

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSIJEK

Postanak nafte: je li nafta nekad bila živa?

Genesis of oil: Was oil once alive?

SEMINARSKI RAD

Monika Korša

Preddiplomski studij Znanosti o okolišu

Mentor: doc. dr. sc. Marko Miliša

Zagreb, 2016.

Sadržaj:

1.Uvod.....	1
2.Teorija organskog porijekla nafte.....	2
2.1.Stvaranje, sastav i tipovi kerogena	3
2.2.Facijesi nakupljanja organske tvari	4
3.Teorija anorganskog porijekla nafte.....	6
3.1.Dokazi za abiogeni nastanak ugljikovodika	7
3.2.Duboka, vruća biosfera.....	8
4.Ugljen.....	9
4.1.Biokemijski procesi nastanka ugljena	9
4.2.Geokemijski procesi nastanka ugljena	9
4.3.Stadij karbonizacije	10
5.Zaključak.....	11
6.Literatura:	12
7.Sažetak	15
8. Summary	15

1.Uvod

Korištenje nafte zabilježeno je u šestom stoljeću prije Krista, za vrijeme vladavine Kira II na području južne Mezopotamije, u ratovanju za paljenje neprijateljskih gradova. Perzijanci su naftu koristili za uličnu rasvjetu. Jedan od prvih nalaza korištenja asfalta zabilježen je u Babilonu prilikom gradnje babilonskih zidina. Vađenje nafte u Kini započelo je 374. godine, a bušenje je izvođeno bambusovim štapovima. Ovakvo bušenje bilo je moguće jer je nafta mjestimično bila dostupna već na dubini od 240 metara. Izvađena nafta služila je kao gorivo za isparavanje morske vode u postupku dobivanja soli. U 8. stoljeću na području grada Bakua zabilježeno je korištenje tla impregniranog naftom kao ogrjevni materijal zbog nedostatka drva. Prva prerada nafte započinje u 10. stoljeću kada se destilacijom nafte dobiva produkt koji je Perzijancima služio kao gorivo u ratovanju (URL1).

Kasniji tehnološki napredak te obje industrijske revolucije temeljene su na ugljenu i nafti kao glavnim izvorima energije. Iako je to takozvana „nečista energija“ danas još uvijek ima nezamjenjivu ulogu u životu čovjeka.

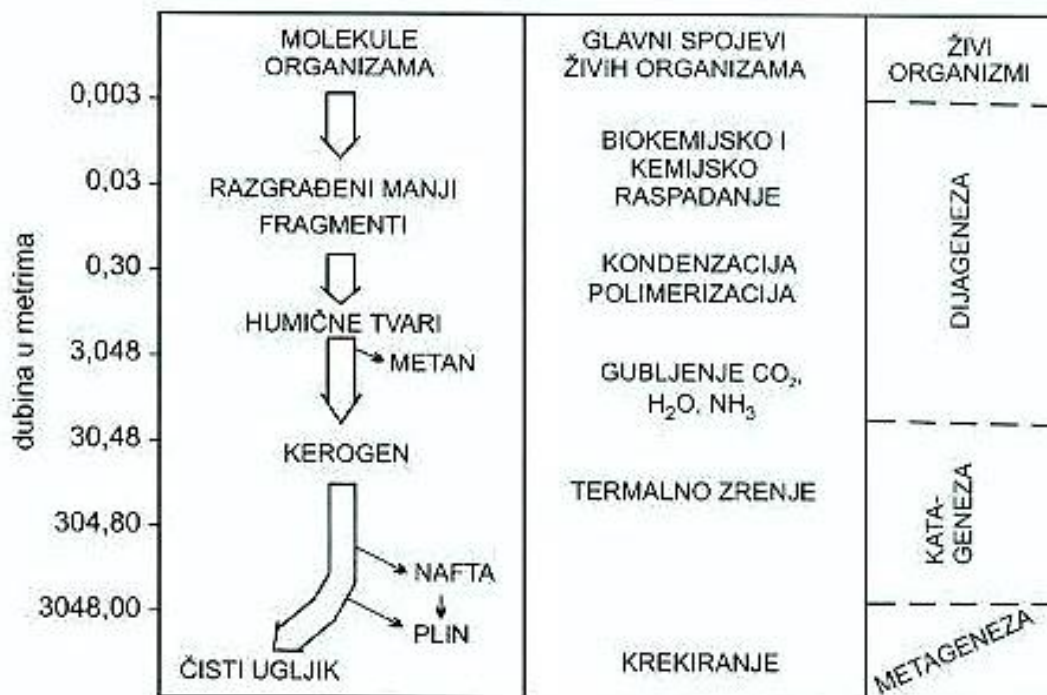
U daljnjem dijelu ovog rada sažeto ću prikazati teorije načina postanka ovih energenata.

2. Teorija organskog porijekla nafte

Postoje dvije teorije o postanku nafte: ona koja tvrdi da je nafta organskog porijekla i druga koja tvrdi da je nafta anorganskog porijekla. Teorije o postanku nafte uvijek su izazivale polemike, posebno teorija o anorganskom porijeklu. U nastavku seminara ukratko su objašnjene obje teorije.

O postanku nafte većina je upoznata s prvom teorijom odnosno da je nafta nastala iz nekad žive organske tvari. Veliku podršku ovoj teoriji daje otkriće biomarkera. Biomarkeri su organski polimeri koji predstavljaju trag nekad živućih organizama, izgrađeni su od ugljika, kisika i vodika, a koncentracija nakon dijageneze izražava se u nekoliko dijelova na milijun (ppm) (Hunt 2002). Teoriju biomarkera razvio je 1934. Treibs koji je ukazao kako porfirini iz nafte potječu iz klorofila biljaka (Hunt 2002 prema Treibs 1934). Nizom drugih istraživanja otkriven je veliki broj biomarkera te njihovo porijeklo. Sukladno tome ugljik pohranjen u nafti predstavlja ugljik koji je izdvojen iz sustava kruženja ugljika u prirodi, no upotrebom odnosno izgaranjem nafte ponovno se vraća u njega.

Nastanak nafte odvija se u tri faze: dijageneza, katageneza i metageneza. Dijageneza je proces koji se odvija pri niskim temperaturama, a završava na 50 °C. U ovom stadiju dolazi do akumulacije ugljikovodika iz organske tvari posredstvom bakterijske aktivnosti. Reakcije dovode do povećanja omjera ugljika i vodika u matičnoj tvari. Jedini ugljikovodik koji nastaje u ovoj fazi je metan. Dijageneza završava na dubini od 20 metara gdje počinje litifikacija stijena, a dugačke organske molekule koje nastaju u ovoj fazi nazivaju se kerogenom. Kerogen je ostatak organske tvari u sedimentu od kojeg potječe nafta. Dozrijevanje kerogena odvija se na većim dubinama od 2000 do 3000 metara kad povećanjem temperature i tlaka dolazi do raspada molekula kerogena te nastaje bitumen koji je ishodišna tvar za nastanak nafte. Taj proces naziva se katageneza. Stijene u ovoj fazi su već znatnije litificirane. Metageneza je proces koji se odvija na velikim dubinama i započinje na temperaturi od 200 °C, pri tim uvjetima kerogen dobiva uređeniju strukturu te se stvaraju molekule plina. Formirane molekule nafte i plina potom mogu biti istisnute iz ležišne stijene te procesom migracije odlaze u zamku iz koje se izvlače na površinu.



Slika1. Shema procesa pretvorbe organske tvari u sedimentima (preuzeto iz: Velić 2007 prema Waples 1985)

2.1. Stvaranje, sastav i tipovi kerogena

Razlikujemo asfaltne i parafinske nafte. Asfaltne nafte potječu od organske tvari koja je bila bogata bjelančevinama, a parafinske nafte iz tvari bogate mastima. Stvaranje kerogena započinje raspadom organske tvari u specifičnim okolišima taloženja poput: slanih močvara, delta, estuarija, laguna, bazena s ograničenom cirkulacijom na šelfu, na dijelovima šelfa i kontinentalnih padina ispod zone priobalnog izdizanja te na područjima dubokog mora prilikom sporog strujanja (Velić 2007). Matična tvar za nastanak kerogena je sapropelna ili humična. Sapropel je naziv za tamni marinski sediment ispunjen organskom tvari. Sapropelne naslage koje su uglavnom sačinjene od planktonskih organizama također imaju veliku ulogu u stvaranju treseta. Sapropelne naslage stvaraju se u vodenim bazenima otvorene površine gdje je sedimentacija s kopna ograničena. U uvjetima ograničene količine kisika iz sapropela nastaje kerogen s visokim omjerom atoma ugljika i vodika. Humska matična tvar sastoji se od kopnenih biljaka do čije razgradnje dolazi pod prisutnošću kisika. Biokemijski procesi uvelike ovise o kemijskom sastavu matične tvari te o nizu drugih čimbenika kao što su uvjeti taloženja, mikroorganizmi, pH i brojni drugi.

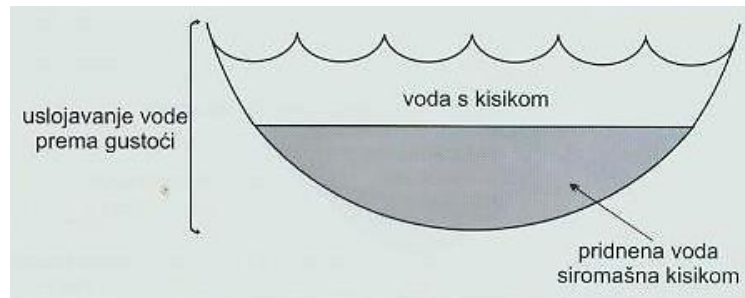
Razlikujemo četiri tipa kerogena. Tip I je oblik u kojem prevladava velika količina vodika te od ukupne količine kerogena 80% se može pretvoriti u naftu. Vrlo je rijedak jer nastaje od slatkovodnih alga te je vezan za anoksična jezera i specifične marinske facijese. Veoma česte su alge *Batryococcus braunii* te marinski mikrofosil *Gleocapsomorfa prisca*, karakteristična za razdoblje ordovicija. Atomski odnos H/C je veći od 1.45, a O/C manji od 0.1. Od ukupne količine kerogena tipa II 60 % može se pretvoriti u naftu. Raznolikog je porijekla od morskih alga, polena, spora, voska i smole. Iz ovog tipa kerogena najčešće nastaju tekući ugljikovodici, a tipični su za reduktivne morske naslage. Atomski odnos H/C kreće se oko 1.25, a O/C 0.15. Kerogen tipa III građen je isključivo od aromata i siromašan je vodikom jer potječe od matične tvari siromašne mastima, a bogate celulozom i ligninom. Iz njega nastaje samo plin. Atomski odnos H/C iznosi oko 0.8, a O/C 0.18. Kerogen tipa IV je inertan, izgrađen od pougljenjenog bilja, oksidirane i prerađene organske tvari te se smatra da nema mogućnost otpuštanja ugljikovodika. Atomski odnos H/C je manji od 0.65, a odnos O/C je varijabilan i ovisi o stupnju oksidacije. Količina vodika smanjuje se povećanjem tipa kerogena, a količina kisika povećava. Sumpor u nafti potječe od sulfata nastalih radom anaerobnih bakterija (Velić 2007).

2.2.Facijesi nakupljanja organske tvari

Pri formaciji kerogena glavnu ulogu imaju tri faktora, a to su količina nastale organske tvari (produkcija), stupanj očuvanja organske tvari (prezervacija) i koncentracija organske tvari. Produkcija organske tvari ovisi o količini svjetlosti, hranjivim tvarima, temperaturi, kemizmu vode te o nizu drugih faktora. Prezervacija organske tvari ovisi o vrsti istaložene organske tvari, koncentraciji oksidansa i odnosu brzine sedimentacija i količine sedimenata. Anoksični sedimenti imaju više ukupne količine ugljika iz organskih spojeva nego oksidni te su time povoljniji za stvaranje većih akumulacija kerogena. Postoje tri tipa facijesa u kojima je omogućena anoksičnost i prezervacija organske tvari, a to su: ustajali bazeni, slojevi vode s vrlo malo kisika te okoliš s ograničenim strujanjem (Velić 2007).

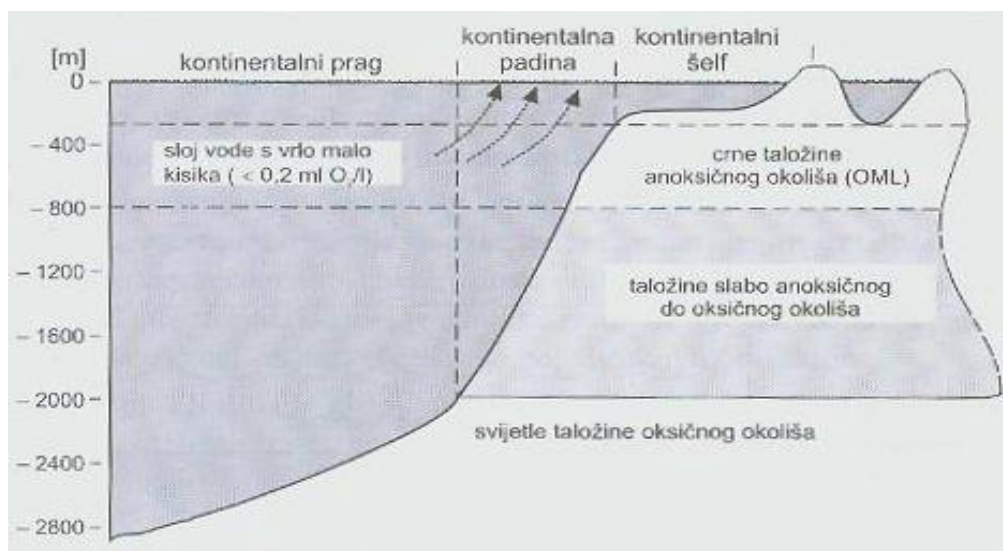
Za ustajale bazene karakteristična je spora cirkulacija te pojava turbulencije vode. Rijetki su te su karakteristični za jezerske naslage. Uglavnom nastaju na području tropske klime u dubokim jezerima gdje postoje dva sloja različite gustoće te je onemogućeno njihovo miješanje. Pridneni sloj je zbog toga siromašan kisikom. Primjer takvog bazena nalazi se u jezeru Green River formacije (Amerika). Jezerski uljani šejlovi građeni su uglavnom od polena, a razvili su se tijekom eocena. U uzorcima je pronađen polen cikasa, četinjača; bora,

smreke, jele, cedra, čempresa, tise, kositrenica, palmovki, ljiljanovki te mnogih drugih (Wodehouse 1933).



Slika2. Uslojenje vode u ustajalim bazenima (preuzeto iz: Velić 2007, prema Waples 1985)

Zona vode s malo kisika nalazi se ispod fotične zone gdje dolazi do raspada organizama te je smanjena količina kisika. Ispod tog sloja koncentracija kisika ponovno raste jer je većina organske materije već razgrađena u sloju prije te je smanjena potreba za kisikom, a primjer takve sedimentacije je čileansko-peruanski šelf (Velić 2007).



Slika3. Shema sloja s minimumom kisika u odnosu prema vodenoj (morskoj) površini i površini dodira vode i sedimenta (preuzeto iz: Velić 2007 prema Waples 1985)

Okoliš s ograničenim strujanjem je najčešći facijes nakupljanja organske tvari u otvorenim morima. Dolazi do ograničenog strujanja iznad plitkih morskih pragova, s dovoljnom dubinom bazena razvit će se razdioba na slojeve pa će pridnjeni sloj biti izoliran od voda otvorenog mora. U takvim okolišima veoma često nastaju evaporiti koji su pogodne matične stijene, isparavanje povisuje salinitet pa na tom dijelu rastu alge, ali ne i organizmi koji bi se njima hranili (Velić 2007).



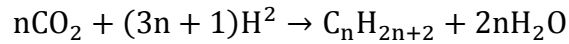
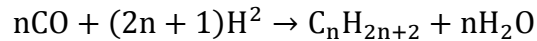
Slika4. Prikaz bazena s plitkim pragom (preuzeto iz: Velić 2007 prema Waples 1985)

3. Teorija anorganskog porijekla nafte

Među prvim znanstvenicima koji su iznijeli teoriju o anorganskom porijeklu nafte bio je ruski kemičar i mineralog Dimitri Mendeleev 1877. godine. On je pretpostavio da se ugljikovodici stvaraju u Zemljinoj unutrašnjosti reakcijom vode i željezova karbida. Kasnije se njegovoj teoriji pridružio Fred Hoyle te je teorija nazvana teorija dubokog Zemljinog plina (eng. *The deep-Earth gas theory*). Ova teorija pretpostavlja da se abiogeni metan koji se nalazi duboko u Zemljinoj unutrašnjosti, a tu je još od početka nastanka same Zemlje, polako oslobađa te migrira prema površini kroz pukotine, mjesta dodira litosfernih ploča te udarna mjesta meteorita. Na putu prema površini taj se metan polimerizira te nastaju ležišta nafte. Ovu teoriju podupire tako zvana Rusko-Ukrajinska škola znanstvenika. Kenney (1996) je dao modernu interpretaciju ove teorije. On je zaključio kako je formacija alkana iz metana moguća samo pri određenim uvjetima. Pri temperaturi većoj od 700 °C te tlaku većem od 30 kbar što bi se otprilike nalazilo na dubini od 100 kilometara ispod površine. Nastanak ugljikohidrata iz ugljikovodika nije moguć pod tim uvjetima (Glasby prema Kenney i sur. 2002). Prema Kenneyu (1996) dokaz za ovu teoriju su naftna polja locirana u zapadnom Sibiru, na području sedimentacijskog bazena gdje je na 80 od 90 istraživanih područja podloga u potpunosti ili djelomično građena od kristalinih stijena.

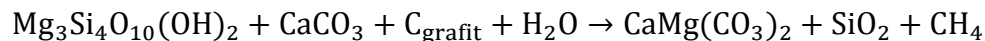
3.1. Dokazi za abiogeni nastanak ugljikovodika

Važno je napomenuti kako je umjetna sinteza ugljikovodika moguća i to Fischer-Tropschovom sintezom kemijskih reakcija:



Produkti ove sinteze su ugljikovodici male molekularne mase (Septhon 2013). Također ugljikovodici su pronađeni na meteoritu koji je pao na području Antarktike. Meteorit imena Allan Hills 84001 otkriven je 1984. godine te su od tada na njemu obavljena brojna istraživanja. Ugljikovodici koji su se formirali na meteoritu rezultat su raspada siderita djelovanjem vodene pare na 300 °C (Zoltov 2000). Siderit je mineral kemijske formule FeCO₃, važna je željezna ruda jer sadrži 48% željeza.

Nadalje metan može nastati termalnim metamorfizmom granita i karbonata (Septhon prema Holloway 1984) prema sljedećoj jednadžbi:



Metan se također formira na srednjooceanskim hrptovima. Ugljikovodici su pronađeni na drugim planetima našeg solarnog sustava: Jupiteru, Saturnu, Uranu i Neptunu (Askin 1967). Pojava bilo kakvog oblika života na ovim planetima nije utvrđena.

Kao što je već ranije navedeno u Rusiji su pronađeni ugljikovodici na kristalinoj podlozi. Jedan od glavnih pobornika abiogene teorije bio je austrijski astrofizičar Thomas Gold koji je iznio mnoge dokaze u korist te teorije. Prilikom eksploatacije nafte dolazi do pojave ponovnog punjenja ležišta. Na područjima eksploatacije se uz ugljikovodike često nalazi i helij što je prema Goldu jedan od dokaza prema kojima biogena teorija postaje klimava. Helij nastaje raspadom radioaktivnih elemenata ali u nekim sedimentima naftnih polja pronađena je velika količina helija za koju nije moguće da je nastala raspadom već da kao i ugljikovodici helij dolazi iz unutrašnjosti Zemlje. Još jedan od dokaza za abiogeni postanak nafte je omjer atoma ugljika ¹²C i ¹³C. Jedan ¹³C izotop dolazi na svakih 1000 ¹²C izotopa, prema Goldu taj nerazmjer uzrokovan je zadržavanjem težih izotopa u unutrašnjosti Zemlje prilikom prolaska metana kroz stijensku masu (DeRosa prema Gold 2001).

Za testiranje svoje teorije Gold je izabrao područje oko jezera Siljan koje se nalazi u Švedskoj. Siljanski prsten je udarni krater meteorita koji je udario u Zemlju prije 370 milijuna

godina. Podloga je izgrađena od granita Baltičkog štita te je raspucana dovoljno duboko u unutrašnjost Zemlje kako bi ugljikovodici mogli izaći na površinu. Bušene su dvije bušotine. Na prvoj bušotini pronađena je nafta na dubini od 6.8 kilometara, a na drugoj 3.5 kilometara. Ukupno je izvučeno 14 m^3 nafte. U nafti su pronađene bakterije prema kojima Gold definira teoriju duboke, vruće biosfere (Donofrio 2005).

3.2. Duboka, vruća biosfera

Gold 1992. godine predstavlja mogućnost postojanja biosfere koja se sastoji od mikroorganizama ispod površine, u kori Zemlje. Ti organizmi neovisni su o svjetlu i površinskim uvjetima, a glavni izvor energije su fluidi koji migriraju prema površini. Gold smatra kako je masa te biosfere jednaka kao i one na površine ako ne i veća. Kao jedan od dokaza svojoj teoriji Gold navodi sličan primjer crnih dimnjaka. Crni dimnjaci su vrsta hidrotermalnih izvora na oceanskim dnima. Rasprostranjeni su na srednjeoceanskim hrptovima i subdukcijskim zonama jer je na tim mjestima magma relativno blizu morskom dnu. Uz visoki tlak koji vlada na dnu oceana voda se u sedimentu pregrijava. Ovako pregrijava voda iz sedimenta otapa sumporovodik, metan, ugljikov monoksid, ugljikov dioksid, vodik, silicij, mangan, željezo, cink itd. U kontaktu s hladnom vodom oceanskog dna otopljene tvari se izlučuju tvoreći cjevastu strukturu bogatu navedenim elementima i njihovim spojevima koji postaju dobar medij za održavanje života. Na ovim područjima se stoga stvaraju posebne životne zajednice temeljene na kemosintetskim procesima bakterija koje proizvode hranjive tvari za ostale organizme. Neke hipertermofilne bakterije podnose vrlo visoke temperature čak do $150 \text{ }^\circ\text{C}$ što odgovara dubini između 5 i 10 kilometara. Računavši veličinu pornog prostora kore Zemlje te ako je taj prostor ispunjen materijalom gustoće vode, masa tog materijala bi iznosila 2×10^{16} tona, a ako bakterije zauzimaju samo 1% tog prostora biomasa bi iznosila 2×10^{14} tona. Takav pod površinski život mogao bi biti rasprostranjen na planetima koji su slične unutarnje građe kao Zemlja.

Unazad nekoliko godina objavljen je veliki broj znanstvenih radova koji prikazuju način života, brojnost i vrstu organizama koji nastanjuju sediment ispod oceanskog dna. Na samoj površini utvrđene su kemosintetske bakterije iz rodova *Moritella*, *Colwellia* i *Shewanella*, heterotrofne bakterije koljena *Chloroflexi* i *Crenarcheota* i drugi. Uzorci koji su uzimani ispod površine u rasponu od 80 m do 500 m sadržavali su bakterijsku vrstu *Desulfovibrio profundus*. Bakterija *Methanoculleus submarinus* pronađena je u uzorku prikupljenom na 250 metara dubine. Također su pronađene Alphaprotobakterije i *Methanobacteriales* (Jorgensen i Boetius 2007). Pronađene bakterije žive u sedimentu starosti 16 milijuna godina (Schippers

2005). Prema izračunu Kallmeyera i ostalih (2012) u sedimentu do dubine od 4000 metara živi 2.9×10^{29} stanica različitih mikroorganizama.

4.Ugljen

Procesi nastanka ugljena slični su procesima nastanka nafte prema biogenoj teoriji. Razlika je u matičnoj tvari i mjestu taloženja. Matična tvar za nastanak ugljena je biljni materijal porijeklom sa kopna koji se taloži u močvarnom okolišu dok matičnu tvar za nastanak nafte čine uglavnom morski organizmi. Ugljen nastaje procesom karbonizacije. Karbonizacija se sastoji od dvije glavne skupine procesa: biokemijskih ili dijageneza i geokemijskih ili metamorfoza. Najviše ugljena na Zemlji potječe iz razdoblja karbona kada su procvat doživjele papratnjače. Najznačajniji rodovi razvili su se u skupini crvotočina, a to su bili *Lepidodendron* i *Sigillaria* koji su mogli narasti do 30 metara visine, s promjerom stabla do 1 metar, a nešto manji su bili predstavnici roda *Glossopteris* i *Nuropteris*. Ovi rodovi preferirali su život u močvarnom području, kraj močvara na sušim predjelima razvili su se rodovi *Calamites* i *Annularia* (Bucković 2006). Na nastanak ugljena te svih njegovih stadija od izuzetnog je značaja sastav biljne tvari. Od elementa u biljkama su najzastupljeniji ugljik, vodik, kisik i dušik, a od organskih spojeva celuloza, lignin, pektin, hemiceluloza, bjelančevine, masti, voskovi i smole.

4.1.Biokemijski procesi nastanka ugljena

U procesu truljenja posredstvom aerobnih bakterija pri prisutnosti kisika i vode dolazi do potpune razgradnje u vodu i plinove te nema čvrstih produkata u kojima bi se nalazio ugljik. Proces humifikacije karakterizira ograničena prisutnost kisika. Matična tvar ne raspada se u potpunosti zbog prisutnosti kiselina. Uništava se struktura biljne tvari, dolazi do izmjene sastava te nastaje humus. Dedysh i suradnici (2005) su proveli istraživanje s ciljem utvrđivanja koje bakterije sudjeluju u stvaranju treseta na tresetištu Plotnikovo koji je dio velikog močvarnog područja Vasyugan (Rusija). Uzorci su uzimani na različitim dubina od površine pa do 80 centimetara dubine. Sekvenciranjem 16S rRNA utvrdili su da u tresetištu dominiraju bakterije iz koljena Acidobacteria. To su bakterije koje većinom žive u tlu, fiziološki su veoma različite s tek nekoliko poznatih vrsta. Iz tog koljena determinirane su bakterije *Geothrx fermentans* i *Holophaga foetida* (Barns i sur. 2007).

4.2.Geokemijski procesi nastanka ugljena

Organske slojeve prekrili su anorganski te započinje proces pougljenjivanja. Na geokemijske procese utječu četiri faktora, a to su matična tvar, temperatura, tlak i geološko vrijeme. Sve

ove komponente izuzetno su važne za metamorfizam ugljena te one međusobno ovise jedna o drugoj (Nikolić i Pantić 1973). Dobar primjer kako različita matična tvar utječe na vrstu ugljena nalazimo na primjeru Kuznjetskog ugljenog bazena u Rusiji. Naime devonski, stariji, ugljeni pronađeni na tom djelu u stupnju su mrkog ugljena, nastali su od liptobiolita; tvari koja se nakupljala ispiranjem u ovom slučaju to je kutinit; sastavljen uglavnom od kutikula (Volkova 1994). Mlađi permski humusni ugljeni koji su nastali od drvenastih i zeljastih ostataka su u stadiju kamenog ugljena-antracita (Davies i sur. 2010). Pod temperaturom od 150 °C koja djeluje u određenom geološkom vremenu masa mrkog ugljena pretvori se u kameni ugljen. Temperatura je u većini slučajeva uvjetovana magmatskim intruzijama ili jednostavno zalijeganjem (Nikolić i Pantić 1973). Povećanjem količina naslaga istaloženih iznad samog sloja ugljena povećava se tlak. Viši tlak smanjuje poroznost, količinu vode i povećava temperaturu što utječe na genezu ugljena. Što je vrijeme duže to je manje energije potrebno za preobražaj iz jednog stanja u drugo. No u nekim slučajevima kao što je već spomenuto u primjeru Kuznjetskog bazena vrijeme ne igra veliku ulogu.

4.3. Stadij karbonizacije

Zrelošću u ugljenima raste količina ugljika, smanjuje se količina vlage, pepela, sumpora te volatili postaju sve manji. Prema tome izvršena je klasifikacijska podjela ugljena na nekoliko razreda, a to su treset, mrki ugljen, kameni ugljen te antracit. U stadiju treseta ključnu ulogu u nastanku imaju biokemijski procesi dok su geokemijski procesi od manje važnosti. Treset nastaje u močvarnim područjima i pištalinama gdje voda ne dozvoljava potpuni raspad biljne materije. Treset ima vlaknastu strukturu, krt je, a biljni dijelovi su jasno vidljivi golim okom. Sadrži do 75% vlage. U stadij mrkog ugljena spadaju ugljeni različitog porijekla, geološke starosti i stupnja metamorfizma. Postoje meki, zemljasti, škriljavi i čvrsti. Sadržaj ugljika varira između 60-70%. Mrki ugljeni mogu sadržavati do 50% vode. Smeđe su do tamnosmeđe boje. Svaki od navedenih ugljena razlikuje se po čvrstoći, strukturi, udjelu pepela i vlage. Kamenim ugljenom crne je boje, crnog crta i ogreba. Visoke je energetske vrijednosti, kompaktno, sadrži manje od 20% vlage, a udio ugljika je do 86%. Antracit predstavlja najviši stupanj karbonizacije ugljena. Udio ugljika veći je od 86%, crne je boje, masnog sjaja i školjkastog loma (Nikolić i Pantić 1973).

5.Zaključak

Biogenu teoriju postanka nafte podupire većina znanstvenika te je većina smatra ispravnom i dokazanom. Ona predstavlja logičan slijed događaja koje je relativno lako slijediti i s njima se složiti. Abiogena pak teorija predstavlja, rekli bi oni koji se ne slažu s njome, apstrakciju. No je li ona uistinu toliko apstraktna? U prethodnim stranicama naveden je niz dokaza od moguće umjetne sinteze do prisutnosti ugljikovodika na drugim planetima koji upućuju kako je i ona doista moguća i logična, kao i biogena teorija. Smatram kako abiogenoj teoriji nije dano dovoljno prostora kako bi se dodatnim pokusima ona osnažila jer je nafta jedan od glavnih izvora energije, a prema biogenoj teoriji svakim danom je sve manje ima.

6.Literatura:

Askin V (1967). Geologija nafte, RGN u Beogradu, Novi Sad

Barns, S. M., Cain, E. C., Sommerville, L., & Kuske, C. R. (2007). *Acidobacteria* Phylum Sequences in Uranium-Contaminated Subsurface Sediments Greatly Expand the Known Diversity within the Phylum . *Applied and Environmental Microbiology*, 73(9), 3113–3116. <http://doi.org/10.1128/AEM.02012-06>

Bucković D. (2006): Historijska geologija, skripta kolegija Historijska geologija

Davies, C., Allen, M. B., Buslov, M. M., & Safonova, I. (2010). Deposition in the Kuznetsk Basin, Siberia: insights into the Permian–Triassic transition and the Mesozoic evolution of Central Asia. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, 295(1), 307-322.

Dedysh, S. N., Pankratov, T. A., Belova, S. E., Kulichevskaya, I. S., & Liesack, W. (2006). Phylogenetic analysis and in situ identification of bacteria community composition in an acidic Sphagnum peat bog. *Applied and Environmental Microbiology*, 72(3), 2110-2117.

DeRosa N., Black gold: Thomas Gold's deep hot biosphere and the deep earth theories of the origin of petroleum

Donofrio R.R. (2005). Siljan crater findings reported to Vattenfall in 1984 remain unchanged, EDGE Research Associate, 8

Glasby, G. P. (2006). Abiogenic origin of hydrocarbons: An historical overview. *Resource Geology*, 56(1), 83-96.

Gold, T. (1992). The deep, hot biosphere. *Microbiology*, 10, 6045-6049

Hatcher, P. G., & Clifford, D. J. (1997). The organic geochemistry of coal: from plant materials to coal. *Organic geochemistry*, 27(5), 251-274.

Hunt, J. M., Philp, R. P., & Kvenvolden, K. A. (2002). Early developments in petroleum geochemistry. *Organic Geochemistry*, 33(9), 1025-1052.

Jørgensen, B. B., & Boetius, A. (2007). Feast and famine—microbial life in the deep-sea bed. *Nature Reviews Microbiology*, 5(10), 770-781.

Kallmeyer, J., Pockalny, R., Adhikari, R. R., Smith, D. C., & D'Hondt, S. (2012). Global distribution of microbial abundance and biomass in subseafloor sediment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(40), 16213-16216.

Kenney, J. F. (1996) Considerations about recent predictions of impending shortages of petroleum evaluated from the perspective of modern petroleum science. *Energy World*, 240, 16–18 (<http://www.gasresources.net>)

Pantić N., Nikolić P. (1973), *Geneza uglja*, Univerzitet u Beogradu, Beograd

Schippers, A., Neretin, L. N., Kallmeyer, J., Ferdelman, T. G., Cragg, B. A., Parkes, R. J., & Jørgensen, B. B. (2005). Prokaryotic cells of the deep sub-seafloor biosphere identified as living bacteria. *Nature*, 433(7028), 861-864.

Sephton, M. A., & Hazen, R. M. (2013). On the origins of deep hydrocarbons. *Rev Mineral Geochem*, 75, 449-465.

Timokhina, I. G., & Rodina, O. A. (2015). New data on Upper Devonian stratigraphy of the northwestern Kuznetsk basin: Evidence from foraminifera and chondrichthyes. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 23(5), 495-516.

Vandekerckhove, T. T. M., Coomans, A., Cornelis, K., Baert, P., & Gillis, M. (2002). Use of Detection of “*Candidatus Xiphinematobacter*” Cells in Nematode Hosts. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(6), 3121–3125. <http://doi.org/10.1128/AEM.68.6.3121-3125.2002>

Velić J. (2007): *Geologija ležišta nafte i plina*, RGN Sveučilište u Zagrebu, Zagreb

Volkova, I. B. (1994). Nature and composition of the Devonian coals of Russia. *Energy & fuels*, 8(6), 1489-1493.

Wagner, M., & Horn, M. (2006). The Planctomycetes, Verrucomicrobia, Chlamydiae and sister phyla comprise a superphylum with biotechnological and medical relevance. *Current opinion in biotechnology*, 17(3), 241-249.

Wodehouse, R. (1933). Tertiary Pollen-II The Oil Shales of the Eocene Green River Formation. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 60(7), 479-524. doi:1. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/2480586> doi:1

Zolotov, M. Y., & Shock, E. L. (2000). An abiotic origin for hydrocarbons in the Allan Hills 84001 martian meteorite through cooling of magmatic and impact-generated gases. *Meteoritics & Planetary Science*, 35(3), 629-638.

url 1 <http://www.geohelp.net/world.html> 5.6.2016

7.Sažetak

Organska teorija nastanka nafte izražava kako se nafta formirala iz nekad živućih organizama. Proces se sastoji od nekoliko faza. Dijageneze, katageneze te metageneze. Svaki od ovih procesa odvija se na karakterističnim tlakovima i temperaturama duboku u sedimentu. Pristalice abiogene teorije uglavnom su ruski znanstvenici uz nekoliko izuzetaka poput Thomasa Golda. Prema ovoj teoriji nafte i ostalih ugljikovodika ima u izobilju u unutrašnjosti Zemlje ta kao takvi još dugo vremena neće nestati. Ugljen nastaje karbonizacijom biljnog materijala. Proces je podijeljen u dva stupnja dijagenezu i metamorfozu. Nastanak i tip ugljena ovisi o niz čimbenika. Prema stupnju karbonizacije razlikujemo treset, mrki ugljen, smeđi ugljen te antracit.

8. Summary

The organic theory of the formation of oil expresses how oil is formed from once living organisms. The process consists of several stages. Diagenesis, katagenesis and methagenesis. Each of these processes takes place under characteristic pressure and temperatures deep in the sediment. Supporters of abiogenic theory are mainly Russian scientists with a few exceptions like Thomas Gold. According to this theory oil and other hydrocarbons are abundant in the Earth's interior that as such for a long time will not fade. Coal is produced by carbonization of plant material. The process is divided into two stages of diagenesis and metamorphosis. The origin and type of coal depends on a number of factors. According to the stage of carbonation we can distinguish peat, lignite, brown coal and anthracite.