

Maria Górską

Eratyki skandynawskie – metodyka i interpretacja

Eratykiem określa się w geologii plejstocenu i holocenu gład narzutowy przywleczony przez lodowiec, względnie lądolód, osadzony w glinie lodowcowej i osadach fluwioglacjalnych w pewnej odległości od miejsca pobrania. Dla narzutniaków, znajdujących w Polsce, obszarem macierzystym jest Skandynawia, niecka Bałtyku i państwa nadbałtyckie.

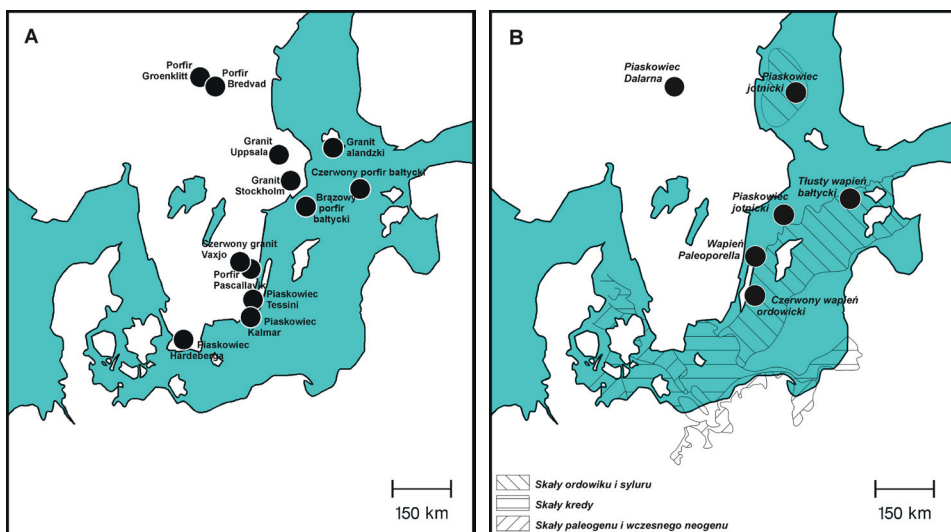
Nie wszystkie narzutniaki posiadają to samo znaczenie wskaźnikowe kierunku transgresji lądolodu. Są wśród nich tzw. eratyki przewodnie (niem. *das Leitgeschiebe*, ang. *indicator erratic*, Korn 1927, Lüttig 1958, Czubla i in. 2006) oraz eratyki o ograniczonym znaczeniu wskaźnikowym (niem. *das statistische Leitgeschiebe*; Smed 1989). Pozostałe narzutniaki skandynawskie nie służą określeniu kierunku transgresji lądolodu.

Eratykiem przewodnim jest skała o dokładnie zlokalizowanej, określonej długością i szerokością geograficzną, jedynej znanej współcześnie wychodni, na podstawie której można jednoznacznie i bez żadnych wątpliwości określić źródło pochodzenia narzutniaka. Jej identyfikacja na drodze makroskopowej nie może stwarzać większych trudności (np. porfir Bredvad, czerwony granit Växjö czy piaskowiec Tessini; ryc. 1A).

Eratykiem o ograniczonym znaczeniu wskaźnikowym jest skała możliwa do jednoznacznego oznaczenia, różniąca się od przewodniego odpowiednika tym, że posiada więcej niż jeden obszar macierzysty lub/i ten obszar zajmuje stosunkowo dużą powierzchnię. Takimi eratykami są np.: wapienie dolnopaleozoiczne, piaskowce jotnickie, wapienie Palaeoporella (ryc. 1B).

Studia nad narzutniakami przewodnimi stosuje się w celu (Meyer 1983, 1985, 1991, 1998, 2000, 2005, Lüttig 1995, 1997, 1999, 2004, 2005, Górską 2000, 2002 a, b, 2003 a, b, Czubla 2001, Gałązka 2002, 2004, Kjær et al. 2003, Woźniak 2004): (1) wskazania skandynawskich i bałtyckich ośrodków alimentacyjnych różnowiekowych glin lodowcowych i związanych z nimi osadów fluwioglacjalnych, odłożonych na Niżu Polskim (ryc. 2), (2) określenia kierunku dalekiego transportu oraz toru wędrówki lądolodu i jego zindywidualizowanych strumieni, (3) uzupełnienia danych dotyczących dynamiki i termiki stopy lądolodu.

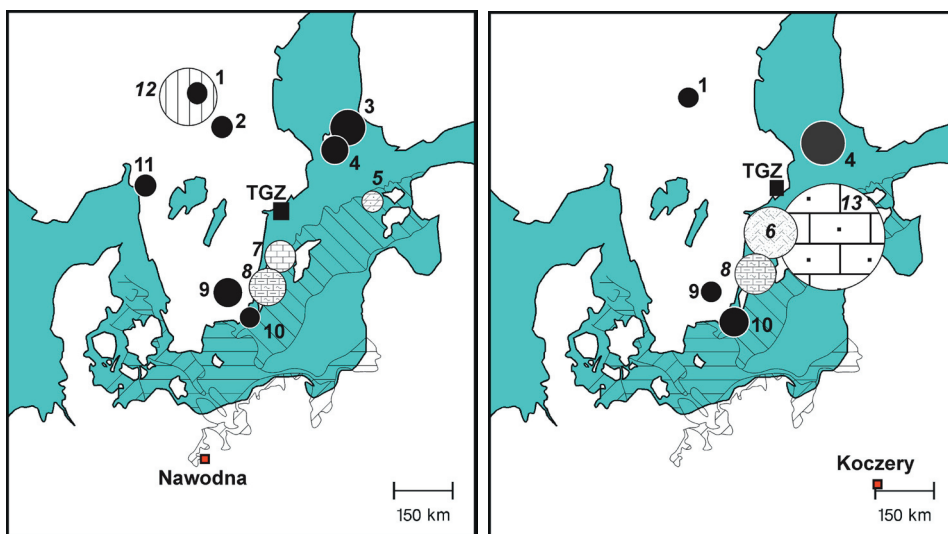
Wyniki analizy eratyków przewodnich przedstawia się w postaci tabel, gdzie obok siebie podaje się liczbę i rodzaj eratyków przewodnich, pochodzących z poszczególnych obszarów źródłowych Fennoskandynawii. Najlepiej oddającym sposobem zaprezen-



Ryc. 1. Lokalizacja obszarów macierzystych wybranych eratyków przewodnych (A) i symboliczna lokalizacja centrum obszarów macierzystych wybranych eratyków wskaźnikowych (B) na tle dużych wychodni eratyków wskaźnikowych

wania wyników tej analizy jest wyrysowanie mapy okręgów (*circle maps*, Smed 1993, 1997, 2000), których środki leżą w centrum obszaru macierzystego, a średnica zależy od liczebności eratyków przewodnych pochodzących z tej wychodni. Mapę kół uzupełnia się o zaznaczenie wyliczonego teoretycznego centrum gławowego ($TGZ = \text{das theoretische Geschiebezentrum}$, Lüttig, 1958), to jest matematycznie wyliczonej pary liczb, będących średnimi wartościami współrzędnych geograficznych obszarów źródłowych wszystkich przewodnych skał narzutowych, obecnych w analizowanej próbce. Metody prezentacji dotyczą zaledwie 10% (Meyer 1983) populacji wszystkich eratyków w próbce, stąd nie mogą one stanowić jedyne źródła interpretacji kierunków dalekiego transportu okruszków skalnych. We wnioskach należy koniecznie uwzględnić informacje zawarte w pozostałej części analizowanej próbki (Górska 2003a) oraz wziąć pod uwagę treści związane z cechami strukturalnymi i teksturalnymi osadów lodowcowych (m.in. Lüttig 1995, Rühberg 1999, Górska 2000)

Dla lepszego zobrazowania posłużono się dwoma skrajnymi stanowiskami terenowymi w Polsce, w których badano zespoły narzutniaków przewodnych i wskaźnikowych, pochodzące ze zróżnicowanych stratygraficznie pokładów gliny lodowcowej W Koczerach (Górska 2003b) na Nizinie Podlaskiej opróbowano glinę warciańską, a w Nawodnej – glinę fazy pomorskiej ostatniego zlodowacenia. Próbki mają zbliżoną liczebność zarówno w grupie eratyków przewodnych jak i wskaźnikowych. Podobieństwa doszukać się także można w reprezentowaniu w obu próbkach trzech obszarów macierzystych, to jest Wysp Alandzkich, Dalarny i Småland, z zastrzeżeniem zróżnicowanego liczebnie udziału eratyków przewodnych (ryc. 2). Różnice pomiędzy analizowanymi spektrami skał narzutowych rysują się również w zespole eratyków wskaźnikowych. Skandynawskie eratyki wskaźnikowe z Nawodnej to piaskowce z Dalarna oraz krzemienie wieku kredowego,



Ryc. 2. Obszary macierzyste eratyków przewodnych ● oraz symboliczna lokalizacja centrum obszarów macierzystych wybranych eratyków wskaźnikowych (okrąg ze szrafem) gliny lodowcowej fazy pomorskiej w Nawodnej (Pojezierze Myśliborskie) i gliny lodowcowej zlodowacenia warty w Koczerach na Nizinie Podlaskiej; szraf powierzchniowy – por. leg. ryc. 1; 1 – porfir Bredvad, 2 – granit Siljan, 3 – granit Haga, 4 – granit alandzki, 5 – wapień bałtycki o tłustym przełamie, 6 – piaskowce jotnickie, 7 – wapień *Palaeoporella*, 8 – czerwony wapień ordowicki, 9 – porfir Pāscallavik, 10 – piaskowce Kalmar, 11 – granit Bohus, 12 – piaskowce Dalarna, 13 – dolomity dewońskie. Lokalizacja TGZ ■ (Nawodna): ϕ 58,7°N λ 17,4°E, TGZ (Koczery): ϕ 59,0°N λ 18,0°E

względnie paleogeńskiego, występujące w podłożu całego południowego Bałtyku od Danii po Obwód Kaliningradzki (ryc. 1; por. ryc. 1.1, str. 14, Górska 2000). W Koczerach nie zaobserwowano ani jednego piaskowca z Dalarny, powszechnie występują natomiast dolomity dewońskie, których brak jest na Pojezierzu Myśliborskim (ryc. 2).

Próbując interpretować wyniki analizy eratyków przewodnych i wskaźnikowych można stwierdzić, że zanim na przykład łądolód stadiału warty zlodowacenia środkowopolskiego dotarł do okolic Koczer (ryc. 2) przemieszczał się z kierunku północnego, egzarzując i inkorporując skały Wysp Alandzkich, niecki Bałtyku, republik nadbałtyckich i południowo-wschodnich wybrzeży dzisiejszej Szwecji. Nie mający większego znaczenia w przypadku Koczer, pojedynczy egzemplarz porfiru Bredvad z Dalarny, jaki znalazł się w spektrum osadów transportowanych podczas tej fazy zlodowacenia środkowopolskiego na teren Podlasia, mógł pochodzić z wcześniejszych nasunięć łądolodu plejstoceniowego albo mógł dostać się do głównego strumienia lodowego wraz z osadami pra-rzek, odwadniającymi środkową część Szwecji. Teoretyczne centrum gładowe, wyliczone dla eratyków przewodnych gliny lodowcowej w Koczerach zlokalizowane jest w punkcie o współrzędnych geograficznych: ϕ 59,0°N λ 18,0°E.

Natomiast aktywny strumień łądolodu, który podczas fazy pomorskiej dotarł po okolicie Nawodnej, musiał przemieszczać się po wychodniach Dalarny oraz przede wszystkim Småland i dna sąsiadującego Bałtyku. TCG lokuje się w punkcie o współrzędnych ϕ 58,7°N λ 17,4°E.

Pomimo, że próbki żwirów pochodzą z oddalonych o około 450 km stanowisk, ich teoretyczne centra gławowe są bardzo podobne. Wytyczenie kierunku dalekiego transportu wyłącznie na podstawie analizy TCG prowadzić może do błędnych wniosków, ponieważ w tej analizie uwzględnia się wyłącznie eratyki przewodnie, głównie krystaliczne. Natomiast w spektrum żwirów znajdują się także liczne eratyki wskaźnikowe, to jest m. in. skały węglanowe i piaskowce. Kierunek transgresji lądolodu należy wyznaczać w oparciu o kompleksową analizę eratyków przewodnych i wskaźnikowych.

UMIEJĘTNOŚĆ ROZPOZNANIA

Podczas oznaczania materiału narzutowego frakcji grubożwirowej (20–60 mm) mogą pojawić się błędy wynikające z subiektywnej oceny cech makroskopowych eratyka (Górska i in. 2001). Zmienność facjalna jednego typu skały, obserwowana w obszarze macierzystym nawet na niewielkiej odległości, wpływać może decydująco na różne zaklasyfikowanie tego samego narzutniaka, który przebył wędrówkę np. kilkuset kilometrów od obszaru macierzystego. Według Smeda (1996 inf. ust.) problem nie leży w trudności rozpoznania jednego czy dwu narzutniaków. Ważne jest natomiast, co zresztą podnosił też Vinx (1993) w przypadku skał przewodnych, stwierdzenie obecności możliwie największej liczby skał, pochodzących z jednego obszaru macierzystego (tak zwanej serii, suity, sekwencji przewodniej), których cechy są bardzo proste do rozpoznania. W miarę pełniejszego reprezentowania określonego ośrodka alimentacyjnego przez właściwe mu narzutniaki, informacja o źródle pochodzenia masy skalnej i torze wędrówki strumienia lodowego staje się bardziej przekonująca niż obecność pojedynczych narzutniaków, pochodzących z całej Skandynawii.

Najmniej problemów klasyfikacyjnych wśród narzutniaków stwarzają porfiry z uwagi na charakterystyczną czytelną teksturę, najtrudniej oznacza się piaskowce przewodnie. Eratyki przewodnie klasyfikuje się uwzględniając bieżący stan wiedzy (Vinx 1996, 2002 Geisler 1996, Smed 1996 inf. ust.). Nie rozpatruje się możliwości pochodzenia danego eratyku przewodniego z innej wychodni poza tą jedyną, znaną współcześnie. Rzadko zwraca się uwagę na możliwe w przeszłości geologicznej inne od dzisiejszych lokalizacje obszarów alimentacji oraz większą powierzchnię wychodni narzutniaków, choć wiadomo (Amantov 1995), że z dna niecki Bałtyku i dna Bałtyku właściwego wyniesione zostały osady o miąższości od 25 do 150 m. Ponadto istnieją obszary zbadane do tej pory jedynie częściowo i pobieżnie i/albo informacja o ich geologii nie zawsze jest szeroko znana badaczom.

Przy klasyfikacji nie można wyróżnić eratyków pochodzących z starszych zlodowaceń, które redeponowane do młodszych osadów, zmieniają ich spektrum. W Polsce w analizowanym materiale lodowcowym znajdują się zapewne także skały młodsze od paleozoicznych, pochodzące głównie z jury (Gałązka 2004), kredy i paleogenu (w tym także krzemienie). Ich wychodnie znajdują się pod osadami plejstocenu na południe od tarczy bałtyckiej, na terenie Danii i Rugii, w dnie Zatoki Gdańskiej i podłożu doliny dolnej Wisły oraz w dnie południowego Bałtyku pomiędzy wybrzeżem Polski północno-zachodniej a wybrzeżem Skanii (m.in. Pettersson 2002, Górska 2003a, Schulz 2003, Gałązka 2004).

Przy oznaczaniu eratyków przewodnych pomoc stanowią atlasy Korna (1927), Hesemanna (1975), Smeda/Ehlersa (1994, 2002), Zandstry (1999), Schulza (2003), Rudolpha (2005) oraz najnowsza praca polska (Czubla i in. 2006), zawierająca kolorowe fotografie z charakterystyką petrograficzną skał. Zawierają one głównie krystaliczne skały przewodnie, w niewielkim zakresie skały osadowe. Autorzy atlasów nie rozpatrują również skał pochodzących z Litwy, Łotwy czy okolic Królewca, a które powinny występować w osadach lodowcowych wschodniej Polski. Oznaczenia eratyków przewodnych weryfikuje się ze skałami wzorcowymi, znajdującymi się w zbiorach instytucji naukowych, na przykład: Muzeum Geologicznego Instytutu Nauk Geologicznych PAN – Kraków, Zakładu Geologii Uniwersytetu Łódzkiego, Katedry Geomorfologii i Geologii Czwartorzędu Uniwersytetu Gdańskiego, Instytutu Paleogeografii i Geoekologii Uniwersytetu im. A. Mickiewicza – Poznań, Niedersächsisches Landesamt für Bodenfor-schung – Hannover, Institut für Geologische Wissenschaften Universität Greifswald.

WIELKOŚĆ PRÓBK I PROBLEM WYBORU FACJI

Poprawne wnioski uzyskuje się na podstawie około 50 oznaczonych skał przewodnych (Smed 1993). Ponieważ zaledwie około 10% narzutniaków jest przewodnia (Meyer 1983), to ze skałami węglanowymi i krzemieniami próbka powinna składać się z około 500 okazów, co jest niewątpliwie wadą tej metody. Pozyskanie tak dużej populacji jest utrudnione jeśli bada się narzutniaki wypreparowane z glin. Według Puranena (1990) materiałem stwarzającym najlepsze warunki do prześledzenia pochodzenia narzutniaków jest glina bazalna typu lodgement. Ostatnie jednak badania (Górska 2002a, b, 2003a, 2004) sugerują, że łatwiejsza do przeprowadzenia analiza petrograficzna detrytusów skalnego osadów fluwioglacjalnych o ustalonej pozycji chronostratygraficznej mogłaby zastąpić tę analizę w równowiekowej glinie lodowcowej. Powstałe różnice w składzie ilościowym typów petrograficznych wynikają z dłuższego transportu osadów wodnolodowcowych niż gliny lodowcowej, której są czasowym odpowiednikiem (Lilliesköld 1990) oraz dodatkowego czynnika sortującego, to jest wody. Konieczne jest kontynuowanie badań petrograficznych facji fluwioglacjalnej w celu potwierdzenia lub odrzucenia tej tezy.

Kierunki nasunięć lądolodu można próbować wyznaczyć na podstawie mniejszej populacji przewodnych eratyków skandynawskich, jeśli uzupełni się dane o wystarczająco liczne analizy eratyków wskaźnikowych (np. Górska 2003a, b).

WNIOSKI

Badanie narzutniaków skandynawskich frakcji gruboziarnistego żwiru jest doskonałym rozszerzeniem analizy litofacjalnej (Kasprzak, Kozarski 1984) i to stanowi jego dużą zaletę. Analiza eratyków przewodnych uzupełnia dane dotyczące dynamiki, termiki stopy lądolodu, obszaru alimentacji i toru wędrówki lądolodu, wspiera wyznaczone, w oparciu o wskaźniki petrograficzne, wnioski o zróżnicowanych ośrodkach alimentacyjnych glin lodowcowych i odpowiadających im wiekowo osadów wodnolod-

dowcowych. Studia na narzutniakami skandynawskimi potwierdzają daleki transport i określają tor wędrowki strumieni lodowych.

Badacz, który podejmuje się przeprowadzenia analiz petrograficznych żwirów gruboziarnistych osadów glacialnych, musi jednak liczyć się z wieloma niedostatkami tej metody.

1. Populacja próbki musi być statystycznie reprezentatywna, to znaczy zawierać co najmniej 1000 okazów, a stanowisko powinno być odpowiednio opróbowane.
2. Wyznaczenie stref, w których przebiegała egzaracja zależy od poprawnego oznaczenia eratyka i powiązania go z obszarem źródłowym Skandynawii i niecki Bałtyku. Badacz powinien opanować biegle sztukę makroskopowego odróżniania co najmniej 50 eratyków przewodnich i mieć świadomość występowania ich obszarów macierzystych.
3. Identyfikacja eratyków przewodnich musi być poszerzona o analizę petrograficzną żwirów grubo- i średnioziarnistych. Teoretyczne centrum gławowe jest wyłącznie matematycznie wyliczoną parą liczb, na nie lokalizacją miejsca egzaracji glacialnej analizowanych żwirów.
4. Badania są żmudne i długotrwałe. Duże próbki winny być analizowane tylko w terenie, nad zbiornikiem wodnym, gdzie przeszlamowane i rozbite w celu uzyskania świeżego przełam, są odpowiednio klasyfikowane. Konieczna jest stała weryfikacja wydzielonych narzutniaków przewodnich z atlasami i kolekcjami eratyków referencyjnych.

LITERATURA

- Amantov A., 1995, Plio-Pleistocene erosion of Fennoscandia and its implication for the Baltic area, *Pr. PIG*, 149, 47–56.
- Czubla P., 2001, Eratyki fennoskandzkie w Polsce Środkowej i ich znaczenie stratygraficzne, *Acta Geogr. Lodz.*, 80, 174.
- Czubla P., Gałązka D., Górską M., 2006, Eratyki przewodnie w glinach morenowych Polski. *Przeg. Geol.* 54, 4, 352–362.
- Gałązka D., 2002, Charakterystyka petrograficzna glin zwałowych ostatniego zlodowacenia w dolinie dolnej Wisły, [w:] *Pleistocen Pomorza Środkowego i strefa marginalna lobu Parsęty – IX Konferencja „Stratygrafia plejstocenu Polski”*, R. Dobracki, J. Lewandowski, T. Zieliński (red.), Streszczenia referatów i posterów, 67.
- Gałązka D., 2004, Zastosowanie metody makroskopowego oznaczania eratyków przewodnich do lokalizacji obszarów źródłowych wybranych kier jurajskich, *Przeg. Geol.*, 52, 4, 349–350.
- Geisler T., 1996, Die permokarbonischen Dolerite in Schonen: petrographische und petrochemische Charakterisierung und ihre Bedeutung als Leitgeschiebe, *Arch. f. Geschiebekunde*, 2, 2, 105–117.
- Górską M., 2000, *Wybrane właściwości petrograficzne vistuliańskich moren dennych środkowej i zachodniej Wielkopolski oraz ich znaczenie dla oceny dynamiki ostatniego lądolodu*, Prace PTPN, 28, 145.
- Górską M., 2002a, *Petrographie von uckermärkischen Geschieben*, *Geologische Brandenburgische Beiträge*, Neubrandenburg, 3, 35–47.
- Górską M., 2002b, Petrografia osadów akumulacji lodowcowej i wodnolodowcowej Pojezierza Drawskiego, *Bad. Fizjograf. Pol. Zach.*, Poznań, Seria A, 53, 29–42.

- Górska M., 2003a, Nowe znalezisko porfiru rombowego z Oslo na terenie północno-zachodniej Polski, *Przegl. Geologiczny*, Warszawa, 51, 7, 580–585.
- Górska M., 2003b, Analiza petrograficzna narzutniaków skandynawskich, [w:] *Analizy sedymentologiczne osadów glacyogenicznych*, M. Harasimiuk, S. Terpiłowski (red.), Wyd. UMCS, Lublin, 23–31.
- Górska M., 2006, Narzutniaki przewodnie z Sobolewa (sandr suwalsko-augustowski). [Indicator erratics from Sobolewo (Suwałki-Augustów out-wash plain)]. *Prace Kom. Paleogeogr. Czwart. PAN*, t. III, 209–212.
- Górska M., Meyer K.-D., Rutkowski J., Skoczylas J., 2001, Uwagi na temat subiektywizmu w oznaczaniu kwarcytów i piaskowców w osadach czwartorzędowych, [w:] *Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych*, tom III, Kostrzewski (red.), Geografia, 64, UAM, Poznań, 175–186.
- Hesemann J., 1975, *Kristalline Geschiebe der nordischen Vereisungen*, Krefeld, 267.
- Kasprzak L., Kozarski S., 1984, *Analiza facjalna osadów strefy marginalnej fazy poznańskiej ostatniego zlodowacenia w środkowej Wielkopolsce*. Ser. Geogr., 29, 1–54
- Kjær K. H., Houmark-Nielsen M., Richardt N., 2003, Ice-flow patterns and dispersal of erratics at the southernwestern margin of the last Scandinavian Ice Sheet: signature of palaeo-ice streams, *Boreas*, 32, 130–148.
- Korn J., 1927, Die wichtigste Leitgeschiebe der nordischen kristallinen Gesteine im norddeutschen Flachlande, Berlin, 64.
- Lilliesköld M., 1990, Lithology and transport distance of glaciofluvial material, [w:] *Glacial indicator tracing*, Kujansuu, Saarnisto (red.), Rotterdam, Balkema, 151–164.
- Lüttig G., 1958, Methodische Fragen der Geschiebeforschung, *Geolog. Jb.*, 75, 361–418.
- Lüttig G., 1995, Geschiebezählungen – eine terminologische Richtigtstellung. *Geschiebekunde aktuell*, 11, 4, 109–112.
- Lüttig G., 1997, Beitrag zur Geschiebeforschung in Boehmen und Mähren. *Geschiebekunde aktuell*, 13, 2, 43–46.
- Lüttig G., 1999, Geschiebestatistische Anmerkungen zur Quartärstratigraphie des nordischen Vereisungsgebietes. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, 49, 144–163.
- Lüttig G., 2004, Ergebnisse geschiebestatistischer Untersuchungen im Umland von Hamburg. *Archiv für Geschiebekunde*, 3, 8/12, 729–746.
- Lüttig G., 2005, Geschiebezählungen im westlichen Mecklenburg. *Archiv für Geschiebekunde*, 4, 9, 569–608.
- Meyer K.-D., 1983, Indicator pebble and stone count methods, [w:] *Glacial deposits in North-West Europe*, Ehlers (red.), Balkema, Rotterdam, 275–287.
- Meyer K.-D., 1985, Zur Methodik und über den Wert von Geschiebezählungen. *Der Geschiebesammler*, 19, 2/3, 75–83.
- Meyer K.-D., 1991, Zur Entstehung der westlichen Ostsee. *Geol. Jb. A* 127, 429–446.
- Meyer K.-D., 1998, Geschiebekundlich-stratigraphische Untersuchungen in der südlichen Lüneburger Heide. *Mitt. Geol. Inst. Univ. Hannover*, 38, 178–188.
- Meyer K.-D., 2000, Geschiebekundlich-stratigraphische Untersuchungen im Hannoverschen Wendland (Niedersachsen). *Brandenburgische Geowiss. Beitr.*, 7, 1/2, 115–125.
- Meyer K.-D., 2005, Zur Stratigraphie des Saale-Glazials in Niedersachsen und zu Korrelationsversuchen mit Nachbargebieten. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 55, 25–42.
- Pettersson G., 2002, Weichselian glaciation in the middle Noteć River region, northwest Poland, *LUNDQUA Thesis*, 47, 1–19 oraz 3 zał.
- Puranen R., 1990, Modelling of glacial transport of tills, [w:] *Glacial indicator tracing*, Kujansuu, Saarnisto (red.), Rotterdam, Balkema, 15–34.
- Rudolph F., 2006, *Strandsteine. Sammeln & Bestimmen von Steinen an der Ostseeküste*. Wachholtz Verlag Neumünster, 160 s.

- Rühberg N., 1999, Über den Wert der Kleingeschiebezählung (KGZ). *Geschiebekunde aktuell*, 15, 3, 87–100.
- Schulz W., 2003, *Geologischer Führer für den norddeutschen Geschiebesammler*, CW Verlagsgruppe Schwerin, 508.
- Smed P., 1989, *Sten i det danske landskab*, Geografforlaget, 194.
- Smed P. 1993, Indicator studies: a critical review and a new data - presentation method, *Bull. of the Geol. Soc. of Denm.*, 40, 332–340.
- Smed P., 1997, Kommentare zu Leitgeschiebezählmethoden, *Arch. für Geschiebekunde*, 2, 3, 141–145.
- Smed P., 2000, Über den Hesemann-Milthers-Streit und die von Hesemann verwendete Abbildungsmethode für Geschiebezählungen, *Geschiebekunde aktuell*, 16, 4, 127–131
- Smed P., Ehlers J., 1994, 2002, *Steine aus dem Norden. Geschiebe als Zeugen der Eiszeit in Norddeutschland*, wyd. 1, wyd. 2, Geografforlaget, 195.
- Vinx R., 1993, Hochauflösende Rekonstruktion von Eistransportwegen: Die „Leitserienmethode“, *Archiv f. Geschiebekunde*, 1, 11, 625–640.
- Vinx R., 1996, Granatcoronit (mafischer Granulit): ein neues Leitgeschiebe SW-schwedischer Herkunft, *Archiv f. Geschiebekunde*, 2, 1, 3–20.
- Vinx R., 2002, Gesteine des Baltisches Schildes in Nordeutschland: Glazialgeschiebe an der Ostseeküste von Schleswig und NW-Mecklenburg, *Beih. Z. Eur. J. Mineral.*, 14, 1, 219–242.
- Woźniak P. P., 2004, Przydatność analizy litologicznej glin morenowych w badaniach geomorfologicznych stref marginalnych ostatniego zlodowacenia, *Prz. Geol.*, 52, 4, 336–339.
- Zandstra J.G., 1999, *Platenatlas van noordelijke kristalijne gidsgesteenten*, Backhuys Publishers, Leiden, 412.