

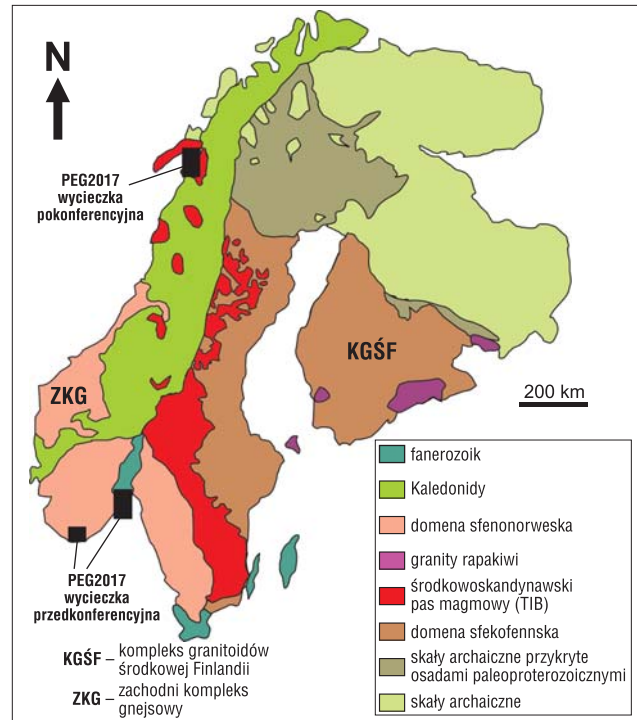
Pegmatyty Norwegii – 8. Międzynarodowe Sympozjum (PEG2017) na temat pegmatytów granitowych Kristiansand, Norwegia, 13–15.06.2017

Norwegia ma ponad 150-letnią tradycję badań i eksploatacji licznie tam występujących pegmatytów granitowych i sjenitowych. Odkryto w nich szereg nowych minerałów, zwłaszcza skandu, berylu i pierwiastków ziem rzadkich. Nic zatem dziwnego, że kraj ten został wybrany na kolejne miejsce organizowanych co dwa lata międzynarodowych sympozjów pegmatytowych (w 2015 r. w Polsce; Prz. Geol., 63: 1438).

Tematem wiodącym sympozjum, które odbyło się w dn. 13–15 czerwca w Kristiansand, były problemy z klasyfikacją pegmatytów. Według współczesnego podziału pegmatyty granitowe dzielą się na 5 klas: miarolityczne, pierwiastków rzadkich, pierwiastków rzadkich z muskowitem, muskowitowe i abisalne. W klasach: miarolitycznej i pierwiastków rzadkich wyróżnia się dwie rodziny geochemiczne: (a) NYF – bogate w niob, itr, pierwiastki ziem rzadkich (REE) i fluor, oraz (b) LCT – bogate w lit, cez i tantal. Jednak coraz częściej spotyka się pegmatyty o mieszanych składach chemicznych i mineralnych, dlatego została zaproponowana rodzina hybrydowych pegmatytów NYF/LCT. W czasie sympozjum dominował pogląd, że nie ma potrzeby wydzielenia takiej rodziny geochemicznej, ponieważ pegmatyty NYF ewolucyjnie zaawansowane mogą zawierać akcesoryczne paragenezy typowe dla rodziny LCT.

W sympozjum znacząco zaistniała liczna grupa polskich naukowców, przedstawiając wyniki badań minerałów akcesorycznych z pegmatytów w masywie serpentynitowym Szklar (bobfergusonit, szereg pieczkaitu – hydroksyapatytu), Górach Sowich (szereg zigrasitu – malhmooditu), Karkonoszach (monacyt, jako nowy wzorzec dla geochronologii U-Pb) oraz Norwegii (emanacje radonu z cyrkonu). Niczego nie umniejszając referatom i posterom przedstawionym na sympozjum, to jednak o jego atrakcyjności zdecydowały przede wszystkim wycieczki przed i pokonferencyjne. Uczestnicy mogli zobaczyć najciekawsze pegmatyty w rejonie fiordu Tys, położonego nieco ponad 50 km na południowy – zachód od Narwiku, oraz słynne prowincje pegmatytowe w rejonie Evje–Iveland i Langesundsford na południu Norwegii (ryc. 1). Poniżej pokrótce przedstawiamy te pegmatyty, zapożyczając informacje z sympozjalnego przewodnika geologicznego¹.

Pegmatyty w rejonie fiordu Tys występują w anorogenicznym granicie datowanym na 1711–1791 Ma, stanowiącym północną rubież łańcucha batolitów ciągnącego się od SE Szwecji pasem o długości 1400 km (transskandynawski pas magmowy), a powstałych w przedziale 1850–1630 Ma. Stwierdzono dwa rodzaje pegmatytów typu NYF: pegmatyty soczewkowe o długości do 1 km, zbudowane z mikroklinu, kwarcu i annitu z podrzędnym muskowitem i fluorytem, oraz pegmatyty ewolucyjnie zaawansowane – bogate w zieloną odmianę mikroklinu



Ryc. 1. Uproszczona mapa geologiczna Skandynawii z zaznaczonymi polami pegmatytowymi omawianymi w tekście (wg Müllera i in., 2017¹)

(amazonit), kwarc, tabliczkowy albit oraz turmalin (fluorowy schorl), którego kryształy osiągają 30 cm długości.

Pegmatyty soczewkowe są związane z najmłodszymi fazami krystalizacji granitów Tysfjord. Wraz ze skałami osłony zostały zdeformowane w trakcie orogenezy kaledońskiej, co spowodowało zatarcie ich pierwotnej budowy strefowej a także powstanie spektakularnych tekstur związanych z tą deformacją, częściową remobilizacją i rekrytalizacją. Ich cechą charakterystyczną jest występowanie dużych ilości fluorytu bogatego w itr (ok. 3% atomowych Y i Ln). Z masami ittrofluorytu jest związane występowanie bogatego zespołu minerałów ziem rzadkich, w tym tutaj licznych niezwykle rzadkich krzemianów REE, np. hundholmenitu-(Y), thalénitu-(Y), perbœeitu-(Ce), stetindytu-(Ce), schlüterytu-(Y) czy atelisytu-(Y). Na uwagę zasługują minerały wtórne, powstałe w środowisku na tyle silnie utleniającym, że spośród pierwiastków ziem rzadkich Ce^{3+} uległ utlenieniu do Ce^{4+} , a dominującym lantanowcem trójwartościowym stał się neodym. Prowadziło to do powstania tak unikalnych minerałów jak calcioancylit-(Nd), kozoit-(Nd) i bastnäsynt-(Nd).

Brak śladów deformacji oraz datowanie ksenotymu metodą U-Pb na 370 Ma wskazuje na pokaledoński wiek pegmatytów ewolucyjnie zaawansowanych. Licznie wys-

¹ Müller A., Husdal T., Øyvind S., Friis H., Andersen T., Johansen T.S., Werner R., Øyvind T., Olerud S. 2017 – Norwegian pegmatites I: Tysfjord-Hamarøy, Evje-Iveland, Langesundsford. Geological Guides 6 – 2017. Geological Society of Norway.

tepują w nich kawerny wypełnione minerałami REE, As, F, Nb, Be, Sb, Pb, U i Th.

Pegmatyt Nedre Øyvollen k. miejscowości Drag jest jednym z nielicznych na świecie miejsc pozyskiwania chemicznie czystego kwarcu (poniżej 50 ppm zanieczyszczeń) do produkcji półprzewodników, paneli solarnych, sprzętu optycznego i oświetleniowego. Eksploatacja kwarcowego jądra tego pegmatytu odbywa się metodą głębinową.

Pegmatyty południowej Norwegii tworzą późnoproterozoiczną prowincję pegmatytową związaną genetycznie z orogenezą sveconorweską (1,2–0,9 Ga). Doliczono się tutaj ponad 5 tys. dużych (>1000 m³) pegmatytów, co stanowi największe na świecie zgrupowanie tych skał. Od końca XIX w. były eksploatowane jako źródło skalenia, kwarcu, muskowitu, berylu oraz minerałów skandu i uranu. Dzisiaj są czynne tylko dwie małe kopalnie dostarczające rocznie ok. 50 t wysokiej jakości skalenia potasowego do produkcji implantów zębów. Od czasów pionierskich badań Waldemara C. Brøggera z początku XX w. słyną z występowania dużej ilości, gdzie indziej rzadko spotykanych minerałów REE, Sc, Be, Nb i Ta.

W większości są to pegmatyty typu NYF nie wykazujące genetycznego związku z granitoidami. Występują w skałach wysokiego stopnia metamorfizmu regionalnego i zdaniem geologów norweskich powstały w wyniku częściowego upłynniania amfibolitów i lokalnej segregacji powstałego stopu leukokratycznego.

Wydzielono trzy typy genetyczne pegmatytów pierwiastków rzadkich w zależności od ich czasowego umiejscowienia w orogenezie sveconorweskiej związane z: 1) metamorfizmem wysokociśnieniowym i wysokotemperaturowym głównego stadium orogenezy; 2) postorogeniczną ekstensją i 3) magmatyzmem granitowym w czasie postorogenicznej ekstensji.

Pegmatyty rejonu Evje–Iveland są podręcznikowym przykładem pegmatytów anatektycznych. Nie wykazują genetycznego i czasowego związku ze znajdującym się w ich bliskości plutonem granitowym. Datowania kolumbitu z pegmatytów metodą ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb dają wiek w przedziale od 900,7 ± 1,81 do 910,2 ± 7,11 Ma, podczas gdy pobliski

pluton granitowy jest znacznie starszy (ok. 983–980 Ma). Badania grawimetryczne wykluczyły obecność intruzji granitowych w podłożu pegmatytów. Są zatem wytworem upłynniania dolnej i środkowej skorupy ziemskiej spowodowanego regionalnym i długotrwałym strumieniem ciepła z podścielającej skorupę maficznej magmy w czasie orogenicznej ekstensji.

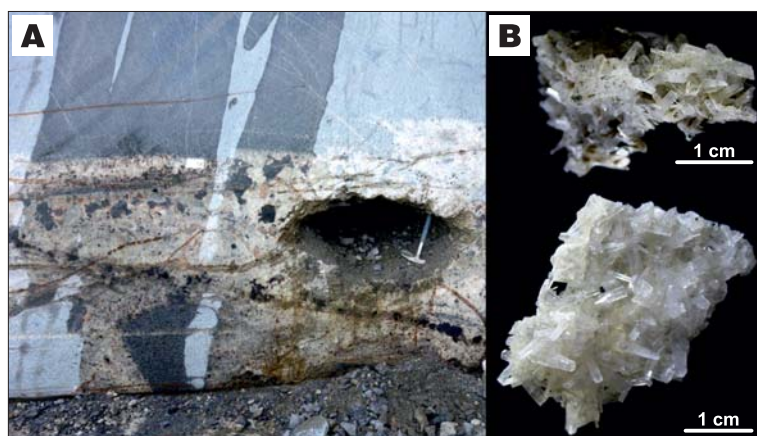
Pegmatyty rejonu Evje–Iveland słyną ze wzbogacenia w skand. To stąd w 1911 r. opisano pierwszy minerał skandu thortveit (Sc₂Si₂O₇). Oprócz minerałów skandu, wzbogacone w ten pierwiastek (>1000 ppm) są łyszczyki, beryl, ilmenit i granat.

Niektóre minerały akcesoryczne osiągają w tych pegmatytach imponujące rozmiary. Opisano gigantyczne beryle o masie 3 t czy kryształy kolumbitu-(Mn) ważące 55 kg. W żadnym innym miejscu na świecie nie spotyka się tak dużej ilości i tak dużych kryształów gadolinitu o wadze dochodzącej do 400 kg (ryc. 2 – patrz okładka główna). Również kryształy głównych minerałów skałotwórczych: mikroklinu, kwarcu i biotyty (syderofyllitu i jego magnetycznej odmiany) osiągają rozmiary do kilku metrów.

Pegmatyty Evje–Iveland mają bardzo dobrze wykształconą strefowość (ryc. 3 – patrz str. 1426). Choć zaklasyfikowano je do rodziny NYF, charakteryzują się małym udziałem fluoru, a niektóre z nich doznały metasomatycznych przeobrażeń na etapie późnomagmowym, prowadzących do powstania paragenezy typu LCT (albitowo-muskowitowo-kwarcowa z topazem, minerałami grupy kolumbitu, berylem, spessartynem, fluorystem i turmalinem). W strefach reakcyjnych wykształciły się duże amonity. Powszechny jest allanit osiągający kilkudziesięciocentymetrowe rozmiary. Zdarzają się też pegmatyty (Landsverk), w których na mineralizację pegmatytową nałożyła się mineralizacja hydrotermalna związana ze sztywnymi deformacjami (brekcjonowaniem) skał. Izotopy tlenu wskazują na meteoryczne źródło tych roztworów, które spowodowały powstanie licznych kawern w pegmatycie. Spośród minerałów hydrotermalnych na uwagę zasługuje stilpnomelan, którego forma występowania przypomina stilpnomelan z pegmatytów strzegomskich.

Bardzo specyficzną grupę stanowią pegmatyty sjenitowe i nefelinowe pegmatyty sjenitowe związane z permskim (283 ± 3 Ma) plutonem Larvik w południowej części tektonicznego rowu Oslo (ryc. 1). Pegmatyty sjenitowe występują w larvikicie² i sjenicie nefelinowym (ryc. 4 – patrz str. 1426). Są źródłem wielu rzadkich minerałów, z których szereg zostało tutaj odkrytych. W pegmatytach spotyka się kawerny wypełnione dobrze wykształconymi kryształami późnych etapów krystalizacji, np. natrolitu.

Głównymi składnikami nefelinowych pegmatytów sjenitowych z fiordu Langesunds są mikroklin, nefelin i egiryn, którym mogą towarzyszyć sodalit, ferro-edenit oraz biotyt.



Ryc. 5. Kawerna w pegmatycie sjenitowym (A – fot. J. Janeczek) wypełniona kryształami natrolitu (B – fot. K. Szopa). Kamieniołom larvikitu Johs Nilsen

² Larvikit jest odmianą sjenitu augitowego, monzonitu lub monzodiorytu charakteryzującą się obecnością iryzujących kryptomezopertytów (skalanie o składzie An₄Ab₄₈Or₄₈ z odmieszanymi, naprzemianlegle ułożonymi mikrolamelkami skalania potasowego i sodowego działającymi na światło jak siatka dyfrakcyjna). Skaleniom towarzyszą barkevikit, tytanowy augit i lepidomelan. W rowie Oslo występują także odmiany nefelinowe, kwarcowe i plagioklazowe larvikitu noszące lokalne nazwy.

Występują w nich, często obficie, minerały akcesoryczne – Zr, Ti, Nb, REE i Be. W miejscu cyrkonu występują skomplikowane krzemiany Na-Ca-Zr (np. eudialit, catapleit, grenmarit, wöhlerite i szereg innych) (ryc. 5).

Pegmatyty zalegające horyzontalnie lub połogo zapadające mają budowę strefową odzwierciedlającą dyferencjację grawitacyjną. Minerały najwcześniejsze o dużej gęstości i gruboziarniste gromadzą się w spagowych częściach pegmatytu. Drobnociarniste agregaty w stropowej części pegmatytu, a także w przestrzeni między dużymi kryształami mikroklinu, nefelinu i sodalitu są zbudowane z albitu, egirynu, biotyту, analcymu i uwodnionych

produktów przeobrażeń pierwotnych minerałów (sodalitu, nefelinu, magnetytu). Szczególnie silnie zaznaczyła się zeolityzacja nefelinu i sodalitu, która przeobraziła je w drobnociarnisty agregat natrolitu ceglastoczerwonej barwy zwany *spreustein* (ryc. 6 – patrz str. 1479).

Nefelinowe pegmatyty sjenitowe są obecnie przedmiotem intensywnych badań petrologicznych, które mogą przyczynić się do wyjaśnienia przebiegu magmowej ewolucji w ryfcie Oslo.

*Janusz Janeczek, Eligiusz Szełęg,
Krzysztof Szopa, Adam Szuszkiewicz
Serwis fotograficzny patrz str. 1426, 1479*

PRZEGLĄD

GEOLOGICZNY



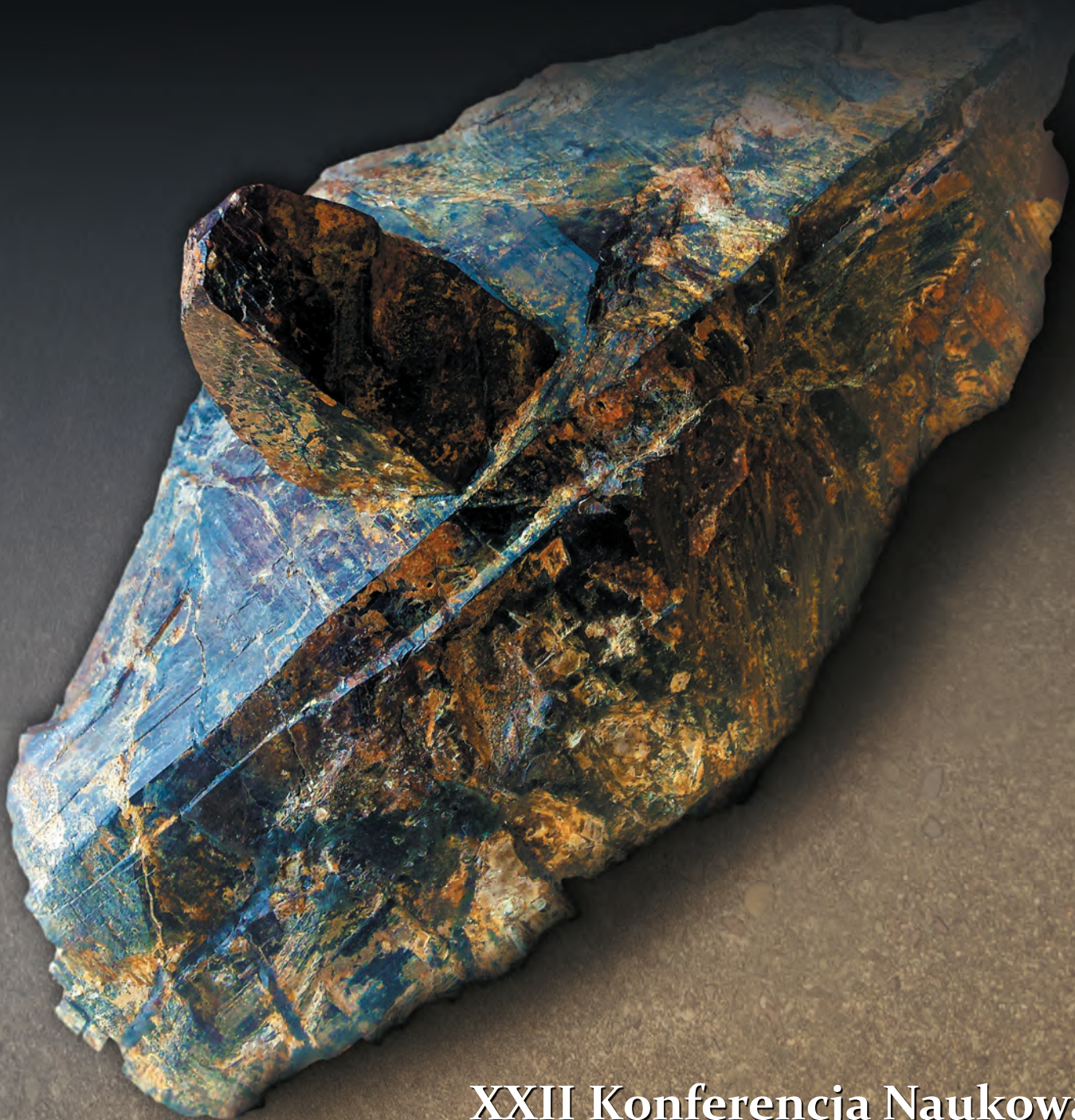
MINISTERSTWO
ŚRODOWISKA



Cena 12,60 zł (w tym 5% VAT)

TOM 65 Nr 11/3 (LISTOPAD) 2017

Indeks 370908 ISSN-0033-2151

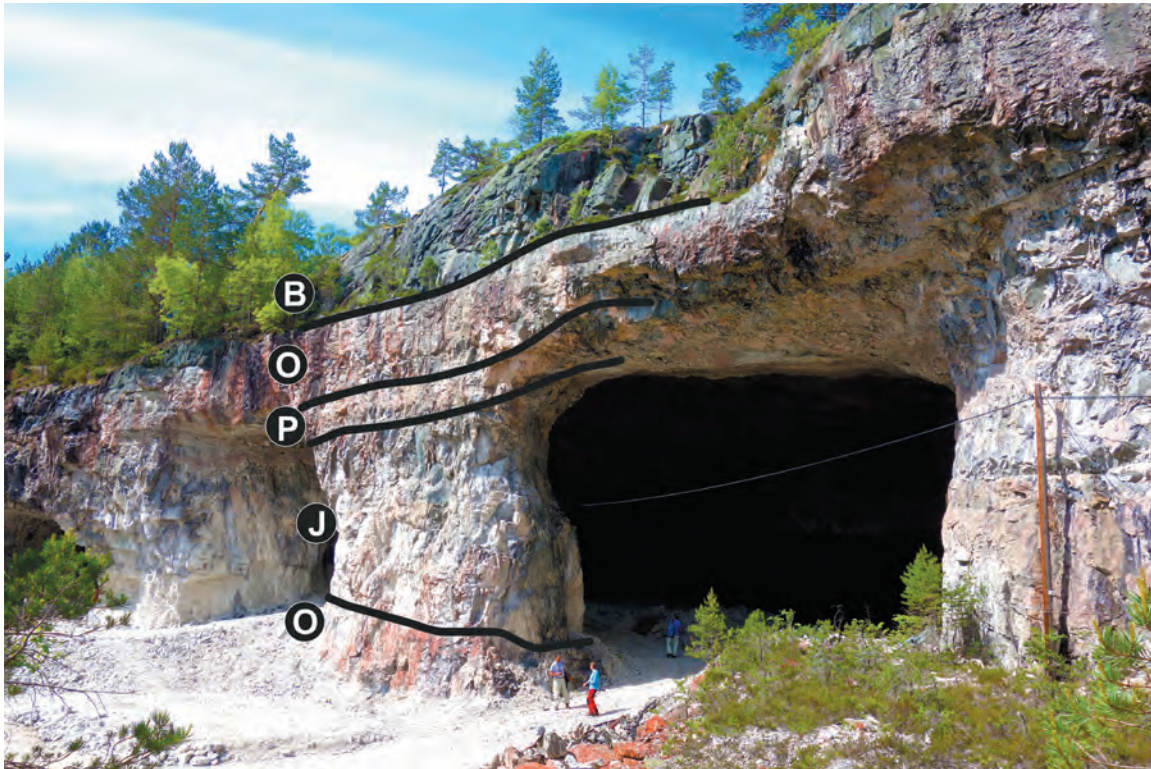


XXII Konferencja Naukowa
„Kamień w złożu, architekturze i krajobrazie”
Modelowanie wód podziemnych
– oprogramowanie FELLOW

Zdjęcie na okładce: Przerośnięte kryształy gadolinitu-(Y) z pegmatytu w rejonie Evje–Iveland w Norwegii. Większy kryształ ma ok. 40 cm długości i jest jednym z największych kryształów tego minerału kiedykolwiek znalezionych. Patrz str. 1443. Fot. J. Janeczek

Cover photo: Intergrown gadolinite crystals from pegmatite in the Evje–Iveland region in Norway. Larger crystal is ca. 40 cm long and it is one of the largest gadolinite crystal ever found. See page 1443. Photo by J. Janeczek

**Pegmatyty Norwegii – 8. Międzynarodowe Sympozjum (PEG2017)
na temat pegmatytów granitowych
Kristiansand, Norwegia, 13–15.06.2017 – patrz str. 1443**

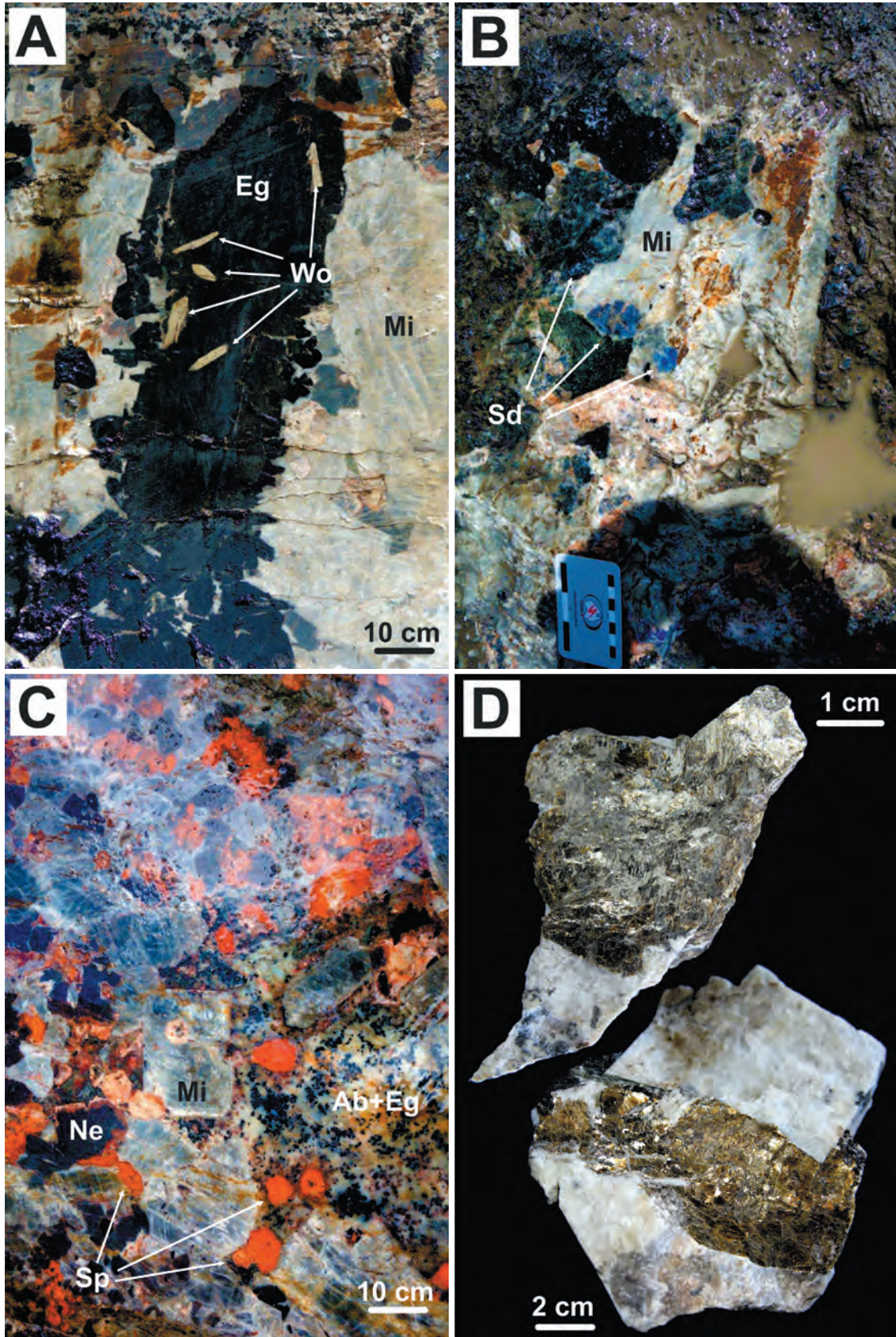


Ryc. 3. Strefowy pegmatyt Li gruve w okresowo czynnej kopalni skalenia potasowego, płd. Norwegia. Pokładowo zalegająca żyła o długości ok. 1 km i miąższości do 25 m intrudowała w metanoryty (widoczne w stropie odsłonięcia) datowane na 1271–1285 Ma i gnejsy migmatyczne. Od kontaktu z metanorytem obserwuje się następujące warstwowe strefy w pegmatycie: **(B)** brzeżna, **(O)** ościenna, **(P)** przejściowa złożona z warstw bogatych w skałki potasowy naprzemiennych z warstwami biotytowymi, **(J)** jądro zbudowane z megakryształów biotytu i skalenia potasowego osiągających do 6 m długości otoczonych masywnym kwarcem, **(O)** dolna strefa ościenna z warstwą bogatą w granaty



Ryc. 4. Kamieniołom larvikitu Johs Nilsen z żyłami pegmatytów sjenitowych. Uwagę zwraca sposób eksploatacji skały, z której bloki są wycinane za pomocą stalowych lin pokrytych proszkiem diamentowym. Dzięki temu bloki larvikitu mają gładkie powierzchnie. Obie fot. J. Janeczek

Pegmatyty Norwegii – 8. Międzynarodowe Sympozjum (PEG2017)
 na temat pegmatytów granitowych
 Kristiansand, Norwegia, 13–15.06.2017 – patrz str. 1443



Ryc. 6. Minerale z nefelinowych pegmatytów sienitowych z fiordu Langesunds w rowie Oslo. **A** – kryształy wöhlerytu (Wo) w egirynie (Eg) w otoczeniu mikroklinu (Mi); **B** – dwie generacje sodalitu (ciemnoszary i niebieski) (Sd) w mikroklinie (Mi); **C** – „Spreustein” (Sp), mikroklin (Mi), nefelin (Ne) i agregat albitowo-egirynowy (Ab + Eg); **D** – skupienia astrofyllitu w mikroklinie. Fot. K. Szopa