

# Prostorna analiza pojava magmatskih i metamorfnih stijena pogodnih za izradu željezničkog zastora

---

**Alibegović, Ivona**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:906871>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-01**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET  
Diplomski studij geologije

**PROSTORNA ANALIZA POJAVA MAGMATSKIH I METAMORFNIH  
STIJENA POGODNIH ZA IZRADU ŽELJEZNIČKOG ZASTORA**

Diplomski rad

Ivona Alibegović

G482

Zagreb, 2023.



KLASA: 602-01/23-01/160  
URBROJ: 251-70-15-23-2  
U Zagrebu, 12. 9. 2023.

Ivona Alibegović, studentica

## RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-01/23-01/160, URBROJ: 251-70-15-23-1 od 3. 7. 2023. priopćujemo vam temu diplomskog rada koja glasi:

### PROSTORNA ANALIZA POJAVA MAGMATSKIH I METAMORFNIH STIJENA POGODNIH ZA IZRADU ŽELJEZNIČKOG ZASTORA

Za mentora ovog diplomskog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i obrani diplomskog rada Izv. prof. dr. sc. Dario Perković nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i komentoricu Izv. prof. dr. sc. Vesnica Garašić.

Mentor:

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Dario Perković

(titula, ime i prezime)

Komentorica:

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Vesnica Garašić

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za  
završne i diplomske ispite:

(potpis)

Doc. dr. sc. Zoran Kovač

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Borivoje  
Pašić

(titula, ime i prezime)

PROSTORNA ANALIZA POJAVA MAGMATSKIH I METAMORFNIH STIJENA POGODNIH ZA  
IZRADU ŽELJEZNIČKOG ZASTORA

Ivona Alibegović

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo  
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Razvijanje željeznica imalo je važnu ulogu u ljudskoj povijesti. Omogućila je brojne promjene u ljudskom društvu tako što je povezala gradove kako društveno tako i ekonomski. Jedna od važnih sastavnica željezničke pruge je željeznički zastor. Željeznički zastor služi za ravnomjerno prenošenje opterećenja s tračnica i pragova na donji ustroj, sprječavanje uzdužnog i vertikalnog pomicanja kolosijeka te osiguravanje brzog otjecanja vode. Za izradu zastora koristi se kamen koji mora biti velike tvrdoće, otporan na mraz te ne smije upijati vodu kako bi sama željeznička pruga mogla pretrpjeti masu i brzinu s kojom se svakodnevno susreće. Za izradu takvog zastora najčešće se koriste magmatske stijene poput bazalta, gabra i dijabaza, a u slučaju njihove nedovoljne količine, mogu se koristiti i metamorfne stijene poput amfibolita te sedimentne stijene. Primjer petrografskih karakteristika bazalta (spilita) i dijabaza opisan je na uzorcima iz kamenoloma Bojna, Banovina. Uz pomoć GIS softvera napravljena je prostorna analiza pojavljivanja dijabaza i amfibolita na području Republike Hrvatske kako bi mogla poslužiti za brz pregled ovih stijena kao potencijalne mineralne sirovine za obnovu ili izradu novih željezničkih zastora.

Ključne riječi: željeznički zastor, dijabaz, amfibolit, GIS, prostorna analiza

Završni rad sadrži: 51 stranicu, 3 tablice, 45 slika, 3 priloga i 17 referenci.

Jezik izvornika: Hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentori: Dr. sc. Dario Perković, izvanredni profesor RGNF  
Dr. sc. Vesnica Garašić, izvanredna profesorica RGNF

Ocjenjivači: Dr. sc. Dario Perković, izvanredni profesor RGNF  
Dr. sc. Ana Maričić, izvanredna profesorica RGNF  
Dr. sc. Bojan Matoš, izvanredni profesor RGNF

SPATIAL ANALYSIS OF THE OCCURENCE OF MAGMATIC AND METAMORPHIC ROCKS  
SUITABLE FOR CONSTRUCTION OF RAILWAY CURTAIN

Ivona Alibegović

Thesis completed at: University of Zagreb  
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering  
Department of Geology and Geological Engineering  
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Abstract

The development of railways played an important role in human history. It enabled numerous changes in human society by connecting cities both socially and economically. One of the important components of the railway line is the railway curtain. The railway curtain is used to evenly transfer the load from the rails and sleepers to the lower structure, prevent longitudinal and vertical movement of the track and ensure rapid drainage of water. Stone is used to make curtains, which has to be very hard, resistant to frost and must not absorb water so that the railway itself can withstand the mass and speed it encounters every day. Igneous rocks such as basalt, gabbro and diabase are most often used for construction of curtains, and in the case of an insufficient amount of igneous rocks, metamorphic rocks such as amphibolite and sedimentary rock can also be used. An example of petrographic characteristics of basalts (spilites) and diabasites is described using the samples from Bojna, Banovina. With the help of a GIS software, a spatial analysis of diabasites and amphibolite occurrences was made in the territory of the Republic of Croatia in order to serve as quick overview of those rocks which could be used as potential mineral materials for the reconstruction or construction of new railway curtains.

Keywords: railway curtain, diabase, amphibolite, GIS, spatial analysis

Thesis contains: 51 pages, 3 tables, 45 figures, 3 appendixes and 17 references.

Original in: Croatian

Archived in: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering University of Zagreb, Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisors: Associate Professor Dario Perković, PhD  
Associate Professor Vesnica Garašić, PhD

Reviewers: Associate Professor Dario Perković, PhD  
Associate Professor Ana Maričić, PhD  
Associate Professor Bojan Matoš, PhD

Defence date: September 18, 2023., Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. PREDMET ISTRAŽIVANJA .....	2
2.1. Općenito o amfibolitu .....	2
2.2. Općenito o dijabazu .....	4
3. GEOGRAFSKE I GEOLOŠKE ZNAČAJKE KAMENOLOMA BOJNA .....	6
3.1. Geografske značajke kamenoloma Bojna .....	6
3.2. Geološke značajke kamenoloma Bojna .....	7
4. ANALITIČKE METODE ISTRAŽIVANJA .....	9
4.1. Rezultati analitičke metode istraživanja .....	9
4.1.1. Uzorak „Produkti trošenja“ .....	9
4.1.2. Uzorak B – 2/23 .....	12
4.1.3. Uzorak B – 3/23 .....	14
4.1.4. Uzorak B – 4/23 .....	16
4.1.5. Uzorak B – 5/23 .....	18
4.1.6. Uzorak B – 6/23 .....	20
4.1.7. Uzorak B – 7/23 .....	22
4.1.8. Uzorak B – 8/23 .....	25
4.1.9. Uzorak B – 9/23 .....	27
5. GEOGRAFSKO – INFORMACIJSKI SUSTAV .....	29
5.1. Povijest GIS – a .....	29
5.2. Prostorni podaci .....	30
6. PROSTORNA ANALIZA DIJABAZA I AMFIBOLITA .....	31
6.1. Tematsko modeliranje .....	32
7. REZULTATI .....	41
8. ZAKLJUČAK .....	49
9. LITERATURA .....	50

## POPIS SLIKA

Slika 2-1. Leukokratne pruge bogate plagioklasom i melanokratne pruge bogate feromagnezijskim mineralima (hornblenda) u amfibolitu.....	3
Slika 2-2. Amfibolit sa vidljivim crnim mineralnim zrnima hornblende i bijelim plagioklasom.....	3
Slika 2-3. Dijabaz sa crnim klinopiroksenom i bijelim plagioklasom .....	5
Slika 2-4. Dijabazni dajk koji prodire kroz spilite u kamenolomu Bojna. ....	5
Slika 3-5. Karta položaja istražnog prostora Bojna, mjerilo 1:100 000. ....	6
Slika 3-6. Jastučaste lave u kamenolomu Bojna.....	8
Slika 3-7. Presjek jastučaste lave sa crvenom korom alteriranih minerala u kamenolomu Bojna.....	8
Slika 4-8. Karta mjesta uzrokovanja.....	10
Slika 4-9. Mikrofotografija alterirane bazične stijene , u kojoj su prepoznatljive još samo forme plagioklasa (uzorak Produkt trošenja, kamenolom Bojna). Pl-plagioklas; Prh-prehnit. ....	11
Slika 4-10. Mikrofotografija alterirane bazične stijene (uzorak Produkt trošenja, kamenolom Bojna). Cal-kalcit; Fe-koloid = koloidna forma željeznih oksida i hidroksida. ....	11
Slika 4-11. Mikrofotografija nepravilnih šupljina ispunjenih sekundarnim kloritom i kalcitom, u spilitu (uzorak B – 2/23, kamenolom Bojna). Cal-kalcit; Chl-klorit.....	13
Slika 4-12. Mikrofotografija mandule ispunjene s dvije vrste klorita (sivi i zeleni) te prehnitom u spilitu (uzorak B – 2/23, kamenolom Bojna). Chl-klorit; Prh-prehnit.....	13
Slika 4-13. Mikrofotografija dijabaza (uzorak B – 3/23, kamenolom Bojna), ofitska struktura. Cpx-klinopiroksen; Pl-plagioklas.....	15
Slika 4-14. Mikrofotografija mandule ispunjene kalcitom (Cal) u dijabazu (uzorak B – 3/23, kamenolom Bojna). ....	15
Slika 4-15. Mikrofotografija dijabaza (uzorak B – 4/23, kamenolom Bojna). Cpx-klinopiroksen; Pl-plagioklas.....	16
Slika 4-16. Mikrofotografija dijabaza (uzorak B – 4/23, kamenolom Bojna) u kojem je plagioklas intenzivno izmijenjen u prehntit, a između štapića plagioklasa su vidljiva sitna zrna klinopiroksena. Cpx-klinopiroksen; Pl-plagioklas; Prh-prehntit.....	17
Slika 4-17. Mikrofotografija dijabaza, sa šupljinom ispunjenom sa dvije generacije klorita, zelenom i sivom (uzorak B – 4/23, kamenolom Bojna). Chl-klorit. ....	17

Slika 4-18. Mikrofotografija spilita (uzorak B – 5/23, kamenolom Bojna). Chl-klorit; Cal-kalcit; Ser-sericit.....	18
Slika 4-19. Mikrofotografija žile u spilitu ispunjenom kalcitom (uzorak B – 5/23, kamenolom Bojna). Cal-kalcit.....	19
Slika 4-20. Mikrofotografija mandula u spilitu, ispunjenim sekundarnim kloritom (uzorak B – 5/23, kamenolom Bojna). Chl-klorit.....	19
Slika 4-21. Mikrofotografija štapićastih plagioklas u matriksu dijabaza (uzorak B – 6/23, kamenolom Bojna). Pl-plagioklas. ....	21
Slika 4-22. Mikrofotografija matriksa dijabaza, alteriranog u klorite i epidote u intergranularnom području (uzorak B – 6/23, kamenolom Bojna). Chl-klorit; Ep-epidot; Ser-sericit. ....	21
Slika 4-23. Mikrofotografija keratofira s fenokristalima plagioklasa dijelom izmijenjenih u klorit i epidot (uzorak B – 7/23, kamenolom Bojna). Chl-klorit; Pl-plagioklas; Ep-epidot.	23
Slika 4-24. Mikrofotografija alteriranog fenokristala plagiokasa u keratofiru (uzorak B – 7/23, kamenolom Bojna). Chl-klorit; Pl-plagioklas .....	23
Slika 4-25. Mikrofotografija mandula u keratofiru (uzorak B – 7/23, kamenolom Bojna), mandula ispunjena kalcitom. Cal-kalcit; Pl-plagioklas. ....	24
Slika 4-26. Mikrofotografija keratofira (uzorak B – 7/23, kamenolom Bojna), mandula ispunjena kalcitom i kloritom. Cal-kalcit; Pl-plagioklas; Chl-klorit; Ep-epidot. ....	24
Slika 4-27. Mikrofotografija spilita (uzorak B – 8/23, kamenolom Bojna) s fenokristalom alteriranog plagioklasa u matriksu sa štapićastim plagioklasom i prutićima Cpx i crnim staklom. Pl-plagioklas; Ilm-ilmenit. ....	26
Slika 4-28. Mikrofotografija spilita s alteracijom fenokristala plagioklasa(uzorak B – 8/23, kamenolom Bojna). Pl-plagioklas; Prh-prehntit; Ser-sericit. ....	26
Slika 4-29. Mikrofotografija spilita s mandulom ispunjenom kloritom s interferencijskom boje lavande. (uzorak B – 8/23, kamenolom Bojna). Chl-klorit; Pl-plagioklas; Ser-sericit. ....	27
Slika 4-30. Mikrofotografija fenokristala plagioklasa djelomično izmijenjen u sericit i kalcit u dijabaua (uzorak B – 9/23, kamenolom Bojna). Cal-kalcit; Pl-plagioklas; Ser-sericit. ...	28
Slika 6-31. Prikaz kako doći do odabira odgovarajućeg koordinatnog sustava. ....	31
Slika 6-32. Izbor koordinatnih sustava. ....	32
Slika 6-33. Prikaz <i>Editing Toolbar</i> -a.....	33
Slika 6-34. Alat <i>Polygon</i> za označavanje rubova stijena.....	33
Slika 6-35. Proces iscrtavanja stijena. ....	34



Slika 6-36. Karta s iscrtanim zadanim stijenama. ....	34
Slika 6-37. Atributna tablica sa svim zadanim značkama. ....	34
Slika 6-38. Prozor <i>Definition Query</i> -ja unutar kojeg se upisuju kodovi odgovarajućih stijena. .....	35
Slika 6-39. Način na koji se upisuje jedan ili više kodova odgovarajućih stijena.....	36
Slika 6-40. Cjeloviti izraz nakon odabira svih kodova.....	36
Slika 6-41. Odabirom Kod_P izdvajaju se one stijene kojima se nadodao navedeni "kod".....	38
Slika 6-42. Popis dijabaza i amfibolita te njihovih varijeteta dobivenih Kodom_P.....	38
Slika 6-43. Početak povezivanja slojeva.....	39
Slika 6-44. Podaci koje je potrebno odabrati kako bi se poligoni spojili sa slojem <i>zupanije_min_sir</i> .....	40
Slika 6-45. Podaci koje je potrebno odabrati kako bi se poligoni spojili sa slojem <i>zasticena_podrucja_poligoni</i> .....	40

## **POPIS TABLICA**

Tablica 7-1. Ukupna površina stijena podijeljenih po kategorijama. ....	45
Tablica 7-2. Popis stijena i poligona koji se preklapaju sa već postojećim eksploatacijskim poljima i mineralnim sirovinama.....	45
Tablica 7-3. Popis poligona i stijena koje se preklapaju sa zaštićenim područjima u Hrvatskoj. ....	46

## **POPIS PRILOGA**

Prilog 7-1. Prostorni raspored dijabaza, amfibolita i njihovih varijeteta.....	42
Prilog 7-2. Prostorni raspored dijabaza i varijeteta.....	43
Prilog 7-3. Prostorni raspored amfibolita i varijeteta.....	44

## ZAHVALE

*Zahvaljujem se svojim mentorima izv. prof. dr. sc. Dariu Perkoviću te izv. prof. dr. sc. Vesnici Garašić na vremenu, pomoći i savjetima koje su mi pružili tijekom izrade ovog rada.*

*Zahvaljujem se tehničaru Mariu Valentu na izradi mikroskopskih uzoraka u jako kratkom vremenu te rud. ing. Saši Vrabelju koji je omogućio odlazak u kamenolom Bojna i na pružanju potrebne literature za istražno područje.*

*Zahvaljujem se i svim prijateljima koje sam stekla tijekom studiranja te koji su mi uljepšali i iskustvo studiranja učinili nezaboravnim.*

*Za kraj, posebno se zahvaljujem svojoj obitelji i najbližima koji su navijali za mene i pružali mi konstantnu podršku tijekom cijelog mog obrazovanja te što su imali razumijevanja za svako moje „idem gore“ kada sam morala učiti.*

## 1. UVOD

Željeznice su prometna sredstva kod kojih se kotači vozila prisilno vode po tračnicama. U usporedbi s drugim prometnim sredstvima, željeznica pripada u ekološki najprihvatljiviji te je jedan od najsigurnijih oblika prometa. Već u dalekoj povijesti započinje razvoj prvih oblika željeznica. Jedna od najstarijih primjena javila se već u antičko doba kada su se u ceste opločene kamenom urezivali uski žljebovi pomoću kojih su Grci vukli brodove preko Korintske prevlake (Hrvatska enciklopedija, 2013). Kroz stoljeća se postepeno razvijao željeznički promet sve do 1830. godine kada je u promet puštena javna željeznica sa dvokolosiječnom prugom (Hrvatska enciklopedija, 2013). Navedena željeznica je i prva koja je prometovala po voznom redu i time označila početak razdoblja gradnje željezničkih pruga diljem svijeta (Hrvatska enciklopedija, 2013).

Željeznička pruga sastoji se od donjeg i gornjeg ustroja te signalno – sigurnosnih uređaja. Ovaj rad fokusirati će se na gornji ustroj, točnije na materijal potreban za izradu željezničkog zastora. Željeznički zastor služi za ravnomjerno prenošenje opterećenja s tračnica i pragova na donji ustroj, sprječavanje uzdužnog i vertikalnog pomicanja kolosijeka te osiguravanje brzog otjecanja vode (Cindori Kovačević, 2018). Za izradu zastora koristi se kamen čije karakteristike moraju biti velika tvrdoća, žilavost, otpornost na mraz, ne smije upijati vodu i mora biti otporan na udarce (Cindori Kovačević, 2018). Za izradu zastora u Hrvatskoj koristi se kamen tučenac koji se dobiva drobljenjem magmatskih stijena poput bazalta, gabra, dijabaza te granita (Cindori Kovačević, 2018). U slučaju nedovoljne količine magmatskih stijena, mogu se koristiti i metamorfne stijene poput amfibolita i gnajsa te sedimentne stijene poput silikatnog pješčenjaka (Cindori Kovačević, 2018).

U ovome radu, napravljena je prostorna analiza pojavljivanja magmatskih i metamorfnih stijena pogodnih za izradu željezničkog zastora uz pomoć GIS softvera. Od magmatskih i metamorfnih stijena odabrani su dijabazi i amfiboliti te njihovi varijeteti zbog svojih pogodnih tehničkih karakteristika koje će detaljno biti objašnjene u narednim poglavljima. Ovim radom se želi ukazati na prostorni smještaj pojava amfibolita i dijabaza koje bi mogla poslužiti kao potencijalne mineralne sirovine za obnovu ili izradu novih željezničkih zastora u Republici Hrvatskoj.

## **2. PREDMET ISTRAŽIVANJA**

### **2.1. Općenito o amfibolitu**

Amfibolit je metamorfna stijena prepoznatljiva po tamnoj boji, srednjom do krupnom veličinom zrna i folijativnom, paralelno – prugastom teksturom s leukokratnim i melanokratnim prugama (Slika 2-1). Mineralni sastav amfibolita se većinom sastoji od minerala hornblende i plagioklasa (Slika 2-2). Uz navedene primarne minerale, pojavljuju se i akcesorni minerali poput biotita, epidota, granata, wollastonita, andaluzita, staurolita, kijanita te sillimanita (Espinoza, 2013). Amfibolite najčešće karakterizira nematoblastična tekstura.

Amfibolit je metamorfna stijena koja nastaje u okviru regionalnog metamorfizma u području formiranja orogena pri čemu su najčešći protoliti mafične magmatske stijene kao što su bazalt, dijabaz i gabro (ortamfiboliti) ili bazični tufovi i lapori (paraamfiboliti). Ortoamfiboliti sadrže hornblendu i plagioklas te u manjoj mjeri epidot, zoisit, klorit i kvarc. Za razliku od ortoamfibolita, paraamfiboliti sadrže veće količine biotita, kvarca, plagioklasa, wollastonita i kalcita, uz hornblendu i plagioklase (Haldar, 2020). Amfibolit nastaje u okviru dobro definiranih temperaturnih i tlačnih uvjeta poznatih kao amfibolitski facijes, gdje se temperature kreću od 500 do 750 °C, a tlakovi od 5 do 7 kbar-a.

Amfibolit se upotrebljava u raznim industrijskim granama. Izdržljivost i atraktivan izgled amfibolita čine ga popularnim građevinskim materijalom za oblaganje. Njegova otpornost na vremenske uvjete i habanje čini ga prikladnim za unutarnju i vanjsku primjenu, a često se koristi i kao ukrasni kamen pri uređenju interijera i izradu skulptura. Često se koristi kao agregat za izgradnju cesta, željezničkog zastora te za proizvodnju keramike i stakla (Espinoza, 2013).



**Slika 2-2-1.** Leukokratne pruge bogate plagioklasom i melanokratne pruge bogate feromagnezijskim mineralima (hornblenda) u amfibolitu (Mindat, 2023)



**Slika 2-2-2.** Amfibolit sa vidljivim crnim mineralnim zrnima hornblende i bijelim plagioklasom (Sandatlas, 2015)

## 2.2. Općenito o dijabazu

Dijabaz je sitno do srednjezrnata žilna magmatska stijena, tamno sive boje (Slika 2-3). Glavni minerali u stijeni su plagioklas i klinopiroksen. Akcesorni minerali su ilmenit, magnetit, kvarc, rijede hornblenda i biotit. Mikroskopski najprepoznatljivija karakteristika ove stijene je njena ofitna ili pak integranularna struktura. Ofitna struktura se odlikuje time da su štapići plagioklasa međusobno isprepleteni i uklopljeni u veća zrna klinopiroksena, dok je u integranularnoj strukturi prostor između isprepletenih štapića ispunjen je sitnijim zrnima klinopiroksena. U literaturi se često može pronaći naziv dolerit, no riječi dijabaz i dolerit su zapravo sinonimi. U Ujedinjenom Kraljevstvu i nekoliko drugih zemalja dijabaz je poznat pod nazivom "dolerit". Kemijski i mineraloški, dijabaz je vrlo sličan bazaltu, ali kao žilna stijena ima potpuno drugačiju strukturu.

Razlika između bazalta, dijabaza i gabra je u veličini mineralnih zrna koja je određena njihovim brzinama hlađenja. Bazalt je zbog brzog hlađenja karakteriziran sitnim kristalima koji su toliko mali da ih je u pojedinim slučajevima teško vidjeti golim okom. Dijabaz se hladi sporije u plitkim intruzijama što mu omogućuje razvijanje većih kristala do veličine od oko dva milimetra. Gabro se pak hladi najsporije što daje kristalima više vremena za rast, stoga neki mogu narasti i preko jednog centimetra. Dijabaz nastaje hlađenjem ispod bazaltnih vulkana, poput onih na srednjooceanskim grebenima, gdje formira dajkove (Slika 2-4) drugim riječima pločasta tijela magmatskih stijena koja presijecaju već postojeće slojeve stijena.

Prema King (2020), dijabaz se najčešće upotrebljava kao:

- a) Drobljeni kamen u građevinarskoj industriji – neki od načina upotrebe uključuju: izgradnju autocesta, agregat u betonu i u materijalu za asfaltiranje, drenažni kamen u i oko temelja, neasfaltirane površine cesta, željeznički zastor.
- b) Arhitektonski kamen – koristi se kao prozorske klupice, pultovi, podne pločice, kamen za oblaganje. Kada se koristi kao arhitektonski kamen, dijabaz se često naziva trgovačkim izrazom "crni granit".
- c) Kamen za popločavanje
- d) Kamen za spomenike





**Slika 2-2-3.** Dijabaz sa crnim klinopiroksenom i bijelim plagioklasom. (Sandatlas, 2015).



**Slika 2-2-4.** Dijabazni dajk koji prodire kroz spilite u kamenolomu Bojna.

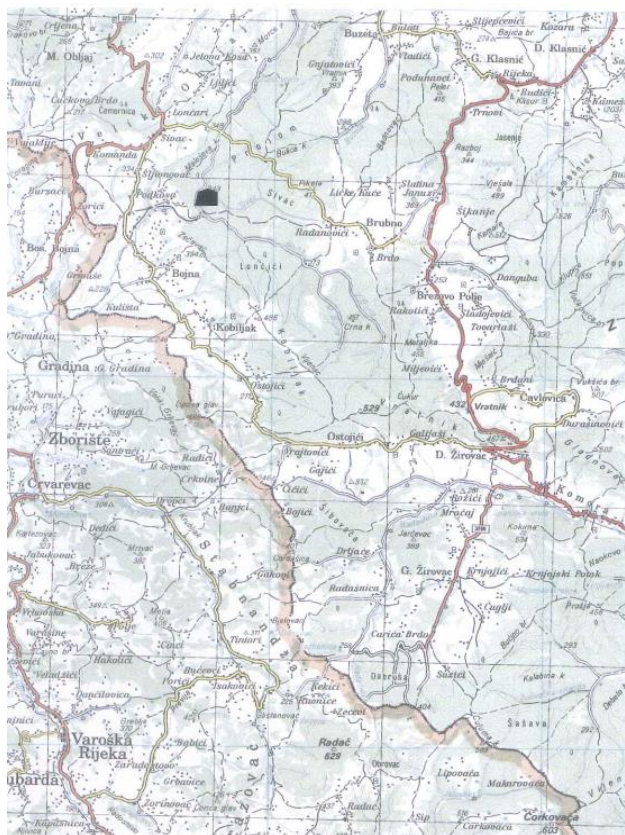
### 3. GEOGRAFSKE I GEOLOŠKE ZNAČAJKE KAMENOLOMA BOJNA

Geografske i geološke značajke kamenoloma Bojna opisane su u sljedećim poglavljima uz pomoć Elaborata o utvrđivanju rezervi tehničko – građevnog kamena dijabaz na istražnom polju Bojna ustupljenog za ovaj rad zahvaljujući ljubaznosti rud. ing. Saše Vrabelja.

#### 3.1. Geografske značajke kamenoloma Bojna

U blizini grada Gline, smješten je kamenolom Bojna koji je jedan od najvećih hrvatskih proizvođača proizvoda od tvrdog i drobljenog kamena za proizvodnju izolacijskih materijala. U kamenolomu Bojna eksploatira se mineralna sirovina dijabaz i split.

Zemljopisno istražni prostor Bojna pripada Banovini, a administrativno Sisačko-moslavačkoj županiji (Slika 3-5). Područje oko kamenoloma Bojna pokazuje izraženu vertikalnu raščlanjenost reljefa. Šire područje istraživanja obiluje stalnim i povremenim površinskim tokovima. Najveći vodotok je rijeka Bojna te potok Sivac. Rijeka Bojna s juga okružuje istražni prostor, a sa zapada u nju utječe potok Sivac.



Slika 3-5. Karta položaja istražnog prostora Bojna, mjerilo 1:100 000 (Bušić, 1998).

### 3.2. Geološke značajke kamenoloma Bojna

Šire područje kamenoloma ima kompliciranu stratigrafsku i strukturno tektonsku građu te pripada graničnom području Vanjskih i Unutarnjih Dinarida. Prevladavaju navlake i rasjedni sustav pružanja sjever – jug te samo područje pripada kompleksu stijena koje odgovara prijelazu iz jure u kredu. Važno je naglasiti da promatrane stijene pokazuju korelacijske elemente s ofiolitnim stijenama Hrvatskog Zagorja. Vjeruje se da su navedeni ofiolitni kompleksi generirani u otvorenim područjima dinarskih dijelova mezozojskog Tethysa te tamo izgrađivali oceansku koru (Bušić, 1998).

Bazu polja čine elementi jurske karbonatne platforme, lijaski i dogerski vapnenci te dolomiti. Slijed naslaga na karbonatnoj osnovi sastoji se od klastita koji su zastupljeni pješčenjacima, silitima, rožnjacima, i ponegdje šejlovima. Jurske naslage mogu se pronaći na istočnom dijelu istraživanog prostora, a uglavnom su to klastiti i rožnjaci malma. Klastiti nastaju kao rezultat regionalnog metamorfizma što uzrokuje nastajanje filita i škriljavaca. Kredni magmatiti poput keratofira, spilita te dijabaza mogu se pronaći na istočnom dijelu istraživanog područja. Karbonatne naslage krede zastupljene su *scaglia* vapnencom te se na kraju nalaze flišolike naslage paleocena i eocena (Bušić, 1998).

Samo ležište se nalazi u magmatskim stijenama poput dijabaza, keratofira te spilita kredne starosti. Dijabaz se najčešće pojavljuje u plitkim intruzivnim dajkovima i silovima te je u najvećoj mjeri tamno zelene, a lokalno i crvenkaste boje. Također se pojavljuju spiliti u formi jastučaste lave koja nastaje submarinskim vulkanizmom (Slika 3-6). Navedene jastučaste forme karakterizirane su crvenom korom trošenja, ponekad su povezane, a prostor između njih je ispunjen sedimentima morskog dna (Slika 3-7).



**Slika 3-6.** Jastučaste lave u kamenolomu Bojna.



**Slika 3-7.** Presjek jastučaste lave sa crvenom korom alteriranih minerala u kamenolomu Bojna.

## **4. ANALITIČKE METODE ISTRAŽIVANJA**

Uz prostornu analizu pojava dijabaza i amfibolita, rađena je i polarizacijska mikroskopija bazičnih stijena kamenoloma Bojna. Mikroskopskim opažanjima određene su petrografske značajke ovih stijena, a koje uključuju mineralni sastav i strukturu, a na osnovu kojih su stijene i klasificirane. Polarizacijska mikroskopija provedena je na Zavodu za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Za fotografiranje uzoraka, korišten je polarizacijski mikroskop Optika Microscopes Italy C-P6-FL.

### **4.1. Rezultati analitičke metode istraživanja**

#### **4.1.1. Uzorak „Produkti trošenja“**

Uzorak „Produkti trošenja“ je uzet u jugoistočnom dijelu kamenoloma Bojna (Slika 4-8), u blizini naslaga jastučastih lava.

Od primarnih minerala, prisutan je samo intenzivno alteriran plagioklas, a u uzorku dominira sekundarna mineralna parageneza koju čine kalcit, klorit, epidot prehnit, kvarc i koloidne forme željeznih oksida i hidroksida.

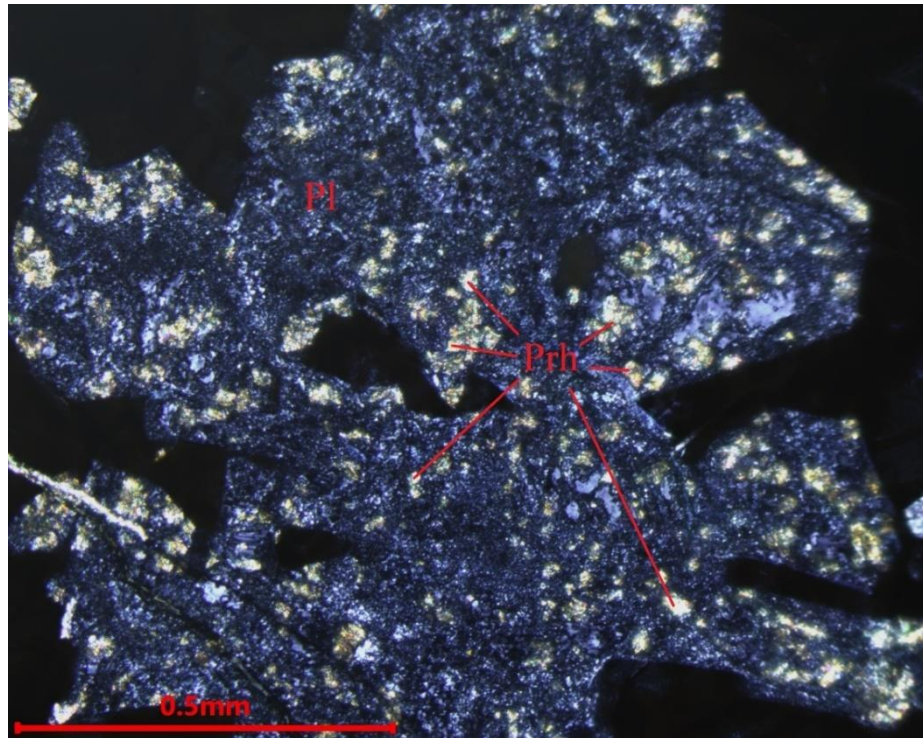
Zrna plagioklasa su izrazito alterirana te im je ostao samo prepoznatljiv prizmatski habitus (Slika 4-9). Plagioklas je alteriran u epidot koji se može prepoznati po visokom reljefu, žućkastoj vlastitoj boji te interferencijskoj boji do žute III. reda, prehnit i klorit te uklapa i zrna kvarca koji pokazuje undulozno potamnjenje. Alterirana zrna plagioklasa nalaze se uklopljena u koloidnu masu tamnocrvene boje, sastavljenoj od željeznih oksida i/ili hidroksida (hematit ± getit).

Kalcit, pored koloidne crvene mase u kojoj su uklopljeni alterirani plagioklasi u podjednakoj mjeri gradi uzorak (Slika 4-10). Vlastita boja mu je bezbojna te interferira u bijeloj boji višeg reda. Vidljive su i prepoznatljive sraslačke lamele koje interferiraju u pastelno ružičastoj i zelenoj boji. Zrna su alotriomorfna.

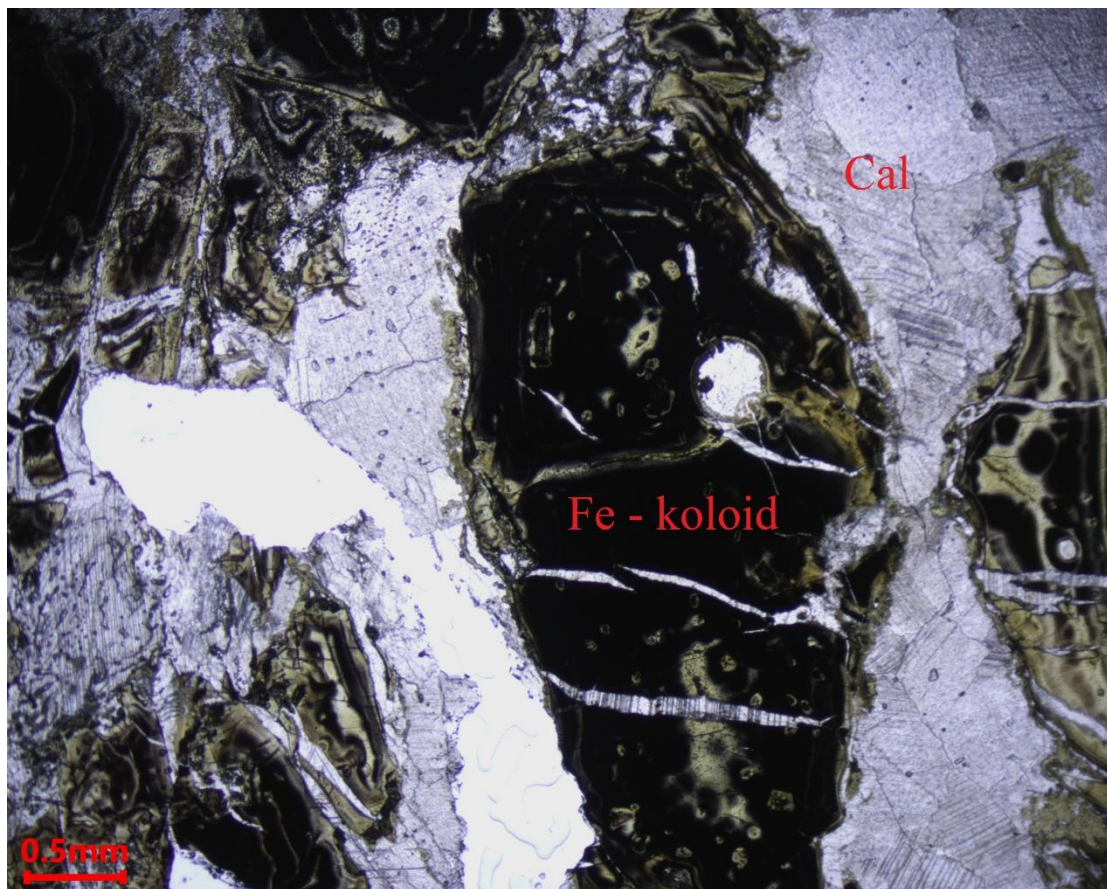
Ovaj uzorak predstavlja intenzivno alteriranu bazičnu magmatsku stijenu, a zbog visokog stupnja alteracije nije moguće razaznati o kojoj se točno bazičnoj magmatskoj stijeni radi.



Slika 4-8. Karta mjesta uzrokovanja.



**Slika 4-9.** Mikrofotografija alterirane bazične stijene, u kojoj su prepoznatljive još samo forme plagioklasa (uzorak Produkt trošenja, kamenolom Bojna). Pl-plagioklas; Prh-prehnit.



**Slika 4-10.** Mikrofotografija alterirane bazične stijene (uzorak Produkt trošenja, kamenolom Bojna). Cal-kalcit; Fe-koloid = koloidna forma željeznih oksida i hidroksida.

#### 4.1.2. Uzorak B – 2/23

Uzorak B – 2/23 uzorkovan je u jugoistočnom dijelu kamenoloma Bojna (Slika 4-8).

Struktura uzorka je porfirna, sa intergranularnim matriksom, a tekstura je homogena. Uzorak se sastoji od primarne mineralne parageneze koju čine plagioklas, klinopiroksen te opaki mineral. Osim primarne, vidljiva je i sekundarna mineralna parageneza koja se sastoji od minerala kalcita, klorita, epidota, sericita i prehnita.

Plagioklas je formiran u dvije generacije. Prvu generaciju čine krupni, idiomorfni plagioklasi koje karakterizira izrazita sericitizacija. Osim sericitizacije, mjestimično se može uočiti izmjena plagioklasa u prehnit te kalcit. Također, zbog alteracija u ovome uzorku, inače prepoznatljive sraslačke lamele plagioklasa se samo djelomično mogu uočiti. Drugu generaciju plagioklasa čine sitni, igličasti, mikroliti plagioklasa koji se nalaze u matriksu. Za razliku od krupnijih plagioklasa, oni vrlo slabo pokazuju znakove sericitizacije. Na par mjesta je na temelju ponašanja Beckeove linije zaključeno da plagioklasi odgovaraju albitu.

Klinopiroksen se u ovome uzorku pojavljuje kao sitna mineralna zrna u matriksu, u intergranularnom prostoru između štapića plagioklasa. Karakterizira ga interferencijska boja do žutonarančaste II. reda.

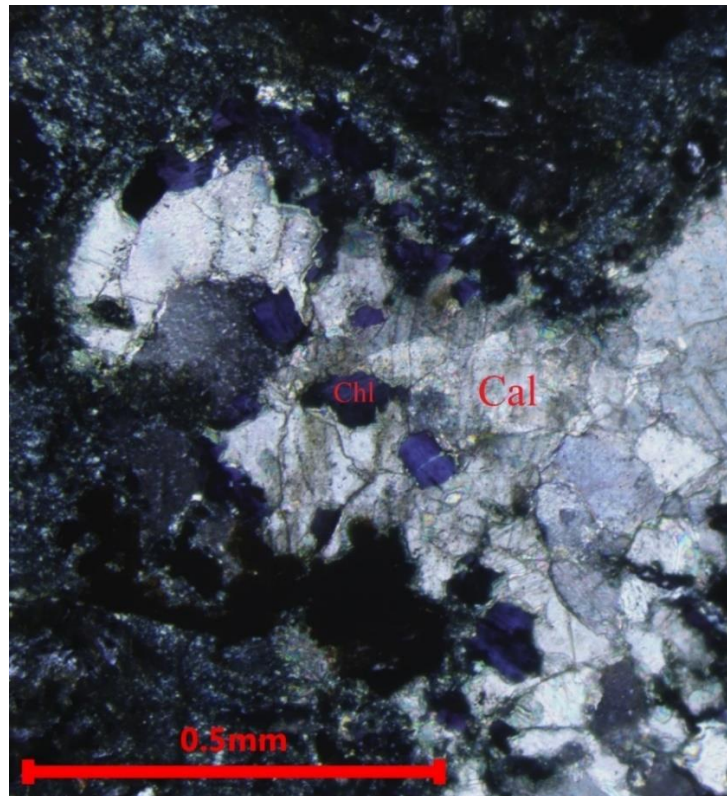
Opaki mineral je alotriomorfan te ispunjava intersticijski prostor između zrna plagioklasa i klinopiroksena. Zrna su crne boje, no na pojedinim mjestima se može vidjeti kako rubovi zrna polako prelaze u tamnocrvenu boju. Prema navedenim karakteristikama, opaki mineral je klasificiran kao ilmenit.

Uzorak sadrži više žila od kojih jedna u jezgri sadrži kalcit, na kojem slijedi klorit, a vanjski rub žile je izgrađen od prehnita. Ali postoje i žile izgrađene od kalcita i dvije vrste klorita, jedan krupnijih listića koji interferira u lavandulastoj boji (Slika 4-11), a drugi sitnijih listića koji interferira u sivoj boji.

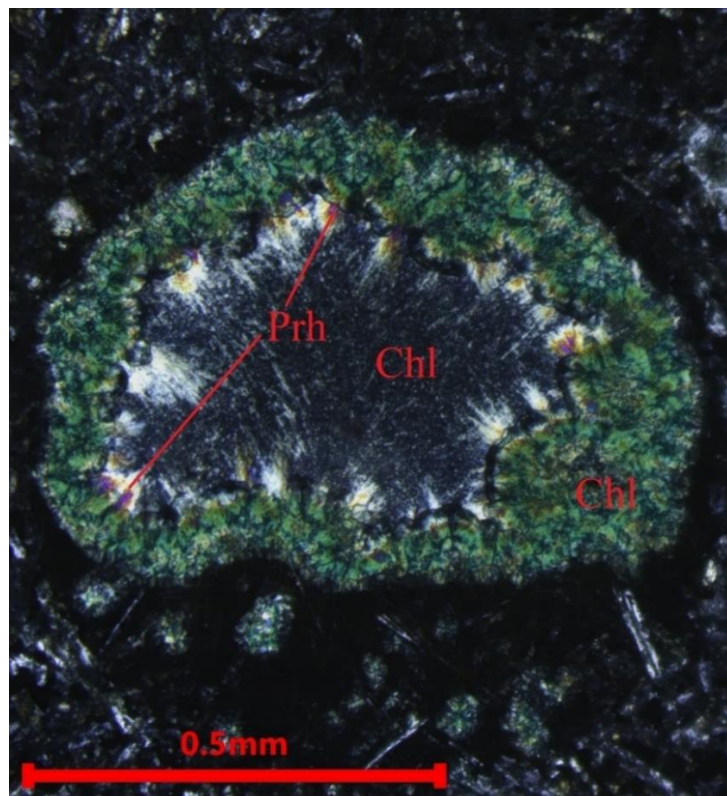
U uzorku se također mogu vidjeti mandule koje su u potpunosti ispunjene kalcitom. ili su pak zonarno građene sa jezgrom od blijedo smeđkasto-zelenkastog klorita/kalcedona, zonom prehnita i ovojem od intenzivno zelenog klorita (Slika 4-12).

Na temelju petrografskih karakteristika stijena je klasificirana kao **split**.





**Slika 4-11.** Mikrofotografija nepravilnih šupljina ispunjenih sekundarnim kloritom i kalcitom, u splitu (uzorak B – 2/23, kamenolom Bojna). Cal-kalcit; Chl-klorit.



**Slika 4-12.** Mikrofotografija mandule ispunjene s dvije vrste klorita (sivi i zeleni) te prehnitom u splitu (uzorak B – 2/23, kamenolom Bojna). Chl-klorit; Prh-prehnit.

#### 4.1.3. Uzorak B – 3/23

Uzorak B – 3/23 uzet je južnom dijelu kamenoloma Bojna, u podnožju dajka (Slika 4-8).

U uzorku se može prepoznati klasična, ofitska struktura karakteristična za dijabaze te je tekstura stijene homogena (Slika 4-13). Primarnu mineralnu paragenezu stijene čine plagioklas, klinopiroksen te opàki mineral. Osim primarnih minerala, u stijeni se pojavljuju i sekundarni minerali, sericit, klorit i prehnit.

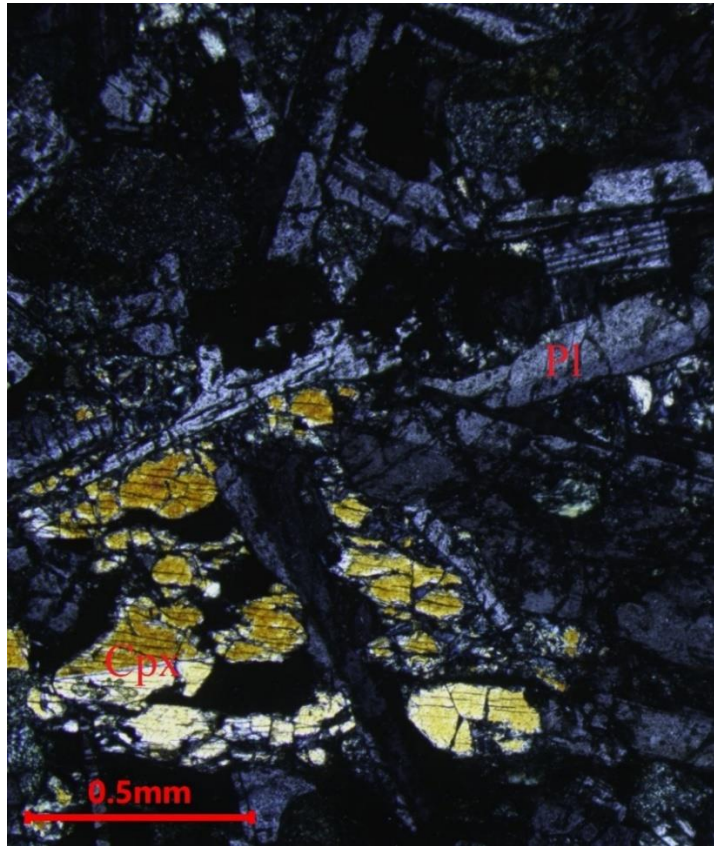
Plagioklas se u uzorku javlja u obliku krupnih hipidiomorfnih do idiomorfnih zrna sa mjestimično vidljivim sraslačkim lamelama. Prisutne su dvije generacije plagioklasa: a) rijetki prizmatski krupnozrnati plagioklasi dimenzija 2,3 mm x 2,4 mm i b) prevladavajući štapićasti plagioklasi dimenzija 0,6 mm x 0,2 mm. Obje vrste plagioklasa pokazuju alteracije u sericit, klorit i prehnit. U uzorku se također mogu vidjeti pseudomorfoze po plagioklasu u potpunosti ispunjene kalcitom ili sitnolistićavim kloritom, ili i jednim i drugim mineralom.

Klinopiroksen je karakteriziran visokim reljefom i putenastom do svijetlo ružičastom vlastitom bojom koja ukazuje na povišeni sadržaj titana. Ima koso potamnjenje pod kutem od 48° i interferira u živim bojama drugog reda. Zrna klinopiroksena su krupna te alotriomorfna do hipidiomorfna. Mogu se pronaći zrna klinopiroksena koja nisu alterirana, no u neka su u potpunosti ili djelomično izmijenjena u klorit. Pojavljuju se dvije vrste klorita, pri čemu jedni listići interferiraju u plavoj boji, a drugi listići u smeđoj interferencijskoj boji što ukazuje na razliku u njihovom sastavu.

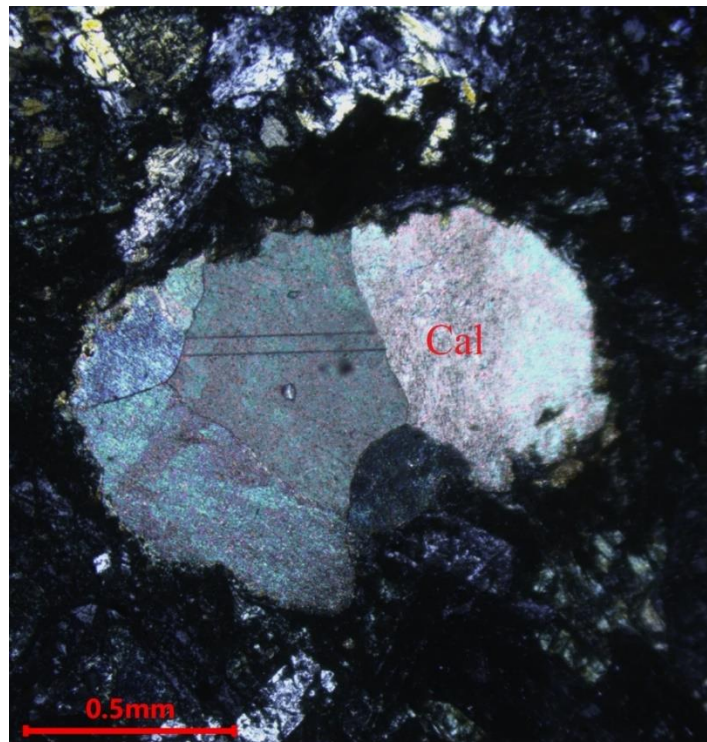
Zrna opàkog minerala su alotriomorfna do hipidiomorfna oblika. Zrna nisu izrazito crne boje, već su alterirana u smeđu što bi moglo upućivati da se radi o izmjeni ilmenita u leukoksen. Leukoksen nastaje kao produkt raspada titanskog minerala u hidrotermalnim uvjetima.

U uzorku se također mogu vidjeti šupljine koje su u potpunosti ispunjene kalcitom (Slika 4-14).

Na temelju petrografskih karakteristika stijena je klasificirana kao **dijabaz**.



**Slika 4-13.** Mikrofotografija dijabaza (uzorak B – 3/23, kamenolom Bojna), ofitska struktura. Cpx-klinopiroksen; Pl-plagioklas.



**Slika 4-14.** Mikrofotografija mandule ispunjene kalcitom (Cal) u dijabazu (uzorak B – 3/23, kamenolom Bojna).

#### 4.1.4. Uzorak B – 4/23

Uzorak B – 4/23 uzorkovan je je u južnom dijelu kamenoloma Bojna (Slika 4-8).

Struktura uzorka je intergranularna do ofitna te se sastoji od primarne mineralne parageneze koju čine plagioklas, klinopiroksen i opak mineral (Slika 4-15). Uz primarnu, vidljiva je i sekundarna mineralna parageneza koja se sastoji od hornblende, u velikoj mjeri izmijenjenoj u klorit, kvarca, sericita, prehnita te klorita i epidota.

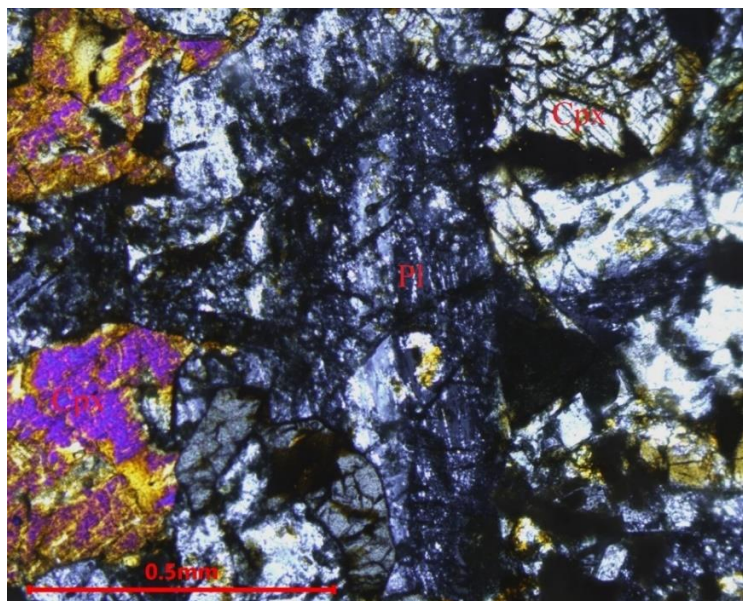
Plagioklas se najčešće javlja u obliku krupnih zrna, alotriomorfnih do hipidiomorfnih sa vidljivim sraslačkim lamelama. Plagioklas je djelomično alteriran u sitne listiće sericita te prehnita (Slika 4-16). Štapići plagioklasa se isprepliću sa klinopiroksenima.

Klinopiroksen se u uzorku pojavljuje u obliku alotriomorfnih, razlomljenih zrna. Interferira u živim bojama II. reda. Iako većina zrna klinopiroksena nije zahvaćena alteracijom, neka zrna klinopiroksena su alterirana u hornblendu, a ona u velikoj mjeri u klorit.

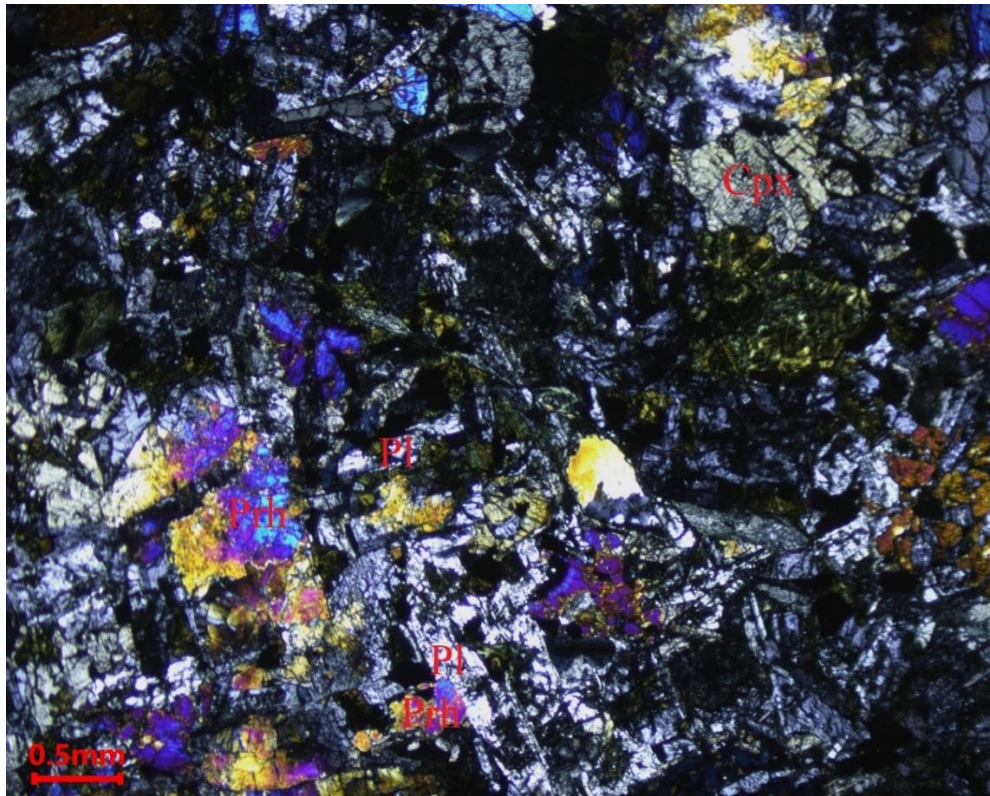
Zrna opakog minerala su alotriomorfna do hipidiomorfna oblika. Zrna nisu izrazito crne boje, već su alterirana u smeđu što bi moglo upućivati da se radi o izmjeni ilmenita u leukoksen.

Stijena također sadrži i zrna kvarca sekundarnog podrijetla, kao i sitnolističave klorite, različitih tipova, koji mjestimično ispunjavaju intersticijski prostor (Slika 4-17). Zrna kvarca su alotriomorfna te pokazuju undulozno potamnjenje.

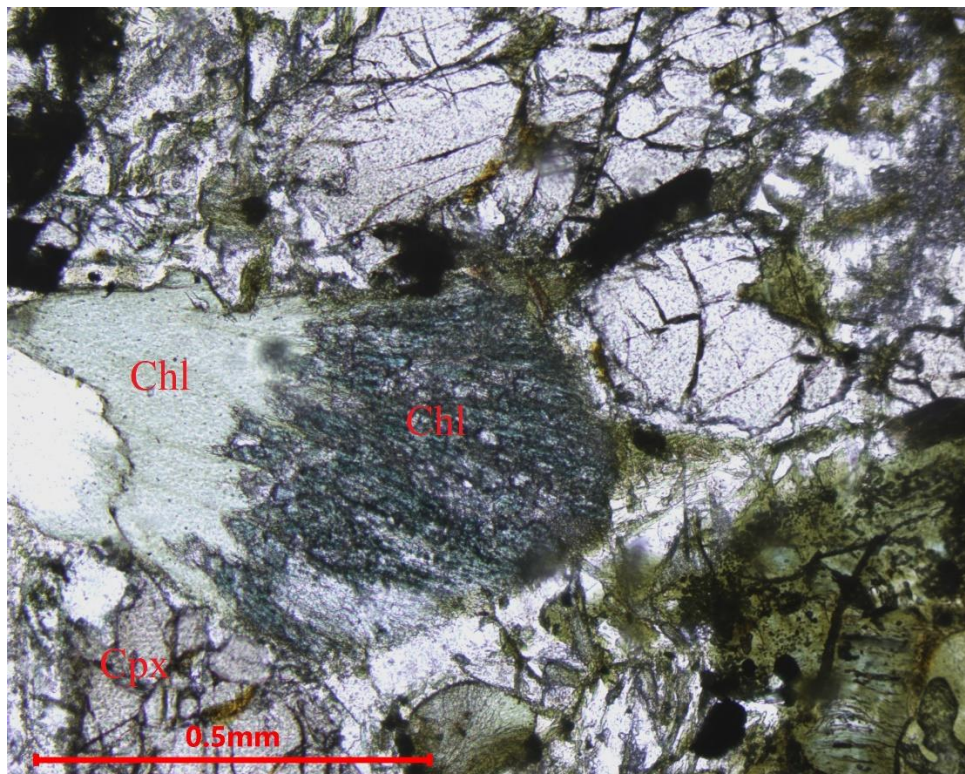
Na temelju petrografskih karakteristika stijena je klasificirana kao **dijabaz**.



**Slika 4-15.** Mikrofotografija dijabaza (uzorak B – 4/23, kamenolom Bojna). Cpx-klinopiroksen; Pl-plagioklas.



**Slika 4-16.** Mikrofotografija dijabaza (uzorak B – 4/23, kamenolom Bojna) u kojem je plagioklas intenzivno izmijenjen u prehnit, a između štapića plagioklasa su vidljiva sitna zrna klinopiroksena. Cpx-klinopiroksen; Pl-plagioklas; Prh-prehnit.



**Slika 4-17.** Mikrofotografija dijabaza, sa šupljinom ispunjenom sa dvije generacije klorita, zelenom i sivom (uzorak B – 4/23, kamenolom Bojna). Chl-klorit; Cpx-klinopiroksen.

#### 4.1.5. Uzorak B – 5/23

Uzorak B – 5/23 uzorkovan je u južnom dijelu kamenoloma Bojna (Slika 4-8).

Struktura stijene je porfirna, a tekstura je homogena. Uzorak se sastoji od primarne mineralne parageneze koju čine plagioklas, klinopiroksen te opaki mineral. Osim primarne, vidljiva je i sekundarna mineralna parageniza koja se sastoji od kalcita, sericita, klorita, epidota, prehnita, zeolita te kvarca.

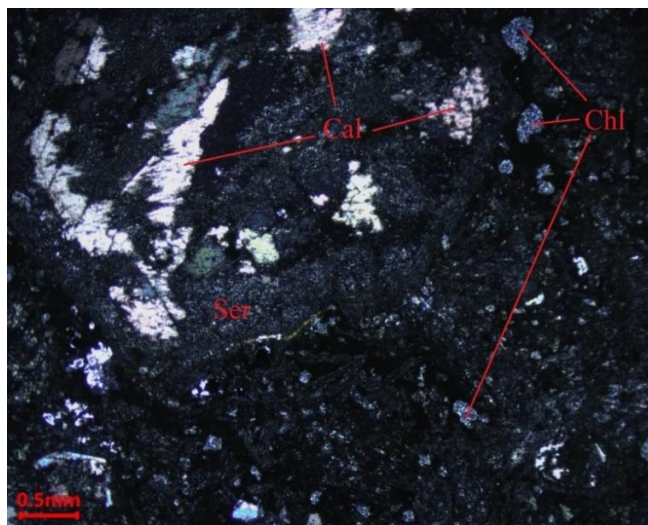
Zrna plagioklasa se samo djelomično mogu uočiti u uzorku. Javljaju se kao krupnozrnati fenokristali te puno sitniji štapići u matriksu. Zrna obje vrste plagioklasa su gotovo u potpunosti alterirana u sericit, klorit, prehnit, kalcit i epidot (Slika 4-18). Na par mjesta je na temelju ponašanja Beckeove linije zaključeno da plagioklasi odgovaraju albitu.

Klinopiroksen je u ovome uzorku iznimno rijedak. Prisutan je samo jedan svježi fenokristal klinopiroksena koji je na rubovima prešao u kalcit. Zbog alteracija, klinopiroksen je u potpunosti prešao u klorit. Klorit prevladava u uzorku te ima plavu interferencijsku boju.

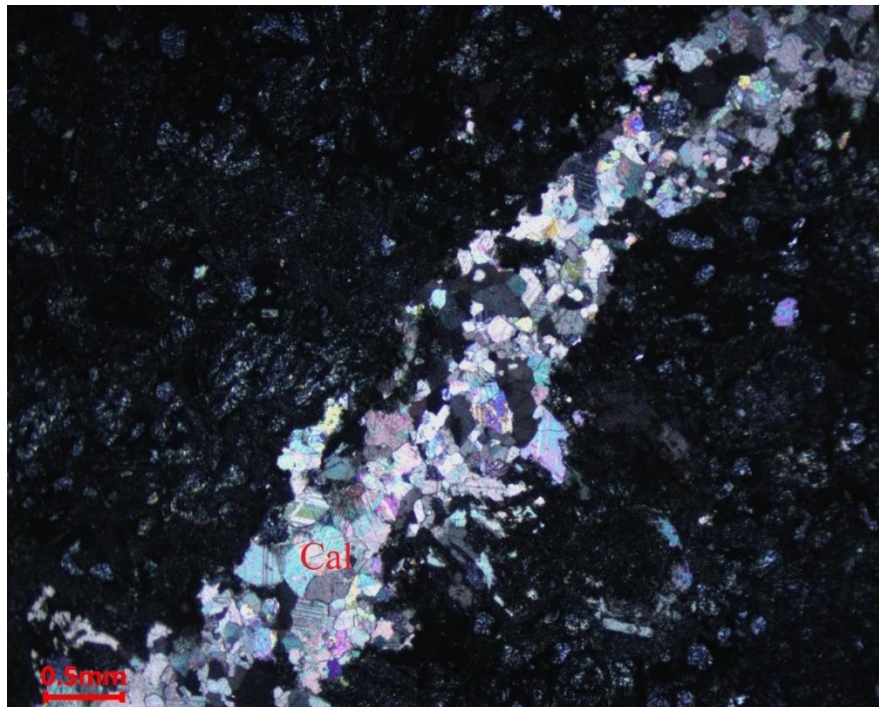
Uz klorite, u velikoj količini prisutna su i zrna kalcita, bilo kao alteracija po plagioklasu, ili pak ispuna šupljina ili pukotina (Slika 4-19). Zrna su alotriomorfna te interferiraju u bijeloj boji višeg reda. Djelomično se mogu uočiti i sraslačke lamele koje interferiraju u pastelno ružičastoj i zelenoj boji.

Pojavljuju se i mnogobrojne sitne mandule koje su ispunjene ili kloritom (Slika 4-20) ili radijalno zrakastim mineralom koji interferira u sivoj boji. Pošto su zrna dosta sitna, ne može se sa sigurnošću odrediti o kojem se mineralu radi, ali može se pretpostaviti da je riječ ili o zeolitu ili kalcedonu. Mandule su mjestimično i ispunjene kloritom, kalcitom i kvarcom.

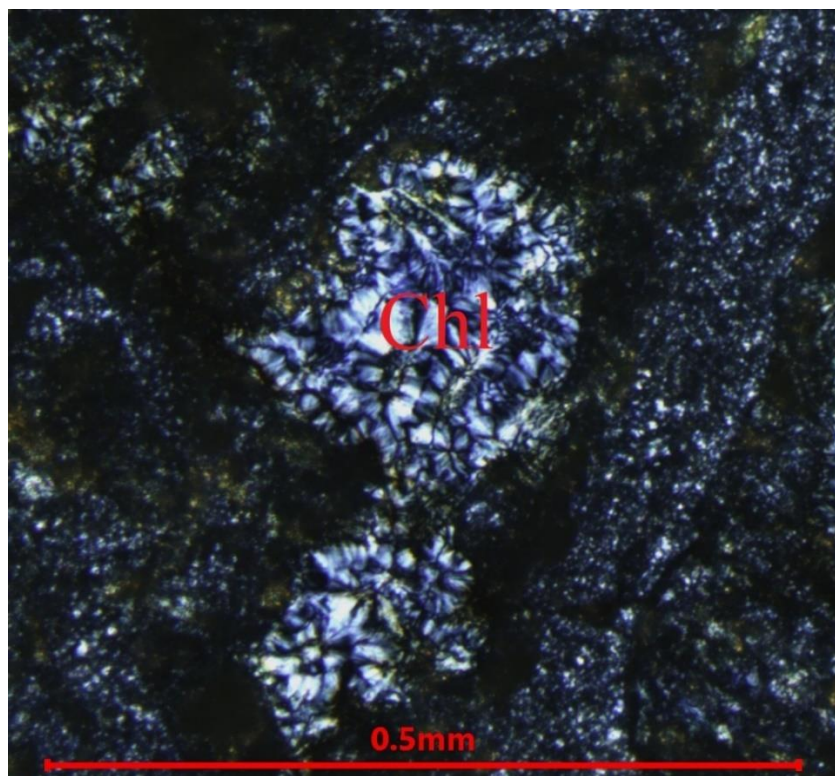
Na temelju petrografskih karakteristika stijena je klasificirana kao **spilit**.



Slika 4-18. Mikrofotografija spilite (uzorak B – 5/23, kamenolom Bojna). Chl-klorit; Cal-kalcit; Ser-sericit.



**Slika 4-19.** Mikrofotografija žile u spilitu ispunjenom kalcitom (uzorak B – 5/23, kamenolom Bojna). Cal-kalcit.



**Slika 4-20.** Mikrofotografija mandula u spilitu, ispunjenim sekundarnim kloritom (uzorak B – 5/23, kamenolom Bojna). Chl-klorit.

#### 4.1.6. Uzorak B – 6/23

Uzorak B – 6/23 uzorkovan je u južnom dijelu kamenoloma Bojna (Slika 4-8).

Struktura uzorka je intergranularna do ofitna, a tekstura homogena. Od minerala primarne parageneze, uz plagioklas i klinopiroksen, postoji još i opàki mineral. Uz primarnu, vidljiva je i sekundarna mineralna parageneza koja se sastoji od minerala glina, kalcita, klorita, sericita, kvarca te epidota.

Plagioklas je najzastupljeniji mineral u stijeni (Slika 4-21). Nalazi se u obliku alotriomorfnih do hipidiomorfnih, krupnih prizmatskih zrna te u obliku sitnijih, štapića. Obje vrste plagioklasa su alterirane u sericit, minerale glina, klorit i kalcit. Zbog alteracije, polisintetske sraslačke lamele plagioklasa se samo mjestimično mogu uočiti.

Klinopiroksen se u uzorku pojavljuje u obliku krupnih prizmatskih, ali i sitnih alotriomorfnih do hipidiomorfnih zrna koja su izrazito razlomljena. Interferira živim bojama II. reda. Klinopiroksen pokazuje alteracije u klorit i epidot.

Zrna opàkog minerala su alotriomorfna do hipidiomorfna oblika te ispunjavaju intersticijski prostor. Zrna nisu izrazito crne boje, već su alterirana u smeđu što bi moglo upućivati da se radi o izmjeni ilmenita u leukoksen.

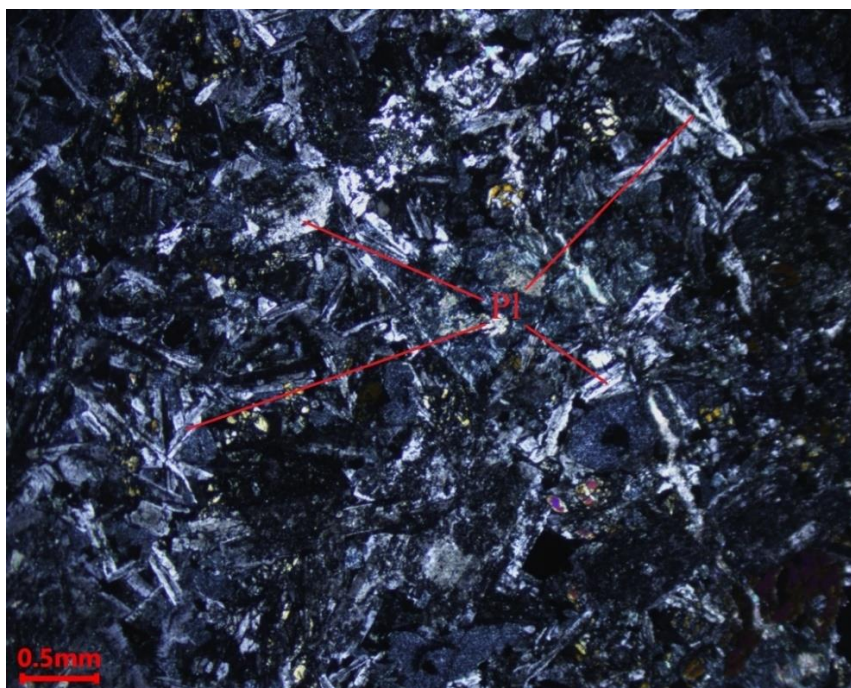
U uzorku se mogu uočiti i sitna zrna kalcita. Ta sitna zrna ispunjavaju intersticijski prostor između plagioklasa. Također, kalcit, ali i kvarc ispunjavaju tanke žilice koje prolaze kroz uzorak. Kvarc pokazuje undulozno potamnjenje.

U uzorku je intergranularni prostor često ispunjen kloritom. Jasno se vidi njegova zelena vlastita boja te plava interferencijska boja (Slika 4-22). Pojavljuju se ispune sa radijalno zrakastim mineralom koji interferira u sivoj boji. Zbog sitnozrnatosti, ne može se točno odrediti o kojem se mineralu radi, ali može se pretpostaviti da je riječ ili o zeolitu ili sitnolistićavom kloritu.

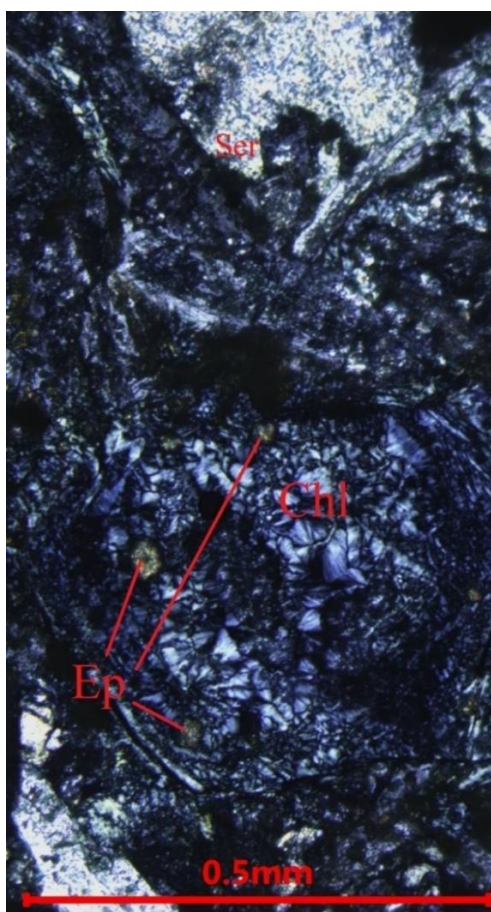
Epidot se također može uočiti u uzorku uz zeolite, klorite ili kalcedon. Karakteriziran je visokim reljefom te vlastitom žućkastom bojom. Interferira do žute boje III. reda.

Na temelju petrografskih karakteristika stijena je klasificirana kao **dijabaz**.





**Slika 4-21.** Mikrofotografija štapićastih plagioklas u matriksu dijabaza (uzorak B – 6/23, kamenolom Bojna). Pl-plagioklas.



**Slika 4-22.** Mikrofotografija matriksa dijabaza, alteriranog u klorite i epidote u intergranularnom području (uzorak B – 6/23, kamenolom Bojna). Chl-klorit; Ep-epidot; Ser-sericit.

#### 4.1.7. Uzorak B – 7/23

Uzorak B – 7/23 uzorkovan je u južnom dijelu kamenoloma Bojna (Slika 4-8).

Struktura uzorka je porfirna, a tekstura homogena (Slika 4-23). Uzorak se sastoji od primarne mineralne parageneze koju čine plagioklas i klinopiroksen i opaki mineral. Uz primarnu, vidljiva je i sekundarna mineralna parageneza koja se sastoji od minerala kalcita, klorita, prehnita, minerala glina, zeolita ili kalcedona te epidota.

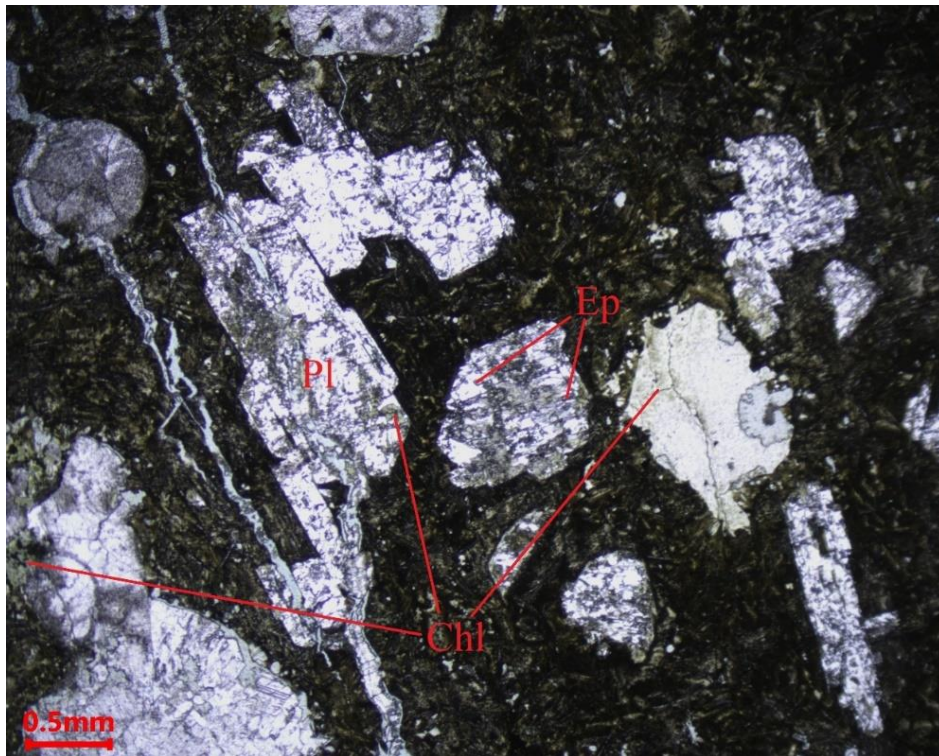
U mineralnom sastavu ovog uzorka ističe se plagioklas. Javlja se u dvije generacije, prva generacija se sastoji od idiomorfni fenokristala plagioklasa koji mjestimično pokazuju sraslačke lamele. Na temelju ponašanja Beckeove linije zaključeno je da se radi o albitu. Fenokristali su alterirani dominantno u kalcit, klorit i minerale glina, a podređeno i u epidot te prehnite (Slika 4-23, Slika 4-24). Drugu generaciju plagioklasa čine igličasti do arborescentni snopičasti, zrakasti mikroliti plagioklasa koji ispunjavaju matriks. Za razliku od fenokristala, igličasti plagioklasi ne pokazuju alteraciju u druge minerale.

Klinopiroksen se u uzorku pojavljuje u obliku krupnog, idiomornog zrna. Vrlo je rijedak. Interferira do žutonarančaste boje II. reda. Jasno se vidi kalavost te potamnjenje do 45°. Zrno klinopiroksena ne pokazuje nikakve alteracije.

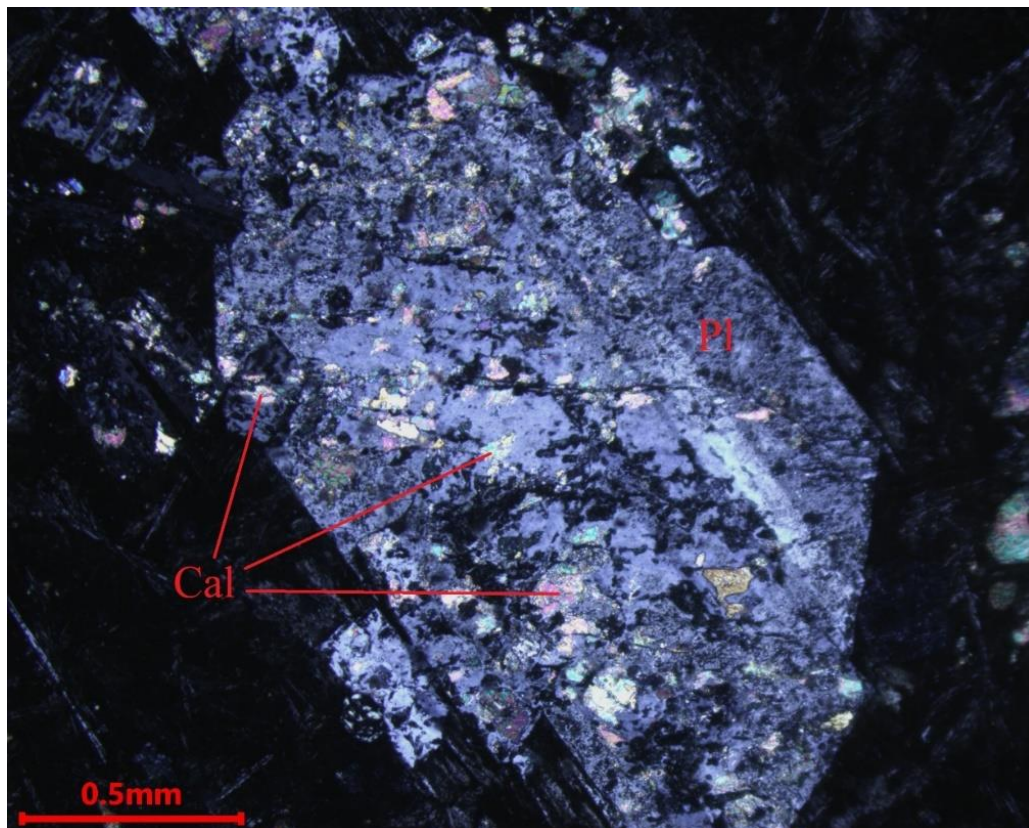
Između arborescentnih mikrokristala plagioklasa u matriksu se pojavljuje vrlo sitnozrnati epidot te smeđa masa izgrađena od izuzetno sitnih zrakastih minerala, koji interferiraju u sivkastim bojama. Vjerojatno se radi o staklu devitrificiranom u klorit.

U uzorku su prisutne različite vrste mandula, različite kako po sastavu, tako i po veličinu. Neke su ispunjene samo kalcitom (Slika 4-25), neke kalcitom i kloritom (Slika 4-26), ili vrlo sitnim radijalno zrakastim mineralima koji interferiraju u sivoj boji, moguće zeolitom ili kalcedonom.

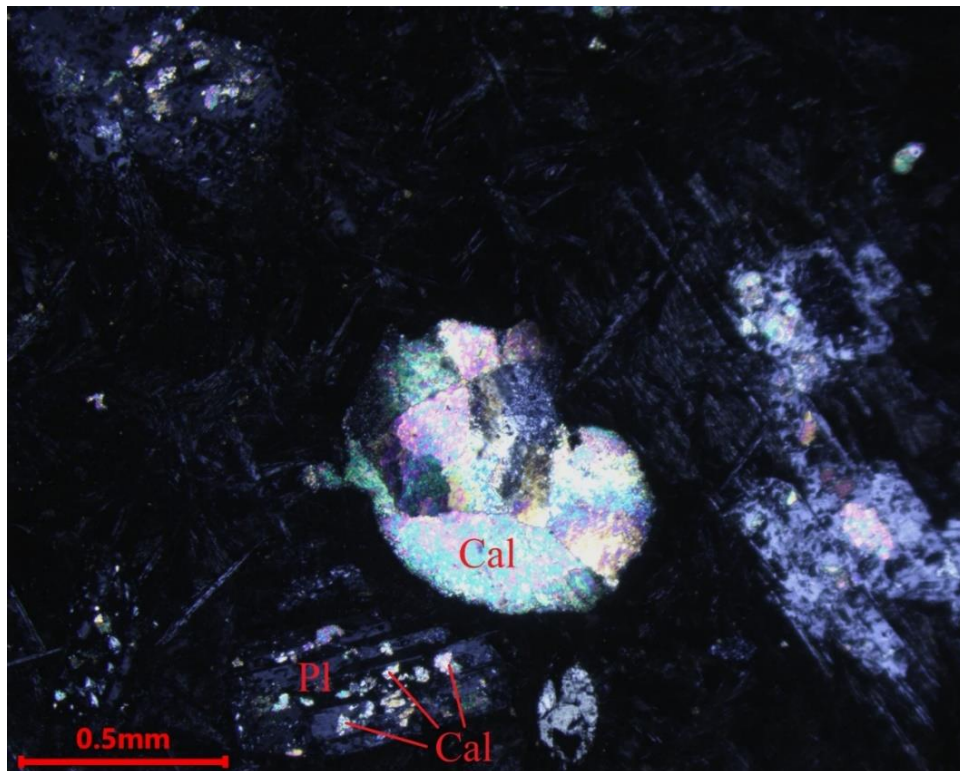
Na temelju petrografskih karakteristika stijena je klasificirana kao **keratofir**.



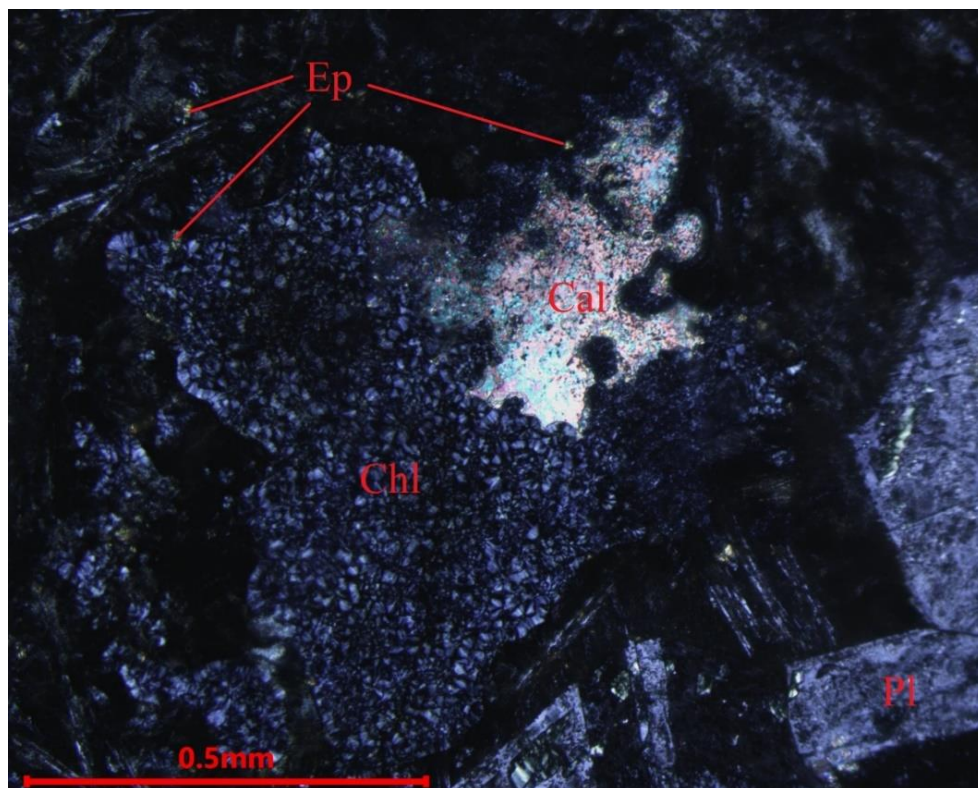
**Slika 4-23.** Mikrofotografija keratofira s fenokristalima plagioklasa dijelom izmijenjenih u klorit i epidot (uzorak B – 7/23, kamenolom Bojna). Chl-klorit; Pl-plagioklas; Ep-epidot.



**Slika 4-24.** Mikrofotografija alteriranog fenokristala plagiokasa u keratofiru (uzorak B – 7/23, kamenolom Bojna). Chl-klorit; Pl-plagioklas



**Slika 4-25.** Mikrofotografija mandula u keratofiru (uzorak B – 7/23, kamenolom Bojna), mandula ispunjena kalcitom. Cal-kalcit; Pl-plagioklas.



**Slika 4-26.** Mikrofotografija keratofira (uzorak B – 7/23, kamenolom Bojna), mandula ispunjena kalcitom i kloritom. Cal-kalcit; Pl-plagioklas; Chl-klorit; Ep-epidot.

#### 4.1.8. Uzorak B – 8/23

Uzorak B – 8/23 uzorkovan je u južnom dijelu kamenoloma Bojna (Slika 4-8).

Uzorak je karakteriziran porfirnom strukturom u kojoj se kao fenokristali javljaju idiomorfna zrna plagioklasa (Slika 4-27). Tekstura stijene je homogena. Uz fenokristale plagioklasa, vidljivi su još i štapićasti plagioklasi sa klinopiroksenima i opàkim mineralima unutar matriksa. Osim primarnih minerala, u stijeni su prisutni i sekundarni minerali, i to sericit, prehnit, epidota, klorit i kalcit.

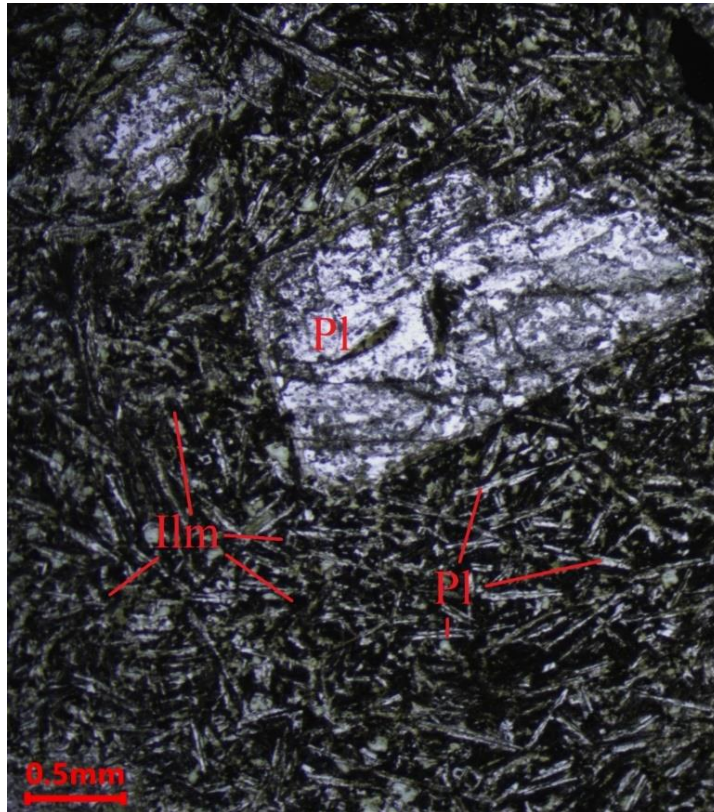
Plagioklasi se javljaju u obliku fenokristala, dimenzija 2 mm x 1 mm te u štapićastom obliku dimenzija 0,4 mm x 0,1 mm unutar matriksa sa klinopiroksenima. Međusobno se plagioklasi isprepliću te su vidljive i sraslačke lamele. Prvu generaciju plagioklasa čine fenokristali plagioklasa koji su hipidiomorfni do idiomorfni. Izrazito su sericitizirani što ukazuje da je došlo do hidrotermalne alteracije (Slika 4-28). Osim sericitizacije, kod plagioklasa se još može vidjeti i djelomična izmjena u prehnit, klorit, kalcit te u manjoj mjeri epidot. Iste alteracije pokazuju i štapićasti plagioklasi koji predstavljaju drugu generaciju. Na temelju promatranja ponašanja Beckeove linije na kontaktu između plagioklasa i kanadskog balzama, utvrđeno je da plagioklasi svojim sastavom odgovaraju albitu.

Klinopiroksen u uzorku dolazi u obliku sitnih prutića odnosno sitnih zrna intenzivne putenaste do blijedo ljubičaste boje, što ukazuje na visok sadržaja titana. Zrna i štapići klinopiroksena nalaze se u matriksu zajedno sa plagioklasima.

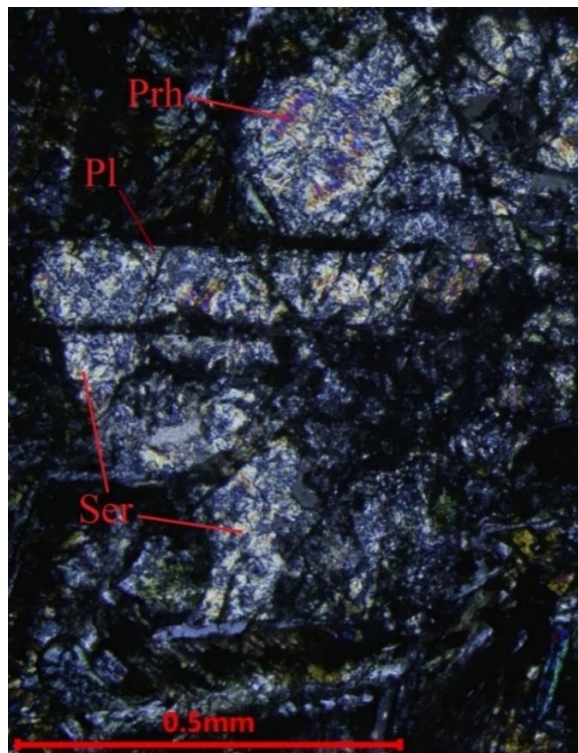
Zrna sitnog opàkog minerala su alotriomorfna do hipidiomorfna oblika te se uvijek pojavljuju u neposrednoj blizini klinopiroksena. Crne su boje, alotriomorfni te češljasti. Na temelju ovih značajki, moglo bi ga se odrediti kao mineral ilmenit.

U osnovi se između prutića i zrna albita i klinopiroksena nalaze sitne mandule ispunjene kloritom (Slika 4-29).

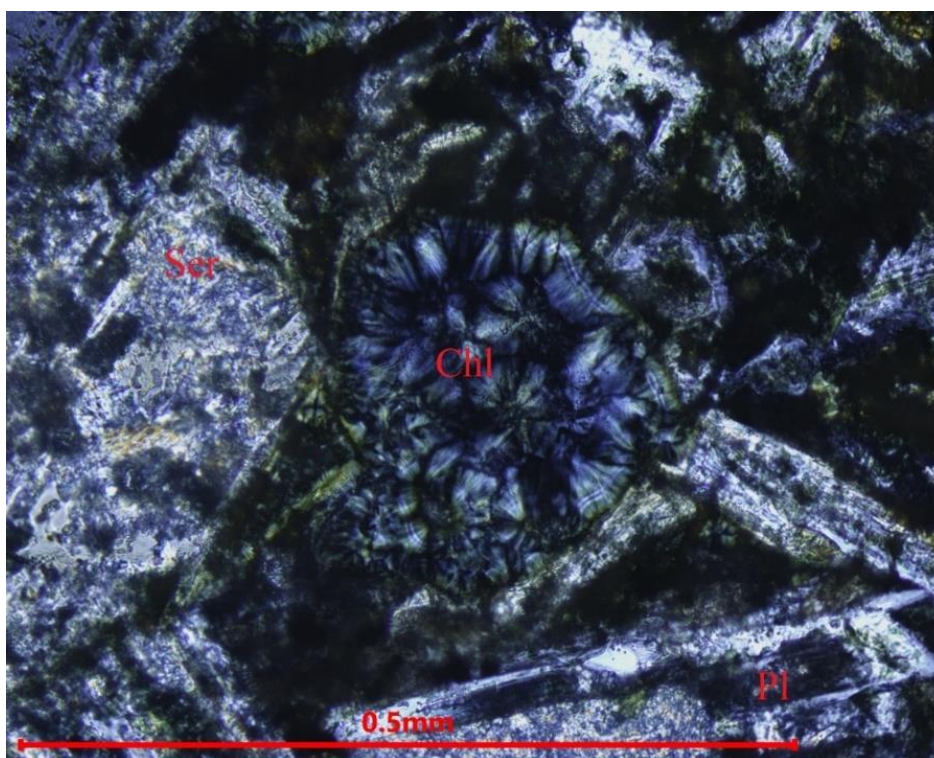
Na temelju petrografskih karakteristika stijena je klasificirana kao **spilit**.



**Slika 4-27.** Mikrofotografija spilita (uzorak B – 8/23, kamenolom Bojna) s fenokristalom alteriranog plagioklasa u matriksu sa štapićastim plagioklasom i prutićima Cpx i crnim staklom. Pl-plagioklas; Ilm-ilmenit.



**Slika 4-28.** Mikrofotografija spilita s alteracijom fenokristala plagioklasa (uzorak B – 8/23, kamenolom Bojna). Pl-plagioklas; Prh-prehinit; Ser-sericit.



**Slika 4-29.** Mikrofotografija spilite s mandulom ispunjenom kloritom s interferencijskom boje lavande. (uzorak B – 8/23, kamenolom Bojna). Chl-klorit; Pl-plagioklas; Ser-sericit.

#### 4.1.9. Uzorak B – 9/23

Uzorak B – 9/23 uzorkovan je na sjevernom dijelu kamenoloma Bojna, u podnožju dajka (Slika 4-8).

Uzorak je karakteriziran intergranularnom do ofitnom strukturom a tekstura stijene je homogena. Primarnu mineralnu paragenezu stijene čine plagioklas, klinopiroksen te opaki mineral. Osim primarnih mineralna, u stijeni su prisutni i sekundarni minerali koje čine sericit, prehnit, klorit, kvarc te minerali glina.

Plagioklas se u javlja kao rijetki krupnozrnati kristal, hipidiomorfni formi, dimenzija 3,4 mm x 2,6 mm sa vidljivim sraslačkim lamelama (Slika 4-30) te kao štapići međusobno isprepletenih kristala dimenzija 0,6 mm x 0,1 mm. Obje vrste plagioklasa su sericitizirane što bi upućivalo da je došlo do hidrotermalne alteracije. Osim sericitizacije, kod plagioklasa se još može vidjeti i djelomična izmjena u minerale glina, kalcit, klorit i prehnit.

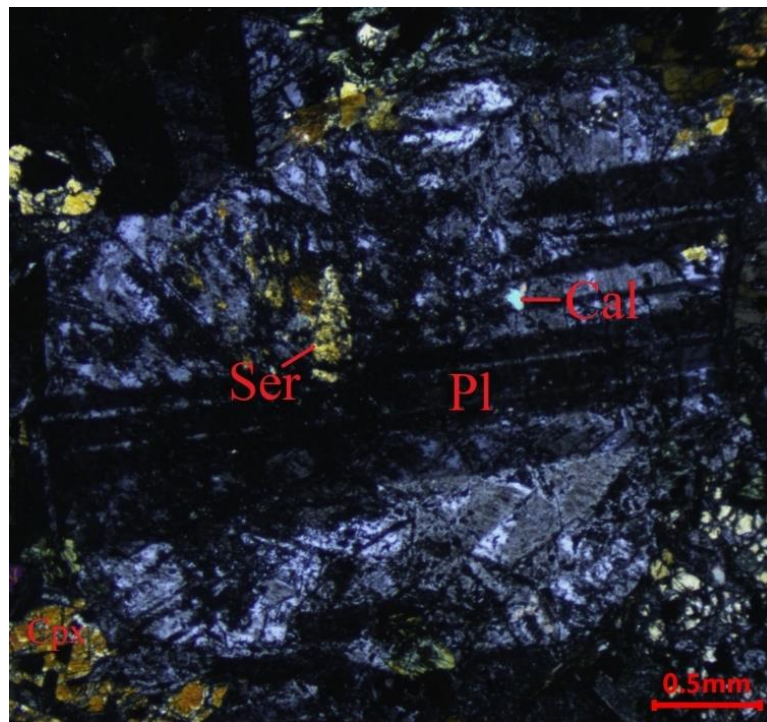
Zrna klinopiroksena isprepliću se štapićastim plagioklasima te su također hipidiomorfna. Klinopiroksen je karakteriziran blijedom putenastom bojom. Djelomično je do potpuno izmijenjen u klorit i prehnit.

Kloriti se u ovome uzorku mogu pronaći i u plavoj i smeđoj interferencijskoj boji.

Zrna opakog minerala su alotriomorfna do hipidiomorfna oblika. Zrna nisu izrazito crne boje, već su alterirana u smeđu što bi moglo upućivati da se radi o leukoksenu koji je nastao hidrotermalnom alteracijom titanita. Zrna opakog minerala su djelomično uklopljena u plagioklase.

Stijena također sadrži i manje količine kvarca sekundarnog podrijetla. Zrna kvarca su alotriomorfna te su unduloznog potamnjenja.

Na temelju petrografskih karakteristika stijena je klasificirana kao **dijabaz**.



**Slika 4-30.** Mikrofotografija fenokristala plagioklasa djelomično izmijenjen u sericit i kalcit u dijabazu (uzorak B – 9/23, kamenolom Bojna). Cal-kalcit; Pl-plagioklas; Ser-sericit.



## 5. GEOGRAFSKO – INFORMACIJSKI SUSTAV

Kao što je ranije navedeno, ovaj rad izrađen je pomoću geografskog informacijskog sustava (GIS). Riječ je o sustavu koji se koristi za prikupljanje, pohranjivanje, obradu i analizu prostornih podataka u svrhu stvaranja i prikaza pojava u prostoru (Pavić, 2012).

Neki od najpoznatijih GIS softvera su *ArcGIS*, *QGIS* te *Google Maps*. U radu je korišten softver *ArcGIS*. On stvara mape koje zahtijevaju kategorije organizirane kao slojevi gdje je svaki sloj registriran prostorno kako bih ih program pravilno postavio u redosljed i time stvorio složenu mapu podataka (Lucić, 2021). Osnovni sloj je gotovo uvijek zemljopisna karta (Lucić, 2021).

### 5.1. Povijest GIS – a

U početku, GIS je bio kombinacija ideja iz područja kvantitativne kartografije i računalnih sustava koji su postojali u to vrijeme. Temeljio se na radu kartografa i geografa koji su nastojali prilagoditi svoje znanje tehnologiji koja se počela razvijati (ESRI, 2021). Od tada pa sve do danas je veliki broj drugih disciplina također pridonio području razvoja i upotrebe GIS-a.

Početak razvoja GIS-a može se smjestiti u šezdesete godine pojavom prvih GIS aplikacija. Prvi GIS bio je CGIS (Canadian Geographical Information System) kojeg je razvio Roger Tomlinson, za kojeg se smatra da je „otac GIS-a“ (ESRI, 2021).

Godine 1964., Howard Fisher stvorio je jedan od prvih softverskih programa za računalno mapiranje te je već sljedeće godine osnovao je Harvard Laboratory for Computer Graphics gdje je stvorio neke od prvih računalnih softvera za izradu karata (ESRI, 2021).

Godine 1969. Jack Dangermond i njegova supruga Laura osnovali su Environmental Systems Research Institute (ESRI). Ova tvrtka je primijenila računalno mapiranje i prostornu analizu kako bi pomogla pri planiranju korištenja zemljišta (ESRI, 2021). ESRI je nastavio s razvojem novih metoda GIS mapiranja i prostorne analize koje se koriste i u današnje vrijeme.

## 5.2. Prostorni podaci

Prvi geografski skupovi podataka korišteni u GIS-u sadržavali su samo skenirane karte i digitalizirane značajke dobivene iz njih. Od tada se stalno pojavljuju novi izvori podataka, formata bolje prilagođenih GIS-u, a i sam GIS im se prilagođava.

Prostorni podaci su se kroz povijest interpretirali na analognim kartama pomoću kojih se kasnije stvorio model podataka (Pranjić, 2017). Takav model sastoji se od četiri prostorna elementa koji čine točka, linija, područje i površina (Habek, 2020). Model se također može podijeliti u dva osnovna tipa geoprostornih podataka: rasterski podaci, koji su predstavljeni točkama, linijama i poligonima, te vektorski podaci koji su predstavljeni matricom piksela (Habek, 2020).

Prema Perković (1998) najznačajnije prostorne operacije su:

1. utvrđivanje objekata i kriterija,
2. priprema i izvršenje prostornih operacija,
3. priprema i izvršenje opisnih odnosno tabličnih analiza te
4. interpretacija prije finalne vizualizacije.

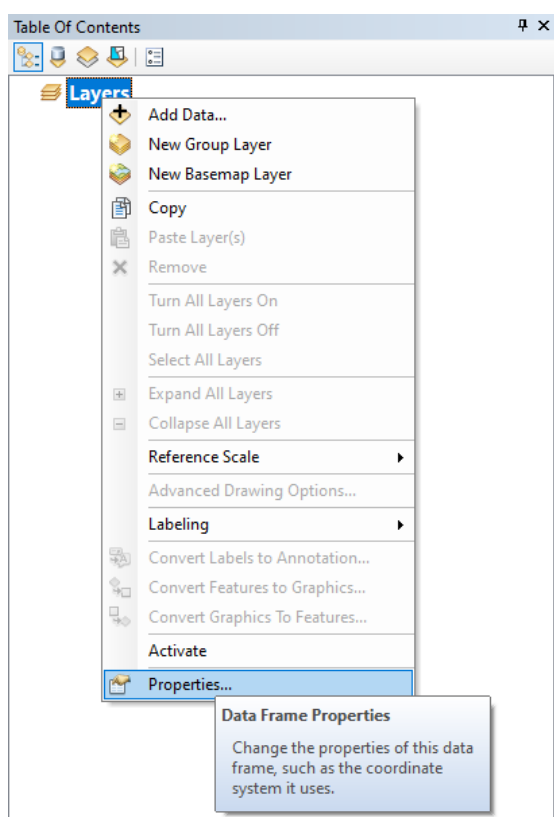
Primjenom prostornih operacija nad ulaznim podacima, GIS omogućuje kreiranje različitih tematskih 2D karata, 3D modela terena, simulacije leta i klasičnih tabličnih izvještaja (Perković, 1998).

## 6. PROSTORNA ANALIZA DIJABAZA I AMFIBOLITA

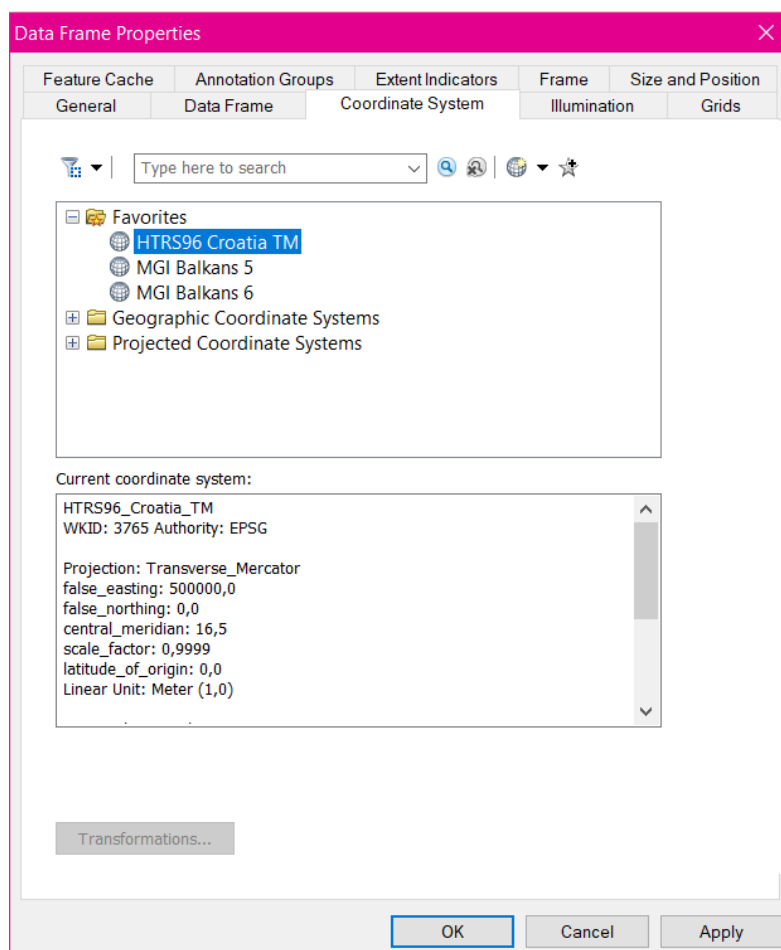
Postupak prostorne analize dijabaza i amfibolita te njihov prikaz na kartama odvijao se u nekoliko koraka:

- odabir odgovarajućeg koordinatnog sustava,
- pregled i unos karata u *ArcMap 10.1*,
- vektorizacija odgovarajućih stijena,
- upis opisnih značajki stijena u atributnoj tablici,
- podjela stijena u odgovarajuće kategorije,
- preklapanje sa slojevima zaštićenih područja te s postojećim eksploatacijskim poljima,
- izrada karata

Svaki korak će biti detaljno opisan u sljedećem poglavlju, no prije samog početka, najvažniji korak je postaviti odgovarajući koordinatni sustav. Koordinatni sustav se postavlja desnim klikom na *Layer*, zatim *Properties* (Slika 6-31) te se odabere HTRS96/TM (Slika 6-32). Na ovaj način, svaki sljedeći podatak ubačen u program biti će prikazan u HTRS96/TM koordinatnom sustavu.



Slika 6-31. Prikaz kako doći do odabira odgovarajućeg koordinatnog sustava.



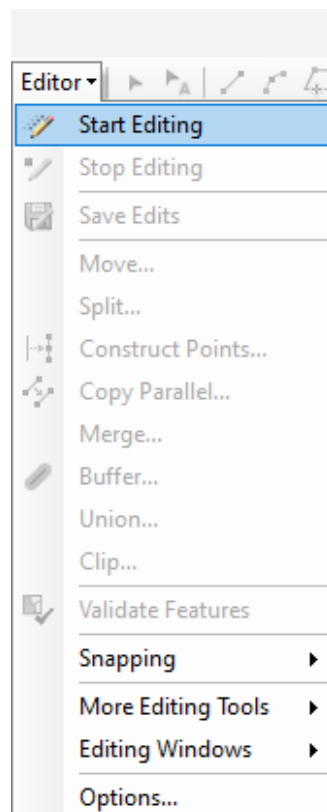
Slika 6-32. Izbor koordinatnih sustava.

## 6.1. Tematsko modeliranje

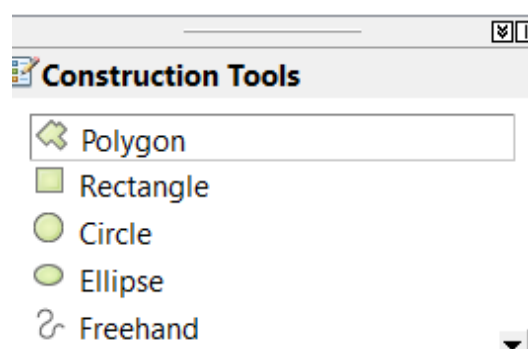
Nakon odabira odgovarajućeg koordinatnog sustava, započinje se sa obradom karata. U početku je iscrtano 1426 poligona pojava magmatskih i metamorfnih stijena na području Republike Hrvatske, no za potrebe rada izdvojeno je 600 poligona sljedećih stijena:

1. Dijabaz
2. Dijabaz i spilit
3. Spilitizirani dijabaz
4. Metamorfozirani gabro i dijabaz
5. Dijabaz – rožnjačka serija
6. Amfibolit i amfibolitski škriljavac
7. Amfibolit i amfibolski škriljavac

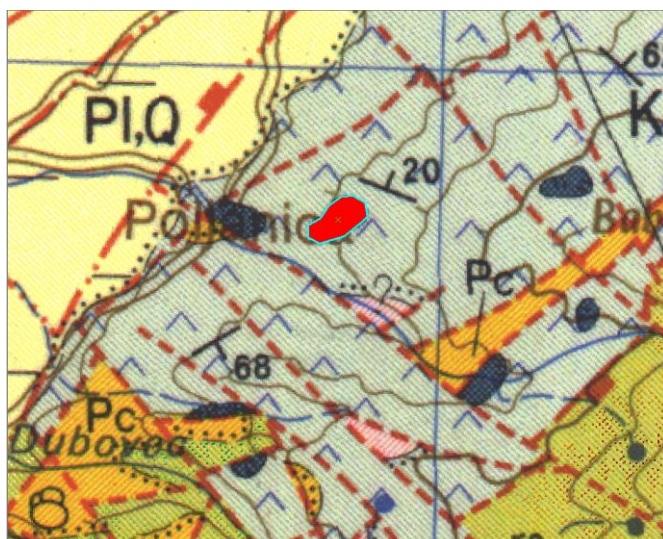
Za prvi korak bilo je potrebno pregledati sve osnovne geološke karte kako bi se izdvojile pojave odabranih vrsta stijena. Uz pomoć tumača za karte OGK100, tražene su magmatske i metamorfne stijene na svim geološkim kartama Republike Hrvatske. Ukoliko su se odabrane stijene pojavljivale na nekom listu, ista lokacija se tražila i na karti. Pronalaskom lokacije, napravljen je *Zoom In* na taj list dok nisu pronađene tražene stijene. Vektorizacija stijena izvodila se s *Editor Toolbar*-om (Slika 6-33). Pod *Construction Tools* odabran je *Polygon* (Slika 6-34) te prelaženjem po rubovima stijene ista je i označena. Postupak se ponavljao dok se nisu prošli svi tumači i sve karte za odabrane stijene (Slika 6-35, Slika 6-36).



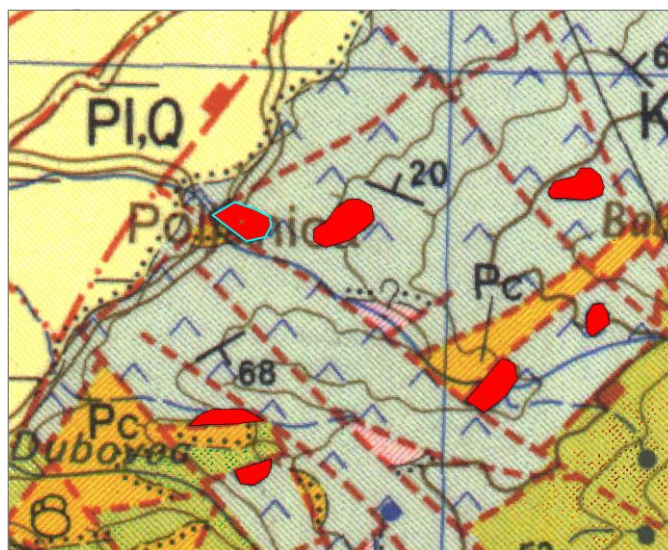
Slika 6-33. Prikaz *Editing Toolbar*-a.



Slika 6-34. Alat *Polygon* za označavanje rubova stijena.



Slika 6-35. Proces iscrtavanja stijena.



Slika 6-36. Karta s iscrtanim zadanim stijenama.

Nakon što se izdvojeni svi poligoni sa odgovarajućim stijenama, otvorena je atributna tablica i novostvorenim poligonima su pridodane značajke: opis stijene, debljina, lokalitet na kojem se stijena pojavljuje, „kod“ pomoću kojeg se grupiraju slični tipovi stijena, starost stijena te površina izražena u km<sup>2</sup> i ha koja je dobivena računanjem pomoću alata *Calculate Geometry* (Slika 6-37).

FID	Shape *	Id	Opis	Kod	Debljina	Lokalitet	Starost	Area_km2	Area_ha
0	Polygon	0	Spiliti i dijabazi	1	?	Vis: uvala Komiskog zaljeva	Gornja Jura? - Malm?	0,20622	20,6215
1	Polygon	0	Spiliti i dijabazi	1	?	Vis: uvala Komiskog zaljeva	Gornja Jura? - Malm?	0,01849	1,84871
2	Polygon	0	Spiliti i dijabazi	1	?	Vis: uvala Komiskog zaljeva	Gornja Jura? - Malm?	0,02636	2,63638
3	Polygon	0	Spiliti i dijabazi	1	?	Vis: uvala Komiskog zaljeva	Gornja Jura? - Malm?	0,00496	0,49565
4	Polygon	0	Spiliti i dijabazi	1	?	Brusnik	Gornja Jura? - Malm?	0,0312	3,11993
5	Polygon	0	Kvarcidijabazi	2	?	Otok Jabuka	Gornja Jura? - Malm?	0,01892	1,89222
6	Polygon	0	Spiliti i dijabazi	1	?	Vis: uvala Komiskog zaljeva	Gornja Jura? - Malm?	0,01765	1,76468
7	Polygon	0	Spilitizirani dijabazi	3	200 m	Drnis: Kosovo polje, Petrovo polje, dolina Cetine	Perm	0,01429	1,42932
8	Polygon	0	Spilitizirani dijabazi	3	200 m	Drnis: Kosovo polje, Petrovo polje, dolina Cetine	Perm	0,01505	1,50484
9	Polygon	0	Spilitizirani dijabazi	3	200 m	Drnis: Kosovo polje, Petrovo polje, dolina Cetine	Perm	0,01633	1,63268
10	Polygon	0	Spilitizirani bazicni eruptivi	4	Isklinjava	Knin: lokalitet Sv. Nikola, brdo Konj	Perm	0,04421	4,42082

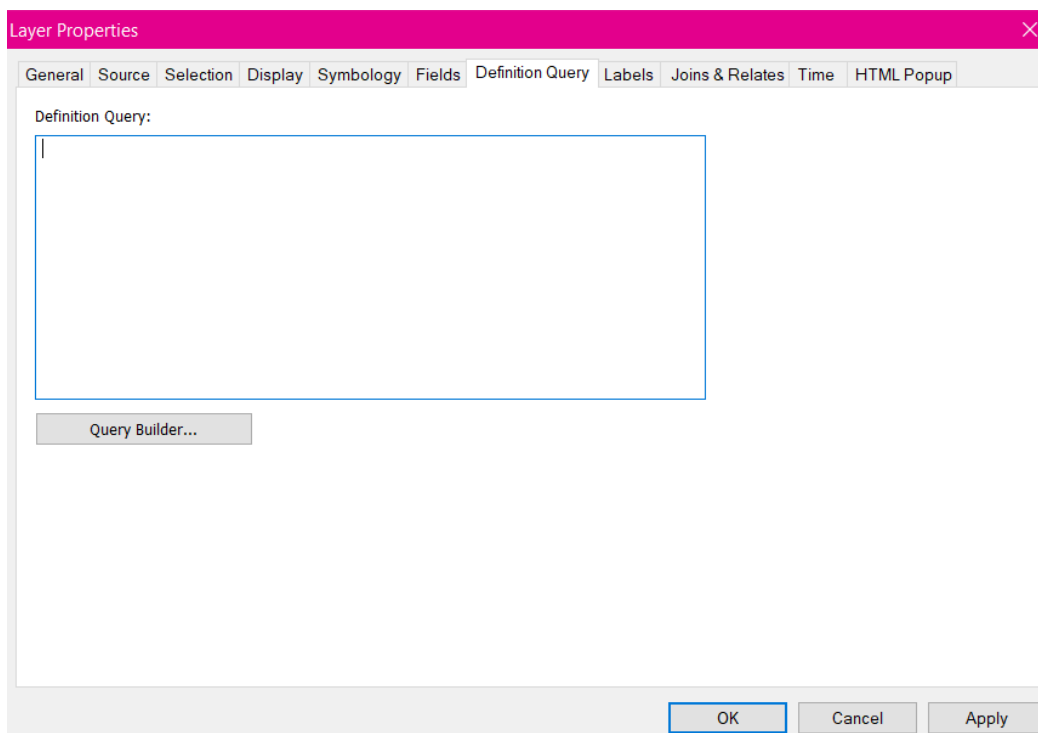
Slika 6-37. Atributna tablica sa svim zadanim značajkama.

Na nekim listovima na OGK100 se pojavljuju odabrane stijene, no ne mogu se pronaći na površini, već samo na geološkom profilu ili stupu te se samo spominju u tumačima.

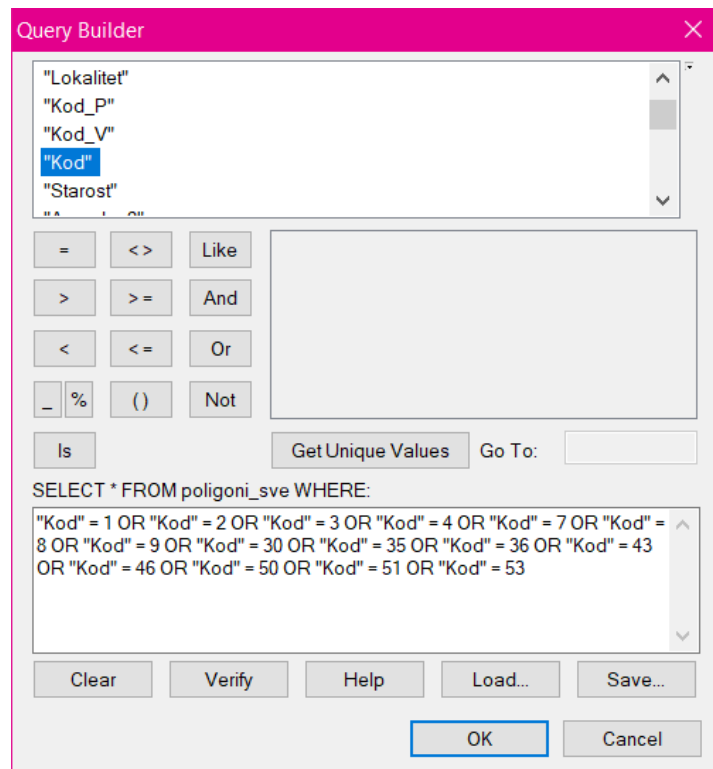
Listovi i stijene o kojima je riječ su:

- List OGK100 Čakovec – metamorfiti podloge (u stupu i profilu)
- List OGK100 Donji Miholjac – gnajs i škriljci (u stupu i profilu)
- List OGK100 Osijek – granit – gnajs (u stupu i profilu)
- List OGK100 Vinkovci – efuzivi: dijabaz, andezit – dacit, dolerit (u stupu i profilu)

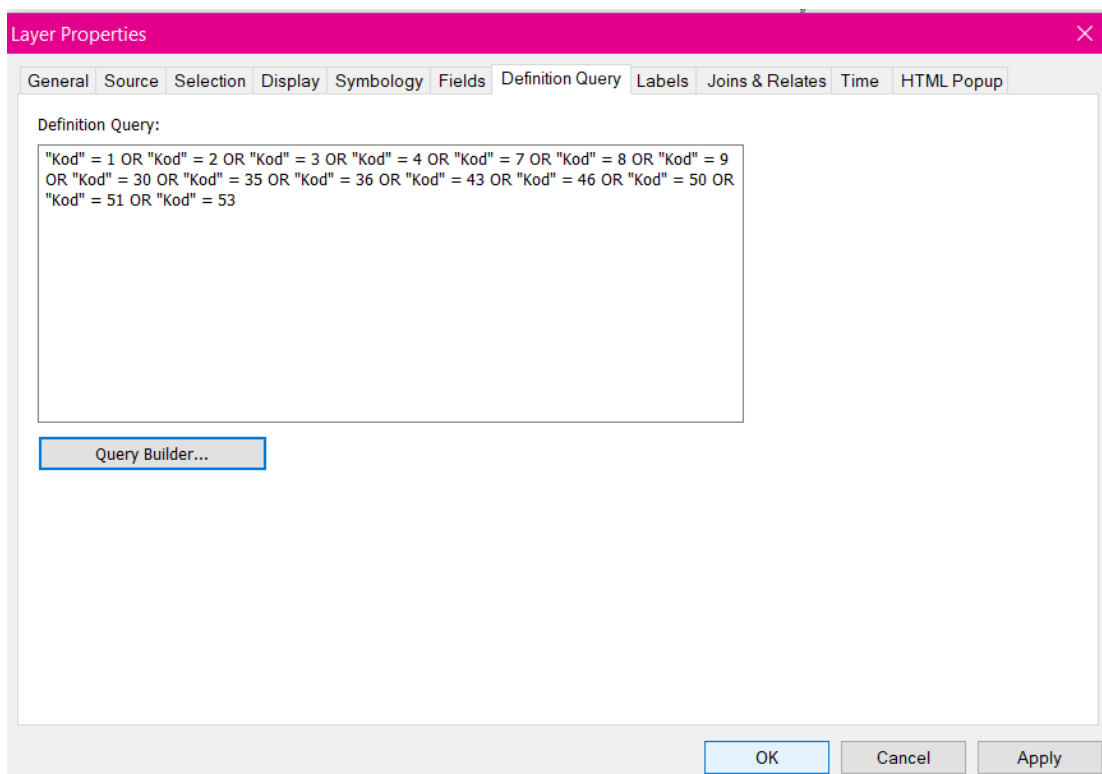
Od 1426 poligona raznih magmatskih i metamorfnih stijena, kao najbolje mineralne sirovine za izgradnju željezničkog zastora, pokazale su se stijene dijabaza i amfibolita stoga je bilo potrebno izdvojiti samo one lokacije poligona gdje se navedene stijene nalaze. Ovaj postupak se izvodio na način da se na odabrani sloj odabrao *Properties* i zatim *Definition Query* (Slika 6-38). Unutar *Query Buildera* je bilo potrebno pronaći ranije napravljeni „kod“ pomoću kojeg su se grupirali slični tipovi stijena. Kako bi se znalo koje stijene se žele izdvojiti i koje se žele prikazati na karti, prethodno je trebalo provjeriti u atributnoj tablici koji „kodovi“ su im zadani. Unutar *Query Builder* – a su se upisani „kodovi“ zadanih stijena odabrali na način da se pritisnuo “KOD = broj”, ako se želi više stijena odjednom prikazati između izraza “KOD = broj” bilo je potrebno pritisnuti “OR” (Slika 6-39). Na slici 6-40 se može vidjeti završni i cjeloviti izraz koji će nakon pritiska *Apply* od 1426 poligona, izdvojiti te na karti prikazati 600 poligona zadanih stijena.



**Slika 6-38.** Prozor *Definition Query*-ja unutar kojeg se upisuju kodovi odgovarajućih stijena.



Slika 6-39. Način na koji se upisuje jedan ili više kodova odgovarajućih stijena.

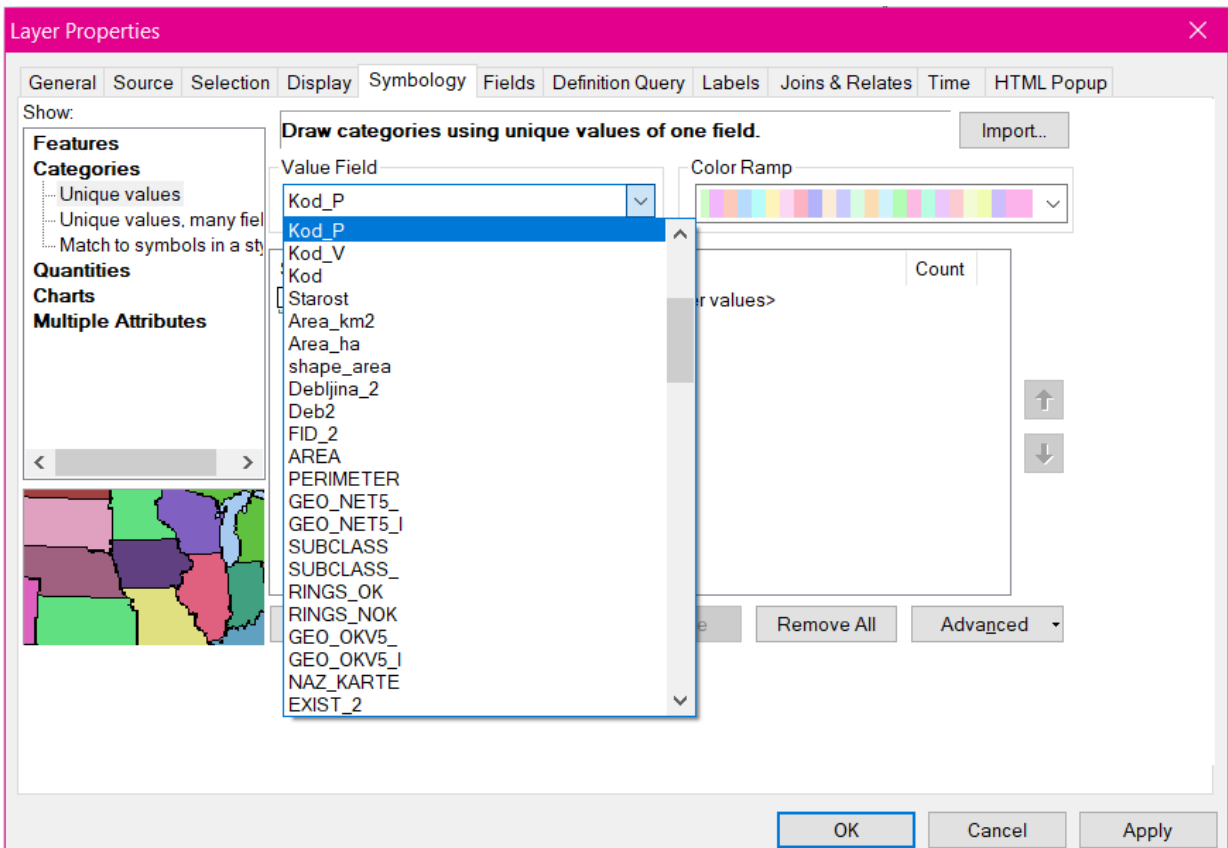


Slika 6-40. Cjeloviti izraz nakon odabira svih kodova.

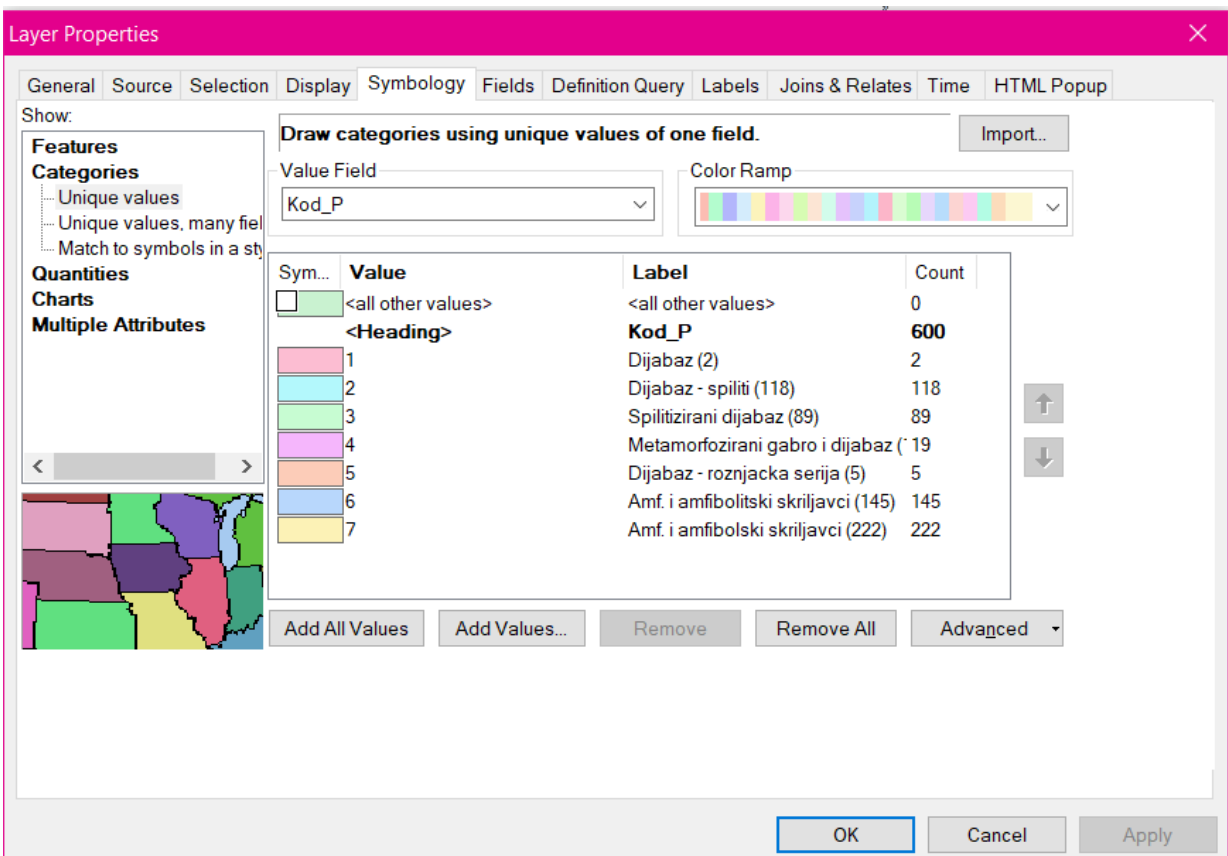


Zbog smanjenja broja poligona sa 1426 na 600, bilo je potrebno napraviti još jedan „kod“, Kod\_P. Dodavanje Koda\_P bilo je potrebno zbog podjele dijabaza, amfibolita i njihovih varijeteta u kategorije. To se izvodi na način da se desnim klikom na odabrani sloj ide na *Properties* te na *Symbology*. Odabirom na *Categories* je u *Value Field* potrebno odabrati Kod\_P (Slika 6-41). Odabirom Koda\_P izdvajaju se samo one stijene kojima smo nadodali novi „kod“. Kada se odabere *Add All Values*, program izbaci stijene dijabaza i amfibolita te njihovih varijeteta podijeljenih u 7 kategorija (Slika 6-42). Tom podjelom se dobiva karta sa prikazom svih pogodnih stijena za izradu željezničkog zastora označene različitom bojom ovisno o kategoriji kojoj pripadaju.

U kategoriju Dijabaz pripadaju stijene koje čine tzv. “prave” dijabaze. Kategoriju Dijabaz – spilit čine dijabazi sa varijetetima poput: dijabaz - spiliti, dijabaz i spiliti, spiliti i dijabazi itd. Pošto su na osnovnim geološkim kartama bili označeni pod istom bojom te ih se nije moglo razlikovati niti izdvojiti spilitite od dijabaza, tako je i napravljena posebna kategorija za navedene stijene. Iz istog razloga je napravljena kategorija Metamorfozirani gabro i dijabaz. U kategoriju Spilitizirani dijabaz pripadaju dijabazi koji su po svojim fizikalno – mehaničkim svojstvima isti kao i pravi dijabazi samo što je kod spilitiziranog dijabaza bazični plagioklas zamijenjen albitom (Vrkljan i Klanfar, 2010). Kod kategorije Dijabaz – rožnjačka serija je važno naglasiti da ovdje pripadaju dijabazi koji su izmjenjeni do te razine da bi prije pripadali grupi spilita. Razlika između kategorija Amfibolit i amfibolitski škriljavac te Amfibolit i amfibolski škriljavac je što amfibolitski škriljavci nemaju klasičnu škriljavost amfibolita te predstavljaju viši stupanj amfibolitskog facijesa jer sadrže mineral diopsid.

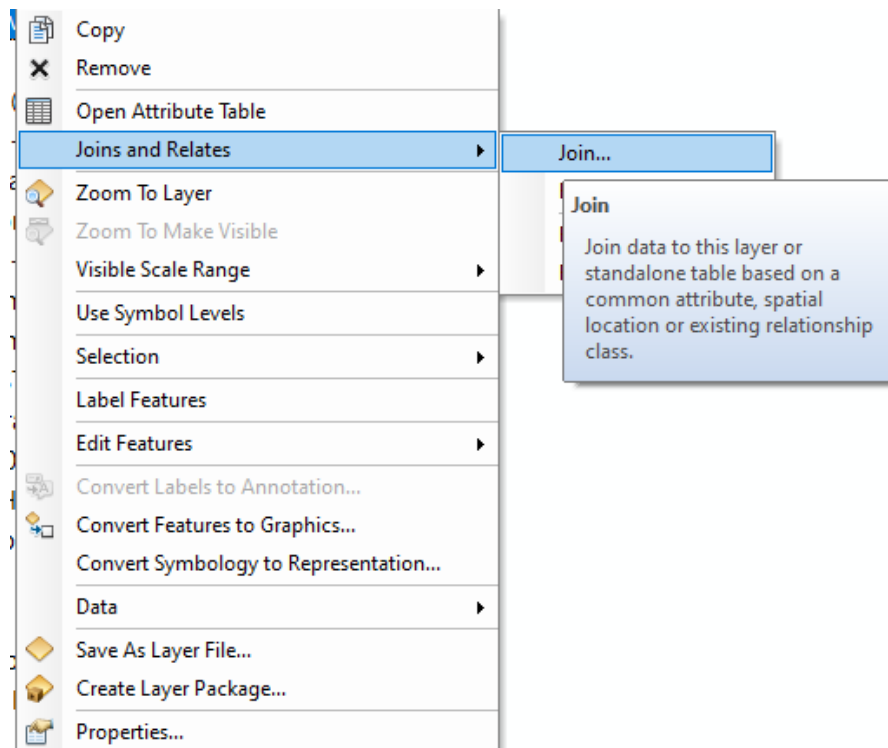


Slika 6-41. Odabirom Kod\_P izdvajaju se one stijene kojima se nadodao navedeni kod.

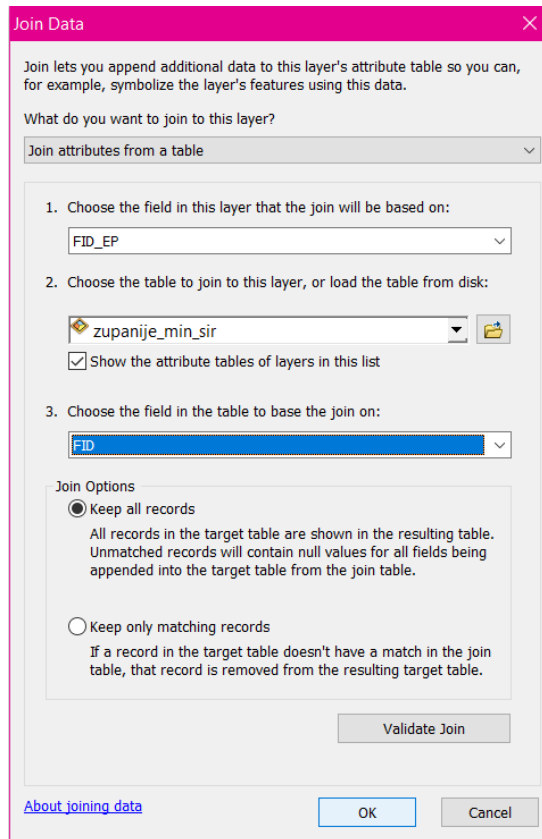


Slika 6-42. Popis dijabaza i amfibolita te njihovih varijeteta dobivenih Kodom\_P.

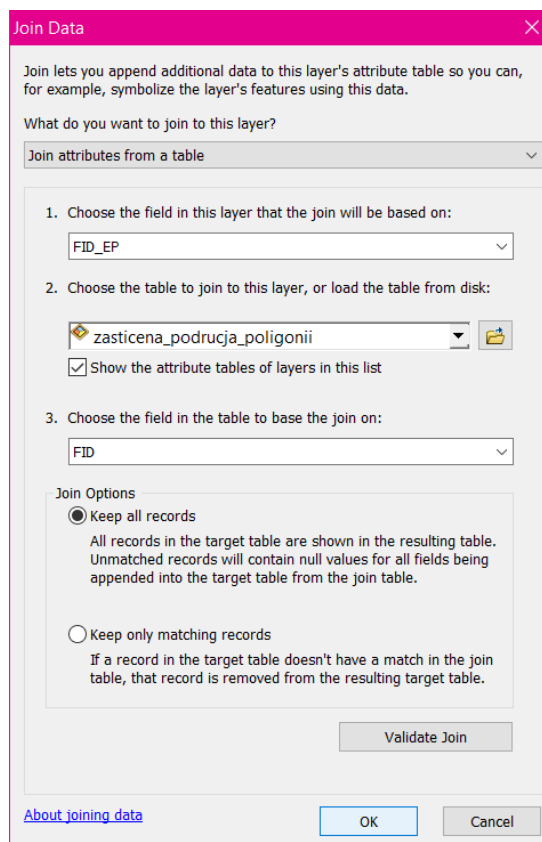
Kada su izdvojeni dijabaz i amfiboliti u posebne kategorije, bilo je potrebno preklopiti GIS slojeve sa slojevima zaštićenih područja u Hrvatskoj te sa slojevima koji prikazuju polja gdje već postoji eksploatacija navedenih stijena. Ovaj korak je važan kako bi se već u početku mogla eliminirati potencijalna područja koja nisu za eksploataciju od onih koja imaju potencijala te koja su već u proizvodnji. Slojeve za prikaz eksploatacije mineralnih sirovina po županijama preuzete su iz diplomskog rada Grgurić (2020) postupak povezivanja slojeva započeo je desnim klikom na zadani sloj te se odabrao *Joins and Relates*, zatim *Join* (Slika 6-43). Na slici 6-44 je prikazano što je sve potrebno upisati kako bi se podaci od poligona spojili sa podacima iz sloja *zupanije\_min\_sir*. Nakon povezivanja, postupak se ponavljao za zaštićena područja kao što je prikazano na slici 6-45 te je u konačnici kao rezultat dobivena atributna tablica koja sadrži sve podatke iz svih navedenih slojeva.



Slika 6-43. Početak povezivanja slojeva.



**Slika 6-44.** Podaci koje je potrebno odabrati kako bi se poligoni spojili sa slojem *zupanije\_min\_sir*.



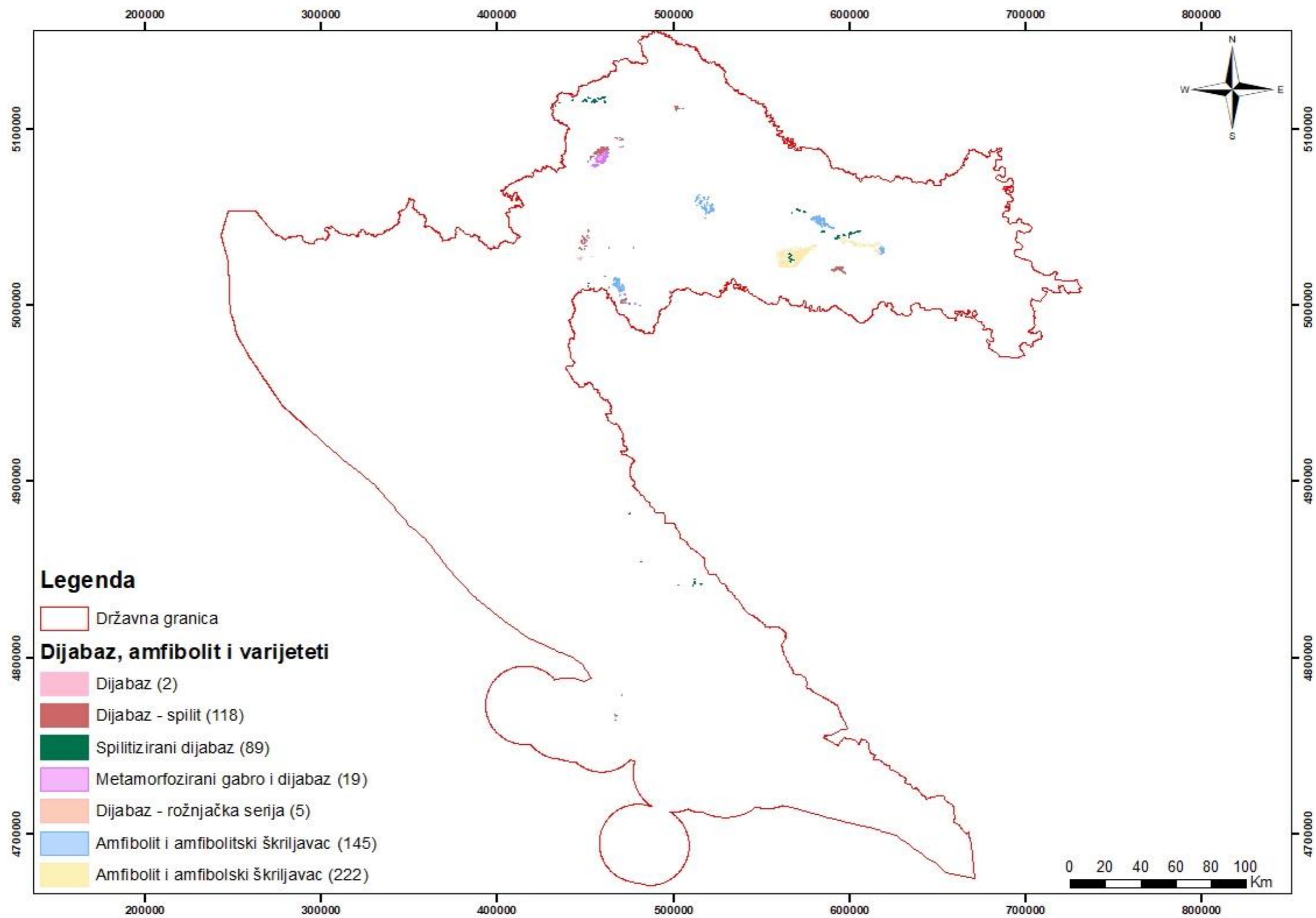
**Slika 6-45.** Podaci koje je potrebno odabrati kako bi se poligoni spojili sa slojem *zasticena\_podrucja\_poligoni*.

## 7. REZULTATI

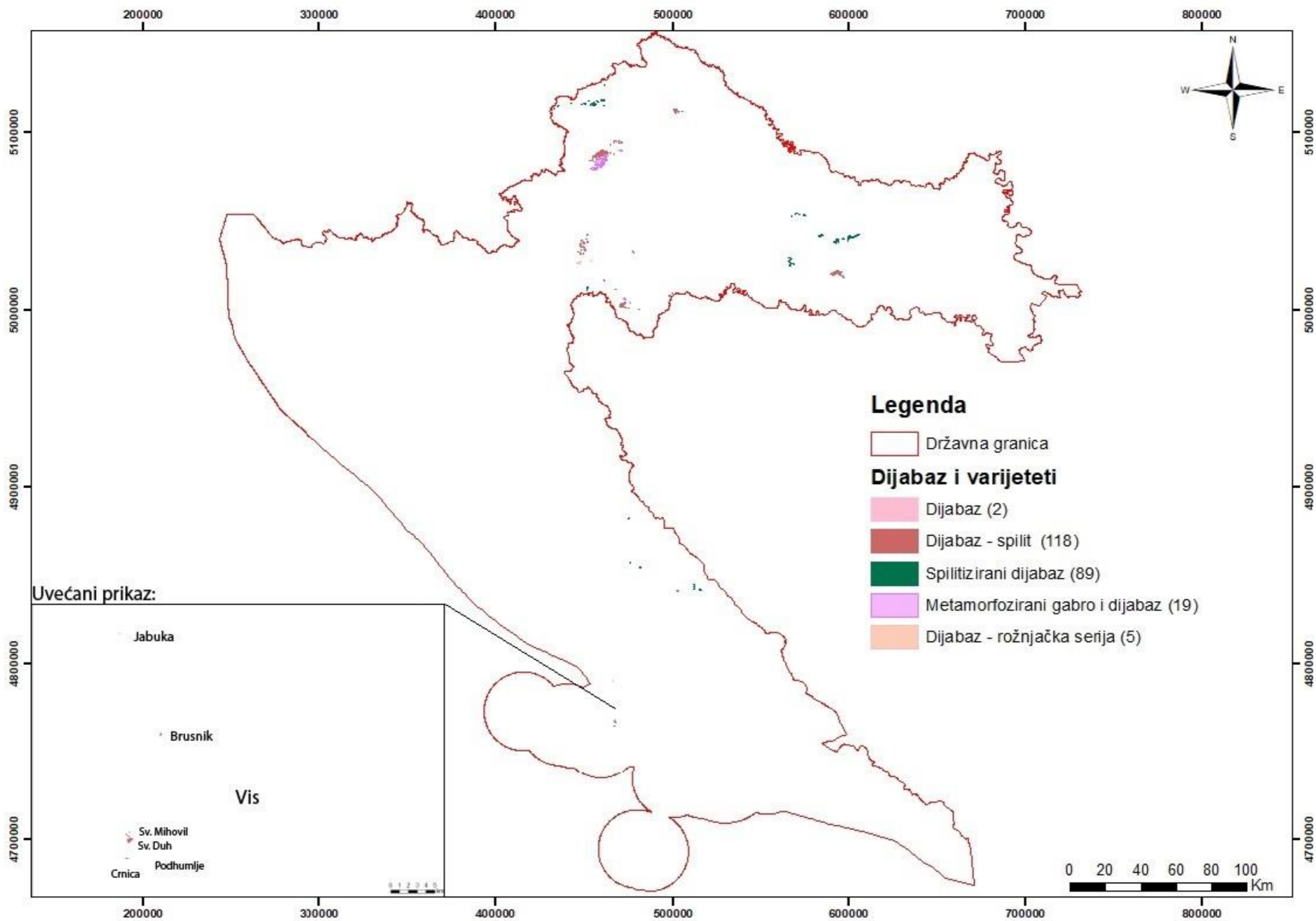
Kada se svi koraci u prethodnim poglavljima prođu, kao rezultat se mogu izdvojiti tri karte. Prva karta (Prilog 7-1) prikazuje prostorni raspored svih odabranih stijena, točnije dijabaza, amfibolita i njihovih varijeteta. Na drugoj karti (Prilog 7-2) izdvojene su i prikazane samo stijene dijabaza i njegovih varijeteta. Dio stijena u području Visa, zbog svoje veličine nije vidljiv na karti cijele Hrvatske, no može se vidjeti uz pomoć uvećanog prikaza na prilogu 7-2. Treća karta (Prilog 7-3) prikazuje prostorni raspored izdvojenih stijena amfibolita i njegovih varijeteta.

Prema broju poligona koji je vidljiv na legendi, no i samim pogledom na kartu se može uvidjeti kako boje stijena amfibolita i njegovih varijeteta prostorno prevladavaju na čitavom području Hrvatske. Stijene amfibolita i amfibolskog škriljavca su lokalizirane oko područja Daruvara i Orahovice, točnije na planini Papuk te se rijetko pojavljuju na nekom drugom području u Hrvatskoj. Stijene amfibolita i amfibolitskog škriljavca su široko rasprostranjene te se mogu pronaći na područjima Bjelovara, Kutine, Našica, Orahovice te Bosanskog Novog. Amfibolit i amfibolitski škriljavac imaju najveću ukupnu površinu od svih drugih izdvojenih stijena (Tablica 7-1). Stijene dijabaza i njegovih varijeteta su rasprostranjene po cijelom području Hrvatske. U najvećoj mjeri prevladava kategorija Dijabaz – spilit sa brojem poligona 118 i ukupnom površinom od 2780,50 ha. Ovu kategoriju najčešće pronalazimo na planinama Medvednica, Svilaja te Kalnik. Zatim slijedi kategorija Metamorfozirani gabro i dijabaz koja je pretežito lokalizirana na području Medvednice, no može se još pronaći u okolini Bosanskog Novog te zauzima površinu od 1864,25 ha. Spilitizirani dijabazi se mogu pronaći pretežito u okolini Orahovice, Rogateca, Daruvara, Knina te Sinja i zauzimaju ukupnu površinu od 518,39 ha. Dijabaz – rožnjačka serija može se pronaći samo u okolini Karlovca te zauzima ukupnu površinu od 38,84 ha. “Pravi” dijabazi zauzimaju najmanju ukupnu površinu od 5,99 ha i može ih se pronaći samo na otoku Jabuka koja se u cijelosti sastoji od dijabaza te u maloj koncentraciji na području Karlovca.

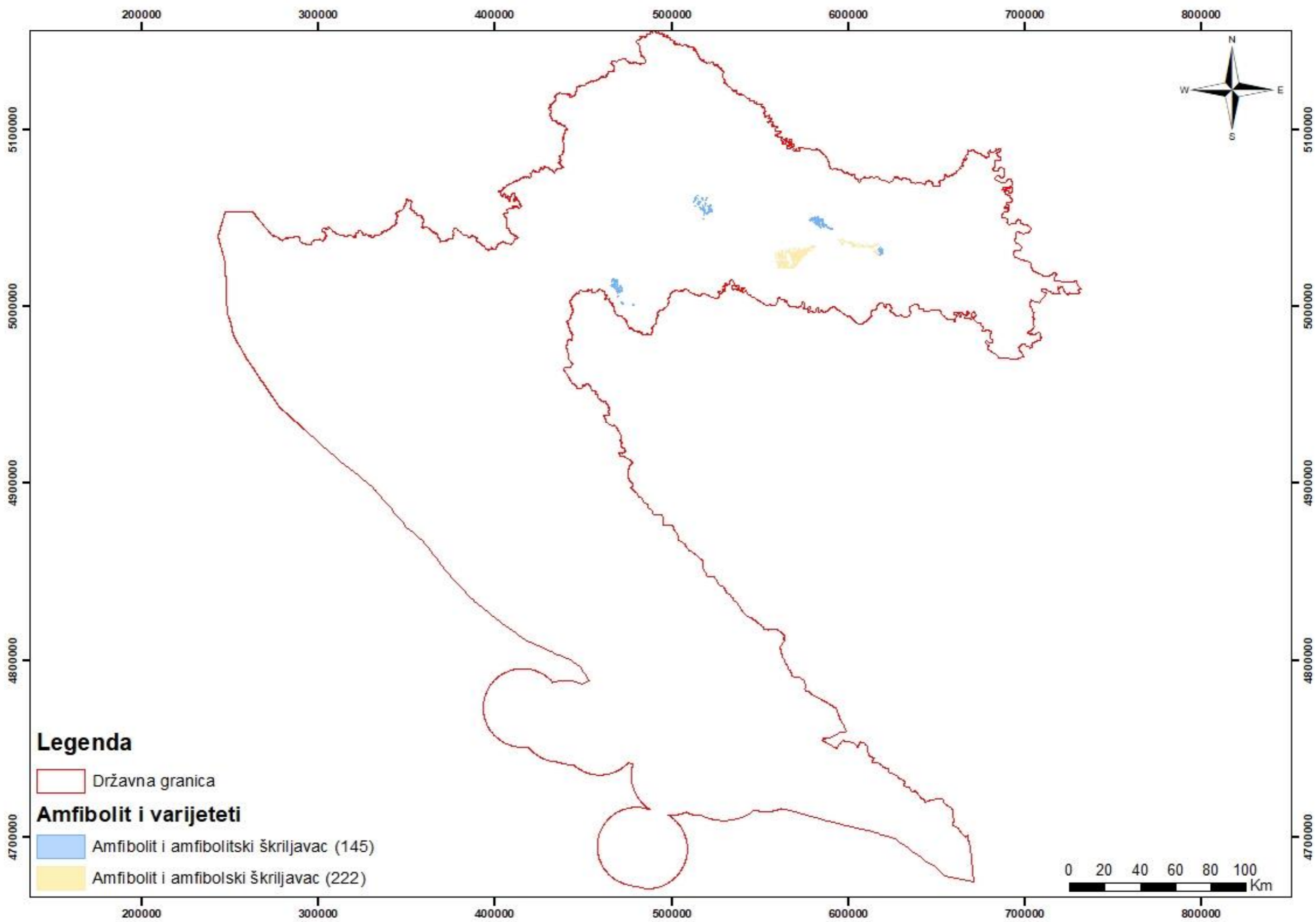
U Tablici 7-2 se može vidjeti popis onih stijena i poligona koji se preklapaju sa već postojećim eksploatacijskim poljima i mineralnim sirovinama koji se eksploatiraju. U Tablici 7-3 se nalazi popis svih poligona koji se preklapaju sa zaštićenim područjima u Hrvatskoj te samim time nisu povoljna područja za eksploataciju.



Prilog 7-1. Prostorni raspored pojave dijabaza, amfibolita i njihovih varijeteta.



Prilog 7-2. Prostorni raspored pojave dijabaza i varijeteta sa uvećanim prikazom stijena u području otoka Visa.



Prilog 7-3. Prostorni raspored pojave amfibolita i varijeteta.



**Tablica 7-1.** Ukupna površina stijena podijeljenih po kategorijama.

Stijene	Kod_P	Broj poligona	Ukupna površina (ha)
Dijabaz	1	2	5,99
Dijabaz - spilit	2	118	2780,50
Spilitizirani dijabaz	3	89	518,3963
Metamorfozirani gablo i dijabaz	4	19	1864,24
Dijabaz - rožnjačka serija	5	5	38,84
Amfibolit i amfibolitski škriljavac	6	145	2902,25
Amfibolit i amfibolski škriljavac	7	222	2043,58

**Tablica 7-2.** Popis stijena i poligona koji se preklapaju sa već postojećim eksploatacijskim poljima i mineralnim sirovinama.

FID	OPIS	MINERALNA SIROVINA	EKSPLOATACIJSKO POLJE	LOKACIJA	POVRŠINA (ha)	ŽUPANIJA
6	Spilitizirani dijabaz	TEHNIČKO-GRAĐEVNI KAMEN	LOVNO-LOVNO 2 (OČURA-LOVNO)	OPĆINA NOVI GOLUBOVEC	3,1	Krapinsko-zagorska županija
132	Dijabaz - spiliti	TUF	ZELOVO	OPĆINA MUĆ	3,93	Splitsko-dalmatinska županija
136	Amfiboliti i amfibolitski škriljavci	TEHNIČKO-GRAĐEVNI KAMEN	PLETERAC	GRAD ČAZMA	1,46	Bjelovarsko-bilogorska županija
137	Amfiboliti i amfibolitski škriljavci	TEHNIČKO-GRAĐEVNI KAMEN	PLETERAC	GRAD ČAZMA	2,82	Bjelovarsko-bilogorska županija
223	Dijabazi i spiliti	TEHNIČKO-GRAĐEVNI KAMEN	JELENJE VODE	OPĆINA BISTRA, GRAD DONJA STUBICA	1026,18	Zagrebačka županija
313	Spilitizirani dijabazi	TEHNIČKO-GRAĐEVNI KAMEN	ŽERVANJSKA	GRAD ORAHOVICA	4,1	Virovitičko-podravka županija
317	Spilitizirani dijabazi	TEHNIČKO-GRAĐEVNI KAMEN	BRENZBERG-TOČAK	GRAD ORAHOVICA	6,51	Virovitičko-podravka županija
319	Spilitizirani dijabazi	TEHNIČKO-GRAĐEVNI KAMEN	BRENZBERG-TOČAK	GRAD ORAHOVICA	6,28	Virovitičko-podravka županija
321	Spilitizirani dijabazi	TEHNIČKO-GRAĐEVNI KAMEN	HERCEGOVAC	GRAD ORAHOVICA	2,75	Virovitičko-podravka županija
322	Spilitizirani dijabazi	TEHNIČKO-GRAĐEVNI KAMEN	HERCEGOVAC	GRAD ORAHOVICA	4,27	Virovitičko-podravka županija
363	Amfiboliti i amfibolski škriljavci	TEHNIČKO-GRAĐEVNI KAMEN	VETОВО	GRAD KUTJEVO	2,25	Požeško-slavonska županija
364	Amfiboliti i amfibolski škriljavci	TEHNIČKO-GRAĐEVNI KAMEN	VETОВО	GRAD KUTJEVO	6,95	Požeško-slavonska županija
365	Amfiboliti i amfibolski škriljavci	TEHNIČKO-GRAĐEVNI KAMEN	VETОВО	GRAD KUTJEVO	18	Požeško-slavonska županija
366	Amfiboliti i amfibolski škriljavci	TEHNIČKO-GRAĐEVNI KAMEN	VETОВО	GRAD KUTJEVO	2,57	Požeško-slavonska županija
457	Dijabaz - spiliti	TUF	ZELOVO	OPĆINA MUĆ	1,44	Splitsko-dalmatinska županija
458	Dijabaz - spiliti	TUF	ZELOVO	OPĆINA MUĆ	2,51	Splitsko-dalmatinska županija
459	Dijabaz - spiliti	TUF	ZELOVO	OPĆINA MUĆ	1,8	Splitsko-dalmatinska županija
499	Amfiboliti i amfibolski škriljavci	TEHNIČKO-GRAĐEVNI KAMEN	II RAŠAŠKA	GRAD PAKRAC	7,06	Požeško-slavonska županija
582	Amfiboliti i amfibolski škriljavci	TEHNIČKO-GRAĐEVNI KAMEN	OŠTRA GLAVA	GRAD NAŠICE	7,06	Osječko-baranjska županija / Požeško-slavonska županija
588	Amfiboliti i amfibolski škriljavci	TEHNIČKO-GRAĐEVNI KAMEN	FUKINAC	OPĆINA OKUČANI	14,42	Brodsko-posavska županija / Požeško-slavonska županija

**Tablica 7-3.** Popis poligona i stijena koje se preklapaju sa zaštićenim područjima u Hrvatskoj.

<b>FID</b>	<b>Opis</b>	<b>Kategorija</b>	<b>Naziv</b>	<b>Površina (ha)</b>
52	Metamorfizirani gabra i dijabaz	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	202,15
188	Dijabaz i spilit	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	4,76
189	Dijabaz i spilit	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	163,90
190	Dijabaz i spilit	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	5,21
191	Dijabaz i spilit	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	1,33
192	Dijabaz i spilit	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	2,86
193	Dijabaz i spilit	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	3,13
194	Dijabaz i spilit	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	2,68
195	Dijabaz i spilit	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	2,64
196	Metamorfizirani gabra i dijabaz	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	21,51
197	Dijabaz i spilit	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	4,61
198	Dijabaz i spilit	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	2,15
199	Dijabaz i spilit	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	1,49
200	Dijabaz i spilit	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	3,61
201	Dijabaz i spilit	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	1,38
202	Dijabaz i spilit	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	3,24
203	Dijabaz i spilit	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	3,52
204	Dijabaz i spilit	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	5,62
205	Dijabaz i spilit	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	1,17
206	Dijabaz i spilit	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	1,46
207	Dijabaz i spilit	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	1,23
208	Dijabaz i spilit	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	3,25
209	Dijabaz i spilit	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	2,35
210	Dijabaz i spilit	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	2,43
211	Dijabaz i spilit	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	2,92
212	Dijabaz i spilit	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	0,95
213	Dijabaz i spilit	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	1,96
214	Metamorfizirani gabra i dijabaz	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	4,61
215	Metamorfizirani gabra i dijabaz	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	3,37
216	Metamorfizirani gabra i dijabaz	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	68,94
217	Metamorfizirani gabra i dijabaz	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	74,13
218	Metamorfizirani gabra i dijabaz	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	95,54
219	Dijabaz i spilit	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	5,07
220	Metamorfizirani gabra i dijabaz	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	3,43
221	Metamorfizirani gabra i dijabaz	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	1143,66
222	Metamorfizirani gabra i dijabaz	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	212,69
223	Dijabaz i spilit	Park prirode	Zapadni dio Medvednice	1026,18
312	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	5,95
313	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	4,10
314	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	5,59
315	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	5,14
316	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	9,58
317	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	6,51

318	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	2,92
319	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	6,28
320	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	11,26
321	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	2,75
322	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	4,27
323	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	6,47
324	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	6,27
325	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	36,25
326	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	3,25
327	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	3,03
328	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	5,25
329	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	4,59
330	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	4,19
331	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	7,11
332	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	3,44
333	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	5,31
334	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	2,63
335	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	5,26
336	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	1,71
337	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	2,03
338	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	3,81
339	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	3,39
340	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	15,88
341	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	13,18
342	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	8,09
343	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	5,06
344	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	17,72
345	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	9,75
346	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	4,80
347	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	5,16
348	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	23,59
349	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	5,12
350	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	1,23
351	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	3,70
352	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	7,41
353	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	9,28
354	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	8,45
355	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	6,10
356	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	8,67
357	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	7,76
358	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	3,14
359	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	3,65
360	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	3,46
361	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	4,53
362	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	4,85
363	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	2,25

364	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	6,95
365	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	18,00
366	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	2,57
367	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	5,47
368	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	6,69
369	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	3,27
370	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	4,33
371	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	2,82
372	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	7,05
373	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	4,32
374	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	9,36
375	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	11,57
376	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	9,29
377	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	5,47
378	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	7,54
379	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	2,00
380	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	6,37
381	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	5,77
382	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	4,82
383	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	2,72
384	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	5,91
385	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	4,70
386	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	6,28
387	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	13,38
388	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	6,15
389	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	4,70
390	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	3,95
391	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	4,48
392	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	5,06
393	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	2,79
394	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	5,71
395	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	3,34
396	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	10,15
397	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	9,56
398	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	15,45
399	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	4,95
400	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	6,35
401	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	9,89
402	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	16,15
403	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	10,18
404	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	323,53
431	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	5,26
432	Amfibolit i amfibolski škriljavac	Park prirode	Papuk	4,33
433	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	9,74
434	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	13,41
435	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	3,67
436	Spilitizirani dijabaz	Park prirode	Papuk	5,73

## 8. ZAKLJUČAK

Razvijanje željeznica omogućilo je brojne promjene u ljudskom društvu tako što je povezala gradove kako društveno tako i ekonomski. Jednu od važnih sastavnica željezničke pruge čini željeznički zastor koji služi za ravnomjerno prenošenje opterećenja s tračnica i pragova na donji ustroj. Za izradu zastora koristi se kamen koji je velike tvrdoće, otporan na mraz te ne smije upijati vodu. Za izradu takvog zastora najčešće se koriste magmatske stijene poput bazalta, gabra i dijabaza, a u slučaju nedovoljne količine magmatskih stijena, mogu se koristiti i metamorfne stijene poput amfibolita te sedimentne stijene. Petrografske karakteristike dijabaza i alteriranih bazalta (spilita) detaljno su opisane u ovom radu. U Hrvatskoj se u najvećoj mjeri koristi kamen tučenac koji se dobiva drobljenjem dijabaza. Uz pomoć GIS softvera, izdvojeno je 600 poligona dijabaza, dijabaza i spilita, spilitiziranog dijabaza, metamorfoziranog gabra i dijabaza, dijabaz – rožnjačke serije, amfibolita i amfibolitskog škriljavca te amfibolita i amfibolskog škriljavca. Ove kategorije izdvojene su na temelju karakteristika koje su opisane u tumačima za karte OGK100. Izdvojene su tri karte gdje prva karta prikazuje prostorni raspored svih odabranih stijena, točnije dijabaza, amfibolita i njihovih varijeteta, druga karta prikazuje samo stijene dijabaza i njegovih varijeteta, a treća karta prikazuje prostorni raspored izdvojenih stijena amfibolita i njegovih varijeteta. Stijene amfibolita i amfibolitskog škriljavca prostorno prevladavaju na području Hrvatske sa ukupnom površinom od čak 2902,25 ha. Nakon njih slijede Amfibolit i amfibolski škriljavci koji zauzimaju ukupnu površinu od 2043,58 ha. Dijabaz – spilit zauzima ukupnu površinu od 2780,50 ha, Metamorfozirani gabra i dijabaz zauzima površinu od 1864,25 ha, Spilitizirani dijabaz zauzima ukupnu površinu od 518,39 ha, Dijabaz – rožnjačka serija ukupnu površinu od 38,84 ha dok Dijabazi zauzimaju najmanju ukupnu površinu od 5,99 ha. Preklapanjem slojeva stijena s već postojećim eksploatacijskim poljima i mineralnim sirovinama koji se eksploatiraju dobiveno je da od 600 poligona, njih 136 se nalazi u zaštićenom području te ih nije moguće eksploatirati, a 20 poligona pripada već postojećim eksploatacijskim poljima.

## 9. LITERATURA

BUŠIĆ, M., 1998. *Elaborat o utvrđivanju rezervi tehničkog građevnog kamena – dijabaz na istražnom polju Bojna*. Varaždin – Petrinja

CINDORI KOVAČEVIĆ, M., 2018. *Željeznice – donji i gornji ustroj*. Skripta. Zagreb: Graditeljska tehnička škola

ESPINOZA, D., 2023. *Amphibolite: A Comprehensive Guide to This Intriguing Metamorphic Rock*. URL: <https://rockfragment.com/amphibolite-a-comprehensive-guide-to-this-intriguing-metamorphic-rock/> (12.07.2023.)

ESRI, 2021. *History of GIS*. URL: <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/history-of-gis> (14.06.2023)

GRGURIĆ, D., 2020. *Mapiranje eksploatacijskih polja mineralnih sirovina u Hrvatskoj u GIS tehnologiji*. Diplomski rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

HABEK, K., 2020. *Isključujući kriteriji za odabir lokacije dubokog geološkog odlagališta*. Diplomski rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

HALDAR, S.K., 2020. *Introduction to Mineralogy and Petrology*. Drugo izdanje. Nizozemska: Elsevier.

HRVATSKA ENCIKLOPEDIJA, 2013. *Željeznica*. URL: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=67678> (01.06.2023.)

LUCIĆ, R., 2021. *Korištenje WebGIS sustava na primjeru stručne prakse RGN fakulteta*. Završni rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

KING, H.M., 2020. *Diabase. Used as a construction stone for thousands of years*. URL: <https://geology.com/rocks/diabase.shtml> (12.07.2023.)

MINDAT, 2017. *Amphibolite*. URL: <https://www.mindat.org/min-48627.html> (12.27.2023.)

PAVIĆ, I., 2012. *Geografsko – informacijski sustav i model razvoja pomorskog katastra*. Naše more, 59 (5 – 6), str. 301 – 307

PERKOVIĆ, D., 1998. *Hidrogeološki katastar kao dio geografskog informacijskog sustava*, Magistarski rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

PRANJIĆ, M., 2017. *Prostorni podaci i geografske baze podataka*, Završni rad. Varaždin: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet organizacije i informatike.

SANDATLAS, 2015. *Amphibolite*. URL: <https://www.sandatlas.org/amphibolite/> (12.07.2023.)

SANDATLAS, 2015. *Diabase*. URL: <https://www.sandatlas.org/amphibolite/> (12.07.2023.)

VRKLJAN, D., KLANFAR, M., 2010. *Tehnologija nemetalnih mineralnih sirovina "Eruptivni materijali"*. Skripta. Zagreb: RGN fakultet