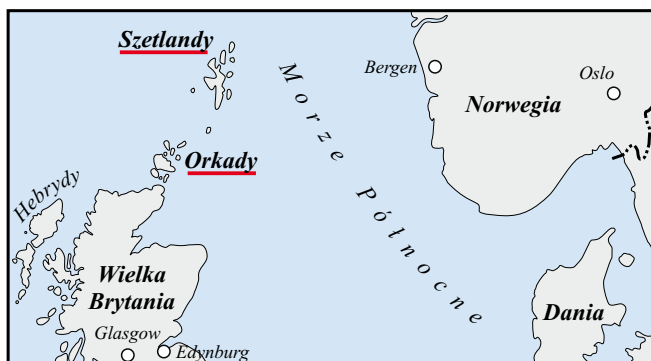


Geologiczna wędrówka przez Orkady i Szetlandy

Geological tour through the Orkney and the Shetland islands

Agnieszka Latocha

Uniwersytet Wrocławski, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, pl. Uniwersytecki 1, 50-137 Wrocław
e-mail: latocha@geom.uni.wroc.pl



Treść: W artykule przedstawiono główne rysy krajobrazu archipelagów Orkadów i Szetlandów w kontekście ich budowy geologicznej i rozwoju rzeźby. Wskazano miejsca, gdzie na powierzchni można obserwować skały i formy będące świadectwami kolejnych etapów złożonych dziejów geologicznych wysp, m.in. jedne z najstarszych skał na kontynencie europejskim (pozostałości kaledonidów), skały dawnego dna oceanicznego, intruzje granitowe i ślady dawnej aktywności wulkanicznej oraz formy rzeźby związane z tektoniką i działalnością lodowców. Omówiono także współczesne procesy rzeźbotwórcze, zachodzące w dynamicznie rozwijających się wybrzeżach klifowych, gdzie duże zróżnicowanie litologiczne i litofacjalne osadów skutkuje bogactwem form rzeźby. Podkreślono także związek zróżnicowanej budowy geologicznej z rozwojem kulturowym i gospodarczym wysp (m.in. surowce skalne budujące zabytki neolityczne, eksploatacja ropy naftowej i kruszywy) oraz z przyrodą ożywioną (rezerваты i ostoje ptasie w obrębie klifów).

Słowa kluczowe: Orkady, Szetlandy, kaledonidy, tektonika płyt, wulkanizm, abrazja morska, wybrzeża klifowe

Abstract: The main features of the landscape of the Orkney and the Shetland islands are presented in the article in the context of their geological and geomorphic development. The paper describes sites where rocks and landforms reflecting various stages of geological development appear at the surface. These include, among others, the oldest rocks on the European continent (remnants of the Caledonian orogen), rocks of an ancient ocean floor, granite intrusions, traces of former volcanic activity, landforms resulting from tectonics and glacial modelling. Also contemporary processes shaping the dynamic, rocky coastline are discussed, with attention paid to the influence of lithological and lithofacial variety of sediments on diversity of landforms within the cliffs and shore zone. The relationships between diversified geology, cultural and economic development of the islands and animate nature are mentioned, as well (eg., rocks used in the Neolithic buildings, oil and aggregate exploitation, nature resources and bird sanctuaries on the cliffs).

Key words: Orkney, Shetland, Caledonian mountains, plate tectonics, volcanism, marine abrasion, cliffed coastline

Wstęp

Orkady i Szetlandy, dwa archipelagi wysp liczące łącznie ponad 160 wysp i wysepek, (z czego zamieszkałych jest zaledwie 31), położone u północnych wybrzeży Szkocji, stanowią prawdziwy raj dla geologów i geomorfologów. Mimo stosunkowo bliskiego ich położenia (ok. 100 km) i wspólnej przeszłości geologicznej, ukształtowanie terenu obu obszarów jest całkowicie odmienne. Górzyste Szetlandy zadziwiają bardzo urozmaiconą rzeźbą, nawiązującą do ogromnej zróżnicowania skał podłoża. Z kolei nizinne w przewadze Orkady, z pozoru monotonnie płaskie, zaskakują poszarpaną, urozmaiconą linią zachodniego wybrzeża, odzwierciedlającą zróżnicowanie strukturalne i litofacjalne budujących je skał osadowych.

W niniejszym artykule zaprezentowano najbardziej interesujące pod względem geologicznym i geomorfologicznym obszary obu archipelagów na tle ich historii geologicznej i rozwoju form rzeźby zarówno tych wysp, jak i całej północno-zachodniej Europy.

Geologia i geomorfologia

Skały budujące trzon krystaliczny Orkadów i Szetlandów związane są z orogenezą kaledońską, która miała miejsce między 600 a 400 milionów lat temu. Z geologicznego punktu widzenia oba archipelagi stanowią więc pozostałość łańcucha górskiego, wypiętrzonego wówczas w wyniku kolizji płyt Laurazji i Gondwany, przy czym jedynie na Szetlandach skały te odsłaniają się obecnie na powierzchni, a na Orkadach, silnie zerodowane, przykryte są młodszymi skałami osadowymi dewonu (piaskowiec Old Red) (Auton i in., 1996). Tak więc, przemierzając wyspy Szetlandów, bezpośrednio pod nogami mamy wychodnie jednych z najstarszych skał na kontynencie europejskim. Poza Szetlandami, trzony dawnych gór kaledońskich odsłaniają się na powierzchni jeszcze na Grenlandii, w Irlandii, w centralnej części Wielkiej Brytanii, w Szkocji, Skandynawii i na Spitsbergenie. Najstarsze skały występujące na Szetlandach należą do trzech jednostek, które powstawały w okresie od prekambriu do ordowiku (Fig. 1). Najstarsze, Gnejsy Lewisian, stanowią część pierwotnej skorupy kontynentalnej Laurazji, a ich wiek szacowany jest na 3-1,5 Ga. Drugą grupę stanowi Komplex Moine, w skład którego wchodzi gnejsy, łupki mikowe i kwarcyty wieku 1-0,8 Ga, których protolitymi były osady rzeczne akumulowane na płycie Laurazji. Skały te współcześnie budują większą część wyspy Yell oraz tworzą mniejsze wychodnie w północno-zachodniej części Mainland. Najmłodszy kompleks

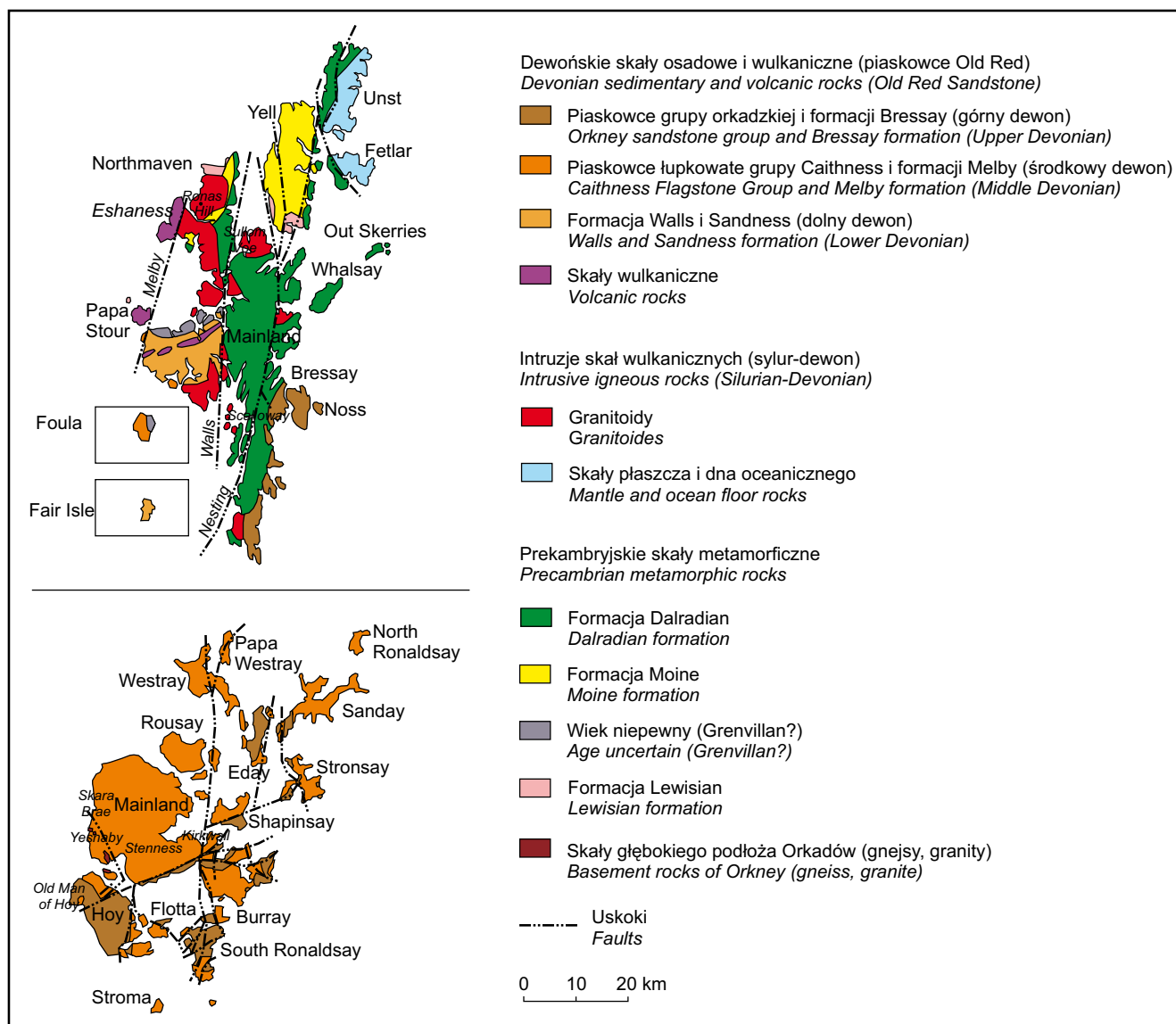


Fig. 1. Schematyczna mapa geologiczna (odkryta) Orkadów i Szetlandów (na podstawie Auton i in., 1996, zmienione) • Schematic geological map of the Orkney and the Shetland islands (without Quaternary deposits) (after Auton *et al.*, 1996, modified)

–Dalradian – powstał 700-600 milionów temu, pierwotnie jako osady deponowane na skraju płyty Laurazji. Stanowi on jednocześnie najbardziej rozległy kompleks skał metamorficznych na Szetlandach, tworzący centralną część Mainland oraz mniejsze wystąpienia na wyspach Fetlar i Unst, a także budujący w całości wyspy Whalsay i Out Skerries (Auton i in., 1996) (Fig. 2).

W ordowiku, w czasie trwania orogeny kaledońskiej, następowało jednocześnie zamykanie oceanu Iapetus, rozdzielającego płyty Laurazji i Gondwany. Ostateczne zamknięcie oceanu nastąpiło około 500 milionów lat temu, a skały budujące pierwotnie jego dno zostały sfałdowane i wypiętrzone. Dziś po pozostałościach dna oceanu Iapetus – głównie perydotytach, gabrach i serpentynitach - można przespacerować się na wyspach Unst i Fetlar w archipelagu Szetlandów (Fig. 1). Silnie zdenudowane, tworzą lekko falistą powierzchnię terenu. Skały te są także zasobne w złoża minerałów, takich jak chromit i talk, które były eksploatowane na Szetlandach (Auton i in., 1996).

W sylurze i dewonie na całym obszarze Szetlandów i

Orkadów pojawiły się liczne intruzje skał magmowych, przede wszystkim granitoidów o lokalnie zróżnicowanym składzie mineralnym. Większe wychodnie dawnych intruzji granitowych występują obecnie w północno-zachodniej, zachodniej i południowej części Mainland na Szetlandach. Niewielkie wychodnie skał granitowych pojawiają się także na Orkadach, w południowo-zachodniej części Mainland, w rejonie Stromness, Yesnaby i na wyspie Graemsay. W pozostałych częściach Orkadów intruzje granitowe przykryte są grubą pokrywą dewońskich skał osadowych i wraz z prekambryjskimi gnejsami tworzą ich podłoże (Dudley Stamp, 1970). Wystąpienia granitów na Szetlandach wyraźnie zaznaczają się w rzeźbie terenu – tworzą one obszary wyniesione, wyodrębniające się z otoczenia, co nawiązuje do większej odporności granitów na wietrzenie w porównaniu z przylegającymi do nich skałami metamorficznymi. Z granitów zbudowane jest, między innymi, najwyższe wzniesienie Szetlandów – Ronas Hill (450 m n.p.m.) (Fig. 3) oraz spektakularne klify w rejonie Hillswick. Granity te są eksploatowane w licznych kamieniołomach (Fig. 4).

Kolizja płyt Laurazji i Gondwany, i związane z tym wypiętrzenie kaledonidów nie zakończyły niepokoju tektonicznego tego okresu. Gondwana nadal przemieszczała się względem Laurazji. Ruch ten ustał przypuszczalnie dopiero w karbonie. Ocenia się, że ostateczne przemieszczenie poziome bloku zachodniego względem wschodniego wyniosło ok. 170 km w kierunku południowym (Auton i in., 1996). Konsekwencją kontynuacji naprężeń i ruchów tektonicznych było powstanie licznych uskoków rozcinających krystaliczne masywy Orkadów i Szetlandów. Trzy główne systemy uskokowe na Szetlandach (uskoki Nesting, Walls i Melby) mają przebieg południkowy (Fig. 1). Przedłużeniem uskoku Walls, który stanowił główną oś przemieszczania obu płyt, jest uskok Great Glen, odcinający całą północną Szkocję od reszty wyspy (Dudley Stamp, 1970). Podobnie jak w przypadku uskoku Great Glen, tak i na Szetlandach linie dawnych dyslokacji znajdują swój bardzo wyraźny obraz w rzeźbie terenu. Główne, wielkie doliny Szetlandów zostały założone właśnie na liniach nieciągłości tektonicznych, gdzie strzaskanie i osłabienie skał, sięgające na odległość kilkuset metrów po obu stronach uskoków, sprzyjało intensywniejszym procesom niszczącym, głównie erozji rzecznej i lodowcowej. Na Orkadach system uskoków jest bardziej złożony, jest ich tam więcej, są natomiast krótsze i nie znajdują tak wyraźnego odzwierciedlenia w rzeźbie, jak w przypadku Szetlandów (Fig. 1). Związane jest to z mniejszym stopniem przekształcenia rzeźby w późniejszym okresie przez procesy powierzchniowe, co wynika z kolei z charakteru dominujących tu skał osadowych.

Ruchy tektoniczne nasiliły się ponownie w okresie jurajskim, powodując uaktywnienie starszych uskoków i dalsze przemieszczanie poszczególnych bloków względem siebie. Kierunek tych przemieszczeń był jednak bardzo zróżnicowany. Przykładowo, wzdłuż głównego uskoku Walls przemieszczenie poziome wyniosło ok. 65 km, ale tym razem w przeciwnym kierunku do poprzedniego (Auton i in., 1996). Efektem tej niespokojnej przeszłości tektonicznej i położenia na styku dwóch aktywnych płyt jest mozaika litologiczna występująca na Szetlandach, znajdująca swoje odzwierciedlenie w urozmaiconej rzeźbie powierzchni.

Okres dewonu odcisnął szczególnie mocne piętno na współczesnym ukształtowaniu rzeźby Orkadów. W okresie tym, około 400 milionów lat temu, obszar dzisiejszych Wysp Brytyjskich położony był około 10° szerokości geograficznej południowej, stąd panujący wówczas klimat miał charakter pustynny (McKirdy, Crofts, 1999). Istniejący tu wtedy górski typ rzeźby sprzyjał intensywnej erozji i denudacji w czasie epizodycznych opadów. W efekcie, w obniżeniach terenu – zarówno suchych, jak i wypełnionych wodami jezior – następowała znaczna akumulacja osadów, przede wszystkim piaszczystych. W tym czasie na obrzeżu gór ukształtował się olbrzymi zbiornik wodny, tzw. Jezioro Orkadzkie, wypełniający obniżenie tektoniczne zwane Niecką Orkadzką (McKirdy, Crofts, 1999). Również w tym zbiorniku następowała intensywna depozycja osadów, zmieniająca się zależnie od fluktuacji linii brzegowej jeziora uzależnionej od znacznych, sezonowych i wieloletnich zmian ilości opadów. Miąższość osadów dewońskich zakumulowanych w tym zbiorniku jeziornym oceniana jest na około 4000 m piasków i ilów (Auton i in., 1996).



Fig. 2. Silnie zdenudownowane podłoże prekambryjskich skał (formacja Dalradian) tworzy pofalowany krajobraz południowej części Szetlandów, fot. A. Latocha • Strongly denudated Precambrian basement (Dalradian Formation) forms undulating landscape of the southern Shetland, phot. A. Latocha



Fig. 3. Ronas Hill - najwyższe wzniesienie Szetlandów (450 m n.p.m.) stanowi intruzję granitową z okresu syluru-dewonu, fot. A. Latocha • The Ronas Hill – the highest elevation of the Shetland (450 m a.s.l.) is the Silurian-Devonian granite intrusion, phot. A. Latocha



Fig. 4. Zróżnicowana budowa geologiczna decyduje o bogatych złożach surowców skalnych Szetlandów. Eksploatacja kruszywa w okolicy Scalloway (Szetlandy), fot. A. Latocha • Diversified geology is responsible for the variety of valuable industrial stones deposits. Aggregate exploitation near Scalloway (Shetland), phot. A. Latocha



Fig. 5. Wnętrze wysp orkadzkich stanowią płaskie lub słabo nachylone obszary dewońskich piaskowców Old Red, będących podłożem rozwoju żyznych gleb (Mainland), fot. A. Latocha • The inner parts of the Orkney are flat or slightly inclined surfaces of Devonian Old Red sandstone, on which the fertile soils are developed (Mainland), phot. A. Latocha

Fig. 6. W klifach w rejonie Yesnaby (Mainland, Orkady) wyraźnie widać strukturę i uławicenie budujących je piaskowców dewońskich, fot. A. Latocha • Sedimentary structures of Devonian sandstone are well-visible in the cliffs near Yesnaby (Mainland, Orkney), phot. A. Latocha



Efektem procesów denudacyjnych i akumulacyjnych w dewonie było powstanie rozległej pokrywy skał osadowych, określanych mianem piaskowca Old Red, mających na większości obszaru charakter płyty. Obecnie stanowią one podłoże wszystkich wysp archipelagu Orkadów. W centralnych częściach wysp piaskowce dewonu tworzą jednolite i monotone, płaskie lub lekko faliste powierzchnie (Fig. 5).

Pod względem litofacjalnym osady te są bardzo zróżnicowane – reprezentują żwirowe i piaszczyste osady rzeczne, piaski plażowe i wydmowe oraz piaski, pyły i ropy jeziorne (Auton i in., 1996). Różnicowanie strukturalne osadów dewońskich decyduje o różnicach w odporności poszczególnych partii skały. Najlepiej uwidacznia się to na zachodnich wybrzeżach wysp orkadzkich, gdzie strome, piaskowcowe klify mają bardzo urozmaicony przebieg, nawiązujący do zmian w strukturze uławicenia, granulometrii i wykształcenia litofacjalnego poszczególnych ogniw skalnych (Fig. 6). Szczególnie urozmaicone jest wybrzeże w okolicy Yesnaby. Oprócz urwistych klifów występują tu liczne inne formy skalne, związane ze zróżnicowaniem cech piaskowców, a tym samym różną podatnością na abrazyjną działalność morza. Selekttywne wietrzenie oraz działalność fal morskich doprowadziły do powstania wielu erozyjnych ostańców skalnych, wystających z morza w postaci iglic, baszt, czy naturalnych łuków skalnych, platform abrazyjnych i jaskiń wypreparowanych w mniej odpornych warstwach (Fig. 7). Jednym z najbardziej spektakularnych przykładów jest Zamek Yesnaby u zachodnich wybrzeży Mainland – ostaniec abrazyjny z naturalnym

oknem skalnym w dolnej części, stojący na szerszej podstawie, zbudowanej z bardziej odpornych skał wulkanicznych (dzięki czemu możliwe było jego przetrwanie) (Fig. 8). Podobne warunki – podłoże zbudowane z bazaltów odpornych na abrazję – umożliwiło powstanie jednej ze sztandarowych form skalnych u wybrzeży Orkadów – kolumny abrazyjnej zwanej “Old Man of Hoy” (Stary Człowiek z Hoy), usytuowanej na zachodnim wybrzeżu wyspy Hoy (Fig. 9). Budujące ją piaskowce stanowiły dawniej żwiry i piaski pustyńne. Wysokość kolumny wynosi 33,5 m ponad poziomem morza – jest to najwyższy słup skalny na Wyspach Brytyjskich (Bailey, 1995).

Oddzielność płytowa piaskowców i spękania ciosowe sprzyjają także powstawaniu urozmaiconych ścian klifów nadmorskich, w których wyodrębniają się liczne półki skalne, nawiązujące do zróżnicowanej odporności kolejnych warstw oraz systemów spękań. Półki te sprzyjają gniazdowaniu ptaków, stąd większość piaskowcowych klifów stanowi cenne i bogate siedliska morskiego ptactwa, a niektóre miejsca są objęte ochroną jako ptasie ostoje i rezerваты o randze międzynarodowej, m.in. klify na wyspach Westray, Fair i Noss (Bailey, 1995; Newton, 1995) (Fig. 10).

Najbardziej rozpowszechnionym typem piaskowców dewońskich jest piaskowiec płytowy, stanowiący podłoże przeważającej części Orkadów (Fig. 1). Jego duża odporność i wytrzymałość mechaniczna oraz podzielność powodująca rozpad skały na płaskie fragmenty zadecydowały, że od czasów prehistorycznych stanowił on bardzo popularny i dobry kamień budowlany. Stąd, między innymi, przetrwały

Fig. 7. Klifowe wybrzeże w okolicy Yesnaby (Mainland, Orkady) odznacza się dużym urozmaiceniem i znaczną ilością abrazyjnych form skalnych, fot. A. Latocha • The cliffed shoreline near Yesnaby (Mainland, Orkney) is very diverse, with many various abrasional rock features, phot. A. Latocha



Fig. 8. Piaskowcowy ostaniec abrazyjny, Zamek Yesnaby (Orkady), stoi na cokole ze skał wulkanicznych, fot. A. Latocha • Sandstone abrasional stack, the Yesnaby Castle (Orkney) stands on the basement of volcanic rocks, phot. A. Latocha

na Orkadach liczne obiekty z epok neolitu, brązu i żelaza, wznoszone właśnie z piaskowca łupkowatego. Najbardziej spektakularnym przykładem jest neolityczna wioska Skara Brae (najlepiej zachowana osada epoki kamiennej w Europie), gdzie w dawnych kamiennych chatkach przykrytych wydmowymi piaskami przetrwały nawet neolityczne "meble". Stanowią je odpowiednio ułożone głązy i bloki piaskowca płytowego, tworzące kredensy, łóżka, zbiorniki na wodę czy obudowę palenisk (Bailey, 1995) (Fig. 11). Z piaskowców tych w okresie neolitu wznoszono także kultowe kamienne kręgi i stojące kamienie (m.in. w Stenness, Brodgar; Fig. 12) oraz grobowce komorowe, których naliczono na Orkadach ponad 80, w tym największy, Maes Howe, datowany na 2900-2800 lat p.n.e. Budujące go bloki skalne ważą do 3 ton, a płyty piaskowcowe pozwoliły na konstrukcję kopuły z zachodzących na siebie ku górze płyt. W późniejszych czasach dewońskie piaskowce płytowe stały się dla orkadzkich farmerów idealnym budulcem ogrodzeń, zagród i domostw (McCarthy, 1994). Z kolei mniej odporne odmiany piaskowców dewońskich ulegają szybkiemu wietrzeniu w morskim klimacie wysp, co między innymi przejawia się znacznymi zniszczeniami zbudowanych z nich zabytków (Fig. 13).

Kolejnym ważnym okresem w dziejach geologicznych Orkadów i Szetlandów był ponowny wzrost naprężeń w skorupie ziemskiej i intensyfikacja ruchów tektonicznych,



Fig. 9. Klifowe wybrzeża wyspy Hoy (Orkady) powstałe w górnodewońskich piaskowcach. W tle widoczny słynny, izolowany słup skalny Old Man of Hoy (wysokość 33,5 m), fot. A. Latocha • Cliffs of the Hoy Island (Orkney) are formed of Upper Devonian sandstones. In the far ground the Old Man of Hoy is visible – the famous, isolated rock pillar, standing 33.5 m above sea surface, phot. A. Latocha

będących efektem ruchów konwekcyjnych w górnym płaszczu Ziemi. W rezultacie, w karbonie i permie na obszarze dzisiejszej Szkocji i archipelagów Orkadów i Szetlandów wystąpiły liczne intruzje żyłowych skał magmowych. Najczęściej są to dajki lamprofirowe o rozciągłości wschód-zachód (Auton i in., 1996). Ponadto ukształtowanych zostało wówczas wiele zapadłisk i rowów tektonicznych. Ich formowanie trwało również w czasach późniejszych, tj. przez cały mezozoik, aż do czwartorzędu. Sedymentacja w takich depresjach tektonicznych doprowadziła do powstania skał zbiornikowych, dlatego w osadach niektórych rowów i zapadłisk znajdują się znaczne zasoby ropy naftowej i gazu ziemnego, o ważnym znaczeniu gospodarczym. Na Szetlandach, w Sullom Voe, zlokalizowany jest jeden z największych w Europie terminali ropy naftowej i gazu ziemnego (McCarthy, 1994) (Fig. 14).

Głównym obszarem występowania ropy naftowej i gazu jest Rów Wikingów, położony na obszarze Morza Północnego, pomiędzy Szkocją, Orkadami, Szetlandami a Norwegią.



Fig. 10. Selektywne wietrzenie oraz oddzielność piaskowca płytowego sprzyja gniazdowaniu ptaków morskich, dzięki czemu klify stanowią cenne ostoje ptasie (Westray, Orkady), fot. A. Latocha • Selective weathering and fissility of the flagstone slabs facilitate the nesting of seabirds, therefore, many cliffs are important bird sanctuaries (Westray, Orkney), phot. A. Latocha



Fig. 11. Wnętrze neolitycznej chaty w Skara Brae (Orkady). Kamienne "meble" wykonane są z piaskowca płytowego, fot. A. Latocha • The interior of a Neolithic cottage in Skara Brae (Orkney). Stony furniture is made of flagstone, phot. A. Latocha



Fig. 12. Piaskowiec płytowy stanowi doskonały i trwały budulec od czasów prehistorycznych. Wykonano z niego m.in. neolityczne megality w Stenness (Orkady), fot. A. Latocha • Flagstone has been a perfect, hard construction stone since the Prehistoric times. It was used, among others, in construction of the Neolithic megaliths in Stenness (Orkney), phot. A. Latocha



Fig. 13. Wietrzenie piaskowców Old Red w portalu romańskiej katedry Św. Magnusa w Kirkwall (Orkady), fot. A. Latocha • Weathering of the Old Red Sandstone in the portal of the Romanesque St. Magnus Cathedral in Kirkwall (Orkney), phot. A. Latocha

Rów ten utworzony został w permie jako ryft, który zapoczątkował otwarcie współczesnego Morza Północnego. Ostateczne połączenie nowego ryftu z wodami otwartego morza nastąpiło na początku jury. Drugim głównym obszarem występowania skał zbiornikowych węglowodorów jest Niecka Wschodnioszetlandzka. W obu tych rejonach skały zawierające ropę i gaz są różnego wieku, od dewonu do eocenu, jednak główne zasoby węglowodorów występują w osadach środkowojurajskich. W ostatnich latach intensyfikacji uległa również eksploatacja ropy i gazu z szelfu kontynentalnego u zachodnich wybrzeży Szetlandów, gdzie odkryto kilka większych złóż ropooszczędnych. Ropa zawarta w największym z nich, Clair Oilfield, wygenerowana została w łupkach późnojurajskich, a pułapką stał się piaskowiec Old Red, do którego ropa migrowała wzdłuż nieciągłości tektonicznych (Auton i in., 1996).

Gospodarka obu archipelagów oparta jest więc głównie na dochodach z eksploatacji ropy naftowej. Dzięki funduszom uzyskanym z jej sprzedaży na Szetlandach i Orkadach nastąpił bardzo intensywny rozwój infrastruktury, komunikacji, edukacji, opieki zdrowotnej, a także sztuki oraz turystyki, stojących na wysokim poziomie (Bailey, 1995; Newton, 1995).

W karbonie i permie utworzyła się także kolejna dolina



Fig. 14. Sullom Voe (Szetlandy) – największy w Europie terminal ropy naftowej i gazu ziemnego, fot. A. Latocha • Sullom Voe (Shetland) – the largest oil and gas terminal in Europe, phot. A. Latocha

ryftowa w obrębie rozpadającego się w wyniku naprężeń tensyjnych kontynentu, która zapoczątkowała powstanie Oceanu Atlantyckiego. Jego otwarcie nastąpiło ostatecznie w późnej kredzie. Efektem stopniowego, tensyjnego rozciągania i ścieniania skorupy ziemskiej było uaktywnienie działalności wulkanicznej. Koncentrowała się ona głównie wzdłuż centralnej części nowo powstającego oceanu, czyli wzdłuż Grzbietu Śród atlantyckiego ale aktywność wulkaniczna zaznaczyła się także na obszarach przyległych, czego pozostałością jest między innymi pas wulkanów rozciągający się od wyspy Arran do wyspy Skye u zachodnich wybrzeży Szkocji (McKirdy, Crofts, 1999).

Ostateczny rys rzeźby Orkady i Szetlandy uzyskały w okresie zlodowaceń plejstocenijskich. Obszar archipelagów został nimi objęty kilkakrotnie w ciągu ostatnich dwóch milionów lat. Między innymi sięgnął tu także lądolód skandynawski (około 100 000 lat temu), czego świadectwem są rozsiane po wyspach głazy narzutowe zbudowane ze skał występujących w Norwegii (Dudley Stamp, 1970). Ostatnie zlodowacenie tego obszaru (około 25 000 lat temu) miało jednak charakter lokalny – czapa lodowa rozwinęła się wówczas tylko na położonych bardziej na północ Szetlandach.

Efektów przeobrażenia rzeźby w zimnym klimacie plejstocenijskim są szczególnie dobrze widoczne w górskim obszarze Szetlandów oraz na wyspie Hoy w archipelagu Orkadów. Zaznaczają się tam szerokie, U-kształtne doliny, w wyższych partiach stoków widoczne są podcięcia cyrków lodowcowych, a na obszarach objętych procesami peryglacjalnymi rozwinęły się gruzowe pokrywy stokowe. Liczne, głębokie i długie zatoki rozwinięte głównie u wybrzeży Szetlandów to zalane przez morze dawne doliny rzek, pogłębione przez lodowce (Fig. 15). Po ustąpieniu lądolodów, co miało miejsce około 14 000 lat temu, glacioizostatyczne ruchy lądu doprowadziły do podniesienia Szetlandów o około 8-9 m (McKirdy, Crofts, 1999).

Współczesne procesy rzeźbotwórcze najlepiej obserwować na wybrzeżach. Wiele odcinków wybrzeży nich ma charakter klifów o urozmaiconej rzeźbie, wynikającej ze zróżnicowanych cech litologicznych i strukturalnych budujących je skał (Fig. 16 A, B, C). Wzdłuż linii uskoków i spękań rozwijają się długie i wąskie zatoki o charakterze szczelin (Fig. 17), z



Fig. 15. Liczne, długie i głębokie zatoki morskie u wybrzeży Szetlandów stanowią pozostałości po zlodowaceniach plejstocenijskich. Sprzyjają jednocześnie zakładaniu osad i portów. Dawna stolica Szetlandów – Scalloway, fot. A. Latocha • Many long and deep bays along the shores of the Shetland are remnants of Pleistocene glaciations. Such sites facilitate the development of settlements and harbours. Scalloway – the former capital of Shetland, phot. A. Latocha

kolei w mniej odpornych warstwach skał osadowych lub tufów i zwietrzliny skał wulkanicznych dynamicznie rozwijają się różnorodne formy nawiązujące do selektywnej erozji i abrazji morskiej. O tempie niszczenia wybrzeży klifowych świadczą zachowane dawne mapy i ryciny, pokazujące zmiany linii brzegowej w ostatnich stuleciach. Przykładowo, dzisiejszy słup skalny Old Man of Hoy na szczegółowej mapie wybrzeża z połowy XVIII w. stanowił jedynie niewielki półwysep. Natomiast na akwatynie z 1815 r. była to już izolowana kolumna skalna, ale znacznie bardziej masywną niż obecna, ponadto z jaskinią u podstawy, która obecnie już nie istnieje (Bailey, 1995).

Nieliczne są natomiast piaszczyste plaże. Intensywna erozja, zwłaszcza wybrzeży zachodnich, wystawionych na bezpośrednie oddziaływanie fal oceanu, rzeźbi skalne platformy abrazyjne. Ich budowa uzależniona jest na ogół do upadu tworzących je warstw, które są często są zbyt nachylone, by możliwa była na nich akumulacja osadów piaszczystych (Fig. 18 A, B). Niszcząca siła fal sztormowych zaznacza się wyraźnie nie tylko u podstawy klifów, ale także na ich powierzchni. Przykładem mogą być głazy i bloki skalne wyrzucane przez atlantyckie sztormy na półwysep Eshaness, na klif blisko 20-metrowej wysokości i znajdujące nawet do 80 m w głąb lądu od jego krawędzi (Fig. 19). Również degradacja pokrywy roślinnej na powierzchni klifów związana jest nie tylko z erozyjnym rozcinaniem i splukiwaniem w czasie intensywnych opadów, ale przede wszystkim z niszczącym oddziaływaniem wysokich fal sztormowych (Fig. 20).

Podsumowanie walorów turystycznych

Urozmaicony krajobraz Szetlandów i Orkadów, zwłaszcza ich wybrzeży, oraz występowanie na powierzchni różnorodnych skał podłoża – w tym najstarszych skał kontynentu europejskiego – stanowią istotny walor przyrodniczy archipelagów, przyciągający licznych turystów. W najbardziej popularnych miejscach, oprócz zwykłych szlaków turystycz-



Fig. 16. Urozmaicona linia brzegowa nawiązuje do zróżnicowania litologicznego i litofacjalnego skał budujących klify. Przykłady wybrzeży klifowych: A – w bazaltach (Eshaness, Szetlandy), B – w piaskowcach łupkowych (Westray, Orkady), C – w skałach metamorficznych formacji Dalradian (Mainland, Szetlandy), fot. A. Latocha • Diversified shoreline results from lithological and lithofacial variability of the cliff-forming rocks. Examples of cliffed shores cut in: A – basalts (Eshaness, Shetland), B – flagstone (Westray, Orkney), C – Dalradian Formation metamorphics (Mainland, Shetland), phot. A. Latocha



Fig. 17. Oddzielność płytowa piaskowców łupkowych i spękania sprzyjają rozwojowi szczelin na wybrzeżach klifowych. Z czasem przekształcają się one w głęboko wcięte, wąskie zatoki (Westray, Orkady), fot. A. Latocha • Fissility and fracturing of the flagstone favour the development of clefts in the cliffs. With time, such clefts evolve into deeply cut, narrow bays (Westray, Orkney), phot. A. Latocha



Fig. 18. Platformy abrazyjne w piaskowcach dewońskich nawiązują na ogół do upadu warstw skalnych. Ich nachylenie oraz silne fale oceaniczne nie sprzyjają formowaniu piaszczystych plaż (A – Westray, B – Mainland; Orkady), fot. A. Latocha • Abrasional platforms cut into Devonian sandstones follow the dip of strata. Their inclination together with the power of oceanic storm waves do not support formation of sandy beaches (A – Westray, B – Mainland; Orkney), phot. A. Latocha

nych, przygotowane zostały także ścieżki edukacyjne. Przykładem może być trasa wzdłuż zachodnich wybrzeży Mainland na Orkadach, w okolicach Yesnaby, gdzie przy szlaku ustawiono kilka tablic informacyjnych na temat otaczającego środowiska przyrodniczego. Między innymi przedstawiają one w prosty i przystępny sposób zagadnienia związane z budową geologiczną i etapami rozwoju rzeźby tego obszaru oraz genezą urozmaiconych form skalnych w strefie wybrzeża. Łącznie na Orkadach i Szetlandach znajduje się blisko 50 obszarów objętych ochroną przez Scottish Natural Heritage – niezależną agencją rządową – jako miejsca o szczególnej



Fig. 19. Głazy wyrzucone przez fale sztormowe na powierzchnię 20-metrowego klifu znajdują się do 80 m w głąb lądu (Eshaness, Szetlandy), fot. A. Latocha • Boulders torn by storm waves onto the cliff top (20 m high) are found up to 80 m inland (Eshaness, Shetland), phot. A. Latocha

wartości naukowej (Sites of Special Scientific Interest, SSSI) (McKirdy, Crofts, 1999). Promocji dziedzictwa geologicznego i geomorfologicznego różnych obszarów Szkocji, w tym także Orkadów i Szetlandów, służy również seria wydawnicza “Krajobraz kształtowany przez geologię” (‘Landscape Fashioned by Geology’), przygotowywana wspólnie przez Scottish Natural Heritage i British Geological Survey. Wyprawa na oba archipelagi może więc być znakomitą, terenową lekcją geologii i geomorfologii – bezpośrednio pod nogami mamy tu skały i formy rzeźby związane z wieloma różnymi, mniej lub bardziej odległymi epokami geologicznymi.



Fig. 20. Działalność fal sztormowych sięga wysoko na powierzchnię klifów, niszcząc pokrywę roślinną (Westray, Orkady), fot. A. Latocha • Destructive action of storm waves reaches the cliff tops, stripping away the vegetation (Westray, Orkney), phot. A. Latocha

Summary

Geological tour through the Orkney and the Shetland islands

Agnieszka Latocha

The article presents the most interesting geological and geomorphic features of both the Orkney and the Shetland islands in relation to geology and relief development of both archipelagos and the entire north-western Europe.

The crystalline basement of the Orkney and the Shetland is a remnant of the former Caledonian orogenic belt, which was folded and uplifted due to the collision of two tectonic plates: Laurentia and Gondwana. The Precambrian rocks, which belong to the oldest rocks in Europe, are exposed on the surface of the Shetland islands, while in the Orkney these are covered by younger, mainly Devonian deposits (Auton et al., 1996) (Fig. 1). The ancient rocks of the Shetland include three main metamorphic units: the Lewisian gneisses, the Moine gneisses, mica schists and quartzites, and the Dalradian complex, which is the most widespread bedrock in the Shetland (Fig. 2). On the surfaces of the Unst and the Fetlar islands there are outcrops of other ancient rocks: peridotites, gabbros and serpentines. These are remnants of the former floor of the Iapetus Ocean, which has closed around 500 million years ago.

In both the Silurian and the Devonian many intrusions of

granitic rocks invaded the area. In the recent landscape of the Shetland these intrusions form prominent elevations, as these are more resistant to weathering than the surrounding rocks. The highest peak in the Shetland, the Ronas Hill (450 m a.s.l.) is built of these granites (Fig. 3). In the Orkney, the granitic intrusions are not exposed at the surface but, together with the Precambrian rocks, form the basement for the above lying deposits (Dudley Stamp, 1970). In the Shetland many of the granite outcrops are currently quarried (Fig. 4).

The tectonic stresses, which followed the collision of plates and the Caledonian orogeny, resulted in the formation of many distinct faults dissecting both archipelagos (Fig. 1). These are especially well-pronounced in the relief of the Shetland, where later processes (mainly water and glacial erosion) scoured the weakened bedrock along the faults and formed broad valleys (Auton et al., 1996). The main parallel faults of the Shetland are Melby, Nesting and Walls. The latter extends southward as the Great Glen Fault in the Scotland mainland (Dudley Stamp, 1970). The final result of all the tectonic movements and faulting is the mosaic of rock outcrops in the Shetland, where adjacent rocks are of different types and age.

The most important period of bedrock formation in the Orkney was the Devonian, when the entire area was located 10° south of the equator and the dominant climate was hot and arid. This was the time of intensive erosion and denuda-

tion of the Caledonian mountains. Sediments were deposited in the intramontane depressions as well as in freshwater lakes, especially in the Lake Orcadie, which formed in the mountain foreland (McKirdy, Crofts, 1999). Maximum thickness of Devonian of sands, silts and clays was estimated as 4,000 m (Auton et al., 1996). The main Devonian rock formation is the Old Red Sandstone, which covers most part of the Orkney. In the inner parts of the islands, this sandstone forms flat or slightly undulating surfaces (Fig. 5), while in the cliffed shoreline even minor differences in rocks structure, lithofacies or bedding produce great variety of rocky landforms (Fig. 6). Both the selective weathering and marine abrasion lead to the formation of picturesque as sheer cliffs, caves, isolated stacks, natural arches or abrasional platforms, which are especially well developed in the area of Yesnaby (Fig. 7). The most spectacular and famous isolated sea stacks are the Castle of Yesnaby (Fig. 8) and the Old Man of Hoy (Fig. 9), both composed of Devonian sandstone but standing on a more resistant basaltic basement, which allowed for their survival.

The Devonian sandstone is especially prone to selective weathering along its bedding planes and joints. As a result, cliffs with many small rocky shelves are formed. These are very suitable sites for seabirds nesting, therefore such cliffs (for example in the Westray, Fair and Noss islands) are often protected as nature reserves or bird sanctuaries (Bailey, 1995; Newton, 1995) (Fig. 10).

The most widespread type of Devonian sediments is the flagstone (Fig. 1). Due to its high mechanical strength, hardness and natural fissility (desintegration into large slabs), the flagstone has been a valuable and popular construction stone from the Prehistoric times to the Recent (McCarthy, 1994). The world-known sites of Neolithic monuments, such as the Skara Brae - the best preserved Neolithic village in Europe, where even the fragile stony furniture has survived (Bailey, 1995), standing stones of Stenness and Brodgar or megalithic tombs, such as the largest Maes Howe, are all built of flagstone slabs (Fig. 11; Fig. 12). However, the less resistant types of sandstone are easily weathered in the moist oceanic climate of the archipelagos, which results in the deterioration of some monuments (Fig. 13).

The next important stage of geological development of the Orkney and the Shetland islands occurred in the Carboniferous and the Permian, when tectonic stresses and movements were once again intensified. These resulted in numerous intrusions of lamprophyre dykes on one hand, and in the formation of many tectonic depressions on the other (Auton et al., 1996). Especially the latter ones are of substantial impor-

tance for both the Shetland and the Orkney economies, as these were filled with sediments accumulating oil and gas. Nowadays, these natural resources are the main export commodities, allowing for fast economic and social development of the region (Bailey, 1995; Newton, 1995). One of the largest oil terminals in Europe is located in the Shetland, in Sullom Voe (McCarthy, 1994) (Fig. 14).

Due to tectonic movements in that period, a new rift valley was formed in the Upper Cretaceous, which finally became the Atlantic Ocean. That process was connected with an intensive volcanic activity, the remains of which can be seen on the western shores of the Shetlands and in the islands along the Scottish mainland (McKirdy, Crofts, 1999).

The last period of the formation of contemporary landscape was the Pleistocene, when both archipelagos were glaciated for several times. Moreover, both archipelagos were also covered with the Scandinavian icesheet, as proved by the erratics of Norwegian rocks (Dudley Stamp, 1970). The glacial features are best pronounced in the Shetland and in the Hoy Island of the Orkney. These are U-shaped valley, glacial corries and periglacial debris covers. Also deep and long marine bays are inherited from the Pleistocene – these are glacially deepened valleys, which were subsequently invaded by the sea (Fig. 15).

The most dynamic contemporary geomorphic processes can be observed on the cliffed shores, which are very diverse due to differences in lithology and structure of rocks (Fig. 16 A, B, C). Along the fault lines and joint systems the narrow clefts are eroded by waves (Fig. 17), while other, less resistant layers are subjected to selective weathering and abrasion. The formation of abrasional platforms corresponding to the dips of strata does not facilitate the development of sandy beaches, as such platforms are too steep and the activity of ocean waves is too strong for accumulation of larger sand bodies (Fig. 18 A, B). The destructive force of storm waves can also be seen on the clifftops. It is evidenced by blocks thrown on the tops of cliffs as high as 20 m (Fig. 19) or by vegetation covers heavily eroded by storm waves (Fig. 20).

The diversity of rocks and landforms in the Orkney and the Shetland islands is of a great scientific importance. Therefore, around 50 objects have been classified as the Sites of Special Scientific Interest (SSSI) and protected by the Scottish Natural Heritage (McKirdy, Crofts, 1999). The geological and geomorphic heritage is promoted also by establishing the net of educational trails with explanatory boards (i.e. around Yesnaby) or by publishing the informative brochures and books (i.e. series 'Landscape Fashioned by Geology').

Literatura (References)

- Auton, C., Fletcher, T., Gould, D., 1996. *Orkney and Shetland – a Landscape Fashioned by Geology*. Scottish Natural Heritage & British Geological Survey, Perth, 23 pp.
- Bailey, P., 1995. *Orkney*. Pevensey Island Guides, David & Charles, Newton Abbot, 112 pp.
- Dudley Stamp, L., 1970. *Britain's Structure and Scenery*. The Fontana New Naturalist, Collins, London & Glasgow, 319 pp.
- McCarthy, J., 1994. *Scotland: the Land and its Uses*. Chambers, Edinburgh, 153 pp.
- McKirdy, A & Crofts, R., 1999. *Scotland – the Creation of its Natural Landscape*. Scottish Natural Heritage & British Geological Survey, Perth, 64 pp.
- Newton, N., 1995. *Shetland*. Pevensey Island Guides, David & Charles, Newton Abbot, 112 pp.
- Warte polecenia są również profesjonalne strony internetowe dotyczące geologii i krajobrazu Orkadów i Szetlandów: www.fettes.com/orkney/ i www.fettes.com/shetland/