



Buletini i Shkencave Gjeologjike
1/2023

Bulletin of Geological Sciences

BORDI EDITORIAL

DR. SOKOL MARKU - KRYEREDAKTOR
DR. MADALINA ELENA KALLANXHI - SEKRETAR
PROF. ASS. DR. VEIP GJONI - ANËTAR
DR. ALTIN KARRIQI - ANËTAR
PROF. DR. IRAKLI PRIFTI - ANËTAR
PROF. DR. KUJTIM ONUZI - ANËTAR
DR. ANDREEA UTA - ANËTAR

ING. ELISA PRENDI - REDAKTORE PËRGJEGJËSE

ISSN 0254-5276

Evolutioni i studimeve të nanofosileve gëlqerore në Shqipëri [Evolution of calcareous nannofossil studies in Albania]	
Mădălina – Elena Kallanxhi	3 [15]
Veçoritë fiziko-kimike, origjina dhe ndryshimet kimike të burimeve termale në Llixha, Elbasan [Physical – chemical properties, origin and chemical changes in the thermal springs from Llixha, Elbasan]	
Dhori Dapi, Aurela Jahja, Julinda Sulejmani, Irida Çela	27 [41]
Aplikimi i përcaktimeve pirolitike dhe gaskromatografike në pusin Fortuzaj-2 [Application of pyrolytic and gas chromatographic determinations in Fortuzaj-2 borehole]	
Enkela Noçka, Ilva Gjika, Gjon Rrota	55 [67]
Studim paraprak për një modelim 3d të tektonikave shkëputëse [Preliminary study for a 3d modeling of the detachment faults]	
Sokol Marku, Anxhela Dervishi, Iba Çausi	79 [91]
Vlerësimi fillestar i gjeomorfositeve në bashkinë Pogradec nëpër- mjet metodologjisë GAM [Preliminary assessment of the geomorphosites from the Pogra- dec municipality using the GAM methodology]	
Ermiona Braholl, Oksana Kreka	103 [117]
<i>In memoriam</i>	
Në nderim e kujtim të Prof. Dr. Andon Grazhdani	
Prof. Dr. Vasil Jorgji	i
Në nderim e kujtim të Prof. Dr. Fotaq Diamanti	
Prof. Dr. Afat Serjani	iii
Në nderim e kujtim të Prof. Dr. Kristaq Muska	
Prof. Dr. Vasil Jorgji	v

EVOLUCIONI I STUDIMEVE TË NANOFOSILEVE GËLQERORE NË SHQIPËRI

MĂDĂLINA – ELENA KALLANXHI^{1*}

¹Shërbimi Gjeologjik Shqiptar, Rruga Zef Serembe, Tiranë, Shqipëri

*Autori korrespondent: madalina_kallanxhi@yahoo.com

(Dorëshkrim i dorëzuar në gusht 2023; i pranuar për botim në nëntor 2023)

ABSTRAKT

Nanofosilet gëlqerore janë mbetje gëlqerore që i përkasin algave Haptophyte dhe përfaqësojnë një nga grupet më të përhapura në oqeanet aktuale dhe në të dhënat fosile. Për shkak të bollëkut të tyre të lartë dhe përdorimit të lehtë të tyre, nanofosilet janë një mjet i mirë për biostratigrafinë, kërkimin e hidrokarbureve dhe kërkimin shkencor. Ky punim paraqet evolucionin e studimeve të nanofosileve gëlqerore në Shqipëri, duke nisur që nga përfshirja e tyre si një metodë e re mikropaleontologjike nga Instituti i Naftës dhe Gazit Fier në vitin 1982. Studimi i nanofosileve gëlqerore shtrihet në një interval prej rreth 16 vitesh dhe ka qenë një nga shtyllat kryesore në fushën e kërkimit të hidrokarbureve në atë kohë. Ky dorëshkrim nxjerr në pah rezultatet më të rëndësishme të arritura në biostratigrafinë e nanofosileve gëlqerore, duke filluar nga viti 1982 e deri më sot. Zonat që kanë qenë subjekt i punimeve kërkimore kanë qenë Ultësira Adriatike dhe Zona Jonike, nga ku u përshkruan disa biozona që i përkasin erës Kenozoike. Studimet më të fundit mbi sedimentet molasike të Ultësirës Shqiptaro – Thessaliane përmirësojnë kuadrin e përgjithshëm biostratigrafik dhe nxjerrin të dhëna të reja mbi paleoekologjinë dhe paleomjedisin e nanofosileve gëlqerore.

Fjalë kyçe: historiku i nanofosileve gëlqerore, biostratigrafi, mikropaleontologji, Shqipëri.

HYRJE

Studimi i nanofosileve gëlqerore është një degë e rëndësishme shkencore në mikropaleontologji dhe biostratigrafi, dhe ka zbatueshmëri në industrinë e hidrokarbureve dhe gazit. Rëndësia e tyre biostratigrafike u vu re dhe u bë e njohur për herë të parë rreth vitit 1950 dhe filloi me studime të ndryshme të depozitimeve Kenozoike (Bown & Young 1998).

Grupi i nanofosileve gëlqerorë shtrihet në një hapësirë kohore nga Triasiku i vonshëm deri në kohët e sotme, dhe përfshin mikrofosilet e përbëra prej karbonatit të kalciumit, me madhësi më të vogël se 63 µm (mikron), duke përfshirë copat dhe format e fosileve të reja. Si grup i përkasin Coccolithophoreve (ndarja Haptophyta; Lohmann 1902), dhe sipas morfologjisë, mënyrës së formimit dhe fazave të cikleve jetësore, mund

të ndahen në: heterokokolitë, holokokolitë dhe nanolite (Braarud et al. 1955a, 1955b.; Young et al. 1994, 1999). Ky grup shfaq një shpërndarje biogeografike më të larmishme në gjerësitë e ulëta, ndërsa nuk gjendet mbi 70° në gjerësitë më të larta. Ato mund të gjenden në mjedise eutrofike, mezotrofike dhe oligotrofike dhe shpërndarja e tyre në mbarë botën lidhet me temperaturën e ujit të detit, shpërndarjen e lëndëve ushqyese, qarkullimin e rrymave oqeanike, rrymat e fundit oqeanike dhe përzierjen sezonale të shtresave të ujit, kripësinë dhe përmbytjen e karbonateve në ujë etj.

Gjatë dekadave të fundit, janë mbledhur të dhëna të rëndësishme që kanë të bëjnë me depozitimet tokësore dhe oqeanike nga e gjithë bota dhe janë përpiluar dhe përmirë-

¹Shërbimi Gjeologjik Shqiptar, Tiranë
Email: madalina_kallanxhi@yahoo.com

suar disa skema biostratigrafike, si për epokën Mesozoike ashtu edhe për atë Kenozoike. Biostratigrafia me bazë nanofosile gëlqerore, sot për sot është përmirësuar me futjen dhe mbështetjen e metodave të ndryshme, si: magnetostratigrafia, ciklostratigrafia, stratigrafia izotopike dhe krahasimi me grupe të tjera mikrofosile. Bashkërendimi i të gjitha këtyre metodave dhe të dhënave lejojnë një biokronologji dhe një saktësim më të mirë të ngjarjeve të nanofosileve gëlqerore.

Qëllimi i këtij artikulli është të nxjerrë në pah njohuritë që janë mbi këtë tematikë në Shqipëri, që në fillimet e saj, për të vënë në dukje rëndësinë e nanofosileve gëlqerore në industrinë

e hidrokarbureve dhe në veprimtari që lidhen me hartografinë, sedimentologjinë dhe stratigrafinë.

NDËRTIMI GJEOLGJIK

Studimet e nanofosileve gëlqerore në Shqipëri shtrihen në një interval prej rreth 16 vite dhe janë iniciuar në kuadër të kërkimit të naftës dhe gazit nga Instituti i Naftës dhe Gazit Fier (Shqipëri), gjatë viteve '80. Këto hulumtime u përqendruan kryesisht në depozitimet terrigjene (flihi dhe molasa) të Zonës Jonike dhe Ultësira Adriatike (Fig. 1), dhe më pak në zonat e tjera tektonike si: Mirdita, Kruja, Sazani, Krastë – Cukali dhe Ultësira Shqiptare – Thesalliane.

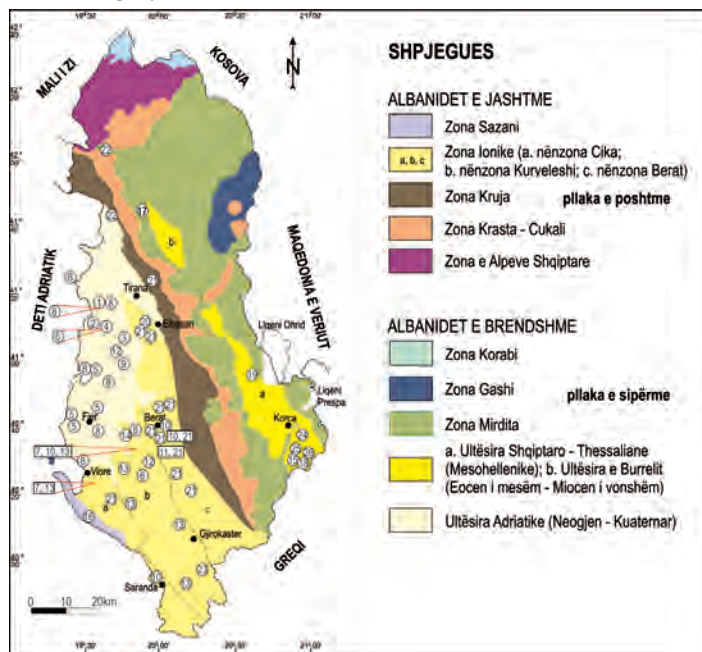


Figura 1. Studimet e nanofosileve gëlqerore në Shqipëri dhe vendodhja e tyre në hartën gjeologjike (e rivizituar sipas Xhomo et al. 2002). 1 - Islami (1982; në Dalipi et al. 1985; Tortonian); 2 - Islami & Prençi (1983; në Çobo 1989; Langhian deri në Tortonian); 3 - Islami & Çobo (1984; në Çobo 1989; Langhian – Tortonian); 4 - Islami & Çobo (1985; në Çobo 1996; Tortonian – Messinian); 5 - Çobo (1986; në Çobo 1996; Tortonian – Messinian); 6 - Vathi & Budri (1986; Miocen

i hershëm); 7 - Vathi (1987; Paleogjen – Akuitanian); 8 - Çobo (1989; Langhian – Tortonian); 9 - Dalipi & Çobo (1989; në Çobo 1996; Tortonian – Messinian); 10 - Vathi (1989; Oligocen i hershëm – i vonshëm); 11 - Vathi & Budri (1990; Oligocen i hershëm – i vonshëm); 12 - Çobo (1992; në Çobo 1996; Burdigalian – Tortonian); 13 - Vathi (1993; Oligocen i vonshëm – Burdigalian); 14 - Vathi et al. (1994; Akuitanian – Langhian); 15 - Kumati et al. (1995; në Pashko 2018; Oligocen i hershëm – Miocen i mesëm); 16 - Vathi (1995; në Xhomo et al. 2002; Oligocen i vonshëm); 17 - Gardin et al. (1996; Tithonian i vonshëm – Valanginian i vonshëm); 18 - Kumati et al. (1997; Oligocen i hershëm – Miocen i mesëm); 19 - Vathi & Kumati (1997; Eocen i mesëm – Burdigalian); 20 - Vathi (1998a; Rupelian i vonshëm – Burdigalian); 21 - Vathi (1998b; Oligocen i hershëm – Miocen i hershëm); 22 - Xhomo et al. (2002; Paleocen – Eocen i mesëm); 23 - Danelian et al. (2007; Barremian i vonshëm – Cenomanian i hershëm); 24 - Kallanxhi et al. (2016; Hatian); 25 - Kallanxhi & Young (2020; Rupelian i vonshëm – Hatian i hershëm); 26 - Kallanxhi (2023; Miocen i hershëm) dhe Kallanxhi et al. (në korrigjim e sipër; Langhian).

Zona Jonike përfshin depozitimet të moshave duke filluar nga Permiani deri në Pliocen dhe është zhvilluar gjatë disa fazave (Xhomo et al. 2002; Aliaj 2012): platformë karbonatike neritike gjatë Permian – Triasikut, sedimentim pelagjik duke filluar nga Doggeri deri në Eocen dhe sedimentim i flihit nga Mioceni i hershëm deri në Mioceni i mesëm.

Ultësira Adriatike shtrihet pjesërisht në pjesët veriore dhe perëndimore të strukturave të palosura të zonave Jonike dhe Krujë dhe përbëhet nga depozitimet molasike me moshë nga Mioceni i mesëm (Serravallian) deri në Pliocen. Ato janë depozituar gjatë dy cikleve sedimentare, i pari është cikli i Mioceni të mesëm – të vonshëm, dhe i dyti, cikli i Plioceni. Cikli i Mioceni të mesëm – i vonshëm mbivendoset në mënyrë transgresive mbi sedimentet e zonës Jonike.

Sedimentimi brenda ultësirës Shqiptare – Thesalliane përfshin disa cikle molasike dhe ka filluar gjatë Eocenit të mesëm duke vazhduar deri në Miocenin e mesëm.

METODOLOGJIA

Nanofosilet gëlqerore mund të studiohen nga shlifet mikropaleontologjike duke përdorur mikroskopin me dritë të polarizuar (Bown & Young 1998), me një objektiv me vaj (100x) (dhe një zmadhim të fushës prej të paktën 1000x), në fushë të errët e polarizuar (XPL), në fushë e ndriçuar (BF), në lente gipsi (GP) dhe faze

kontrasti (PC).

Ndër teknikat më të zakonshme të përgatitjes të preparateve mund të përmenden: shlifi i thjeshtë, me pipetë, sedimentimi me gravitet, centrifugimi dhe mikroskopi elektronik skanues (SEM). Disa teknika mund të përdoren për analizën sasore të të dhënave (studime paleo-ekologjike dhe paleo-oqeanografike), montimi i preparateve për kërkime taksonomike dhe shlifi i hollë në shkëmbinjtë sedimentarë më të fortë.

Për mbledhjen e të dhënave (Bown & Young 1998), mund të përdoren metodat e mëposhtme: numërimi gjysmë sasior, numërimi i thjeshtë i sasisë relative, numërimi i zgjeruar, numërimi për njësi/sipërfaqe, llogaritja e sasisë absolute, numërimi i kurthit të sedimentit dhe analiza e ruajtjes. Numërimi dhe përqindjet e specieve mund të trajtohen në programe të ndryshme statistikore.

Për sa i përket taksonomisë dhe biostratigrafisë standarde të nanofosileve gëlqerore, duhet përmendur se ka disa skema rajonale dhe globale të cilat ndahen sipas intervalit kohor të studiuar dhe rajonit ku bëhet studimi etj.

Në Shqipëri, për faktin se pjesa më e madhe e studimeve janë bërë mbi depozitimet Kenozoike, skemat kryesore standarde biostratigrafike të përdorura për krahasim nga studiuesit shqiptarë kanë qenë ato të: Martini (1971; profile tokësore nga

zonat me gjerësi të ulët), Okada & Bukry (1980; shpime oqeanike) dhe Theodoridis (1984; nga zona e Mesdheut). Në këto skema, zonat përcaktohen nga shfaqja (FO – first occurrence – shfaqja) dhe zhdukja (LO – last occurrence – zhdukja) e specieve treguese, të mbështetura edhe nga disa ngjarje të tjera dytësore.

Në 50 vitet e fundit, biostratigrafia Kenozoike është përmirësuar me studime dhe të dhëna të reja, si: Young (1998; intervali i Miocenit të hershëm deri në të mesëm në gjerësi të mesme dhe të larta), Backman et al. (2012; Miocen), Agnini et al. (2014; për Oligocenin në zonat me gjerësi të ulët deri në mesatare), Kaenel et al. (2017; shpime oqeanike) etj. Disa nga studimet që sollën kontribute të rëndësishme në skemat standarde Mesdhetare janë: Fornaciari & Rio (1996), Fornaciari et al. (1996), Di Stefano et al. (2008), Di Stefano et al. (2011), Iaccarino et al. (2011), Turco et al. (2011) etj.

Për gjerësinë gjeografike të ulët dhe të mesme, Backman et al. (2012) dhe Agnini et al. (2014) përdorin kodet CNO (Nanofosile Gëlqerore Oligocene – Calcareous Nannofossil Oligocene) dhe CNM (Nanofosile Gëlqerore – Calcareous Nannofossil Miocene) për secilën seri, dhe një numër për çdo biozonë. Karakterizimi i biozoneve të tyre bazohet në konceptet e mëposhtme: fillimi (B), Fillim i përbashkët (Bc), Tavani (T), Tavani i përbashkët (Tc) dhe mbivendosja (X) e një specie të caktuar.

Zonimi i Mesdheut ka një qasje të ndryshme dhe është zhvilluar në bazë të analizave sasiore dhe ndryshimeve në abundancën e specieve udhëheqëse, së bashku me shfaqjet dhe zhdukjet e tyre. Terminologjia e përdorur për kodimin e zonave në zonat Mesdhetare është si më poshtë: MNP (Nanoplankton Paleogjen Mesdhe – Mediterranean Nannoplankton Paleogene), MNN (Nanoplankton Neogjen Mesdhe – Mediterranean Nannoplankton Neo-

gene), TRZ (Zonë me Interval të plotë – Total Range Zone), PRZ (Zonë me Interval jo të plotë – Partial Range Zone), IZ (Zonë Intervali), FCO (Shfaqja e përbashkët dhe e vazhdueshme – First Common and Continuous Occurrence), LCO (Zhdukja e përbashkët dhe e vazhdueshme – Last Common and Continuous Occurrence), AB (fillimi i abundancës – Acme Begging), PB (para fillimit i abundancës – Para – Acme Begging) dhe PE (para mbarimit i abundancës – Para-Acme Ending).

Informacion në lidhje me këtë grup mikrofosil mund të gjendet edhe në faqen e internetit Nannotax3 (<http://www.mikrotax.org/Nannotax3>).

REZULTATET DHE DISKUTIMI

Studimet e para biostratigrafike të bazuara në nanofosile gëlqerore nga Shqipëria dhe zbatueshmëria e tyre në biostratigrafi datojnë që në vitin 1982. Shumica e këtyre studimeve janë ndërmarrë në kuadër të kërkimit të naftës dhe gazit të kryer nga Instituti i Naftës dhe Gazit (Fier, Shqipëri), dhe njihen kryesisht nga Ultësira Adriatike (UA), Zona Jonike (IoZ), Zona e Krujës (KrZ), Zona e Sazanit (SZ) dhe më pak nga Ultësira Shqiptaro – Thessalienne (ATHB).

Zbatueshmëria e nanofosileve gëlqerore në industrinë e naftës dhe gazit përmendet për herë të parë nga Kiçi (1974), i cili dha vetëm një informacion të përgjithshëm mbi këtë tematikë, pa të dhëna specifike kërkimore. Studiuesit e parë që studiuan këtë grup mikrofosil kanë qenë Islami (1982) dhe Islami & Prençi (1983). Ata kanë studiuar depozitimet e Miocenit nga UA dhe kanë caktuar moshën e këtyre sedimenteve si Langhian – Tortoniane. Zonat e identifikuara prej tyre kanë qenë: zona *Sphenolithus heteromorphus*, zona *Discoaster exilis*, zona *Discoaster kugleri*, zona *Discoaster calcaris* dhe zona *Discoaster quinqueramus* (Helvetian – Tortonian i hershëm).

Nga e njëjta zonë, Islami & Çobo (1984) kanë përmendur gjetjet e para në lidhje me linjat evolutive të specieve të Miocenit që i përkasin grupit *Discoaster exilis*. Ata kanë përshkruar disa biozona për intervalin Langhian i hershëm – Tortonian, nga prerjet e UA, duke përmendur praninë e gjinisë *Ceratolithus*, më saktë të species marker *Ceratolithus tricorniculatus*, që tregon moshën Tortoniane e vonshme. Zonimet e përshkruar prej tyre përfshijnë: zonën *Sphenolithus heteromorphus*, zonën *Discoaster exilis*, zonën *Discoaster kugleri*, zonën *Discoaster calcaris*, zonën *Discoaster quinqueramus* dhe nënzonën *Ceratolithus tricorniculatus*.

Islami & Çobo (1985) kanë dhënë informacion shtesë mbi shtrirjen kohore të nënzonës *Ceratolithus tricorniculatus*, duke vendosur për herë të parë në Shqipëri, kufirin Messinian/Pliocen bazuar në nanofosile gëlqerore. Ata ristudiuin disa kampione të prerjes Rrogozhina, që përmbanin bashkëshoqërime të pranuar më parë si pjesë e zonave *Sphenolithus heteromorphus*, *Discoaster exilis* dhe *Discoaster kugleri* (Langhian deri në Serravallian), dhe ripërcaktuan pjesën e poshtme të këtij profili si moshë Tortoniane e mesme e zonës *Discoaster calcaris*. Nga depozitimet Tortonian – Messiniane të UA në shpimet Frakull – Seman – Ardenicë – Divjakë, Çobo (1986) përshkroi bashkëshoqërime që i përkasin zonës *Discoaster quinqueramus*.

Sedimentet flishore të Zonës Jonike u studiuan nga Vathi (1985) i cili përcaktoi disa biozona me nanofosile gëlqerore. Vathi & Budri (1986) kanë studiuar depozitimet e Miocenit të poshtëm nga zona e Kurveleshit dhe kanë përmendur zonat *Helicosphaera carteri* dhe *Helicosphaera scissura*. Kufiri Paleogjen/Neogjen në Zonën Jonike u vendos në shfaqjen e species *Helicosphaera carteri* në prerjet Aranitas dhe Lapardha (Vathi 1987).

Në depozitimet e Miocenit të UA, disa biozona dhe ngjarje të nanofosileve gëlqerore janë përmendur nga Çobo (1989; Langhian në Tortonian), si më poshtë: zona *Sphenolithus heteromorphus* (në prerjet Ndroq, Ngjegar, Lushnjë), zona *Discoaster exilis* (prerjet Ndroq, Ngjegar, Lushnjë, Zvërnec), zona e *Discoaster kugleri* (prerjet Ndroq, Lushnjë, Zvërnec), zona *Discoaster calcaris* (Ndroq, Rrogozhinë, Bishti i Pallës, Kavajë, Patos + pusët në Zvërnec), zona *Discoaster quinqueramus* (prerjet dhe pusët Rrogozhina, Bishti i Pallës, Kavaja, Patos) dhe zona *Ceratolithus tricorniculatus* (prerja Kavajë).

Hulumtimet e kryera nga Dalipi & Çobo (1989) mbi depozitimet Tortonian – Messiniane nga UA, kanë dhënë informacione të reja mbi praninë dhe diapazonin e specieve *Discoaster surculus*, *Discoaster neorectus* dhe *Discoaster subsurculus*.

Një studim më i gjerë mbi depozitimet e fllshit Oligocenik të Zonës Jonike (prerjet Aranitasi, Saranda, Berati dhe Tomorri) u botua nga Vathi (1989), i cili zbuloi bashkëshoqërime të nanofosileve gëlqerore që i përkasin zonës *Helicosphaera reticulata* dhe dy nënzonave të saj: nënzona *Ericsonia subdisticha* s.l. (LO e *Discoaster barbadiensis* & *D. saipanensis* deri në mbarimin e acme të *Ericsonia subdisticha* s.l.; sensu lato – kuptim të gjerë) dhe nënzona *Helicosphaera recta* (mbarimi i acme të *Ericsonia subdisticha* s.l. deri në FO e *Cyclicargolithus abisectus*). Nga prerjet Aranitasi dhe Saranda përmenden zonat *Sphenolithus predistentus* (FO e *Cyclicargolithus abisectus* – FO e *Sphenolithus ciperoensis*; kufiri i poshtëm i ndryshuar; Vathi 1985) të moshës Rupeliane dhe *Sphenolithus distentus* (FO e *Sphenolithus ciperoensis* – LO e *Sphenolithus distentus*) me moshë Rupelian – Oligocen i hershëm. Zona *Sphenolithus ciperoensis* (LO e *Sphenolithus distentus* – LO e *Sphenolithus ciperoensis*; kufiri i sipërm i ndryshuar) është përmendur nga prerjet e Aranitasit dhe

Sarandës, ndërsa zona *Sphenolithus delphix* (LO e *Sphenolithus ciperoensis* – FO e *Helicosphaera carteri*; e modifikuar këtë vepër) nga prerjet e Aranitasit, Sarandës, Beratit dhe Tomorrit. Këto dy zonat e fundit i përkasin katit Hatian.

Ky studim ka përshkruar një specie të re, *Reticulofenestra sarandae* (me shtrije nga zona *Helicosphaera reticulata* deri në zonën *Sphenolithus distentus*) dhe ka riemërtuar tre specie të tjera si: *Pontosphaera ovata* (nga zona *Sphenolithus ciperoensis* në prerjen e Sarandës; zonat *Helicosphaera reticulata* dhe *Sphenolithus predistentus* në prerjen e Aranitasit), *Pontosphaera segmenta* (nga zona *Sphenolithus ciperoensis* në prerjen e Sarandës) dhe *Cyclicargolithus marismontium* (në të gjitha prerjet). Ky studim tregon gjithashtu se disa nga speciet marker (*Cyclococcolithus formosus*, *Reticulofenestra umbilicus*, *Triquetrorhabdulus carinatus* dhe *Discoaster druggii*) nuk janë të përshtatshme për zonimin e këtij rajoni.

Depozitimet e Oligocenit të hershëm – të vonshëm të prerjes Osmanzeza-1 (Zona Jonike, Nënzona e Beratit) u përcaktuan nga Vathi & Budri (1990) se u përkasin zonave *Sphenolithus predistentus*, *Sphenolithus distentus* dhe pjesën e poshtme të zonës *Sphenolithus ciperoensis*. U përmend gjithashtu prania e specieve *Helicosphaera carteri* në zonat NP23 – NP24 (Vathi 1998b).

Çobo (1992) ka studiuar intervalin Miocen i poshtëm – Tortonian në disa prerje nga UA dhe Zona Jonike, duke evidentuar pranimë e disa zonave dhe nënzonave nanofosile, si: zona *Helicosphaera carteri*, nënzona *Discoaster deflandrei* (LO/zhdrukja e *Sphenolithus dissimilis* – FO e *Helicosphaera ampliaptera*), nënzona *Dictyococcites hesslandii* (FO/shfaqja e *Helicosphaera ampliaptera* – FO e *Sphenolithus heteromorphus*), zona *Helicosphaera ampliaptera* (FO e *Sphenolithus heteromorphus* – FO e

Discoaster exilis), zona *Sphenolithus heteromorphus* (FO e *Discoaster exilis* – LO e *Sphenolithus heteromorphus*), zona *Discoaster variabilis* (LO e *Sphenolithus heteromorphus* – FO e *Discoaster pentaradiatus*), zona *Discoaster quinqueramus* (FO – LO e *Discoaster quinqueramus*) dhe zona *Ceratolithus tricorniculatus* (LO e *Discoaster pentaradiatus* – kufiri i sipërm nuk është kapur).

Prerjet me moshë Oligocen i vonshëm – Burdigalian nga Njësia Kurveleshi dhe nga nënzona Jonike e Jashtme u studiuan nga Vathi (1993) dhe si përfundim u caktuan këto zona: *Sphenolithus ciperoensis* (LO e *Sphenolithus distentus* – LO e *Sphenolithus ciperoensis*; e ndryshuar nga Vathi 1985; Vathi & Budri 1986; prerjet Aranitas, Andon Peçi, Ballaj, Bolena, Memoraq dhe Lapardha) dhe zona *Sphenolithus delphix* (LO e *Sphenolithus ciperoensis* – FO e *Helicosphaera carteri*; e ndryshuar nga Vathi 1989; në prerjet Aranitas, Andon Peçi, Ballaj, Bolena, Memoraq dhe Lapardha) të moshës Hatiane. Sipas këtij studimi, speciet *Dictyococcites bisectus*, *Ericsonia fenestrata*, *Helicosphaera recta* dhe *Zygrhablithus bijugatus* nuk janë markera të përshtatshëm për kufirin Paleogjen/Neogjen. Nga Mioceni i hershëm u përmendën zonat *Helicosphaera carteri* (FO e *Helicosphaera ampliaptera* – FO e *Helicosphaera ampliaptera*; e ndryshuar nga Vathi & Budri 1986; në prerjet Aranitas, Andon Peçi, Ballaj, Bolena, Memoraq dhe Lapardha) dhe vetëm nga një prerje, zona *Helicosphaera scissura* (FO of *Helicosphaera ampliaptera* – FO of *Sphenolithus heteromorphus*; e ndryshuar nga Vathi & Budri 1986; prerjet Ballaj, Nënzona Jonike e Mesme, njësia Kurveleshi).

Vathi et al. (1994) hetoi nanofosilet gëlqerore të Mioceni të hershëm – të mesëm nga prerja e Drenovës, e vendosur në jug të qytetit të Fierit dhe caktoi këto depozitime intervalit Akuitanian – Langhian.

Në zonën e Sazanit (Kepi e Gjuhëzës),

zona e Oligocenit të vonshëm NP25 – *Sphenolithus ciperoensis* është përmendur nga Vathi (1995, në Xhomo et al. 2002). Kumati et al. (1995; në Pashko 2018) ka përcaktuar disa zona të ultësirës Shqiptaro – Thessaliane në intervalin Rupelian të sipërm (NP24) – Langhian (NN5).

Sedimentet që i përkasin flijshit të Firzës u datuan për herë të parë bazuar në nanofosilet gëlqerore si Tithonian i sipërm – Valanginian i sipërm nga Gardin et al. (1996).

Sedimentet e Ultësirës Shqiptaro – Thessaliane janë studiuar nga Kumati et al. (1997) me anë të nanofosileve gëlqerore, polenit dhe foraminiferave dhe një pjesë e këtyre formacioneve janë përfshirë në intervalin Rupelian (zona NP24) – Langhian (zona NN5). Në Ultësirën Shqiptaro – Thessaliane, zona *Sphenolithus distentus* u përmend nga Formacioni i Drenovës, ndërsa zonat *Helicosphaera carteri*, *Helicosphaera scissura* dhe *Helicosphaera ampliaptera* nga prerjet Sinica, Palas dhe Nikolica. Nga prerja e Sinicës është identifikuar gjithashtu zona *Sphenolithus heteromorphus* me moshë Langhiane.

Depozitimet e Eocenit të mesëm dhe të Burdigalianit nga bregu perëndimor i liqenit të Ohrit (verilindje të Ultësirës Shqiptaro – Thessaliane) u studiuan nga Vathi & Kumati (1997).

Nga depozitimet Oligocen – Mioce-nike të Zonës Jonike, Vathi (1998a) ka përmendur zonat *Sphenolithus distentus*, *Sphenolithus ciperoensis*, *Helicosphaera carteri* dhe *Helicosphaera scissura* (Papër – Rovë, Përroi i Gurave/Terbacit), Përroi i Melinth). Në të njëjtin vit, Vathi (1998b) botoi një punim mbi shfaqjen e *Helicosphaera carteri* në biozonat NP23 – NP24 (Rupelian – Hatian i poshtëm) nga disa prerje dhe puse në Zonën Jonike (Papër-4, Bistrovic-2, Rova-1). Disa zona nanofosile janë përmendur nga këto vende: Kodovjat, Lubinja dhe Tenda e Qypit (NP24 – zona *Sphenolithus distentus*), Luzaj, Berati dhe Uji i Zi (in-

tervali nga zona NP21 deri në zonën NP25), Tomorr dhe Kelqyra (zonat NP21 deri NP24), Osmanzeza-1 (NP23 – NP25), Gjorm (NP21 – NN2), dhe Krujë (NP21 – NP23).

Sedimentet e Njesisë Lisën – Spiten u datuan në bazë të nanofosileve gëlqerore si të Paleogjenit, më saktë të Eocenit të hershëm (Xhomo et al. 2002).

Danelian et al. (2007) ka përcaktuar moshën e depozitimeve të prerjes së Sopotit në Zonën Jonike si Barremian i vonshëm – Cenomanian i hershëm (zonat NC6 deri në NC10).

Studimet më të fundit mbi nanofosilet gëlqerore nga Shqipëria janë bërë në depozitimet molasike të Ultësirës Shqiptaro – Thessaliane (Fig. 2), në rrethinat e qytetit Korçë (fshatrat Mborje, Drenovë, Miras, Dardhë) dhe kapin një interval nga Rupelian i mesëm deri në Miocenin e mesëm (Kallanxhi et al. 2016; Kallanxhi 2020; Kallanxhi & Young 2020; Kallanxhi 2023). Qëllimi i këtyre studimeve kanë qenë rivlerësimi nga ana biostratigrafike të këtyre depozitimeve, analizimi i bashkëshoqërimeve të nanofosileve gëlqerore dhe paleoekologjisë së tyre, duke përdorur jo vetëm vëzhgime të drejtpërdrejta dhe qasje cilësore, por edhe metoda bashkëkohore sasiore dhe pastaj statistikore (Kallanxhi 2020).

Duke u bazuar në shfaqjet e specieve marker kryesore dhe dytësore, gjithashtu edhe në bollëkun e dokumentuar për speciet e tjera përgjatë prerjeve, janë dokumentuar disa biozona karakteristike (sipas Martini 1971 dhe Okada & Bukry 1981) për intervalin Oligocen – Miocen i mesëm, si më poshtë: zonat *Sphenolithus predistentus* (NP23)/*Sphenolithus predistentus* (CP17), zona *Sphenolithus distentus* (NP24)/nënzona *Cyclicargolithus floridanus* (CP19a), zona *Sphenolithus ciperoensis* (NP25)/*Reticulofenestra bisecta* (CP19b), zona *Discoaster druggii* (NN2)/nënzona *Discoaster druggii*

(CN1c), zona *Sphenolithus belemnus* (NN3)/zona *Sphenolithus belemnus* (CN2), zona *Helicosphaera ampli-erta* (NN4)/zona *Helicosphaera ampli-erta* (CN3) dhe zona *Sphenolithus heteromorphus* (NN5)/zona *Sphenolithus heteromorphus* (CN4).

Për një përcaktim më të mirë të moshës, disa nga zonat e sipërpërmendura u krahasuan gjithashtu me zonimet mesdhetare dhe të tilla depozitimet e studiuar janë përfshirë në këto biozona: *Sphenolithus ciperensis* PRZ (MNP25a; Chattian), *Helicosphaera ampli-erta* PRZ (MNN2b; Burdigalian i hershëm), *Sphenolithus belemnus* TRZ (MNN3a; Burdigalian i mesëm), *Coronocyclus nitescens* IS (nënzona MNN4c; MNN4 – *Helicosphaera ampli-erta* IZ; Langhian i hershëm) dhe *Sphenolithus heteromorphus*/*Helicosphaera waltrans* IS (nënzona MNN5a; MNN5 – *Sphenolithus heteromorphus* IZ; Langhian). Këto studime dokumentojnë disa ngjashmëri por edhe ndryshime midis bashkëshoqërimeve të nanofosileve gëlqerore të përshkruara dhe disa prej studimeve të publikuara më parë në Shqipëri dhe sjellin informacion sasiore mbi grupet dhe speciet taksonomike më të bollshme.

Specia me e bollshme e dokumentuar përgjatë intervalit të studiuar është *Reticulofenestra minuta*, e ndjekur nga grupi *Reticulofenestra* me përmasa të vogla (3 – 5 µm) me zonë qendrore të mbyllur (*R. antarctica* + *R. producta*). Për shkak se specia *Reticulofenestra producta* (FO është në Miocenin i hershëm) u identifikua në të gjitha biozonat, diapazoni i këtij taksoni u zgjerua deri në pjesën e sipërme të zonave NP23/CP17 të moshës Rupelian i mesëm.

Ndër taksonet që i përkasin gjinisë *Helicosphaera* është *Helicosphaera minima* (Kallanxhi & Young 2020), një specie jashtëzakonisht e rrallë, e cila u gjet në depozitimet Oligocenike të zonës së Moravës (Ultësirës Shqiptaro – Thessaliane, Shqipëri), duke e bërë këtë shfaqjen e dytë në botë.

Kallanxhi & Young (2020) kanë kryer analiza morfometrike në ekzemplarë të përzgjedhur dhe si përfundim kanë përcaktuar madhësinë dhe karakteristikat morfologjike të kësaj specie. Gjithashtu, sipas këtij studimi, diapazoni i njohur kohor u zgjerua nga NP22 (Rupelian i hershëm) në NP24 (Rupelian i vonshëm – Hatian i hershëm).

Për sa i përket gjinisë *Sphenolithus*, vlen të përmendet se me përfshirjen e specieve marker *Sphenolithus capricornutus* e cila nuk është regjistruar në këto studimet të fundit, pjesa tjetër e specieve treguese (mesi i Rupelianit deri në Langhian), janë dokumentuar përgjatë intervalit të hulumtuar (Kallanxhi 2020). Për herë të parë, specia me jetëgjatësi të shkurtër *Sphenolithus pseudoheteromorphus* u përmend nga molasat e Burdigalianit të hershëm të Ultësirës Shqiptaro – Thessaliane në territorin shqiptar (Kallanxhi 2023). Prania në sasi të ulët e gjinisë *Discoaster*, e njohur se lulëzon në mjedisë të ngrohta pelagjike, është një tregues i mirë i kushteve paleomjedisore, duke treguar në përgjithësi një pellg neritik të cekët.

Hulumtimet sasiore të specieve *Sphenolithus heteromorphus* nga biozonat NN5/CN4 të moshës Langhiane (Kallanxhi 2020), dhe krahasimi me prerjet e tjera mesdhetare, lejuan përmirësimin e kuadrit biostratigrafik dhe caktimin e moshës së disa prej profileve të studiuar në dy prej zonave e skemës Mesdhetare (*Coronocyclus nitescens* IS – MNN4c dhe *Sphenolithus heteromorphus*/*Helicosphaera waltrans* IS – MNN5a). Kjo mbështetet edhe nga të dhënat e foraminiferëve mbi këtë material (Kallanxhi 2020).

Studimet më të fundit mbi sedimentet molasike të Ultësirës Shqiptaro – Thessaliane ofrojnë një pasqyrë të detajuar mbi shpërndarjen hapësinore dhe kohore të bashkëshoqërimeve të nanofosile gëlqerore, duke vënë në dukje ngjashmëritë dhe ndryshi-

met nga krahasimi i tyre me skema të ndryshme standarde globale dhe rajonale. Nga pikëpamja biostratigrafike, këto studime (Kallanxhi 2020; Kallanxhi 2023) mbështesin përcaktimin e moshës për pjesë të formacioneve të ndryshme dhe paraqesin një pozicion stratigrafik më të qartë në katet e Shkallës Ndërkombëtare Kronostratigrafike. Ato gjithashtu ndihmojnë në një shpjegim më të mirë të paleoekologjisë së specieve

të ndryshme të nanofosileve gëlqerore dhe bashkëshoqërimeve të tyre dhe japin të dhëna të reja mbi kushtet e sedimentimit dhe paleomjedisore (kripësia e sipërfaqes së detit, temperatura, furnizimi me lëndë ushqyese terrigjene, rritja e lëndëve ushqyese nga fundi i detit, përzjerja e shtresave së kolonës së ujit) në këtë pellg gjysëm të mbyllur dhe në mjediset e tij anësore.

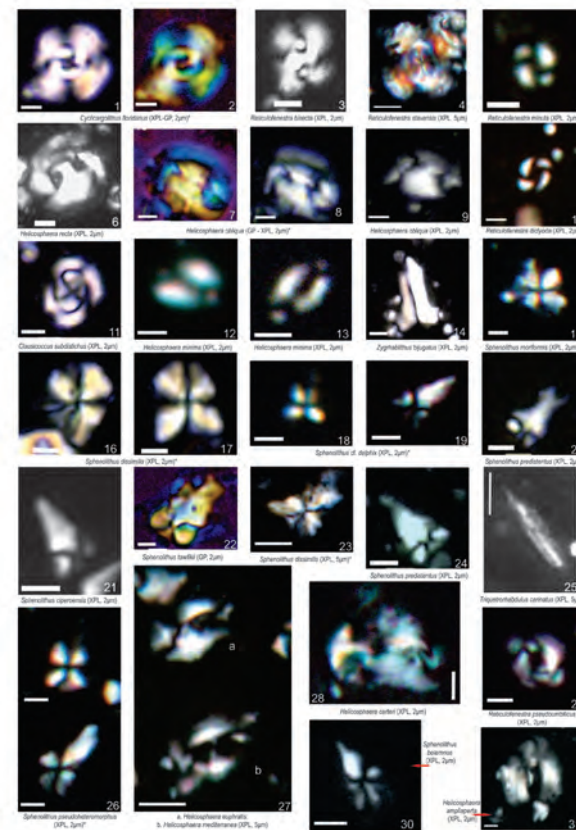


Figura 2. Nanofosile gëlqerore nga Ultësira Shqiptaro – Thessaliane (1 – 25 nanofosile me moshë Oligocenike; 26 – 31 nanofosile me moshë Miocenike; të gjitha fotografitë në mikroskop janë bërë nga autori i këtij artikullit; XPL – fushë e errët; GP – lente gipsi; *1 njëjti nanofosil).

PËRFUNDIME

Ky artikull bazohet pjesërisht në literaturën ekzistuese të autorëve të ndryshëm shqiptarë që kanë studiuar këtë grup mikrofossil, që nga hyrja e tij si një metodë e re në kërkimin e hidrokarbureve dhe gazit në Shqipëri dhe në studime biostratigrafike. Këto studime shtrihen në një interval afërsisht 16 vite, midis viteve 1982 dhe 1998, interval i cili përfaqëson kulmin e hetimeve mikropaleontologjike në vend. Vlen të theksohet se pjesa më e madhe e këtyre studimeve janë bërë në prerje tokësore dhe në puse nga depozitime flishore dhe molasike Paleogene dhe Neogene, të kryera brenda kuadrit të kërkimit të naftës. Studimet e fundit mbi molasën e Ultësirës Shqiptaro – Thessalienne

janë kryer me qëllim përmirësimit e kuadrit biostratigrafik në zonë, krahasimin e materialit me skema standarde të njohura, për të nxjerrë në pah dobinë e këtij grupi në studimet biostratigrafike, për të përcaktuar sasinë e nanofosileve gëlqerore dhe jo më pak e rëndësishme, për të vlerësuar paleoekologjinë e tyre dhe për të vënë në dukje rëndësinë e tyre në hetimet paleomjedisore. Megjithatë, ky artikull përmbledh pothuajse të gjitha studimet e njohura për nanofosilet gëlqerore në Shqipëri, nuk përjashtohet që për shkak të vështirësive në gjetjen e literaturës për këtë tematikë, disa vepra mund të mos jenë gjetur dhe përfshirë në këtë përmbledhje.

REFERENCAT

- AGNINI C., FORNACIARI E., RAFFI I., CATANZARITI R., PÄLIKE H., BACKMAN J. & RIO D. (2014). Biozonation and biochronology of Paleogene calcareous nannofossils from low and middle latitudes. *Newsletters on Stratigraphy*, 47(2), 131-181. <http://dx.doi.org/10.1127/0078-0421/2014/0042>
- ALIAJ SH. (2012). Neotektonika e Shqipërisë. Tiranë, p. 292.
- BACKMAN J., RAFFI I., RIO D., FORNACIARI E. & PÄLIKE H. (2012). Biozonation and biochronology of Miocene through Pleistocene calcareous nannofossils from low and middle latitudes. *Newsletters on Stratigraphy*, 45, 221-244. Doi: 10.1127/00780421/2012/0022.
- BOWN P.R. & YOUNG J.R. (1998). Calcareous Nannofossil Biostratigraphy (British Micropalaeontological Society Publications Series; Bown P.R., Ed.), Chapman and Kluwer Academic, London, p. 288
- BRAARUD T., DEFLANDRE G., HALDAL P. & KAMPTNER E. (1955A). Terminology, nomenclature, and systematics of the Coccolithophoridae. *Micropaleontology*, 1(2), 157-159.
- BRAARUD T., DEFLANDRE G., HALDAL P. & KAMPTNER E. (1955B). Terminologie, nomenclature et systematique chez les Coccolithophorides. *Compte Rendu 8th International Botanical Congress*, (Paris, 1954), 17, 69-70.
- ÇOBO L. (1986). Biostratigrafia e depozitimeve të Tortonianit – Mesinianit në rajonet Divjakë, Ardenicë, Frakull dhe Sema, në bazë të nanofosileve gëlqerore (Biostratigraphy of the Tortonian - Messinian deposits in Divjakë, Ardenicë, Frakull and Sema regions, based on calcareous nannofossils). *Fondi i Institutit Gjeologjik të Naftës, Fier*.
- ÇOBO L. (1989). Biozonimi i depozitimeve miocenike në disa prerje të Ultësirës Pranadriatike në bazë të studimit të nanoplanktonit gëlqeror (Biozonation of the Miocene deposits in some sections of Pre-Adriatic depression based on calcareous nannoplankton). *Bulletini Nafta dhe Gazi, Fondi i Institutit Gjeologjik të Naftës, Fier*, 2, 93-106.
- ÇOBO L. (1992). Biostratigrafia e depozitimeve të kateve Burdigalian – Langhian – Serravallian – Tortonian, në bazë të nanofosileve gëlqerore, në Zonën Ionike dhe UPA të Shqipërisë (Biostratigraphy of the Burdigalian - Langhian - Serravallian – Tortonian deposits of the Ionian Zone and UPA, in Albania, based on calcareous nannofossils). *Fondi i Institutit Gjeologjik të Naftës, Fier*.
- ÇOBO L. (1996). Evolucion i rezultateve të arritura nga studimi i nanofosileve gëlqerore në depozitetet Miocenike të vendit tonë (Evolution of the results achieved on calcareous nannofossils study from the Miocene deposits in our country). *Nafta Shqiptare*, 2, 81-85.
- DALIPI V. & ÇOBO L. (1989). Biostratigrafia dhe paleogeografia e depozitimeve të Tortonian - Mesinianit me metodën e mikrofaunës dhe nanoplanktonit në UPA (Biostratigraphy and paleogeography of Tortonian - Messinian deposits, based on microfauna and calcareous nannoplankton from UPA). *Fondi i Institutit Gjeologjik të Naftës, Fier*.
- DALIPI V., LACKA V., PRILLO S. & PLAHU DRITA (1985). Biostratigrafia e depozitimeve të Tortonianit në pjesën perëndimore të Ultësirës Pranadriatike (Biostratigraphy of Tortonian deposits from the western part of Pre-Adriatic Depression). *Nafta dhe Gazi*, 4, 3-12.
- DANELIAN T., BAUDIN F., GARDIN S., MASURE E., RICORDEL C., FILI I., MEÇAJ T. & MUSKA K. (2007). The record of mid Cretaceous oceanic anoxic events from the Ionian zone of southern Albania. *Revue de Micropaléontologie*, 50(3), 225-237. <https://doi.org/10.1016/j.revmic.2007.06.004>
- DI STEFANO A., FORESI L. M., LIRER F., IACCARINO S. M., TURCO E., AMORE F. O., MAZZEI R., MORABITO S., SALVATORINI G. & ABDUL AZIZ H. (2008). Calcareous plankton high resolution bio-magnetostratigraphy for the Langhian of the Mediterranean area. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 114(1), 51-76.
- DI STEFANO A., VERDUCCI M., MANISCALCO R., SPERANZA F. & FORESI L.M. (2011). High-resolution stratigraphy of the Contrada Pesciareello borehole succession (SE Sicily): a lower Langhian reference section for the Mediterranean region. *Stratigraphy*, 8, 111-124.
- FORNACIARI E. & RIO D. (1996). Latest Oligocene to early middle Miocene quantitative calcareous nannofossil biostratigraphy in the Mediterranean region. *Micropaleontology*, 42(1), 1-36. <http://dx.doi.org/10.2307/1485981>
- FORNACIARI E., DI STEFANO A., RIO D. & NEGRI A. (1996). Middle Miocene calcareous nannofossil biostratigraphy in the Mediterranean region. *Micropaleontology*, 42(1), 37-63.
- GARDIN S., KIÇI V., MARRONI M., MUSTAFA F., PANDOLFI L., PIRDENI A. & XHOMO A. (1996). Litho- and biostratigraphy of the Firza flysch, ophiolite Mirdita nappes, Albania. *Ofoliti*, 21(1), 47-54.
- IACCARINO S., DI STEFANO A., M. FORESI L.M., TURCO E., BALDASSINI N., CASCELLA A., DA PRATO S. FERRARO, L. GENNARI R., HILGEN F.J., LIRER F., MANISCALCO R., MAZZEI R., RIFORGIATO F., RUSSO B., SAGNOTTI L., SALVATORINI G., SPERANZA F. & VERDUCCI M. (2011). High-resolution integrated stratigraphy of the upper Burdigalian-lower Langhian in the Mediterranean: the Langhian historical stratotype and new candidate sections for defining its GSSP. *Stratigraphy*, 8: 199-215.
- ISLAMI XH. (1982). Nëndarja e depozitimeve të Tortonianit në disa prerje e puse të pjesës perëndimore të Ultësirës Pranadriatike me anë studimit të nanoplanktonit (Calcareous nannoplankton zonation of Tortonian deposits from several outcrops and boreholes from the western part of Pre-Adriatic Depression). *Fondi i Institutit Gjeologjik të Naftës, Fier*.
- ISLAMI XH. & PRENÇI J. (1983). Mbi mundësinë e ndarjes së depozitimeve të Miocenit të mesëm nëpër rmjet studimit të nanoplanktonit gëlqeror në disa prerje e puse të Ultësirës Pranadriatike (Zonation of the Middle Miocene deposits by the mean of calcareous nannofossils in some outcrops and drills in UPA). *Fondi i Institutit Gjeologjik të Naftës, Fier*.
- ISLAMI XH. & ÇOBO L. (1984). Studimi i nanoplanktonit gëlqeror në depozitetet e Tortonianit në pjesën lindore të Ultësirës Pranadriatike dhe bashkëlidhja me pjesën perëndimore (Calcareous nannoplankton investigation in Tortonian deposits from the eastern part of the Pre-Adriatic Depression and its connection to the western side). *Fondi i Institutit Gjeologjik të Naftës, Fier*.
- ISLAMI XH. & ÇOBO L. (1985). Studimi dhe përgjithësimi i depozitimeve të Tortonian – Mesinianit në disa prerje sipërfaqësore të UPA në bazë të nanofosileve gëlqerore (Ongoing investigation on Tortonian - Messinian deposits from some outcrops from the UPA, based on calcareous nannofossils). *Fondi i Institutit Gjeologjik të Naftës, Fier*.
- DE KAENEL E., BERGEN J. A., BROWNING E., BLAIR S. A. & BOESIGER T. M. (2017). Uppermost Oligocene to Middle Miocene Discoaster and Catinastr taxonomy and stratigraphy in the circum North Atlantic Basin: Gulf of Mexico and ODP Leg 154. *Journal of Nannoplankton Research*, 37(2-3), 215-244.
- KALLANXHI M.-E., ÇORIĆ S. & KOÇIU A. (2016). Late Oligocene calcareous nannofossils from Albanian-Thessalian intramontane basin (Bozdovec Section, Albania) - a quantitative approach, *Studia UBB Geologia*, 60(1), 5-20. Doi: <http://dx.doi.org/10.5038/1937-8602.60.1.1286>
- KALLANXHI M.-E. & YOUNG J.R. (2020). Rediscovery of the Helicosphaera minima in the Oligocene deposits of the Albanian-Thessalian Basin (Albania). *Journal of Nannoplankton Research*, 38(1), 17-26.
- KALLANXHI M.-E. (2020). Calcareous nannofossils from Oligocene to middle Miocene deposits of the Albanian-Thessalian Basin (Albania). *PhD Thesis*, p. 272.
- KALLANXHI M.-E. (2023). Biostratigraphy of calcareous nannofossils and palaeoenvironments in the Lower Miocene of the Albanian-Thessalian Basin (Albania). *Geologica Carpathica*, 74(1), 41-58.
- KIÇI V. (1974). Nanoplanktoni dhe rëndësia e tij për kërkimet e naftës (Nannoplankton and its importance in petroleum research). *Nafta dhe Gazi*, 3, 8-13.
- KUMATI LL., KORROVESH T., MYFTARI S., VATHI K., MARKU D., SADUSHI P., GJANI E., DULAJ A., SHTREPI P., SEITI

E., VEIZAI V., ZAKA M. & POLO S. (1997). Study on the structure, biostratigraphy, depositional environment and geochemical potential of Shqiptaro-Thessalian- Mesohellenik Basin, in Burrel-Korça-Greece region). *Instituti i Studimeve dhe i Projektmeve Gjeologjike te Naftës dhe Gazit, Fier.*

KUMATI LL., MYFTARI S. & VATHI K. (1995). Stratigraphy and paleo-bathymetric interpretation of the Korça graben deposits. *Nafta Shqiptare*, 1, 17-35.

MARTINI E. (1971). Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. In: Proceedings 2nd International Conference on Planktonic Microfossils Roma 1970 (Farinacci, A., Ed.). *Edizioni Tecnoscienza*, Roma, 2, 739-785.

OKADA H. & BUKRY D. (1980). Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973; 1975). *Marine Micropaleontology*, 5, 321-325. [http://dx.doi.org/10.1016/0377-8398\(80\)90016-x](http://dx.doi.org/10.1016/0377-8398(80)90016-x)

PASHKO P. (2018). Morave Mt. Oligocene-Middle Miocene succession of Albanian-Thessalian Basin. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 52(1), 1-44. <https://doi.org/10.12681/bgsg.15837>

THEODORIDIS S. (1984). Calcareous nannofossil biostratigraphy of the Miocene and revision of the helicoliths and discoasters. *Utrecht Micropaleontological Bulletin*, 32, 1-271.

TURCO E., CASCELLA A., GENNARI R., HILGEN F.J., IACCARINO S.M. & SAGNOTTI L. (2011). Integrated stratigraphy of the La Vedova section (Conero Riviera, Italy) and implications for the Burdigalian/Langhian boundary. *Stratigraphy*, 8(2-3), 89-110.

VATHI K. (1985). Les nannofossiles calcaires du flysch de la zone ionienne d'Albanie (PhD Thesis). *Mémoire des Sciences de la Terre, Université Curie, Paris*, nr. 85-19, p. 124.

VATHI K. (1987). Kufiri Paleogjen – Neogjen në Shqipërinë jugperëndimore (Zona Jonike) bazuar në të dhënat e nannofosileve gëlqerore (The Paleogene – Neogene boundary in the south-western Albania (Ionian Zone) based on calcareous nannofossils). *Instituti Gjeologjik i Naftës Fier, Buletini Nafta dhe Gazi*, 2, 87-100.

VATHI K. (1989). Zonimi i flishit të Zonës Ionike në bazë të nanofosileve gëlqerore (Calcareous nannofossil zonation of the flysch deposits of the Ionian Zone). *Instituti Gjeologjik i Naftës Fier, Buletini Nafta dhe Gazi*, 1, 57-70.

VATHI K. (1993). Biostratigrafia e depozitave të Oligocenit të sipërm – Miocenit të poshtëm të zonës Ionike (kryesisht brezit të Kurveleshit) në bazë të nanofosileve gëlqerore (Calcareous nannofossil biostratigraphy of late Oligocene – early Miocene deposits in the Ionian Zone - Kurveleshi Subzone). *Instituti Gjeologjik i Naftës Fier, Buletini Nafta dhe Gazi*, 4, 51-71.

VATHI K. (1998a). Biostratigrafia e depozitave flishore Oligo-Miocenike në rajonin Paper – Rovë bazuar në të dhënat e nanofosileve gëlqerore (Biostratigraphy of the Oligocene-Miocene flysch deposits from Paper-Rovë based on calcareous nannofossils). *Instituti Gjeologjik i Naftës Fier, Buletini Nafta Shqiptare*, 53-62.

VATHI K. (1998b). A note on the first occurrence of *Helicosphaera carteri* in the Early Oligocene (NP23, Sphenolithus predistatus Zone). *Journal of Nannoplankton Research*, 20(1), 39-43.

VATHI K. & BUDRI E. (1986). Dëshirimi biostratigrafik i depozitave të Oligocenit të sipërm – Miocenit të poshtëm të zonës Jonike (kryesisht brezit të Kurveleshit) në bazë të nanofosileve gëlqerore (Biostratigraphical interpretation of the Late Oligocene-Early Miocene deposits from Ionian Zone, Kurveleshi Area, based on calcareous nannofossils). *Fondi i Institutit Gjeologjik të Naftës, Fier*.

VATHI K. & BUDRI E. (1990). Biostratigrafia e prerjes gjeologjike të Ozmanezës bazuar në nanofosilet gëlqerore (Calcareous nannofossils based biostratigraphy of the Ozmanzeza section). *Buletini Nafta dhe Gazi*, 4, 31-36.

VATHI K., FILI I. & ODIN G.S (1994). Niveaux volcanoclastiques du Miocène inférieur et moyen d'Albanie. *Giornale di Geologia*, 3, 56(1), 115-123.

VATHI K. & KUMATI L. (1997). Middle Eocene and Burdigalian – the bio-stratigraphic new dating (nannoplankton) on western coast of Ohri lake (Korça depression) (unpublished report).

XHOMO A., KODRA A., XHAFA Z. & SHALLO M. (2002). Gjeologjia e Shqipërisë – Tekst shpjegues i hartës 1:200 000 (Albanian Geology - Explanatory text of map 1: 200 000). *Ministria e Industrisë dhe Energjitikës, Ministria e Arimit dhe Shkencës, Shërbimi Gjeologjik Shqiptar, Albpetrol, Universiteti Politeknik i Tiranës, Tirana*, p. 435.

YOUNG J.R. (1998). Neogene. In: Calcareous nannofossil biostratigraphy (Bown, P.R., Ed.). *Kluwer Academic Publications Dordrecht*, 225-265. <http://dx.doi.org/10.1007/978-94-011-4902-08>

YOUNG J.R., DIDYMUS J.M., BOWN P.R., PRINS B. & MANN S. (1991). Crystal assembly and phylogenetic evolution in heterococcoliths. *Nature*, 356, 516-518.

YOUNG J.R., BOWN P.R. & LEES J.A. (2022). Nannotax3 website. International Nannoplankton Association. Accessed 21 Apr. 2022. URL: www.mikrotax.org/Nannotax3.

EVOLUTION OF CALCAREOUS NANNOFOSSIL STUDIES IN ALBANIA

MĂDĂLINA – ELENA KALLANXHI^{1*}

¹Albanian Geological Survey, Zef Serembe St., Tirana, Albania.

*Corresponding author: madalina_kallanxhi@yahoo.com

(Manuscript submitted in August 2023; accepted for publication in November 2023)

ABSTRACT

Calcareous nannofossils are calcareous remains belonging to Haptophyte algae and represent one of the most widespread groups in the recent oceans and in the fossil record. Due to their high abundance, nannofossils are a good tool for biostratigraphy, hydrocarbon exploration and scientific research. This paper presents the evolution of the calcareous nannofossil studies in Albania, starting from their introduction as a new micropaleontological method by the Institute of Oil and Gas Fier in 1982. The calcareous nannofossil study stretch on an interval of approximately 16 years and it was one of the main pillars in the hydrocarbon research field at that time being. This work brings out the most important results achieved on calcareous nannofossil biostratigraphy, starting from 1982 to present. Such as, the main research areas were the Pre-Adriatic Depression and Ionian Zone, from where several biozones belonging to Cenozoic were described. The most recent studies on the Albanian – Thessalian Basin molassic sediments improve the general biostratigraphical framework and bring out new data on calcareous nannofossils paleoecology and palaeoenvironment.

Keywords: historical background, calcareous nannofossils, biostratigraphy, micropaleontology, Albania.

INTRODUCTION

The calcareous nannofossils' study is an important scientific branch in micropaleontology and biostratigraphy and has applicability in the hydrocarbon and gas industry. Their biostratigraphical potential was first realized in 1950 and started with studies on Cenozoic sediments (Bown & Young 1998).

The calcareous nannofossils' group spans an interval from late Triassic to recent, and include microfossils formed of calcium carbonate smaller than 63 µm in size, excluding fragments and juveniles' forms of other larger fossils. They belong to Coccolithophore group (division Haptophyta; Lohmann 1902), and according to their morphology, mode of formation and the life – cycles stage, they can be separated in: heterococcoliths, holococcoliths (Braarud et al. 1955a, 1955b.) and nannoliths (Young et al. 1994, 1999). This group

display biogeographical distribution, being more diverse at low latitudes, while they are not found above 70° at higher latitude. They can be found in eutrophic, mesotrophic and oligotrophic environments and their worldwide distribution is connected to sea water temperature, nutrient distribution, oceanic circulation, upwelling and seasonal mixing, salinity and water carbonate content etc.

During the last decades, important data dealing with material from on-land and oceanic sections all over the world were collected, and several biostratigraphical schemes were compiled and improved for both Mesozoic and Cenozoic eras. The calcareous nannofossil based biostratigraphy is currently improved with the support of various tools, such as: magnetostratigraphy, cyclostratigraphy, isotope stratigraphy and correlation to other microfossil groups. The

¹Shërbimi Gjeologjik Shqiptar, Tirana
Email: madalina_kallanxhi@yahoo.com

integration of all these methods and data allowed a better biochronology and calibration of calcareous nannofossil bioevent.

The goal of this article is to bring out the existing knowledge on this topic in Albania since its beginnings, to point out the calcareous nannofossils importance in hydrocarbon industry, and in activities related to mapping, sedimentology and stratigraphy.

GEOLOGICAL SETTING

The calcareous nannofossil investigations in Albania span and interval of around 16 years and were initiated within the oil and gas research framework by the Oil and Gas Institute Fier (Albania), during the '80-es. These investigations were concentrated mainly on the terrigenous sediments (flysch and molasses) of the Ionian Zone and Pre-Adriatic Depression (Fig. 1), and less in Albanian – Thessalian Basin (ATHB), Kruja, Mirdita, Sazani and Krasta – Cukali tectonic zones.

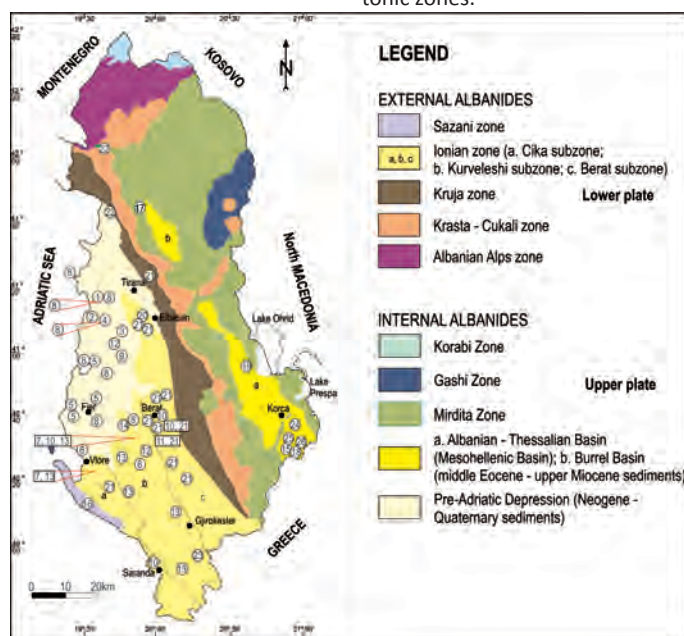


Figure 1. Calcareous nannofossil studies from Albania and their location on the Geological map (simplified after Xhomo et al. 2002). 1 - Islami (1982; in Dalipi et al. 1985; Tortonian); 2 - Islami & Prenci (1983; in Çobo 1989; Langhian to Tortonian); 3 - Islami & Çobo (1984; in Çobo 1989; Langhian – Tortonian); 4 - Islami & Çobo (1985; in Çobo 1996; Tortonian to Messinian); 5 - Çobo (1986; in Çobo 1996; Tortonian to Messinian); 6 - Vathi & Budri (1986; early Miocene); 7 - Vathi (1987; Paleogene to Aquitanian); 8 - Çobo (1989; Langhian to Tortonian); 9 - Dalipi & Çobo (1989; in Çobo 1996; Tortonian to Messinian); 10 - Vathi (1989; early - late Oligocene); 11 - Vathi & Budri (1990; early - late Oligocene); 12 - Çobo (1992; in Çobo 1996; Burdigalian to Tortonian); 13 - Vathi (1993; late Oligocene - Burdigalian); 14 - Vathi et al. (1994; Aquitanian to Langhian); 15 - Kumati et al. (1995; in Pashko 2018; early Oligocene to middle Miocene); 16 - Vathi (1995;

in Xhomo et al. 2002; late Oligocene); 17 - Gardin et al. (1996; uppermost Tithonian to late Valanginian); 18 - Kumati et al. (1997; early Oligocene to middle Miocene); 19 - Vathi & Kumati (1997; middle Eocene to Burdigalian); 20 - Vathi (1998a; late Rupelian to Burdigalian); 21 - Vathi (1998b; early Oligocene to early Miocene); 22 - Xhomo et al. (2002; Paleocene to middle Eocene); 23 - Danelian et al. (2007; late Barremian to early Cenomanian); 24 - Kallanxhi et al. (2016; Chattian); 25 - Kallanxhi & Young (2020; late Rupelian to early Chattian); 26 - Kallanxhi (2023; Early Miocene) and Kallanxhi et al. (under corrections; Langhian).

Ionian Zone includes sediments ranging from Permian to Pliocene and was developed during several stages (Xhomo et al. 2002; Aliaj 2012): neritic carbonate platform in Permian – Triassic, pelagic sedimentation from Dogger to Eocene, and flysch sedimentation from early Oligocene to middle Miocene.

The Pre-Adriatic Depression overlies partially the northern and western parts on the folded structures of Ionian and Kruja zones and is filled with molasses sediments ranging from middle Miocene (Serravallian) up to Pliocene. They were deposited in two sedimentary cycles, the first one middle – late Miocene, and the second Pliocene cycle. The middle – late Miocene cycle overlies transgressively the Ionian sediments.

The sedimentation within the Albanian – Thessalian Basin includes several molasses cycles and started during the middle Eocene up to middle Miocene.

METHODOLOGY

The calcareous nannofossils can be studied from smear slides under transmitted light microscope (Bown & Young 1998), using an oil-immersion objective (100x) (at a magnification of at least 1000x), in cross – polarized light (XPL), in bright field (BF), under gypsum plate (GP) and phase contrast (PC).

Among most common preparation techniques can be mentioned: simple smear slide, pipette strew slide, gravity setting, centrifuging and Scanning Electron Microscope (SEM). Some techniques can be used for quanti-

tative data analysis (palaeoecological and palaeoceanographic studies), mobile mounts for taxonomic research and thin section on harder sedimentary rocks.

For data collecting (Bown & Young 1998), the following methods can be applied: semi – quantitative counting, simple relative abundance counting, extended counting, unit area counting, absolute abundance calculation, sediment trap counting and preservation analysis. The species counts and percentages can be treated in various statistical programs.

Regarding the calcareous nannofossil standard taxonomy and biostratigraphy should be mentioned that there are several regional and global schemes which are separated according to the studied time interval, region, stage etc.

In Albania, due to the fact that the majority of the studies were on Cenozoic sediments, the main standard biostratigraphical schemes used for comparison by Albanian researchers were those of: Martini (1971; in-land low latitude sections), Okada & Bukry (1980; oceanic sections) and Theodoridis (1984; from the Mediterranean area). The zones in these schemes are defined by the first occurrence (FO) and last occurrence (LO) of the marker species, supported also by several other secondary bioevents.

In the last 50 years the Cenozoic biostratigraphy was improved with new studies and data, such as: Young (1998; early to middle Miocene interval at middle and high latitudes), Backman et al. (2012; Miocene), Agnini et al. (2014; for Oligocene in low

to middle latitudes areas), Kaenel et al. (2017; oceanic sections) etc. Some of the studies which brought important contributions to the Mediterranean standard zonations were: Fornaciari & Rio (1996), Fornaciari et al. (1996), Di Stefano et al. (2008), Di Stefano et al. (2011), Iaccarino et al. (2011), Turco et al. (2011) etc.

For the low to middle latitudes, Backman et al. (2012) and Agnini et al. (2014) used the codes CNO (Calcareous Nannofossil Oligocene) and CNM (Calcareous Nannofossil Miocene) for each series, and a number for each biozone. Their biozones' characterization is based on the following concepts: Base (B), Base Common (Bc), Top (T), Top Common (Tc) and Cross-over (X) of a certain species.

The Mediterranean zonation has a different approach and had been developed based on the quantitative investigations and changes in index species abundance, together with their first and last occurrences. The terminology used to code the zones in the Miocene Mediterranean zones is as follows: MNP (Mediterranean Nannoplankton Paleogene), MNN (Mediterranean Nannoplankton Neogene), TRZ (Total Range Zone), PRZ (partial Range Zone), IZ (Interval Zone), FCO (First Common and Continuous Occurrence), LCO (Last Common and Continuous Occurrence), AB (Acme beginning), PB (Para-Acme beginning) and PE (Para-Acme ending).

Information regarding this microfossil group can be found on Nannotax3 website (<http://www.mikrotax.org/Nannotax3>).

RESULTS AND DISCUSSIONS

The first biostratigraphical studies from Albania based on calcareous nannofossils and their applicability in biostratigraphy date back to 1982. The majority of these studies were performed in the framework of the petroleum and gas research conduct-

ed by the Oil & Gas Institute (Fier, Albania), and are mainly known from the Pre-Adriatic Depression (PAD), Ionian Zone (IoZ), Kruja Zone (KrZ), Sazani Zone (SZ) and less from the Albanian – Thessalian Basin (ATHB).

The calcareous nannofossil applicability in oil and gas industry is mentioned for the first time by Kici (1974), who gave only a general information on the subject, without specific research data. The first researchers who studied this microfossil group were Islami (1982) and Islami & Prençi (1983). They investigated the Miocene sediments from the PAD and assigned these deposits to Langhian up to Tortonian. The zones identified by them were: *Sphenolithus heteromorphus* Zone (Helvetian – early Tortonian), *Discoaster exilis* Zone, *Discoaster kugleri* Zone, *Discoaster calcaris* Zone and *Discoaster quinqueramus* Zone.

From the same area, Islami & Çobo (1984) mentioned the first findings regarding the ranges of the Miocene species belonging to the *Discoaster exilis* group. They described several biozones for the early Langhian to Tortonian interval, from outcrops and boreholes of the PAD, mentioning the presence of *Ceratolithus* genus, more precisely the marker species *Ceratolithus tricorniculatus*, indicating the late Tortonian age. The succession described by them includes: *Sphenolithus heteromorphus* Zone, *Discoaster exilis* Zone, *Discoaster kugleri* Zone, *Discoaster calcaris* Zone, *Discoaster quinqueramus* Zone and *Ceratolithus tricorniculatus* Subzone.

Islami & Çobo (1985) provided additional information on the range of *Ceratolithus tricorniculatus* Subzone, establishing for the first time in Albania the Messinian/Pliocene boundary based on calcareous nannofossils. They re-investigated some samples from the Rogozhina Section, containing assemblages, previously considered part of the *Sphenolithus heteromorphus* Zone, *Discoaster exilis* Zone and *Discoaster kugleri* Zone

(Langhian to Serravallian), and re-assigned the lower part of this section to the middle Tortonian *Discoaster calcaris* Zone. From the Tortonian – Messinian deposits of the PAD in the Frakull – Seman – Ardenica – Divjaka boreholes, Çobo (1986) described assemblages belonging to the *Discoaster quinqueramus* Zone.

The flysch sediments of the Ionian Zone were studied by Vathi (1985) who identified several calcareous nannofossil biozones. Vathi & Budri (1986) investigated the lower Miocene deposits from the Kurveleshi area and mentioned the *Helicosphaera carteri* and *Helicosphaera scissura* Zones. The Paleogene/Neogene boundary in the Ionian Zone was placed at the FO of *Helicosphaera carteri* in the sections Aranitas and Lapardha (Vathi 1987).

In the Miocene deposits of PAD, several biozones and calcareous nannofossil bioevents were mentioned by Çobo (1989; Langhian to Tortonian), as follows: *Sphenolithus heteromorphus* Zone (in Ndroq, Ngjegar, Lushnjë sections), *Discoaster exilis* Zone (Ndroq, Ngjegar, Lushnjë, Zvërnec sections), *Discoaster kugleri* Zone (Ndroq, Lushnjë, Zvërnec sections), *Discoaster calcaris* Zone (Ndroq, Rogozhina, Bishti i Pallës, Kavaja, Patos sections + boreholes for Zvërnec), *Discoaster quinqueramus* Zone (Rogozhina, Bishti i Pallës, Kavaja, Patos sections + boreholes) and *Ceratolithus tricorniculatus* Zone (Kavaja section).

The investigations carried out by Dalipi & Çobo (1989) on the Tortonian – Messinian deposits from the PAD, gave new information on the presence and ranges of *Discoaster surculus*, *Discoaster neorectus* and *Discoaster subsurculus*.

A broader study on the Oligocene flysch deposits of the Ionian Zone (Aranitas, Saranda, Berat and Tomorr sections) was published by Vathi (1989), who revealed calcareous nannofossil

assemblages belonging to the *Helicosphaera reticulata* Zone and its two subzones: *Ericsonia subdisticha* Subzone (LO of *Discoaster barbadiensis* & *D. saipanensis* to Acme ending of *Ericsonia subdisticha* s.l.) and *Helicosphaera recta* Subzone (Acme ending of *Ericsonia subdisticha* s.l. to FO of *Cyclicargolithus abisectus*). From Aranitas and Saranda sections he mentioned *Sphenolithus predistentus* Zone (FO of *Cyclicargolithus abisectus* – FO of *S. ciperoensis* (lower boundary emended; Vathi 1985) of Rupelian age and *Sphenolithus distentus* Zone (FO of *Sphenolithus ciperoensis* – LO of *S. distentus*) of late Rupelian – early Chattian age. The zone *Sphenolithus ciperoensis* (from LO of *Sphenolithus distentus* to LO of *Sphenolithus ciperoensis*; emended upper boundary) was mentioned in Aranitas and Saranda sections, while the *Sphenolithus delphix* Zone (LO of *Sphenolithus ciperoensis* – FO of *Helicosphaera carteri*; emended this work) from Aranitas, Saranda, Berat and Tomorri sections. These last two zones belong to Chattian.

This study described a new species named *Reticulofenestra sarandae* (from *Helicosphaera reticulata* up to *Sphenolithus distentus* Zone), and re-combined three others under the names of *Pontosphaera ovata* (from *Sphenolithus ciperoensis* Zone in Saranda section; *Helicosphaera reticulata* and *Sphenolithus predistentus* zones in Aranitasi section), *Pontosphaera segmenta* (from *Sphenolithus ciperoensis* Zone in Saranda section) and *Cyclicargolithus marimontium* (in all sections). This study also indicates that several species (*Cyclococcolithus formosus*, *Reticulofenestra umbilicus*, *Triquetrorhabdulus carinatus* and *Discoaster drugii*) are not suitable zonal markers for this region.

Early to late Oligocene sediments of the Osmanzeza-1 section (Ionian Zone, Berati Subzone) were assigned by Vathi & Budri (1990) to the zones *Sphenolithus predistentus*, *Sphenoli-*

thus *distentus* and the lower part of *Sphenolithus ciperoensis* Zone. The presence of species *Helicosphaera carteri* in the NP23 – NP24 Zones was also mentioned (Vathi 1998b).

Çobo (1992) investigated the lower Miocene to Tortonian interval in some sections from the PAD and Ionian Unit, giving an overview on the presence of several nannofossil zones and subzones, such as: *Helicosphaera carteri* Zone, *Discoaster deflandrei* Subzone (LO of *Sphenolithus dissimilis* – FO of *Helicosphaera ampliaptera*), *Dictyococcites hesslandii* Subzone (FO of *Helicosphaera ampliaptera* – FO of *Sphenolithus heteromorphus*), *Helicosphaera ampliaptera* Zone (FO of *Sphenolithus heteromorphus* – FO of *Discoaster exilis*), *Sphenolithus heteromorphus* Zone (FO of *Discoaster exilis* – LO of *Sphenolithus heteromorphus*), *Discoaster variabilis* Zone (LO of *Sphenolithus heteromorphus* – FO of *Discoaster pentaradiatus*), *Discoaster quinqueramus* Zone (FO – LO of *Discoaster quinqueramus*) and *Ceratolithus tricorniculatus* Zone (LO of *Discoaster pentaradiatus* – upper boundary not found).

The late Oligocene to Burdigalian successions from the Kurveleshi Unit and from the External Ionian Subzone were studied by Vathi (1993) and assigned to: *Sphenolithus ciperoensis* Zone (LO of *S. distentus* – LO of *S. ciperoensis*; emended Vathi 1985; Vathi & Budri 1986; Aranitas, Andon Peçi, Ballaj, Bolena, Memoraq and Lapardha sections) and *Sphenolithus delphix* Zone (LO of *S. ciperoensis* – FO of *H. carteri*; emended Vathi 1989; Aranitas, Andon Peçi, Ballaj, Bolena, Memoraq and Lapardha sections) of Chattian age. According to this study the species *Dictyococcites bisectus*, *Ericsonia fenestrata*, *Helicosphaera recta* and *Zygrhablithus bijugatus* are not suitable markers for the Paleogene/Neogene boundary. From early Miocene were mentioned the zones *Helicosphaera carteri* zones (FO of *H. carteri* – FO of *H.*

ampliaptera; emended Vathi & Budri 1986; from Aranitas, Andon Peçi, Ballaj, Bolena, Memoraq and Lapardha sections) and from only one section the *Helicosphaera scissura* Zone (FO of *Helicosphaera ampliaptera* – FO of *Sphenolithus heteromorphus*; emended Vathi & Budri 1986; Ballaj section, Middle Ionian Subzone, Kurveleshi unit).

Vathi et al. (1994) investigated early to middle Miocene calcareous nannofossils from the Drenova Section, located SE of Fier city and assigned the succession to the Aquitanian to Langhian interval.

In the Sazani Zone (Kepi e Gjuhëzës), the late Oligocene NP25 – *Sphenolithus ciperoensis* Zone was mentioned by Vathi (1995, in Xhomo et al. 2002). Kumati et al. (1995; in Pashko, 2018) assigned several outcrops of the Albanian – Thessalian Basin to the upper Rupelian (NP24) to Langhian (NN5) interval.

The sediments belonging to the Firza Flysch were dated for the first time based on calcareous nannofossils, as late Tithonian to late Valanginian by Gardin et al. (1996).

The sediments of the ATHB were studied by Kumati et al. (1997) by means of calcareous nannofossils, palinomorphs and foraminifera and part of these formations were assigned to the interval Rupelian (NP24 Zone) to Langhian (NN5). In the ATHB the *Sphenolithus distentus* Zone was mentioned from the Drenova Formation, while the *Helicosphaera carteri*, *Helicosphaera scissura*, and *Helicosphaera ampliaptera* zones from the Sinica, Palas and Nikolica sections. From the Sinica section the *Sphenolithus heteromorphus* zone of Langhian age was also identified.

Middle Eocene and Burdigalian sediments from the western coast of Ohrid Lake (northeastern ATHB) were investigated by Vathi & Kumati (1997).

From the Oligocene – Miocene deposits of the Ionian Zone Vathi (1998a) revealed the *Sphenolithus distentus*, *Sphenolithus ciperoensis*, *Helicosphaera carteri* and *Helicosphaera scissura* zones (Papër – Rovë, Përroi i Gurrave/Terbacit), Përroi i Melinshit; Ionian Zone). In the same year, Vathi (1998b) published a paper on the occurrence of *Helicosphaera carteri* in the NP23 – NP24 biozones (Rupelian – lower Chattian) from several sections and wells in the Ionian Zone (Paper-4, Bistrovic-2, Rova-1 wells). Several nannofossil zones were mentioned from the following locations: Kodovjat, Lubinje and Tenda e Qypit (NP24 – *Sphenolithus distentus*), Luzaj, Berati and Uji i Zi (zones NP21 to NP25), Tomorr and Kelqyra (zones NP21 to NP24), Osmanzeza-1 (NP23 – NP25), Gjorm (NP21–NN2), and Kruja (NP21–NP23).

The sediments of the Lisën – Spiten Unit were dated based on calcareous nannofossil as belonging to the Paleocene, more precise to the early Eocene (Xhomo et al. 2002).

Danelian et al. (2007) assigned the sediments from the Sopot Section in the Ionian Zone to the late Barremian to early Cenomanian (the NC6 to NC10 zones).

Latest studies on calcareous nannofossils from Albania are from the Oligocene to middle Miocene molasses sediments of the Albanian – Thessalian Basin (Fig. 2), in the vicinity of Korça city (Mborja, Drenova, Mirasi, Dardha vilages; Kallanxhi et al. 2016; Kallanxhi 2020; Kallanxhi & Young 2020; Kallanxhi 2023). The goal of these investigations was to reveal the calcareous nannofossils biostratigraphical and palaeoecological potential, by using not only direct observations and qualitative approach, but also modern statistical quantitative methods (Kallanxhi 2020).

Based on the occurrences of the main and secondary marker species of global, regional and local impor-

tance, and on the documented abundances for other species along the sampled transects, several biozones characteristic for the Oligocene to middle Miocene interval have been documented, as follows: *Sphenolithus predistentus* Zone (NP23)/*Sphenolithus predistentus* Zone (CP17), *Sphenolithus distentus* Zone (NP24)/*Cyclacargolithus floridanus* Zone (CP19a), *Sphenolithus ciperoensis* Zone (NP25)/*Reticulofenestra bisecta* (CP19b), *Discoaster druggii* Zone (NN2)/ *Discoaster druggii* Subzone (CN1c), *Sphenolithus belemnus* Zone (NN3)/*Sphenolithus belemnus* Zone (CN2), *Helicosphaera ampliaptera* (NN4)/*Helicosphaera ampliaptera* (CN3) and *Sphenolithus heteromorphus* Zone (NN5)/*Sphenolithus heteromorphus* Zone (CN4).

For a better age assignment, some of the above mentioned zones were also correlated to the Mediterranean zonations, and such us the investigated sediments were assigned to the following biozones: *Sphenolithus ciperoensis* PRZ (MNP25a; Chattian), *Helicosphaera ampliaptera* PRZ (MN-N2b; early Burdigalian), *Sphenolithus belemnus* TRZ (MNN3a; middle Burdigalian), *Coronocyclus nitescens* IS (MNN4c subzone; MNN4 – *Helicosphaera ampliaptera* IZ; early Langhian) and *Sphenolithus heteromorphus*/ *Helicosphaera waltrans* IS (MNN5a subzone; MNN5 – *Sphenolithus heteromorphus* IZ; Langhian). These studies document some similarities between the described calcareous nannofossil assemblages and some of the previously published data from Albania and bring quantitative information on the most abundant taxonomical groups and species.

The most common and abundant species documented along the studied interval is the long-ranging *Reticulofenestra minuta*, followed by small reticulofenestrids (3 – 5 µm) with closed central area (*R. antarctica* + *R. producta*). Due to the fact the species *Reticulofenestra producta* (FO is the early Miocene) was identi-

fied in all biozones, the range of this taxon was extended down to the upper NP23/CP17 zones of middle Rupelian age.

Among the helicoliths' taxa identified within this material, an extremely rare species, namely *Helicosphaera minima* (Kallanxhi & Young 2020), was found in the Oligocene sediments of Morava area (ATHB, Albania), making this the second occurrence in the world. Kallanxhi & Young (2020) perform morphometric investigations on selected specimens and emend the size of this species. Also, as per this study, the known range was extended from NP22 (early Rupelian) to NP24 (late Rupelian – early Chattian).

Regarding the sphenoliths, it is worth mentioning that excepting the species *Sphenolithus capricornutus* which was not recorded in these latest studies, the rest of the index species belonging to *Sphenolithus* genus (mid Rupelian to Langhian), were documented along the investigated interval (Kallanxhi 2020). For the first time, the short ranging species *Sphenolithus pseudoheteromorphus* was mentioned from the early Burdigalian molasses of the ATHB on the Albanian territory (Kallanxhi 2023). The low quantity of *Discoaster* genus, well known to thrive in pelagic settings, is a good indicator of the palaeoenvironmental conditions, indicating in general a neritic shallower basin.

The quantitative investigations of species *Sphenolithus heteromorphus* from NN5/CN4 biozones of Langhian age (Kallanxhi 2020), and the comparison to the other Mediterranean sections, allowed the biostratigraphical refinement and age assignment of some of the investigated transects to two Mediterranean subzones (*Coronocyclus nitescens* IS – MNN4c and *Sphenolithus heteromorphus/Helicosphaera waltrans* IS – MNN5a). This is also supported by the foraminiferal investigations on this material (Kallanxhi 2020).

The latest studies on the molassic sediments of the ATHB offer a detailed overview on the spatial and temporal distribution of calcareous nannofossil assemblages, pointing out similarities and differences in their correlations to various global and regional standard schemes. From biostratigraphically point of view, these studies (Kallanxhi 2020; Kallanxhi 2023) support the age assignment for parts of various formations and offer a clearer stratigraphical position on several stages of the International Chronostratigraphic Chart. They also contribute to a better understanding of the palaeoecology of various calcareous nannofossil species and their associations, and give new information on the palaeoenvironmental conditions (sea-surface salinity, temperature, terrigenous nutrient supply, bottom nutrient upwelling, wind-driven mixing of water column) in this semi-enclosed basin and its marginal settings.

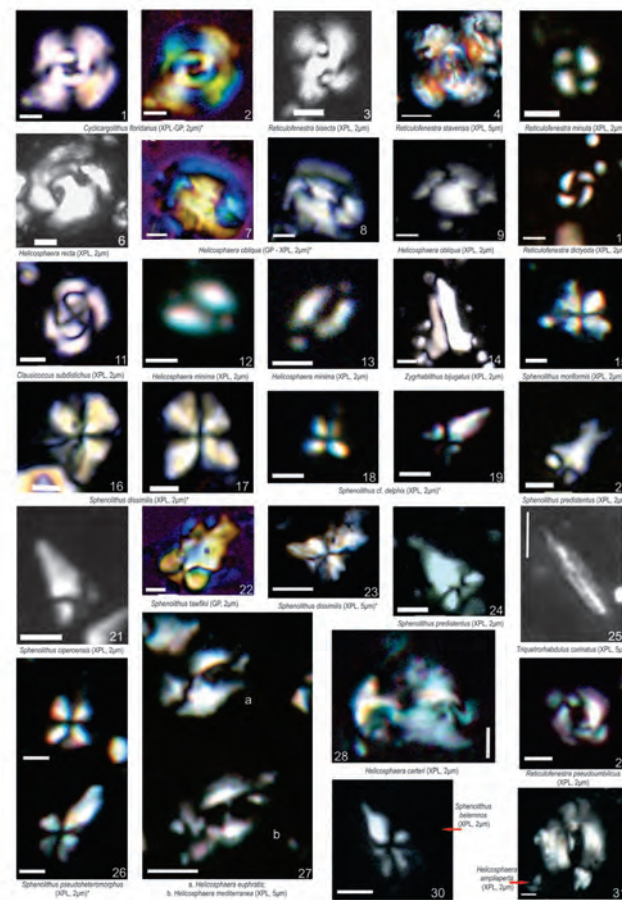


Figure 2. Calcareous nannofossils from the Albanian – Thessalian Basin (1 – 25 Oligocene; 26 – 31 Miocene; the micrographs are prone of the author of this paper; XPL – cross – polarized light; GP – gypsum plate; *same specimen).

CONCLUSIONS

This article is mainly based on the exiting literature of various Albanian authors who studied this microfossil group since its introduction as a new method in the hydrocarbon and

gas exploration in Albania. These studies stretch on an interval of approximately 16 years, between 1982 and 1998, interval which represents the peak of the micropalaeontologi-

cal investigations in the country. It is worth mentioning that the majority of these studies were done on land sections and wells from Paleogene and Neogene flysch and molasses' sediments, conducted within the petroleum research framework. The recent studies on the molasses of the ATHB were performed with the goal to improve the biostratigraphical framework in the area, to compare the material with well-known standard schemes, to bring out the usefulness of this group in biostrati-

graphical studies, to quantify the calcareous nannofossils, and not at last, to assess their palaeoecology and point out their importance in palaeoenvironmental investigations. Although this article gathers almost all known information about calcareous nannofossils in Albania, it is not excluded that due to difficulties in finding the literature on this thematic, several works might have not been found and included within this compilation.

REFERENCES

- AGNINI C., FORNACIARI E., RAFFI I., CATANZARITI R., PÄLIKE H., BACKMAN J. & RIO D. (2014). Biozonation and biochronology of Paleogene calcareous nannofossils from low and middle latitudes. *Newsletters on Stratigraphy*, 47(2), 131-181. <http://dx.doi.org/10.1127/0078-0421/2014/0042>
- ALIAJ SH. (2012). Neotektonika e Shqipërisë. Tiranë, p. 292.
- BACKMAN J., RAFFI I., RIO D., FORNACIARI E. & PÄLIKE H. (2012). Biozonation and biochronology of Miocene through Pleistocene calcareous nannofossils from low and middle latitudes. *Newsletters on Stratigraphy*, 45, 221-244. Doi: 10.1127/00780421/2012/0022.
- BOWN P.R. & YOUNG J.R. (1998). Calcareous Nannofossil Biostratigraphy (British Micropalaeontological Society Publications Series; Bown P.R., Ed.), Chapman and Kluwer Academic, London, p. 288
- BRAARUD T., DEFLANDRE G., HALDAL P. & KAMPTNER E. (1955A). Terminology, nomenclature, and systematics of the Coccolithophoridae. *Micropaleontology*, 1(2), 157-159.
- BRAARUD T., DEFLANDRE G., HALDAL P. & KAMPTNER E. (1955B). Terminologie, nomenclature et systematique chez les Coccolithophorides. *Compte Rendu 8th International Botanical Congress*, (Paris, 1954), 17, 69-70.
- ÇOBO L. (1986). Biostratigrafia e depozitimeve të Tortonianit – Mesinianit në rajonet Divjakë, Ardenicë, Frakull dhe Sema, në bazë të nanofosileve gëlqerore (Biostratigraphy of the Tortonian - Messinian deposits in Divjakë, Ardenicë, Frakull and Sema regions, based on calcareous nannofossils. *Fondi i Institutit Gjeologjik të Naftës, Fier*.
- ÇOBO L. (1989). Biozonimi i depozitimeve miocenike në disa prerje të Ultësirës Pranadriatike në bazë të studimit të nanoplanktonit gëlqeror (Biozonation of the Miocene deposits in some sections of Pre-Adriatic depression based on calcareous nannoplankton). *Buletini Nafta dhe Gazi, Fondi i Institutit Gjeologjik të Naftës, Fier*, 2, 93-106.
- ÇOBO L. (1992). Biostratigrafia e depozitimeve të kateve Burdigalian – Langhian – Serravallian – Tortonian, në bazë të nanofosileve gëlqerore, në Zonën Ionike dhe UPA të Shqipërisë (Biostratigraphy of the Burdigalian - Langhian - Serravallian – Tortonian deposits of the Ionian Zone and UPA, in Albania, based on calcareous nannofossils). *Fondi i Institutit Gjeologjik të Naftës, Fier*.
- ÇOBO L. (1996). Evolucion i rezultateve të arritura nga studimi i nanofosileve gëlqerore në depozitimet Miocenike të vendit tonë (Evolution of the results achieved on calcareous nannofossils study from the Miocene deposits in our country). *Nafta Shqiptare*, 2, 81-85.
- DALIPI V. & ÇOBO L. (1989). Biostratigrafia dhe paleogeografia e depozitimeve të Tortonian - Mesinianit me metodën e mikrofaunës dhe nanoplanktonit në UPA (Biostratigraphy and paleogeography of Tortonian - Messinian deposits, based on microfauna and calcareous nannoplankton from UPA). *Fondi i Institutit Gjeologjik të Naftës, Fier*.
- DALIPI V., LACKA V., PRILLO S. & PLAHU Drita (1985). Biostratigrafia e depozitimeve të Tortonianit në pjesën perëndimore të Ultësirës Pranadriatike (Biostratigraphy of Tortonian deposits from the western part of Pre-Adriatic Depression). *Nafta dhe gazi*, 4, 3-12.
- DANELIAN T., BAUDIN F., GARDIN S., MASURE E., RICORDEL C., FILI I., MEÇAJ T. & MUSKA K. (2007). The record of mid Cretaceous oceanic anoxic events from the Ionian zone of southern Albania. *Revue de Micropaléontologie*, 50(3), 225-237. <https://doi.org/10.1016/j.revmic.2007.06.004>
- DI STEFANO A., FORESI L. M., LIRER F., IACCARINO S. M., TURCO E., AMORE F. O., MAZZEI R., MORABITO S., SALVATORINI G. & ABDUL AZIZ H. (2008). Calcareous plankton high resolution bio-magnetostratigraphy for the Langhian of the Mediterranean area. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 114(1), 51-76.
- DI STEFANO A., VERDUCCI M., MANISCALCO R., SPERANZA F. & FORESI L.M. (2011). High-resolution stratigraphy of the Contrada Pesciarellero borehole succession (SE Sicily): a lower Langhian reference section for the Mediterranean region. *Stratigraphy*, 8, 111-124.
- FORNACIARI E. & RIO D. (1996). Latest Oligocene to early middle Miocene quantitative calcareous nannofossil biostratigraphy in the Mediterranean region. *Micropaleontology*, 42(1), 1-36. <http://dx.doi.org/10.2307/1485981>
- FORNACIARI E., DI STEFANO A., RIO D. & NEGRI A. (1996). Middle Miocene calcareous nannofossil biostratigraphy in the Mediterranean region. *Micropaleontology*, 42(1), 37-63.
- GARDIN S., KIÇI V., MARRONI M., MUSTAFA F., PANDOLFI L., PIRDENI A. & XHOMO A. (1996). Litho- and biostratigraphy of the Fira flysch, ophiolite Mirdita nappes, Albania. *Ofoliti*, 21(1), 47-54.
- IACCARINO S., DI STEFANO A., M. FORESI L.M., TURCO E., BALDASSINI N., CASCELLA A., DA PRATO S. FERRARO, L. GENNARI R., HILGEN F.J., LIRER F., MANISCALCO R., MAZZEI R., RIFORGIATO F., RUSSO B., SAGNOTTI L., SALVATORINI G., SPERANZA F. & VERDUCCI M. (2011). High-resolution integrated stratigraphy of the upper Burdigalian-lower Langhian in the Mediterranean: the Langhian historical stratotype and new candidate sections for defining its GSSP. *Stratigraphy*, 8: 199-215.
- ISLAMI XH. (1982). Nëndarja e depozitimeve të Tortonianit në disa prerje e puse të pjesës perëndimore të Ultësirës Pranadriatike me anë studimit të nanoplanktonit (Calcareous nannoplankton zonation of Tortonian deposits from several outcrops and boreholes from the western part of Pre-Adriatic Depression). *Fondi i Institutit Gjeologjik të Naftës, Fier*.
- ISLAMI XH. & PRENÇI J. (1983). Mbi mundësinë e ndarjes së depozitimeve të Miocenit të mesëm nëpër rmjet studimit të nanoplanktonit gëlqeror në disa prerje e puse të Ultësirës Pranadriatike (Zonation of the Middle Miocene deposits by the mean of calcareous nannofossils in some outcrops and drills in UPA). *Fondi i Institutit Gjeologjik të Naftës, Fier*.
- ISLAMI XH. & ÇOBO L. (1984). Studimi i nanoplanktonit gëlqeror në depozitimet e Tortonianit në pjesën lindore të Ultësirës Pranadriatike dhe bashkëlidhja me pjesën perëndimore (Calcareous nannoplankton investigation in Tortonian deposits from the eastern part of the Pre-Adriatic Depression and its connection to the western side). *Fondi i Institutit Gjeologjik të Naftës, Fier*.
- ISLAMI XH. & ÇOBO L. (1985). Studimi dhe përgjithësimi i depozitimeve të Tortonian – Mesinianit në disa prerje sipërfaqësore të UPA në bazë të nanofosileve gëlqerore (Ongoing investigation on Tortonian - Messinian deposits from some outcrops from the UPA, based on calcareous nannofossils). *Fondi i Institutit Gjeologjik të Naftës, Fier*.
- DE KAENEL E., BERGEN J. A., BROWNING E., BLAIR S. A. & BOESIGER T. M. (2017). Uppermost Oligocene to Middle Miocene Discoaster and Catinastr taxonomy and stratigraphy in the circum North Atlantic Basin: Gulf of Mexico and ODP Leg 154. *Journal of Nanoplankton Research*, 37(2-3), 215-244.
- KALLANXHI M.-E., ÇORIĆ S. & KOÇIU A. (2016). Late Oligocene calcareous nannofossils from Albanian-Thessalian intramontane basin (Bozdovec Section, Albania) - a quantitative approach, *Studia UBB Geologia*, 60(1), 5-20. Doi: <http://dx.doi.org/10.5038/1937-8602.60.1.1286>
- KALLANXHI M.-E. & YOUNG J.R. (2020). Rediscovery of the Helicosphaera minima in the Oligocene deposits of the Albanian-Thessalian Basin (Albania). *Journal of Nanoplankton Research*, 38(1), 17-26.
- KALLANXHI M.-E. (2020). Calcareous nannofossils from Oligocene to middle Miocene deposits of the Albanian-Thessalian Basin (Albania). *PhD Thesis*, p. 272.
- KALLANXHI M.-E. (2023). Biostratigraphy of calcareous nannofossils and palaeoenvironments in the Lower Miocene of the Albanian-Thessalian Basin (Albania). *Geologica Carpathica*, 74(1), 41-58.
- KIÇI V. (1974). Nanoplanktoni dhe rëndësia e tij për kërkimet e naftës (Nannoplankton and its importance in petroleum research). *Nafta dhe Gazi*, 3, 8-13.
- KUMATI LL., KORROVESH T., MYFTARI S., VATHI K., MARKU D., SADUSHI P., GJANI E., DULAJ A., SHITREPI P., SEITI E., VEIZAJ V., ZAKA M. & POLO S. (1997). Study on the structure, biostratigraphy, depositional environment and geochemical potential of Shqiptaro-Thessalian- Mesohellenik Basin, in Burrel-Korça-Greece region). *Instituti i Studimeve dhe i Projekteve Gjeologjike te Naftës dhe Gazit, Fier*.
- KUMATI LL., MYFTARI S. & VATHI K. (1995). Stratigraphy and paleo-bathymetric interpretation of the Korça graben deposits. *Nafta Shqiptare*, 1, 17-35.
- MARTINI E. (1971). Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. In: *Proceedings*

2nd International Conference on Planktonic Microfossils Roma 1970 (Farinacci, A., Ed.). *Edizioni Tecnoscienza*, Roma, 2, 739-785.

OKADA H. & BUKRY D. (1980). Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973; 1975). *Marine Micropaleontology*, 5, 321-325. [http://dx.doi.org/10.1016/0377-8398\(80\)90016-x](http://dx.doi.org/10.1016/0377-8398(80)90016-x)

PASHKO P. (2018). Morava Mt. Oligocene-Middle Miocene succession of Albanian-Thessalian Basin. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 52(1), 1-44. <https://doi.org/10.12681/bgsg.15837>

THEODORIS S. (1984). Calcareous nannofossil biostratigraphy of the Miocene and revision of the helicoliths and discoasters. *Utrecht Micropaleontological Bulletin*, 32, 1-271.

TURCO E., CASCELLA A., GENNARI R., HILGEN F.J., IACCARINO S.M. & SAGNOTTI L. (2011). Integrated stratigraphy of the La Vedova section (Conero Riviera, Italy) and implications for the Burdigalian/Langhian boundary. *Stratigraphy*, 8(2-3), 89-110.

VATHI K. (1985). Les nannofossiles calcaires du flysch de la zone ionienne d'Albanie (PhD Thesis). *Mémoire des Sciences de la Terre, Université Curie, Paris*, nr. 85-19, p. 124.

VATHI K. (1987). Kufiri Paleogjen – Neogjen në Shqipërinë jugperëndimore (Zona Jonike) bazuar në të dhënat e nannofosileve gëlqerore (The Paleogene – Neogene boundary in the south-western Albania (Ionian Zone) based on calcareous nannofossils). *Instituti Gjeologjik i Naftës Fier, Buletini Nafta dhe Gazi*, 2, 87-100.

VATHI K. (1989). Zonimi i flishit të Zonës Ionike në bazë të nannofosileve gëlqerore (Calcareous nannofossil zonation of the flysch deposits of the Ionian Zone). *Instituti Gjeologjik i Naftës Fier, Buletini Nafta dhe Gazi*, 1, 57-70.

VATHI K. (1993). Biostratigrafia e depozitimeve të Oligocenit të sipërm – Miocenit të poshtëm të zonës Ionike (kryesisht brezit të Kurveleshit) në bazë të nannofosileve gëlqerore (Calcareous nannofossil biostratigraphy of late Oligocene – early Miocene deposits in the Ionian Zone - Kurveleshi Subzone). *Instituti Gjeologjik i Naftës Fier, Buletini Nafta dhe Gazi*, 4, 51-71.

VATHI K. (1998a). Biostratigrafia e depozitimeve flishore Oligo-Miocenike në rajonin Paper – Rovë bazuar në të dhënat e nannofosileve gëlqerore (Biostratigraphy of the Oligocene-Miocene flysch deposits from Paper-Rovë based on calcareous nannofossils). *Instituti Gjeologjik i Naftës Fier, Buletini Nafta Shqiptare*, 53-62.

VATHI K. (1998b). A note on the first occurrence of Helicosphaera carteri in the Early Oligocene (NP23, Sphenolithus predistentus Zone). *Journal of Nannoplankton Research*, 20(1), 39-43.

VATHI K. & BUDRI E. (1986). Dëshfrimi biostratigrafik i depozitimeve të Oligocenit të sipërm – Miocenit të poshtëm të zonës Jonike (kryesisht brezit të Kurveleshit) në bazë të nannofosileve gëlqerore (Biostratigraphical interpretation of the Late Oligocene-Early Miocene deposits from Ionian Zone, Kurveleshi Area, based on calcareous nannofossils). *Fondi i Institutit Gjeologjik të Naftës, Fier*.

VATHI K. & BUDRI E. (1990). Biostratigrafia e prerjes gjeologjike të Ozmanzezës bazuar në nannofosilet gëlqerore (Calcareous nannofossils based biostratigraphy of the Ozmanzeza section). *Buletini Nafta dhe Gazi*, 4, 31-36.

VATHI K., FILI I. & ODIN G.S (1994). Niveaux volcanoclastiques du Miocène inférieur et moyen d'Albanie. *Giornale di Geologia*, 3, 56(1), 115-123.

VATHI K. & KUMATI L. (1997). Middle Eocene and Burdigalian – the bio-stratigraphic new dating (nannoplankton) on western coast of Ohri lake (Korca depression) (unpublished report).

XHOMO A., KODRA A., XHAFA Z. & SHALLO M. (2002). Geologjia e Shqipërisë – Tekst shpjegues i hartës 1:200 000 (Albanian Geology - Explanatory text of map 1: 200 000). *Ministria e Industrisë dhe Energjitikës, Ministria e Arsimit dhe Shkencës, Shërbimi Gjeologjik Shqiptar, Albpetrol, Universiteti Politeknik i Tiranës, Tirana*, p. 435.

YOUNG J.R. (1998). Neogene. In: Calcareous nannofossil biostratigraphy (Bown, P.R., Ed.). *Kluwer Academic Publications Dordrecht*, 225-265. <http://dx.doi.org/10.1007/978-94-011-4902-08>

YOUNG J.R., DIDYMUS J.M., BOWN P.R., PRINS B. & MANN S. (1991). Crystal assembly and phylogenetic evolution in heterococcoliths. *Nature*, 356, 516-518.

YOUNG J.R., BOWN P.R. & LEES J.A. (2022). Nannotax3 website. International Nannoplankton Association. Accessed 21 Apr. 2022. URL: www.mikrotax.org/Nannotax3.

VEÇORITË FIZIKO-KIMIKE, ORIGJINA DHE NDRYSHIMET KIMIKE TË BURIMEVE TERMALE NË LLIXHA, ELBASAN

DHORI DAPI^{1*}, AURELA JAHJA², JULINDA SULEJMANI¹ & IRIDA ÇELA¹

¹Shërbimi Gjeologjik Shqiptar, Rr. Zef Serembe, Tiranë

²Fakulteti i Gjeologjisë dhe i Minierave, Universiteti Politeknik i Tiranës, Rr. Elbasanit, Tiranë.

*Autor korrespondent: doriadapi@gmail.com

(Dorëshkrim i dorëzuar në mars 2022; i pranuar për botim në shkurt 2023)

ABSTRAKT

Burimet termale të Llixhës pranë Elbasanit, përfaqësojnë disa nga burimet me temperaturën më të lartë mes burimeve të njohura në territorin e Albanideve. Qëllim i këtij studimit ka qenë analizimi i kampioneve të ujit, nxjerrja e të dhënave analitike gjeokimike për 16 elementë, i treguesve fiziko-kimike të këtyre burimeve dhe korrelimi i tyre me ato të burimeve të Bënjës dhe Sarandaparos. Mes këtyre burimeve që krahasohen ka ngjashmëri për sa i përket modelit gjeologjik ku shfaqen (krahu perëndimor i zonës tektonike të Krujës). Karakteristikat fiziko-kimike të burimeve të ujërave termale lidhen gjithnjë me modelin gjeologjik ku ato shfaqen dhe me regjimin e infiltrimit të ujërave sipërfaqësore. Burimet e Llixhave janë ndarë në dy grupe, i pari përfshin burimet e Llixhave në sektorin verior, ndërsa i dyti përfshin ato të Hidraj, në sektorin jugor. Mineralizimi i përgjithshëm shkon deri në 7381 mg/l, ndërsa fortësia luhatet në diapazonin 23.1 deri në 152.2 mg/l. Ujërat termalë të rajonit Elbasan janë pak acide dhe janë të tipit Kloro – Magnezial – Natrium - Kalcium. Origjina e tyre është e ndërmjetme si pasojë e bashkëveprimit me shkëmbinjtë evaporitikë, përzihet me ujërat hidrotermale regionale, pa përrjashtuar edhe ndikimin e ujërave të infiltracionit. Ujërat termale në Llixha dhe Hidraj, shoqërohen me përmbajtje të lartë të gazit sulfhidrik H₂S. Origjina e gazit sulfhidrik ndryshon nga burimet në Llixha me ato në Hidraj.

Fjalë kyçe: burime gjeotermale, katione, anione, mineralizimi i përgjithshëm, ndryshime kimike.

HYRJA

Burimet termalë të Llixhave të Elbasanit ndodhen rreth 12 km në jug të qytetit të Elbasanit. Ata ndërtohen nga 7 burime termalë të mirënjohura, të vendosura në luginën e lumit Tregan, pranë fshatit Shirjan të Elbasanit. Ndahen në dy grupe burimesh, grupi i burimeve të Llixhës dhe grupi i burimeve të Hidraj (Fig. 1). Burimet e Llixhës ndodhen në Përroin e Priftit, rreth 1.2 km në veriperëndim të majës Guri i Kaçikut (351 m). Burimet e Hidrajt ndodhen në përroin e Banjës, rreth 1.5 km më në juglindje të grupit të parë të burimeve. Dukuria geomorfologjike më e spikatur e zonës është vargu i kodrave që ndodhen në anën perëndimore të burimeve të Llixhës. Majat më të larta të këtij vargu kodrinor me

lartësi deri 300 m ndan pellgjet e vogla ujore të Llixhës dhe të Hidrajt. Uji i tyre ka temperaturë dhe debite të larta, 55 - 60°C dhe prurje të përgjithshme 15 dhe 28 l/sek. Aftësitë kuruese dhe rikuperuese shëndetësore të këtyre burimeve termale janë të njohura prej një kohe relativisht të gjatë.

Burimet e Llixhave të Elbasanit kanë temperaturë të pandryshueshme (70 – 80°C) dhe prurje konstante për periudha të gjata, 15 l/sek për mbi 50 vjet. Këto fakte dëshmojnë për regjim termo-hidrodinamik të stabilizuar të rezervuarit. Ujërat termalë që vijnë nga thellësia ftohen duke u përzierë me ujërat e infiltracionit (Frashëri & Kodhelaj 2010).

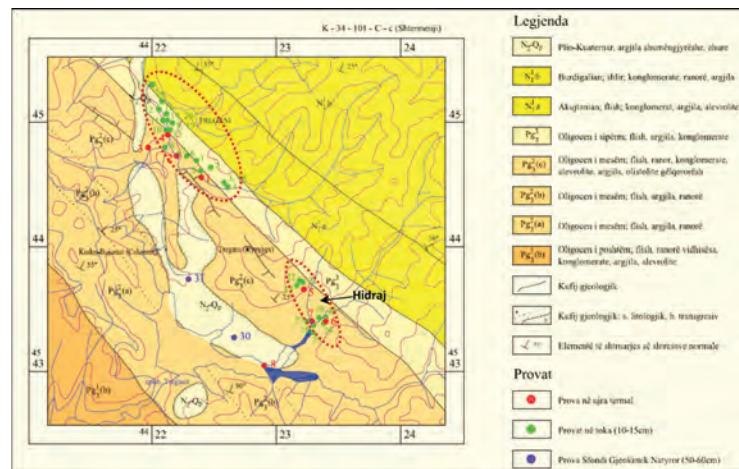


Figura 1. Harta gjeologjike e zonës së studiuar dhe vendndodhja e burimeve termale në planshtin me nomenklaturë K-34-101-C-c (Shtërmeni) (bazuar në Vukzaj et al. 2020).

Një kilometër e gjysëm në juglindje të burimeve të Llixhave ndodhen burimet e Hidrajt (Fig. 1). Tre burime vendosen në të dy shpatet e përroit të Banjës.

Bukuritë natyrore të zonës dhe vlerat kurative të ujërave termale, kanë rritur vitet e fundit shfrytëzimin pa kriter si dhe një fluks të madh të ndërtimeve pa leje. Klima e zonës është e ngrohtë mesatare kodrinore.

Sipas stacionit meteorologjik të Elbasanit, i cili ndodhet 12 km në veri të burimeve, temperatura mesatare vjetore atje është 15.4 °C, ajo e muajit Janar është 6.5 °C, kurse në Gusht është 24.1 °C. Reshjet mesatare vjetore janë 1157 mm nga të cilat mbi 70 % bien ndërmjet muajve Tetor-Mars (Frashëri & Eftimi 2016).

NDËRTIMI GJEOLGJIK

Në pikëpamje gjeologjike, rajoni i Llixhave të Elbasanit ndërtohet nga formacione flishore e flihoodale të Oligocen – Miocenit si dhe nga formacionet mollasike të Miocenit. Ku-

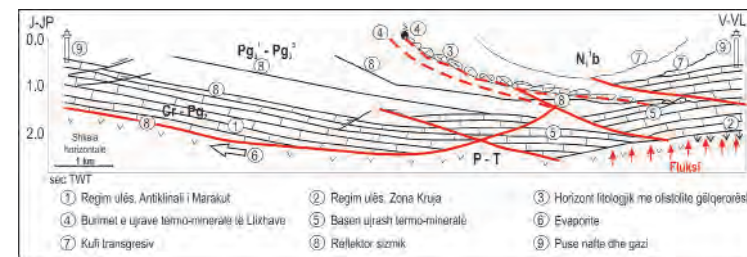
firi ndërmjet këtyre formacioneve kalon paralel me vijën e daljes së burimeve dhe në lindje të tyre në largësi vende-vende më të vogla se 100 m. Formacionet oligocenike përfaqësohen të plotë, por në zonën e burimeve, në sipërfaqe, zbulohen depozitimet të Oligocenit të mesëm dhe të sipërm. Në këto të fundit dallohen dy pako të ndryshme flishore, e poshtme argjilo-ranore dhe e sipërme argjilore me linza mergelore. Burimet e Llixhave të Elbasanit i hasim në pakon e sipërme.

Mbi pakon oligocenike vendosen blloqe gëlqerorësh (olistolite) numulitikë, pllakorë me shtresëzim të qartë kryq me shtrirjen e pakos së lartpërmendur, të moshës Kretak – Eocen. Elementët e shtrirjes janë 50° - 60° dhe këndi i rënies varion nga 36° deri 75°. Pra shtresëzimi i tyre është me mospërputhje me shtrirjen e pakos argjilo-ranore. Gëlqerorët ndëtojnë pikat më të larta të relievit, ndërsa poshtë tyre ata nënshtrohen nga pakoja argjilo-ranore. Në lindje të depozitimeve oligocenike vendosen depozitimet e Akuitanianit (N_1a), të

cilat përfaqësohen nga konglomeratë të çimentuar dobët dhe me popla të ndryshme nga përbërja dhe madhësia. Depozitimet akuitanianë shtrihen në formë shiriti relativisht të ngushtë, trashësia e tyre arrin rreth 220 m. Konglomeratët përmbajnë shumë material mbushës kokërrimët që ndikon në uljen e përshkueshmërisë ujore të tyre. Mbi to shtrihen depozitimet argjilo-alevrolitike-mergelore të Burdigalianit (N_1b) të cilat përbëjnë pjesën më të madhe të formacioneve mbulesore të sinklinalit të Llixhës. Në pikëpamje strukturore, zona që shqyrtojmë përbën sinklinalin e Llixhës ku formacionet më të reja molasike të Miocenit qëndrojnë mbi fliшин e Oligocenit. Struktura ka shtrirje veri-perëndimore, të ngjashme me atë të sinklinalit të Tiranës, dhe duket që zhvillohet në vazh-

dim të saj.

Vrojtimet sizmike kanë hartografuar një rrafsh reflektues antiklinal i cili i nënshtrohet sinklinalit të Llixhave në thellësinë 1800-2000 m. Rrafshi përputhet me tavanin e gëlqerorëve të një antiklinali të varrosur, të emërtuar i Llixhave. Ky antiklinal ndodhet në brezin gjeotermal të strukturave të Kozanit në veri dhe të Galigatit në jug. Antiklinali i varrosur i Galigatit, tregohet në thellësi rreth 4000 m. Shpimi Galigati 2, i cili ndodhet rreth 9 km në jug të Llixhave të Hidrajt, vërtetoi praninë e kësaj strukture antiklinale dhe kapi formacionet karbonatike në thellësi 2900 m. Nga ky pus gjatë përvetësimit ka fontanuar ujë termomineral me temperaturë rreth 45-50 °C në grykë, në sipërfaqe të tokës.



METODOLOGJIA

Provëmarrja për analizat fiziko-kimike është kryer me mostra (kampione) uji të marra në burim me shishe të pastra me masë 1-1,5 litra. Kampionët ujorë janë transportuar të ruajtur në bokse frigoriferik me temperaturë ruajtjeje 4-12°C, dhe është dërguar në laboratorin e analizave kimike të Shërbimit Gjeologjik Shqiptar brenda intervalit kohor prej 24 orësh nga marrja e tij për analizimin e mëtejshëm.

Nga mostrat e ujërave termale u përcaktuan: pH, përcjellshmëria elek-

trike, përmbajtja e karbonit, kationet, anionet, mbetja e thatë, mineralizimi i përgjithshëm, fortësia dhe H_2S .

Përcjellshmëria elektrike është tregues lehtësisht i matshëm në ujërat natyrorë dhe është aftësia e ujit për të përcjellë rrymë elektrike (Frashëri & Kodhelaj 2010). Është një tregues që ndikohet nga sasia e lëndëve inorganike të tretur në ujë (mineralizimi i përgjithshëm) dhe rritet me rritjen e përmbajtjes së substancave të tretuara. Mund të shërbejë si përfaqësues për mineralizimin e përgjithshëm.

Është gjithashtu një tregues i lirë dhe i shpejtë për t'u vlerësuar, por ky parametër duhet të shoqërohet me analiza të tjera më gjithëpërfshirëse.

Në një kontekst të grumbullimeve të naftës dhe gazit, rritje në përcjellshmërinë elektrike mund të tregojnë ndikim nga ujërat fundor të shtritimeve hidrokarbure, të cilët zakonisht kanë mineralizimin e përgjithshëm të lartë, ose komunikim hidrologjik midis zonave gjeologjike me qarkullim të vështirë (Tashko 2006). pH-shi është masa e aciditetit ose e bazicitetit në një shkallë nga 0 – 14 dhe është i ndjeshëm ndaj ndryshimeve të vogla në proceset kimike të ujit (Frashëri & Kodhelaj 2010). Ashtu si përcueshmëria, pH mund të konsiderohet si një tregues i mirë paraprak për karakterizimin kimik të ujit, por vetëm ajo nuk mund të përdoret për të identifikuar faktorët që kanë shkaktuar ndryshimet e pH. Në kurtet e naftës dhe gazit, një pH i zvogëluar mund të tregojë praninë e acideve, të cilat janë karakteristike për ujërat fundore të shtritimeve hidrokarbure.

Veçimin në grupe të ujërave termale sipas rezultateve të analizës e kemi bazuar në karakteristikat e mëposhtme:

- Praninë e prerjeve sedimentare të formuara në kondita reduktuese (shkëmbinjtë evaporitike);
- Praninë e mineraleve lehtësisht të tretshëm në prerjen gjeologjike, gjatë migrimit të ujërave termal;
- Praninë e diapireve dhe e kupolave diapirike në thellësi;
- Praninë e mjediseve gjeologjike të mbyllura të ngjashme me ato të kurtheve të hidrokarbureve;
- Regjimin e infiltrimit të ujërave sipërfaqësore.

Veçoritë kimike të ujërave natyrore janë përcaktuar nëpërmjet kationeve, anioneve dhe përmbajtja e met-

aleve (Frashëri & Kodhelaj 2010) ku përmbajtjen më të lartë e kanë bakri dhe mangani. Prania e klorureve duhet të lidhet me:

- Ujërat e sedimentimit;
- Tretja e mineraleve të klorureve;
- Reaksionet kimike në mjediset ujore me temperaturë të lartë.

Veçoritë hidrokimike të ujit në burimet termale kushtëzohen nga origjina, regjimit termik, rrugët e migrimit dhe marrëdhëniet midis ujit dhe shkëmbit.

Diagrama $Cl-SO_4-HCO_3+CO_3$ (Giggenbach 1988; Singh et al. 2015) përdoret për të klasifikuar ujërat gjeotermale në bazë të përqendrimeve të anioneve kryesore (Cl , SO_4^{2-} dhe HCO_3^-). Duke përdorur këtë diagramë, mund të dallohen disa lloje të ujërave termale: ujërat e maturuara, ujërat periferike, vullkanike dhe ujërat e nxehta me avull. Diagrama mund të japë një tregues fillestar të një marrëdhënie të përzierjes. Pozita e pikave të të dhënave në një diagramë trekëndore arrihet duke marrë së pari shumën e përqendrimeve (në ppm) të tre përbërësve të përfshirë.

Diagrama trekëndore $Na+K-Ca-Mg$ (Piper 1944; Giggenbach 1988) përdoret për të klasifikuar ujërat tërësisht të ekuilibruar, pjesërisht të ekuilibruar dhe ujin e papjekur. Mund të përdoret për të parashikuar temperaturën e ekuilibrit dhe gjithashtu përshtatshmërinë e ujërave termale për aplikimin e gjeotermometrit në solucionet jonike. Ajo bazohet në temperaturën ku varësia e ekuilibrit të plotë të mineraleve të kaliumit dhe natriumit që pritet të ndodhin pas rikristalizimit isokimik të shkëmbit në kushtet e mjedisit gjeotermik. Diagrama tregon arritjen e ekuilibrit ujë-shkëmb në qoftë se pika e të dhënave plotëson një ekuilibër të plotë, që tregon shpërbërjen fillestare të mineraleve para se të vendoset reaksioni i ekuilibrit.

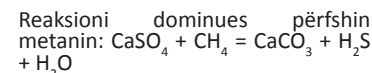
Me qëllim përcaktimin e lidhjes mes përbërjes kimike dhe origjinës me ujërat e kripur përdoren grafikët e krahasimit të vlerave $Ca(Ca+Na)-Na-Cl$.

Origjina e acidit sulfhidrik (H_2S) në ujërat termale

Përmbajtja e H_2S në ujërat termale është e lartë. Metani vepron si një gaz bartës për sulfidin e hidrogjenit, gjenerimi i të cilit duhet të lidhet me kerogjenin, naftën dhe/ose formacionet anhidrite. Në përgjithësi, ky acid në ujërat termale dhe në rezervuarët e naftës mund të gjenerohet nga tre procese:

- Reduktimi bakterial i sulfatit;
- Zbërthimi termik i përbërësve të squfurit në kerogjen ose naftë;
- Reduktimi termokimik i sulfateve (TSR).

Reduktimi i sulfatit bakterial dhe dekompozimi termik i komponimeve të squfurit në përgjithësi çojnë në nivele të ulëta të H_2S në gaz (< 3–5%). Reduktimi termokimik i sulfatit është i vetmi proces i aftë të prodhojë sasi më të mëdha të H_2S dhe është dominues në praninë e shkëmbinjve evaporitikë (kryesisht anhidrit) në kontakt me prerjen gëlqeror në temperatura përgjithësisht mbi 120°C (Worden et al. 1995). Megjithatë, ky proces mund të ndodhë edhe në temperatura deri në 80°C (Hunt 1996; Noth 1997). Reaksioni bazë i reduktimit termokimik të sulfateve (TSR) është sipas Worden et al. (1996):



REZULTATET DHE DISKUTIMI

Rezultatet e analizave të ujërave termal paraqiten në tabelën 1. Në këtë tabelë janë përfshirë, me qëllim korrelacioni mes burimeve termale, vlerat e rezultateve të analizave fiziko-kimike të burimeve termale të Lixhave e Hidraj (Elbasan), Bënjë dhe Sarandaporo.

Karakteristikat fiziko-kimike të ujërave termale të burimeve të shqyrtuara dhe korreluara kushtëzohen nga faktorët e mëposhtëm:

a. *Veçoritë litologjike të prerjeve ku ato shfaqen si:*

- Prerja karbonatike-dolomitike e zonave tektonike Jonike dhe Kruja;
- Prerja evaporitike e diapirit të Dumresë;
- Prerja flishore e zonave tektonike Jonike dhe Kruja;
- Prerja Miocenike.

b. *Fenomeni i diapirizmit të depoizimeve evaporitike.*

c. *Prania e planeve tektonike dhe e bazave të transgresioneve.*

d. *Pozicioni që zënë këto ujëra në kuadrin e modelit hidrogeologjik të rajonit.*

Tabela 1. Të dhënat e analizave fiziko-kimike në ujërat termale Lixhat dhe Hidraj (Elbasan).

Nr.	Vendi marrjes së provave	X	Y	S	pH	ρ _e (Karboni or- elektrike (μS/cm)	TC(karboni or- ganik total) mg/l	TN (Azot total)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	PO ₄ ³⁻ (mg/l)	F ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)
1	Lixhat - Elbasan (në burim)	4422400	4544557	151	6.83	9100	11	14.5	2480	1510	-	0.18	0.05	1.64	18.6	1184	107.3	691.38
2	Lixhat - Elbasan (në burim)	4422200	4544730	135	6.76	9890	10.6	17	271.8	1677.8	-	0.16	0	0.6	21.8	1269.6	128.9	771.54
3	Lixhat - Elbasan (në burim)	4421972	4544798	133	7.11	10010	11.2	14.89	2740	1785.91	-	0.18	0.05	1.64	19.1	1264.2	115.2	741.48
4	Lixhat - Elbasan (në burim)	4422130	4544902	129	7.86	2600	4.8	0.6	778.75	413.56	-	0.11	0.12	1.82	0.22	324.6	29.3	210.42
5	Hidraj - Elbasan (në burim)	4423223	4543659	265	6.72	9730	9.2	13.57	2698	1804.42	-	0.18	0	1.6	17.4	1445	131	761.52
6	Hidraj - Elbasan (në burim)	4423399	4543403	236	6.99	9460	8.9	13.42	2591.5	1765.33	-	0.17	0	1.44	16.8	1383	123	751.5
7	Hidraj - Elbasan (në burim)	4423287	4543405	221	7.02	9470	8.8	13.71	2556	1785.91	-	0.16	0	1.34	17.2	1353	125	751.5
8	Hidraj - Elbasan (Rezervuar)	4422904	4543048	217	7.93	1304	2.4	0.68	209.45	227.97	-	0.12	0	1.1	0.55	132	9.5	90.18
9	Lixhat Sarandaporo - Leskovik (në vaske nr1)	4472280	4440540	430	7.49	1679	4.3	0.75	335.48	144.44	0.1	0.08	0	1.2	0.61	179	17.7	103.21
10	Lixhat Sarandaporo - Leskovik (në vaske nr2)	4472280	4440540	430	7.54	1681	4.2	0.63	333.7	141.56	0.05	0.08	0	1.3	0.55	191.1	17.8	104.21
11	Lixhat Sarandaporo - Leskovik (në burim)	4472319	4440473	388	7.32	1695	4.2	0.72	337.25	162.13	0.16	0.09	0.01	1.42	0.52	194.7	15.3	108.22
12	Lixhat Sarandaporo - Leskovik (në burim)	4472448	4440396	390	7.32	1696	4.22	0.74	339.03	164.19	0.18	0.09	0.01	1.38	0.53	197.3	14.2	108.22
13	Lixhat e Baniçës - Përmet (në burim)	4451853	4456982	338	7.04	2080	4.36	0.9	452.62	102.18	0.09	0	0.62	1.2	0.52	322.6	9.2	95.2
14	Lixhat e Baniçës - Përmet (në burim)	4451848	4456939	334	7.09	2840	3.36	0.9	711.77	149.79	0.17	0	0.12	0.39	0.62	452.6	18	129.3
15	Lixhat e Baniçës - Përmet (në burim)	4451840	4456919	335	7.14	2840	3.4	0.92	710.35	151.02	0.18	0	0.01	1.39	0.78	447	14.8	129.3
16	Lixhat e Baniçës - Përmet (në burim)	4451829	4456888	340	7.28	2840	3.1	1.09	715.32	150.61	0.21	0	0.18	1.02	1.03	450.2	14.6	129.1

Tabela 1. Të dhënat e analizave fiziko-kimike në ujërat termale Lixhat dhe Hidraj (Elbasan) (vazhdim).

Nr.	Vendi marrjes së provave	Mg ²⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Fe ⁺³	SiO ₂	Mbetja thate	Fortesia grade Gjermane	Mineralizhem	H ₂ S	Lëndet Pezull	Cu	Pb	Ni	Co	Mn	Cr	Zn	Cd
1	Lixhat - Elbasan (në burim)	206.72	549	0	0.12	-	6466.11	144.18	6750.61	184.5	0.4	0.089	0.006	0.018	0	0.166	0.062	0.033	0.001
2	Lixhat - Elbasan (në burim)	206.9	594.75	0	0.06	-	7084.06	155.42	7391.43	192.6	0.4	0.095	0.007	0.002	0	0.097	0.056	0.044	0.001
3	Lixhat - Elbasan (në burim)	237.12	549	15	0.03	-	7186.03	158.18	7470.53	184.52	0.7	0.09	0.004	0.01	0	0.115	0.06	0.03	0.001
4	Lixhat - Elbasan (në burim)	66.88	274.5	15	0.08	-	1968.11	44.79	2115.36	20.05	2.5	0.02	0.006	0.015	0	0.147	0.023	0.02	0.001
5	Hidraj - Elbasan (në burim)	218.88	625.25	0	0.02	-	7380.65	156.78	7703.27	413.1	3	0.023	0	0	0	0.02	0.024	0.006	0.001
6	Hidraj - Elbasan (në burim)	200.64	610	0	0.07	-	7128.45	151.18	7443.45	370.4	1.7	0.02	0	0	0	0.023	0.022	0.002	0
7	Hidraj - Elbasan (në burim)	212.8	610	0	0.09	-	7098	153.98	7313	330.2	0.9	0.02	0	0	0	0.021	0.022	0.002	0
8	Hidraj - Elbasan (Rezervuar)	45.6	170.8	12	0.08	0.78	803.95	23.1	889.35	12.81	3.8	0.005	0	0.01	0	0.014	0	0.003	0.001
9	Lixhat Sarandaporo - Leskovik (në vaske nr1)	32.83	247.05	0	0.02	1.05	928.1	21.98	1061.62	14.71	0.1	0.003	0	0	0	0.003	0	0	0
10	Lixhat Sarandaporo - Leskovik (në vaske nr2)	32.22	244	0	0.02	1.54	934.54	21.98	1066.54	12.84	0.5	0.003	0	0.002	0	0.005	0	0.001	0
11	Lixhat Sarandaporo - Leskovik (në burim)	31.01	240.95	0	0.06	3.2	961.19	22.26	1091.66	15.05	3.6	0.002	0	0	0	0.002	0	0	0
12	Lixhat Sarandaporo - Leskovik (në burim)	30.4	237.9	0	0.22	2.02	264.52	22.12	1093.47	14.88	3.3	0.003	0	0.001	0	0.007	0	0.001	0
13	Lixhat e Baniçës - Përmet (në burim)	29.79	295.85	0	0.01	2.78	1151.96	20.16	1309.88	16.15	1	0.003	0	0	0	0.001	0.002	0.001	0
14	Lixhat e Baniçës - Përmet (në burim)	29.18	207.4	0	0.01	5.9	1586.55	24.76	1700.25	15.13	4	0.005	0	0	0	0.001	0.003	0.003	0
15	Lixhat e Baniçës - Përmet (në burim)	29.2	210.45	0	0.01	4.66	1579.15	24.78	1694.37	15.22	6.3	0.007	0	0.001	0.002	0.012	0.003	0.004	0
16	Lixhat e Baniçës - Përmet (në burim)	29.28	201.3	3	0.01	4.93	1585.1	24.78	1695.75	15.98	11.7	0.005	0	0	0	0.005	0.004	0.001	0

Bazuar në korrelacionin midis dy treguesve, të përcjellshmërisë elektrike dhe mineralizimit të përgjithshëm (koeficienti i korrelacionit afërsisht 1), ujërat natyror mund të ndahen në tre grupe (Fig. 3):

- *Grupi i parë* përfshin mostrat e rrjedhave ujore të burimeve të Sarandaporos dhe Bënjës dhe karakterizohet nga vlera të ulëta të mineralizimit të përgjithshëm dhe përcjellshmërisë elektrike;
- *Grupi i dytë* përfshin mostrat nr. 4 e burimit Llixha dhe nr. 14 të burimit

Bënjë, dhe karakterizohet nga vlera të mineralizimit të përgjithshëm dhe përcjellshmërisë elektrike pak më të larta se grupi i parë, por relativisht të ulëta krahasuar me grupin e tretë;

- *Grupi i tretë* përfshin mostrat e mbetura të burimeve Llixha dhe Hidraj me vlerat më të larta të mineralizimit të përgjithshëm dhe përcjellshmërisë elektrike. Këto vlera tregojnë se me rritjen e mineralizimit të përgjithshëm, rritet dhe përcjellshmëria elektrike.

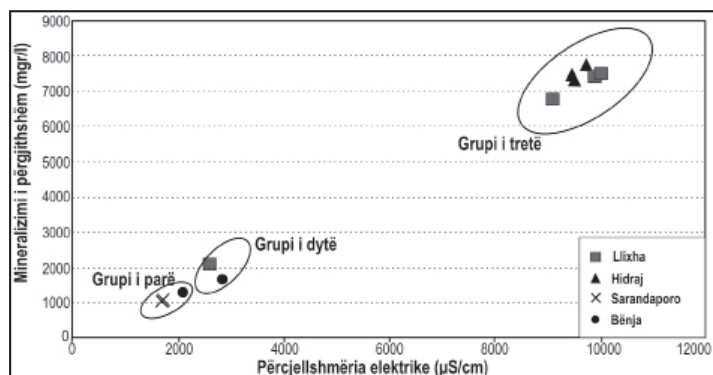


Figura 3. Korrelacioni i përcjellshmërisë elektrike me mineralizimin e përgjithshëm (përpiluar nga autorët, 2022).

Burimet Llixha dhe Hidraj shfaqin kombinim të vlerave të ulëta të pH me përcjellshmërinë e lartë elektrike (Fig. 4) dhe vlera të larta të mineralizimit të përgjithshëm (Fig. 3). Duke korreluar vlerat e pH-shit me atë të përcjellshmërisë elektrike kemi dalur 4 grupimet e mëposhtme:

- *Grupi i parë* përfshin kampioni nr. 4 i Llixhave dhe karakterizohet nga vlera të ulëta të përcjellshmërisë elektrike, por vlerat më të larta të pH-shit.
- *Grupi i dytë* përfshin burimet Sa-

randaporo, me vlerat më të ulëta të përcjellshmërisë elektrike dhe vlera mesatare në të larta të pH-shit.

- *Grupi i tretë* përfshin burimet e Bënjës dhe karakterizohet nga vlerat të ulëta të përcjellshmërisë elektrike dhe vlera të ulëta në mesatare të pH-shit.
- *Grupi i katërt* përfshin mostrat e burimeve Llixha e Hidraj dhe dallohen nga vlerat më të larta të përcjellshmërisë elektrike dhe vlera të ulëta të pH-shit.

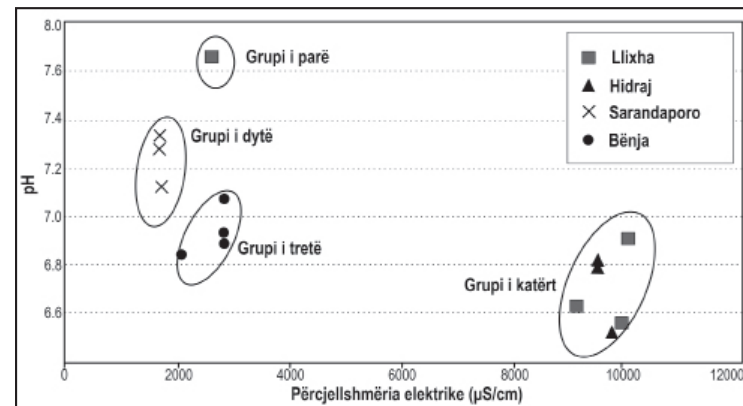


Figura 4. Korrelacioni i përcjellshmërisë elektrike me pH e ujërave natyrore (përpiluar nga autorët, 2022).

Korrelacioni mes klorureve dhe natriumit na tregon se përmbajtja e lartë e klorureve lidhet me ujërat e sedi-

mentimit dhe mineralet e klorureve (Fig. 5).

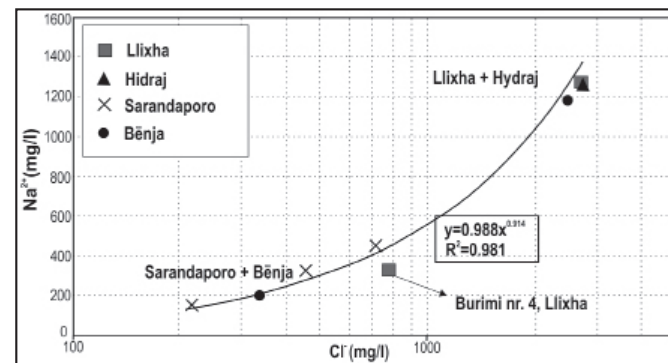


Figura 5. Korrelacioni i Klorureve (Cl⁻) me Natriumet (Na⁺) në ujërat termale (përpiluar nga autorët, 2022).

Në bazë të analizave të kryera (Fig. 5), ujërat termalë në rajonin e Elbasanit dallohen nga përmbajtja e lartë të klorureve dhe natriumit dhe janë të tipit Klor – Magnezial – Natrium – Kalciumor, përkundrazi në burimet termalë të Bënjës (Përmet) që i përkasin tipit Klor – Natrium – Kalciumor dhe kanë vlera më të ulëta në mesatare të këtyre elementëve.

Kjo është pasojë e modelit gjeologjik të ndryshëm që ka rajoni i Elbasanit me atë të Përmetit.

Lidhur me temperaturën e këtyre ujërave dallohet një ndryshim i vlerave mes burimeve në dy anët e lumit Tregan. Burimet që ndodhen në anën e djathtë të lumit kanë temperaturë më të ulët, 23-26 °C, ndërsa ata që

burojnë në shpatin e majtë të lumit kanë temperaturë më të lartë 30 °C. Kjo i bën veçanërisht ujërave të këtij grupi burimesh (krahu i majtë i lumit Tregan) të kenë temperaturën më të lartë në grupin e burimeve të korre-luara. Uji i disa burimeve është i pijshëm dhe me efekte kurative. Burimet termale të Sarandoporos dhe Leskovik kanë tip të njëjtë ujërash me zonën e ujërave termale të Bënjës

jës (Përmet) dhe kanë temperaturë 26-28 °C.

Duke u bazuar në diagramën për klasifikimin e ujërave gjeotermalë bazuar në përqëndrimin e anioneve kryesore ($\text{Cl} - \text{SO}_4^{2-} - \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3$) për vendburimin në fjalë dallohet se vendburimet Llixhat dhe Hidraj ndryshojnë prej atyre të Sarandoporos dhe Bënjës (Tabela 2; Fig. 6).

Tabela 2. Përmbajtjet e anioneve kryesore ($\text{Cl} - \text{SO}_4^{2-} - \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3$).

Burimet	Përmbajtjet e elementëve (mg/l)		
	$\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3$	SO_4^{2-}	Cl^-
Lixhaj + Hidraj	0.1-0.2	0.2-0.55	0.8-0.9
Sarandoporo + Bënjë	0.29-0.35	0.4-0.7	0.7-0.6

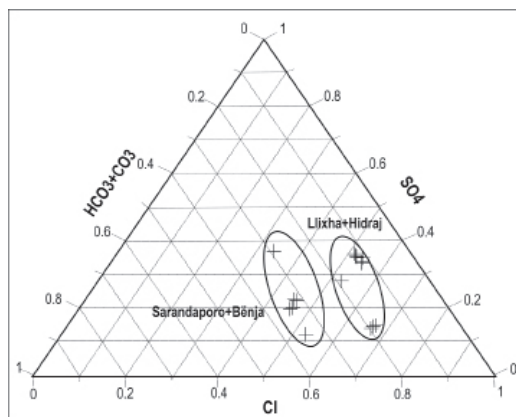


Figura 6. Diagrama trekëndore e anioneve Cl , $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$, SO_4^{2-} (përpiluar nga autorët me programin Aquachem 10, 2022).

Rezultatet e diagramës Na+K-Ca-Mg (Fig. 7) tregojnë se përmbajtjet e kalciumit për burimet Sarandoporo dhe Bënjë janë më të ulëta (0.1 – 0.3 mg/l) sesa ato të Llixhave dhe Hidraj (0.3 – 0.4 mg/l). Këto shoqërohen me përmbajtje relativisht të lartë të Na + K (0.60 – 0.76 mg/l) dhe pak më të ulët të Mg (0.21 – 0.35 mg/l). Përmbajtja e Na + K në burimet Llixhaj dhe Hidraj është më e ulët (0.35 – 0.51 mg/l) në krahasim me Sarandoporo dhe Bënjë, ndërsa përmbajtja e Mg në burimet Llixhaj dhe Hidraj rezulton më e lartë (0.39 – 0.50 mg/l) krahasuar me ato të Sarandoporos dhe Bënjës.

bajtja e Na + K në burimet Llixhaj dhe Hidraj është më e ulët (0.35 – 0.51 mg/l) në krahasim me Sarandoporo dhe Bënjë, ndërsa përmbajtja e Mg në burimet Llixhaj dhe Hidraj rezulton më e lartë (0.39 – 0.50 mg/l) krahasuar me ato të Sarandoporos dhe Bënjës.

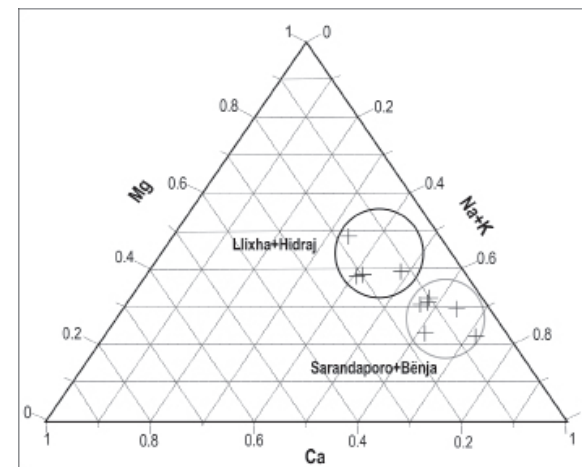


Figura 7. Diagrama trekëndore e kationeve Ca, Mg, Na+K (përpiluar nga autorët me programin Aquachem 10, 2022).

Ndryshimi kimik i ujërave

Në analizat sipas diagramës $\text{Ca}(\text{Ca}+\text{Na})\text{-Na/Cl}$ rezulton se përmbajtja e klorureve rritet nga tretja e mineraleve kloride, ndërsa ujërat e sedimentimit janë të pasura me klorure. Me rritjen e thellësisë ndodh rritja graduale e klorureve deri në uljen e ndikimit të ujërave të infiltracionit ku kloruret kanë përmbajtje të lartë. Kështu që zvogëlimi i raportit Na/Cl tregon rritjen e shkallës së ndryshimit kimik. Kur ky raport ka vlera më të larta se njësi, kemi të bëjmë me ujëra të pandryshuara nga ana kimike. Raporti i kationeve $\text{Ca}/(\text{Ca}+\text{Na})$ dhe Na/Cl tregojnë që vlerat e ulëta janë karakteristike për ujërat e ndryshuar kimikisht. Në bazë të këtij treguesi, ujërat e burimeve të Llixhave dhe Hidraj tregojnë se kanë pësuar shumë ndryshime kimike.

Nga bashkëlidhja e raporteve të ndryshimeve kimike dhe mineralizimit të

përgjithshëm (Fig. 8), konkludohet se:

- Ujërat e burimeve termale janë të ndryshuara kimikisht.
- Shkallën më të ulët të ndryshimit kimik e kanë burimet e Bënjës.
- Ujërat më të ndryshuar kimikisht janë ato të Llixhave dhe Hidraj.

Shkalla e ndryshimit kimik është përcaktuar me anë të raportit Na/Cl dhe mineralizimit të përgjithshëm. Nga korrelacioni i këtyre dy treguesve, vëhet re që ujërat e burimeve në Llixhat e Elbasanit janë më të metamorfizuar se ato të Bënjës dhe Sarandoporos. Vlerat e ulëta të mineralizimit të përgjithshëm dhe të klorureve në burimet e Sarandoporos dhe të Bënjës janë rezultat i ndikimit të ujërave të infiltracionit.

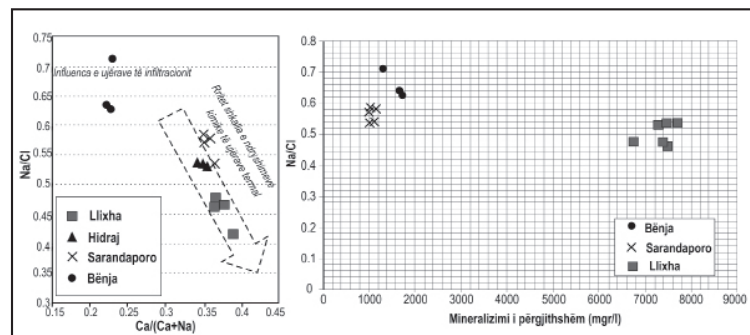


Figura 8. Shkalla e ndryshimit kimik të ujërave termal (përpiluar nga autorët, 2022).

Origjina e ujërave hidrotermale

Origjina e ujërave termal të ndryshuara kimikisht kryesisht është: ajo e infiltracionit të ri dhe të vjetër, me ndikime të ujërave të thellësisë, e shkallës së lartë të përshkueshmërisë termike e shkëmbinjve evaporitikë që ndërtojnë diapiret në pozicionin ku shfaqen ujërat termal, dhe një kohe më të gjatë e bashkëveprimit të ujit me shkëmbin në tretjen e mineraleve kloride. Bazuar në treguesit e kationeve Na/(Na+Ca) dhe Na+K (Fig. 9), kemi këtë klasifikim të ujërave termal:

- *Ujërat me origjinë të ndërmjetme* si pasojë e bashkëveprimit me shkëmbinj të evaporitikë, përzihet me ujërat hidrotermalë regional të thellësisë. Në këtë grup përfshihen ujërat termal në Lixha dhe Hidraj.
- *Ujëra me origjinë të përzierë* ku më tipik janë ato të Bënjës.
- *Ujëra thjesht të infiltracionit*. Në zonën në studim nuk ka, por më të ndikuar nga infiltracioni janë burimet e Sarandaporos dhe kampioni nr. 4 i Lixhave.

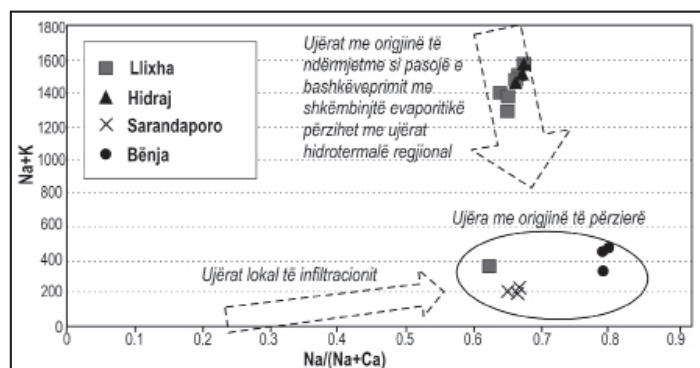


Figura 9. Klasifikimi i ujërave termale sipas origjinës (përpiluar nga autorët, 2022).

Nga analizat vihet re qartë ekzistenca e të tre proceseve të formimit të H₂S në të gjithë burimet e korreluara, që janë: reduktimi bakterial i sulfatit, zbrëthimi termik i përbërësve të squfurit në kerogjen ose naftë dhe

reduktimi termokimik i sulfatëve (TSR). Korrelacionet e përmbajtjes së H₂S, veçohen qartë me karbonin organik total (TOC) dhe jonet sulfat (SO₄²⁻) sipas rezultateve të dhëna në vazhdim në figurat 10 dhe 11.

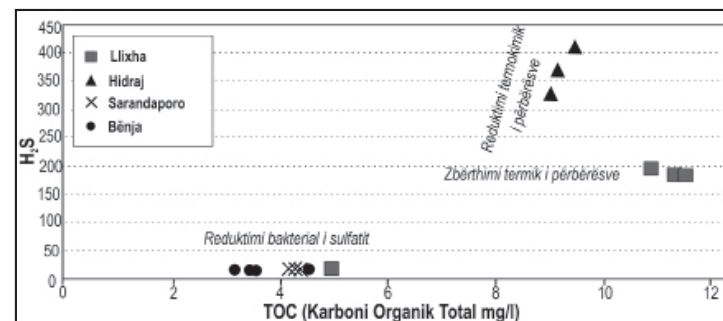


Figura 10. Korrelacioni i Karbonit Organik Total (TOC) me H₂S (përpiluar nga autorët, 2022).

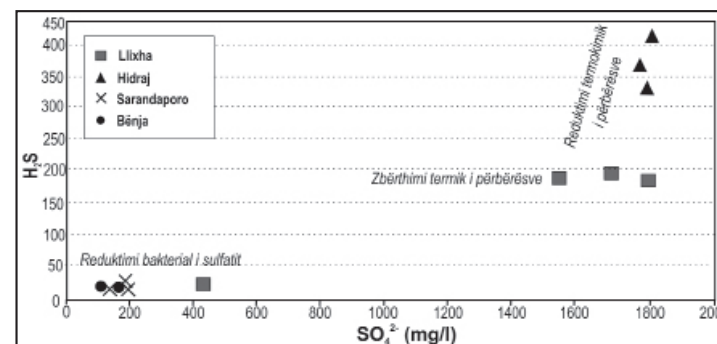


Figura 11. Korrelacioni i SO₄²⁻ me H₂S (përpiluar nga autorët, 2022).

PËRFUNDIME

Burimet termale të Lixhave shfaqen në kontaktin litologjik midis depozitimeve të Oligocenit të sipërm dhe atyre të Akuitanianit, i cili shfaqet në dy pamje si kontakt litologjik me horizontet olistolitesh, konglomeratesh dhe ranorësh konglomeratikë dhe në formën e shkëputjes tekton-

ike si tërthore e gjatësore. Kjo kolonë mbështetet mbi një "kupolë" diapirike e cila lidhet me tavanin e diapirit të Dumresë.

Ujërat termalë të rajonit Elbasan (Lixhat dhe Hidraj) janë të tipit Kloro – Magnezial – Natrium – Kalcium

dhe me origjinë të ndërmjetme si pasojë e bashkëveprimit me shkëmbinjtë evaporitikë, përzierjes me ujërat hidrotermale regjional dhe të infiltracionit. Ata janë të ndryshuar kimikisht dhe të ndikuar nga ujërat e infiltracionit. Përmbajtja e gazit sulfhidrik në këto ujëra është e lartë. Ky gaz në vendburimin Llixha ka origjinë prej zbërthimit termik të përbërësve të squfurit në kerogjen ose naftë, ndërsa në burimin e Hidraj vjen nga

reduktimi termokimik i sulfateve.

Për shkak të këtyre karakteristikave do ishte e rekomandueshme të studiohet më tej përqendrimi i këtij gazi në atmosferë, dhe gazeve hidrokarbure që i shoqërojnë këto burimet termale. Po kështu derdhja e këtyre ujërave termomineralë në rrjetin lumor duhet të bëhet nëpërmjet trajtimit paraprak në impiante pastrimi.

REFERENCAT

- FRASHËRI A. & EFTIMI R. (2016). Ujërat Termale dhe minerale të Shqipërisë. *Shtëpia Botuese e Librit Universitar*, p. 13.
- FRASHËRI A. & KODHELAI N. (2010). Burimet e energjisë gjeotermale në Shqipëri dhe platformë për përdorimin e tyre. *Shtëpia Botuese e Librit Universitar*, 4, p. 34.
- GIGGENBACH W. F. (1988). Geothermal solute equilibria. Derivation of Na–K–Mg–Ca geothermometers. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 52, 2749–2765.
- SINGH H. K., CHANDRASEKHARAM D., VASELLI O., TRUPTI G., SINGH B., LASHIN A. & AL ARIFI N. (2015). Physico-chemical characteristics of Jharkhand and West Bengal thermal springs along SONATA mega lineament, India. *Journal of Earth System Science*, 124(2), 419–430. DOI:10.1007/s12040-015-0550-4
- HUNT J. M. (1996). Petroleum Geochemistry and Geology. *W.H. Freeman and Company*, New York, p. 332.
- NOTH S. (1997). High H₂S contents and other effects of thermochemical sulphate reduction in deeply buried carbonate reservoirs. *Geologische Rundschau* 86, 275–287.
- PIPER A. M. (1944). A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. *American Geophysical Union Transactions* 25, 914–928.
- TASHKO A. (2006). Gjeokimia. Ligjësi dhe zbatime. *Shtëpia Botuese e Librit Universitar*, 3, p. 67.
- VUKZAJ N., KARANXHA Z. & JOKA H. (2020). Harta gjeologjike, plansheti me nomenklaturë K–34–101–C–c (Shtërmëni), shkallë 1: 25000.
- WORDEN R. H., SMALLEY P. C. & OXTOBY N. B. (1995). Gas Souring by Thermochemical Sulfate Reduction at 140°C. *AAPG Bulletin* 79 (6), 854–863.
- WORDEN R. H., SMALLEY P. C. & OXTOBY N. B. (1996). The effects of thermochemical sulphate reduction upon formation water salinity and oxygen isotopes in carbonate gas reservoirs. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 60 (20), 3925–3931.

PHYSICAL – CHEMICAL PROPERTIES, ORIGIN AND CHEMICAL ALTERATION IN THE THERMAL SPRINGS FROM LLIXHA, ELBASAN

DHORI DAPI^{1*}, AURELA JAHJA², JULINDA SULEJMANI¹ & IRIDA ÇELA¹

¹Albanian Geological Survey, Zef Serembe Str., Tirana, Albania

²Polytechnic University of Tirana, Faculty of Geology and Mining, Elbasan Str., Tirana, Albania

*Corresponding author: doriadapi@gmail.com

(Manuscript submitted in March 2022; accepted for publication in February 2023)

ABSTRACT

The thermal springs of Llixha, near Elbasan, represent some of the springs with the highest temperature in the Albanides territory. The purpose of this study was to analyze the water samples, geochemical analysis for 16 elements, the physical-chemical indicators of these springs and correlate them with those of the springs of Benja and Sarandaporo. A common feature of all these water sources is their geological setting, which is the western side of tectonic unit Kruja. The physical – chemical indicators of these springs are connected to the geological setting and to the surface waters infiltration regime. The springs from Llixha were separated into two groups, the first one including the northern sector springs, while the second one, those from Hidraj area in the southern sector. The general mineralization value reaches up to 7381 mg/l, while the hardness values reach between 23.1 and 152.2 mg/l. The thermal springs from Elbasan region are included in the acidic waters and chlorine – magnesium – sodium – calcium type. Their origin is intermediary, being a result of interstitial fluids interaction with the evaporitic rocks, and mixing of hydrothermal regional waters, without excluding the surface infiltration waters. The thermal springs from Llixha and Hidraj contain high amount of H₂S, its origin differing from one location to another.

Keywords: geothermal springs, cations, anions, general mineralization, chemical changes.

INTRODUCTION

The thermal springs from Llixha (Elbasan) are located in the vicinity of Shirjan village, around 12 km to the south of Elbasan city, on Tegan river plain, and contain seven springs separated into two groups, Llixha and Hidraj respectively. Llixha group is located on Prifti river plain, around 1.2 km to the northwest of Guri i Kaçik mountain (351 m), while Hidraj group is located on Banja river plain, 1.5 km to the southeast of Llixha. The western side of Llixha springs are surrounded by hills, which reach the highest peak of 300 m and separate Llixha and Hidraj areas. The water has high temperatures (55 – 60 °C) and flow rates of 15 – 28 l/sec. The curative and health-restoring properties of these thermal springs have been known for a relatively long time.

A characteristic of Elbasan thermal springs is the constant temperature (70 – 80 °C) and constant water flow of 15 l/sec, for long periods of time, more than 50 years. These data attest the stable thermo – hydrodynamic regime of the reservoir. The thermal water springing from the depth is getting colder by mixing with the subsurface infiltration waters (Frashëri & Kodhelaj 2010).

Hidraj thermal springs can be found approximately 1.5 km to the southeast of Llixha (Fig. 1). Three springs are located on both sides of Banja stream, each one exhibiting water and gas emissions in their vicinity.

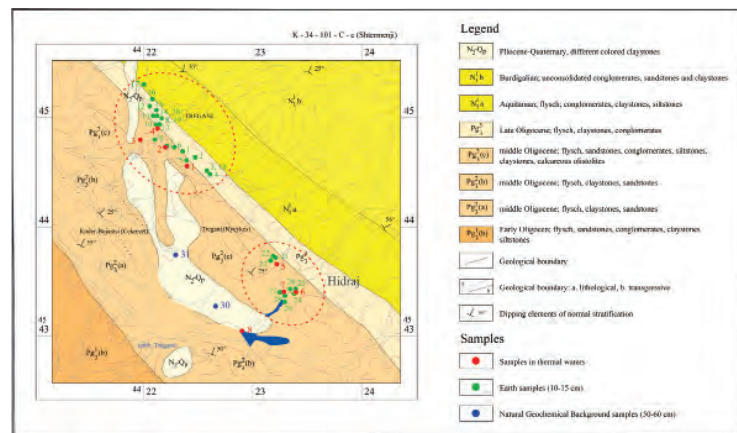


Figure 1. Geological map of the investigated area and springs location on sheet K-34-101-C-c (Shtërmeni) (bazuar në Vukaj et al. 2020).

The landscape's beauty and the curative properties of these springs brought in the recent years the increased use without criteria as well as many illegal constructions.

The climate is warm, characteristic of hilly areas. According to the data provided by the nearest meteorological station located 12 km to the north, the yearly average temperature is 15.4 °C, with a minimum value of 6.5 °C in January and a maximum of 24.1 °C in August. The annual average rainfall is 1157 mm, from which more than 70% stretch over a period of several months, from October to March (Frashëri & Eftimi 2016).

GEOLOGICAL SETTING

The studied area is represented by Oligocene – Miocene flysch and Miocene molasses sediments. The border between these formations is oriented parallel to the outlet line of these springs, and further to the east, in areas located less than 100 m away. The middle – upper Oligocene deposits crop out in the springs area, their upper part being separated into two flyschoidal formations, a lower

one with claystones – sandstones intercalations, and an upper part with claystones and marlstone lenses. Llixha springs are located in the upper part of this succession.

The Oligocene sediments are overlain by Cretaceous – Eocene nummulitic limestones deposits (olistolites), with a dipping angle from 36° to 75°. Their stratification is in non-conformity with that of the claystone – sandstone's deposits. The limestones build the highest peaks, while the lower part is mainly terrigenous. To the east of the Oligocene deposits, the Aquitanian sediments (N_{1a}) form a narrow strip with a maximum thickness of 220 m and are mainly composed of unconsolidated polymictic conglomerates. The conglomerates contain a lot of clayey material, which affects the water infiltration process. These sediments are covered by Burdigalian claystones and marlstones (N_{1b}) which represent the main cover of Llixha syncline. From geological point of view, the investigated area is part of Llixha syncline, where the youngest Miocene molassic sediments overlain the Oligocene flysch. The whole structure has a north –

eastern extension, similar to that of Tirana syncline.

The seismic data indicate a flat structure at a depth of 1800 – 2000 m, corresponding with the upper part of the buried limestone structure named Llixha anticline. This structure is part of the geothermal network of Kozan to the north and Galigati to the south. The buried anticline of Galigati

was found at a depth of around 4000 m. The Galigati 2 borehole, located 9 km to the south of Llixha and Hidraj, proved the carbonate deposits existence at a depth of 2900 m. During the exploration works, the thermo-mineral water temperature at the wellhead was around 45 – 50 °C.

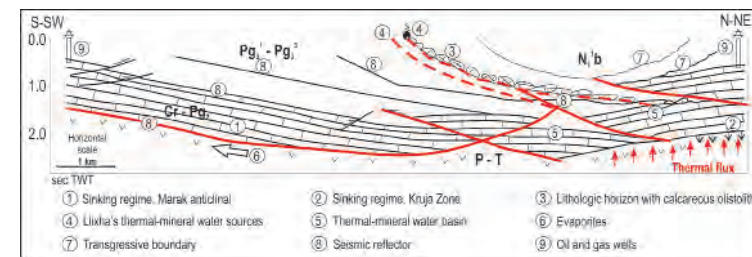


Figure 2. Location of Llixha thermal springs (redrawn after Frashëri & Kodhelaj 2010; modified by the authors, 2022).

METHODOLOGY

The sampling procedure for physical – chemical analyses was performed on water collected at the source, with clean bottles of size 1 – 1.5 l. The samples were transported in refrigerating boxes at a temperature of 4 – 12 °C, to the Albanian Geological Survey's laboratory within a 24 hours' interval from their sampling.

The water samples' investigations were focused on analyses for: pH, electrical conductivity, total carbon content (TOC), cations, anions, dry residue, general mineralization, hardness and hydrogen sulphide (H₂S). The electrical conductivity is easily measurable in natural waters and represents the water capability to transmit the electrical current (Frashëri & Kodhelaj 2010). This indicator is affected by the amount of inorganic substances dissolved in water (general mineralization) and has higher values when the amount of dissolved substances increases. It

can be representative for the general mineralization, an indicator which is cheap and fast to measure, but must be accompanied with other analyses. In the context of petroleum and gas exploration, an increase of electrical conductivity may indicate influence of existing fluids, which exhibit high general mineralization, or hydrogeological connection between areas with difficult water circulation (Tashko 2006). The pH represents the acidity or basicity on a scale from 0 to 14, being susceptible to chemical changes in fluids (Frashëri & Kodhelaj 2010). Similar to conductivity, it can be considered a good preliminary indicator for water chemistry, but it is not enough to identify the factors which caused the pH changes. In oil and gas traps, a lowered pH can indicate acids existence, which are characteristic for the bottom reservoir fluids. The thermal waters' classification according to the present investigations were based on the following:

- Presence of sedimentary successions deposited under reducing conditions (evaporitic rocks);
- Presence within the succession of soluble minerals during the thermal fluids migration;
- Presence of underground diapirs and diapiric domes;
- Presence of closed geological environment similar to oil and gas traps;
- Surface waters infiltration regime.

The natural waters' chemical properties were identified by measuring the content of cations, anions and metals (Frashëri & Kodhelaj 2010), where the highest values were registered for copper and manganese. The chlorides presence is supposed to be connected to:

- Infiltration and sedimentation fluids;
- Dissolution of chloride minerals;
- Chemical reactions in aquatic environments with high temperature.

The fluids chemical properties in thermal springs are conditioned by origin, thermic regime, migration pathways and relation between fluids and surrounding rocks.

Ternary diagram $Cl-SO_4-HCO_3+CO_3$ (Giggenbach 1988; Singh et al. 2015) is used to classify the geothermal waters based on the concentration of main anions (Cl , SO_4 -2 and HCO_3 -1). By using this diagram several types of thermal waters can be separated, as follows: mature waters, peripheral waters, volcanic waters and steamy hot waters. This diagram can give a preliminary indicator for waters mixing. The location on ternary diagram is given by the sum of the three components' concentrations (in ppm).

Ternary diagram $Na+K-Ca-Mg$ (Piper

1944; Giggenbach 1988) is used to classify completely balanced, partial balanced and raw waters. It can be used to forecast the equilibrium temperature and the suitability of thermal waters for geo-thermometer application in ionic solutions. This plot is based on temperature, where the dependence of the full equilibrium of potassium and sodium minerals is expected to happen after the isochemical recrystallization, in the conditions of a geothermal environment. This diagram shows the fluid – rock equilibrium in the conditions when the values reach a complete balance, which shows the initial mineral disintegration, before the equilibrium reaction is established. With the purpose of establishing the connection between chemical composition and the origin of saline fluids, the Ca ($Ca+Na$)- $NaCl$ diagram can also be used.

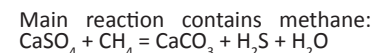
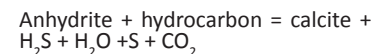
Origin of hydrogen sulfide (H_2S) in thermal waters

The hydrogen sulfide content in thermal waters is high. Methane acts as the carrier gas for hydrogen sulfide, its generation being connected to the kerogen, oil and/or anhydrite formations. Generally, this acid, in thermal waters and oil reservoirs can be generated through three processes:

- Bacterial sulfate reduction;
- Sulfur compounds thermal decomposition in kerogen or diesel;
- Thermochemical reduction of sulfates (TSR).

Bacterial sulfate reduction and sulfur compounds thermal decomposition lead to low levels of hydrogen sulfide (<3 – 5 %). Thermal decomposition is the only process capable to produce high amounts of hydrogen sulfide, and it's common in the presence of evaporitic deposits (mainly anhydrite) at the contact with calcareous sediments, at temperatures higher than 120 °C (Worden et al.

1995). This process can happen also at temperatures up to 80 °C (Hunt 1996; Noth 1997). The main reaction for thermochemical reduction of sulfates (TSR) is according to Worden et al. (1996):



RESULTS AND DISCUSSIONS

The results of thermal water analyses are presented in table 1. With the purpose of correlating the thermal springs, in the table were added the physical – chemical analyses' values for Llixha, Hidraj (Elbasan), Bënjë and Sarandaporo. The physical – chemical properties for the investigated

thermal waters were dependant on the following factors:

a. Local lithology:

- Carbonate – dolomitic section of Ionian and Kruja tectonic zones;
- Evaporitic section of Dumre diapirs;
- Flyschoidal sequence from Ionian and Kruja tectonic units;
- Miocene sedimentary sequence.

b. Diapirism phenomena in evaporitic deposits.

c. Tectonic faults and transgression sequences.

d. Springs position within the hydrogeological regional model.

Table 1. The data of the physical-chemical analyzes in the thermal waters of Lixha and Hidraj (Elbasan).

No.	Samples Location	X	Y	S	pH	Electrical conduc- tivity (µS/cm)	TOC (Total Or- ganic Carbon)	TN (Azot total)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	PO ₄ ³⁻ (mg/l)	F ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	
1	Lixhat - Elbasan (at source)	4422400	4544557	151	6.83	mg/l	TN (Total Azot)	14.5	2480	1510	-	0.18	0.05	0.05	1.64	18.6	1184	107.3	691.38
2	Lixhat - Elbasan (at source)	4422200	4544730	135	6.76	9890	10.6	17	2717.8	1677.8	-	0.16	0	0.6	21.8	1269.6	128.9	771.54	
3	Lixhat - Elbasan (at source)	4421972	4544798	133	7.11	10010	11.2	14.89	2740	1785.91	-	0.18	0.05	1.64	19.1	1264.2	115.2	741.48	
4	Lixhat - Elbasan (at source)	4422130	4544802	129	7.86	2600	4.8	0.6	778.75	413.56	-	0.11	0.12	1.82	0.22	324.6	29.3	210.42	
5	Hidraj - Elbasan (at source)	4423223	4543659	265	6.72	9730	9.2	13.57	2698	1804.42	-	0.18	0	1.6	17.4	1445	131	761.52	
6	Hidraj - Elbasan (at source)	4423399	4543403	236	6.99	9460	8.9	13.42	2591.5	1765.33	-	0.17	0	1.44	16.8	1383	123	751.5	
7	Hidraj - Elbasan (at source)	4423287	4543405	221	7.02	9470	8.8	13.71	2556	1785.91	-	0.16	0	1.34	17.2	1353	125	751.5	
8	Hidraj - Elbasan (reservoir)	4422904	4543048	217	7.93	1304	2.4	0.68	209.45	227.97	-	0.12	0	1.1	0.55	132	9.5	90.18	
9	Lixhat Sarandaporo - Leskovik (bath no.1)	4472280	4440540	430	7.49	1679	4.3	0.75	335.48	144.44	0.1	0.08	0	1.2	0.61	179	17.7	103.21	
10	Lixhat Sarandaporo - Leskovik (bath no. 2)	4472280	4440540	430	7.54	1681	4.2	0.63	333.7	141.56	0.05	0.08	0	1.3	0.55	191.1	17.8	104.21	
11	Lixhat Sarandaporo - Leskovik (at source)	4472319	4440473	388	7.32	1695	4.2	0.72	337.25	162.13	0.16	0.09	0.01	1.42	0.52	194.7	15.3	108.22	
12	Lixhat Sarandaporo - Leskovik (at source)	4472448	4440396	390	7.32	1696	4.22	0.74	339.03	164.19	0.18	0.09	0.01	1.38	0.53	197.3	14.2	108.22	
13	Lixhat e Benjës - Permet (at source)	4451853	4456982	338	7.04	2080	4.36	0.9	452.62	102.18	0.09	0	0.62	1.2	0.52	322.6	9.2	95.2	
14	Lixhat e Benjës - Permet (at source)	4451848	4456939	334	7.09	2840	3.36	0.9	711.77	149.79	0.17	0	0.12	0.39	0.62	452.6	18	129.3	
15	Lixhat e Benjës - Permet (at source)	4451840	4456919	335	7.14	2840	3.4	0.92	710.35	151.02	0.18	0	0.01	1.39	0.78	447	14.8	129.3	
16	Lixhat e Benjës - Permet (at source)	4451829	4456888	340	7.28	2840	3.1	1.09	715.32	150.61	0.21	0	0.18	1.02	1.03	450.2	14.6	129.1	

Table 1. The data of the physical-chemical analyzes in the thermal waters of Lixha and Hidraj (Elbasan) (continuation).

No.	Samples Location	Mg ²⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Fe ²⁺	SiO ₂	Dru residue	Hardness (Ger- man grade)	General Mineral- ization	H2S	Suspension material	Cu	Pb	Ni	Co	Mn	Cr	Zn	Cd
1	Lixhat - Elbasan (at source)	206.72	549	0	0.12	-	6466.11	144.18	6750.61	184.5	0.4	0.089	0.006	0.018	0	0.166	0.062	0.033	0.001
2	Lixhat - Elbasan (at source)	206.9	594.75	0	0.06	-	7084.06	155.42	7391.43	192.6	0.4	0.095	0.007	0.002	0	0.097	0.056	0.044	0.001
3	Lixhat - Elbasan (at source)	237.12	549	15	0.03	-	7186.03	158.18	7470.53	184.52	0.7	0.09	0.004	0.01	0	0.115	0.06	0.03	0.001
4	Lixhat - Elbasan (at source)	66.88	274.5	15	0.08	-	1968.11	44.79	2115.36	20.05	2.5	0.02	0.006	0.015	0	0.147	0.023	0.02	0.001
5	Hidraj - Elbasan (at source)	218.88	625.25	0	0.02	-	7380.65	156.78	7703.27	413.1	3	0.023	0	0	0	0.02	0.024	0.006	0.001
6	Hidraj - Elbasan (at source)	200.64	610	0	0.07	-	7128.45	151.18	7443.45	370.4	1.7	0.02	0	0	0	0.023	0.022	0.002	0
7	Hidraj - Elbasan (at source)	212.8	610	0	0.09	-	7098	153.98	7313	330.2	0.9	0.02	0	0	0	0.021	0.022	0.002	0
8	Hidraj - Elbasan (at source)	45.6	170.8	12	0.08	0.78	803.95	23.1	889.35	12.81	3.8	0.005	0	0.01	0	0.014	0	0.003	0.001
9	Lixhat Sarandaporo - Leskovik (bath no.1)	32.83	247.05	0	0.02	1.05	928.1	21.98	1061.62	14.71	0.1	0.003	0	0	0	0.003	0	0	0
10	Lixhat Sarandaporo - Leskovik (bath no. 2)	32.22	244	0	0.02	1.54	934.54	21.98	1066.54	12.84	0.5	0.003	0	0.002	0	0.005	0	0.001	0
11	Lixhat Sarandaporo - Leskovik (at source)	31.01	240.95	0	0.06	3.2	961.19	22.26	1091.66	15.05	3.6	0.002	0	0	0	0.002	0	0	0
12	Lixhat Sarandaporo - Leskovik (at source)	30.4	237.9	0	0.22	2.02	264.52	22.12	1093.47	14.88	3.3	0.003	0	0.001	0	0.007	0	0.001	0
13	Lixhat e Benjës - Permet (at source)	29.79	295.85	0	0.01	2.78	1151.96	20.16	1309.88	16.15	1	0.003	0	0	0	0.001	0.002	0.001	0
14	Lixhat e Benjës - Permet (at source)	29.18	207.4	0	0.01	5.9	1586.55	24.76	1700.25	15.13	4	0.005	0	0	0	0.001	0.003	0.003	0
15	Lixhat e Benjës - Permet (at source)	29.2	210.45	0	0.01	4.66	1579.15	24.78	1694.37	15.22	6.3	0.007	0	0.001	0.002	0.012	0.003	0.004	0
16	Lixhat e Benjës - Permet (at source)	29.28	201.3	3	0.01	4.93	1585.1	24.78	1695.75	15.98	11.7	0.005	0	0	0	0.005	0.004	0.001	0

Based on the correlation between two indicators, electrical conductivity and general mineralization (correlation coefficient around 1), these natural waters were classified into three groups (Fig. 3):

- *First group* includes samples from Sarandaporo and Bënja thermal springs which are characterized by low general mineralization and low electrical conductivity values;
- *Second group* includes samples no. 4 from Llixha and no. 14 from Bën-

ja, and exhibit slightly higher values for both general mineralization and electrical conductivity parameters than the first group, but less compared to the third one;

- *Third group* contains the remaining samples from Llixha and Hidraj, with highest general mineralization and electrical conductivity values. These values indicate a direct correlation between the increase of general mineralization and electrical conductivity.

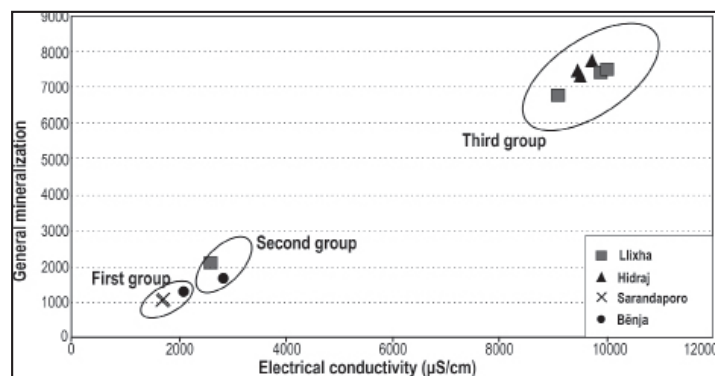


Figure 3. Correlation between electrical conductivity and general mineralization (this study, 2022).

Llixha and Hidraj thermal springs display low pH values and high electrical conductivity (Fig. 4), with high general mineralization (Fig. 3). Based on the correlation between pH and electrical conductivity there were separated 4 groups:

- *First group* includes sample no. 4 from Llixha and is characterized by low electrical conductivity value, but the highest pH;
- *Second group* includes Sarandaporo springs, with the lowest electrical conductivity and average pH values;

- *Third group* includes Bënja samples and exhibits low electrical conductivity and low to average pH values;

- *Fourth group* includes samples from Llixha and Hidraj and displays the highest electrical conductivity and low pH values.

The correlation graphic between chloride and sodium (Fig. 5) indicates that the high amount of chlorides within the thermal waters is connected to the interstitial fluids and chlorine – bearing minerals.

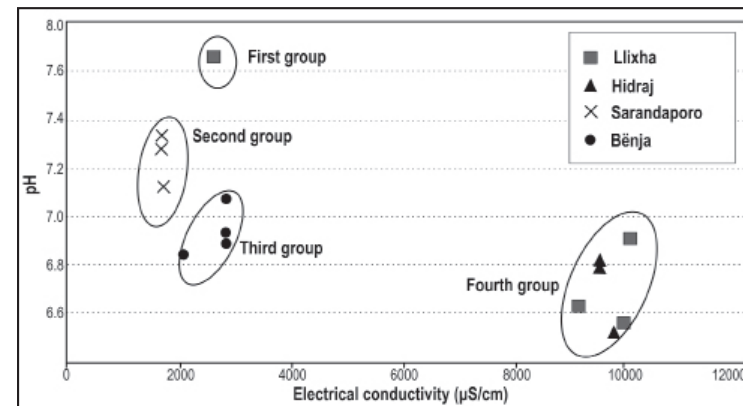


Figure 4. Correlation of electrical conductivity with pH of natural waters (this study, 2022).

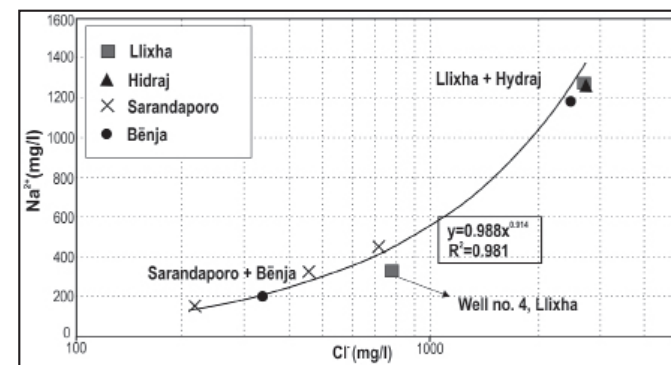


Figure 5. Correlation between chlorides (Cl⁻) and sodium (Na⁺) (this study, 2022).

According to the analyses' results (Fig. 5), the thermal springs from Elbasan region are characterized by increased quantities of chlorides and sodium, and fall within the chlorine – magnesium – sodium – calcium group, compared to those from Bënja (Përmet), which belong to the chlorine – sodium – calcium type and display lower to intermediate values of these chemical elements. This is the result of the different regional

geological setting.

Regarding the temperature of these thermal springs, there is a noticeable change between the sources, on the both sides of Tegan river. The springs located on the right side have lower water temperature of 23 – 26 °C, while those on the left side exhibit temperatures higher than 30 °C. This feature makes this springs group to have the highest tempera-

ture among the investigated thermal sources. The water of some springs is potable and has curative effects. The Sarandoporo and Leskovik thermal waters are similar to those from Bënja (Përmet) with temperatures of 26 – 28 °C.

Based on the diagram for geothermal

waters classification according to the main components ($\text{Cl} - \text{SO}_4^{2-} - \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$), the springs from Llixha and Hidraj differ from those of Sarandoporo and Bënja (Table 2; Fig. 6).

Table 2. Main anions content ($\text{Cl} - \text{SO}_4^{2-} - \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$).

Table 2. Main anions content ($\text{Cl} - \text{SO}_4^{2-} - \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$).

Sources	Elements' content (mg/l)		
	$\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$	SO_4^{2-}	Cl^-
Lixhaj + Hidraj	0.1-0.2	0.2-0.55	0.8-0.9
Sarandoporo + Bënjë	0.29-0.35	0.4-0.7	0.7-0.6

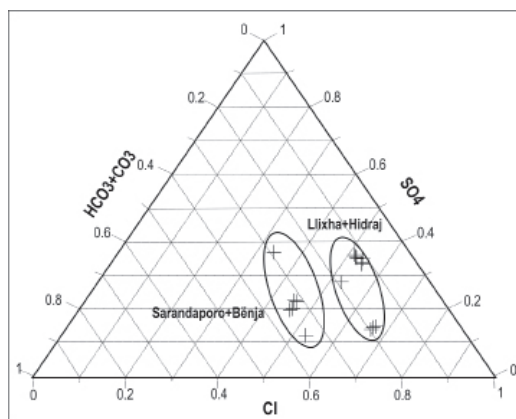


Figure 6. Anions ternary diagram $\text{Cl}, \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}, \text{SO}_4^{2-}$ (this study; compiled with Aquachem 10 program, 2022).

The results according to Na+K-Ca-Mg diagram (Fig. 7) indicate that the calcium amount in Sarandoporo and Bënja springs are lower (0.1 – 0.3 mg/l) compared to those from Llixha and Hidraj (0.3 – 0.4 mg/l). These are associated with relatively high Na + K content (0.60 – 0.76 mg/l) and slightly lower Mg amount (0.21 – 0.35

mg/l). The Na + K content in Llixha and Hidraj springs is lower (0.35 – 0.51 mg/l), compared to those of Sarandoporo and Bënja, while the Mg amount is higher in Llixha and Hidraj (0.39 – 0.50 mg/l), compared to the second group.

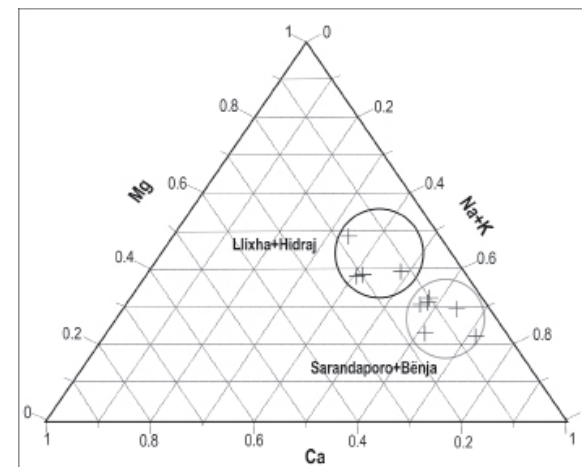


Figure 7. Cations ternary diagram Ca, Mg, Na+K (this study; compiled with Aquachem 10 program, 2022).

Fluids' chemical changes

The results according to Ca(Ca+Na)-Na/Cl diagram indicate that the chlorides content is higher due to chlorine-bearing minerals dissolution and increased amount of these elements in the underground fluids. With the depth increase, the chlorides content increases gradually, concomitant with the decrease of infiltration fluids influence with high chlorides content. The decrease of Na/Cl ratio indicates the chemical change degree. When this ratio has higher values than the unit, the fluids composition remains unchanged. The ratio of various cations, $\text{Ca}/(\text{Ca}+\text{Na})$ and Na/Cl , indicates that lower values are typical for chemically affected waters. According to this indicator, Llixha and Hidraj water springs exhibit chemical changes. From the correlation between chemical changes ratio and general mineralization (Fig. 8) can be

deduced that:

- The waters of the thermal springs are chemically altered;
- The springs of Bënja have the lowest rate of chemical alteration;
- Llixha and Hidraj springs exhibit the highest chemical alteration.

The scale of chemical alteration is established by the Na/Cl ratio and general mineralization. The correlation between these two indicators suggest that the springs from Llixha (Elbasan) underwent more chemical changes than those of Bënja and Sarandoporo. Lowest values of general mineralization and chlorides in Sarandoporo dhe Bënja are the result of infiltration waters influence.

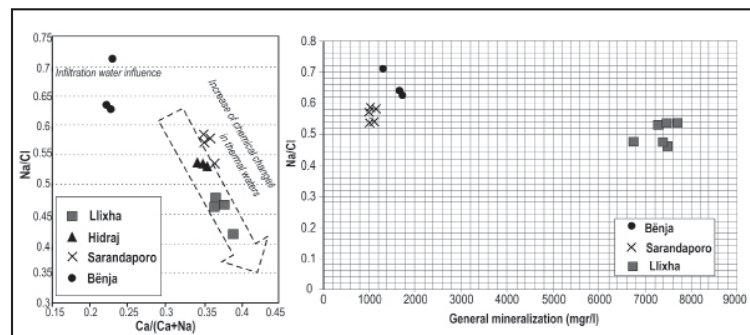


Figure 8. Scale of thermal waters' chemical changes (this study, 2022).

Hydrothermal waters origin

The origin of chemically altered thermal waters is mainly: that of new and old infiltration, with the influence of deep waters, of the high degree of thermal permeability of the evaporitic rocks that build the diapirs in the position where the thermal waters appear, as well as a duration of the interaction of water with the rock in the dissolution of chloride minerals. Based on the Na/(Na+Ca) and Na+K cations (Fig. 9), thermal waters can be classified as follows:

• Springs with intermediary origin

as a result of water and evaporitic deposits interaction, mixing with deeper hydrothermal regional fluids. In this group were included Llixha and Hidraj springs;

- *Waters with mixed origin* (Bënja springs);
- *Simple infiltration waters*. There are none in the study area, but those mostly affected by infiltration are Sarandaporo and sample no. 4 of Llixha springs.

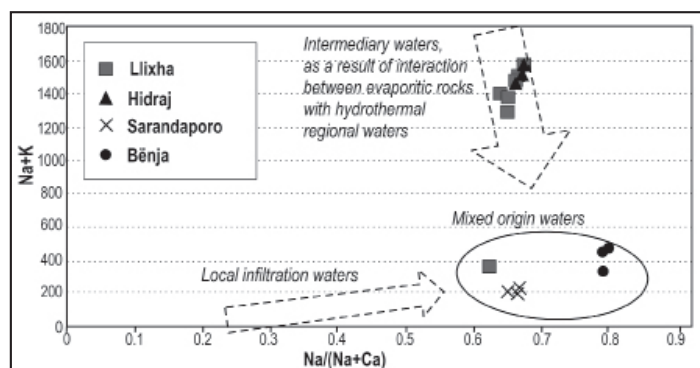
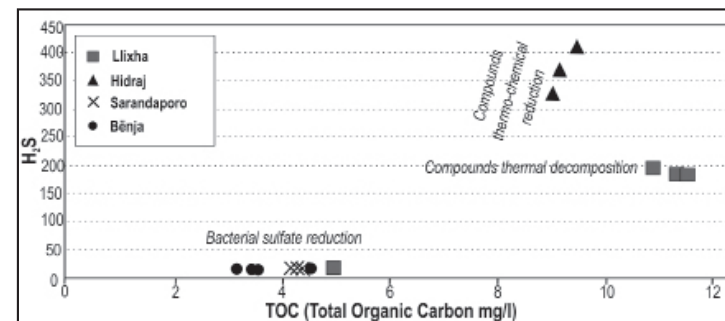
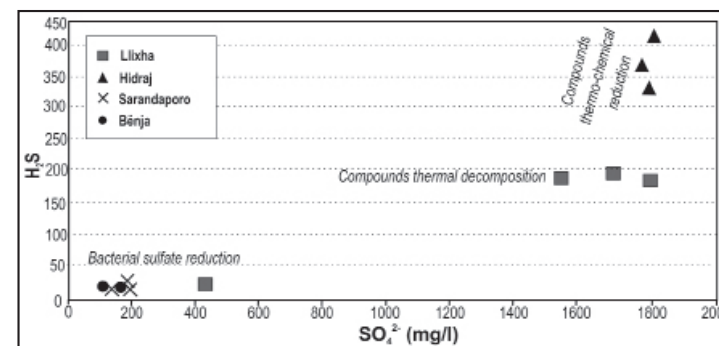


Figure 9. Thermal waters classification according to their origin (this study, 2022).

The analyses' results suggested three processes for H_2S formation in all the correlated springs, which are: bacterial sulfate reduction, compounds thermal decomposition in kerogen or

petroleum, and thermochemical reduction (TSR). Hydrogen sulfide correlation with the total organic carbon content and sulfate ions (SO_4^{2-}) are shown in figures 10 and 11.

Figure 10. Correlation between Total Organic Carbon (TOC) and H_2S (this study, 2022).Figure 11. Correlation between SO_4^{2-} and H_2S (this study, 2022).

CONCLUSIONS

The investigated thermal springs from Llixha are located at the contact between upper Oligocene deposits and Aquitanian ones, being present in both settings, at the lithological contact with the olistolites, conglomerates and sandstones horizons, and in areas with longitudinal and transversal tectonic faults. This succes-

sion is supported by a diapiric "vault" which connects to the roof of Dumre diapirs.

The thermal waters from Elbasan region (Llixha and Hidraj) belong to the chlorine – magnesium – sodium – calcium group, exhibiting intermediary origin, as a result of interstitial

fluids interaction with the evaporitic rocks, regional hydrothermal and infiltration fluids mixing. They are chemically altered and influenced by infiltration fluids. The hydrogen sulfide gas content in these waters is high. At the spring in Llixha, this gas is the result of thermal reduction of sulphur compounds in kerogen and petroleum, while in Hidraj, represents the result of thermochemical reduction of sulphates.

Due to the above-mentioned features, it is highly recommended to further study the concentration of this gas in the atmosphere, and the hydrocarbon gases accompanying these thermal sources. Likewise, the discharge of these thermo-mineral waters into the river network must be done through preliminary treatment in purification plants.

REFERENCES

- FRASHËRI A. & EFTIMI R. (2016). Ujërat Termale dhe minerale të Shqipërisë. *Shtëpia Botuese e Librit Universitar*, p. 13.
- FRASHËRI A. & KODHELAI N. (2010). Burimet e energjisë gjeotermale në Shqipëri dhe platformë për përdorimin e tyre. *Shtëpia Botuese e Librit Universitar*, 4, p. 34.
- GIGGENBACH W. F. (1988). Geothermal solute equilibria. Derivation of Na–K–Mg–Ca geothermometers. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 52, 2749–2765.
- SINGH H. K., CHANDRASEKHARAM D., VASELLI O., TRUPTI G., SINGH B., LASHIN A. & AL ARIFI N. (2015). Physico-chemical characteristics of Jharkhand and West Bengal thermal springs along SONATA mega lineament, India. *Journal of Earth System Science*, 124(2), 419–430. DOI:10.1007/s12040-015-0550-4
- HUNT J. M. (1996). Petroleum Geochemistry and Geology. *W.H. Freeman and Company*, New York, p. 332.
- NOTH S. (1997). High H₂S contents and other effects of thermochemical sulphate reduction in deeply buried carbonate reservoirs. *Geologische Rundschau* 86, 275–287.
- PIPER A. M. (1944). A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. *American Geophysical Union Transactions* 25, 914–928.
- TASHKO A. (2006). Gjeokimia. Ligjësi dhe zbatime. *Shtëpia Botuese e Librit Universitar*, 3, p. 67.
- VUKZAJ N., KARANXHA Z. & JOKA H. (2020). Harta gjeologjike, plansheti me nomenklaturë K–34–101–C–c (Shtërmeni), shkallë 1: 25000.
- WORDEN R. H., SMALLEY P. C. & OXTOBY N. B. (1995). Gas Souring by Thermochemical Sulfate Reduction at 140°C. *AAPG Bulletin* 79 (6), 854–863.
- WORDEN R. H., SMALLEY P. C. & OXTOBY N. B. (1996). The effects of thermochemical sulphate reduction upon formation water salinity and oxygen isotopes in carbonate gas reservoirs. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 60 (20), 3925–3931.

APLIKIMI I PËRCAKTIMEVE PIROLITIKE DHE GASKROMATOGRAFIKE NË PUSIN FORTUZAJ-2

ENKELA NOÇKA^{1*}, ILVA GJIKAJ¹ & GJON RROTA²

¹Universiteti Politeknik i Tiranës, Fakulteti i Inxhinierisë, Matematikë dhe Fizikë, Departamenti i Kimisë së Përgjithshme dhe Inorganike, Tiranë, Shqipëri.

²Universiteti Politeknik i Tiranës, Instituti i Gjeoshkencave, Energjisë, Ujit dhe Mjedisit, Departamenti i Gjeologjisë, Tiranë, Shqipëri.

*Autor korrespondent: eninocka@yahoo.com

(Dorëshkrim i dorëzuar në qershor 2022; i pranuar për botim në nëntor 2023)

ABSTRAKT

Subjekt i këtij artikulli është prezantimi i rezultateve prej studimit të të dhënave të prerjes sedimentare në pusin Fortuzaj-2, nëpërmjet metodave pirolitike (analiza "Rock-eval") dhe gaskromatografike. Ky pus përfaqësohet nga një prerje ku përfshihet diapazoni moshor Hatian (Oligocen i sipërm) – Burdigalian. Në këtë prerje janë analizuar nga ana gjeokimike mostra nga shllami, kampionët e shpimit dhe gazi. Pusi i marrë në shpyrtim edhe pse më i thelli, i bllokuar në flishin e Oligocenit të sipërm nuk arriti të takojë shtratimet e naftës. Duke qenë se në këtë shpim, i vetmi në Albanide, dallohen shenja gazi në flishin e Oligocenit të sipërm, e pamë mjaft të rëndësishme trajtimin e materialit faktik të pusit nëpërmjet metodave të sipërpërmendura. Studimi ynë i paraqitur në këtë artikull jep vlerat e potencialit hidrokarburformues trajtuar me analizën "Rock-eval", dhe origjinën e shfaqjeve të gazit të thellësisë 3902.5 metra të këtij pusi. Nëpërmjet dy metodave gjeokimike të përdorura, u përcaktuan sasia, tipi dhe pjekuria e lëndës organike si dhe karakteristikat gjeokimike të gazeve hidrokarburë të shfaqura në prerje të cilat rezultojnë të jenë të maturuara dhe të tipit yndyror.

Fjalë kyçe: piroliza, Fortuzaj-2, karboni organik, indeksi i hidrogjenit, raport izomerizimi.

HYRJE

Studimi nga ana gjeokimike i pusit të shpuar Fortuzaj-2 u ndërmor për arsye se ky është pusi më i thellë i shpuar në rajonin e Tiranës dhe ai nuk zgjidhi detyrën për të cilën ishte projektuar, e cila ishte kapja e shtratimeve të naftës në prerjen karbonatike. Shpimi u bllokua në depoizimet e flishit të Oligocenit të sipërm. Në prerjet flishore të Oligocenit të sipërm, ky është i vetmi rast në Albanide ku ka shfaqje gazi hidrokarbur të pjekura, të takuara në thellësinë 3902.5 m.

Fillimisht u përcaktua potenciali hidrokarburformues i prerjes së kaluar nga pusi Fortuzaj-2 nëpërmjet metodës pirolitike, siç quhet analiza "Rock-eval". Ndërsa me metodën

gaskromatografike të gazeve hidrokarburë u arrit në konkluzionin që shfaqjet e gazit në thellësinë 3902.5 m duhet të jenë me origjinë nga prerja më e thellë.

Kërkimet për zbulimin e shtratimeve të naftës e gazit po orientohen në ballin e mbihipjeve ose nën mbihipjeve në prerjet e thella sedimentare, me potencial të lartë gjenerimi si pasojë e nivelit të pjekurisë. Këta faktorë, që gjendeshin edhe në zonën ku u krye Fortuzaj-2, u morën parasysh për projektimin dhe shpimin e tij. Në procesin e shpimit të pusit pati manifestime të shumta gazi hidrokarbur që krijonin probleme në avancimin e shpimit. Këto probleme inkurajuan studimin gjeokimik të prerjes

sedimentare që kalonte pusi. Nga metodat gjeokimike që u përdorën, u përcaktuan sasia, tipi dhe pjekuria e lëndës organike si dhe karakteristikat gjeokimike të gazeve hidrokarburë.

NDËRTIMI GJEOLOGJIK

Rajoni Fortuzaj shtrihet në sektorin verior të rrudhosjes flishore Papër – Rovë – Fortuzaj (Fig. 1), i cili sipas studimeve ekzistuese, është konkluduar

se ky rajon përfaqëson vazhdimin më verior të zonës Jonike. Pusi Fortuzaj-2 ka takuar prerjen e Burdigalianit, Akuitanianit dhe Oligocenit të sipërm. Këndi i rënies së shtresave është i madh dhe kjo shpjegon faktin që megjithëse thellësia e shpimit është e madhe, pusi ka kaluar një prerje të reduktuar sedimentare. Kolona litologjike që përshkoi pusi Fortuzaj-2 paraqitet në figurën 2.

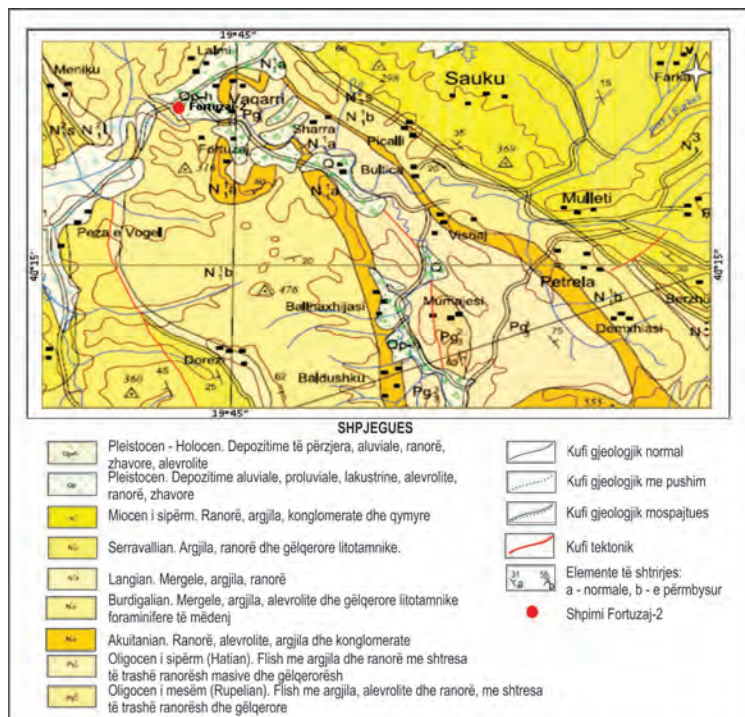


Figura 1. Harta gjeologjike skematike e rajonit Fortuzaj (sipas Xhomo et al. 2002).

Në përshkrimin litologjik nuk do të përfshihet e gjithë prerja sedimentare e rajonit, por vetëm ajo që ka kaluar pusi Fortuzaj-2 (Fig. 2).

Depozitimet e Paleogjenit

Oligoceni i sipërm (Pg_3^3)

Këto depozitime takohen vetëm në brezin flishor Papër – Rovë – Fortuzaj të cilin e konsiderojmë vazhdim të zonës tektonike Jonike. Litologjikisht përfaqësohen nga ndërthurje flishi argjilo – ranor me horizonte vithisë, ranorë të trashë deri masivë e konglomeratë. Karakteristike është prania e shtresave gëlqeroro – ranorike të cilët përgjithësisht takohen në tavan të horizonteve vithisë. Trashësia e Oligocenit të sipërm varion nga 500 m deri 1100 m, ndërsa në pusin Fortuzaj-2 këto depozitime takohen në thellësinë 3160 m.

Depozitimet e Neogjenit

Në këto depozitime është veçuar vetëm seksioni Miocenik. Në depozitimet këtij seksioni u dallua nënseksioni i Miocenit të poshtëm me depozitime Burdigaliane dhe Burdigaliane.

Akuitanian (N_1^1a)

Këto depozitime kanë përhapje shumë të kufizuar. Në pusin Fortuzaj-2 takohen në intervalin 2320 – 3160 m me kënde të mëdhenj (rreth 60°) gati drejt perëndimit. Përgjithësisht përfaqësohen nga ndërthurje flishore argjilo – alevrolito – ranore, me horizonte të rrallë vithisë. Prerja përbëhet nga një flish i hollë argjilo – ranor i pasur me foraminifere planktonike si: Globigerina trilocularis, G. venezuelana, G. woodi, Globigerinoides primordius dhe Globoquadrina dehiscens, të cilat i përkasin zonës

faunistike me Globoquadrina dehiscens tipike për Akuitanianin (Yzeiraj et al. 2004). Duke parë me kujdes prerjen në terren, nuk vërehen diskordanca këndore apo azimutale dhe nga ana tjetër nuk takohet faunë e re që të quhet si bazë trasgresioni e Burdigalianit. Por, nga ana tjetër edhe mungesa e faunës neogjenike, karakteristike për Akuitanianin, tregon se prania e këtyre depozitimeve duhet vënë në dyshim. Duke e parë problemin në kompleks jemi të prirur të zgjidhje përfundimtare të argumentuar këtij problemi, në hartën gjeologjike të paraqitur, këto depozitime janë lënë si të Akuitanianit. Trashësia e këtyre depozitimeve në prerjet e studiara varion nga 50 në 120 m, ndërsa në shpim kapen nga 2320 m deri në 3160 m.

Burdigaliani (N_1^1b)

Depozitimet e Burdigalianit kanë përhapje relativisht më të madhe se ato të Akuitanianit. Në jug, mbi strukturat e zonës Kruja këto depozitime vendosen trasgresivisht mbi depozitimet më të vjetra, deri afër shkëmbinjeve gëlqerorëve. Litologjikisht përfaqësohen nga mergele, argjila mergelore, alevrolite dhe gëlqerorë litotamnike me makroforaminifere. Në fushëpërhapjen e tyre është shpuar pusi Fortuzaj-2, me objekt kapjen e nivelit të gëlqerorëve. Ky nivel nuk u takua dhe pusi mbeti në depozitimet e Oligocenit të sipërm (Yzeiraj et al. 2004). Nga ana tektonike, blloku flishor Rovë – Fortuzaj është një njësi antiklinale nën mbihypjen e zonës tektonike të Krujës. Ky fakt është përcaktuar nga studimet e fundit të kryera në këtë rajon (Dorre et al. 2004; Prifti & Dorre 2009).

Kolona litologjike	Intervall (m)	Mosha gjeologjike	Përshkrimi litologjik
	0 - 2320	N ¹ /b	Burdigalian (N ¹ /b). Mergele, argjila mergele, alevrolite dhe gëlqerorë litotamnike, me kënd të madh rënie.
	2320 - 3160	N ¹ /a	Akuitanian (N ¹ /a). Ranorë, alevrolite, argjila dhe konglomerate, me kënd të madh rënie.
	3160 - 4505	Pg ³	Oligocen i sipërm (Pg ³). Flish argjilo-ranor me shtresa gëlqerorësh, ranore masive, me kënd të madh rënie.

Figura 2. Kolona litologjike e pusit Fortuzaj-2.

METODOLOGJIA

Metodat e studimit i janë përshtatur natyrës së kampioneve të marra gjatë procesit të shpimit të pusit. Kampionet që ju nënshtrohen studimeve gjeokimike janë: coprat e shllamit, kampione të marrë nga kolona e shpimit dhe mostrat e shfaqjeve të gazit. Gama e metodave gjeokimike që aplikohen në prerjet gjeologjike të kapura nga pusët e shpimit është e madhe, por në këtë artikull do të trajtohen vetëm dy: metoda pirolitike (ose analiza "Rock-eval") dhe metoda e studimeve gaskromatografike të shfaqjeve të gazit të takuar në pus gjatë procesit të shpimit.

Metoda pirolitike, ose analiza "Rock-eval", është metodë bazë ku përcaktohet evolucionin i shkëmbit gjatë rritjes së programuar të temperaturës. Procedura përcaktuese është e bazuar në katër cikle pirolitike ku përcaktohen parametrat e mëposhtëm:

- Sasia e hidrokarbureve të lirë gazorë në mostrën e studiuar, tokë ose shkëmb (S_0 = mg.HK/g. shkëmb);
- Sasia e hidrokarbureve të lirë të

lëngët në mostrën e studiuar, tokë ose shkëmb (S_1 = mg.HK/g. shkëmb);

- Sasia e hidrokarbureve të gjeneruar gjatë procesit termik në mostrën e studiuar, tokë ose shkëmb (S_2 = mg.HK/g.shkëmb);
- Temperatura maksimale në °C ku ndodh gjenerimi i hidrokarbureve (S_2), e cila shprehet në T_{max} dhe gjykohet për nivelin e pjekurisë;
- Përmbajtja e lëndës organike, e shprehur me Karbonin Organik Total (TOC);
- Indeksi i hidrogjenit, që shpreh cilësinë e lëndës organike ($HI=S_2/TOC \cdot 100$);
- Indeksi i produktivitetit ($PI=(S_1/S_2)$).

Metoda gaskromatografike është metoda kryesore që aplikohet për të përcaktuar përbërjen hidrokarbure të gazeve natyrorë për diapazonin metan në normal heptan (C_7H_{16}). Gjithashtu përcaktohen edhe format izomere dhe hidrokarburet e pan-

gopur (C_nH_{2n}). Rezultatet e analizave paraqiten edhe grafikisht me anë të gaskromatogramave. Kjo metodë realizohet me anë të aparatit "Gaskromatograf".

REZULTATET DHE DISKUTIMI

Rezultatet e analizës pirolitike të nxjerra me aparatit "Oil Show Analyser" në formë tabele, paraqiten më poshtë (Tab. 1).

Tabela 1. Rezultatet e analizës pirolitike në prerjen gjeologjike të përshkruar nga pusi Fortuzaj-2.

Nr.	Thellësia (m)	Mosha (kate)	Treguesit e analizës "Rock-eval"						
			S_0	S_1	S_2	T_{max}	TOC	HI	PI
1	559,00	N ¹ /b	0	0	0,36	431	0,25	144	0
2	788,00	N ¹ /b	0	0,03	0,96	425	0,53	181	0.03
3	1173,00	N ¹ /b	0	0	0,21	431	0,29	72	0
4	1427,50	N ¹ /b	0	0	0,13	433	0,19	68	0
5	1614,00	N ¹ /b	0	0	0,34	431	0,34	100	0
6	1864,50	N ¹ /b	0	0	0,38	433	0,35	108	0
7	2139,00	N ¹ /b	0	0	0,07	433	0,15	46	0
8	2321,00	N ¹ /a	0	0,02	0,35	431	0,27	129	0.054
9	2728,00	N ¹ /a	0	0,06	0,53	427	0,33	160	0.101
10	2852,50	N ¹ /a	0	0	0,2	431	0,2	100	0
11	2890,00	N ¹ /a	0	0	0,31	430	0,24	129	0
12	2945,00	N ¹ /a	0	0	0,34	430	0,25	136	0
13	2975,00	N ¹ /a	0	0	0,26	431	0,27	96	0
14	3045,00	N ¹ /a	0	0	0,27	432	0,21	128	0
15	3080,00	N ¹ /a	0	0	0,36	431	0,32	112	0
16	3165,00	Pg ³	0	0	0,31	433	0,32	96	0
17	3205,00	Pg ³	0	0	0,31	434	0,28	132	0
18	3360,00	Pg ³	0	0	0,41	434	0,36	113	0
19	3415,00	Pg ³	0	0	0,31	432	0,34	91	0
20	3530,00	Pg ³	0	0	0,27	435	0,29	93	0

Mbështetur në këtë metodë përcaktohen veçoritë gjeokimike të lëndës organike të takuar në prerjen gjeologjike që ka kaluar pusi Fortuzaj-2 (Priiti 1987). Mostrat e gazit janë analizuar me metodën gaskromatografike ku është përcaktuar përbërja hidrokarbure e tyre (Tabela 2).

Shfaqjet e gazit janë takuar në prerjen gjeologjike të Akuitanianit (N¹/a)

dhe në ato të Hatianit (Pg³). Rezultatet e marra me metodën pirolitike (ose analiza "Rock-eval") me anë të aparatit "Oil Show Analyser", interpretohen për të përcaktuar:

- 1.Përmbajtjen sasiore të lëndës organike e shprehur në karbonin organik total (%);

2. Tipin e lëndës organike, ose cilësi-
në e saj;
3. Pjekurinë e lëndës organike;
4. Lëndën organike të lirë të përfaqë-
suar nga hidrokarburet;
5. Produktet e kringizimit termik të
lëndës organike.

Tabela 2. Përbërja hidrokarbure e shfaqjeve të gazit në pusin Fortuzaj-2.

Intervali (metër)	Përbërja hidrokarbure e shfaqjeve të gazeve në pusin Fortuzaj-2 (%volumi)								
	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	iC ₄ H ₁₀	nC ₄ H ₁₀	iC ₅ H ₁₂	nC ₅ H ₁₂	SC6	SC7
2789.5	96.554	0.766	0.175	0.019	0.019	0.008	0.004	0.006	0.004
3893.6	96.778	0.641	0.32	0.028	0.015	0.006	0.004	0.011	0.011
3902.5	88.989	3.969	1.467	0.313	0.821	0.548	0.763	0.919	0.508
3909	99.773	0.203	0.024						

Sasia e lëndës organike

Sasia e lëndës organike është përcaktuar nga piroliza e mostrave shkëmbore nëpërmjet aparatit "Oil Show Analyser" (Tabela 1). Kështu, depozitimet e Burdigalianit kanë përbajtje të lëndës organike që luhet në diapazonin 0.15÷0.53 (Tabela 1), depozitimet e Akuitanianit kanë lëndë organike nga 0.25% deri 0.33%, ndërsa

në depozitimet e Oligocenit të sipërm (Hatiani) përbajtja e lëndës organike luhet nga 0.28÷0.36% (Fig. 3). Nga sa u diskutua më sipër arrijmë në përfundimin që prerja e kaluar nga pusi është e varfër në përbajtje të lëndës organike.

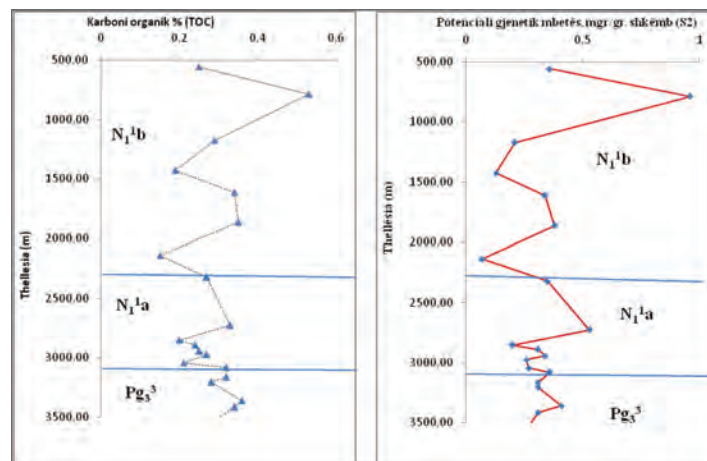


Figura 3. Përbajtja e lëndës organike (TOC) dhe potenciali gjenetik mbetës (S₂) në prerjen e kaluar nga pusi Fortuzaj-2.

Tipi i lëndës organike (Klasifikimi i lëndës organike sipas parametrave pirolitikë)

Duke u mbështetur në treguesit pirolitikë të përshkruar më sipër, realizohet klasifikimi i lëndës organike (Fig.

4). Duke u bazuar në karbonin organik total dhe në potencialin gjenetik mbetës ndahen pesë tipe gjeokimike të lëndës organike të paraqitur në në figuren 4: A – Shume e varfër; B – Varfër; C – Mjaftueshem; D – Mirë dhe E – Shumë e mirë.

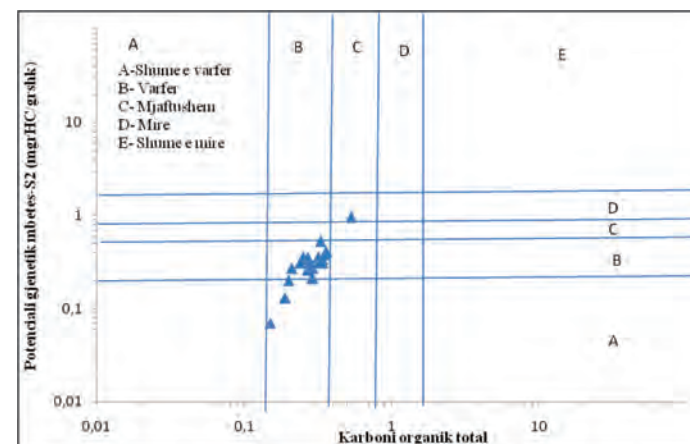


Figura 4. Tipet gjeokimike të lëndës organike sipas TOC dhe S₂.

Në bazë të treguesve pirolitikë (me aparatit Rock-eval) realizohet edhe një klasifikim tjetër duke u mbështetur në indeksin e hidrogjenit HI (Fig. 5). Në këtë mënyrë përcaktohen tipet

potencialë të lëndës organike, pra se çfarë janë të aftë të gjenerojnë, naftë, naftë e gaz ose vetëm gaz (Prifti 1987). Ky klasifikim është shprehur në tabelën 3 dhe figurën 5.

Tabela 3. Rezultatet e analizës pirolitike në prerjen gjeologjike të përshkruar nga pusi Fortuzaj-2.

Tipet potencial të lëndës organike	Indeksi i hidrogjenit	Potenciali gjenetik mbetës (S ₂ =mg.HK/g.shk.)
I. Gjeneron naftë	> 300	> 10
II. Gjeneron gaz e naftë	200 ÷ 300	5 ÷ 10
III. Gjeneron gaz hidrokarbur	50 ÷ 200	1 ÷ 5

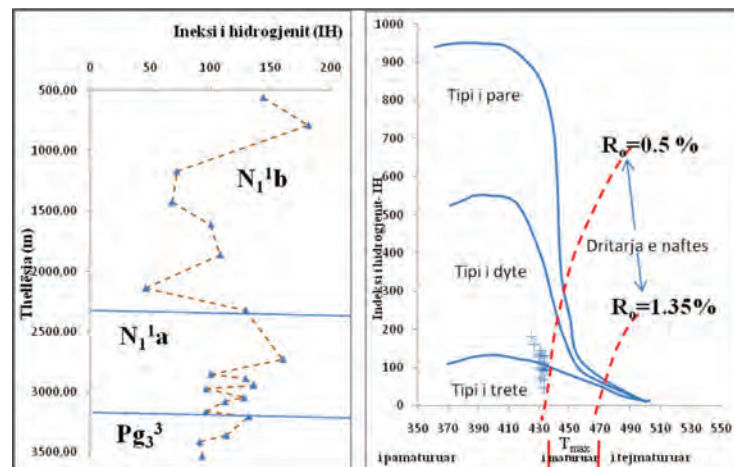


Figura 5. Indeksi i hidrogjenit dhe tipet e lëndës organike në prerjen e pusit Fortuzaj-2.

Bazuar në vlerat e parametrave pirolitike, lënda organike e prerjes gjeologjike të kaluar nga pusi Fortuzaj-2, është e tipit të tretë, e aftë të gjenerojë gaz hidrokarbur. Prerja më e thellë ka potencial më të lartë pasi është më e pjekur (Muskat & Prifti 1991).

Pjekuria e lëndës organike

Pjekuria e lëndës organike në prerjen e pusit Fortuzaj-2 është vlerësuar me anë të dy treguesve gjeokimikë: treguesi pirolitik Tmax dhe indeksi i produktivitetit.

Temperatura maksimale (T_{max})

Siç është përshkruar më sipër temperatura maksimale (T_{max}) në prerjen e pusit Fortuzaj-2 (Fig. 6) luhet në diapazonin 425 – 435 °C. Këto vlera tregojnë se lënda organike është e pamaturuar pranë hyrjes për në dritaren e naftës. Interpretimi i këtij treguesi jepet në figurën 5, ku deri në 435°C është stadi i pamaturuar, 435 ÷ 465 °C lënda organike është e

maturuar dhe përshihet në dritaren e naftës, ndërsa kur kalon vlerën 465°C përfshihet në stadin e tejmatuar.

Vlerësimi i pjekurisë sipas indeksit të produktivitetit (PI).

Indeksi i produktivitetit vlerësohet në sasinë e naftës të takuar në mostrat shkëmbore (S_1) dhe në sasinë e naftës që do prodhojë lënda organike (S_2), indeksi i produktivitetit: $PI = S_1 / (S_1 + S_2)$. Duke u bazuar në indeksin e produktivitetit përcaktohet niveli i pjekurisë së lëndës organike të takuar në prerjen Miocenit të poshtëm dhe Hatianit. Ky raport është vlerësuar vetëm në tre intervale: në thellësinë 788 m ku ka vlerën prej 0.003 dhe në thellësinë 2321 m ku ka vlerën 0.054, lënda organike është e pamaturuar; ndërsa në thellësinë 2728 m ku ka vlerën 0.101, lënda organike është e maturuar. Prerja e kaluar nga pusi ka një tendencë rritje të indeksit të produktivitetit (PI) me thellësinë. Prerja gjeologjike më thellë se 4500 m ka hyrë në dritaren e naftës. Indeksi i produktivitetit korrelohet edhe

me Tmax. Prerja më e vjetër dhe më e thellë shpreh tendencën e rritjes së pjekurisë me thellësinë. Kështu mund të priten shtritime të gazit natyror.

Hidrokarburet e gaztë

Në prerjen e kaluar nga pusi Fortuzaj-2 ka patur shfaqje të hidrokarbureve të gaztë. Bazuar në raportet Metan/Etan dhe Metan/Etan+ janë

përcaktuar tipet gjeokimike të gazeve hidrokarburë të shfaqur në prerjen e kaluar nga pusi Fortuzaj-2 (Tab. 4; Fig. 7). Gazi i marrë në thellësinë 3902.5 m është i tipit yndyror dhe i gjeneruar nga prerja gjeologjike më e thellë. Kurse tre mostrat e tjera janë gaze hidrokarburë të tipit shumë të thatë, të cilat janë të gjeneruar nga vet prerja sedimentare që ka kaluar pusi (Prifti 1987).

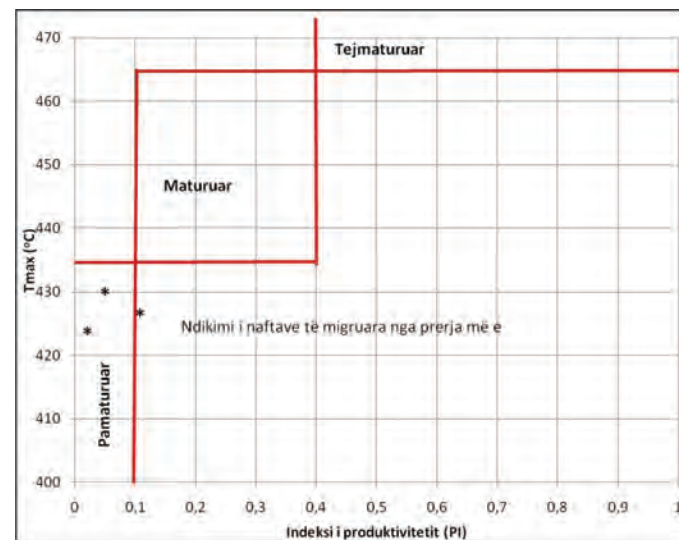


Figura 6. Pjekuria e lëndës organike në prerjen e pusit Fortuzaj-2 sipas T_{max} dhe indeksit të Produktivitetit (PI).

Tabela 4. Raportet e përbërjes së hidrokarbureve të gaztë në pusin Fortuzaj-2.

Intervali (metër)	Raportet e përbërjes së hidrokarbureve të gaztë në pusin Fortuzaj-2						
	iC ₄ nC ₄	C1/C2	C1/C2+	Wh	Bh	cH	C2/C3
2789.5	1	126.050	96.458	1.016	432.533	0.286	4.377
3893.6	1.867	150.980	114.125	0.846	526.589	0.402	4.856
3902.5	0.381	22.421	9.560	8.136	23.762	1.667	2.706
3909		491.493	439.529				

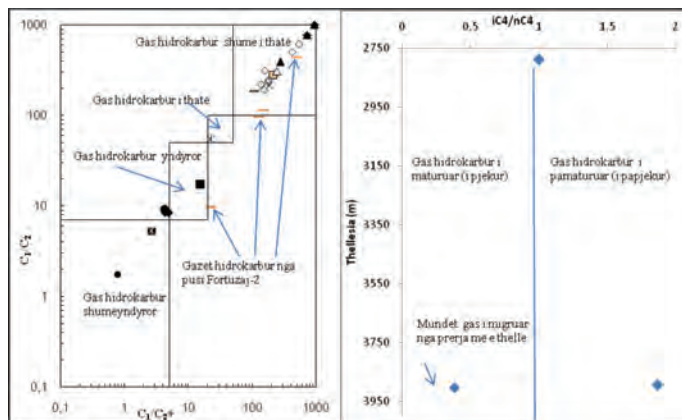


Figura 7. Tipet gjeokimike dhe pjekuria e gazeve hidrokarbur në pusin Fortuzaj-2

Nivelin e pjekurisë e kemi vlerësuar me raportin iC_4/nC_4 ky raport merr vlerat nga 0.38 deri në 1.86. Për vlera më të vogla se 1.0 gazi është i maturuar (i pjekur) dhe është i migruar nga prerja më e thellë dhe kjo e rrit shumë perspektivën e kërkimeve të shtritimeve të gazit në prerjet më të thella.

Vlerësimi i fluidmbajtjes në pusin Fortuzaj-2.

Treguesit gjeokimikë të përcaktuar në gazin e marrë në grykën e pusit Fortuzaj-2 për vlerësimin e fluidmbajtjes janë si më poshtë:

- Raporti Metan/Etan- C_1/C_2
- Raporti Metan/Etan + $= C_1/(C_2+C_3+C_4+C_5)$
- Raporti i yndyritetit (Wh), $Wh = (C_2+C_3+iC_4+nC_4+iC_5+nC_5)/(C_1+C_2+C_3+iC_4+nC_4+iC_5+nC_5) \cdot 100$
- Raporti i Balancës hidrokarbure: $Bh = (C_1+C_2)/C_3+iC_4+nC_4+iC_5+nC_5$
- Raporti karakterit hidrokarbur: $Ch = (iC_4+nC_4+iC_5+nC_5)/C_3$
- Raporti Etan/Propan = C_2/C_3

Kur raporti i yndyritetit (Wh) është me i vogël se 0.5, fluidmbajtja është jo produktive, kur është midis 0.5 dhe 7.5, konsiderohet gazmbajtës. Në pusin Fortuzaj-2 luhartet në intervalin 0.85 – 8.14 fakt që tregon se prerja më e thellë ka interes për gazra hidrokarbure.

Raporti i balancës hidrokarbure (Bh) është parametër që ulet kur rritet densiteti i fluidit në rezervuar. Në prerjen e kaluar nga pusi Fortuzaj-2 ka vlera të larta dhe luhartet në intervalin 23.8 – 526.6. Pra prerja e kaluar nga pusi ka interes për shtritime gazi hidrokarbur.

Raporti i karakterit hidrokarbur (Ch) ka vlera të ulëta (0.4 – 1.6) dhe tregon për prerje gazmbajtëse.

Kur raporti C_2/C_3 ka vlerat e larta (>2), tregon për prerje gazmbajtëse.

Mbështetur në këto parametra, gazi hidrokarbur i pusit Fortuzaj-2 e ka origjinën nga depozitimet e prerjes litologjike të kapur nga pusi. Prerja më e thellë mund të interpretohet me interes për kërkimin e shtritimeve të gazeve hidrokarbur.

PËRFUNDIME

Pusi Fortuzaj-2 është pusi më i thellë që është shpuar në rajonin e Tiranës. Detyra e pusit ka qenë kërkimi për shtritime nafte në prerjen karbonatike, detyrë që nuk u realizua dhe pusi mbeti në depozitimet flishore e flishoidale në thellësinë 4505 m. Prerja gjeologjike përfaqësohet nga depozitime me moshë Burdigaliane, Akuitaniane dhe Hatiane, dhe kanë kënde rënie të mëdhenj. Treguesit pirolitikë (analiza “Rock-eval”) evi-

dentojnë që prerja e kapur nga pusi është e varfër në lëndë organike e tipit të tretë, e aftë të gjenerojë hidrokarburë të gaztë të natyrës së thatë. Gazi hidrokarbur i marrë në thellësinë 3902.5 m është me origjinë nga prerja me e thellë, gjë që rrit perspektivën për kërkimet hidrokarbure. Rezultatet e përfituara nga pusi Fortuzaj-2 ndihmuan në prognozimin e një strukture antiklinale në lindje e quajtur “Antiklinali i Saukut”.

REFERENCAT

- XHOMO A., KODRA A., DIMO LL., XHAFI Z., NAZAJ SH., NAKUÇI V., YZEIRAJ D., LULA F., SADUSHI P., SHALLO M., VRANAJ A. & MELO V. (2002). Harta Gjeologjike e Shqipërisë, shkalla 1:200 000. *Arshiva e AKBN-së, Fier*.
- DORRE P., SILO V., THOMAI L., MYFTARI S. & MUSKA K. (2004). Studim gjeologjiko – gjeofizik i rajonit Veriu i Dumres – Papër – Rovë – Fortuzaj për evidentimin e strukturave me perspektivë naftë – gazmbajtëse. Raport shkencor, *Arshiva e AKBN-së, Fier*.
- PRIFTI I. & DORRE P. (2009). Evidentimi i strukturave karbonatike me perspektivë naftëgazmbajtëse të zonës Jonike nën mbihipjen e zonës Kruja në rajonin veriu i Dumres – Rovë – Fortuzaj. *Buletini i Shkencave Gjeologjike, Nr.1/2009*.
- PRIFTI I. (1987). Konkluzionet gjeokimike të pusit Fortuzaj-2. Dosja e pusit Fortuzaj-2. *Arshiva e AKBN-së, Fier*.
- MUSKA K. & PRIFTI I. (1991). Vlerësimi gjeokimik i depozitimeve flishore e flishoidale në rajonin Papër – Rovë – Fortuzaj. *Arshiva e AKBN-së, Fier*.
- YZEIRI D., SILO V. & BERBERI A. (2004). Stili tektonik i zonës tektonike Kruja nga Elbasani deri në Murriqan dhe vazhdimi i zonës tektonike nën të. Raport shkencor i projektit, *Arshiva e AKBN-së, Fier*.

APPLICATION OF PYROLYTIC AND GAS CHROMATOGRAPHIC DETERMINATIONS IN FORTUZAJ-2 BOREHOLE

ENKELA NOÇKA^{1*}, ILVA GJIKAJ¹ & GJON RROTA²

¹Polytechnic University of Tirana, Faculty of Engineering, Mathematical and Physical, Department of General and Inorganic Chemistry, Tirana, Albania.

²Polytechnic University of Tirana, Institute of Geosciences, Department of Geology, Tirana, Albania.

*Corresponding author: eninocka@yahoo.com

(Manuscript submitted in June 2022; accepted for publication in November 2023)

ABSTRACT

This article analyses the results obtained from the study of sedimentary logging data of the Fortuzaj – 2 borehole, through pyrolytic ("Rock-eval" analysis) and gas chromatographic methods. The sedimentary succession spanned by this borehole is represented by Chattian (upper Oligocene), Aquitanian and Burdigalian deposits. Geochemical analyses were conducted on samples from slurry, drilling cuts and gas. The investigated borehole, although the deepest, it got stuck in the upper Oligocene flysch and didn't meet the oil beds. Due to the fact this was the only drilling in the Albanides where gas emissions were found in the upper Oligocene flysch, it was considered quite important to study the existing data taken from the borehole through the above mentioned methods. This study highlights the values of the hydrocarbon generating potential treated with the "Rock-eval" analysis, and the origin of the gas occurrences at the depth of 3902.5 meters of this borehole. Through the two geochemical methods applied within this study, it was determined the amount, type and maturity of the organic matter, as well as the geochemical characteristics of the hydrocarbon gases appearing in the borehole, which turned out to be mature and of the fatty type.

Keywords: pyrolysis, Fortuzaj-2 borehole, organic carbon, hydrogen index, isomerization ratio.

INTRODUCTION

The study of the Fortuzaj-2 borehole was undertaken for the following reasons: this was the deepest borehole ever drilled in the Tirana region and it did not solve the task for which it was drilled, which was the capture of oil deposits in the carbonate section. The drilling got stuck in the upper Oligocene flysch deposits. This is the only borehole in the Albanides where mature hydrocarbon gas emissions were documented within the upper Oligocene interval, at a depth of 3902.5 m.

For this study, it was determined initially the hydrocarbon forming potential of the Fortuzaj-2 borehole section and it was also concluded that the gas occurrence at a depth of 3902.5 m must have originated from

the deepest part of the section.

The oil and gas exploration are being oriented on the overthrust front and under it, in the deepest parts of sedimentary deposits, with high generation potential due to the level of maturity. These two factors had been taken into account for the design and drilling of the Fortuzaj-2 borehole. During the drilling of the borehole there were recorded gas emissions which created problems for the drilling works advancing into the deeper part. These problems encouraged the geochemical study of the sedimentary succession. The application in this study of the chosen geochemical methods supported the identification of the amount, type and maturity of the organic matter, as well

¹UPT, FIME, Tirana; ²UPT, IGJEO, Tirana
e-mail: eninocka@yahoo.com

as the geochemical characteristics of the hydrocarbon emissions.

GEOLOGICAL SETTING

The Fortuzaj region is located in the northern sector of the Papër – Rovë – Fortuzaj area (Fig. 1), which according to the existing studies, it was concluded that this region represents the northernmost continuation of

the Ionian zone. The Fortuzaj-2 borehole cross sediments of Burdigalian, Aquitanian and upper Oligocene ages. The dipping angle of the layers is big and this explains the fact that although the drilling reaches high depths, the well passed through a reduced sedimentary succession regarding its age. The lithological column crossed by the Fortuzaj-2 borehole is shown in figure 2.



Figure 1. Geological map of Fortuzaj area (after Xhomo et al. 2002).

The lithological description will not include the entire sedimentary succession of the region, but only that intersected by the Fortuzaj-2 borehole (Fig. 2).

Paleogene deposits

Upper Oligocene (Pg₃)

These deposits are found only in the Papër – Rovë – Fortuzaj flysch belt, which it's considered the continuation of the Ionian tectonic zone. Lithologically, they are represented by a flyschoidal sequences with claystones and sandstones, intercalated locally with thick beds of massive sandstones and conglomerates. Characteristic is the presence of limestone – sandstone layers, which are generally located in the ceiling of the collapsed horizons. The thickness of the upper Oligocene varies from 500 m to 1100 m, while in Fortuzaj-2 well, these deposits were met at a depth of 3160 m.

Neogene deposits

The only Neogene sediments identified in the borehole are those of early Miocene age, more precisely the Aquitanian and Burdigalian ages.

Aquitanian (N₁^a)

These deposits have very limited distribution. In the Fortuzaj-2 borehole, they were met in the interval 2320 – 3160 m, at high dipping angles (about 60°) and almost western orientation. Generally, they are represented by flyschoidal succession of claystones, siltstones and sandstones, with rare intercalated horizons. In general, the section consists of thin laminated claystones – sandstones flysch, rich in planktonic foraminifera such as: *Globigerina trilobularis*, *G. venezuelana*, *G. woodi*,

Globigerinoides primordius and *Globoquadrina dehiscens*, which belong to the *Globoquadrina dehiscens* zone typical for the Aquitanian age (Yzeiraj et al. 2004). Looking carefully at the section in the field, no angular or azimuthal discordances were observed, also no new fauna was found that can indicate this is the base of the Burdigalian transgression. But, on the other hand, the lack of Neogene fauna, characteristic for Aquitanian, shows that the presence of these deposits should be doubted. Considering the complexity of the problem, it is assumed that the Aquitanian deposits from Petrela and further to the north were washed away. By not giving another solution regarding the age of these deposits, on the present geological map they are considered as Aquitanian. The thickness of these deposits in the studied sections varies from 50 m to 120 m, while in the borehole they were found between 2320 m and 3160 m.

Burdigalian (N₁^b)

The Burdigalian deposits are more widespread than those of Aquitanian age. In the southern part of the area, they overlay transgressively the structures of Kruja zone, and reach quite close to the limestone sediments. Lithologically, they are composed of marlstones, marly claystones, siltstones and lithothamnian limestones with macroforaminifers. The Fortuzaj-2 borehole was drilled in this area with the goal to reach the limestone level. This level was not met and the borehole got stuck in the upper Oligocene deposits (Yzeiraj et al. 2004). Tectonically, the Rovë – Fortuzaj flyschoidal block represents an anticlinal unit located below the Kruja tectonic zone. This fact has been determined by the latest studies carried out in this region (Dorre et al. 2004; Prifti & Dorre 2009).

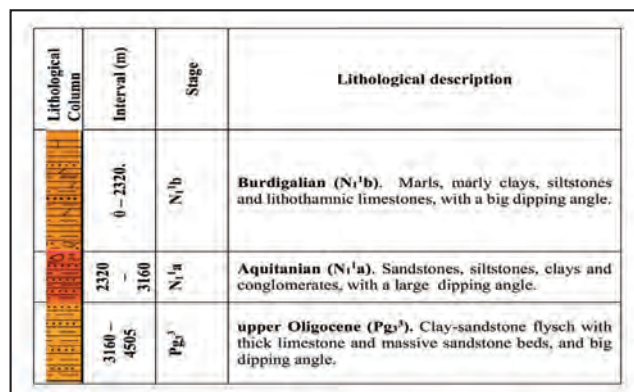


Figure 2. Lithological column of the Fortuzaj-2 borehole.

METHODOLOGY

The methods applied within this study were selected in accordance with the type of samples collected during the drilling process. The samples which were subjected to geochemical analyses were as below: pieces of slag (core sludge), core samples (taken with a sampler) and gas samples. The range of geochemical methods that are applied to various geological sections within boreholes is quite wide, but for this study were selected only two: the pyrolytic method (or "Rock-eval" analysis) and the gas chromatographic method for gas occurrences encountered in the borehole during the drilling process.

The *pyrolytic method*, or "Rock-eval" analysis, is a basic method that determines the evolution of the rock during the programmed increase in temperature. As a result, the applied procedure is based on four pyrolytic cycles where the following parameters are determined:

- The amount of free hydrocarbon gases in the studied sample, soil, or rock (S_0 = mg.HK/g.rock);
- The amount of free liquid hydro-

carbon in the studied sample, soil, or rock (S_1 = mg.HK/g.rock);

- The amount of hydrocarbon generated during the thermal process in the studied sample, soil, or rock (S_2 = mg.HK/g.rock);
- The maximum temperature in oC where the generation of hydrocarbons occurs (S_2), expressed as T_{max} and is categorized according to the level of maturity;
- The content of organic matter expressed as Total Organic Carbon (TOC);
- Hydrogen index which expresses the quality of organic matter ($HI = S_2 / TOC * 100$);
- Productivity index ($PI = S_1 / (S_1 + S_2)$).

The *gas chromatographic method* is the main method used to determine the hydrocarbon composition of natural gases within the methane to normal heptane (C_7H_{16}) range. Isomeric forms and unsaturated hydrocarbons (C_nH_{2n}) are also determined. The results of the analyses are also

presented graphically by means of gas chromatograms charts. This method is realized by using the "Gas chromatograph" device.

RESULTS AND DISCUSSIONS

The pyrolytic analysis results obtained with the "Oil Show Analyser" device are presented below (Tab. 1).

Table 1. The pyrolytic analysis results from the geological section crossed by the Fortuzaj-2 borehole.

No.	Depth (m)	Age (Stage)	"Rock-eval" analysis indicators						
			S_0	S_1	S_2	T_{max}	TOC	HI	PI
1	559,00	N ¹ b	0	0	0,36	431	0,25	144	0
2	788,00	N ¹ b	0	0,03	0,96	425	0,53	181	0.03
3	1173,00	N ¹ b	0	0	0,21	431	0,29	72	0
4	1427,50	N ¹ b	0	0	0,13	433	0,19	68	0
5	1614,00	N ¹ b	0	0	0,34	431	0,34	100	0
6	1864,50	N ¹ b	0	0	0,38	433	0,35	108	0
7	2139,00	N ¹ b	0	0	0,07	433	0,15	46	0
8	2321,00	N ¹ a	0	0,02	0,35	431	0,27	129	0.054
9	2728,00	N ¹ a	0	0,06	0,53	427	0,33	160	0.101
10	2852,50	N ¹ a	0	0	0,2	431	0,2	100	0
11	2890,00	N ¹ a	0	0	0,31	430	0,24	129	0
12	2945,00	N ¹ a	0	0	0,34	430	0,25	136	0
13	2975,00	N ¹ a	0	0	0,26	431	0,27	96	0
14	3045,00	N ¹ a	0	0	0,27	432	0,21	128	0
15	3080,00	N ¹ a	0	0	0,36	431	0,32	112	0
16	3165,00	Pg ³	0	0	0,31	433	0,32	96	0
17	3205,00	Pg ³	0	0	0,31	434	0,28	132	0
18	3360,00	Pg ³	0	0	0,41	434	0,36	113	0
19	3415,00	Pg ³	0	0	0,31	432	0,34	91	0
20	3530,00	Pg ³	0	0	0,27	435	0,29	93	0

Based on this method were identified the geochemical features of the organic matter encountered in the sedimentary succession crossed by the Fortuzaj-2 borehole are (Prifti 1987). The gas emissions were analysed by using the gas chromatographic method where their hydrocarbon composition was determined (Table 2).

The gas emissions occurred the Aqu-

tanian (N_1^1a) and Chattian (Pg_3^3) sediments. The data obtained with the pyrolytic method (or "Rock-eval" analysis) using the "Oil Show Analyser" are used to determine the following:

- 1.The amount of organic matter expressed in total organic carbon (%);

2. The type of organic matter, or its quality;
3. Maturity of organic matter;
4. Free organic matter represented by hydrocarbons
5. Products of the thermal cracking of organic matter.

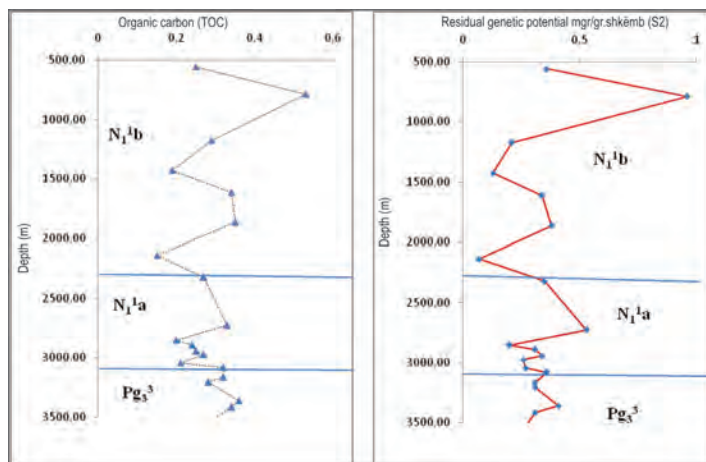
Table 2. Hydrocarbon composition of gas occurrences in the Fortuzaj-2 borehole.

Interval (meter)	Hydrocarbon composition of gas occurrences in the Fortuzaj-2 borehole (%volume)								
	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	iC ₄ H ₁₀	nC ₄ H ₁₀	iC ₅ H ₁₂	nC ₅ H ₁₂	SC6	SC7
2789.5	96.554	0.766	0.175	0.019	0.019	0.008	0.004	0.006	0.004
3893.6	96.778	0.641	0.32	0.028	0.015	0.006	0.004	0.011	0.011
3902.5	88.989	3.969	1.467	0.313	0.821	0.548	0.763	0.919	0.508
3909	99.773	0.203	0.024						

The amount of organic matter

The amount of organic matter was determined by the pyrolysis of rock samples using the "Rock-eval" device (Table 1). Thus, the Burdigalian deposits exhibit a content of organic matter that fluctuates in the range of 0.15÷0.53 (Table 1). The Aquitanian deposits have quantities of organic

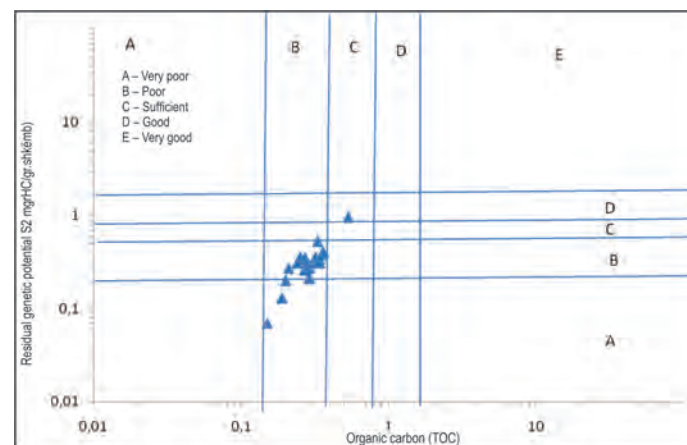
matter from 0.25 % to 0.33 %, while in the upper Oligocene deposits the organic matter content fluctuates from 0.28 % to 0.36 % (Fig. 3). These data suggest that these drilled sediments are quite poor in organic matter.

**Figure 3.** Total Organic Carbon content (TOC) and the residual genetic potential (S₂) in the section of Fortuzaj-2 borehole.

Type of organic matter (Classification of organic matter according to the pyrolytic parameters)

Based on the pyrolytic indicators described above, it was realized the classification of the organic matter

(Fig. 4). Based on the total organic carbon and the residual genetic potential, were divided five geochemical types of organic matter which are presented in figure 4: A - Very poor; B - Poor; C - Sufficient; D - Good and E - Very good.

**Figure 4.** Geochemical types of organic matter according to TOC dhe S₂.

Based on the pyrolytic indicators (with the Rock-eval device) another classification is made according to the HI hydrogen index. In this way, the types of organic matter and their hydrocarbon generating potential

were determined, such as their capability of generating oil, oil and gas, or only gas (Prifti 1987). This classification is presented in table 3 and figure 5.

Table 3. Geochemical types of organic matter according to HI.

Potential types of organic matter	Hydrogen index	Residual genetic potential (S ₂ =mg.HK/g.shk.)
I. Generates oil	> 300	> 10
II. Generates gas and oil	200 ÷ 300	5 ÷ 10
III. Generates hydrocarbon gas	50 ÷ 200	1 ÷ 5

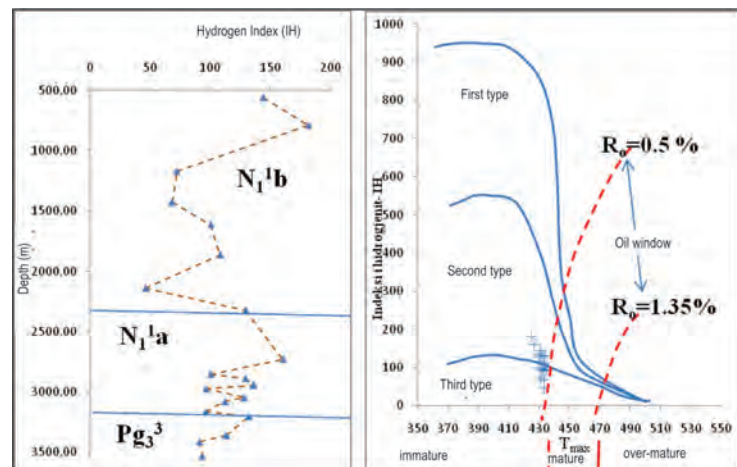


Figure 5. Hydrogen index and types of organic matter in the Fortuzaj-2 borehole

Based on the values of the pyrolytic parameters, the organic matter of the investigated sediments crossed by the Fortuzaj-2 borehole is of the third type, capable of generating hydrocarbon gas. The deeper part of the section has higher potential as it is more mature (Muska & Prifti 1991).

Maturity of the organic matter

The maturity of the organic matter in the Fortuzaj-2 borehole was evaluated by means of two geochemical indicators, which are the pyrolytic indicator T_{max} and the productivity index.

Maximum temperature (T_{max})

As described above, the maximum temperature (T_{max}) in the Fortuzaj-2 borehole (Fig. 6) fluctuates in the range of 425 – 435 °C. These values show that the organic matter was not mature close to the entrance of the oil window. The interpretation of this indicator is given in figure 5, where up to 435 °C is the immature stage, between 435 and 465°C the organic matter is mature and it's included

in the oil window, while when it exceeds the value of 465 °C it is included in the over – mature stage.

Assessment of the maturity according to the productivity index (PI).

The productivity index is evaluated in the amount of oil found in the rock samples (S_1) and in the amount of oil that will produce organic matter (S_2), the productivity index: $PI = S_1 / (S_1 + S_2)$. Based on the productivity index it was possible to establish the maturity level of the organic matter encountered in the lower Miocene and Chattian sediments. This ratio has been evaluated in three intervals: at the depth of 788 m where it has a value of 0.003 and at the depth of 2321 m where it reaches the value of 0.054. The organic matter is immature. While at the depth of 2728 m, it reaches a value of 0.101 and it is considered mature. It was noticed a tendency of increase of the productivity index (PI) with the depth. The sediments deeper than 4500 m are in the oil window. The productivity index is also correlated with the

T_{max} . The organic matter exhibits a tendency to increase with the depth increase. Thus, natural gas it can be expected in this section.

Gaseous hydrocarbons

In the section of the Fortuzaj-2 borehole there were occurrences of gaseous hydrocarbons. Based on the Methane/Ethane and Methane/Ethane+ ratios, the geochemical types

of hydrocarbon gases appearing in the cross section from the Fortuzaj-2 borehole (Tab. 4; Fig. 7), were determined. The gas obtained at a depth of 3902.5m is of fatty type and generated from the deepest geological section. While the other three samples are hydrocarbon gases of a very dry type, which are generated by the sedimentary section crossed by the borehole (Prifti 1987).

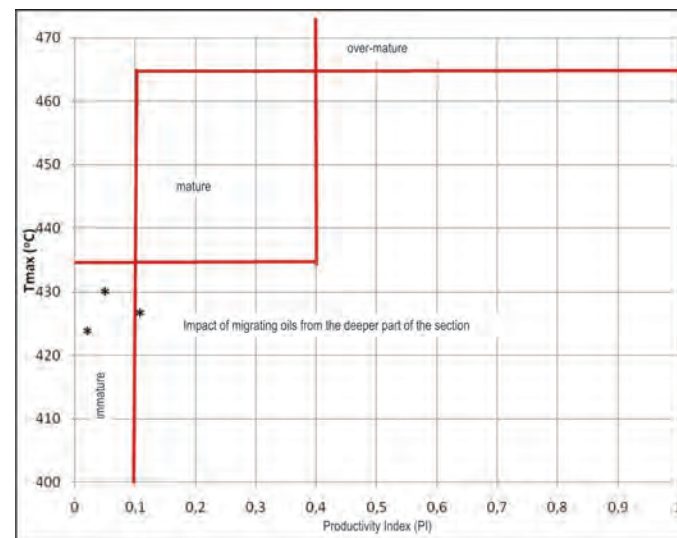


Figure 6. Maturity of organic matter in the section of the Fortuzaj-2 borehole according to T_{max} and the Productivity Index (PI) .

Tabela 4. Hydrocarbon composition of gas occurrences in the Fortuzaj-2 borehole.

Interval (metër)	Hydrocarbon composition of gas occurrences in the Fortuzaj-2 borehole						
	iC_4, nC_4	C1/C2	C1/C2+	Wh	Bh	cH	C2/C3
2789.5	1	126.050	96.458	1.016	432.533	0.286	4.377
3893.6	1.867	150.980	114.125	0.846	526.589	0.402	4.856
3902.5	0.381	22.421	9.560	8.136	23.762	1.667	2.706
3909		491.493	439.529				

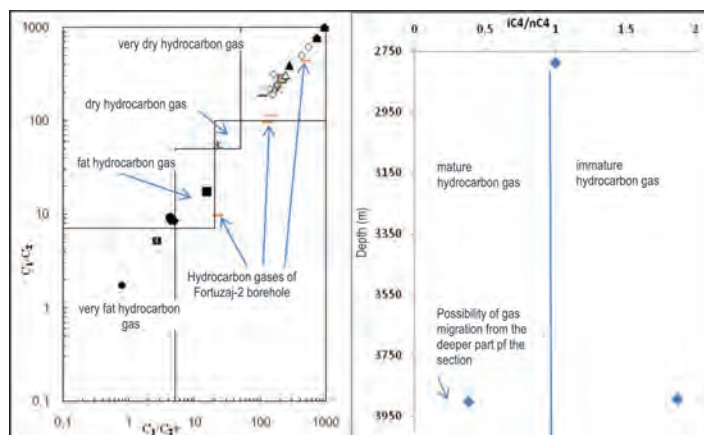


Figure 7. Geochemical types and maturity of hydrocarbon gases in the Fortuzaj-2 borehole .

The gases maturity was evaluated with the iC_4/nC_4 ratio, which reaches values from 0.38 to 1.86. For values smaller than 1, the gas is mature and has migrated from the deeper part of the section, and this fact increases the prospect of searching for gas deposits in the deepest sections.

Assessment of the fluid content in the Fortuzaj-2 borehole

The geochemical indicators determined in the gas sampled at the mouth of the Fortuzaj-2 borehole for the assessment of the fluid content are as follows:

- Metan/Etan ratio- C_1/C_2
- Metan/Etan ratio + = $C_1/(C_2+C_3+C_4+C_5)$
- Fat ratio (Wh), $Wh = (C_2+C_3+iC_4+nC_4+iC_5+nC_5)/(C_1+C_2+C_3+iC_4+nC_4+iC_5+nC_5) \cdot 100$
- Hydrocarbon Balance Report: $Bh = (C_1+C_2)/C_3 + iC_4+nC_4+iC_5+nC_5$
- Hydrocarbon character ratio: $Ch = (iC_4+nC_4+iC_5+nC_5)/C_3$

• Etan/Propan ratio = C_2/C_3

When the *Fat ratio* (Wh) is smaller than 0.5, there is no productivity, compared to when this ratio is between 0.5 and 17.5, and it's considered gas-bearing. In the Fortuzaj-2 borehole this parameter ranges between 0.85 and 8.14, which indicate the existence of hydrocarbon gas in the deeper part of this section.

Hydrocarbon balance report (Bh) is a parameter which decreases when the density of the fluid in the tank increases. In the cross section from the Fortuzaj-2 borehole, there are high values, and it is fluctuating in the range of 23.8 - 526.6. So, this borehole is of interest for hydrocarbon gas deposits investigations.

Hydrocarbon ratio (Ch) displays low values (0.4 - 1.6) and indicates a gas-bearing section.

When the ratio C_2/C_3 has high values (>2), indicates a gas-bearing section.

Based on these parameters, the hydrocarbon gas of the Fortuzaj-2 borehole originates from the sediments crossed by the well. The deeper sec-

tion can be considered with interest for the hydrocarbon gas exploration.

CONCLUSIONS

Fortuzaj-2 borehole is the deepest borehole that had ever been drilled in the region of Tirana.

The task of the borehole was to explore the oil deposits in the carbonate section, a task that was not accomplished since the borehole got stuck in the flysch deposits at the depth of 4505 m. The sedimentary succession is represented by Burdigalian, Aqu-

tanian and Chattian deposits which have sharp dipping angles. The pyrolytic indicators ("Rock-eval" analysis) indicated that the borehole is poor in organic matter, of the third type capable to generate fresh hydrocarbon of dry nature. The hydrocarbon gas taken at the depth of 3902.5 m originates from the deepest part of this section, and this fact increases the prospect for hydrocarbon exploration. The results obtained from the Fortuzaj-2 borehole were helpful for the prognosis of an anticline structure in the eastern part called the "Sauk Anticline".

REFERENCES

- XHOMO A., KODRA A., DIMO LL., XHAFA Z., NAZAJ SH., NAKUÇI V., YZEIRAJ D., LULA F., SADUSHI P., SHALLO M., VRANAJ A. & MELO V. (2002). Harta Gjeologjike e Shqipërisë, shkalla 1:200 000. *Arshiva e AKBN-së, Fier*.
- DORRE P., SILO V., THOMAI L., MYFTARI S. & MUSKA K. (2004). Studim gjeologjiko - gjeofizik i rajonit Veriu i Dumres - Papër - Rovë - Fortuzaj për evidentimin e strukturave me perspektivë naftë - gazmbajtëse. Raport shkencor, *Arshiva e AKBN-së, Fier*.
- PRIFTI I. & DORRE P. (2009). Evidentimi i strukturave karbonatike me perspektivë naftëgazmbajtëse të zonës Jonike nën mbijepjen e zonës Kruja në rajonin veriu i Dumres - Rovë - Fortuzaj. *Buletini i Shkencave Gjeologjike, Nr.1/2009*.
- PRIFTI I. (1987). Konkluzionet gjeokimike të pusit Fortuzaj-2. Dosja e pusit Fortuzaj-2. *Arshiva e AKBN-së, Fier*.
- MUSKA K. & PRIFTI I. (1991). Vlerësimi gjeokimik i depozitimeve flishore e flishore në rajonin Papër - Rovë - Fortuzaj. *Arshiva e AKBN-së, Fier*.
- YZEIRI D., SILO V. & BERBERI A. (2004). Stili tektonik i zonës tektonike Kruja nga Elbasani deri në Murriqan dhe vazhdimi i zonës tektonike nën të. Raport shkencor i projektit, *Arshiva e AKBN-së, Fier*.

STUDIM PARAPRAK PËR NJË MODELIM 3D TË TEKTONIKAVE SHKËPUTËSE

SOKOL MARKU^{1*}, ANXHELA DERVISHI¹ & IBA ÇAUSHI¹

¹Shërbimi Gjeologjik Shqiptar, Rruga Zef Serembe, Tiranë, Shqipëri

*Autori korrespondent: marku2s@yahoo.com

(Dorëshkrim i dorëzuar në gusht 2023; i pranuar për botim në nëntor 2023)

ABSTRAKT

Objekti i këtij artikulli ishte realizimi i një modeli gjeotektonik tredimensional (3-D) në zonën e Basenit të Adriatikut Jugor (BAJ) duke integruar të dhënat gjeologjike dhe sizmike, që të ndihmonë në vlerësimin gjeometrik të shkëputjeve dhe historisë tektonike të kësaj zone. Zona shtrihet nga Mali i Zi, në Shqipëri e deri në Greqi, dhe është zona ku zhvillohet aktiviteti më i lartë sizmik në vend duke qenë i karakterizuar nga shkëputje tektonike e të shumta, shumica e të cilave sizmoaktive. Sot në mbarë botën, zhvillimi teknologjik ka mundësuar automatizimin e krijimit të data bazave alfanumerike dhe dizajnit të këtyre të dhënave në formë grafike. Këto mundësi ofrojnë një paraqitje sa më pranë reale të ndërtimit gjeologjik në harta digjitale 3D. Artikulli është një përpyetje për studimin dhe trajtimin e paraqitjes në 3D të tektonikës, për pjesën detare, nga sipërfaqja drejt thellësisë, metoda e ndërtimit të saj në aspektin tredimensional duke u bazuar në të dhëna të cilat si pikënisje kanë tavanet moshorë, izolinjat dhe tin - et.

Fjalë kyçe: 3D, baseni i Adriatikut jugor, sizmike, shkëputje aktive, Serravalian, Tortonian, Mesinian, tektogjeneze, TIN, izolinja.

HYRJE

Aktiviteti i lartë sizmik dhe ngjarjet sizmike të cilat kanë karakterizuar vendin tonë, veçanërisht 3 – 4 vitet e fundit, kanë shtruar nevojën e një studimi më të thellë të të gjithë proceseve përgjegjëse për gjenerimin e tërmeteve dhe fenomeneve të tjera lidhur me to. Studiuesit shqiptarë kanë kryer një numër të madh studimesh në fushën e tektonikës, eksplorime gjeofizike dhe kërkime sizmologjike në të gjithë territorin shqiptar, duke përfshirë dhe BAJ. Kjo ka mundësuar grumbullimin e të dhënave origjinale të bollshme dhe të besueshme, por aktualisht, asnjë studiues nuk i ka përdorur këto të dhëna për të kryer një punim të detajuar të modelimit 3D të tektonikave të vendit. Integrimi i këtyre të dhënave shumëdisiplinore për të krijuar një model struktural gjeometrik 3D, që ka të bëjë me tektonikën sizmogjene, mund të jete një çelës për

kufizimin e vlerësimit rajonal të rrezikut sizmik me një numër të madh shkëputjesh tektonike aktive dhe aktivitet të shpeshtë sizmik.

Është i njohur fakti që territori shqiptar (Papa 2000) karakterizohet prej një numri të madh shkëputjesh tektonike aktive dhe nga një aktivitet i vazhdueshëm sizmik dhe për këtë arsye, këto kufij të blloqeve aktive (zona shkëputjesh tektonike të thella tërthore dhe gjatësore) janë elemente strukturore sizmogjenetike. Shkaku kryesor i aktivitetit sizmik në këto kufij është përplasja mes dy pllakave të mëdha: pllakës Euroaziatike dhe asaj Afrikane. Kjo e fundit luan një rol të rëndësishëm në zonën Adriatike, sepse si shkak i lëvizjeve të saj veriore brenda dhe afër territorit shqiptar, ajo ushtron stres dhe është përgjegjëse për aktivitetin sizmik në vendit tonë.

Një kategori tërmetesh kanë vatrë përgjatë bregdetit Jon dhe Adriatik dhe studimet tregojnë se përgjegjëse për tërmetet e Durrësit më 23 Shtator dhe 26 Nëntor dhe para e pas goditjet e tyre janë një sërë planesh tektonike, të cilët vendosen në pjesën bregdetare edhe detare të Shqipërisë (Doda et al. 2019, 2020). Për këtë fakt paraqitja e tektonikave në tokë dhe në det, njohja e lëvizjes dhe sjelljes së tyre në thellësi të mëdha, ku në përgjithësi lindin tërmetet, përbën një element kyç në përcaktimin e sjelljes së litosferës dhe rrezikut gjeologjik – sismik të lidhur me të. Mënyra se si të integrohen me efikasitet të dhënat gjeotektonike, gjeofizike dhe sismike për ta bërë këtë model sa më të afërt me realitetin përbën një sfidë parësore në lidhje me aplikimin e modelimit tridimensional i cili integron këto të dhëna me natyrë të ndryshme që e përmendëm më lart. Studimi më i detajuar bazuar në të dhëna stratigrafike, strukturore, gjeologjike - gjeofizike, përfshirë këtu dhe profilet sismike në tokë e det dhe të dhënat nga pusët e thella, gjithashtu do ndihmojë në njohjen më të mirë të marrëdhëniet mes zonave Kruja, Jonike e Sazani. Thellimi i studimeve mbi tektonikën mundëson një studim më të hollësishëm të ngjarjeve sismike.

NDËRTIMI GJEOLGJIK

Lëvizjet tektonike shpërndihen shoqërohen me çlirim të energjisë të blloqeve dhe janë përgjegjëse për lindjen e veprimtarisë sismike. Në hartën botërore të rrezikut sismik, bazuar në vlerat e akselerimit (g), Shqipëria ndodhet në zonën e kuqe, renditet në vendin e 43, duke e klasifikuar në grupin e vendeve që paraqesin risk të lartë sismik (Marku et al. 2014, 2021; Muço 1995; Ormeni & Marku 2009). Aktiviteti sismik në vend konsiderohet i moderuar, çka do të thotë që lëkundjet me magnitudë të mesme janë të shpeshta, dhe në mënyrë periodike ka lëkundje të forta dhe shumë të forta me pasojë të rënda (Marku et al. 2021). Për

parandalimin e rrezikut që vjen nga aktiviteti sismik duhen ndërmarrë studime në të cilat duhet të bazohemi për të hartuar kodet antisismike, të cilët përcaktojnë normat e ndërtimit në rajone të ndryshme duke marrë në konsideratë rrezikun sismik të çdo rajoni. Është e rëndësishme njohja e mirë e tektonikës, e cila na ndihmon në kuadër të këtyre studimeve të ndërtojmë hartat e makrozonimit dhe mikrozonimit sismik.

Sizmiciteti i vendit tonë është i lidhur me zonat sizmogjene të shpërndara në gjithë territorin e Shqipërisë. Gjatë katër dekadave të fundit janë propozuar katër modele sizmotektonikë, të cilët e kanë ndarë territorin në disa zona sizmogjene. Një model të ndarjes së territorit të vendit tonë në zona sizmogjene aktive jepet nga Aliaj et al. (2010). Një model fillestar u përcaktua nga Aliaj (2000) në Shqipëri, ku u evidentuan gjithsej gjashtë zona sizmogjene, nga të cilat, tre zona sizmogjene gjatësore ndërpritën kryq nga tri zona tërthore, respektivisht: zona sizmogjene gjatësore Joniano – Adriatike, Shkodër – Mat – Librazhd – Bilisht dhe Peshkopi – Korçë (zona e Drinit) dhe ato tërthore, Shkodër – Pejë, Lushnje – Elbasan dhe Vlorë – Tepelenë.

Një prej zonave me potencial sismik të lartë karakterizuar nga shpërndarje gjatësore sismoaktive është dhe zona e shpërndarjeve sismoaktive Joniano-Adriatike që shtrihet nga Mali i zi, nëpër Shqipëri e deri në Greqi. Në këtë zonë zhvillohet aktiviteti më i lartë sismik në vend. Përgjatë saj janë regjistruar disa tërmete të fuqishëm me intensitet në epiqendër $Io = VIII - IX$ ballë dhe magnitudë deri mbi 6.5.

Siç tregojnë studimet sismike, platforma që ndodhet në këto dete ndërtohet nga dy facie të ndryshme karbonatike: (a) një platformë e karakterizuar nga facie karbonatike të thella, e emërtuar si Baseni i Adriatikut Jugor (BAJ), që lokalizohet në veri të Sazanit, ose më saktë, në veri të tërthores Vlorë – Shkup me shtrirje

lindje-perëndim dhe në perëndim të Ultësirës Adriatike dhe (b) platforme karbonatike e facies së cekët, e quajtur platforma Apuliane, e cila shtrihet në jug të basenit të Adriatikut jugor dhe në perëndim të zonës gjeologjike Sazani. Kjo zonë karakterizohet nga shpërndarje tektonike të shumta, shumica e të cilave janë sismoaktive.

Në orogjenin shqiptar identifikohen tri zona gjatësore dhe dy zona tërthore të shpërndarjeve aktive kryesore që janë: 1) Zona Joniano – Adriatike e shpërndarjeve mbihipëse me shtrirje veriperëndimore (VP) deri afërsisht veri – veriperëndim (VVP); 2) Zona Shkodër – Mat – Librazhd e shpërndarjeve normale grabenore me shtrirje veriperëndim (VP); 3) Zona Peshkopi – Korçë e shpërndarjeve normale grabenore me shtrirje veri (V) – jug (J); 4) Zona Shkodër – Tropojë e shpërndarjeve normale me shtrirje verilindje (VL), dhe 5) Zona Lushnjë – Elbasan – Dibër e shpërndarjeve normale me shtrirje VL (Aliaj 2000).

Zona Joniano – Adriatike

Zona e shpërndarjeve sismoaktive Joniano-Adriatike, është një zonë që shtrihet për disa qindra kilometra përgjatë bregdetit Adriatik dhe Jon, karakterizohet nga shpërndarje mbihipëse dhe ndahet në tri segmente nëpërmjet tërthoreve Shkodër – Pejë dhe Vlorë – Tepelenë, si vijon:

1. Një segment verior me shtrirje V – VP i karakterizuar nga një zonë shpërndarje mbihipëse para – Pliocene të zonës Kruja (Dalmate) ende aktive edhe sot, i cili vazhdon mbi 200 km nga Lezha në Ulqin dhe më tej përgjatë bregdetit Dalmat.
2. Një segment qendror me shtrirje V deri V – VP, i karakterizuar nga shpërndarje post-Pliocene mbihipëse në shtypje oblike të Ultësirës Adriatike, që vazhdon për rreth 130 km nga Lezha deri në veri të Vlorës.
3. Një segment jugor me shtrirje VP,

i karakterizuar nga shpërndarje mbihipëse para-Pliocene, kryesisht të zonës Jonike, ende aktive edhe sot, që vazhdon për rreth 250 km, nga Vlorë në Konispol dhe më tej, përgjatë bregdetit Jonian, në Greqi.

Analiza e tërmeteve që janë prodhuar në këtë zonë tregojnë që këtu aktivizohen aktualisht dy sisteme shpërndarje: një sistem me drejtim VP – juglindje (JL) që përputhet me drejtimin e përgjithshëm të shtrirjes së strukturave kryesore gjeologjike dhe sistemin tërthor me të, ai VL – JP, që lidhet me shpërndarjet tërthore, të cilat presin e shtojnë ato gjatësore dhe janë mjaft aktive dhe me potencial të lartë sismik. Të dhënat gjeologjike dhe gjeofizike të kryera në këtë zonë, si në pjesën kontinentale ashtu dhe në atë detare, kanë nxjerrë përfundimin se zona e shpërndarjeve Jonian – Adriatike përbëhet si nga shpërndarje gjatësore të tipit mbihipëse ashtu edhe nga shpërndarje tërthore të tipit shtytje (Skrami & Aliaj 1995a, 1995b).

Në pikëpamje gjeologjike zona e studimit që ndodhet në detin Jon dhe Adriatik, në perëndim të Ultësirës Adriatike dhe zonës gjeologjike Sazanit dhe në jug, në detin Jon, kufizohet me zonën Jonike dhe përkohet me shtrirjen e Baseni i Adriatikut Jugor (BAJ). Ajo është e prekur nga tektoniken ekstensive gjatë Pliocen – Kuaternarit.

Baseni i Adriatikut Jugor (BAJ)

Zona gjeologjike – tektonike BAJ është një ndër zonat tektonike të Shqipërisë, e vendosur mbi një bazament karbonatik të pa rrudhosur. Depozitimet e saj kanë vijueshmëri stratigrafike deti në Neogen. Kjo zonë kufizohet nga verilindja, lindja dhe juglindja me frontin mbihipëse të orogjenit Kruja dhe Jonik (Xhomo et al. 2011). Për këtë zonë të dhënat janë të pakta në literaturë. Hyseni et al. (2019) ka kryer interpretim të depozitimeve nëpërmjet të dhënave të profileve sismike të kryera në kohë të

ndryshme duke filluar prej vitit 1989 e deri në vitin 2005. Një ri – interpretim i këtyre të dhënave është në proces e sipër nga Marku et al. (2020 – 2024). Në figurën 1 jepet një pjesë

e njërit prej profileve sizmikë të ri – interpretuar gjatë këtij procesi për të dhënë një ide të vazhdimësisë së depozitimeve të kësaj zone.

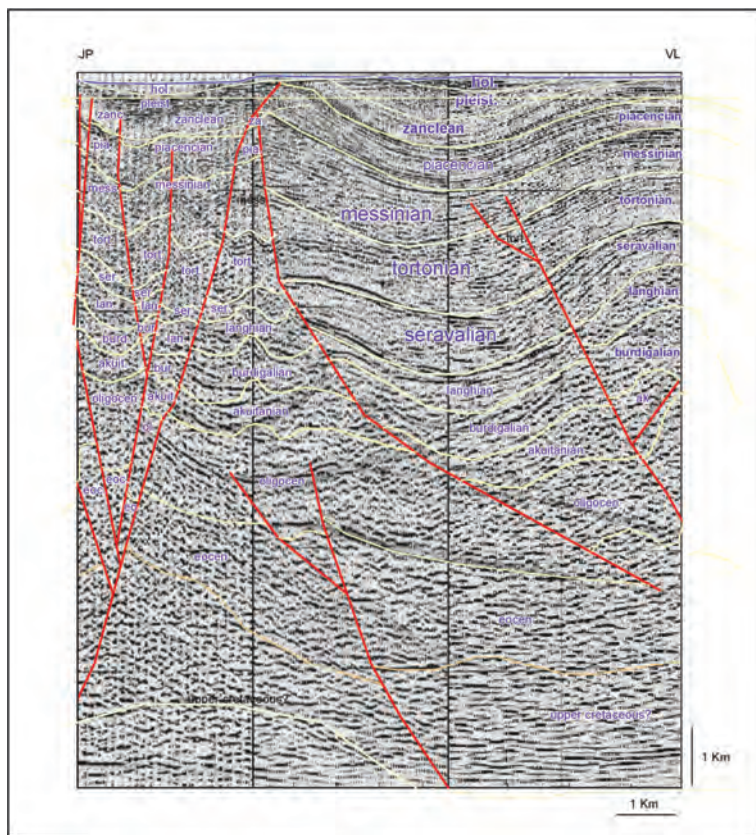


Figura 1. Profili sizmik RO-91-124 me interpretim gjeologjik (Burimi AQTGJ, SHGJSH. Konvertimi kohë – kohë dhe thellësi nga E. Silo.

Interpretimi gjeologjik nga S. Marku, në Marku et al. 2022 – 2024).

Baseni i Adriatikut Jugor është akumulimi më i madh sedimentar (Neogjen – Kuaternar) në zonën qendrore dhe jugore të Adriatikut për sa i përket dimensioneve horizontale dhe vertikale dhe aksi i tij është zhdrejt me strukturën e përgjithshme të brezit të Dinaride/Albanideve. Kjo njësi fillon në verilindje të kepit të Garganos ku aksi i tij shpërndahet plotësisht nga brezi i shtytjes dinarike duke u vendosur deri 100 km në perëndim të shtytjeve më të jashtme dinarike. Drejt juglindjes, baseni zgjerohet dhe thellohet duke arritur një trashësi mbi 8 km në zonën detare shqiptare. Pasi është i pranishëm në breg të detit shqiptar, ai formon depresionin e Tiranës dhe më pas shfaq një tendencë të cekët drejt juglindjes dhe përfundon duke dalë në jug të Tiranës (Grup Autorësh 1983; Frashëri et al. 1996; Bërxolli et al. 2000).

Kështu, depozitimet sedimentare të pellgut dhe bazamenti i tij ekspozohen në Shqipërinë qendrore dhe jugore, duke ofruar një mundësi të rëndësishme për të studiuar gjeometrinë e thellë të tij. Sedimentimi terrigjen përfaqësohet nga depozitime molasike të moshave Serravalian – Tortonian – Mesinian – Pliocen. BAJ shtrihet mbi zonën Jonike në juglindje dhe zonën e Krujës në pjesën më lindore të tij.

Nga juglindja në verilindje, trashësia e molasave rritet, duke arritur në 5.000 – 7.000 m në veri të zonës së Rodonit (në det). Gjatë kohës kur u formuan dhe u rrudhosen depozitimet e Basenit e Adriatikut Jugor, strukturat karbonatike të ngjitur, dmth ato të zonës Kruja, si rezultat i zhytjes intensive të basenit të Adriatikut Jugor, u zhvendosën drejt verilindjes dhe u rrotulluan në drejtim të kundërt, duke rritur shkallën e kompleksitetit tektonik dhe zëvendësimi në perëndim (Velaj 2012).

METODOLOGJIA

Përshkrim i shkurtër i konceptit të tektonikave dhe rëndësisë të studimit të tyre

Modelimi gjeologjik 3D është një proces bashkëkohor cili mundëson realizimin e modeleve gjeologjike tredimensionale, prej të dhënave të përdorura zakonisht në gjeologji, të tilla si harta ose profile gjeologjike, duke forcuar aftësinë për të kuptuar dhe paraqitur modele gjeotektonike dhe strukturore. Puna jonë filloi duke krijuar një arkivë komplekse që përmban një sasi të rëndësishme të dhënash të disponueshme në literaturë siç janë studimet hartografike, fotografike, gjeologjike, gjeofizike dhe sizmike për strukturën gjeologjike të BAJ, por modeli synohet të jetë evolucionar, në kuptimin që mund të përmirësohet, qoftë në nivel lokal apo më gjerë. Në këtë rast, kontributi i gjeologut është thelbësor për formulimin e hipotezave koherente gjeologjike dhe të përcaktimit të procesit të integritetit të të dhënave të cilat kanë origjinë të ndryshme (shkëputje tektonike të identifikuar nga gjeofizika, shpimet, rilevimet strukturore etj.).

Përmes vizualizimit dhe analizës interaktive 2D dhe 3D, me ndihmën e këtij modeli, ne do t'i vërtetojmë këto të dhëna dhe konsistencën e tyre gjeometrike, ku objektet gjeologjike grupohen dhe interpretohen sipas funksionit të tyre tektoniko-struktural dhe stratigrafik. Ndër objektet gjeologjike që mund të modelohen, një vend të privilegjuar kanë shkëputjet tektonike. Duke qenë se shumica e vëzhgimeve gjeologjike bëjnë të mundur vetëm analizimin e thyerjeve tektonike që janë afër sipërfaqes, lind problemi i vizualizimit dhe evolucionit të tyre në thellësi, diçka që është pothuajse e pamundur të vëzhgohet në sipërfaqe.

Lëvizjet tektonike janë materializimi i tektonikave, të cilat përbëjnë një proces, i cili, padyshim, është i lidhur me

energjinë e brendshme që ka planeti (Shkupi 1984). Ato janë dy formëshe dhe ndahen në tektonika rrudhosëse dhe tektonika shkëputëse.

Lëvizjet tektonike që kategorizohen si tektonika rrudhosëse janë deformime të masave shkëmbore, të cilat mund të ndryshojnë kompaktësinë e shkëmbinjve duke çuar në ngjeshjen apo zgjerimin e vëllimit të shtresave shkëmbore, por pa shkaktuar ndarjen apo këputjen e tyre në blloqe. Kjo tektonikë është përgjegjëse për rrudhëformimin (Melo et al. 1987).

Tektonikat shkëputëse çojnë në ndarjen e dy blloqeve litologjikë si rezul-

tat i streseve që ata pësojnë prej lëvizjeve të litosferës. Ndarja çon drejt një prishjeje të strukturës së bllokut dhe shoqërohet me zhvendosjen e pjesëve të shkëputura ndaj njëra – tjetrës. Shkëputja përfaqëson në vetvete një sipërfaqe në trajtë të ndryshme volumetrike gjeometrike, që lëvizin sipas të ashtuquajturit plan të zhvillimit të tektonikës. Elementet dalluese të këtij plani janë pasqyrat e rrëshqitjes të cilat përmbajnë shenja që lejojnë të përcaktohet drejtimi i zhvendosjes relative të krahëve. Elementët e një shkëputjeje të thjeshtë tektonike janë, blloku i varur, blloku i shtruar dhe rrafshi i zhvendosjes (plani i tektonikës) (Fig. 2).

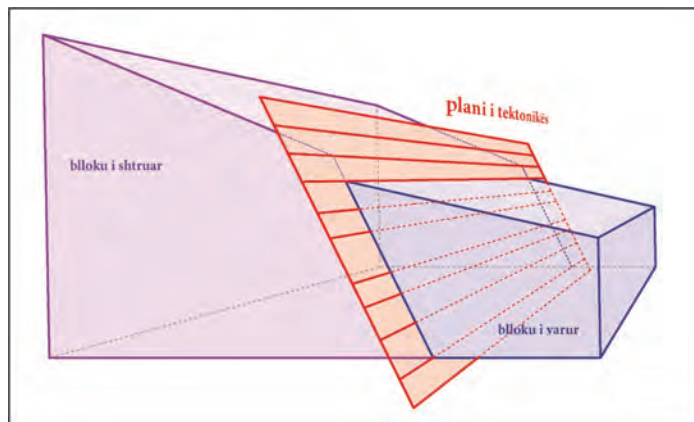


Figura 2. Paraqitje grafike skematike e elementëve të shkëputjes tektonike.

Në figurën 2 është paraqitur një tektonikë normale, pjesa e poshtme është blloku i varur dhe e sipërmja është blloku i shtruar. Ato ndërpriten prej planit të tektonikës që përbën rrafshin e zhvendosjes së dy blloqeve kundrejt njëri-tjetrit. Plani i tektonikës përfaqëson një sipërfaqe përgjatë së cilës masivi shkëmbor plasaritet dhe njëri bllok lëviz në lidhje me bllokun tjetër. Në një thyerje normale, blloku i varur është toka që ka rrëshqitur poshtë përgjatë planit të prishjes në një pozicion më të ulët,

të varur. Blloku i shtruar është pjesa e tokës që është ngritur ose ka ngelur në pozicionin më të ngritur. Kur lëvizja është e kundërt, blloku i varur përfaqëson pjesën shkëmbore që shtyhet lart përgjatë planit të tektonikës, mbi bllokun e shtruar. Blloku i shtruar mund të ketë mbetur në pozicionin e tij më të ulët ose shtyhet nën bllokun e varur.

Lëvizja mes dy blloqeve nuk është gjithmonë e qetë dhe ndonjëherë mes tyre lind një fërkim mjaft i madh

që zvogëlon shpejtësinë e tyre të lëvizjes së ndërsjelltë. Në këtë rast presioni rritet dhe çon drejt çlirimit të sasive të mëdha energjie, duke shkaktuar një tërmet. Pjesa më e madhe e tërmeteve shkaktohet nga thyerjet e rrëshqitjes, ku blloqet lëvizin kundrejt njëri-tjetrit pothuajse horizontalisht.

Rrafshi i zhvendosjes ose plani i tektonikës është rrafshi gjatë të cilit kryhet zhvendosja e blloqeve. Ai mund të përfaqësojë një çarje ose një zonë të copëtimit tektonik me gjerësi të ndryshme, që shkojnë nga disa centimetra deri në disa dhjetra metra. Rrafshi i zhvendosjes ka kënde të ndryshme rënieje dhe pozicioni i tij në hapësirë përcaktohet ashtu si dhe në shtresat me rënie monoklinale, me anë të elementeve të shtruarjes

(këndet α dhe ϕ ; Fig. 3).

Blloqet tektonike ose krahët e shkëputjes ndodhen në të dyja anët e rrafshit tektonik, por janë të zhvendosura njëri kundrejt tjetrit, siç u shpjegua më sipër. Kur rrafshi tektonik ka kënd të madh rënieje deri në të drejtë kemi të bëjmë me bllok ose krah të ngritur dhe të ulur. Kur rrafshi tektonik është i pjerrët, atëherë themi se blloku që vendoset mbi rrafshin tektonik është bllok i varur, kurse blloku që vendoset poshtë këtij rrafshi është bllok i shtruar. Në hartat gjeologjike, tektonikat shënohen nëpërmjet linjës tektonike, e cila përgjithësisht vizatohet në ngjyrë të kuqe dhe është gjurma e ndërprerjes së rrafshit tektonik me sipërfaqen e Tokës.

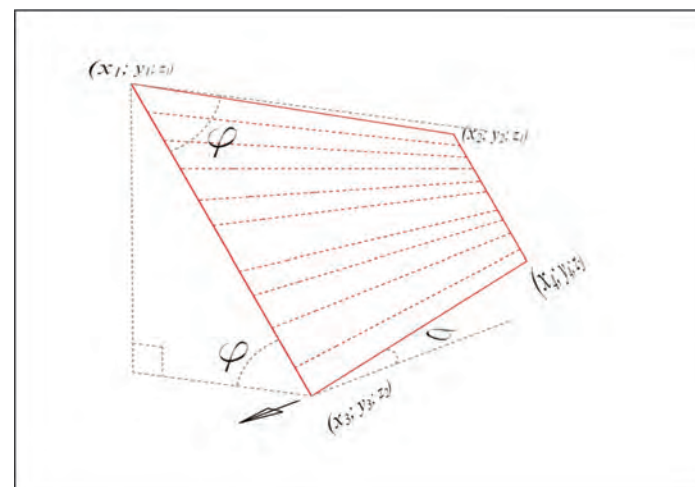


Figura 3. Paraqitje grafike e këndit të mesatarizuar të rënies (ϕ) dhe këndit të drejtimit (α).

Plani i tektonikës, ose më saktë projekcioni i tij mund të shprehet nga dy kënde, ai i rënies (ϕ) dhe ai i azimutit të shtrirjes (α), të cilët nëpërmjet

$$\tan \varphi = \frac{a}{b} = \frac{z_1 - z_2}{x_1 - x_3}$$

dhe

$$\tan \alpha = \frac{x_1 - x_2}{y_1 - y_2}$$

Drejtimi i zhvendosjes së këtyre blloqeve ndaj njëri – tjetrit, bën dhe emërtimin e klasifikimin e shkëputjeve tektonike, të cilat i klasifikojmë në:

a. Shkëputje normale (Fig. 4a);

koordinatave të të dy pikave në fillim dhe mbarim të tektonikës mund të shprehen si më poshtë:

b. Mbihipje (Fig. 4b);

c. Shkëputje shtytëse e majtë (Fig. 4c);

d. Shkëputje shtytëse e djathtë, të cilat i kemi paraqitur në figurën e mëposhtme (Fig. 4d).

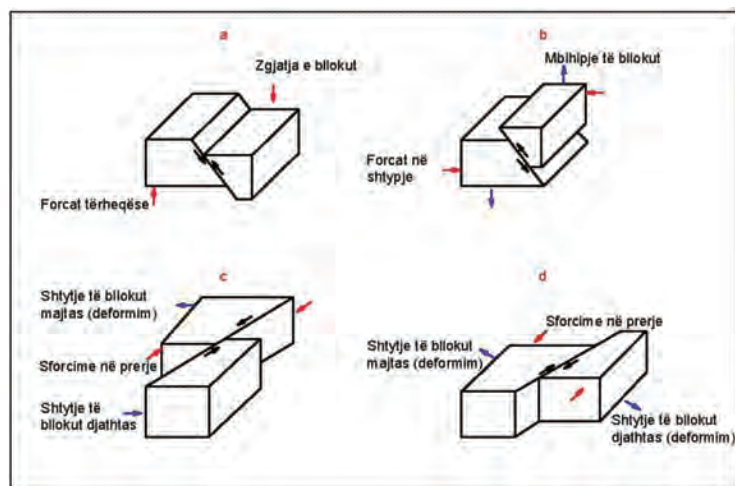


Figura 4. Paraqitja grafike e shkëputjeve tektonike: a) shkëputje tektonike normale (normal faults) (veprim i forcave në tërheqje përkundërt bllokut, shkaktohen deformim dhe zgjatim të tij; b) shkëputje tektonike mbihipëse (reverse fault), presioni i krijuar nga veprimi i forcave në shtypje mbihipën njërin bllok mbi tjetrin; c – d) shkëputjet tektonike shtytëse e majtë ose e djathtë (left, right – lateral, strike – slip – fault), nga veprimi i forcave në prerje, sforcimi anësori i bllokut shkakton deformim të bllokut në kahun ku vepron forca.

Metodika e modelimit të tektonikave

Duke shfrytëzuar të dhënat arkivore të profileve sizmike, kryer nga kompani vendase dhe të huaja në hapësirën detare shqiptare, krijuam një bazë të mjaftueshme të dhënash për ndërtimin e tavanëve të moshave Serravalian, Tortonian dhe Mesinian për detin Adriatik. Mënyra e zakonshme për paraqitjen grafike të tektonikave në hartat gjeologjike, është ajo nëpërmjet linjave tektonike. Kjo linjë nuk është tjetër veçse gjurma e prerjes së planit të tektonikës me sipërfaqen e relievit. Duke i konsideruar tavanët e moshave të sipërpërmendur si paleorelieve, çdo prerje e tyre me planin e tektonikës do të përfaqësojë një linjë tektonike. Tavanët paraqiten në trajtë izolinjash, pra si të tilla kanë attribute të koordinatave hapësinore (x, y, z).

Linja, në pikëpamje gjeometrike, përfaqëson një bashkim të pafundëm pikash, e cila në problemin konkret përcaktohet prej pikave që presin planin e tavanit të moshës në vlerat hipsometrike të izolipseve, pra vendin ku plani pret paleorelievin dhe merr çdo kuotë vertikale “ z ” të izolinjave të paleorelievit. Duke i bashkuar këto pika jemi në gjendje të përcaktojmë

vijën (linjën) që pret paleorelievin e moshës përkatëse (Fig 5), e cila në rastin tonë, në të kundërt të paraqitjes në një hartë të zakonshme gjeologjike, është një linjë në hapësirë 3D, ku çdo pikë që i përket vijës zotëron koordinatat hapësinore x, y, z . Tërësia e këtyre pikave, që i përkasin tavanëve të tre moshave, na jep mundësinë e përcaktimit të një plani në hapësirë, i cili përfaqëson rrafshin tektonik.

Pra prej kuotave të nxjerra nga pikat që përfaqësojnë prerjen e planit të të njëjtës tektonike, përkatësisht me paleorelievet e Mesinianit, Tortonianit dhe Serravalianit, kalojmë nëpërmjet programit ArcGIS në ndërtimin e TIN-it të planin të prerjes ose planit të tektonikës. Duke e transformuar TIN-in në një paraqitje me linja paralele, planin e prerjes e kemi kthyer në një bashkësi drejtëzash nëpërmjet të cilave jemi në gjendje të përcaktojmë ndryshimin e drejtimin të planit tektonik (i cili nuk është i rrafshët pra është i lakuar pasi në natyrë nuk ka plane tektonike të rrafshëta) për çdo pozicion hapësinor brenda hapësirës që analizojmë.

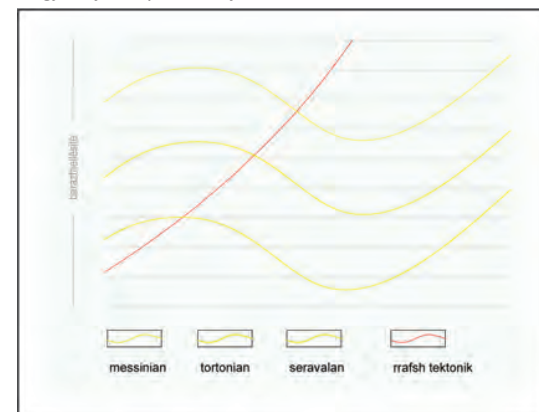


Figura 5. Mënyra skematike e ndërtimit të tavanëve të secilës moshë.

Për secilën moshë kemi izolinjat dhe tektonikat përkatëse. Pikat me koordinatat përkatëse kanë një thellësi të caktuar. Ndërtimi i tektonikës është realizuar në programin ArcGIS, duke ndjekur këto hapa (Fig. 6):

1. Krijohet shapefile-i "pikë", që krijohen nga kontakti i izolinjave me tektonikën e së njëjtës moshë dhe në tabelën e attributeve shtohet thellësia e kësaj pike.
2. Krijohet Tin-i në varësi të pikave të përcaktuara.
3. Nga secili Tin gjenerojmë sipër-

faqet imazh (Raster) përkatëse (Arctoolbox-Raster to Tin).

4. Prej sipërfaqeve imazh krijojmë konturet (izolinjat) me thellësitë përkatëse në tabelën e attributeve.

Produkti përfundimtar paraqitet në figurën 6f, ku konturet janë ndërtuar çdo 100 m dhe japin idenë sesi vazhdon tektonika në drejtimin vertikal (thellësi) dhe atë horizontal. Vlerat e zoiqseve janë me vlerë negative sepse planet tektonike zhyten në kuota të cilat gjenden në nivelin e detit.

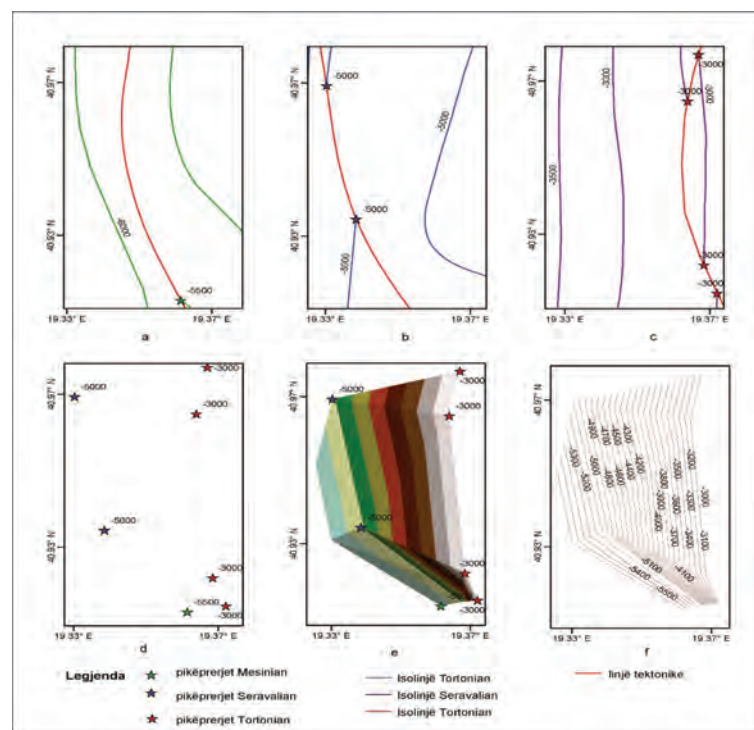


Figura 6. Paraqitja e hapave të ndjekur për ndërtimin e paraqitjes 3D të rrafshit të tektonikës në programin ArcGIS.

REZULTATET DHE DISKUTIMI

Nëpërmjet të dhënave të profileve sizmike u bë e mundur kthimi i linjave të tavanave të moshave Serravalian, Tortonian dhe Mesinian për detin Adriatik, për secilin profil, në izolinja, të cilat përfaqësojnë sipërfaqen totale të këtyre moshave gjeologjike. Po kështu u ndërtuan edhe linjat tektonike si prerje të rrafshit të tektonikës me tavanet përkatëse.

Duke shfrytëzuar mundësitë që jep interpolimi nëpërmjet programit ArcGIS, u bë e mundur që linjat tektonike, të përfaqësojnë nga një numër i fundëm pikash me vlera të ndryshme të koordinatave hapësinore x, y, z, në tre nivele, që përfaqësojnë prerjen e

të njëjtit plan tektonik me tavanet e moshave Serravalian, Tortonian dhe Mesinian, të transformohen në një sipërfaqe TIN.

Më tej ky TIN u transformua në trajtë linjash paralele, ku secila linjë ka të njëjtën vlerë të koordinatës vertikale "z" dhe vlera të ndryshme të koordinatave horizontale x, y. Diçka e tillë, na jep mundësinë, që linja e hequr pingul me drejtimin e njëres izolinjë, do jetë pingule me të gjitha të tjerat, dhe kështu me lehtësi mund të përcaktojmë vlerat e këndit të rënies (ϕ) për secilin interval të thellësisë me formulën:

$$\tan \phi = \frac{a}{b} = \frac{z_1 - z_2}{x_1 - x_3}$$

Po kështu për çdo dy pika rastësore të njëpasnjëshme të përzgjedhura në njërën prej izolinjave çfarëdo të planit, duke qenë se në të gjithë

këtë linjë vlera koordinatës vertikale "z" është e njëjtë, mund të caktojmë vlerën e azimutit të shtrirjes (α), duke përdorur me formulën:

$$\tan \alpha = \frac{x_1 - x_2}{y_1 - y_2}$$

Domethënë, nëpërmjet kësaj mënyre paraqitjeje të planit të tektonikës, nëpërmjet linjave paralele, në intervale të njëjta, ne e kontrollojmë në çdo pikë të hapësirës gjendjen hapësinore të tektonikës. Sigurisht që me rritjen e numrit të të dhënave rritet edhe saktësia e kontrollit të pozicionit hapësinor të kësaj tektonike

PËRFUNDIME

Modeli i ndërtuar bën të mundur paraqitjen në hapësirë të strukturave të rrudhosura dhe shkëputjet tektonike me qartësi dhe lehtësi, gjithashtu si dhe sipërfaqet e mospërputhjeve. Kështu, jo vetëm që do të identifikohet një gamë e gjerë strukturash gje-

ologjike, por gjithashtu do të ofrohet një imazh i litologjive të prekura nga shkëputjet tektonike. Duke u aplikuar në një shkallë më të madhe, interpretimi ynë i bazuar në modelet 3-D do ofrojë një paraqitje më të qartë të disa sistemeve të komplikuar shkëputjesh tektonike. Modeli ynë do të ofrojë gjithashtu një imazh të qartë të shkëputjeve normale aktive së bashku me zonat sizmike përkatëse. Rezultatet tona nga matjet e kryera në hartat tridimensionale japin rezultate në përputhje me studimet e mëparshme duke përdorur të dhëna të marra në terren, por shumë më të detajuara se hartat gjeologjike normale që lejojnë një vizualizim të kufizuar në hapësirë.

REFERENCAT

- ALIAJ SH. (2000).** Active faults zone in Albania: XVII Gen. Ass. of ESC, Book of Abstracts and papers
- ALIAJ SH., KOÇIU S., MUÇO B. & SULSTAROVA E. (2010).** Seismicity, seismotectonics and seismic hazard assessment in Albania. *Albanian Academy of Sciences* (In Albanian with extended English Summary).
- BËRXOLLI A., QIRIAZI P. & BEJLERI M. (2000).** Gjeografia e Shqipërisë, Ndërtimi Gjeologjik i Trullit Shqiptar, fq. 13 – 14. ISBN 99927-2-399-8 – 8.
- DODA V., HYSENAJ R. & DEDA D. (2019, 2020).** Modeli i mundshëm gjeotektonik i tërmetit të 26 nëntorit 2019 [Hypothetical geotectonic model of the November 26, 2019 earthquake]. *Buletini i Shkencave Gjeologjike*, 1/2020, 55 – 74. ISSN 0254-5276.
- DODA V., HYSENAJ R., DEDA D. & MARKU S. (2020).** The geotectonic model of Durres earthquake (November 26th, 2019), Magnitude = 6.4. International Conference on Geosciences and Earthquake Engineering, Challenges for Balkan Region (ICGEE). Tiranë 26-28.11.2020. <http://www.akad.gov.al/ash/icgee>
- FRASHERI A., NISHANI P., BUSHATI S. & HYSENI A. (1996).** Relationship between tectonic zones of the Albanides, based on results of geophysical studies, in Structure and Prospects of Alpine Basins and Forelands, Peri-Tethys Mem., (P.A. Ziegler & F. Horvath, Eds.). *Mem. Mus. Natn. Hist. Nat.*, 2, 170, 485-511.
- GRUP AUTORËSH (1978).** Gjeologjia e Shqipërisë. Tekst i Hartës gjeologjike të R.P.S. të Shqipërisë me shkallë 1:200 000. *Arkivi Qëndror Teknik i Gjeologjisë*. Numri i vendit 6895 (I pabotuar).
- MARKU S., DEDA D., GJOKA M., DERVISHI A. & SILLO E. (2022-2024).** Ndërtimi i hartës gjeologjike detare të rajonit detar të Gjirit të Drinit (rajoni Velipojë - Kepi i rodonit) në shkallë 1: 25 000. Projekt me Kod VI-1. *Arkivi Qendror Teknik i Gjeologjisë* (I pa publikuar).
- MARKU S., ORMENI R. & PANZA G. (2021).** Seismic characterization of Tirana - Durrës - Lezha region (northwestern Albania) and analysis effort through NSHDA method. Earthquakes and Sustainable Infrastructure: neodeterministic (NDSHA) approach guarantees prevention rather than cure" (In: Panza G., Kossobokov V. G., Laor E. & De Vivo B., Eds.). *Elsevier Book*, Chapter 23, 475-490. doi.org/10.1016/B978-0-12-823503-4.00026-9 + 2 referenca).
- MARKU S., PANZA G. & ORMENI R. (2014).** The necessity of an anti-seismic law in Albania based on NDSHA method of risk calculation. XX Congress of the Carpathian Balkan Geological Association Tirana, Albania, 24-26 September, Special Session SS23. *Buletini i Shkencave Gjeologjike*, Special issue, 1/2014, 462-465.
- MELO V., ÇILI P. & GJENERALI V. (1987).** Gjeologjia strukturore-gjeotektonika. *SH.B "Shtypshkronja e Dispensave"*, 3-4.
- ORMENI R. & MARKU S. (2009).** Evidentimi i strukturave karbonatike me perspektivë naftë-gazmbajtëse të zonës Jonike nën mbihipjen e zonës Kruja, në rajonin Veriu i Dumrese-Rovë-Fortuzaj. *Buletini i Shkencave Gjeologjike*, 1/2009, 61-70.
- PAPA A. (2000).** Aventurat e një nocioni: Albanidet. Pozicioni i Albanideve në brezin e rrudhosur Alpin Mesdhetar. Kongresi i VIII Shqiptar i Gjeoshkencave. *Shtypshkronja Marin Barleti*, 92-93.
- SKRAMI J. & ALIAJ SH. (1995A).** Thrusts and backthrusts on Periadriatic Depression (Albania) deduced from exploratory seismics. *Proc. of XV Congress of the Carpatho-Balkan Geol. Assoc.*, 1139-1143.
- SKRAMI J. & ALIAJ SH. (1995B).** Faults and structural unconformities on Periadriatic Depression revealed by exploratory seismics. *Symposium Alpbetrol*, 23-26.
- SHKUPI D. (1984).** Fjalor i Gjeologjisë. *SH.B. "8 Nëntori"*, fq. 660.
- VELAJ T. (2012).** Tectonic style and hydrocarbon evaluation of duplex Kruja zone in Albania. Fq. 236-242. Retrieved from <https://hrcak.srce.hr/86219>
- XHOMO A., KODRA A., XHAFA Z. & SHALLO M. (2011).** Gjeologjia e Shqipërisë (Stratigrafia, Magmatizmi, Metamorfizmi, Tektonika, Neotektonika dhe evolucioni paleogeografik e gjeodinamik). *SH.B. "Ngjyrat e Kohës"*, Tiranë.

PRELIMINARY STUDY FOR A 3D MODELING OF THE DETACHMENT FAULTS

SOKOL MARKU^{1*}, ANXHELA DERVISHI¹ & IBA ÇAUSHI¹¹Albanian Geological Survey, Zef Serembe Str., Tiranë, Albania.

*Corresponding author: marku2s@yahoo.com

(Manuscript submitted in August 2023; accepted for publication in November 2023)

ABSTRACT

The objective of this paper was to create a three-dimensional (3-D) geotectonic model in the South Adriatic Basin (SAB) area by integrating geological and seismic data with the aim of being an extremely useful tool in the geometric assessment of detachment tectonics. This zone stretching from Montenegro, Albania to Greece is a territory where the important seismic activity takes place and is characterized by numerous tectonic detachment faults, most of them seismically active. Today, around the world, technological development has made it possible to digitalise the creation of alphanumeric databases and to project this data in graphical form. These possibilities provide a representation as close as possible to the real geological construction in 3D digital maps. The paper is an attempt to study and treat the 3D representation of tectonics, for the marine part from the surface to the depth, the methodology of its construction in a three-dimensional aspect based on data that have as a starting point the sedimentary roof ages, isolines and tins.

Keywords: 3D, South Adriatic Basin, seismic, active detachment, Serravallian, Tortonian, Messinian, tectogenesis, TIN, isoline.

INTRODUCTION

The high seismic activity and the important seismic events that characterized our country especially in the last 3 – 4 years, created the need for more in-depth studies of all the processes responsible for the earthquakes generation and other related phenomena. The Albanian researchers have carried out a large number of studies in the field of tectonics, geophysical exploration and seismological research throughout the Albanian territory, including the South Adriatic Basin. This made it possible to collect abundant and reliable original data, but currently, no researchers have used these data to carry out a detailed 3D modelling of the regional tectonics. Integrating these multidisciplinary data to create a 3D geometric structural model, related to seismogenic tectonics, could be a key to narrow regional seismic

risk assessment with a large number of active tectonic faults and frequent seismic activity.

It's common knowledge that the Albanian territory (Papa 2000) is characterized by a large number of active tectonic faults as well as continuous seismic activity, and for this reason, these active block boundaries (zones of deep transverse and longitudinal tectonic faults) are seismogenic structural elements. The main cause of this seismic activity in these boundaries is the collision between two large tectonic plates: the Eurasian plate and the African plate. The latter one plays an important role in the Adriatic area, because due to its northward movement, near the Albanian territory, it exerts a pressure activity, and it is responsible for the seismic activity in this country.

This earthquakes' category has the source along the Ionian and Adriatic coasts, and studies show that responsible for the Durrës earthquakes on September 23 and November 26 and their fore and aftershocks, were a series of fault planes, located on the Albanian coastal and seaside area (Doda et al. 2019, 2020). Therefore, the knowledge of land and marine tectonics, the anticipation of its movement and its behaviour at great depths where earthquakes generally occur, is a key component in determining the behaviour of the lithosphere and the geological and seismic risk associated with it. How to effectively integrate the geotectonic, geophysical, and seismic data to make this model as close to reality as possible, is a primary challenge compared to the application of three – dimensional modelling that integrates these other data that were mentioned above. A detailed study based on stratigraphic, structural, geological and geophysical data, including coastal and marine seismic profiles and deep well data, will also help to better understand the relationship between seismic events.

GEOLOGICAL SETTING

The detachment faults movements are associated with the release of energy from the blocks and are responsible for generating seismic activity. On the global map of seismic risk, based on acceleration values (g), Albania is in the red zone (43rd place), thus placing itself in the group of countries with high seismic risk (Marku et al. 2014, 2021; Muço 1995; Ormeni et al. 2009). The seismic activity in the country is considered moderate, which means that average magnitude earthquakes are frequent, but strong and very strong earthquakes with serious consequences occur periodically (Marku et al. 2021). In order to prevent the risks related to seismic activity, the studies should be undertaken to have anti – seismic codes in order to create building standards in different re-

gions, taking into account the seismic risk of each region. It is important to have a good knowledge of tectonics, which is helpful in these studies and for drafting seismic macrozonation and microzonation maps.

The seismicity of our country is related to the seismogenic zones spreaded throughout the territory of Albania and during the last four decades, four seismotectonic models were proposed, these models dividing the territory into several seismogenic zones. Therefore, a model for dividing the Albanian territory into seismically active zones is given by Aliaj et al. (2010), with a first model (Aliaj 2000) where a total of six seismogenic zones were identified and where three longitudinal seismogenic zones are crossed by three transversal zones as follow: the Ionian – Adriatic longitudinal seismogenic zones, Shkodër – Mat – Librazhd – Bilisht and Peshkopi – Korçë (Drin region) and the transversal zones: Shkodër – Pejë, Lushnje – Elbasan and Vlorë – Tepelenë.

One of the areas of high seismic potential characterized by seismically active longitudinal faults is the Ionian – Adriatic active fault zone, extending from Montenegro to Greece through the Albanian territory. The highest seismic activity in the country occurs in this area where several strong earthquakes were recorded with intensity at the epicentre of $I_0 = VIII - IX$ and with a magnitude of up to 6.5.

As shown by various studies, the platform located under these seas consists of two different carbonate facies: (a) a platform characterized by deep water carbonate facies, called the South Adriatic Basin (BAJ), which is located to the north of Sazani, or more precisely, north of Vlora – Skopje crossroads, with east – west extension and to the west of the Adriatic Sea and (b) a shallow water carbonate platform called the Apulian Platform, which lies south

of the South Adriatic Basin and west of Sazani zone. This area is characterized by numerous tectonic faults, most of which are seismically active.

In the Albanian orogen, three longitudinal and two transversal zones of main active fault zones are identified: 1) the Ionian – Adriatic zone of overthrusting faults with north-western (NW) to north – northwestern (NNW) extension; 2) Shkodër – Mat – Librazhd, a graben of normal faults with NW extension; 3) Peshkopi – Korçë zone, a graben of normal faults with western (W) – southern (S) extension; 4) Shkodër – Tropojë zone of normal faults with north-eastern (NE) extension, and 5) Lushnjë – Elbasan – Dibër zone of normal faults with NE extension (Aliaj 2000).

Ionian – Adriatic Zone

The Ionian – Adriatic seismic fault zone is an area stretching for several hundred kilometres along the Adriatic and Ionian coasts, characterized by overthrust faults and divided into three segments along the Shkodër – Pejë and Vlorë – Tepelenë transects, as follows:

- 1.A northern segment with north (N) – NW extension characterized by a zone of dominant pre-Pliocene faults in Kruja (Dalmatia) region, which is still active today, extending 200 km from Lezha to Ulcinj and beyond, along the Dalmatian coast.
- 2.A central segment extending from N to NW, characterized by a post-Pliocene overthrust faults in the Adriatic Depression, which continues for about 130 km from Lezha to the north of Vlora.
- 3.A southern segment of NW extension, characterized by a pre-Pliocene overthrust faults, mainly belonging to Ionian zone, still active today, which continues for about 250 km, from Vlora to Konispol and further along the Ionian coast in Greece.

The analysis of the earthquakes produced in this area shows that two fault systems are currently active: a system with the NW – southeast (SE) direction that corresponds to the general direction of extension of the main geological structures and a transversal system of northeast (NE) – southwest (SW) orientation, which is related to the transversal faults crossing and displacing the longitudinal faults, very active and of high seismic potential. The geological and geophysical data carried out in this area, both in the continental and in the marine part, allowed the conclusion that the Ionian – Adriatic faults zone consists of both longitudinal faults of overthrust type and transversal faults of strike slip type (Skrami & Aliaj 1995a, 1995b).

From geological point of view, the study area located in the Ionian and Adriatic seas, to the west of the Adriatic Depression and the Sazani zone and to the south, in the Ionian Sea, bordering the Ionian zone and coincides with the extension of the Southern Adriatic Basin. It was affected by extensive tectonics during Pliocene – Quaternary.

The South Adriatic Basin

The South Adriatic Basin is one of the tectonic zones of Albania, located above an unfolded platform carbonate basement with a marine stratigraphic continuity until Neogene. This area is bounded to the north-east, east, and southeast with the overthrust front of Kruja and Ionian orogen (Xhomo et al. 2011). There is little data in the literature regarding this area. Hyseni et al. (2019) have performed the interpretation of these deposits using seismic profile data carried out in different periods from 1989 to 2005. A reinterpretation of these data is process by Marku et al. (2020 – 2024). In figure 1, a part of one of the seismic profiles reinterpreted in this process is done to give an idea of the continuity of the deposits in this area.

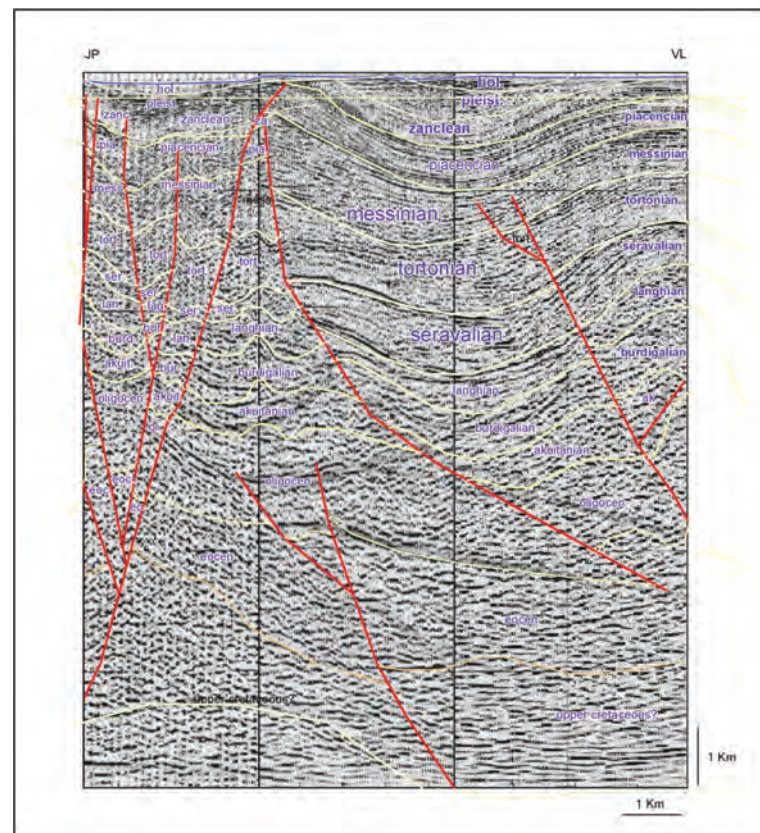


Figure 1. Seismic profile RO-91-124 with geological interpretation (Source AQT-GJ, SHGJSH. Time-time and time-depth conversion by E. Silo. Geological interpretation by S. Marku in Marku et al. 2022-2024).

The South Adriatic Basin is the largest Neogene to Quaternary sedimentary accumulation in the central and southern Adriatic area in terms of both horizontality and vertical dimensions and the axis of the basin is oblique to the overall Dinaride/Albanide belt structure. The South Adriatic basin begins at the NE of the Gargano promontory where it is completely detached from the Dinaric thrust belt and the basin axis

is located 100 km west of the outermost Dinaric thrusts. Moving south-east, the basin widens and deepens reaching a thickness >8 km in the Albanian offshore. Once present in the Albanian onshore it forms the Tirana depression and then it shows a shallowing tendency towards the southeast and ends up outcropping south of Tirana (Geological map of Albania, 1: 200 000, 1983; Frasheri et al. 1996; Bërçolli et al. 2000). The

basin's sedimentary deposits and its basement are thus exposed in central and southern Albania, providing an important opportunity to study its deep geometry.

The terrigenous sedimentation is represented by molasse deposits of Serravallo – Tortonian – Messinian – Pliocene ages. The basin overlies the Ionian zone in south-east and the Kruja zone to its easternmost part. From south-east to north-east, the thickness of the molasses increases, reaching 5 000 – 7 000 m in north of Rodoni area (offshore). During the time when the South Adriatic basin deposits were formed and folded, the adjacent carbonate structures of the Kruja zone, as a result of intensive submerging of the South Adriatic basin, were moved towards the north-east and were rotated anti-clockwise, increasing their tectonic complexity degree and replacement in the west (Velaj 2012).

METHODOLOGY

Brief description of the concept of tectonics and the importance of their study

The 3D geological modelling is a contemporary process that allows the creation of three-dimensional geological models, based on data commonly used in geology, such as geological maps or profiles, thus strengthening the ability to understand and present geotectonic and structural models. Our work started with the creation of a complex archive containing a significant amount of data available in the literature such as cartographic, photographic, geological, geophysical and seismic studies for the geological structure of the Southern Adriatic Basin, but the model is intended to be at scale, in the sense that can be improved, either locally or even regionally. In this case, the contribution of the geologist is essential for formulating coherent geological hypotheses and determining the processes of inte-

gration of data that have different origins (tectonic faults identified by geophysics, drilling, structural surveys etc.).

Through interactive 2D and 3D visualization and analysis, using this model we will validate these data and their geometric consistency, where geological objects are grouped and interpreted based on their tectonic-structural and stratigraphic characteristics. Among geological objects that can be modelled, tectonic faults occupy a privileged place. Since most geological observations only allow the analysis of tectonic faults close to the surface, their visualizing and evolution at depth, is almost impossible.

Tectonic movements are the materialization of tectonics, which is a process that is obviously related to the internal energy of the Earth (Shkupi 1984). They have two forms and are divided into folding tectonics and detachment tectonics.

Tectonic movements classified as fold tectonics are deformations of rock masses, which can change the compactness of rocks, resulting in the compression or expansion of the volume of rock layers, but without causing them to separate or break into blocks being responsible for the formation of folds (Melo et al. 1987).

The detachment or fault tectonics leads to the separation of two lithological blocks due to the stress they underwent a cause of lithospheric movements. The detachment results in a break in the block structure and is associated with the movement of the broken pieces towards each other. The detachment itself represents a surface of various volumetric geometric shapes, which move according to the so-called tectonic development plan. The distinctive elements of this plane are the sliding mirrors that contain markings to determine the direction of relative movement of the flanks. The elements of a simple tectonic detachment are the hanging

wall block, the foot wall block, and the fault plane (Fig. 2).

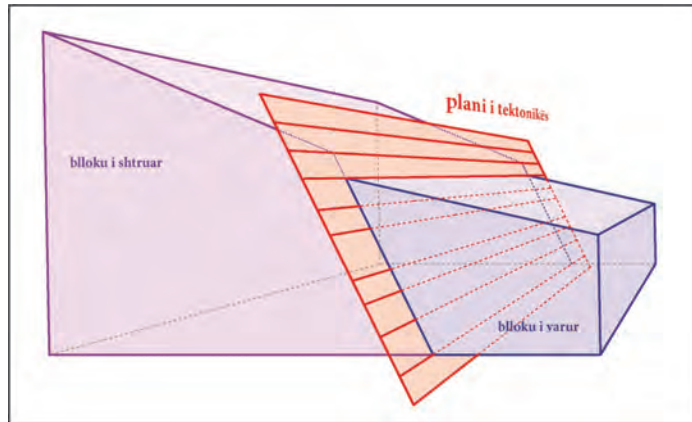


Figure 2. Schematic representation of the components of a tectonic fault.

In figure 2 we have shown normal tectonics, the lower part is the hanging wall block, and the upper part is the foot wall block. They are interrupted by the fault plane which constitutes the plane of movement of the two blocks against each other. The fault plane represents a surface along which the rock mass breaks, and one block moves relative to another block. In a normal fault, the hanging block is the earth that has slid along the fault plane to a lower hanging position. A footwall block is the block that has been raised or remained in the highest position. When the movement is reversed, the hanging block represents the portion of rock that is pushed up along the fault plane above the block below. The footwall block may have remained in its lowest position or been pushed below the hanging wall block.

The movement between the two blocks is not always smooth and sometimes there is a lot of friction between them which reduces their velocity of mutual movement. In this case, the pressure increases and

causes large amounts of energy to be released causing an earthquake. Most earthquakes are caused by strike-slip faults, where blocks move against each other almost horizontally.

The plane of motion or fault plane is the plane along which the movement of blocks occurs. It can represent a fissure or a zone of tectonic fragmentation of different widths, varying from a few centimetres to several tens of meters. The fault plane has different dipping angles and its position in space is determined as in monoclinical dipping layers, by means of bedding elements (angles α and ϕ , Fig. 3).

Tectonic blocks or detachment flanks are located on either side of the tectonic plane but are offset from each other as explained above. When the fault plane has a large dip angle, we are dealing with a raised and lowered block or flank. When the tectonic plane is inclined, then the block placed above the fault plane is called a hanging wall block, while the block placed below this plane is called the

footwall block. On geological maps, tectonics are marked by a tectonic line, generally drawn in red and

which is the trace of the intersection of the tectonic plane with the Earth surface.

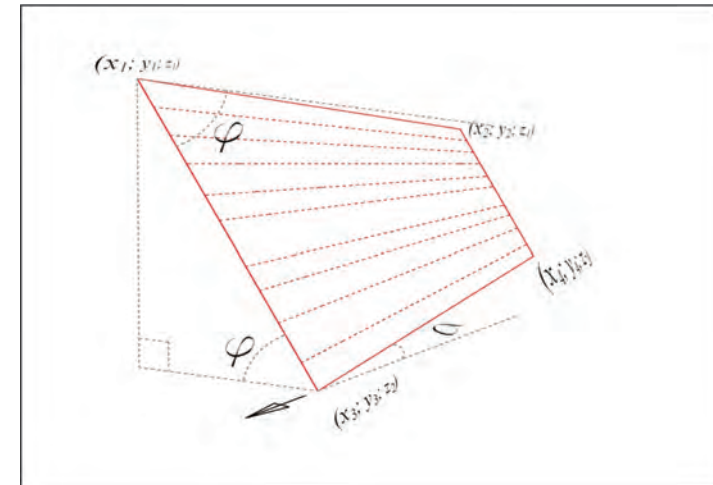


Figure 3. Graphic representation of the average angle of incidence (ϕ) and angle of direction (α).

The fault plane, or more precisely its projection, can be expressed by two angles, that of dip (ϕ) and that of extension azimuth (α), which due to

the coordinates of the two points at its beginning and end, tectonics can be expressed as below:

$$\tan \phi = \frac{a}{b} = \frac{z_1 - z_2}{x_1 - x_3}$$

and

$$\tan \alpha = \frac{x_1 - x_2}{y_1 - y_2}$$

The direction of movement of these blocks towards each other determines the name and classification of tectonic faults, which we classify in:

- a. Normal faults (Fig. 4a);
- b. Overthrust faults (Fig. 4b);

- c. Right-lateral strike-slip fault (Fig. 4c);
- d. Left-lateral strike-slip fault, which shown in the following figure (Fig. 4d).

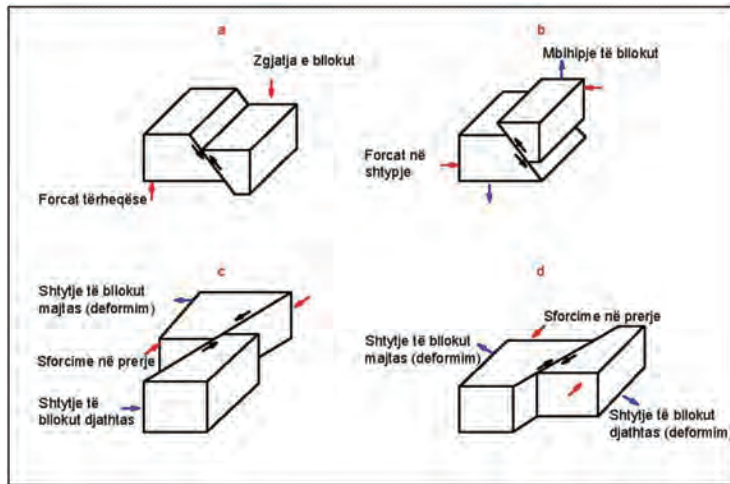


Figure 4. Graphical representation of tectonic faults: a) normal tectonic fault (action of tensile forces against the block causing its deformation and extension; b) over-thrust tectonic fault where the pressure created by the action of compression forces will cause one block to slide over the other, d) Right-lateral of left-lateral strike-slip fault (left, right – lateral, strike-slip – fault), under the action of compression forces, the lateral stress of the block causes deformation of the block in the direction where the force acts.

Tectonic modelling methodology

Using archive data of seismic profiles performed by local and foreign companies in the Albanian maritime space, we have created a sufficient database for building Serravallian, Tortonian and Messinian roof structured for the Adriatic Sea. The usual way to graph tectonics on geologic maps is to use tectonic lines where this line is nothing but the trace of the intersection of the tectonic plane with the surface of the relief. Considering the above-mentioned age roofs as paleo-reliefs, each of their intersections with the tectonic plane will represent a tectonic line. These roofs are presented as isolines, so they have spatial coordinate attributes (x, y, z).

The line, from a geometric point of view, represents an infinite union of

points, which in the concrete problem is determined by the points that intersect the plane of the roof in the hypsometric values of the isohypses, i.e. the place where the plane intersect the paleo-relief and take each vertical quote “z” from the paleo-relief isolines. By joining these points, we can determine the line that intersects the paleorelief of the corresponding age (Fig 5), which in our case, contrary to the appearance on an ordinary geological map, is a line in 3D, where each point belonging to the line has spatial coordinates x, y, z. All these points belonging to the ceilings of three ages, give us the possibility of defining a plane in space, which represents the fault plane.

So by the quota obtained from the points that represent the section of

the same tectonic plane, respectively by the Messinian, Tortonian and Serravallian paleoreliefs, we go through the ArcGIS program until the construction of the TIN of the section plane or fault plane.

By transforming the TIN into a representation with parallel lines, we transformed the section plane into a set of lines by which we can determine the change in direction of the fault plane (which is not flat, so it is undulated) for each spatial position in space that we analyse.

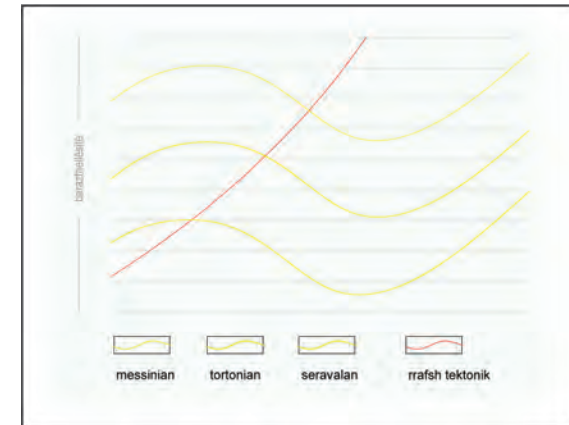


Figure 5. Schematic way of building the roofs for each age.

For each age we have the corresponding isolines and tectonics. The points with the corresponding coordinates have a certain depth. The construction of the tectonics was carried out in the ArcGIS program, following these steps (Fig. 6):

1. The “point” shapefile is done, which is created by contacting the isolines with tectonics of the same age and the depth of this point is added to the attribute table.
2. Tin is created based on defined points.
3. From each Tin we generate the cor-

responding image surfaces (Raster) (Arctoolbox-Raster to Tin).

4. From the image surfaces we create the contours (isolines) with the corresponding depths in the attribute table.

The final product is shown in figure 6f, where contours are constructed every 100 m and give an idea of how the tectonics continues in the vertical (depth) and horizontal direction. The isohypse values are negative because the tectonic planes are dipping into quota located below sea level.

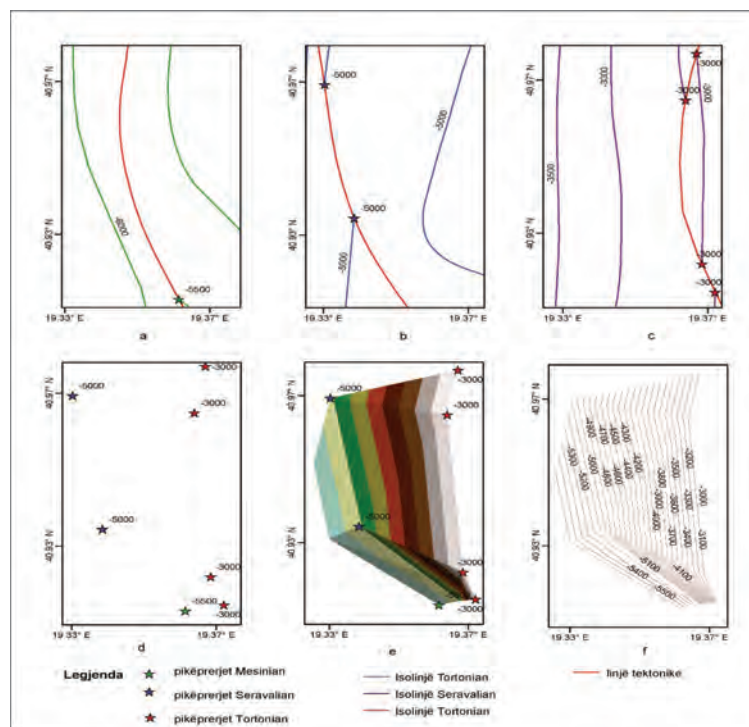


Figure 6. Presentation of the steps used for the construction of the 3D representation of the tectonic plane in the ArcGIS program.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Due to the seismic profiles data, it became possible to reduce the Serravallian, Tortonian and Messinian roof lines for the Adriatic Sea to isolines representing the total area of these geological ages. Also, tectonic lines were constructed as sections of the fault plane with corresponding roofs.

Due to the possibilities offered by the interpolation through the ArcGIS program, it became possible that the tectonic lines represented by a finite number of points with different values of the spatial coordinates x , y , z , on three levels, representing the intersection of the same tectonic plane

with the roof of Serravallian Tortonian and Messinian to be transformed into a TIN surface.

Additionally, this TIN has been converted to parallel lines, where each line has the same vertical 'z' coordinate value and different horizontal x , y coordinate values. Something like this gives us the possibility that the far line perpendicular to the direction of one isoline is perpendicular to all the others, and so we can easily determine the values of the angle of incidence (ϕ) for each depth interval with the formula below:

$$\tan \varphi = \frac{a}{b} = \frac{z_1 - z_2}{x_1 - x_3}$$

Same for two random consecutive points selected on one of the isolines of any plane, considering that along this line the value of the vertical co-

ordinate "z" is the same, so we can determine the value of the extension azimuth (α), by using the formula

$$\tan \alpha = \frac{x_1 - x_2}{y_1 - y_2}$$

Also due to this way of presenting the tectonic plane through parallel lines at the same intervals, we control the spatial position of tectonics at every point in space. Of course, with the increase in the number of data, the precision of controlling the spatial position of this tectonics also increases.

CONCLUSIONS

The constructed model allows folded structures and tectonic detachments to be spatially visualize with clarity and ease, as well as unconformable surfaces. Thus, not only a wide range

of geological structures will be identified, but also a clear image of the lithologies affected by tectonic faults will be provided. Applied on a larger scale, our interpretation based on 3D models would provide a concise image of certain complex tectonic fault systems. Our model will also provide a clear image of active normal faults as well as associated seismic zones. Our results from measurements on three-dimensional maps provide results in concordance with previous studies using field data, but much more detailed than normal geological maps, which allow for spatially limited visualization.

REFERENCES

- ALIAJ SH. (2000).** Active faults zone in Albania: XVII Gen. Ass. of ESC, Book of Abstracts and papers
- ALIAJ SH., KOÇIU S., MUÇO B. & SULSTAROVA E. (2010).** Seismicity, seismotectonics and seismic hazard assessment in Albania. *Albanian Academy of Sciences* (In Albanian with extended English Summary).
- BËRKOLO A., QIRIAZI P. & BEJLERI M. (2000).** Gjeografia e Shqipërisë, Ndërtimi Gjeologjik i Trullit Shqiptar, fq. 13 – 14. ISBN 99927-2-399-8 – 8.
- DODA V., HYSENAJ R. & DEDA D. (2019, 2020).** Modeli i mundshëm gjeotektonik i tërmetit të 26 nëntorit 2019 [Hypothetical geotectonic model of the November 26, 2019 earthquake]. *Buletini i Shkencave Gjeologjike*, 1/2020, 55 – 74. ISSN 0254-5276.
- DODA V., HYSENAJ R., DEDA D. & MARKU S. (2020).** The geotectonic model of Durres earthquake (November 26th, 2019), Magnitude = 6.4. International Conference on Geosciences and Earthquake Engineering, Challenges for Balkan Region (ICGEE). Tiranë 26-28.11.2020. <http://www.akad.gov.al/ash/icgee>
- FRASHERI A., NISHANI P., BUSHATI S. & HYSENI A. (1996).** Relationship between tectonic zones of the Albanides, based on results of geophysical studies, in Structure and Prospects of Alpine Basins and Forelands, Peri-Tethys Mem., (P.A. Ziegler & F. Horvath, Eds.). *Mem. Mus. Natn. Hist. Nat.*, 2, 170, 485-511.
- GRUP AUTORËSH (1978).** Gjeologjia e Shqipërisë. Tekst i Hartës gjeologjike të R.P.S. të Shqipërisë me shkallë 1:200 000. *Arkivi Qëndror Teknik i Gjeologjisë*. Numri i vendit 6895 (I pabotuar).
- MARKU S., DEDA D., GJOKA M., DERVISHI A. & SILLO E. (2022-2024).** Ndërtimi i hartës gjeologjike detare të rajonit detar të Gjirit të Drinit (rajoni Velipojë - Kepi i rodonit) në shkallë 1: 25 000. Projekt me Kod VI-1. *Arkivi Qendror Teknik i Gjeologjisë* (I pa publikuar).
- MARKU S., ORMENI R. & PANZA G. (2021).** Seismic characterization of Tirana - Durrës - Lezha region (northwestern Albania) and analysis effort through NSHA method. Earthquakes and Sustainable Infrastructure: neodeterministic (NDSHA) approach guarantees prevention rather than cure" (In: Panza G., Kossobokov V. G., Laor E. & De Vivo B., Eds.). *Elsevier Book*, Chapter 23, 475-490. doi.org/10.1016/B978-0-12-823503-4.00026-9 + 2 referenca).
- MARKU S., PANZA G. & ORMENI R. (2014).** The necessity of an anti-seismic law in Albania based on NDSHA method of risk calculation. XX Congress of the Carpathian Balkan Geological Association Tirana, Albania, 24-26 September, Special Session SS23. *Buletini i Shkencave Gjeologjike*, Special issue, 1/2014, 462-465.
- MELO V., ÇILI P. & GJENERALI V. (1987).** Gjeologjia strukturore-gjeotektonika. *SH.B "Shtypshkronja e Dispensave"*, 3-4.
- ORMENI R. & MARKU S. (2009).** Evidentimi i strukturave karbonatike me perspektivë naftë-gazmbajtëse të zonës Jonike nën mbijetjen e zonës Kruja, në rajonin Veriu i Dumrese-Rovë-Fortuzaj. *Buletini i Shkencave Gjeologjike*, 1/2009, 61-70.
- PAPA A. (2000).** Aventurat e një nocióni: Albanidet. Pozicioni i Albanideve në brezin e rrudhosur Alpin Mesdhetar. Kongresi i VIII Shqiptar i Gjeoshkencave. *Shtypshkronja Marin Barleti*, 92-93.
- SKRAMI J. & ALIAJ SH. (1995A).** Thrusts and backthrusts on Periadriatic Depression (Albania) deduced from exploratory seismics. *Proc. of XV Congress of the Carpatho-Balkan Geol. Assoc.*, 1139-1143.
- SKRAMI J. & ALIAJ SH. (1995B).** Faults and structural unconformities on Periadriatic Depression revealed by exploratory seismics. *Symposium Albpetrol*, 23-26.
- SHKUPI D. (1984).** Fjalor i Gjeologjisë. *SH.B. "8 Nëntori"*, fq. 660.
- VELAJ T. (2012).** Tectonic style and hydrocarbon evaluation of duplex Kruja zone in Albania. Fq. 236-242. Retrieved from <https://hrcak.srce.hr/86219>
- XHOMO A., KODRA A., XHAFA Z. & SHALLO M. (2011).** Gjeologjia e Shqipërisë (Stratigrafia, Magmatizmi, Metamorfizmi, Tektonika, Neotektonika dhe evolucioni paleogeografik e gjeodinamik). *SH.B. "Ngjyrrat e Kohës"*, Tiranë.

VLERËSIMI FILLESTAR I GJEOMORFOSITEVE NË BASHKINË POGRADEEC NËPËRMJET METODOLOGJISË GAM

ERMIONA BRAHOLLI^{1*} & OKSANA KREKA²¹Universiteti Fan S. Noli, Fakulteti i Edukimit dhe i Filologjisë, Bulevardi Rilindasit 11, Korçë, Shqipëri.²Muzeu Mesjetar i Korçës, Bulevardi Fan S. Noli, Korçë, Shqipëri.

*Autor korrespondent: ermiona.braholli@yahoo.com

(Dorëshkrim i dorëzuar në mars 2022; i pranuar për botim në shkurt 2023)

Abstrakt

Gjeomorfositet janë elemente të veçanta të gjeotrashtëgimisë, me vlera të larta shkencore dhe me potenciale të mëdha gjeoturistike. Në këtë studim është përgjeshur të bëhet një vlerësim gjeoturistik i gjashtëmbëdhjetë gjeomorfositeve në Bashkinë Pogradeec. Metodologjia vlerësuese e përdorur është GAM-i (Geomorfosite Assessment Method). Metodologjia GAM synon të evidentojë potencialet gjeoturistike të çdo gjeomorfositi duke paraqitur vlerat shkencore, estetike, të mbrojtjes, funksionale dhe turistike të tyre. Qëllimi kryesor i studimit është të analizojë lidhjen e varësisë ndërmjet nivelit të kërkimit shkencor, bukurive natyrore, nivelit të mbrojtjes dhe vlerave funksionale e turistike të gjeomorfositeve. Në studim bëhet një renditje e gjeomorfositeve sipas vlerave kryesore e plotësuese dhe nxirren në pah përparësitë dhe problematikat që do të ndikojnë në zhvillimin e zonës së studimit për sa i përket aspektit gjeoturistik në të ardhmen.

Fjalë kyçe: Gjeotrashtëgimi, gjeoturizëm, gjeomorfosite, bashkia Pogradeec, metoda GAM.

HYRJE

Në studimet gjeoshkencore po përdoren gjerësisht terma si gjeodiversitet, gjeotrashtëgimi, gjeoresurse, gjeosite, gjeoturizëm etj. Gray (2013) e përkufizon gjeodiversitetin si "objekte apo pamje natyrore gjeologjike, gjeomorfologjike, të tokës dhe të ujërave. Diversiteti gjeologjik përfshin përbërjen, strukturën, sistemet dhe kontributin në peizazh". Pjesë të veçanta të gjeodiversitetit që ndihmojnë në kuptimin e historisë së Tokës (shkëmbinjtje, mineraleve, fosileve dhe peizazheve të saj) emërtohen si trashëgimi gjeologjike ose gjeotrashtëgimi (Adriansyah et al. 2015).

Me fjalë të tjera gjeotrashtëgimia përfshin objekte të natyrës abiotike, të cilat kanë vlera shkencore, krahas vlerave estetike, edukuese, të mbrojtjes, kulturore, ekonomike dhe turistike. Sipas Brihla (2020) elementët abiotikë me vlera shkencore

që ndodhen *in situ* emërtohen gjeosite, ndërsa ato *ex situ* emërtohen site të gjeodiversitetit. Studiuës të ndryshëm (Reynard 2005; Reynard & Panizza 2005; Reynard et al. 2007; Panizza & Piacente 2009), i kanë përkufizuar gjeomorfositet si forma të relievit me atribut të rëndësishëm dhe të veçantë, të cilat i klasifikojnë ato si komponentë të trashëgimisë kulturore të një territori. Në gjeomorfosite përfshihen male, kodra, shpate, shkëmbinjtje të veçantë, shpella, kanione etj., të krijuara nga aktivitetet erozionale apo depozituese të lumenjtjeve, veprimtarive glaciale, valëve detare, proceseve karstike, veprimtarive denuduese apo antropogjene, por që mbartin vlera shkencore, kulturore, historike, estetike, social-ekonomike, për shkak të perceptimit dhe përdorimit human. Ato mund të jenë objekte të thjeshta gjeomorfologjike ose pjesë të mëdha të peizazhit që mund të modifikohen,

dëmtohet, deri edhe të shkatërrohet nga ndikimet e njeriut.

Vlerat e tyre janë pak të njohura për publikun e gjerë, prandaj është i nevojshëm përmirësimi i njohuritë rreth tyre.

Për promovimin e veçorive gjeologjike dhe gjeomorfologjike të peizazhit si atraksion turistik shërben gjeoturizmi, i cili është një lloj turizmi i qëndrueshëm që ka në fokus kryesor veçoritë gjeologjike të Tokës, në mënyrë që të nxisë kuptimin mjedisor dhe kulturor, vlerësimin dhe ruajtjen e saj (Dowling & Newsome 2006; Newsome & Dowling 2010; Newsome et al. 2012; Dowling 2013). Gjeoturizmi i jep mundësi turistit të njohë gjeologjinë lokale, si dhe të kuptojë më mirë që kjo gjeologji është e lidhur ngushtë me të gjitha pasuritë e tjera të territorit, siç janë: biodiversiteti, vlerat arkeologjike dhe kulturore (Martini et al. 2012).

Studimi ynë në këtë artikull përqendrohet tek vlerësimi gjeoturistik i gjeomorfositëve në bashkinë Pogradec. Territori bashkiak i Pogradecit shfaq potenciale të konsiderueshme për zhvillimin e gjeoturizmit për shkak të një numri të lartë të gjeomorfositëve. Në literaturën shqiptare nuk njeh përdorim termi gjeomorfosit. Studiuesit shqiptarë përdorin gjerësisht termat gjeomonumente dhe hidromonument, terma të huazuar nga IUCN-ja (Unioni Ndërkombëtar për Mbrojtjen e Natyrës), në kategorizimet që bën për Zonat e Mbrojtura. Gjeomonumentet janë formacione natyrore (gjeologjike apo gjeomorfologjike), si: forma reliev, mikroforma, depozitime minerale ose një habitat i një lloji të veçantë e i kërcënuar, me rëndësi estetike, ekologjike dhe turistike (KRSH 2002). Në hidromonumente përfshihen burime ujore, lumenj, liqene, ujëvara, laguna, kënetat me rëndësi shkencore, si dhe me vlera edukuese, estetike, turistike etj. Duke qenë se termat gjeo/hidromonumentet dhe gjeomorfositet janë sinonime të njëra-tjetrës, në studim do të përdoret termi

gjeomorfosit, për të qenë më koherent dhe për t'u njësuar me studimet shkencore ndërkombëtare.

NDËRTIMI GJEOLGJIK

Bashkia Pogradec, e përfshirë në këtë studim është, sipas ndarjes më të re administrativo-territoriale e Shqipërisë të vitit 2014 (KRSH 2014), organizohet në 8 njësi administrative (Pogradeci, Hudënishti, Buçimas, Proptisht, Trebinjë, Dardhas, Çerravë, Velçan), me 72 vendbanime rurale dhe 1 vendbanim urban (qyteti i Pogradecit). Hapësira gjeografike në studim njihet për popullimin e hershëm (6000 vjet p.e.s) dhe të vazhdueshëm. Koha e gjatë historike dëshmohej nga elementët e trashëgimisë kulturore si: kala, ura, banesa, varre monumentale dhe objekte kulturi, të cilat janë bërë pjesë e peizazhit të territorit bashkiak. Popullsia ka qenë gjithmonë në rritje dhe sipas Censurit të vitit 2011 numri i popullsisë është 61.713 banorë (INSTAT 2011). Institucioni bashkiak është përgjegjësi kryesor vendor në mbrojtjen, menaxhimin dhe përdorimin e pasurisë natyrore në tërësi dhe gjeotrashëgimisë në veçanti. Në krijimin e gjeomorfositëve ka rëndësi ndërveprimi i tektonikës dhe litologjisë me elementët klimaterikë dhe biodiversitetin.

Në pikëpamjen e ndërtimit gjeologjik, zona e studiuar (Fig. 1) bën pjesë në zonën Mirdita dhe në basenin Albano-Thessalian (Pashko 2018), të cilat karakterizohen nga lëvizje diferencuese të fuqishme neotektonike. Relievi ka dalë mbi ujë gjatë Triasikut dhe Jurasikut dhe kjo vërtetohet nga shkëmbinjtë gëlqerorë të kësaj periudhe (Qiriazhi 2019). Në zonën e studimit janë të pranishëm depozitime të Triasikut (gëlqerorë të Triasikut të poshtëm - të mesëm T_{1-2}), Triasik - Jurasikut, (Triasik i Mesëm - Jurasik i mesëm $T_2 - J_2$, Triasik i Poshtëm - Jurasik i poshtëm $T_3 - J_1$) depozitime të Jurasikut të mesëm (harcburgite dJ_2 dhe formime të shtrijës metamorfike μ_2) Jurasik

– Kretakut (depozitimet terigjeno – ofiolitike të Titionian - Valazhanian $J_3^1 - Cr_4^1$), gëlqerorët e konglomeratët e Kretakut të Poshtëm (Cr_1), gëlqerorët të Kretakut të Sipërm (senomanianit Cr_{sen}), depozitime të Paleogjenit, (ranorë e konglomerate të Eocenit të Mesëm Pg_2^2 dhe Oligocenit të Mesëm Pg_2^3) depozitime të Paleogjen – Neogjenit (argjila e qymyre

të Oligocenit të Sipërm - Akuitanianit ($Pg_3^3 - N_1^1a$), depozitimet Neogjenit (Akuitanianit N_1^1a , Plioceni N_2) si dhe depozitimet e Pleistocen-Holocenit (Q_{p-h}) dhe Holocenit (Q_h) (Xhomo et al. 2002). Në pjesën qendrore të zonës dominojnë depozitimet terigjene, kurse në pjesët periferike shkëmbinjtë kryesisht gëlqerorë.

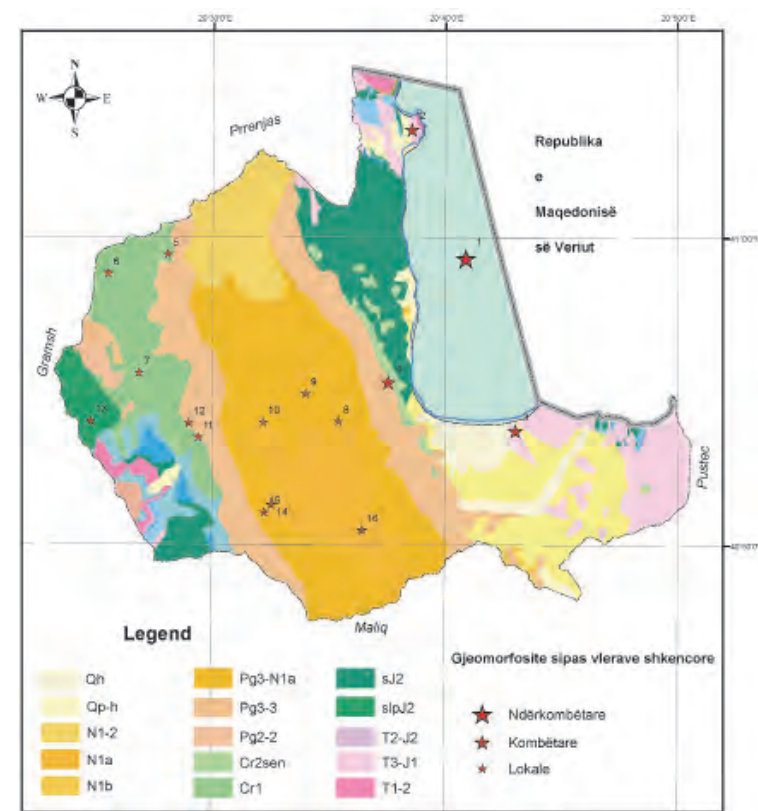


Figura 1. Pozicioni në hartën gjeologjike (skematike) i gjeomorfositëve në Bashkinë Pogradec (1: 25 000/ ArcGIS 10.1, viti 2021).

Shumëllojshmëria gjeologjike e strukturës sinklinale Librazhd-Mokër (Qiriazzi 1985) në bashkëveprim me klimën mesdhetare paramalore (Kru-taj et al. 1990) kanë mundësuar krijimin e formave të veçanta të relievit lumor, liqenor, eolik, erozivo-denu-dues dhe karstik me rëndësi gjeoshkencore.

Zona e Pogradecit është e pasur burime ujore sipërfaqësore dhe nëntokësore si: përrrenj, burime të shumta karstike, (Tushemisht, Drilon, Shën Naum); liqene (liqeni i Ohrit, liqeni i Madh, liqeni i Lukovës, liqenet e Gur Topit); lumenj (rrjedhja kryesore e lumit Shkumbin, lumi i Çërravës, lumi i Drilonit, lumi i Vërdovës, lumi i Pogradecit dhe lumi Tërhanit, etj), si dhe një pjesë e pellgjeve ujëmbledhës të lumit Drin dhe Shkumbin (Pano 2015). Trashëgimia natyrore e Pogradecit përfaqësohet nga: siti i UNESCO-s, Trashëgimia Natyrore e

Kulturore e Rajonit të Ohrit; nga 40 Monumente Natyre (M. N.) (Qiriazzi & Sala 2006); nga Burimi i Menaxhuar i Gurit të Nikës (kategoria IV-t) dhe Peizazhi i Mbrojtur Tokësor/Ujor i Liqenit të Ohrit (kategoria V-të) (Qiriazzi 2019). Pjesë e trashëgimisë natyrore dhe e gjeotrashëgimisë janë 16 gjeomorfosite (pjesë e M. N.), me rëndësi shkencore gjeologjike/gjeomorfologjike të evidentuara në listën e Monumenteve të Natyrës (KRSN 2019) dhe në listën e gjeomonume-teve të evidentuara nga Shërbimi Gjeologjik Shqiptar (Neziraj et. al. 2021). Në bashkinë e Pogradecit gjenden katër objekte natyrore të karakterit hidrogeomorfologjik, shtatë objekte natyrore të karakterit karstik, një objekt të karakterit lumor dhe 6 objekte të karakterit eolitic. Në figurën 1 jepet vendndodhja dhe klasifikimi sipas nivelit të vlerësimit shkencor, ndërsa emërtimi korrespondues i tyre paraqitet në tabelën 1.

Tabela 1. Tipologjia dhe vlerësimi shkencor i gjeomorfositeve të bashkisë Pogradec (Neziraj et. al. 2021).

Nr.	Gjeomorfositet	Tipi	Vlera shkencore
1	Liqeni i Ohrit	Gjeomorfologjike-Litologjike-Tektonike	Ndërkombëtare
2	Liqenet e Lukovës	Gjeomorfologjike-Litologjike-Tektonike	Lokale
3	Gadishulli i Linit	Gjeomorfologjike/Neotektonike	Kombëtare
4	Shpella e Najzmës	Gjeomorfologji/Karstike	Lokale
5	Shpella e Shën Marenës	Gjeomorfologji/Karstike	Lokale
6	Shpella e Baribardhës	Gjeomorfologji/Karstike	Lokale
7	Shpella e Memëlishtit	Gjeomorfologji/Karstike	Lokale
8	Shpella e Ariut, Bishnicë	Gjeomorfologji/Karstike	Lokale
9	Kanioni i Llëngës	Gjeomorfologji/Lumore	Lokale
10	Bashkimi i Shkumbinit me atë të Dushës	Gjeomorfologjik/Lumore	Lokale
11	Guri i Kamjes	Gjeomorfologjike/Atmosferike	Kombëtare
12	Gurët Nusja dhe Dhëndëri	Gjeomorfologjike/Atmosferike	Lokale
13	Mullarët e gurtë Trebinjë	Gjeomorfologjike/Atmosferike	Lokale
14	Piramida e tokës së Qafë Panjës	Gjeomorfologjike/Atmosferike	Lokale
15	Piramida e tokës së Kalivaçit (Koka e Balos)	Gjeomorfologjike/Atmosferike	Lokale
16	Mali i Niçës	Gjeomorfologjike/Atmosferike	Lokale

Përshkrimi i gjeomorfositeve të studiuar

Bazuar në literaturën shkencore dhe në ekspeditat në terren, më poshtë jepen shkurtimisht disa të dhëna rreth gjeomorfositeve në Bashkinë Pogradec (Fig. 2).

Liqeni i Ohrit (*Lacus Luchnidus*) përfaqëson një masë të madhe ujore ndërkufitare, e grumbulluar mbi grabenin e Ohrit në fund të Mioce-nit - fillim të Pliocenit (Pano 2015). Lëvizjet neotektonike shprehëse (grabenore) me intensitet ulës, më të lartë krahasuar me grabenet përreth (i Korçës, Prenjasit etj.), kanë mundësuar formimin e liqenit me sipërfaqe 362.6 km² dhe thellësi maksimale 295 m (Qiriazzi 2019). Ohri konsiderohet një nga liqenet më të mëdhenj në grupin e liqeneve karstike, me veçori floristike e faunistike arkaike (Clarke et al. 2000; Pano 2015). Numri i lartë i specieve endemike dhe relikte në ujërat e ëmbla të liqenit e kanë përfshirë atë në trashëgiminë botërore mikse (Trashëgimia Natyrore dhe Kulturore e rajonit të Ohrit, UNESCO 2019). Njëkohësisht sipërfaqja ujore prej 111.4 km² e territorit Shqiptar është shpallur "Peizazh i Mbrojtur", kategoria e V-të e Zonave të Mbrojtura në Shqipëri.

Liqenet e Lukovës janë krijuar në cirqe akullnajore në lartësitë 1700 m dhe 1830 m mbi nivelin e detit (Qiriazzi & Sala 2006; Qiriazzi 2020). Liqenet janë të pozicionuar në shpatin lindor të malit Guri i Topit, ku terreni ultrabazik paraqitet me valëzime të vogla, i modeluar nga lëvizjet e akullnajave të dikurshme. Në fundin e liqeneve gjenden morena të mbetura, të cilat pengojnë infiltrimin e ujit në thellësi. Furnizuesi kryesor me ujë i liqeneve është shkërrja e dëborës. Liqenet kanë formë ovale, të rrethuar me pyje ahu dhe bredhi qindravjeçarë. Liqenet janë pjesë e Monumenteve të Natyrës në Shqipëri.

Gadishulli i Linit ndodhet në brigjet perëndimore të liqenit të Ohrit në

lartësinë rreth 90 m mbi pasqyrën e liqenit. Përfaqëson një shkëmb gëlqeror i ndërthurur me shkëmbinj silicorë radiolaritikë të periudhës Triasike (mbi 200 milion vjeçar) me gjatësi 2 km dhe gjerësi 1.5 km (Mazelli et al. 2016). Sipas Qiriazzi (1985) gadishulli, i cili është formuar nga tërheqja e ujërave të liqenit, paraqitet me thepisje tektoniko-abrazive, ku gjenden faleza të gjalla (Qiriazzi 2019). Prej vitit 2019 është pjesë e trashëgimisë botërore si pjesë e "Trashëgimisë natyrore dhe kulturore të rajonit të Ohrit" (UNESCO, 2019). Gadishulli është dëshmitar i trashëgimisë kulturore, gjë që shprehet në praninë e mozaikut të Linit, kishës së shekullit të VI-të p.e.s dhe disa palafiteve (Menkshi 2020).

Shpella e Najzmës është një formë reliev karstike nëntokësore, e krijuar në shkëmbinj gëlqerorë të T₃-J₁ (Qiriazzi & Sala 2006). Procesi i karstogjenezës vazhdon të zhvillohet intensivisht duke qenë së në të buron me zhurmë një burim karstik. Shpella ndodhet pranë pikës kufitare të Tushemishtit.

Shpella e Shën Marenës është një shpellë karstike, e krijuar nga zhvillimi i karstit nëntokësor në gëlqerorë e Cr₁. Shpella është vendosur në 25 m thellësi, ku janë të dukshëm shkëmbinjtë e karstëzuar e të mbushur me konkrecione (Mazelli et al. 2016). Shpella gjendet në malësinë e Mokrës, njësi administrative Trebinjë, pranë fshatit Llëngë, në lartësinë 1100 m mbi nivelin e detit. Shpella mban emrin e shenjtores Mari.

Shpella e Baribardhës është një shpellë karstike e krijuar nga procesi i karstogjenezës në gëlqerorët e Cr₁. Shpella ka një gjatësi rreth 30 m, gjerësi rreth 3 - 4 m dhe lartësi 2 - 3 m (Qiriazzi & Sala 2006). Mbrohet ligjërisht si kategori e III-të e Zonave të Mbrojtura.

Shpella e Memlishtit ose shpella e ujit ndodhet pranë fshatit Memëlisht, njësi administrative Udenisht. Shpella është formuar në shkëmbinjtë gëlqerorë të kurrizit të Gurit të Kuq, të cilët i përkasin periudhës së Cr₁. Prania e ujit në shpellë shpreh vazhdimësinë e procesit të karstogjenezës në ditët e sotme. Eksploruesit e shpellës dëshmojnë se gjatësia e saj është rreth 300 - 400 m, gjerësia rreth 10 m dhe lartësia deri në 25 m.

Shpella e Ariut (Bishnicë) është një shpellë karstike në shpatin lindor të Gurit të Topit. Shpella zhvillohet në drejtim vertikal në thellësi rreth 60 m, ku sipas eksploruesve përbëhet nga 3 salla që lidhen me njëra-tjetrën me korridore. Në shpellë gjenden stalaktide dhe stalagmide të pa dëmtuara. Në të është gjetur skeleti i një ariu, e cila është arsyeja pse mban emrin

shpella e Ariut. Shpella ndodhet në lartësinë 1150 m mbi nivelin e detit, afër fshatit Bishnicë.

Kanioni i Llëngës ose Gryka e Gurit është formuar prej ujërave të përroit të Gurrës (degë e djathtë e Shkumbinit), i cili mbivendoset dhe pret tërthor vargun gëlqeror Shkëmbi i Llëngës-Maja e Gurit. Veprimtaria gërryese lumore dhe zhvillimi i karstogjenezës gjatë lëvizjeve tektonike ngritëse kanë krijuar një kanion me lartësi rreth 60m, gjerësi rreth 15m dhe gjatësi 1 km (Qiriazzi & Sala 2006). Në kanion gjenden gjurmë të kalldrëmit të rrugës Egnatia (shek. II-të p.e.s) që lidhte malësinë e Mokrës me malësinë e Gorës dhe Voskopojës (Braholli & Menkshi 2020). Kanioni gjendet në fshatin Llëngë, njësi administrative Trebinjë.



Figura 2. Imazhe të gjashtë gjeomorfositeve të bashkisë Pogradec (Burimi i fotove: Braholli E.dhe Kreka O., viti 2020).

Bashkimi i Shkumbinit me atë të Dushës përfaqëson një grykë të ngushtë të formuar në molasa të epokës së Oligocenit (rreth 33.9 milion vjeçare; Mazelli et al. 2016). Molasat janë të llojit argjilo-alevrolito-ranore të çimentuara mire, çka tregojnë qëndrueshmëri ndaj veprimtarisë gërryese të rrjedhjes lumore. Gjeomorfositi nuk gëzon mbrojtje ligjore pavarësisht vlerave shkencore dhe edukuese.

Guri i Kamjes ndodhet pranë fshatit Dardhë, në njësinë administrative Dardhas. Sipas (Avxhi et al. 2015; Miçi & Pazari 2021) guri ka gjatësi 100 m, gjerësi 80 m dhe lartësi 70 m. Forma e tij lidhet me rezistencën më të madhe të konglomeratëve që e përbëjnë në krahasim me argjilat që ndërtojnë territorin përreth tij. Ai ngrihet mbi territoret përreth Kamjes duke marrë pamjen e një vapori.

Gurët "Nusja dhe Dhëndri" ndodhen në afërsi të fshatit Senisht, të njësisë administrative Mokër. Përfaqësojnë dy gurë 3 m të lartë, me përbërje gëlqerore, dhe fortësi jo të njëjtë, të modeluar nga karsti, erozioni dhe era, në formën e "nuses" dhe të "dhëndrit" (Menkshi 2020).

Mullarët e Gurtë – Trebinjë ndodhen afër fshatit Trebinjë, njësi administrative Trebinjë. Gurët gjenden në lartësinë 1150 m mbi nivelin e detit, në kurrizin malor të Dushnës. Mullarët janë një grup gurësh ranorë dhe konglomerat me qëndrueshmëri të ndryshme erozionale, të formuar nga veprimtaria gërryese e erës, me lartësi 3 – 10 m (Braholli & Menkshi 2020). Gurët kanë vlera shkencore kombëtare.

Piramidat e tokës së Qafë Panjës janë gurë konglomeratikë të çimentuar me ranoro-silicorë, në lartësinë 1.489 m mbi nivelin e detit. Piramidat janë mbetje të veprimtarisë erozionale të erës, e cila ka larguar materialin argjilor e ranor, i cili dallohet për vlera të larta të erodimit. Gurët e Akuitanianit i ngajnë një piramide

me lartësi 8 m, gjerësi 2 m dhe gjatësi 3 m (Mazelli et al. 2016). Gurët nuk mbrohen ligjërisht dhe rrezikojnë të erodohen në bazën e tyre.

Piramida e Tokës së Kalivaçit (Koka e Balos) është një gur i ngjashëm në përbërje dhe në moshe me gurët e Qafë Panjës. Janë formuar në lartësinë 1180 m mbi nivelin e detit. Piramida e Tokës së Kalivaçit ka lartësi 4 m dhe i ngjan një kapeleje të gurtë, të vendosur në krye e të modeluar nga era. Ka vlera lokale shkencore dhe nuk mbrohet ligjërisht.

Mali i Niçës ndodhet në njësinë administrative Trebinjë. Mali është pjesë e njësisë fiziko-gjeografike të Malësisë së Mokrës, sektori i Çezmës. Maja më e lartë e malit të Niçës arrin 1687 m mbi nivelin e detit. Aty dallohen shumë forma e mbetje erozionale me veçori e bukuri natyrore të rralla.

METODOLOGJIA

Në vlerësimin gjeoturistik të gjeomorfositeve të Bashkisë Pogradec është përzgjedhur të përdoret metoda GAM (Geosite Assessment Method ose Metoda e Vlerësimit të Gjeomorfositeve), e krijuar nga Vujičić et al. (2011) dhe e aplikuar me efikasitet në mbrojtjen, menaxhimin, konservimin dhe promovimin e gjeomorfositeve në vende të ndryshme të Evropës. Nëpërmjet GAM-it synohet të përcaktohet niveli i vlerave shkencore, edukuese, estetike, të mbrojtjes, funksionale dhe turistike të gjeomorfositeve, duke analizuar njëkohësisht kushtet e mbrojtjes, konservimit dhe dëmtimit për secilin prej tyre.

Metodologjia GAM përbëhet prej dy grupe vlerash (kryesore dhe plotësuese), ku vlerat kryesore përfshijnë tre nëngrupe (indikatore): a) vlerat shkencore (edukuese); b) vlerat skenike (estetike); c) vlerat e mbrojtjes. Vlerat plotësuese përfshijnë dy nëngrupe (indikatore): a) vlerat funksionale, dhe b) vlerat turistike (Vujičić et

al. 2011).

Vlerat shkencore dhe edukuese (VShE) janë cilësitë bazë, për tu klasifikuar një element abiotik gjeotrashtëgimie dhe përbëhen nga katër nënindikatorë. Vlerat skenike dhe estetike (VSE), po me katër nënindikatorë, janë përfshirë në vlerat kryesore, pasi nuk ndryshojnë në kohë. Vlera e mbrojtjes (VMb) me katër nënindikatorë, shihet si një vlerë kryesore, pasi është një veprimtari e rëndësishme përpara promovimit dhe zhvillimit të turizmit në tërësi. Në total, vlerat kryesore përbëhen nga 12 nënindikatorë.

Vlerat plotësuese (VP) ndahen në dy nëngrupe (indikatorë), vlerat funksionale dhe turistike. Vlerat funksionale (VFn) përbëhen nga gjashtë nënindikatorë, ndërsa vlerat turistike (VT) vlerësojnë gjendjen aktuale të shërbimeve turistike dhe përbëhen nga nëntë nënindikatorë. Këto nuk janë elementë të drejtpërdrejtë të turizmit, por që ndikojnë drejtpërdrejt në zhvillimin e gjeoturizmit. Në total GAM-i përbëhet nga 12 nënindikatorë të vlerave kryesore dhe 15 nënindikatorë të vlerave plotësues, të paraqitura dhe të shpjguara në tabelën 2. Për çdo nënindikator do të ketë një mundësi vlerësimi numerik, që fillon nga vlera më e vogël e deri tek vlera më e lartë: 0.00, 0.25, 0.50, 0.75 dhe 1.00. Vlerësimet numerike paraqiten në tabelën 3. Për të përcaktuar vlerat kryesore të gjeomorfositeve kryhet shumatorja e vlerave shkencore/ edukuese me vlerat estetike/etike dhe vlerat e mbrojtjes. Formula paraqitet si më poshtë:

$$VK = VShE + VSE + VMb = \sum_{i=1}^{12} SIVM_i \text{ ku: } 0 \leq SIVM_i \leq 1$$

Vlerat plotësuese përcaktohen nga shumatorja e vlerave funksionale dhe e vlerave turistike. Formula e mëposhtme shpreh vlerësimin plotësues:

$$VP = VFn + VT = \sum_{j=1}^{15} SIVAJ_j \text{ ku: } 0 \leq SIVAJ_j \leq 1$$

Këtu, $SIVM_i$ dhe $SIVAJ_j$ përfaqësojnë 12 nënindikatorët ($i = 1, \dots, 12$) për

vlerat kryesore dhe 15 nënindikatorët ($j = 1, \dots, 15$) për vlerat plotësuese për çdo gjeomorfosit (Tab. 2).

Të dhënat matematikore, të përfituara, do të vendosen në një grafik të përbërë nga boshti i X-ve (boshti horizontal) dhe boshti i Y-ve (boshti vertikal). Në boshtin e X-ve janë vendosur 12 vlerat kryesore dhe në boshtin e Y-ve janë vendosur 15 vlerat plotësuese.

Grafiku është i ndarë në 9 zona, ku secili prej tyre përbëhet nga 4 vlera kryesore dhe 5 vlera plotësuese. Zonat marrin emërtimet $Z_{11}, Z_{21}, \dots, Z_{33}$ dhe duke kaluar nga zona Z_{11} në zonën Z_{33} për gjeomorfositet rriten vlerat kryesore dhe plotësuese.

REZULTATET DHE DISKUTIMI

Përdorimi i metodologjisë GAM kërkonte një punë të vazhdueshme në grumbullimin e informacioneve gjeoshkencore; vëzhgimin dhe analizat e hartave topografike 1:25 000, eksplorimi i terrenit me Google Earth; vizitat në terren dhe konsultat me menaxhuesit lokal të gjeotrashtëgimisë. Gjatë ekspeditave në terren u anketuan banorë vendas, turistë të rastësishëm, udhërrëfyes turistike, të cilët ndihmuan në vlerësimin cilësor të nënindikatorëve për gjashtëmbëdhjetë gjeomorfositet. Vlerësimet objektive të përfituara janë shndërruar nga studiuesit në vlera numerike, vlerësim nga 0.00 në 1.00 për çdo nënindikator, siç tregohen në tabelat e mëposhtme 2 dhe 3. Në tabelën 4 janë përlogaritur shumatorët e vlerat kryesore dhe vlerat plotësuese, duke përcaktuar njëkohësisht zonën ku pozicionohen gjeomorfositet.

Tabela 2. Vlerësimet të gjeomorfositeve në Bashkinë Pogradec (GS 1 – GS 8).

Indikatorët/ Subindikatorët	Vlerat e dhëna nga ekspertët (0.00-1.00)							
	Liqeni i Ohrit GS 1	Liqenet e Lukovës GS 2	Gadishulli i Linit GS 3	Shpella e Na- jzmes GS 4	Shpella e hën Marenës GS 5	Shpella e Bari- bardhës GS 6	Shpella e Mem-lishtit GS 7	Shpella e Arit GS 8
Vlerat kryesore (VK)								
I. Vlerat shkencore/ edukuese (VShE)								
1. Sa e rrallë ($SIVK_1$)	1.00	0.25	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2. Përfaqësueshmëria ($SIVK_2$)	0.75	0.50	0.75	0.25	0.50	0.50	0.25	0.00
3. Njohuritë në fushën e gjeoshkencës ($SIVK_3$)	1.00	0.50	0.75	0.25	0.50	0.25	0.50	0.25
4. Niveli i interpretimit ($SIVK_4$)	1.00	1.00	0.50	0.50	0.75	0.75	0.75	0.50
II. Vlerat skenike/ estetike (VSE)								
1. Pikëpamjet ($SIVK_5$)	1.00	0.50	1.00	0.25	0.00	0.50	0.25	0.25
2. Sipërfaqja ($SIVK_6$)	1.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.50	0.00	0.50
3. Natyra e peizazhit përreth ($SIVK_7$)	0.75	0.75	0.75	0.50	0.50	0.25	0.75	0.50
4. Përshtatshmëria me mjedisin ($SIVK_8$)	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	1.00
III. Mbrojtja (VM)								
1. Statusi i mbrojtjes ($SIVK_9$)	0.75	0.75	0.50	0.75	0.50	0.25	1.00	1.00
2. Niveli i mbrojtjes ($SIVK_{10}$)	1.00	0.75	1.00	0.50	0.75	0.25	0.75	0.00
3. Dobësitë ($SIVK_{11}$)	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.50	0.75	1.00
4. Nr. i vizitorëve të lejueshëm ($SIVK_{12}$)	1.00	1.00	0.50	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Vlerat plotësuese (VP)								
I. Vlerat funksionale (VF)								
1. Arritshmëria ($SIVF_1$)	1.00	1.00	0.50	0.25	0.25	0.75	0.25	0.25
2. Vlerat natyrore plotësuese ($SIVF_2$)	0.75	0.50	0.25	0.50	0.50	0.00	0.50	0.25
3. Vlerat kulturore plotësuese ($SIVF_3$)	1.00	0.50	0.50	0.50	0.75	0.00	0.25	0.25
4. Afërsia e qendrës rrezatuese ($SIVF_4$)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5. Afërsia me rrugët më të rëndësishme ($SIVF_5$)	1.00	1.00	1.00	1.00	0.25	0.25	1.00	0.25
6. Vlerat funksionale plotësuese ($SIVF_6$)	0.50	0.75	0.50	0.25	0.00	0.25	0.50	0.00
II. Vlerat turistike (VT)								
1. Promovimi ($SIVT_1$)	1.00	0.75	1.00	0.00	0.50	0.25	0.00	0.00
2. Vizitat e organizuara ($SIVT_2$)	1.00	1.00	0.25	0.25	0.50	0.50	0.00	0.25
3. Afërsia e qendrës së vizitorëve ($SIVT_3$)	0.75	0.50	0.50	0.50	0.00	0.25	0.75	0.00
4. Panelet interpretuese ($SIVT_{10}$)	0.50	0.50	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00
5. Numri i vizitorëve vjetor ($SIVT_{11}$)	0.75	0.75	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
6. Infrastruktura turistike ($SIVT_{12}$)	0.75	0.50	0.25	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00
7. Shërbimet e guidave turistike ($SIVT_{13}$)	0.25	0.50	0.25	0.00	0.25	0.25	0.00	0.25
8. Shërbimet e hotelarisë ($SIVT_{14}$)	1.00	1.00	1.00	1.00	0.25	0.25	1.00	0.00
9. Shërbimet e restoranteve ($SIVT_{15}$)	1.00	1.00	1.00	0.75	0.00	0.00	0.75	0.00

Tabela 3. Vlerësime të gjeomorfositëve në Bashkinë Pogradec (GS 9 – GS 16).

Indikatorët/ Subindikatorët	Vlerat e dhëna nga ekspertët (0.00-1.00)							
	Kanoni i Lëngës GS 9	Bashkimi i Shkumbinit – Dushës GS 10	Guri i Kamjes GS 11	Gurët "Nusia dhe Dhëndri" GS 12	Mullarët e gurtës Trebinië GS 13	Piramida e tokës së Qafë Panjës GS 14	Piramida e Tokës së Kalivaçit (Koka e Balos) GS15	Mali Niçë GS 16
Vlerat kryesore (VK)								
I. Vlerat shkencore/ edukuese (VShE)								
1. Sa e rrallë ($SIVK_1$)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
2. Përfaqësueshmëria ($SIVK_2$)	0.50	0.75	0.75	0.75	0.50	0.25	0.25	0.50
3. Njohuritë në fushën e gjeoshkencës ($SIVK_3$)	0.50	0.50	0.75	0.25	0.50	0.25	0.25	0.25
4. Niveli i interpretimit ($SIVK_4$)	1.00	0.50	0.50	0.75	0.75	0.50	0.50	0.50
II. Vlerat skenike/ estetike (VSE)								
1. Pikëpamjet ($SIVK_5$)	0.25	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	0.50	0.50
2. Sipërfaqja ($SIVK_6$)	1.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
3. Natyra e peizazhit përreth ($SIVK_7$)	0.75	0.25	0.75	0.50	0.50	0.50	0.50	0.75
4. Përshtatshmëria me mjedisin ($SIVK_8$)	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	1.00
III. Mbrojtja (VM)								
1. Statusi i mbrojtës ($SIVK_9$)	0.25	0.50	0.75	0.25	0.25	0.75	0.75	0.75
2. Niveli i mbrojtjes ($SIVK_{10}$)	0.75	0.25	0.75	0.25	0.75	0.50	0.50	0.25
3. Dobësitë ($SIVK_{11}$)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00	0.50	0.50	0.50
4. Nr. i vizitorëve të lejueshëm ($SIVK_{12}$)	0.75	0.25	0.50	0.50	1.00	0.25	0.25	0.25
Vlerat plotësuese (VP)								
I. Vlerat funksionale (VF)								
1. Arritshmëria ($SIVF_1$)	0.75	0.50	0.25	0.50	0.75	0.25	0.25	0.25
2. Vlerat natyrore plotësuese ($SIVP_2$)	0.75	0.50	0.25	0.00	0.00	0.50	0.25	0.25
3. Vlerat kulturore plotësuese ($SIVP_3$)	0.75	0.75	0.25	0.25	0.50	0.00	0.00	0.75
4. Afërsia e qendrës rrezatuese ($SIVP_4$)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5. Afërsia me rrugët më të rëndësishme ($SIVP_5$)	0.25	0.25	0.25	0.25	1.00	0.25	0.25	0.25
6. Vlerat funksionale plotësuese ($SIVP_6$)	0.00	0.25	0.00	0.25	0.00	0.00	0.25	0.00
II. Vlerat turistike (VT)								
1. Promovimi ($SIVP_7$)	0.50	0.00	0.75	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
2. Vizitat e organizuara ($SIVP_8$)	0.50	0.00	0.50	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
3. Afërsia e qendrës së vizitorëve ($SIVP_9$)	0.00	0.25	0.25	0.25	0.00	0.25	0.25	0.25
4. Panelet interpretuese ($SIVP_{10}$)	0.25	0.00	0.25	0.00	0.25	0.00	0.25	0.00
5. Numri i vizitorëve vjetor ($SIVP_{11}$)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
6. Infrastruktura turistike ($SIVP_{12}$)	0.00	0.25	0.25	0.25	0.00	0.25	0.25	0.25
7. Shërbimet e guidave turistike ($SIVP_{13}$)	0.25	0.00	0.50	0.25	0.25	0.00	0.00	0.25
8. Shërbimet e hotelierisë ($SIVP_{14}$)	0.25	0.50	0.50	0.25	0.50	0.25	0.25	0.25
9. Shërbimet e restoranteve ($SIVP_{15}$)	0.00	0.25	0.25	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00

Në grupin e gjeomorfositëve të bashkisë Pogradec, vlerat më të larta kryesore dhe plotësuese i ka Liqeni i Ohrit (GS 1). Sipas figurës 3, Ohri pozicionohet në Z_{33} sepse ka vlera të larta shkencore, edukuese, estetike dhe mbrojtëse. Liqeni ndodhet pranë rrugëve kryesore kombëtare dhe ndërkombëtare, pranë zonave të banuara dhe përdoret gjerësisht për zhvillimin e turizmit banlear, peshkimit etj.

Gjeomorfositet e zonës Z_{22} , si: Gadishulli i Linit (GS 3), Shpella e Najazmës (GS 4) dhe shpella e Memëlishtit (GS 7) karakterizohen nga vlerat mesatare kryesore dhe plotësuese gjeoturistike. Mbrojtja në nivel kombëtar prej legjislacionit shqiptar, vlerat e larta edukuese për brezat e rinj

nëpërmjet informacioneve gjeoshkencore, si dhe bukuria natyrore bën që të tri gjeomorfositet të vlerësohen me vlera mesatare kryesore. Distanca e afërt me objektet të tjera të trashëgimisë natyrore dhe kulturore, afërsia me qendrën e vizitorëve dhe rrugëve nacionale. si dhe numri i lartë i shërbimeve të hotelierisë e restoranteve bën që Gadishulli i Linit, Shpella e Najazmës dhe shpella e Memëlishtit të kenë vlera mesatare plotësuese. Për të rritur vlerat kryesore gjeoturistike të të tri gjeomorfositëve është i rëndësishëm thellimi i kërkimit shkencor në të ardhmen; përfshirja e tyre në guida gjeoturistike, e cila kërkon infrastrukturë gjeoturistike, drejtues turistikë (ciceronë) të specializuar në gjeoshkencë.

Tabela 4. Zonimi i gjeomorfositëve në bazë të modelit GAM.

Gjeomorfositet (Shërbimit Gjeologjik Shqiptar)	Vlerat kryesore (VShE+ VSE+ VM)	Vlerat funksionale (AV=Vfn+Vtr)	Zona
Liqeni i Ohrit (GS 1)	3.75+3.75+3.25=10.75	4.25+7.00= 11.25	Z_{33}
Liqenet e Lukovës (GS 2)	2+1.75+2.75=6.50	1.00+0.75= 1.75	Z_{21}
Gadishulli i Linit (GS 3)	2.50+2.25+2.75=7.50	2.75+4.50= 7.25	Z_{22}
Shpella e Najazmës (GS 4)	1.00+1.25+2.50=4.75	2.50+2.75= 5.25	Z_{22}
Shpella e Shën Marenës (GS 5)	1.75+1+2.25=5	1.75+2=3.75	Z_{21}
Shpella e Baribardhës (GS 6)	1.5+1.75+1.25=4.5	1.25+2= 3.25	Z_{21}
Shpella e Memëlishtit (GS 7)	1.50+1.50+2.25=5.75	2.50+2.75=5.25	Z_{22}
Shpella e Ariut, Bishnicë (GS 8)	0.75+2.25+2.25=5.25	1.00+0.75=1.75	Z_{21}
Kanioni i Lëngës (GS 9)	1.75+3+2.25=7	2.50+2.00=4.50	Z_{21}
Bashkimi i Shkumbinit me atë të Dushës (GS 10)	2+1.75+1.5=5.25	2.25+1.5= 3.75	Z_{21}
Guri i Kamjes (GS 11)	2.25+3.75+2.50=8	1+3.50= 4.50	Z_{21}
Gurët Nusia dhe Dhëndri (GS 12)	2+1.5+1.5=5	1.25+1.75= 3	Z_{21}
Mullarët e gurtës Trebinjë (GS 13)	2+2+2=6	2.25+1.75=4	Z_{21}
Piramida e tokës së Qafë Panjës (GS 14)	1.25+1.50+2=5.75	1+1.25=2.25	Z_{21}
Piramida e tokës së Kalivaçit (Koka e Balos) (GS 15)	1.25+1.50+2=5.75	1+1.25= 2.25	Z_{21}
Mali i Niçës (GS 16)	1.5+2.75+1.75=6	1.5+1.5= 3	Z_{21}

Liqenet e Lukovës (GS 2), Shpella e Shën Marenës (GS 5), e Baribardhës (GS 6), e Ariut (GS 8), Kanioni i Llëngës (GS 9), Bashkimi i Shkumbinit me atë të Dushës (GS 10), Guri i Kamjes (GS 11), Gurët Nusja dhe Dhëndri (GS 12), Mullarët e Gurtë të Trebinjës (GS

13), Piramida e tokës së Qafë Panjës (GS 14), Piramida e tokës së Kalivaçit (GS 15) dhe Mali i Niçës (GS 16) bëjnë pjesë në zonën Z21. Gjeomorfositet kanë vlera mesatare kryesore dhe vlera të ulëta plotësuese.

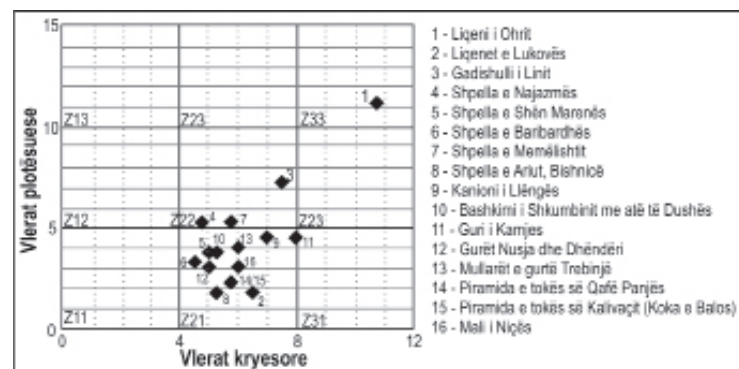


Figura 3. Pozicioni i gjeomorfositeve në grafikun e GAM-it.

Edhe pse jo të gjithë gjeomorfositet mbrohen në nivel kombëtar, vlerat estetike të tyre, madhësia dhe potenciali gjeoedukues i tyre është i lartë. Vlerat e ulëta plotësuese përcaktohen nga largësia fizike dhe kohore nga qendrat kryesore urbane, infrastruktura rrugore dhe turistike e ulët, niveli i ulët i turistëve (turistë aventurë), si dhe mungesa e shërbimeve të restoranteve dhe hotelierisë pranë tyre. Dëmtimi natyror dhe human si: ndërimi i hidrocentraleve në Llëngë, gjurmimet në gjeomorfosite, dëmtimi i Mullarëve të Gurtë të Trebinjës nga ndërtimi i rrugës automobilistike Qukës-Qafë Pllocë, përdorimi i ujit të liqenit të Lukovës për ujti etj., do të sjellë dëmtimin e parikthyeshem të gjeomorfositeve dhe humbja e plotë e vlerave gjeoturistike.

PËRFUNDIME

Vlerësimet e trashëgimisë natyrore janë të rëndësishme në zhvillimet

e sotme urbane dhe në kërkesat e larta për lëvizje turistike. Gjeoturizmi është formë e re e lëvizjes turistike me mundësi të mëdha zgjerimi në vendin tonë. Vetëm Bashkia e Pogradecit mbart potenciale të larta gjeoturistike. Pavarësisht se gjeomorfositet paraqiten përgjithësisht me përmasa të vogla, unikaliteti i tyre i bën tepër edukues, tërheqës dhe turistike. Duke qenë se objektet e gjeodiversiteti perceptohen si të pandryshueshme dhe të pakërcënueshëm në nivelin institucionale dhe e popullsisë lokale është tepër i ulët. Financimet në kuadër të mbrojtjes, promovimit dhe konservimit të gjeotrashëgimisë janë tepër të ulëta. Në gjeomorfosite janë evidentuar ndërhyrje institucionale me nivele të larta dëmtimi, deri në humbjen totale të gjeomorfositit. Mbrojtja, ruajtja dhe konservimi i gjeomorfositeve kërkon thellimin e kërkimit shkencor në Bashkinë Pogradec dhe edukimin e komunitetit lokal,

turistëve dhe menaxherëve turistikë. Duhet të kuptohet që gjeodiversiteti është elementi bazë mbi të cilën zhvillohet biodiversiteti dhe diversiteti kulturor. Gjeomorfositet duhet të in-

tegrohen në politikat dhe programet lokale e kombëtare, duke mundësuar konservimin e tyre dhe zhvillimin e qëndrueshëm mjedisor, kulturor dhe ekonomik.

REFERENCAT

- AVXHI A., AHMETAJ A. & MISHA V. (2015). *Gjeologjia-Gjeoresurset dhe Gjeorreziket dhe Mjedisi në Bashkitë e Shqipërisë*. Tiranë: Bashkia Pogradec.
- ADRIANSYAH D., BUSU I., EVA H. & MUQTADA M. (2015). Geoheritage as the basis for geotourism development: A case study in Jeli District, Kelantan, Malaysia. *Geojournal of Tourism and Geosites, Romania*, Year VIII, No. 1, Vol. 15, 25-43. ISSN:205-0817.
- BRAHOLLI E. & MENKSHI E. (2020). Geotouristic Potential in Mokra's Maintain Area. *International Multidisciplinary Geosciences Conference IMGC2020*, 8-9 October, Mitrovica, Kosovo, 55-63, ISBN:978-9951-8991-5-4.
- BRIHLA J. (2020). Geoparks and Geological Heritage as promoters of sustainable development. *Actes de la Session Plénière Solennelle, Académie Hassan II des Sciences et Techniques*. Rabat, Maroc, 141-146.
- CLARKE R., KOLEMISEVSKA-GUGULOVSKA T. D., DIMIROVSKI G., GJUKNURI L., GRUPCE L. & ANDREESKI C. (2000). Conservation and conflict resolution in Transboundary Protected Areas: Prespa as an European case-study. *SWIIS 2000*, No. 33, Vol. 8, 127-134. DOI: 10.101/S1474-6670(17)35432-0.
- DOWLING R. K. (2013). Global geotourism - An emerging form of sustainable tourism. *Czech Journal of Tourism*, No. 2, Vol. 2, 59-79 (Czech). DOI: 10.2478/cjot-2013-0004.
- DOWLING R. K. & NEWSOME D. (2006). Geotourism's issues and challenges. In: *Geotourism: Sustainability, Impacts and Managements* (Newsome D., Ed.), Oxford. Elsevier, 242-254. DOI: 10.1016/B978-0-7506-6215-4.50021-X.
- GRAY M. (2013). *Geodiversity: Valuing and conserving abiotic nature*. Wiley-Blackwell, Chichester, 2nd Edition, 1-512. ISBN:978-0-470-74215-0.
- INSTAT (INSTITUTI I STATISTIKAVE) (2011). Population and Housing Census. Korçë, 1-106. http://www.instat.gov.al/media/3065/7_korce.pdf
- KËSHILLI I MINISTRAVE (2019). Vendimi Nr. 303, datë 10.05.2019, PËR MIRATIMIN E LISTËS SË RISHIKUAR, TË PËRDITËSUAR, TË MONUMENTEVE TË NATYRËS SHQIPTARE, Tiranë. *Fletore Zyrtare*, Nr. 68, 68. <https://turizmi.gov.al/wp-content/uploads/2019/07/vkm-303-2019-per-monumentet-e-natyres-shqiptare.pdf>
- KRUTAJ F., GRUDA GJ., KABO M., MEÇAJ N., QIRIAZI P., SALA S., ZIU T., KRISTO V. & TROJANI V. (1991). *Gjeografia Fizike e Shqipërisë. Akademia e Shkencave të Republikës së Shqipërisë, Qendra e Studimeve Gjeografike*, Tiranë, Albania, Vol. I, 1-400.
- KUVENDI I REPUBLIKËS SË SHQIPËRISË (KRSH) (2002). Për Zonat e Mbrojtura. Ligji Nr. 8906, datë 06.06.2002. <https://planifikimi.gov.al/index.php?elD=dumpFile&t=f&f=2367&token=54bbf5d912fae53bfe3c7bd27b068d58478ac01e>
- KUVENDI I REPUBLIKËS SË SHQIPËRISË (2014). Ligji nr. 115/2014 Për ndarjen administrativo-territoriale të njësive të Qeverisjes Vendore në Republikën e Shqipërisë. *Fletore Zyrtare*, Tiranë, 1-26. https://aam.org.al/wp-content/uploads/2018/11/Ligji_115-2014_31.07.2014.pdf
- MARTINI G., ALCALÁ L., BRIHLA J., LANTRIA L., SA A. & TOURTELLOTT J. (2012). Reflections about the geotourism concept. *11th European Geoparks Conference*, Portugal, Arouca Geopark, 1-353.
- MAZELLI D., KAZA N., DORRE P., FERO XH., KOÇI B., KOLA A., BESHKU H., GELAJ A., BELE M., LAMAJ M., HAKLAJ I., DAPI DH., NEZIRAJ A., MOISIU L., AVXHI A., (2016). *Gjeologjia - Gjeoresurset - Gjeorreziket dhe Mjedisi*, shkalla 1:50,000. Bashkia Pogradec. AQTGJ.
- MENKSHI E. (2020). *Trashëgimia Natyrore dhe Kulturore e Qarkut Korçë (Vlerat dhe Përdorimi turistik)*. Studim Monografik, Korçë. *Promo Print*, ISBN: 978-9928-146-67-0.
- MICI A. & PAZARI F. (2021). Geosite valorization of Ohrid-Prespa Transboundary Biosphere Reserve. *X International Online ProGEO Symposium*. Segovia: Instituto Geológico y Minero de España. Abstract Book, 9-10. ISBN: 978-84-91-38-112-9.
- NEWSOME D. & DOWLING R. K. (Eds.) (2010). *Geotourism: The tourism of Geology and Land-*

scape. Oxford: Goodfellow Publishers Ltd.

NEWSOME D., DOWLING R. & ANDY Y.F. LEUNG. (2012). The nature and management of geotourism. A case study of two established iconic geotourism destinations. *Tourism Management Perspectives*, Vol. 3, 19-27. DOI: 10.1016/j.tmp.2011.12.009.

PANIZZA M. & PIACENTE S. (2009). Cultural geomorphology and geodiversity. In: *Geomorphosites* (C. A. Reynard, Ed.). Verlag Dr. Friedrich Pfeil. Mynich, 35-48.

PANO N. (2015). Pasuritë ujore të Shqipërisë: Monografi. *Akademia e Shkencave e Shqipërisë*, Tiranë, 1-481. ISBN: 978-99956-13-23-4.

PASHKO P. (2018). Morava Mt. Oligocene-Middle Miocene succession of Albanian-Thessalian Basin, Albania. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, No. 1, Vol. 52, 1-46. DOI: <http://dx.doi.org/10.1281/bgs.15837>.

QIRIAZI P. (1985). Morfologjia dhe morfogjeneza e gropave juglindore dhe e maleve përreth tyre. *Universiteti i Tiranës "Enver Hoxha"* Tiranë, 1-202.

QIRIAZI P. (2019). Gjeografia fizike e Shqipërisë. Tiranë. *Mediaprint*, 1-580.

QIRIAZI P. (2020). Trashëgimia natyrore e Shqipërisë (Vlerat, rreziqet dhe menaxhimi). *Akademia e Shkencave e Shqipërisë*, Tiranë, 1-390. ISBN: 978-9928-237-20-0.

QIRIAZI P. & SALA S. (2006). Monumentet e natyrës të Shqipërisë. Botim Elektronik. *Ministria e Mjedisit, Pyjeve dhe Administrimit të Ujërave*, Tiranë, 1-84.

REYNARD E. (2005). Geomorphological sites, public policies and property right. Conceptualization and examples for Switzerland. *Italian Journal of Quaternary Science*, No. 18, Vol. 1, 323-332.

REYNARD E., FONTANA G., KOZIK L. & SCAPOZZA C. (2007). A method for assessing "scientific" and "additional values" of geomorphosites. *Geographica helvetica*, No. 62, Vol. 3, 148-158. DOI: 10.5194/gh-2-148-2007.

REYNARD E. & PANIZZA M. (2005). Geomorphosites: definition, assessment and mapping. An introduction. *Geomorphologie: relief, processus, environnement*, No. 3, 177-180.

NEZIRAJ A., MOISIU L., AHMETAJ A., VUKZAJ N., SYLARI V., HALILI R., VJERDHA T., LEKAJ GJ (2021). Teksti përmbledhës i Hartës së Gjeomonumenteve të Shqipërisë. *Shërbimi Gjeologjik Shqiptar*, Arkivi Qendror Teknik i Gjeologjisë.

Shërbimi Gjeologjik Shqiptar (SHGJSH). <http://www.gsa.gov.al/ZbuloGjeologjine/monumentet.html>

VUJIČIĆ M. D., VASILEVIĆ D. A., MARKOVIĆ S. B., HOSE T. A., LUKIĆ T., HADŽIĆ O. & JANIĆEVIĆ S. (2011). Preliminary Geosite Assessment Model (GAM) and its application of Fruska Gora Mountain, Potencial Geotourism destination of Serbia. *Acta Geographica Slovenica*, No. 51, Vol. 2, 361-377. DOI: 10.3986/AGS1303.

UNESCO (2019). *World Heritage List*. Retrieved 2019, from UNESCO: <https://whc.unesco.org/en/decisions/7366>

XHOMO A., KODRA A., XHAFA Z. & SHALLO M. (2002). Gjeologjia e Shqipërisë (Tekst shpjegues i Hartës Gjeologjike 1:200 000 të vitit 2002). *Botim Elektronik*. Tiranë. p. 1-475.

PRELIMINARY ASSESSMENT OF THE GEOMORPHOSITES FROM THE POGRADEC MUNICIPALITY USING THE GAM METHODOLOGY

ERMIONA BRAHOLLI^{1*} & OKSANA KREKA²

¹Fan S. Noli University, Faculty of Education and Philology, Rilindasit Blvd. 11, Korçë, Albania.

²National Museum of Medieval Art, Fan S. Noli Blvd., Korçë, Albania.

*Corresponding author: ermiona.braholli@yahoo.com

(Manuscript submitted in March 2022; accepted for publication in February 2023)

ABSTRACT

The geomorphosites represent geoheritage sites and landforms assemblages, with high scientific, educational value, and increased geotouristic potential. The goal of this study is the preliminary assessment through GAM methodology (Geomorphosite Assessment Method), of 16 selected geomorphosites located on the Pogradec Municipality's territory. The GAM methodology aims to highlight the geotourism potential of each geomorphosite by presenting their scientific, scenic/aesthetic, protection, functional and touristic values. The main purpose of this study is to analyse the relationship between the various parameters, such as: the level of knowledge on geoscientific issues, surrounding landscape and nature, level of protection, functional and touristic values of the investigated geomorphosites. The values obtained for the main and additional parameters, by applying the GAM method, allowed the geomorphosites ranking, and highlighted the advantages and problems that will affect the future geotourism development of the studied area.

Keywords: Geoheritage, geotourism, geomorphosites, Pogradec area, GAM method.

INTRODUCTION

In recent geoscientific studies, terms such as geodiversity, geoheritage, georesources, geosites and geotourism are widely used. According to Gray (2013) geodiversity comprises geological, geomorphological landforms, topography, and physical processes, pedological and hydrological features. Various parts of geodiversity which support a better understanding of the Earth history (rocks, fossils, minerals and geological landscapes) are part of the geological heritage or geoheritage (Adriansyah et al. 2015).

The geoheritage includes a wide range of abiotic features and processes, with high scientific, esthetical, educational, protection, cultural, economic, and touristic values. According to Brihla (2020) the *in situ* abiotic elements with scientific value are called geosites, while the ex-situ ones are named geodiversity sites.

Different researchers (Reynard 2005; Reynard & Panizza 2005; Reynard et al. 2007; Panizza & Piacente 2009) defined the geomorphosites as landforms with special attributes, which are all part of the cultural heritage of a given territory. Included in the geomorphosites are the relief landforms (mountains, hills, caves, canyons etc.) formed by erosional processes, lacustrine or riverine sedimentation, glacial and tempestite deposition, karstic, alluvial or deluvial processes, and not at last by anthropogenic activity. They can be simple geomorphological landforms or part of the vast landscape which can be modified, damaged, or changed under the anthropogenic influence. Their real values are unknown for the public, being a necessity to improve their knowledge on such topics.

The geotourism is the field which promotes the geological, geomor-

phological and landscape/scenery characteristics as touristic attraction, this type of tourism is focused on Earth geological features, in promoting their environmental, cultural and protection values (Dowling & Newsome 2006; Newsome & Dowling 2010; Newsome et al. 2012; Dowling 2013). The geotourism offers knowledge on the local geology and allows a better understanding regarding its connection to the natural richness, such as: biodiversity, archaeology and culture (Martini et al. 2012).

The goal of this study was the geotouristic evaluation of the geomorphosites located within the Pogradec municipality territory. The territory displays a high potential for the geotourism development due to the presence of various geomorphosites. The term geomorphosite is not well known in the Albanian terminology. The Albanian researchers use in general borrowed terminology for protected areas from IUCN (International Union for the Conservation of Nature), such as geomonuments and hydro monuments. Geomonuments represent natural landforms (geological and/or geomorphological), such as: relief landforms, micro-landforms, mineral deposits, or endangered habitats, with esthetical, ecological, and touristic values (KRSH 2002). The hydro monuments are represented by various water springs or wells, rivers, lakes, waterfalls, lagoons, and marshes. Considering that the terms geo/hydro monuments and geomorphosites are synonyms of each other, the term geomorphosite will be used in the study, to be more coherent and to be aligned with international scientific studies.

GEOLOGICAL SETTING

According to the new administrative subdivision of the Albanian territory (KRSH 2014), the investigated area, part of Pogradec municipality, is divided into eight administrative units (Pogradec, Hudënisht, Buçimas, Proptisht, Trebinjë, Dardhas, Çërravë, Velçan), comprising 72 villages and one city (Pogradec city). The long his-

tory and cultural heritage dates back to 6000 BC, being represented by the presence of various ruins, bridges, fossil remains and human dwellings. According to the 2011 national records, the population in this area was 61.713 inhabitants (INSTAT 2011). The municipality is the responsible institution for protection and management of natural resources and geoheritage. An important input for the geomorphosites formation is held by tectonics and lithology's interaction with climate and biodiversity.

From geological point of view, the studied area (Fig. 1) is part of the Mirdita tectonic unit and the Albanian – Thessalian Basin (Pashko 2018), which upheld the proof of late neotectonics' activity. During the Triassic – Jurassic time interval the carbonate sedimentation took place and underwent important uplifting activity (Qiriazzi 2019). The area displays a wide range of formations, such as: the lower – middle Triassic limestones (T_{1-2}), middle Triassic – middle Jurassic ($T_2 - J_2$), upper Triassic – lower Jurassic ($T_3 - J_1$), middle Jurassic metamorphic rocks (harzburgite $\sigma_2 - \mu_2$), Jurassic – Cretaceous (Tithonian – Valanginian) terrigenous – ophiolitic deposits; $J_3 - Cr_1^v$, lower – upper Cretaceous conglomeratic limestones (Cr_1 ; Cenomanian Cr_{2sen}), Paleogene deposits (middle Eocene – early Oligocene sandstones and conglomerates), Paleogene – Neogene deposits (upper Chattian – Aquitanian clastic deposits and coals), Neogene sediments (Aquitanian, N_1^1a ; Pliocene N_2) and Pleistocene – Holocene deposits (Q_{p-1} ; Q_h ; Xhomo et al. 2002). The central part of the area is filled by terrigenous sediments, while the marginal zones, mainly by limestones. The interaction between the geological formations part of Librazhd – Mokra syncline (Qiriazzi 1985) and premontane Mediterranean climate (Krutaj et al. 1990) allowed the formation of various geoscientific important relief landforms

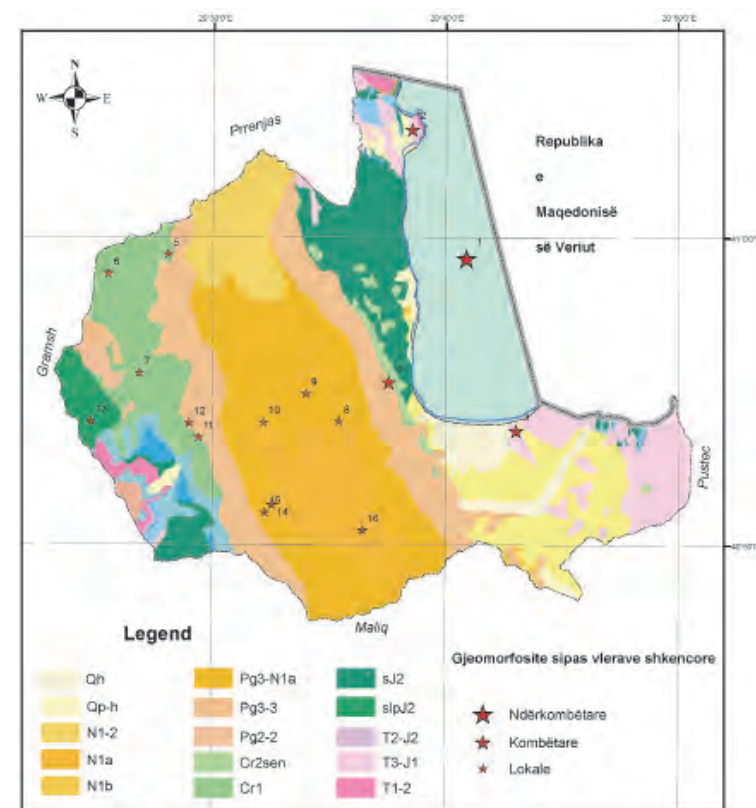


Figure 1. Location on geological map (schematic, 1: 25 000/ ArcGIS 10.1, 2021) of the investigated geomorphosites on the Pogradec Municipality's territory.

The Pogradec area is rich in natural surface waters and groundwater resources, such as: rivers, karstic springs (Tushemisht, Drilon, Shën Naum), lakes (Ohrid, The Big Lake, the Lukova Lake, the Gur Topi lakes), rivers (Shkumbin, Çërrava, Drilon, Vërdova, Pogradec and Tërhan), as well as part of Drin and Shkumbin watersheds (Pano 2015). The natural heritage of Pogradec area comprises the following: the UNESCO site, the Ohrid area, and 40 nature monu-

ments (M.N.; Qiriazzi & Sala 2006); the Guri i Nikës spring (category IV) and the Protected Landscape of Ohrid Lake (category V; Qiriazzi 2019). Part of nature heritage and geoheritage are 16 geomorphosites (M.N.), with important scientific, geological, and geomorphological values, listed in the Albanian Natural Monuments classification (KRSH 2019) and in the Albanian Geological Survey geomonuments (Neziraj et al. 2021). In the territory of the municipality of

Pogradec are found four hydro-geomorphological monuments, seven karstic monuments, one monument of riverine character and six nature monuments of aeolian/weathering

origin. Figure 1 shows the location of the studied geosites, while their names, category, and classification according to their scientific value is given in table 1.

Table 1. Geomorphosites' classification according to their scientific values (after Neziraj et. al. 2021).

No.	Name	Category	Scientific values
1	Ohrid Lake	Geomorphological-Lithological-Tectonic	International
2	Lukova Lakes	Geomorphological-Lithological-Tectonic	Local
3	Lin Peninsula	Geomorphological/Neotectonic	National
4	Najazma Cave	Geomorphological/Karstic	Local
5	Saint Marena Cave	Geomorphological/Karstic	Local
6	Baribardha Cave	Geomorphological/Karstic	Local
7	Memëlisht Cave	Geomorphological/Karstic	Local
8	Ariu (Bishnicë) Cave	Geomorphological/Karstic	Local
9	Llënga Canyon	Geomorphological/Riverine	Local
10	Confluence of Shkumbin and Dusha rivers	Geomorphological/Riverine	Local
11	Guri i Kamjes	Geomorphological/Aeolian-Weathering	National
12	Nusja and Dhëndri Stones	Geomorphological/Aeolian-Weathering	Local
13	Trebinja Stone Mills	Geomorphological/Aeolian-Weathering	Local
14	Qafë Panja Earth Pyramid	Geomorphological/Aeolian-Weathering	Local
15	Kalivaç (Koka e Balos) Earth Pyramid	Geomorphological/Aeolian-Weathering	Local
16	Niçë Mountain	Geomorphological/Aeolian-Weathering	Local

Description of the investigated geomorphosites

Based on the literature and the field observations, a short description of the studied geomorphosites from the Pogradec area is given below (Fig. 2).

Ohrid Lake (*Lacus Luchnidus*) represents a large transboundary water mass, filling the Ohrid graben during the late Miocene – early Pliocene interval (Pano 2015). The low intensity detachment due to neotectonics, but slightly higher than the neighbouring grabens (Korça, Prenjas etc.), allowed

the formation of this lake with an area of 362.6 km² dhe and maximum depth of 295 m (Qiriazhi 2019). This is one of the biggest lakes of karstic origin, with endemic ancient fauna and flora (Clarke et al. 2000; Pano 2015). The high amount of endemic species characteristic for fresh water are part of the world heritage (The Natural and Cultural Heritage of Ohrid region, UNESCO 2019). Similar, the Albanian part of the lake (111.4 km²) is a protected landscape belonging to

the Vth category of Protected Monuments in Albania.

Lukova Lakes have glacial origin, being located at 1700 – 1830 m height above sea level on the eastern part of Guri i Topit Mountain. They overlay the ultrabasic basement (Qiriazhi & Sala 2006; Qiriazhi 2020) and are filled by moraine sediments, with the main water source being the melted snow and ice. They have an oval shapel shape, surrounded by centuries-old beech and fir forests and are considered Nature Monuments in Albania.

Lin Peninsula is located on the western side of Ohrid Lake at about 90 m above water level. From the geological point of view, it is composed of Triassic limestones and siliceous rocks, with a length of 2 km and a width of 1.5 km (Mazelli et al. 2016). According to Qiriazhi (1985) the area is the result of the lake water fluctuations (regressions), tectonic and erosional processes (Qiriazhi 2019). Since 2019, the peninsula was included in the international heritage monuments as part of the “*Natural and cultural heritage of Ohrid region*” (UNESCO 2019). The peninsula displays important archaeological traces, such as the Lin mosaic, a church dating from the VI-th century BC and some palafittes (Menkshi 2020).

Najazma Cave is located near Tushemisht border and represents an underground karstic system, formed in T₃-J₁ limestones (Qiriazhi & Sala 2006). The karstic waters responsible for the cave formation and their dynamics allow the karstogenesis process to continue.

Saint Marena Cave is of karstic origin, being formed at a depth of 25 m underground in Cr₁ limestones, displaying calcareous concretions and other formations (Mazelli et al. 2016). The cave is located at 1100 m above sea level in the Mokra area, Trebinjë administrative unit, and Llënga village neighboring. It was

named after Saint Mary.

Baribardha Cave is of karstic origin, being formed in Cr₁ limestones. It reaches a length of 30 m, 3 - 4 m width, and a height of 2 - 3 m (Qiriazhi & Sala 2006). It is included in the IIIrd category of Protected Areas Monuments.

Memëlisht Cave, known also as the water cave is located near Memëlisht village, Udenisht administrative unit. It was formed in the Cr₁ limestones of Guri i Kuq Mountain. The karstogenesis process is continuously active. The cave has a length of 300 - 400 m, a width of 10 m and a height of 25 m.

Ariu Cave (Bishnicë) has a karstic origin, and it is located at 1150 m above sea level, on the eastern side of Guri i Topit mountain, near Bishnica village. The cave develops vertically reaching a depth of 60 m, with three rooms interconnected to each other through corridors. The cave displays undamaged stalactites and stalagmites, and it was named after the fossils (skel-ton) of a bear discovered inside.

Llënga Canyon or Gurra (Stone) Canyon was formed due to erosional processes of Gurra stream (branch of Shkumbin river), which overlay and cross the limestones of Shkëmbi i Llëngës – Maja e Gurit heights. It is located near Llënga village, in the Trebinjë administrative unit. The riverine erosional processes and the karstogenesis supported by the uplifting tectonic activity, allowed the development of this canyon on a length of 1 km, with a 60 m height and 15 m width (Qiriazhi & Sala 2006). Inside the canyon were discovered traces of the Egnatia highway (dating back to the IInd century BC) which was connecting Mokra, Gora and Voskopojë highlands (Braholli & Menkshi 2020).

Confluence of Shkumbin and Dusha rivers represents a narrow straight formed in the Oligocene molasses deposits (ca. 33.9 Ma; Mazelli et al.

2016). The molasses sediments are represented by claystones, siltstones and well cemented sandstone. Despite exhibiting high educational and scientific values, this geosite doesn't have any legal protection.

Guri i Kamjes is located near Dardha village, having the form of a ship with a length of 100 m, a width of 80 m and a height of 70 m (Avxhi et al. 2015; Miçi & Pazari 2021). Due to its composition of cemented conglomerates, compared to the surrounding claystones and marlstones, it is highly resistant to climatic phenomena.

"Nusja and Dhëndri" Stones (Bride and Groom) are located in the vicinity

of Senisht village, within Mokra administrative unit territory. They are two stones made of limestone, of 3 m height, and they are the results of aeolian and weathering activity (Menkshi 2020). The stones have national scientific value.

Trebinja Stone Mills are located near Trebinjë village, within the same administrative unit. The stones are located at a height of 1150 m above sea level, on Dusha Mountain and have a height of 3 – 10 m. Their slightly different composition of sandstone and conglomerates allowed the aeolian and erosional processes to act differently (Braholli & Menkshi 2020). They have national scientific values.



Figure 2. Images of six geomorphosites from Pogradec area (photos by Brahollli E. and Kreka O. 2020).

Qafë Panja Earth Pyramids are located at 1.489 m height above sea level and are composed of Aquitanian conglomerates with sandstone and siliceous cementation. They have aeolian origin and they were shaped in the form of pyramids with 8 m height, 2 m width and 3 m length (Mazelli et al. 2016). They don't have legal protection and are under the risk of being eroded at the base.

Kalivaç Earth Pyramid (Koka e Balos) is a monument similar in composition and age to those of Qafë Panja. It is located at 1180 m above sea level, 4 m height and the shape of a stone hat. It has aeolian origin and local scientific values, but without any legal protection.

Niçë Mountain is located within the administrative territory of Trebinjë. It's part of the physical – geographical units of Malësia Mokra, Çezma sector. The highest peak reaches 1687 m above sea level and exhibit noticeable erosional forms of aeolian origin. Figure 2 shows images of the investigated geomorphosites from Pogradec Municipality's territory.

METHODOLOGY

For the geotouristic assessment of the geomorphosites in the territory of Pogradec Municipality, it was used the GAM method (Geosite Assessment Method), created by Vujičić et al. (2011), and applied in different European countries for the analysis of various parameters, such as geomorphosites protection, management, conservation and promotion. Through the GAM method, as it is intended, was determined the level of scientific, educational, aesthetic, protection, functional and touristic values of geomorphosites, while simultaneously analyzing the conditions of protection, conservation, and damage for each of them.

The GAM methodology separated two groups of values (main and additional), where the main ones in-

cluded three sub-groups (indicators): a) scientific/educational values; b) scenic/aesthetic values; and c) protection values. The additional values include two sub-groups (indicators): a) functional values and b) touristic values (Vujičić et al. 2011).

The scientific/educational values (VSE) represent the base parameters to classify the geoheritage abiotic elements and includes four sub-indicators. The scenic/aesthetic values (VSA), with four sub-indicators, are part of the main values because they do not change over time. The protection value (VPr) has four sub-indicators and is seen as an important activity before promotion and tourism development as a whole. In total, the main values include 12 sub-indicators.

The additional values were separated into two sub-groups (indicators), functional and touristic. The functional values (VFn) include six sub-indicators, while the touristic ones (VTr) evaluate the existing situation of touristic services and include nine sub-indicators. These last ones are not direct elements, but they have a direct influence in geotourism development. In total, the GAM assessment comprises 12 main and 15 additional sub-indicators, which are presented and explained in table 2. Each sub-indicator has a numerical value, which starts from the lowest to the highest: 0.00, 0.25, 0.50, 0.75 and 1.00. The numerical values are given in table 3. In order to specify the geomorphosites main values, it is necessary to make the sum of all the indicators belonging to scientific – educational, landscape – aesthetic and protection values, as below:

$$VK = VSE + VSE + VMB = \sum_{i=1}^{12} SIVM_i; ku: 0 \leq SIVM_i \leq 1$$

The additional values are given by the sum of functional and touristic values, according to the below formula:

$$VP = VFn + VTr = \sum_{i=1}^{15} SIVAj; ku: 0 \leq SIVAj \leq 1$$

The SIVMi and the SIVAj represent

12 sub-indicators ($i=1, \dots, 12$) for main values and 15 sub-indicators for additional ones ($j=1, \dots, 15$) for each geomorphosite (Tab. 2). The obtained numerical data are plotted on a graph where the X axis (horizontal) shows the 12 main values, while the Y axis (vertical) shows the 15 additional values. The plot is separated into nine zones, where each of them contains four main and five additional values. The zones are named Z_{11} , $Z_{21}, \dots, Z_{33}$, and starting from zone Z_{11} to Z_{33} , there is an increase of main and additional values of the studied geomorphosites.

RESULTS AND DISCUSSIONS

The application of GAM methodology required continuous geoscientific data collecting, topographical maps (1: 25 000) analysis, Google Earth territory's investigation, field trips and consulting with local geoheritage managers. During the field trips were interviewed local inhabitants, random tourists, touristic guides, which helped to a qualitative assessment of the sub-indicators for the studied geomorphosites. The objective evaluations were converted into numerical data, with values from 0.00 to 1.00 for each sub-indicator, as shown in tables 2 and 3. Table 4 exhibits the sums of main and additional values, assigning the investigated geomorphosites to the identified zones.

Table 2. Assessment of geomorphosites in Pogradec Municipality territory (GS 1 – GS 8).

Indicators/ Sub-indicators	Values given by experts (0.00-1.00)							
	Ohrid Lake GS 1	Lukova Lakes GS 2	Lin Peninsula GS 3	Shpella e Na- jzmes GS 4	Saint Marena Cave GS 5	Barbaraha Cave GS 6	Memisht Cave GS 7	Ariu Cave GS 8
Main Indicators								
I. Scientific/Educational Values (VSE)								
1. Rarity ($SIVK_1$)	1.00	0.25	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2. Representativeness ($SIVK_2$)	0.75	0.50	0.75	0.25	0.50	0.50	0.25	0.00
3. Knowledge on geoscientific issues ($SIVK_3$)	1.00	0.50	0.75	0.25	0.50	0.25	0.50	0.25
4. Level of interpretation ($SIVK_4$)	1.00	1.00	0.50	0.50	0.75	0.75	0.75	0.50
II. Scenic/Aesthetical Values (VSA)								
1. Viewpoints ($SIVK_5$)	1.00	0.50	1.00	0.25	0.00	0.50	0.25	0.25
2. Surface ($SIVK_6$)	1.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.50	0.00	0.50
3. Surrounding landscape and nature ($SIVK_7$)	0.75	0.75	0.75	0.50	0.50	0.25	0.75	0.50
4. Environmental fitting and sites ($SIVK_8$)	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	1.00
III. Protection Values (VPr)								
1. Current condition ($SIVK_9$)	0.75	0.75	0.50	0.75	0.50	0.25	1.00	1.00
2. Protection level ($SIVK_{10}$)	1.00	0.75	1.00	0.50	0.75	0.25	0.75	0.00
3. Vulnerability ($SIVK_{11}$)	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.50	0.75	1.00
4. Suitable number of visitors ($SIVK_{12}$)	1.00	1.00	0.50	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Additional Indicators								
I. Functional values (VF_n)								
1. Accessibility ($SIVF_1$)	1.00	1.00	0.50	0.25	0.25	0.75	0.25	0.25
2. Additional natural values ($SIVP_2$)	0.75	0.50	0.25	0.50	0.50	0.00	0.50	0.25
3. Additional anthropogenic values ($SIVP_3$)	1.00	0.50	0.50	0.50	0.75	0.00	0.25	0.25
4. Proximity to emissive centers ($SIVP_4$)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5. Proximity to important (main) road network ($SIVP_5$)	1.00	1.00	1.00	1.00	0.25	0.25	1.00	0.25
6. Additional functional values ($SIVP_6$)	0.50	0.75	0.50	0.25	0.00	0.25	0.50	0.00
II. Touristic Values (VTr)								
1. Promotion ($SIVP_7$)	1.00	0.75	1.00	0.00	0.50	0.25	0.00	0.00
2. Organized visits ($SIVP_8$)	1.00	1.00	0.25	0.25	0.50	0.50	0.00	0.25
3. Proximity to visitor center ($SIVP_9$)	0.75	0.50	0.50	0.50	0.00	0.25	0.75	0.00
4. Interpretative panels ($SIVP_{10}$)	0.50	0.50	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00
5. Number of visitors ($SIVP_{11}$)	0.75	0.75	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
6. Tourism infrastructure ($SIVP_{12}$)	0.75	0.50	0.25	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00
7. Tour guide service ($SIVP_{13}$)	0.25	0.50	0.25	0.00	0.25	0.25	0.00	0.25
8. Hostel service ($SIVP_{14}$)	1.00	1.00	1.00	1.00	0.25	0.25	1.00	0.00
9. Restaurant service ($SIVP_{15}$)	1.00	1.00	1.00	0.75	0.00	0.00	0.75	0.00

Table 3. Assessment of the geomorphosites in Pogradec Municipality territory (GS 9 – GS 16).

Indicators/ Sub-indicators	Values given by experts (0.00-1.00)							
	Kanoni i Lëngës GS 9	Bashkimi i Shkumbinit – Dushës GS 10	Guri i Kamjës GS 11	Gurët "Nusja dhe Dhëndëri" GS 12	Mullarët e guritë Trebinjë GS 13	Piramida e tokës së Qafë Panjës GS 14	Piramida e Tokës së Kalivaç it GS 15 (Koka e Balos)	Mali Niçë GS 16
Main Indicators								
I. Scientific/Educational Values (VSE)								
1. Rarity ($SIVK_1$)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
2. Representativeness ($SIVK_2$)	0.50	0.75	0.75	0.75	0.50	0.25	0.25	0.50
3. Knowledge on geoscientific issues ($SIVK_3$)	0.50	0.50	0.75	0.25	0.50	0.25	0.25	0.25
4. Level of interpretation ($SIVK_4$)	1.00	0.50	0.50	0.75	0.75	0.50	0.50	0.50
II. Scenic/Aesthetical Values (VSA)								
1. Viewpoints ($SIVK_5$)	0.25	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	0.50	0.50
2. Surface ($SIVK_6$)	1.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
3. Surrounding landscape and nature ($SIVK_7$)	0.75	0.25	0.75	0.50	0.50	0.50	0.50	0.75
4. Environmental fitting and sites ($SIVK_8$)	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	1.00
III. Protection Values (VPr)								
1. Current condition ($SIVK_9$)	0.25	0.50	0.75	0.25	0.25	0.75	0.75	0.75
2. Protection level ($SIVK_{10}$)	0.75	0.25	0.75	0.25	0.75	0.50	0.50	0.25
3. Vulnerability ($SIVK_{11}$)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00	0.50	0.50	0.50
4. Suitable number of visitors ($SIVK_{12}$)	0.75	0.25	0.50	0.50	1.00	0.25	0.25	0.25
Additional Indicators								
I. Functional values (VFn)								
1. Accessibility ($SIVF_1$)	0.75	0.50	0.25	0.50	0.75	0.25	0.25	0.25
2. Additional natural values ($SIVP_2$)	0.75	0.50	0.25	0.00	0.00	0.50	0.25	0.25
3. Additional anthropogenic values ($SIVP_3$)	0.75	0.75	0.25	0.25	0.50	0.00	0.00	0.75
4. Proximity to emissive centers ($SIVP_4$)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5. Proximity to important (main) road network ($SIVP_5$)	0.25	0.25	0.25	0.25	1.00	0.25	0.25	0.25
6. Additional functional values ($SIVP_6$)	0.00	0.25	0.00	0.25	0.00	0.00	0.25	0.00
II. Touristic Values (VTr)								
1. Promotion ($SIVP_7$)	0.50	0.00	0.75	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
2. Organized visits ($SIVP_8$)	0.50	0.00	0.50	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
3. Proximity to visitor center ($SIVP_9$)	0.00	0.25	0.25	0.25	0.00	0.25	0.25	0.25
4. Interpretative panels ($SIVP_{10}$)	0.25	0.00	0.25	0.00	0.25	0.00	0.25	0.00
5. Number of visitors ($SIVP_{11}$)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
6. Tourism infrastructure ($SIVP_{12}$)	0.00	0.25	0.25	0.25	0.00	0.25	0.25	0.25
7. Tour guide service ($SIVP_{13}$)	0.25	0.00	0.50	0.25	0.25	0.00	0.00	0.25
8. Hostelry service ($SIVP_{14}$)	0.25	0.50	0.50	0.25	0.50	0.25	0.25	0.25
9. Restaurant service ($SIVP_{15}$)	0.00	0.25	0.25	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00

Among the investigated geomorphosites, the one displaying the highest main and additional values is Ohrid Lake (GS 1). According to figure 3, its values are located in zone Z33 because this geomorphosite has high scientific, educational, aesthetical and protection values. The lake is located near the main national and international transportation routes, populated areas and is mainly used for tourism development, fishing, and outdoor activities.

Geomorphosites belonging to zone Z22, such as: Lin Peninsula (GS 3), Najazma Cave (GS 4) and Memëlisht Cave (GS 7), are characterized by intermediate main and additional geotouristic values. The legal national

protection, the highest educational values providing to the future generation's geoscientific knowledge and the amazing landscape/scenery make them exhibit intermediate main values. The proximity to other heritage and cultural monuments, to the tourist center and to national roads, combined with the increased accommodation and food services makes these three geomorphosites to have intermediate additional values. In order to increase the main geotouristic values of these geomorphosites it is necessary to make future scientific research, to include them in the geotouristic tour guides, to improvement the infrastructure, and employ specialized guide in geoscience.

Table 4. Zonation of geomorphosites based on GAM model.

Geomorphosites (Albanian Geological Survey)	Main Values ($VShE + VSE + VM$)	Functional Values ($AV = Vfn + Vtr$)	Zone
Ohrid Lake (GS 1)	$3.75 + 3.75 + 3.25 = 10.75$	$4.25 + 7.00 = 11.25$	Z ₃₃
Lukova Lakes (GS 2)	$2 + 1.75 + 2.75 = 6.50$	$1.00 + 0.75 = 1.75$	Z ₂₁
Lin Peninsula (GS 3)	$2.50 + 2.25 + 2.75 = 7.50$	$2.75 + 4.50 = 7.25$	Z ₂₂
Najazma Cave (GS 4)	$1.00 + 1.25 + 2.50 = 4.75$	$2.50 + 2.75 = 5.25$	Z ₂₂
Saint Marena Cave (GS 5)	$1.75 + 1 + 2.25 = 5$	$1.75 + 2 = 3.75$	Z ₂₁
Baribardha Cave (GS 6)	$1.5 + 1.75 + 1.25 = 4.5$	$1.25 + 2 = 3.25$	Z ₂₁
Memëlisht Cave (GS 7)	$1.50 + 1.50 + 2.25 = 5.75$	$2.50 + 2.75 = 5.25$	Z ₂₂
Ariu Cave - Bishnicë (GS 8)	$0.75 + 2.25 + 2.25 = 5.25$	$1.00 + 0.75 = 1.75$	Z ₂₁
Llënga Canyon (GS 9)	$1.75 + 3 + 2.25 = 7$	$2.50 + 2.00 = 4.50$	Z ₂₁
Confluence of Shkumbin and Dusha (GS 10)	$2 + 1.75 + 1.5 = 5.25$	$2.25 + 1.5 = 3.75$	Z ₂₁
Guri i Kamjës (GS 11)	$2.25 + 3.75 + 2.50 = 8$	$1 + 3.50 = 4.50$	Z ₂₁
Nusja and Dhëndëri Stones (GS 12)	$2 + 1.5 + 1.5 = 5$	$1.25 + 1.75 = 3$	Z ₂₁
Trebinja Stone Mills (GS 13)	$2 + 2 + 2 = 6$	$2.25 + 1.75 = 4$	Z ₂₁
Qafë Panja Earth Pyramids (GS 14)	$1.25 + 1.50 + 2 = 5.75$	$1 + 1.25 = 2.25$	Z ₂₁
Kalivaç (Koka e Balos) Earth Pyramid (GS 15)	$1.25 + 1.50 + 2 = 5.75$	$1 + 1.25 = 2.25$	Z ₂₁
Niçë Mountain (GS 16)	$1.5 + 2.75 + 1.75 = 6$	$1.5 + 1.5 = 3$	Z ₂₁

The Lukova Lakes (GS 2), Saint Marena Cave (GS 5), Baribardha Cave (GS 6), Ariu Cave (GS 8), Llënga Canyon (GS 9), Confluence of Shkumbin and Dusha (GS 10), Guri i Kamjes (GS 11), Nusja and Dhëndri Stones (GS 12), Trebinja Stone Mills (GS 13), Qafë

Panja Earth Pyramids (GS 14), Kalivaç Earth Pyramid (GS 15) and Niçë Mountain (GS 16) are all included in zone Z21, and they all exhibit intermediate main and low additional values.

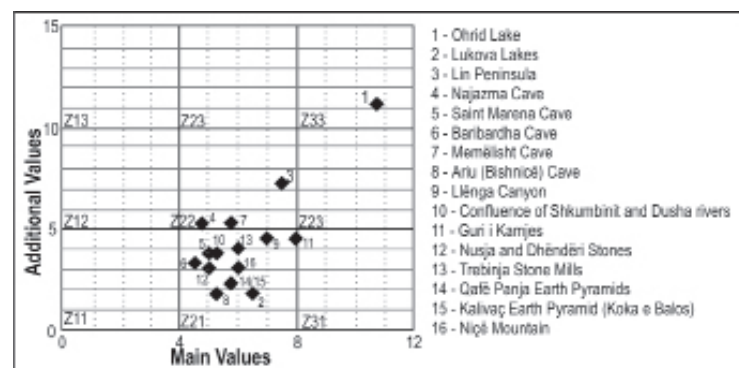


Figure 3. Location of geomorphosites on GAM plot.

Even if not all of them are protected at national level, their scenic/aesthetical values, size, and educational potential is relatively high. The low additional values are given by the distance and the time needed to reach them from the urban areas, poor road infrastructure, low number of tourists (adventure tourists), and the lack of good restaurants and accommodation services nearby. The nature damaging and human intervention in many areas, such as: hydrocentral construction in Llëngë, excavations in their vicinity, damage of the Trebinja Stone Mills from Qukës – Qafë Pllaçë national road construction, use of Lukova Lakes water for irrigation activities etc., will bring in future many long terms irrevocable damage and the loss of geomorphosites geotouristic values.

CONCLUSIONS

The evaluation of nature's heritage is an important factor for today's urban planning development and increasing tourism activity. The geotourism is a new trend with high opportunities to develop in our country. The Pogradec Municipality's territory exhibits high geotouristic potential. Even though the geomorphosites have small sizes, their uniqueness makes them have high educational, attractive, and touristic values. Due to fact that the geomorphosites are perceived as unchangeable and unthreatened to be damaged, the level of protection from institutions and local population, together with the funding assigned for their protection, promotion and conservation is very low. It is noticeable sometimes some institutional intervention within the geomorphosites area, which brings high levels of damage, causing sometimes their total loss. The protection,

preservation, and conservation of geomorphosites requires the deepening of scientific research in the area, the education of the local community, tourists, and tourism managers. It is important to understand that geodiversity is the basic element

on which biodiversity and cultural diversity develop. In order to enable their conservation and sustainable environmental, cultural and economic development, the geomorphosites must be integrated into local and national policies and programs.

REFERENCES

- AVXHI A., AHMETAJ A. & MISHA V. (2015). *Gjeologjia-Gjeoresurset dhe Gjeorrezitet dhe Mjedisi në Bashkitë e Shqipërisë*. Tiranë: Bashkia Pogradec.
- ADRIANSYAH D., BUSU I., EVA H. & MUQTADA M. (2015). Geoheritage as the basic for geotourism development: A case study in Jeli District, Kelantan, Malaysia. *Geojournal of Tourism and Geosites, Romania*, Year VIII, No. 1, Vol. 15, 25-43. ISSN:205-0817.
- BRAHOLLI E. & MENKSHI E. (2020). Geotouristic Potential in Mokra's Maintain Area. *International Multidisciplinary Geosciences Conference IMGC2020*, 8-9 October, Mitrovica, Kosovo, 55-63, ISBN:978-9951-8991-5-4.
- BRIHLA J. (2020). Geoparks and Geological Heritage as promoters of sustainable development. *Actes de la Session Plénière Solennelle, Académie Hassan II des Sciences et Techniques*. Rabat, Morocco, 141-146.
- CLARKE R., KOLEMISEVSKA-GUGULOVSKA T. D., DIMIROVSKI G., GJUKNURI L., GRUPCE L. & ANDREESKI C. (2000). Conservation and conflict resolution in Transboundary Protected Areas: Prespa as an European case-study. *SWIS 2000*, No. 33, Vol. 8, 127-134. DOI: 10.101/S1474-6670(17)35432-0.
- DOWLING R. K. (2013). Global geotourism - An emerging form of sustainable tourism. *Czech Journal of Tourism*, No. 2, Vol. 2, 59-79 (Czech). DOI: 10.2478/cjot-2013-0004.
- DOWLING R. K. & NEWSOME D. (2006). Geotourism's issues and challenges. In: *Geotourism: Sustainability, Impacts and Managements* (Newsome D., Ed.), Oxford. Elsevier, 242-254. DOI: 10.1016/B978-0-7506-6215-4.50021-X.
- GRAY M. (2013). *Geodiversity: Valuing and conserving abiotic nature*. Wiley-Blackwell, Chichester, 2nd Edition, 1-512. ISBN:978-0-470-74215-0.
- INSTAT (INSTITUTI I STATISTIKAVE) (2011). Population and Housing Census. Korçë, 1-106. http://www.instat.gov.al/media/3065/7_korce.pdf
- KËSHILLI I MINISTRIT (2019). Vendimi Nr. 303, datë 10.05.2019, PËR MIRATIMIN E LISTËS SË RISHIKUAR, TË PËRDITËSUAR, TË MONUMENTEVE TË NATYRËS SHQIPTARE, Tiranë. *Fletore Zyrtare*, Nr. 68, 68. <https://turizmi.gov.al/wp-content/uploads/2019/07/vkm-303-2019-per-monumentet-e-natyres-shqiptare.pdf>
- KRUTAJ F., GRUDA GJ., KABO M., MEÇAJ N., QIRIAZI P., SALA S., ZIU T., KRISTO V. & TROJANI V. (1991). *Gjeografia Fizike e Shqipërisë. Akademia e Shkencave të Republikës së Shqipërisë, Qendra e Studimeve Gjeografike*, Tiranë, Albania, Vol. I, 1-400.
- KUVENDI I REPUBLIKËS SË SHQIPËRISË (KRSH) (2002). Për Zonat e Mbrojtura. Ligji Nr. 8906, datë 06.06.2002. <https://planifikimi.gov.al/index.php?elD=dumpFile&t=f&f=2367&token=54bbf5d912fae53bfe3c7bd27b068d58478ac01e>
- KUVENDI I REPUBLIKËS SË SHQIPËRISË (2014). Ligji nr. 115/2014 Për ndarjen administrativo-territoriale të njësive të Qeverisjes Vendore në Republikën e Shqipërisë. *Fletore Zyrtare*, Tiranë, 1-26. https://aam.org.al/wp-content/uploads/2018/11/Ligji_115-2014_31.07.2014.pdf
- MARTINI G., ALCALÁ L., BRIHLA J., LANTRIA L., SA A. & TOURTELLOTT J. (2012). Reflections about the geotourism concept. *11th European Geoparks Conference*, Portugal, Arouca Geopark, 1-353.
- MAZELLI D., KAZA N., DORRE P., FERO XH., KOÇI B., KOLA A., BESHKU H., GELAJ A., BELE M., LAMAJ M., HAKLAJ I., DAPI DH., NEZIRAJ A., MOISIU L., AVXHI A., (2016). *Gjeologjia - Gjeoresurset – Gjeorrezitet dhe Mjedisi*, shkalla 1:50,000. Bashkia Pogradec. AQTGJ.
- MENKSHI E. (2020). *Trashëgimia Natyrore dhe Kulturore e Qarkut Korçë (Vlerat dhe Përdorimi turistik)*. Studim Monografik, Korçë. *Promo Print*, ISBN: 978-9928-146-67-0.
- MICI A. & PAZARI F. (2021). Geosite valorization of Ohrid-Prespa Transboundary Biosphere

Reseve. *X International Online ProGEO Symposium*. Segovia: Instituto Geologico y Minero de Espana. Abstract Book, 9-10. ISBN: 978-84-91-38-112-9.

NEWSOME D. & DOWLING R. K. (Eds.) (2010). Geotourism: The tourism of Geology and Landscape. Oxford: Goodfellow Publishers Ltd.

NEWSOME D., DOWLING R. & ANDY Y.F. LEUNG. (2012). The nature and management of geotourism. A case study of two established iconic geotourism destinations. *Tourism Management Perspectives*, Vol. 3, 19-27. DOI: 10.1016/j.tmp.2011.12.009.

PANIZZA M. & PIACENTE S. (2009). Cultural geomorphology and geodiversity. In: Geomorphosites (C. A. Reynard, Ed.). Verlag Dr. Friedrich Pfeil. Mynich, 35-48.

PANO N. (2015). Pasuritë ujore të Shqipërisë: Monografi. *Akademia e Shkencave e Shqipërisë*, Tiranë, 1-481. ISBN: 978-99956-13-23-4.

PASHKO P. (2018). Morava Mt. Oligocene-Middle Miocene succession of Albanian-Thessalian Basin, Albania. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, No. 1, Vol. 52, 1-46. DOI: <http://dx.doi.org/10.1281/bgs.15837>.

QIRIAZI P. (1985). Morfologjia dhe morfogjeneza e gropave juglindore dhe e maleve përreth tyre. *Universiteti i Tiranës "Enver Hoxha"* Tiranë, 1-202.

QIRIAZI P. (2019). Gjeografia fizike e Shqipërisë. Tiranë. *Mediaprint*, 1-580.

QIRIAZI P. (2020). Trashëgimia natyrore e Shqipërisë (Vlerat, rreziqet dhe menaxhimi). *Akademia e Shkencave e Shqipërisë*, Tiranë, 1-390. ISBN: 978-9928-237-20-0.

QIRIAZI P. & SALA S. (2006). Monumentet e natyrës të Shqipërisë. Botim Elektronik. *Ministria e Mjedisit, Pyjeve dhe Administrimit të Ujërave*, Tiranë, 1-84.

REYNARD E. (2005). Geomorphological sites, public policies and property right. Conceptualization and examples for Switzerland. *Italian Journal of Quaternary Science*, No. 18, Vol. 1, 323-332.

REYNARD E., FONTANA G., KOZIK L. & SCAPOZZA C. (2007). A method for assessing "scientific" and "additional values" of geomorphosites. *Geographica helvetica*, No. 62, Vol. 3, 148-158. DOI: 10.5194/gh-2-148-2007.

REYNARD E. & PANIZZA M. (2005). Geomorphosites: definition, assessment and mapping. An introduction. *Geomorphologie: relief, processus, environnement*, No. 3, 177-180.

NEZIRAJ A., MOISIU L., AHMETAJ A., VUKZAJ N., SYLARI V., HALILI R., VJERDHA T., LEKAJ GJ (2021). Teksti përmbledhës i Hartës së Gjeomonumenteve të Shqipërisë. *Shërbimi Gjeologjik Shqiptar*, Arkivi Qendror Teknik i Gjeologjisë.

Shërbimi Gjeologjik Shqiptar (SHGJSH). <http://www.gsa.gov.al/ZbuloGjeologjine/monumentet.html>

VUJIČIĆ M. D., VASILEVIĆ D. A., MARKOVIĆ S. B., HOSE T. A., LUKIĆ T., HADŽIĆ O. & JANIĆEVIĆ S. (2011). Preliminary Geosite Assessment Model (GAM) and its application of Fruska Gora Mountain, Potencial Geotourism destination of Serbia. *Acta Geographica Slovenica*, No. 51, Vol. 2, 361-377. DOI: 10.3986/AGS1303.

UNESCO (2019). *World Heritage List*. Retrieved 2019, from UNESCO: <https://whc.unesco.org/en/decisions/7366>

XHOMO A., KODRA A., XHAFA Z. & SHALLO M. (2002). Gjeologjia e Shqipërisë (Tekst shpjegues i Hartës Gjeologjike 1:200 000 të vitit 2002). *Botim Elektronik*. Tiranë. p. 1-475.

NË NDERIM E KUJTIM TË PROF. DR. ANDON GRAZHDANI



Me datën 21 Maj 2022 u nda nga jeta Prof. Andon GRAZHDANI, një nga ikonat e Fakultetit të Gjeologjisë dhe Minierave, i cili la në pikëllim të thellë njerëzit e tij të dashur, familjarë, të afërm, miq, kolegë dhe ish nxënës të tij, që aq shumë e deshën...

Profesor Grazhdani ka qenë një nga pionierët e gjeologjisë shqiptare, dhe një kontribuues shkencor i rëndësishëm në formimin e një strategjie të kërkimeve gjeologjike në Shqipëri.

Gjatë gjithë jetës së tij kontribuoi për përgatitjen e brezave të tërë të Inxhinierëve në fushën e Gjeologjisë, Minierave dhe të Naftës.

Kontributi i tij në fushën akademike konsistoi në mbrojtjen me sukses të dy gradave shkencore "Kandidat i Shkencave" dhe "Doktor i Shkencave", si dhe në fitimin e titujve akademikë respektivë, "Docent" dhe "Profesor".

Botoi një numër tekstesh mësimore, monografish shkencore, një numri të konsiderueshëm artikujsh shkencorë, në revista shkencore dhe profesionale, të vendit dhe të huaja, mbajti një numër të madh referatesh e kumtesash shkencore, në kongrese e konferenca, brenda dhe jashtë ven-

dit, dhe mori pjesë e drejtoi shumë projekteve shkencore, deri në fund të jetës së tij, madje edhe pas daljes në pension.

Ai ka drejtuar me sukses dhe kompetencë akademike, shkencore dhe profesionale Katedrën e Vendburimeve dhe, më pas, Departamentin e Gjeologjisë së Zbatuar

Në vitet ndoshta më të vështira të tranzicionit dhe ndërrimit të sistemeve në Shqipëri, 1988-1992, ai ka drejtuar Fakultetin e Gjeologjisë dhe Minierave, si dekan i tij, ku u shqua për maturi, gjakftohtësi, tolerancë, mirëkuptim, aftësi organizative dhe pjekuri.

Një vepër e veçantë, që ishte një iniciativë tërësisht personale dhe fryt i punës së tij të palodhur dhe pasionante do të mbetet hartimi i "Historikut të Fakultetit të Gjeologjisë dhe Minierave", për të cilën Prof. Andon Grazhdani do të mbetet i paharruar për breza të tërë ish studentësh dhe kolegësh të tij.

Prof. Dr. Vasil Jorgji

NË NDERIM E KUJTIM TË PROF. DR. FOTAQ DIAMANTI



Prof. Dr. Fotaq Diamanti u nda nga jeta në datën 2 Korrik, 2022. Ai lindi në Libohovë më 07.09.1936. Pas studimeve në Politeknikumin e Tiranës, punoi si teknik gjeolog në ndërmarrjen e Vlorës deri në vitin 1958 kur filloi studimet në Universitetin e Tiranës në degën Gjeologji. Menjëherë pas diplomimit në vitin 1962 punoi në ndërmarrjen e Patosit e më pas në prej vitit 1969 deri në vitin 1998 ishte pjesë e stafit të pedagogëve pranë Fakultetit Gjeologji – Miniera.

Gjatë angazhimit të tij në këtë fakultet mbajti postin e drejtuesit të Katedrës së Gjeologjisë së Naftës dhe Hidrogeologjisë (1976 – 1989), të Përgjegjësit të Seksionit të Gjeologjisë të Naftës dhe Gazit (1995 – 1998) dhe atë të Dekanit të Fakultetit të Gjeologjisë dhe Minierave (1996 – 1997).

Fotaq Diamanti ishte President i Korporatës Shqiptare të Hidrokarbureve (Albpetrol) në vitet 1994 – 1997.

Në vitin 1981 mbrojti disertacionin për gradën shkencore “Kandidat i Shkencave” me teme: “Kompleksimi i metodave në studimin e gjeokimisë së lëndës organike të formacionit karbonatik të zonës Jonike” dhe fitoi. Në vitin 1983, mori titullin shkencor “Docent”. Në vitin 1993, mbrojti disertacionin me temën “Potenciali hidrokarbur i Shqipërisë në kontekstin gjeologo-gjeokimik” për titullin “Profesor”, të cilin e mori në vitin 1994.

Fotaq Diamanti është autor dhe bashkautor i disa teksteve universi-

tare të lidhura me gjeologjinë, gjeokiminë përhapjen dhe teknologjitë e shfrytëzimit të vendburimeve të naftës dhe gazit.

Krahas punës si pedagog ai është përfshirë në veprimtarinë kërkimore për studimin e kushteve gjeologo – gjeokimike të formimit të shtratimeve të naftës dhe gazit në zonën Jonike (1981) dhe Kruja (1983), studim për pasuritë hidrokarbure e minerale në ujërat e Detit Adriatik dhe Jon (1985), vlerësimi i rezervave prognoze të naftës e gazit në territorin e Shqipërisë (1989), përgjithësimin gjeologo – gjeokimik të rajonit Kostenjë-Oksh-tun (1990) observacione paraprake të suksesionit Neogjenik në Basenin e Tiranës, zhvillimin e Industrisë së naftës në Shqipëri (1997) etj.

Rezultatet e studimeve të veta i ka paraqitur në 6 monografi, 22 raporte e projekte, 32 artikuj shkencore brenda vendit dhe 5 botime jashtë vendit. Në këtë kuadër ka qenë pjesëmarrës me 26 referime shkencore në konferenca e simpoziume shkencore.

Prof. Fotaq Diamanti është dekoruar me “Medaljen e Punës” (1957) dhe “Urdhrin Naim Frashëri të klasit III” (1981).

Edhe pas daljes në pension bisedonte me admirim për gjeologjinë dhe naftën. Ishte njeri i rrallë në dije, në komunikim dhe në respektin për kolegët dhe i tillë do të mbetet i paharrueshëm tek ta.

Prof. Dr. Afat SERJANI

NË NDERIM E KUJTIM TË PROF. DR. KRISTAQ MUSKA



Kristaq Muska, u lind më 2 Mars 1958 në fshatin Goranxi të Gjirokastrës. Studimet e larta i filloi për shkencat ekzakte në Fakultetin e Shkencave të Natyrës, por në vitin e dytë u përzgjodh për një bursë studimi në fushën Gjeologji – Gjeokimi, në Universitetin Paris-6 në Francë.

Në vitin 1986, pasi u diplomua në këtë degë u emërua në ING në Fier si specialist gjeokimist në Kabinetin e Hidrogjeokimisë dhe më pas Departamentin e Mjedisit dhe Laboratorëve, ku punoi deri në vitin 2002, kur u emërua Drejtori i QKSHH, deri në 31 Dhjetor 2006.

Në periudhën 1998-2002, vazhdoi kualifikimin e posaçëm për gradën “Doktor Shkencash” në Universitetin Paris- 6 për temën: “Termiciteti, transferimi dhe diagjeneza e rezervuarëve në njësitë e jashtme të Albanideve”, një problem me mjaft interes për të vazhduar studimin e rezervuarëve naftëgazmbajtës në vendin tonë, punë e filluar nga Profesor Tomi Kristo. Si specialist gjeokimist, Kristaqi, ka një kontribut të shënuar në evidentimin e naftëgazmbajtjes së territorit perspektiv të vendit tonë, si bashkautor në përgjithësimin e të dhënave të rëlvimeve gazore në disa njësi me interes, në studimin e perspektivës naftëgazmbajtëse të rajoneve Ardenicë, Divjakë, Kozan, Krasta-Cukal dhe Kruja, vlerësimin gjeokimik të territoreve

Tiranë – Ishëm, Rodon dhe Papër – Rovë, Fortuzaj. Gjatë kësaj periudhe, gjatë viteve 1996 deri 2001, ka bashkëpunuar në një projekt ndërkombëtar, udhëhequr nga të huajt, ku u përfshi edhe studimi i vendit tonë. Me periudha të caktuara, gjithashtu, ka pasur bashkëpunime me Institutin Francez të naftës (IFP).

Njëherësh, ka pasur rastin të aktivizohet si profesor i jashtëm në Universitetin Paris- 6, në procesin e seminareve dhe punëve praktike gjatë 18 muajve deri në vitin 2002, dhe që nga u angazhua si lektor i jashtëm në Departamentin e Gjeologjisë së Aplikuar në grupin mësimor të Hidrokarbureve në lëndën “Gjeokimia e Naftës” dhe me mbylljen e Qendrës Kombëtare Shkencore e Hidrokarbureve, në shkurt të vitit 2007, u pranua si pedagog i brendshëm, lektor i Gjeokimisë së naftës. Gradualisht, u përfshi në gjithë ciklin e leksioneve që zhvilloheshin në disa grupe mësimore dhe diploma të Fakultetit të Gjeologjisë dhe Minierave dhe pas vitit 2010, ishte i vetmi lektor në gjithë leksionet e fushës së Gjeologjisë së Hidrokarbureve. Gjatë kësaj periudhe, dëshmoi një vullnet dhe përkushtim të veçantë për të përvetësuar gjithë disiplinat e gjeologjisë së naftës, në teori dhe praktikë. Njëkohësisht, me atë përkushtim, përjetoi gradualisht dhe kontribui pothuaj në gjithë hierarkinë e mundshme të drejtimit në Fakultetin e Gjeologjisë,

duke filluar nga grupi mësimor i hidrokarbureve, si përgjegjës për gjeologjinë e vendburimeve, në departament, në Këshillin e Profesoratit etj. duke dëshmuar për korrektesë dhe mirësjellje me kolegët.

Kristaqi, nuk i rreshti përpjekjet për t'u kualifikuar si specialist jo vetëm në fushën e Gjeokimisë por edhe të Gjeologjisë së Naftës. Kështu, përveç bashkëpunimit me projektet e huaja, ai pati disa artikuj në revistat e vendit dhe bashkautorësi në referate për Konferencat Shkencore në vend dhe të huaja. Ishte një nga drejtuesit e Konferencës Ndërkombëtare "ILP" në Dhjetor të vitit 2011, në Tiranë referues në Konferenca jashtë vendit. Gjatë kësaj periudhe, ai përktheu dhe përshtati libra për Gjeokiminë e Naftës dhe Sistemet Naftëmbajtëse. Këto, literatura, i krijuan mundësinë të përmirësojë programet e leksioneve për studentët Bachelor dhe Master por të realizojë edhe kualifikimin e tij për Titullin Profesor i Asociuar dhe më tej për Profesor Doktor.

Kristaqi, ka qenë edhe një familjar model. Ne, që kemi qenë më afër tij, kemi parë përkushtimin e tij për mirëqenien e familjes, bashkëshortes së tij Linda, mjedisin në familje, kujdesin e jashtëzakonshëm për dy

fëmijët vajzën dhe djalin, përgatitjen e tyre për të arritur maksimumin në shkollë e në jetë, duke u bërë kështu një nga prindërit e suksesshëm edhe në kushtet e ekonomisë së tregut. Vajza, e shkëlqyer në Fakultetin e Mjekësisë në Tiranë, sot është mjeke e preferuar në një vend jashtë Shqipërisë. Gjithashtu, një kujdes të veçantë i kushtoi djalit të tij, duke e nxitur për të arritur maksimumin dhe sot, djali ka përfunduar arsimin e lartë dhe jeton gjithashtu në një shtet të huaj. Ishte i veçantë përkushtimi i Kristaqit në zhvendosjen e shpejtë të banimit nga qyteti i Fierit në Tiranë, duke kryer pothuaj vetë të gjitha përshtatjet në shtëpinë e re.

Kristaqi, u nda shumë shpejt nga jeta dhe kjo ishte një ngjarje e papritur jo vetëm për ne kolegët e tij, gjeologë naftë, naftëtarë, pedagogë dhe studentë të Fakultetit, por sidomos për familjen e tij të dashur, Lindën, Elifën dhe Tomin. Kristaqi i kujdesshëm, i dashur dhe i mirësjellshëm do t'i mungojë shumë familjes dhe miqve dhe kolegëve, të afërmeve të tij, vëllezër e motra, veçse ai ishte dikush që do të lërë të gjallë në kujtimet tona të gjithë punën e tij, dhe vepron e tij të jetuar e të shkruar.

Prof. Dr. Vasil Jorgji

