

Naslov članka/Article:

Drobci iz geologije Škotske

Fragments from the Geology of Scotland

Avtor/Author:

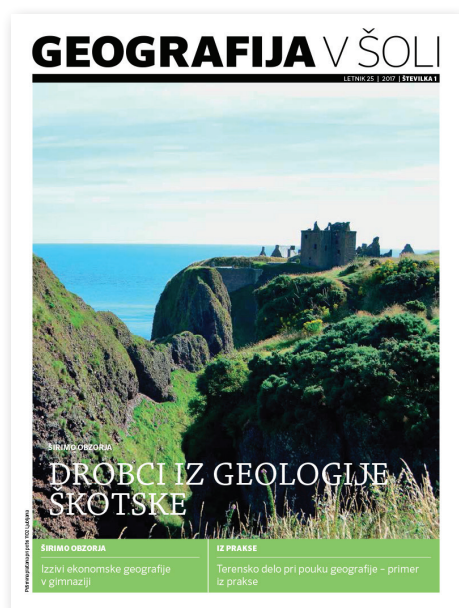
dr. Anton Polšak

<https://doi.org/10.59132/geo/2017/1/10-23>

CC licenca



Priznanje avtorstva-Nekomercialno-Brez predelav



Geografija v šoli 1/2017, letnik 25

ISSN 1318-4717

Izdal in založil: Zavod Republike Slovenije za šolstvo

Kraj in leto izdaje: Ljubljana, 2017

Spletna stran revije:

<https://www.zrss.si/strokovne-revije/geografija-v-soli/>

Anton Polšak

Drobci iz geologije Škotske

10
GEOGRAFIJA V ŠOLI | 1/2017



OTOK STAFFA

Foto: Mats Ljunberg.

**Dr. Anton Polšak**

Zavod RS za šolstvo

anton.polsak@zrss.si

COBISS: 1.04

Uvod

Škotska je pokrajina, ki je znana že učencem v osnovni šoli in kasneje dijakom v srednjih šolah. V šoli pač ne moremo mimo obravnave treh glavnih gorotvornih procesov: kaledonskega, hercinskega¹ in alpidskega. Prvi od teh in s tem najstarejši proces je značilen tudi za Škotsko (poleg nje še za večji del Irske in Skandinavskega gorovja). Čeprav gre za gorotvorno gubanje od pred 500 do 400 milijoni let, pa to ne pomeni, da se za njim ni zgodilo nič pomembnega in da so takšna gorovja enolična. Ravno nasprotno: tudi kasneje so bila podvržena tektonskemu dogajanju, razlamljanju, ugrezanju in dvigovanju, vulkanizmu in tudi obsežni poledenitvi, zato je Škotska geološko prav tako zapletena in pestra kot npr. Slovenija. Je pa res, da je na Škotskem prav malo kamnin, ki bi bile mlajše kot karbonske starosti (na Slovenskem je z izjemo Karavank in Pohorja ravno nasprotno). Geološka starost in pestrost kamnin pa sta ne nazadnje tudi pripomogli k temu, da so postali škotski naravoslovci in geologi pionirji geološke znanosti kot take.

V prispevku tako skušamo na kratko orisati geološki razvoj ozemlja Škotske in nanizati nekaj njegovih posebnosti.

Splošno o Škotski

Škotska meri 78.770 km², od tega je okoli 3 % vodnih površin (jezer). Običajno jo delimo na otoke (Shetlandske, Orkneyske, Zunanje in Notranje Hebride), Severozahodno višavje (North West Highlands), Grampiansko gorovje (Grampian Mountains), Osrednje nižavje (Central Lowlands) in Južno gričevje (Southern Uplands) (slika 1). Meje med njimi so dokaj izraziti tektonski prelomi: prelom Great Glenn na severu ter Višavski mejni prelom (Highland Boundary Fault) in Južni gričevni prelom (Southern Upland Fault), ki omejujeta osrednje nižavje. Poleg omenjenih sta še prelom ob zunanjih Hebridih in prelom Moine, ki poteka preko SV dela Škotskega višavja, in znameniti geološki Iapetuški šiv (ang. Iapetus Suture), ki bi ga do neke mere lahko

1 Geološki terminološki slovar (Založba ZRC, 2016, 2013, ur. J. Pavšič) dopušča tudi poimenovanje orogeneze s pridevnikom variscična, variskična in varistična.

Povzetek

Geološka podlaga Škotske je stara – večinoma iz starega in le malo iz srednjega zemeljskega veka. Vse ostale kamnine, ki sodijo v kvartar in so torej mlajše od 2,6 milijona let, tamkajšnji geologi prištevajo k t. i. površinskim kamninam in ne geološki podlagi. Višavski in otoški del Škotske gradijo zelo stare metamorfne in magmatske kamnine, za zahodni rob pa je bil značilen tudi mlajši – paleogenski vulkanizem. Osrednje nižavje in območje gričevja južno od tod gradijo večinoma sedimentne kamnine ordovicijske do karbonske starosti, severozahodno obrobje pa tudi starejše (karbonske) vulkanske kamnine. Geološka podlaga je v podrobnostih zelo pestra, mnogo je prelomov in narivov, ki so v največji meri posledica kaledonske orogeneze. Zaradi obširne tematike smo v članku dali poudarek le izbranim drobcem iz geološke zgodovine in kratko orisali pomen škotske geologije za razvoj te znanosti.

Ključne besede: Škotska, paleozoik, granit, metamorfne kamnine

Fragments from the Geology of Scotland

Abstract

The geological substratum of Scotland is old – mostly from the Palaeozoic and only a small section from the Mesozoic. All other rocks, which belong to the Quaternary and are therefore less than 2.6 million years old, are classified by local geologists as the so-called surface rocks and not as the geological substratum. The highland and island part of Scotland is made up of very old metamorphic and igneous rocks; the western edge is also characterised by younger – Palaeogene volcanism. The central lowland and the hilly area to the south are mostly made up of sedimentary rocks, from Ordovician to Carboniferous in age, while the northwestern fringe is also made up of older (Carboniferous) volcanic rocks. The geological substratum contains highly diverse details; there are many faults and overthrusts, which are mostly the result of Caledonian orogeny. Due to the comprehensive topic, the article focuses only on select fragments from geological history and briefly describes the importance of Scottish geology for the development of science.

Keywords: Scotland, Palaeozoic, granite, metamorphic rocks

razumeli podobno kot Periadriatski šiv pri nas. Približno po njem poteka tudi pokrajinska meja med Škotsko in Anglijo.

Višavje na severu, imenovano tudi Škotsko višavje, zavzema okrog 2/3 Škotske in se deli na Severozahodno višavje in Grampiansko gorovje. Deli ju globoka dolina, imenovana Glen Mor ali Great Glen. Najvišji vrh Višavja je Ben Nevis s 1343 m, ne posebej visok, a zaradi geografske lege pozimi pod snegom in z bližnjimi smučišči. Stara pogorja imajo dve vrsti dolin: strme in ozke doline, ki jim pravijo *glens*, in široke, valjaste doline, ki jim pravijo *straths*. Pravega gozda je tu malo, prevladuje travna, grmovna in skalna pokrajina z resavami. Takim pokrajinam pravijo *moor* (barje) ali *heath* (resave).

Osrednje nižavje je nižja gričevnata pokrajina, v osnovi zgrajena iz starih vulkanskih kamnin, Južno gričevje pa je pokrajina širokih dolin in vmesnih gričevij. Od vseh enot sta ti dve tudi najgostejše poseljeni.



Slika 1: Geografska območja Škotske
Vir podlage: Splet 1.

Glavno mesto je Edinburgh (490.000 preb. na urbanem območju), največje pa Glasgow (1,2 mio preb. na urbanem območju), nekdanje pomembno industrijsko mesto. Več kot 100.000 prebivalcev imata še Aberdeen in Dundee. Razdalje med mesti so v nižavju kratke (med Glasgowom in Edinburghom je le dobre pol ure vožnje po avtocesti), bistveno pa se povečajo v višavju in Grampianskem gorovju. Tam je poselitev vezana na obalne kraje in rečne doline, vmes pa so redke kmetije, ki še komaj obvladujejo prostor. Dokaj odročna so tudi otočja, a to omilijo dobre trajektne zveze.

Škotsko gradijo večinoma stare kamnine, ki so nastajale vse od arhaika do karbona (od skoraj 3 milijarde do okrog 400 milijonov let).

Omembe vredna izjema so le mlajše paleogenske vulkanske in druge intruzivne kamnine na zahodu Škotske in nekaterih otokih, deloma pa tudi najnovejše preoblikovanje površja s pleistocensko poledenitvijo, ki je obdobjno zajela večji del pokrajine. Načeloma velja, da bolj ko gremo proti severu oz. severozahodu, starejše so kamnine. Tako skrajni severozahodni del Škotske in otoke Hebride gradijo predkambrijski (arhaiski) gnajsi, med katere so se v času kaledonske orogeneze vrinile granitne intruzije. Skozi geološko zgodovino je sedanje ozemlje Škotske prepotovalo različna podnebna območja, vse od ekvatorialnega in puščavskega do polarnega, danes pa je centroid Škotske približno 56,5° severno od Ekvatorja.

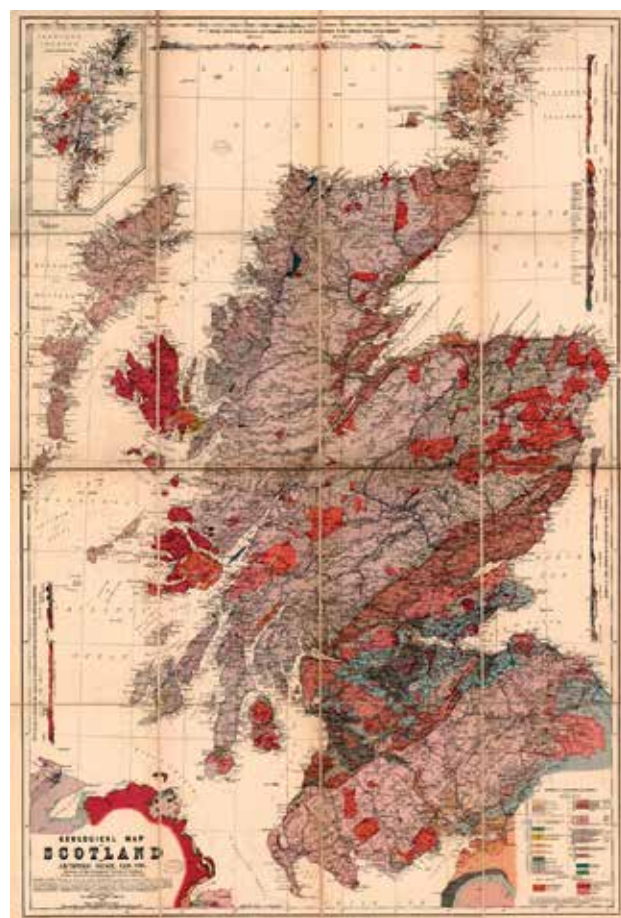
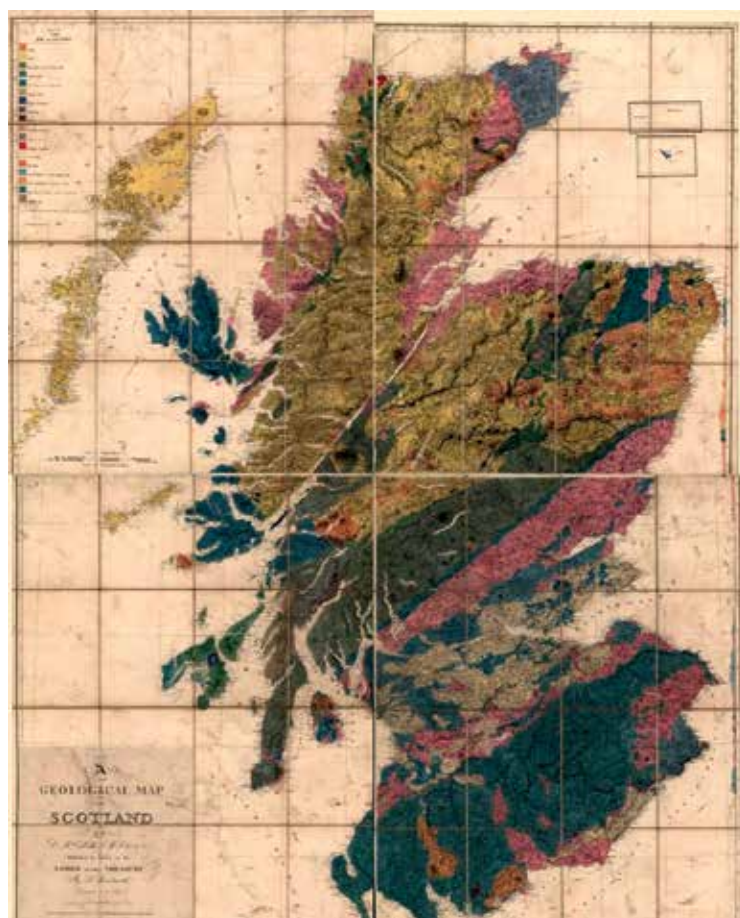
Pomen škotske geologije za njen splošni razvoj

Škotska je zaradi pestre geološke zgradbe s poudarkom na starejših kamninah in gorotvornih gubanjih imela pomembno vlogo tudi pri preučevanju **tektonike plošč in nastanku kamnin** ter s tem razvoja geologije

na splošno. **Jamesa Huttona** (1727–1797) z njegovo Teorijo o nastanku kamnin (*Theory of the Earth*, 1788) imajo tako za očeta sodobne geologije. Hutton, ki je živel v času škotskega razsvetljenstva v Edinburghu, je namreč zavrnil tedanje cerkvene nauke o kamninah in ugotovil, da so mlajše kamnine več ali manj iz »recikliranih« starejših; peščenjak je tako npr. usedlina iz poprej razpadle starejše kamnine. Trdil je, da so bili nekdanji oceani najpomembnejši pri nastanku usedlin, kamor so jih prinašale reke.

Pomemben prispevek k razvoju geologije sta dala tudi amaterski paleontolog **Hugh Miller** (1802–1856) z opisom fosilov v delu *The Old Red Sandstone* (1841) in geolog **Archibald Geikie** (1835–1924). Na Škotskem je bilo že leta 1835 med prvimi na svetu ustanovljeno geološko društvo.

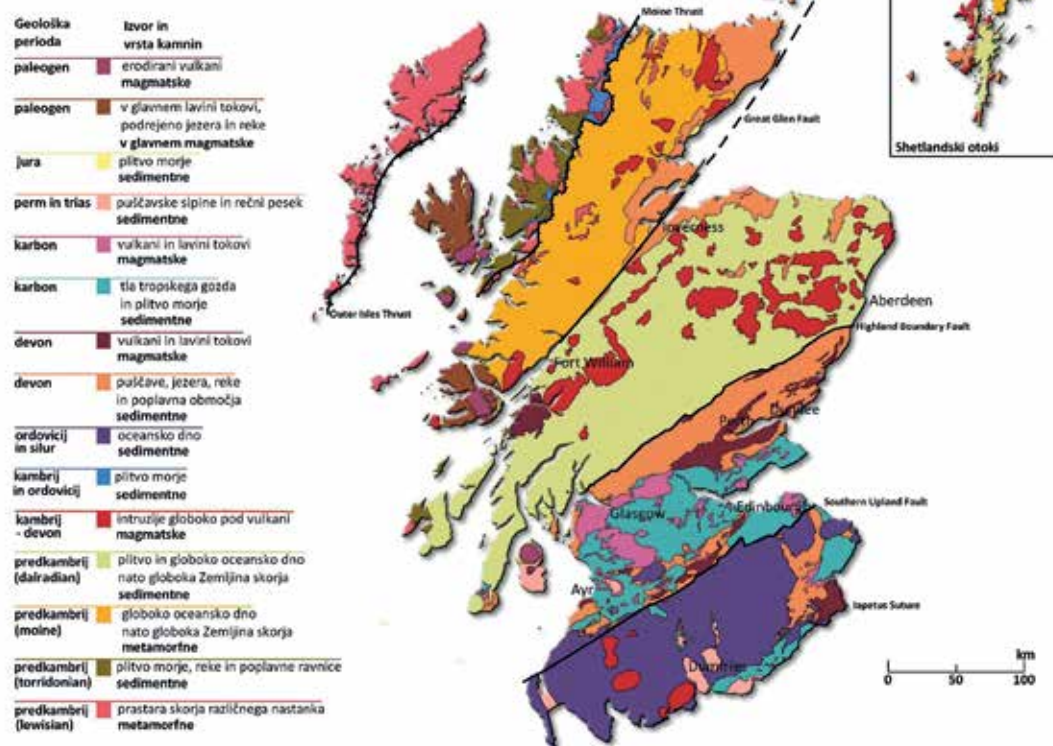
John MacCulloch (1773–1835) je avtor prve geološke karte Škotske; izvrstne karte, ki so se z malo spremembami obdržale vse do danes, pa sta kasneje izrisala **Benjamin Peach** (1842–1926) in **John Horne** (1848–1928). Zlasti podrobno



Sliki 2 in 3: Geološki karti Škotske Johna MacCullocha (1840) in Archibalda Geikieja (1876). Prvi je v legendi razvrstil glavne kamnine po vrstah, drugi pa jih je razvrstil še po geoloških obdobjih.

Vir: Splet 2.

Poenostavljena geološka karta Škotske



Slika 4: Geološka karta Škotske

Prirejeno po: Splet 5.

sta preučevala zapleteno zgradbo območja Assynt in med drugim leta 1907 objavila delo *The Geological Structure of the Northwest Highlands of Scotland*.

Charles Lyell (1797–1875) je napisal knjigo *Principi geologije*, **Roderick Murchison** (1792–1871) je raziskoval permske kamnine, **James Croll** (1821–1890) pa je utemeljil podnebna nihanja zaradi sprememb Zemljine orbite. **Arthur Holmes** (1890–1965) je med drugim avtor obsežnega dela *Principi fizične geografije*, kjer je zagovarjal teorijo, da konvekcijski tokovi v magmi povzročajo premike litosferskih plošč. Teorija o tektoniki plošč je bila na široko sprejeta še za časa njegovega življenja. Poleg tega je Škotska pomembna tudi pri razvoju glaciologije. Tako je **Thomas F. Jamieson** (1829–1913) s preučevanjem poledenitev na Škotskem ugotovil, da se zaradi kopičenja ledenih gmot Zemljina skorja ugreza, po taljenju pa dviga (izostazija).

Prav tako pa nastajajo na Škotskem tudi nekateri izjemni geološki pojavi, s katerimi so utemeljili nekatera geološka pravila: npr. Huttonova nezveznost (plasti) oz. Siccarjeva točka ali pa nariv Moine in še mnogi drugi vzorčni primeri geoloških pojavov.

Oris geološkega dogajanja na Škotskem²

Predkambrij (arhaik in proterozoik)

Najstarejše kamnine na Škotskem so zahodno od nariva Moine na skrajnem SZ delu in iz njih so zgrajeni Zunanji Hebridi in otoki Coll, Tiree, Iona in Rhinns of Islay v Notranjih Hebridih. Gre za t. i. **lewisianske gnajse** iz predkambrija, ki jih ocenjujejo na starost do 3 mrd let (zanimivo: gnajs se angleško piše *gneiss* in izgovori kot *ˈnice*). S tem je ta gnajs med najstarejšimi kamninami v Evropi in na svetu. V osnovi so to večinoma magnatske kamnine, ki so prepredene še z bazaltnimi žilami in granitnimi intruzijami. Tak primer je tudi ovršni del hriba Roineabhal z anortozitom na otoku Harris. Ta vrsta kamnine se nahaja tudi na Luni (Mesecu). Ob

² Literature o geologiji Škotske je veliko. Po pregledu in izboru dostopnih virov na spletu smo se omejili na nekatera splošna dela škotskih geologov in naravoslovcev (Splet 3 in Splet 4), opozarjamo pa tudi na odlični pregledovalnik geologije ozemlja Velike Britanije (<http://mapapps.bgs.ac.uk/geologyofbritain/home.html>), nekoliko manj podroben pregledovalnik inženirske geologije (<http://mapapps.bgs.ac.uk/engineeringgeology/home.html>), od koder je možno prenesti karto tudi v obliki .pdf, na voljo pa so tudi digitalni geološki podatki za karte celotne Velike Britanije v merilih 1 : 50.000, 1 : 250.00 in 1 : 625.000 – slednji so prosto dostopni (<http://www.bgs.ac.uk/products/onshore/home.html?src=topNav>).

preperevanju teh prvotnih kamnin so nastajali peski in meljevci, ki jih tu imenujejo **moinski in torridonijski peščenjaki**. Vsebujejo fosile s prvimi živimi bitji na Zemlji. V kasnejšem predkambriju (**dalradian**) so se na to staro osnovo usedale debele skladovnice peščenjaka, apnenčevega blata in lave, ki danes tvorijo večino Škotskega višavja severozahodno od preloma *Great Glenn*.

V tem času je nastala tudi osnova Škotskega višavja severno od Višavskega mejnega preloma (*Highland Boundary Fault*). Odložene so bile debele plasti peščenjaka, meljevca in glinavca ki so se kasneje spremenile v njim ustrezne metamorfne kamnine. Po starodavnem škotskem kraljestvu Dalradiada (tudi *Dál Riata* ali *Aalriada*) so te kamnine poimenovali dalradijanske kamnine. V njih so ohranjeni tudi sledovi davne (predkambrijske) poledenitve, ko je bilo ozemlje današnje Škotske še 30° ali več južno od ekvatorja³.

3 Nekateri omenjajo, da je bilo ozemlje v bližini tedanjega južnega pola, ledeno dobo pa postavljajo v čas pred 670 milijoni let (splet: <http://www.snh.gov.uk/docs/A337648.pdf>).



Slika 5: Zaliv Loch Linnche zahodno od mesta Fort William ob prelomu Great Glen Fault

Metamorfne kamnine zahodno od kanala (na sliki v ozadju) so stare med 542 in 1000 mio let. Njihov prvotni vir so bili peščenjaki plitvega morja, ki so bili kasneje dokaj šibko metamorfozirani.

Foto: A. Polšak.

Otok Iona – geološko prastar otok in otok zgodnjega krščanstva

Otok Iona (škotsko-keltsko *Ì Chaluim Chille*) je eden najmanjših otokov v Notranjih Hebridih, saj meri 8,77 km², na njem pa je ob popisu leta 2011 živelo 177 prebivalcev (splet 6).

Zgrajen je iz predkambrijskega ionskega gnajsa na zahodni strani in sedimentnih kamnin iz istega obdobja na vzhodni strani otoka. Starost kamnin ocenjujejo na 1,7 do 3 milijarde let. Kamnine na zahodni strani otoka, ki imajo bodisi magmatski bodisi sedimentni izvor, so bile tekom dolge geološke zgodovine močno preoblikovane. Kot ugotavlja Fraserjeva (Splet, brez letnice), je plutonit roškega granita z otoka Mull v stiku preoblikoval stare sedimentne kamnine v različne gnajse, v drobnem raznolika geološka sestava otoka pa je posledica številnih krajevnih prelomov. Zdi se, da staro, izravnano kaledonsko površje le ni tako geološko enolično, kot bi sklepali na prvi pogled. So pa predkambrijsko osnovo še dodatno uravnali in zgladili ledeniki v času ledenih dob. Geološka ločnica med otokoma Iona in bližnjim Mull je prelom *Moine*, ki poteka po morski ožini med njima. Otok je tako tipičen primer zgradbe in površja, kakršno najdemo tudi drugod na Zunanjih Hebridih.

Površje otoka je rahlo valovito z nizkimi griči (najvišji vrh *Dùn Ì* ima 101 m nadmorske višine), med katerimi se je nabralo nekaj skromne kisle prsti.



Slika 6: Otok Iona. Pogled s severovzhoda

Foto: Farhad Vladi. Splet: <http://static.panoramio.com/photos/original/44449561.jpg> (13. 9. 2016). Z dovoljenjem avtorja.

Otoku rečejo tudi otok sv. Kolumba, saj je na njem v 6. stoletju deloval sv. Kolumba, ki je zapustil izjemno zapuščino v obliki samostana Iona, njegovi nasledniki pa verjetno okrog leta 800 tam začete knjige **Book of Kells**⁴ – impresivno poslikanega (iluminiranega) rokopisa štirih evangelijev iz nove zaveze na 340 straneh iz telečjega pergamenta. Knjigo hrani dublinski **Trinity College**, kjer si ga obiskovalci lahko pod steklom tudi ogledajo, v celoti pa je dostopen preko spleta (splet 7). Če že, bi knjigo lahko do neke mere primerjali z našim Primožem Trubarjem in njegovim Svetim pismom (1557–1577).

Samostan je povezan zlasti z zgodnjim pokristjanjevanjem Škotov in Piktov. Ko je leta 563 na otok prišel sv. Kolumba z nekaj tovariši in ustanovil samostan, se je od tam širilo krščanstvo na Škotsko. Poleg že omenjene knjige *Book of Kells* naj bi v samostanu nastala tudi pomembna knjiga **The Chronicle of Ireland** (zbirka letopisov o Irski za obdobje od 432 do 911). Del naj bi nastal na otoku do leta okrog 740.



Slika 7: Samostan na Ioni

Poleg vključenih izrednih zgodovinskih ostalin je zanimiv tudi za geografa ali geologa, saj je zgrajen tako iz sedimentnih kot metamorfnih in magmatskih kamnin lokalnega izvora ali pripeljanih od drugod.

Foto: A. Polšak.

⁴ Kdo in kdaj naj bi napisal to knjigo, ni povsem jasno. Obstaja vsaj pet različnih trditev. Ena od njih, ki pa ni najbolj verjetna, pravi, da ga je začel pisati sam sv. Kolumba. Tudi trditev, da je bila v celoti napisana na otoku Iona, ni zanesljiva, bolj verjetno je namreč, da je bila tam začeta, dokončana pa v irskem samostanu v Kellsu. Novejše raziskave kažejo, da ne sodi v čas sv. Kolumbe, temveč, da je bila v večjem delu napisana oz. vsaj poslikana v času po prvih vikinških vpadih (po l. 794), ko so ti razgnali na Ioni živeče menihe.



Sliki 8 in 8a: Križ sv. Martina na Ioni iz 8 stoletja

Križ je izklesan iz zelenkaste magmatske kamnine, ki ni krajevnega izvora. Razlagalna plošča nam pove, da so na šestih reliefih upodobljeni svetopisemski motivi, spodnji (označen s številko 7) pa je povezan s keltskim verovanjem (motiv kače in krogov).

Foto: A. Polšak.

Zgodovina Ione je tesno povezana tudi z napadi Vikingov. Vikingi so prvič napadli Iono l. 794, nato pa še l. 802, 806 in 825. Po napadu l. 806, ko je bilo ubitih 68 menihov, se je večina menihov preselila v opatijo *Kells* na Irskem, ostali pa so delovali drugod po Evropi. Ob vikinškem napadu l. 825 je bila opatija požagana, kot kaže, pa ni povsem opustela, saj je tam l. 981 umrl upokojeni vikinški kralj Dublina in Yorka Amlaíb Cuarán. Prvotno leseno stavbo je zamenjala kamnita in samostan je okrog l. 1200 postal benediktinska opatija. Do l. 1600 je bilo narejenih veliko gradbenih posegov, saj se je opatija širila, obiskovali pa so jo tudi številni romarji. Po prihodu reformacije l. 1560 je bila razpuščena in je opustela.

Paleozoik

Med današnjo Škotsko in južno Anglijo je od pred 800 do pred 410 milijoni let obstajal sprva širok ocean **Iapetus**. V različnih delih oceana in različnih globinah so se nabirale razne usedline. Pred okrog 410 milijoni let se je ocean zaprl. V procesu zapiranja oceana in primikanja litosferskih plošč je prišlo do prvega izrazitega gorotvornega procesa – **kaledonskega gubanja**.

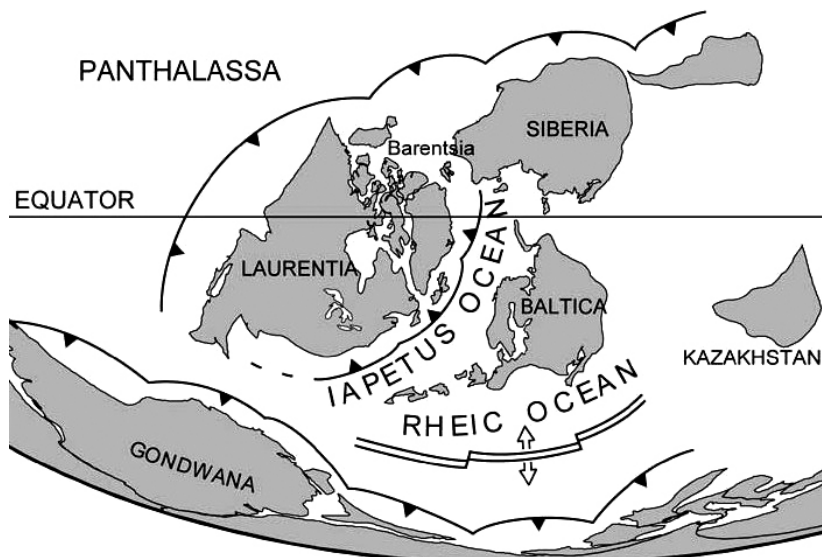
Kambrij (541–485 mio⁵)

Sprva so se v plitvem morju usedli peski, nato v globljem melj. Konec kambrija so se ponovno v plitvem morju usedali *durnessški* sivi apnenci. Okolje je bilo toplo, tropsko, saj je bilo sedanje ozemlje Škotske na 25–30° južno od ekvatorja. Fosili kažejo že prisotnost trilobitov, črvov in drugih primitivnih oblik življenja.

Ordovicij (485–443 mio)

Na obrobju oceana so se nabirale plasti peska, melja in apnenca severozahodne Škotske. V teh plasteh so se ohranili fosili graptolitov in zgodnjih koral. V oceanu so se razvili številni

vulkani. V oceanskem jarku, ki je nastal zaradi subdukcije oceanske skorje pod celino Lavrentijo (današnja Severna Amerika), so se nabrle več km debele plasti sedimentov, ki danes gradijo Južno škotsko gričevje (*Southern Uplands*). Konec ordovicija je prišlo do zapiranja oceana Iapetus, kar je bila posledica približevanja litosferskih plošč in postopnega **kaledonskega gorotvornega gubanja** (kambrij–silur).



Slika 9: Zemlja v času silurja (pred 440 mio let)

Vir: Splet 8.

5 Časovno smo obravnavana geološka obdobja opredelili po mednarodni krono-stratigrafski lestvici 4/2016 (Cohen, K. M., Finney, S. C., Gibbard, P. L. & Fan, J.-X. (2013; updated): The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36: 199–204. Splet: <http://stratigraphy.org/ICSchart/CronostratChart2016-04.pdf>).

Otok Mull – kamnine od predkambrija do paleogena

Mull je zgrajen podobno kot večplastna torta. Debele plasti paleogenske bazaltne lave so na vrhu, spodaj pa zapletena osnova iz veliko starejših (predkambrijskih) kamnin. Za geologe je otok Mull zanimiv ravno zato, ker ima tako dolgo geološko zgodovino in edinstvene strukture ter kamnine, ki jih ne najdemo nikjer drugje na svetu (npr. *Loch Ba Ring Dyke* in vulkanski felsit).

Otok Mull ni bil vedno v svojem sedanjem položaju in obliki. V geološkem času je doživel ogromne spremembe. Najstarejše kamnine so nastale na tedanji južni polobli in otok Mull (kot tudi Britansko otočje) je postopoma drsel proti severu na sedanji položaj (gibanje litosferskih plošč). Njegove kamnine so ohranile podrobnosti o takratnih podnebnih območjih, skozi katera je otok potoval proti severu. Na primer: »Če stojimo na skalnati obali nasproti kraja Inch Kenneth pri Gribunu, je podobno, kot bi v času

nastanka teh kamnin stali na peščenjaku, ki se je usedal v puščavskem območju na geografski širini kot je danes Perzijski zaliv« (splet 9).

Večina otoka Mull je zgrajenega iz kamnin, ki so nastale z izlivi lave iz vulkanskih razpok, ko se je otok ločil od Grenlandije in to v času, ko se je nekdanja enotna celina razdelila na sedanjo Evropo in Severno Ameriko. Lava, ki se je razlila pred 60 do 50 milijoni let, gradi danes stopnjasto planoto. Pokrajino so tudi kasneje prepredle številne vulkanske intruzije, vse to pa danes imenujejo osrednji magmatski kompleks. V tistem času so otok pretresale silovite vulkanske eksplozije in potresi. Še danes je aktiven star tektonski prelom *Great Glen*, ki pa ni več katastrofičen.

Sedanjo podobo je dobil otok po zadnji poledenitvi, ki se je končala pred 10.000 leti, ko so ledeniki med pogorji izklesali globoke U doline in dolge ledeniške zalive (splet 10).

Toda otok Mull ni poznan samo po nekdanjem vulkanizmu, temveč tudi po

znamenitem granitu *The Ross of Mull Granite*. V bistvu gre za plutonit, ki pa ni povsem enotne sestave. Večji del tega plutonita gradi notranji porfiritno-biotitni granit/granodiorit, sledi pa v ne dosti manjšem obsegu robni biotitni granit. Ob teh dveh vrstah se v manjši meri pojavljata še granit z večjim deležem piritnega glinenca in diorit. To je posledica mešanja različnih vrst magm in procesov ohlajevanja v nekdanji ognjeniški komori (McLeod, G., M in sod., 2011). Ne glede na te razlike lahko rečemo, da gre na splošno za grobozrnato globočnino (zrna s premerom 2–5 mm) rožnate barve. Prevladuje namreč rožnat ali rdečkast ortoklaz (K glinenec), sledijo pa bel plagioklaz (natrijev glinenec), temen biotit ter mlečno-siv kremen. Značilen je tudi titanit z rjavim leskom. Če računamo še morsko dno, obsega plutonit okrog 140 km² površine; na kopnem v glavnem jugozahodni del otoka Mull, gradi pa tudi nekaj otočkov pred bližnjim otokom Iona. Starost kamnine ocenjujejo na 414 milijonov let (splet 11).

Vzhodni del polotoka *Ross of Mull* gradijo zelo stari, na različne načine in različno močno preoblikovani metamorfni glinovci iz predkambrija, kar pomeni, da so stari več kot

ca. 540 milijonov let. Ostali, torej vzhodni in s tem večji del otoka Mull, gradijo starejše ali mlajše vulkanske kamnine, ki jih je vse izbruhal paleogenski vulkan, med nje pa so se vrinile gabrske in granitne predornine oz. žilnine, o čemer smo pisali že prej.

Kamnolomi rožnatega granita

V škotskem višavju, kjer je bil razkrit omenjeni rožnati granit (ime so mu dali po barvi), je nekdaj delovalo več kamnolomov. Daleč najpomembnejši je bil kamnolom **Tormore**. Granit iz tega kamnoloma je bil znan tako v Veliki Britaniji kot tudi izven nje. Med drugim so ga uporabili pri gradnji poslopja univerze v Glasgowu (1865), pa tudi v mestih, kot so London, Manchester in Liverpool, izvažali pa so ga celo na Novo Zelandijo. Uporabili so ga npr. pri gradnji več svetilnikov (npr. Skerryvore (1844), Ardnamurchan (1849), Dhu Hatach in Hyskeir (1904)), pri mostu Jamaica in Kirklee v Glasgowu ter pri mostovih Blackfriars, Westminster in Holburn Viaduct v Londonu. Ponovno so ga za nekaj časa odprli v 90. letih prejšnjega stoletja. Kamnolom ima še vedno rezerve za lomljenje kamna (splet 10, splet 12).



Slika 10: Rožnati Ross of Mull granit (*The Ross of Mull granite*) na otoku Mull
Foto: A. Polšak.

Silur (443–419 mio)

Celini Lavrentija (Severna Amerika) in mikrocelina Avalonija (deli današnje Velike Britanije in Sev. Amerike) sta trčili, s čimer se je ocean Iapetus dokončno zaprl. Ozemlji

današnje Škotske in Anglije, nekdaj na različnih obalah oceana, sta s tem postali enotno kopno⁶.

⁶ Stično linijo obeh plošč se imenuje Iapetuški šiv (ang. Iapetus Suture) in poteka približno vzporedno ob znamenitem Hadrijanovem zidu.

Vzdolž tektonskih prelomov so se nadaljevali premiki skorje, ki so dokončno združili poprej štiri ločene dele ozemlja Škotske. S tem je začelo nastajati Kaledonsko gorovje. Od Aberdeena, preko Škotske na Irsko je zaradi velikanskih zemeljskih pritiskov nastala velika polegla guba (*recumbent fold*) z odrezano krovino (narivom). Podoben nariv je nastal tudi na severnem obrobju Grampianskega gorovja, kjer sta nastala celo dva nariva, ki ju loči reverzni prelom⁷. Ob tem so se bočno premaknile velike kamninske plošče. Poprej nastale (dalradianske) sedimentne kamnine so se zlasti v globinah spremenile v močno preoblikovane metamorfne kamnine. Na skrajnem severozahodu Škotske je prišlo do močnega gubanja in narivanja kamnin v obliki, ki jo imenujejo teleskopsko gubanje (*telescoping effect*). Gre za svetovno znani prelom oziroma nariv **Moine Thrust**⁸. Kamnine so se ne samo

7 Po literaturi sklepamo, da je tu mišljen prelom Great Glenn Fault.

8 Na spletu je več odličnih prikazov geološkega narivanja in drugih tektonskih pojavov ob tem prelomu, mdr. tudi na spletni strani http://showcase.uhi.ac.uk/resources/GSP_T14_structures5/gsp_structures_25.htm. Taki prikazi so dobra vaja tudi za utrjevanje osnovnih ali posebnih geoloških pojmov.

stisnile (angl. shortening) in razlomile, ampak so prišle cele plasti mlajših pod starejše (npr. pri kraju Loch Glencoul, kjer je predkambrijski lewisianski gnajs nad mlajšimi kambrijskimi sedimenti).

V zadnji fazi približevanja severnoameriške in severnoevropske plošče je prišlo do podiranja oceanskega dna pod napredovalo območje današnje južne Škotske. Z dvigovanjem ozemlja je nastalo današnje Škotsko gričevje (*Scotish Foreland*), ki ga tako gradijo usedline oceanskega dna.

V to obdobje sodi tudi nastanek nekaterih granitov in njim podobnih kamnin. Magma je namreč prodirala proti površini skozi razpoke, se ohladila in skristalila v granit, ki je bil razkrit s kasnejšo erozijo in zniževanjem površja. Granit je danes lepo viden mdr. med Aberdeonom (imenovanem tudi granitno mesto, čeprav po zidavi) in Peterheadom in nato v krpah vse do otoka Mull (granit *Ross of Mull*, ki smo ga že omenili).

Grad Dunnottar in njegov konglomerat

Gre za utrdbo in kasnejši grad, katerega začetki sodijo v zgodnji srednji vek. Bil je v lasti škotskih grofov in drugih velikašev, najbolj pa je poznan po tem, da so v njem v času prodiranja Oliverja Cromwella na Škotsko sredi 17. stol. skrivali škotske kronske dragulje.

Grad je zgrajen na 398–444 mio let starem konglomeratu iz devonske in silurske periode (Dunnottar Castle Conglomerate

Formation). Gre za rečne nanose peska in proda v več terasah. Na poplavnih ravninah so reke v istem obdobju odlagale tudi melj in glino. Tekom geološke zgodovine so se te usedline sprijele v konglomerat. Konglomerat podobne starosti prevladuje tudi v okolici, le severno (okrog mesta Stonehaven) je v kamninski osnovi silurski peščenjak. Kamnine so ob tukajšnji obali prekrile s kvartarnim, do 3 mio let starim prodom, ki se je nakopičil ob tedanjih obalah, širša okolica pa z do 2 mio let starim morenskim gradivom iz ledenih dob ter peskom in prodom iz medledenih dob.



Slika 11: Dunnottar Castle (škotsko-keltsko *Dùn Fhoithear* – »utrdba na polici«) Foto: A. Polšak.

Devon (419–359 mio)

Kaledonsko gubanje se je končalo pred okrog 400 milijoni let, ko se je območje današnje velike Britanije dokončno ozemeljsko povežalo (združilo). Posledica gorotvornih procesov in gubanja je nastanek velikih prelomov (*Great Glenn, Highland Boundary in Souther Upland Fault*). V tem času je prevladovalo vroče, pol puščavsko podnebje, zato nekateri imenujejo to obdobje čas starega rdečega peščenjaka (*Old Red Sandstone*), ki ga je bilo v tedanjih puščavah na pretek.

Sprva visoko Kaledonsko gorovje, ki je nastalo zaradi trka litosferskih plošč, je erozija znižala in nasula gradivo v obliki vršajev na nižja območja. Na območju današnjega Osrednjega nižavja (*Midland Valley*) je bilo v 50 mio let odloženih kakšnih 10 km usedlin. V sladkovodnih jezerih je bilo odloženih več plasti peščenjaka, v njih pa so se ohranili fosili rib in zgodnjih rastlin. Obstaja veliko notranje jezero (*Orcadian Basin Lake ali Lake Orcadie*), ki je prekrivalo območja Caithness, Orkney in Shetland in se raztezalo do ozemlja sedanje Norveške. V osredju jezera se je usedal znameniti *Caithness flagstone*, kamnina iz plasti različnih drobnozrnatih delcev (apnenec, meljevec, muljevec, peščenjak). Znan je eden prvih kopenskih ekosistemov členonožcev

in rastlin, ki se je razvil ob vročih vrelih na severovzhodnem Škotskem (Rhynie) in ohranil v obliki fosilov v kremenu, ki se je tamkaj izločal iz vode. Aktiven je bil tudi vulkanizem, ki je poleg območja Rhynie zajel zlasti današnje Osrednje nižavje ter območje Obana.

Karbon (359–299 mio)

Ozemlje današnje Škotske se je premaknilo s 5° na 15° severno od ekvatorja. Podnebje se je spreminjalo od zelo toplega – puščavskega do vlažnega monsunskega do ponovno polsuhega. Osrednje nižavje (Midland) so prekrivali tropski gozdovi, v tropskem morju pa so uspevale korale, nastajale so plasti apnenca. Reke so v nižavja in lagune odlagale velike količine peska in blata. V podobnih močvirnih okoljih je nastajal premog. V Osrednjem nižavju (Midland Valley) je bil na začetku te dobe zelo aktiven vulkanizem z izlivi lave in izbruhi vulkanskega pepela, ki je pri Edinburghu izoblikoval znameniti **Arthur's Seat**, na skrajnem vzhodu North Berwick Law in Garlton Hills, na zahodu pa mdr. Campsie Fells (severno od Glasgowa). Škotsko višavje in Južno gričevje je bilo nad morsko gladino. Konec karbona se je pojavilo močnejše tektonsko dogajanje, ki je nagubalo škotsko karbonsko platformo v danes ločene dele.

Arthur's Seat in Salisbury Crags



Slika 12: Salisbury Crags

Foto: A. Polšak.

Vzhodno od središča Edinburgha se nahaja večinoma vulkanski hrib, ki se imenuje Arthur's Seat. To je zelo staro vulkansko območje, kjer je vulkanizem prenehal že konec karbona. Vrhnji del današnje vzpetine (najvišji vrh 251 m) je mesto nekdanjega kraterja (piroklastično gradivo in vulkanski pepel), v okolici, zlasti severno, so kamnine iz počasi tekoče lave, robne dele nekdanjega

kraterja proti zahodu pa gradijo znane Salisburyjske stene (klifi). Gre za plutonsko žilo (sil, angl. sill), kjer se je doleritna in bazaltna magma vrnila med druge kamnine. Položno pobočje je vrhnji del žile, ki je bila prvotno v bolj ali manj vodoravnem položaju. Dolerit imenujejo v lokalnih kamnolomih *whin*. Pod klifi so namreč obsežna, z grmičevjem in travo porasla melišča. Domačini pravijo grmičevju kar *gorse* ali *whin*; sicer gre za hrgovec ali kar uleks (*Ulex europeus*) iz družine metuljnic – rumeno cvetoče grmičevje s trnato-koničastimi listi.

Zadnje večje preoblikovanje tamkajšnjega površja je bilo v času poledenitev, kjer je ledeni tok z zahoda ustvaril v smeri gibanja položna in v nasprotni smeri gibanja strma pobočja. Zanimivo je, da je vulkanski hrib, kjer je danes Edinburghski grad, pred ledeniško erozijo zaščitil starejše, spodaj ležeče sedimentne kamnine (približno tam, kjer je danes ulica *Royal Mile*). Ledenik je zapustil za sabo veliko morenskega gradiva (til, angl. till), ki prekriva zahodni in južni del mesta, obalni pas pa gradijo mlajše peščeno-prodne rečne in morske usedline.

Perm (299–252 mio)

Prevladovalo je puščavsko podnebje. Peščene usedline tega obdobja imenujejo *New Red Sandstone* za razliko od že prej omenjenega starega peščenjaka (*Old Red Sandstone*). Škotsko so pretresali mnogi potresi, ki so povzročali gubanje in prelamljanje. V pokrajini so izstopale mizaste gore, skalni hribi in stebri (but, angl. butte). V nižavju so delovali vulkani, višavje pa je bilo obdobjno izpostavljeno močni eroziji. Gradivo se je nabiralo v obsežnih vršajih na robu nižin. Močna je bila tudi vetrna erozija. V velikih kotlinah so se nabirale plasti usedlin, ki so danes pod Severnim morjem in so osnova za nafto in plin. Vzhodno je bilo plitvo morje, ki je občasno presušilo in za sabo zapustilo nanose soli.

Mezozoik

Trias (252–201 mio)

Ozemlje Škotske je bilo med 15° in 35° severno od ekvatorja. Močno je prevladovalo puščavsko podnebje, ki se je konec triasa spremenilo v polsuho celinsko. Iz tega časa je rdeči peščenjak na območju Elgin, v katerem so se ohranili fosilni sledovi plazilcev, ki so živeli v polslanih kadunjah. Na zahodnem Škotskem je obstajalo morsko okolje, ponekod drugje pa so bila tudi območja presihajočih rek in občasnih poplav.

Jura (201–145 mio)

Jura se je začela na Škotskem z obsežnim poplavljanjem morja, saj se je do tedaj enotno kopno Severne Amerike in Evrope začelo kosati

– nastajati je začel Atlantski ocean. Kopno se je pomaknilo vse do 45° severno od ekvatorja. Mesojedci in rastlinojedci dinosavri so obvladovali priobalna območja, v morju pa je živela obilica živali, vključno z amoniti, morskimi lilijami (krinoidi) in koralami. Nad morsko gladino je bila večina Shetlandskih otokov, Zunanjih Hebridov, severne in vzhodne Škotske, od koder so reke naplavlale gradivo v delte in plitva morja.

Kreda (145–66 mio)

Večina Škotske je bila še vedno pod tropskim morjem, izjema so bili le najvišji deli, zlasti na zahodu. V priobalnem morju so se usedale plasti peska, v globljem morju pa debele plasti krede, a jih je kasneje erozija odstranila.

Terciar (66–2,6 mio)

Večino časa je bilo podnebje na kopnem današnje Škotske toplo in vlažno, nekakšne vrste subtropsko. Zaradi razpiranja severnega Atlantika se je v tem času ozemlje Škotske ločilo od celine Lavrentije (današnja Severna Amerika). Na zahodnem Škotskem je ob razpokah prodrla na površje velika količina lave (dajk, angl. dyke; slika 13). Lavni pokrov je bil ponekod debel tudi do 4 km. To dogajanje je vodilo do nastanka verige vulkanov (npr. Ardnamurchan, Rum, Mull, Arran, Skye, St. Kilda), ki so bruhali lavo in pepel, globlje v skorji pa sta se skristalila granit in gabro. Med lavinimi tokovi se je usedalo erozijsko gradivo s prejšnjih vulkanov, pomešano z ostanki drevja in drugega rastlinstva. Kotanja Severnega morja se je zapolnjevala z usedlinami, ki so jih vanj prinašale reke s Škotskega višavja.



Slika 13: Otok Staffa

Vulkanski otok leži okrog 10 km SV od Otoka Iona in je s treh strani obkrožen z otokom Mull. Zgrajen je iz paleogenskega bazalta (60–50 mio let). Na sliki so vidne tri bazaltne plasti; zgornja in spodnja sta iz bazalta, ki se je hitro ohlajeval, srednja pa iz bazalta, ki se je ohlajeval počasi in samo v tej plasti so se oblikovali bazaltni stebri. Podobne stebre smo videli tudi na geografski ekskurziji v Armenijo leta 2013 pri kraju Garni.

Foto: Mats Ljunberg, splet: <http://static.panoramio.com/photos/1920x1280/53184219.jpg>. Z dovoljenjem avtorja.

Kvartar

Ozemlje Škotske se je pomaknilo od prejšnjih 50° na okrog 57° severno od ekvatorja. Izmenjevale so se ledena doba in medledena topla obdobja in s tem se je spreminjal tudi obseg ledenega pokrova in gorskih ledenikov. Zaradi poledenitev in otoplitev so se oblikovale površinske erozijske ledeniške oblike (korita, krnice, razširjene doline, obrušeno površje brez preperine ipd.) in ledeniške ter ledeniško-rečne akumulacije (morensko gradivo). Pred 29.000 do 22.000 leti je bil ledeni pokrov nad Škotsko povezan z obširno poledenitvijo v Skandinaviji. Morje je bilo mnogo nižje, pomembno pa je tudi, da se je Zemljina skorja pod težo ledu upognila. Zadnja ledena doba oziroma stadij se na Škotskem imenuje Loch Lomondski umikalni stadij (12.500–11.000 let nazaj). Poledenitev je takrat zajela samo zahodni del Škotske oz. Škotskega višavja (slika 14).



Slika 14: Poledenitev Škotskega višavja v zadnjem, Loch Lomondskem stadiju pleistocenske poledenitve (pred 11.500–10.000 leti)

Prirejeno po: splet 1 in splet 13.

Ledeniško preoblikovana dolina Glen Doll

Dolina **Glen Doll** je tipičen primer krniške doline oz. krnice. Na Škotskem nasploh kot tudi v opisanem primeru so se krnice oblikovale na severnih in vzhodnih straneh pogorij zaradi prevladujočih jugozahodnih vetrov. Sneg se je kopičil v zavetrnih legah in se postopoma spreminjal v ledenike. V dolini *Glen Doll* je bil v zadnji ledeni dobi oz. lochlomondskem stadiju samostojen ledenik.

Ledenik je izdolbel tipično krnico, led pa je odnesel preperelo gradivo v nižje predele in ga tam odložil v obliki moren. V tej dolini so vidne čelne, bočne in talne morene; pri slednjih gre zlasti za večje grbinaste morene (angl. hummocky moraine) in manjše, podolgovate žlebaste morene (angl. fluted moraine). Skozi in čez nje se prebija potok *Fee Burn*. V rastlinstvu prevladuje več vrst vrb. Najredkejša rastlinska vrsta je **alpski planinšec** (*Homogyne alpina*), ki je sicer pogost v Skandinaviji in Alpah, uganka pa



Slika 15: Ledeniško preoblikovana dolina Glen Doll v Škotskem višavju

Vir: Splet: <http://static.panoramio.com/photos/original/58643993.jpg> (14. 9. 2016).
Z dovoljenjem avtorja.

je, zakaj je tako redek na Škotskem višavju. **Vednozeleni kamnokreč** (rumeni alpski kamnokreč ali lat. *Saxifraga aizoides*) je druga posebnost. Tudi ta je na rdečem seznamu rastlin v Britaniji. Je relikt zadnje ledene dobe, čeprav pogost drugod po gorah Evrope in Severne Amerike. Na rdečem seznamu redkih vrst je tudi navadna **gorska laočika** (*Cicerbita alpina*) (splet 14).

V osrednjem delu doline je razen nekaj aluvialnega gradiva v glavnem ledeniško-rečno gradivo: prod, pesek in melj, torej morensko gradivo (til), ki sega tudi na

območje pod gozdom v osredju slike. Na sliki desna pobočja so večinoma iz plutonita Glenn Doll Complex (diorit, gabro in granit), leva pa iz skrilavih glinavcev. Kamnine so stare med 1000 in 400 mio let. Lepo je vidno ledeniško preoblikovanje sicer stare kamninske osnove. Dolina je skupaj s sosednjo dolino del narodnega parka Corrie Fee National Nature Reserve. Botanično pestra so območja na skrilavih glinavcih in metamorfnih apnencih zaradi večje prisotnosti kalcija v prsti. Na mlajših magmatskih kamninah je prst bolj kislja, rastlinstvo pa skromnejše.

Zaključek

Geološke značilnosti Škotske se v mnogočem razlikujejo od naših; zlasti to velja za starost kamnin in staro kaledonsko orogenezo – edini zares pomemben gorotvorni proces na tem območju. Gre za tematiko, ki jo učitelji obravnavajo tudi v šolah pri pouku geografije, zato lahko boljše poznavanje nekaterih značilnosti tamkajšnje geološke zgodovine pomembno prispeva k ustrezni razlagi tega dogajanja v šolah.

Literatura in viri

- Fraser, F., M.: The lewisian and Torridonian Geology of Iona. A Thesis Submitted for the Degree of PhD at the University of St. Andrews. Splet: <https://research-repository.st-andrews.ac.uk/handle/10023/3812>.
- Mcleod, W. G., Dempster, J. T., Faithfull, W. J. 2011: Deciphering Magma-Mixing Processes Using Zoned Titanite from the Ross of Mull Granite, Scotland. *Journal of Petrology*, 1, 52. Dostopno na: https://www.researchgate.net/publication/256742165_Deciphering_Magma-Mixing_Processes_Using_Zoned_Titanite_from_the_Ross_of_Mull_Granite_Scotland
- Splet 1: <http://www.freeworldmaps.net/europe/united-kingdom/scotland/scotland-hd-map.jpg>.
- Splet 2: National Library of Scotland, Edinburgh, <http://maps.nls.uk/scotland/thematic.html> (30. 9. 2016).
- Splet 3: <http://www.snh.gov.uk/docs/A337648.pdf>.
- Splet 4: <http://www.snh.org.uk/pdfs/publications/geology/scotland.pdf>.
- Splet 5: <http://www.scottishgeology.com/wp-content/uploads/2012/01/map1.jpg>.
- Splet 6: https://en.wikipedia.org/wiki/Iona_
- Splet 7: http://digitalcollections.tcd.ie/home/index.php?DRIS_ID=MS58_003v&#folder_id=14&pidtopage=MS58_130r&entry_point=1_
- Splet 8: <http://www.scotese.com/images/iapetus440.jpg> („Plate tectonic maps and Continental drift animations by C. R. Scotese, PALEOMAP Project (www.scotese.com)“).
- Splet 9: <http://www.isle-of-mull.net/attractions/geology/geology-of-mull/>.
- Splet 10: <http://www.snh.org.uk/pdfs/publications/geology/mull%20geology.pdf>.
- Splet 11: <http://www.turnstone.ca/romg.htm>.
- Splet 12: <http://www.buildingconservation.com/articles/rockofages/rockofages.htm>.
- Splet 13: <http://www.thegcr.org.uk/ImageBank.cfm?v=06&Style=Chapter&Chapter=02> (13. 9. 2016)
- Splet 14: http://www.snh.org.uk/pdfs/publications/nnr/Corrie_Fee_NNR_Story.pdf.