

»55. srečanje mladih raziskovalcev Slovenije 2021«

ZNAČILNOSTI IN UPORABA METAMORFNIH KAMNIN POHORJA

Raziskovalno področje: GEOGRAFIJA IN GEOLOGIJA

Raziskovalna naloga

Avtorici: Lara Podgoršek, Zarja Gumilar Papotnik

Mentorja: Viljem Podgoršek, Vesna Vervega,

Šola: II. gimnazija Maribor

Maribor, maj 2021

ZAHVALA

Najprej bi se zahvalili najinima mentorjema za pomoč pri delu ter vlivanje novih moči. Z njuno pomočjo sva pridobili veliko novega znanja ter izkušenj. Zahvaljujema se intervjuvancema iz kamnoloma Črešnar in kamnoloma v Skomarju, ki sta si vzela čas za intervju ter nama tako pomagala pri delu z deljenjem svojega znanja in izkušenj o tematiki. Prav tako sva hvaležni vzdrževalcu informacijske tehnologije naše šole, ki nama je omogočil izdelavo makete in tako uresničitev enega izmed ciljev raziskovalne naloge. V zvezi s tem bi se zahvalili še najinemu sošolcu za svetovanje med izdelovanjem makete Pohorja. Zahvalili bi se tudi članom svojih družin, saj so naju spodbujali, podpirali in pomagali na različne načine. Hvaležni sva prav vsem, ki so kakorkoli pripomogli k izdelavi raziskovalne naloge in jih nisva omenili.

KAZALO VSEBINE

1. POVZETEK	4
1. ABSTRACT	5
2. UVOD V NALOGO	6
2.1 Cilji	6
2.2 Raziskovalna vprašanja	6
2.3 Metodologija	6
3. TEORETIČNI DEL	8
3.1 Pohorje	8
3.2 Kamnine	8
3.2.1 Geološke dobe	9
3.2.2 Minerali	10
3.2.2 Delitev kamnin	12
3.3 Metamorfne kamnine in metamorfoza	13
3.3.1 Tlačno - temperaturna ali P-T polja	14
3.3.2 Metamorfni faciesi	15
3.3.2.1. Faciesi, ki se nahajajo na Pohorju	16
3.3.2.1.1 Zeolitni in prehnito pumpellyitni facies	17
3.3.2.1.2 Facies zelenega skrilavca	17
3.3.2.1.3 Amfibolitni facies	18
3.3.3 Stopnje metamorfoze	18
3.3.4 Geologija Pohorja	19
3.3.4.1 Potek metamorfoze na območju Pohorja	19
3.3.4.2 Retrogradna metamorfoza	21
3.3.4.2.1 Retrogradna metamorfoza eklogita	21
3.3.4.3 Spremembe bazičnih in ultrabazičnih magmatskih kamnin	22
3.4 Razširjenost metamorfnih kamnin na Pohorju	23
3.4.1 Delitev metamorfnih kamnin Pohorja	23
3.4.2 Eklogit	24
3.4.3 Serpentin	26
3.4.6 Blestnik	28
3.4.4 Gnajs	30
3.4.5 Marmor	32
3.4.5.1 Rimski kamnolom marmorja na Pohorju	36

3.4.6 Amfibolit	36
3.4.7 Filit	38
3.4.8 Skrilavec	39
3.4.8.1 Zeleni skrilavec	40
3.4.9 Kvarcit	41
3.4.10 Skarn	42
3.5 Uporaba metamorfnih kamnin Pohorja	44
4. EMPIRIČNI DEL	47
4.1 Povzetek terenskega dela	47
4.1.1 Test fizikalnih in kemičnih lastnosti na terenu	48
4.2 Intervjuji	49
4.2.1 Intervju s soupraviteljico kamnoloma gnajsa Črešnar	49
4.2.2 Intervju z lastnikom kamnoloma marmorja Štravs	51
4.3 Analiza kamnin	53
4.3 Maketa Pohorja	56
4.5 Spletno mesto	57
4.6 Razstava	58
5. RAZPRAVA IN ZAKLJUČEK	59
6. UPORABNA VREDNOST	62
7. VIRI IN LITERATURA	63
8. VIRI FOTOGRAFIJ	66
8. PRILOGE	69
8.1. Galerija slik	69
8.2 Vprašanja za intervju	78
8.3 Obrazec za analizo vzorcev kamnin	79

1. POVZETEK

V raziskovalni nalogi sva želeli raziskati značilnosti in uporabo metamorfnih kamnin, ki jih najdemo na Pohorju ter izdelati maketo Pohorja za boljšo predstavbo. Pred pisanjem naloge sva si zadali štiri cilje in pet raziskovalnih vprašanj, na katere sva odgovorili s pomočjo strokovne literature, terenskega dela in izvedbe intervjujev z lastnikoma dveh kamnolomov. Posebej sva se osredotočili na osnovne značilnosti, nahajališča in uporabo metamorfnih kamnin na omenjenem območju. Na zadnje vprašanje povezano s popularizacijo lokalne geologije med mladimi, sva odgovorili z izdelavo makete ter spletnega mesta, na katerem sva predstavili metamorfne kamnine Pohorja. Kamnine Pohorja, ki sva jih opisali, so: eklogit, serpentinit, blestnik, gnajs, marmor, amfibolit, filit, skrilavec, kvarcit in skarn. Ugotovili sva, da ima vsaka kamnina posebne značilnosti in sestavne minerale, čeprav so vse nastale z metamorfozo in jih danes najdemo na območju Pohorja.

1. ABSTRACT

In our research task, we wanted to investigate the characteristics and use of metamorphic rocks found on Pohorje and make a model of Pohorje for a better presentation of the subject. Before writing the thesis, we set ourselves four goals and five research questions, which we answered with the help of professional literature, field work and conducting interviews with the owners of two quarries. We specifically focused on the basic features, deposits, and use of metamorphic rocks in the said area. The last question related to the popularization of local geology among young people, we answered it by making a model and a website where we presented the metamorphic rocks of Pohorje. The rocks of Pohorje that we have described are: eclogite, serpentinite, schist, gneiss, marble, amphibolite, phyllite, slate, quartzite and skarn. We found that each rock has unique characteristics and constituent minerals, although they were all formed by metamorphosis and are found today in the Pohorje area.

2. UVOD V NALOGO

Kamnine nas spremljajo na vsakem koraku, a pogosto se sploh ne zavedamo, da so tam. Obkrožajo nas skoraj povsod. Kamnine so iz različnih lokacij in ena od nam najbližjih zakladnic kamnin je Pohorje. Njegove skrivnosti so mnogim še vedno neznane in prav zaradi tega sva se lotili raziskovanja metamorfnih kamnin na tem območju, zanimale pa so naju predvsem značilnosti in uporaba le-teh. Za lažjo predstavo in vizualizacijo sva želeli izdelati tudi maketo Pohorja.

2.1 Cilji

Pri raziskovalni nalogi sva si zadali naslednje cilje:

1. Raziskati značilnosti metamorfnih kamnin na Pohorju.
2. Izvesti terensko delo na področju Boharine in Skomarja in z njim praktično spoznati metamorfne kamnine ter njihovo pridobivanje in uporabo.
3. Izdelati maketo Pohorja za boljši prikaz spoznanega.
4. Izdelati spletno mesto s podatki, pridobljenimi skozi proces pisanja raziskovalne naloge.

2.2 Raziskovalna vprašanja

Pred začetkom najine raziskovalne naloge sva si zastavili nekaj vprašanj:

R1: Kakšne so značilnosti metamorfnih kamnin Pohorja?

R2: Kakšna je uporaba metamorfnih kamnin spoznanih na terenu?

R3: Kateri so postopki obdelave metamorfnih kamnin spoznanih na terenu?

R4: Kje na področju Pohorja se nahajajo metamorfne kamnine?

R5: Kako popularizirati lokalno geologijo med mladimi?

2.3 Metodologija

Med opravljanjem raziskovalne naloge sva uporabili več metod. Pred določitvijo metodologije, sva se vprašali, s katerimi metodami bova dobili odgovore na zadana vprašanja

in dosegli izbrane cilje. Raziskovanje je tako potekalo na nivoju opisovanja in pojasnjevanja ter terenskega dela. Pregledali, preučili in povzeli sva različne vrste virov. Uporabili sva tako knjižne kot tudi spletne vire v slovenščini in angleščini. Poiskali sva strokovne članke z vsebino, ki se navezuje na metamorfne kamnine Pohorja ter se o temi pozanimale pri obeh mentorjih. Del podatkov sva pridobili na terenu z opravljanjem terenskega dela na področju Boharine in Skomarja, kjer sva izvedli tudi dva intervjuja z lastnikoma kamnolomov. Izvedli sva tudi analizo nekaterih kamnin ter podatke o njihovih kemičnih in fizikalnih lastnostih pridobili na ta način. Za izdelavo makete sva uporabili različne računalniške programe in spletne strani, na koncu pa sva jo natisnili 3D tiskalnikom. V programu Google sites sva ustvarili svoje spletno mesto, do katerega vodi ta povezava:

<https://sites.google.com/druga.si/metamorfne-kamnine-pohorja/domov> .

3. TEORETIČNI DEL

Nalogo začenjava s teoretičnim delom. Pregledali sva literaturo, ki se je nanašala na izbrano temo, torej metamorfne kamnine Pohorja. Veliko primernih člankov sva našli v različnih izdajah revije Proteus in v delih dr. Ane Hinterlechner-Ravnik, pomagali pa sva si tudi z učbeniki za izbirno geografijo v 3. in 4. letniku ter mnogimi drugimi deli znanih slovenskih geologov.

3.1 Pohorje

Pohorje se nahaja na severovzhodu Slovenije in je v porečju Drave. Njegov najvišji vrh je Črni vrh, ki meri 1543 m. Ima značaj polkrožnega masiva. Je največje in najvišje pogorje Pohorskega Podravja, to pa je največje območje magmatskih in metamorfnih kamnin v Sloveniji. Osrednji del Pohorja sestoji iz granodiorita, robni deli so po večini iz zelo starih metamorfnih kamnin, predvsem gnajsa. V podoljih najdemo podolgovate pasove iz terciarnih sedimentnih kamnin, ki kažejo na bližino obpanonskih pokrajin. Od teh je najbolj znano Lovrenško-Ribniško podolje na severni strani Pohorja, ki predstavlja geološko mejo Pohorja proti severu. Reka Drava velja za reliefno mejo, a si svoje struge ni vrezala v tem manj odpornem podolju, temveč v tršo kamninsko osnovo bolj na severu (geološko gledano že v južna pobočja Kozjaka). Zaradi neprepustnih kamnin najdemo na pohorskem razvodnem hrbtu veliko jezer in barij. (Senegačnik, 2010)

Obsežno vršno sleme in grapasta pobočja so značilni za Pohorje. Zahodna in južna pobočja so položnejša, severna pa precej strma. (Senegačnik, 2010)

3.2 Kamnine

Kamnine so trdni mineralni agregat, kar pomeni, da so sestavljene iz mineralov. Ti imajo kemično sestavo, ki jo lahko zapišemo s kemijsko formulo. Kamnine se med seboj razlikujejo predvsem po nastanku in deležu posameznih mineralov. Iz njih je sestavljena zemeljska skorja. (Oxfordova enciklopedija nežive narave. (1995). Ljubljana: Mladinska knjiga.)

Kemična zgradba kamnin je pomembna za gospodarsko izkoriščanje (rudarstvo). Trdnost in stabilnost (plazovitost ali krušljivost in možnost graditve na njej) sta odvisni od mehanskih lastnosti kamnine. Na hitrost in način razpadanja kamnin vplivajo kemične in fizikalne

lastnosti. Slednje vplivajo tudi na to, kakšna je prst in kakšno je rastlinstvo in na način oblikovanja reliefa (z bolj kemičnim ali mehanskim delovanjem). (Senegačnik, 2011)

3.2.1 Geološke dobe

Za boljše razumevanje geologije in nastanka kamnin, je potrebno znanje geoloških dob. To je še posebej pomembno pri metamorfnih kamninah, ki so metamorfozirale v različnih geoloških dobah. Iz tega razloga tukaj navajava preglednico geoloških dob.

Preglednica 1: Geološke dobe

Dobe (ere)	Periode	Epohe	Starost (v milijonih let)
kenozoik	kvartar	holocen	od 0.01
		pleistocen	2.6 – 0.01
	neogen (terciar)	pliocen	5.3 – 2.6
		miocen	23 – 5.3
	paleogen (terciar)	oligocen	33.9 - 23
		eocen	55.8 – 33.9
paleocen		65.5 – 55.8	
mezozoik	kreda		145.5 – 65.5
	jura		199.6- 145.5
	trias		251 – 199.6
paleozoik	perm		299 - 251
	karbon		359.2 - 299
	devon		416 – 359.2
	silur		443.7 - 416
	ordovicij		488.3 – 443.7
	kambrij		545 – 488.3
predkambrij	/	/	4500 - 542

Metamorfne kamnine so sicer stare od 40 do 400 milijonov let. Magmatska intruzija¹, ki gradi osrednji del Pohorja, pa je stara okoli 18 milijonov let. (Jeršek, Žorž, Bedjanič, Žorž, & Podgoršek, 2021)

3.2.2 Minerali

Kamnine sestavljene iz mineralov gradijo trdno zemljino skorjo. Minerale najdemo tam, kjer so lokalno povišane njihove koncentracije v zemljini skorji. Razporeditev teh nahajališč je odvisna od geoloških procesov, saj nekateri geološki procesi potekajo na omejenih območjih (takšen je na primer nastanek boksita, ki nastaja le v vlažnem tropskem podnebju). (Herlec, 2009)

Nastanek mineralov je tesno povezan s temperaturo in pritiskom, ki se z globino praviloma povečujeta. Bočni pritiski oz. pritiski, ki niso vertikalno usmerjeni, so posledica premikanja kamnin v globinah.

Ob pritiskih in razmeroma nizkih temperaturah, se nekateri minerali, ki jih vsebuje prvotna kamnina, raztapljajo. Novi kristali nastajajo tako, da voda odnaša raztopljene ione na mesta, kjer so pogoji bolj primerni za rekristalizacijo. Plastičnost mineralov pomeni, da lahko ti spreminjajo obliko, glede na pritisk v kamnini. Plastičnost nastane pod vplivom povišane temperature in tlaka. V tem procesu nastanejo izrazito podolgovati ali pa izrazito sploščeni minerali. Pomembno je povedati, da se kemična sestava in kristalna zgradba med tem preoblikovanjem ne spremenita. (Herlec, 2009)

Na sliki 1 je marmor z barvnimi vključki drugih mineralov.



Slika 1: Marmor z minerali

¹ “Kamnina, ki nastane pri vdoru magme v zemeljsko skorjo” (Fran/Tiskanje. Pridobljeno iz Fran: <https://fran.si/tiskanje?All=petr&IsAdvanced=True&FullContent=True&Citation=True> , (2.5.2021))

Večina kamnin je iz več različnih mineralov. Slednji se, zaradi kristalizacije v različnih razmerah, lahko pojavljajo v različnih pojavnih oblikah. Minerali v pohorskih kamninah se razlikujejo po kristalni zgradbi, kemijski sestavi, pa tudi po pojavnih oblikah ter mineralni združbi. Navadno so zelo povezani s svojo kamnino, čeprav se lahko razlogi, ki so pripeljali do kristalizacije mineralov znotraj neke kamnine, precej razlikujejo. (Jeršek, Žorž, Bedjanič, Žorž, & Podgoršek, 2021)



Slika 2: Mineral biotit na gnajsu

Na sliki 2 je viden mineral biotit na gnajski podlagi. Gnajs je bil najden v sklopu terenskega dela v kamnolomu Črešnar v Boharini.



Slika 3: Minerali muskovita na marmorni podlagi

Slika 3 prikazuje minerale muskovita v marmorju. Marmor je iz kamnoloma marmorja Štravs v Skomarju.

3.2.2 Delitev kamnin

Kamnine glede na njihov nastanek delimo na tri vrste: magmatske, metamorfne in sedimentne. (Callery, S., Gifford, C., & Goldsmith, M. (2009). Svetovna enciklopedija za šolo in dom. Tržič: Učila International.)

Po drugi, kemični delitvi, delimo kamnine na silikatne in karbonatne. Magmaške in metamorfne kamnine so večinoma silikatne, te pa so večinoma iz kremena in silikatov. (Senegačnik, 2011)

V zemeljski skorji prevladujejo magmatske in metamorfne kamnine (od tega odpade 80 odstotkov na magmatske), usedlin pa je manj, čeprav njihova tanka plast prekriva večino površja. Pri temperaturi višji od 150 stopinj in ob naraščanju pritiska kamnine rekristalizirajo v metamorfne. (Hinterlechner - Ravnik, Metamorfne kamnine Pohorja: filiti, blestniki in gnajsi, 2004)

Kar 93 % površja Slovenije prekrivajo sedimentne kamnine (npr. dolomit, apnenec, fliš, lapor, konglomerat, prod). 4 % površja prekrivajo metamorfne, 3 % pa magmatske (Pohorje in vzhodne Karavanke). Omenjeno razmerje sedimentnih, metamorfnih in magmatskih kamnin se po svetu seveda razlikuje. (Senegačnik, 2011)

3.3 Metamorfne kamnine in metamorfoza

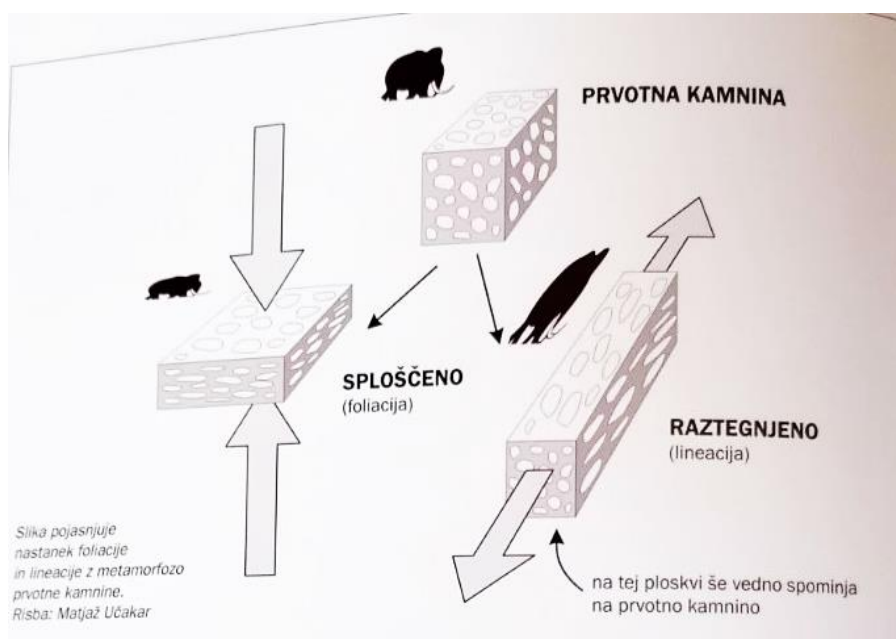
Metamorfno pomeni preobraženo. Kamnine so spremenili veliki pritiski ali visoka temperatura. Na primer nekatere vrste apnenca (ki je sedimentna kamnina), so tlaki in vročina spremenili v marmor; metamorfno kamnino. (Callery, Gifford, & Goldsmith, 2009)

“Metamorfoza je rekristalizacija kamnine v trdnem stanju zaradi vpliva toplote in tlaka, ki sta drugačna od tistih na površini Zemlje.” (Hinterlechner - (Ravnik, A. (2004). Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogiti in granatov peridotit (1.del). Proteus, 252.)

Rekristalizacija je proces nastajanja novih mineralnih zrn v kamnini v trdnem stanju, ob prisotnosti fluidov. V procesu lahko nastane povsem nov mineral ali pa gre samo za spremembo teksture, npr. rekristaliziranje drobnozrnatega kalcita v grobozrnatem marmorju. Namesto fluidov lahko pritekajo nove kemične snovi. Med metamorfozo se spremenita struktura in tekstura prvotne kamnine, zrastejo tudi novi minerali. Struktura kamnine obsega njene lastnosti, ki jih opazujemo v vzorcu ali izdanku. Tekstura kamnine nam kaže obliko, velikost in razporeditev zrn mineralov. (Hinterlechner - Ravnik, Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogiti in granatov peridotit (1.del), 2004)

Osnovna klasifikacija metamorfnih kamnin temelji na načinu nastanka, torej procesu, ki je pripeljal do prekristalizacije prvotne kamnine. Regionalnometamorfne kamnine, ki gradijo velike dele gorskih verig in so vezane na njihov nastanek, so kristalizirale pod močnim pritiskom. To pa je razlog, da je v njih izražena skrilavost in njihove strukture imenujemo tudi metamorfni skrilavci. Skrilavost v kamnini je nakazana s ploskovno razporeditvijo mineralov, predvsem sljud. Opazna pa je tudi z razliko v sestavi mineralov v posameznih tankih plasteh, ki jih drugače imenujemo lamine. Za raziskave metamorfnih kamnin moramo poznati sestavne minerale, velikost, obliko in razporeditev mineralov (teksturo). V posameznem vzorcu kamnine kakor tudi celotnem izdanku lahko opazujemo strukturne značilnosti. Teksturna posebnost te vrste kamnin je lineacija, kar pomeni razporeditev v

črtah. V metamorfnih kamninah se ta razporeditev nanaša na prednostno vzporedno linearno raščene kristale amfibolov, sljud ter kremenca, pa tudi na vzporedno razporeditev gubic. Usmeritev celotne kamninske mase postane očitna na terenih, kjer je lineacija metamorfnih kamnin natančno kartirana. V obravnavanem področju je smer pritiska pravokotna zaradi podolžne smeri usmeritve lineacije, ki je genetsko vezana na usmerjeni pritisk. Z višanjem metamorfnih stopenj se večinoma večja tudi velikost posameznih mineralov. Kontaktnometamorfne kamnine, ki so spremenjene pri visokih temperaturah in nizkih pritiskih, so bolj kompaktne in imajo lahko ohranjeno prvotno skrilavost. (Hinterlechner - Ravnik, Metamorfne kamnine Pohorja: filiti, blestniki in gnajsi, 2004)



Slika 4: Nastanek foliacije in lineacije

3.3.1 Tlačno - temperaturna ali P-T polja

Vsaka sedimentna, metamorfna ali magmatska kamnina je obstojna samo v P-T polju, kakor hitro pa se spremenijo razmere, se spremenijo tudi kamnine. V metamorfnem procesu postanejo nekateri značilni prvotni minerali neobstoječi, se razgradijo, atomi pa potujejo na nova mesta in tam zrastejo novi minerali. Raziskovalec Eskola je zemljino skorjo razčlenil na polja P-T, ki ustrezajo metamorfnim faciesom. Ti so imenovani po značilni kamnini ali mineralu, ki lahko kristalizira v določenem P-T polju.

Skladovnica različnih izhodnih kamnin pripada vedno istemu metamorfnemu faciesu, v katerem so kamnine kemično zelo raznovrstne. Značilne mineralne združbe v različnih kamninah so glede na stopnjo metamorfoze različne. Tako na podlagi kemizma² in rasti novih mineralov z rastočo stopnjo metamorfoze ločimo glavne izhodne skupine kamnin:

- glinene usedline,
- felsistične kremenovo-glinenčeve kamnine (peščenjaki, drobne in magmatske kamnine granitoidne sestave),
- karbonatne kamnine,
- mafične magmatske kamnine ter njihove tufe,
- z magnezijem bogate kamnine (ultrafamične magmatske kamnine, usedline)

(Hinterlechner - Ravnik, *Metamorfne kamnine Pohorja: filiti, blestniki in gnajsi*, 2004)

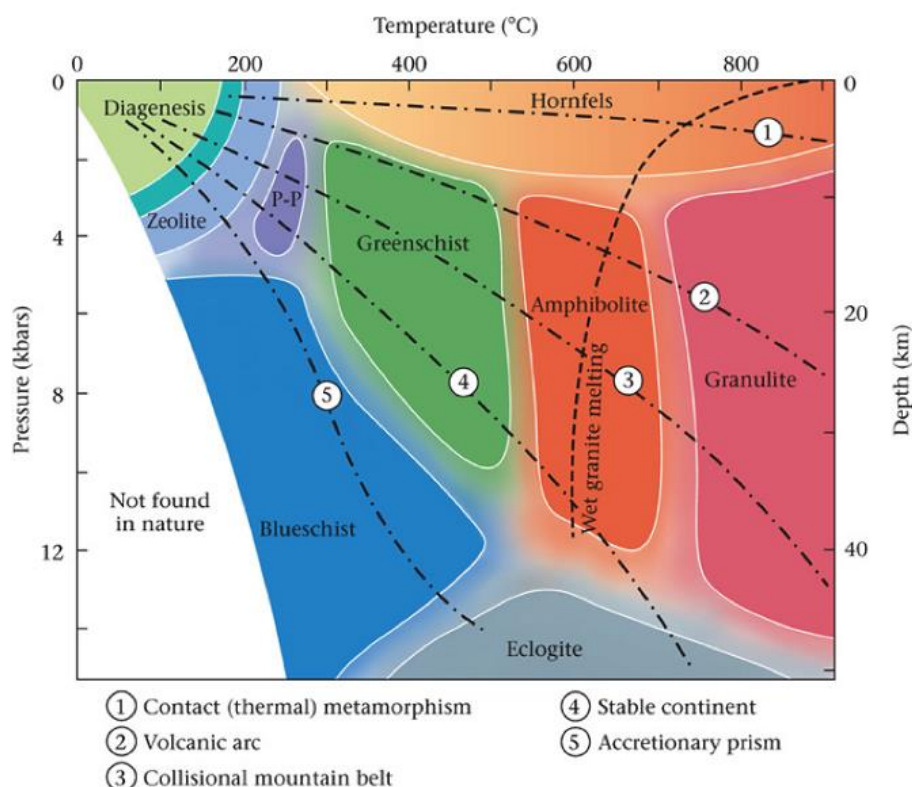
3.3.2 Metamorfni faciesi

Metamorfni facies obsega skupino kamnin, ki so v enakem tlačnem in temperaturnem območju rekristalizacije dosegle kemijsko oz. termodinamično ravnovesje. Kamnine, ki pripadajo istemu metamorfnemu faciesu, se odlikujejo z značilnimi mineralnimi združbami. Z metamorfnimi faciesi mineraloško določamo metamorfne spremembe. Tlačno-temperaturna območja nekaterih faciesov so zelo obsežna. V vsaki kamnini določenega faciesa so združbe mineralov kristalizirale v kemičnem ravnotežju ali pa so se temu zelo približale. Metamorfni faciesi so poimenovani po metamorfoziranih bazičnih kamninah ali njihovih značilnih mineralih. Tako razlikujemo: zeolitne faciese, prehnitno pumpellyitne faciese, faciese zelenega skrilavca, glavkofanove faciese, eklogitne faciese, amfibolitne faciese, granulitne faciese in območje faciesov kontaktne metamorfoze.

Metamorfni facies se nanaša na skupino vseh kamnin določenega P-T območja zemeljske skorje in zgornjega plašča, ne glede na sestavo teh kamnin. (Hinterlechner - Ravnik, *Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogiti in granatov peridotit (1.del)*, 2004)

² "Kemična sestava česa" (Fran/iskanje/kemizem. Pridobljeno iz Fran: <https://fran.si/iskanje?View=1&Query=kemizem> (2. 5. 2021))

Za boljšo predstavo metamorfnih faciesov, prilagava diagram faciesov v odvisnosti od pritiska, temperature in globine.



Slika 5: Prikaz faciesov v odvisnosti od pritiska, temperature in globine

3.3.2.1. Faciesi, ki se nahajajo na Pohorju

Prvotne bazične kamnine Pohorja v večini spadajo v skupino bazaltov³. Bistveni minerali so plagioklazi in pirokseni, ki kristalizirajo v suhih razmerah, pri temperaturi okoli 1000 °C. Ti minerali postanejo na Zemljinem površju neobstojni, zaradi drugačnih razmer. Nizkotemperaturni minerali, torej minerali, ki kristalizirajo pod temperaturnim območjem med 300 in 400 °C, lahko namesto magmatskih visokotemperaturnih mineralov (piroksenov in plagioklazov) kristalizirajo z vodo. Sem spadata predvsem klorit in epidot, namesto natrijevo-kalcijevega plagioklaza pa se pojavi albit in nekaj kalcita. Prvotni minerali se lahko delno ohranijo kot nestabilni ostanki. (Hinterlechner - Ravnik, Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogiti in granatov peridotit (1. del), 2004)

³ "Temno rjava ali črna steklasta predornina" (Fran/Tiskanje. Pridobljeno iz Fran: <https://fran.si/tiskanje?All=petr&IsAdvanced=True&FullContent=True&Citation=True>, (2.5.2021))

sedimentnega in ne magmatskega izvora. Kljub temu lahko metamorfozirane magmatske kamnine na določenih mestih prevladajo do te mere, da metamorfoziranih sedimentov ob njih sploh ni. Facies zelenega skrilavca je razširjen na zahodnem Pohorju. (Hinterlechner - Ravnik, Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogiti in granatov peridotit (1. del), 2004)

3.3.2.1.3 Amfibolitni facies

Zeleni amfiboliti z višjo stopnjo metamorfoze sledijo zelenim skrilavcem in so od njih manj skrilavi, bolj masivni, homogeni ter zeleni. Zaporedje kristalizacije obeh faciesov ustreza višanju temperature in pritiska znotraj zemljine skorje, značilno za regionalnometamorfne terene. Amfibolitni facies je na Pohorju zelo razširjen. Kamnine amfibolitnega faciesa in faciesa zelenega skrilavca imajo v primerjavi z metamorfoziranimi glinenimi usedlinami nižje število mineralov. Njihova najbolj značilna minerala sta plagioklaz in zeleni amfibol. Amfiboli imajo lastnost vgrajevanja različnih ionov v svojo strukturo, brez spreminjanja strukture minerala samega. Stalne in zvezne spremembe v sestavi se pojavljajo z napredujočo stopnjo metamorfoze. Spreminja se tudi sestava plagioklazov (od albita) v metamorfoziranih bazičnih kamninah s stopnjo metamorfoze (večanje vsebnosti kalcija). (Hinterlechner - Ravnik, Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogiti in granatov peridotit (1. del), 2004)

Zaradi retrogradne metamorfoze eklogita je pokazatelj amfibolitnega faciesa eklogit, ki je del skladovnice kamnin z amfibolitom na Pohorju. Posebnost Pohorja je tudi večje kamninsko telo iz metamorfoziranih ultrabazičnih kamnin. Zanj so značilni majhni vključki eklogita in serpentiziranega granatovega peridotita. (Hinterlechner - Ravnik, Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogiti in granatov peridotit (1. del), 2004)

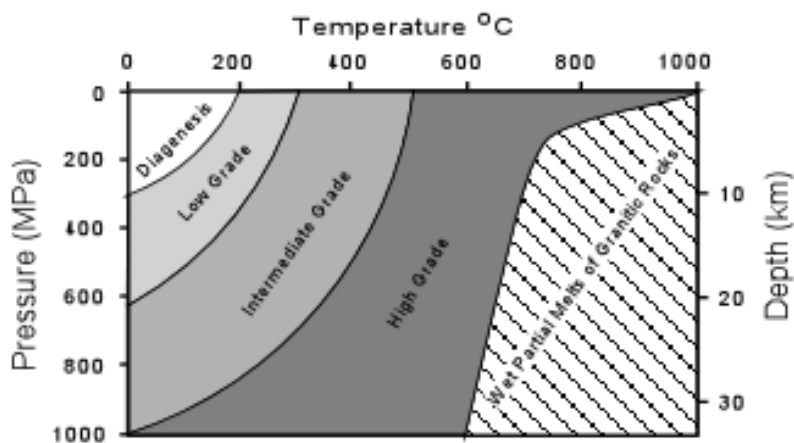
3.3.3 Stopnje metamorfoze

Stopnja metamorfoze je splošen izraz za opis relativnih temperaturnih in tlačnih pogojev, pod katerimi nastajajo metamorfne kamnine. Ko se temperatura in/ali tlak povečuje, rečemo, da se stopnja metamorfoze poveča.

Nizka stopnja metamorfoze poteka pri temperaturah med približno 200 do 320 °C in sorazmerno nizkem tlaku. Za metamorfne kamnine nizke stopnje je značilno obilo mineralov,

ki v svoji kristalni strukturi vsebujejo vodo, H_2O . Primeri teh mineralov, ki se pojavljajo v metamorfnih kamninah nizke stopnje so glinenci, serpentini in klorit.

Visoka stopnja metamorfoze poteka pri temperaturah nad $320\text{ }^{\circ}\text{C}$ in sorazmerno visokem tlaku. Ko s povečevanjem stopnje metamorfoze minerali izgubljajo H_2O in minerali, ki v kristalni strukturi ne vsebujejo vode postajajo bolj pogosti. Za te kamnine, so značilni muskovit, biotit, piroksen in granat. (Nelson, 2021)



Slika 7: Prikaz stopenj metamorfoze

3.3.4 Geologija Pohorja

Od spodaj navzgor si v metamorfnem kompleksu sledijo gnajs, na katerem leži blestnik. Eklogit, amfibolit, marmor ter kalcit se pojavljajo vmes, zlasti v gnajsu, nad blestnikom pa leži kloritno-amfibolitni skrilavec z vložki amfibolita. Debelina te skladovnice je nekaj nad 1000 m in predstavlja najstarejši del metamorfne zaporedja. V znatno tanjšem najvišjem delu so filit ter njemu podobni skrilavci. Vmes se pojavljata dibaz, ki je vulkanska kamnina, ter kristalast, ki je rahlo marmoriziran apnenec. Omenjeni skladi spadajo v obdobje silur-devon. (Žorž, Podgoršek, Rečnik, & Mioč, 1999)

3.3.4.1 Potek metamorfoze na območju Pohorja

Rekristaliziranje kamnin poteka med nekaj deset in nekaj sto milijoni let. Prehajanja v močnejše regionalnometamorfozirane kamnine so povezana s pogrežanjem, deformacijami in prodiranjem dvigajočih se magm, ki prinašajo dodatno toploto. "Regionalnometamorfo

območje kaže na vpliv metamorfoze v velikih območjih in daljših časovnih obdobjih. Posledica so obsežne spremembe kamnin, ki jih lahko razčlenimo glede na globino rekristalizacije. ” (Hinterlechner - Ravnik, A. (2004). *Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogiti in granatov peridotit (1. del). Proteus, 252.*)

V Pohorju, ki je regionalnometamorfno gorotvorno območje sta se pritisk in temperatura počasi spreminjala v navpični in vodoravni smeri. Izokemična metamorfoza je vrsta metamorfoze, pri kateri z naraščanjem njene stopinje kemična sestava izhodne kamnine ostaja nespremenjena. Med njo se v kamnini zmanjšuje samo vsebnost vode in ogljikovega dioksida. Stopnja metamorfoze je določena za vsako kamnino posebej, glede na njeno diferenciacijo od prvotne oz. izhodne kamnine (imenovanega tudi edukta) in po značilnih mineralih kristaliziranih v njej. (Hinterlechner - Ravnik, *Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogiti in granatov peridotit (1. del), 2004*)

Fine glinene usedline so za rastočo stopnjo metamorfoze zelo občutljive, saj je v njih poleg drugih mineralov osnove (predvsem kremenca in mineralov sljud) značilna rast klorita, biotita, granata, stavrolita, kianita in silimanita. Nizki stopnji metamorfoze ustreza fino zrnat filit s kloritom skupaj z muskovitom, kremenom in albitom. Ko je spremenjen v blestnik, lahko ločimo lističe muskovita, biotita, kremenca in kristale granata, s tem pa je dosežena srednja stopnja. Stopnja je visoka, če blestnik vsebuje tudi silimanit. Pri zelo visokih stopnjah pride do delnega nataljevanja kremenca in glincev, a v tem primeru se kemizem prvotne kamnine ne spremeni. Te stopnje metamorfoze na Pohorju niso našli.

Sedimenti s podobno kemično sestavo kot magmatske kamnine lahko dajo pri enakih metamorfnih razmerah (pritisku in temperaturi) enake minerale, kot se nahajajo v metamorfoziranih magmatskih kamninah. Razlikujemo jih lahko po vsebnosti slednih prvin, to so elementi, ki jih najdemo v majhni količini znotraj zemeljske skorje. Mednje uvrščamo vse elemente, razen osem kamninotvornih elementov: kisika (O), silicija (Si), aluminija (Al), železa (Fe), kalcija (Ca), magnezija (Mg), natrija (Na) in kalija (K). Sledne prvine so v obravnavanih kamninah vezane predvsem v neprosojnih mineralih ali pa v silikatih. Na magmatski izvor pa kaže tudi večja vsebnost niklja znotraj kamnine. S pomočjo kemičnih analiz ugotovimo, da pohorske metamorfne bazične kamnine izvirajo v precejšnji meri iz prvotnih magmatskih različkov. (Hinterlechner - Ravnik, *Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogiti in granatov peridotit (1. del), 2004*)

3.3.4.2 Retrogradna metamorfoza

Retrogradna metamorfoza je na Pohorju močno razširjena. Bolj metamorfozirane kamnine lahko rekristalizirajo v nižjetlačne ter nižjetemperaturne kamnine. Takšni retrogradni procesi so vezani na drsenje obsežnih kamninskih mas v globinah gorotvornih območij in take so tudi Alpe. Premiki so se dogajali ob ponovnem pronicanju vode, drobljenju in istočasni rekristalizaciji v relativno nižjih metamorfnih razmerah. (Hinterlechner - Ravnik, *Metamorfne kamnine Pohorja: filiti, blestniki in gnajsi*, 2004)

3.3.4.2.1 Retrogradna metamorfoza eklogita

“Retrogradna metamorfoza je sprememba iz višjemetamorfne v nižjemetamorfno kamnino, zaradi spremenjenih temperaturno-tlačnih razmer.” (Hinterlechner - Ravnik, A. (2004). *Metamorfne kamnine Pohorja: Amfibolit, eklogit in granatov peridotit* (2. del). Proteus, 318.) je na Pohorju vidna kot sprememba eklogita nazaj v amfibolit. V procesu so iz retrogradno spremenjenega eklogita nastale debele plasti pohorskega amfibolita. Z natančnim opazovanjem leč eklogita v skladih amfibolita je možno ločiti postopne prehode med kamninama, kar dokazuje, da sprememba ni bila popolna. Retrogradno kristalizacijo eklogita je omogočila voda, ki je torej imela ponoven dostop v skladovnico kamnin. To dogajanje je povezano z bočnim premikanjem.

Geokemična sestava leč eklogitov in njihove amfibolitne osnove dokazuje, da izvirajo iz bazaltoidnih kamnin, kakršne so značilne za morsko dno. Ohranjeni eklogit v zemeljski skorji kaže na hitro dviganje ali ekshumacijo, saj eklogit v zemeljski skorji ni obstojen, ker zaradi prisotnosti vode pride do popolne spremembe suhega eklogita v amfibolit. Za eklogit iz ultrabazičnega telesa veljajo višje vrednosti skladne kristalizaciji v plašču ali odebeljeni skorji. (Hinterlechner - Ravnik, *Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogiti in granatov peridotit* (1. del), 2004)

3.3.4.3 Spremembe bazičnih in ultrabazičnih magmatskih kamnin

Bazične magmatske kamnine so tiste magmatske kamnine, ki vsebujejo 45 – 55 % silicijevega dioksida – kremenica⁵, vezana znotraj mineralov in od tega manj kot 10 % zrn kremenca. Med izhodne bazične magmatske kamnine uvrščamo gabro, bazalt (in njune tufe⁶) in z železom bogate laporje ter drobe⁷. Tej skupini pripadajo tudi izhodni intermediarni oz. srednji magmatski različki, te metamorfne mineralne združbe so podobne bazičnim. Metamorfozirane bazične kamnine (t.i. tabazite) so na Pohorju prisotne med plastni blestnikov in gnajsov. (Hinterlechner - Ravnik, Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogit in granatov peridotit (2. del), 2004)

Ultrabazične magmatske kamnine vsebujejo manj kot 45 % silicijevega dioksida in 0 % prostih zrn kremenca, med katere spadajo z magnezijem bogate ultrabazične magmatske kamnine in redke usedline s podobno kemično sestavo. Deli zemeljskega plašča, ki so prešli v njeno skorjo, so kljub njihovi redkosti na Pohorju (pojavljajo se v redkih različnih nivojih) z geološkega in tektonskega vidika izjemnega pomena. (Hinterlechner - Ravnik, Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogit in granatov peridotit (2. del), 2004)

Zgoraj naštetih ultrabazičnih magmatskih kamnin se pri nizki stopnji metamorfoze in zadostni količini vode spremenijo v serpentinit. Redke, a še ohranjene vključke serpentinita najdemo na Pohorju severno od Slovenske Bistrice v nekaj kilometrov dolgem telesu različkov serpentiniziranega peridotita. Ti imajo značilnosti gabra⁸ in vsebujejo delno ohranjeni plagioklaz. Plagioklaz ultrabazitov vsebuje veliko kalcija in aluminija. Pohorski serpentinit za rezanje v bloke ni primeren, saj je večinoma zdrobljen. V metamorfoziranih ultrabazičnih kamninah najdemo posebne minerale, ki vsebujejo aluminij. Prisotnost teh mineralov kaže na visoko stopnjo metamorfoze. (Hinterlechner - Ravnik, Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogit in granatov peridotit (2. del), 2004)

⁵ “Brezbarvna spojina silicija z dvema atomoma kisika” Fran/iskanje/kremenica. Pridobljeno iz Fran: <https://fran.si/iskanje?View=1&Query=kremenica> (7. 5. 2021)

⁶ “Tuf je sprijet vulkanski pepel z možno primesjo peska in gline.” (Hinterlechner - Ravnik, A. (2004). Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogiti in granatov peridotit (1.del). *Proteus*, 252.)

⁷ “Droba je klasična sedimentna kamnina, ki jo gradi kremen, glinenci, kamninski drobci in glineno vezivo.” (Hinterlechner - Ravnik, A. (2004). Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogiti in granatov peridotit (1.del). *Proteus*, 252.)

⁸ “Kamnina, ki jo sestavljajo zrna plagioklazov in piroksenov” Fran/Tiskanje. Pridobljeno iz Fran: <https://fran.si/tiskanje?All=petr&IsAdvanced=True&FullContent=True&Citation=True>, (2. 5. 2021)

Metamorfozirane magmatske ultrabazične kamnine izvirajo iz peridotita (iherzolita), piroksena in določenih vrst gabra. V prvotnih kamninah prevladujejo minerali olivin, ortopiroksen in klinopiroksen, za gabra pa je značilen tudi plagioklaz. Občasno je prisoten tudi amfibol, edini od teh mineralov, ki vsebuje vodo. Na Pohorju lahko najdemo manjše nahajališče granatnega peridotita blizu Radkovca. (Hinterlechner - Ravnik, *Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogit in granatov peridotit (2. del)*, 2004)

3.4 Razširjenost metamorfnih kamnin na Pohorju

Metamorfne kamnine v Sloveniji se nahajajo na območju Pohorja in na Koroškem. Severno od Drave najdemo filite in blestnike, ki pripadajo štalenskogorski seriji. Na Pohorju najdemo visokotemperaturne metamorfne kamnine. Zasledimo največ blestnikov in gnajsov, ki pa vključujejo tudi leče marmorja, kvarcita, amfibolita, eklogita in serpentinita. (Herlec, 2009)

Sredi granodioritnega masiva se jugovzhodno od Črnega jezera nahaja območje metamorfnih kamnin Velikega vrha, za katere pa še ni jasno, kako so se znašle tam. Po prvi razlagi so velik vključek v granodioritu, po drugi bi lahko pripadale ostanku krovine ali razgaljeni podlagi. Sestavljajo ga drobnozrnati biotitno-muskovitni blestnik ter vanj vključene leče eklogita. (Trajanova, *Kamnine med Veliko Kopo in Velikim vrhom na Pohorju*, 2021)

Natančnejša nahajališča posameznih kamnin sva navedli v nadaljevanju raziskovalne naloge.

3.4.1 Delitev metamorfnih kamnin Pohorja

Metamorfne kamnine Pohorja delimo glede na njihov nastanek. Ortometamorfne so nastale iz magmatskih kamnin, parametamorfne iz sedimentnih. Nekatere metamorfne kamnine so nastale iz že obstoječih metamorfnih kamnin, te imenujemo polimetamorfne. Pohorske kamnine pa lahko razdelimo tudi na podlagi tega, če nastanejo iz bazičnih ali ultrabazičnih magmatskih kamnin. (Hinterlechner - Ravnik, *Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogiti in granatov peridotit (1. del)*, 2004)

Druga delitev pa je na dve skupini; tiste s skrilavostjo in tiste brez nje. (Herlec, 2009)

3.4.2 Eklogit

Bistveni minerali: rdeč granat in zelen omfacit

Značilni minerali: zoisit, moder kianit, korund

Barva: zelena z rdečimi zrni

Skrilavost: ne

Eklogit je v začetku 19. stoletja v Avstriji opazil francoski mineralog René-Just Haüy, ki je to kamnino tudi poimenoval. Ime je grškega izvora, pomeni izbira oz. izbran, zaradi njegove nenavadne mineralne sestave. Prve raziskave eklogita na Pohorju so bile izvedene proti koncu 19. stoletja. (Hinterlechner - Ravnik, *Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogit in granatov peridotit* (2. del), 2004)

Bistvena minerala eklogita sta rdeč granat in temno do živo zelen klinopiroksen omfacit.

Eklogit lahko vsebuje do trideset mineralnih primesi, med katerimi je lahko tudi diamant (ki je bil pred nekaj leti najden tudi na Pohorju v okolici Visol). (Hinterlechner - Ravnik, *Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogit in granatov peridotit* (2. del), 2004)

Glavnima mineraloma se pridružujejo še rožnati korund, modri kianit, zoisit, pirit ter črni amfibolit, običajno tudi rogovača. Pirit je sicer zlahka opazen, vendar je v eklogitu redkejši. Kombinacije teh mineralov so zelo različne tako po njihovi količini kot po velikosti zrn. (Jeršek, Žorž, Bedjanič, Žorž, & Podgoršek, 2021)

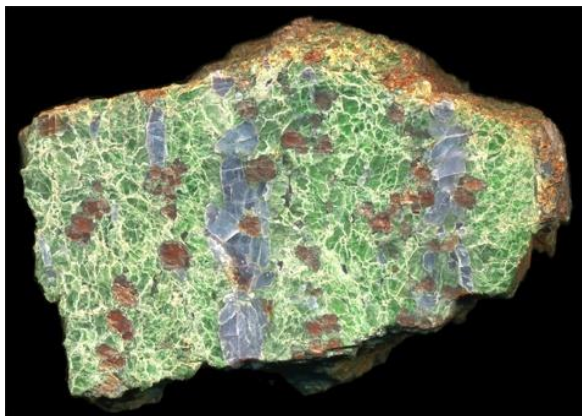
Eklogit na regionalnometamorfnih območjih ni tako redek. Na Pohorju najdemo tako svetle kot temne različke eklogitov. Temni so bogati z železom, svetli pa z magnezijem in aluminijem. Najdemo tudi različke z živo zelenim omfacitom, rdečkastim granatom in modrim kianitom. Posebnost eklogita je njegova visoka gostota (2,6 – 2,9 g/cm³). (Hinterlechner - Ravnik, *Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogit in granatov peridotit* (2. del), 2004)

Eklogite je že finski geolog Pentti Eelis Eskola v začetku 20. stoletja uvrstil v eklogitni facies. Glavna značilnost tega posebnega faciesa so visokotlačni pogoji nastanka. Eklogiti imajo sicer nevsakdanji videz ter specifični kemični značaj, saj so bazične kamnine in ne vsebujejo glinencev. To je verjetno Eskolo napeljalo k takšni razvrstitvi, čeprav so šele

kasneje z odkritjem visokotlačnih mineralov (npr. coesit, diamant) dokazali, da jih uvrščamo v ločen metamorfni facies. Prav ta dva minerala dokazujeta, da je bil eklogit med nastankom izpostavljen zelo visokim tlakom, ki se dvignejo do vsaj 3 GPa (coesit) ali 4 GPa (diamant). Tako visokim tlakom so kamnine izpostavljene le, če so med nastankom v globini med 100 in 120 km pod površjem. Ker pa debelina skorje tudi pod najvišjimi gorstvi ni večja od 70 km, pomeni, da so bile med nastankom potopljene v območje zemeljskega plašča. Pohorski eklogiti so med svojim nastankom dosegli tlak med 3.0 in 3.1 GPa ter temperaturo med 760 in 820 stopinj Celzija. (Vrabec, Podgoršek, & Žorž, Minerali pohorskih eklogitov, 2006)

Eklogiti nastanejo z metamorfozo suhih bazaltnih lav in tufov ali gabroidnih mas. Torej so posledica pogreznja v skorjo in plašč. Takšen je najverjetneje tudi pohorski eklogit. Prisotnost amfibola in zoisita dokazuje prisotnost vode med metamorfozo, kljub kristalizaciji v suhih razmerah. Plagioklaza, kljub bazaltni sestavi v eklogitu, nikoli ne najdemo. (Hinterlechner - Ravnik, Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogit in granatov peridotit (2. del), 2004)

Na Pohorju najdemo eklogit na severnih (v dolini Lobnice) in južnih pobočjih masiva. Več lokacij in nahajališč pa je na področju Oplotnice. Njegovi vključki, ki so dolgi do nekaj metrov se najpogosteje pojavljajo v amfibolitih, manj v blestnikih, nekoliko pa tudi v serpentiniziranem peridotitnem telesu severno od Slovenske Bistrice, ki je prav tako eno bolj znanih nahajališč eklogita. (Hinterlechner - Ravnik, Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogit in granatov peridotit (2. del), 2004)



Slika 8: Eklogit

Na sliki 8 je opazna zeleno barva eklogita, ki jo povzroča mineral omfacit. Jasno vidna so tudi posamezna zrna rdečega granata ter nebesno moder kianit. Razporeditev skupkov teh mineralov je neenakomerna, kar je opazno tudi na sliki 8.



Slika 9: Eklogit

3.4.3 Serpentinit

Bistveni minerali: serpentin, olivin, piroksen

Značilni minerali: bastit, železo, magnezit, azbest, lojevec, opal

Barva: sivozelena do črna

Skrilavost: ne

Serpentinit je hitro prepoznavna, neobstojna metamorfna kamnina. Bolje ohranjeni vzorci so črni in vsebujejo centimetrске minerale bastita, ki se na soncu zasvetijo bronasto. Če je serpentinit močno preperel, bo imel videz kačje kože z mrežasto teksturo, ki jo ustvarjajo bele magnezitove oz. opalne žile. (Vrabec, 2016)

Serpentinit je nastal iz magmatskih kamnin in doživel več stopenj preobrazbe. Njegovo latinsko ime izvira iz besede serpens, ki pomeni kača. Slovensko ime zanj je kačnik. Serpentinit so v preteklosti izkoriščali in uporabljali za posipavanje cest. Kljub temu da je danes pomembnejši iz botaničnega vidika, ga uporabljamo tudi v gradbeništvu. Izključno na njem rasteta dve v Evropi ogroženi praproti (nepravi in kijastolistni sršaj). (Bedjanič & Jeršek, dostopano na: 22.3.2021)



Slika 10: Serpentinit



Slika 11: Serpentinit

Fotografiji 10 in 11 predstavlja serpentinit. Na njih je jasno viden njegov edinstven izgled, ki spominja na kačjo kožo.

Severozahodno od Slovenske Bistrice preko Tinjske Gore do Radkovca ter gladomeškega potoka je raztegnjen ozek pas serpentinitov. Ta pas leži v smeri vzhod-zahod v dolžini skoraj šest kilometrov ter širini več sto metrov. Verjetno je nastal v juri z intruzijo ultrabazičnih globočnin v zaporedju vulkanoklastičnih in vulkanskih ter sedimentnih kamnin. Ultrabazične

kamnine so močno serpentizirane zaradi vpliva hidrotermalnih vod ob prelomih. V zahodnem delu pasu so v serpentinitnem pasu vključki gnajsa, blestnika, amfibolita, eklogita in amfibolitiziranega eklogita. V vzhodnem delu serpentinit pogosteje predirajo pegmatitne žile, ki so nastale iz diferenciatov granodioritne taline. Na južni strani serpentinitni pas meji na pliokvartarne prode ter peske, ki prekrivajo dno doline. (Podgoršek, Kuzman, & Herlec, 2006)

3.4.6 Blestnik

Bistveni minerali: muskovit, biotit, kremen

Značilni minerali: plagioklaz, klorit

Barva: rdečkastorjav s sloji sive in bele

Skrilavost: da

“Blestnik je metamorfna kamnina, sestavljena predvsem iz sljude in kremenca.”

(Fran/iskanje/blestnik, dostopano na: 22. 3. 2021)

Pri srednji stopnji metamorfoze postopno kristalizirajo izrazito zrnati do grobozrnati sljudni skrilavci in te imenujemo blestniki. Že na pogled lahko v grobem ločimo njihove minerale. Glavni so muskovit, biotit in kremen, lahko je prisotnega tudi malo plagioklaza. V pohorskih blestnikih najdemo sljudo, ki daje barvo kamninam. Ta je srebrno svetleči se muskovit in temnejši, rdečkastorjav, redkeje zelenkasti biotit. Lističem muskovita v preperini na Pohorju pravijo tudi mačje srebro. Beli minerali in sljude so ločeni v vzporedne plasti oz. trakove, po katerih poteka skrilavost. Pri tej stopnji metamorfoze pojmu skrilavosti ustreza angleški izraz schistosity. Ta skrilavost ne kaže povsem gladkih ploskev, kot so značilne za najmanj metamorfozirane skrilavce. Dobro izražena je lineacija. (Hinterlechner - Ravnik, Metamorfne kamnine Pohorja: filiti, blestniki in gnajsi, 2004)

V blestnikih že kristalizirajo značilni minerali, ki jih lahko ločimo s prostim očesom. Reakcije med njimi in minerali osnove blestnikov (s kremnom, kloritom, biotitom in muskovitom) so številne. Na prehodu med nizko in srednjo stopnjo metamorfoze postane klorit neobstoje. Potem postopno kristalizirajo granati nekoliko različne sestave, bogati z almandinovo komponento, nato stavrolit in kianit ter nazadnje silimanit (že pri visoki stopnji metamorfoze). Razen silimanita vse našteje minerale najdemo v pohorskih blestnikih. V

naših blestnikih je zlasti pogost rdečkast granat almandin, ki doseže milimetrsko velikost, presega pa lahko celo 1 cm. (Hinterlechner - Ravnik, Metamorfne kamnine Pohorja: filiti, blestniki in gnajsi, 2004)

Biotitni blestnik je spremljevalec marmorja in je bolj drobno lističav. V njem poleg granata pogosto opazujemo drobne zlatorumene do temnorjave paličaste kristale stavrolita. Biotitni blestnik je pogosta kritina kapelic ter cerkva na Pohorju in na njegovem obrobju. Stara obrt izdelovanja te vrste kritine za strehe je v zadnjem času ponovno oživila v številnih manjših pohorskih kamnolomih. Lep primer je kritina na cerkvi sv. Martina v Šmartnem na Pohorju. (Hinterlechner - Ravnik, Metamorfne kamnine Pohorja: filiti, blestniki in gnajsi, 2004)

Muskovitni blestnik je z mnogimi kristali almandina in kianitom na južnem Pohorju lepo odkrit v dolgem pasu med potokom Devino, preko Tinja, Keblja in Božjega, do Mislinjskega grabna, na severnem Pohorju pa na Žigartovem vrhu in od tod proti vzhodu preko potoka Lobnice. Muskovitni blestnik je sicer izrazito zrnat in močno podvržen preperevanju. Sveže vzorce najdemo večinoma ob potokih, ki so občutili močnejšo erozijo. (Hinterlechner - Ravnik, Metamorfne kamnine Pohorja: filiti, blestniki in gnajsi, 2004)

V blestniku na sliki 12 lahko razberemo srebrno svetleči sijaj muskovita.



Slika 12: Blestnik

3.4.4 Gnajs

Bistveni minerali: kremen, glinenec

Značilni minerali: muskovit in biotit (sljuda)

Barva: svetlosiva ali temnosiva

Skrilavost: da

Gnajs ima skrilavo teksturo, ki jo ustvarjajo izmenjujoči se temni in svetli minerali. Znotraj gnajsa tvorijo eklogit, granatov peridotit in serpentinit leče in manjša telesa. (Vrabec, 2016)

Gnajsji so večinoma srednje do grobo zrnate kamnine, v katerih se pogosto menjavajo fine kremenovo-glinenčeve pole ter pole, bogate s sljudami (muskovitom in biotitom). Takšna menjava jim daje trakasto strukturo. Ker so gnajsji bolj masivni kot blestniki, je skrilavost v njih slabše izražena. To je posledica večje vsebnosti belih mineralov (kremena in glinencev) ter manjše vsebnosti sljud. V njih, razen razmeroma redkih granatov, ni značilnih z aluminijem bogatih mineralov, saj je ta element vgrajen v glinencih. Gnajse, ki so nastali iz rekristaliziranih felsičnih magmatskih kamnin, imenujemo ortognajsji. Iz zrnatih usedlin, ki so v svoji sestavi že prvono vsebovale veliko glinencev, so izkristalizirali paragnajsji. (Hinterlechner - Ravnik, Metamorfne kamnine Pohorja: filiti, blestniki in gnajsji, 2004)

Plasti paragnajsov so na Pohorju vključene povsod, kjer so razširjeni blestniki. Iz tega je razvidna prvotna vsebina drobcev glinencev. Ortognajsji so značilni za najgloblji del pohorskega metamorfne zaporedja. Ti so pogosto razviti kot očesni gnajsji. Lečasto oblikovani večji porfiroblasti predstavljajo "oči", saj dajejo ti kamnini posebno očesno strukturo. (Hinterlechner - Ravnik, Metamorfne kamnine Pohorja: filiti, blestniki in gnajsji, 2004)

Na Pohorju so očesni gnajsji in grobozrnati gnajsji razširjeni na dveh območjih, in sicer v pasu, ki se razteza v smeri vzhod-zahod ob vstopu v Mislinjski graben, in na širšem območju Šmartnega na Pohorju. Prvi vsebujejo predvsem muskovit, drugi pa biotit. Svetlosivi gnajsji z območja Mislinjskega grabna izhajajo iz bolj kislih magmatskih kamnin. Temneje sivi gnajsji iz okolice Šmartnega so nekoliko bolj bazični, saj biotit vsebuje magnezij in železo, ki ju v muskovitu ni. Nekoč je bil ob vstopu v Mislinjski graben kamnolom tega kamna, a je že dolgo opuščen in zaraščen. Sveže primere očesnega gnajsa tako najdemo le še v potokih ob

njem ter severno od Šmartnega ob potoku Polskavi in na območju Frajhajma, zato tudi plošče tega kamna sestavljajo tla pred cerkvico v Šmartnem na Pohorju. (Hinterlechner - Ravnik, *Metamorfne kamnine Pohorja: filiti, blestniki in gnajsi*, 2004)



Slika 13: Gnajs iz Kamnoloma Črešnar



Slika 14: Gnajs iz Kamnoloma Črešnar

Na zgornjih fotografijah lahko vidimo gnajsovo trakasto strukturo.



Slika 15: Gnajs iz Kamnoloma Črešnar

Na fotografiji 16 je lepo vidno lesketanje sljud, zaradi katerih je svetlo sive barve.

Pegmatitni gnajsi so značilni za globlje dele vseh pohorskih metamorfnih kamnin. Pegmatiti so diferencirane metamorfne kamnine žilnega značaja odcepljene od glavnega magmatskega telesa. Lahko so grobozrnate, redkeje so drobnzrnate. V pegmatitih Pohorja je večinoma izražena skrilavost, ki je vzporedna skrilavosti prikamnine in zato jih označujemo kot pegmatitne gnajse. Ti so precej mlajši od kamnin, v katerih jih najdemo. Vendar pa

njihova skrilavost kaže, da so prestali metamorfni dogodek, med katerim so se uskrilili.
(Hinterlechner - Ravnik, Metamorfne kamnine Pohorja: filiti, blestniki in gnajsi, 2004)



Slika 16: Pegmatitni gnajsi

3.4.5 Marmor

Bistveni minerali: dolomit, kalcit

Značilni minerali: kremen, tremolit, rogovača, piroksen, klinozoisit, titanit ter redki železovi oksidi in sulfidi

Barva: bela do svetlo siva

Skrilavost: ne



Slika 17: Marmor

Marmorji izhajajo iz biokemičnih usedlin karbonatov, redkeje iz apnenčastih breč, apnenčevega konglomerata ali apnenčevega peščenjaka. Vsi marmorji na Pohorju so kalcitni, kar pomeni, da so nastali iz apnenca in ne iz dolomita. (Trajanova, 2016)

Običajno so monomineralne kamnine. Kalcitni marmorji so večinoma debelozrnati, redko tudi drobnozrnati. So bele barve, čeprav so lahko zaradi primesi drugih mineralov tudi obarvani. Vključki pirita ter grafita povzročijo sive odtenke, vključki amfibolita in biotita pa zelenkaste. (Jeršek, Žorž, Bedjanič, Žorž, & Podgoršek, 2021)

Dolomitni marmorji so od kalcitnih precej redkejši. Akcesorni minerali⁹ so kremen, z natrijem bogati plagioklazi, tremolit, rogovača, wollastonit, diopsid, magnetit, forsterit, vezuvianit, muskovit in biotit. Granat, grafit in pirit so redkejši. Epidot, klorit, klinozoisit, serpentini in forsterit so nastali pri retrogradni metamorfozi. Večina naštetih mineralov je prepoznavna v mikroskopskih zbruskih, nekateri pa so s prostim očesom vidni v večjih skupinah ali makrokristalih. V marmorjih so lahko posamezna mesta zapolnjena z brezbarvnimi ali belimi, romboedriskimi kristali kalcita, ki so veliki do 1 cm. Pogost mineral v pohorskih marmorjih je diopsid. Ta je navadno temno zelen, vendar so manjši primerki tudi svetlo zeleni ali celo brezbarvni. (Jeršek, Žorž, Bedjanič, Žorž, & Podgoršek, 2021)

⁹ "Mineral, ki ga kamnina vsebuje do 1 % in ne spremeni njenih značilnih lastnosti" ZRCSAZU, Terminologišče, akcesorni mineral. Pridobljeno iz: <https://isjfr.zrc-sazu.si/sl/terminologisce/slovarji/geoloski/iskalnik?iztocnica=akces%C3%B3rni%20miner%C3%A1l#v> (7. 5. 2021)

Na slikah 18 in 19 je marmor, ki je zaradi vključkov drugih mineralov obarvan:



Slika 18: Marmor z minerali



Slika 19: Marmor z minerali

Pogosto se v obarvanih trakovih nahajajo kalcit, kremen, tremolit, rogovača, piroksen, klinozoisit, titanit ter redki železovi oksidi in sulfidi. Zaradi dinamometamorfoze (sočasnega premikanja) in preobrazbe nečiste karbonatne sedimentne kamnine je marmor navidezno plastnast. Vključki silikatnih mineralov so se koncentrirali v trakove, dolomitna zrna pa so se pogosto raztežno deformirala vzdolž skrilavosti oz. foliacije. Vse skupaj omogoča ploščasto lomljenje kamnine, v masivnem marmorju pa so pogoste razpoke. Preostanki granodioritne magme so se vtisnili v starejše razpoke in izoblikovali aplitne žile, te so v strmejših delih marmorja drobno nagubane. (Trajanova, 2016)

Na površini so na zahodnem delu Pohorja marmorji redki. Nastali bi naj s kontaktno metamorfozo ob intruziji dacita v plasti apnenca. Na vzhodnem ter južnem delu marmorja so v glavnem razkriti kalcitni marmorji in izvor teh še ni popolnoma razjasnjen. Nekateri so mnenja, da so nastali ob regionalni metamorfozi, drugi pa jih zaradi bližine magmatskih kamnin povezujejo s kontaktno metamorfozo. (Jeršek, Žorž, Bedjanič, Žorž, & Podgoršek, 2021)



Slika 20: Kamnolom marmorja v Skomarju



Slika 21: Kamnolom marmorja v Skomarju

Na zgornjih fotografijah (20 in 21) je posnet kamnolom marmorja v Skomarju. Slednji je podrobneje opisan v empiričnem delu naloge.

V marmorju so pogosti tudi vključki drugih mineralov. Spodaj sva vključili sliki marmorjev posnetih med terenskim delom, na katerih je lepo viden mineral pirit (sliki 22 in 23).



Slika 22: Marmor s piritom



Slika 23: Marmor s piritom

3.4.5.1 Rimski kamnolom marmorja na Pohorju

Leče marmorja se nahajajo na več mestih metamorfnih kamnin Pohorja. Lesketajoči beli marmor z najpogosteje sivimi do rožnatimi, trakastimi vključki je pritegnil že pozornost Rimljanov. Ti so ga površinsko in plitvo podzemno podkopavali. Tako je v okolici Slovenske Bistrice nastal rimski kamnolom marmorja. Marmor iz kamnoloma so uporabljali za izdelavo nagrobnikov, skulptur (redkeje tudi v arhitekturi) v bližnji in širši okolici. Pohorski marmor najdemo npr. v rimskih nagrobnikih grobišča v Šempetru v Savinjski dolini ter v Orfejevem spomeniku na Ptujju. Marmor se na Pohorju izkorišča tudi danes, predvsem na območju Loške Gore nad Zrečami, kjer najdemo delujoče in opuščene odkope. Najpogosteje ga uporabljamo kot okrasni beli prod ali pa za obnovo marmornih spomenikov. (Trajanova, 2016)

Na sliki 24, je prikazan ostanek rimskega kamnoloma marmorja.



Slika 24: Rimski kamnolom marmorja

3.4.6 Amfibolit

Bistveni minerali: amfibol (zelena rogovača) in natrijevo-kalcijev plagioklaz

Značilni minerali: biotit, epidot, zoisit, kremen, sfen

Barva: zelena do temnozelena

Skrilavost: da, vendar slaba

Glavna minerala, ki se nahajata v amfibolitih, sta amfibol oz. zelena rogovača¹⁰, ter natrijevo-kalcijev plagioklaz. Količina teh dveh mineralov je odvisna od prvotne kamnine. Zraven amfibola in natrijevo-kalcijevega plagioklaza, se v amfibolitih pojavljajo tudi biotit, pri začetnji stopnji metamorfoze epidot, pri višji pa zoisit, piroksen in granat. (Hinterlechner - Ravnik, *Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogit in granatov peridotit* (2. del), 2004)

Zraven že omenjenih mineralov je še malo glinencev ter kremenca, pogosto pa tudi sekundarnega klorita ter mineralov skupine epidota. Zmeraj vsebujejo malo železo-titanovih oksidov, titanit in pirit. Kjer je amfibolit nastal iz bolj lapornatih vložkov v prvotnih apnencih, je pogosto pridružen lečam marmorja. Sicer leče amfibolita pogosto najdemo v biotitno-muskovitnem blestniku. (Trajanova, *Kamnine med Veliko Kopo in Velikim vrhom na Pohorju*, 2021)



Slika 25: Amfibolit

Na posnetku amfibolita (slika 25) se izmenjujejo pasovi temne in svetle barve.

Amfiboliti so razširjeni na južnih in severnih pobočjih Pohorja. Pojavljajo se kot masivni debeli skladi ali pa tanki vložki v blestniku, gnajsu ali marmorju. Temni in svetli minerali amfibolita so pogosto ločeni v lamine oz. tanke plasti. Ta ločenost jim daje trakasto strukturo in poudarja drobne gube. Različice lahko vsebujejo več kremenice, torej tudi več kremenca.

¹⁰ Rogovača je glavni mineral iz skupine amfibolov. (Jeršek, Žorž, Bedjanič, Žorž, & Podgoršek, 2021)

Zeleni do temnozeleni amfiboliti so na terenu lahko prepoznavni. (Hinterlechner - Ravnik, *Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogit in granatov peridotit (2. del)*, 2004)

V amfibolitu najdemo na Pohorju kristale zoisita v severovzhodnem delu, kristali pirita pa so bili zaenkrat v njem najdeni samo pri Puščavi. (Jeršek, Žorž, Bedjanič, Žorž, & Podgoršek, 2021)

3.4.7 Filit

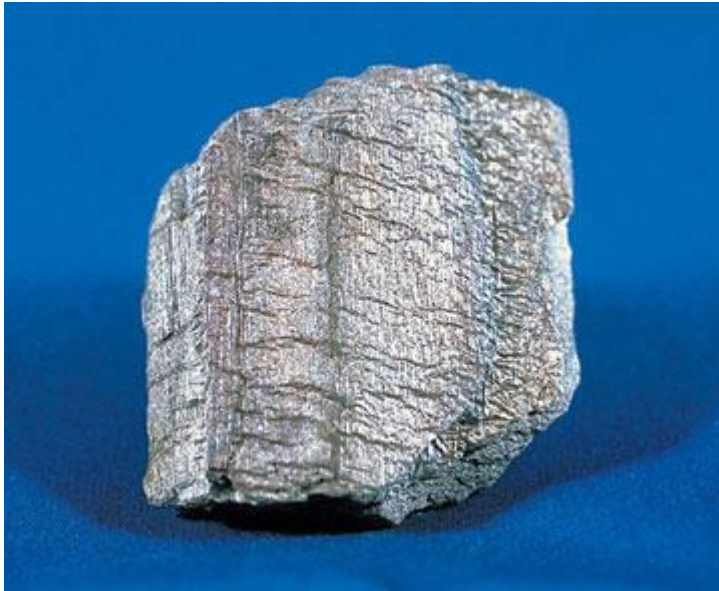
Bistveni minerali: kremen, sljuda, klorit

Značilni minerali: albit, biotit, glinenci

Barva: siva do rjavkasta

Skrilavost: da

Filiti so drobno skrilave kamnine z nekoliko višjo stopnjo regionalne metamorfoze. Po velikosti kristalov jih uvrščamo med zelo šibko metamorfnim skrilavcem in blestnikom, tj. med 0,1 in 1,0 mm. Ploskve skrilavosti imajo zaradi kristalizacije klorita in nove sljude svilen sijaj. Ena od pomembnejših sestavin je kremen. Možna je že prva rast z magnezijem bogatega drobnega granata, a ta zraste le, če je že v prvotni usedlini precej magnezija. Kadar je bilo v prvotni usedlini ohranjenih več peščenih zrn plagioklaza, je v filitu lahko tudi albit in kamnino te sestave imenujemo gnajnsni filit, postopoma pa rastejo tudi biotiti. Ti so na Pohorju razširjeni predvsem na njegovem skrajnem severozahodu, manj na južnem obrobju nad Zrečami. Najdemo jih med zelenim diabazom, redkeje pa ob tankih plasteh marmorjev. (Hinterlechner - Ravnik, *Metamorfne kamnine Pohorja: filiti, blestniki in gnajsi*, 2004)



Slika 26: Filit

Filit na sliki je svetlejšje barve, opazimo pa lahko tudi svileni sijaj.

3.4.8 Skrilavec

Bistveni minerali: kremen in glinenec

Značilni minerali: sljuda, klorit, lojevec, rogovača in grafit

Barva: sivkasta do črna

Skrilavost: da

“Skrilavec je kamnina, sestavljena pretežno iz kremenca.” (Fran/iskanje/skrilavec, dostopano na: 29.1.2021)

Glina preide v sedimentnem procesu v trdi glinavec, ta pa zaradi delujočih sil v skrilači glinavec. Z višanjem P-T razmer se slednji z rahlo rekristalizacijo spremeni v visoko metamorfen, filitoiden skrilačec, imenovan glinasti skrilačec. Skrilavost v teh je lastnost lahkega cepljenja vzdolž tesno ležečih paralelnih ravnin, ki niso vzporedne prvotni plastnatosti, a ustvarjajo navidezno plastnost. Prvi novi minerali nastanejo po ploskvah cepljenja, vendar finih, novih, sljudam podobnih mineralov še ne moremo določiti z očmi. Dodatni minerali, ki se pojavljajo v skrilačcih, so: sljuda, klorit, lojevec, rogovača, grafit in tudi druge. Začetno metamorfno stanje v tej skupini kamnin ni ostro izraženo. Barva teh skrilačcev je običajno sivkasta do črna, izhaja pa iz fino razpršenih neprosojnih mineralov ali

iz organske snovi. (Hinterlechner - Ravnik, Metamorfne kamnine Pohorja: filiti, blestniki in gnajsi, 2004)

Nekoč so lastnost tankega cepljenja uporabljali pri izdelavi strešne kritine. Ti najmanj metamorfozirani skrilavci so razkriti med ordovicijskimi, silurijskimi, devonijskimi in grödenskimi plastmi ob severozahodnem obrobju Pohorja, torej med Slovenj Gradcem in Otiškim Vrhom. (Hinterlechner - Ravnik, Metamorfne kamnine Pohorja: filiti, blestniki in gnajsi, 2004)



Slika 27: Skrilavec

3.4.8.1 Zeleni skrilavec

Bistveni minerali: kremen, glinenec

Značilni minerali: albit, klorit, biotit, aktinolit in epidot, kalcit, kremen, muskovit

Barva: zelenkasta, rumenkasta

Skrilavost: da

Poleg belega albita sestavljajo zelene skrilavce še drobnozrnati zelenkasti minerali (klorit, biotit, aktinolit in epidot), ki jim dajejo barvo. Primešani pa so tudi kalcit, kremen, muskovit in določeni neprosojni minerali. Mineralno sestavo lahko ugotovimo s preiskavo

zbruskov. (Hinterlechner - Ravnik, *Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogit in granatov peridotit* (2. del), 2004)

Na Pohorju so velike debeline zelenih skrilavcev, razširjene samo nad Dravo, jugovzhodno od Dravograda. Na področju se nahajajo različne izhodne, pretežno bazične vulkanske kamnine.

Najgloblji deli izvirajo iz bazalta in andezita ter njihovih tufov. Med zelenimi skrilavci je razširjen filit, ob njem so tudi beli, s kremenom bogati vulkanski različki. (Hinterlechner - Ravnik, *Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogit in granatov peridotit* (2. del), 2004)



Slika 28: Zeleni skrilavec

Na fotografiji vidimo zeleni skrilavec, ki ga od navadnega ločimo po bolj zeleni barvi zaradi mineralov v njegovi sestavi.

3.4.9 Kvarcit

Bistveni minerali: kremen

Značilni minerali: sljuda, stavrolit, granat in kianit

Barva: svetla, bela do sivkasta

Skrilavost: da

Nastal je iz kremenovega peščenjaka, ki je precej pogosta regionalnometamorfna kamnina. Kvarcit je monomineralna kamnina, ki podobno kot marmor ostaja nespremenjena v celotnem P-T polju zemeljske skorje. Gradijo ga predvsem kristalizirana zrnca kremenca, ki se med seboj prežemajo. V njem izražena foliacija je skladna s foliacijo blesnikov, na katere

je vezan. Zanimive so teksture, ki jih lahko razberemo v zbruskih na deformiranih zrnih kremenca. Kvarcit večinoma vsebuje manjšo primes sljud, ki so linearno razporejene. Vendar lahko v kvarcitu, tudi pohorskem, med primesmi najdemo za stopnjo metamorfoze značilne minerale. Ti so stavrolit, granat in kianit, ki izvirajo iz glinene primesi prvotne usedline. Za kvarcit je značilno tudi izrazito paralelepipedsko krojenje. Barva je svetla, belkasta, zaradi finih primesi pa je lahko tudi sivkasta.

Pogosteje ga najdemo med biotitnim blestnikom na območju severno od Zreč in na severovzhodnem Pohorju južno od Bezenikovega vrha. (Hinterlechner - Ravnik, *Metamorfne kamnine Pohorja: filiti, blestniki in gnajsi*, 2004)



Slika 29: Kvarcit

Kvarcit je sivkasta kamnina, ki je lepo vidna na zgornji sliki 29. Ima linearno razporejene ploskve sljud.

3.4.10 Skarn

Skarni so kontaktnometamorfne kamnine, ki so nastali ob stiku granodioritne magme z marmorji ter ležijo ob stiku z granodioritnim porfiritom in dacitom. Glede na prevladujoče minerale ločimo več vrst skarnov; epidotove, granatove ter hedebergitove. V njih so ponekod večje koncentracije magnetita.

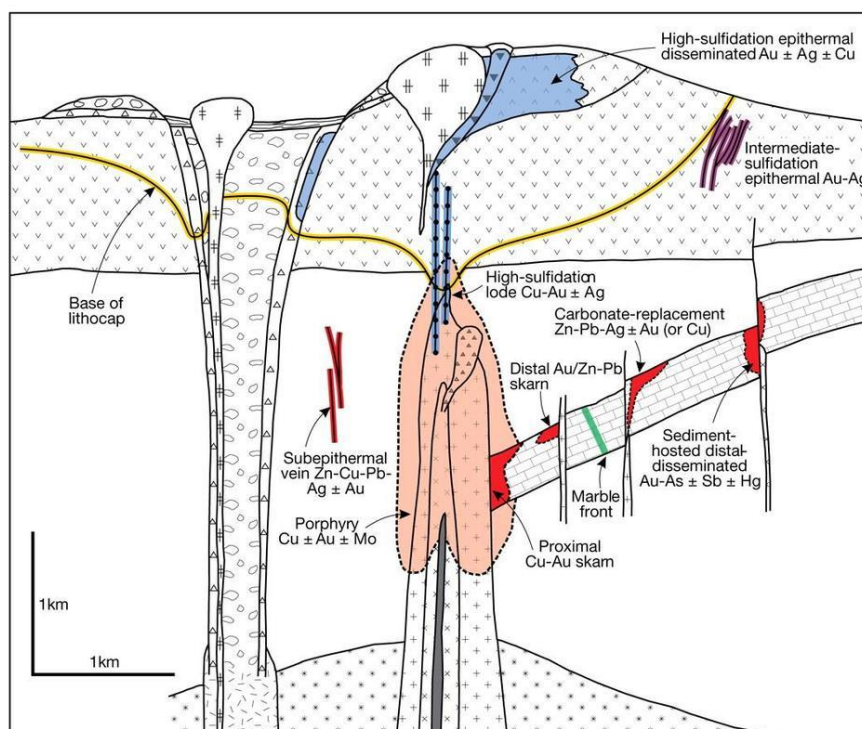
V granatovem skarnu so bistveni minerali granati. Ponavadi so rdeči, rdečerjavi, zelenorumeni, temno zeleni ali skoraj črni. Njihova kemična sestava, ki pogosto definira

posamezne člene iz skupine granatov, se spreminja skladno z barvo. (Jeršek, Žorž, Bedjanič, Žorž, & Podgoršek, 2021)

Skarnov ne definira kemijska sestava oz. minerali v kamnini, temveč proces, ki je pripeljal do spremembe prvotne kamnine, kar je vodilo v nastanek skarna. (King, 2021)



Slika 30: Skarn



Slika 31: Nastanek skarna

3.5 Uporaba metamorfnih kamnin Pohorja

Metamorfne kamnine Pohorja imajo različne uporabne vrednosti, te so pogosto odvisne od lastnosti kamnine, o kateri govorimo. Prav tako so povezane z načinom pridobivanja kamnine (kako je bila kamnina izkopana) ter vrsto obdelave, ki jo je prejela. Obdelava kamnine lahko spremeni videz in obstojnost kamnine ter njen vpliv na okolje. Začne se z rezanjem kamnitih gmot v kamnolomu, lomljenjem teh na manjše ploskve in se nadaljuje vse do nastanka končnega produkta oz. izdelka. Tako v specifičnih kamnoseških obratih kamnino obdelajo v kamniti tlak, ploščice iz naravnega kamna, stopnice, okenske police, spomenike, nagrobnike, kipe itd. V preteklosti so kamnine obdelovali ročno, danes pa je proces avtomatiziran in zahteva veliko manj fizičnega dela. (Kramar and Mirtič, dostopno na: 22. 3. 2021.)

Na najinem terenskem delu sva imeli priložnost videti tudi doma narejen stroj za drobljenje kamnine, ki jo uporabljajo v različne namene (npr. posipavanje cest, bankin in grobov). Naprava je opisana v empiričnem delu naloge in je vidna na fotografiji 32, ki je bila posneta med terenskim delom.



Slika 32: Naprava za drobljenje kamnin

Ko je končni izdelek pridobljen, se uporablja z namenom, za katerega je bil posebej obdelan. Najbolj splošno in pogosto uporabljen je gradbeni kamen. Pohorske metamorfne kamnine velikokrat uporabljamo v gradbeništvu. Tam jih najdemo: v visokih gradnjah, kot konstrukcijske ali okrasne kamnine (zidovi hiš, loki in oboki, škarpe; talne, stenske, stropne

obloge; obloge stopnic, ograje, obloge kaminov, obloge zunanjih in notranjih sten), v nizkih gradnjah (mostovi, akvadukti, tlakovanje cest, urejanje brežin, nasipov, posipanje cest), za strešnike, za vodnjake, kot okrasni kamen v kopalnicah in kot surovina za kameno volno ali cement. (Kramar and Mirtič, dostopano na: 22. 3. 2021.)

Kljub temu, da kamnine uporabljamo v podobne namene, obstajajo pri njihovi uporabi določene izjeme, posebnosti. V empiričnem delu naloge sva skozi intervjuje podrobneje spoznali uporabo marmorja in gnajsa - kamnin, ki sva se jima posvetili na terenskem delu. Spodaj na kratko povzemava uporabo preostalih kamnin, kot sva jo zasledili opisano v literaturi.

Serpentinit uporabljamo v gradbeništvu. (Bedjanič & Jeršek, dostopano na: 22. 3. 2021)
Biotitni blestnik se pogosto uporablja za kritino kapelic ter cerkev na Pohorju in njegovem obrobju, skrilavec pa so včasih zaradi lastnosti tankega cepljenja uporabljali pri izdelavi strešne kritine. (Hinterlechner - Ravnik, Metamorfne kamnine Pohorja: filiti, blestniki in gnajsi, 2004)

Marmor so nekoč uporabljali za izdelavo spomenikov in nagrobnikov ter drugih okrasnih predmetov. Na Pohorju je bila nekdanja celo marmorna cesta. (Jeršek, Žorž, Bedjanič, Žorž, & Podgoršek, 2021).

Omeniti gre še, da vzhodno od Volovice na območju Rakovca najdemo leče kvarcita ter izločene žile kremenca. Obojne so namreč v preteklosti uporabljali za proizvodnjo stekla. (Trajanova, Kamnine med Veliko Kopo in Velikim vrhom na Pohorju, 2021)



Slika 33: Kapelica v Boharini

Fotografija 33 prikazuje kapelico v Boharini, ki stoji blizu lokacija kamnoloma. Spodnji del obeh stebrov je zgrajen iz gnajsa, prav tako so iz njega tla pod kapelo.

4. EMPIRIČNI DEL

4.1 Povzetek terenskega dela

Terensko delo smo opravili 27. 2. 2021 na območju Skomarja in Boharine na Pohorju. Potekalo je od 10.00 do 14.00. Najprej smo obiskali kamnolom gnajsa Črešnar v Boharini, od tam smo se odpravili v Skomarje, kjer smo obiskali kamnolom Štravs, ki deluje kot kamnolom marmorja. Na obeh lokacijah smo opravili intervju z lastnikom in lastnico kamnolomov.

Tja smo se odpravili z namenom prepoznavanja metamorfnih kamnin in ugotavljanja njihovih značilnosti, želeli smo izvedeti več o predelavi, prodaji in uporabi metamorfnih kamnin Pohorja. Na terenu pa smo opravili tudi test fizikalnih in kemičnih lastnosti (na vzorcu marmorja v kamnolomu v Skomarju)



Slika 34: Zaščiteni stena gnajsa



Slika 35: Kamnolom marmorja v Skomarju



Slika 36: Nalomljeni kosi marmorja



Slika 37: Označba kamnin Pohorja

4.1.1 Test fizikalnih in kemičnih lastnosti na terenu

Na terenu smo opravili tudi test fizikalnih in kemičnih lastnosti, in sicer na vzorcu marmorja iz kamnoloma v Skomarju. Najprej smo določili izvorno kamnino, ki je metamorfozirala v marmor. To smo storili s pomočjo 10 % HCl (klorovodikove kisline), ki smo jo kanili na vzorec. Opazili smo burno reakcijo v obliki penjenja in uhajanja CO₂ (ogljikovega dioksida). Tako smo lahko dokazali, da je izvorna kamnina apnenec in ne dolomit, saj je apnenec karbonatna kamnina, ki ima ob stiku s klorovodikovo kislino takšno reakcijo. Karbonatne kamnine vsebujejo kalcit (CaCO₃). Pri fizikalnih lastnostih kamnine smo se osredotočili na trdoto. To smo testirali s pomočjo kosa stekla. Steklo ima po mohsovi lestvici trdoto okoli 6. Ker vzorec marmorja stekla ni opraskal, smo lahko trdoto marmorja določili, kot manjšo od 6. Tako smo še podkrepili našo hipotezo o apnencu kot izvorni kamnini, saj ima dolomitni marmor večjo trdoto, četudi še vedno ne presega trdote stekla. Tako tudi dolomitni marmor ne bi pustil praske na steklu.



Slika 38: Marmor v kamnolomu v Skomarju



Slika 39: Test kemičnih in fizikalnih lastnosti



Slika 40: Test kemičnih in fizikalnih lastnosti

4.2 Intervjuji

4.2.1 Intervju s soupraviteljico kamnoloma gnajsa Črešnar



Slika 41: Napis v kamnolomu Črešnar

Intervju smo opravili s soupraviteljico kamnoloma gnajsa Črešnar, ki se nahaja v Boharini in je začel delovati na pobudo ljudi med 1970 in 1975. Gospa nam je povedala, da so v 80-ih letih izdelovali tlakovce za tlakovanje tal, potem pa se je začelo oblaganje hiš, škarp, teras, stebrov itd. Najprej je bil kamnolom nekoliko nižje od trenutne lokacije, leta 1987 pa so ga premaknili višje.

Pridobivanje kamnine v tem kamnolomu poteka ročno; uporabljajo kladiva različnih velikosti in dleto. Zaradi bližine hiš je namreč uporaba eksploziva nedovoljena. Gospa je ročno klanje na ploskve utemeljila z mislijo: "Kljub temu da je kamen mrtva stvar, ima svojo žilo. In ti z enim strojčkom ne čutiš žile, z roko pa jo." Doda, da je polovica kamnine odpad, ki ga

uporabljajo za ceste (npr. gozdne). Povedala nam je, da so s približno takšnim kamnom pokrite strehe cerkva.

Gnajs so izvažali po vsej Sloveniji, določeno obdobje pa tudi na Madžarsko in Hrvaško. Količina proizvoda je pogojena z vremenskimi razmerami; pravih idealnih pogojev je le pet dni na leto, kot pravi gospa. Delo mora nujno potekati pod dobrimi pogoji (krepko nad 0 °C), saj te sicer zaradi dela v stoječem položaju začne hitro zebsti. Poleti je zaradi hude vročine po enajsti uri nemogoče delati, tako je sezona pridobivanja gnajsa dolga približno 5 mesecev. Na leto so naredili približno 60, največ 80 kubikov (1 kubik = 30 m²). Velike kose kamnja je potrebno najprej s kladivom razbiti na dva dela, te pa potem še na manjše; to je storil mož, ona je manjše kose cepila. Na koncu sta jih zložila. Delala sta sama, saj nista imela zaposlenih. Uradno se bo kamnolom zaradi koncesije zaprl naslednje leto (dejansko pa ne obratuje več).



Slika 42: Gnajs iz kamnoloma Črešnar

Soustanoviteljica pove, da so na Madžarskem založili trgovine, tako da o razliki v odnosu do kamnine doma in v tujini ne more povedati veliko. Do prve gospodarske krize so na Madžarsko izvažali po tri tovrnjake gnajsa. Gospa omeni, da so v Sloveniji njihov največji porabniki iz Prekmurja. Od uradnega odprtja kamnoloma, leta 2000, cena kamnine ostaja enaka, in sicer 5 € na kvadratni meter. Dandanes se te kamnine uporablja nekoliko manj, saj trenutni trend predstavlja umetna kamnina. Gospa razkrije tudi, da kamnolom nikoli ni predstavljal edine dejavnosti, saj imajo v lasti kmetijo. Služil je namreč kot dopolnilna dejavnost.

Za konec sva gospo povprašali še po kakšni zanimivi anekdoti o kamnini. Nekoč je k njim prišel direktor podjetja z Madžarske, ki se je zanimal za naročilo njihove kamnine, vendar je bil problem jezikovna blokada, saj niso znali govoriti angleško. Ko je mož srečal direktorja, se je ravno vračal z dela in je bil umazan od nog do glave, bil pa je tudi v svoji delovni obleki. Madžar ga je po angleško povprašal, kdo je šef kamnoloma in on je odgovoril, da je to on sam. Madžar se je nekoliko začudil, saj si direktorja ni predstavljal tako. Nato si je želel celo rakuna, le da se je zakoncema že na začetku posvetilo, da ne govori o živali, temveč o računu. Gospa mu je seveda pokazala, kaj je to rakun in takoj je ugotovil, da je prišlo do nesporazuma, ki pa so ga hitro razrešili. Zaključili s tem, da so v kamnolomu napisali veliko zgodb, ki štejejo.

4.2.2 Intervju z lastnikom kamnoloma marmorja Štravs

Drugi kamnolom, ki sva ga obiskali, se nahaja v Skomarju in je edini delujoči kamnolom marmorja v Sloveniji. Lastnik kamnoloma Štravs nama je povedal, da kamnino pridobivajo s pikljem¹¹, saj razstrelivo ne pride v poštev zaradi možnosti razpokanja kamnine, kar pa ni primerno za nadaljnje rezanje in brušenje. Kamnolom se je uporabljal že med prvo svetovno vojno; pridobljen marmor so uporabljali za bloke in mostove (bloki v merah 60×60×40 cm). Povedal je, da je ta kamnolom uporabljal že njegov oče. Kamnino obdelujejo z drobljenjem in na roke. Marmor iz tega kamnoloma se uporablja za spomenike, pokopališča, posipe ter zidanje škarp. Ker sami nimajo stroja za rezanje blokov, marmor prodajajo kamnosekom, ki ga imajo. Lastnik nam je povedal, da je marmor iz njegovega kamnoloma uporabljen v Mariboru v novi cerkvi v Šentilju, na Rogli pa bo iz njega nastal krstni oltar; prav tako je v okolici Ljubljane kamnosek, ki iz tega marmorja obnavlja rimske spomenike. Marmor pa je prodal tudi na Ptuj, kjer postopoma nastaja rimski tabor, ki se je razvil iz rimskih iger. Ta marmor bodo uporabili za izvedbo kamnoseških delavnic.

¹¹ "Kramp, ki ima samo konico" (Fran/iskanje/pikelj, dostopano na: 22. 3. 2021)



Slika 43: Kosi marmorja pripravljeni za prodajo (Skomarje)

Letna količina pridobljene kamnine je odvisna od povpraševanja, vendar je približno dvesto kubikov. Slednjega prodajo raznim trgov, pa tudi doma za okrasne peske in zidni kamen. Trenutno je največ kamnine prodane v okolico Maribora, pa tudi v okolico slovenske prestolnice, v tujino ga ne izvažajo. Cena se spreminja. Gospod pove, da je na trgu manjša kot na papirju. Zaupa nam, da je cena na papirju od dva tisoč do pet tisoč evrov na kubik kompaktnega kamna oz. skale, na trgu pa je nekje med tisoč petsto do dva tisoč osemsto, ker namreč ni obdelana. Pove, da je med cenejšimi ponudniki te kamnine. Mnogo marmorja sicer v Slovenijo pripeljejo iz Makedonije, saj so tam te kamnine še cenejše, vendar je zaradi prevoza končna cena višja. Marmor se trenutno uporablja v gradnji in polnjenju žičnih ograj.

Marmor tega kamnoloma je zanimiv, saj je kristalen (je debelozrnati kalcitni marmor) in vsebuje vključke drugih mineralov (npr. pirita, amfibolov, sljud). Njegov fino mleti marmor uporabljajo v fasadah, ki so ene izmed najmočnejših in se med drugim uporabljajo za gospodarske objekte. Gospod nam je pokazal tudi napravo, ki lomi kamnino na manjše delce (jo melje). Naredili so jo sami, sestavljena pa je iz več delov (del, ki melje, in sito ter drugi deli).



Slika 44: Naprava za lomljenje kamnine v kamnolomu Štravs

4.3 Analiza kamnin

Analizo kamnin sva opravili 7. 5. 2021. Analizirali sva vzorce marmorja, gnajsa in amfibolita, ki sva jih pridobili na terenu. Opazovali sva barvo kamnine, kemične lastnosti, trdoto ter minerale kamnine. Kemične lastnosti sva preverili tako, da sva na vzorec kanili 10 % raztopino klorovodikove kisline (HCl) ter počakali na morebitno reakcijo. Trdoto sva ugotavljali z razenjem kamnine po steklu. Nekoliko sva s posvetili tudi mineralom kamnine, ki sva jih opazovali s prostim očesom ter skozi lupo. Izpolnjevalni obrazec, ki sva ga uporabili pri najini analizi vzorcev kamnin, se nahaja v prilogi raziskovalne naloge.



Slika 45: Analiza kamnin

4.3.1 Analiza marmorja

Vzorec marmorja pridobljen 27. 2. 2021 v kamnolomu Štravs (Skomarje) je po nastanku metamorfna kamnina. Njegova barva je enotna, in sicer bela. Z 10 % klorovodikovo kislino marmor močno reagira, saj je bila opazna burna reakcija. To nam pove, da sestoji iz kalcita. Kamnina stekla ne razi, zato je ne vsebuje kremenca. Z opazovanjem sva razločili, da marmor sestavljajo majhni minerali kalcita, ki so med seboj močno sprijeti in niso razporejeni po lepo vidnih plasteh. Čeprav sva imeli nekaj težav zaradi podobnosti mineralov, sva na koncu ocenili, da so posamezni minerali večji od 2 mm.



Slika 46: Test kemijskih lastnosti marmorja

4.3.2 Analiza gnajsa

Vzorec gnajsa sva pridobili na območju Boharine v kamnolomu Črešnar 27. 2. 2021. Gnajs po nastanku sodi med metamorfne kamnine. Je različno obarvan, in sicer je sive, črne ter rjave barve. Ob poskusu s HCl vzorec ne reagira, kar pomeni, da ne vsebuje kalcita oz. ga ima v zelo majhnih količinah. Gnajs razi steklo, torej je od njega trši. Minerali niso razporejeni po velikosti, so pa v lepo vidnih plasteh, kot tudi kaže spodnja slika 46.



Slika 47: Gnajs skozi lupo

4.3.3 Analiza amfibolita

27. 2. 2021 sva na območju Boharine pridobili vzorec metamorfne kamnine amfibolita. Ta je zelene do sivkaste barve. S klorovodikovo kislino ne reagira ter razi steklo, kar pomeni, da vsebuje kremen in ne kalcita. Minerali imajo bolj "lasasto" obliko in so v kosu kamnine orientirani v isto smer glede na smer pritiska.



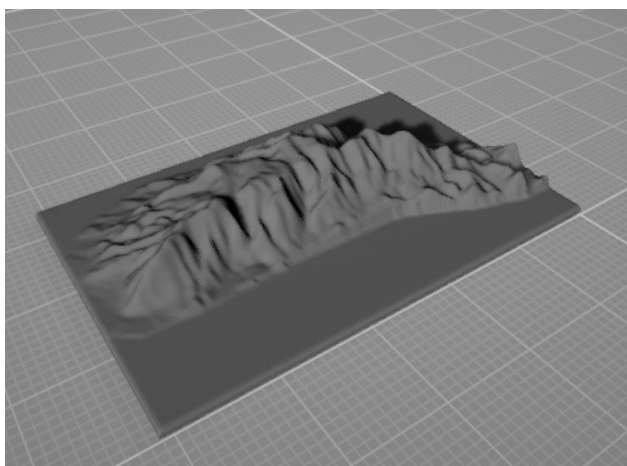
Slika 48: Amfibolit skozi lupo.

4.3.4 Primerjava analiz kamnin

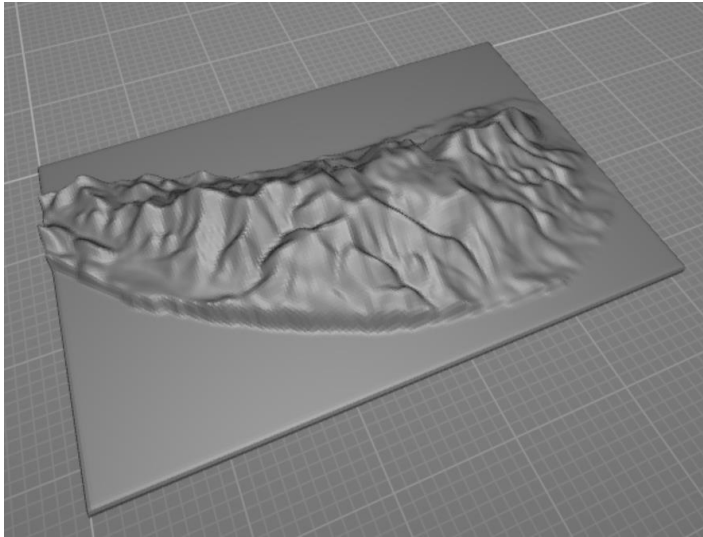
Vse tri kamnine, ki sva jih analizirali, so metamorfne in se med seboj razlikujejo v barvi. Marmor je enotne bele barve, barva amfibolita ter gnajsa pa po celotnem vzorcu ni enotna. Marmor od preostalih dveh kamnin najbolj odstopa, saj edini reagira s klorovodikovo kislino in ne razi stekla, kot ga amfibolit ter gnajs. Iz tega sledi, da gnajs in amfibolit sestavlja tudi kremen, marmor pa sestoji iz kalcita. Minerali kamnin so različno veliki in so različnih oblik, najbolj pa izstopa "lasasta" oblika mineralov amfibolita. Pri gnajsu je najlepše razvidna razporejenost delcev po plasteh, sicer pa minerali v nobeni od teh kamnin niso razporejeni po velikosti.

4.3 Maketa Pohorja

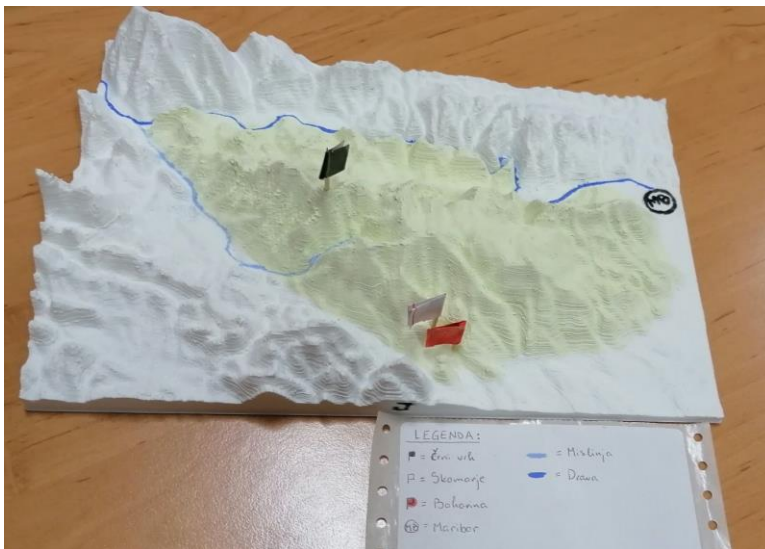
Maketo sva izdelovale s pomočjo spletne strani TouchTerrain (<https://touchterrain.geol.iastate.edu/>), kjer so navedeni topografski podatki površja Zemlje. Na spletni strani sva označili lokacijo Pohorja ter na računalnik prenesli podatke o površju. Te sva nato odprli v programu 3D Viewer in pregledali pravilnost podatkov. Model sva nato obrezali na samo območje Pohorja ter uredili v primerno obliko in format (.stl) za tiskanje. Maketo smo nato natisnili s 3D tiskalnikom (MakerBot Replicator Z18). Na koncu sva na natisnjeni maketi za lažjo orientacijo označili najvišjo točko Pohorja (Črni vrh), in obiskana kamnoloma v Skomarju ter Boharini. Na njej sva s svetlozeleno barvo pobarvali območje Pohorja ter označili reko Mislinjo in Dravo. Maketi sva prav tako priložili legendo in osnovne podatke o njej.



Slika 49: Računalniški model makete Pohorja



Slika 50: Računalniški model makete Pohorja

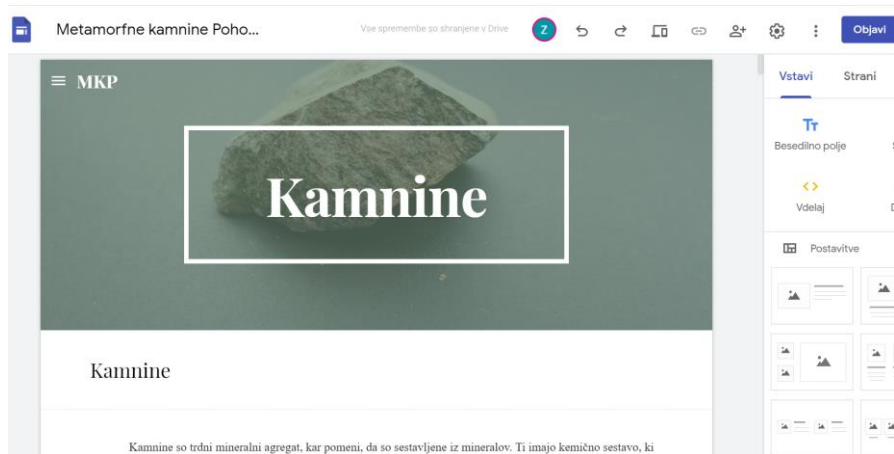


Slika 51: Natisnjena in pobarvana maketa Pohorja

4.5 Spletno mesto

Pomemben del najine naloge je bilo tudi ustvarjanje spletnega mesta, na katerem so zbrani končni izsledki ter izdelki iz najine raziskovalne naloge. Na spletnem mestu je naloga pregledno prikazana in razčlenjena za lažje razumevanje. Metamorfne kamnine Pohorja so tako pregledno opisane. Najino nalogo in tematiko sva na takšen način naredili bolj dostopno

vsem, ki želijo izvedeti več o metamorfnih kamninah Pohorja. Tukaj je povezava do spletnega mesta: <https://sites.google.com/druga.si/metamorfne-kamnine-pohorja/domov> .



Slika 52: Izdelava Spletnega mesta

4.6 Razstava

Meseca aprila 2021 sva v razredu izvedli razstavo vzorcev, ki sva jih pridobili med terenskim delom. Na razstavi je bila tudi maketa. Sami sva udeležencem razstave razložili bistvo najine naloge ter razstavne eksponate. Zarad pandemije covid-19 je bila razstava skromnejša kot sva načrtovali, vendar upava, da bova lahko v prihodnosti izvedli večjo razstavo tudi izven šole.



Slika 53: Razstava

5. RAZPRAVA IN ZAKLJUČEK

V raziskovalni nalogi sva odgovorili na vsa zastavljena raziskovalna vprašanja in dosegli vse zastavljene cilje. Začenši z razlagami pojmov in procesov v teoretičnem delu sva obrazložili osnove za lažje razumevanje nadaljevanja raziskovalne naloge. Zastavili sva si pet raziskovalnih vprašanj. Na raziskovalni vprašanji **R1** (Kakšne so značilnosti metamorfnih kamnin Pohorja?) in **R4** (Kje na področju Pohorja se nahajajo metamorfne kamnine?) sva odgovorili v teoretičnem delu naloge. Ugotovili sva, da ima vsaka metamorfna kamnina svoje značilnosti, mineralno sestavo in da se vsaka nahaja na določenem predelu Pohorja. Opisali sva eklogit, serpentinit, blestnik, gnajs, marmor, amfibolit, filit, skrilavec, kvarcit ter skarn.

Eklogit je zelena metamorfna kamnina, katere bistvena minerala sta rdeči granat in zeleni omfacit. Vsebuje lahko do 30 mineralnih primesi, njegova posebnost pa je visoka gostota. Nastal je pri zelo visokih temperaturah in pritiskih v posebnem eklogitnem faciesu. Najdemo ga na severnih in južnih pobočjih pohorskega masiva, nekoliko pa tudi območju Oplotnice in Slovenske Bistrice ter severno od nje. Serpentinit ali kačnik sestoji iz bistvenih mineralov serpentina, olivina in piroksena; ima mrežasto teksturo in je sivozelene do črne barve. Nahaja se na začetku bistriškega vintgarja, uporablja pa se v gradbeništvu. Blestnik je skrilava metamorfna kamnina rdečkastorjave barve s sloji sive in bele. Njegovi bistveni minerali so muskovit, biotit in kremen. Ločimo biotitni in muskovitni blestnik, zadnjega najdemo v dolgem pasu na južnem Pohorju preko Tinja, na severnem Pohorju (Žigartovem vrhu), razteza pa se tudi proti vzhodu preko Lobnice. Gnajs je skrilav ter sive barve. Njegova bistvena minerala sta kremen in glinenec. Na različnih predelih Pohorja najdemo različne vrste gnajsov, tudi pegmatitne gnajse. Blestnik in gnajs sta sicer na Pohorju med najbolj razširjenimi metamorfnimi kamninami. Marmor je bela do svetlo siva metamorfna kamnina, katere bistvena minerala sta kalcit, kadar gre za kalcitni marmor, in dolomit, kadar gre za dolomitnega, čeprav na Pohorju najdemo le kalcitne. Lomimo ga v ploskvah, v njem pa pogosto zasledimo vključke drugih mineralov, zaradi katerih se lahko obarvajo. Na Pohorju se nahaja tudi rimski kamnolom marmorja. Amfibolit je slabo skrilava metamorfna kamnina s trakasto strukturo in bistvenima mineraloma amfibolom ter natrijevo-kalcijevim plagioklazom. Je svetlo do temno zelene barve in se nahaja na južnih in severnih pobočjih Pohorja. Filiti so skrilave kamnine z bistvenimi minerali kremenom, sljudo in kloritom. Njihova barva je siva do rjavkasta, najdemo pa jih predvsem na skrajnem severozahodu

Pohorja, manj na južnem obrobju nad Zrečami. Skrilavec je skrilava kamnina, sestavljena pretežno iz kremenca in glinenca. Je sive do črne barve in je razširjen ob severozahodnem obrobju Pohorja, torej med Slovenj Gradcem in Otiškim Vrhom. Na Pohorju najdemo različico skrilavca, ki ga imenujemo zeleni skrilavec in vsebuje več albita ter posebne zelenkaste minerale. Kvarcit je monomineralna kamnina bele do sive barve, gradijo ga predvsem kristalizirana zrnca kremenca. V je njem izražena foliacija. Najdemo ga na območju severno od Zreč in na severovzhodnem Pohorju južno od Bezenikovega vrha. Skarni so kontaktnometamorfne kamnine, ki jih glede na prevladujoče minerale ločimo na več vrst. V njih so ponekod večje koncentracije magnetita.

Na **R2** (Kakšna je uporaba metamorfnih kamnin spoznanih na terenu?) in **R3** (Kateri so postopki obdelave metamorfnih kamnin spoznanih na terenu?) sva pridobili odgovore z izvedbo terenskega dela oz. intervjujema lastnikov kamnolomov Črešnar in Štravs. V sklopu le-tega sva ugotovili, da se gnajs uporablja kot gradbeni kamen, še posebej za naravno strešno kritino in tla; marmor je pogost okrasni kamen, rabi pa se tudi za obnovo marmornih spomenikov, v kiparstvu, za polnjenje žičnih ograj, škarpe... Sicer so to kamnino uporabljali že v davni preteklosti za spomenike in podobno. Opravili sva tudi analizo treh kamnin, in sicer marmorja, gnajsa in amfibolita. Na njih sva testirali kemične in fizikalne lastnosti, opazovali pa sva še minerale in njihovo razporeditev. Sklenili sva, da najbolj izstopa marmor, saj sestoji iz kalcita, preostala dva pa iz kremenca.

Na zadnje raziskovalno vprašanje, **R5** (Kako popularizirati lokalno geologijo med mladimi?), sva odgovorili z izdelavo razstave v šoli, ki pa je bila zaradi pandemije covid-19 močno omejena in poenostavljena, ter z izdelavo spletnega mesta, kjer je raziskovalna naloga pregledneje predstavljena ter bolj dostopna in všečna mladim. Do njega vodi naslednja povezava: <https://sites.google.com/druga.si/metamorfne-kamnine-pohorja/domov>. Na to vprašanje sva odgovorili tudi z izdelavo makete Pohorja, s katero si lahko območje najinega raziskovanja bolje predstavljajo ter vidijo možnosti povezovanja področij, kar jim lahko navda z novim elanom za raziskovanje na tem področju.

Med izdelovanjem raziskovalne naloge sva se srečali z različnimi težavami, ki so bile predvsem posledica pandemije covid-19 oz. zaprtja šol in občin. To nama je namreč onemogočalo normalen potek raziskovanja, še posebej terenskega dela, za katerega so potrebne tudi dobre vremenske razmere. Kljub temu sva nalogo uspeli zaključiti z izpolnitvijo vseh štirih ciljev, med njenim pisanjem pa sva dobili še na nekaj idej. Med njimi

je bila tudi ideja o izvenšolski razstavi, s katero bi nalogo razširili in predstavili širši populaciji. Na njej bi predstavili izvlečke naloge, metamorfne kamnine Pohorja (s primerki s terena) ter maketo. Poleg razstave imava v prihodnosti namen izvlečke objaviti tudi v znanstveno-didaktični literaturi. Med raziskovanjem so se nama odprla vrata v svet mnogih novih vprašanj, s katerimi bi bolje spoznali geologijo. S prihodnjimi raziskovalnimi nalogami bi lahko raziskali še druge vrste kamnin in fosile na območju Republike Slovenije ali pa bi se posvetili znamenitostim, ki so izdelane iz slovenskega kamna. Lahko bi izdelali vodnik po teh znamenitostih, v katerem bi napisali osnovne informacije o njih, iz katere kamnine so sestavljene in kje je bila ta pridobljena. Nato bi lokacije uredili v turistično pot, kateri bi služil vodnik.

Svet okrog nas sestavljajo različne kamnine, vendar so naše oči pogosto usmerjene stran od njih. Nanje velikokrat pozabimo, še posebno na tiste, ki se nahajajo v naši bližini. Pohorje je predalpsko hribovje, bogato s kamninami, ki jih ljudje uporabljajo že od nekdaj. V kamninah se skriva veliko več kot izgleda na prvi pogled in če poznaš njihove lastnosti, jih lahko s pridom uporabiš. Tako je tudi s svetom okoli nas; če ga razumeš, lahko narediš več kot pričakuješ in če dobro napneš oči, morda vidiš še kakšen skrit kristal.

6. UPORABNA VREDNOST

Najino delo doprinaša k družbeni odgovornosti z zbiranjem podatkov o temi: metamorfne kamnine Pohorja. To razširi znanje bralcev ter zavedanje o bogastvu na slovenskem ozemlju, na katerega moramo biti ponosni. Naloga lahko koristi kot izhodišče za nadaljnje delo ali raziskave. V predelani obliki pa ima lahko tudi turistično vrednost, saj jo je možno uporabiti za vodnik po terenu. Prav tako z razstavo motivira mlade in v njih vzbuja zanimanje za lokalno geologijo. Z izdelavo makete in spletnega mesta, bolje prikaže temo ter jo poveže z informacijskimi vedami in tehnologijami, kar nalogo približa širši populaciji. Tako tudi prispeva k razvoju interdisciplinarne povezave med geologijo in računalništvom oz. informatiko. Verjameva, da znanje, zbrano v najini nalogi, doprinese k širjenju obzorja in splošnega znanja.

7. VIRI IN LITERATURA

Bedjanič, M., & Jeršek, M. Geološki zakladi Pohorja. Pridobljeno iz zrsvn-varstvonarave:

[https://zrsvn-varstvonarave.si/wp-content/uploads/2019/09/POHORJE -](https://zrsvn-varstvonarave.si/wp-content/uploads/2019/09/POHORJE_-_Geoloski_zakladi_koncna_1777.pdf)

[_Geoloski zakladi koncna 1777.pdf](https://zrsvn-varstvonarave.si/wp-content/uploads/2019/09/POHORJE_-_Geoloski_zakladi_koncna_1777.pdf) (22. 3. 2021)

Callery, S., Gifford, C., & Goldsmith, M. (2009). Svetovna enciklopedija za šolo in dom.

Tržič: Učila International.

Carmichael, R. S., & Klein, C. (12. februar 2021). Encyclopædia Britannica. Pridobljeno iz

rock: <https://www.britannica.com/science/rock-geology> (22. 3. 2021)

Eklogit-poseben dragulj s Pohorja. Pridobljeno iz pms-lj: [https://www.pms-lj.si/si/o-](https://www.pms-lj.si/si/o-naravi/minerali-in-kamnine/ekologit)

[naravi/minerali-in-kamnine/ekologit](https://www.pms-lj.si/si/o-naravi/minerali-in-kamnine/ekologit) (22. 3. 2021)

Fran/iskanje/blestnik. Pridobljeno iz Fran: <https://fran.si/iskanje?View=1&Query=blestnik>

(22. 3. 2021)

Fran/iskanje/epidot. Pridobljeno iz Fran: <https://fran.si/iskanje?View=1&Query=epidot> (22.

3. 2021)

Fran/iskanje/glinenec. Pridobljeno iz Fran: <https://fran.si/iskanje?View=1&Query=glinenec>

(22. 3. 2021)

Fran/iskanje/kemizem. Pridobljeno iz Fran: <https://fran.si/iskanje?View=1&Query=kemizem>

(2. 5. 2021)

Fran/iskanje/kremenica. Pridobljeno iz Fran:

<https://fran.si/iskanje?View=1&Query=kremenica> (7. 5. 2021)

Fran/iskanje/pikelj. Pridobljeno iz Fran: <https://fran.si/iskanje?View=1&Query=pikelj> (22. 3.

2021)

Fran/iskanje/skrilavec. Pridobljeno iz Fran: <https://fran.si/iskanje?View=1&Query=skrilavec> (22. 3. 2021)

Fran/Tiskanje. Pridobljeno iz Fran: <https://fran.si/tiskanje?All=petr&IsAdvanced=True&FullContent=True&Citation=True> , (2. 5. 2021)

Herlec, U. (2009). Evolucija Zemlje in geološke značilnosti Slovenije. Ljubljana: Prirodoslovni muzej Slovenije.

Hinterlechner - Ravnik, A. (2004). Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogiti in granatov peridotit (2. del). Proteus, 311-318.

Hinterlechner - Ravnik, A. (2004). Metamorfne kamnine Pohorja: amfiboliti, eklogiti in granatov peridotit (1.del). Proteus, 250-255.

Hinterlechner - Ravnik, A. (2004). Metamorfne kamnine Pohorja: filiti, blestniki in gnajsi. Proteus, 264-271.

Jeršek, M., Žorž, M., Bedjanič, M., Žorž, Z., & Podgoršek, V. (2021). Mineralno bogastvo Pohorja. Proteus, 75-93.

King H. M., Skarn, Pridobljeno iz Geology.com: <https://geology.com/rocks/skarn.shtml> (9. 5. 2021)

Kramar, S., & Mirtič, B. 2.5 Naravni kamen. Pridobljeno iz sms-muzeji: <http://www.sms-muzeji.si/ckfinder/userfiles/files/udatoteke/publikacija/netpdf/2-5.pdf> (22. 3. 2021)

Nelson, Metamorphism and Metamorphic Rocks. Pridobljeno iz tulane.edu: <https://www.tulane.edu/~sanelson/eens1110/metamorphic.htm> (9. 5. 2021)

Oxfordova enciklopedija nežive narave. (1995). Ljubljana: Mladinska knjiga.

Senegačnik, J. (2010). Slovenija 2: geografija za 4. letnik gimnazij. Ljubljana: Modrijan.

Podgoršek, V., Kuzman, J., & Herlec, U. (2006). Minerali iz okolice Tinjske gore na južnem Pohorju. *Scopolia: Glasilo Prirodoslovnega muzeja Slovenije*, 251.

ZRCSAZU, Terminologišče, akcesorni mineral. Pridobljeno iz: <https://isjfr.zrc-sazu.si/sl/terminologisce/slovarji/geoloski/iskalnik?iztocnica=akces%C3%B3rni%20miner%C3%A1l#v> (7. 5. 2021)

Skorupan, M. eucbeniki.sio.si. Pridobljeno iz geografija 9; viri in literatura: <https://eucbeniki.sio.si/geo9/3945/index.html#> (18. 11. 2013).

Trajanova, M. (2016). Rimski kamnolom marmorja na Pohorju. V A. J., 70 geoloških zanimivosti Slovenije (str. 152-153). Ljubljana: Geološki zavod Slovenije.

Trajanova, M. (2021). Kamnine med Veliko Kopo in Velikim vrhom na Pohorju. *Proteus*, 67-74.

Vrabec, M. (2016). Diamanti na Pohorju. V A. J. al., 70 geoloških zanimivosti Slovenije (str. 150-151). Ljubljana: Geološki zavod Slovenije.

Vrabec, M., Podgoršek, V., & Žorž, Z. (2006). Minerali pohorskih ekligitov. *Scopolia: Glasilo Prirodoslovnega muzeja*, 251-256.

Vrabec, M., Podgoršek, V., & Žorž, Z. (2006). Mineralna bogastva Slovenije. *Scopolia: Glasilo Prirodoslovnega muzeja Slovenije*, 245-252.

Zemeljske rudnine. (1982). V *Zemlja velika ilustrirana enciklopedija* (str. 69-97). Ljubljana: Mladinska knjiga.

Žorž, Z., Podgoršek, V., Rečnik, A., & Mioč, P. (1999). Minerali Pohorja in Kobanskega. *Radlje ob Dravi: samozaložba*.

8. VIRI FOTOGRAFIJ

Slika 1: fotografija avtorjev

Slika 2: fotografija avtorjev

Slika 3: fotografija avtorjev

Slika 4: Herlec, U. (2009). Evolucija Zemlje in geološke značilnosti Slovenije. Ljubljana: Prirodoslovni muzej Slovenije. stran: 168

Slika 5: <http://www.alexstrekeisen.it/english/meta/felsicgranulite.php> (9. 5. 2021)

Slika 6: <https://www.pms-lj.si/si/imagelib/magnify/default/O-naravi/Minerali-in-kamnine/Eklogit/eklogit-pohorje.jpg> (22. 3. 2021)

Slika 7: <https://www.tulane.edu/~sanelson/eens1110/metamorphic.htm> (9. 5. 2021)

Slika 8: <https://www.pms-lj.si/si/o-naravi/minerali-in-kamnine/ekologit> (23. 1. 2021)

Slika 9: fotografija avtorjev

Slika 10: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Serpentinit> (31. 1. 2021)

Slika 11: fotografija avtorjev

Slika 12: <https://www.klancek.si/sites/default/files/datoteke/files/metamorfne.pdf> (31. 1. 2021)

Slika 13: fotografija avtorjev

Slika 14: fotografija avtorjev

Slika 15: fotografija avtorjev

Slika 16: <https://www.sandatlas.org/pegmatite/> (31. 1. 2021)

Slika 17: fotografija avtorjev

Slika 18: fotografija avtorjev

Slika 19: fotografija avtorjev

Slika 20: fotografija avtorjev

Slika 21: fotografija avtorjev

Slika 22: fotografija avtorjev

Slika 23: fotografija avtorjev

Slika 24: <https://tic-sb.si/kaj-videti/naravna-dedi%C5%A1%C4%8Dina/rimski-kamolom-v-bistri%C5%A1kem-vintgarju.html> (13. 3. 2021)

Slika 25: fotografija avtorjev

Slika 26: <https://id.wikipedia.org/wiki/Filit> (31. 1. 2021)

Slika 28: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Skrilavec> (31. 1. 2021)

Slika 29: <https://geology.com/rocks/quartzite.shtml> (31. 1. 2021)

Slika 30: <https://geology.com/rocks/skarn.shtml> (25. 3. 2021)

Slika 31: <https://docplayer.si/150535818-Skarn-deposits.html> (10. 5. 2021)

Slika 32: fotografija avtorjev

Slika 33: fotografija avtorjev

Slika 34: fotografija avtorjev

Slika 35: fotografija avtorjev

Slika 36: fotografija avtorjev

Slika 37: fotografija avtorjev

Slika 38: fotografija avtorjev

Slika 39: fotografija avtorjev

Slika 40: fotografija avtorjev

Slika 41: fotografija avtorjev

Slika 42: fotografija avtorjev

Slika 43: fotografija avtorjev

Slika 44: fotografija avtorjev

Slika 45: fotografija avtorjev

Slika 46: fotografija avtorjev

Slika 47: fotografija avtorjev

Slika 47: fotografija avtorjev

Slika 48: fotografija avtorjev

Slika 49: fotografija avtorjev

Slika 50: fotografija avtorjev

Slika 51: fotografija avtorjev

Slika 52: fotografija avtorjev

Slika 53: fotografija avtorjev

Slika 54: fotografija avtorjev

Slika 55: fotografija avtorjev

Slika 56: fotografija avtorjev

Slika 57: fotografija avtorjev

Slika 58: fotografija avtorjev

Slika 59: fotografija avtorjev

Slika 60: fotografija avtorjev

Slika 61: fotografija avtorjev

Slika 62: fotografija avtorjev

Slika 63: fotografija avtorjev

Slika 64: fotografija avtorjev

Slika 65: fotografija avtorjev

Slika 66: fotografija avtorjev

Slika 67: fotografija avtorjev

Slika 68: fotografija avtorjev

Slika 69: fotografija avtorjev

Slika 70: fotografija avtorjev

Slika 71: fotografija avtorjev

Slika 72: fotografija avtorjev

8. PRILOGE

8.1. Galerija slik

Na tem mestu sva zbrali še nekaj do zdaj neuporabljenih fotografij, ki sva jih posneli v okviru terenskega dela.



Slika 54: Razpoka v Marmorju (Skomarje)



Slika 55: Kamnolom marmorja v Skomarju



Slika 56: Marmor v Skomarju



Slika 57: Marmor z vključenimi minerali



Slika 58: Paleta lomljenega marmorja v kamnolomu Štravs



Slika 59: Lomljeni marmor iz kamnoloma Štravs



Slika 60: Amfibolit (sredina), serpentinit (desno)



Slika 61: Blestnik



Slika 62: Eklogit



Slika 63: Serpentinit



Slika 64: Vzorci s terena



Slika 65: Gnajs



Slika 66: Amfibolit



Slika 67: Gnajs



Slika 68: Gnajs



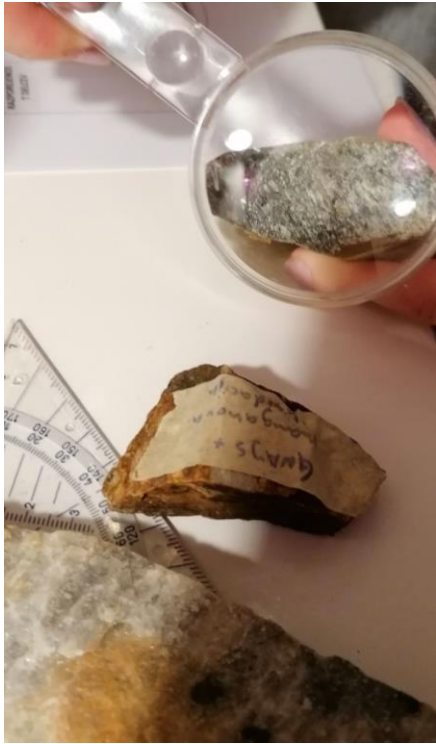
Slika 69: Vzorci s terena



Slika 70: Poskus s HCl na vzorcu amfibolita



Slika 71: Opazovanje marmorja skozi lupo



Slika 72: Opazovanje kamnin in analiza vzorcev

8.2 Vprašanja za intervju

Katero kamnino pridobivate?

Kako in kdaj je vaš kamnolom nastal?

Kako oz. na kakšen način pridobivate kamnino?

Katere načine obdelave kamnin uporabljate in kako potekajo?

Za kaj se vaša kamnina uporablja?

Ali je vaša kamnina uporabljena na kakšnih vidnejših oz. javnih mestih v Sloveniji ali v tujini?

Kolikšno količino kamnine pridobite letno?

Kam prodate kamnino?

Koliko kamnine izvozite v tujino? In kam?

Kakšna je razlika v odnosu do vaše kamnine v tujini in Sloveniji?

Katera slovenska regija je največji porabnik vaše kamnine?

Kakšna je cena vaše kamnine?

Kako je covid kriza vplivala na kamnolom?

Ali imate kakšno anekdoto povezano z naročilom kamnine?

8.3 Obrazec za analizo vzorcev kamnin

ANALIZA VZORCA KAMNIN

VZOREC ŠT. _____

KRAJ ODVZEMA (NAHAJALIŠČE): _____ DATUM ODVZEMA: _____

VRSTA KAMNINE PO NASTANKU: _____

IME KAMNINE: _____

BARVA KAMNINE

-je enotna, in sicer je _____

-je različno obarvana, in sicer je _____

KEMIČNA LASTNOST KAMNINE

-s pomočjo 10% HCl določamo vsebnost prevladujočega minerala tj., če je

kamnina močno reagira, vsebuje kalcit (kalcijev karbonat, CaCO_3) JE

KARBONATNA, če kamnina slabo reagira ali pa sploh ne reagira, ima zelo

malo kalcita (kalcijevega karbonata, CaCO_3) JE SILIKATNA

-KAMNINA (obkroži): MOČNO REAGIRA SLABO REAGIRA NE REAGIRA

(na HCl)

-KAMNINA JE _____

TRDOTA KAMNINE

-če kamnina razi steklo (ali jekleno rezilo noža), je to znak, da vsebuje kremen

in je zelo trda, odpornejša

-KAMNINA (obkroži): RAZI STEKLO NE RAZI STEKLA

