

Struktura i lokalizacja brzegu platformy wschodnioeuropejskiej w Europie Środkowej

Władysław Pożaryski*, Jerzy Nawrocki*

Analiza zdjęć magnetycznych, wyników głębokich sondowań sejsmicznych i elektromagnetycznych oraz profili głębokich otworów wiertniczych, prowadzi do wniosku, że na obszarze Polski krawędź platformy wschodnioeuropejskiej znajduje się kilkadziesiąt kilometrów na SW od czoła nasunięć kaledońskich. Obszar zawierający zdeformowane utwory starszego paleozoiku, nasunięte na obniżony cokół platformy wschodnioeuropejskiej, został zdefiniowany tutaj jako strefa Koszalin–Chojnice–Toruń–Radom. Obraz brzegu platformy wschodnioeuropejskiej w Polsce nie różni się zatem od obrazu zdefiniowanego w północno-wschodniej części Niemiec (okolice Rugii), gdzie również doszło do silnego nasunięcia warstw dolnopaleozoicznych na krystaliczne podłoże starej platformy.

Słowa kluczowe: Polska, krawędź platformy wschodnioeuropejskiej, nasunięcia kaledońskie

Władysław Pożaryski & Jerzy Nawrocki — **Structure and the setting of the East European Platform margin in Central Europe.** Prz. Geol., 48: 703–706.

Summary. Studies of drill cores, the magnetic anomaly map as well as the results of seismic and electromagnetic experiments lead to conclusion that in Poland the East European Platform border is shifted several tens of kilometres to SW from the front of Caledonian overthrusts. The area of deformed old Paleozoic rocks thrust over the East European Platform crystalline basement has been defined here as the Koszalin–Chojnice–Toruń–Radom tectonic zone. The structure of East European Platform margin in Poland seems to be the same as observed in NE Germany (Rügen area), where the old Paleozoic rocks were also thrust over the crystalline basement.

Key words: Poland, East European Platform edge, Caledonian overthrusts

Strefa szwu transeuropejskiego, która oddziela zbiór fanerozoicznych terranów od prekambryjskiego kratonu wschodnioeuropejskiego (Brochwicz-Lewiński i in., 1981; Pożaryski, 1990; Berthelsen, 1993; Franke, 1995), to jedna z najlepiej zaznaczających się nieciągłości geologicznych w Europie (ryc. 1a). Stanowi ona granicę między prekambryjską litosferą, charakteryzującą się grubą (~45 km) skorupą oraz niskim strumieniem ciepłym, a paleozoicznymi pasmami orogenicznymi o cieńszej skorupie (~30 km) i wyższym strumieniu ciepłym (Pharaoh, 1996; Guterch i in., 1986, 1994). Północno-zachodnia część strefy szwu transeuropejskiego uważana jest za kaledońską strefę kolizyjną, w obrębie której doszło do silnego nasunięcia warstw dolnopaleozoicznych na krystaliczne podłoże Baltiki (Katzung i in., 1993; Giese i in., 1994; Dallmeyer i in., 1999).

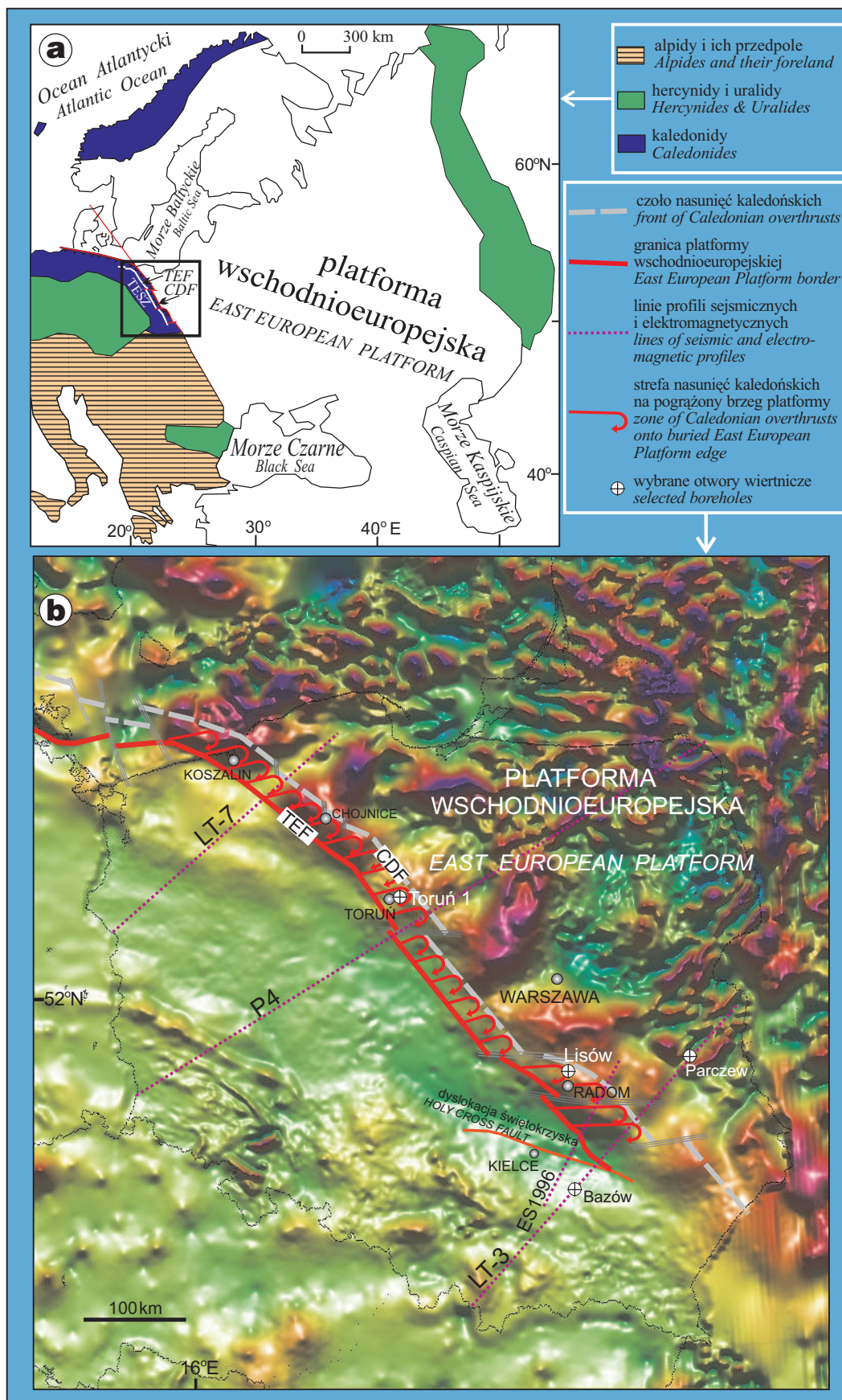
Polską część strefy krawędziowej platformy prekambryjskiej najdokładniej przedstawiono w skali 1 : 1000 000 w publikacji kartograficznej Pożaryskiego i Karnkowskiego (1992) oraz tekstowej Pożaryskiego i in. (1992). Głównymi kryteriami wyznaczenia jej przebiegu i struktury były profile głębokich wierceń i wyniki badań geofizycznych metodą płytkiej sejsmiki refrakcyjnej i refleksyjnej. Za granicę platformy uznano zasięg regularnego przebiegu granic refrakcyjnych, które cechowały się prędkościami większymi od 6000 m/s i odpowiadały powierzchni krystalicznego podłoża. Już wtedy ujawnił się jednak problem związku przestrzennego granicy platformy i brzeżnych anomalii magnetycznych. Tak zdefiniowana granica anomalie te w wielu miejscach przecinała (ryc. 1b). Anomalie były związane z oddziaływaniem podłoża krystalicznego platformy prekambryjskiej, a ich południowo-zachodnia granica winna wyznaczać minimalny zasięg platformy wschodnioeuropejskiej. Tymczasem obszar fałdowań kaledońskich nie tylko miejscami wkracza na sil-

ne anomalie magnetyczne ale między Koszalinem i Chojnicami przebiegał po ich wewnątrzplatformowej stronie, co widać już było w pracy Pożaryskiego (1987, fig. 111). W tym miejscu należy podkreślić, że w strefie Koszalin–Chojnice granicę kaledonidów i platformy wyznaczono w oparciu o gęstą sieć wierceń i profili refrakcyjnych (zob. Pożaryski, 1987). Niezgodność z obrazem anomalii magnetycznych nabierała więc zasadniczego znaczenia.

Głębokie badania sejsmiczne prowadzone na profilu LT-7 (Guterch i in., 1994) oraz na profilu P4 w projekcie Polonaise'97 (Guterch i in., 1999) dostarczyły nowych danych analitycznych o zasadniczym znaczeniu w celu rozpoznania obrazu szwu transeuropejskiego (TESZ) w północno-zachodniej Polsce. Profil LT-7 przebiegający od Kostrzyna położonego przy ujściu Warty do Odry (ryc. 1b, 2a) do Lęborka na Pomorzu przedstawia nieciągłości sejsmiczne do głęb. ok. 60 km. Powierzchnia Moho jest położona tutaj na głęb. od 30 do 42 km. Bardzo wyraźnie wyodrębniają się dwa wielowarstwowe bloki skorupy ziemskiej o prędkościach większych od 5700 m/s — jeden odpowiadający krystalicznemu podłożu platformy prekambryjskiej i drugi (na zachód od Kostrzyna) związany z blokiem krystalicznego podłoża w obrębie orogenu waryscyjskiego. Południowo-zachodni kraniec pierwszego bloku, podobnie jak linia skraju pozytywnej anomalii magnetycznych, przesunięty jest o ok. 50 km na SW od linii wyznaczającej zasięg fałdowań kaledońskich. Wcześniej linię tę uznawano za zbieżną z krawędzią platformy. Wyjaśniona została więc pozorna niezgodność położenia skraju obszaru silnych anomalii magnetycznych i zasięgu kaledonidów. Fałdy tego orogenu wkraczają na obszar cokołu krystalicznego platformy prekambryjskiej na odległość co najmniej kilkudziesięciu kilometrów (zob. też Dadlez, 1997).

Środkowa część profilu LT-7 ujawnia inny zapis sejsmiczny niż części brzeżne. Zapis ten mógłby być obrazem pograżonego i silnie przerobionego kratonu wschodnioeuropejskiego (Dadlez, 1997). Przy takiej interpretacji kra-

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



wędz platformy wschodnioeuropejskiej znajdowałyby się jeszcze dalej na SW. Dostępne dane geofizyczne nie upoważniają jednak do akceptacji takiego rozwiązania. Zarówno w pracy Gutercha i in. (1994), jak i w pracy Dad-

leza (1997) stwierdzono, że wyniki profilu LT-7 potwierdzają kolażowy charakter orogenu kaledońskiego Pomorza, utworzonego z terranów, co jest zgodne z poglądami



Ryc. 1. a — dyskutowany w artykule obszar (zaznaczony kwadratem) na tle schematycznej mapy tektonicznej Europy, TEF — uskok transeuropejski, CDF — front deformacji kaledońskich, TESZ — strefa szwu transeuropejskiego; **b** — krawędź platformy wschodnioeuropejskiej oraz czoło nasunięć kaledońskich na tle mapy anomalii magnetycznych Polski (pseudorelief oświetlona z północnego wschodu (wg Królikowskiego i Wybrańca, 1995). Na mapie zaznaczono linie profili sejsmicznych (LT-7, Guterch i in., 1994; P4, Guterch i in., 1999; LT-3, Guterch i in., 1986) i elektromagnetycznych (ES1996, Semenov i in., 1998)

Fig. 1. a — tectonic sketch map of Europe. Discussed area was marked by square, TEF — Trans-European Fault, CDF — Caledonian Deformation Front, TESZ — Trans-European Suture Zone; **b** — The East European Platform edge and front of Caledonian overthrusts on the background of magnetic anomaly map of Poland (pseudorelief illuminated from NE (after Wybrańiec, 1995). Lines of seismic (LT-7, Guterch et al., 1994; P4, Guterch et al., 1999; LT-3, Guterch et al., 1986) and electromagnetic (ES1996, Semenov et al., 1998), profiles are also presented

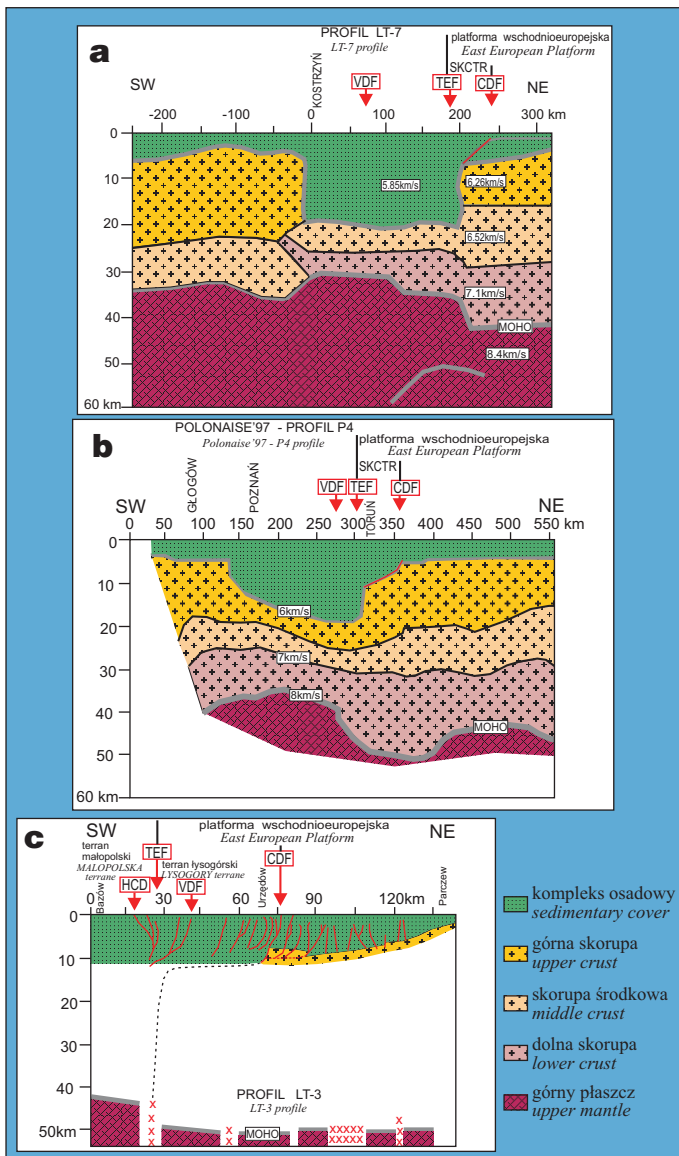
wyrażonymi wcześniej (Brochwicz-Lewiński i in., 1981; Pożaryski i in., 1992).

Wyniki najnowszego profilu głębokich sondowań sejsmicznych P4 z projektu Polonaise'97 (Guterch i in., 1999), który przecina krawędź platformy w pobliżu Torunia (ryc. 1, 2b), potwierdzają wnioski otrzymane w rezultacie analizy profilu LT-7. Struktura krawędzi udokumentowana przez przekrój LT-7 oraz tomograficzny obraz rozkładu prędkości na profilu P4 charakteryzuje się nachyleniem brzegu cokołu krystalicznego oraz podniesieniem powierzchni Moho na zewnątrz od krawędzi platfor-

my. Na profilu P4 mamy tylko jedno głębokie wiercenie (5896 m), położone około 10 km na wschód od Torunia, w którym osiągnięto skały starszego paleozoiku. W otworze tym nawiercono kilkadziesiąt metrów warstw najniższego syluru i górnego ordowiku ustawionych pod kątem 70–80°, które stanowią zapewne kaledoński kompleks orogeniczny, nasunięty ok. 50 km na fundament krystaliczny platformy prekambryjskiej. Nad tymi skałami występują nachylone pod kątem 20–25° osady ludlowu dolnego przykryte płasko leżącą grubą warstwą najwyższego syluru, stanowiącą tutaj pierwszy element piętra pokrywowego orogenu kaledońskiego. Porównując wyniki wierceń w rejonie profilu LT-7 i P4 widać, że na północnym zachodzie sylurski segment piętra pokrywowego został na ogół zdenudowany. Jedynie w pobliżu Chojnic zachował się jego strzęp.

Kontynuacja strefy nasunięć kaledońskich na platformę w Polsce środkowej jest bardzo prawdopodobna. Strefa ta jest jednak tutaj znacznie słabiej udokumentowana niż na obszarze toruńsko-pomorskim. Za jej granicę południowo-zachodnią uznać można miejsce zaniku silnych anomalii magnetycznych platformy. Granica ta jest najprawdopodobniej granicą awalońskich terranów, określaną mianem strefy pionowego uskoku transeuropejskiego (*Trans European Fault Zone*) i lokowaną zwykle nieco dalej na SW od miejsca przedstawionego w tej pracy (zob. np. Berthelsen, 1993). Strefa ta była w epoce kaledońskiej miejscem wielkoskalowych przemieszczeń przesuwczych (Brochwicz-Lewiński i in., 1981; Pożaryski, 1990).

Dane niezbędne do ustalenia przebiegu granicy platformy prekambryjskiej istnieją również w Polsce



Ryc. 2. Omawiane w artykule granice tektoniczne oraz struktura skorupy ziemskiej na profilach sejsmicznych: LT-7 (a) (wg Gutercha i in., 1994); P4 z projektu Polonaise'97 (b) (wg Gutercha i in., 1999); LT-3 (c) (wg Gutercha i in., 1986 oraz Pożaryskiego & Tomczyka, 1993). CDF — front deformacji kaledońskich, VDF — front deformacji waryscyjskich, TEF — uskoc transeuropejski, HCD — dyslokacja świętokrzyska, SKCTR — strefa tektoniczna Koszalin–Toruń–Radom

Fig. 2. Tectonic boundaries discussed in the paper and crustal structure along seismic profiles: LT-7 (a) (after Guterch et al., 1994), P4 (b) (after Guterch et al., 1999) and LT-3 (c) (after Guterch et al., 1986 and Pożaryski & Tomczyk, 1993). CDF — Caledonian Deformations Front, VDF — Variscan Deformation Front, TEF — Trans-European Fault, HCD — Holly Cross Dislocation, SKCTR — Koszalin–Chojnice–Toruń–Radom tectonic zone

południowo-wschodniej. Obok kryterium silnych anomalii magnetycznych informacji dostarczyły wyniki pojedynczych wierceń, badań magnetotellurycznych i geomagnetycznych (Semenow i in., 1998), a także wyniki głębokich badań sejsmicznych na profilu LT-3 (Guterch i in., 1986). Kaledoński kompleks orogeniczny, nasunięty najprawdopodobniej na cokół starej platformy, stwierdzono w otworze Lisów. Dane uzyskane z sondowań elektromagnetycznych wskazują, że między Ostrowcem Świętokrzyskim a Starachowicami występuje bardzo głęboki pionowy rozłam, ograniczający od południowego zachodu blok krystaliczny starej platformy. Z profilu LT-3 wynika, że na SW od Sandomierza następuje podniesienie powierzchni Moho (ryc. 2c), co przypuszczalnie wiąże się z istnieniem w tym miejscu krawędzi starej platformy. Zgodnie z przekrojem Bazów–Parczew (Pożaryski & Tomczyk, 1993), którego konstrukcję oparto na wynikach licznych głębokich wierceń i wspomnianych badań sejsmicznych, serie staropaleozoiczne są nasunięte tutaj na brzeźny pas starej platformy na odległość ok. 50 km (por. Pożaryski, 1997).

Jak wynika z przedstawionych powyżej rozważań, strefa Koszalin–Chojnice–Toruń–Radom, o szerokości do 50 km, charakteryzuje się obecnością sfałdowanego starszego paleozoiku, który jest ulokowany na obniżonym cokole platformy prekambryjskiej. Sfałdowany paleozoik stwierdzony został na Pomorzu w kilkudziesięciu otworach wiertniczych (Dadlez, 1978; Tomczyk, 1987), natomiast w innych miejscach strefy nawiercono go w otworach Toruń, Ciepeliów i Lisów. W otworach tych sylur dolny jest silnie sfałdowany i przykryty płasko leżącym sylurem górnym i dewonem. Strefa Koszalin–Chojnice–Toruń–Radom jest zatem strefą jednolitą tektonicznie i strukturalnie. Obecność kaledońskich kompleksów orogenicznych na niezdylokanym podłożu krystalicznym, pokrytym prawdopodobnie platformowym kompleksem osadowym wymaga nowej interpretacji geodynamicznej. Ukośna kolizja Awalonii z Baltiką spowodowała najprawdopodobniej silny ruch rotacyjno-przesuwczy na linii szwu transeuropejskiego i nacisk terranów na brzeźną strefę platformy. W ten sposób w strefie Koszalin–Chojnice–Toruń–Radom zostały nasunięte na platformę kaledońskie kompleksy orogeniczne.

Istotnym zagadnieniem jest wpływ omawianej strefy na sedymentację i tektonikę kompleksu pokrywowego epoki waryscyjskiej i alpejskiej (Pożaryski, 1987, 1997). Brachyantyklina Wierzchowa (Pożaryski, 1987), która przecina profil LT-7, jest asymetryczna, dociśnięta od południowego zachodu do strefy uskoku transeuropejskiego w wyniku transpresji w późnym karbonie lub wczesnym permie. Transpresja objęła wtedy blok kaledonidów położony przed krawędzią bloku skorupy krystalicznej platformy wschodnioeuropejskiej. Wskazuje na to również antyklinalne podniesienie pod strukturą Wierzchowa dolnej litosfery. Po epoce kaledońskiej strefę Koszalin–Chojnice–Toruń–Radom musiała cechować nieuszczelnienie i słabe spojenie kontaktów tektonicznych. Stała się ona na terenie Polski i zachodniego Bałtyku obszarem niewielkich dekstralnych przemieszczeń przesuwczych z przewagą transpresji.

Na ogół od linii frontu deformacji kaledońskich wrzastają miąższości kredy, ale większy wpływ na rozkład miąższości zdaje się mieć linia szwu transeuropejskiego. Jest to próg na południowy zachód od frontu deformacji kaledońskich, od którego to progu miąższości kompleksu kredowego szybko rosną. W obrębie strefy Koszalin–Chojnice–Toruń–Radom stosunkowo licznie występują

wydłużone antykliny o osiach równoległych do niej i gromadzące się zwykle przy jej granicach. Antykliny te powstały w czasie ruchów laramijskich.

Autorzy publikacji serdecznie dziękują dr Stanisławowi Wybrańcowi za udostępnienie mapy anomalii magnetycznych Polski, a także dwóm anonimowym recenzentom za wiele wskazówek dotyczących ostatecznego kształtu pracy.

Literatura

- BERTHELSEN A. 1993 — Where different geological philosophies meet: the Trans-European Suture Zone. *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc.*, A-20(255): 19–31.
- BROCHWICZ-LEWIŃSKI W., POŻARYSKI W., TOMCZYK H. 1981 — Wielkoskalowe ruchy przesuwcze wzdłuż SW brzegu platformy Wschodnioeuropejskiej we wczesnym paleozoiku. *Prz. Geol.*, 29: 385–397.
- DADLEZ R. 1978 — Sub-Permian rock complexes in the Koszalin – Chojnice Zone. *Kwart. Geol.*, 22: 269–301.
- DADLEZ R. 1997 — Seismic profile LT-7 (northwest Poland): geological implications. *Geol. Mag.*, 134: 653–659.
- DALLMEYER R.D., GIESE U., GLASMACHER U. & PICKEL W. 1999 — First ⁴⁰Ar/³⁹Ar age constraints for the Caledonian evolution of the Trans-European Suture Zone in NE Germany. *J. Geol. Soc., London*, 156: 279–290.
- FRANKE D. 1995 — The Caledonian terranes along the south-western border of the East European platform. Evidence, speculation and open questions. [W:] Gee D.G. & Beckholmen M. (eds.), *The Trans-European Suture Zone: Europrobe in Libice 1993*. *Stud. Geoph. Geodet.*, 39: 241–256.
- GIESE U., KATZUNG G. & WALTER R. 1994 — Detrital composition of Ordovician sandstones from the Rügen boreholes: implications for the evolution of the Tornquist Ocean. *Geol. Rdsch.*, 83: 293–308.
- GUTERCH A., GRAD M., JANIK T., MATERZOK R., LUOSTO U., YLINIEMI J., LÜCK E., SCHULTZE A. & FÖRSTE K. 1994 — Crustal structure of the transition zone between Precambrian and Variscan Europe from new seismic data along LT-7 profile (NW Poland and eastern Germany). *Geophysique/Geophysics, C. R. Acad. Sc. Paris*, 319 (ser. II): 1489–1496.
- GUTERCH A., GRAD M., MATERZOK R. & PERCHUĆ E. 1986 — Deep structure of the Earth's crust in the contact zone of the Paleozoic and Precambrian Platforms in Poland. *Tectonophysics*, 128: 251–279.
- GUTERCH A., GRAD M., THYBO H. & KELLER G.R. 1999 — Polonaise '97 — an international seismic experiment between Precambrian and Variscan Europe in Poland. *Tectonophysics*, 314: 101–121.
- KATZUNG G., GIESE U., WALTER R. & von WINTERFELD C. 1993 — The Rügen Caledonides, northeast Germany. *Geol. Mag.*, 130: 725–730.
- KRÓLIKOWSKI Cz. & WYBRANIEC S. 1996 — Gravity and magnetic maps of Poland — historical background and modern presentation. *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc.*, M-18 (273): 87–91.
- PHARAOH T. 1996 — Trans-European Suture Zone. *Phanerozoic Accretion and the Evolution of Contrasting Continental Lithospheres*. [W:] Gee D.G. & Zeyen H.J. (ed.), *EUROPROBE 1996 — Lithosphere Dynamics: Origin and Evolution of Continents*, Published by the EUROPROBE Secretariat, Uppsala University.
- POŻARYSKI W. 1987 — Tektonika Paleozoik podpermski. [W:] *Budowa geologiczna wału pomorskiego i jego podłoża*. *Pr. Inst. Geol.*, 69: 174–186.
- POŻARYSKI W. 1990 — Kaledonidy środkowej Europy — orogenum przesuwczym złożonym z terranów. *Prz. Geol.*, 38: 1–9.
- POŻARYSKI W. 1997 — Tektonika powaryscyjska obszaru świętokrzysko-lubelskiego na tle struktury podłoża. *Prz. Geol.*, 45: 1265–1270.
- POŻARYSKI W., GROCHOLSKI A., TOMCZYK H., KARNKOWSKI P. & MORYC W. 1992 — Mapa tektoniczna Polski w epoce waryscyjskiej. *Prz. Geol.*, 40: 643–651.
- POŻARYSKI W. & KARNKOWSKI P. (eds.) 1992 — *Tectonic map of Poland during the Variscan time, scale 1 : 1 000 000*. *Państw. Inst. Geol.*
- POŻARYSKI W. & TOMCZYK H. 1993 — Przekrój geologiczny przez Polskę Południowo-Wschodnią. *Prz. Geol.*, 41: 687–695.
- SEMENOW V., JANKOWSKI J., ERNST T., JÓ WIĄK W., PAWLISZYN J. & LEWANDOWSKI M. 1998 — Electromagnetic soundings across the Holy Cross Mountains, Poland. *Acta Geophys. Pol.*, 46: 171–185.
- TOMCZYK H. 1987 — Sylur. [W:] *Budowa geologiczna wału pomorskiego i jego podłoża*. *Pr. Inst. Geol.*, 69: 12–16.