

Određivanje prostorne ovisnosti nagiba slojeva na primjeru Baških Oštarija na Velebitu

Špičko, Lidija

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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:169:606816>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO – GEOLOŠKO – NAFTNI FAKULTET
Diplomski studij geološkog inženjerstva

ODREĐIVANJE PROSTORNE OVISNOSTI NAGIBA SLOJEVA NA PRIMJERU
BAŠKIH OŠTARIJA NA VELEBITU

Diplomski rad

Lidija Špičko

GI - 225

Zagreb, 2016.

Sveučilište u Zagrebu

Diplomski rad

Rudarsko – geološko – naftni fakultet

ODREĐIVANJE PROSTORNE OVISNOSTI NAGIBA SLOJEVA NA PRIMJERU
BAŠKIH OŠTARIJA NA VELEBITU

LIDIJA ŠPIČKO

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko – geološko – naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo,
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

Sažetak: Prilikom terenske nastave na Velebitu, na području Baških Oštarija, izmjereni su nagibi slojeva i azimuti tih slojeva. Područje Velebita dio je Jadranske karbonatne platforme koja je nastala početkom donje jure i postojala sve do kraja gornje krede kada je zbog tektonskih aktivnosti došlo do njezine dezintegracije. Za vrijeme njezina postojanja istaložio se veoma debeo sloj naslaga, ponajviše karbonatnog sastava. Na temelju izmjerenih nagiba slojeva, u radu se pokušala utvrditi prostorna ovisnost tih nagiba slojeva te na temelju dobivenih rezultata pokušalo se pojasniti te geološki interpretirati zašto prostorna ovisnost nije dokazana ili se pokazala izuzetno malih vrijednosti.

Ključne riječi: Velebit, Jadranska karbonatna platforma, karbonatne stijene, geostatistika, variogram, formacija

Diplomski rad sadrži: 45 stranica, 3 tablice, 30 slika i 30 referenci

Jezik izvornika: hrvatski

Diplomski rad pohranjen: knjižnica Rudarsko – geološko – naftnog fakulteta

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Tomislav Malvić

Ocjenjivači: Izv. prof. dr. sc. Tomislav Malvić

Prof. dr. sc. Josipa Velić, prof. emerita

Prof. dr. sc. Rajna Rajić

Datum obrane: 27. rujna 2016.

University of Zagreb

Master's Thesis

Faculty of Mining, Geology

and Petroleum Engineering

DETERMINATION SPATIAL DEPENDENCE OF LAYER INCLINATION ON THE
BAŠKE OŠTARIJE, VELEBIT EXAMPLE

LIDIJA ŠPIČKO

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: During fieldwork at the Baške Oštarije location on the Velebit mountain, layer inclinations and their azimuths were measured. The Velebit area is the part of the Adriatic Carbonate Platform, which was created at the beginning of the Lower Jurassic and had existed until the end of the Upper Cretaceous. In the Upper Cretaceous, tectonic activities smashed the Adriatic Carbonate Platform. During its existence, a very thick layer of sediments was deposited, mostly of carbonate structure. Based on the measured layers' slope, this thesis is trying to define spatial dependence of those layers' inclination. On the basis of the results of the research, the thesis is trying to define and give a geological explanation as to why the spatial dependence has not been proven or has presented itself in very small values.

Keywords: Velebit, Adriatic Carbonate Platform, carbonate rocks, geostatistics, variogram, formation

Thesis contains 45 pages, 3 tables, 30 figures and 30 references

Original in Croatian

Thesis deposited at: The Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

Supervisor: Associate Professor Tomislav Malvić, PhD

Reviewers: Associate Professor Tomislav Malvić, PhD

Professor Emerita Josipa Velić, PhD

Professor Rajna Rajić, PhD

Date of defense: September 27, 2016

Sadržaj:

1.	UVOD.....	1
2.	ZEMLJOPIS ŠIREG ISTRAŽIVANOG PODRUČJA.....	2
	2.1.Dinarsko gorje	4
3.	GEOLOGIJA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA	6
	3.1.Razvoj Jadranske karbonatne platforme	6
	3.2.Regionalna litostratigrafija prostora Jadranske karbonatne platforme	15
4.	GEOSTATISTIČKA OBRADA PODATAKA	20
	4.1.Popis prikupljenih podataka	21
	4.2.Statistička obradba podataka prikupljenih na terenu	23
	4.3.Normalna razdioba	27
	4.4.Hi – kvadrat test.....	28
5.	VARIOGRAMSKA ANALIZA.....	31
	5.1.Općenito o variogramu	31
	5.2.Izrada variograma u računalnom programu Variowin.....	33
	5.3.Izrada eksperimentalnog variograma na temelju prikupljenih podataka na terenu	34
6.	KARTOGRAFSKI I DRUGI REZULTATI ISTRAŽIVANJA	38
7.	DISKUSIJA I ZAKLJUČAK	41
8.	UPOTREBLJENI PROGRAMSKI PAKETI.....	42
9.	POPIS LITERATURE.....	43

Popis tablica:

<i>Tabela 4.1. Prikaz podataka prikupljenih na terenu.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabela 4.2. Prikaz obrađenih podataka</i>	<i>25</i>
<i>Tabela 4.3. Izračunate vrijednosti koje su bile potrebne za provedbu hi – kvadrat testa.....</i>	<i>29</i>

Popis slika:

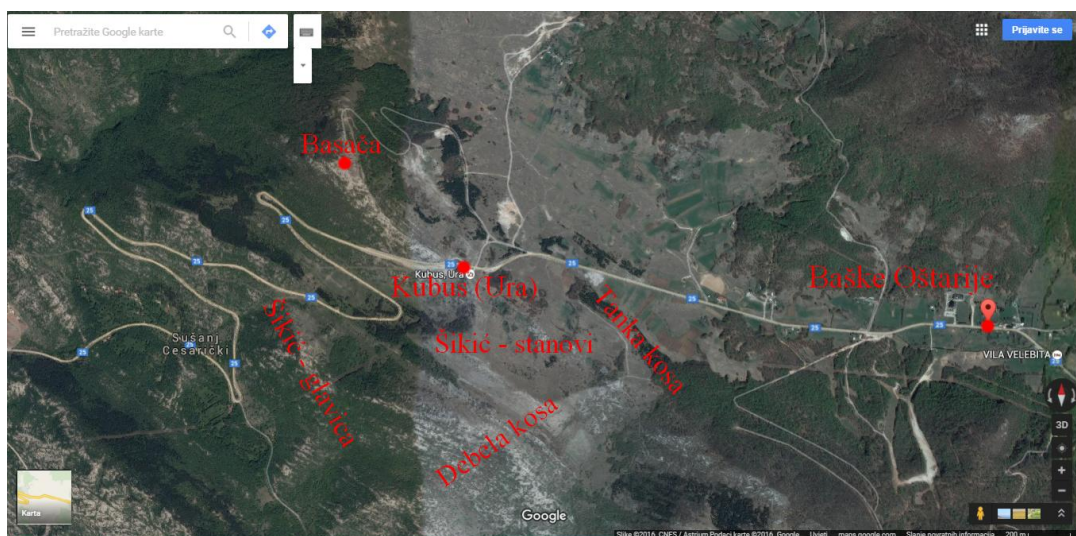
<i>Slika 1.1. Mikrolokacija područja na kojem su prikupljeni podaci</i>	<i>1</i>
<i>Slika 2.1. Geografski položaj Velebita</i>	<i>2</i>
<i>Slika 2.2. Karta Dinarida</i>	<i>4</i>
<i>Slika 3.1. Shematski prikaz zbivanja na prostoru sjeveroistočnog dijele gondvanskog šelfa i razvoj Apulijske i Jadranske karbonatne platforme te nastanak Jadranskog bazena.....</i>	<i>7</i>
<i>Slika 3.2. Područja prostiranja Jadranske, Apeninske i Apulijske karbonatne platforme.....</i>	<i>8</i>
<i>Slika 3.3. Područje prostiranja Jadranske karbonatne platforme</i>	<i>9</i>
<i>Slika 3.4. Položaj krških dolina Tudorevo i Mirovo.....</i>	<i>13</i>
<i>Slika 3.5. Pojednostavljena geološka karta oko Karlobaga, Baških Oštarija i Brušana</i>	<i>14</i>
<i>Slika 3.6. Shematski prikaz izdvojenih formacija na temelju četiri opisanih megasekvencija.....</i>	<i>18</i>
<i>Slika 3.7. Izdanak jedinice izmjene vapnenaca i dolomita.....</i>	<i>19</i>
<i>Slika 3.8. Izdanak litotidnih vapnenaca</i>	<i>19</i>
<i>Slika 4.1. Učestalost uporabe stohastike i determinizma prilikom istraživanja i analiziranja podataka</i>	<i>20</i>
<i>Slika 4.2. Grafički prikaz maksimalne i minimalne vrijednosti azimuta</i>	<i>23</i>
<i>Slika 4.3. Grafički prikaz izmjerenih nagiba slojeva</i>	<i>24</i>
<i>Slika 4.4. Histogram raspodjele podataka o nagibima slojeva po razredima</i>	<i>26</i>
<i>Slika 4.5. Dijagram učestalosti podataka</i>	<i>26</i>
<i>Slika 4.6. Normalna razdioba</i>	<i>28</i>
<i>Slika 5.1. Skica eksperimentalne variogramске krivulje</i>	<i>32</i>
<i>Slika 5.2. Eksperimentalni variogram br. 1</i>	<i>34</i>
<i>Slika 5.3. Prikaz ulaznih vrijednosti za izračun eksperimentalnoga variograma br. 1</i>	<i>34</i>
<i>Slika 5.4. Eksperimentalni variogram br. 2</i>	<i>35</i>
<i>Slika 5.5. Prikaz ulaznih vrijednosti za izračun eksperimentalnoga variograma br. 2</i>	<i>35</i>
<i>Slika 5.6. Eksperimentalni variogram br. 3</i>	<i>36</i>
<i>Slika 5.7. Prikaz ulaznih vrijednosti za izračun eksperimentalnoga variograma br. 3</i>	<i>36</i>
<i>Slika 5.8. Eksperimentalni variogram br. 4</i>	<i>37</i>
<i>Slika 5.9. Prikaz ulaznih vrijednosti za izračun eksperimentalnoga variograma br. 4</i>	<i>37</i>
<i>Slika 6.1. Karta nagiba slojeva</i>	<i>38</i>
<i>Slika 6.2. Karta nagiba slojeva 2</i>	<i>38</i>
<i>Slika 6.3. Karta nagiba slojeva s ucrtanim profilima</i>	<i>39</i>
<i>Slika 6.4. Profili A – A', B – B', C – C' i D - D' nagiba slojeva</i>	<i>40</i>

1. UVOD

Diplomski rad *Određivanje prostorne ovisnosti nagiba slojeva na primjeru Baških Oštarija na Velebitu* temelji se na znanju stečenom na kolegiju *Geostatistika* koji se izvodi na diplomskim studijima na Rudarsko – geološko – naftnom fakultetu u Zagrebu. U sklopu nastave iz kolegija, gradivo i primjena znanja rada u računalnim programima koji su utvrđeni na nastavi primijenjeni su za izradu ovog diplomskog rada.

U radu pokušala se utvrditi prostorna ovisnost nagiba slojeva na jednom širem smjestaštu prekriveno mjerenim uzorcima te varijable. Na temelju dobivenih rezultata, pokušalo se pojasniti te geološki interpretirati zašto prostorna ovisnost nije dokazana ili se pokazala izuzetno malih vrijednosti.

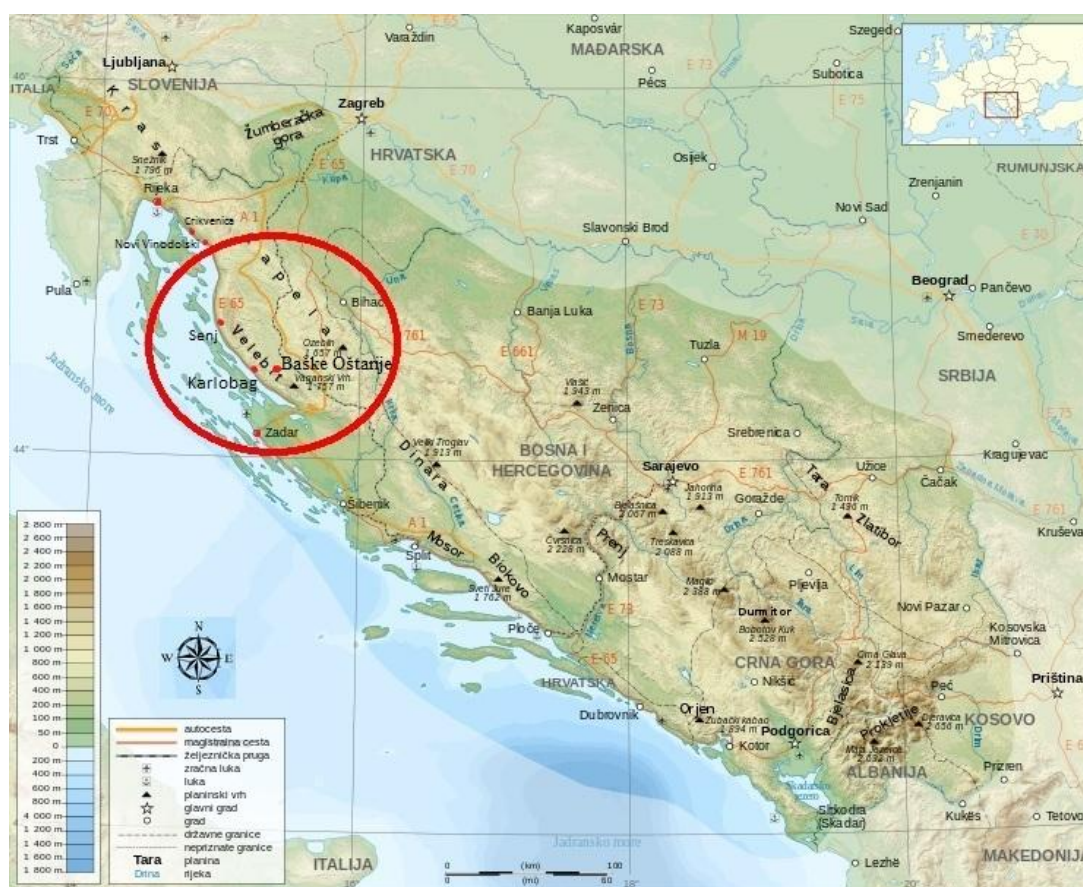
Podaci o nagibima slojeva uzeti su na području Baških Oštarija na Velebitu (**Slika 2.1.**), točnije oko Kubusa (Ura); zatim uz cestu koja vodi od Kubusa prema Karlobagu, u podnožju sjeverozapadnog dijela Basače, na području Šikić – glavice, Šikić – stanova te Debele i Tanke kose. Mikrolokacija na kojoj su prikupljeni podaci prikazana je na **Slici 1.1.** Podaci su prikupljeni na terenu u sklopu terenske nastave iz kolegija *Geološko kartiranje 1* koji se izvodi na trećoj godini preddiplomskog studija geološkog inženjerstva na Rudarsko – geološko – naftnom fakultetu u Zagrebu. Terenska nastava se održala od 2. do 6. lipnja 2014. godine.



Slika 1.1. Mikrolokacija područja na kojem su prikupljeni podaci (www.google.hr/maps/ , izmjenjeno)

2. ZEMLJOPIS ŠIREG ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Velebit se proteže od prijevoja Vratnik iznad Senja na sjeverozapadu, duž Velebitskog kanala i dijela Jadranskog mora do kanjona rijeke Zrmanje na jugoistoku, s ukupnom duljinom od 145 km što ju čini najdužom planinom u Hrvatskoj. Okružen je Jadranskim morem, a na kopnu Gackim, Ličkim i Gračackim poljem dok mu u podnožju teku rijeke Gacka, Lika i Otuča. U blizini se nalaze gradovi Senj, Otočac, Gospić i Karlobag. Geografski položaj Velebita prikazan je i na karti (**Slika 2.1.**).



Slika 2.1. Geografski položaj Velebita (<https://hr.wikipedia.org/wiki/Dinaridi>)

Širina mu varira od 10 km na južnom dijelu do 30 km na sjevernom, čime zauzima ukupnu površinu od oko 2270 km². Najviši vrh Velebita je Vaganski vrh (1757 m). Međutim, Velebit je po visini tek četvrta planina u Hrvatskoj, no uz najveći broj vrhova iznad 1700 m. Uz najvišu planinu, Dinaru (1831 m), zatim Kamešnicu (1809 m) te

Biokovo (1762 m), predstavlja najviše planine na području Hrvatske koje pripadaju Dinarskom gorju. Dinarsko gorje predstavlja mlado ulančano gorje jugoistočne Europe koje se proteže od rijeke Soče i Trnovskog Gozda na zapadu do rijeke Drim i Prokletija u sjevernoj Albaniji (<http://www.dinarskogorje.com/planine.html>).

Velebit predstavlja prirodnu granicu između kontinentalne i mediteranske Hrvatske. Padine Velebita na nekim dijelovima su vrlo strme. Primorska padina je vrlo kršovita te siromašna vegetacijom dok je kopnena padina obrasla šumom. Takva biološka raznolikost, s puno endema, rezultat je klime na području Velebita koja varira od submediteranske klime u velebitskom kanalu preko planinske klime na vrhovima Velebita do kontinentalne klime u Ličkoj visoravni. Varijacije klime primjetne su čak i na malim udaljenostima (cca 10 km). Uz veliku vegetacijsku raznolikost, klima je uzrok i složenih padalinskih uvjeta na tom području. Uglavnom se količine padalina smanjuju od jugoistoka prema sjeverozapadu, pa tako na rubnom ličkom prostoru količina oborina premašuje 1880 mm, dok na primorskoj velebitskoj padini doseže tek nešto više od 1180 mm. Najviša godišnja količina oborina je na samom vršnom dijelu Velebita gdje premašuje 3000 mm. Zbog miješanja različito zagrijanih zračnih masa na vršnom dijelu Velebita, koje jednim dijelom dolaze s primorja, a drugim s kopnenog dijela, za to područje karakterističan je i velik broj maglovitih dana (187 dana) te dana sa snježnim pokrivačem višim od 30 cm. Na području Velebita puše i bura sa smjera istoka koja često dostiže orkansku jačinu (<http://www.np-sjeverni-velebit.hr/park/nezivapriroda/klima/>; <https://hr.wikipedia.org/wiki/Velebit>; <http://www.pp-velebit.hr/index.php/hr/klima>).

Cijelo područje Velebita zaštićeno je kao park prirode od 1981.godine, a područje Sjevernog Velebita (1999.g.) i Paklenice (1949.g.) proglašeno nacionalnim parkom. Unutar nacionalnog parka Sjeverni Velebit nalaze se strogi rezervat Hajdučki i Rožanski kukovi, najdublja jama u Hrvatskoj, Lukina jama (-1392 m), botanički rezervat Visibaba (pronalazak hrvatske sibireje, *Sibiraea altaiensis croatica*, endemična biljka), šumski rezervat Borov vrh, botanički rezervat Zavižan – Balinovac – Velika kosa te Štirovača, posebni rezervat šumske vegetacije. Na Velebitu je pronađena i velebitska degenija (*Degenia velebitica*), najpoznatija biljna endemska vrsta koja se nalazi na hrvatskoj kovanici od 50 lipa. Na području Velebita nalazi se i mnogo planinarskih staza, a najpoznatija je Premužićeva staza (https://hr.wikipedia.org/wiki/Nacionalni_park_Sjeverni_Velebit; <http://www.np-sjeverni-velebit.hr/park/>).

2.1.Dinarsko gorje

Dinarsko gorje obuhvaća dio planinskog prostora koji se proteže od Slovenije, preko Hrvatske, Bosne i Hercegovine, Crne Gore, Albanije i Makedonije. Na prostoru Hrvatske obuhvaća nekoliko planina, među kojima je i Velebit.

Dinarsko gorje je prema građi podijeljeno na tri pojasa. To su primorski pojas, središnji pojas i sjeveroistočni pojas. Pojedini pojasevi te granica Dinarskog gorja ucrtana je na karti koja je prikazana na **Slici 2.2.**



Slika 2.2. Karta Dinarida (<http://www.dinarskogorje.com/planine.html>). Na karti su vidljive približne granice Dinarida te približne granice između pojedinih pojaseva.

Primorski pojas sastoji se od planinskih lanaca koji se protežu neposredno uz obalu Jadranskog mora, obuhvaćajući područje sjevernog Jadrana, Velebita i Biokova (planine Dalmacije), planina primorske i središnje Crne Gore te područje niske Hercegovine. U njemu prevladavaju kredni i eocenski vapnenci te eocenski fliš.

Središnji pojas obuhvaća krške visoravni Slovenije i Hrvatske, Malu i Veliku Kapelu (planine Like), Dinaru, planine zapadne Bosne, planine visoke Hercegovine, središnje bosansko – hercegovačke planine te planine Crne Gore i Prokletije. Izgrađen je od vapnenaca koji su na površini kredne starosti, a ispod njih nalaze se vapnenci trijaskne starosti, te dolomita. U zavalama se nalaze još i jezerski sedimenti iz mlađeg tercijara.

Sjeveroistočni pojas obuhvaća slovenske Dolenjske, sjeverozapadnu Hrvatsku, planine srednje i istočne Bosne, planine Starog Vlaha i Raške (Sandžaka), planine sjeverozapadne Srbije te peripanonske (preddinarske) planine. Izgrađen je od eruptivnih stijena koje su prekrivene sedimentima taloženih iz Panonskog mora te paleozojskih naslaga na sjeveru ovog pojasa (<https://hr.wikipedia.org/wiki/Dinaridi>; <http://www.dinarskogorje.com/planine.html>).

3. GEOLOGIJA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

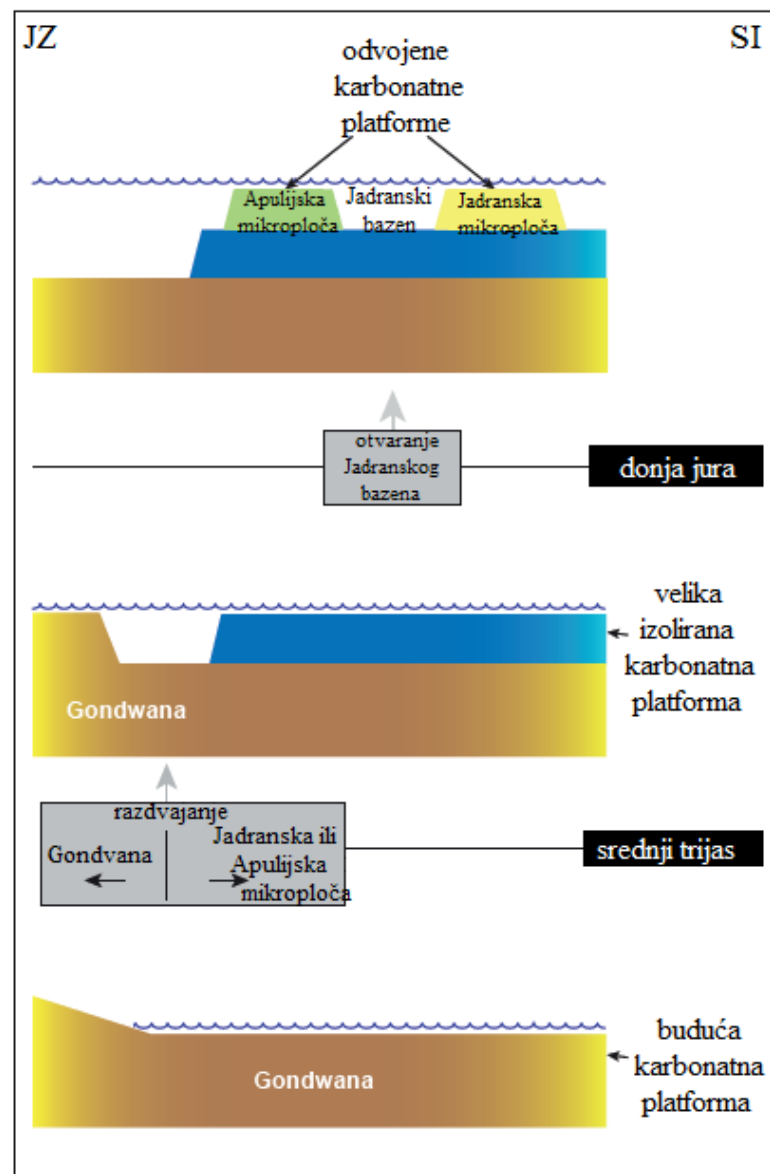
Područje Velebita, kakvoga danas poznajemo, formiralo se kroz dugu geološku povijest. U ovom poglavlju biti će opisani događaji koji su doveli do njegovog formiranja, ali i okolnog područja. Sve je počelo razvojem Jadranske karbonatne platforme prije otprilike 200 milijuna godina. Zbog tektonskih događaja te promjenom različitih uvjeta taloženja koji su imali utjecaja na taloženje različitog materijala na ovom području, formirao se velik broj različitih naslaga koje svjedoče o dugoj i zanimljivoj povijesti formiranja ovog prostora.

3.1. Razvoj Jadranske karbonatne platforme

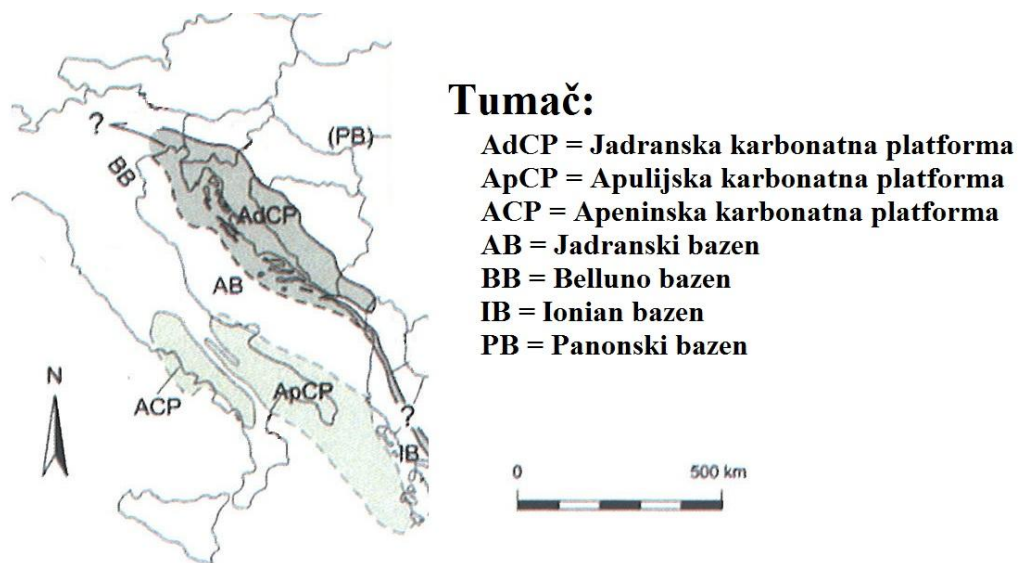
Koncem trijasa započela je dezintegracija Pangee (**Bucković, 2006**). Pangea je superkontinent koji je nastao hercinskom orogenezom u srednjem karbonu kada je Gondvana kolidirala s Laurazijom (**Bucković, 2006**). Dezintegracija Pangee nastavila se tijekom jure. Tijekom srednjeg trijasa i u donjoj juri na području Gondvane započela je kontinentalna riftna faza koja se nastavila kolizijom u gornjoj kredi, a traje još i danas (**Malvić et al., 2015**). U donjoj juri, započelo je riftanje istočne i zapadne Gondvane, riftovanje između Afrike, Sjeverne Amerike i u Meksičkom zaljevu da bi se do kraja jure otvorio današnji Atlantski ocean između istočne i zapadne Gondvane (**Bucković, 2006**). Uz riftanje, na području Gondvane bio je izražen regionalni vulkanizam koji je doprinio odvajanju dijelova Gondvane.

Do početka srednjeg trijasa, na sjevernom, šelfnom prostoru Gondvane taložili su se siliciklastični sedimenti i karbonati (**Vlahović et al., 2005**). Zbog ranije spomenute tektonske aktivnosti na ovom području, u srednjem trijasu došlo je i do odvajanja sjevernog ruba Gondvane koja je postala velika izolirana karbonatna platforma. Ta velika izolirana karbonatna ploča u donjoj juri podijelila se na tri mikroploče, odnosno tri manje karbonatne platforme: Jadransku, Apulijsku i Apeninsku (**Vlahović et al., 2005**). Jadranska karbonatna platforma protezala se od sjeveroistoka Italije pa sve do Turske, dok su se duž njene jugozapadne obale protezale Apulijska i Apeninska. Mikroploče, koje su bile izolirani dio bivšeg šelfa, stvarale su plitkovodne platformne prostore na kojima su se

taložili uglavnom litološki homogeni karbonati (*Vlahović et al., 2005*). One su bile odvojene dubljim marinskim područjima, tj., bazenima. U toarciju, došlo je do formiranja Jadranskog bazena između Jadranske i Apulijske karbonatne platforme koji je povezao Belluno bazen s Ionian bazenom (*Vlahović et al., 2005*). Na **Slici 3.1.** shematski je prikazano zbivanje na prostoru sjeveroistočnog dijela gondvanskog šelfa i razvoj Apulijske i Jadranske karbonatne platforme tijekom trijasa i jure, dok je područje prostiranja karbonatnih platformi koje su se formirale nakon dezintegracije Gondvane te područje prostiranja bazena prikazano na **Slici 3.2.**

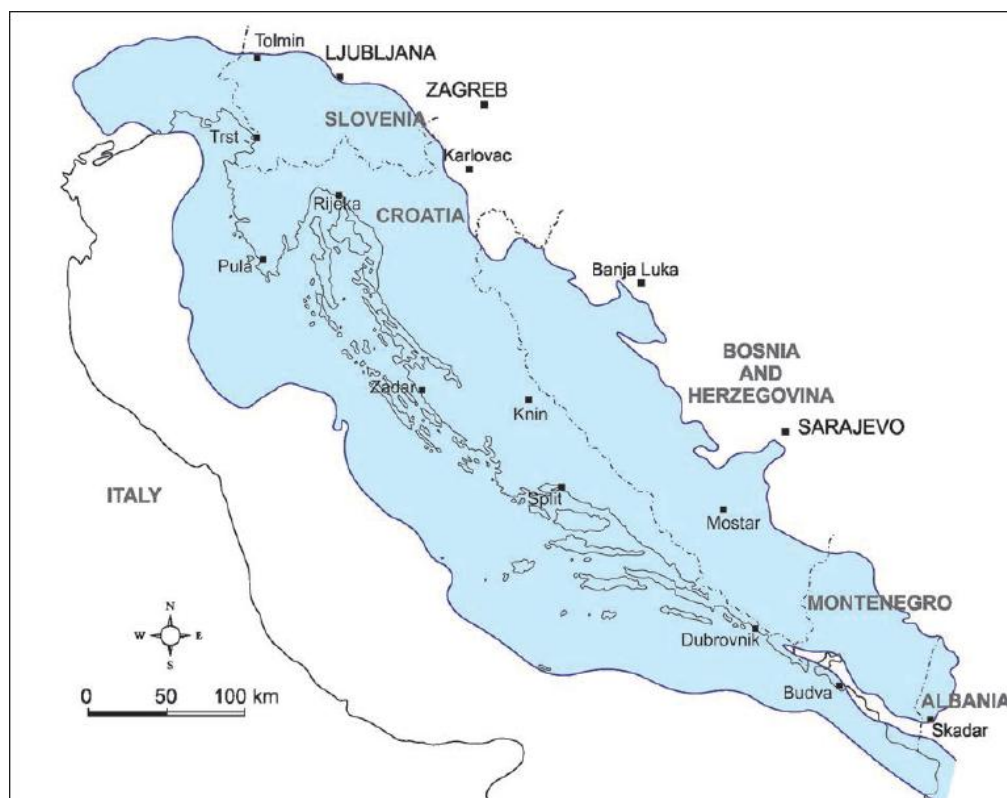


Slika 3.1. Shematski prikaz zbivanja na prostoru sjeveroistočnog dijela gondvanskog šelfa i razvoj Apulijske i Jadranske karbonatne platforme te nastanak Jadranskog bazena (iz *Vlahović et al., 2005*, izmijenjeno)



Slika 3.2. Područja prostiranja Jadranske, Apeninske i Apulijske karbonatne platforme (iz *Vlahović et al., 2005*, izmjenjeno). Na karti su prikazani i položaji dubokomorskih bazena koji su se otvorili između karbonatnih platformi.

Od spomenutih karbonatnih platformi, Jadranska karbonatna platforma bila je najveća (*Vlahović et al., 2005*). Područje prostiranja Jadranske karbonatne platforme prikazano je na **Slici 3.3**. Od mezozoika platforma kontinuirano je migrirala prema sjeveru i sjeveroistoku (*Velić, 2007*).



Slika 3.3. Područje prostiranja Jadranske karbonatne platforme (iz *Malvić et al., 2015*)

Najstarije stijene ovog područja potječu iz karbona, a prevladavaju siliciklastični sedimenti s rijetkim lećama vapnenaca; na njima se nalaze klastični karbonatni sedimenti iz donjeg perma, zatim su se istaložili klastiti iz srednjeg perma, a od srednjeg perma pa do srednjeg trijasa taložili su se karbonati i siliciklastični sedimenti (*Vlahović et al., 2005*). Na prostoru središnjeg dijela Dinarida, gornjopermski sedimenti podijeljeni su na tri glavna facijesa. To su (prema *Tišljar, 1992*) karbonatni facijesi, evaporitni facijesi s ranodijagenetskim dolomitima te klastične stijene. Karbonatni facijesi su uglavnom sastavljeni od vapnenaca koji su se taložili u lagunama (*Tišljar, 1992*). Facijes evaporita s ranodijagenetskim dolomitima sadrži gips ili anhidrit s fragmentima dolomita ili ostatke dolomitno – evaporitnih breča koje su nastale prilikom intenzivne tektonske aktivnosti; često se mogu naći izmjene dolomita i gipsa u tankim, izlomljenim slojevima. Gips je uslojen u slojevima debelim 3 – 8 cm i pojavljuje se najčešće na površini ili blizu površine dok je anhidrit smješten dublje (*Tišljar, 1992*). Vapnenci karbonatnog facijesa pojavljuju se u asocijaciji s evaporitima koji se talože u plitkomorskim, veoma slanim lagunama ili u veoma plitkim subtajdalnim do intertajdalnim okolišima (*Tišljar, 1992*). Facijes klastičnih

stijena uglavnom se sastoji od silita i pješčenjaka te šupljikavih karbonatnih breča koje su produkt fizičkog i kemijskog trošenja tektonski razlomljenih karbonatno – evaporitnih sedimenata (*Tišljar, 1992*)

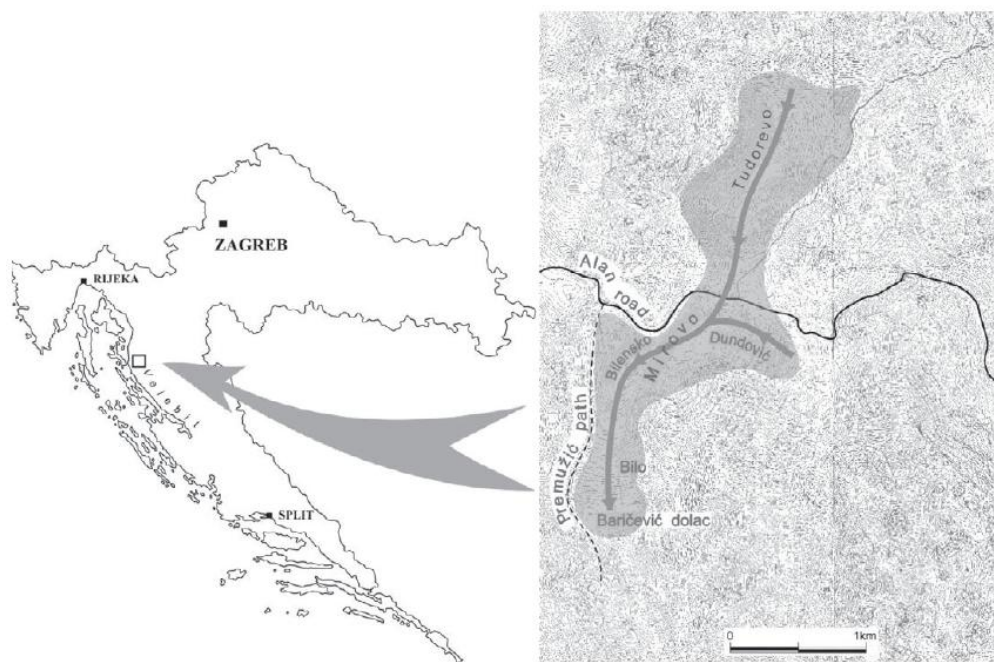
Od srednjeg trijasa na platformi odvijalo se taloženje plitkomorskih vapnenaca u kojima se mogu naći vulkanske i vulkanoklastične stijene čija starost datira iz ladinika (*Vlahović et al., 2005*). S prijelaza iz srednjeg u gornji trijas na ovom području odvijala se emerzija tijekom koje su se taložili plitkomorski sedimenti, a koja je rezultirala pojavom boksita u širem području. Tako je boksit trijaske starosti nađen u južnoj Sloveniji, na sjeveroistoku Velebita te u Crnoj Gori. Taloženje plitkomorskih sedimenata nastavilo se u juri pa sve do kraja krede. U toarciju odvijala se emerzija na sjeveroistočnom dijelu Jadranske karbonatne platforme, dok su na njenom sjeverozapadnom dijelu pronađeni tzv. mrljasti vapnenci. Mrljasti vapnenci su vapnenci u kojima su zabilježene intenzivne bioturbacije karbonatnog mulja te različit omjer organske materije u primarnim stijenama koje su indicacija spore sedimentacije i izolirano mjesto taloženja, tj. nastanak u anoksičnim uvjetima koji su se tada odvijali u unutarnjim dijelovima platforme (*Tišljar et al., 2002*). Na sjeverozapadnom dijelu nađeni su i masivni mudstoni. U srednjoj donjoj juri (sinemurij – plinzbah) na platformi su nastale biostrome, 0,3 – 0,8 m debele koje su sastavljene od školjaka litiotis i brahiopoda koje su fosilizirane u živućem položaju (*Tišljar et al., 2002*). U donjoj i srednjoj juri istaložili su se bioklastični grainstoni, rudisti i sporadično floatstoni koji imaju kalcitični cement te sadrže dobro sortirane i zaobljene intraklaste i bioklaste, promjera 0,5 – 10 mm sastavljene od hidrozoja i drugih strpomatolita, te rijetkim fragmentima koralja i gastropoda (*Tišljar et al., 2002*). Tijekom gornje jure, na sjevernoj, sjeveroistočnoj i jugoistočnoj granici platforme stvorila se gotovo kontinuirana koraljno – hidrozijska grebenska barijera dugačka od 10 do stotinjak km koja se protezala od zapadne Slovenije do jugoistočne Crne Gore i sjeverozapadne Albanije. Međutim, veliki grebenski kompleksi nisu nađeni unutar jurskih karbonata u hrvatskom dijelu Jadranske karbonatne platforme, jer su neki grebeni kompletno uništeni dok se većina pojavljuje u manjim ili većim fragmentima skeletnog detritusa u formi bioklastičnih vapnenaca (*Tišljar et al., 2002*). Gornju juru (oksford) karakteriziraju kasnodijagenetski domomiti koji uključuju velike mase, tijela i slojeve mikrokristalne do grubokristalne dolomite koji također sadrže i fragmente više ili manje intenzivno domitiziranih vapnenaca. Veličina fragmenata iznosi 0,02 – 0,8 mm (*Tišljar et al., 2002*). Početkom krede u Krškim Dinaridima uglavnom su se istaložili ranodijagenetski dolomiti, sa ili bez evaporita, a na ovim prostorima mogu se naći

i ranodijagenetski dolomiti s kristalnim oblicima evaporitnih minerala iz cenomana – turona (*Tišljar et al., 2002*). Tijekom kratkotrajne emerzije u gornjem aptu taložile su se nepotpuno konsolidirane karbonatne naslage s proslojcima blago zaobljenih valutica konglomerata, breče s crnim fragmentima te sivim i tamnozelenim proslojcima gline, a u blizini površine, dubine 10 – 40 m, te u izrazito tektoniziranim područjima došlo je do dedolomitizacije ili kalcitizacije kasnodijagenetskih dolomita koji su pretvoreni u mikrokristalne vapnence s rekristaliziranom teksturom (*Tišljar et al., 2002*). Tijekom gornje krede nastavilo se taloženje karbonatnih stijena preko starijih mezozojskih naslaga; taložili su se masivni mudstoni, floatstoni, wackestoni, packstoni te rudstoni koji sadrže rudiste i konodonte. (*Tišljar et al., 2002*). Unutar krednih naslaga nađen je i boksit.

Krajem krede došlo do snažne tektonske dezintegracije Jadranske karbonatne platforme. Tijekom njezinog postojanja, u trajanju od 125 milijuna godina, na njenom području istaložila se ukupna debljina naslaga koja varira od 3500 do 5000 m (*Vlahović et al., 2005*), a duljina naslaga je oko 700 km i 80 – 210 km široka (*Tišljar et al., 2002*). Kasnije su se debljine, duljine i širine naslaga reducirale tektonikom.

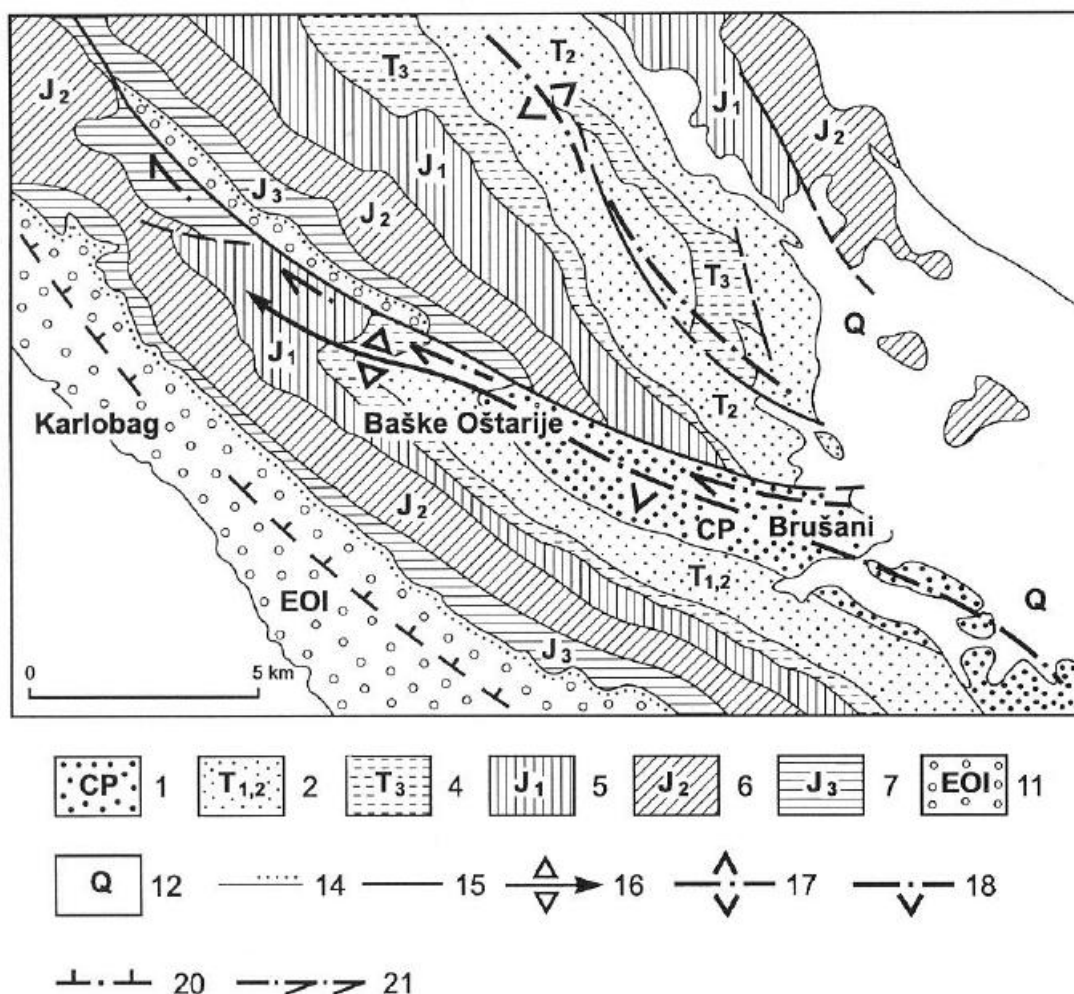
Nakon dezintegracije Jadranske karbonatne platforme, dio platformskih sedimenata počeo se izdizati te je započelo formiranje Dinarida (*Vlahović et al., 2005; Malvić et al., 2015*). Dinaridi se mogu podijeliti na Unutarnje Dinaride i Vanjske Dinaride. Klasifikacija je načinjena na temelju različitih vrsta stijena koje se nalaze na području te morfologijom terena. Vanjski Dinaridi nalaze se između Jadranske obale i Unutarnjih Dinarida te čine južnu granicu Panonskog bazenskog sustava. Vanjski Dinaridi nazivaju se i Krškim Dinaridima jer na tom području prevladava krš. Prema *Parlov (2015)* *krš je teren osobitih geomorfoloških, geoloških i hidrogeoloških svojstava* za čiji su nastanak potrebni određeni klimatski i tektonski uvjeti te određen sastav stijena koje su podložne kemijskoj razgradnji pod utjecajem voda. Krški Dinaridi uglavnom se sastoje od vapnenaca iz gornje jure s proslojcima ranodijagenetskih dolomita i breča (*Tišljar et al., 2002*). Na području krških Dinarida nalaze se 4000 – 6500 m debeli slojevi čistih karbonata. Međutim, oni na nekim mjestima dosežu debljinu i veću od 8000 m (*Velić, 2007*). Između Vanjskih Dinarida i Panonskog bazena nalaze se Unutarnji Dinaridi. Na prostoru Unutarnjih Dinarida mogu se na površini naći metamorfne i magmatske stijene, prvenstveno gabrovi, dijabazi, spiliti i tufovi; zatim karbonati, fliševi, klastiti i ofioliti.

Tijekom paleogena, na prostorima nekadašnje Jadranske karbonatne platforme, u malim sedimentacijskim bazenima odvijalo se taloženje fliša; tijekom paleocena i eocena taložile su se liburnijske naslage, a od donjeg do srednjeg eocena odvijalo se taloženje foraminiferskih vapnenaca (*Vlahović et al., 2005*). Sinklinale ispunjene eocenskim flišem nalaze se i na kontaktu Velike Kapele i Velebita (*Blašković, 1998*). Naslage iz paleocena i eocena kasnije su prekrivene prominskim naslagama i Jelar brečama, koje su uz bazene fliša, posljedica tektonske aktivnosti koja se odvijala od kraja krede pa do eocena. Ona je uzrokovala i izdizanje Dinarida koje je završilo u oligocenu – miocenu (*Vlahović et al., 2005*). Naslage iz kenozoika uglavnom se diskordantno nalaze iznad starijih stijena, a njihov kontinuirani slijed može se pratiti duž priobalja (*Malvić et al., 2015*). Tijekom kvartara, taloženje sedimenata u Jadranskom bazenu obilježeno je glacijalima i interglacijalnim razdobljima koje je rezultiralo promjenama razine mora, ali i promjenom širine ledenog pokrova koji se za hladnijih razdoblja širio i dijelovima Velebita (*Malvić et al., 2015*). 2011. godine provedeno je istraživanje o glacijalima iz kasnog pleistocena u dvjema krškim dolinama na Sjevernom Velebitu, Tudorevo i Mirovo (*Velić et al., 2011*). Položaji tih dviju krških dolina prikazani su i na **Slici 3.4**. Prilikom kretanja ledenjaka kroz Tudorevo i Mirovo krške doline, stvorila se glacijalna dolina, U – oblika, duga oko 4 km. Prilikom kretanja ledenjaka kroz dolinu, odvijalo se i njegovo otapanje te su se na putu njegova kretanja kaotično istaložili sedimenti, koji su uglavnom sastavljeni od karbonatnog pijeska, debrisa, zaobljenih klasta, fragmenata stijena i blokova stijena čija starost, uglavnom, datira iz srednje jure (*Velić et al., 2011*). Prvenstveno su to tilovi, glaciofluvijalni sedimenti i glaciojezerski sedimenti (*Velić et al., 2011*). Tilovi su sastavljeni od debrisa i klasta karbonatnih stijena koji imaju različite veličine zrna, zaobljeni su te su istaloženi kaotično i nesortirano; glaciofluvijalni sedimenti sastavljeni su od materijala koji su pretaloženi iz tila, dok su glaciojezerski sedimenti uglavnom pijesci i gline koji predstavljaju ostatke glacijalnih jezera koja su se formirala za vrijeme topljenja ledenjaka. Glaciojezerski pijesci i gline na površini su prekriveni humusom i travom, te su samo djelomično izloženi.



Slika 3.4. Položaj krških dolina Tudorevo i Mirovo. Tamnosivom strelicom pokazano je smjer distribucije sedimenata, a svijetlosivo je obojano područje distribucije sedimenata prilikom topljenja i kretanja ledenjaka (iz Velić et al., 2011)

1998. godine provedeno je opsežno geomorfološko istraživanje na području hrvatskog dijela Dinarida (**Blašković, 1998**). Na području Velebita, oko Karlobaga, Baških Oštarija i Brušana utvrđen je rasjed Brušane – Baške Oštarije kod kojeg je pretpostavljeno da se odvijalo kretanje blokova od jugozapada prema sjeverozapadu. Rezultati ovog istraživanja oko Baških Oštarija prikazani su i na **Slici 3.5**, koja prikazuje pojednostavljenu geološku kartu tog istraživnog područja.



Slika 3.5. Pojednostavljena geološka karta oko Karlobaga, Baških Oštarija i Brušana. Legenda: (1) karbonsko – permske klastične i karbonatne stijene; (2) donjo- do srednjotrijaske i srednjotrijaske klastične stijene; (4) gornjotrijaski dolomiti; (5) stijene donje jure; (6) stijene srednje jure; (7) stijene gornje jure; (11) Jelar breče; (12) kvartarne naslage; (14) normalni kontakt; (15) rasjed; (16) antiklinalna os; (17) antiformalna os; (18) os dijela antiklinale (20) reversni rasjed; (21) smjer kretanja rasjednih blokova (iz *Blašković, 1998*).

Danas se na površini u Italiji, Sloveniji, Hrvatskoj, Bosni i Hercegovini, Srbiji, Crnoj Gori te Albaniji mogu naći sedimenti Jadranske karbonatne platforme zahvaljujući tektonskim zbivanjima u kenozoiku (*Vlahović et al., 2005*). Granice platforme uglavnom su prekrivene mlađim naslagama, no na pojedinim dijelovima mogu se naći ostaci Jadranske karbonatne platforme. Sjeveroistočne granice platforme, čiji su ostaci izloženi na području Žumberačke i Samoborske gore, prekrivene su paleozojsko – trijaskim naslagama, krednim/paleogenskim flišnim naslagama te neogenskim i kvartarnim

sedimentima. Tijekom jure i krede sjeveroistočna granica platforme bila je najdinamičnija granica na kojoj su danas vidljive kompleksne geološke strukture kao posljedica strukturno – tektonskih promjena nakon dezintegracije Jadranske karbonatne platforme na kraju krede te intenzivno tijekom tercijara (*Dragičević i Velić, 2002*). Zbog velike geodinamičnosti ovog prostora, ne postoji lokacija na kojoj bi se kontinuirano mogla pratiti sedimentacijska sekvencija. No zato postoje neki drugi zapisi. Zbog intenzivne tektonike od kraja krede, uz uzdužne rasjede na rubovima platforme, formiraju su se i kopnene površine – otoci poredani u nekoliko nizova čija je duljina paralelna s obalom Jadranskog mora, odnosno, pretpostavlja se da je njihov elipsoidalni oblik s dužom osi elipse paralelan rubu šelfa (*Dragičević et al., 2010*). Jugozapadna granica prekrivena je neogenskim i kvartarnim sedimentima koji su prekriveni Jadranskim morem, a ujedno i *predstavljaju granicu dosega taloženja pliocenskih, pleistocenskih i holocenskih taložina donešenih u Jadran s hrvatske strane (Vlahović et al., 2005; Malvić et al., 2015).*

3.2.Regionalna litostratigrafija prostora Jadranske karbonatne platforme

Kroz povijest, na prostoru Dinarida, odvijala su se dva važna događaja. Prvi je bio u donjoj juri kada se formirala Jadranska karbonatna platforma, a drugi se dogodio u gornjoj kredi kada se odvijala dezintegracija Jadranske karbonatne platforme. Ti događaji uzrokovali su promjene taložnog okoliša tijekom neogena i kvartara. Naslage koje su se istaložile na ovom prostoru, podijeljene su na četiri megasekvencije unutar kojih je definirano 6 formacija. To su (prema *Velić et al., 2015; Malvić et al., 2015*):

1. Pretplatformska megasekvencija od gornjeg karbona do donje jure, u kojoj su izdvojene formacija Brušane i formacija Baške Oštarije;
2. Platformska megasekvencija od donje jure do gornje krede, u kojoj je izdvojena formacija Mali Alan;
3. Pretplatformska megasekvencija od paleogena do neogena, u kojoj je izdvojena formacija Raša;
4. Megasekvencija od neogena do kvartara, u kojoj su izdvojene formacija Istra i formacija Ivana.

Na **Slici 3.6.** nalazi se shematski prikaz formacija koje su određene unutar megasekvencija. Na slici su šrafurom prikazane i pojedine naslage koje se nalaze u pojedinim formacijama.

Formaciju Brušane (kasni karbon – kraj perma) predstavljaju najstarije stijene koje su izložene na Velebitu i u jugoistočnoj Lici. To su siliciklastiti i karbonati iz gornjeg karbona. Karbonati su taloženi u plitkomorskim sredinama i sadrže krinoide, brahiopode, foraminifere i alge. Velike leće vapnenaca koji su također taloženi u plitkomorskim uvjetima, nalaze se unutar slojeva siliciklastita. Emerzija koja se odvijala u gornjem permu, uzrokovala je nastanak crvenih pješčenjaka koje sadrže leće konglomerata. Debljina crvenih pješčenjaka doseže i do 250 m, a nađeni su u Lici i na Velebitu. Karbonati iz srednjeg do kasnog perma dolomitizirani su te su tako stvorene tzv. Mizzia dolomiti koji se na površini pojavljuju kao svijetlosivi ranodijagenetski dolomiti i tamnosivi kasnodijagenetski dolomiti. Debljina tih naslaga na pojedinim lokacijama doseže i do 1100m. Lokalno, mogu se naći i packstoni/grainstoni s proslojcima mudstona, debljine 40 do 90 m, a poznata su i nalazišta evaporita na sjeveroistoku (*Velić et al., 2015*).

Formacija Baške Oštarije nalazi se na formaciji Brušane i formirala se tijekom trijasa pa sve do toarcija, tj., gornjeg dijela donje jure. U donjem trijasu u formaciji su se taložili karbonati i tzv. Verfen naslage koje sadrže pjeskovite dolomite; zatim mrljasti vapnenci (sadrže amonite *Dinarites* i *Tirolites*) te talkom bogati pješčenjaci. Na tim naslagama istaložili su se srednjotrijaski diploporni vapnenci koji su taloženi u plitkom, relativno nemirnom okolišu te sadrže bentičke organizme (fragmente krinoida, školjkaša, brahiopoda i briozoja). Debljina diplopornih vapnenaca na Velebitu iznosi 700 – 1400 m. Tijekom srednjeg trijasa (ladinik) pa do gornjeg trijasa (kasni norik) odvijala se na ovom području ekstenzija koja je rezultirala nastankom malog bazena unutar formacije. Bazen je ispunjen šejlovima, pješčenjacima, dubokomorskim vapnencima, piroklastitima, tufovima te tufitima. Ti klastiti su većinom crveni, a u južnim Alpama i Dinaridima poznati su kao Rebelj naslage koje su na Velebitu i do 200 m debele. Rebelj naslage te okršene diploporne vapnence u kasnom noriku preplavilo je more te su se na njima istaložile naslage gornjeg trijasa (norik – ret) poznate pod imenom haupdolomiti. Debljina haupdolomita na Velebitu iznosi oko 250 m. Haupdolomiti su obilježeni izmjenom svijetlosivih, ranodijagenetskih i tamnosivih, kasnodijagenetskih dolomita. Haupdolomiti mogu mjestimično sadržavati tufitične proslojke. Na prijelazu iz trijasa u juru, na haupdolomitima istaložili su se

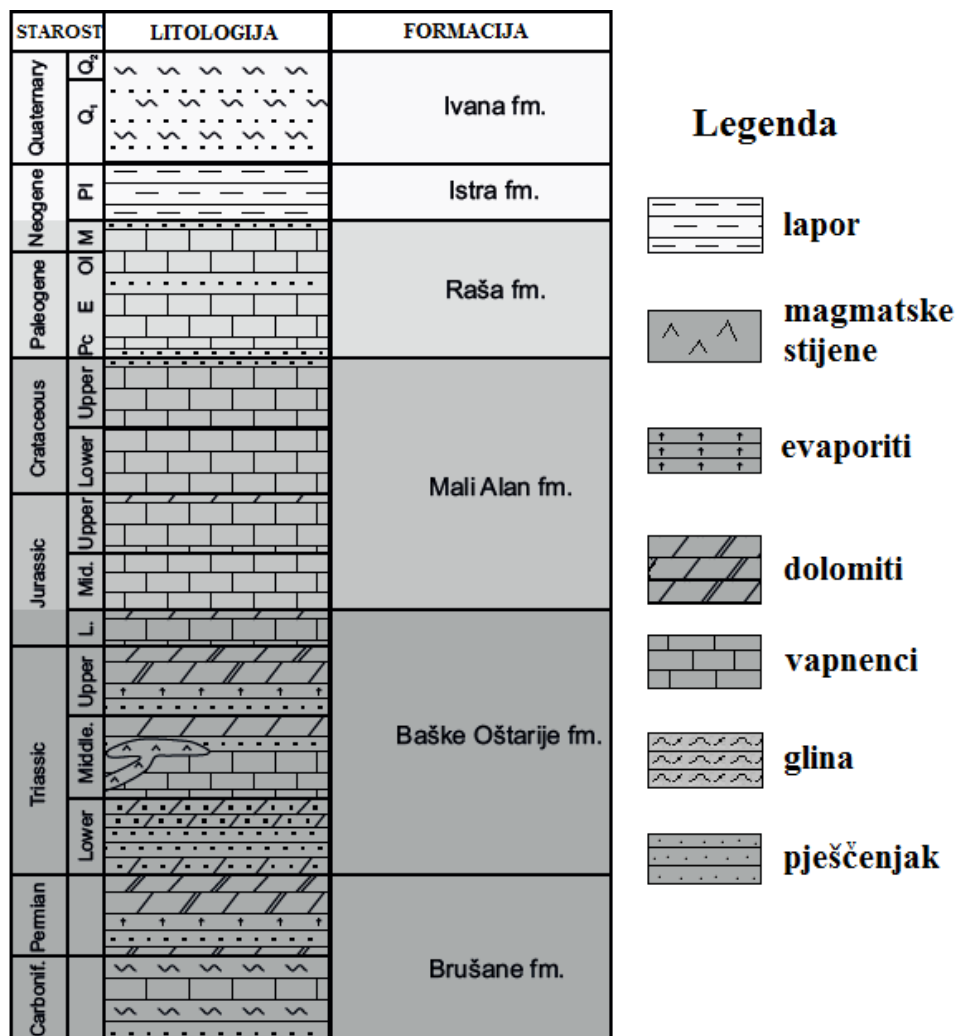
vapnenci (**Slika 3.7.**) čija debljina na Velebitu iznosi oko 220 m. U srednjem dijelu donje jure, na vapnencima su se istaložili litiotidni vapnenci (**Slika 3.8.**), debljine oko 230 m, a tijekom toarcija na njima su istaloženi mrljasti vapnenci (fleckenkalk), debljine oko 100 m. Ovaj prelazak iz litiotidnih vapnenaca u mrljaste vapnence označava kraj formacije Baške Oštarije (**Velić et al., 2015**).

Formacija Mali Alan (toarcij – gornja kreda) formirana je približno paralelno s razvitkom Jadranske karbonatne platforme. Nalazi se na formaciji Baške Oštarije. Na Jadranskoj karbonatnoj platformi u dubokomorskom okolišu taloženi su mrljasti vapnenci koji su sadržavali fragmente mudstona, floatstona te packstona i grainstona s ooidima. Mrlje u vapnencima pojavile su se tijekom dolomitizacije i bioturbacije, a njihova debljina iznosi od 90 do 150 m. U hrvatskom dijelu Jadranske karbonatne platforme tijekom srednje jure taloženi su tamnosivi vapnenci čija debljina iznosi oko 800 m. Vapnenci se nalaze i u sjeverozapadnom i centralnom dijelu Jadranske karbonatne platforme. U gornjoj juri taložile su se tzv. lemeš naslage. To su tamni, tanko uslojeni vapnenci koji sadržavaju fragmente amonita, rožnjaka i tufova, ili njihove proslojke. Nakon anokisičnog događaja, nakon kojeg se istaložila organska materija, uslijedilo je formiranje do 200 m debelih kasnodijagenetskih dolomita i dolomitnih breča koje su donjem cenomanu prekrivene rudistnim vapnencima (**Velić et al., 2015**).

Formacija Raša, koja se nalazi iznad formacije Mali Alan, okarakterizirana je dominantnim taloženjem foraminiferskih vapnenaca koji sadržavaju ostatke alveolina, miliolida i numulita. Foraminiferske vapnence danas možemo naći duž cijele jadranske obale, a debljina ima varira oko 200 m. Na foraminiferske vapnence istaloženi su lapori čija debljina varira od 5 do 50 m te glinom bogati packstoni, a na njima se nalaze flišne naslage. U eocenu, došlo je do emerzije koja je uzrokovala intenzivnu eroziju kojom je erodirana velika količina naslaga s viših predjela i istaložila se u niže dijelove stvarajući fliš. Fliš duž priobalja ima različitu starost i različitu debljinu naslaga. Tako flišne naslage u Isti su najstarije (srednji i gornji eocen) te mu debljina naslaga iznosi oko 350 m, dok je u Konavlima fliš najmlađi (gornji eocen i donji oligocen), a debljina naslaga je oko 680 m (**Velić et al., 2015**).

Formacija Istra nalazi se iznad formacije Raša. Sadrži klastične sedimente koji su se istaložili na bazenskoj rampi tijekom pliocena, te najvećim dijelom lapore i gline (**Malvić et al., 2015**).

Formacija Ivana (pleistocen) nalazi se na formaciji Istra. Sadrži klastite turbiditnog podrijetla, te glinu i siltne pijeske u izmjeni (*Malvić et al., 2015*). Debljina formacije iznosi od 400 do 1900 m.



Slika 3.6. Shematski prikaz izdvojenih formacija na temelju četiri opisanih megasekvencija (iz Velić et al., 2015, izmjenjeno). Na slici su šrafurama prikazane naslage koje se nalaze unutar pojedinih formacija te starost pojedinih naslaga.



Slika 3.7. Izdanak jedinice izmjene vapnenaca i dolomita. Fotografija je snimljena za vrijeme terenske nastave u sklopu koje su i prikupljeni podaci.

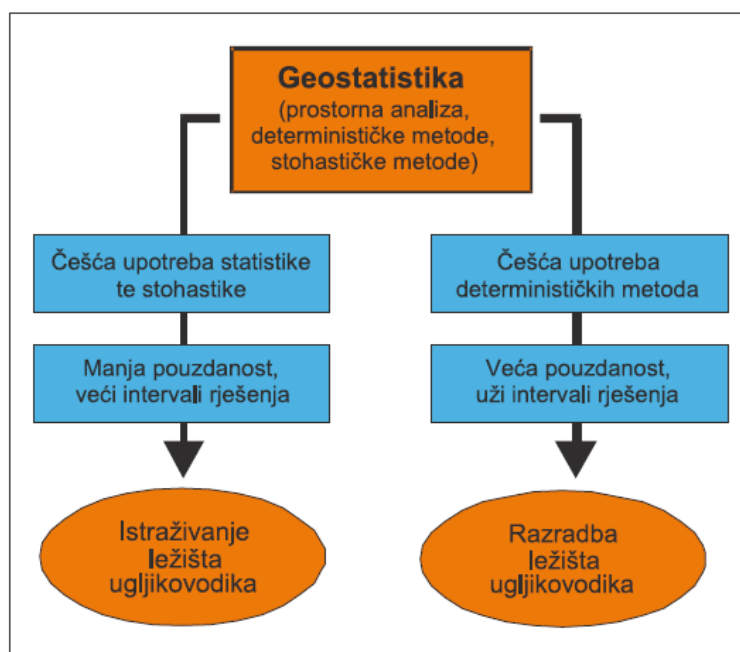


Slika 3.8. Izdanak litotidnih vapnenaca. Fotografija je snimljena za vrijeme terenske nastave u sklopu koje su i prikupljeni podaci.

4. GEOSTATISTIČKA OBRADA PODATAKA

Pojam geostatistika među prvima spominje prof. Georges Mathéron koji je geostatističke metode koristio za rješavanje problema procjene koncentracije, prvo zlata, a kasnije i drugih ruda. Tijekom prošlog stoljeća, geostatistika se sve više počela razvijati, približavati se statistici te su se češće statistika i geostatistika međusobno počele isprepletati da bi se posljednjih godina geostatističke metode razvile kao posebna grana u okviru prostorne statistike.

Predviđanje varijable u prostoru može se opisati pomoću dva pojma: determinizam i stohastika. „Sustav je deterministički ako za jednaki ulaz uvijek daje isti izlaz, dok stohastički sustav predstavlja hibridni model smješten između determinizma i slučajnosti“ (*Malvić, 2008*). Stohastički modeli vrlo su primjenjivi jer mogu odrediti područja s manjom ili većom pouzdanosti predviđanja (*Malvić, 2008*). Na *Slici 4.1*. shematski su prikazana dva geostatistička pojma, determinizam i stohastika, te učestalost i pouzdanost njihovog korištenja u okviru istraživanja ležišta ugljikovodika.



Slika 4.1. Učestalost uporabe stohastike i determinizma prilikom istraživanja i analiziranja podataka (iz *Malvić, 2008*)

4.1. Popis prikupljenih podataka

Na terenskoj nastavi koja se odvijala od 2. do 6. lipnja 2014. godine na području Baških Oštarija na Velebitu, prikupljeni su podaci o azimutu i nagibu slojeva koji su prikazani u tablici (**Tabela 4.1.**).

Tabela 4.1. Prikaz podataka prikupljenih na terenu

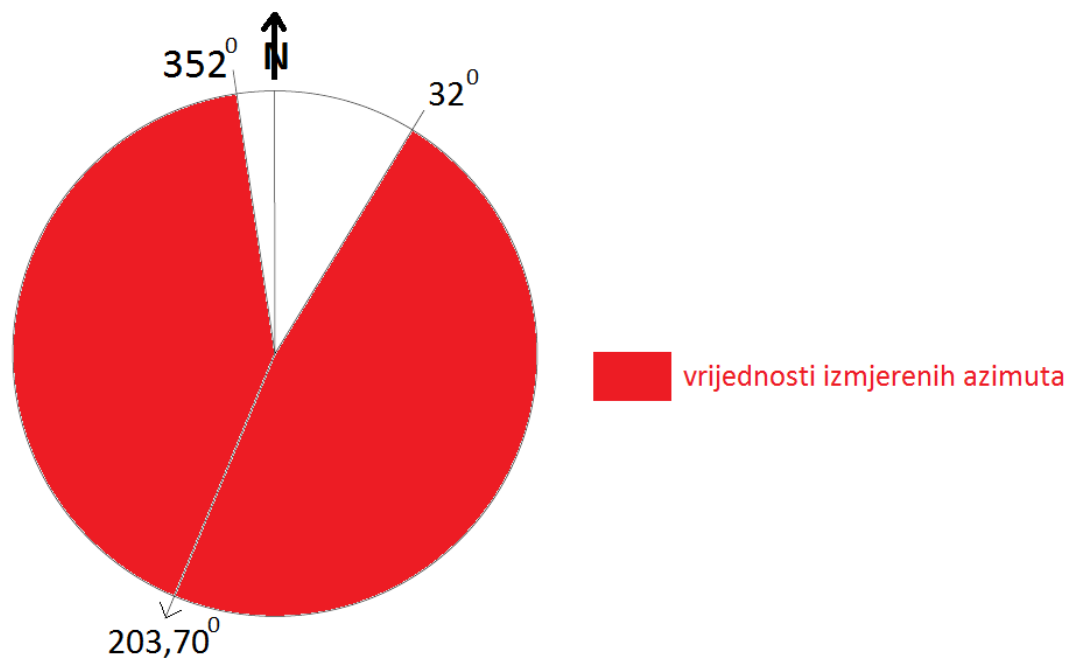
REDNI BR.	DUŽINA	ŠIRINA	AZIMUT (°)	NAGIB SLOJA (°)
1	15,13964	44,52925	202	60
2	15,13915	44,52934	206	60
3	15,13859	44,52945	210	35
4	15,13816	44,52953	220	78
5	15,13718	44,52977	216	80
6	15,13640	44,52998	218	80
7	15,13531	44,53028	218	65
8	15,13404	44,53073	206	45
9	15,13278	44,53151	40	75
10	15,13286	44,53142	50	60
11	15,13185	44,53194	216	80
12	15,13168	44,53162	198	85
13	15,13230	44,53139	352	80
14	15,13258	44,53116	162	25
15	15,13295	44,53084	214	70
16	15,13359	44,53023	280	65
17	15,13451	44,52962	206	80
18	15,13537	44,52919	228	65
19	15,13683	44,52853	220	60
20	15,13760	44,52818	198	70
21	15,13851	44,52777	200	65
22	15,13709	44,52674	250	78
23	15,13383	44,52771	220	80
24	15,13559	44,52711	210	60

Nastavak tablice

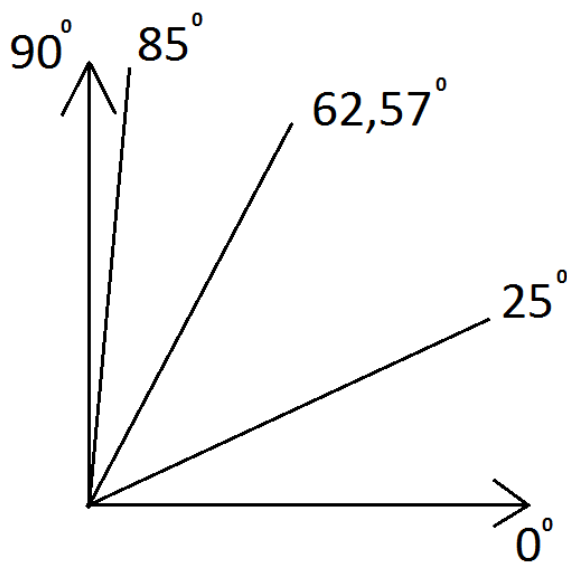
25	15,13035	44,52876	224	85
26	15,12930	44,52897	198	70
27	15,12848	44,52902	220	75
28	15,12808	44,52734	32	65
29	15,12745	44,52760	240	80
30	15,12825	44,52725	216	73
31	15,14001	44,52777	218	47
32	15,14382	44,52867	212	61
33	15,14597	44,52908	215	65
34	15,14404	44,52832	215	60
35	15,14419	44,52777	210	47
36	15,14413	44,52758	60	35
37	15,14533	44,52729	205	63
38	15,14604	44,53280	210	37
39	15,15649	44,53070	205	38
40	15,15361	44,52741	208	64
41	15,15537	44,52644	185	64
42	15,14432	44,52679	220	40
43	15,14799	44,52680	205	64
44	15,14981	44,52668	212	65
45	15,14402	44,52905	221	60
46	15,14447	44,53005	220	50
47	15,14462	44,52936	220	65
48	15,14340	44,52824	208	65
49	15,14168	44,52683	213	45
50	15,14250	44,52599	200	30
51	15,14371	44,52598	240	40
52	15,14233	44,52538	205	57
53	15,14239	44,52481	218	83
54	15,14016	44,52740	205	85

4.2. Statistička obradba podataka prikupljenih na terenu

- ukupno podataka, $n = 108$, od kojih je azimuta, $n_a = 54$, i nagiba slojeva, $n_{ns} = 54$
- max azimut: 352° (*Slika 4.2.*)
- min azimut: 32° (*Slika 4.2.*)
- max nagib sloja: 85° (*Slika 4.3.*)
- min nagib sloja: 25° (*Slika 4.3.*)
- srednja vrijednost azimuta: $203,70^\circ$ (*Slika 4.2.*)
- srednja vrijednost nagiba sloja: $62,57^\circ$ (*Slika 4.3.*)



Slika 4.2. Grafički prikaz maksimalne i minimalne vrijednosti azimuta. Shematski je prikazana i srednja vrijednost azimuta. Crvenom bojom označeno je područje u kojem se nalaze vrijednosti izmjerenih azimuta.



Slika 4.3. Grafički prikaz izmjerenih nagiba slojeva. X – koordinata označava nagib sloja od 0° , a Y – koordinata 90° . U rasponu od 0° do 90° , prikazane su minimalne (25°) i maksimalne (85°) vrijednosti te srednja vrijednost ($62,57^\circ$).

Za statističku obradu podataka na temelju kojih će biti načinjen histogram, uzet je broj razreda, $l = 10$.

$$\text{raspon podataka, } R = x_{\max} - x_{\min} = 85 - 25 = 60 \quad (4 - 1)$$

$$\text{širina razreda, } c = \frac{R}{l-1} = \frac{60}{9} = 6,67 \quad (4 - 2)$$

$g_i - g_{i+1}$ – raspon razreda

$$g_1 = x_{\min} - \frac{c}{2} = 25 - \frac{6,67}{2} = 21,67$$

$$g_2 = g_1 + c = 21,67 + 6,67 = 28,34$$

$$g_3 = g_2 + c = 28,34 + 6,67 = 35,01$$

$$g_4 = g_3 + c = 35,01 + 6,67 = 41,68$$

$$g_5 = g_4 + c = 41,68 + 6,67 = 48,35$$

$$g_6 = g_5 + c = 48,35 + 6,67 = 55,02$$

$$g_7 = g_6 + c = 55,02 + 6,67 = 61,69$$

$$g_8 = g_7 + c = 61,69 + 6,67 = 68,36$$

$$g_9 = g_8 + c = 68,36 + 6,67 = 75,03$$

$$g_{10} = g_9 + c = 75,03 + 6,67 = 81,70$$

$$g_{11} = g_{10} + c = 81,70 + 6,67 = 88,37$$

x_i – sredina i-tog razreda

f_i – frekvencija, odnosno broj podataka unutar razreda

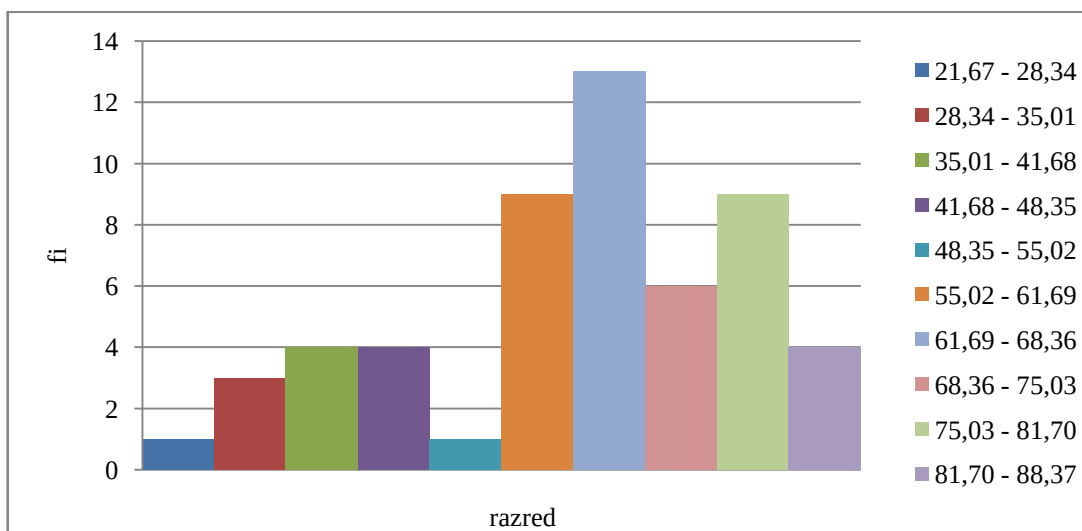
relativna frekvencija podataka, $p_i = \frac{f_i}{n}$; $n = 54$ (broj podataka) (4 – 3)

$(f_i)_k$ – kumulativna frekvencija

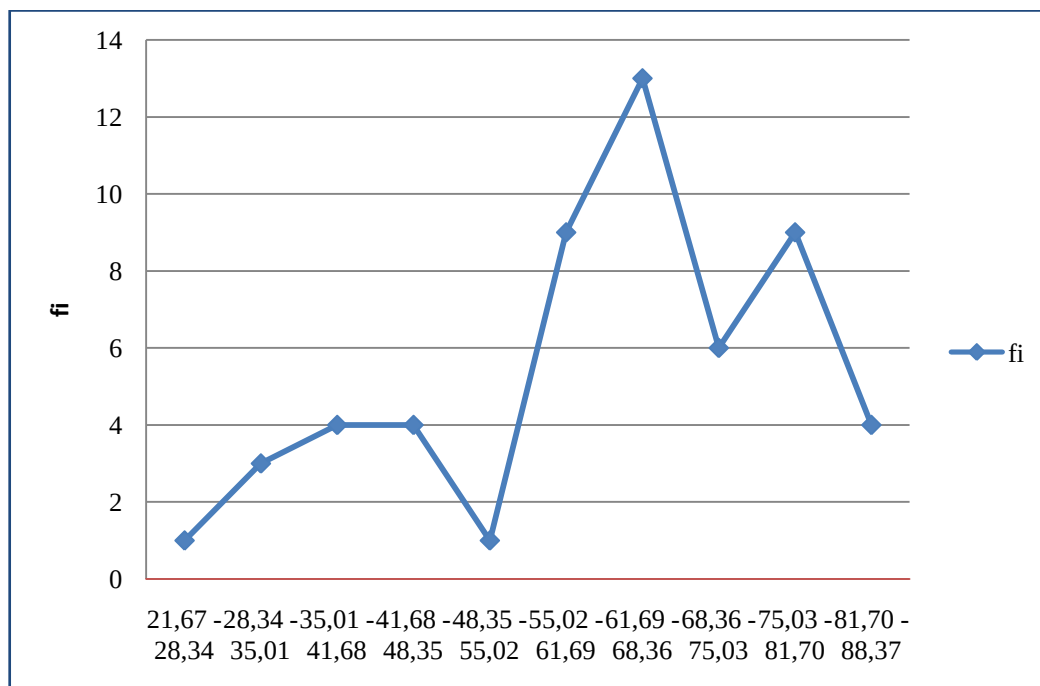
Tabela 4.2. Prikaz obrađenih podataka

razred (°)	x_i (°)	$f_i(-)$	$p_i(-)$	$x_i * f_i(-)$	$x_i^2 * f_i(-)$
21,67 – 28,34	25,01	1	0,019	25,01	625,50
28,34 – 35,01	31,68	3	0,056	95,04	3010,87
35,01 – 41,68	38,35	4	0,074	153,4	5882,89
41,68 – 48,35	45,02	4	0,074	180,08	8107,20
48,35 – 55,02	51,69	1	0,019	51,69	2671,86
55,02 – 61,69	58,36	9	0,167	525,24	30653,01
61,69 – 68,36	65,03	13	0,241	845,39	54975,71
68,36 – 75,03	71,70	6	0,111	430,2	30845,34
75,03 – 81,70	78,37	9	0,167	705,33	55276,71
81,70 – 88,37	85,04	4	0,074	340,16	28927,21
Σ		54	1,002	3351,54	220976,3

Na temelju **Tabele 2** načinjen je histogram raspodjele podataka o nagibima slojeva po razredima koji je prikazan na **Slici 4.4**. Također, na temelju **Tabele 2** načinjen je i dijagram učestalosti podataka (**Slika 4.5**).



Slika 4.4. Histogram raspodjele podataka o nagibima slojeva po razredima



Slika 4.5. Dijagram učestalosti podataka

4.3. Normalna razdioba

Svaki događaj ima određenu vjerojatnost da će se dogoditi. Slučajna varijabla može poprimiti svaku vrijednost unutar skupa elementarnih događaja i svaki se događaj može pojaviti s određenom vjerojatnošću. Slučajne varijable mogu biti diskretne ili kontinuirane. Diskretna slučajna varijabla je slučajna varijabla X koja poprima konačan ili prebrojiv niz disjunktivnih vrijednosti $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ od kojih svaka ima određenu vjerojatnost $p(x_1), p(x_2), p(x_3), \dots, p(x_n)$, s time da je zadovoljen uvjet:

$$\sum_i p(x_i) = 1 \quad (4-4)$$

Područje vrijednosti kontinuirane slučajne varijable je interval u skupu realnih brojeva.

Postoji nekoliko tipova razdiobe slučajne varijable X kojima se mogu opisati geološki skupovi mjerenja. To su npr. normalna (Gaussova) razdioba, binomna razdioba, Poissonova razdioba, log – normalna razdioba, uniformna razdioba.

U ovom radu prikupljeni podaci o nagibima slojeva bit će opisani pomoću normalne razdiobe. Pretpostavka je da se prikupljeni podaci o nagibima slojeva ponašaju po zakonu normalne razdiobe, stoga će kasnije u radu ta pretpostavka biti dokazana statističkim testom.

Normalna razdioba (N) je razdioba slučajne varijable X koja prima vrijednosti iz skupa realnih brojeva i definirana je na cijelom skupu realnih brojeva. Normalna razdioba zadana je funkcijom gustoće:

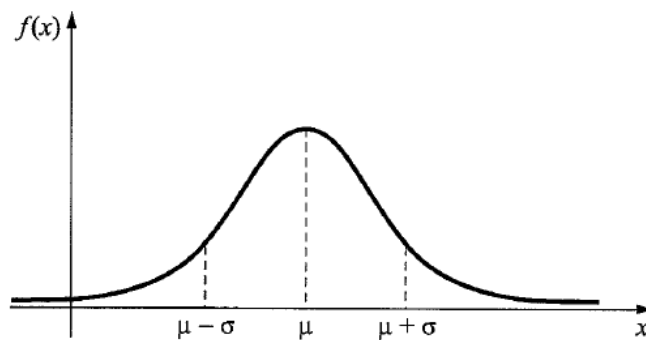
$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (4-5)$$

koja je u potpunosti određena s dva parametra:

μ – očekivanje

σ – standardna devijacija slučajne varijable

Graf funkcije gustoće naziva se normalna ili Gaussova krivulja (**Slika 4.6.**).



Slika 4.6. Normalna razdioba (iz **Pfaff, 2012**). Na slici je vidljivo da je graf zrcalno simetričan s obzirom na pravac $x=\mu$ koje je paralelan osi y , a prolazi kroz očekivanje μ . Točka maksimuma nalazi se na $x=\mu$, a točke inflesije $x = \mu - \sigma$ i $x = \mu + \sigma$. Zbog simetričnosti lijeve i desne strane često se naziva i funkcijom zvonasta oblika.

4.4.Hi – kvadrat test

Hi – kvadrat testom u ovom radu bilo je potrebno provjeriti da li se prikupljeni podaci o nagibima slojeva ponašaju po zakonima ranije opisane normalne razdiobe. Za provođenje ovog testa bile su potrebne već ranije izračunate srednje vrijednosti nagiba slojeva iz pojedinih razreda te iznosi frekvencija unutar pojedinih razreda. Pomoću tih podataka dobili smo ukupnu srednju vrijednost nagiba slojeva izmjenjenih na terenu:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} * \sum x_i * f_i = 62,07 \quad (4 - 6)$$

gdje je: $\bar{x}$ - srednja vrijednost podataka

f_i - empirijska frekvencija, odnosno broj podataka unutar i - tog razreda

x_i - sredina i - tog razreda

N - broj podataka, tj., broj mjerenja varijable

Zatim je bilo potrebno izračunati varijancu (σ^2), standardnu devijaciju (σ), nepristranu procjenu za varijancu (s^2) te procjenu standardne pogreške (s):

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} * \sum f_i * x_i^2 - \bar{x}^2 = 239,47 \quad (4 - 7)$$

$$\sigma = 15,47 \quad (4 - 8)$$

$$s^2 = \frac{N}{N-1} * \sigma^2 = 243,99 \quad (4 - 9)$$

$$s = 15,62 \quad (4 - 10)$$

Na temelju izračunatih vrijednosti načinjena je **Tabela 4.3.**

Tabela 4.3. Izračunate vrijednosti koje su bile potrebne za provedbu hi – kvadrat testa

x_i (°)	$f_i(-)$		$\frac{ x_i - \bar{x} }{s}$ (-)	$\varphi\left(\frac{ x_i - \bar{x} }{s}\right)$ (-)	$f_{ti} (-)$		$\frac{(f_i - f_{ti})^2}{f_{ti}}$ (-)
25,01	1	12	2,37	0,0241	0,56	9,91	0,441
31,68	3		1,95	0,0596	1,37		
38,35	4		1,52	0,1257	2,90		
45,02	4		1,09	0,2203	5,08		
51,69	1		0,66	0,3209	7,40		5,53
58,36	9		0,24	0,3876	8,94		0,0004
65,03	13		0,19	0,3918	9,03		1,745
71,70	6		0,62	0,3292	7,59		0,333
78,37	9	13	1,04	0,2323	5,36	8,48	2,409
85,04	4		1,47	0,1354	3,12		
							$\Sigma = 10,4584$

Uz prethodno navedene parametre, bilo je potrebno odrediti i:

$\varphi\left(\frac{|x_i - \bar{x}|}{s}\right)$ – izraz za standardnu normalizaciju koja se očitava iz tablica koje se koriste prilikom statističkih obrada podataka

f_{ti} – teoretska frekvencija i – tog razreda

Nakon izračuna f_{ti} za svaki pojedini razred, bilo je potrebno odrediti koji su $f_{ti} < 5$ te ih pribrojiti drugim razredima. Tako se reducirao broj razreda pa je bilo potrebno uvesti novu varijablu – stupanj slobode, k :

$$k = l - 1 - r = 6 - 1 - 2 = 3 \quad (4 - 11)$$

gdje je: l – broj razreda

r – broj procijenjenih parametara

Za prag signifikantnosti α uzeta je vrijednost od 1 %, $\alpha = 0,01$.

Izračunata vrijednost hi – kvadrat testa je $X^2 = 10,4584$, dok je vrijednost očitana iz tablice $X^2_{0,01} = 11,345$.

Pošto je:

$$X^2_{0,01} = 11,345 > X^2 = 10,4584$$

hipoteza je prihvaćena, tj., podaci o nagibima slojeva ponašaju se po zakonima normalne razdiobe.

5. VARIOGRAMSKA ANALIZA

Nakon (geo)statističke obrade podataka, uslijedila je daljnja obrada podataka gdje je korišten jedan od osnovnih geostatističkih alata, variogram. Za određivanje variograma korišten je računalni program *Variowin 2.21*.

5.1. Općenito o variogramu

Variogram je geostatistički alat kojim se opisuje ponašanje varijable u prostoru. Njime se izražava vrijednost varijance za nekoliko mjerenja koji je funkcija udaljenosti ili smjera uzoraka (*Malvić et al., 2008*). Jednadžba kojom se definira variogram (γ) može se pojednostavniti uvođenjem pojma semivariogram (2γ) čija jednadžba glasi (*Malvić et al., 2008*):

$$2\gamma(h) = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n [z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \quad (5 - 1)$$

gdje je: $2\gamma(h)$ – vrijednost variograma

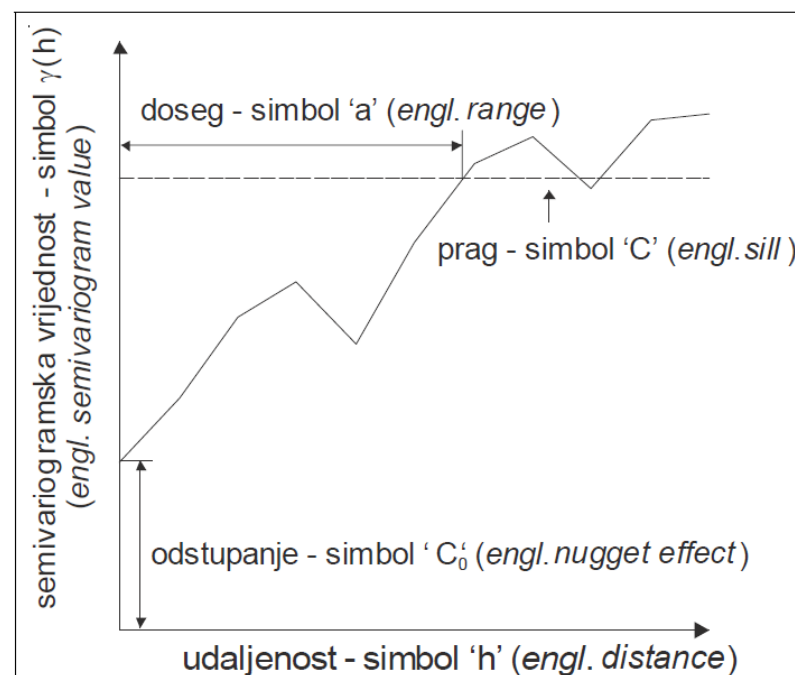
n – broj parova podataka uspoređenih na udaljenosti h

$z(x_i)$ – vrijednost varijable na lokaciji x

$z(x_i + h)$ – vrijednost varijable na lokaciji udaljenoj za h od promatrane lokacije

Svi parovi podataka mogu se unesti na dijagram na kojem se na apscisi nalazi udaljenost tih parova podataka, dok se na osi ordinata nalazi izračunata vrijednost semivariograma za pojedinu vrijednost h . Spajanjem vrijednosti semivariograma za pojedinu vrijednost h , dobijemo krivulju eksperimentalnog variograma. Skica eksperimentalne variogramske krivulje prikazana je na **Slici 5.1**. S krivulje možemo očitati pet vrijednosti. To su (*prema Malvić, 2008*): odstupanje, prag ili varijanca, doseg, udaljenost i odmak. Odstupanje predstavlja pozitivnu vrijednost u kojoj krivulja eksperimentalnog variograma siječe os ordinatu (*Malvić, 2008*). Prag se poistovjećuje s varijancom jer on predstavlja mjeru odstupanja pojedinačnih vrijednosti od srednje

vrijednosti skupa podataka. Ako eksperimentalni variogram ima prag te ga krivulja eksperimentalnog variograma presječe, krivulja obično prestaje pravilno rasti i nastavlja oscilirati oko praga (*Malvić, 2008*). Doseg je vrijednost na kojoj variogramska krivulja po prvi puta presijeca prag (*Malvić, 2008*). Ta se vrijednost očitava na osi ordinata, a ustvari predstavlja područje u kojem je moguće odrediti međusobnu prostornu ovisnost točkastih podataka. Udaljenost je vrijednost na kojoj se uspoređuju podaci (*Malvić, 2008*). Obično se ispituju svi parovi podataka koji se razvrstavaju u razrede, tj. korake jednake udaljenosti i smjera (*Malvić et al., 2008*). Odmak predstavlja polovicu širine variogramskog razreda koja se određuje proizvoljno (*Malvić, 2008*).



Slika 5.1. Skica eksperimentalne variogramске krivulje (iz *Malvić, 2008*)

Variogram može biti usmjereni neusmjeren. Usmjeren variograma je variogram koji je pri izračunu parova podataka usmjeren po nekom pravcu, dok neusmjeren variogram pri izračunu nije usmjeren po nekom pravcu (*Malvić et al., 2008*).

Nakon određivanja krivulje eksperimentalnog variograma, ona se može matematički aproksimirati nekim od teoretskih variogramskih modela: sferni, eksponencijalni, Gaussov, linerni, logaritamski (*Hohn, 1988; Malvić, 2008*). Teoretski variogramski modeli razlikuju se s obzirom na ponašanje krivulje variograma u blizini ishodišta te prema postojanju ili odsutnošću praga (*Malvić, 2008*).

5.2. Izrada variograma u računalnom programu Variowin

Računalni program Variowin, posebno kreiran za modeliranje variograma, u 3 koraka modelira variogram. Svaki korak predstavlja rad u jednom od tri potprograma čiji rezultat predstavlja ulazi podatak za rad u sljedećem potprogramu. Stoga je svaki potprogram potrebno pokrenuti zasebno, i tek nakon izvršene radnje u jednom potprogramu, pokreće se sljedeći program. Za kreiranje variograma koriste se sljedeći potprogrami:

1. Prevar 2D, potprogram kojim se na temelju ulaznih podataka određuju svi parovi podataka na različitim udaljenostima te se pomoću njih kreira „pcf“ zapis koji je ulazni podatak za potprogram Vario 2D
2. Vario 2D, potprogram koji zahtjeva „pcf“ zapis na temelju kojeg se radi eksperimentalni variogram
3. Model, potprogram koji se koristi za aproksimaciju eksperimentalnog variograma s jednim od teoretskih variogramskih modela kojim se odabire optimalni, eksperimentalni variogramski model

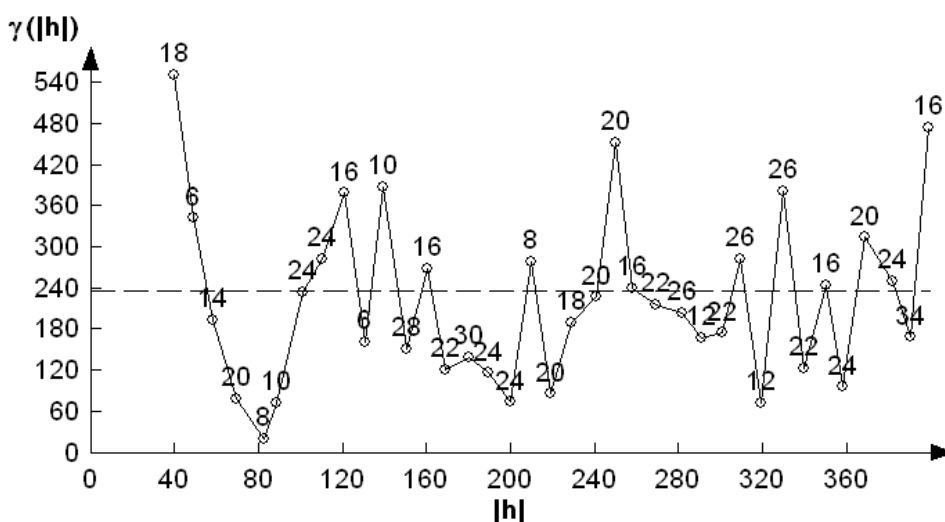
Ulazni podaci koji se koriste za modeliranje variograma u programu Variowin trebaju biti u „ASCII“ formatu koje Prevar 2D pretvara u „pcf“ zapis. Pretvaranje „ASCII“ formata u „pcf“ zapis prvi je korak pri izradi variograma.

Nakon izrade „pcf“ zapisa, izrađuju se karte variogramskih površina. Na kartama variogramskih površina nalaze se glavna i sporedna os, odnosno, dva pravca pružanja koji se koriste za izradu eksperimentalnih variograma.

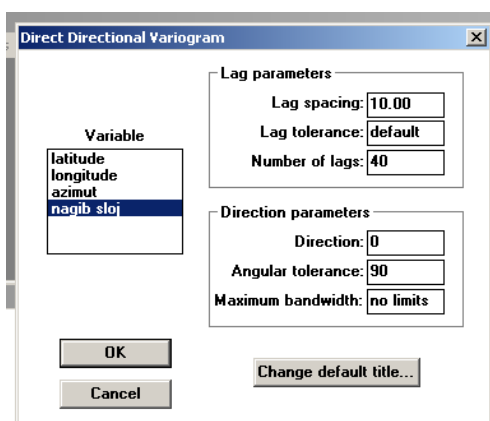
Nakon izrade modela eksperimentalnog variograma, on se uspoređuje s jednim od teoretskih modela. Kriterij za odabir idealnog aproksimacijskog modela je da on najbolje opisuje ponašanje eksperimentalnog variogramskog modela.

5.3. Izrada eksperimentalnog variograma na temelju prikupljenih podataka na terenu

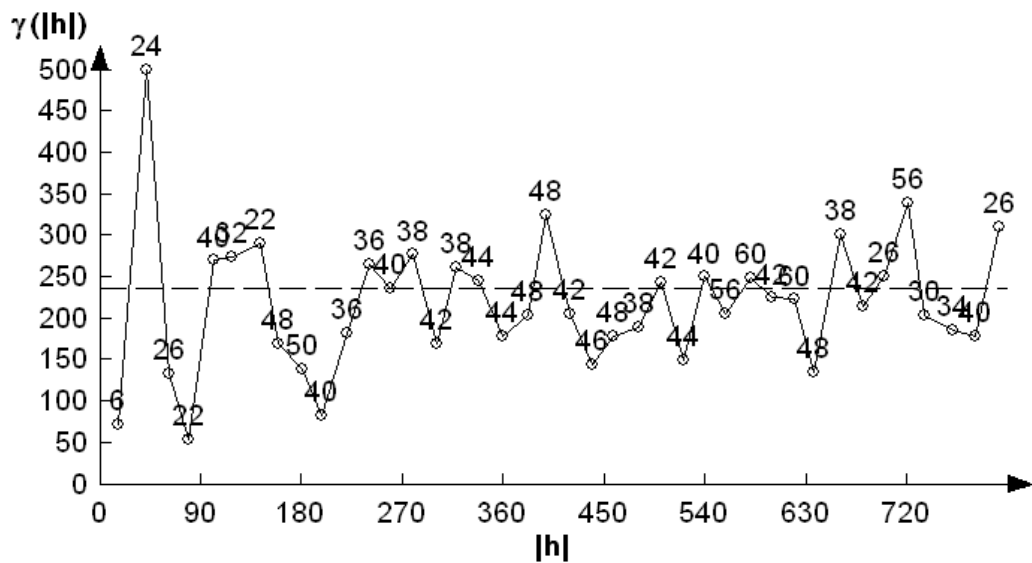
Na temelju prikupljenih podataka prikazanih u **Tablici 4.1.**, načinjeni su eksperimentalni variogrami u računalnom programu *Variowin 2.21*. **Slika 5.2.** prikazuje eksperimentalni variogram br.1, a **Slika 5.4.** prikazuje eksperimentalni variogram br. 2. Razlika između ta dva dobivena variograma je u različitim udaljenostima, odnosno vrijednosti h . Na **Slici 5.2.** ta udaljenost iznosi 10,00, dok na **Slici 5.4.** iznosi 20,00. Ostale vrijednosti koje su bile definirane prilikom izrada eksperimentalnog variograma br.1., prikazane su na **Slici 5.3.**, dok su za eksperimentalni variogram br.2 vrijednosti prikazane na **Slici 5.5.**



Slika 5.2. Eksperimentalni variogram br. 1



Slika 5.3. Prikaz ulaznih vrijednosti za izračun eksperimentalnoga variograma br. 1

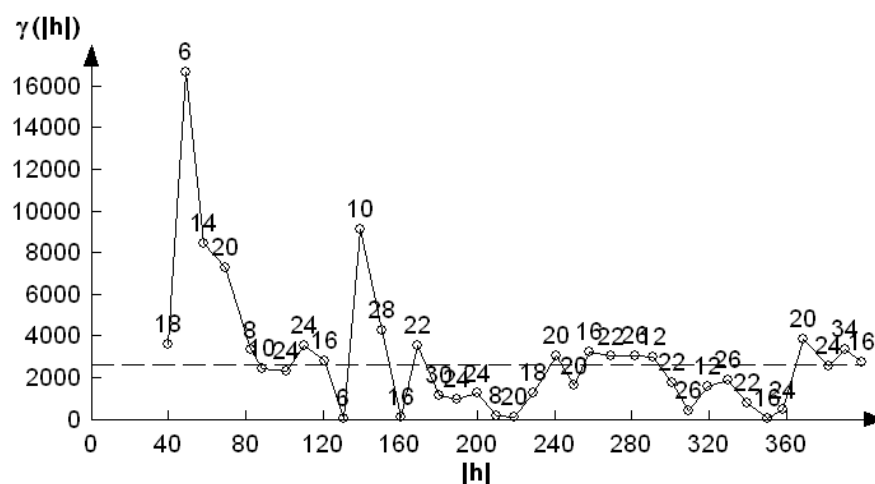


Slika 5.4..Eksperimentalni variogram br. 2

Slika 5.5. Prikaz ulaznih vrijednosti za izračun eksperimentalnoga variograma br. 2

Na temelju prikazanih variograma može se zaključiti da ne postoji prostorna ovisnost između podataka o nagibima slojeva. Zbog ne postojanja prostorne ovisnosti nagiba slojeva, nije postojala mogućnost izrade karte variogramskih površina, utvrđivanja glavnih i sporednih osi, te u posljednjem koraku, nije bilo potrebno uspoređivati dobivene variogramske modele s jednim od teoretskih variogramskih modela.

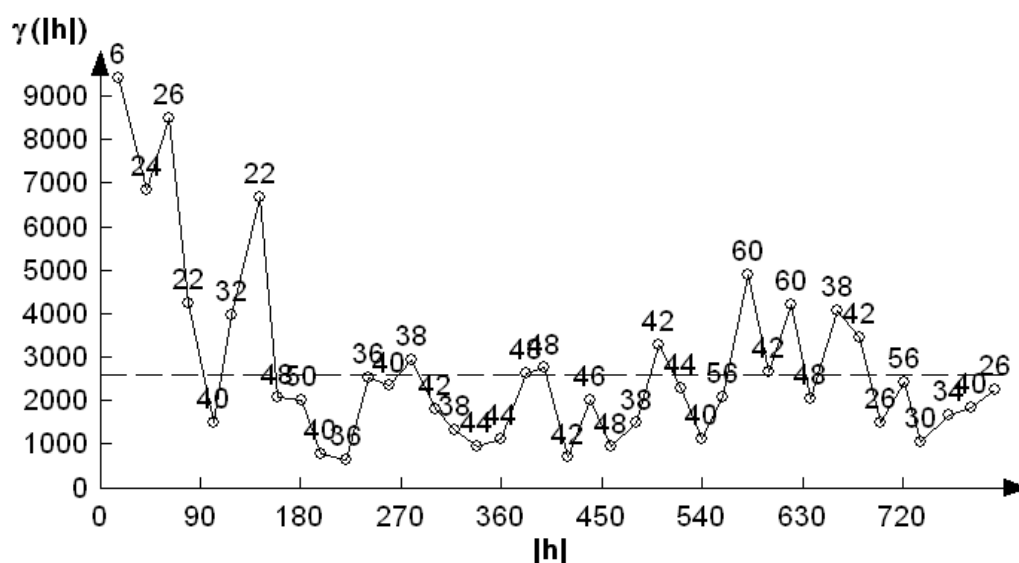
Načinjeni su i variogrami koji pokazuju ovisnost azimuta. Na **Slici 5.6.** prikazan je eksperimentalni variogram br. 3, a na **Slici 5.8.** eksperimentalni variogram br. 4. Razlika između eksperimentalnog variograma br. 3 i br. 4 je u različitoj udaljenosti, odnosno vrijednosti h (kao i kod variograma koji prikazuju prostornu ovisnost nagiba slojeva, eksperimentalnog variograma br. 1 i br. 2). Na **Slici 5.6.** ta udaljenost iznosi 10,00, dok na **Slici 5.8.** iznosi 20,00. Ostale vrijednosti koje su bile definirane prilikom izrada variograma br. 3., prikazane su na **Slici 5.7.**, dok su za variogram br. 4 vrijednosti prikazane na **Slici 5.9.**



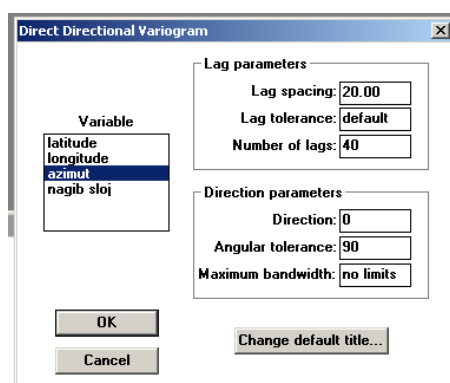
Slika 5.6. Eksperimentalni variogram br. 3

Direct Directional Variogram	
Variable	Lag parameters
	Lag spacing: 10.00
	Lag tolerance: default
	Number of lags: 40
Variable	Direction parameters
	Direction: 0
	Angular tolerance: 90
	Maximum bandwidth: no limits
OK	
Cancel	
Change default title...	

Slika 5.7. Prikaz ulaznih vrijednosti za izračun eksperimentalnoga variograma br. 3



Slika 5.8. Eksperimentalni variogram br. 4



Slika 5.9. Prikaz ulaznih vrijednosti za izračun eksperimentalnoga variograma br. 4

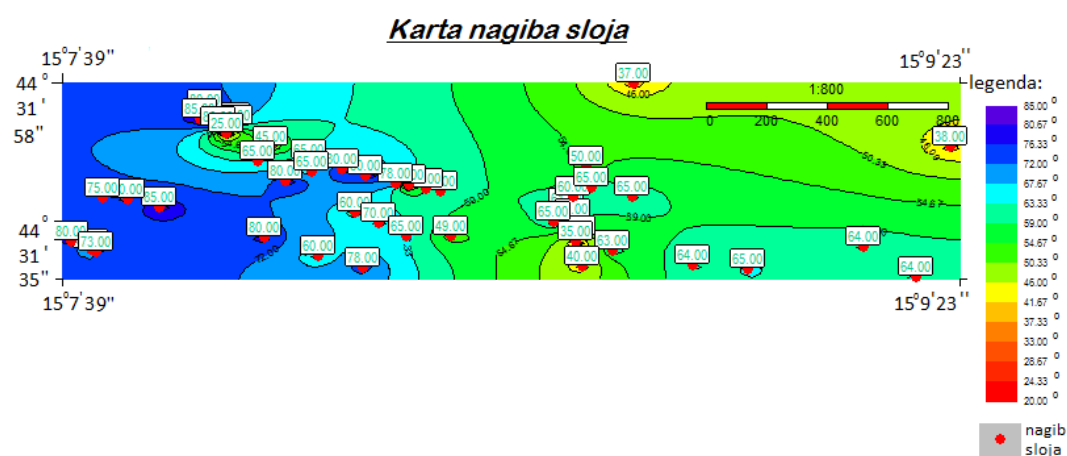
Na temelju prikazanih variograma može se zaključiti da ne postoji prostorna ovisnost između azimuta pojedinih slojeva. Zbog ne postojanja prostorne ovisnosti azimuta, nije postojala mogućnost izrade karte variogramskih površina, utvrđivanja glavnih i sporednih osi, te u posljednjem koraku, nije bilo potrebno uspoređivati dobivene variogramске modele s jednim od teoretskih variogramskih modela.

6. KARTOGRAFSKI I DRUGI REZULTATI ISTRAŽIVANJA

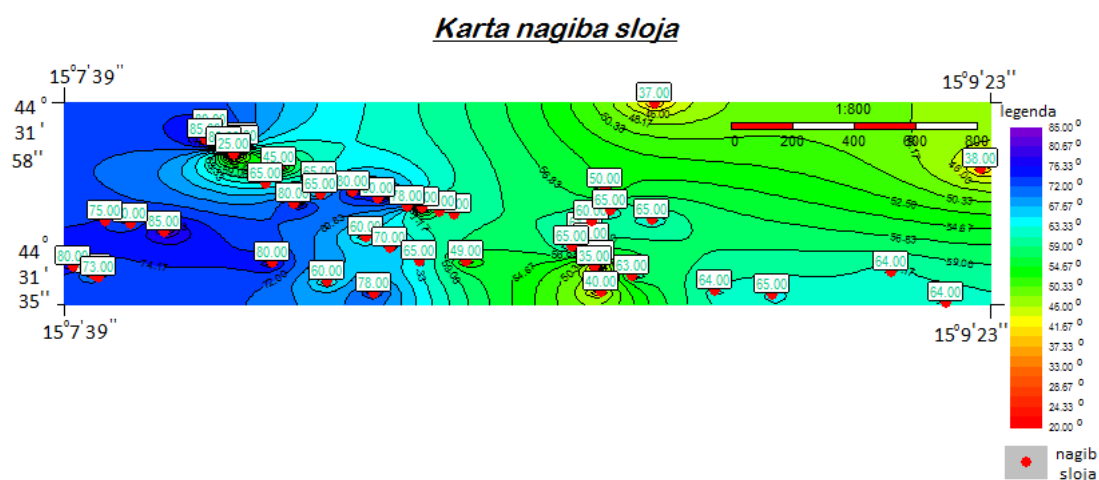
Za prikaz rezultata/karta nagiba slojeva korišten je računalni program 3DField.

Računalni program 3DField, osmišljen od Vladimira Galouchka, koristi se za kreiranje karata. Program koristi raštrkane, točkaste podatke pomoću kojih stvara izolinijske.

Na **Slici 6.1.** i **Slici 6.2.** prikazane su dobivene karte. Ekvidistancijana prvoj karti (**Slika 6.1.**) iznosi 4,33 dok na drugoj karti (**Slika 6.2.**) izolinijske su gušće pa ekvidistancija iznosi 2,17.

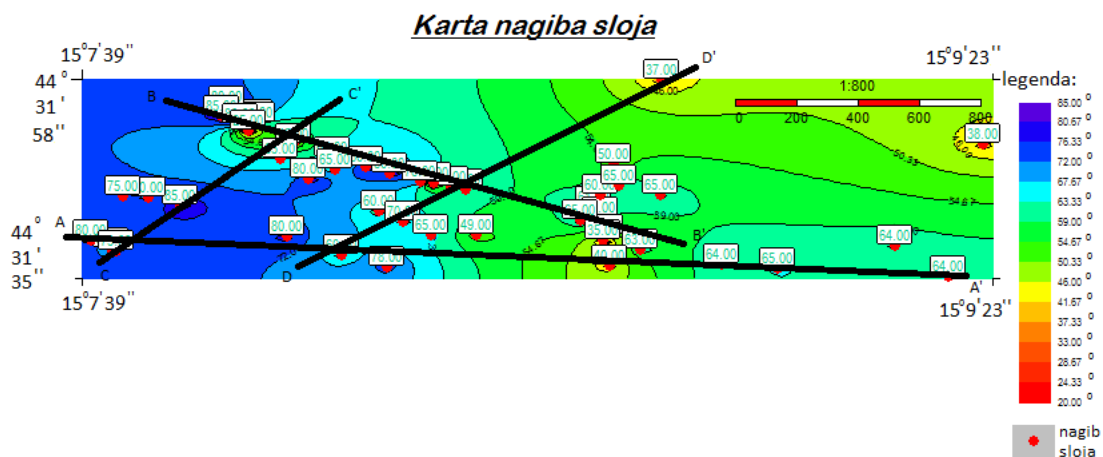


Slika 6.1. Karta nagiba slojeva. Ekvidistancija iznosi 4,33.

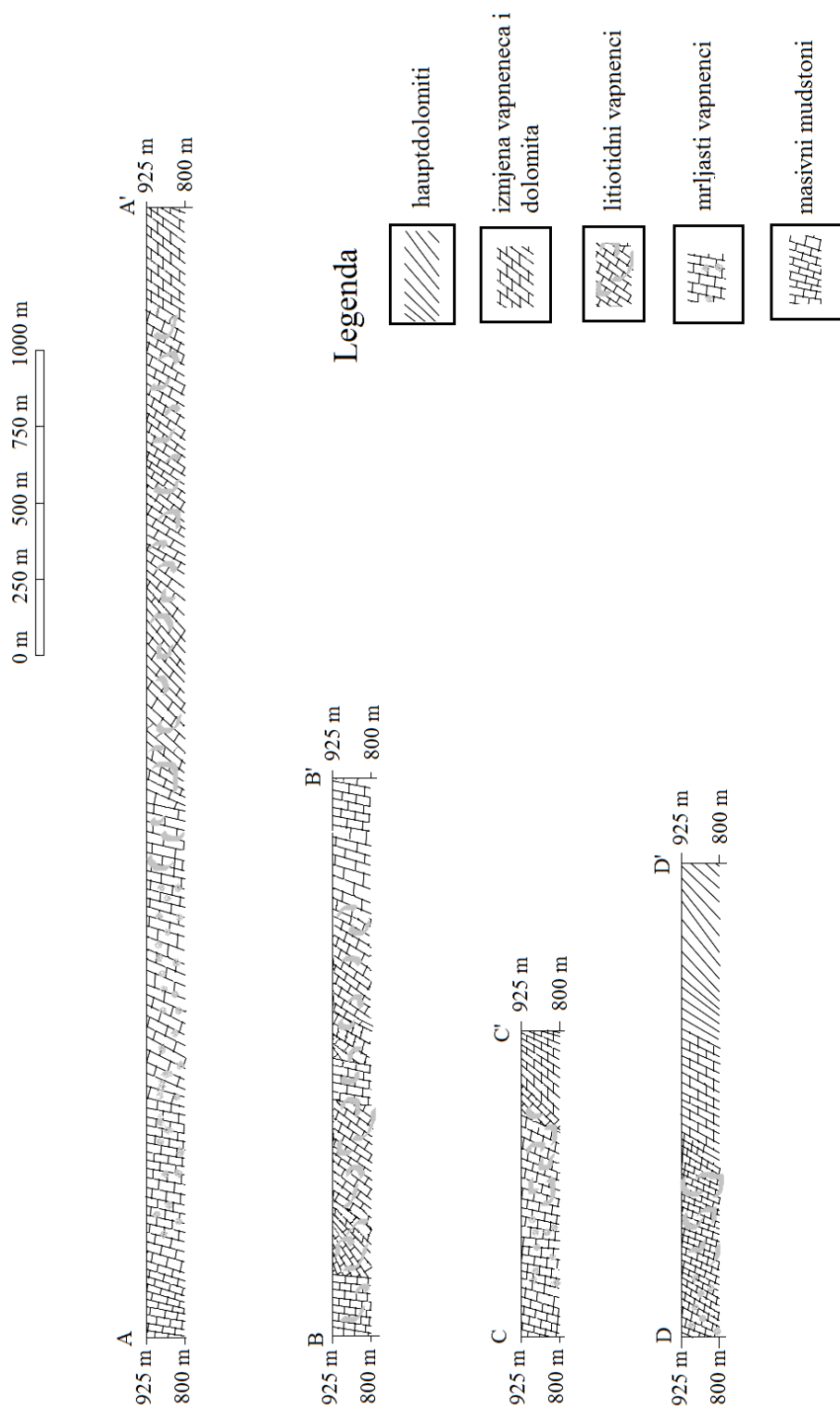


Slika 6.2. Karta nagiba slojeva 2. Ekvidistancija iznosi 2,17.

Na temelju dobivene karte nagiba slojeva načinjeni su profili A – A' , B – B' , C – C' i D – D' čiji su položaji ucrtani i na karti nagiba slojeva (**Slika 6.3**). Načinjeni profili prikazani su na **Slici 6.4**. Na profilima, uz nagibe slojeva, prikazane su i vrste stijena koje su se nalazile na pojedinim točkama (**Slika 6.4**). To su hauptdolomiti, jedinica izmjene vapnenca i dolomita, litiotidni vapnenci, mrljasti vapnenci te jedinica masivnih madstona.



Slika 6.3. Karta nagiba slojeva s ucrtanim profilima



Slika 6.4. Profili A – A', B – B', C – C' i D - D' nagiba slojeva

7. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Većina slojeva na istraživanom terenu ima nagib približno između 65° i 85° . Na temelju izmjerenih vrijednosti, moglo bi se zaključiti da postoji prostorna ovisnost između nagiba slojeva. Međutim, variogramskom analizom dokazano je suprotno, tj. dokazana je prostorna neovisnost nagiba slojeva na istraživanom terenu.

Razlog u nepostojanju te ovisnosti može se pripisati snažnoj i višestrukoj tektonici koja je djelovala na nastanak ovoga područja. Time i ne postoji neki pretežit strukturni element ili nagib, već se oni izmjenjuju. Naslage na području Baških Oštarija na Velebitu postupno su se taložile prije formiranja Jadranke karbonatne platforme. Dokaz tome su najstarije naslage koje su nađene na ovom području, a to su naslage diplopornog vapnenca čija starost datira iz donjeg trijasa (anizik). Regionalna tektonika koja je djelovala na formiranje Dinarida, djelovala je i na naslage koje su se taložile na ovom prostoru narušavajući regionalni nagib te utjecala na položaje slojeva na području Baških Oštarija. Također, na istraživanom području nalazi se nekoliko bora metarskih dimenzija čija krila predstavljaju prebačene slojeve koji imaju manje nagibe od ostalih, neporemećenih slojeva. Ti rijetki prebačeni slojevi uzrokuju anomaliju u odnosu na okolne slojeve te su uzrok širokog raspona vrijednosti nagiba slojeva izmjerenih na terenu.

Međutim, tektonika, iako je imala utjecaja, nije isključivo utjecala na prostornu neovisnost slojeva. Dio uzroka može se prepisati isprekidanom taloženju slojeva te eroziji koja je djelovala tijekom norika te uzrokovala nestanak čitavog ladinika na ovom području. Zbog toga su na ovom području presloženi odnosi koji su vidljivi i po vrijednostima nagiba slojeva koji su i uzrokovali rezultate „nulte zavisnosti“ dobivene variogramskom analizom.

8. UPOTREBLJENI PROGRAMSKI PAKETI

Zahvaljujem Vladimiru Galouchko, autoru programa 3DField 3.8.5.0. Program 3DField 3.8.5.0 korišten je pri kartiranju u ovom radu na način te uz ograničenja koja su dopuštena ugovorom o slobodnoj uporabi.

9. POPIS LITERATURE

- BLAŠKOVIĆ, I. (1998): *The Two Stages of Structural Formation of the Coastal Belt of the External Dinarides*, Geologia Croatica, Zagreb, 51/1, 75 – 89.
- BUCKOVIĆ, D. (2006): *Historijska geologija 2: Mezozoik i Kenozoik*, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno – matematički fakultet, e-book, Zagreb, pp. 119.
- DRAGIČEVIĆ, I., HRVATOVIĆ, H., VRANJKOVIĆ, A., MANDIĆ, O., ŠEGVIĆ, B., HALAMIĆ, J., PAVELIĆ, D. (2010): *Ekskurzija A1 – Dinaridi; evolucija i recentni geotektonski odnosi (Bosna i Hercegovina, Hrvatska)*, Vodič ekskurzija, Šibenik, pp.64.
- DRAGIČEVIĆ, I., VELIĆ, I. (2002): *The Northeastern Margin of the Adriatic Carbonate Platform*, Geologia Croatica, Zagreb, 55/2, 185 – 232.
- MALVIĆ, T. (2008): *Primjena geostatistike u analizi geoloških podataka*, INA – Industrija nafte d.d., Zagreb, pp. 103.
- MALVIĆ, T., CVETKOVIĆ, M., BALIĆ, D. (2008): *Geomatematički rječnik*, Hrvatsko geološko društvo, Geomatematički odsjek, Zagreb, pp. 74.
- MALVIĆ, T., MEDUNIĆ, G. (2015): *Statistika u geologiji*, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko – geološko – naftni fakultet, Prirodoslovno – matematički fakultet, Zagreb, pp. 88.
- MALVIĆ, T., VELIĆ, J., CVETKOVIĆ, M., VEKIĆ, M., ŠAPINA, M. (2015): *Određivanje novih pliocenskih, pleistocenskih i holocenskih litostratigrafskih jedinica u Hrvatskom dijelu Jadrana (priobalju)*, Geoadria, Zagreb, 20/2, 85 – 108.
- NOVAK, K. (2013): *Prvi rezultati istraživanja: Geostatističko kartiranje ležišta polja Ivanić i određivanje volumena dostupnog za utiskivanje ugljikovog dioksida*, seminarski rad, Zagreb, Rudarsko – geološko - naftni fakultet, 2/2013.
- PARLOV, J. (2015): *Hidrogeologija krša*, e – skripta za praćenje nastave iz kolegija Hidrogeologija krša.
- PAVELIĆ, D. (2013): *Interna skripta - nastavni materijal postavljen na web stranicama Rudarsko–geološko–naftnog fakulteta*, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, URL: <http://rudar.rgn.hr/~dpavelic/PG-PROGRAM.htm> (8.1.2016.).

PFAFF, S. (2012): *Osnove statistike*, Element d.o.o., Zagreb, pp. 144.

TIŠLJAR, J. (1990): *Postsedimentne dolomitizacijske breče u jurskim plitkomorskim karbonatnim sedimentima Malog Alana na Južnom Velebitu*, Rudarsko – geološko – naftni zbornik, Zagreb, Vol. 2, 59 – 65.

TIŠLJAR, J. (1992): *Origin and Depositional Environments of the Evaporite and Carbonate Complex (Upper Permian) from the Central Part of the Dinarides (Southern Croatia and Western Bosnia)*, Geologia Croatica, Zagreb, 45, 115 – 126.

TIŠLJAR, J., VLAHOVIĆ, I., VELIĆ, I., SOKAČ, B. (2002): *Carbonate Platform Megafacies of the Jurassic and Cretaceous Deposits of the Karst Dinarides*, Geologia Croatica, Zagreb, 55/2, 139 – 170.

VELIĆ, I. (2007): *Stratigraphy and Palaeobiogeography of Mesozoic Benthic Foraminifera of the Karst Dinarides (SE Europe)*, Geologia Croatica, Zagreb, 60/1, 1-113.

VELIĆ, J., MALVIĆ, T., CVETKOVIĆ, M., VELIĆ, I. (2015): *Stratigraphy and petroleum geology of the Croatian part of the Adriatic Basin*, Journal of Petroleum Geology, 38/3, 281 – 300.

VELIĆ, J., VELIĆ, I., KLJAJO, D. (2011): *Sedimentary bodies, forms and occurrences in the Tudorevo and Mirovo glacial deposits of northern Velebit (Croatia)*, Geologia Croatica, Zagreb, 64/1, 1 – 16.

VLAHOVIĆ, I. (2014): *Interna skripta – nastavni materijal postavljen na stranicama e-kolegija*.

VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I., MATIČEC, D. (2005): *Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics*, Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology, 220/ 3-4, 333 – 360.

Mrežni izvori:

<http://3dfmaps.com> (5.srpanj 2016.; 11:45)

www.google.hr/maps/ (11. Srpanj 2016; 19:45)

<http://www.dinarskogorje.com/planine.html> (27.studeni 2015.; 21:36)

<http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=15235> (28. studeni 2015.; 18:37)

<http://www.np-sjeverni-velebit.hr/park/> (24.studeni 2015.; 22:15)

<http://www.np-sjeverni-velebit.hr/park/nezivapriroda/klima/> (24.studeni 2015.; 21:50)

<http://www.pp-velebit.hr/index.php/hr/klima> (24.studeni 2015.; 22:30)

<https://hr.wikipedia.org/wiki/Dinaridi> (24.studeni 2015.; 21:45)

https://hr.wikipedia.org/wiki/Nacionalni_park_Sjeverni_Velebit (24.studeni 2015., 22:40)

<https://hr.wikipedia.org/wiki/Velebit> (24.studeni 2015.; 23:30)