

# Strukturno-geološke značajke i kinematska obilježja rasjeda u zaleđu Stona i Slanog

---

**Fricki, Daria**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*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:169:481430>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-15**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Diplomski studij geološkog inženjerstva

**STRUKTURNO-GEOLOŠKE ZNAČAJKE I KINEMATSKA  
OBILJEŽJA RASJEDA U ZALEĐU STONA I SLANOG**

Diplomski rad

Daria Fricki

GI421

Zagreb, 2022



KLASA: 602-04/21-01/257  
URBROJ: 251-70-15-21-2  
U Zagrebu, 4. 5. 2022.

Daria Fricki, studentica

## RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-04/21-01/257, URBROJ: 251-70-15-21-1 od 26. 10. 2021. priopćujemo vam temu diplomskog rada koja glasi:

### STRUKTURNO-GEOLOŠKE ZNAČAJKE I KINEMATSKA OBILJEŽJA RASJEDA U ZALEĐU STONA I SLANOG

Za mentora ovog diplomskog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i obrani diplomskog rada izv. prof. dr. sc. Bojan Matoš nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i komentora Dr. sc. Ivica Pavičić.

Mentor:

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Bojan Matoš

(titula, ime i prezime)

Komentor:

(potpis)

Dr. sc. Ivica Pavičić

(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)

## STRUKTURNO-GEOLOŠKE ZNAČAJKE I KINEMATSKA OBILJEŽJA RASJEDA U ZALEĐU STONA I SLANOG

DARIA FRICKI

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Zavod za geologiju i inženjersku geologiju

Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

### Sažetak

Konvergencija Jadranske mikroploče pod Euroazijsku ploču i njezina rotacija u suprotnom smjeru od kazaljke na satu rezultira seizmički aktivnim pojasom na području srednje i južne Dalmacije, a koje se dalje proteže prema Albaniji i Grčkoj. Najjači zabilježen potres na području Stona i Slanog, 40-ak km SZ od Dubrovnika, dogodio se 5. rujna 1996. godine ( $M = 6,0$ ,  $I_{\max} = \text{VIII}^\circ$  MSK) prouzročivši velike materijalne štete u mnogim južnodalmatinskim naseljima. Područje istraživanja u ovom diplomskom radu obuhvaća naslage mezozojske starosti od donjeg trijasa do gornje krede, uglavnom izgrađene od vapnenaca i dolomita, paleogensko-neogenske karbonatno-klastične naslage kao i kvartarne slabo vezane klastične naslage. Kako bi se što bolje interpretirao strukturni sklop južne Dalmacije, u ovom radu je konstruirano pet međusobno paralelnih profila poprečnih na strukture dinaridskog pružanja. Kompresijska tektonika rezultirala je stvaranjem borano-navlačnog pojasa u kojem su dominantni *fault-bend* i *fault-propagation* tipovi bora, ali i sustava reversnih i navlačnih rasjeda čiji su kutovi nagiba između  $30^\circ$  i  $50^\circ$ . Površine interpretiranih rasjeda su u rasponu od 22,83 do 1692,05 km<sup>2</sup>. Korištenjem *Petroleum Expert Move* softvera konstruirani 3D geološki model omogućio je vizualizaciju i interpretaciju kompleksne geometrije struktura u podzemlju. Na temelju geometrijskih parametara rasjeda empirijski proračunate vrijednosti najveće magnitude mogućih potresa u rasponu od 5,55 do 7,24 po Richteru ukazuju da interpretirani rasjedi predstavljaju značajan seizmički rizik i hazard za područje južne Dalmacije.

**Ključne riječi:** područje Ston–Slano, borano-navlačni pojas, *fault-propagation* i *fold-bend-fault* tip boranja, Navlaka Visokog krša, geološki profili, 3D geološki model, empirijski proračunata magnituda potresa

**Diplomski rad sadrži:** 62 stranice, 26 slika, 2 tablice, 6 priloga, 45 referenci

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Diplomski rad pohranjen:** Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta

Pierottijeva 6, Zagreb

**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Bojan Matoš

**Komentor:** dr. sc. Ivica Pavičić, poslijedoktorand

**Ocjenjivači:** 1. izv. prof. dr. sc. Bojan Matoš, RGNF

2. prof. dr. sc. Igor Vlahović, RGNF

3. izv. prof. dr. sc. Uroš Barudžija, RGNF

**Datum obrane:** 13. svibnja 2022.

## **STRUCTURAL-GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND KINEMATIC PROPERTIES OF FAULTS IN THE HINTERLAND OF STON AND SLANO**

DARIA FRICKI

Thesis completed in: University of Zagreb

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

Department of Geology and Geological Engineering

Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

### **Abstract**

The convergence of the Adriatic Microplate under the Eurasian plate and its counter-clockwise rotation results in a seismically active belt in central and southern Dalmatia, which extends further towards Albania and Greece. The strongest earthquake in the area of Ston-Slano, about 40 km NE of Dubrovnik, occurred on September 5th, 1996 ( $M = 6.0$ ,  $I_{max} = VIII$  ° MSK) causing substantial material damage in many southern Dalmatian settlements. This thesis is focused on Mesozoic deposits ranging in age from the Upper Triassic to the Upper Cretaceous, mainly built of limestones and dolomites, Paleogene–Neogene carbonate-clastic deposits and Quaternary unconsolidated clastic deposits. In order to interpret the structural architecture of the studied part of southern Dalmatia, five parallel geological profiles were constructed, perpendicular to the NW–SE striking Dinaric structures. Compression tectonics resulted in fold-thrust belt in which *fault-bend* and *fault-propagation* types of folds are dominant, as well as a system of reverse and thrust faults, with dip angles between 30° and 50°. The surface areas of the interpreted fault planes range from 22.83 to 1692.05 km<sup>2</sup>. Using of *Petroleum Expert Move* software for the constructed 3D geological model enabled the visualization and interpretation of the complex geometry of subsurface structures. The geometric parameters of the faults show that the empirically calculated values of the earthquake magnitudes range from 5.55 to 7.24 according to Richter, and thus the interpreted faults represent a significant seismic risk and hazard in the area of southern Dalmatia.

**Keywords:** Ston–Slano area, fold-thrust belt, *fault-propagation and fold-bend-fault* type of folding, High Karst Nappe, geological profiles, 3D geological model, empirically calculated earthquake magnitudes

**Thesis contains:** 62 pages, 26 figures, 2 tables, 6 appendices, 45 references

**Original in:** Croatian

**Thesis deposited in:** Library of the Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

Pierottijeva 6, Zagreb

**Supervisor:** Assoc. Prof. Bojan Matoš, PhD

**Co-supervisor:** Ivica Pavičić, PhD; Postdoctoral researcher

**Reviewers:**

1. Assoc. Prof. Bojan Matoš, PhD
2. Prof. Igor Vlahović, PhD
3. Assoc. Prof. Uroš Barudžija, PhD

**Date of defense:** May 13th, 2022.

# SADRŽAJ

|   |    |
|---|----|
| 1. UVOD.....  | 1  |
| 2. GEOGRAFSKE ZNAČAJKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA.....   | 3  |
| 3. TEKTONSKE ZNAČAJKE PODRUČJA ISTRAŽIVANJA.....  | 5  |
| 4. STRUKTURNO – SEIZMOLOŠKA OBILJEŽJA.....  | 9  |
| 4.1. Strukturna obilježja Jadranske mikroploče .....  | 9  |
| 4.2. Seizmičnost područja istraživanja .....  | 12 |
| 5. GEOLOŠKA GRAĐA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA.....  | 16 |
| 5.1. Perm (P) – <i>evaporiti i klastiti</i> .....   | 17 |
| 5.2. Donji trijas (T <sub>1</sub> ) – <i>pješčenjaci, lapori i vapnenci</i> .....                                   | 18 |
| 5.3. Srednji trijas (T <sub>2</sub> ) – <i>vapnenačke breče, konglomerati („otarničke naslage“), vapnenci</i> ..... | 18 |
| 5.4. Gornji trijas (T <sub>3</sub> ) – <i>Glavni dolomiti</i> .....   | 18 |
| 5.5. Donja jura (J <sub>1</sub> ) – <i>izmjena vapnenaca i dolomita, litotidni i mrljasti vapnenci</i> .....        | 19 |
| 5.6. Srednja jura (J <sub>2</sub> ) – <i>vapnenci (madstoni) s proslojcima dolomita</i> .....                       | 19 |
| 5.7. Gornja jura (J <sub>3</sub> ) – <i>vapnenci s kladokoropsisima i klipeinama</i> .....                          | 19 |
| 5.8. Donja kreda (K <sub>1</sub> ) – <i>dobro slojeviti vapnenci (madstoni)</i> .....                               | 20 |
| 5.9. Gornja kreda (K <sub>2</sub> ) – <i>rudistni vapnenci</i> .....  | 20 |
| 5.10. Paleogen (Pg).....  | 21 |
| 5.10.1. Liburnijske naslage (Pc, E).....  | 21 |
| 5.10.2. Foraminiferski vapnenci i prijelazne naslage (E <sub>1,2</sub> ).....                                       | 21 |
| 5.10.3. Flišne naslage (E <sub>2,3</sub> ).....   | 21 |
| 5.10.4. Prominske naslage (E, Ol) .....   | 22 |
| 5.11. Kvarter (Q) .....   | 22 |
| 6. METODOLOGIJA I REZULTATI ISTRAŽIVANJA .....  | 23 |
| 6.1. Geološki profil 1–1' .....   | 24 |
| 6.2. Geološki profil 2–2' .....   | 25 |
| 6.3. Geološki profil 3–3' .....   | 26 |
| 6.4. Geološki profil 4–4' .....   | 27 |
| 6.5. Geološki profil 5–5' .....   | 28 |
| 6.6. 3D model strukturne građe područja Ston–Slano.....   | 28 |
| 6.7. Proračun očekivane maksimalne magnitude potresa na izdvojenim seizmogenim rasjedima.....                       | 33 |
| 7. RASPRAVA I ZAKLJUČAK.....  | 35 |
| LITERATURA .....  | 37 |

## POPIS SLIKA

|   |    |
|---|----|
| <b>Slika 1.1</b> Makroseizmička karta epicentralnog područja glavnog potresa Ston-Slano, 5. rujna 1996. godine. Intenziteti prema Medvedev–Sponheuer–Karnik (MSK) ljestvici (Govorčin et al., 2020).....  | 1  |
| <b>Slika 1.2</b> Akcelerogrami Stonsko–slanskog potresa 5. rujna 1996. godine, snimljeno u solani Ston (Markušić et al., 1998). .....   | 2  |
| <b>Slika 2.1</b> Geografski položaj istraživanog područja (preuzeto s <a href="https://maps-for-free.com/">https://maps-for-free.com/</a> ). Pravokutnik označava područje istraživanja za koje su konstruirani geološki profili.....   | 3  |
| <b>Slika 3.1</b> Karta Jadranske karbonatne platforme (a) i rasprostiranja današnjih ostataka nekadašnjih karbonatnih platforma u središnjem Mediteranu (b) (Vlahović et al., 2005).....  | 5  |
| <b>Slika 3.2</b> Shematski prikaz formiranja Jadranske karbonatne platforme (Vlahović et al., 2005).....  | 6  |
| <b>Slika 3.3</b> Geotektonske jedinice Alpa, Karpata i Dinarida, 1:5000000 (Schmid et al., 2008) – crveni pravokutnik označava područje zaleđa Stona i Slanog. ....   | 7  |
| <b>Slika 4.1</b> Geodinamska skica područja istočnog Sredozemlja i brzine konvergentnih kretanja Afričke ploče, Anatolijskog bloka i Jadranske mikroploče prema Euroazijskoj ploči (Dasović et al., 2020).....  | 9  |
| <b>Slika 4.2</b> Topografska karta područja oko Jadranskog mora i njegova seizmičnost, žarišni mehanizmi potresa preuzeti iz talijanske CMT baze podataka 1976. – 2008. i europsko-mediteranske baze podataka RCMT 1997. – 2008. Zelena linija predstavlja navlačni rub deformiranog dijela Jadranske mikroploče. Šrafurani dio s dijagonalnim crtama predstavlja relativno aseizmički fragment Jadranske mikroploče do Gargano-Dubrovnik zone (GDZ). Kratice: A&J – Anderson & Jackson (1987); WES – Westaway (1992); RAT – Ward (1994); CAL – Calais et al. (2002); BAT – Battaglia et al. (2004) Sjeverni Jadran; GRE – Grenerczy et al. (2005) Sjeverni Jadran; SER – Serpelloni et al. (2005); DEV – Devoti et al. (2008); AG1 – D'Agostino et al. (2008) izvedeno iz GPS podataka; AG2 D'Agostino et al. (2008) rješenje izvedeno iz vektora pomaka (Weber et al., 2010)..... | 10 |
| <b>Slika 4.3</b> Prikaz lokacija izvedenog Eulerovog pola rotacije prema Weber et al. (2010) (zeleno – GPS-7, GPS-10, GPS-17, GPS-22, i SV (slip vector) koji odgovara GPS rješenjima za 7, 10, 17 i 22 mjesta), uspoređenih s prethodno objavljenim rješenjima (žuto): A&J – Anderson & Jackson (1987); WES – Westaway (1992); RAT – Ward (1994); CAL – Calais et al. (2002); BAT – Battaglia et al. (2004); GRE – Grenerczy et al. (2005); SER – Serpelloni   |    |

|   |    |
|---|----|
| et al. (2005); DEV – Devoti et al. (2008); AG-GPS – D'Agostino et al. (2008). Trajektorije i orijentacija vektora pomaka prikazani su crvenim i plavim crtama (Weber et al., 2010).....   | 11 |
| <b>Slika 4.4</b> (a) Položaj istraživanog područja u okviru orogenih pojasova na Mediteranu. (b) Glavne strukture u Italiji (od kojih je većina aktivna) i okolnim regijama srednjeg Mediterana (Sani et al., 2016).....  | 12 |
| <b>Slika 4.5</b> Karta epicentara potresa s povijesno i instrumentalno zabilježenim potresima na području Hrvatske do 2020. godine prema Katalogu potresa Hrvatske i susjednih područja (preuzeto s <a href="https://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska_sluzba/seizmichnost_hrvatske">https://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska_sluzba/seizmichnost_hrvatske</a> )....   | 13 |
| <b>Slika 4.6</b> Karte vršnog ubrzanja tla za područje Republike Hrvatske (a) za povratno razdoblje od 95 godina (b) za povratno razdoblje od 475 godina (preuzeto s <a href="http://seizkarta.gfz.hr/hazmap/">http://seizkarta.gfz.hr/hazmap/</a> ).....   | 14 |
| <b>Slika 4.7</b> Prikaz žarišnih mehanizama potresa u Hrvatskoj i okolnim područjima, u razdoblju 1909. – 2016. godine. Mehanizmi su prikazani pomoću stereografskih projekcija na donju hemisferu, a boja kompresijskog kvadranta označava tip naprezanja, odnosno tip uzročnog rasjeda prema legendi. Na desnoj slici Prikazana su i pružanja najveće osi naprezanja (P-osi) za pojedine potrese (zelene crte), kao i usrednjene vrijednosti definirane prostornim prozorom (crvene crte) (Herak et al., 2016)..... | 15 |
| <b>Slika 5.1</b> Geološki stup slijeda permskih, mezozjskih i paleogenskih naslaga na istraživanom području Stona i Slanog te zaleđa.....   | 17 |
| <b>Slika 6.1</b> Ko-genetski tipovi bora nastali zbog reversnog rasjedanja: fault-bend i fault-propagation tip bora (Brandes & Tanner, 2014).....   | 23 |
| <b>Slika 6.2</b> Položaji trasa konstruiranih geoloških profila u odnosu na geološke strukture na širem području istraživanja. Područje istraživanja obuhvaća OGK listova Ston, Metković, Nevesinje i Trebinje (Raić et al., 1980; Raić et al., 1975; Mojićević & Laušević, 1969; Natević & Petrović, 1967).....  | 24 |
| <b>Slika 6.3</b> Geološki profil 1–1'.....  | 25 |
| <b>Slika 6.4</b> Geološki profil 2–2'.....  | 26 |
| <b>Slika 6.5</b> Geološki profil 3–3'.....  | 27 |
| <b>Slika 6.6</b> Geološki profil 4–4'.....  | 27 |
| <b>Slika 6.7</b> Geološki profil 5–5'.....  | 28 |
| <b>Slika 6.8</b> Ulazni podaci za digitalizaciju horizonata stratigrafskih jedinica.....  | 29 |
| <b>Slika 6.9</b> Digitalizacija rasjednih ploha.....  | 30 |
| <b>Slika 6.10</b> Digitalizacija horizonata litostratigrafskih jedinica.....  | 30 |



**Slika 6.11** Pojednostavljeni prikaz izrade modela. A – perm, stariji, srednji i mlađi trijas; B – starija, srednja i mlađa jura; C – starija i mlađa kreda; D – završni izgled 3D modela. .. 31

**Slika 6.12** Finalna verzija 3D modela s hipocentrima potresa preuzetim s <https://earthquake.usgs.gov/>. A – potresi sa sjeverozapadne strane (1–1' profil); B – potresi s jugoistočne strane (5–5' profil); skala dubina potresa (km). ..... 32

## POPIS TABLICA

|   |    |
|---|----|
| <b>Tablica 6.1</b> Vrijednosti koeficijenata $a$ i $b$ korištenih za proračun očekivanih magnituda potresa (prema Wells & Coppersmith, 1994)..... | 33 |
| <b>Tablica 6.2</b> Rasjedne plohe okarakterizirane karakterom pomaka i procjenom maksimalne očekivane magnitude potresa.....                      | 34 |

## **POPIS PRILOGA**

**Prilog 1:** Geološki profil 1–1' s pripadajućom legendom.

**Prilog 2:** Geološki profil 2–2' s pripadajućom legendom.

**Prilog 3:** Geološki profil 3–3' s pripadajućom legendom.

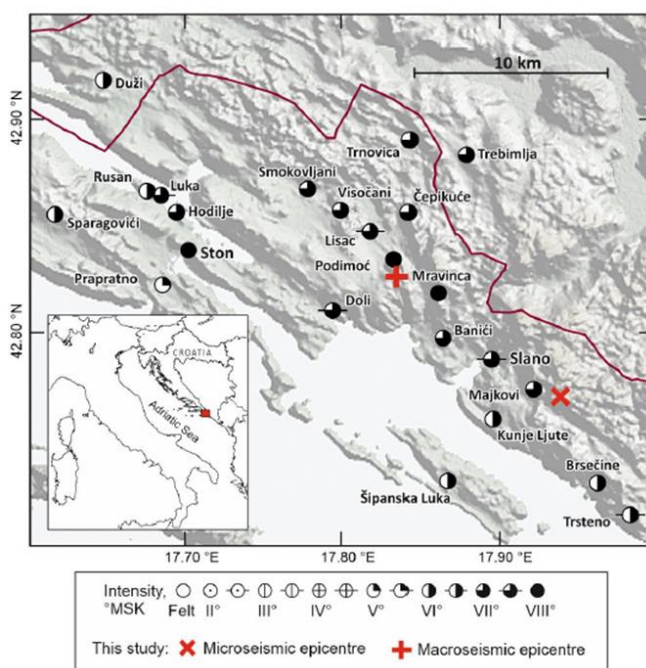
**Prilog 4:** Geološki profil 4–4' s pripadajućom legendom.

**Prilog 5:** Geološki profil 5–5' s pripadajućom legendom.

**Prilog 6:** Tablica epicentara potresa područja Ston–Slano i njegovog zaleđa iz kataloga potresa Geološke službe SAD-a za razdoblje od 1901. do 2021. godine (<https://earthquake.usgs.gov/>). Koordinatni sustav je MGI Balkan 6.

## 1. UVOD

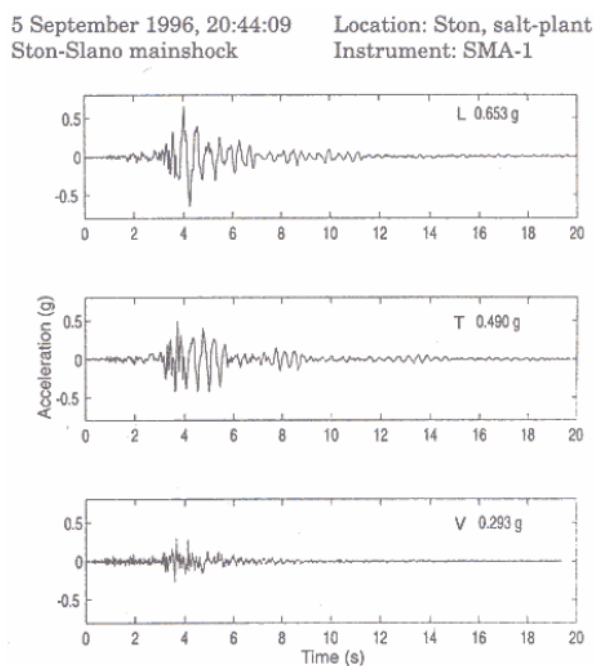
Seizmičnost na području Republike Hrvatske je najjača u južnoj Dalmaciji, na području između Stona i Konavala. U Hrvatskom katalogu potresa za područje južne Dalmacije je zabilježen niz jakih potresa koji datiraju još iz antičkog i srednjeg vijeka (npr. 1481., 1482., 1504., 1520., 1530. i 1563.; Tomljenović et al., 2009). Najvažniji seizmički događaj u povijesti južne Dalmacije je svakako Veliki dubrovački potres 1667. godine ( $I_0=10^\circ$ ; Tomljenović et al., 2009). U instrumentalnom razdoblju najjači potres na području južne Dalmacije dogodio se u području Stona i Slanog, 40-ak km SZ od Dubrovnika. Potres se dogodio 5. rujna 1996. godine u 20:44 sati ( $M = 6,0$ ,  $I_{\max}=VIII^\circ$  MSK), a prouzročio je velike materijalne štete u mnogim južnodalmatinskim mjestima, od kojih su najviše oštećeni Ston, te sela Podimoć i Mravnica (Slika 1.1; Govorčin et al., 2020). Tijekom tog potresa zabilježeno je najveće vršno horizontalno ubrzanje tla u vrijednosti od 0,65 g (Slika 1.2; Markušić et al., 1998).



Slika 1.1 Makroseizmička karta epicentralnog područja glavnog potresa Ston-Slano, 5. rujna 1996. godine. Intenziteti prema Medvedev–Sponheuer–Karnik (MSK) ljestvici (Govorčin et al., 2020).

Kako je u hrvatskom katalogu potresa zabilježen značajan broj jakih i umjerenih potresa na području Južne Dalmacije, razvidno je da je uski pojas južnodalmatinske obale zajedno s neposrednim podmorjem seizmički vrlo aktivno područje. Osnovni uzrok seizmičke aktivnosti sjeveroistočne obale Jadranskog mora leži u podvlačenju nedeformiranog dijela Jadranske mikroploče pod Vanjske Dinaride čiji se kolizijski front nalazi u neposrednom podmorju južne Dalmacije. U recentno vrijeme, kolizija, a time i rezultatno kompresijsko

naprezanje je sve većeg intenziteta idući od sjeverozapada prema jugoistoku, tako da se i broj potresa kao i najjači potresi događaju na prostoru od Stona i Dubrovnika do Albanije (Tomljenović et al., 2009).



*Slika 1.2 Akcelerogrami Stonsko–slanskog potresa 5. rujna 1996. godine, snimljeno u solani Ston (Markušić et al., 1998).*

U okviru ovog diplomskog rada istraživano epicentralno područje Ston–Slano dio je južnodalmatinske seizmičke zone Vanjskih Dinarida, a nalazi se vrlo blizu Navlake Visokog krša. U ovom dijelu Vanjskih Dinarida intenzivna konvergencija Jadranske mikroploče u odnosu na Euroazijsku ploču obilježena je pomacima do 4,17 mm/god (Bennett et al., 2008; D'Agostino, 2008; Govorčin et al., 2020). Seizmogeni izvori u zoni južne Dalmacije su pretežno reversni rasjedi pružanja SZ–JI s potresima ograničenim u plićim dijelovima kore (do 20 km dubine; Herak & Herak, 1990; Tomljenović et al., 2009; Govorčin et al., 2020).

Cilj ovog diplomskog rada bio je konstruirati pet profila na istraživanom području u zaleđu Stona i Slanog kako bi se detaljnije utvrdio strukturni sklop podzemlja te na temelju profila izradio 3D strukturno-geološki model. U uvodnom dijelu diplomskog rada prikazane su geografske i tektonske značajke te geološka građa istraživanog područja, dok su u nastavku prikazani metodološki koraci i izrada geoloških profila i konceptualnog 3D geološkog modela podzemlja. Na temelju ulaznih podataka (geoloških profila i 3D strukturno-geološkog modela) u nastavku rada interpretirani su geometrija i kinematske značajke interpretiranih rasjeda kao i njihov seizmogeni potencijal. Nakon prikazanog istraživanja i rezultata slijedi rasprava i zaključak o provedenom istraživanju.

## 2. GEOGRAFSKE ZNAČAJKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Područje istraživanja za koje su konstruirani seizmotektonski profili pripada Vanjskim Dinaridima, a nalazi se na širem području južne Dalmacije, pokrivajući zaleđe Stona i Slanog te graničnu zonu jugozapadne Bosne i Hercegovine, tzv. niske Hercegovine ili *Humine* (Slika 2.1). Idući od dalmatinske obale od Jadranskog mora prema unutrašnjosti, krški teren se dosta razlikuje u morfološkom pogledu, što ovisi o geološkoj građi terena. Na terenu se mogu izdvojiti dvije morfološke cjeline: polja (blata) i planinski lanci (Raić & Papeš, 1982). U niskoj Hercegovini (jadranskoj, mediteranskoj) nalaze se planinski lanci (Bjelašnica, Viduša, Sitnica, Sniježnica, Žaba itd.) s tipičnim dinaridskim pružanjem SZ–JI. Duž dinaridskih rasjeda česte su krške depresije od kojih su najveće Dabarsko i Popovo polje (Slika 2.1). Depresija Popovog polja proteže se u dužini od oko 60 km, a smatra se da je nastala erozijskim djelovanjem rijeke Trebešnjice koja je svoju riječnu dolinu formirala u tektonski dosta poremećenom terenu, što je znatno ubrzalo eroziju (Natević, 1970). U području doline Neretve nalaze se polja (blata) koja su često poplavljena, a pojedini dijelovi su stalno pod vodom pa su formirana manja jezera i močvare kao što su Hutovsko blato, Deransko jezero, Svitavsko blato (Slika 2.1; Raić & Papeš, 1977).

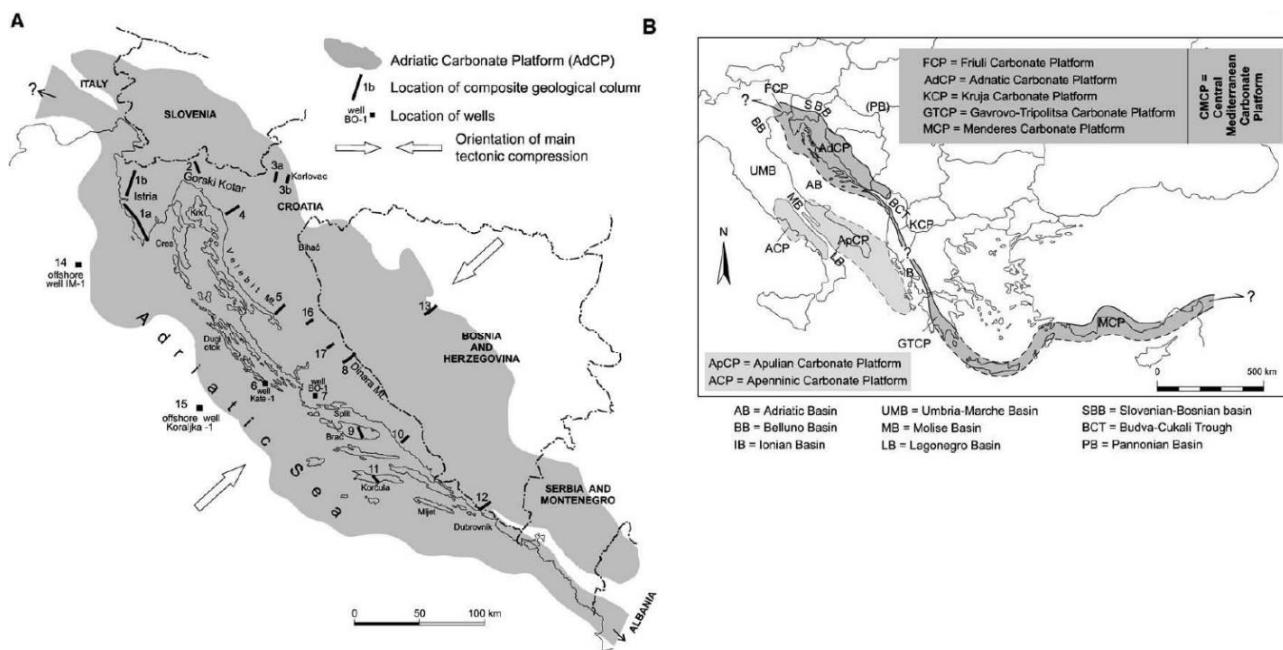


Slika 2.1 Geografski položaj istraživanog područja (preuzeto s <https://maps-for-free.com/>). Pravokutnik označava područje istraživanja za koje su konstruirani geološki profili.

Veći dio istraživanog područja pripada tektonskoj jedinici Navlake Visokog krša, a manji dio obale i otoka pripada Dalmatinskoj zoni (Schmid et al., 2008). Područje je tektonski poremećeno s obzirom na niz reversnih rasjeda dinaridskog pružanja, a koji mjestimice čine i imbricirane strukture koje ukazuju na tektonski transport prema jugozapadu. Teren je izgrađen pretežno od karbonatnih naslaga te su u njemu razvijeni krški fenomeni kao što su škrape, ponikve, jame i dr.

### 3. TEKTONSKE ZNAČAJKE PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

Područje istraživanja predstavlja dio borano-navlačnog sustava Vanjskih Dinarida koji predstavljaju deformirani dio Jadranske mikroploče (Vlahović et al., 2005; Schmid et al., 2008). Dinaridi su nastali kao posljedica kolizije Jadranske mikroploče s Euroazijskom pločom koja je započela tijekom mlađe krede, a maksimum izdizanja je bio tijekom srednjeg i mlađeg eocena i oligocena (Vlahović et al., 2005; Schmid et al., 2008). Stijene koje grade površinski dio Vanjskih Dinarida nastale su najvećim dijelom na nekadašnjoj Jadranskoj karbonatnoj platformi (JKP ili *Adriatic Carbonate Platform*, AdCP) čija je geološka i paleogeografska evolucija bila vrlo kompleksna. Jadranska karbonatna platforma jedna je od najvećih mezozojskih karbonatnih platformi u Perimediteranskom prostoru čiji se slijed naslaga pojavljuje u SI Italiji, Sloveniji, Hrvatskoj, Bosni i Hercegovini, Crnoj Gori i Albaniji (Slika 3.1; Vlahović et al., 2005).

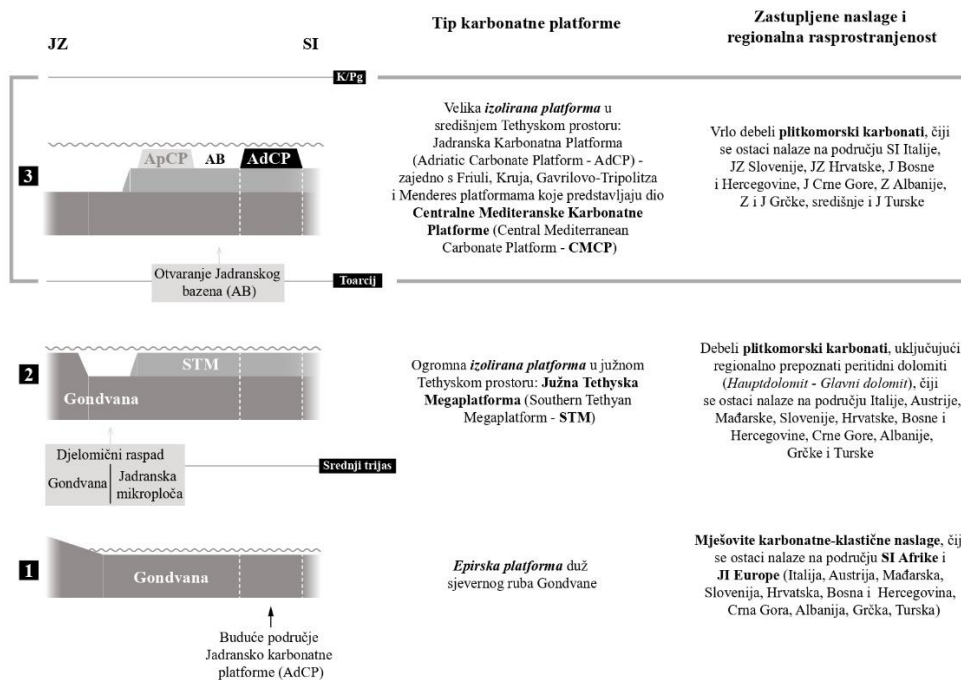


Slika 3.1 Karta Jadranske karbonatne platforme (a) i rasprostranjenja današnjih ostataka nekadašnjih karbonatnih platforma u središnjem Mediteranu (b) (Vlahović et al., 2005)

Karbonatne naslage predstavljaju najveći dio cjelokupnog slijeda Vanjskih (Krških) Dinarida, jer su vrlo debele (mjestimično i preko 8000 m) sa stratigrafskim rasponom od karbona do miocena. Veliki dio toga slijeda je taložen na nekadašnjoj Jadranskoj karbonatnoj platformi koja obuhvaća naslage stratigrafskog raspona od vrha donje jure (toarcij) do najmlađe krede (mjestimice i najstarijeg paleocena), pri čemu im je ukupna debljina značajno promjenjiva, između 3500 i 5000 metara (Vlahović et al. 2005).

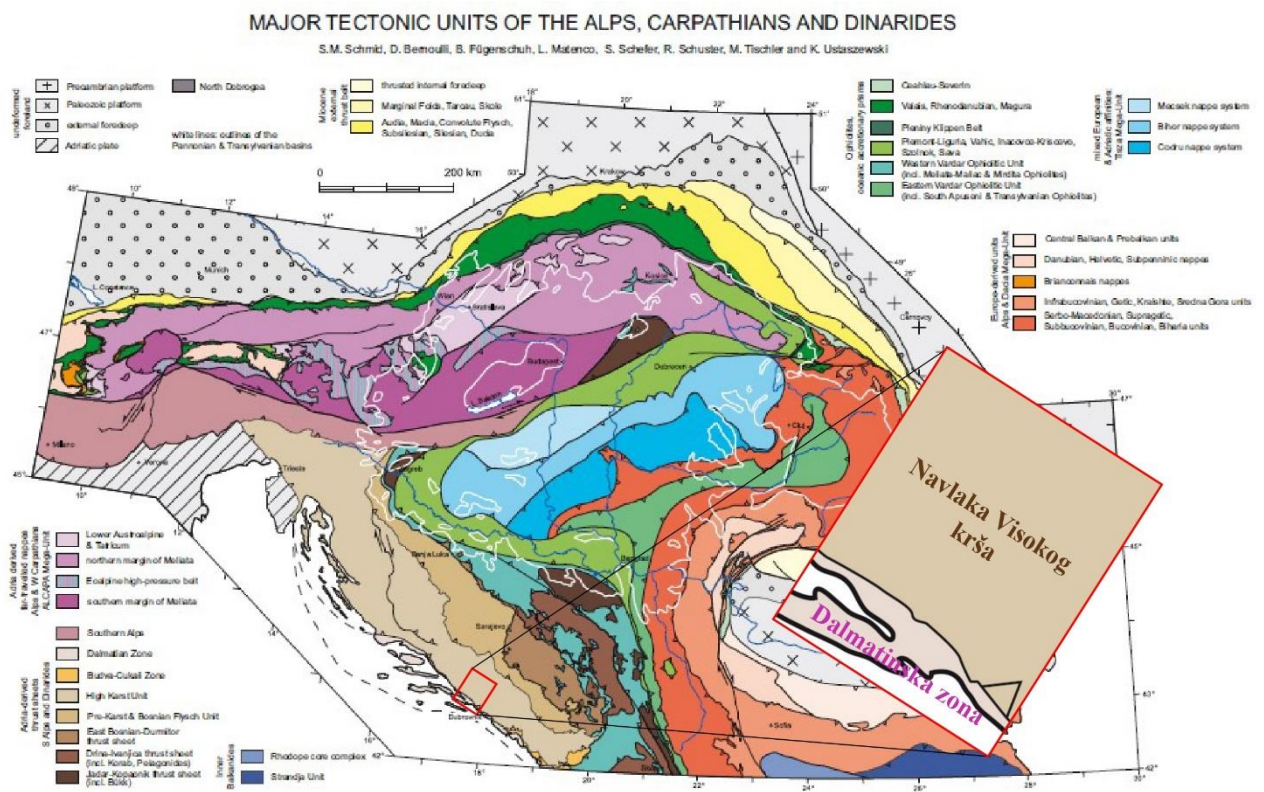


Kroz svoju dugotrajnu geološku povijest ove su stijene bile pod utjecajem više emerzijskih faza i nekoliko faza riftinga, ekstenzije, kompresije, kao i transpresije/transtenzije. Stijene karbonske te donjo- i srednjopermske starosti predstavljaju dio variscijske podloge (Vlahović et al., 2005). Područje buduće Jadransko karbonatne platforme odnosno Jadranske mikroploče je do srednjeg trijasa predstavljalo dio sjevernog dijela Gondvane (1 na Slici 3.2), karakteriziran miješanom klastično-karbonatnom sedimentacijom (Vlahović et al., 2005). Tijekom mlađeg perma do srednjeg trijasa dogodila se intenzivna tektonska aktivnost koja je kulminirala regionalnim srednjotrijaskim vulkanizmom zabilježenim na cijeloj Jadranskoj mikroploči, a to je dovelo do formiranja goleme plitkomorske izolirane karbonatne platforme unutar novootvorenog oceanskog prostora Neotethysa koja je prema Vlahoviću et al. (2005) nazvana *Southern Tethyan Megaplatforma* (STM – 2 na Slici 3.2). Dezintegracija te megaplatforme (STM) dogodila se krajem starije jure odnosno tijekom toarcijskog oceanskog anoksičnog događaja (T-OAE) sedimentacija bila toliko spora da više nije mogla kompenzirati sinsedimentacijsku tektoniku uvjetovanu normalnim rasjedima. Na kontinentalnoj podlozi Jadranske mikroploče tako je formirano dubljemorsko korito koje je razdvojilo novoformiranu Jadransku karbonatnu platformu (*Adriatic Carbonate Platform* – AdCP) od Apulijske karbonatne platforme (*Apulian carbonate platform* – ApCP). Na ovaj način je nastao Jadranski bazen, preteča današnjeg Jadranskog mora (3 na Slici 3.2).



Slika 3.2 Shematski prikaz formiranja Jadranske karbonatne platforme (Vlahović et al., 2005).

Tijekom jure i početkom krede postupno tonjenje platforme omogućilo je taloženje nekoliko kilometara debelog slijeda karbonata, uglavnom plitkomorskih. Kolizija Jadranske mikroploče s Euroazijskom pločom započela je u mlađoj kredi, a kao posljedica kolizijskih procesa došlo je do diferencijacije taložnih prostora na području Jadranske karbonatne platforme (Vlahović et al., 2005). Na samom kraju krede zabilježena je značajnija regionalna emerzija dok je paleogenska transgresija u kombinaciji s formiranjem predgorskih bazena dovela do djelomičnog produbljivanja taložnih prostora i taloženja karbonatnih i klastičnih naslaga sve do kraja eocena, mjestimice i oligocena. Kolizijski procesi su imali vrhunac u eocenu i oligocenu kad je Dinaridski orogeni pojas konačno izdignut (Vlahović et al., 2005). Prema Schmid et al. (2008) geotektonske jedinice koje grade današnje Vanjske Dinaride, odnosno područje istraživanja u zaleđu Stona i Slanog, su Dalmatinska zona i Navlaka Visokog krša (Slika 3.3).



Slika 3.3 Geotektonske jedinice Alpa, Karpata i Dinarida, 1:5000000 (Schmid et al., 2008) – crveni pravokutnik označava područje zaleđa Stona i Slanog.

**Dalmatinska zona** odvojena je od nedeformiranog dijela Jadranske mikroploče pretpostavljenim reversnim rasjedom dinaridskog pružanja, koji se pruža u podmorju Jadrana. Dalmatinska zona obuhvaća primorje južne Dalmacije, poluotok Pelješac, otoke Mljet, Lastovo, Korčulu, Vis, Hvar, Brač te zaleđe Splita, a dalje se pruža sjeverozapadno

prema Cresu (Slika 3.3; Schmid et al., 2008). **Dalmatinska zona** predstavlja podinu **Navlake Visokog krša**, dok je u svom južnom dijelu od jedinice **Navlaka Visokog krša** odvojena **Budva–Cukali zonom**.

Jedinica **Navlaka Visokog krša** na kartama je izdvojena uz čitavu obalu Jadrana, iako je pružanje SZ od Splita znatno nejasnije. U podini ove navlake nalazi se *Dalmatinska zona*, odnosno **Budva–Cukali zona** na jugu i nedeformirani dio Jadranske mikroploče na sjeveru, a u krovini se nalazi **Predkrška navlaka** i jedinica **Bosanskog fliša** (Schmid et al., 2008).

#### 4. STRUKTURNO – SEIZMOLOŠKA OBILJEŽJA

Sredozemna regija je tektonski vrlo kompleksno kolizijsko područje obilježeno dugačkim planinskim pojasovima (Alpe, Dinaridi, Albanidi, Helenidi, Tauridi, i dr.), dijelovima nesubducirane oceanske litosfere (Jonsko more), mladim oceanskim zalučnim bazenima (Tirensko more), aktivnim (Kalabrijski luk) i prekinutim subdukcijskim zonama, ali i mozaikom tektonskih ploča (npr. Jadranska mikroploča, Arapska ploča, Anatolijski blok, i dr.) (Schmid et al., 2008; Weber et al., 2010). U tom seizmički i tektonski aktivnom području konvergentno kretanje Afričke i Euroazijske ploče konzumirano je aktivnim subdukcijskim zonama duž Helenskog i Kalabrijskog luka, dok se preostali dio prenosi prema sjeveru u relativno stabilni dio Jadranske mikroploče u Jonskom i Jadranskom moru, odakle se dalje prenosi u okolne planinske lance Apenina, Alpa i Dinarida (Slika 4.1; Dasović et al., 2020).



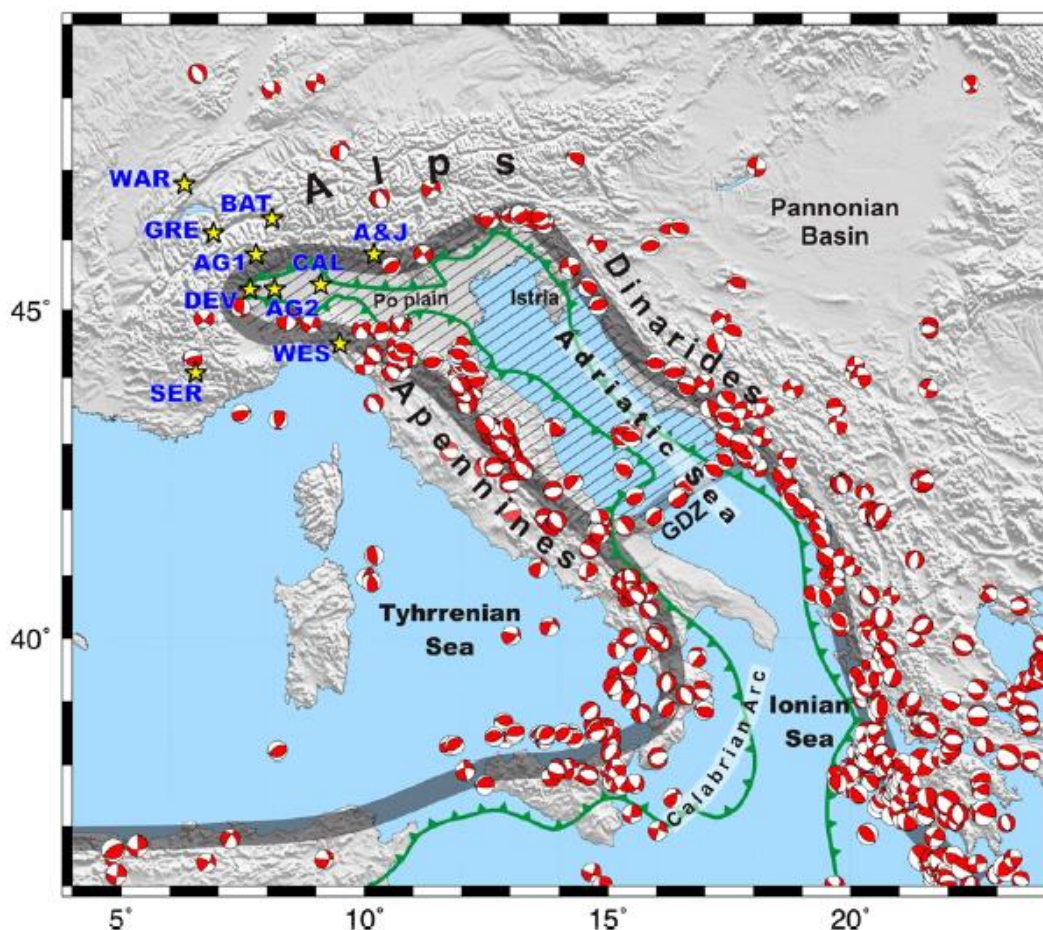
Slika 4.1 Geodinamska skica područja istočnog Sredozemlja i brzine konvergentnih kretanja Afričke ploče, Anatolijskog bloka i Jadranske mikroploče prema Euroazijskoj ploči (Dasović et al., 2020).

##### 4.1. Strukturna obilježja Jadranske mikroploče

Veći dio stabilnog dijela Jadranske mikroploče nalazi se u podmorju Jadrana, dok su njeni rubovi zahvaćeni mladim navlačnim rasjedima. U nizini rijeke Po Jadranska mikroploča prekrivena je debelim kvartarnim pokrivačem nekonsolidiranih aluvijalnih sedimenata



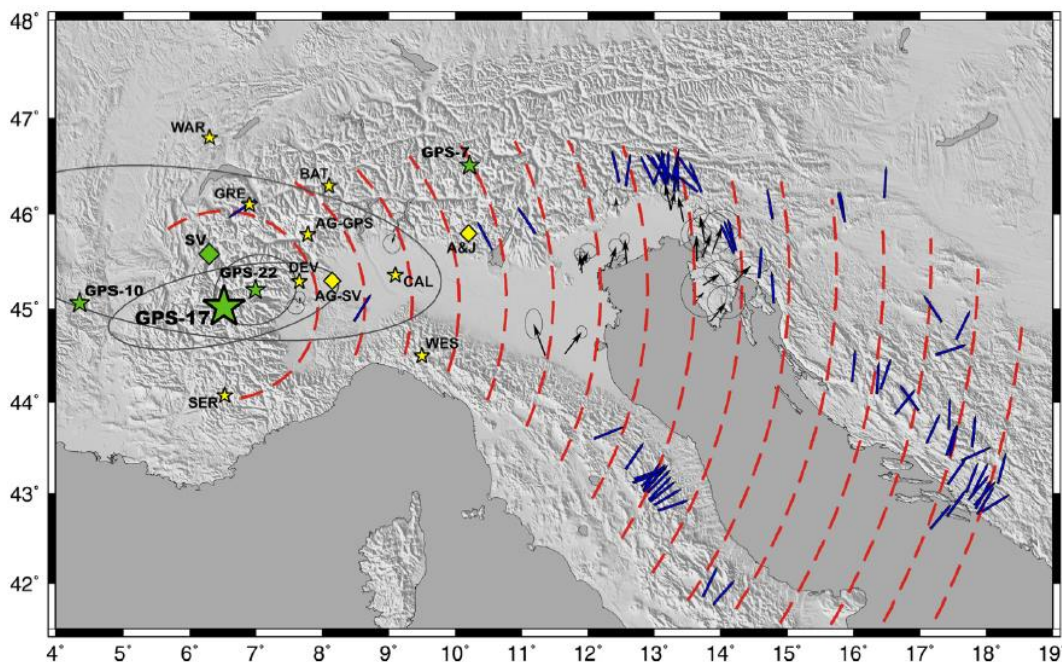
(Slika 4.2; Weber et al., 2010). Za razliku od relativno stabilne aseizmičke unutrašnjosti Jadranske mikroploče, seizmička aktivnost na rubnim područjima je vrlo intenzivna što ukazuje na rigidnost Jadranske mikroploče i kolizijski kontakt tipa kontinent–kontinent u odnosu na Euroazijsku ploču. Tek nekoliko žarišta potresa u južnom dijelu Jadrana, zoni Gargano–Dubrovnik, ukazuje na fragmentiranost stabilnog dijela Jadranske mikroploče (Slika 4.2; Battaglia et al., 2004; Marjanović, 2009).



Slika 4.2 Reljefna karta područja oko Jadranskog mora i njegova seizmičnost, žarišni mehanizmi potresa preuzeti iz talijanske CMT baze podataka 1976. – 2008. i europsko-mediteranske baze podataka RCMT 1997. – 2008. Zelena linija predstavlja navlačni rub deformiranog dijela Jadranske mikroploče. Šrafurani dio s dijagonalnim crtama predstavlja relativno aseizmički SZ blok Jadranske mikroploče do Gargano-Dubrovnik zone (GDZ). Kratice: A&J – Anderson & Jackson (1987); WES – Westaway (1992); RAT – Ward (1994); CAL – Calais et al. (2002); BAT – Battaglia et al. (2004) Sjeverni Jadran; GRE – Grenczy et al. (2005) Sjeverni Jadran; SER – Serpelloni et al. (2005); DEV – Devoti et al. (2008); AG1 – D'Agostino et al. (2008) izvedeno iz GPS podataka; AG2 D'Agostino et al. (2008) rješenje izvedeno iz vektora pomaka (prema Weber et al., 2010).

Sadašnju deformaciju Jadrana treba promatrati ne samo u okviru konvergencije između Afrike i Euroazije, već i s obzirom na kombinirano kretanje Afričke ploče, Euroazijske ploče, Anatolijskog bloka i Helenskog luka, čija dinamika kontrolira raspored potresa i

intenzitet deformacije unutar Jadranske mikroploče i duž njenih granica (Sani et al., 2016). Prema Marjanoviću (2009) rezultati istraživanja u kojima su korištena geodetska mjerenja u velikoj mjeri ukazuju da područje Jadranske mikroploče nije produžetak Afričke ploče te podupire hipotezu da je rotacija Jadranske mikroploče u suprotnom smjeru od kretanja kazaljke na satu oko pola koji se nalazi u Alpama. Weber et al. (2010) najbolje prikazuje brzine konvergentnih kretanja (u mm/god.) između Jadranske mikroploče i Euroazijske ploče proračunate na temelju GPS mjerenja u kojima se preklapaju položaji polova korištenjem različitog broja i vrste podataka. Konvergentno kretanje u stabilnom dijelu Jadranske mikroploče u odnosu na Euroazijsku ploču je u rasponu od 0,5 do 4,5 mm/god. (Slika 4.3; Weber et al., 2010; Dasović et al., 2020). Konvergentno kretanje lokalno se akumulira u stjenovitom, krtom dijelu kore u obliku tektonskih napetosti koje kad premaše granične vrijednosti posmične čvrstoće stijena ili postojećih rasjeda dovode do sloma i naglog otpuštanja dotad akumulirane energije u obliku seizmičkih valova (Dasović et al., 2020).

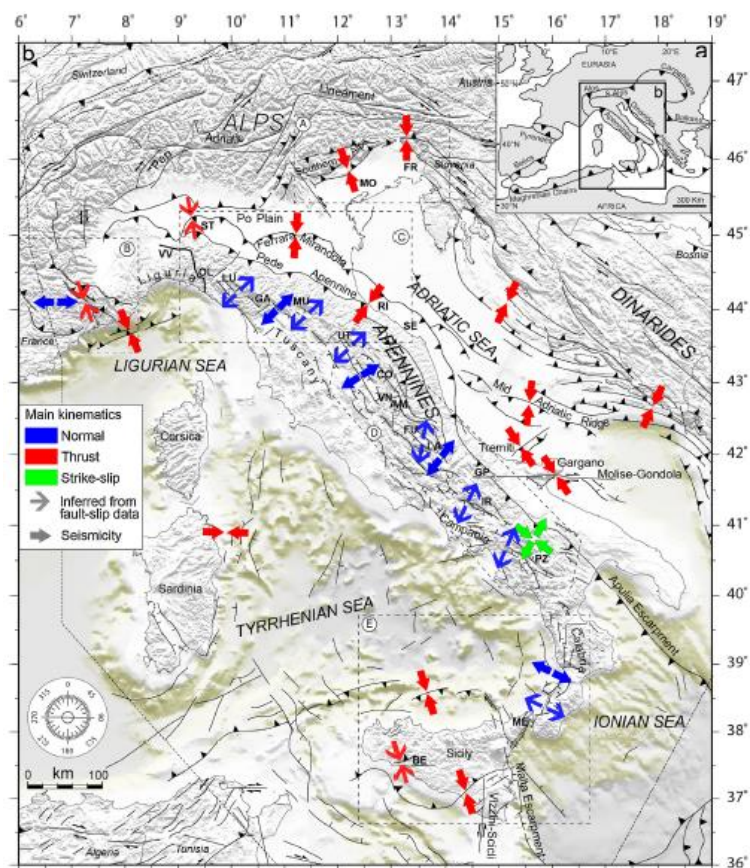


Slika 4.3 Prikaz lokacija izvedenog Eulerovog pola rotacije prema Weber et al. (2010) (zeleno – GPS-7, GPS-10, GPS-17, GPS-22, i SV (slip vector) koji odgovara GPS rješenjima za 7, 10, 17 i 22 mjesta), uspoređenih s prethodno objavljenim rješenjima (žuto): A&J – Anderson & Jackson (1987); WES – Westaway (1992); RAT – Ward (1994); CAL – Calais et al. (2002); BAT – Battaglia et al. (2004); GRE – Grenerczy et al. (2005); SER – Serpelloni et al. (2005); DEV – Devoti et al. (2008); AG-GPS – D'Agostino et al. (2008). Trajektorije i orijentacija vektora pomaka prikazani su crvenim i plavim crtama (Weber et al., 2010).

Rotacija uzrokuje djelomičnu ekstenziju orijentacije sjeveroistok-jugozapad u iznosu od 2,5 do 5 mm/god uzduž Apenina te dominantno konvergenciju sjeveroistok-jugozapad u iznosu



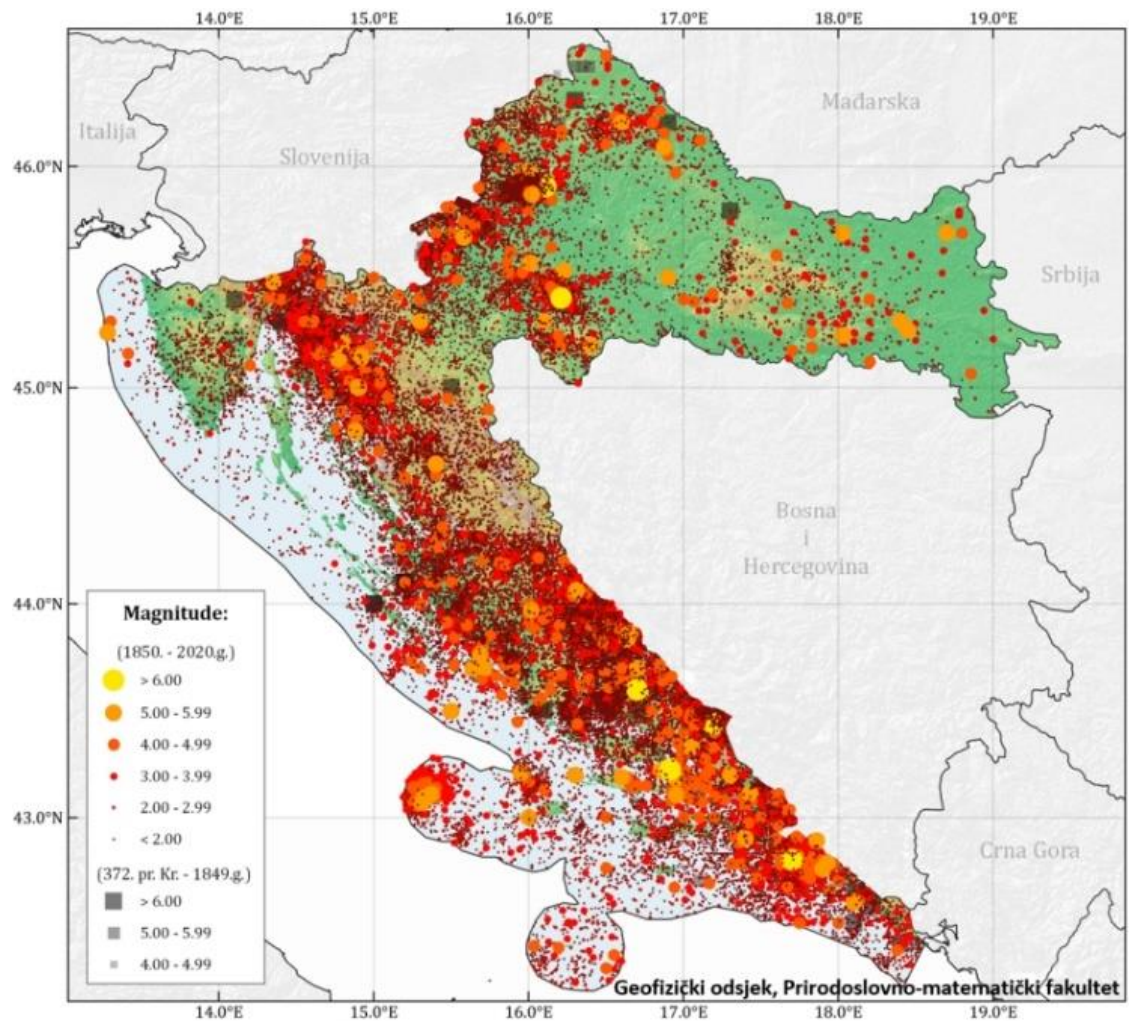
od 4 mm/god uzduž Dinarida (Slika 4.4). Geodetski i seizmički podaci su u suglasju s tim modelom gibanja ukazujući na aktivnu deformaciju rubnog područja Jadranskog mora uzrokovanu rotacijom i gibanjem Jadranske mikroploče (Marjanović, 2009).



Slika 4.4 (a) Položaj istraživanog područja u okviru orogenih pojasova na Mediteranu. (b) Glavne strukture u Italiji (od kojih je većina aktivna) i okolnim regijama srednjeg Mediterana (Sani et al., 2016).

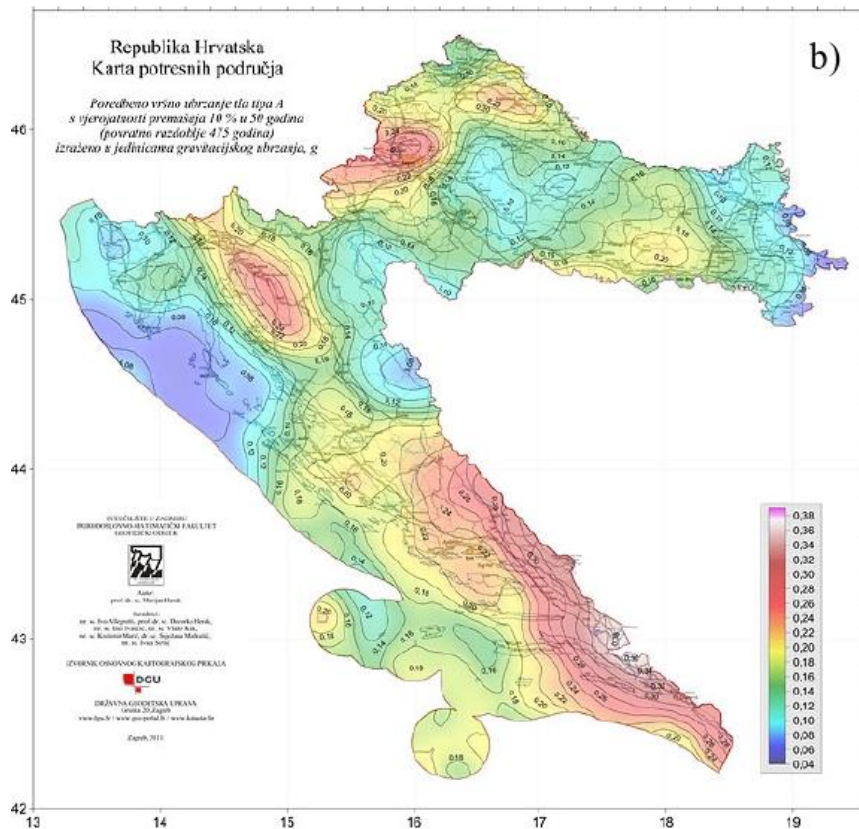
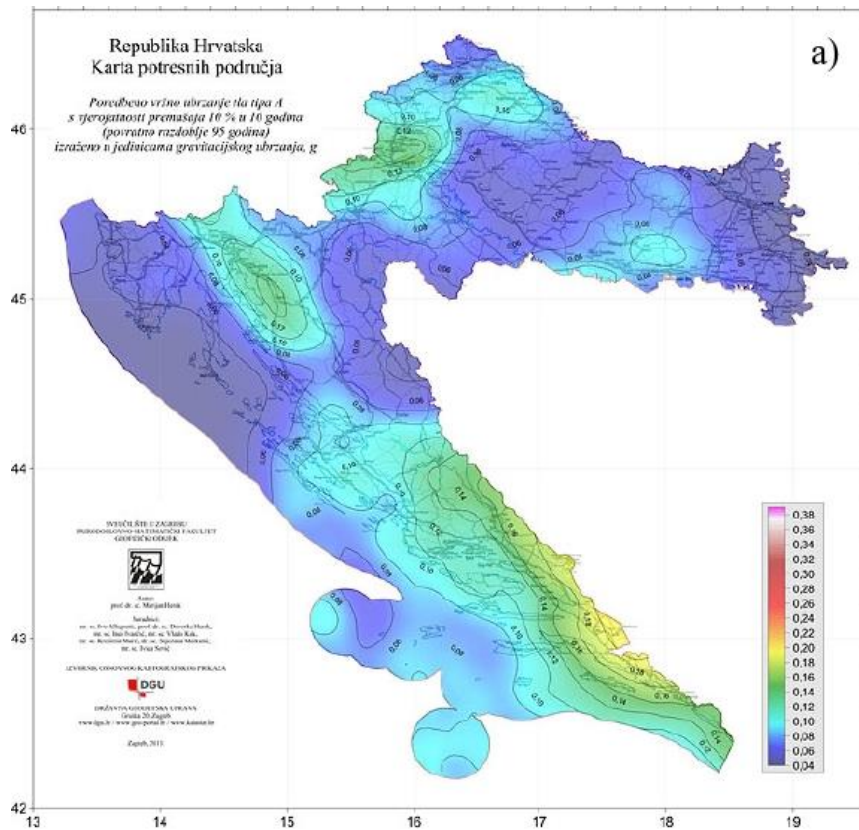
## 4.2. Seizmičnost područja istraživanja

Područje južnog dijela Hrvatske predstavlja epicentralno područje umjerenih do jakih potresa, što je vidljivo na karti seizmičnosti Republike Hrvatske (Slika 4.5). Usporedbom karata vršnog ubrzanja tla za povratna razdoblja od 95 i 475 godina vidljivo je da je južna Dalmacija tektonski najaktivnije područje u RH, posebice u okolini Stona–Slanog i Dubrovnika (Slika 4.6).



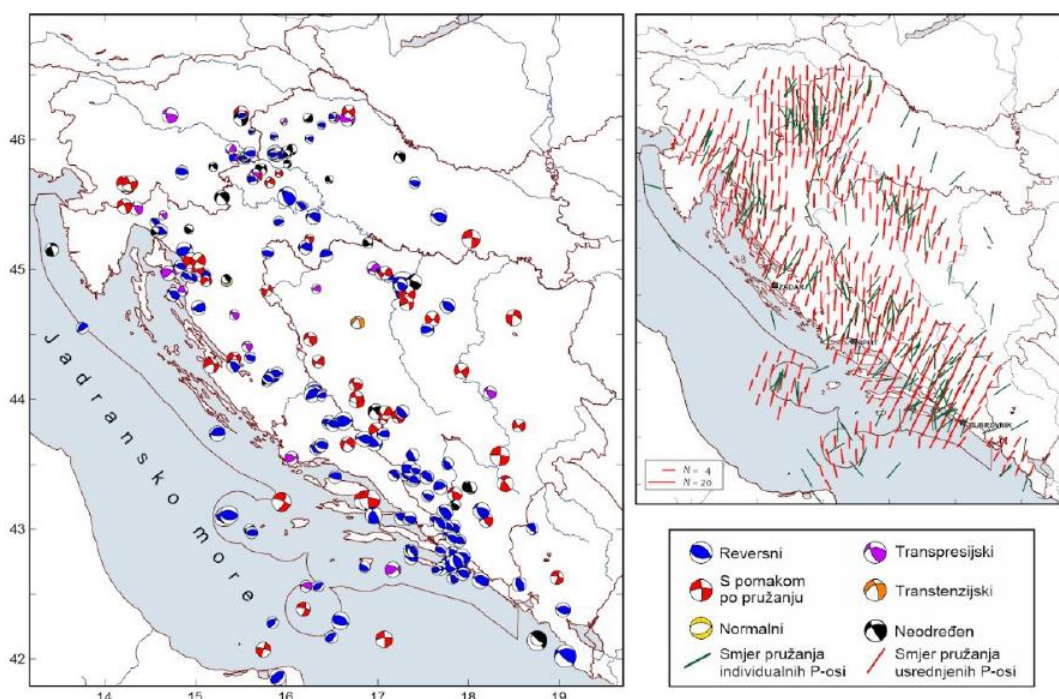
*Slika 4.5 Karta epicentara potresa s povijesno i instrumentalno zabilježenim potresima na području Hrvatske do 2020. godine prema Katalogu potresa Hrvatske i susjednih područja (preuzeto s [https://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska\\_sluzba/seizmichnost\\_hrvatske](https://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska_sluzba/seizmichnost_hrvatske)).*





Slika 4.6 Karte vršnog ubrzanja tla za područje Republike Hrvatske (a) za povratno razdoblje od 95 godina (b) za povratno razdoblje od 475 godina (preuzeto s <http://seizkarta.gfz.hr/hazmap/>).

U južnoj Dalmaciji prevladavaju potresi nastali u kompresijskom režimu naprezanja, o čemu svjedoče žarišni mehanizmi potresa načinjeni analizom prvih nailazaka P-valova zabilježenih na seizmogramima jačih potresa u tom području (Slika 4.7). Pružanje najveće osi naprezanja (P-osi) u ovom je području pretežito SI–JZ, odnosno poprečno na Dinaridsko pružanje SZ–JI, a time i na pružanje glavnih seizmogenih reversnih rasjeda. Osim duž navedenih rasjeda lokalno su u ovom području zabilježeni i potresi nastali u transpresijskom režimu naprezanja, po rasjedima s pretežitim pomakom po pružanju, među kojima su najčešći oni pružanja SSZ–JJI s desnim pomakom (Dasović et al., 2020).



Slika 4.7 Prikaz žarišnih mehanizama potresa u Hrvatskoj i okolnim područjima, u razdoblju 1909. – 2016. godine. Mehanizmi su prikazani pomoću stereografskih projekcija na donju hemisferu, a boja kompresijskog kvadranta označava tip naprezanja, odnosno tip uzročnog rasjeda prema legendi. Na desnoj slici Prikazana su i pružanja najveće osi naprezanja (P-osi) za pojedine potrese (zelene crte), kao i usrednjene vrijednosti definirane prostornim prozorom (crvene crte) (Herak et al., 2016).

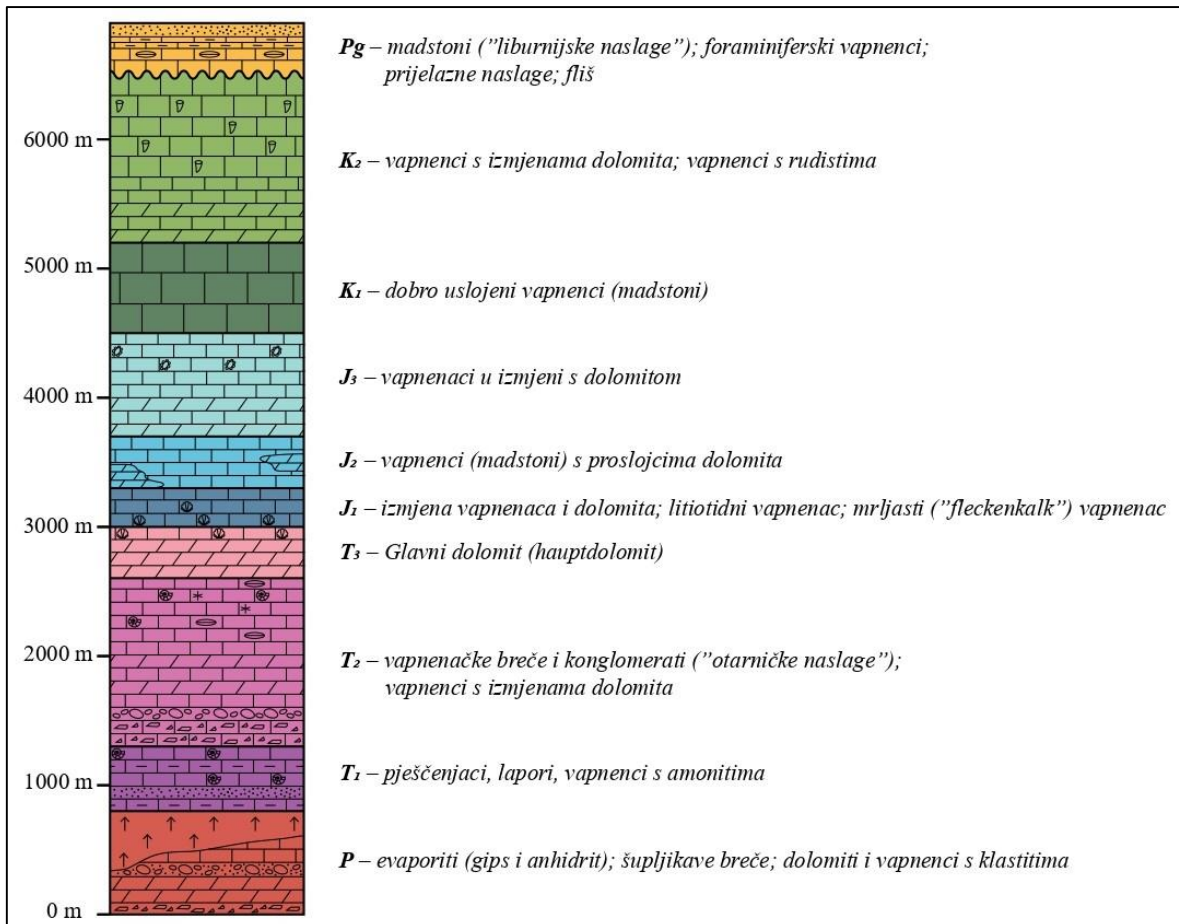
Žarišne dubine potresa su u rasponu od 2 do 20 km kao rezultat zadebljanja kore u kolizijskoj zoni nedeformiranog dijela Jadranske mikroploče s Vanjskim Dinaridima koja se nalazi u neposrednom podmorju južne Dalmacije. Najjači potresi u ovom epicentralnom području zabilježeni su kod Dubrovnika ( $I_0 = IX-X$  °MCS, 1667. godine), Makarske ( $M = 6,1$ , 1962. godine) i Stona ( $M = 6,0$ , 1996. godine), a također i dosad najjači instrumentalno zabilježeni potresi u crnogorskom primorju ( $M = 7,1$  i  $6,2$ , 1979. godine) pripadaju istom regionalnom, seizmotektonskom pojasu koji se iz Dalmacije nastavlja prema JI u Crnu Goru i Albaniju (Dasović et al., 2020).

## 5. GEOLOŠKA GRAĐA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Područje južne Dalmacije te JZ Bosne i Hercegovine, odnosno zaleđe Stona i Slanog geološki je sustavno istraživano u sklopu izrade listova OGK i pripadajućih tumača *Metković* (Raić et al., 1975; Raić & Papeš, 1977), *Ston* (Raić et al., 1980; Raić & Papeš, 1982), *Trebinje* (Natević & Petrović, 1967; Natević, 1970) i *Nevesinje* (Mojićević & Laušević, 1969; Mojićević & Laušević, 1973).

Shodno tome, u ovom radu prikazan je generalni slijed naslaga na istraživanom području koje su prikazane na konstruiranim seizmotektonskim profilima, idući od stratigrafski najstarijih stijena koje čine permski klastiti i evaporiti, a preko koji naliježu mezozojski karbonati (vapnenci i dolomiti) i klastiti. U krovini mezozojskog slijeda nalaze se i najmlađe paleogensko–neogenske karbonatno-klastične naslage te naposljetku kvartarne slabo vezane klastične naslage (aluvijalni, proluvijalni i deluvijalni nanosi, barski sedimenti).

Najstarije naslage koje se nalaze na površini na istraživanom području su gornjotrijaske starosti, međutim u širem području Dalmacije najstarije su permske naslage koje se nalaze na OGK listovima *Drniš* (Ivanović et al., 1977), *Knin* (Grimani et al., 1972) i *Sinj* (Papeš et al., 1982). Uzevši debljine naslaga s navedenih karata napravljen je kompozitni geološki stup za istraživano područje, a ukupna debljina cjelokupnog karbonatnog slijeda je oko 6900 metara (Slika 5.1). U narednom potpoglavlju bit će prikazan slijed naslaga od stratigrafski najstarijih do najmlađih naslaga u području istraživanja.



Slika 5.1 Geološki stup slijeda permskih, mezozjskih i paleogenskih naslaga na istraživanom području Stona i Slanog te zaleđa.

### 5.1. Perm (P) – evaporiti i klastiti

Permske naslage su najstarije otkrivene naslage na površini koje su otkrivene na OGK listova *Drniša* (Ivanović et al., 1977), *Sinja* (Papeš et al., 1982) i *Knina* (Grimani et al., 1972). Kako se permske naslage ne nalaze na površini istraživanog područja njihova debljina preuzeta je iz literature Balling et al. (2021) i iznosi 800 m. Permske naslage su izgrađene od evaporita (gips i anhidrit), dolomita i vapnenaca, udruženih s klastitima i magmatitima (Bukovac & Jamičić, 2009). Naslage evaporita sa spilitiziranim dijabazima, te klastitima (dominira izmjena boje od sivozelene do crvenkaste), šupljikavim brečama i pješčenjacima dijapirski su kretane zbog čega se na površini pojavljuju u vrlo kompleksnim strukturno-startigrafskim odnosima (Raić et al., 1984; Bukovac & Jamičić, 2009).

## **5.2. Donji trijas (T<sub>1</sub>) – pješčenjaci, lapori i vapnenci**

Razvoj donjeg trijasa obuhvaća skitski kat čiji niži dio odgovara sajskim, a viši dio kampilskim naslagama (Sokač, 2009). Sajske naslage izgrađene su dominantno od pješčenjaka i lapora, a u izmjeni se mogu naći karbonatne stijene tj. vapnenci s lećama dolomita. Kontinuirano na sajskim naslagama slijedi izmjena vapnenaca i lapora (kampilske naslage). Kampilski slojevi sadrže bogatu makrofaunu, a često se mogu naći i amoniti od kojih su najčešći primjerci rodova *Tirolites* i *Dinarites*. Sedimentno-petrografske karakteristike ovih naslaga ukazuju na postojanje plitkomorskih uvjeta, ali sa slabijim utjecajem kopna (Raić et al., 1984). Ove naslage se ne nalaze na površini istraživanog područja pa je prema Balling et al. (2021) uzeta debljina iznosa 500 m.

## **5.3. Srednji trijas (T<sub>2</sub>) – vapnenačke breče, konglomerati („otarničke naslage“), vapnenci**

Naslage srednjeg trijasa su kontinuirano istaložene na kampilskim slojevima. U najnižim dijelovima srednjeg trijasa nalaze se vapnenačke breče i konglomerati poznati pod nazivom „otarničke naslage“. Preko „otarničkih naslaga“ slijede klastiti i dolomiti koji su dominantno zrnaste strukture (Raić et al., 1984; Sokač, 2009). Tijekom srednjeg trijasa dominirala je karbonatna sedimentacija, gdje su zastupljeni različiti tipovi plitkomorskih vapnenaca više ili manje zahvaćeni procesima rekristalizacije i kasnodijagenetske dolomitizacije (Sokač, 2009). Kako naslage nisu izašle na površinu istraživanog područja njihova debljina preuzeta je iz Balling et al. (2021) i ona iznosi 1300 m.

## **5.4. Gornji trijas (T<sub>3</sub>) – Glavni dolomiti**

Najstarije naslage na istraživanom terenu pripadaju mlađem trijasu. Naslage se na površini nalaze samo na OGK lista Ston, prema pripadajućem tumaču ove naslage izgrađuju dolomiti s rijetkim proslojcima vapnenaca, debljine oko 400 m. Nalaze se na samom čelu Navlake Visokog krša te se rasprostiru od Slivna Ravna, Smokovljana, Slanog do Trstena (Raić et al., 1980). Gotovo cijelim pružanjem navučene su na klastične naslage eocena, a dijelom i na starije kredne naslage (Raić & Papeš, 1982). Početak slijeda naslaga gornjeg trijasa obilježen je jednoličnom izmjenom ranodijagenetskih i kasnodijagenetskih dolomita. Ova izmjena svijetlih i tamnih dolomita naziva se Glavni dolomit (hauptdolomit) (Sokač, 2009).



### **5.5. Donja jura (J<sub>1</sub>) – *izmjena vapnenaca i dolomita, litiotidni i mrljasti vapnenci***

Konkordantno preko dolomita mlađeg trijasa leže naslage starije jure koje se pružaju u pojasu od Rabe, Slivna Ravna, Slanog do Trstena (Raić et al., 1980). Naslage starije jure uglavnom čine dobroslojeviti vapnenci sive do tamnosive boje koji se u nižem dijelu izmjenjuju s kasnodijagenetskim dolomitima, a unutar kojih se u višem dijelu nalaze proslojci sa školjkašima iz skupine litiotida, po čemu se najčešće i nazivaju litiotidni vapnenci (Raić & Papeš, 1982). Osim velikog broja ljuštura tih školjkaša u naslagama se nalazi veliki udio puževa, bentičkih foraminifera, vapnenačkih alga i brahiopoda (Velić & Vlahović, 2009). U krovini litiotidnih vapnenaca nalazi se tankopločasti facijes mrljastih vapnenaca („fleckenkalk“) koji je vrlo siromašan fosilima jer u to vrijeme nastupa oceanski anoksični događaj (OAE) u kojem uvjeti za život i razvoj bentosa nisu bili pogodni (Velić & Vlahović, 2009). Debljina naslaga donje jure je oko 300 m.

### **5.6. Srednja jura (J<sub>2</sub>) – *vapnenci (madstoni) s proslojcima dolomita***

Naslage srednje jure pružaju se od Slivna Ravno na sjeverozapadu do iznad Trstena na jugoistoku te su konkordantno taložene na donjojurskim naslagama, a njihova debljina je oko 400 m (Raić et al., 1980). Najveći dio naslaga srednje jure čine vapnenci s proslojcima dolomita (Raić & Papeš, 1982). Za razliku od drugih dijelova hrvatskoga krša, u južnoj Dalmaciji prevladavaju vapnenci zrnaste potpore. Stariji i srednji dio srednje jure izgrađen je od debelih slojeva sivih i tamnosivih vapnenaca (madstona) s proslojcima sivkastosmeđih kasnodijagenetskih dolomita. U mlađem dijelu srednje jure najzastupljeni su olitični vapnenci znatno svjetlije, mjestimice bijele boje (Natević, 1970; Velić & Vlahović, 2009).

### **5.7. Gornja jura (J<sub>3</sub>) – *vapnenci s kladokoropsisima i klipeinama***

Naslage gornje jure kontinuirano su taložene na vapnence srednje jure, a nalaze se u krajnjem sjeverozapadnom dijelu terena iznad sela Duba, u području između Čepikuća i Mravinjca, u južnom i istočnom dijelu terena između Kuta, Slana i Kijev dola, te u širem području Močevića i Zavale (Raić et al., 1980). Gornjojurske naslage su obilježene vapnencima s kladokoropsisima i vapnencima s klipeinama. U donjem dijelu gornje jure (oksford – kimeridž) naslage izgrađuju vapnenci s čestim izmjenama sivih i smeđesivih dolomita. Bogati su hidrozoima od kojih se ističe vrsta *Cladocoropsis mirabilis*. Vapnenci s klipeinama predstavljaju završni član jurskih naslaga i konkordantno su taloženi na

vapnencima s kladokoropsisima. Takvi dobroslojeviti vapnenci su svijetlosive, sive do bijele boje, a u njima se često mogu naći presjeci zelene alge *Clypeina jurassica*. Pored vapnenaca rijetko se nalaze i proslojci dolomita tamnijih boja i slabije izražene slojevitosti (Raić & Papeš, 1982). Ukupna debljina naslaga gornje jure je oko 800 m.

### **5.8. Donja kreda (K<sub>1</sub>) – dobro slojeviti vapnenci (madstoni)**

Naslage donje krede rasprostranjene su gotovo na svim dijelovima OGK listova Ston (u širem području Popova polja i Stona) i Trebinje (od Sparožića i Gluhe Smokve na istoku do Zavale i Popovog polja na zapadu), a njihova debljina je oko 700 m (Raić & Papeš, 1982; Natević, 1970). Pretežu različiti tipovi vapnenaca, a dolomiti su uglavnom kasnodijagenetski. Debeloslojeviti vapnenci tipa madstona su najčešći (Velić & Vlahović, 2009). Granica između albskih i cenomanskih naslaga, vapnenaca s orbitolinama i salpingoporelama je postupna (Raić & Papeš, 1982). Naslage starije krede čine karbonati velikih debljina taloženi u plitkomorskim uvjetima koji sadrže brojne ostatke koraljnih grebena, hidrozoja, briozoja, puževa i školjkaša (Velić & Vlahović, 2009).

### **5.9. Gornja kreda (K<sub>2</sub>) – rudistni vapnenci**

Naslage gornje krede izgrađuju najveći dio terena, te su prisutne na OGK listovima Ston, Metković, Trebinje i Nevesinje koji obuhvaćaju istraživano područje (Raić et al., 1975; Raić et al., 1980; Natević & Petrović, 1967; Mojićević & Laušević, 1969). Nakon taloženja albsko–cenomanskih naslaga slijedi paket cenomansko–turonskih vapnenaca i dolomita s hondrodontama i rudistima. U donjem dijelu tih naslaga česte su izmjene s dolomitima, dok se u višim horizontima nalaze gotovo isključivo vapnenci. Hondrodonte se ne nalaze svuda podjednako tj. negdje su njihove ljuštore nagomilane u velikom broju tako da gotovo izgrađuju cijelu stijenu, a ponegdje ih ima jako rijetko ili ih uopće nema. Krovinski svijetlosivi i sivi vapnenci s rudistima (stratigrafskog raspona turon–mastriht) u kojima ima i mnogo proslojaka dolomita su veoma rasprostranjeni, a na njima slijede vapnenci s keramosferinama i rudistima kao najmlađe gornjokredne naslage. Te su naslage starosti kampan–mastriht, sive su, svijetlosive do bijele boje, imaju zrnastu strukturu jer sadrže mnogobrojno kršje rudistnih ljuštura koje karakterizira ovu seriju vapnenaca (Raić & Papeš, 1982). Ukupna debljina gornjokrednih naslaga je oko 1300 m.

## **5.10. Paleogen (Pg)**

Paleogen je predstavljao razdoblje značajnih tektonskih pokreta u današnjem području Vanjskih Dinarida, a najava toga bila je i emerzija najvećeg dijela ovog područja između krede i paleogena. U takvim prilikama na različitim lokalitetima i u različito vrijeme taložene su različite naslage: morski, brakični pa čak i slatkovodni sedimenti. Najčešće se nalaze u obliku širih ili užih pojaseva, dinaridskog pružanja, gdje se pojavljuju između krednih vapnenaca ukliještenih uz reversne rasjede (Raić & Papeš, 1977). Na području istraživanja, izdvojene su: liburnijske naslage, foraminiferski vapnenci i prijelazne naslage, flišne naslage i prominske naslage. Ovisno o području, debljina ovih naslaga je vrlo promjenjiva, a kao srednja vrijednost uzeto je da njihova debljina iznosi oko 400 m.

### **5.10.1. Liburnijske naslage (Pc, E)**

Liburnijske naslage taložene su diskordantno na rudistnim vapnencima pri čemu je važnu ulogu odigrala tektonika te dugotrajno okršavanje krednog kopna. Na kontaktu sa starijim naslagama česte su pojave boksita, a osim toga najdonji dio liburnijskih slojeva čine mjestimično breče ili brečasti vapnenci koji također ukazuju na prekid sedimentacije odnosno diskordantno taloženje liburnijskih slojeva. Liburnijske naslage uglavnom čine tamnosmeđi, smeđi, tamnosivi i rijetko crni vapnenci (Mojićević & Laušević, 1973; Raić & Papeš, 1977).

### **5.10.2. Foraminiferski vapnenci i prijelazne naslage (E<sub>1,2</sub>)**

Krajem paleocena i početkom eocena nastupa transgresija, tako da se foraminiferski vapnenci ne talože samo na liburnijske slojeve nego i na gornjokredne vapnence (Raić & Papeš, 1977). Foraminiferski vapnenci su podijeljeni u tri do četiri litostratigrafske jedinice: miliolidne, alveolinske i numulitne vapnence te diskociklinske vapnence (Velić & Vlahović, 2009). U starijim slojevima prevladavaju sitnije foraminifere, dok u mlađim dolaze krupniji oblici (Raić & Papeš, 1977). Građeni su iz skeleta bentičkih i rjeđe planktonskih foraminifera. Predstavljaju izmjenu postupno sve dubljih taložnih okoliša. Na foraminiferske vapnence slijede prijelazne naslage koje izgrađuju glinoviti vapnenci, kalcitični lapori i lapori taloženi u dubljim taložnim okolišima (Velić & Vlahović, 2009).

### **5.10.3. Flišne naslage (E<sub>2,3</sub>)**

Flišne naslage se nalaze u obliku dugačkih i vrlo uskih zona uz reversne rasjede, a izgrađuju ih pješčenjaci, laporoviti vapnenci, konglomerati i rjeđe tanji ulošci glinovitog materijala. U višim dijelovima serije prevladavaju pješčenjaci i lapori. Leže diskordantno na



foraminiferskim vapnencima i gornjokrednim vapnencima (Raić & Papeš, 1982). Fliš predstavlja dubokomorske naslage nastale kretanjem pijeska i mulja sa šelfa turbiditnim mehanizmom niz padinu prema dubljem dijelu bazena (Marinčić Stanko, 2009).

#### **5.10.4. Prominske naslage (E, OI)**

Prominske naslage leže konkordantno preko flišnih naslaga, a mjestimice i transgresivno preko starijih naslaga gornje krede, što ukazuje na pokrete tijekom njihovog taloženja. Prominske naslage izgrađuju konglomerati čije valutice nisu ujednačenih dimenzija, sortiranost je slabo izražena što ukazuje na brzu sedimentaciju i kratak transport. Ovo je dokaz da se radi o molasnom materijalu, završnom sedimentu orogena (Mojićević & Laušević, 1973).

#### **5.11. Kvartar (Q)**

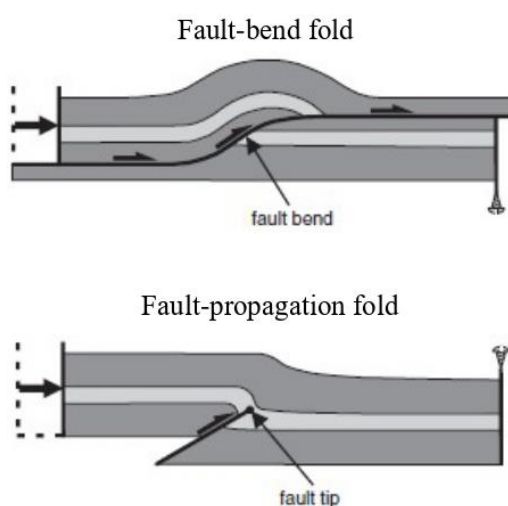
Kvartarne naslage su najčešće u krškim poljima, većim ponikvama i riječnim dolinama, osobito u Popovom polju, Dabarskom polju, Hutovom blatu itd. Predstavljene su aluvijalnim i proluvijalnim nanosima te barskim sedimentima (Raić et al., 1975; Raić et al., 1980; Natević & Petrović, 1967; Mojićević & Laušević, 1969).

Proluvijalni nanosi izgrađeni su od pijeska i šljunka, a podrijetlom su vezani za stijene uže okoline odakle su donesene bujičnim tokovima. Aluvij je predstavljen pijeskom, šljunkom i ilovačom. Valutice šljunka su pretežno izgrađene od čistih vapnenaca, rjeđe glinovitih i dolomitičnih vapnenaca. Pored vapnenačkih nalaze se i valutice pješčenjaka i rožnjaka. Takve su naslage pokrivenne humusnim pokrivačem (Raić & Papeš, 1982).

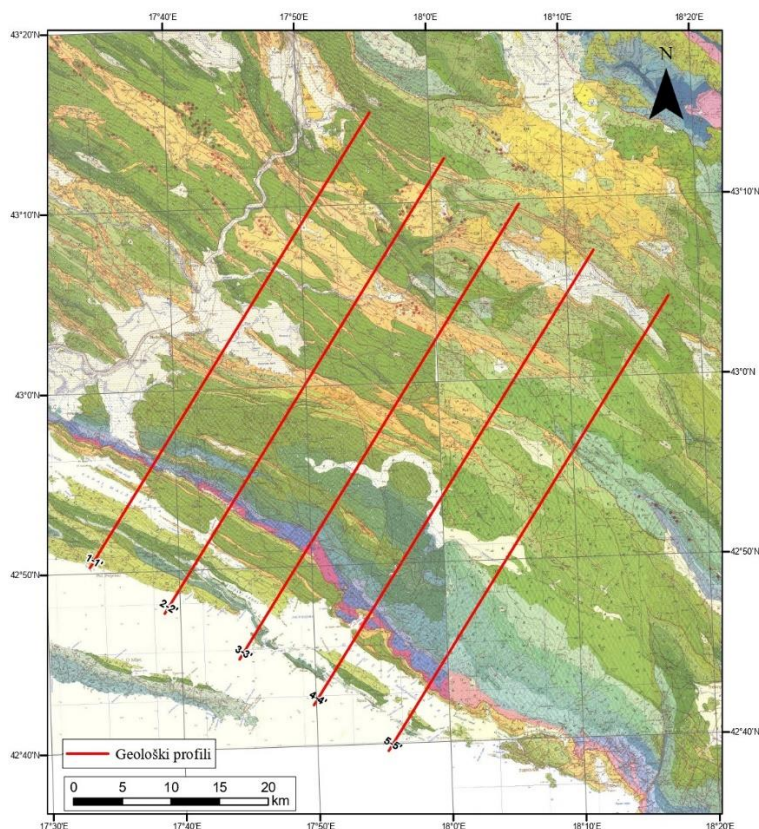
Barski sedimenti su najviše rasprostranjeni u dolini rijeke Neretve. Uslijed male nadmorske visine i hidroloških prilika najdonjeg dijela toka rijeke Neretve, znatne površine su bile stalno pod vodom. Međutim, u posljednje vrijeme je vršena melioracija tako da je gotovo čitavo područje pretvoreno u plodno zemljište. Relativno veliko prostranstvo zauzimaju močvarni tereni na kojima raste mnogo barskog bilja iz kojeg nastaju tresetišta (Raić & Papeš, 1982).

## 6. METODOLOGIJA I REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U svrhu opisa strukturne građe istraživanog područja konstruirano je pet geoloških profila. Na samom početku u programu *ArcGIS 10.1* konstruirano je pet trasa profila, duljine 55 km, koji su međusobno paralelni i udaljeni jedan od drugog 9 km (Slika 6.2). Nakon toga je na temelju digitalnog elevacijskog modela (DEM) rezolucije 25 m konstruirana topografija terena te 2D profili. Konstrukcija geoloških profila provedena je u programu *Adobe Illustrator*. Kako bi se pojednostavila izrada geoloških profila kartirane jedinice su udružene u jedinstvene jedinice donjeg, srednjeg i gornjeg trijasa te donje, srednje i gornje jure, donje i gornje krede. Paleocensko–eocensko–oligocenski slijed naslaga, odnosno liburnijske naslage, foraminiferski vapnenci, prijelazne naslage, fliš i prominske naslage su udružene u jedinstvenu jedinicu paleogenskih naslaga. Profili su postavljeni poprečno na pružanje Dinaridskih struktura (SZ–JI) kako bi se što bolje interpretirala strukturna građa podzemlja i kako bi se vidjeli međusobni odnosi duž navlaka i navlačnih kontakata. Na profilima je generalno uočljiv niz antiklinala i sinklinala koje su nastale u kompresijskom polju naprezanja, pri čemu je najveća os naprezanja generalnog pružanja SI–JZ. Sustavi antiklinala i sinklinala vezani su uz reversne rasjede koji ko-genetski stvaraju bore po modelima *fault-propagation fold* i *fault-bend fold* boranja (Slika 6.1; Fossen, 2010). Na svakom konstruiranom profilu iznad površine su projicirane naslage kojih danas više nema zbog procesa erozije. Konstrukcija strukturnog modela podzemlja je u sljedećem koraku podrazumijevala prostorno povezivanje konstruiranih geoloških profila. Kako bi što bolje opisali kompleksnu geološku strukturu izrađen je konceptualni 3D geološki model u *Petroleum Expert Move* softveru.



Slika 6.1 Ko-genetski tipovi bora nastali zbog reversnog rasjedanja: *fault-bend* i *fault-propagation* tip bora (Brandes & Tanner, 2014).

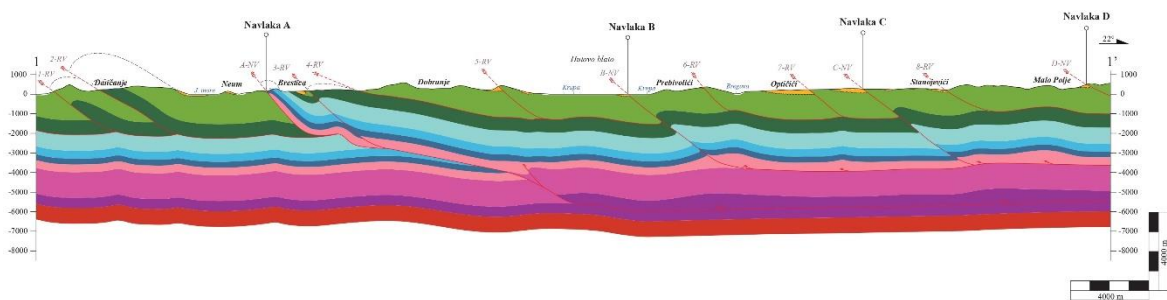


Slika 6.2 Položaji trasa konstruiranih geoloških profila u odnosu na geološke strukture na širem području istraživanja. Područje istraživanja obuhvaća OGC listova Ston, Metković, Nevesinje i Trebinje (Raić et al., 1980; Raić et al., 1975; Mojićević & Laušević, 1969; Natević & Petrović, 1967).

### 6.1. Geološki profil 1–1'

Geološki profil 1–1' (Slika 6.1 i 6.2; Prilog 1) je najsjeverozapadniji profil na području istraživanja. Poprečno je postavljen na reversne rasjede pružanja SZ–JI, pod azimutom 22°. Profil se pruža od Neuma na jugozapadu preko planine Žaba i Hutovog blata sve do Malog Polja na sjeveroistoku. Početak profila, do Neuma, obuhvaća geotektonsku jedinicu **Dalmatinske zone** u kojoj je vidljiva vrlo karakteristična imbricirana navlačna struktura. Takvo ponavljanje krednih naslaga koje formiraju *fault-propagation* tip bora, upućuje da su fizički odvojene od podinskih stijena tj. naslaga gornje jure. Na kontaktu krednih i jurskih naslaga postavljen je dekolmanski horizont na dubini oko 2000 m. Po dekolmanskom horizontu došlo je do horizontalnih kretanja tako da se u slojevima iznad nalaze intenzivnije deformacije dok su u podinskim slojevima, ispod dekolmana, deformacije blaže. Profil obuhvaća navlačne strukture, pružanja SZ–JI, od kojih je površinsko pružanje **Navlake A** najduže. **Navlaka A** se nalazi u baznom dijelu profila te je prema interpretaciji ukupne

duljine preko 40 km, pri čemu zapravo predstavlja čelo *Navlake Visokog krša* sa slijedom naslaga od gornjeg trijasa do gornje krede. Inicijalni kut nagiba navlake je oko 50°, međutim idući prema SI navlaka postaje sve blaža. Sustav navlaka odgovara tzv. *fault-bend-fold* modelu boranja (Fossen, 2010), pri čemu je glavni dekolmanski horizont donjotrijaske starosti pretpostavljen na dubini oko 5500 m. S obzirom na debljine naslaga koje se nalaze u neposrednoj krovini i podini, vrijednost relativnog vertikalnog pomaka je oko 4 km. U odnosu na **Navlaku A** **Navlaka B** i **Navlaka C** su pliće navlačne strukture čiji je dekolmanski horizont je gornjotrijaske starosti pretpostavljen na dubini oko 3500 m, a iznad njega je izražen *fold-propagation* tip boranja. Na samom SI kraju profila nalazi se čelo **Navlake D** pod kutom nagiba 30°. Na površini se većinom nalaze naslage gornje krede formirajući imbricirane strukture koje su dekolmanskim horizontom odvojene od naslaga donje krede. Ovo je najplići i najmlađi dekolman pretpostavljen na dubini od približno 1000 m.

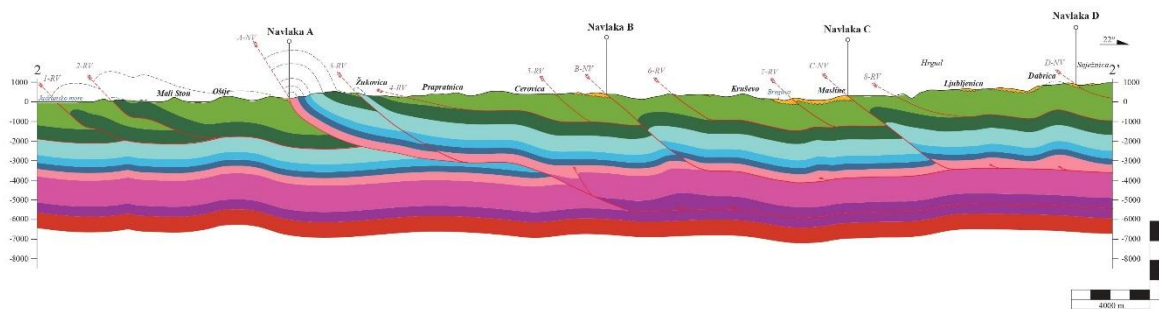


Slika 6.3 Geološki profil 1–1'.

## 6.2. Geološki profil 2–2'

Geološki profil 2–2' (Slika 6.1 i 6.3; Prilog 2) paralelan je s profilom 1–1' od kojeg je udaljen 9 km, a azimut mu je također 22°. Profil se pruža od Malog Stona na jugozapadu do Žukovice, Kruševa te planine Hrgud i Snježnice na sjeveroistoku. U geotektonskoj jedinici *Dalmatinske zone*, na početku profila, također se nalaze imbricirane strukture i blaga deformacija starijih naslaga, od perma do gornje jure, koje su odijeljene dekolmanskim horizontom na dubini oko 1900 m. Slične geometrije kao i na profilu 1–1', **Navlaka A** predstavlja čelo *Navlake Visokog krša* s glavnim dekolmanskim horizontom trijaske starosti na dubini oko 5500 m. Blizu čela **Navlake A**, kod mjesta Žukovica, došlo je do ponovnog izdizanja gornje jure na površinu. Zbog jačeg kompresijskog naprezanja na dekolmanskom horizontu **Navlake A** formiran je reversni rasjed koji je izdigao mlađu juru. Inicijalni kut nagiba **Navlake B** i **Navlake C** je oko 40°, s plićim dekolmanskim horizontom na dubini

oko 3600 m. Zbog kompresijske tektonike izraženo je *fault-propagation* tip boranja sa slijedom naslaga od gornjeg trijasa do gornje krede. Čelo **Navlake D** na samom kraju profila je kuta nagiba 30°. Niz reversnih rasjeda s vergencijama prema jugozapadu iznad najblićeg dekolmanskog horizonta gornjokredne starosti formira imbricirane strukture što objašnjava rasprostiranje većinom naslaga mlađe krede na površini.

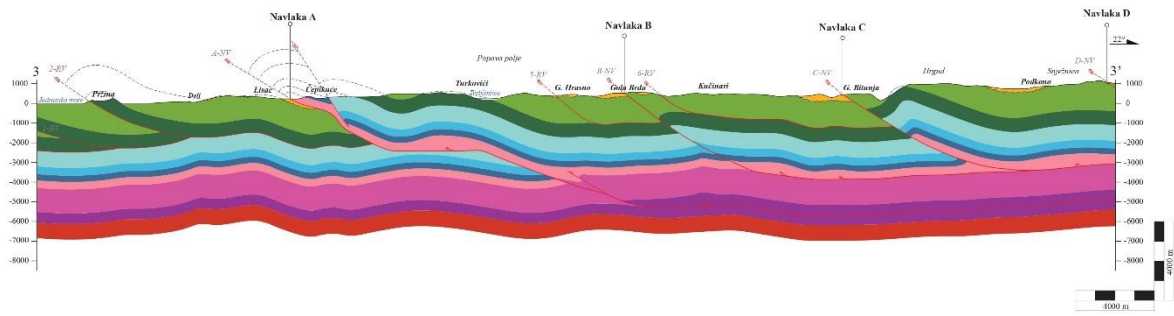


Slika 6.4 Geološki profil 2–2'.

### 6.3. Geološki profil 3–3'

Geološki profil 3–3' (Slika 6.1 i 6.4; Prilog 3) udaljen je 9 km od profila 2–2' s azimutom 22°. Paralelan je s prethodna dva spomenuta profila te im je geometrija vrlo slična. Profil 3–3' pruža se od Pržina preko Čepikuća, Popovog polja pa sve do planina Hrgud i Snježnica. U početnom dijelu profila do mjesta Lisac nalazi se kao i u prethodnim profilima dekolmanski horizont kredne starosti koji je u svom podinskom dijelu blago deformiran, dok su u krovinskom dijelu formirane bore *fault-propagation* tipa. Glavni dekolmanski horizont **Navlake A** doseže u dubinu do 5000 m. U blizini čela **Navlake Visokog krša** osim reversnog rasjedanja interpretacijom je definirano i normalno rasjedanje kao posljedica gravitacijskog kolapsa antiklinalne strukture čela **Navlake Visokog krša**. **Navlaka B** i **Navlaka C** imaju plići gornjotrijaski dekolmanski horizont na dubini do 3000 m. Na njima se nalazi kontinuirani slijed od gornjeg trijasa do gornje krede s izraženim *fault-propagation* tipom boranja. Idući prema SI kod mjesta Turkovići i Gornja Bitunja, tjeme antiklinalne strukture koja uključuje kredne naslage je djelomično erodirano što ukazuje na zreli erozijski stadij odnosno smanjeni intenzitet tektonske aktivnosti u domeni konstruiranog profila. Na kraju profila vidljivo je čelo **Navlake D**, kuta nagiba 30°.

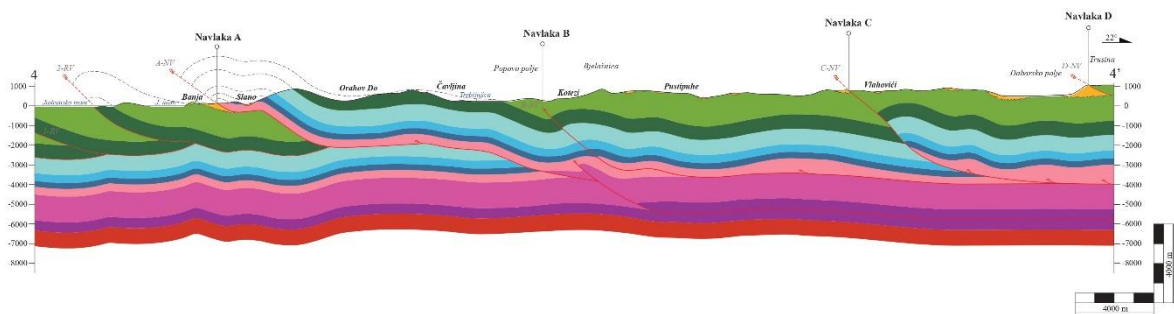




Slika 6.5 Geološki profil 3–3'.

#### 6.4. Geološki profil 4–4'

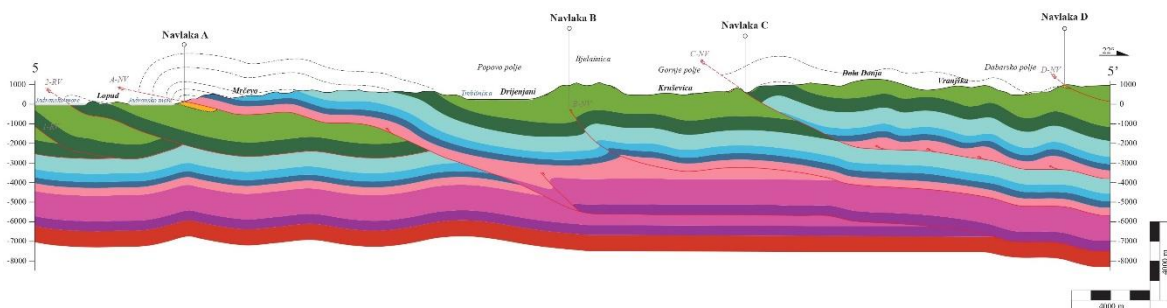
Geološki profil 4–4' (Slika 6.1 i 6.5; Prilog 4) paralelan je s profilom 3–3' od kojeg je udaljen 9 km, a azimut mu je također 22°. Geometrijske karakteristike slične su kao i u ostalim profilima. Profil se pruža od Slanog na jugozapadu preko Popovog polja, planine Bjelašnice pa sve do Dabarskog polja i planine Trusine na sjeveroistoku. Do Banja profil obuhvaća geotektonsku jedinicu *Dalmatinske zone* gdje se dekolmanski horizont nalazi između gornjojurskih i gornjokrednih naslaga. Iznad dekolmana izražen je *fault-propagation* tip boranja. Idući od čela *Navlake Visokog krša* odnosno od **Navlake A** prema sjeveroistoku nalazi se kontinuirani slijed naslaga od gornjeg trijasa do gornje krede, a glavni dekolmanski horizont koji se pruža duž cijelog profila je trijasko starosti i nalazi se na dubini do 5700 m. Rasjed B-NV koji je genetski vezan uz **Navlaku B** nije izašao na površinu već se pojavljuje kao „*blind fault*“ struktura. Sličan strukturni stil je vidljiv i kod **Navlake C** – tjeme antiklinale nije izašlo na površinu za razliku od prethodnog profila 3–3'. Inicijalni nagib **Navlaka B** i **C** su oko 40°, a njihov dekolmanski horizont je gornjotrijasko starosti i nalazi se na dubini do 4000 m. Na kraju profila vidljivo je čelo **Navlake D**, kuta nagiba 30°.



Slika 6.6 Geološki profil 4–4'.

## 6.5. Geološki profil 5–5'

Geološki profil 5–5' (Slika 6.1 i 6.6; Prilog 5) najistočniji je u nizu profila na istraživanom terenu. Paralelan je s profilom 4–4' i od njega je udaljen 9 km, s azimutom od 22°. Geometrijske karakteristike slične su kao na ostalim profilima. Profil 5–5' pruža se od otoka Lopuda na jugozapadu preko Popovog polja, planine Bjelašnice te Gornjeg polja pa sve do Dabarskog polja na sjeveroistoku. **Dalmatinsku zonu** karakterizira imbricirana navlačna struktura, tako da kredne naslage formiraju *fault-propagation* tip bora. **Navlaka A** je subhorizontalne geometrije u pripovršinskom dijelu, međutim interpretacijom je pretpostavljeno da se geometrija rasjedne zaravani rasjeda A-NV naglo ustrmljuje na dubinama od 1500 m do 5500 m te se ponovno ublažava, prelazi u rasjednu zaravan na dubini od 6500 m. Rasjed B-NV koji je vezan za Navlaku B, kao i na prethodnom profilu, nije izašao na površinu već se pojavljuje kao „*blind fault*“ struktura u podzemlju. Dekolmanski horizont **Navlake B** za razliku od ostalih profila nalazi se na većoj dubini, oko 5700 m, u odnosu na dekolmanski horizont **Navlake C** koji je na dubini oko 3800 m. Pojačanom kompresijom **Navlaka C** je izdigla naslage donje krede do površine gdje je vrh njene antiklinale erodiran. Čelo **Navlake D** pod kutom nagiba 30° nalazi se na krajnjem sjeveroistočnom dijelu profila.



Slika 6.7 Geološki profil 5–5'.

## 6.6. 3D model strukturne građe područja Ston–Slano

Izrada 3D geološkog modela korištena je kako bi se dobila što bolja vizualizacija i razumijevanje strukturnih odnosa i kinematike rasjeda, a time i prostornog rasporeda i orijentacije struktura i litofacijesa (različitih litoloških jedinica). 3D model područja Ston–Slano i njegovog zaleđa izrađen je u softveru *Petroleum Expert Move*. Za ulazne podatke koji su potrebni za izradu konceptualnog 3D geološkog modela korišten je digitalizacijski elevacijski model (DEM), trase konstruiranih geoloških profila, digitalizirana geološka karta

izrađena od OGK listova *Ston* (Raić et al., 1980), *Metković* (Raić et al., 1975), *Trebinje* (Natević & Petrović, 1967) i *Nevesinje* (Mojićević & Laušević, 1969) u programu *ArcGIS 10.1* i 2D geološki profili konstruirani u programu *Adobe Illustrator*. Prije same digitalizacije profila bilo je potrebno unijeti litostratigrafske podatke promatranog područja (Slika 6.7).

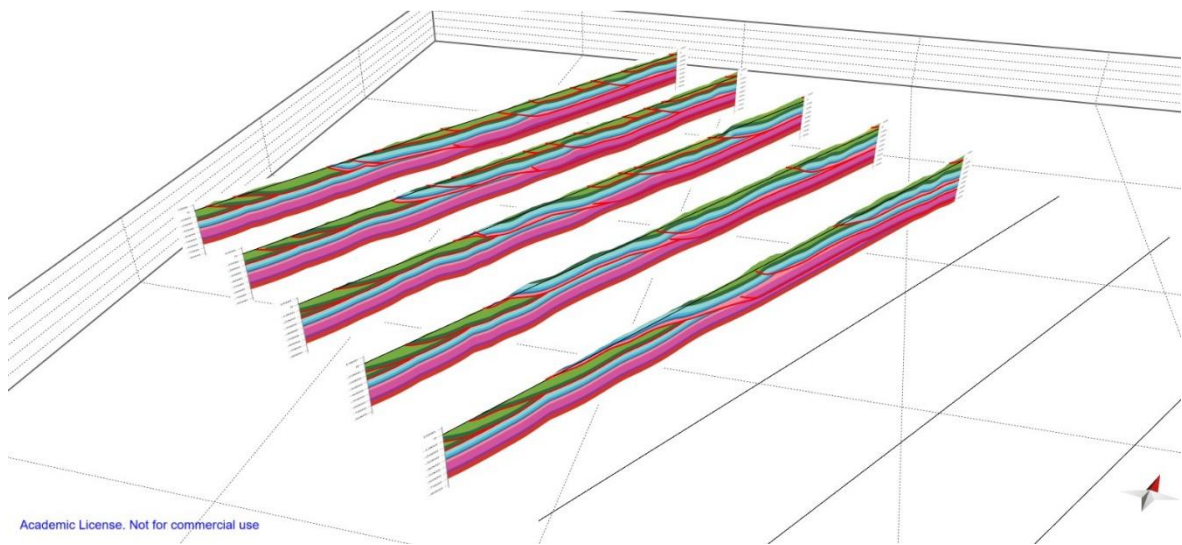
|    | Horizon        | Colour | Rock Type | Age      | Thickness | Active                              |
|----|----------------|--------|-----------|----------|-----------|-------------------------------------|
| 1  | eocen          |        | Default   | 66.0 Ma  | 400.0 m   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2  | kreda gornja   |        | Default   | 100.5 Ma | 1300.0 m  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3  | kreda donja    |        | Default   | 145.0 Ma | 700.0 m   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4  | jura gornja    |        | Default   | 163.5 Ma | 800.0 m   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 5  | jura srednja   |        | Default   | 174.1 Ma | 400.0 m   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 6  | jura donja     |        | Default   | 201.3 Ma | 300.0 m   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 7  | trijas gornji  |        | Default   | 237.0 Ma | 400.0 m   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 8  | trijas srednji |        | Default   | 247.2 Ma | 1300.0 m  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 9  | trijas donji   |        | Default   | 251.9 Ma | 500.0 m   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 10 | perm           |        | Default   | 298.9 Ma | 800.0 m   | <input checked="" type="checkbox"/> |

Slika 6.8 Ulazni podaci za digitalizaciju horizonata stratigrafskih jedinica.

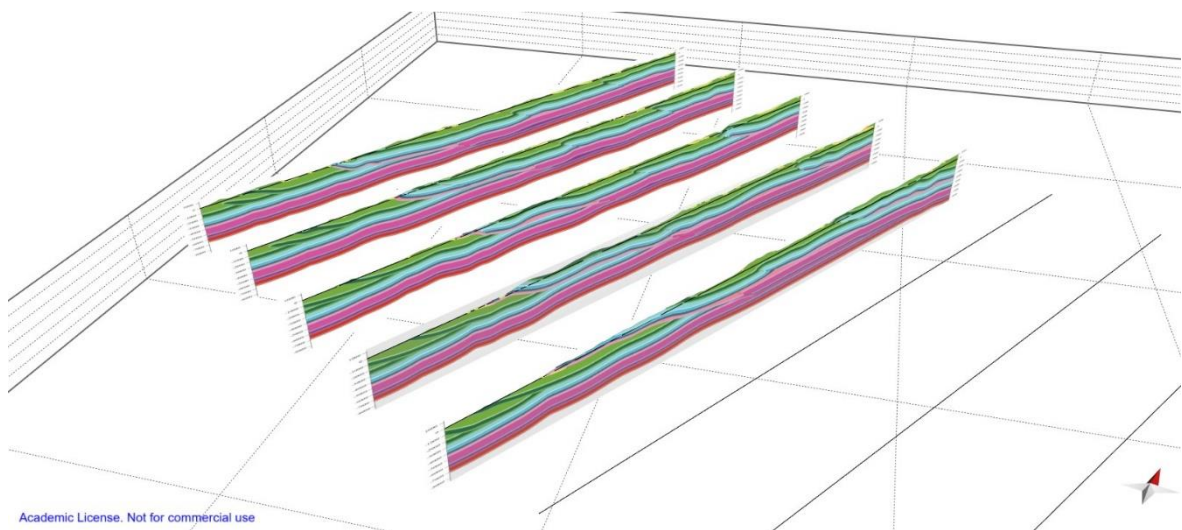
Na samom početku uneseni su 2D prikazi geoloških profila na kojima je bilo potrebno ručno digitalizirati rasjede (Slika 6.8) i geološke granice (Slika 6.9). Nakon definiranja odnosno digitalizacije geoloških granica i rasjeda bilo je potrebno povezati rasjedne linije između svih profila kako bi dobili kontinuirane rasjedne plohe kroz cijeli model. Isti postupak je napravljen i za horizonte stratigrafskih jedinica i nakon toga je dobiven jedinstveni 3D model istraživanog područja. Na slici 6.10 prikazan je slijed formiranja modela od najstarijih permskih naslaga pa sve do gornjokrednih i paleogenskih naslaga.

U završnom koraku dodani su potresi zabilježeni u katalogu potresa preuzetom s [www.earthquake.usgs.gov](http://www.earthquake.usgs.gov), ukupno 718 potresa (Prilog 6) od kojih se većina nalazi na dubinama od 10 km i više, a razlog tomu je vjerojatno nepotpunost informacija o značajkama potresa. Na istraživanom području pretežito su utvrđeni plići potresi, dubine do 5 km, koji su koncentriraniji na jugozapadnom dijelu modela, između profila 1–1' i 3–3'. Hipocentri potresa koji zahvaćaju model do dubine 8 km imaju magnitude u rasponu od 1,6 do 4,4 (Slika 6.11).

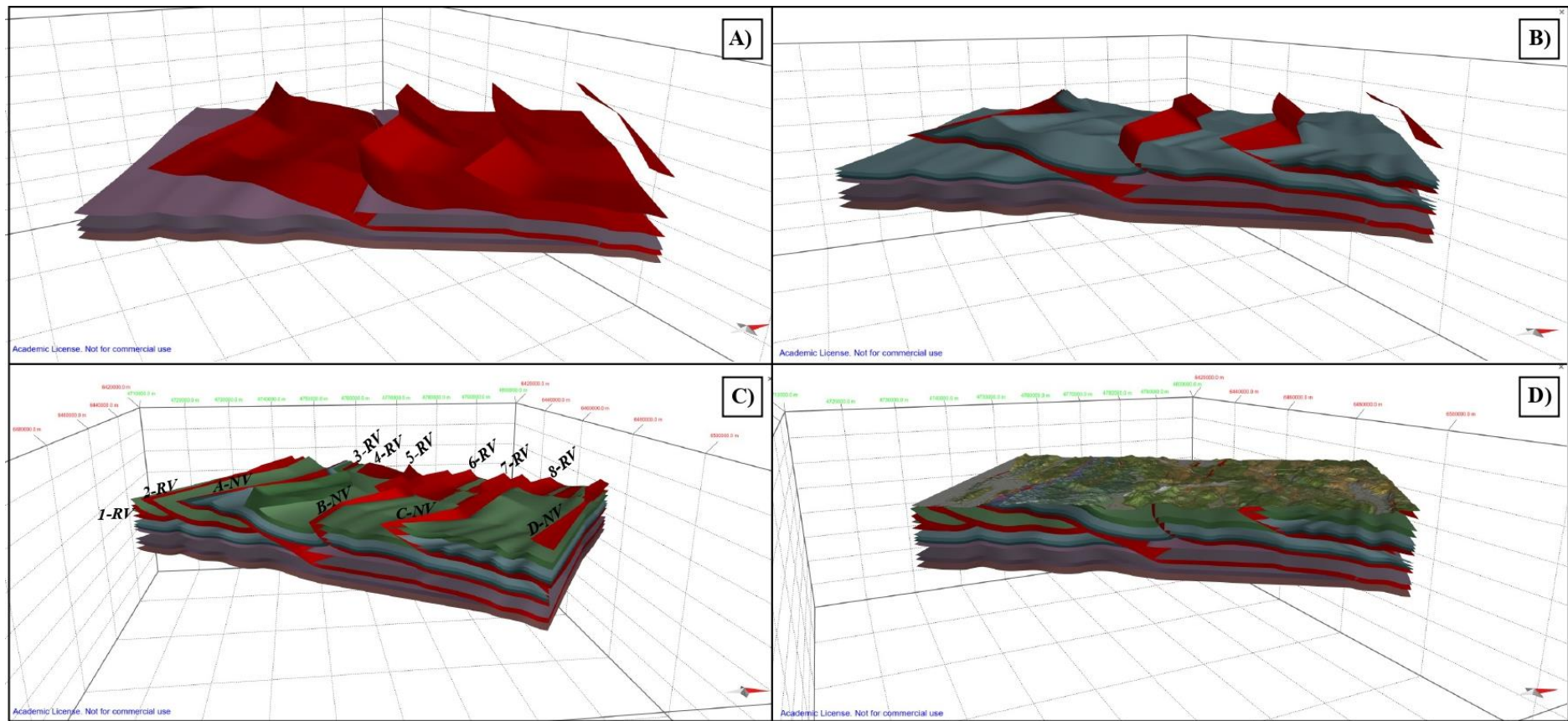




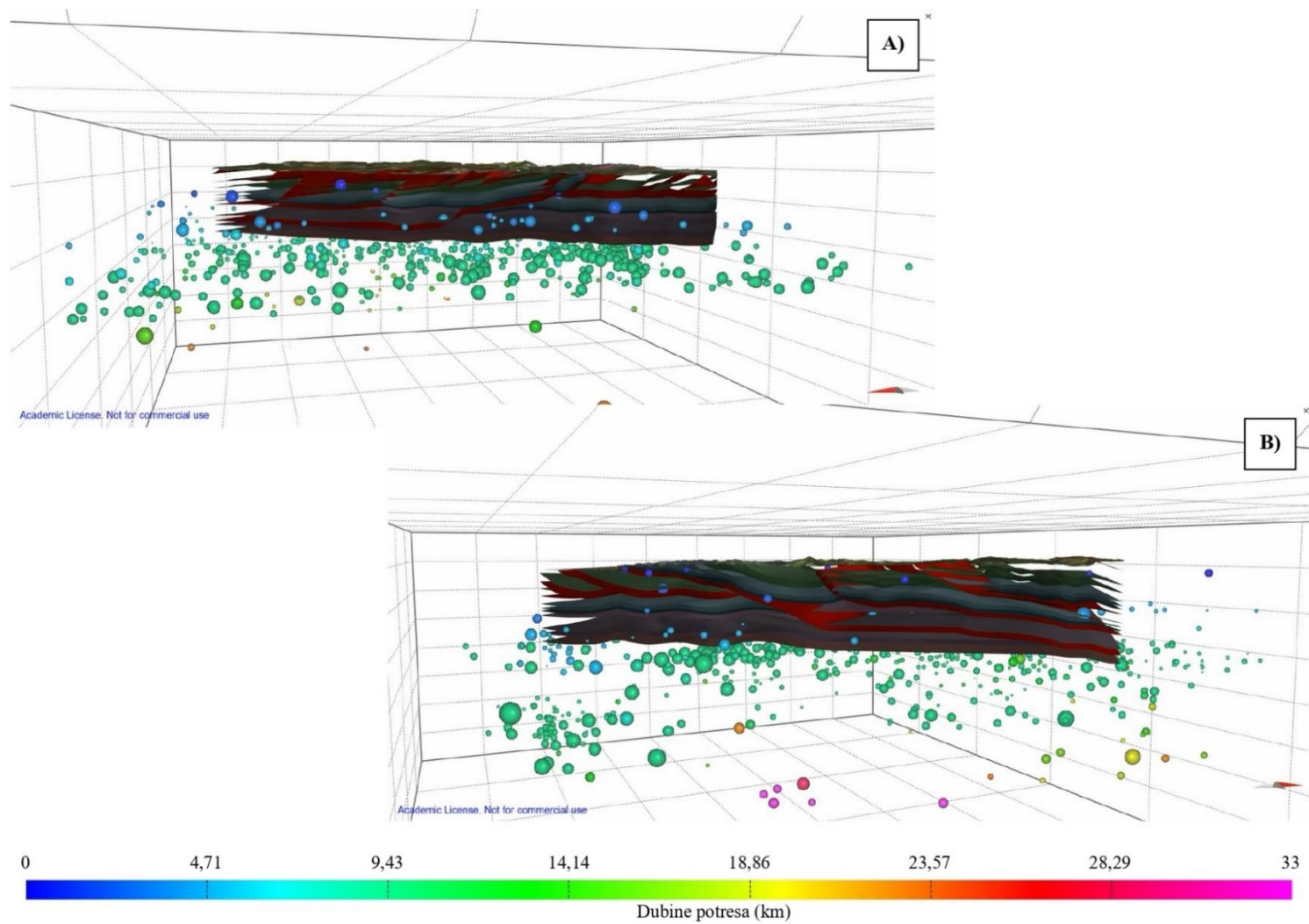
*Slika 6.9 Digitalizacija rasjednih ploha.*



*Slika 6.10 Digitalizacija horizonata litostratigrafskih jedinica.*



Slika 6.11 Pojednostavljeni prikaz izrade modela. A – perm, stariji, srednji i mlađi trijas; B – starija, srednja i mlađa jura; C – starija i mlađa kreda; D – završni izgled 3D modela.



Slika 6.12 Finalna verzija 3D modela s hipocentrima potresa preuzetim s <https://earthquake.usgs.gov/>. A – potresi sa sjeverozapadne strane (1–1' profil); B – potresi s jugoistočne strane (5–5' profil); skala dubina potresa (km).

## 6.7. Proračun očekivane maksimalne magnituda potresa na izdvojenim seizmogenim rasjedima

Za procjenu seizmogenog potencijala konstruiranih rasjednih plohama na 3D-geološkom modelu korišteni su parametri rasjeda na temelju rada Wellsa & Coppersmitha (1994). Iz *Petroleum Expert Move* softvera dobivene su aktivne površine rasjednih ploha, RA (Tablica 6.2). Na temelju geometrijskih i kinematskih karakteristika rasjednih ploha za proračun seizmogenog potencijala korištena je formula prema Wells & Coppersmith (1994):

$$M = a + b \cdot \log(RA)$$

gdje M predstavlja izračun maksimalne magnituda potresa rasjednih ploha, a i b (Tablica 6.1) predstavljaju regresijski određene koeficijente s obzirom na kinematiku rasjeda, a RA seizmički aktivnu površinu rasjeda u km<sup>2</sup>.

Tablica 6.1 Vrijednosti koeficijenata a i b korištenih za proračun očekivanih magnituda potresa (prema Wells & Coppersmith, 1994).

| Tip pomaka po rasjedu          | Koeficijenti |      | Standardna devijacija, $\sigma$ | Koeficijent korelacije, $r^2$ |
|--------------------------------|--------------|------|---------------------------------|-------------------------------|
|                                | a            | b    |                                 |                               |
| Normalni rasjed                | 3,93         | 1,02 | 0,25                            | 0,92                          |
| Reversni rasjed                | 4,33         | 0,90 | 0,25                            | 0,94                          |
| Rasjed s horizontalnim pomakom | 3,98         | 1,02 | 0,25                            | 0,96                          |

Procjene maksimalne magnituda mogućih potresa koji se mogu dogoditi na rasjednim plohama u 3D-geološkom modelu su u rasponu od 5,55 do 7,24. Najveće magnituda se mogu očekivati na navlačnim rasjedima (A-NV, B-NV, C-NV) koji se protežu duž cijelog istraživanog područja.

Tablica 6.2 Rasjedne plohe okarakterizirane karakterom pomaka i procjenom maksimalne očekivane magnitude potresa.

| <i>Naziv rasjeda</i> | <i>Tip pomaka</i> | <i>Aktivna površina rasjeda (km<sup>2</sup>)</i> | <i>Procjena maksimalne magnitude</i> |
|----------------------|-------------------|--|--------------------------------------|
| A-NV                 | Reversni          | 1692,053067                                      | 7,24                                 |
| B-NV                 | Reversni          | 836,997792                                       | 6,96                                 |
| C-NV                 | Reversni          | 551,181472                                       | 6,80                                 |
| D-NV                 | Reversni          | 52,574152  | 5,88                                 |
| 1-RV                 | Reversni          | 294,354175                                       | 6,55                                 |
| 2-RV                 | Reversni          | 506,833552                                       | 6,76                                 |
| 3-RV                 | Reversni          | 53,789528  | 5,89                                 |
| 4-RV                 | Reversni          | 86,851008  | 6,07                                 |
| 5-RV                 | Reversni          | 110,025550                                       | 6,17                                 |
| 6-RV                 | Reversni          | 203,611149                                       | 6,41                                 |
| 7-RV                 | Reversni          | 22,834801  | 5,55                                 |
| 8-RV                 | Reversni          | 90,415890  | 6,09                                 |

## 7. RASPRAVA I ZAKLJUČAK

U području Ston-Slano te širem dubrovačkom području najizraženija je seizmičnost Republike Hrvatske. Broj i jakost potresa rastu idući od sjeverozapada prema jugoistoku, tako da se najveći broj potresa događa na prostoru od Stona i Dubrovnika do Albanije, a tamo su potresi i najjači. Važniji događaji u tom vrlo aktivnom seizmogenom području su Dubrovački potres 1667. godine ( $I_0=10$ ), Stonski potres 1996. godine ( $M = 6,0$ ,  $I_{\max}=VIII^\circ$  MSK) te potresi u crnogorskom primorju ( $M = 7,1$  i  $6,2$ , 1979. godine) koji se nisu dogodili u istraživanom području, ali se nalaze u istom regionalnom, seizmotektonskom pojasu koji se iz Dalmacije nastavlja prema JI u Crnu Goru i Albaniju. Epicentralno područje Ston-Slano nalazi se unutar južnodalmatinske zone Vanjskih Dinarida, vrlo blizu tektonskog kontakta s Navlakom Visokog krša. Tijekom Stonskog potresa 1996. godine zabilježeno je najveće vršno horizontalno ubrzanje tla u iznosu od **0,65 g**. Seizmogeni izvori u zoni južne Dalmacije su pretežno reversni rasjedi dinaridskog pružanja SZ-JI koji su rezultat intenzivne konvergencije Jadranske mikroploče i Euroazijske ploče. Konvergentno kretanje Jadranske mikroploče u odnosu na Euroazijsku ploču u rasponu je od 0,5 do 4,5 mm/god.

Istraživano područje, zaleđe Stona i Slanog, površinski je veliko ( $2725,86 \text{ km}^2$ ), te je sustavno istraživano tijekom izrade OGK listova *Metković* (Raić et al., 1975), *Ston* (Raić et al., 1980), *Trebinje* (Natević & Petrović, 1967) i *Nevesinje* (Mojićević & Laušević, 1969). Stratigrafski raspon naslaga na površini terena je od gornjeg trijasa do paleogena i kvartara. Međutim, uzimajući u obzir područje cijele Dalmacije najstarije su permske naslage koje se nalaze na OGK *Drniš* (Ivanović et al., 1977), *Knin* (Grimani et al., 1972) i *Sinj* (Papeš et al., 1982). Ukupna debljina cjelokupnog karbonatnog slijeda je 6900 metara. Najveći dio naslaga sastoji se od izmjene vapnenaca i dolomita s time da ima i pojava pješčenjaka, konglomerata i breča u permskim, donjojurskim i srednjojurskim naslagama. Unutar istraživanog područja izrađeno je pet geoloških profila duljine 55 km i azimuta  $22^\circ$ , koji su postavljeni poprečno na reversne rasjedne strukture dinaridskog pružanja SZ-JI, a koji čine djelomično i imbricirane strukture vergencija prema jugozapadu.

Profili presijecaju dvije geotektonske jedinice – **Dalmatinsku zonu** i **Navlaku Visokog krša**. Na profilima se jasno vidi da Dalmatinska zona predstavlja podinu Navlake Visokog krša. Kompresijska tektonika, o kojoj svjedoče žarišni mehanizmi načinjeni analizom prvih nailazaka P-valova zabilježenih na seizmogramima potresa, ukazuje na strukture borano-navlačnog pojasa (engl. *fold-thrust belt*) u kojemu su dominantni *fault-bend* i *fault-propagation* tipovi boranja kao što se može vidjeti na profilima (Slike 6.2 – 6.6). Na temelju



analize dostupnih podataka s osnovno geoloških karata izdvojene su tri skupine rasjeda, od koji su najbrojniji reversni rasjedi, slijede ih rasjedi s pomakom po pružanju te normalni rasjedi koji su najmanje zastupljeni. U ovom radu zanemareni su rasjedi s horizontalnim pomakom tj. pomakom po pružanju radi kompleksnosti struktura borano-navlačnog pojasa.

Početni, jugozapadni dijelovi profila, obuhvaćaju dio geotektonske jedinice *Dalmatinska zona* koja je obilježena imbriciranim navlačnim strukturama u kojima kredne naslage formiraju *fault-propagation* tip bora s dekolmanskim horizontom donjokredne starosti. Navlaka A predstavlja čelo *Navlake Visokog krša* sa slijedom naslaga od gornjef trijasa do gornje krede u krovinskom krilu, a glavni dekolmanski horizont je trijaske starosti. Navlaka B i C su pliće navlačne strukture s izraženim *fold-propagation* tipom boranja, a njihov dekolmanski horizont je gornjotrijaske starosti. Najplići dekolmanski horizont je gornjokredne starosti, a iznad se nalazi niz reversnih rasjeda koji čine imbricirane strukture. Na područjima zaravni nagib naslaga gotovo je horizontalan, dok su nagibi uz same navlake između 30° i 50°, a vrlo strme padine najizraženije su uz samo čelo *Navlake Visokog krša*. Na temelju empirijskih vrijednosti proračunatih maksimalnih magnituda potresa na rasjedima dobiven je njihov seizmogeni potencijal. Dobivene vrijednosti procijenjenih maksimalnih magnituda potresa su u rasponu **od 5,55 do 7,24** (Tablica 6.2). Najveće magnitude očekivane su na navlačnim rasjedima (A-NV, B-NV, C-NV) koji se protežu duž cijelog istraživanog područja. Kako bi se dobila što bolja procjena magnituda potresa potrebno je napraviti detaljniju raščlambu koristeći seizmičke profile te uzimajući u obzir kompleksnost geometrije rasjednih ploha.

Konačni rezultat ovog istraživanja je konceptualni 3D strukturno-geološki model kojim je bolje vizualizirana i interpretirana geometrija samih struktura u podzemlju. Na 3D modelu uneseni su hipocentri potresa u razdoblju od 1901. do 2021. godine koji su koncentrirani na jugozapadnom dijelu između profila 1–1' i 3–3', pri čemu se neki podudaraju s reversnim rasjedima što upućuje da su navlake poprilično dobro pretpostavljene u podzemlju (Slika 6.11). Za još bolju interpretaciju i kreiranje 3D geološkog modela osim površinskih (OGK, geološki profili) i prostornih podataka (DEM) trebalo bi koristiti i geofizičke rezultate (2D refleksijska i refrakcijska seizmika, 3D refleksijska seizmika, karotažna mjerenja u bušotinama, gravimetrijski i seizmološki podaci), bušotinske podatke (geološke i geotehničke interpretacije jezgre, „Master log“) te podatke prikupljene daljinskim istraživanjima (obrađeni fotogrametrijski, multispektralni, laserski i radarski podaci).

## LITERATURA

- BALLING, P., TOMLJENović, B., SCHMID, S.M. & USTASZEWSKI, K., 2021. Constrasting along-strike deformation styles in the central External Dinarides assessed by balanced cross-sections: Implications for the tectonic evolution of its Paleogene flexural foreland basin system. *Global and Planetary Change*, 205, str. 24.
- BATTAGLIA, M., MURAY, M. H., SERPELLONI, E., BURGMAN, R., 2004. The Adriatic region: An Independent microplate within the Africa–Euroasia collision zone. *Geophysical Research Letters*, Vol. 31, p. L09605, 4 str.
- BENNETT, R.A., HREINSDÓTTIR, S., BUNLE, G.; BAŠIĆ, T., BAČIĆ, Z., MARJANOVIĆ, M., CASALE, G., GENDASZEK, A., COWAN, D, 2008. Eocene to present subduction of southern Adria mantle lithosphere beneath the Dinarides. *Geology* 2008, 36 (1), 3–6.
- BRANDES, C. & TANNER, D.C., 2014. Fault-related folding: A review of kinematic models and their application. *Earth–Science Reviews*, 138, str. 352 – 370.
- BUKOVAC, J. & JAMIČIĆ, D., 2009. Evaporitne i klastične naslage (gornji perm – P<sub>3</sub>). U: VELIĆ, I. & VLAHOVIĆ, I. (ur.): Tumač geološke karte Republike Hrvatske 1:300 000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 26–27.
- D'AGOSTINO, N., AVALLONE, A., CHELONI, D., D'ANASTASIO, E., MANTENUTO, S., SELVAGGI, G, 2008. Active tectonics of the Adriatic region from GPS and earthquake slip vectors. *J. Geophys. Res. B–Solid Earth* 2008, 113, 19 str., B12413.
- DASOVIĆ, I., HERAK, D., HERAK, M., LATEČKI, H., MUSTAĆ, M. & TOMLJENović, B., 2020. O potresima u Hrvatskoj. *Vijesti Hrvatskog geološkog društva*, 57(1), str. 4 – 27.
- FOSSEN, H., 2010. *Structural Geology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- GOVORČIN, M., HERAK, M., MATOŠ, B., PRIBIČEVIĆ, B., VLAHOVIĆ, I., 2020. Constrains on Complex Faulting during the 1996 Ston–Slano (Croatia) Earthquake Inferred from the DInSAR, Seismological, and Geological Observations. *Remote Sensing*, 2020, 12, 1157, 23 str.

- GRIMANI, I., ŠIKIĆ, K. & ŠIMUNIĆ, A., 1972. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, List Knin L33–141. Institut za geološka istraživanja Zagreb, (1962–1966), Savezni geološki zavod, Beograd.
- HERAK, D. & HERAK, M., 1990. Focal depth distribution in the Dinara Mt. region, Yugoslavia. *Gerlands Beitr. Geophys.*, 99, str. 505 – 511.
- HERAK, M., HERAK, D., DASOVIĆ, I., 2016. Fault-plane solutions and stress orientation in the greater region of Northern and Central Dinarides. 35th general assembly of the European Seismological Commission. Trieste, Italy, str. 4–11.
- IVANOVIĆ, A., SIKIRICA, V., MARKOVIĆ, S. & SAKAČ, K., 1977. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Drniš, L33–9. Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1967–1972); Savezni geološki zavod, Beograd.
- JELASKA V., FUČEK, L., GALOVIĆ, I., GLOVACKI JERNEJ, Ž., GUŠIĆ I., KOROLIJA B., MARINČIĆ S., MATIČEC, D., OŠTRIĆ, N. & PRTOLJAN B., 2015. Osnovna geološka karta Republike Hrvatske M 1:50 000, list Otok Brač. Hrvatski geološki institut (Zavod za geologiju), Zagreb, ISBN: 978-953-6907-54-0.
- MARINČIĆ, S., 2009. Flišne naslage (srednji i gornji eocen – E<sub>2,3</sub>). U: VELIĆ, I. & VLAHOVIĆ, I. (ur.): Tumač geološke karte Republike Hrvatske 1:300 000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 77–79.
- MARJANOVIĆ, M., 2009. Primjena GPS mjerenja za određivanje horizontalnih i vertikalnih pomaka Jadranske mikroploče. Doktorska disertacija. Zagreb: Geodetski fakultet.
- MARKUŠIĆ, S., HERAK, D., IVANČIĆ, I., SOVIĆ, I., HERAK, M., PRELOGOVIĆ, E. (1998). Seismicity of Croatia in the period 1993–1996 and the Ston–Slano earthquake of 1996. *Geofizika*, 15, 83–101.
- MOJIĆEVIĆ, M. & LAUŠEVIĆ, M., 1969. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Nevesinje, K34–25. Institut za geološka istraživanja Sarajevo, Savezni geološki zavod, Beograd.
- MOJIĆEVIĆ, M. & LAUŠEVIĆ, M., 1973. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Nevesinje, K34–25. Institut za geološka istraživanja Sarajevo, Savezni geološki zavod, Beograd.

- NATEVIĆ, LJ. & PETROVIĆ, V., 1967. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Trebinje, K34–37. Institut za geološka istraživanja Sarajevo, Savezni geološki zavod, Beograd.
- NATEVIĆ, LJ., 1970. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Trebinje, K34–37. Institut za geološka istraživanja Sarajevo, Savezni geološki zavod, Beograd.
- PAPEŠ, J., MAGAŠ, N., MARINKOVIĆ, R., SIKIRICA, V. & RAIĆ, V. 1982. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Sinj, K33–10. „Geoinženjering“ – Institut za geologiju, Sarajevo, Geološki zavod – OOUR za geologiju i paleontologiju, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.
- PRTOĻJAN, B., VLAHOVIĆ, I. & VELIĆ, I., 2015. Osnovna geološka karta Republike Hrvatske M 1:50 000, list Konavle. Hrvatski geološki institut (Zavod za geologiju), Zagreb, ISBN: 978-953-6907-33-5.
- RAIĆ, V. & PAPEŠ, J., 1977. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Metković, K33–36. Institut za geološka istraživanja Sarajevo, Savezni geološki zavod, Beograd.
- RAIĆ, V. & PAPEŠ, J., 1982. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Ston, K33–48. „Geoinženjering“ – OOUR Institut za geologiju, Sarajevo, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.
- RAIĆ, V., PAPEŠ, J., AHAC, A., KOROLIJA, B., BOROVIĆ, I., GRIMANI, I. & MARINČIĆ, S., 1982. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Ston, K33–48. „Geoinženjering“ – OOUR Institut za geologiju, Sarajevo, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.
- RAIĆ, V., PAPEŠ, J., BEHLILOVIĆ, S., CRNOLATAC, I., MOJIĆEVIĆ, M., RANKOVIĆ, M., SLIŠKOVIĆ, T., ĐORĐEVIĆ, B., GOLO, B., AHAC, A., LUBURIĆ, P. & MARIĆ, Lj., 1975. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Metković, K33–36. Institut za geološka istraživanja Sarajevo, Savezni geološki zavod, Beograd.
- RAIĆ, V., PAPEŠ, J., SIKIRICA, V. & MAGAŠ, N., 1984. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Sinj, K33–10. „Geoinženjering“ – Institut za geologiju, Sarajevo, Geološki zavod – OOUR za geologiju i paleontologiju, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.

- SANI, F., VANNUCCI, G., BOCCALETTI, M., BONINI, M., CORTI, G., SERPELLONI, E., 2016. Insights into the fragmentation of the Adria Plate. *Journal of Geodynamics*, 102, str. 121 – 138.
- SCHMID, S., BERNOULLI, D., FÜGENSCHUH, B., MATENCO, L., SCHEFER, S., SCHUSTER, R., TISCHLER, M., USTASZEWSKI, K., 2008. The Alpine–Carpathian–Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units. *Swiss J. Geosci*, 101, str. 139 – 183.
- SOKAČ, B., 2009. Dolomiti (gornji norik, ret – T<sub>2</sub><sup>2,3</sup>). U: VELIĆ, I. & VLAHOVIĆ, I. (ur.): Tumač geološke karte Republike Hrvatske 1:300 000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 40–42.
- SOKAČ, B., 2009. Karbonatne naslage (srednji trijas – T<sub>2</sub>). U: VELIĆ, I. & VLAHOVIĆ, I. (ur.): Tumač geološke karte Republike Hrvatske 1:300 000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 32–34.
- SOKAČ, B., 2009. Sajske i kampilske naslage (donji trijas – T<sub>1</sub>). U: VELIĆ, I. & VLAHOVIĆ, I. (ur.): Tumač geološke karte Republike Hrvatske 1:300 000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 29–32.
- TOMLJENOVIĆ, B., HERAK, M., HERAK, D., KRALJ, K., PRELEGOVIĆ, E., BOSTJANČIĆ, I., MATOŠ, B., 2009. Active tectonics, seismicity and seismogenic sources of the Adriatic coastal and offshore region of Croatia. Trieste: *Stella Arti Grafice*, 2009, str. 133 – 136.
- VELIĆ, I. & VLAHOVIĆ, I., 2009. Dobroslojeviti vapnenci i dolomiti (srednja jura – J<sub>2</sub>). U: VELIĆ, I. & VLAHOVIĆ, I. (ur.): Tumač geološke karte Republike Hrvatske 1:300 000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 46–47.
- VELIĆ, I. & VLAHOVIĆ, I., 2009. Liburnijske naslage, foraminiferski vapnenci i prijelazne naslage (?gornji paleocen, donji i srednji eocendonja – ?Pc, E<sub>1,2</sub>). U: VELIĆ, I. & VLAHOVIĆ, I. (ur.): Tumač geološke karte Republike Hrvatske 1:300 000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 76–77.
- VELIĆ, I. & VLAHOVIĆ, I., 2009. Vapnenci i dolomiti (donja jura – J<sub>1</sub>). U: VELIĆ, I. & VLAHOVIĆ, I. (ur.): Tumač geološke karte Republike Hrvatske 1:300 000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 44–45.

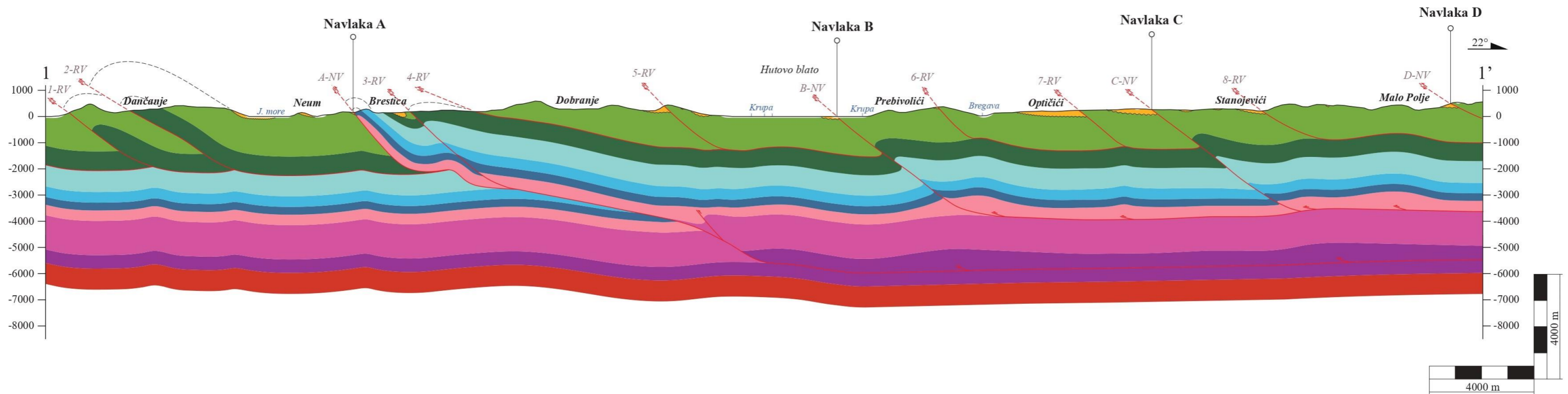
- VELIĆ, I. & VLAHOVIĆ, I., 2009. Vapnenci i dolomiti (donja kreda – K<sub>1</sub>). U: VELIĆ, I. & VLAHOVIĆ, I. (ur.): Tumač geološke karte Republike Hrvatske 1:300 000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 63–65.
- VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I., MATIČEC, D., 2005. Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 220 (3 – 4), str. 333 – 360.
- WEBER, J., VRABEC, M., PAVLOČIČ – PREŠEREN, P., DIXON, T., JIANG, Y., STOPAR, B., 2010. GPS-derived motion of the Adriatic microplate from Istria Peninsula and Po Plain sites, and geodynamic implications. *Tectonophysics*, 483, 214–222.
- WELLS, D.L. & COPPERSMITH, K.J., 1994. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement.– *Bulletin of the Seismological Soc. America*, 84/4, 974–1002.

**Web izvori:**

- <https://maps-for-free.com/> (20. siječanj 2022.)
- [https://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska\\_sluzba/seizmichnost\\_hrvatske](https://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska_sluzba/seizmichnost_hrvatske) (3. ožujak 2022.)
- <http://seizkarta.gfz.hr/hazmap/> (3. ožujak 2022.)
- <https://earthquake.usgs.gov/> (10. travanj 2022.)



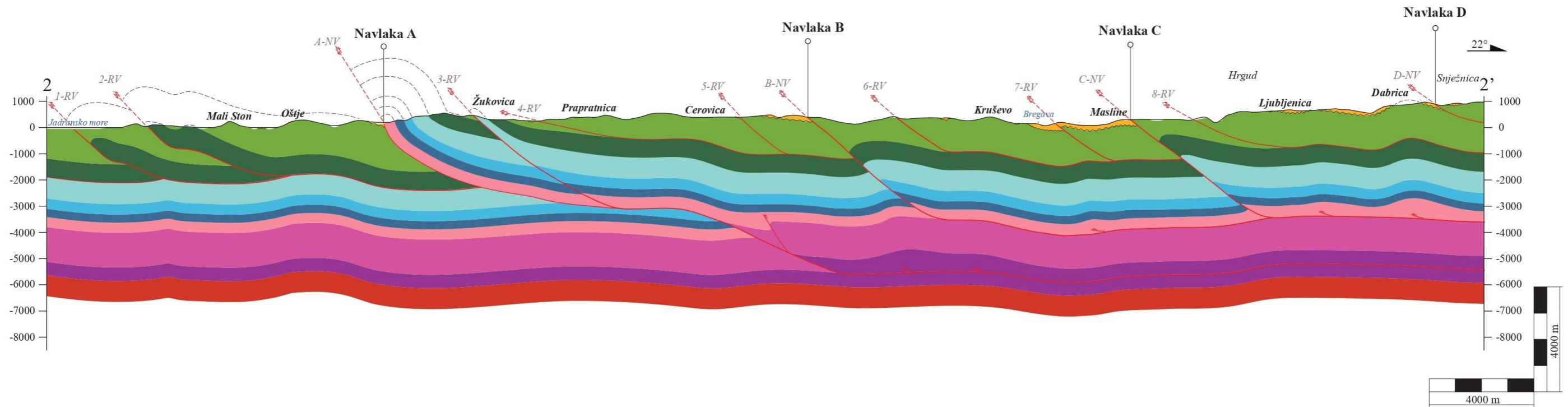
Prilog 1: Geološki profil 1–1' s pripadajućom legendom.



LEGENDA

|                      |  |                      |   |  |                                |
|----------------------|--|----------------------|---|--|--------------------------------|
| <b>Q</b>             | aluvijalne i proluvijalne naslage;<br>barski sedimenti                                 | <b>J<sub>1</sub></b> | izmjena vapnenaca i dolomita; litiotidni vapnenac;<br>mrljasti ("fleckenkalk") vapnenac |  | normalna granica               |
| <b>Pg</b>            | madstoni ("liburnijske naslage"); foraminiferski<br>vapnenci; prijelazne naslage; sliš | <b>T<sub>3</sub></b> | Glavni dolomit (hauptdolomit)   |  | transgresivna granica          |
| <b>K<sub>2</sub></b> | vapnenci s izmjenama dolomita; vapnenci s rudistima                                    | <b>T<sub>2</sub></b> | vapnenačke breče i konglomerati ("otarnik naslage");<br>vapnenci s izmjenama dolomita   |  | reversni rasjed                |
| <b>K<sub>1</sub></b> | dobro uslojeni vapnenci (madstoni)   | <b>T<sub>1</sub></b> | pješčenjaci, lapori, vapnenci s amonitima   |  | "blind fault" - slijepi rasjed |
| <b>J<sub>3</sub></b> | vapnenci u izmjeni s dolomitom   | <b>P</b>             | evaporiti (gips i anhidrit); šupljikave breče; dolomiti i vapnenci<br>s klastitima      |  |                                |
| <b>J<sub>2</sub></b> | vapnenci (madstoni) s proslojcima dolomita   |                      |   |  |                                |

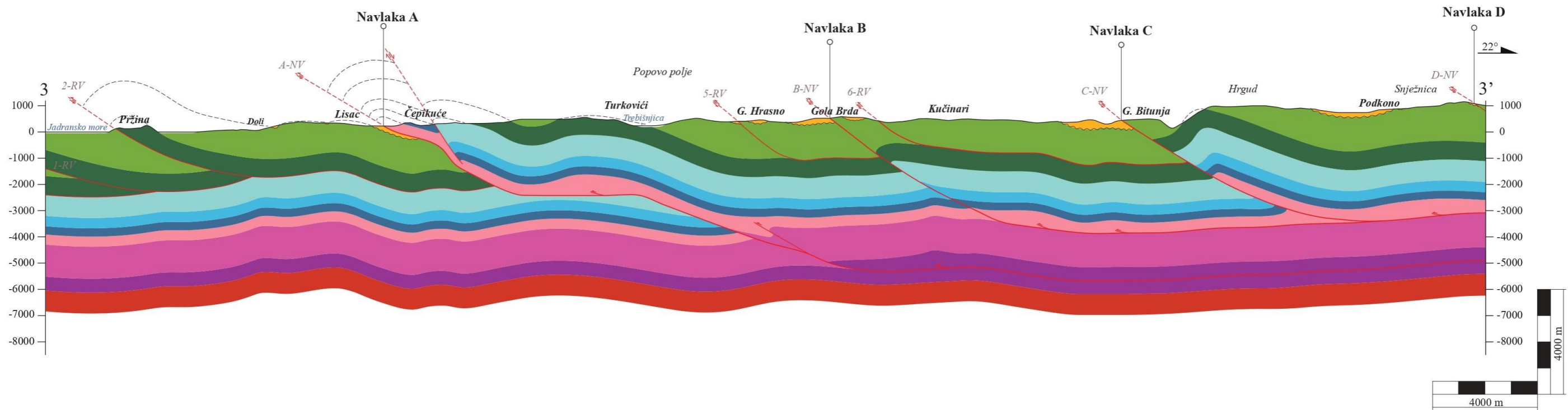
Prilog 2: Geološki profil 2-2' s pripadajućom legendom.



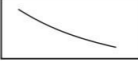
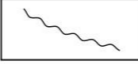



LEGENDA

|   |   |   |
|---|---|---|
| <p><b>Q</b> aluvijalne i proluvijalne naslage; barski sedimenti</p> <p><b>Pg</b> madstoni ("liburnijske naslage"); foraminiferski vapnenci; prijelazne naslage; fliš</p> <p><b>K<sub>2</sub></b> vapnenci s izmjenama dolomita; vapnenci s rudistima</p> <p><b>K<sub>1</sub></b> dobro uslojeni vapnenci (madstoni)</p> <p><b>J<sub>3</sub></b> vapnenci u izmjeni s dolomitom</p> <p><b>J<sub>2</sub></b> vapnenci (madstoni) s proslojcima dolomita</p> | <p><b>J<sub>1</sub></b> izmjena vapnenaca i dolomita; litiotidni vapnenac; mrljasti ("fleckenkalk") vapnenac</p> <p><b>T<sub>3</sub></b> Glavni dolomit (hauptdolomit)</p> <p><b>T<sub>2</sub></b> vapnenačke breče i konglomerati ("otarnik naslage"); vapnenci s izmjenama dolomita</p> <p><b>T<sub>1</sub></b> pješčenjaci, lapori, vapnenci s amonitima</p> <p><b>P</b> evaporiti (gips i anhidrit); šupljikave breče; dolomiti i vapnenci s klastitima</p> | <p> normalna granica</p> <p> transgresivna granica</p> <p> reversni rasjed</p> <p> "blind fault" - slijepi rasjed</p> |
|---|---|---|

Prilog 3: Geološki profil 3-3' s pripadajućom legendom.

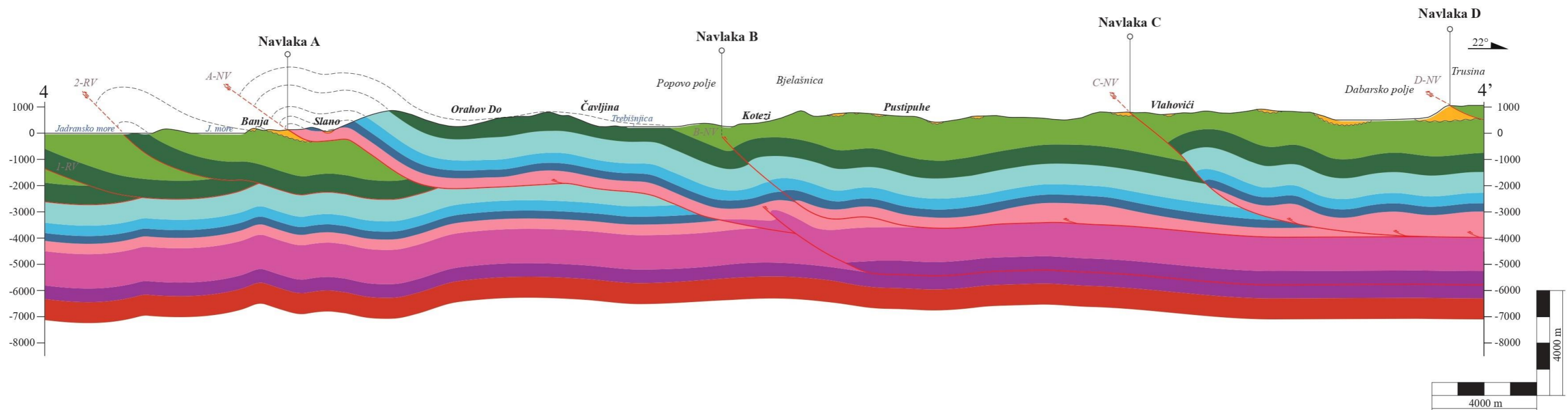


LEGENDA

|                      |  |                      |  |   |                                |
|----------------------|--|----------------------|--|---|--------------------------------|
| <b>Q</b>             | aluvijalne i proluvijalne naslage;<br>barski sedimenti                                 | <b>J<sub>1</sub></b> | izmjena vapnenaca i dolomita; litotidni vapnenac;<br>mrljasti ("fleckenkalk") vapnenac |  | normalna granica               |
| <b>Pg</b>            | madstoni ("liburnijske naslage"); foraminiferski<br>vapnenci; prijelazne naslage; sliš | <b>T<sub>3</sub></b> | Glavni dolomit (hauptdolomit)  |  | transgresivna granica          |
| <b>K<sub>2</sub></b> | vapnenci s izmjenama dolomita; vapnenci s rudistima                                    | <b>T<sub>2</sub></b> | vapnenačke breče i konglomerati ("otarnik naslage");<br>vapnenci s izmjenama dolomita  |  | reversni rasjed                |
| <b>K<sub>1</sub></b> | dobro uslojeni vapnenci (madstoni)   | <b>T<sub>1</sub></b> | pješčenjaci, lapori, vapnenci s amonitima  |  | "blind fault" - slijepi rasjed |
| <b>J<sub>3</sub></b> | vapnenci u izmjeni s dolomitom   | <b>P</b>             | evaporiti (gips i anhidrit); šupljikave breče; dolomiti i vapnenci<br>s klastitima     |  | normalni rasjed                |
| <b>J<sub>2</sub></b> | vapnenci (madstoni) s proslojcima dolomita   |                      |  |   |                                |



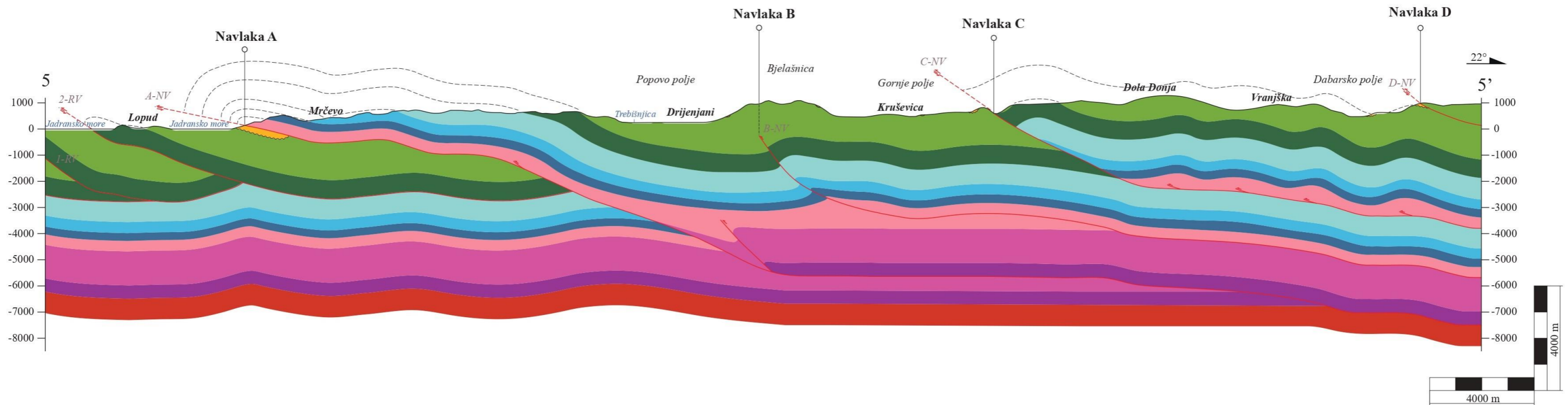
Prilog 4: Geološki profil 4-4' s pripadajućom legendom.




LEGENDA

|   |   |   |
|---|---|---|
| <p><b>Q</b> aluvijalne i proluvijalne naslage; barski sedimenti</p> <p><b>Pg</b> madstoni ("liburnijske naslage"); foraminiferski vapnenci; prijelazne naslage; fliš</p> <p><b>K<sub>2</sub></b> vapnenci s izmjenama dolomita; vapnenci s rudistima</p> <p><b>K<sub>1</sub></b> dobro uslojeni vapnenci (madstoni)</p> <p><b>J<sub>3</sub></b> vapnenci u izmjeni s dolomitom</p> <p><b>J<sub>2</sub></b> vapnenci (madstoni) s proslojcima dolomita</p> | <p><b>J<sub>1</sub></b> izmjena vapnenaca i dolomita; litiotidni vapnenac; mrljasti ("fleckenkalk") vapnenac</p> <p><b>T<sub>3</sub></b> Glavni dolomit (hauptdolomit)</p> <p><b>T<sub>2</sub></b> vapnenačke breče i konglomerati ("otarnik naslage"); vapnenci s izmjenama dolomita</p> <p><b>T<sub>1</sub></b> pješčenjaci, lapori, vapnenci s amonitima</p> <p><b>P</b> evaporiti (gips i anhidrit); šupljikave breče; dolomiti i vapnenci s klastitima</p> | <p> normalna granica</p> <p> transgresivna granica</p> <p> reversni rasjed</p> <p> "blind fault" - slijepi rasjed</p> |
|---|---|---|

Prilog 5: Geološki profil 5-5' s pripadajućom legendom.



LEGENDA

|   |   |   |
|---|---|---|
| <p><b>Q</b> aluvijalne i proluvijalne naslage;<br/>barski sedimenti</p> <p><b>Pg</b> madstoni ("liburnijske naslage"); foraminiferski<br/>vapnenci; prijelazne naslage; sliš</p> <p><b>K<sub>2</sub></b> vapnenci s izmjenama dolomita; vapnenci s rudistima</p> <p><b>K<sub>1</sub></b> dobro uslojeni vapnenci (madstoni)</p> <p><b>J<sub>3</sub></b> vapnenci u izmjeni s dolomitom</p> <p><b>J<sub>2</sub></b> vapnenci (madstoni) s proslojcima dolomita</p> | <p><b>J<sub>1</sub></b> izmjena vapnenaca i dolomita; litiotidni vapnenac;<br/>mrljasti ("fleckenkalk") vapnenac</p> <p><b>T<sub>3</sub></b> Glavni dolomit (hauptdolomit)</p> <p><b>T<sub>2</sub></b> vapnenačke breče i konglomerati ("otarnik naslage");<br/>vapnenci s izmjenama dolomita</p> <p><b>T<sub>1</sub></b> pješčenjaci, lapori, vapnenci s amonitima</p> <p><b>P</b> evaporiti (gips i anhidrit); šupljikave breče; dolomiti i vapnenci<br/>s klastitima</p> | <p> normalna granica</p> <p> transgresivna granica</p> <p> reversni rasjed</p> <p> "blind fault" - slijepi rasjed</p> |
|---|---|---|

**Prilog 6:** Tablica epicentara potresa područja Ston–Slano i njegovog zaleđa iz kataloga potresa Geološke službe SAD-a za razdoblje od 1901. do 2021. godine (<https://earthquake.usgs.gov/>). Koordinatni sustav je MGI Balkan 6.

| Oznaka | X koordinata | Y koordinata | Dubina (km) | Magnituda |
|--------|--------------|--------------|-------------|-----------|
| 1      | 6491894,915  | 4748855,19   | 9,16        | 3,3       |
| 2      | 6506230,475  | 4730313,624  | 10,5        | 4,3       |
| 3      | 6488204,313  | 4786606,892  | 10          | 4,2       |
| 4      | 6499007,319  | 4778764,697  | 10          | 3,3       |
| 5      | 6483942,623  | 4760810,784  | 10          | 4,2       |
| 6      | 6498385,076  | 4792939,468  | 10          | 3,1       |
| 7      | 6504417,463  | 4789430,085  | 10          | 4,3       |
| 8      | 6493240,972  | 4786577,575  | 10          | 5,3       |
| 9      | 6471798,091  | 4724660,401  | 10          | 4,4       |
| 10     | 6496894,033  | 4765068,772  | 9,97        | 3,2       |
| 11     | 6500674,009  | 4789406,63   | 10          | 3,1       |
| 12     | 6519338,03   | 4726438,459  | 10          | 2,9       |
| 13     | 6466519,05   | 4795833,922  | 7,46        | 3,4       |
| 14     | 6465222,893  | 4782054,231  | 10          | 2         |
| 15     | 6498220,838  | 4786685,313  | 10          | 4         |
| 16     | 6479968,346  | 4784393,685  | 10          | 4,1       |
| 17     | 6473353,099  | 4794547,985  | 10          | 4         |
| 18     | 6510566,877  | 4722387,855  | 3,38        | 2,9       |
| 19     | 6481131,636  | 4784823,547  | 4,73        | 4,1       |
| 20     | 6493615,45   | 4787377,021  | 7,15        | 4,3       |
| 21     | 6494678,005  | 4735867,234  | 2           | 4         |
| 22     | 6520059,664  | 4768962,172  | 4           | 4,4       |
| 23     | 6487025,12   | 4756649,648  | 7,4         | 3,5       |
| 24     | 6489461,899  | 4749647,265  | 10          | 4,3       |
| 25     | 6468114,786  | 4778151,861  | 0,6         | 3,5       |
| 26     | 6472151,462  | 4790464,772  | 1,4         | 2,5       |
| 27     | 6497131,286  | 4731644,735  | 8,5         | 2,7       |
| 28     | 6471696,097  | 4759251,362  | 3           | 2,5       |
| 29     | 6458846,023  | 4765426,793  | 3,4         | 2,7       |
| 30     | 6460717,739  | 4792965,827  | 7,6         | 2,7       |
| 31     | 6495680,685  | 4766413,587  | 11          | 2,5       |
| 32     | 6497213,176  | 4731644,698  | 0           | 2,5       |
| 33     | 6500406,905  | 4731977,238  | 9           | 4,2       |
| 34     | 6490437,885  | 4746757,715  | 5,1         | 2,5       |
| 35     | 6488205,82   | 4778308,753  | 8,4         | 3,3       |
| 36     | 6501143,548  | 4734754,218  | 9           | 2,7       |
| 37     | 6506411,673  | 4793186,342  | 5,5         | 2,5       |
| 38     | 6473636,257  | 4775684,113  | 11          | 2,7       |
| 39     | 6486353,55   | 4787310,286  | 13,9        | 4,5       |
| 40     | 6491849,451  | 4764973,17   | 5,8         | 2,6       |
| 41     | 6490195,851  | 4748868,585  | 3,3         | 2,6       |



|    |             |             |      |     |
|----|-------------|-------------|------|-----|
| 42 | 6482634,798 | 4762769,091 | 7,4  | 2,5 |
| 43 | 6485842,13  | 4775980,565 | 7,7  | 4   |
| 44 | 6530361,825 | 4772921,059 | 0    | 2,8 |
| 45 | 6492342,3   | 4768305,074 | 0,1  | 2,8 |
| 46 | 6477688,09  | 4770670,628 | 5,3  | 2,8 |
| 47 | 6495372,085 | 4790297,107 | 18,2 | 2,6 |
| 48 | 6500325,037 | 4725645,884 | 5,3  | 2,5 |
| 49 | 6509497,212 | 4731316,886 | 0    | 2,6 |
| 50 | 6494295,565 | 4766414,664 | 10   | 2,9 |
| 51 | 6525238,838 | 4771456,308 | 11   | 2,8 |
| 52 | 6474292,238 | 4755575,277 | 7,3  | 2,5 |
| 53 | 6478787,258 | 4757670,279 | 5    | 2,6 |
| 54 | 6475864,959 | 4761790,152 | 5,2  | 2,5 |
| 55 | 6473509,623 | 4764131,728 | 8,1  | 3,5 |
| 56 | 6467206,042 | 4775267,938 | 1,1  | 2,5 |
| 57 | 6499026,189 | 4792628,272 | 11   | 3,2 |
| 58 | 6507224,614 | 4791854,071 | 9,3  | 2,6 |
| 59 | 6508115,48  | 4793632,443 | 23,4 | 3,5 |
| 60 | 6498944,38  | 4789406,756 | 11   | 3,5 |
| 61 | 6505440,048 | 4790186,175 | 10,3 | 2,7 |
| 62 | 6504787,41  | 4794851,392 | 17,7 | 3,4 |
| 63 | 6503248,728 | 4788074,217 | 10,3 | 3   |
| 64 | 6502843,173 | 4786629,926 | 9,4  | 2,8 |
| 65 | 6505686,447 | 4786631,584 | 11   | 2,6 |
| 66 | 6505929,604 | 4787298,301 | 11   | 2,8 |
| 67 | 6501542,111 | 4793628,054 | 13,1 | 2,7 |
| 68 | 6502110,18  | 4793628,182 | 12,3 | 2,8 |
| 69 | 6500324,823 | 4792961,415 | 8,5  | 2,5 |
| 70 | 6501055,59  | 4790073,185 | 11,9 | 2,7 |
| 71 | 6504872,139 | 4789519,246 | 11,2 | 2,8 |
| 72 | 6507478,921 | 4781634,36  | 10,3 | 2,7 |
| 73 | 6472665,54  | 4736586,729 | 5,5  | 2,6 |
| 74 | 6476021,466 | 4736796,269 | 7,8  | 3   |
| 75 | 6477145,508 | 4730349,851 | 10   | 4   |
| 76 | 6506347,078 | 4774523,813 | 11   | 2,6 |
| 77 | 6495674,01  | 4756527,279 | 11   | 3   |
| 78 | 6479299,923 | 4765222,349 | 11   | 3,5 |
| 79 | 6485685,659 | 4740656,794 | 3,1  | 3,5 |
| 80 | 6464920,002 | 4758061,055 | 9,8  | 2,7 |
| 81 | 6461965,808 | 4754966,556 | 2,6  | 4   |
| 82 | 6516519,704 | 4774540,41  | 11   | 2,5 |
| 83 | 6527743,139 | 4776353,706 | 16,4 | 2,6 |
| 84 | 6522134,285 | 4774778,239 | 15,5 | 2,5 |
| 85 | 6516915,778 | 4778984,784 | 19,4 | 5,1 |
| 86 | 6492417,868 | 4763195,168 | 6,9  | 3,1 |
| 87 | 6511229,226 | 4774974,225 | 11,6 | 2,7 |

|     |             |             |      |     |
|-----|-------------|-------------|------|-----|
| 88  | 6489328,103 | 4768087,082 | 7,6  | 2,5 |
| 89  | 6489495,06  | 4770641,743 | 11   | 2,7 |
| 90  | 6493506,881 | 4792520,467 | 7,9  | 2,9 |
| 91  | 6512304,856 | 4764867,391 | 11   | 2,5 |
| 92  | 6481819,884 | 4762882,326 | 7,5  | 3,2 |
| 93  | 6497474,481 | 4769522,942 | 11   | 2,5 |
| 94  | 6475867,733 | 4762567,728 | 7,4  | 2,6 |
| 95  | 6525646,341 | 4771346,723 | 14,1 | 2,6 |
| 96  | 6519767,017 | 4777326,043 | 11,9 | 2,7 |
| 97  | 6525395,41  | 4750906,401 | 11   | 2,8 |
| 98  | 6517330,464 | 4775764,324 | 13,1 | 2,7 |
| 99  | 6460262,281 | 4798300,925 | 7    | 2,6 |
| 100 | 6481652,912 | 4761438,698 | 10   | 4,3 |
| 101 | 6501141,384 | 4752526,856 | 11   | 3   |
| 102 | 6520866,344 | 4736117,712 | 11   | 2,9 |
| 103 | 6506025,371 | 4769969,088 | 11   | 3,7 |
| 104 | 6492287,685 | 4791077,659 | 6,4  | 2,5 |
| 105 | 6463006,307 | 4766180,454 | 3,2  | 2,5 |
| 106 | 6462015,08  | 4792736,197 | 7,6  | 2,5 |
| 107 | 6509095,5   | 4788856,879 | 11   | 1,8 |
| 108 | 6464239,959 | 4783725,706 | 3,7  | 2,6 |
| 109 | 6512627,638 | 4766645,297 | 11   | 2,6 |
| 110 | 6465425,144 | 4792939,989 | 10   | 2,4 |
| 111 | 6496569,988 | 4753638,626 | 0    | 2,8 |
| 112 | 6498692,098 | 4752526,994 | 11   | 2,2 |
| 113 | 6501796,166 | 4744973,535 | 11   | 2   |
| 114 | 6484578,827 | 4757321,31  | 12,8 | 3,1 |
| 115 | 6485325,731 | 4763095,926 | 3,8  | 2,7 |
| 116 | 6487207,222 | 4766535,646 | 11   | 2,3 |
| 117 | 6493557,67  | 4761749,879 | 9,7  | 2,7 |
| 118 | 6482223,087 | 4761215,004 | 11   | 3,7 |
| 119 | 6481288,959 | 4747776,636 | 7,6  | 1,8 |
| 120 | 6492490,907 | 4755752,596 | 11   | 2   |
| 121 | 6489886,143 | 4760088,244 | 9,6  | 2,2 |
| 122 | 6484825,591 | 4758209,405 | 8,8  | 2,3 |
| 123 | 6484428,267 | 4762764,699 | 6,4  | 3,1 |
| 124 | 6518190,951 | 4726335,433 | 10   | 2,5 |
| 125 | 6481902,599 | 4763326,436 | 8,2  | 3,3 |
| 126 | 6482635,944 | 4763213,421 | 5,9  | 2,5 |
| 127 | 6484660,413 | 4757321,123 | 12,6 | 2,1 |
| 128 | 6510835,701 | 4766309,053 | 4,6  | 2   |
| 129 | 6506358,482 | 4761638,152 | 10   | 2,9 |
| 130 | 6518003,266 | 4767323,6   | 10,1 | 2,7 |
| 131 | 6494160,94  | 4797740,985 | 8,7  | 2,4 |
| 132 | 6486078,813 | 4772425,352 | 8,3  | 2,5 |
| 133 | 6465671,61  | 4761500,848 | 4    | 3,6 |

|     |             |             |      |     |
|-----|-------------|-------------|------|-----|
| 134 | 6463203,853 | 4757514,7   | 10   | 3,7 |
| 135 | 6519681,523 | 4749999,267 | 0,5  | 2,7 |
| 136 | 6486714,834 | 4764759,273 | 12   | 3,7 |
| 137 | 6513067,469 | 4792751,252 | 7    | 2,4 |
| 138 | 6474490,203 | 4764794,465 | 10   | 4,1 |
| 139 | 6472391,224 | 4769690,448 | 7,2  | 3,1 |
| 140 | 6487008,578 | 4748096,446 | 14,8 | 2,3 |
| 141 | 6482078,357 | 4768102,564 | 10   | 3,1 |
| 142 | 6492190,223 | 4777414,163 | 10   | 3,9 |
| 143 | 6475707,877 | 4763456,971 | 10   | 4,7 |
| 144 | 6468822,745 | 4772927,461 | 12   | 2,2 |
| 145 | 6472353,969 | 4780465,988 | 7,4  | 3,3 |
| 146 | 6514466,227 | 4783644,868 | 17,8 | 2,9 |
| 147 | 6511867,025 | 4782751,262 | 19,2 | 2,4 |
| 148 | 6465535,382 | 4798605,074 | 10   | 3,3 |
| 149 | 6513098,783 | 4776088,326 | 0,5  | 2,6 |
| 150 | 6521648,92  | 4747672,391 | 10,1 | 2,6 |
| 151 | 6476230,353 | 4795892,45  | 7,6  | 2,5 |
| 152 | 6476705,02  | 4745235,972 | 15   | 2,7 |
| 153 | 6490029,161 | 4746647,233 | 8,7  | 2,7 |
| 154 | 6496818,377 | 4760525,541 | 10   | 3,4 |
| 155 | 6493391,58  | 4758750,83  | 10   | 2,9 |
| 156 | 6500161,922 | 4764745,785 | 9,3  | 2,5 |
| 157 | 6491859,75  | 4773304,43  | 10   | 3   |
| 158 | 6514904,193 | 4768871,454 | 21,1 | 2,5 |
| 159 | 6519715,336 | 4766883,91  | 16,9 | 3,1 |
| 160 | 6477689,883 | 4795665,244 | 5,6  | 2,7 |
| 161 | 6489546,532 | 4751535,5   | 8,9  | 2,5 |
| 162 | 6464014,526 | 4787170,684 | 1,3  | 3,6 |
| 163 | 6491214,805 | 4777970,82  | 8,9  | 2,5 |
| 164 | 6473617,588 | 4770907,489 | 10   | 2,5 |
| 165 | 6520945,8   | 4764110,416 | 16,9 | 3,2 |
| 166 | 6468305,427 | 4749268,842 | 7,3  | 3,4 |
| 167 | 6524117,168 | 4766231,315 | 10   | 2,9 |
| 168 | 6471764,672 | 4795021,063 | 10   | 2,3 |
| 169 | 6527378,891 | 4724032,623 | 10   | 3,1 |
| 170 | 6524512,644 | 4723133,404 | 10   | 3,4 |
| 171 | 6531594,194 | 4752598,07  | 23,1 | 2,7 |
| 172 | 6488797,902 | 4743316,795 | 8,6  | 2,2 |
| 173 | 6468854,115 | 4762040,922 | 10   | 2,9 |
| 174 | 6482081,615 | 4769324,482 | 10   | 3,4 |
| 175 | 6490950,732 | 4763308,097 | 10   | 2,7 |
| 176 | 6492283,358 | 4787411,788 | 10   | 2,9 |
| 177 | 6500569,271 | 4768300,444 | 10   | 2   |
| 178 | 6494277,449 | 4745753,566 | 11,6 | 2,2 |
| 179 | 6485096,252 | 4769872,529 | 12,7 | 2,5 |

|     |             |             |      |     |
|-----|-------------|-------------|------|-----|
| 180 | 6520657,72  | 4723565,323 | 5,5  | 2,5 |
| 181 | 6528764,324 | 4765582,564 | 21,3 | 2,4 |
| 182 | 6527619,938 | 4766466,577 | 17   | 2,7 |
| 183 | 6496148,131 | 4730867,718 | 13,1 | 2,4 |
| 184 | 6506865,702 | 4742754,917 | 2,6  | 3,1 |
| 185 | 6501873,599 | 4763746,22  | 10   | 2,8 |
| 186 | 6478634,013 | 4786441,815 | 9,7  | 3,1 |
| 187 | 6460323,225 | 4781081,441 | 9,3  | 3   |
| 188 | 6508551,742 | 4768416,5   | 13,2 | 1,9 |
| 189 | 6495607,619 | 4778632,889 | 5,3  | 1,9 |
| 190 | 6488189,859 | 4769310,925 | 8,2  | 2,4 |
| 191 | 6507574,178 | 4768526,474 | 16,7 | 2   |
| 192 | 6485859,011 | 4745321,763 | 13,1 | 2,3 |
| 193 | 6514418,942 | 4767204,178 | 8,3  | 2,9 |
| 194 | 6492173,848 | 4763639,784 | 8    | 1,8 |
| 195 | 6499428,7   | 4766745,33  | 13,7 | 2,1 |
| 196 | 6503505,448 | 4760192,157 | 17,6 | 1,9 |
| 197 | 6499591,959 | 4769744,561 | 13,8 | 2,2 |
| 198 | 6509818,365 | 4735982,574 | 16,8 | 1,9 |
| 199 | 6505890,707 | 4735200,736 | 9,7  | 3,6 |
| 200 | 6504089,797 | 4735643,825 | 8    | 2,4 |
| 201 | 6508411,661 | 4749088,097 | 11,7 | 1,9 |
| 202 | 6495846,901 | 4771412,233 | 4,4  | 2,3 |
| 203 | 6511054,072 | 4730763,746 | 3    | 2,2 |
| 204 | 6487118,257 | 4762647,908 | 8,1  | 2,2 |
| 205 | 6498279,448 | 4737420,328 | 0    | 2,5 |
| 206 | 6504065,22  | 4780298,59  | 9,2  | 3,1 |
| 207 | 6488911,755 | 4762644,69  | 11,9 | 2,7 |
| 208 | 6476443,677 | 4787337,855 | 1,9  | 2,4 |
| 209 | 6490761,96  | 4744757,825 | 5,6  | 2,4 |
| 210 | 6497073,754 | 4783186,544 | 12,2 | 2,6 |
| 211 | 6478895,246 | 4791995,395 | 4,3  | 2,9 |
| 212 | 6508361,71  | 4791299,889 | 10   | 3,3 |
| 213 | 6476602,987 | 4763009,479 | 10   | 3,1 |
| 214 | 6459366,957 | 4784308,735 | 10   | 2,4 |
| 215 | 6470411,326 | 4745149,337 | 10   | 3,4 |
| 216 | 6482210,899 | 4787320,053 | 10   | 2,9 |
| 217 | 6526368,51  | 4774126,587 | 8    | 2,3 |
| 218 | 6468221,672 | 4748824,902 | 3,9  | 3,5 |
| 219 | 6464232,049 | 4766840,399 | 4,5  | 3,1 |
| 220 | 6489940,331 | 4795635,444 | 13   | 2,6 |
| 221 | 6490624,202 | 4762975,303 | 7,9  | 2,4 |
| 222 | 6492011,23  | 4763973,227 | 0    | 2,3 |
| 223 | 6495352,686 | 4763525,664 | 11,1 | 2,2 |
| 224 | 6487248,557 | 4788086,118 | 8,4  | 3   |
| 225 | 6528925,855 | 4746365,836 | 10,5 | 2,6 |

|     |             |             |      |     |
|-----|-------------|-------------|------|-----|
| 226 | 6519266,073 | 4722783,842 | 12   | 2   |
| 227 | 6470372,602 | 4792138,726 | 10   | 3,4 |
| 228 | 6486917,598 | 4743320,192 | 7    | 2,3 |
| 229 | 6492558,136 | 4742978,304 | 8,7  | 2,7 |
| 230 | 6501950,515 | 4782741,634 | 10,7 | 2,6 |
| 231 | 6503337,512 | 4771078,202 | 24   | 2,8 |
| 232 | 6484722,105 | 4748545,567 | 7,3  | 2,3 |
| 233 | 6467009,177 | 4717506,129 | 10   | 3   |
| 234 | 6478365,859 | 4753450,488 | 2,4  | 3,3 |
| 235 | 6483160,86  | 4744883,632 | 1,5  | 2,7 |
| 236 | 6490032,976 | 4749202,067 | 0,3  | 2   |
| 237 | 6489804,079 | 4759755,123 | 9,2  | 2,4 |
| 238 | 6478349,544 | 4748340,793 | 7,3  | 2,5 |
| 239 | 6467211,165 | 4759493,714 | 10   | 3,1 |
| 240 | 6490871,36  | 4764863,365 | 14   | 2,6 |
| 241 | 6488467,269 | 4741206,852 | 11,9 | 2,5 |
| 242 | 6518608,64  | 4723337,457 | 6,5  | 2,2 |
| 243 | 6501388,394 | 4739308,443 | 10   | 2,8 |
| 244 | 6462700,346 | 4754962,493 | 8,8  | 2,9 |
| 245 | 6471479,473 | 4765917,333 | 10   | 3,7 |
| 246 | 6471358,124 | 4756475,691 | 8,7  | 3   |
| 247 | 6472102,169 | 4798130,179 | 10   | 3,2 |
| 248 | 6493064,601 | 4758084,677 | 9,8  | 2,4 |
| 249 | 6531055,237 | 4726935,99  | 10   | 3,7 |
| 250 | 6488640,933 | 4794859,936 | 3,2  | 2,9 |
| 251 | 6488547,91  | 4740540,241 | 5,7  | 2,1 |
| 252 | 6515137,193 | 4774092,924 | 10   | 4   |
| 253 | 6476327,984 | 4730796,948 | 10   | 3,2 |
| 254 | 6463291,918 | 4788729,844 | 10   | 3,7 |
| 255 | 6470993,853 | 4747590,629 | 10   | 4,1 |
| 256 | 6488351,175 | 4721324,24  | 10   | 3   |
| 257 | 6477843,465 | 4718240,173 | 10   | 3,2 |
| 258 | 6488763,152 | 4771198,361 | 10   | 3   |
| 259 | 6479781,551 | 4762777,048 | 10   | 3,3 |
| 260 | 6491333,383 | 4744201,661 | 10   | 4   |
| 261 | 6487587,64  | 4751983,169 | 10   | 3,3 |
| 262 | 6461598,078 | 4747637,069 | 10   | 3,5 |
| 263 | 6485276,255 | 4740435,516 | 10   | 4,5 |
| 264 | 6487004,07  | 4745763,775 | 10   | 3,1 |
| 265 | 6488558,331 | 4746649,586 | 10   | 4,1 |
| 266 | 6489935,088 | 4738427,524 | 10   | 4,2 |
| 267 | 6475404,172 | 4747128,93  | 10   | 3,6 |
| 268 | 6490328,921 | 4727874,591 | 10   | 4   |
| 269 | 6483648,309 | 4743660,558 | 10   | 4,2 |
| 270 | 6474334,431 | 4745133,424 | 10   | 3,3 |
| 271 | 6492646,568 | 4748976,5   | 10   | 3,5 |

|     |             |             |    |     |
|-----|-------------|-------------|----|-----|
| 272 | 6495584,947 | 4745641,466 | 10 | 3,6 |
| 273 | 6469553,541 | 4754372,956 | 10 | 4,2 |
| 274 | 6485698,854 | 4746877,22  | 10 | 5,5 |
| 275 | 6484548,049 | 4743880,601 | 10 | 4,3 |
| 276 | 6492571,01  | 4754419,532 | 10 | 4,1 |
| 277 | 6476787,509 | 4745457,851 | 10 | 4,4 |
| 278 | 6474929,916 | 4751462,844 | 10 | 3,4 |
| 279 | 6484887,478 | 4749433,838 | 10 | 3,8 |
| 280 | 6465992,459 | 4727619,195 | 10 | 4   |
| 281 | 6479940,631 | 4761443,574 | 10 | 3,9 |
| 282 | 6503495,671 | 4781075,898 | 10 | 3,7 |
| 283 | 6489712,239 | 4753090,374 | 10 | 4,3 |
| 284 | 6491829,032 | 4748422,059 | 10 | 3,8 |
| 285 | 6466769,801 | 4735835,285 | 10 | 4,1 |
| 286 | 6484227,292 | 4746547,26  | 10 | 3,7 |
| 287 | 6483656,636 | 4747104,018 | 10 | 4,6 |
| 288 | 6484792,787 | 4743657,886 | 10 | 4,1 |
| 289 | 6475806,78  | 4745461,271 | 10 | 4,4 |
| 290 | 6487720,946 | 4735543,173 | 10 | 4,3 |
| 291 | 6491425,74  | 4752421,461 | 10 | 3,3 |
| 292 | 6483846,151 | 4757989,521 | 10 | 3,1 |
| 293 | 6480054,317 | 4744669,906 | 10 | 3,3 |
| 294 | 6493044,465 | 4738978,943 | 10 | 4,1 |
| 295 | 6490014,249 | 4736650,155 | 10 | 5,3 |
| 296 | 6469662,543 | 4723714,244 | 10 | 3,5 |
| 297 | 6484708,776 | 4742658,361 | 10 | 4,5 |
| 298 | 6475239,138 | 4746685,204 | 10 | 3,3 |
| 299 | 6507596,001 | 4747976,384 | 10 | 3,9 |
| 300 | 6490434,064 | 4744091,811 | 10 | 3   |
| 301 | 6489205,77  | 4742760,73  | 10 | 3,3 |
| 302 | 6474422,01  | 4746688,229 | 10 | 4,2 |
| 303 | 6488488,269 | 4753425,613 | 10 | 4,1 |
| 304 | 6488237,131 | 4749871,466 | 10 | 4,3 |
| 305 | 6481363,324 | 4745110,502 | 10 | 3,6 |
| 306 | 6484972,379 | 4750877,698 | 10 | 4,5 |
| 307 | 6483324,875 | 4745105,386 | 10 | 3,8 |
| 308 | 6480960,912 | 4747333,228 | 10 | 4,6 |
| 309 | 6497955,189 | 4746306,726 | 10 | 3,3 |
| 310 | 6493047,154 | 4741533,746 | 10 | 3,6 |
| 311 | 6494108,412 | 4739533,297 | 10 | 3,2 |
| 312 | 6493457,676 | 4743199,51  | 10 | 4,4 |
| 313 | 6488729,61  | 4751314,666 | 10 | 3,7 |
| 314 | 6493050,897 | 4745088,272 | 10 | 3,5 |
| 315 | 6475651,682 | 4747794,526 | 10 | 3,7 |
| 316 | 6488384,915 | 4740873,757 | 10 | 4,4 |
| 317 | 6487080,676 | 4743097,718 | 10 | 3,3 |



|     |             |             |    |     |
|-----|-------------|-------------|----|-----|
| 318 | 6483990,845 | 4750213,472 | 10 | 3,2 |
| 319 | 6489912,416 | 4723321,084 | 10 | 4,4 |
| 320 | 6484946,141 | 4739103,297 | 10 | 3,6 |
| 321 | 6487733,501 | 4742430,021 | 10 | 4,9 |
| 322 | 6495172,023 | 4739865,659 | 10 | 6   |
| 323 | 6463240,445 | 4794173,577 | 10 | 3,2 |
| 324 | 6485841,659 | 4775758,396 | 10 | 2,7 |
| 325 | 6511707,083 | 4732097,717 | 5  | 2,2 |
| 326 | 6474530,507 | 4796898,511 | 10 | 2,5 |
| 327 | 6503746,19  | 4767968,057 | 10 | 1,9 |
| 328 | 6517124,203 | 4726888,144 | 10 | 2,1 |
| 329 | 6517207,506 | 4726332,963 | 5  | 2,1 |
| 330 | 6527870,338 | 4724145,637 | 5  | 3,2 |
| 331 | 6465867,194 | 4751724,449 | 10 | 2,3 |
| 332 | 6468248,11  | 4754490,01  | 10 | 2,4 |
| 333 | 6518355,148 | 4726224,782 | 10 | 2,1 |
| 334 | 6523938,7   | 4723131,424 | 10 | 2,2 |
| 335 | 6516644,038 | 4721999,637 | 10 | 1,7 |
| 336 | 6523122,07  | 4722128,999 | 10 | 2,1 |
| 337 | 6522548,4   | 4722016,059 | 10 | 1,8 |
| 338 | 6507457,875 | 4723539,137 | 5  | 2,1 |
| 339 | 6520893,115 | 4727120,477 | 10 | 1,6 |
| 340 | 6511641,915 | 4721878,582 | 10 | 2,1 |
| 341 | 6464311,065 | 4735181,177 | 5  | 2,8 |
| 342 | 6478997,93  | 4746672,542 | 5  | 3,5 |
| 343 | 6522059,156 | 4721125,897 | 10 | 2   |
| 344 | 6520827,609 | 4721566,449 | 10 | 2,3 |
| 345 | 6516152,262 | 4721887,42  | 10 | 2,2 |
| 346 | 6517052,99  | 4722444,916 | 10 | 2,6 |
| 347 | 6521893,051 | 4721791,835 | 10 | 2,2 |
| 348 | 6465792,237 | 4753057,827 | 5  | 2,3 |
| 349 | 6517787,347 | 4723890,719 | 5  | 2,2 |
| 350 | 6514349,922 | 4720994,931 | 5  | 2   |
| 351 | 6518700,347 | 4719672,193 | 10 | 2,6 |
| 352 | 6522550,537 | 4721349,607 | 10 | 1,8 |
| 353 | 6519675,121 | 4723118,202 | 10 | 2,7 |
| 354 | 6522709,181 | 4723016,265 | 10 | 2,3 |
| 355 | 6518850,447 | 4724893,17  | 10 | 3,6 |
| 356 | 6519841,921 | 4722118,984 | 10 | 2,1 |
| 357 | 6517380,442 | 4722667,867 | 10 | 1,7 |
| 358 | 6505233,142 | 4739087,963 | 10 | 2,4 |
| 359 | 6510579,451 | 4719433,271 | 10 | 1,7 |
| 360 | 6477027,893 | 4791890,454 | 5  | 4,1 |
| 361 | 6516479,251 | 4722332,478 | 10 | 2,1 |
| 362 | 6511313,714 | 4721989,128 | 10 | 1,8 |
| 363 | 6522377,317 | 4724237,045 | 10 | 1,6 |

|     |             |             |      |     |
|-----|-------------|-------------|------|-----|
| 364 | 6522957,7   | 4722239,537 | 5    | 2,1 |
| 365 | 6506064,38  | 4723204,612 | 5    | 2,7 |
| 366 | 6506557,225 | 4722205,36  | 5    | 3,6 |
| 367 | 6514673,847 | 4722994,958 | 10   | 1,6 |
| 368 | 6515735,554 | 4724885,534 | 10   | 1,8 |
| 369 | 6516066,973 | 4723331,213 | 5    | 2,1 |
| 370 | 6516561,252 | 4722332,67  | 5    | 2   |
| 371 | 6524600,472 | 4721467,56  | 10   | 2,3 |
| 372 | 6513356,935 | 4725658,179 | 5    | 1,7 |
| 373 | 6520496,657 | 4722565,164 | 5    | 2   |
| 374 | 6518360,358 | 4724225,417 | 10   | 1,9 |
| 375 | 6519919,84  | 4723563,196 | 5    | 2,2 |
| 376 | 6530098,114 | 4720822,529 | 10   | 3,3 |
| 377 | 6525658,906 | 4723581,809 | 10   | 1,9 |
| 378 | 6522588,558 | 4760227,644 | 10   | 1,8 |
| 379 | 6515901,745 | 4723886,22  | 10   | 1,9 |
| 380 | 6508934,187 | 4723096,515 | 10   | 1,9 |
| 381 | 6522867,382 | 4724794,008 | 10   | 2,6 |
| 382 | 6525336,572 | 4722025,561 | 10   | 2,7 |
| 383 | 6523197,839 | 4724017,553 | 10   | 2   |
| 384 | 6516230,697 | 4723442,663 | 10   | 1,6 |
| 385 | 6521648,395 | 4721346,773 | 12,2 | 2,7 |
| 386 | 6521563,318 | 4722346,199 | 10   | 2   |
| 387 | 6512545,356 | 4721102,589 | 10   | 1,7 |
| 388 | 6503171,629 | 4778298,62  | 10   | 3,1 |
| 389 | 6529770,036 | 4720821,128 | 10   | 2,1 |
| 390 | 6525660,937 | 4723026,431 | 10   | 1,8 |
| 391 | 6512869,594 | 4723213,605 | 10   | 1,8 |
| 392 | 6508115,019 | 4722429,091 | 10   | 2   |
| 393 | 6523041,523 | 4721684,428 | 10   | 2   |
| 394 | 6511477,902 | 4721878,315 | 10   | 2,4 |
| 395 | 6514263,434 | 4723216,271 | 10   | 2,1 |
| 396 | 6522298,51  | 4723237,104 | 10   | 1,6 |
| 397 | 6519266,984 | 4722450,616 | 10   | 2,2 |
| 398 | 6521317,988 | 4722123,298 | 10   | 1,8 |
| 399 | 6521966,034 | 4724680,055 | 10   | 1,6 |
| 400 | 6489422,922 | 4724876,897 | 10   | 1,5 |
| 401 | 6520006,244 | 4722008,372 | 10   | 2,6 |
| 402 | 6520914,897 | 4719789,491 | 10   | 2,9 |
| 403 | 6516888,194 | 4722777,748 | 10   | 1,9 |
| 404 | 6520497,627 | 4722231,938 | 10   | 2,6 |
| 405 | 6513695,502 | 4720105,034 | 10   | 5,2 |
| 406 | 6510990,664 | 4771419,144 | 10   | 2   |
| 407 | 6495254,711 | 4741087,461 | 5    | 2,6 |
| 408 | 6512263,142 | 4741984,617 | 10   | 2,2 |
| 409 | 6490236,43  | 4776417,003 | 10   | 2,8 |

|     |             |             |      |     |
|-----|-------------|-------------|------|-----|
| 410 | 6469091,359 | 4778258,406 | 10   | 4,5 |
| 411 | 6491409,679 | 4739980,563 | 10   | 2,3 |
| 412 | 6462619,517 | 4740188,866 | 10   | 3,2 |
| 413 | 6462714,635 | 4742632,153 | 10   | 2,6 |
| 414 | 6458919,616 | 4736988,686 | 10   | 4,2 |
| 415 | 6464331,909 | 4739179,987 | 10   | 2,7 |
| 416 | 6458693,56  | 4740211,436 | 10   | 3,5 |
| 417 | 6462698,885 | 4739744,105 | 10   | 4   |
| 418 | 6466209,527 | 4738392,885 | 10   | 3,2 |
| 419 | 6471866,6   | 4761027,995 | 10   | 2,2 |
| 420 | 6470216,744 | 4756702,768 | 10   | 2,2 |
| 421 | 6462394,923 | 4743966,895 | 10   | 2,1 |
| 422 | 6468070,277 | 4751380,513 | 10   | 2,1 |
| 423 | 6461796,029 | 4739193,677 | 10   | 2,8 |
| 424 | 6461014,749 | 4745640,875 | 10   | 2,6 |
| 425 | 6499755,004 | 4771855,137 | 10   | 2   |
| 426 | 6524194,62  | 4720244,31  | 5    | 2,2 |
| 427 | 6499268,518 | 4784963,234 | 10   | 2,7 |
| 428 | 6501218,43  | 4786740,599 | 10   | 2,3 |
| 429 | 6518118,702 | 4722558,648 | 5    | 1,9 |
| 430 | 6501460,293 | 4797516,124 | 5    | 2,6 |
| 431 | 6529440,559 | 4721152,968 | 10   | 3   |
| 432 | 6515494,046 | 4759986,081 | 10   | 1,4 |
| 433 | 6499672,456 | 4759524,947 | 5    | 2   |
| 434 | 6519181,409 | 4753663,56  | 11,4 | 1,8 |
| 435 | 6514255,779 | 4767314,926 | 10   | 2,6 |
| 436 | 6505526,619 | 4783187,784 | 10   | 2,4 |
| 437 | 6524573,612 | 4729131,798 | 10   | 2,9 |
| 438 | 6505272,364 | 4797406,76  | 10   | 3,1 |
| 439 | 6507255,024 | 4761972,25  | 10   | 2,3 |
| 440 | 6511893,986 | 4766866,181 | 10   | 1,9 |
| 441 | 6509839,62  | 4779415,545 | 10   | 2,6 |
| 442 | 6505854,991 | 4779188,96  | 5    | 2,1 |
| 443 | 6488827,255 | 4760867,511 | 10   | 3,3 |
| 444 | 6478152,373 | 4788220,774 | 10   | 3,3 |
| 445 | 6461394,467 | 4797738,863 | 10   | 2,3 |
| 446 | 6486662,884 | 4779533,608 | 10   | 4,1 |
| 447 | 6471643,309 | 4746588,158 | 10   | 2,7 |
| 448 | 6476513,636 | 4784116,064 | 5    | 2,5 |
| 449 | 6469424,075 | 4743709,634 | 5    | 3   |
| 450 | 6465457,719 | 4799272,024 | 5    | 2,4 |
| 451 | 6480029,341 | 4791214,292 | 10   | 2,6 |
| 452 | 6504657,157 | 4744419,353 | 10   | 3   |
| 453 | 6511745,51  | 4758201,485 | 10   | 1,8 |
| 454 | 6503676,124 | 4744752,041 | 10   | 1,8 |
| 455 | 6479120,108 | 4759779,816 | 10   | 2,7 |

|     |             |             |      |     |
|-----|-------------|-------------|------|-----|
| 456 | 6532291,151 | 4760710,403 | 10   | 2,1 |
| 457 | 6533787,721 | 4754830,084 | 10   | 2,3 |
| 458 | 6460148,947 | 4792858,078 | 10   | 2,5 |
| 459 | 6501547,5   | 4764079,4   | 5    | 2   |
| 460 | 6498690,198 | 4744418,166 | 10   | 2,7 |
| 461 | 6481248,008 | 4762439,56  | 10   | 2,2 |
| 462 | 6507523,843 | 4738867,823 | 10   | 2,1 |
| 463 | 6507901,346 | 4767304,912 | 10   | 2,3 |
| 464 | 6488007,036 | 4758202,962 | 10   | 2,7 |
| 465 | 6503423,795 | 4760414,284 | 5    | 2,8 |
| 466 | 6499836,144 | 4767856,122 | 10   | 2,2 |
| 467 | 6501055,355 | 4792183,844 | 10   | 3   |
| 468 | 6498783,392 | 4795738,782 | 10   | 2,6 |
| 469 | 6514416,19  | 4768537,177 | 10   | 2,2 |
| 470 | 6514244,666 | 4772758,026 | 10   | 2,1 |
| 471 | 6521728,44  | 4774443,695 | 10   | 1,9 |
| 472 | 6471296,272 | 4761141,47  | 10   | 3,9 |
| 473 | 6470025,14  | 4787030,156 | 10   | 3,2 |
| 474 | 6509622,734 | 4759531,254 | 5    | 1,8 |
| 475 | 6466535,687 | 4738169,119 | 5    | 3,7 |
| 476 | 6507420,738 | 4759417,532 | 10   | 2,2 |
| 477 | 6481623,397 | 4780434,253 | 5    | 2,7 |
| 478 | 6485621,054 | 4786645,307 | 10   | 3,5 |
| 479 | 6484829,101 | 4759764,549 | 10   | 2,5 |
| 480 | 6520099,18  | 4774994,2   | 10   | 2,3 |
| 481 | 6503016,71  | 4758747,883 | 10   | 2,3 |
| 482 | 6501467,259 | 4756636,897 | 5    | 3,4 |
| 483 | 6532340,889 | 4750046,603 | 10   | 2,4 |
| 484 | 6525212,334 | 4756348,769 | 10   | 1,9 |
| 485 | 6507797,368 | 4787744,452 | 5    | 2,7 |
| 486 | 6510067,622 | 4790524,517 | 5    | 2,5 |
| 487 | 6507242,156 | 4774635,749 | 12,6 | 3,1 |
| 488 | 6505541,692 | 4763525,879 | 10   | 1,9 |
| 489 | 6507339,748 | 4758862,039 | 10   | 2,1 |
| 490 | 6508979,381 | 4752310,122 | 10   | 2,6 |
| 491 | 6488916,191 | 4765310,672 | 9,4  | 3,5 |
| 492 | 6483456,027 | 4765210,854 | 5    | 3,6 |
| 493 | 6512437,788 | 4781752,481 | 10   | 2,3 |
| 494 | 6528022,943 | 4747361,874 | 10   | 3,4 |
| 495 | 6491002,518 | 4741314,044 | 10   | 4,1 |
| 496 | 6522559,275 | 4769225,35  | 10   | 3,3 |
| 497 | 6529020,076 | 4743367,033 | 10   | 1,8 |
| 498 | 6521801,554 | 4751116,383 | 10   | 2,3 |
| 499 | 6525817,32  | 4747242,261 | 10   | 2,4 |
| 500 | 6464475,888 | 4766728,031 | 10   | 4,3 |
| 501 | 6532109,734 | 4747046,304 | 10   | 2,1 |

|     |             |             |      |     |
|-----|-------------|-------------|------|-----|
| 502 | 6520462,34  | 4734339,264 | 5    | 3,2 |
| 503 | 6479364,78  | 4759779,064 | 5    | 2,2 |
| 504 | 6511226,633 | 4725210,188 | 10   | 1,9 |
| 505 | 6540857,607 | 4718322,256 | 10   | 1,8 |
| 506 | 6501788,07  | 4782186,168 | 10   | 2,6 |
| 507 | 6507472,476 | 4787744,101 | 10   | 2,8 |
| 508 | 6527505,704 | 4774686,457 | 10   | 2,4 |
| 509 | 6499182,445 | 4755526,079 | 10   | 3,4 |
| 510 | 6525079,563 | 4747906,052 | 10   | 2,3 |
| 511 | 6490313,56  | 4773528,687 | 10   | 2,4 |
| 512 | 6463903,349 | 4796725,09  | 10   | 2,6 |
| 513 | 6497796,991 | 4760636,195 | 10   | 2,5 |
| 514 | 6519414,54  | 4757885,323 | 10   | 1,9 |
| 515 | 6524155,42  | 4755234,187 | 10   | 1,2 |
| 516 | 6507922,05  | 4748643,217 | 10   | 2,1 |
| 517 | 6498283,558 | 4751416,298 | 10   | 2,2 |
| 518 | 6504816,553 | 4750639,92  | 10   | 2,5 |
| 519 | 6505191,818 | 4796629,083 | 10   | 2,6 |
| 520 | 6505231,872 | 4740865,216 | 5    | 1,8 |
| 521 | 6520232,979 | 4784881,278 | 10   | 2,1 |
| 522 | 6499673,99  | 4776187,432 | 10   | 1,8 |
| 523 | 6496075,363 | 4745752,227 | 10   | 2,3 |
| 524 | 6481877,858 | 4784321,592 | 10   | 2,4 |
| 525 | 6488369,854 | 4779086,062 | 10   | 2,3 |
| 526 | 6523090,785 | 4756341,395 | 10   | 1,7 |
| 527 | 6511625,198 | 4732097,583 | 10   | 2,1 |
| 528 | 6512497,727 | 4793638,908 | 10   | 2,2 |
| 529 | 6517798,677 | 4783541,536 | 10   | 2   |
| 530 | 6517054,615 | 4788649,673 | 10   | 2   |
| 531 | 6518608,124 | 4784765,623 | 10   | 2   |
| 532 | 6516168,539 | 4785537,101 | 10   | 2,5 |
| 533 | 6517960,935 | 4783653,042 | 10   | 1,9 |
| 534 | 6519026,641 | 4780323,293 | 10   | 1,9 |
| 535 | 6514921,279 | 4798753,784 | 10   | 1,7 |
| 536 | 6498782,173 | 4790295,487 | 11,8 | 3,7 |
| 537 | 6519343,186 | 4783434,597 | 10   | 2,2 |
| 538 | 6502195,506 | 4778631,534 | 10   | 2,6 |
| 539 | 6487831,177 | 4751205,157 | 5    | 2,2 |
| 540 | 6521181,595 | 4740117,507 | 10   | 1,6 |
| 541 | 6512983,812 | 4794084,153 | 5    | 1,8 |
| 542 | 6512285,089 | 4729321,768 | 5    | 1,6 |
| 543 | 6519417,903 | 4785767,636 | 10   | 2   |
| 544 | 6509647,915 | 4740980,866 | 10   | 1,7 |
| 545 | 6512375,558 | 4770977,115 | 10   | 2,2 |
| 546 | 6511402,086 | 4768753,785 | 10   | 2,7 |
| 547 | 6501547,379 | 4764745,896 | 10   | 2,2 |

|     |             |             |     |     |
|-----|-------------|-------------|-----|-----|
| 548 | 6508257,526 | 4741090,2   | 10  | 2,1 |
| 549 | 6510875,365 | 4793191,833 | 10  | 2   |
| 550 | 6500896,475 | 4752304,67  | 10  | 1,8 |
| 551 | 6524228,895 | 4757567,18  | 10  | 1,7 |
| 552 | 6532981,068 | 4752826,693 | 10  | 2,2 |
| 553 | 6462657,782 | 4762072,176 | 13  | 3,9 |
| 554 | 6519555,176 | 4794655,073 | 10  | 2,2 |
| 555 | 6460813,612 | 4753306,816 | 9,1 | 3,3 |
| 556 | 6479586,237 | 4778996,023 | 10  | 3,5 |
| 557 | 6519236,505 | 4792543,49  | 10  | 2,5 |
| 558 | 6516474,741 | 4793425,05  | 10  | 2,2 |
| 559 | 6480614,394 | 4796989,188 | 10  | 2,3 |
| 560 | 6485335,211 | 4767428,155 | 10  | 3,1 |
| 561 | 6490453,185 | 4757421,441 | 10  | 2,2 |
| 562 | 6504231,876 | 4773300,339 | 10  | 2,5 |
| 563 | 6522598,916 | 4782000,355 | 10  | 1,7 |
| 564 | 6482813,751 | 4768989,316 | 10  | 3,8 |
| 565 | 6486300,079 | 4761205,458 | 10  | 2,7 |
| 566 | 6493309,331 | 4758084,423 | 8,7 | 2,2 |
| 567 | 6495931,664 | 4776633,143 | 10  | 2,2 |
| 568 | 6498615,884 | 4774521,344 | 10  | 1,9 |
| 569 | 6485389,86  | 4755097,864 | 10  | 2,7 |
| 570 | 6515894,634 | 4798644,866 | 5   | 2,3 |
| 571 | 6522848,929 | 4730458,899 | 10  | 2,5 |
| 572 | 6501715,275 | 4740863,6   | 10  | 2,2 |
| 573 | 6474892,743 | 4763459,948 | 10  | 2,4 |
| 574 | 6474909,058 | 4789676,275 | 9,1 | 3,1 |
| 575 | 6528096,157 | 4769578,883 | 10  | 3   |
| 576 | 6517899,456 | 4775987,939 | 10  | 2   |
| 577 | 6460150,793 | 4779416,113 | 10  | 3,4 |
| 578 | 6472140,869 | 4787909,769 | 5   | 2,8 |
| 579 | 6491984,635 | 4741979,262 | 5   | 1,8 |
| 580 | 6495992,666 | 4744197,168 | 10  | 2,1 |
| 581 | 6523564,38  | 4736903,827 | 10  | 2,2 |
| 582 | 6461317,199 | 4798405,862 | 10  | 3,1 |
| 583 | 6460100,851 | 4743091,238 | 5   | 2,6 |
| 584 | 6493051,599 | 4745754,748 | 10  | 4   |
| 585 | 6495665,026 | 4743197,67  | 9,3 | 3,3 |
| 586 | 6485859,244 | 4745432,842 | 10  | 3,8 |
| 587 | 6462659,571 | 4777180,014 | 10  | 2,1 |
| 588 | 6489546,358 | 4751424,42  | 0,8 | 2,5 |
| 589 | 6534089,557 | 4759830,356 | 10  | 2,4 |
| 590 | 6480718,126 | 4776659,87  | 10  | 3   |
| 591 | 6479870,037 | 4765109,539 | 10  | 2,5 |
| 592 | 6471143,145 | 4744257,549 | 10  | 2   |
| 593 | 6488325,004 | 4753425,896 | 10  | 2,7 |



|     |             |             |     |     |
|-----|-------------|-------------|-----|-----|
| 594 | 6483930,647 | 4759211,224 | 5   | 2,5 |
| 595 | 6487931,076 | 4761313,4   | 10  | 2,9 |
| 596 | 6499266,342 | 4770633,272 | 10  | 3,9 |
| 597 | 6481169,897 | 4763661,695 | 10  | 4,2 |
| 598 | 6491042,18  | 4770639,47  | 5   | 3   |
| 599 | 6494857,351 | 4755639,229 | 5   | 2,9 |
| 600 | 6524896,684 | 4753348,403 | 10  | 2,5 |
| 601 | 6494379,642 | 4769413,84  | 10  | 3,8 |
| 602 | 6491033,751 | 4764418,812 | 10  | 2,9 |
| 603 | 6495927,252 | 4769745,925 | 10  | 2,9 |
| 604 | 6476057,965 | 4770231,879 | 10  | 3,3 |
| 605 | 6487191,918 | 4758537,719 | 9,2 | 2,8 |
| 606 | 6482799,829 | 4763546,25  | 10  | 4   |
| 607 | 6507170,93  | 4764527,064 | 10  | 3,1 |
| 608 | 6489327,568 | 4767753,832 | 10  | 3,1 |
| 609 | 6484676,128 | 4764208,209 | 10  | 4,9 |
| 610 | 6520901,628 | 4751669,034 | 10  | 2,6 |
| 611 | 6529304,437 | 4753476,684 | 10  | 3   |
| 612 | 6513175,847 | 4734877,237 | 5   | 2,6 |
| 613 | 6520016,337 | 4718453,973 | 10  | 2,1 |
| 614 | 6486715,496 | 4765092,521 | 10  | 3   |
| 615 | 6461252,774 | 4758747,47  | 10  | 2,5 |
| 616 | 6497464,247 | 4744751,8   | 10  | 2,8 |
| 617 | 6478169,459 | 4768447,356 | 10  | 2,6 |
| 618 | 6522668,883 | 4785444,292 | 10  | 2,5 |
| 619 | 6508534,964 | 4782302,071 | 5   | 3,4 |
| 620 | 6487752,36  | 4752760,433 | 10  | 3   |
| 621 | 6519717,8   | 4737114,096 | 10  | 2,2 |
| 622 | 6500161,663 | 4752193,565 | 10  | 2,8 |
| 623 | 6495671,537 | 4752861,609 | 7   | 3,4 |
| 624 | 6499023,247 | 4776965,117 | 10  | 3,8 |
| 625 | 6475971,413 | 4745793,929 | 10  | 3,4 |
| 626 | 6468743,452 | 4755709,634 | 5   | 3,1 |
| 627 | 6533295,886 | 4755272,037 | 10  | 4   |
| 628 | 6531018,719 | 4753484,137 | 10  | 2,2 |
| 629 | 6506140,19  | 4730535,701 | 10  | 2,3 |
| 630 | 6468899,547 | 4771927,329 | 10  | 2,8 |
| 631 | 6479503,552 | 4778551,93  | 10  | 2,9 |
| 632 | 6493804,906 | 4764526,703 | 10  | 2,5 |
| 633 | 6474932,787 | 4752240,408 | 10  | 2,8 |
| 634 | 6527209,801 | 4746358,914 | 10  | 2,9 |
| 635 | 6481652,308 | 4761216,534 | 10  | 2,7 |
| 636 | 6482809,319 | 4798871,683 | 10  | 4,1 |
| 637 | 6471507,102 | 4772471,264 | 10  | 3,9 |
| 638 | 6465216,802 | 4752283,157 | 10  | 2,6 |
| 639 | 6489032,063 | 4786083,361 | 10  | 2,9 |

|     |             |             |      |     |
|-----|-------------|-------------|------|-----|
| 640 | 6493990,056 | 4788409,77  | 10   | 2,5 |
| 641 | 6488021,187 | 4766089,802 | 10   | 2,4 |
| 642 | 6526169,706 | 4762128,65  | 10   | 2,6 |
| 643 | 6470078,064 | 4743706,734 | 10   | 4,1 |
| 644 | 6480475,165 | 4748889,741 | 5    | 3,3 |
| 645 | 6508348,361 | 4733314,844 | 5    | 2,5 |
| 646 | 6478355,217 | 4750118,073 | 5    | 2,9 |
| 647 | 6492185,729 | 4773637,287 | 10   | 2,6 |
| 648 | 6515509,794 | 4752876,879 | 10   | 2,5 |
| 649 | 6522516,361 | 4757339,254 | 10   | 2,2 |
| 650 | 6479675,648 | 4754668,329 | 10   | 3,2 |
| 651 | 6531158,934 | 4722049,018 | 10   | 2,6 |
| 652 | 6496417,459 | 4772522,724 | 10   | 2,3 |
| 653 | 6494466,975 | 4776300,985 | 10   | 2,4 |
| 654 | 6494457,761 | 4765525,859 | 10   | 2,7 |
| 655 | 6530715,6   | 4766590,727 | 10   | 2,5 |
| 656 | 6511982,471 | 4762756,258 | 10   | 2,8 |
| 657 | 6469427,787 | 4780700,802 | 10   | 3   |
| 658 | 6515516,677 | 4749766,628 | 10   | 2,4 |
| 659 | 6515105,188 | 4751209,78  | 10   | 3   |
| 660 | 6521146,633 | 4724566,465 | 13,4 | 2,8 |
| 661 | 6501058,308 | 4765523,404 | 10   | 2,2 |
| 662 | 6501546,995 | 4766856,471 | 10   | 2,8 |
| 663 | 6494605,17  | 4746753,002 | 10   | 2,6 |
| 664 | 6497460,494 | 4735643,373 | 10   | 4,2 |
| 665 | 6512974,681 | 4755204,44  | 10   | 2,5 |
| 666 | 6522314,245 | 4744008,827 | 5    | 2,6 |
| 667 | 6503502,644 | 4766190,608 | 10   | 2,4 |
| 668 | 6468981,925 | 4789812,118 | 10   | 3   |
| 669 | 6528528,196 | 4743698,243 | 10   | 2   |
| 670 | 6500976,722 | 4766523,142 | 10   | 3,1 |
| 671 | 6524349,885 | 4769564,671 | 10   | 2,6 |
| 672 | 6469461,945 | 4752151,706 | 23,3 | 5   |
| 673 | 6464330,634 | 4785502,657 | 10   | 3,8 |
| 674 | 6511466,984 | 4778862,59  | 10   | 2,6 |
| 675 | 6482188,142 | 4778766,436 | 9,5  | 3,9 |
| 676 | 6495352,525 | 4763303,499 | 10   | 2,5 |
| 677 | 6499022,414 | 4772521,739 | 10   | 3,3 |
| 678 | 6500324,834 | 4789628,794 | 10   | 2,4 |
| 679 | 6513006,623 | 4737876,033 | 5    | 2,5 |
| 680 | 6514746,458 | 4766427,276 | 10   | 2,7 |
| 681 | 6482286,544 | 4754327,736 | 10   | 4,9 |
| 682 | 6511940,38  | 4739429,251 | 10   | 2,8 |
| 683 | 6504298,418 | 4798517,001 | 10   | 3,3 |
| 684 | 6462570,996 | 4731302,638 | 10   | 2,6 |
| 685 | 6510281,996 | 4754866,754 | 10   | 3,7 |

|     |             |             |      |     |
|-----|-------------|-------------|------|-----|
| 686 | 6502845,041 | 4781631,052 | 10   | 2,6 |
| 687 | 6516742,081 | 4749658,368 | 10   | 3,1 |
| 688 | 6494064,55  | 4781078,006 | 10   | 4   |
| 689 | 6469039,561 | 4749043,301 | 10   | 3,8 |
| 690 | 6473723,999 | 4756355,035 | 10   | 3,6 |
| 691 | 6477805,722 | 4756895,85  | 10   | 4,2 |
| 692 | 6460955,215 | 4735199,479 | 10   | 3,5 |
| 693 | 6479207,822 | 4761779,041 | 10   | 4,2 |
| 694 | 6465815,468 | 4741394,038 | 10   | 3,9 |
| 695 | 6495111,269 | 4767635,91  | 10   | 3,6 |
| 696 | 6469243,148 | 4757929,029 | 33   | 4,2 |
| 697 | 6470781,691 | 4755256,23  | 33   | 4   |
| 698 | 6477326,598 | 4760007,76  | 33   | 3,7 |
| 699 | 6475269,905 | 4755127,311 | 33   | 4,7 |
| 700 | 6478707,075 | 4758114,862 | 29,7 | 5,5 |
| 701 | 6496748,412 | 4782742,362 | 10   | 3   |
| 702 | 6507080,61  | 4773413,658 | 10   | 2,5 |
| 703 | 6505124,792 | 4776744,533 | 10   | 3,4 |
| 704 | 6511043,708 | 4737428,386 | 10   | 4,1 |
| 705 | 6461450,584 | 4764856,074 | 10   | 2,9 |
| 706 | 6510844,762 | 4760421,682 | 10   | 2,7 |
| 707 | 6472162,52  | 4793130,872 | 10   | 3,8 |
| 708 | 6524664,911 | 4726466,253 | 8,9  | 3,3 |
| 709 | 6484635,218 | 4781870,778 | 10   | 4,1 |
| 710 | 6502360,849 | 4769744,834 | 10   | 4,1 |
| 711 | 6465989,916 | 4776162,648 | 10   | 3,2 |
| 712 | 6516207,629 | 4768763,279 | 10   | 3,2 |
| 713 | 6463162,949 | 4794840,55  | 10   | 3,1 |
| 714 | 6473511,797 | 4764687,141 | 10   | 4,3 |
| 715 | 6476193,829 | 4762566,572 | 10   | 4,1 |
| 716 | 6515371,283 | 4778647,935 | 10   | 4,6 |
| 717 | 6485679,879 | 4776203,082 | 33   | 4,6 |
| 718 | 6477608,382 | 4795554,427 | 15   | 5,1 |