

Expedice Serifos 2022

Řecko

17. – 24.9.2022

Geologicko – montánní průvodce po ostrově Serifos



Historie

Těžba s těžbou železné rudy má na středomořském ostrově Serifos historii dlouhou asi 3000 let. Mykéňané, ale pravděpodobně Minojci, objevili ložiska železné rudy a mědi. Lidské osídlení se datuje do 8. století před naším letopočtem s demokracií athénskému typu. Římsí dobyvatelé později pokračovali v těžbě rud, ale také využívali ostrov jako místo vyhnanství pro neoblíbené politiky. Na konci 2. století našeho letopočtu byly doly uzavřeny a zůstaly tak téměř 1000 let, alespoň o činnosti v tomto období nejsou žádné informace.

Z let 1204-1418 existují zprávy o obnovení těžby rud otroky přivezenými na ostrov. Za franské okupace v letech 1204-1538 zahynuly tisíce lidí v nelidských pracovních podmínkách v dolech, pokročilo odlesňování ostrova (pravděpodobně i Kea a Kythnos) a intenzivní těžba. Ke konci okupace kolem roku 1566 byla těžba opět zastavena až kolem roku 1861.

V roce 1884 získala těžební práva jako první francouzská společnost SPILIAZEZA pod vedením inženýra německého původu: Emiliose Grommana, který vedl obchod s "dobrou rukou". Po jeho smrti v roce 1904 převzal podnik jeho syn George. Brzy však nastaly potíže: nárůst (smrtných) nehod, nespokojenost mezi pracovní silou. ...

V roce 1912 vznikl pod Konstantinose Speras odborový svaz s cílem bojovat za zlepšení absolutně špatných pracovních a životních podmínek tehdejších horníků, ale nedostalo se jim podpory ze strany odpovědného ministerstva. V srpnu 1916 došlo ke stávce, na ostrov byly nařízeny další policejní síly, stejně jako válečná loď AULIS za účelem blokování dodávek potravin a solidárních dodávek z Patrasu a Atén.

V neděli 21. srpna 1916 se na nábřeží shromáždilo kolem 2 000 dělníků a jejich rodin, aby zabránili naložení rakouského parníku, dokud stávka trvala a odborové předáky drželo četnictvo.

Poručík Chrysantos Xanthos vydal ultimátum a po vypršení vydal rozkaz ke střelbě. Byli 4 mrtví a více než 30 zraněných. Masy se pak bránily mimo jiné kameny. George Gromman také nechal své strážce střílet do lidí. Byl zabit poručík, poddůstojník a 2 četníci. Vikář Papa Yannis a Konstantinos Spera uklidnili rozhněvané davy.

O několik desetiletí později byla těžba rudy zastavena kvůli stále levnějšímu dovozu z Afriky.

Zůstává obrovský skanzen s pozůstatky 3000 let těžby rud.

Serifos se nachází v Egejském moři, 100 km jihovýchodně od Atén, a patří ke Kykladským ostrovům. Geologicky patří Serifos k atticko-cykladskému masivu. V centrální a JV části ostrova převažuje pozdně miocenní, mělký granodioritový pluton I. typu. Pluton intrudoval do mylonitizovaných ortorul, amfibolitů, břidlic, kalc-silikátů, mramorů. Protože okolní horniny v blízkosti převážně nedeformovaného granodioritového plutonu obsahují slabě deformované Ca-Fe-Mg

vysokoteplotní skarny, Fe-res a rozsáhlé hydrotermální alterace, byla intruze obecně považována za posttektonickou.

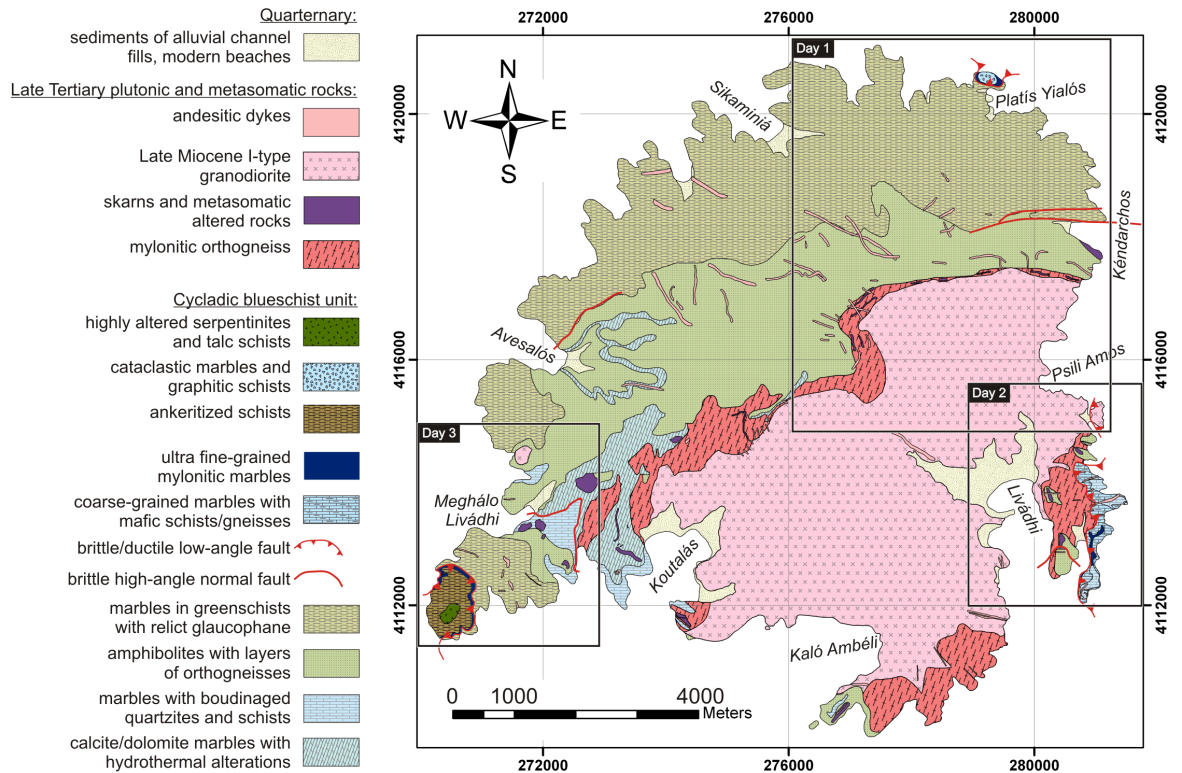
Ačkoli granodioritová intruze zřetelně protíná regionální metamorfní strukturu, nejsvrchnější strukturní úrovně granodioritu spolu s jeho okolními horninami jsou silně postiženy tektonicky. Bezprostřední kontaktní horniny v blízkosti intruze jsou převážně mylonitizované ortoruly a amfibolity, které byly silně deformovány při teplotách vyšších 450 °C. Skarny protínají mylonitizované ortoruly a amfibolity a rovněž vykazují známky duktilní deformace, což vyžaduje, aby předcházely vzniku převážně nedeformovaného granodioritu.

Vyšší strukturní úrovně, které jsou odděleny poklesovou poruchovou zónou s úklonem na sever, jsou odhaleny hlavně v severních částech Serifosu. Tyto horniny jsou typicky tvořeny zelenými břidlicemi prokládanými mramory. Kromě několika generací zvrásnění jsou v horninách zaznamenány také linie protažení Z-V směrem. Relikty glaukofanu naznačují, že horniny byly postiženy dřívější vysokotlakou metamorfní událostí, typickou pro kykladskou jednotku zelených břidlic.

Na základě těchto pozorování se domníváme, že Serifos představuje hlavní metamorfní jádrový komplex v egejské oblasti, který byl exhumován během miocénu. Dřívější smyková zóna směřující k SSZ mylonitizovala starší granitové těleso spolu s jeho doprovodnými horninami. V pozdním miocénu byla tato smyková zóna (exhumovaná pokračujícím rozšiřováním v mezidobí do vyšších úrovní zemské kůry) naopak intrudována a protnuta hlavním granodioritovým plutonem Serifos a s ním spojenými žilami. Ačkoli tyto granodioritové intruze protínají již existující metamorfní strukturu na strukturně hlubších úrovních, jsou samy deformovány sítí křehkých/duktilních smykových zón směřujících k jihu na strukturně vyšších úrovních v důsledku probíhajícího rozšiřování směrem od severu k jihu. Toto rozšíření ve směru SZ-JV je dále dokumentováno intruzí četných, přibližně Z-V orientovaných granodioritových desek a žil, které obvykle protínají odštěpení a jsou paralelní s rovněž Z-V orientovaným konjugovaným poklesovým systémem.

Geologie

Ostrov Serifos v Egejském moři se nachází asi 100 km jihovýchodně od Atén a tektonicky patří do Kykladské jednotky. Spolu s ostrovy Kea, Kithnos, Sifnos, Milos, Folegandros a Sikinos je Serifos součástí západních Kyklad (obr. 1). V geologii Serifosu převažuje granodioritový pluton typu I, který pokrývá střední a jihovýchodní část ostrova (Ballindas, 1906; Marinos, 1951). Tento pluton intrudoval krystalické horniny vyššího stupně včetně rul a amfibolitů, které se obvykle střídají s ortorulami a různými typy mramorů. V severní, severozápadní a západní části ostrova Serifos se vyskytují zelené břidlice prokládané mramorem.



Serifos je dobře známý jako příklad tvorby skarnových a rudních ložisek spojených s velkolepou mineralizací drahokamové kvality, která po desetiletí přitahuje pozornost sběratelů minerálů. Hlavním zdrojem bohatství na Serifosu byly od pradávna železné rudy (především magnetit, hematit a limonit). Přestože stopy po starých dolech byly téměř zcela zničeny důlní činností v 19. a 20. století, lze rekonstruovat historii těžby (s velkými přestávkami) v průběhu téměř 3 000 let až do uzavření kolem roku 1950. Těžba a úprava mědi lze vysledovat pravděpodobně i před více než 4000 lety (Ross, 1840; Philaniotou, 2004).

Dřívější pracovníci (např. Marinos, 1951) přisuzovali vysoký stupeň metamorfózy hornin v okolí intruzivního kontaktu, stejně jako vznik skarnů a rudních ložisek kontaktnímu metamorfismu a fluidnímu metasomatismu, které byly vyvolány serifoským granodioritem. Na základě rozsáhlého studia paragenetických vztahů v horninách Serifosu předložil Salemink (1985) zjednodušenou mapu izogramů kontaktně metamorfovaných minerálů a odhalil fyzikální podmínky vzniku skarnů a rudních ložisek. Podle jeho výsledků je vznik skarnů a rudních ložisek způsoben metasomatickou a hydrotermální fluidní aktivitou, která probíhala během ochlazování granodioritu ve vysokých úrovních kůry. Nejdůležitější sukcese skarnových paragenéz vzniklých výměnou silikátových hornin během ochlazování zahrnuje typicky (1) granát bohatý na andradit + hedenbergit +/- magnetit při cca 600 °C (2) granát bohatý na andradit + aktinolit kolem 500 °C a epidot + aktinolit při 300-400 °C (Salemink, 1985).

Na základě metodiky Rb/Sr Altherr et al. (1982) a Henjes-Kunst et al. (1988) určili dobu intruze na Serifosu na 9,5 až 8,0 mil. let. Stopy štěpení apatitu a modelové výpočty naznačují rychlé ochlazení

granodioritu o více než 50 °C/mil. let mezi 8,6 a 6 mil. let (Hejl et al., 2002). Je třeba poznamenat, že dřívější pracovníci považovali serifoský granodiorit za posttektonicky intrudovaný, zcela nedeformovaný pluton. Boronkay a Doutsos (1994) však dospěli k závěru, že granodiorit Serifos je syntektonický s regionální transpresní událostí, která proběhla za křehkých/duktilních podmínek.

Strukturní pozorování

Bezprostřední hostitelské hornové intruze jsou převážně mylonitické ortoruly, které jsou silně deformované při teplotách nad ~ 450 °C a vykazují pruhované rulové mikrostruktury. Pozoruhodné je, že tento ortorulový mylonit obsahuje četné vysokoteplotní skarny hnědého andraditického granátu se zeleným hedenbergitem a magnetitem (Petrakakis et al., 2004). Skarny tvoří buď foliačně paralelní vrstvy, nebo žíly protínající mylonitickou foliaci. Obecně lze říci, že oba typy výskytu skarnů zaznamenávají nízkou deformaci. Lokálně si některé méně deformované typy těchto hornin (protomylonity) stále zachovávají magmatické reliktů, jako jsou pertitické porfyroklastické K-živce a ostře zonální plagioklasy. Kromě obou živců mohou tyto protomylonity obsahovat křemen, biotit, primárně světlou slídu a také turmalínový zirkon. Chemické analýzy mylonitů hostících granodioritů ukazují, že protolitem byl granit typu S (Iglseider et al. 2007, předloženo), který intrudoval do venkovských hornin Serifosu. Jeho intruzivní charakter lze nejlépe demonstrovat v měřítku geologické mapy(obr. 2) na jeho kontaktních relacích s horninami vyskytujícími se na různých tektonostratigrafických úrovních. Četné výchozy podél severního okraje granodioritu ukazují, že ortorulní mylonity byly později protnuty granodioritovou intruzí. HT-deformace a HT-skarnová formace zaznamenané u ortorulních mylonitů tedy předcházely pozdně miocenní granodioritovou intruzí. Předběžné datování iontovou mikrosondou U-Pb zirkonů v této hornině zjistilo pozdně eocenní stáří (D. Schneider, pers. comm.).

Hydrotermální roztoky, precipitace a alterace tak probíhaly během a po intruzi granodioritu a vedly ke vzniku světoznámých krystalů drahokamové kvality ze Serifosu (Prager, 1935; Vogt, 1991). Hydrotermální alterace granodioritu je zaznamenána četnými zlomy, podél nichž postmagmatický oběh tekutin způsobil vyluhování mafických složek z granodioritu. Taková metasomatická činnost je pravděpodobně zodpovědná i za vznik železných rud v jihozápadní části Serifosu, kde se nachází většina pozůstatků historické důlní činnosti.

Vyšší strukturní úrovně jsou odkryty především v severních částech Serifosu. Jsou tektonicky odděleny od amfibolitové a ortorulové jednotky strmými poklesovými poruchovými zónami (obr. 2). Zelené břidlice jsou typicky tvořeny chloritem + světlou slídu + epidotem. + kalcit +/- aktinolit +/- biotit. Jsou uloženy v m-scale doménách s nečistými mramory, mramorovými metakonglomeráty a polohami rul. Lokálně se v zelených břidlicích vyskytují vícefázově rostlé epidotové porfyroblasty

obsahující reliktů glaukofanu. Je zřejmé, že serifoské zelené břidlice byly ovlivněny dřívějším vysokotlakým metamorfním vývojem (Salemin, 1985), který je typický pro kykladskou jednotku.

Některé silně alterované serpentinity a mastkové břidlice jižně od Megalo Livadi pravděpodobně patří k rozšířeným zbytkům metafylitů, které byly zaznamenány z několika dalších kykladských ostrovů (viz Bröcker a Pidgeon 2007), nicméně žádné další jasné důkazy o horninách z jednotky visuté stěnyoklesů nebyly pozorovány.

Na základě přítomnosti magmatických mikrostruktur a intruze strmě skloněných dacitických až andezitických žil podél křehkých zlomů se má za to, že granodiorit byl intrudován ve vysokých úrovních kůry (cca 5-10 km hloubky) během pozdní fáze poklesu směřujícího k JJZ. Některé žíly jsou rovněž deformovány jižně směřovanými křehkými/duktilními střížnými zónami. Většina žil je však nedeformovaná a striktně sleduje konjugovaný ZSZ-VJV směřující, poklesový systém, který naznačuje zhruba SSV-JJZ rozšíření, které následuje po uložení hlavního granodioritového plutonu. Na celém ostrově lze pozorovat křehké konjugované vysokoúhlové poklesy ve směru ZSZ-VJV, zejména v Megalo Livadi, JV od Livadi a v Kendarchos □ kde silné zvětrávání nesoudržných kataklasitů ovlivňuje topografický vývoj ostrova.

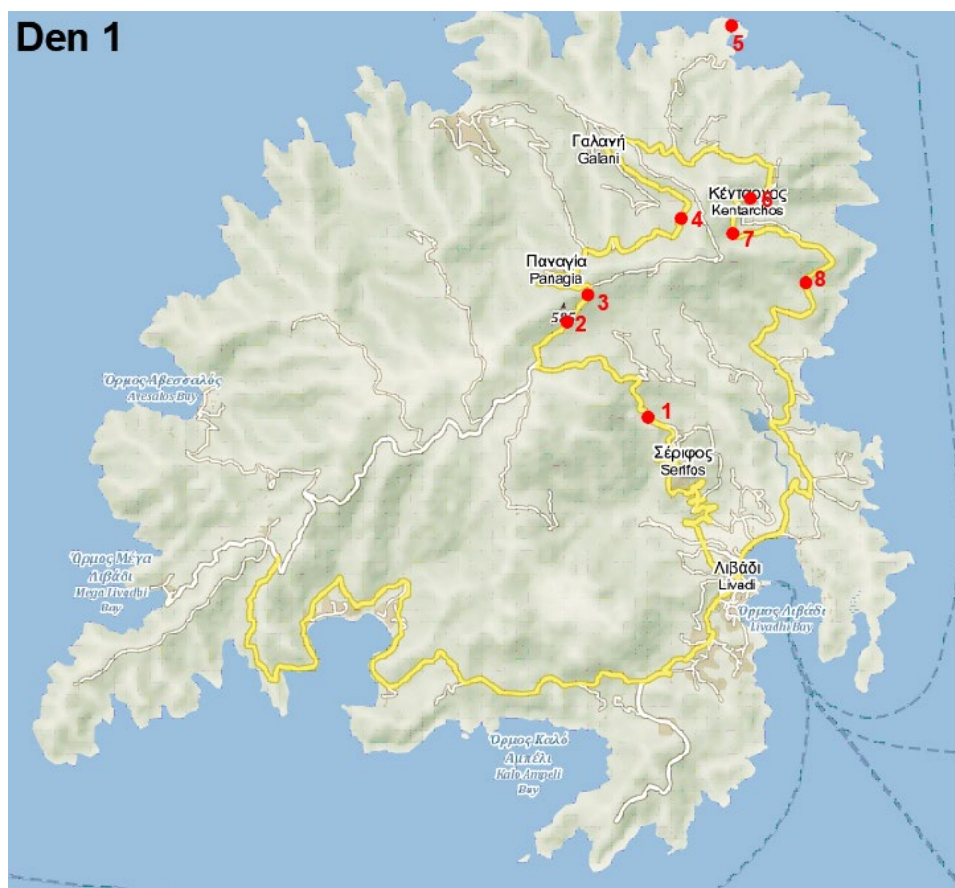
Geodynamický model

Na základě publikovaných geochronologických dat a současných strukturních pozorování se domníváme, že Serifos představuje další příklad metamorfního jádrového komplexu pro egejskou oblast (Lister et al., 1984), který byl exhumován během miocénu. Na základě syntektonických vztahů vysokoteplotních skarnů a předběžného bodového datování U-Pb zirkonu se předpokládá, že starší granitové těleso intrudovalo syntektonicky v pozdním eocénu. V pozdní fázi J-směrového stříhu byl mylonitizovaný granit pozměněn vysokoteplotními skarny. V pozdním miocénu byla tato smyková zóna (exhumovaná pokračující extenzí v mezidobí do vyšších úrovní zemské kůry) zase intrudována a protnuta hlavním granodioritovým plutonem a s ním spojenými dacitovými žilami. Přestože tyto granodioritové intruze protínají již existující metamorfní strukturu vytvořenou ve strukturně hlubších úrovních, jsou samy deformovány sítí J-směrovaných nízkoúhlých smykových zón na strukturně vyšších úrovních, což je důsledek probíhajícího rozšíření směrem od severu k jihu. Toto S-J rozšíření je dále dokumentováno dalšími intruzemi četných žil, které většinou protínají odštěpení a sledují konjugovanou vysokoúhlovou poklesovou poruchovou soustavu se směrem na ZSZ-VJV.

Itinerář cesty

Oblast 1.

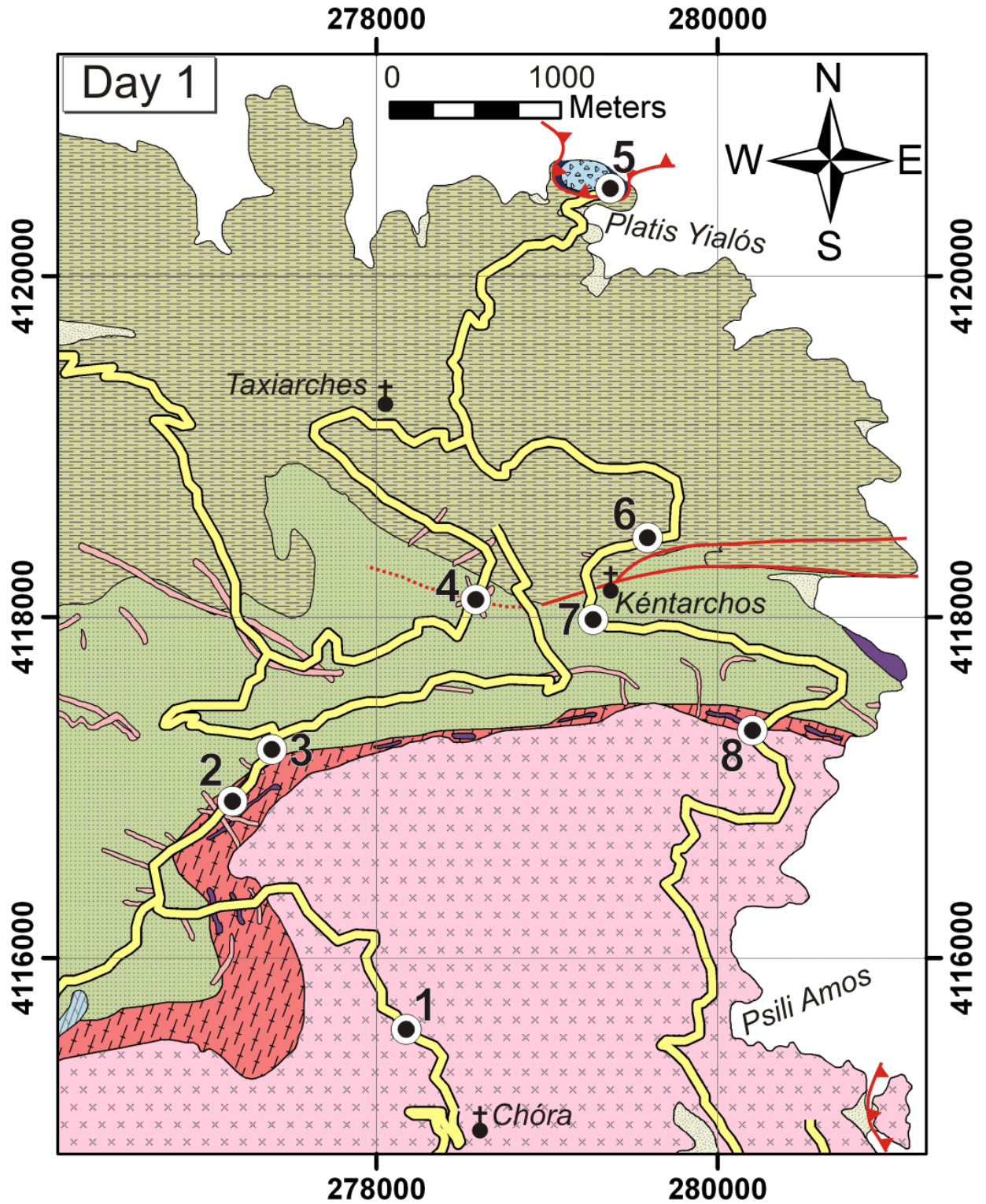
První trasa nás zavádí do centrální a severní části Serifosu se zaměřením na nedeformovaný granodiorit, pravidlo prorážení mezi intruzivním kontaktem hlavního granodioritového plutonu a jeho okraji, mylonitickou ortorulou, amfibolitem a vysokoteplotními skarny. Dále jsou začleněny přehledné příklady křehkých/duktilních a kataklastických poklesových zlomů. Umístění exkurzních zastávek je na vidět obrázku.



Zastávka 1 (37.160284N, 24.501839E)

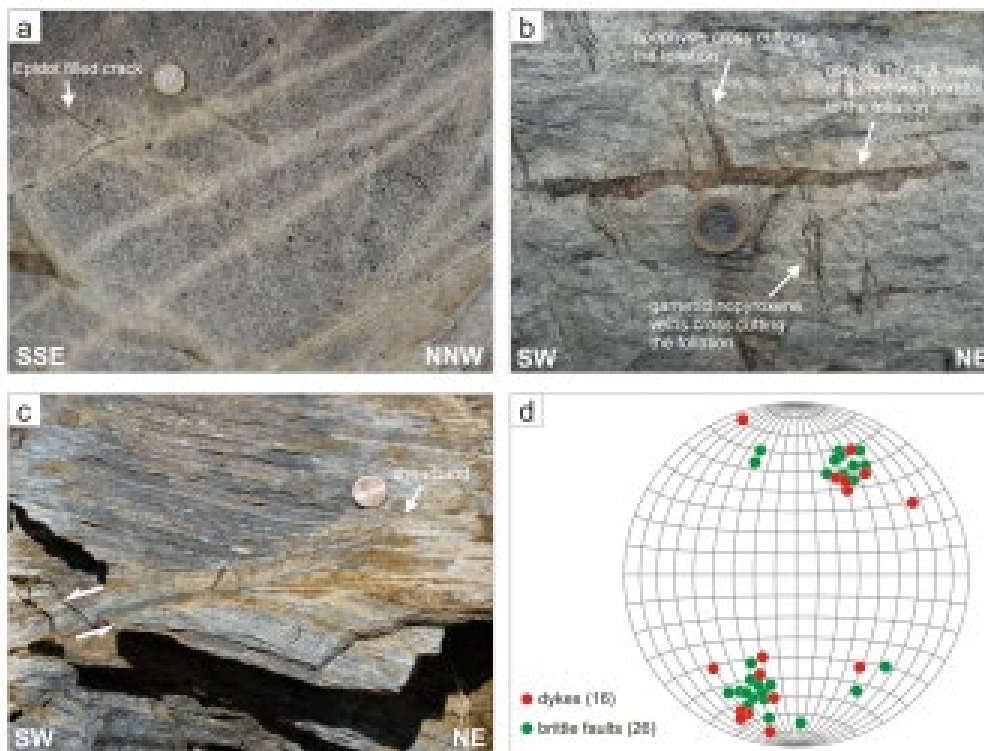
Podél hlavní silnice SZ od Chóry je obnažen nedeformovaný granodiorit typu I pozdně miocenního stáří (Altherr et al., 1982). Nápadným rysem Serifoského granodioritu je subvulkanická mikrostruktura tvořená subidiomorfními fenokrystaly živce K, plagioklasu, křemene a biotitu, rozloženými v základní hmotě složené z menších xenomorfních krystalů živců i křemene. V tomto ohledu jsou jemnozrnné typy granodioritu neodlišitelné od dacitových žil, které protínají celý ostrov. Podél severního okraje samotný granodiorit, stejně jako četné přidružené hráze, protínají, a tedy postdatují hlavní metamorfní struktury a foliaci hornin. Těleso granodioritu je typicky silně rozlámané

několikacentimetrovým až decimetrovým systémem spár, podél nichž tekutiny vybělily horniny v zóně široké až několik centimetrů.



Zastávka 2 a 3

Silniční zářezy mezi zastávkami 2 a 3 poskytují výstupy ukazující mylonitizované ortoruly, které jsou intenzivně deformovány amfibolity s polohami rul. Tyto horniny jsou pokryvnými horninami hlavní granodioritové intruze. Ortoruly obsahují četné magmatické reliktky, jako je pertitický K-živce a ostře zonální a dvojčatový plagioklas. Kromě toho jsou v ojedinělých úsecích pozorovány turmalín, křemen, biotit a muskovit. Dynamická rekrystalizace živce a formace pruhovaných rul naznačují, že k mylonitické deformaci docházelo za vysokoteplotních metamorfních podmínek. Foliace klesá pod mírným úhlem k SSZ a zaznamenává zřetelnou protahující se lineaci směřující k SSV. Hojné mikro a makroskopické kinematické indikátory poukazují na smyk směřující k SSZ. V ortorulách se vyskytují žíly s vysokoteplotními skarnovými minerály (klinopyroxen + granát). +/- magnetit), které protínají mylonitickou foliaci pod velkým úhlem, ale přesto zaznamenávají menší deformaci a rotaci během smyku směřujícího k SSZ. Malé apofýzy normální k žilám protínají foliaci (obr. b). Lokálně (zejména západně od zastávky 3) jsou ruly překryty faciemi zelených břidlic (obr. c), které zaznamenávají asymetrickou budinář.



Zastávka 4

Po hlavní silnici směrem ke klášteru Taxiarches lze pozorovat různé generace žil od dacitových po andezitové. Většina těchto žil je dacitická, zaznamenává porfyrické struktury a obecně obsahuje stejné minerály jako granodiorit. Žíly intrudovaly do mělké úrovně zemské kůry a obecně sledují křehký

konjugovaný poklesový zlomový vzorec, který se táhne od ZJZ-VSV k ZSZ-VJV (obr. d). Zatímco pouze některé žíly jsou deformovány duktilními až křehkými/duktilními smykovými zónami nebo na svých okrajích vykazují menší duktilní deformace, většina žil je spojena a překrytá křehkou deformací. Proto jsou žíly často lemovány kataklasity.

Zastávka 5

Západně od kláštera Taxiarches vede malá silnice směrem na S k poloostrovu Platis Gialos, kde se pod úhlem 20° k SSV svažuje ostrý zlom. Zřetelný je pokles tvárnosti deformace související se zlomem směrem od nižších k vyšším strukturním úrovním. Z litologického hlediska je úpatí tohoto zlomu tvořeno zelenými břidlicemi a mramory s nápadnou, několik metrů mocnou vrstvou mramorových konglomerátů. Celá sekvence se pod nízkým úhlem svažuje k SV a je ohnutá podél os vrás směřujících k SV-JZ s osovými rovinami rovnoběžnými s hlavní foliací. Mramory jsou hrubozrnné a obsahují převážně křemenná zrna a až milimetrové bílé slídy a také kalcit. Mramorové složky metakonglomerátu mají obdobný tvar, jehož dlouhé osy vymezují zřetelnou lineaci s tendencí VSV-ZJZ. Celá sekvence je překryta subvertikálními žilami s kalcitovou výplní s úklonem ZSZ-VJV a duktilními/křehkými poklesovými poruchami s úklonem k SSV a SSZ.

Zastávka 6 a 7

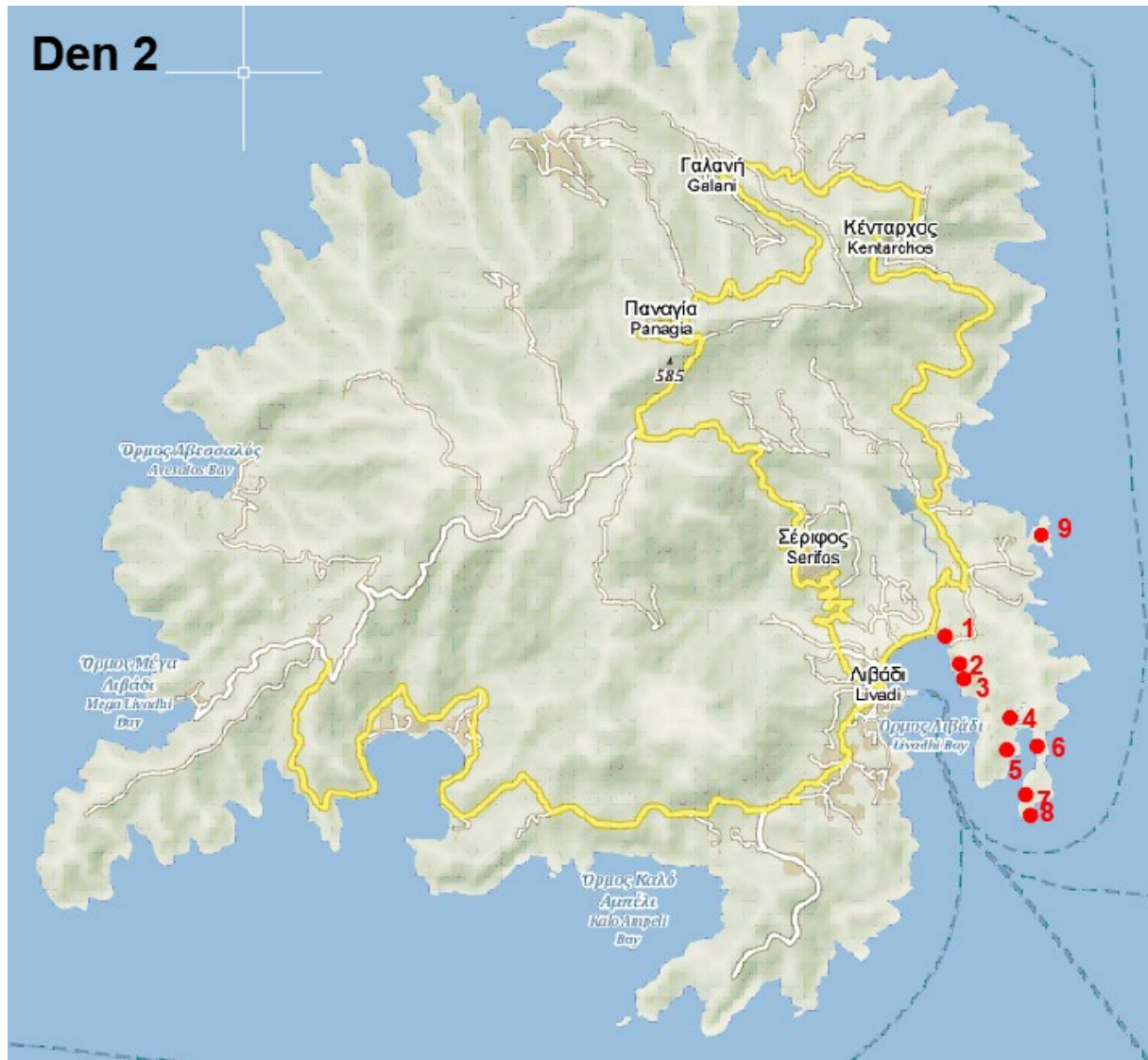
Několik set metrů severně od obce Kentarchos se nachází kataklastický otisk, který je výsledkem systému konjugovaných zlomů s Z-V rázem. Tato hlavní křehká poruchová zóna vyznačuje hranici mezi jednotkou zelených břidlic / mramorů na severu a horninami amfibolitu / ortorul na jihu. Několik žil následuje průběh křehkých zlomů, ale samy jsou překryty silnou kataklastickou deformací. Většina tektonických zrcadel se ponořuje pod úhlem přibližně 40°-50° směrem k JJZ, což zaznamenává jasnou lineaci a pokles. Další soubor poklesových zlomů se ponořuje směrem k SSV. Tyto konjugované křehké zlomy jsou protnuty metr silnými zónami nesoudržných kataklasitů, které se vytvořily v rámci Z-V vybíhajících vertikálních zlomů s otevíracím režimem.

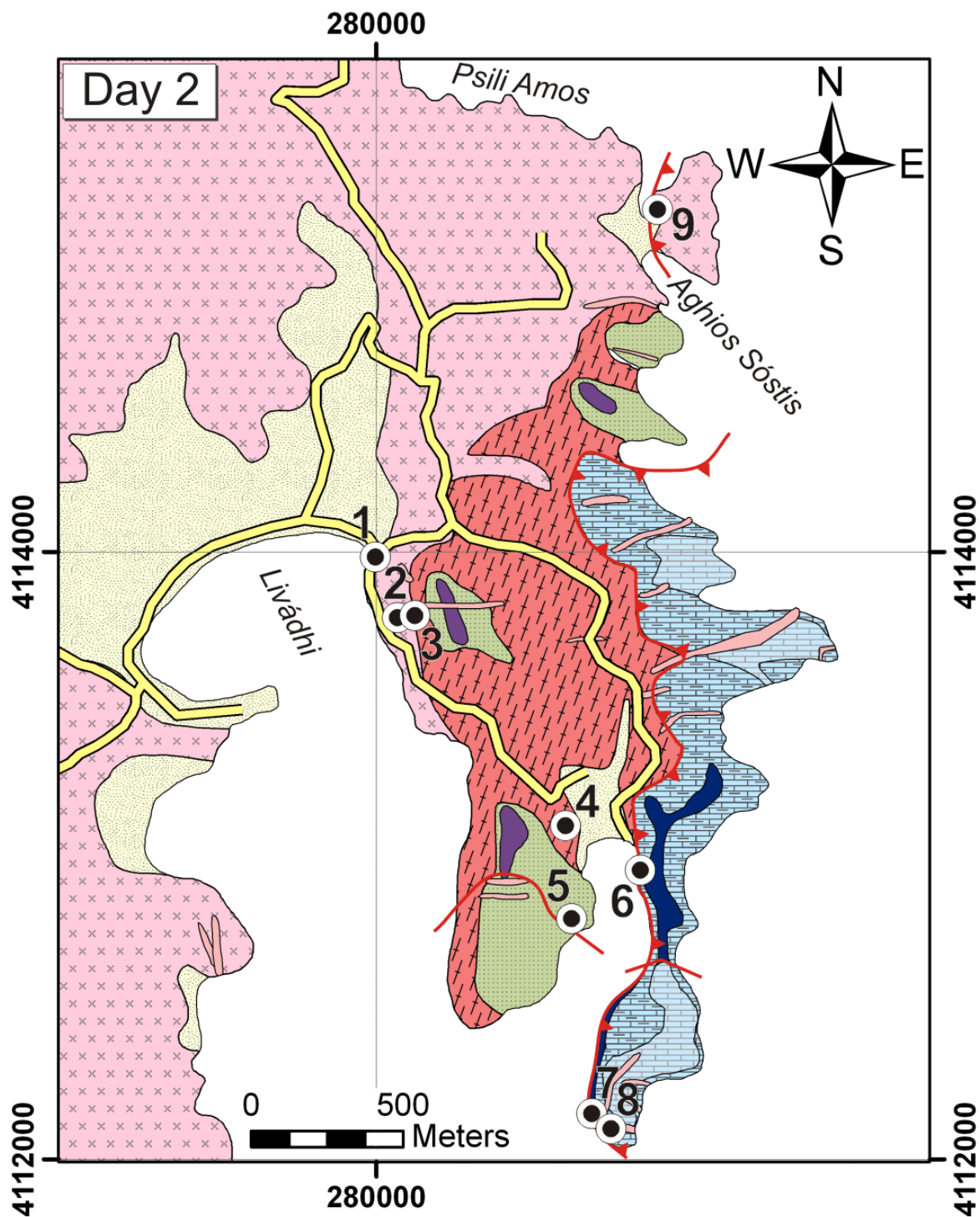
Zastávka 8

Po silnici směrem zpět do Livadi se amfibolity a ortoruly silně deformují mylonitickou foliací s úklonem asi 50° k S. Směrem ke kontaktu s masivním granodioritovým tělesem jsou strmé křehké poklesové zlomy s úklonem na J pronikány dacitovými žilami. Kontakt granodioritu s ortorulami / amfibolity je ostrý a nesouhlasný a pod velkým úhlem protíná mylonitickou foliaci. Intruzní kontakt je staršího data, některé z nich obsahují xenolity mylonitových hostitelských hornin. Dacitické až andesitické hráze intrudovaly jak granodiorit, tak jeho hostitelské horniny.

Oblast 2

Druhá trasa demonstruje složitý strukturní přetisk vysokoteplotních mylonitických pruhovaných rul se zónami nízkoteplotních zelených břidlic s nízkým úhlem smyku, které oddělují hrubozrnné mramory nad zlomem od ultramylonitických mramorů pod ním. Nejzajímavější je, že nízkostupňové duktilní smykové zóny protínají také granodiorit, čímž spolu s geochronologickými údaji omezují pohyb směřující k JJZ na dobu zhruba 7-8 mil. let. Umístění exkurzních zastávek viz obrázek.





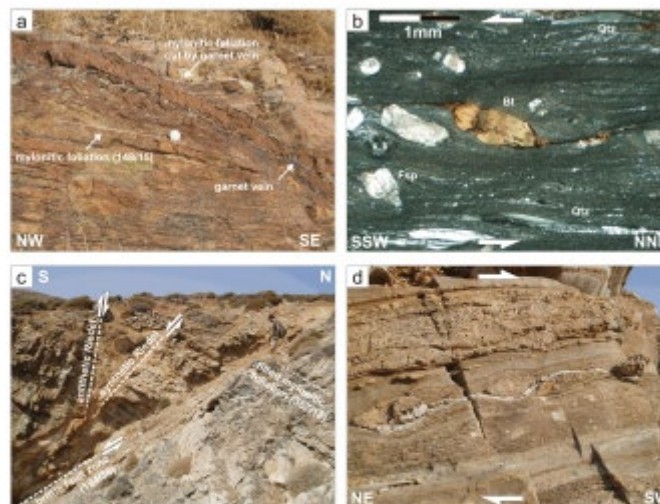
Zastávka 1

Trasa začíná v Livadi směrem na východní konec pláže. Na této zastávce je obnažen východní okraj hlavní granodioritové intruze. Ačkoli hlavní intrusivní těleso na Z je nedeformované, granodiorit je v tomto místě mírně střížený a zaznamenává JV skloněnou foliaci. Makroskopicky je granodiorit silně alterován a vybělen podél četných centimetrových až decimetrových spár. Granodiorit je prtnut několika žilami podobného mineralogického složení.

Zastávka 2 a 3

Pokračujte po silnici podél zálivu směrem k jihu až k apartmánu Studios Niovi. Přímo za apartmány vystoupejte po schodech k zastávce č. 2, kde je odhalen intruzivní kontakt mezi granodioritem a mylonitizovanou ortorulou. Téměř horizontální mylonitová foliace zaznamenává silně protáhnuté lineace orientované od S-J. Vystupte asi 30 m nahoru (zastávka 3), kde se v mylonitických ortorulách nacházejí decimetrové až metrové granátové žíly, které vzhledem k mylonitické foliaci patří k pozdně tektonické vysokoteplotní skarnové formaci před intruzí granodioritu. Ačkoli některé granátové žíly intrudovaly paralelně s mylonitickou foliací. Kromě toho některé skarnové žíly protínají foliaci s lokálními vlečnými efekty, které pravděpodobně souvisejí s probíhající deformací (obr. 8a). Celý výchoz je intrudován pozdní fází žil – souvisejících s granodioritovou intruzí – s úklonem 30° směrem k V, které protínají všechny hlavní struktury.

Figure 8. Stop 3, 4, 5 and 6



a) Stop 3: High-temperature skarn vein, cross-cutting the mylonitic foliation. b) Stop 4: Thin section of ultramylonitic andesitic dyke. c) Stop 5: Brittle high-angle normal fault. d) Stop 6: Shearband boudinage in marbles.

Zastávka 4

Po hlavní silnici podél zálivu Livadi směrem na jihovýchod přecházíme od nedeformovaných a zvrásněných granodioritů k mylonitům ve strukturně vyšších úrovních. Na první odbočce opusťte silnici a vydejte se směrem k západní straně malé zátoky. U zastávky 4 je metr mocná žíla, která má směr SZ-JV. Makroskopicky lze tyto zóny rozpoznat podle velmi jemné zrnitosti a černé barvy. Mikroskopicky obsahují ultramylonity, klasty magmatického živce, křemene a biotitu tvořící kritéria smyku, jako jsou

sigma-klasty, delta-klasty a slídy, zasazené do mimořádně jemnozrnné matrice (obr. 8b). Podlouhlá jednotlivá zrna křemene vznikají dislokačním skluzem podél bazální skluzové roviny.

Zastávka 5

Vydejte se po malé stezce na západní straně zálivu směrem k jihu. Četné křehké zlomy s úklonem Z-V a lokálním převýšením několika metrů protínají všechny litotypy a představují nejnovější fázi rozšiřování směru na S-J. Z

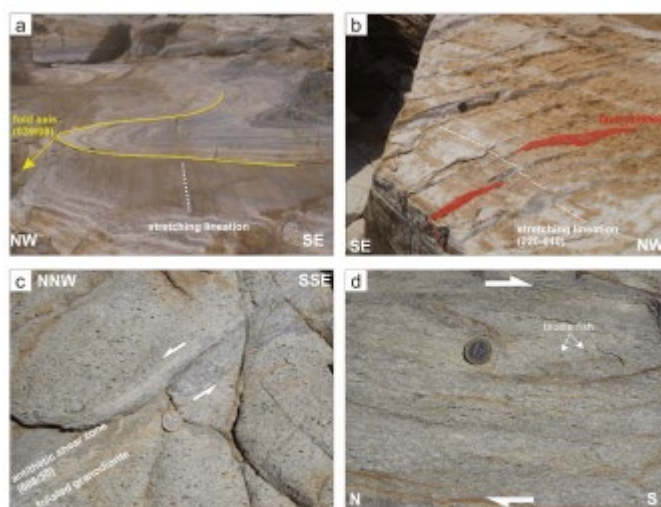
Zastávka 6

Vraťte se stejnou cestou a přejděte zátoku na východní stranu. Po malé stezce projděte kozí bránou a jděte podél útesů směrem na jih. Na nižších strukturních úrovních je vysokoteplotní mylonitických ortorul překryta zelenými břidlicemi. Na vyšších strukturních úrovních jsou ruly proloženy nečistými mramory, břidlicemi a kvarcity. Tato obecně V směrem orientovaná vrstevní jednotka je silně protažená a vytváří budináž, která indikuje na JZ směrované smyky. Lokálně jsou horniny deformovány několika generacemi zvrásnění a vytvářejí složité struktury přehnutí: Izoklinální vrásy s osami vrás směřujícími od SZ k JV zaznamenávají mírně na J směřující osové roviny, které jsou rovnoběžné s obecnou mylonitickou foliací. Všechny struktury jsou překryty jemnozrnnými duktilními až křehkými/duktilními smykovými pásmy a až metr silnými nízkoúhlovými smykovými zónami, které jsou lokalizovány především v mramorech zaznamenávajících JZ směrovaný smyk (obr. 8d).

Zastávka 7 a 8

Jděte po útesech na jih, dokud se nedostanete k nejjižnější části poloostrova. V zastávce 7 je patrné pokračování litologií a struktur ze zastávky 6. Několik smykových zón s jemnozrnným kalcitem obsahuje až metrové klasty ortorulních mylonitů, které odhalují konzistentní J-JZ směřující smykovou sílu. Ve strukturní poloze několik metrů nad touto lokalitou u zastávky 8 představují hrubozrnné mramory s milimetrovými krystaly kalcitu závěsnou stěnu nízkoúhlových smykových zón. Mramory zaznamenávají zřetelnou linii protažení ve směru SV-JZ, která je paralelní s izoklinálními vrásami s osovými rovinami rovnoběžnými s mylonitickou foliací (obr. 9a). Po trase na východní straně poloostrova došlo v mramorech k polyfázovému zvrásnění spolu s amfibolity a břidlicemi, které vytvářejí kopulovité a pánevní převrásněné struktury.

Figure 9. Stop 8 and 9



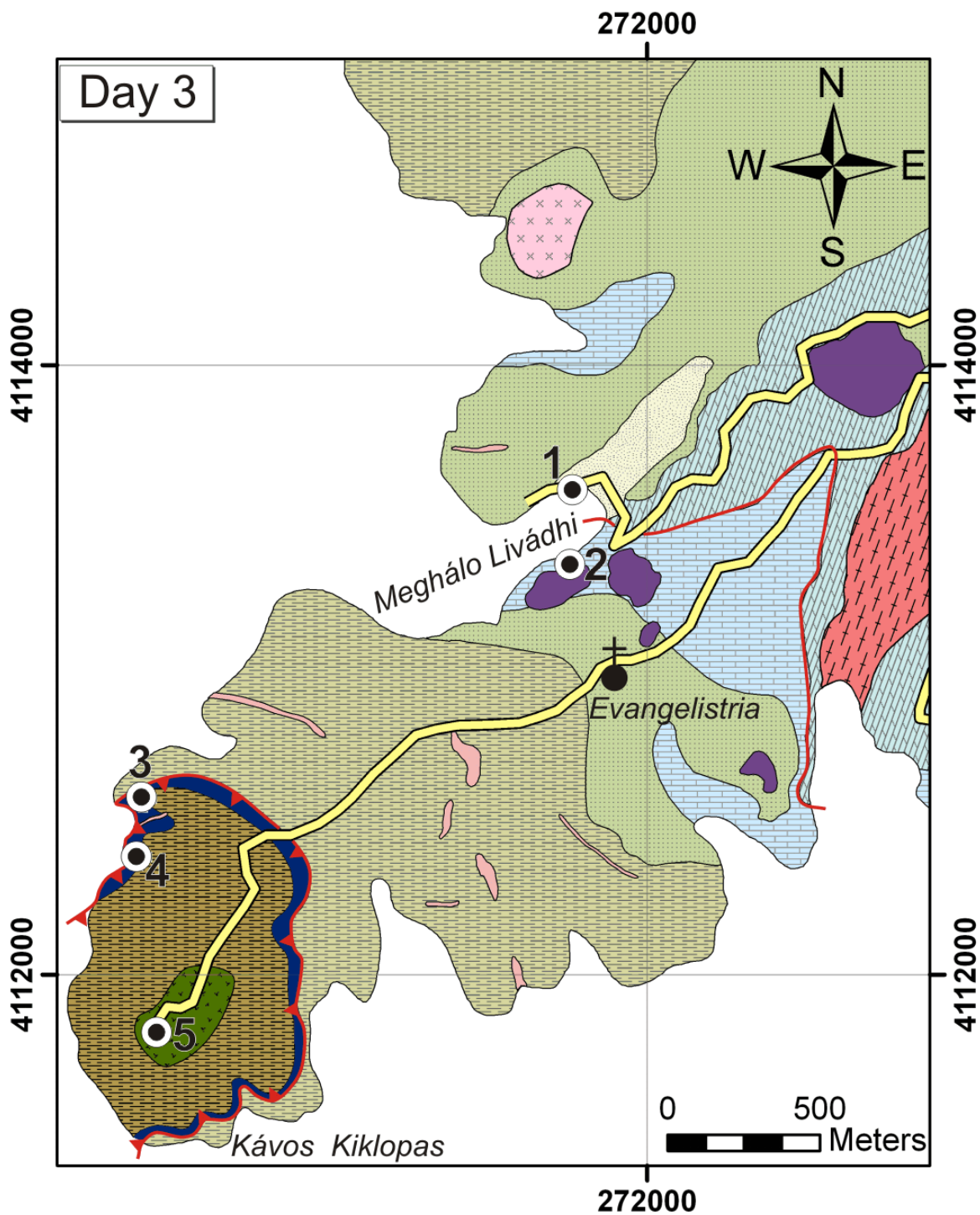
a) Stop 8: Isoclinal fold with fold axis parallel to the stretching lineation in coarse-grained marble. b) Stop 8: Brittle / ductile faults in marbles at high angle to the mylonitic foliation. c) Stop 9: Ductile shear zone in the granodiorite. d) Stop 9: Strongly sheared granodiorite.

Zastávka 9

Vraťte se na silnici a pokračujte po ní na sever k pláži Agios Sostis. Na tomto místě lze pozorovat postupující tvárnou deformaci jinak nedeformovaného granodioritu. Západně od pláže je granodiorit překryt slabou souvislou V ukloněnou foliací vyznačenou orientovaným biotitem a rohovcem. Západně od pláže ve strukturně nižších polohách je foliační granodiorit prořezán několika až decimetr silnými duktilními smykovými zónami k celkovému J směru smyku, obr. 9c. Při pokračování k východu směrem k vyšším strukturním úrovním je granodiorit deformován do mylonitu.

Oblast 3

Trasa vede k mramorům v Meghálo Livádhi s pestrou stavbou, které ukazují kinematiku normálních zlomů řízenou SSW v podmínkách zelené břidlice až po kataklastickou přeměnu.



Zastávka 1

První zastávka se nachází přímo na severním konci pláže Meghálo Livádhi vlevo od opuštěné neoklasicistní budovy v Meghálo Livádhi (postavena v roce 1869, která bývala sídlem těžářské společnosti „Serifos-Spiliazeza“). Přímo vedle budovy směrem na západ je pomník na památku těžářů, kteří byli zabiti při nepokojích v roce 1916. Těsně pod pomníkem se nachází několik malých výchozů mramorových mylonitů s efektními budinovanými vrstvami tvořenými převážně křemenci). Budiny jsou

obecně asymetrické a zaznamenávají jak domino efekt. Budiny a žilky mezi budinami vykazují reakční okraje a růst vápenatých silikátových minerálů, amfibolu a mastku, což svědčí o pozdních fázích alteračních procesů. V okolí je několik otevřených štol, jedna velká na západní straně Megalo Livadi.

Pozdně miocénní skarnová mineralizace Fe je doprovázena arsenovou a Cu mineralizací hydrotermálního původu, která prošla během pliocénu a kvartéru silnou alterací sestupnými meteorickými vodami a následnou změnou v důsledku antropogenních procesů (kolem 3325 až 2890 př.nl). To vedlo k vytvoření různých supergenních alteračních minerálů včetně agregátů K–Cu humát–oxalát.

Zastávka 2

Na opuštěném místě těžby a na nakládacím místě lodí v jižní části zálivu Meghálo Livádhi jsou mramory přetištěny širokou zónou křehké / tažné až kataklastické deformace široce paralelní s jemně jihozápadně ponořujícím se metamorfní foliací. Několik decimetrů až metrů mocné zlomové zóny lokalizuje foliaci paralelně do mramorů bohatých na budiny, ponořujících se asi 50° směrem k JJZ. V těchto smykových zónách jsou křemencové budiny zcela rozbité a rozbité na hranaté fragmenty.

Zastávka 3

Pokračujte po silnici do čela poloostrova Kávos Kíklopas (Κάβος Κύκλωπας). Asi 1 km jihozápadně od kláštera Evangelistria se nachází výrazné geomorfologické sedlo, které označuje polohu poklesového zlomu Kávos Kíklopas. Zlomový povrch ostrý jako nůž, ponořující se asi o 10° směrem k W, odděluje ankeritizované protokataklazity v závěsné stěně od skládaných břidlic a mramorů v nožní stěně. Uvnitř břidlic několik metrových střížných pásů přetiskuje dřívější struktury indikující smyk ve směru W. Dolomitické vrstvy jsou rozlámány a ohraničeny do izolovaných fragmentů deformujících se do geometrií klastů typu sigma a delta, které zaznamenávají tvárný SSW smyk (obrázek 12b).

Zastávka 4

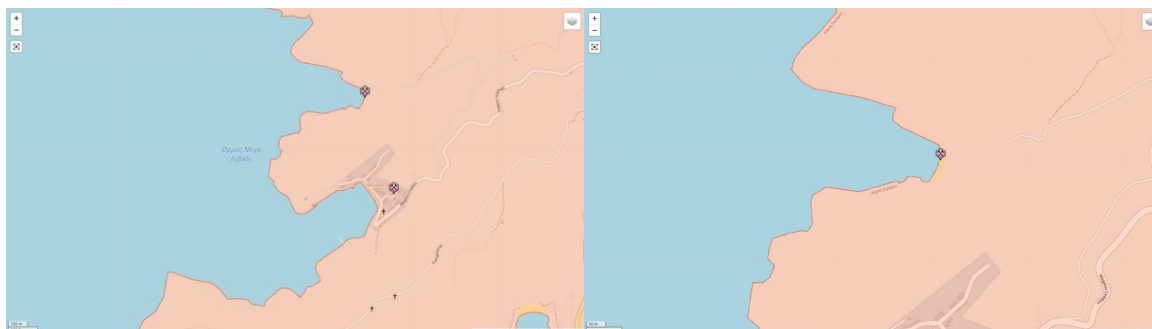
Sledujte útesy na jih, kde lze studovat část zlomu Kávos Kíklopas. Lokalizovaný zlomový povrch, který odděluje kataklazity v visuté stěně od mramorových mylonitů v úpatí. Různě barevné vrstvy kataklazitů zaznamenávají různé složení výchozího materiálu a různé stupně konečné deformace. Četné systémy syn- a posttektonických žil, alterace a výrazná ankeritizace hornin protokataklastických visutých stěn naznačují, že zlom představoval důležitou dráhu tekutiny během deformace.

Zastávka 5

Vraťte se zpět na silnici a pokračujte v cestě směrem na jihozápad až do jejího konce. Zjevně ve strukturní poloze visuté stěny zlomu Kávos Kíklopas a v zóně výrazné ankeritizace odhaluje silniční zářez hadovité těleso. Foliovaný serpentinit se skládá hlavně z antigoritu/krysotilu, chloritu a mastku. Méně deformované ultramafické čočky vykazují zbytky ortopyroxenu. Tyto serpentinity pravděpodobně patří k podobným metaofiolitickým pozůstatkům známým z několika kykladských ostrovů (např. Bröcker a Pidgeon, 2007). Tyto možné fragmenty ofiolitů jsou považovány za svrchní tektonickou jednotku Kyklad (Dürr et al. 1978; Schliestedt et al., 1994).

Lokality severně v oblasti 3

Koundouros (Koundouro) výchozy skarnu s ilvaitem

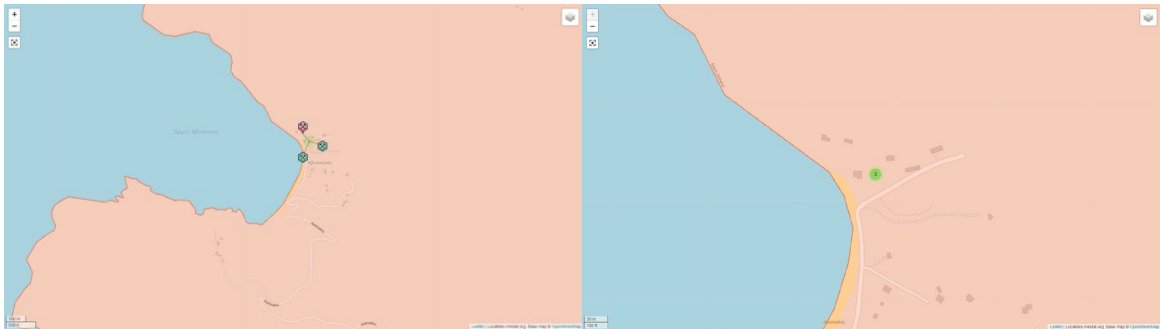


Avesalos (Avisallos)

Krystaly křemene, prasemu a ametystu. Lokality v malých údolích táhnoucích se na východ od zálivu Avisallos a na strmých útesech severně od hory Agriomelisa, blízko moře.

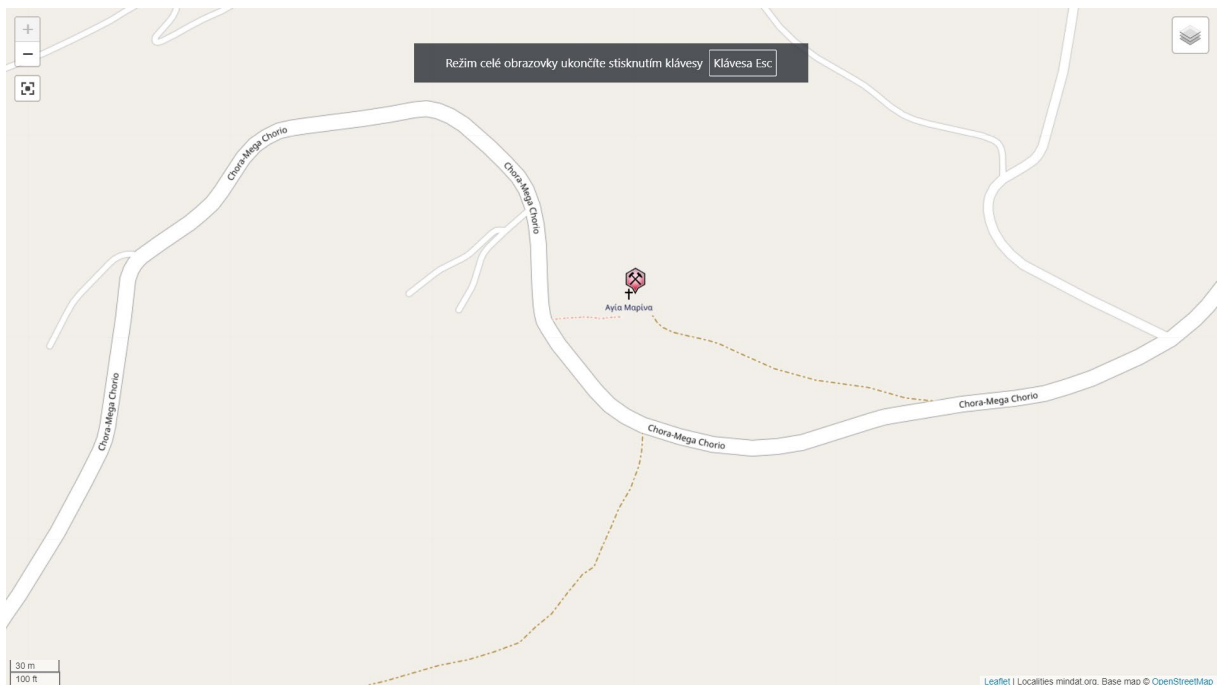
Velká hromada tmavé strusky (s minerály mědi) v zátocě Avisallos, na severovýchodním svahu hory Aghriomelisa.

Severní oblast Avessalos se vyznačuje granatitickým a hedenbergitovým exoskarnem a rozvojem obrovských geod vyplněných progradní a retrogradní skarnové minerály (obrázek 8a–f). Zonální andraditické granáty se zde vyskytují a rovněž velkolepé vzorky zeleného křemene a ametystu. Ve dvoubarevných krystalech prase-ametyst, přechod mezi těmito dvěma krystaly je v rámci téhož krystalu náhlý, kde se na základně vyskytuje prase a na vrcholu krystalu ametyst. Ametysty jsou průhledné a v kvalitě drahokamů

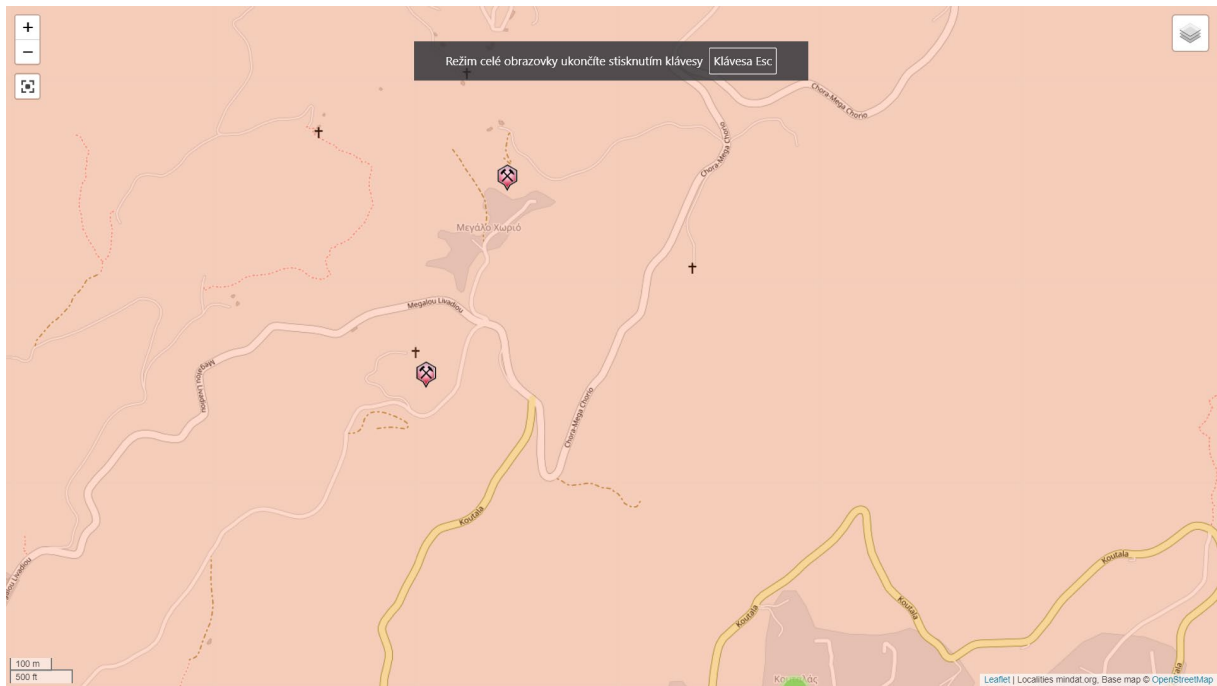


Centrální část ostrova:

Hematite, etc. Agia Marina



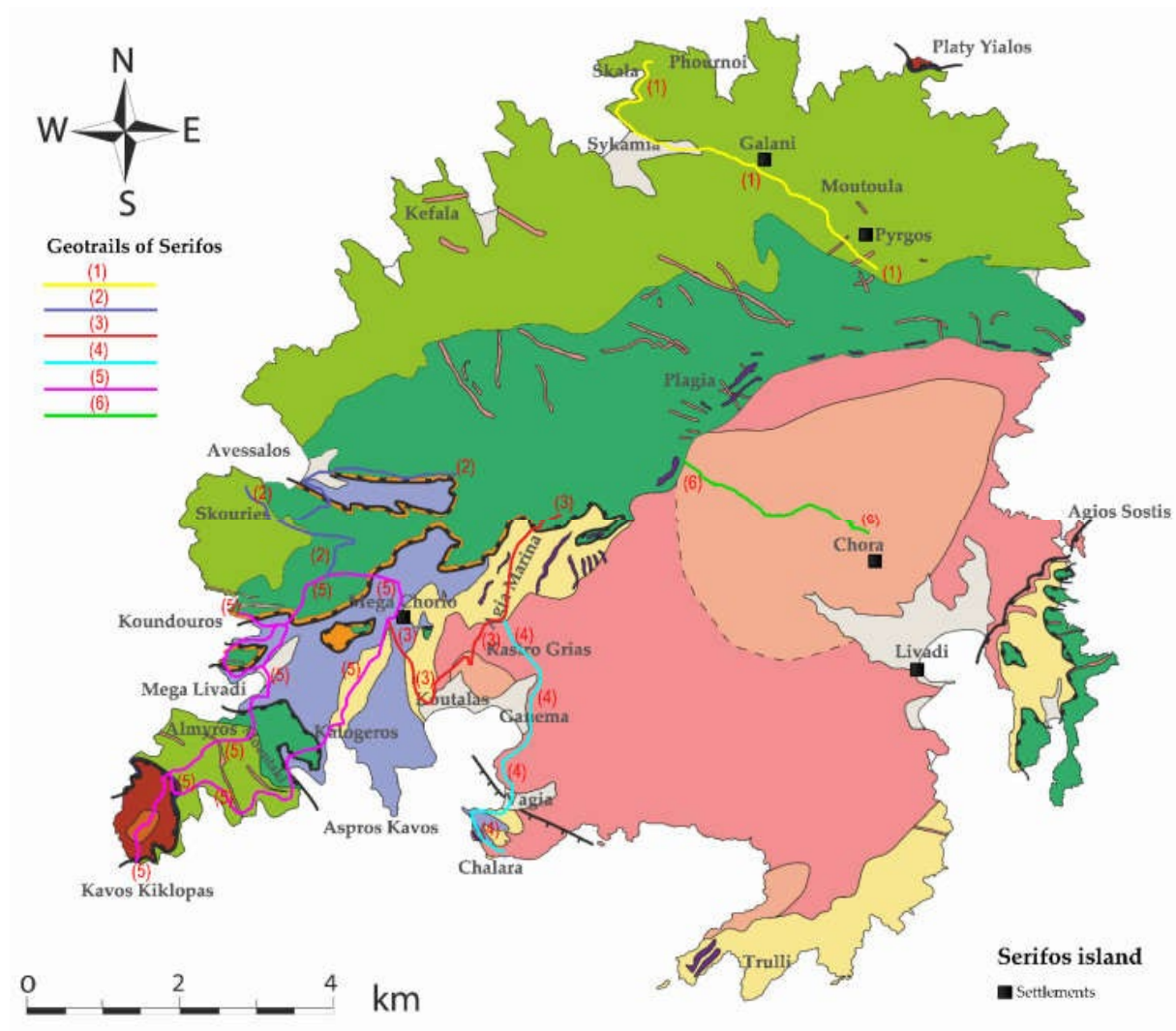
Mega Horio (Megalo Horio; Mega Xhorio; Mia Horio; Mega Khorio;



Skarnové ložisko v SW Serifos, které poskytlo hojné krystaly křemene. Mnoho značek obchodníků s minerály uvádí jako lokalitu „Mega Khorio“ nebo „Mega Korio“.

Křemen je velmi běžný minerál ve skarnech. Kombinace ametystu a prasemu tvořící žezlové výrůstky v Serifos jsou celosvětově unikátní exempláře. Granát je hlavní složka skarnu a reprezentovaná několika odrůdami v Serifos. Andradity jsou známé díky svému zonálnímu růstu s barvami od tmavě hnědé po oranžový. Ilvait, až 50 cm dlouhý ve spojení s hedenbergitem v Serifos, představuje nejlepší výskyt tohoto minerálu na světě. Krystaly kalcitu do 35 cm jsou prorostlé s chválou na Serifos. Usazeniny nahrazující uhličitany v Serifos obsahují velké krystaly fluoritu (do 5 cm) a barytu (do 50 cm).

Geostezky



Geostezky, popis:

1/5, 8

Pyrgos–Galani (galena mines)–Sykamia–Skala–Phournoi

Discovering the first mines, the geomorphosites and the copper slags

Paved path: Traditional settlement Galani (named after the ancient galena mines), Tafoni (cellular honeycomb geomorphological formations of weathering), Copper slags (Phournoi).

Amphibolites with gneiss intercalations, greenschists, alluvial sediments/Galena, Sphalerite, Pyrite, etc.

2/4, 8

Megalo Chorio–Skouries–Avessalos

On the Copper Road

Avessalos area is the best site in the world in respect to the mineral green quartz. Skouries: By far the largest known copper slag heap in the Aegean with estimates for 100,000 tons of slag present.

Amphibolites, mylonitic orthogneiss, dolomitic and calcitic marbles with boudinaged quartzites and schists/ilvaite, hedenbergite, green quartz, etc.

3/4, 1

Agia Marina– Kastro Grias–Koutalas–Megalo Chorio

Protecting the mines

Skarn-related mineralization: The area is characterized by splendid occurrences of garnets in association with quartz crystals. Koutalas area is characterized by the operations of mining activity, such as rail systems, ore transport, wagons and the workers residencies. Koutalas cave between the bays of Megalo Livadi and Koutala with stalactites and stalagmites at Stavrakopoulos.

Granodiorite, amphibolites with gneiss intercalations, mylonitic orthogneiss, dolomitic and calcitic marbles with boudinaged quartzites and schists/andraditic garnets, quartz, barite crystals with galena and Fe-oxides, etc.

4/3, 5

Kastro Grias– Ganema- Chalara–Vagia Bay

Outdoor mining museum

Area with iconic mining infrastructure, and also best development of proximal high- T skarn. An outdoor mining museum, with underground mining galleries, iron rails, semi-destroyed bridges, wagons and a loading bridge. Granodiorite, mylonitic orthogneiss, calcitic and impure marbles, alluvial sediments/ andraditic garnets, quartz, epidote, etc.

5/9, 4

Megalo Chorio– Kalogeros–Kavos Kiklopas– Megalo Livadi– Koundouros

On the Iron Road

Ore mineralization along various extensional low-angle detachment fault systems. (Command) Village with miners: An outdoor mining museum, with underground mining galleries, iron rails, semi-destroyed bridges, wagons and a loading bridge, hot water springs. Koundouros area is characterized by hedenbergitic skarn including the best ilvaite crystals worldwide. Megalo Livadi and Kavos Kiklopas detachments. Amphibolites with gneiss intercalations, mylonitic orthogneiss, dolomitic and calcitic marbles with boudinaged quartzites and schists, greenschists/ilvaite, green quartz, hematite, magnetite, barite, etc.

6/2, 4

Chora–Gyftika

The Road of the miners Stone-paved path used to be the only way for miners to get to the mines.

Granodiorite, mylonitic orthogneiss