig. 11, 12).



**Fig. 10.** Pakiet gliny zwałowej nasunięty na utwory wodnolodowcowe, linia kolejowa, rejon Węglińca

gzw – glina zwałowa, zlodowacenie odry; flg – osady wodnolodowcowe, zlodowacenie odry

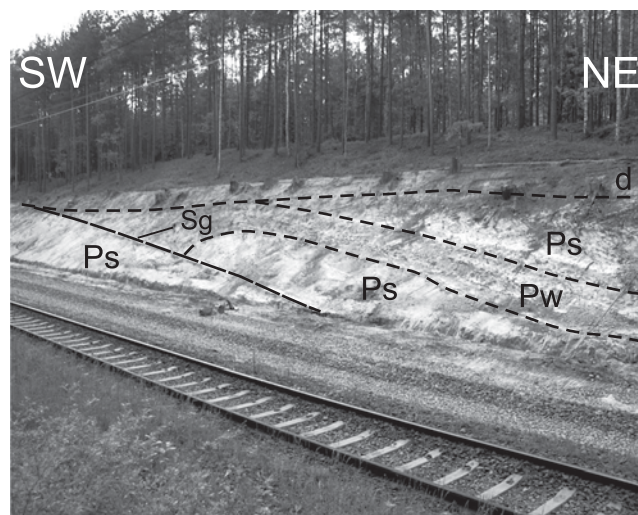
A till block thrust onto fluvioglacial deposits,  
railway line Węglińiec region

gzw – till, Odranian glaciation; flg – fluvioglacial sediments, Odranian glaciation

### Skład mineralny i petrograficzny osadów neogenu i plejstocenu Przedgórze Sudeckiego – autostrada A4 (rejon Chojnowa)

W latach 2005–2009 były prowadzone prace geologiczne na zachodnim odcinku autostrady A4, między Krzyżową a Zgorzelcem, przez pracowników Oddziału Dolnośląskiego PIG-PIB. Badany odcinek autostrady przebiegał przez Równinę Chojnowską, która jest zdenudowaną równiną morenową, pokrytą rzeczna serią stożków napływowych i fragmentarycznie odsłaniającymi się utworami wodnolodowcowymi (fig. 1).

Wysokość powierzchni terenu na omawianym obszarze waha się od 316 m n.p.m. w obrębie płaskich wzniesień do 180 m n.p.m. w obniżeniach morfologicznych i dolinach rzecznych. Wzniesienia terenu są zbudowane ze skał podłoża podkenozoicznego wydźwigniętych w formie horstów, w efekcie tektoniki oligoceńskiej i miocenińskiej (Oberc, 1972). W rejonie Bolesławca, Czerwonej Wody i Przesieczan są to twory kredy górnej, w okolicy Żarskiej Wsi odsłaniają się piaskowce triasowe, a w rejonie Jędrzychowic – twory karbonu dolnego. Skały neogenu występują w postaci pokryw zwietrzelinowych lub jako osady jeziorne i rzeczne formacji poznańskiej i gozdnickiej. Utwory rzeczne neogenu we frakcji minerałów ciężkich, charakteryzują się w omawianym rejonie bardzo wysoką zawartością cyrkonu, andalazytu i rutylu. Najwyższe skoncentrowanie tych minerałów występuje w osadach leżących w rejonie Węglińca w pobliżu doliny Kwisy. Zawartość cyrkonu waha się tam od 20 do 40%, andalazytu od 15 do 29% i rutylu do 10%,

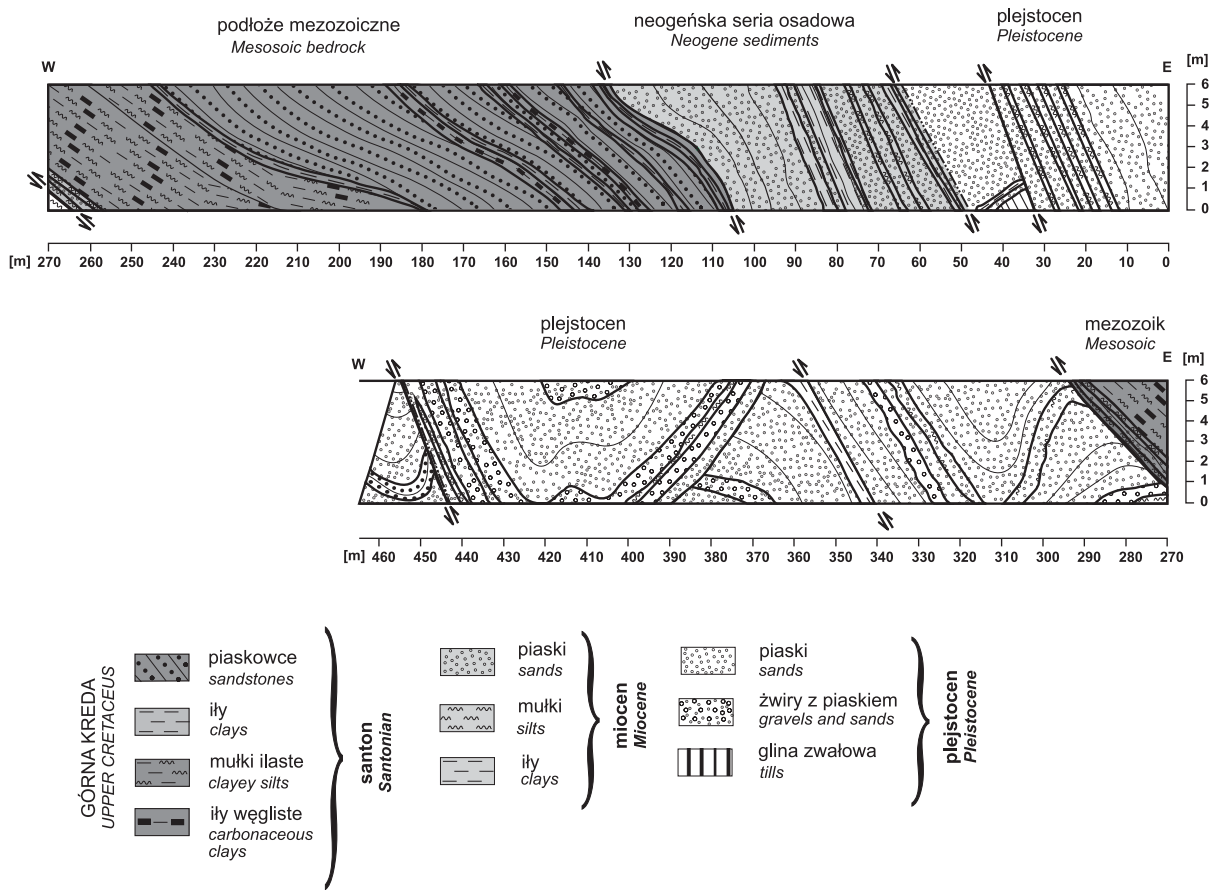


**Fig. 11.** Nasunięcia glaciektoniczne w obrębie utworów kredy górnej, linia kolejowa, Wykroty, depresja północnosudecka

Sg – nasunięcie; Ps – piaskowce; Pw – pokład węgla; d – utwory deluwialne

Glaciectonic thrusts within Upper Cretaceous sediments,  
railway line, Wykroty, North-Sudetic Depression

Sg – thrust; Ps – sandstones; Pw – coal seam; d – deluvial sediments



**Fig. 12. Deformacje glaciotecloniczne w utworach kredy, neogenu i plejstocenu depresji północnosudeckiej obserwowane wzdłuż modernizowanej linii kolejowej w rejonie Bolesławca (Wykroty)**

Glacioteclonic deformations in Cretaceous, Neogene and Pleistocene deposits of the North Sudetic Depression observed along a railway trail under modernization, Bolesławec region

przy zawartości amfibolu od 10 do 30% i na ogół małym udziale granatu (5–15%) (Urbański i in., 2004). Są to twory związane ze stożkiem pra-Kwisy. Seria ta wykazuje podobieństwo do wydzielonej przez Krzyszkowskiego (2001) formacji ze Snowidzy, z rejonu Wzgórz Strzegomskich. Podany wyżej skład mineralogiczny wskazuje na dostawę materiału osadowego z metamorfiku izerskiego. Skalami źródłowymi cyrkonu były prawdopodobnie gnejsy izerskie, andaluzytu – łupki łyszczkowe szczególnie ze stref shornfelsowania, a obecność rutylu w osadzie mogła być związana z przepływem wód rzecznych przez wychodnie skał podłoża – amfibolitów, diabazów i zieleńców.

Plejstocen w tym rejonie jest reprezentowany przez twory glacialne, fluwioglacialne i limnoglacialne należące do zlodowaceń południowopolskich, które na badanym obszarze najczęściej są zaburzone glacioteclonicznie oraz zalegające na nich horyzontalnie środkowopolskie twory glacialne, wodnolodowcowe i rzeczne. Szeroko rozprzestrzenione pokrywy

osadów rzecznych występujące pod gliną zwałową z okresu zlodowacenia odry (Urbański, 1999) mogą być korelowane z utworami wiązanyimi na obszarze Brandenburgii i Saksonii (Eissmann, 1994) z okresem tzw. Frühsaale, czyli wczesnym okresie zlodowaceń środkowopolskich, tworzące się jeszcze przed nasunięciem lądolodu na badany obszar. Utwory zakwalifikowano do środowiska rzecznoego na podstawie cech granulometrycznych oraz składu mineralnego, co wskazuje na dostawę materiału z kierunku południowego, głównie z metamorfiku kaczawskiego i izerskiego oraz z obszaru niecki północnosudeckiej. W ich obrębie stwierdzono występowanie podwyższonej zawartości cyrkonu, andaluzytu i rutylu, ale w mniejszej ilości niż w opisanych wyżej utworach neogenu. We frakcji zwirowej udział materiału skandynawskiego jest bardzo niewielki, na ogół występuje w ilości ok. 1%.

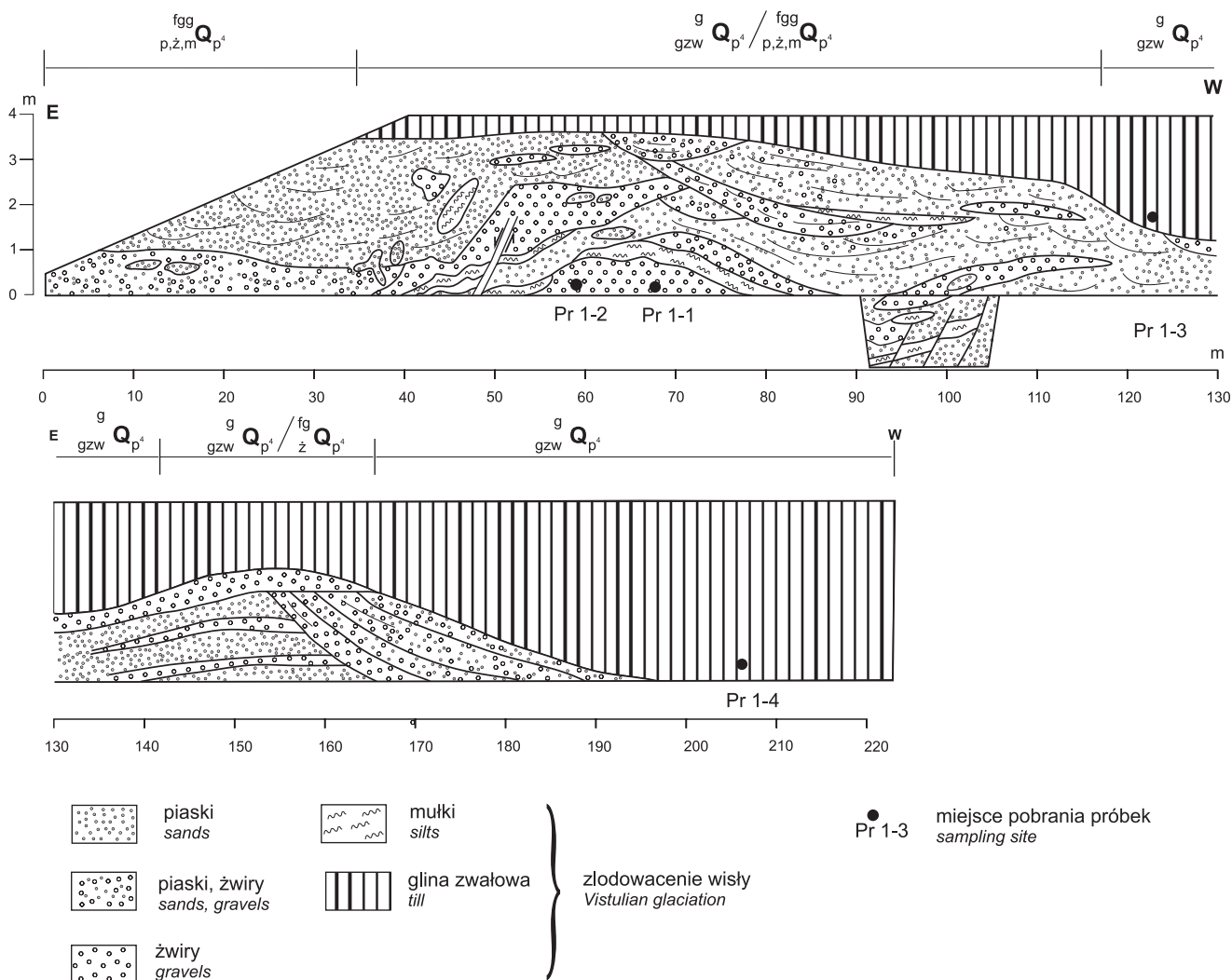
Najmłodszymi utworami są osady lessowe i deluwialne występujące w formie niewielkiej miąższości pokryw oraz osady rzeczne w dolinach Bobru i Kwisy.

**Strefa marginalna fazy poznańskiej – autostrada A2 (Nowy Tomyśl–Rzepin)**

Pracownicy PIG-PIB prowadzili w latach 2009–2011 badania geologiczne na autostradzie A2 między Nowym Tomyślem a Rzepinem. Na omawianym obszarze obserwowano formy akumulacji lodowcowej, szczelinowej i sandrowej związane z fazą poznańską zlodowacenia wisły. Prowadzone w trakcie inwestycji drogowych prace ziemne dały możliwość uzyskania wielu interesujących danych geologicznych i pozwoliły na weryfikację dotychczasowych prac kartograficznych. Skarpy i głębokie wykopy o długości od kilkuset metrów do kilku kilometrów pozwoliły na dobre rozpoznanie budowy geologicznej utworów kenozoicznych.

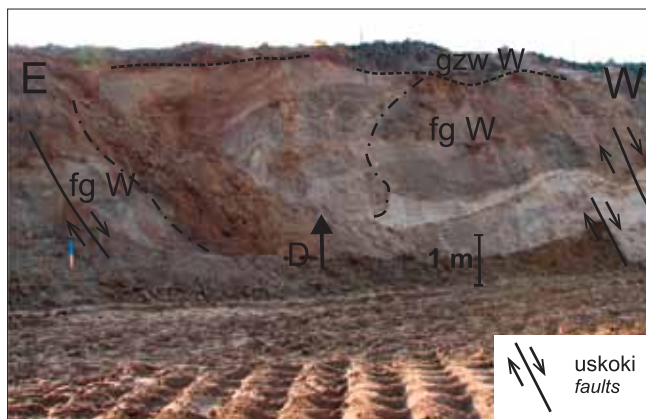
Oprócz tradycyjnych prac geologicznych stosowano dodatkowo analizę geomorfologiczną na podstawie numerycznego modelu terenu powstałego w wyniku dygitalizacji map topograficznych w skalach 1:10 000. W rejonie Nowego Tomyśla na zapleczu moren czołowych stwierdzono wystę-

powanie kemów (fig. 13, 14). Do zbiornika zastoiskowego znajdującego się blisko krawędzi łądolodu spływały osady lodowcowe, częściowo w formie zamrożonych bloków, co doprowadzało do deformacji grawitacyjnych akumulowanych osadów. Między Nowym Tomyślem a Trzciem wykartowano rozległe stożki sandrowe tworzące się generalnie w warunkach niskiej energii przepływu. Płaski równinny obszar jest poprzecinany dolinami o genezie rynnowej. Po etapie zasypania sandrowego i zakonserwowania martwym lodem, rynny subglacjalne z okresu zlodowacenia wisły zostały wypreparowane i zmodyfikowane w wyniku późniejszej erozji. W rejonie Trzciela wykartowano rozległe wysoczyzny morenowe. W trakcie prac geologicznych stwierdzono, że cienka warstwa gliny z okresu zlodowacenia wisły leży horyzontalnie na zdeformowanych glaciektonicznie osadach piaszczysto-mułkowych z okresu zlodowaceń środkowopolskich. W rejonie Torzymia rozpoznano szereg kemów. Obserwacja profili pozwoliła na wyznaczenie części brzeżnych zbiorników, gdzie w wyniku topnienia



**Fig. 13. Przekrój przez kem w rejonie Nowego Tomyśla, autostrada A2**

A kame in the Nowy Tomyśl region, motorway A2



**Fig. 14. Kem w rejonie Nowego Tomyśla, autostrada A2 – deformacje tworzące się w nawodnionym osadzie**

D – deformacje osadu w stanie upłynnionym; gzw W – pokrywa gliny zwałowej z okresu zlodowacenia wisły; fg W – utwory wodnolodowcowe – zlodowacenie wisły

A kame in the Nowy Tomyśl region, motorway A2 – deformation in wetting sediment

D – deformations of deposits in the liquefied state; gzw W – till cover, Vistulian glaciation; fg W – fluvio-glacial deposits, Vistulian glaciation

lodu dochodziło do osuwania się osadzonego materiału oraz części centralnych w niewielkim tylko stopniu zdeformowanych. W strefach deformowanych osady uległy przemieszczeniu wzdłuż sieci uskoków normalnych, są też miejsca, gdzie deformacje miały charakter plastyczny i odbywały się w stanie upłynnionym osadu.

Na wykonanych mapach geologicznych (arkusze SMGP: Nowy Tomyśl (504), Zbąszyń (503), Świebodzin (502), Toporów (501)) kemy często były interpretowane jako moreny czołowe, ponieważ na ogół podczas ich kartowania opierano się jedynie na informacjach uzyskanych z wierceń i niewielkich punktowych odsłoneń. Dzięki wykorzystaniu nowych danych z ciągłych, dobrze odsłoniętych profili geologicznych możliwa była właściwa interpretacja genetyczna osadów.

#### Badania wzdłuż gazociągu Opal – Brandenburgia

Ważnym przykładem wykorzystania prac kartograficznych na obszarze wschodnich Niemiec są badania odsłoneń powstających wzdłuż budowanego gazociągu Opal przez służbę geologiczną Brandenburgii. Dzięki dużemu zaangażowaniu całego zespołu geologów szczegółowo wykartowano całą linię magistrali gazowej we wschodniej części Meklenburgii, Brandenburgii i Saksonii (Börner., Müller, 2012; Juschus, 2012), uzyskując pełny kilkusetkilometrowy przekrój przypowierzchniowych osadów niżowej części Niemiec. Prace wykonywano z dużą szczegółowością. Zebrano bogatą dokumentację panoramicznych fotografii, co pozwoliło na reinterpretację dotychczasowych koncepcji dynamiki lądolodu i zmienności warunków sedymentacji w czasie zlodowacenia wisły.

## WNIOSKI

Kartowanie geologiczne wzdłuż inwestycji liniowych jest ważną dziedziną kartografii geologicznej. W związku z intensywnym rozwojem inwestycji infrastrukturalnych uzyskuje się niepowtarzalną okazję zdobycia nowych danych, które są niedostępne podczas stosowania standardowych prac geologicznych przy opracowaniu kolejnych arkuszy SMGP opierających się głównie na punktowych źródłach informacji (sondy, otwory, niewielkie wyrobiska).

SMGP powinna być produktem, który ulega stałej weryfikacji w miarę napływu nowych danych geologicznych. W związku z tym jej uaktualnianie jest procesem ciągłym. Stały napływ nowych danych w wyniku prowadzenia prac kartograficznych na inwestycjach liniowych będzie zatem głównym źródłem informacji niezbędnych do reambulacji tej mapy.

Przykłady zamieszczone w niniejszej pracy pokazują, że można uzyskiwać wartościowe, szczegółowe dane z długich profili geologicznych bez angażowania znacznych środków finansowych na prace ziemne i bez przechodzenia skomplikowanych procedur związanych z uzyskiwaniem zezwoleń, korzystając ze współpracy z wykonawcami inwestycji liniowych. Konieczność uzyskiwania zgody właścicieli na kosztowne prace ziemne jest w praktyce czynnikiem bardzo utrudniającym wykonywanie długich wkopów badawczych wykorzystywanych do rozwiązania różnych problemów geologicznych w czasie realizacji tematów kartograficznych. W związku z powyższym zdaniem autora wydaje się celowe, żeby kartowanie na inwestycjach liniowych było traktowane jako jeden z priorytetów działalności polskiej służby geologicznej.

## LITERATURA

- BADURA J., CISZEK D., KOTOWSKI A., PRZYBYLSKI B., RATAJCZAK U., STEFANIAK K., URBAŃSKI K., 2017 – Szczątki nosorożca (*Stephanorhinus* sp.) oraz daniela (*Dama dama*) odkryte w osadach kopalnego jeziora eemskiego na Równinie Gorzowskiej. *Prz. Geol.*, **65**, 1: 219–226.
- BÖRNER A., MÜLLER U., 2012 – Lithologie und Lithostratigraphie von oberflächennahen Tillhorizonten der OPAL-Trasse in Mecklenburg-Vorpommern. *Brandenburg. Geowiss. Beitr.*, **19**, 1: 3–18.
- EISSMANN L., 1994 – Grunzüge der Quartärgeologie Mitteldeutschlands (Sachsen, Sachsen-Anhalt, Südbrandenburg, Thüringen). *Altenburger Naturwissenschaftliche Forschungen*, **7**: 55–135.
- INSTRUKCJA opracowania i wydania Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000, 2004 – Państw. Inst. Geol.–PIB, Warszawa.
- JUSCHUS O., 2012 – Stauwassersedimente im brandenburgischen Abschnitt der Erdgasfernleitung OPAL südlich der Pommerschen Eisrandlage. *Brandenburg. Geowiss. Beitr.*, **19**, 1: 19–27.
- KOWALSKA A., URBAŃSKI K., 2005a – Wyniki badań geologicznych prowadzonych na autostradzie A-4 między Udaniem a Legnicą. *W: Przewodnik do ćwiczeń terenowych: Speleofika plejstoceńskiej sedymentacji gór i przedgórza: 7–10. Terenowe Warsztaty Sedymentologiczne, Sudety.*

- KOWALSKA A., URBAŃSKI K., 2005b – Zmienność warunków sedimentacji fluwialnych serii klastycznych w rejonie Bielan Średzkich. *W: Przewodnik do ćwiczeń terenowych: Specyfika plejstoceńskiej sedimentacji gór i przedgórze: 11–27. Terenowe Warsztaty Sedymentologiczne, Sudety.*
- KRZYSZKOWSKI D., 2001 – Neogene and Pleistocene stratigraphy and palaeogeography of the northern foreland of the Strzegom Hills, Sudetic Foreland, Southwestern Poland. *Late Cainozoic Stratigraphy and Palaeogeography of Sudetic Foreland: 25–49. Wydaw. Wind.*
- OBERC J., 1972 – Budowa geologiczna Polski. T. 4. Tektonika, cz. 2. Sudety i obszary przyległe. Wydaw. Geol., Warszawa.
- URBAŃSKI K., 1999 – Tunnel valleys and alluvial fans in the western Sudetic Foreland (southwestern Poland): the lithostratigraphy of Quaternary deposits. *Geol. Sudet., 32, 2.*
- URBAŃSKI K., 2009 – Deformacje glaciektoniczne na przedpolu Sudetów w obrębie blokowych jednostek tektonicznych rejonu Wądroża Wielkiego. *Pr. PIG, 194: 63–74.*
- URBAŃSKI K., 2010 – Deformacje glaciektoniczne na przedpolu Sudetów – wyniki badań geologicznych prowadzonych na inwestycjach liniowych. *Zesz. Nauk. Univ. Ziel., 139, Inż. Środ., 19: 105–118.*
- URBAŃSKI K., KOWALSKA A., HORBOWY K., PRZYBYLSKI B., BADURA J., CWOJDZIŃSKI S., 2004 – Kartograficzne prace pilotażowe wzdłuż budowy autostrady A4 między Legnicą a Wrocławiem. *Prz. Geol., 52, 5: 393.*
- URBAŃSKI K., RÓŻAŃSKI P., 2008 – Zaburzenia glaciektoniczne na przedpolu Sudetów w strefach aktywnych neotektonicznie – wyniki badań geologicznych na inwestycjach liniowych. *W: Abstrakty: 124. I Polski Kongres Geologiczny. PTG, Kraków.*
- URBAŃSKI K., RÓŻAŃSKI P., HORBOWY K., 2016 – Kartowanie odsłoneń wzdłuż inwestycji liniowych (drog i gazociągów) ważnym źródłem nowych danych uaktualniających Szczegółową Mapę Geologiczną Polski 1:50 000. *W: 3 Polski Kongres Geologiczny pt: „Wyzwania Polskiej Geologii”: 411–412. PTG, Wrocław.*

### SUMMARY

The geological researches on linear investments have been conducted by the Polish Geological Institute – National Research Institute since 2003. They aim at documenting the geological sections associated with linear investments, which were outcropped as a result of field works. These researches are closely related to the verification of the *Detailed Geological Map of Poland, 1:50 000*. A number of interesting data has been obtained during the works. They are very important for recognizing the surface geological features, much more than the pointing information obtained from shallow drill holes, because we have clear long profiles (ranging from hundred metres to a few kilometres). Thanks to

that, we get a good tool for lithology qualification and their mutual relations, and we have a solid basis to determine their origins. We have the possibility to make a whole series of tectonic, glaciectonic and sedimentary measurements and sampling for lithostratigraphic and stratigraphic researches.

The use of outcrops on linear investments to geological mapping is limited in time. This requires proper organization of work and quick response to linear investment startup information.

In author's opinion obtaining of the new geological data in an investment area should be the main task of the Geological Survey.