Ihnocenoza mlađeg cenomana Jadransko-dinaridske karbonatne platforme

Brčić, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:029895

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-27**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematičkifakultet
Geološkiodsjek

Luka Brčić

IHNOCENOZA MLAĐEG CENOMANA JADRANSKO-DINARIDSKE KARBONATNE PLATFORME

Seminar III
Preddiplomskistudijgeologije

Mentor:
Izv.prof.dr.sc. AleksandarMezga

Zagreb, 2022

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematičkifakultet
Geološkiodsjek

Seminar III

IHNOCENOZA MLAĐEG CENOMANA JADRANSKO-DINARIDSKE KARBONATNE PLATFORME

Luka Brčić

Rad je izrađen: Geološko-paleontološkizavod, Horvatovac 102a, 10000 Zagreb

Sažetak:

Na području Istre ističu se četiri nalazišta mlađe cenomanske starosti nastala na prostoru Jadransko-dinaridske karbonatne platforme: Ladin Gaj, Lovrečica, Karigador, Fenoliga. Karigador sadrži asocijacijuod glavne grupe tragova koju tvori 28 parova te jedinstvene grupe od 4 para tragova. Tragovi pripadaju četveronožnim dinosaurima, a pripisuju se sauropodima. Otok Fenoliga sadrži ihnocenozu sastavljenu od sauropodnih i teropodnih tragova. Tragovi su dinosaura direktan dokaz emerzija platforme Otisci Istarskih dinosaura nastali su u uvjetima pogodnim za njihovo očuvanje.

Ključne riječi: Tragovi otisaka dinosaura, cenoman, sauropodi, Jadransko-dinaridska karbonatna platforma, kretanje dinosaura, ihnologija
Rad sadrži: 39+XI stranica, 30slika, 8 tablica, 43 literaturna navoda

Jezik izvornika: Hrvatski

Rad je pohranjen u: Središnja geološka knjižnica, Geološki odsjek, PMF

Mentor: izv.prof.dr.sc. Aleksandar Mezga

Ocjenjivači: prof.dr.sc. Damir Bucković, doc.dr.sc. Igor Felja

Datum završnog ispita: 16. rujna, 2022.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Seminar III

LATE CENOMANIAN ICHNOCOENOSIS OF THE ADRIATIC-DINARIC CARBONATE PLATFORM

Luka Brčić

Thesis completed in: Geološko-paleontološkizavod, Horvatovac 102a, 10000 Zagreb

Abstract:

In the area of Istria there are four sites of late Cenomanian age formed on the area of the Adriatic-Dinarid carbonate platform: Ladin Gaj, Lovrečica, Karigador, Fenoliga. Karigador contains an association of traces made up of a main group of traces formed by 28 pairs and a unique group of 4 pairs of footprints. The tracks themselves belong to four-legged dinosaurs and are attributed to sauropods. The island of Fenoliga contains an ichnocoenosis composed of sauropod and theropod tracks. Dinosaur tracks are therefore direct evidence of an emersion platform. Imprints of Istrian dinosaurs were left in conditions suitable for their preservation.

Key words: Tragovi otisaka dinosaura, cenoman, sauropodi, Jadransko-dinaridska karbonatna platforma, kretanje dinosaura, ihnologija

Seminar contains: 39+XI stranica, 30slika, 8 tablica, 43 literaturna navoda
Original in: Croatian
Thesis deposited in: Središnjageološkaknjižnica, Geološkiodsjek, PMF
Supervisor: izv.prof.dr.sc. AleksandarMezga
Reviewers: prof.dr.sc. DamirBucković, doc.dr.sc. Igor Felja

Date of the final exam: September 16, 2022.

Sadržaj

1.Uvod 1
2. Pregled dosadašnjih istraživanja 1
2.1. Jadranska karbonatna platforma 1
2.2. Strukturna geologija 5
2.3. Litologija Istre 7
2.4. Cenoman 12
2.5. Sauropodi 12
2.6. Ihnologija 16
2.7. Kretanje dinosaura 24
3. Mjerenja i rezultati 28
4. Rasprava 34
5. Zaključak 37
6. Literatura 38
7. Tablice 1
8. Popis slika 2

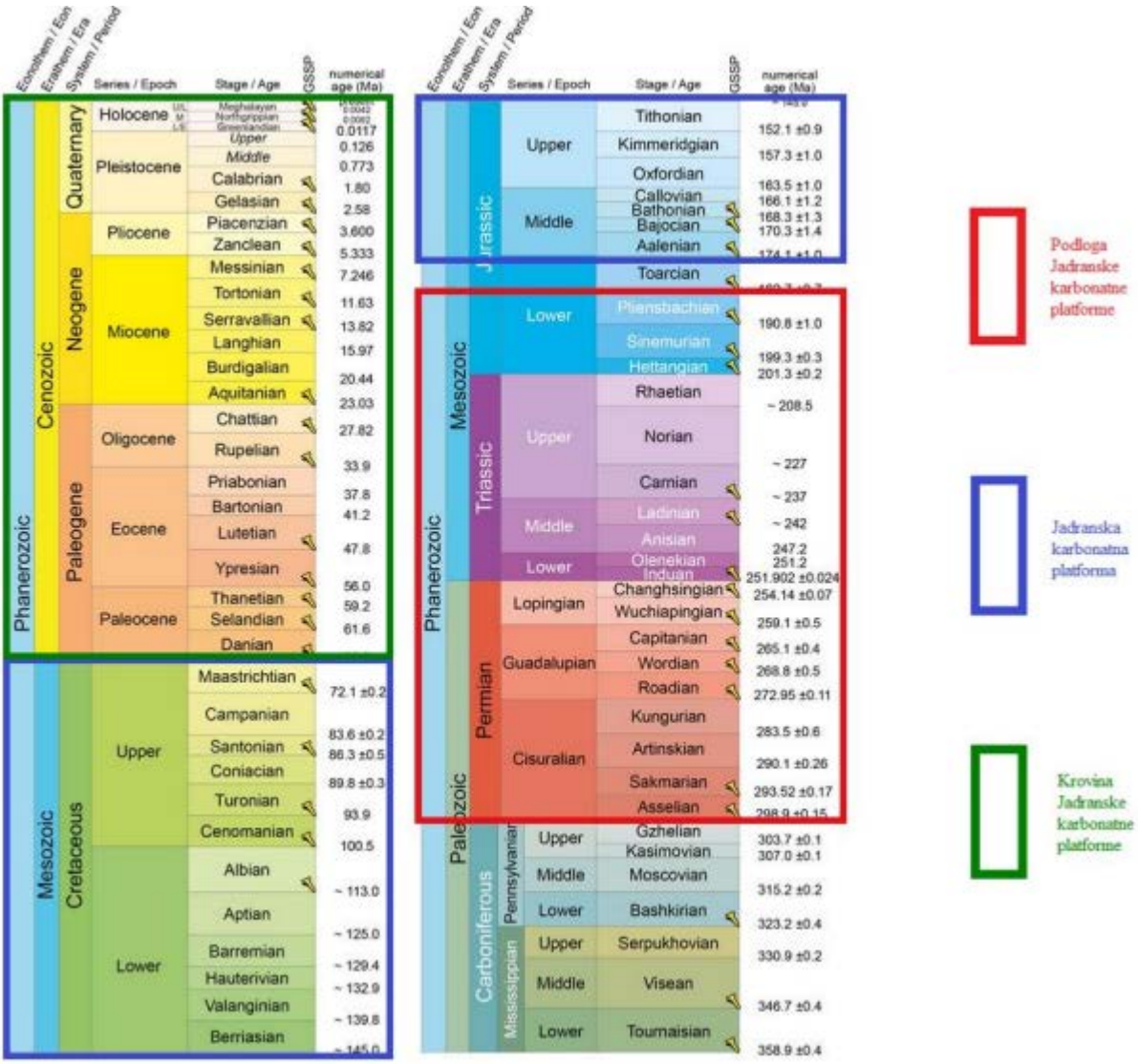
1.Uvod

Cilj ovog rada bio je prikazati pregled dosadašnjih istraživanja i proučavanja tragova otisaka dinosaura na području Istre. Nastoje se na temelju morfologije ihnofosila u vidu rotacije, dimenzija i međusobne udaljenosti otisaka te starosti sedimenta u kojem su oni nastali, procijenitiuvjeti njihova nastanka i očuvanja, aktivnost organizma koji ih je ostavio i naposljetku taksonomija samog organizma.Opisane su metode i rezultati istraživanja na bazi kretanja dinosaura. Uzimajući u obzir da je paleontologija kao grana geologije, relativno subjektivna znanost po nekim pitanjima i ograničena na ono viđeno, ne možemo sa sigurnošću odrediti sve navedene značajke. Starost sedimenta uvelike potpomaže klasifikaciju kao i usporedbe sa prijašnjim istraživanjima. Takve nam korisne informacije govore da je sigurno riječ o dinosauru. Formiranje i litologija prostora koji je prethodio nastanku tragova, generalna klasifikacija mogućih vlasnika otisaka te povijest istraživanja, dijelovi su tematike kojom se bavi ovaj rad.

2. Pregled dosadašnjih istraživanja

2.1. Jadranska karbonatna platforma

Formirana taloženjem karbonatnih stijena u toplome moru, sama Istra čini sjeverozapadni dio Jadranske karbonatne platforme (*Adriatic Carbonate Platform*, AdCP) prikazane na slici 2. Prekrivaju ju relativno tanki slojevi najmlađih kvartarnih naslaga. Deformirana je tijekom krede, kada poprima oblik antiklinale te u tercijaru, kada se stvaraju flišna korita te navlačne strukture.Taloženje se odvijalo uz prekide zbog kopnenih faza koje predstavljaju tzv. megasekvencije, tj. granice (Vlahović et al. 2005). Upravo one su uzrok okršavanja stijena te nastanku uvjeta za taloženje boksita. Najstarija spomenuta taložna cjelina predstavlja slijed naslaga koje datiraju od srednje jure (bat, prije otprilike 170 milijuna godina) do starijeg dijela gornje jure (oksford/donji kimeridž, prije otprilike 155 milijuna godina).



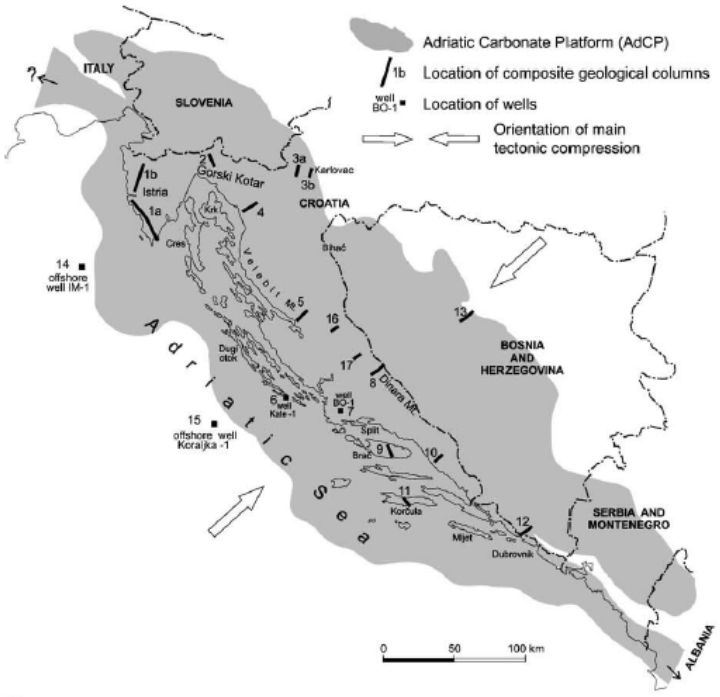
Slika 1. Kronostratigrafski smještaj Jadranske karbonatne platforme,

njezine krovine i podine (ICS, 2019)

Taloženi u zaštićenom unutrašnjem dijelu platforme, prvu megasekvenciju čine plitkomorski vapnenci. Taložni okoliš odgovara plimnim prudovima i lagunama (Vlahović et al. 2005). Naslage datirane od najmlađe jure do mlađeg dijela donje krede, čine drugu taložnu megasekvenciju. Preplavljivanjem kopna formiraju se plimne ravnice kao taložni okoliš gdje se talože vapnenci. Istoimeni se vapnenci od davnih dana eksploatiraju, jer tvore arhitektonsko-

građevni kamen vrhunske kvalitete poznat kao "Kirmenjak". Dokaz da se radi o plitkomorskom okolišu potvrđuju otisci stopa dinosaura na gornjim slojnim plohama, pukotine isušivanja te dobro očuvani stijenski zapisi u ranodijagenetskim dolomitima koji se nalaze iznad slojeva s otiscima, od kojih su neki izdanci zaslužili da se ubroje među geološku prirodnu baštinu. Plitkomorski su uvjeti obilježeni i pojavom stromatolita.

Uslijedila je promjena taložnih uvjeta, gdje se oni plitkomorski zamijenjeni nešto dubljim uvjetima obilježenim taloženjem vapnenačkog mulja. Sredinom apta dolazi do snižavanja morske razine i okopnjavanja što je direktno uzrokovalo prekid u taloženju te početak kopnene faze (Vlahović et al. 2005). Treća megasekvencija obuhvaćena je naslagama u vremenskom okviru od sredije alba do gornje krede. Različito vrijeme izdizanja i prekida u taloženju objašnjava različite debljine naslaga. Najprije se izdignula sjeverna Istra u kojoj do prekida u taloženju dolazi krajem cenomana, dok se taloženje u južnom dijelu Istre nastavilo do mlađeg santona. Ponovno taloženje obilježava preplavljivanje. Dio Jadranske karbonatne platforme koju čini Istra ispunio je vulkanski pepeo donesen posredstvom vjetra s područja aktivnih vulkana. Taj je pepeo temelj izrade kvarcnog pijeska i industrije stakla.



Slika 2. Jadransko-dinaridska karbonatna platforma (AdCP) prema Vlahović et al. 2005.

Morfološke promjene uslijed tektonske aktivnosti oformile su varirajući okoliš taloženja cijelog istarskog dijela platforme. Iz tog se razloga u sjevernoj Istri talože ranije spomenuti plitkovodni vapnenci, u središnjoj Istri nadplimni ranodijagenetski dolomiti koji se raznim procesima pretvaraju u debeli sloj kasnodijagenetskih dolomita i breča, a u južnoj Istri djelovanjem oluja u dubljim okolišima debeli slijed vapnenaca izgrađenih od ljuštura rudistnih školjkaša kao dio najstarijih naslaga cenomana koji izgrađuju današnju Pulsku arenu[1].

Tragovi dinosaura na otoku Fenoliga pojava su vezana uz izjednačavanje taložnog okoliša tog cijelog prostora u mlađem dijelu cenomana u onaj plitkomorski (Mezga, Bajraktarević 1999). Kraj cenomana označen je tektonikom te okršavanjem sjevernog dijela Istre što predstavlja preduvjet za taloženje boksita. Suprotno tome, južni je dio obilježio nešto dublji taložni okoliš uvjetovan globalnim uzdizanjem morske razine. Dokaz tome su dubokomorski organizmi poput: amonita, planktonskih foraminfera. Snižavanjem razine mora i pretaloživanjem vapnenca iz plićih područja tijekom starijeg turona taložni se prostor zapunjava.

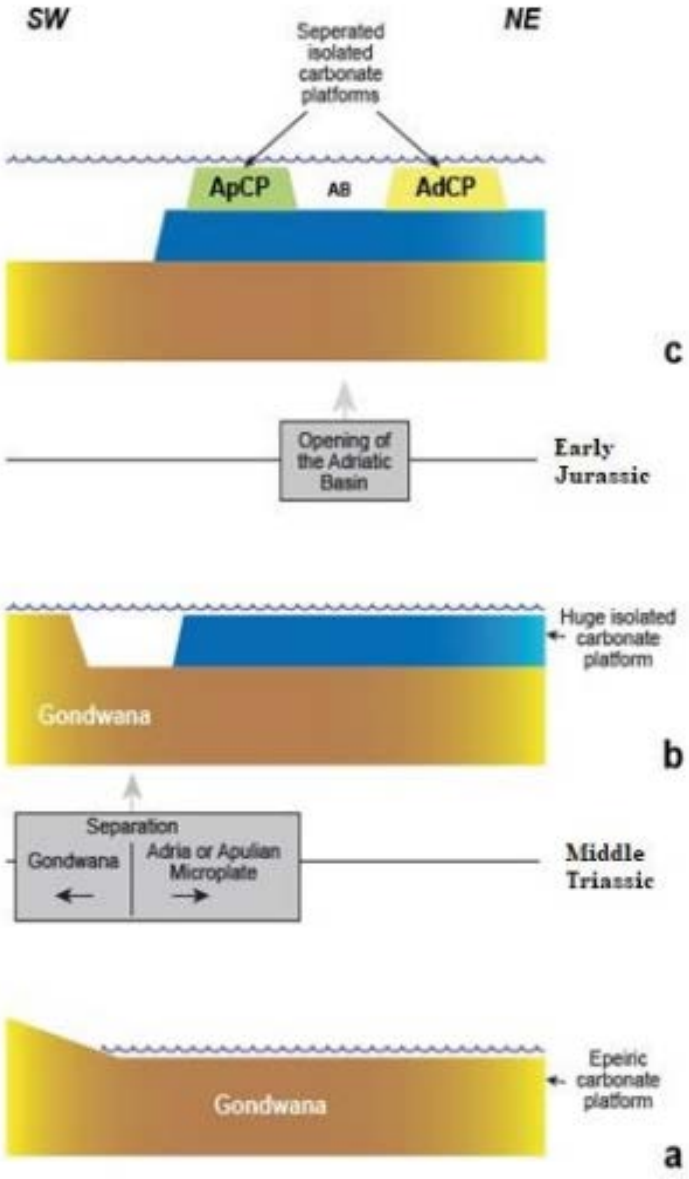
Zapadni je dio Istre bio izdignut, čemu svjedoči pojava eocenskih vapnenaca na naslagama donje krede što čini hijatus u geološkom zapisu te preduvjet za stvaranje kopna po kojem su nekada hodali dinosauri. Četvrtu megasekvenciju s naslagama paleogenske starosti, čine močvare sugljenima formirane izdizanjem slatke podzemne vode uslijed podizanja morske razine. Prisutni su i foraminiferski vapnenci koji su kao preduvjet nastanka imali postepeno preplavljivanje kopna, tj. plitkomorski okoliš. Flišne naslage nastale su sažimanjem područja nekadašnje Jadranske karbonatne platforme i stvaranjem dubokih korita. Obuhvaćaju sloj lapora te ritmičnu izmjenu bazenskih naslaga te tankih proslojaka vapnenačkih pješčenjaka nastalih pretaloživanjem plitkomorskih okoliša s prisutnim trošenjem. Prisutstvo iznimno debelih slojeva vapnenačkih breča i pješčenjaka omogućava gradnju naselja. Dugotrajnim su okopnjavanjem naposljetku sve četiri megasekvencije zahvaćene erozijom, okršavanjem, trošenjem te ih prekrivaju močvarni sedimenti, prapor kao eolski materijal i crvenica.

[1] http://istra.lzmk.hr/clanak.aspx?id=956

2.2. Strukturna geologija

Tijekom najstarijeg razdoblja tektonske aktivnosti istarskog područja, jadranska karbonatna platforma imala je pravac pružanja zapad-sjeverozapad. Strukture nastale tim događajima suprotstavljaju se tome te poprimaju pravac pružanja sjever-sjeveroistok-jug-jugozapad i glavni im je predstavnik ranije spomenuta zapadnoistarska antiklinala (Vlahović et al. 2005). Istarski je plato dio te antiklinale te pripada zapadnom dijelu AdCP-a. Tonući u smjeru zapada, zapadni mu je rub rasjedan normalnim rasjedima, a istočni rub reversnim rasjedima sa smjerom pružanja sjeverozapad-jugoistok. Najmlađe je tektonsko razdoblje obilježilo izdizanje Dinarida te platforma poprima smjer kretanja sjeveroistok-jugozapad (navlake Učke i Čičarije). Krajem miocena započinje neotektonsko razoblje s pružanjima u smjeru istok-zapad koje je povezano uz reaktivirajuće rasjede i strukturne forme razvijene tijekom riftovanja i faze kompresije. Regionalna uzdizanja simbolizirala su kraj Jadranske karbonatne platforme. Shematski prikaz ravoja AdCP-a dan je u Slici 3.

Ocean Tethys prekrivao je platformu kroz dulje razdoblje geološke prošlosti, točnije od starije jure (prije otprilike 190 milijuna godina) do kraja krede (prije otprilike 65 milijuna godina) te ju je na taj način izolirao od utjecaja kopna te svih atmosferilija. Krećući se od današnje Afrike u smjeru sjevera, pokrenuta dinamičkim procesima Zemljine unutrašnjosti, stvarala je uvjete za taloženje oko 5000 metara debelih karbonatnih naslaga koje su većinom činili vapnenci. Nastanak dubokomorskih korita te dezintegraciju platforme uzrokovao je sudar platforme s kontinentalnim masama Europe. Dezintegracija je svoj najveći intenzitet doživjela u eocenu, prije približno 40 milijuna godina. Potpomognuti tektonikom, izdiže se planinski lanac kojeg danas znamo pod imenom Dinaridi. Ti morfološki oblici čine sjeveroistočni dio Jadranskog bazena (Slika 4.) koji je okružen u potpunosti planinskim masivima koji su rezultat neprestane kompresije i lomova Adrija mikroploče uslijed sudara s Apeninskom pločom.



Slika 3. Shematski prikaz događaja na prostoru gondvanskog šelfa i razvoja Jadranske karbonatne platforme (AdCP) te Jadranskog bazena (Vlahović et al 2005)

Slika 4. Jadranski bazen

Izvor: https://www.azu.hr/istra%C5%BEivanje-i-eksploatacija/geolo%C5%A1ki-pregled-mora/

2.3. Litologija Istre

Istarski poloutok površine 3476 km2, dio je sjeverozapadnog dijela Jadranske karbonatne platforme. Većinski ga sačinjavaju plitkovodne karbonatne stijene sa stratigrafskim rasponom od srednje jure do eocena. Transgresijom se nakon emerzije u gornjoj kredi talože foraminiferski vapnenci. U manjoj su mjeri prisutni siliciklastiti eocenske starosti fliševi i kalkarenitne breče. Fliševi kao klastične naslage paleogenske starosti nataložili su se uslijed produbljivanja okoliša. Podjela Istarskog poluotoka na Crvenu, Bijelu i Sivu Istru simbolizira morfološku raznolikost te geološku građu Istre (Slika 5.).Crvena Istra kao zapadni i jugozapadni dio, svoju boju duguje obilnoj količini zemlje crvenice koja se nalazi iznad zaravni izgrađenog od karbonata jurske i

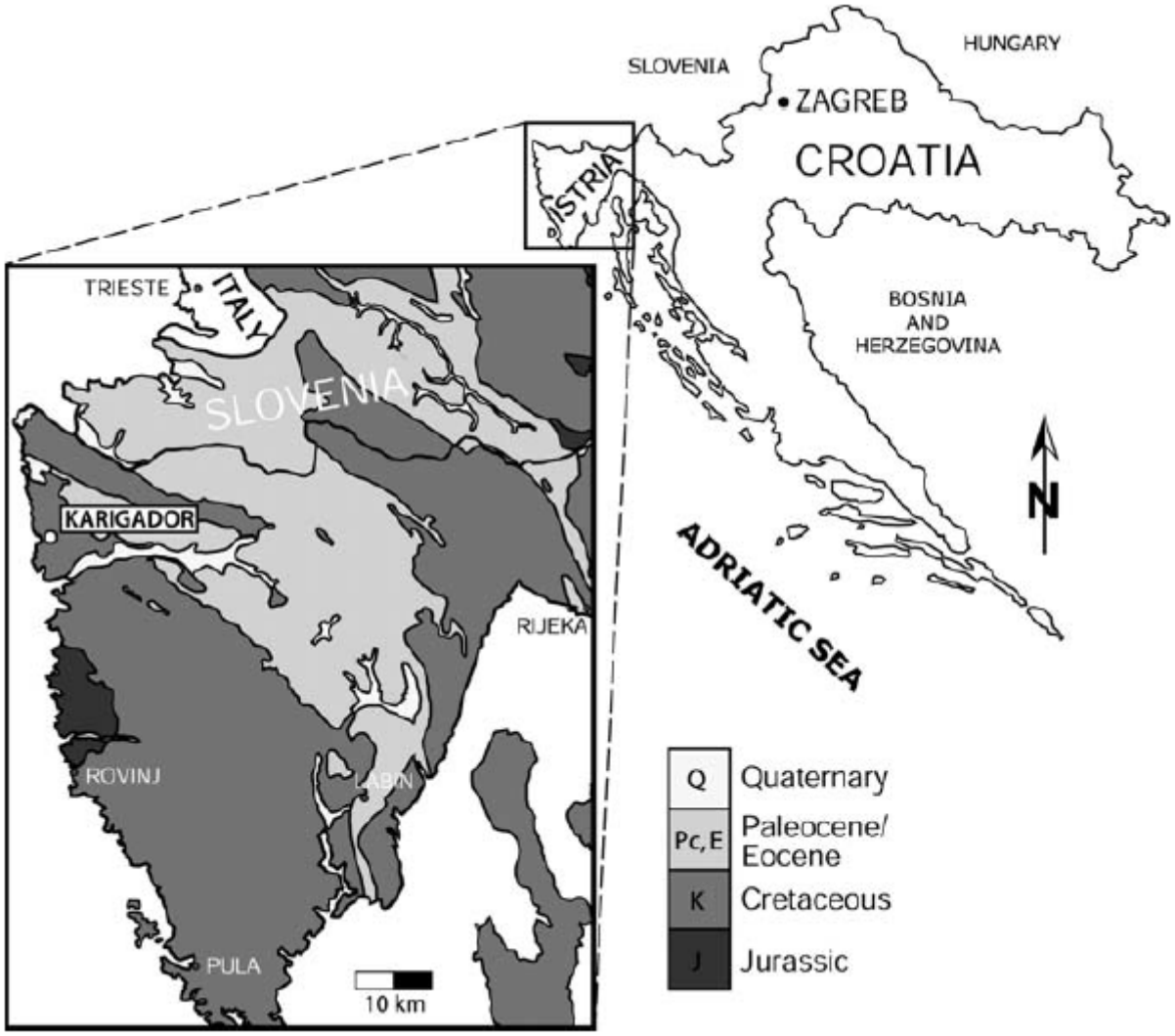
kredne starosti. Bijela je Istra uzdignuto, okršeno područje istaloženih krednih i paleogenskih vapnenaca. Siva je Istra pak depresija zapunjena izmjenom sitnozrnastih i krupnozrnastih stijena varirajućeg sastava i veličine zrna poput: pješčenjaka, glinenih škriljavaca, vapnenaca i kalcitičnih šejlova (lapora). Takva ispuna nastala tokom alpske orogeneze naziva se fliš. Zelenkaste je, žućkaste, sivkaste boje, a debljina naslaga mu iznosi 400-450 metara. On nastaje za olujnog vremena posredstvom oluja i tektonike u visokoenergetskom plitkovodnom okolišu, a povezan je s erozijom kopnenih naplavina. Njegova heterogenost omogućuje mu brzu izmjenu litologije različitih svojstava.

Slika 5. Geološka podjela Istre na: Crvenu, Sivu i Bijelu

Izvor: https://www.geotech.hr/geoloska-grada-istre/

Taj je prostor raščlanjen zbog otpornosti fliša na utjecaj atmosferilija koji je diskordantno istaložen na starije naslage. Sekvencijsko taloženje prostora Istre, može se podijeliti u 4

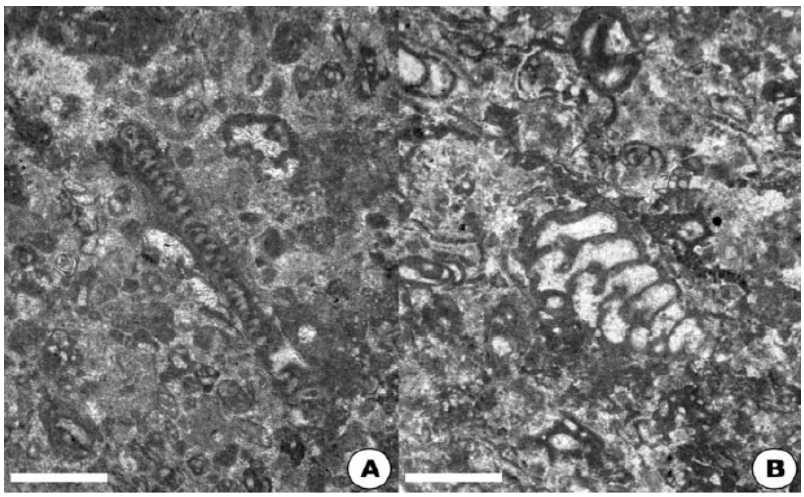
sedimentne jedinice ili megasekvencije. Te megasekvencije odvojene su diskontinuitetima koje predstavljaju emerzirajuće površine različitog vremena trajanja.Te megasekvencije su: bat-najdonji kimeridž, gornji titon-donji/gornji apt, gornji alb-gornji santon, eocen i kvartar.



Slika 6. Geološki i geografski položaj Karigadora (Mezga et al. 2006)

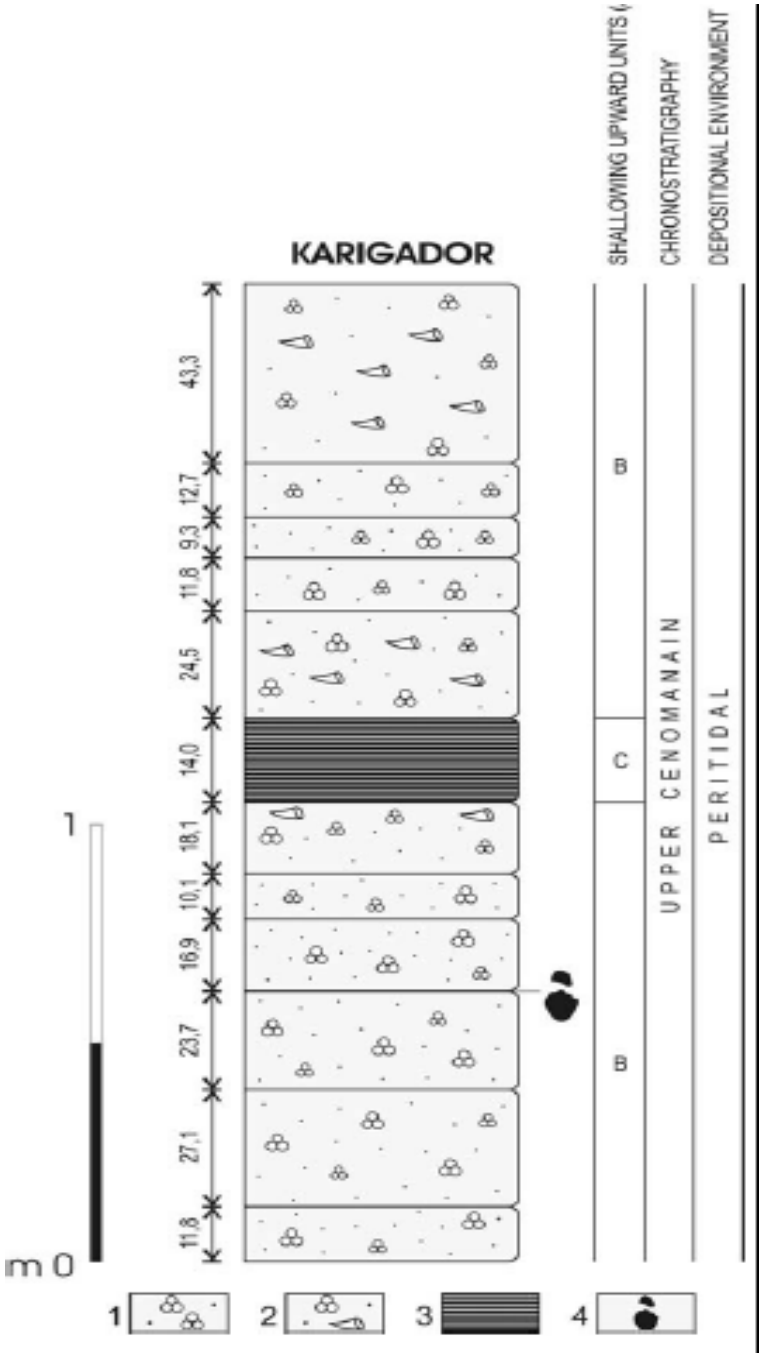
Taloženje na prostoru kojeg danas zauzima nalazište otisaka dinosauraKarigador, mlađe cenomanske je starosti i pripada trećoj megasekvenciji, gornji alb-gornji santon. Geološki i geografski položaj prostora prikazuje Slika 6. Razdoblje treće megasekvencije okarakterizirano je s taložnim prostorom potopljene platforme krajem cenomana i početkom turona. Karigador nalazište, nalazi se otprilike 20 metara zapadno od dokova luke (Slika 7.) u kojem se nalazi

istoimeno selo (Mezga et al. 2006). Čini ga 2.23 m debela sekvencija muljevitih vapnenaca. Sloj sekvencije koji u sebi sadrži tragove prekriven je morem kao i donja granica sekvencije pa je iz toga razloga istraživanje i proučavanje moguće samo za vrijeme niske plime zimi. Vapnenci tvore foraminiferski peloidni vekston-pekstoni, radiolitidni floatstoni te intertajdalni laminiti (Slika 8.). Unutar floatstona, nalaze se osim radiolitida i *Chondrodonta* šejlovi. Šejlovi su ukazatelj na trend oplićavanja naviše u subtajdalnoj sekvenciji B koju čine vekstoni-pekstoni-floatstoni i intertajdalni sekvenciji C koju čine intertajdalni laminiti (Slika 8.). Sloj koji nosi u sebi otiske stopala dinosaura udaljen je od vrha intertajdalnih laminita iznosi 58cm. U tankim sekvencijama unutar muljevitog matriksa, nalaze se bentičke foraminifere te peleti i peloidi. Indikator mlađe cenomanske starosti vapnenaca je dakako mikrofosilna zajednica te struktura i tekstura. Sve od navedenog karakteristično je za plitkovodne taložne bazene gornjeg cenomana na prostoru istarskog poluotoka (Dalla Vecchia et al. 2001; Vlahović et al. 2005). Taložni okoliš može biti okarakteriziran kao proksimalna peritajdalna karbonatna platforma. Mikrofosilnu zajednicu vapnenaca čine*: Chrysalidina gradata* d'Orbigny (Slika 7B), *Broeckina (Pastrikella) balcanica* Cherchi, Radoičić & Schroeder (Slika 7A), *Cuneolina* sp., *Nezzazata* sp. i miliolide. Prisutne su također i alge: *Thaumatoporella parvovesiculifera* (Raineri) i *Aeolisaccuskotori* Radoičić.



Slika 7A. Aksijalni presjek *Broeckina (Pastrikella) balcanica* Cherchi, Radoičić & Schroeder

Slika 7B. Aksijalni presjek *Chrysalidina gradata* d'Orbigny(Mezga et al. 2006)



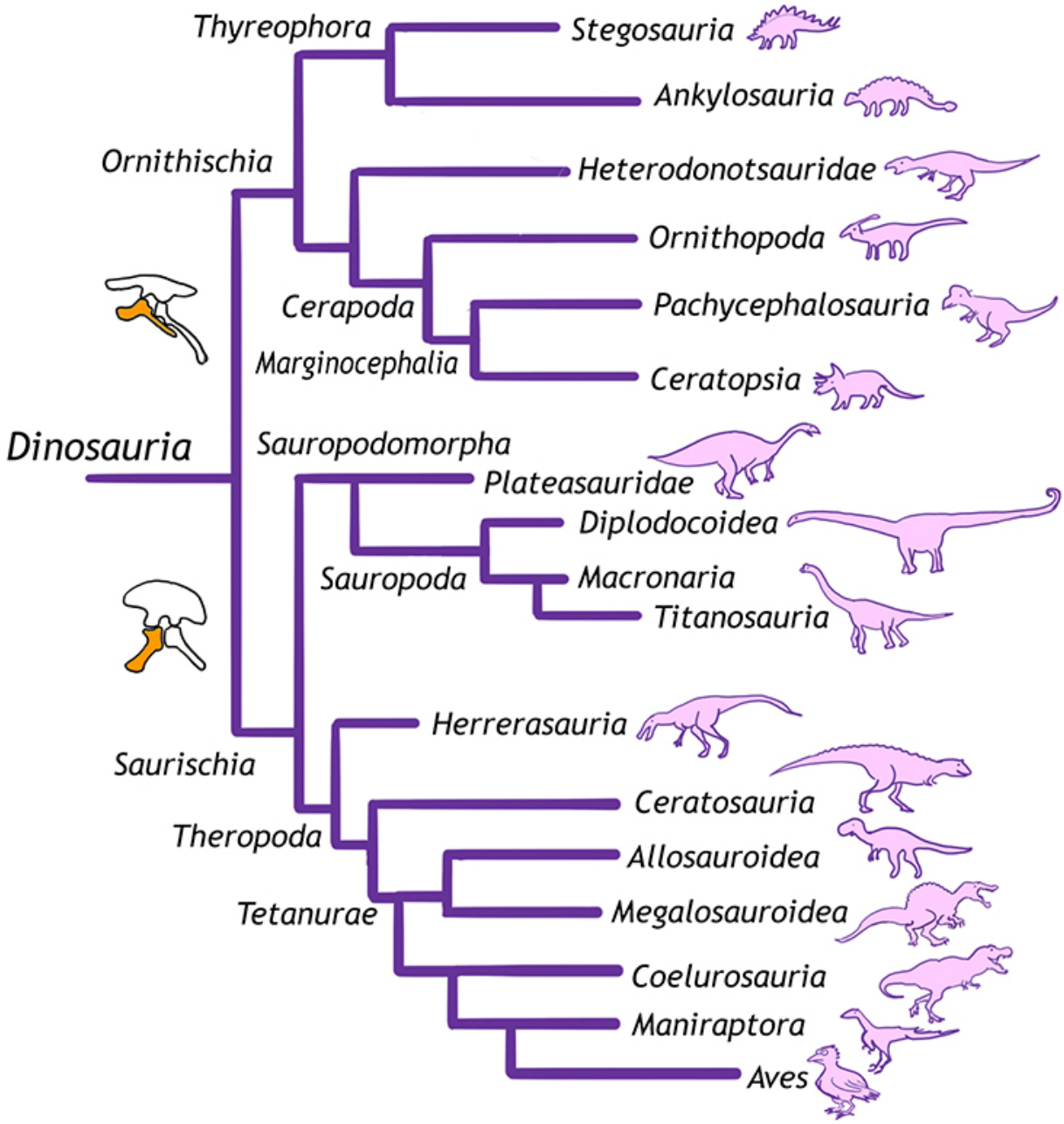
Slika 8. Litološki stup Karigadora (Mezga et al. 2006)

2.4. Cenoman

Mlađi cenoman razdoblje je brojnih dokaza aktivnosti dinosaura na području Jadranske karbonatne platforme. Karbonati ove platforme mezozojske su starosti i vidljivi su danas duž zapadnog dijela Jadranskoga mora uključujući dio Istarskog poluotoka. Cenoman je kao kronostratigrafski okvir Zemljine geološke prošlosti imenovao francuski paleontolog, antropologi arheolog Alcide d'Orbigny. Pripisuje mu sei pronalazak foraminifera. Imenovao je i brojne druge kronostratigrafske okvire poput: toarcija, oxforda, kimeridža, apta, alba (Slika 1.) Cenomanje najstarije doba mlađe krede, tj. "najniže" doba gornje krede ICS-a (International Chronostratigraphic chart). Obilježen je najvišom srednjom razinom mora u cijelom fanerozoik eonu, čak 150 metara iznad današnje srednje razine mora.

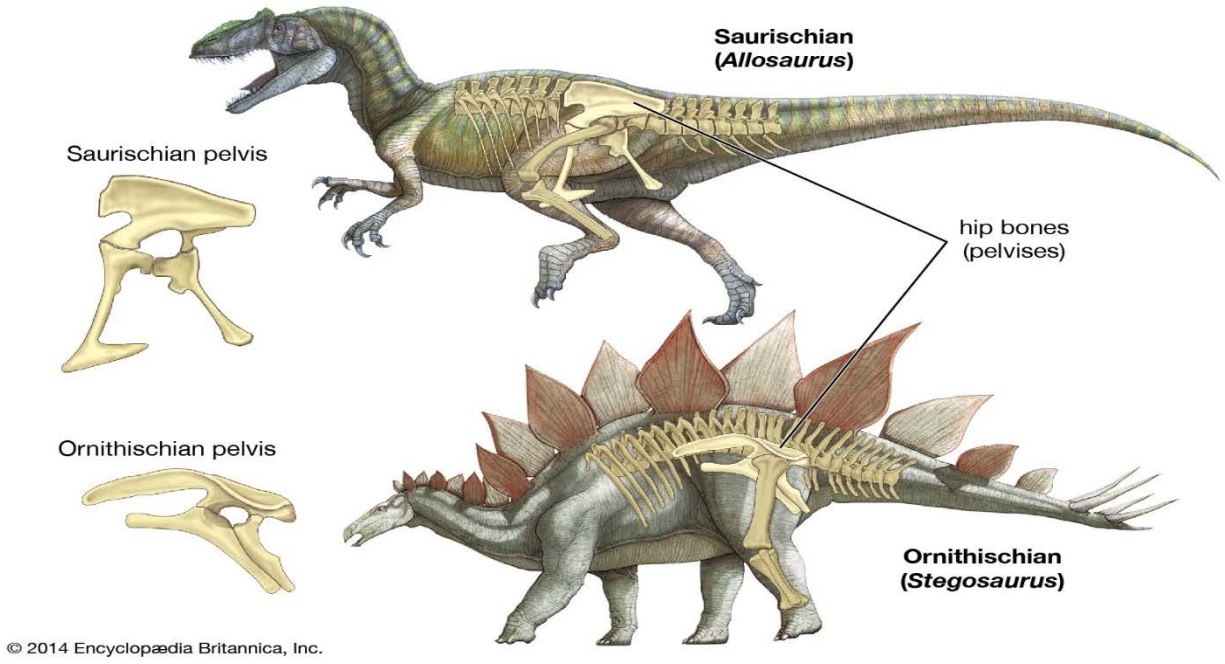
2.5. Sauropodi

Čovječanstvu je nemoguće percipirati mogućnost današnjeg svijeta u kojem bi obitavali dinosauri. Koračali bi ispod gigantskih biljaka visine zgrada i čitava zemlja bi se tresla od pritiska i siline pod njihovim golemim stopama. Po tome je recimo rod*Brontosaurus* (novi naziv *Apatosaurus*) dobio nadimak "thunder lizard" što bi u doslovnom prijevodu na hrvatski jezik značilo "gromoviti gušter".Simboličan naziv koji opisuje zvuk grmljavine asociran s njegovim hodom. Te gmazolike životinje živjele su u mezozoiku (prije 230-65 milijuna godina), javljaju se u trijasu, vrhunac doživljavaju u juri, a izumiru krajem krede. Građa kukovlja baza je podjele dinosaura. Oni se tako dijele na dva reda, *Ornitischia* i *Saurischia*. *Ornitischia* ima kukokovlje kao kod ptica, a *Sauruschia* kao kod gmazova (Slika 10.).



Slika 9. Taksonomsko stablo podjele dinosaura

Izvor: https://opengeology.org/historicalgeology/case-studies/dinosaur-classification/



Slika 10. Prikaz *Saurischia* i *Ornitischia* reda

Izvor: https://www.britannica.com/animal/dinosaur/Classification

Prema Dalla Vecchia et al. 2001, red *Saurischia* dijeli se dalje na dva podreda; podred kvadripedalnih biljojeda *Sauropoda* te podred bipedalnih mesojeda *Theropoda* (Slika 9.). Teropodi su specifičnog izgleda stopala s tri prsta što olakšava njihovo prepoznavanje i klasifikaciju. Manji su od sauropoda, ali i dalje veliki za ljudsko oko. Kretali su se uglavnom hodajući u svrhu čuvanja energije. Pronađena su na istarskom poluotoku nalazišta obe skupine dinosaura, ali naglasak u ovom radu je na sauropodima. Veliki, snažni, dugih repova i vratova bili su prilagođeni za preživački način ishrane u čemu su im pomagali gastroliti[2](Slika 11. i Slika 12.). Ti kamenčići u želucu dinosaura mogu se danas pronaći kod nekih ptica, krokodila, tuljana. Sauropodi sa svojih pet prstiju nemaju olakšanu klasifikaciju.

[2]https://animals.howstuffworks.com/animal-facts/gastroliths.htm

Slika 11. Prikaz gastrolita

Izvor: https://animals.howstuffworks.com/animal-facts/gastroliths.htm

Slika 12. Fosilni ostatci gastrolita

Izvor: https://animals.howstuffworks.com/animal-facts/gastroliths.htm

Otkrivena su do danas na području Istre četiri nalazišta s tragovima dinosaura u stijenama mlađeg cenomana. Ona s najprepoznatljivijim tragovima su Ladin Gaj i Fenoliga. Najveće je nalazište na otoku Fenoliga, locirano na prostoru južne Istre (Mezga&Bajraktarević 1999). Ono sadrži ihnocenozu sastavljenu od sauropodnih i teropodnih tragova. Na mjestu gdje se uzvišeni prostor Grakalovca izdiže iznad mora, pronađeni su relativno dobro sačuvani tragovi teropoda. Dva se lokaliteta ističu na prostoru sjeverozapadne Istre, autokamp Ladin Gaj s tragovima sauropoda te selo Lovrečica s tragovima teropoda koji je po procjenama bio visok 3 do 5 metara. Na ovom prostoru Istre pronađen je novi lokalitet s tragovima dinosaura na prostoru luke koja pripada selu Karigador.

2.6. Ihnologija

Proučavajući fosile životinja nalik na gmazove, riječ "dinosaur" što dolazi od grčkog jezika (*deinos*-strašan i *sauros*-gušter) prvi je upotrijebio sir Richard Owen u Engleskoj prije 170 godina. U današnje vrijeme njihova su ostavština petrificirani fosili u obliku kostiju te tragovi stopala, tj. ihnofosili čijom analizom se bavi i ovaj rad. Na području Republike Hrvatske pronađeno je ukupno 21 nalazište otisaka stopala dinosaura te jedan lokalitet s okamenjenim kostima. Zaštita fosila i ihnofosila od iznimne je važnosti jer oni predstavljaju paleontološko blago od međunarodnog značaja koje u vidu znanosti obogaćuje struku i educira širu javnost. Ihnofosili po definiciji predstavljaju očuvane tragove životne aktivnosti organizama, tj. sedimentne strukture nastale interakcijom nekog medija i organizma kojem trag pripada. Vrijedni su in situ zapisi promjene taložnih okoliša.

Istraživanjem recentnih ihnofosila bavi se neoihnologija, dok se proučavanjem onih fosilnih bavi paleoihnologija. Skloni su očuvanju usprkos izlaganju atmosferilijama zahvaljujući svojem otporu na pretaloživanje i razne dijagenetske promjene. Daju nam prilično dobar uvid o anatomiji i ponašanju organizma. Prema etološkoj klasifikaciji diijelimo ih na: domichnia (tragovi nastambi), repichnia (tragovi kretanja), cubichnia (tragovi odmaranja), passcichnia (tragovi ispaše), fodinichnia (tragovi hranjenja) i dr. Ihnofosili su očuvani tragovi životnih aktivnosti izumrlih organizama. Tragovi životnih aktivnosti mogu biti otisci stopala, putevi kretanja, tragovi

rovanja, kopanja i bušenja. Nastaju u mekanom sedimentu, u povoljnim uvjetima se litificiraju i ostaju trajno sačuvani. Na temelju ihnofosila mogu se izvesti zaključci o anatomiji organizma kao i njegovom ponašanju.

Prema Mezga et al. 2006, Karigador sadrži asocijaciju tragova sačinjenu od glavne grupe tragova koju tvori 28 parova te jedinstvene grupe od 4 para tragova. Sami tragovi pripadaju četveronožnim dinosaurima, a pripisuju se sauropodima. Manji tragovi polukružnog oblika, nalik na konjsku potkovu, predstavljaju otiske prednjih ekstremiteta, dok oni veći kružnog/ovalnog oblika, predstavljaju otiske stražnjih ekstremiteta. Otisci su karakterizirajuće zarotirani prema van. Prosječna duljina otiska stražnjih udova jest 33 cm što bi značilo da je visina vlasnika otiska bila otprilike 10 metara. Izmjereni parametri otisaka prikazani su u Tablici 1. Pretpostavlja se iz danih podataka, da se životinja kojoj tragovi pripadaju kretala šetajući, normalnim koracima, brzinom od oko 3km/h. Dinosaur bio u tom slučaju bio ne-titanosaurijski sauropod. Zajedno s ostalim Istarskim nalazištima tragova sauropodnih dinosaura iz mlađeg cenomana (Ladin Gaj, Fenoliga), Karigador predstavlja primjer sauropodnih tragova u okolišu karbonatne platforme koji možemo pridružiti *Brontopodus* ihnofacijesu (Lockley 1993).

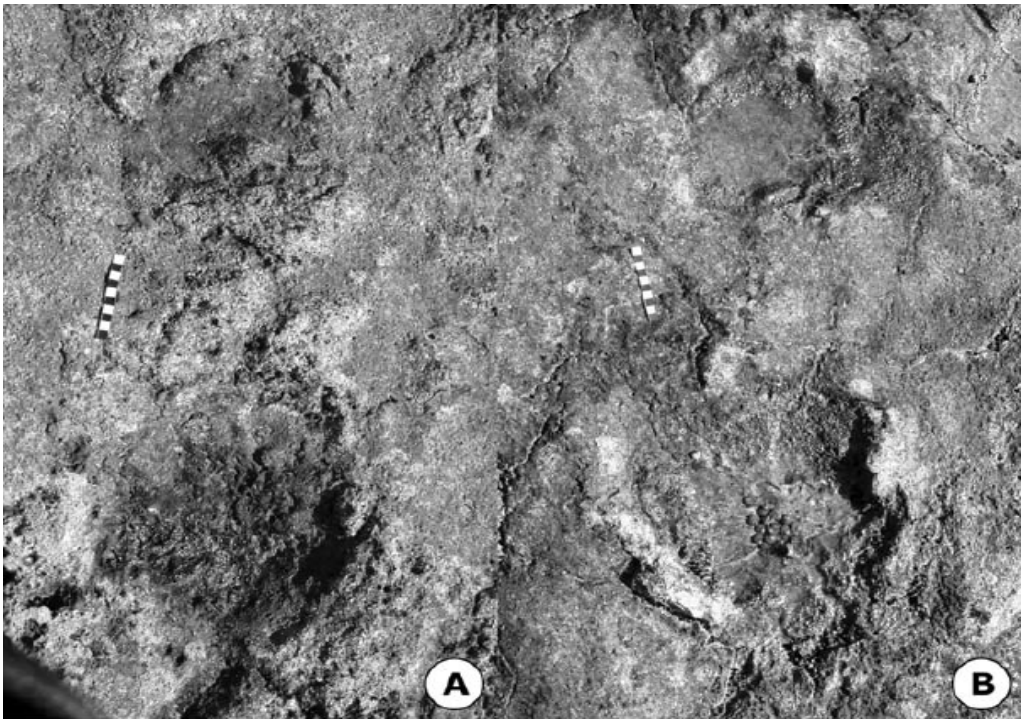
Ihnofacijes predstavlja zajednicu ihnotaksona koji se pojavljuju u sličnim okolišnim uvjetima. Otkriće postojanja *Brachiosaurusa* te desetak ostalih vrsta dinosaura na tim prostorima, pripisano je austrijskom paleontologu Adolfu Bachofen-Echtu (Mezga&Bajraktarević 1999).Napredak na polju paleontologije u vidu spoznaja o tragovima dinosaura, za znanstvene je strane uvelike promjenio rekonstrukciju paleookoliša te paleogeografsku rekonstrukciju mezozoiske karbonatne platforme periadrijatskog područja.

Jedinstvena grupa tragova naizgled se čini kao da pripada glavnoj grupi tragova, međutim tome nije tako s obzirom na drugačiji raspored otisaka u odnosu na glavnu grupu. Glavni indikator koji nam ukazuje na činjenicu da su tragove ostavili dinosauri, su morfološke značajke samih tragova te starost sedimenta u kojem se nalaze. Duljina otisaka stopala dinosaura mjerena je od prednje ka stražnjoj strani prateći os, dok je širina mjerena kao maksimalna širina okomita na duljinu. Dubina do koje su otisci utisnuti mjerena je u njihovom centru.

Otisci stopala dinosaura pripadaju prema etološkoj klasifikaciji repichnia ihnofosilima, što znači tragovi kretanja. Pronađene su dvije vrste otisaka: oni veći kružno-eliptičnog oblika te oni

manji djelomično kružnog oblika nalik na konjsku potkovu. Uzevši u obzir da obje navedene vrste tragovu pripadaju istoj skupini tragova, možemo zaključiti da se radi o istoj životinji. Vanjski obrubi (Mezga et al. 2006) vidljivisu oko nekolicine tragova, predstavljajući tako komprimirajući sediment kojeg je utisnula masa samog dinosaura. Vanjski obrubi su skloniji očuvanju od samih tragova te ih štite od djelovanja erozije.

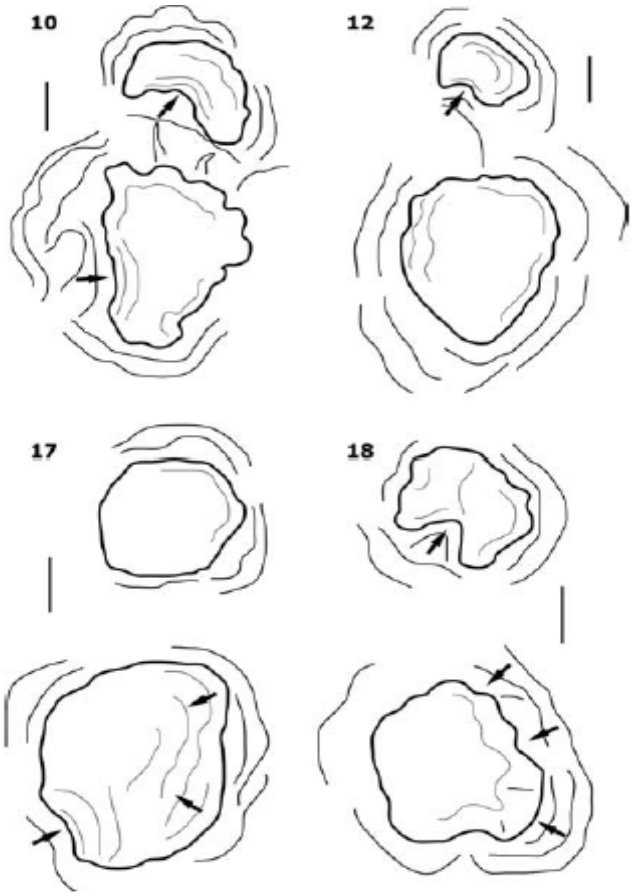
Nakon opažanja i analize tragova zaključujemo da je riječ o četveronožnoj životinji. Na tu nam činjenicu pak ukazuje različitih raspored, veličina i oblik tragova unutar iste skupine. Manji su tragovi oblika konjske potkove nastali od otisaka prednjih, dok su veći tragovi kružnog oblika nastali od otisaka stražnjih udova. Otisci prednjih i stražnjih udova dinosaura pronađeni na Karigador nalazištu prikazani su na Slici 13.



Slika 13. Par prednjih otisaka (A) i par stražnjih otisaka (B) stopala dinosaura s nalazišta Karigador (Mezga et al. 2006)

Morfologija otisaka prednjih i stražnjih ekstremiteta ukazuje na sauropodne dinosaure. Razlika u veličini i obliku tragova, posljedica je varirajuće anatomije u prednjim i stražnjim nogama sauropodnih dinosaura. Kod većine su otisaka obrisi jasno uočljivi upravo zbog vanjskih obruba. Pomnijim proučavanjem te analizom, ustanovljeno je da su vanjski obrubi istaknutiji na

jednoj strani otisaka što može biti direktni rezultat raspodjele mase na sediment. Vanjski obrubi na stražnjim su udovima istaknutiji duž prednje strane, dok su na prednjim udovima vanjski obrubi istaknutiji duž stražnje strane otiska. Generalno su gledano vanjski obrubi stražnjih ekstremiteta istaknutiji od onih na prednjim ekstremitetima. Međutim, na nekim je mjestima to ipak moguće te se može uočiti njihov oblik nalik na konjsku potkovu (Otisci 10 i 18, Slika 14.)



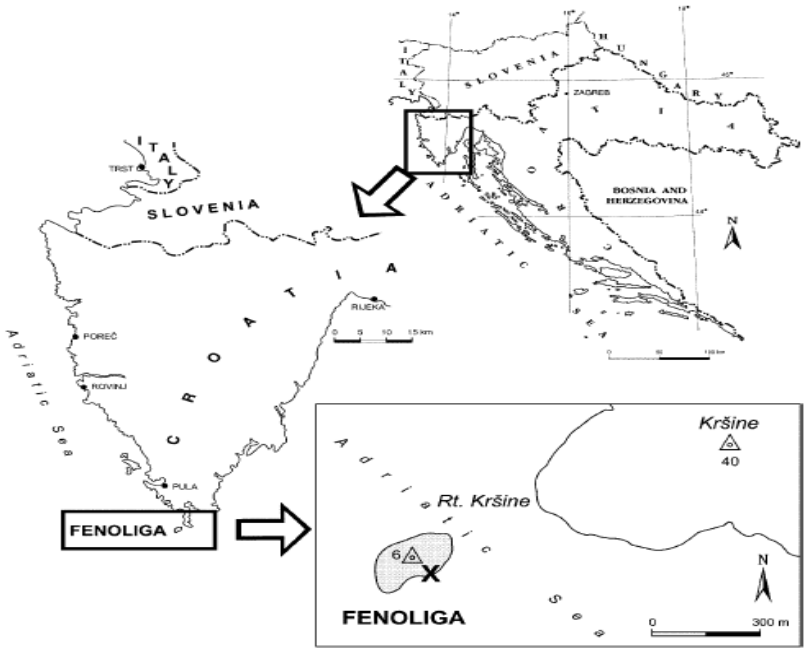
Slika 14. Interpretativni prikaz prednjih otisaka s nalazišta Karigador (Mezga et al. 2006)

Strelice prikazuju smjer urušavanja mulja

Jedno od poznatijih nalazišta otisaka dinosaura jest jamačno otok Fenoliga (Mezga&Bajraktarević, 1999) čiji je geološki i geološki položaj prikazan na Slici 15. Sa 146 otisaka, 6 staza i 6 grupa tragova (a-f) intrigirajući je predmet paleontoloških istraživanja. Pojam staza odnosi se na skupinu tragova koje je ostavila jedna životinja pod uvjetom da je prisutno više

od 2 traga i jasno se vidi smjer. Pojam grupa tragova znači skupinu tragova jedne ili više individua iste vrste za koje nije moguće odrediti je li se životinja kretala i/ili pravac kretanja.

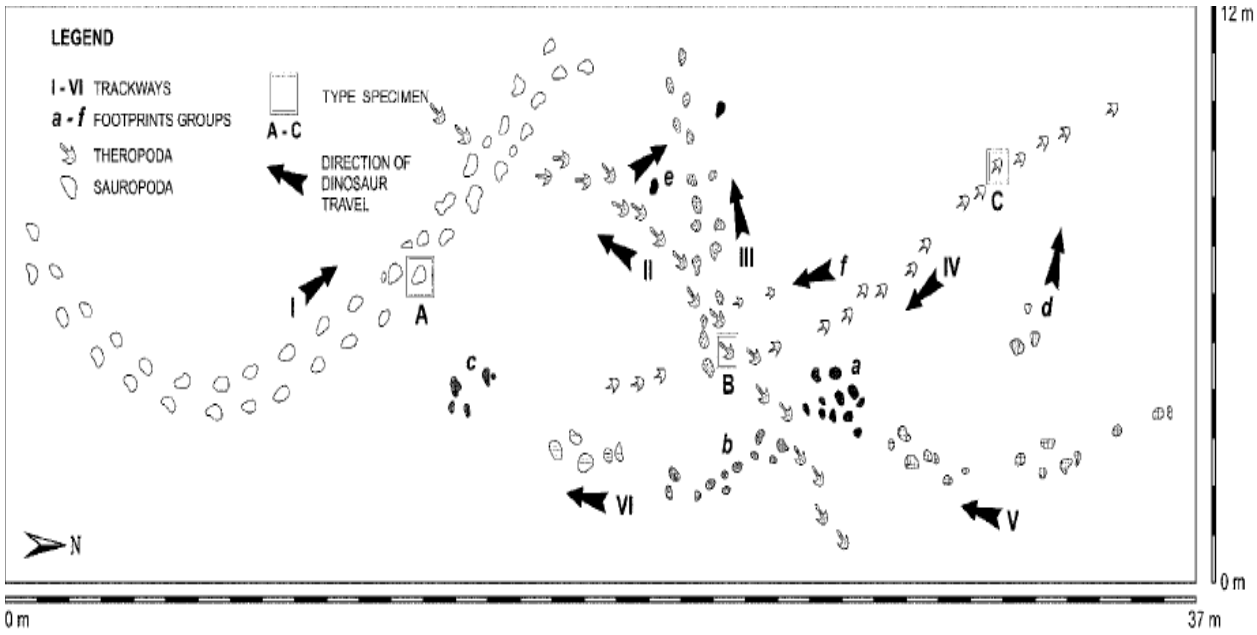
Prva velika vrsta otisaka, kružno-eliptičnog oblika pripada sauropodima te čini staze I,III,Vi VI te pet grupa (a-e). Druga vrsta otisaka pripada teropodima, sastoji se od dvije staze (II i IV) i jedne grupe (f). Ističu se tri primjerka, dva teropodna, koja se nastoje nakon usporedbe s tragovima ornitopoda *Iguanodona* i teropoda *Megalosaurusa*, pripisati porodici *Ornithomimidae.* Ističe se ijedansauropodni primjerak. Gornja slojna ploha 12 metara debelih vapnenaca na jugu otoka nosi u sebi tragove dinosaura. Debljina konkordantnih slojeva sedimenta s otiscima, gotovo horizontalne orijentacije 100/10 s izostankom dokaza koji ukazuju na tektonske poremećaje, iznosi 0,1-1,5 metar. Mogu se izdvojiti dva litofacijesa. Jedan je bioklastični vekston, kojeg čini bijeli masivni mikritni vapnenci na zapadnoj strani otoka sačinjen od čestica: školjaka, foraminifera, mekušaca, rudista i ostrakoda. Drugi su sive 2-2,5 metra široke biostrome orijentacije sjever-jug. Nekada se vjerovalo da su vapnenci istoga tipa, ali nađeni na istočnoj strani otoka su turonske starosti. Međutim pronalazak rodova poput: *Broeckina* (*Pastrikella*) *balcanica* cf. Radoičić, Cuneolina, Nezzezata, Verneulina te brojnih miliolida ukazuju na srednji-mlađi cenoman.



Slika 15. Geološki i geografski položaj otoka Fenoliga

X označava nalazište otisaka dinosaura(Mezga&Bajraktarević 1999)

Skeletne čestice i geopetalne strukture upućuju na intertajdalni okoliš, ali kada se slojevi vapnenca bez otisaka usporede s onima koji sadrže otiske, uočavaju se vekston-pekstoni sa skeletnim česticama i peletima uz odsutstvo mikritiziranih i geopetalnih struktura što je indikator subtajdalnog okoliša visoke energije iznad valne baze lijepog vremena (Mezga&Bajraktarević 1999). Moguć je trend oplićavanja naviše kojem slijedi ponovno preplavljivanje sedimenta kao inhibitor prezervacije ihnofosila. Uspostavljena je uz pomoć raznih metoda mapa distribucije otisaka prikazana na Slici 16. Izrađeni su kalupi od gipsa koristeći kombinaciju silikona i lateksa. Očuvanje plitkih tragova nije idealno zbog erozije i antropogenog utjecaja što je prisutno i kod nalazišta Karigador.



Slika 16. Distribucijska mapa Fenolige, staza I-VI i grupa otisaka a-f
(Mezga&Bajraktarević 1999)

Prisutne su pukotine okomite na tragove otisaka. Prikazuju strukture urušavanja oko prednjih dijelova, vjerojatno zbog kolosalne mase sauropoda (Slika 17.). Staze I, II, IV Fenolige sadrže kvalitetnije očuvane otiske s vidljivim morfološkim obilježjima te se iz istog razloga koriste prilikom determinacije triuzorka: uzorak A sauropoda sa staze I (Slika 18.), uzorak B teropoda staze II (Slika 19.), uzorak C teropoda staze IV (Slika 20.). Staza I ima 42 uzastopna traga oko dvije paralelne linije, 21 sa svake strane. Na temelju oblika, međusobnih razlika i

udaljenosti od osi otisaka zaključeno je da se radi o četveronožnom dinosauru. Manji polukružni otisci predstavljaju prednje, a veći kružno-eliptični stražnje ekstremitete. Tek se na zadnjoj trećini staze jasno vide prednji otisci. Sve karakteristike i informacije (mala veličina, uska peta, elongiran prednji dio), odgovaraju *Brontopodus* ihnofacijesu (Lockley 1993.) kao i kod Karigador nalazišta. Nalazište Fenololiga sauropodno je teropodna ihnocenoza od 146 otisaka. 73% njih 107 je sauropodno, a 27% njih 39 ih je teropopdno, omjera 2.5:1. U ihnocenozi dominiraju sauropodi čemu razlog može bit različito stanje očuvanosti na stazama V i VI, grupa: a, b i c.

Tijekom cenomana, Fenoliga i cijela zapdna Istra pružale se pogodne životne uvjete za sauropode i to ih je činilo po brojnosti dominirajućima u zajednici tog doba.

Slika 17. Dio sauropodne staze I Fenolige (Mezga, Bajraktarević 1999)

Slika 18. Uzorak A, desni stražnji otisak sauropoda staze I Fenolige

(Mezga, Bajraktarević 1999)

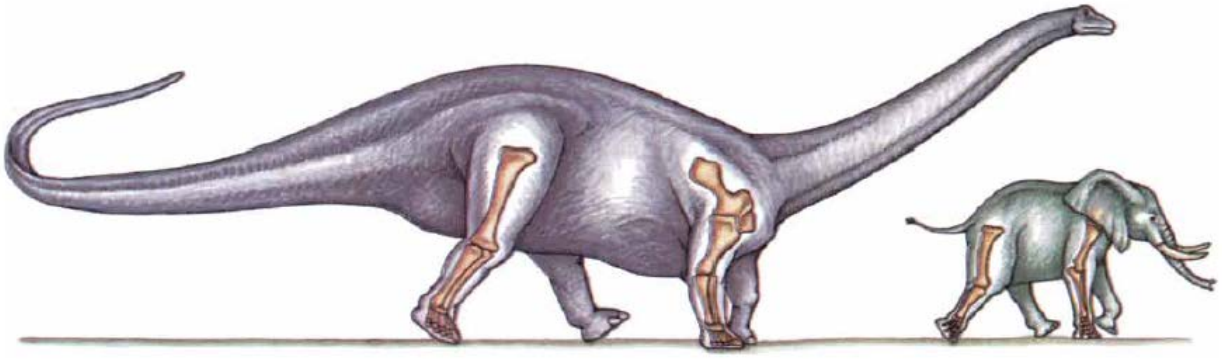
Slika 19. Uzorak B, lijevi otisak teropoda staze II Fenolige (Mezga&Bajraktarević 1999)

Slika 20. Uzorak C, desni otisak teropoda staze IV Fenolige (Mezga&Bajraktarević 1999)

2.7. Kretanje dinosaura

Kako se dinosauri kreću samo je jedno od velikih pitanja koje paleontologe drži budnima noću. Možda su im noge bile preslabašne da služe kao potpora njihovoj masi pa su živjeli u plitkim vodama koje su ih podizale, a možda su bez obzira na svoju veličinu trčali pri velikim brzinama. Dinosauri su izumrle životinje pa ne možemo opovrgnuti niti potvrditi navedene pretpostavke tako da ih promatramo. U potrazi za odgovorima, pomažu nam fizika i inženjerstvo. Bolje razumijemo fizikalne zakone prema kojima su se kretali, proučavajući sile i pritisak na strukture i kostur. Kombinacija znanja o fosilnim i ihnološkim ostatcima i ovog pristupa daje nam bolji uvid u situaciju. Dinosaure primarno poznajemo iz kostura prema kojima im mjerimo dimenzije, no to nam ne govori mnogo o masi koju je kostur morao podupirati. Dimenzije nam ne pomažu ni kod razlika u izgledu. Nedostaje nam najkorisnija mjera veličine živućeg organizma, masa. Izrađuju se modeli te se mjeri volumen modela prema Arhimedovom zakonu. Masa *Tyrannosaurusa* je

procjenjena na cca 7 tona, deset puta više od mase polarnog medvjeda, najvećeg predatora modernog doba (Alexander,1991). *Brachiosaurusova* masa procjenjena je na 50 tona, što deset puta veća masa od one afričkog slona (Slika 21.). Visina mu je procjenjena na duplo višu od one odrasle žirafe (cca 13m) i k tome je moguće da nije bio najimpresivniji dinosaur kada je u pitanju masivnost. *Supersaurus* i *Ultrasaurus* poznati po tek nekoliko kostiju, možda su bili još impresivnije veličine.



Slika 21. Indikatori snage kostiju slični su kod Apatosaurusa i današnjeg slona

(Alexander 1991)

O odnosu snage, veličine i strukture terestričkih životinja teoretizirao je još Galileo 1600-ih (Alexander, 1991). Zamišljene su dvije životinje različite veličine, ali slične geometrije. Pretpostavljeno je da ako je veća životinja duplo dulja onda je i duplo šira i duplo viša, masa joj je osam puta veća (visina x duljinaxširina). Međutim postoji prepreka. Snaga nogu se većoj životinji povećava samo za četiri puta. Galileo je pretpostavio da ako životinja progresivno raste bez da mijenja oblik, dostići će veličinu na kojoj neće moći podupirati vlastitu masu. Kako bi se saznala informacija o toj poveznici, proučavale su se žabe, psi, klokani i druge životinje dugi niz godina.

Odgovore na mnoga pitanja daje nam britanski zoolog i vodeći stručnjak u polju biomehanike, Robert McNeil Alexander. “Što brže životinja hoda ili trči, to su joj dulji koraci”samo je jedan od zaključaka njegovih istraživanja. Mnogi su otisci pronađeni iz kojih se može mjeriti duljina koraka. Stvorio je vezu između brzine, duljine koraka i veličine životinja te nove spoznaje primijenio na dinosaure kako bi se dobile procjene njihove brzine. Brzine su niske,

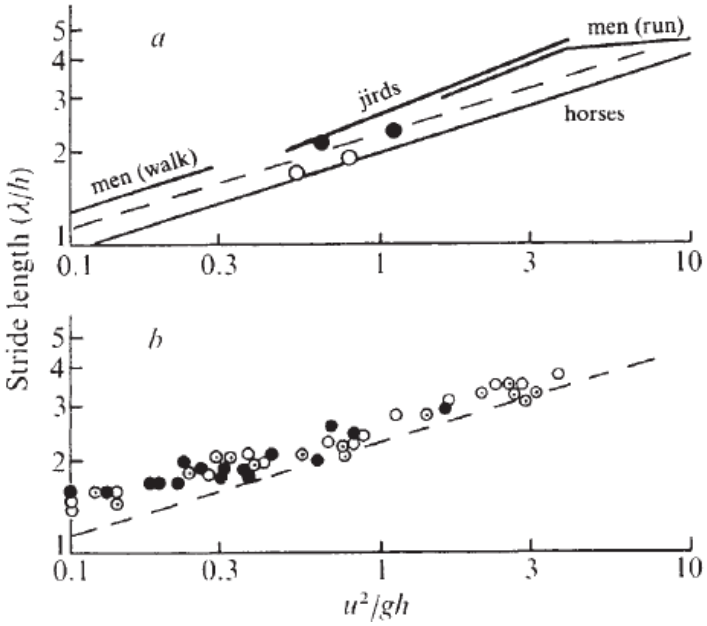
između 1,3 i 6 m/s. Procjene o velikim dinosaurima temeljio je na podacima o malima. Ako bi valjane usporedbe o životinjama različite veličine bile rađene, potrebno je bilo razviti bezdimenzionalni parametar kao kriterij za fizičke sličnosti. Najpoznatiji je parametar poznat kao Reynoldsov broj, koji se koristi u situacijama kada su inercije i viskozne sile u interakciji i iznimno je važan u aerodinamici (Alexander, 1976).

Manje poznat biolozima je Froudeov broj.Koristi se za bilo koju situaciju gdje su inercija i gravitacija u interakciji i bitan je u navigacijskom inženjerstvu. Froudeov broj se prikazuje kaou^2/gl gdje *u*predstavlja brzinu, *g* akceleraciju slobodnog pada,*l* karakterističnu duljina (Alexander, 1976). Kada se primjeni na dinosaure, on postaje u^2/gh, gdje je *h* visina kukovlja. Uzima se u obzir da fizičke sličnosti upućuju na to da će kretanje geometrijski sličnih životinjarazličite veličine, biti geometrijski slično samo kada se one kreću pri jednakoj vrijednosti Froudeovog broja (Alexander 1991). Geometrijske sličnosti zahtijevaju jednake vrijednosti relativne duljine koraka. Čak i kada Froudeov broj nije isti, omjer će biti njegova funkcija (nedefinirana), dobivena empirijskim metodama. Duljina koraka odnosi se na udaljenost između odgovarajućih točaka na otiscima istog stopala (npr.od lijevog do lijevog stopala). Pretpostavlja se da su metatarzalne falange dodirivala zemlju, ali tarzometatarzalni zglob nije. Pretpostavlja se zato da je duljina stražnjih otisaka 0,25h u svim slučajevima. Napredovali su istom brzinom, s jednakom udaljenosti između otisaka (Tablica 8.). Brzine su male, pogotovo kod sauropoda.Prema Alexanderovim istraživanjima izgleda da su se veliki i mali sauropodi kretali istom brzinom što podupire pretpostavku da su se kretali u krdima. Sisavci uglavnom mijenjaju način kretanja iz hodanja u kas ili trčanje kada Froudeov broj dosegne 0,6 i omjer dosegne 2. Spomenuta jednadžba omogućila je proračun atletskih sposobnosti dinosaura.

Prvi put je upotrijebljena u 19.stoljeću od strane arhitekta brodogradnje, Williama Froudea. Froude je imao nakanu izračunati uz pomoć maketa, snagu potrebnu da se pokreću novo dizajnirani brodovi zbog ekonomičnosti. Model broda morao je biti testiran pri određenoj brzini kako bi se postigao val koji pruža inicijalni otpor pramcu broda (Alexander, 1991). Kod Froudea je i bila duljina broda. Testiranje je dinamičke sličnosti prikazivalo kao produžetak geometrijskih sličnosti. To je moguće ako postoji jednak omjer kinetičke prema potencijalnoj energiji, v2/2gh. Generalno se pretpostavka pokazala točnom. Zaključeno je da što brže životinja trči, to joj je dulji korak. Zaključeno je i da životinje različite veličine imaju istu duljinu koraka kad im je Froudeov

broj isti. Ovaj odnos vrijedi za životinje veličine kućne mačke ili veće.Alexander je iz grafa (Slika 22.) zaključio da može iz otisaka izračunati brzinu dinosaura. Otisci pokazuju da se su kretalo kao sisavci, ne kao gmazovi. Duljina nogu je 4x veća od veličine otiska. Brzina cca 1m/s što je sporo za životinje kojima su noge bile po 3m u visinu. Nijedan otisak ne pokazuje brzinu bipedalnih dinosaura veću od 2,2m/s, brzina brzog hodanja čovjeka. Manjak dokaza o velikim brzinama velikih dinosaura ne znači da nisu mogli brzo trčati, nego se nisu na taj način kretali na mjestima gdje su otisci nastali. Došao je do zaključka da su veliki dinosauri mogli trčati kao slonovi, ali nisu mogli skakati. Zaključeno je da iako su preferirali kretati se sporim hodom, neki su bili sposobni za brzo trčanje i nije bilo potrebe za asistenciju vode.

$$\lambda/h = 2.3(u^2/gh)^{0.3}.$$



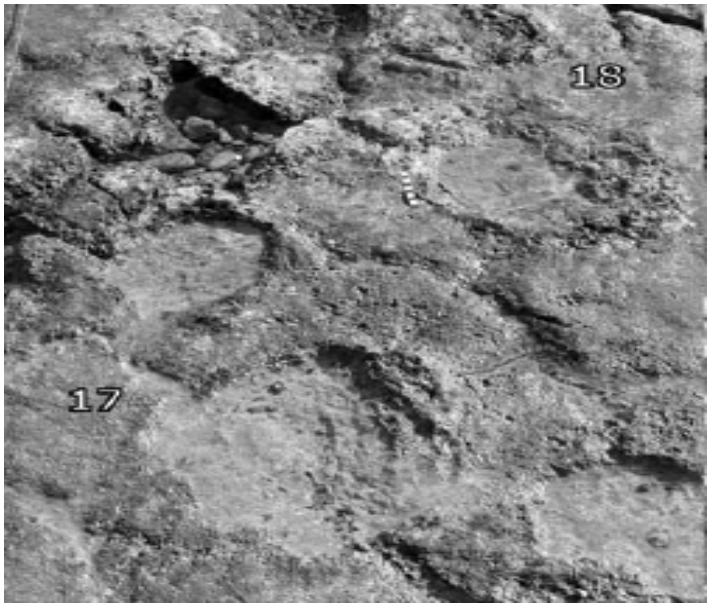
Slika 22. Graf koordinata relativne duljine koraka i Froudeovog broja (Alexander 1976)

Princip o Alexanderovoj metodi podržava hipoteza o dinamičkoj sličnosti (Mazzetta et al. 2001). Prema hipotezi, pokreti geometrijski sličnih životinja, iako različitih veličina, dinamički su slične samo kada se kreću s jednakim vrijednostima bezdimenzijskog parametra, Froudeovog broja. U ovom je trenutku to najbolja jednadžba za procjenu brzine dinosaura iz otisaka.Međutim, ona može procijeniti samo brzinu kretanja u datom trenutku, ne i maksimalnu brzinu koraka. U dodatnim istraživanjima dinosaurskog kretanja, Alexanderova opservacija hoda kralježnjaka

produžena je na definiranje 3 tipa hoda u dinosaura: hodanje (omjer<2), kas (omjer između 2 i 2,9) i trčanje (omjer>2,9). Isti je kriterij korišten u novijim radovima kako bi se procijenilo kretanje Patagonijskih dinosaura.

3. Mjerenja i rezultati

Na lokalitetu Karigador, na urušavanje mulja tokom ekstrakcije otisaka iz substrata gleda se kao na jedan od mogućih uzroka činjenice da nisu svi otisci prednjih ekstremiteta oblika konjske potkove(Slika 23. Otisak broj 17). Vanjska rotacija jasno se može razaznati na otiscima prednjih udova koji su upečatljivog polukružno do polumjesečastog oblika te ih karakterizira razlika u širini i duljini (Mezga et al. 2006). Naime, otisci prednjih udova su više široki, nego što su dugački. Uzrok tome je urušavanje na rubovima otisaka na njihovoj stražnjoj strani što dovodi do deformacije duž njihove cijele duljine. Izmjerena duljina im iznosi između 13 i 25 cm, a izmjerena širina između 18 i 28 cm. Kada bismo im računali prosječnu duljinu i širinu, dobili bismo rezultat od 17,6 cm za duljinu te 22,8 cm za širinu otisaka. Otisci stražnjih nogu su elongirani u stražnjem dijelu pa odaju dojam elongirane pete, dok neki imaju širi prednji dio stražnjih nogu. Također su zarotirani u odnosu na centralnu liniju staze s otiscima s prosječnom duljinom od 33 cm koja se kreće između 27 i 41 cm te prosječnom širinom koja iznosi 25,5 cm, a kreće se između 22 i 32,5 cm(Tablica 1.).

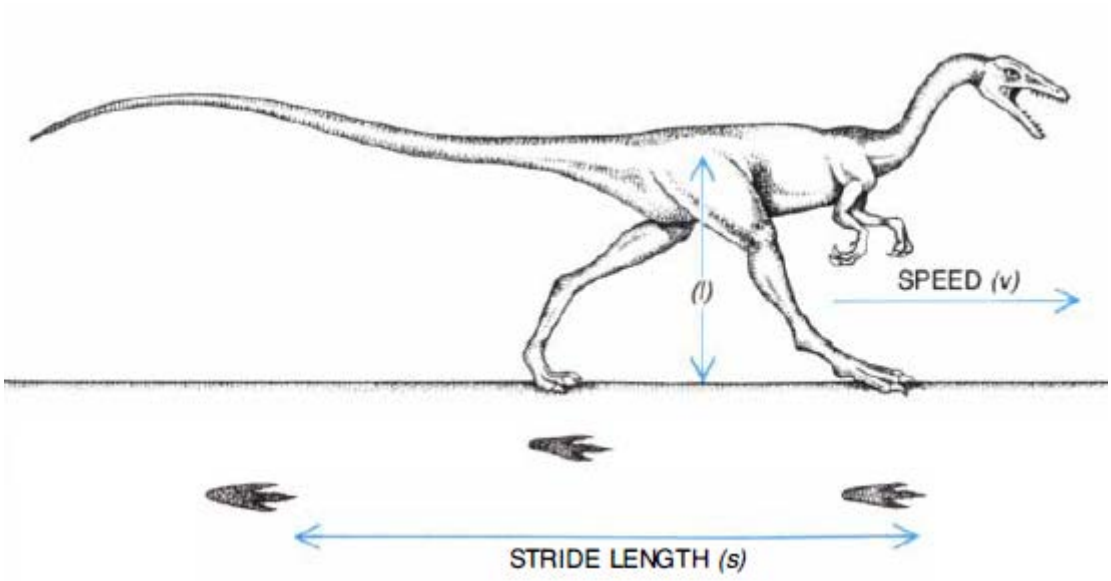


Slika 23. Dio staze na Karigadoru, otisci broj 17 i 18 (Mezga et al. 2006)

Međutim, nijedan otisak stražnjih stopala ne pokazuje jasnu brojku. Staza je uska te ima orijentaciju od 110^{o}, a njeni su parametri dani u Tablici 2. Ako bi se uzelo na razmatranje da u slučaju da otisci broj 1 i 3 predstavljaju stopalo lijeve noge, otisak broj 2 koji predstavlja stopalo desne noge imao bi unutarnju rotaciju što se protivi obrascu vanjske rotacije cijele staze. Neuklapanje otiska broj 4 u stazu otvara mogućnost da otisci 1-4 pripadaju različitim stazama s orijentacijom od 70^{o} i u tom bi slučaju otisci 1 i 3 nastavili biti reprezentacija tragova stopala lijeve, a otisci 2 i 4 bi bili bi reprezentacija tragova stopala desne noge dinosaura.

Računavši visinu kukovlja te brzinu kretanja pomoću Alexander-ove formule, Fabio M. Dalla Vecchia opisao je u svojem radu dimenzije dinosaura koji je ostavio tragove nađene danas u Karigadoru. Dobiveni rezultati primijenjeni su na kostur *Apatosaurusa* kao predstavnika ne-titanosaurijskih dinosaura što je ukazalo na to da je dinosaur koji je ostavio tragove bio dugačak 8,3 tj. 12 metara. Anatomija kostiju dinosaura uvelike je olakšala cijeli postupak pa je tako uzeta u obzir glenoacetabularna udaljenost, tj udaljenost između zdjelične kosti koju čine ischium, pubis te illium i glenohumeralnog zgloba koji spaja humerus i scapulu (lopaticu). Međutim, kada se primjene podatci dobiveni iz spoznaje o glenoacetabularnoj udaljenosti, duljina dinosaura iznosi 13,5 metara. S obzirom na različite rezultate, možemo zaključiti da mu je duljina iznosila otprilike 10 metara. Zaključeno je stoga da je preferiran način kretanja Karigadorskoga sauropoda

bio hodanje. Prosječna brzina hodanja (AWS) odgovarala mu je predviđenoj brzini kao i omjer duljine koraka i visine kukovlja (SL/h), no omjer duljine koraka i duljine otiska (SL/FL) bio je manji od predviđenog. Formula kojom je izračunata brzina kretanja glasi: V= 0,25x g0,5 x SL1,67 x h-1,17. SL je duljina koraka, h je visina kukovlja jedinke, g je konstanta, a visina kukovlja se izračunava iz formule h= 4Lp, gdje Lp oznaka za duljinu otiska stopala (Alexander, 1976; Dalla Vecchia 2001). U ovom je trenutku opisana jednadžba najbolja za procjenu brzine dinosaura iz otisaka. Navedeni parametri prikazani su u Tablici 2. Slika 24. prikazuje duljinu koraka (SL) na primjeru *Compsognathusa*.



Slika 24. Duljina koraka (SL) na primjeru *Compsognathusa* (Alexander 1991)

Staza I sauropoda odaje tragove najvećeg dinosaura Fenolige, kukova visokih 181cm (Tablica 4.), duljine 11m, glave na visini od 3,5m. Ostale staze ukazuju na dinsaure nešto manje u duljini (8,5m duljina i visina glave 2,5m). Duljina stražnjih udova dinosaura povezanog sa stazom II, na temelju duljine otisaka je cca 1m. Duljina životinje je cca je 2,9m, visina 1,6m.Teropodni otisci na stazi IV, duljine su od 3,5m, visine 1,4m. Duljina stražnjih udova teropoda koji je ostavio tragove grupe f iznosi cca 75cm, duljina dinosaura je 3,2m, a visina 1,3m.

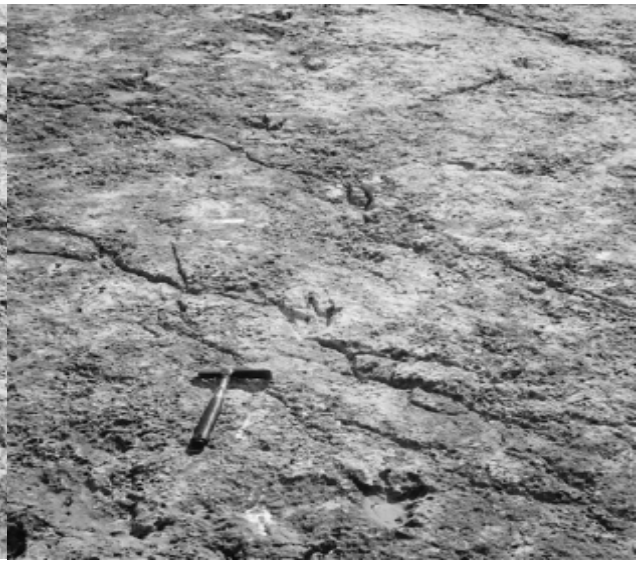
Uzorak A (Slika 18.) dvanaesti je po redu otisak staze I (Slika 18.) Fenolige (Mezga, Bajraktarević, 1999). Duljine 41 cm, širine 30 cm, svi su dijelovi pete jednoliko udubljeni

sproječnom dubinom od 6 cm. Izostanak prednjih otisaka (Slika 25.) te razlike u dimenzijama otisaka (Slika 26.) iste životinje kao posljedica stanja tla, dokaz su da se vlasnik tragova kretao na četiri noge.

Zamijećena je morfološka sličnost otisaka staze I sa svim ostalima (Slika 26. i Slika 25.) te onima grupa a-e (Tablica 4.)Staze II i IV, grupa f čine manje tridaktilne otiske (Tablica 6.).Dodijeljeni su s obzirom na izduljenost, morfologiju, veličinu i činjenicu da su bipedalni, *Coelurosaurusu* (Lockley, 1993)što podržava uska priroda staza i omjer između duljine koraka i veličine otiska (Tablica 7.) koji iznosi 7:1 do 8:1 za coelurosaure (Thulborn1990).Staza II (Slika 28.) ima 20 tridaktilnih otisaka, a velik razmak između 18. i 19. otiska (Slika 16.) je zbog uništavanja uzrokovane stvaranjem staze I.Uzorak B (Slika 19.) šesti je po redu na stazi II, duljina mu je 19 cm, širina 14 cm, dubina 3cm. Tridaktilan je s potencijalnom naznakom kanđi. Lijeva strana otiska dublja je od desne, što bi ukazivalo na lijevo stopalo. Najsličniji je ihnorodu *Ornithomimipus* (Lockley 1993). Prvih četrnaest otisaka je uzastopno, dok je petnaesti udaljen za 3.6 m od četrnaestog otiska, zbog razaranja prilikom formiranja staza II i IV (Slika 16.)

Slika 25. Sauropodna staza III Fenolige

Slika 26. Suropodna staza VI Fenolige



Slika 27. Dio sauropodne staze V Fenolige Slika 28. Dio teropodne staze II Fenolige

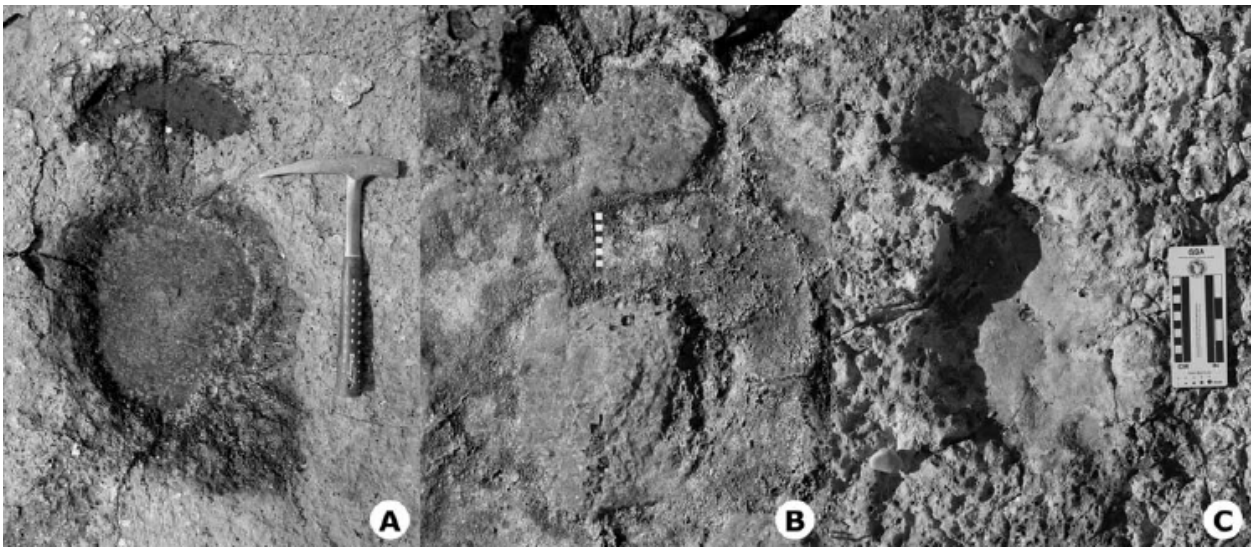
Otisci staze IV manjih su dimenzija od onih na stazi IV (Tablica 6.) te morfološki različiti, što bi moglo znači da se ne radi o istoj vrsti teropoda.Tridaktilan otisak koji predstavlja uzorak C (Slika 20.) šesti je po redu na stazi IV,18 cm u duljini, 12cm širini, 3.5cm dubine. Jasna impresija kanđi nije vidljiva, međutim prisutno je raširenje na vrhu otiska što bi moglo biti ukazatelj na kanđe.Različito stanje očuvanosti, manja udubljenja na lijevoj strani otiska i rubovi otisaka mogu biti posljedica promjene u konzistenciji substrata ili životnih navika dinosaura da se oslanja na desnu stranu stopala. Identificiran je s obzirom na neke morfološke značajke (nisu sve zapažene) kao otisak desnog stopala (Slika 20.) te je uočena sličnost ihnorodu *Eubrontes* (Lockley 1993) iako je otisak za trećinu manji od pripisanog ihnoroda. Grupa f(Slika 29.) ima 2 otiska mnajih dimenzija i slabije očuvanosti od onih na stazama II i IV (Tablica 6.). Tragovi te grupe po veličini sliče onima iz ihnoroda *Anchisauripus* (Lockley 1993.) iako je ovaj ihnotakson iz doba starije jure.

Slika 29. Prvi desni otisak teropoda grupe f Fenolige (Mezga&Bajraktarević 1999)

Procjene lokomotorne brzine dinosaura malih do velikih dimenzija na prostoru Patagonije (Mazzeta et al. 2001), uzete su u Argentini sa staza koje leže na smeđim pješčenjacima albsko-cenomanske starosti. Korištena metoda bazirana je na mjerama duljine koraka (udaljenost između dva uzastopna koraka) i duljini otiska stražnjih nogu što omogućava mjerenje visine kukovlja te procjenu veličine životinje. Hipoteza o dinamičkoj sličnosti nalaže da pokreti geometrijski sličnih životinja različite veličine su slični kada se kreću sistim Froudeovim brojem. Takvi pokreti zahtijevaju jednake vrijednosti relativne duljine koraka (omjer između duljine koraka i visine kukovlja). Odnos između relativne duljine koraka i Froudeovog broja dozvoljava nam da procijenimo brzinu dinosaura. Proučavanja dinosaurske ihnofaune otkrila je male brzine u rasponu između 0,5 i 2,6 m/s. Analize pokazuju da su sauropodi odgovorni za stvorene staze, hodali jako sporo ili dvovožno ili su pak hodali četveronožno po skliskoj površini. Dinosaurska fauna Patagonije alb-cenoman doba poznata je po otiscima *Saurischia* i *Ornitischia* reda. Nekoliko ihnoloških i skeletnih ostataka dinosaura još čeka na formalnu determinaciju. Svi su se dinosauri kretali po omjeru duljine koraka i visine kukovlja (<2) hodajući. Sauropodi su pripisani ihnovrsti *Sauropodichnus giganteus* i predstavljaju prvi nalaz sauropodnih otisaka u Argentini.

4. Rasprava

Tragovi u Karigadoru jedni su od najmanjih poznatih tragova sauropoda. Stanje u kojem su očuvani otisci Karigador nalazišta daleko je od idealnog. Direktan uzrok loše očuvanosti jest razarajuće djelovanje erozije i korozije posredstvom morske vode te činjenica da su tragovi izloženi atmosferilijama samo tijekom oseke zimi (Mezga 2006). Sužavanje na stazi te vanjska rotacija otisaka prednjih nogu. Mjerenje staze sauropoda nailazi na problem u činjenici da su se te životinje kretale u krdima, što daljnje otežava interpretaciju pošto je preko otiska stopala jednog dinosaura moglo preći njih nekolicina. Također, otiske je teško interpretirati na višem stupnju jer se pojavljuju preblizu jedan drugome i češći su otisci prednjih stopala (Dalla Vecchia et al. 2001) Dinosauri su tragove mogli ostavljati samo u specifičnim uvjetima, krećući se po muljnim ravnicama. Posljedica toga je rijetkost otisaka s jasno izraženom morfologijom koja je je preduvjet za bilo kakvo taksonomsko tumačenje. Usporedba sauropodnih otisaka s nalazišta: Karigador, Ladin Gaj i Fenoliga prikazana je na Slici 30.



Slika 30. Usporedba sauropodnih otisaka; Ladin Gaj (A), Karigador (B), Fenoliga (C)

(Mezga et al. 2006)

Kako bi otisci tragova uopće nastali, potrebni su jasno određeni okolišni uvjeti u datom trenutku te uvjeti koji slijede nakon što se životinja kretala po vlažnome tlu kako bi se isti i

očuvali (Dalla Vecchia et al. 2001). Nakon kretanja po tlu nužno je njegovo isušivanje uzrokovano vjetrom, suncem i suhim zrakom. Slijedi otvrđivanje tla te ponovno izlaganje procesima erozije morskim mijenama i strujama, litifikacija i tektonika duž mnogo milijuna godina što uvjetuje njihovu pojavu. Uska staza i rotacija otisaka prednjih stopala prema van obilježja su sauropoda ihnoroda *Parabrontopodus* (Lockley 1993).Neke od karakteristika po kojima se ihnorod razaznaje su: veća širina nego dužina, polukružni oblik te malena veličina otisaka prednjih stopala u odnosu na otiske stražnjih, veća dužina nego širina otisaka stražnjih te njihova vanjska rotacija u odnosu na os staze.

U jednu ruku otisci Karigadora posjeduju navedene karakteristike, ali im nedostaju odlike *Parabrontopodusa.* S druge strane im ona nalikuje na onu prisutnu kod *Brontopodusa*, međutim tragovi koji spadaju u taj ihnofacijes su mnog veći, prednji su otisci jednake širine i dužine i stražnji otisci ukazuju na kanđe. Uska staza otvara ideju da se radi o ne-titanosaurijskom dinosauru (Lockley 1993).

Široke staze ne dolaze do velikog izražaja u slučaju da je staza mala što bi ukazivalo na to da se radi o mladunčetu. To bi mogao biti slučaj u Karigadoru, ali nema nikakvih tragova otisaka odraslih dinosaura na prostoru AdCP-a iz doba cenomana kao ni kostiju (Mezga&Bajraktarević1999). Staze koje datiraju do cenomana poglavito su širokog razmaka. Sve od navedenoga paleontolozima ne olakšava posao svrstavanja tragova staze istarskog Karigador nalazišta u bilo koji od navedenihj ihnofacijesa. Nadalje, na prostoru Europe nisu poznata nalazišta ne-titanosaurijskih sauropoda iz doba mlađe krede, ali ima na prostoru Afrike što bi moglo značiti da su tragovi u Istri afričkog porijekla. Da li je AdCP bio u to vrijeme spojen s afričkim kontinentom ne možemo sa sigurnosti reći ni danas (Vlahović et al. 2005).

Postoje razne teorije kako su tragovi uopće nastali od kojih nijedna nije dosada sa sigurnošću potvrđena. Osim one o prolasku životinje kroz vlažno tlo i njegovom kasnijem skrutnjavanju, postoji teorija o naviranju vode čime bi se taložio zaštitni sloj iznad sloja s tragovima te tako omogućio njihovu očuvanje. Nije odbačena ni ona teorija da se radi o plitkim tragovima, uzevši u obzir da je za očuvanje dubljih tragova otisaka potrebna znatnija količina sedimenta koja bi ih ispunila.

Prosječna veličina sauropoda Fenolige je 50% manja u odnosu na fosilne ostatke kostura albsko-cenomanskog doba sjeverne Afrike, npr. titanosaurida *Aegyptosaurusa* ili diplodocida *Rebbachisaurusa* (Weishampel 2005.) Moglo bi se raspravljati da se tu radi o novoj vrsti sauropoda čiji fosilni ostatci kostiju još nisu pronađeni. Mala veličina dinosaura Fenolige može značiti da se radi o mladunčetu ili manjoj vrsti. Dalla Vecchia (1993.) piše o tome kako je umanjena veličina Istarskih sauropoda bila prilagodba na otočne životne uvjete.

Brzina kretanja korištena je za interpretaciju navika i aktivnosti dinosaura u danom trenutku. Paralelni su tragovi odsutni, što može značiti da se individue nisu kretale u krdu.

Manjak dokaza na Fenoligi o zajedničkom pravcu kretanja ne znači da se ne radi o suživotu istraženih dinosaura. Generalna orijentacija otisaka jest sjeverozapad-jugoistok, što bi mogao biti preferirani pravac kretanja (Mezga, Bajraktarević 1999). Preklapanje staza i grupa (Slika 16.) nalaže sljedeći obrazac kretanja: životinja grupe c prva je prošla kroz područje jer su ti tragovi najslabije očuvani, nakon toga mali teropod grupe f pa veći teropod staze IV, sauropod s staze III koja se križa s teropodnim tragovima staze IV i grupom f. Smjer kretanja sauropoda je gotovo istih kutova kao kod dva teropoda. Uslijedili su sauropodi koji su stvorili staze V, VI te grupe a i b, zatim sarupodi grupe d pa teropod koji je formirao stazu II, prešavši tako preko staza III, IV te grupa a i b i vjerojatno e. Zadnji dinosaur koji je tuda prošao je onaj koji je napravio stazu 1 koja prelazi preko staze II.

Većina se sauropoda kretala polako, s iznimkom onih koji su ostavili otiske koji čine grupu a. Odgovarajući tragovi nisu posloženi u dvije odvojene linije, već su iregularne akumulacije. Teropodi staza II, IV hodali su brže, dok otisci grupe f ukazuju na trčeći ritam od 11km/h. Kosti dinosaura u Istri rijetka su pojava te stoga ihnofosili taksonomski nisu definirani iako je većina pripisana sauropodima (Dalla Vecchia 1995.) Teško je zato odrediti proizvođače tragova. Moguće je da pripadaju više porodica. Albsko-cenomanski dinosaurski ostatci sjeverne Afrike uključuju sauropode (titanosaurdi *Aegyptosaurus* i diplodocid *Rebbachisaurus* te brahiosaurid *Pleurocoelus*) te teropode (*Bahariasaurus*, *Elaphrosaurus*), ali i cenomanske teropodne otiske iz Alžira (Weishampel2005.) Cenomanski dinosaurski ostaci iz susjednih dijelova Europe su rijetki. Uključuju teropodne i sauropodne ostatke iz Francuske koji nisu taksonomski identificirani, a iz Engleske ima nekoliko taksona titanosaurida *Macrurosaurusa* i nodosaurida *Acanthopolisa* (Wishampel 1990.) te je moguće da su neki od ovih dinosaura ostavili otiske.

Izostanak prednjih otisaka objašnjavano je s nekoliko hipoteza (Mazzeta et al. 2001). Preklapanje otisaka, hodanje po skliskoj površini samo su neke od hipoteza uzetih u obzir. Alternativna hipoteza je ta da su sauropodi tog područja zauzeli dvonožni stav, krečući se jako usporenim hodom što se može danas primijetiti na primjeru cirkuskih slonova ili konja kao održavanje tjelesne ravnoteže. Moguće je da je sauropod u tom trenutku zauzeo obrambeni stav, braneći se od grabežljivaca. Dizanje na zadnje noge zaštitilo bi njihove najranjivije dijelove tijela, glavu i vrat. Može se na ovo gledati kao na mogući obrambeni mehanizam sauropoda. Ovo bi otkriće bilo u skladu s paleoihnološkim dokazima te bi moglo biti korišteno da podupire prikaz takvog dvonožnog stava sauropoda u Američkom Nacionalnom Muzeju. Tamo je izložena ženka *Barosaurusa* kako se propinje na stražnje udove kako bi zaštitila mladunče od napada *Allosaurusa*. Alexanderov istraživanje podupire istu hipotezu. Drugi autori podržavaju isto te nije nemoguće zamisliti da su se ponekad u određenim okolnostima poput obrane od napada predatora, četveronožni divovi dizali na dvije noge.

5. Zaključak

Spoznaje ranijih istraživanja o kretanju četveronožnih, biljojednih dinosaura (spomenutihuvelike u ovome radu) u krdima, dodatno otežavaju određivanje taksonomije otisaka s obzirom da je nekoliko životinja moglo prijeći preko istog otiska. Manjak prednjih otisaka također ne ide identifikaciji u prilog. Otisci nisu idealno sačuvani zbog: erozije i korozije posredstvom morske vode, kratkotrajnom izlaganju otisaka atmosferilijama (samo tokom oseke zimi). Očuvanje je zahtijevalo posebne uvjete. Postoje dakako i danas neodgovorena pitanja vezana uz otiske dinosaura na području Istre. Porijeklo, starost životinje koja je napravila otiske, teorije o načinu nastanka i očuvanja samo su neka od njih. Starost sedimenta čiji slojevi u sebi sadrže tragove dinosaura donekle potpomaže u identifikaciji te klasificiranju životinja koje su ih ostavile. Prebačen je stoga fokus s identifikacije na način kretanja što nam pruža interpretaciju navika i aktivnosti životinje u datom trenutku. Razvijeni su bezdimenzionalni parametri i formule koji uz pomoć fizike i biomehanikeobjašnjavaju pretpostavke o sličnosti životinja različite veličine i kretanju te na temelju mjerenih podataka i usporedbi kao krajnji rezultat imaju brzine kretanja

dinosaura. Prisutvstvo dinosaura ukazuje na emergirana područja karbonatne platforme bez obzira na činjenicu što su marinski vapnenci s rudistima i dugotrajna emerzija u Istri rijetki. Terestrički kralježnjaci poput dinosaura živjeli su na karbonatnoj platformi, iako cjelokupna istraživanja ukazuju na to da je mlađi cenoman doba visoke razine mora. Izostanak divovskih biljojeda i mesojeda potvrdilo bi hipotezu o prilagodbi na otočne životne uvjete. Ne možemo sa sigurnošću donositi zaključke o otiscima dinosaura na području Istre, ali zato možemo mjeriti parametre, postavljati hipoteze, uspoređivati istraživanja i širiti stečeno znanje.

6. Literatura

Alexander, R. M. (1976). Estimates of speeds of dinosaurs. *Nature* 261, 129–130. (Pristupljeno: 1 rujna 2022)

URL: https://sci-hub.se/https:/doi.org/10.1038/261129a0

Alexander, R. M. (1991). How dinosaurs ran. *Scientific American*. 264(4) (Pristupljeno: 1 rujna 2022)

URL: http://www.jstor.org/stable/24936872

Lockley M., (1993). Tracking Dinosaurs. A New Look at an Ancient World. *Journal of Vertebrate Paleontology*. 12(3), 402-404 (Pristupljeno: 1 rujna 2022)

DOI: https://doi.org/10.1046/j.1420-9101.1993.6010149.x

Mezga A. et al. (2006). A new dinosaur tracksite in the Cenomanian of Istria, Croatia. *Rivista italiana di paleontologia e stratigrafi*. 112(3):435-445 (Pristupljeno: 1 rujna 2022)

DOI: https://doi.org/10.13130/2039-4942/6351

Mezga A., Bajraktarević Z. (1999). Cenomanian dinosaur tracks on the islet of Fenoliga in southern Istria, Croatia. *Cretaceous Research*. 20(6), 735-746 (Pristupljeno: 1 rujna 2022)

DOI: https://doi.org/10.1006/cres.1999.0180

Polšak A. (1965) Geologija južne Istre s osobitim obzirom na biostratigrafiju krednih naslaga. Geološki vjesnik. 18, 415, 509 (Pristupljeno: 1 rujna 2022)

URL: http://31.147.204.208/clanci/1965_Polsak_252.pdf

Vecchia F.M.D, Tarlao A. (1995) Dinosaur evidence in the Cretaceous of Istria (Croatia). Proceedings of the First Croatian Geological Congress 1, 151-154

URL: https://www.academia.edu/1081658/Dinosaur_evidence_in_the_Cretaceous_of_Istria_Croatia_

Vecchia F.M.D. et al (2001) Dinosaur track site in the upper Cennomanian (Late Cretacious) of Istrian Peninsula (Croatia). *Bolettino della societa paleontologica italiana*. 40(1), 25-53

Vlahović I. et al. (2005). Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*.220(3-4), 333-360 (Pristupljeno: 1 rujna 2022)

DOI:https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2005.01.011

Thulborn, T. (1990). Dinosaur tracks. *Animal Behaviour*. 41, 177-181 (Pristupljeno: 1 rujna 2022) URL: https://www.academia.edu/22807679/_410_Price_35_00Tony_Thulborn_Dinosaur_Tracks_Chapman_and_Hall_London_1990_p_xvii

Thulborn R., Wade M. (1989). A footprint as a history of movement. Cambrige university press. (Pristupljeno: 1 rujna 2022)

URL: http://allanmccollum.net/amcnet3/reprints/Pdfs/Movement.pdf

Weishampel D.B, Dodson P., Osmolska H. (2005) The dinosauria (2nd edition). *PalArch's Journal of Archaeology of Egypt / Egyptology*, 3(1), 01. (Pristupljeno: 1 rujna 2022)

URL: https://archives.palarch.nl/index.php/jae/article/view/904

7. Tablice

Tablica 1. Mjere otisaka dinosaura sa nalazišta Karigador

FOOTPRINT	ML	MW	PL	PW	MD	PD	direction	h
1	21	18	31	22	4.5	4.5	54	124
2	12.5	26.5	35.5	28	4.5	4	58	142
3	18	23	37	23	3	4	58	148
4					4			
5	22	25.5			4	3.5	94	
6						4		
7						4	65	
8	16	28	35.5	26	4	4		142
9					2		136	
10	13	27	33.5	26	4	2	113	134
11	17	24	28	25.5	3	3	90	112
12	13.5	20	34	24.5	4	4	107	136
13	18.5	21	28	26	4	4	76	112
14	17	22	33	28	3	3.5	114	132
15	19.5	25	36	27.5	4	4	83	144
16	21	24	32.5	27.5	3	4	108	130
17	22	25	36	24	4	4	75	144
18	18	19	32	29.5	2.5	4	90	128
19	20	20	29	22	2	4	74	116
20	14	20	27	22.5	2	4.5	105	108
21	15	20	41	26		3.5	71	164
22	15	20			4		108	
23						4		
24	17	23	33.5	26	2	4.5	115	134
25			34	27		4	72	136
26	25	25	30	24	4	4	119	120
27			35	22.5		4.5	76	140
28	14.5	23.5	34	26.5	3.5	3.5	120	136
29			32	22.5		4		128
30			29	24.5		4		116
31			31	25		4	72	124
32			39	32.5	2.5		109	156
	17.60	**22.83**	**33.06**	**25.54**	**3.37**	**3.89**		**132.24**

Dimenzije dane u cm, smjer kretanja u stupnjevima, prosječne vrijednosti su podebljane

Kratice: ML-duljina prednjih otisaka, MW-širina prednjih otisaka, PL-duljina stražnjih otisaka, PW-širina stražnjih otisaka, MD-dubina prednjih otisaka, PD-dubina stražnjih otisaka, h-visina kukovlja

Tablica 2. Mjere staza Karigador nalazišta, dimenzije dane u cm (Mezga et al. 2006)

FOOTPRINT	pace	stride	PA	ETW	ITW	GAD	v (m/s)	v (km/h)	AWS	SL/FL	SL/h
1–2	78			65	0						
7–8	70										
10–11	78										
11–12	76										
12–13	70			61	8						
13–14	76			62	2						
14–15	81										
15–16	64			60.5	0						
16–17	75				5						
17–18	78										
18–19	69										
19–20	62			43	–4						
20–21	75			67	18						
21–22	67										
24–25	77										
25–26	60										
26–27	80										
27–28	58			48	–3						
28–29	72			55	0						
29–30	60										
30–31	68										
31–32	68										
	72.00			**57.69**							
5–7		142									
11–13		122	111							4.35	1.08
13–15		138	121				1	3.6		4.31	1.07
15–17		119	116							3.30	0.82
17–19		125	110							3.90	0.96
19–21		120	119							3.42	0.85
25–27		128					0.8	2.88		3.71	0.92
27–29		116								3.46	0.86
29–31		114	126							3.61	0.90
8–10		134								3.94	0.97
10–12		135	118							3.97	1.00
12–14		126	117							3.76	0.94
14–16		125	117							3.78	0.95
16–18		133	115							4.15	1.03
18–20		120	121							4.06	1.01
20–22		122								4.51	1.12
22–24		124								3.70	0.92
24–26		118	114				0.76	2.74		3.68	0.92
26–28		130								4.06	1.01
28–30		118	125							3.74	0.93
30–32		121								3.55	0.88
		125.24	**117.69**				**0.85**	**3.07**	3.14	**3.85**	**0.96**
P7–M13						170					
P11–M14						167					
P12–M15						168					
P13–M16						173					
P14–M17						165					
P15–M18						172					
P16–M19						171					
P17–M20						165					
P18–M21						158					
P19–M22						159					
						166.80					

Kratice: ETW-vanjska širina staze, ITW-unutarnja širina staze, A-kutni raspon koraka, v-brzina, GAD-glenoacetabularna udaljenost, AWS-prosječna brzina hodanja, SL/FL-omjer duljine koraka i duljine otisaka, SL/h-omjer duljine koraka i visine kukovlja

Tablica 3. Usporedba parametara otisaka Fenolige, Ladin Gaj, Karigador (Mezga et al. 2006),

	FENOLIGA	LADIN GAJ	KARIGADOR
PL	31–40	32–40	33
PW	20–31	33	25.5
ML	14.5–19.5	15–20	17.5
MW	20.5–23.5	24–29	23
A	98	115.5	117.5
SL/FL	3.30–3.80	3.20–3.25	3.82
AWS	3.22	3.22	3.14
GAD		163	167

Tablica 4. Mjere sauropodnih otisaka dane u cm (Mezga i Bajraktarević 1999)

T&FG	NF	FFL*	RFL*	FFW*	RFW*	FFD*	RFD*	FO
I	42	19.33	40.19	23.50	30.82	-4.5	-6	46NE-352N
III	16	19.00	30.83	20.75	26.17	-2	-4	271W-251W
V	13	14.50	31.00	20.50	19.13	-2.5	-4.5	168S-206SW
VI	5	12.00	30.00	15.00	24.50	-3	-5.5	187S-194S
a	11	15.00	24.20	16.67	16.25	-2.5	-4	126SE
b	11	?16.30	23.50	?16.00	19.33	-2	-3.5	-
c	4	?15.50	35.00	?15.00	29.50	-2	-4	-
d	3	?22.00	34.50	?25,00	33.50	-4.5	-5.5	278W
e	2	-	29.50	-	23.00	-	-4	308NW-320NW

Kratice: T&FG- NF- FFL- RFL- FFW- RFW- FFD- RFD- FO-

Tablica 5. Mjere sauropodnih staza i grupa dane u cm (Mezga i Bajraktarević 1999)

T&FG	NF	TL	ETW	ITW	P*	SL*	PA*	h	V(m/s)	V(km/h)
I	42	1950	107	11	82.60	124.09 (91-144)	97.73 (82-112)	180.86	0.33-0.72	1.21-2.60
III	16	640	88	18	66.33	84.86 (55-115)	95.88 (87-109)	138.74	0.20-0.67	0.71-2.43
V	13	916	63	17	52.00	75.00 (72-77)	91.50 (89-95)	139.50	0.30-0.34	1.10-1.23
VI	5	151	54	14	52.67	69.00	83.50	135.00	0.30	1.07
a	11	150	100	-	?50.00	?58.00	-	-	-	-
b	11	350	54	15	51.50	-	-	-	-	-
c	4	125	55	-	-	?55.00	-	-	-	-
d	3	119	102	27	64.00	-	-	-	-	-
e	2	277	-	-	-	-	-	-	-	-

Tablica 6. Mjere teropodnih otisaka dane u cm (Mezga&Bajraktarević 1999)

T&FG	NF	TL	ETW	ITW	P*	SL*	SL/FL	PA*	h	V(m/s)	V(km/h)
II	20	1450	40	16	72.39 (66-81)	141.69 (124-152)	7.07/1	156.23 (126-172)	100.15	1.12-1.58	4.05-5.69
IV	17	1625	28	2	73.78 (70-82)	144.70 (140-150)	8.63/1	153.08 (146-156)	83.85	1.68-1.89	6.08-6.82
f	2		14	-	93.00	185**	-	179.50**	75.00	3.06	11.06

Tablica 7. Mjere teropodnih staza i grupa dane u cm (Mezga&Bajraktarević 1999)

T&FG	NF	TL	ETW	ITW	P*	SL*	SL/FL	PA*	h	V(m/s)	V(km/h)
II	20	1450	40	16	72.39 (66-81)	141.69 (124-152)	7.07/1	156.23 (126-172)	100.15	1.12-1.58	4.05-5.69
IV	17	1625	28	2	73.78 (70-82)	144.70 (140-150)	8.63/1	153.08 (146-156)	83.85	1.68-1.89	6.08-6.82
f	2		14	-	93.00	185**	-	179.50**	75.00	3.06	11.06

Tablica 8. Parametri istraživanja kretanja dinosaura (Alexander 1976.)

	Bipedal dinosaurs						Sauropods	
Reference	13	7	7	14	1	1	7	7
Stride length, λ (m)	3.0	3.0	2.4	1.3	1.8 -2.5	1.5 -1.8	2.5	1.6
Hind foot length (m)	0.53	0.50	0.24	0.27*	0.28–0.35	0.15–0.20	0.76	0.38
Hip height, *h* (m)	2.1	2.0	1.0	1.1	1.1 -1.4	0.6 -0.8	3.0	1.5
Relative stride length, λ/*h*	1.4	1.5	2.5	1.2	1.7	2.4	0.8	1.1
Speed, *u* (m s^{-1})	2.0	2.2	3.6	1.2	2.2	2.9	1.0	1.1

8. Popis slika

Slika 1. Kronostratigrafski smještaj Jadranske karbonatne platforme, njezine krovine i podine (ICS, 2019)
URL: https://www.google.com/search?q=international+chronostratigraphic+chart+2019&rlz=1C1GCEU_enHR836HR836&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiB_puLuI36AhUJhP0HHYvMD8IQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1366&bih=657&dpr=1#imgrc=TI31dnhp_28__M

Slika 2. Jadransko-dinaridska karbonatna platforma (AdCP) prema Vlahović et al. 2005.
URL: https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2005.01.011

Slika 3. Shematski prikaz događaja na prostoru gondvanskog šelfa i razvoja Jadranske karbonatne platforme (AdCP) te Jadranskog bazena (Vlahović et al 2005)
DOI: https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2005.01.011

Slika 4. Jadranski bazen
URL: https://www.azu.hr/istra%C5%BEivanje-i-eksploatacija/geolo%C5%A1ki-pregled-mora/

Slika 5. Geološka podjela Istre na: Crvenu, Sivu i Bijelu
URL: https://www.geotech.hr/geoloska-grada-istre/

Slika 6. Geološki i geografski položaj Karigadora (Mezga et al. 2006)
DOI: https://doi.org/10.13130/2039-4942/6351

Slika 7A. Aksijalni presjek Broeckina (Pastrikella) balcanica Cherchi, Radoičić & Schroeder
Slika 7B. Aksijalni presjek Chrysalidina gradata d'Orbigny (Mezga et al. 2006)

DOI: https://doi.org/10.13130/2039-4942/6351

Slika 8. Litološki stup Karigadora (Mezga et al. 2006)
DOI: https://doi.org/10.13130/2039-4942/6351

Slika 9. Taksonomsko stablo podjele dinosaura
URL: https://opengeology.org/historicalgeology/case-studies/dinosaur-classification/

Slika 10. Prikaz Saurischia i Ornitischia reda
URL: https://www.britannica.com/animal/dinosaur/Classification

Slika 11. Prikaz gastrolita
URL:https://animals.howstuffworks.com/animal-facts/gastroliths.htm

Slika 12. Fosilni ostatci gastrolita
URL: https://animals.howstuffworks.com/animal-facts/gastroliths.htm

Slika 13. Par prednjih otisaka (A) i par stražnjih otisaka (B) stopala dinosaura sa nalazišta Karigador (Mezga et al. 2006)
DOI: https://doi.org/10.13130/2039-4942/6351

Slika 14. Interpretativni prikaz prednjih otisaka sa nalazišta Karigador (Mezga et al. 2006)
DOI: https://doi.org/10.13130/2039-4942/6351

Slika 15. Geološki i geografski položaj otoka Fenoliga, X označava nalazište otisaka dinosaura (Mezga&Bajraktarević 1999)
DOI: https://doi.org/10.1006/cres.1999.0180

Slika 16. Distribucijska mapa Fenolige, staza I-VI i grupa otisaka a-f(Mezga&Bajraktarević 1996)

DOI: https://doi.org/10.1006/cres.1999.0180

Slika 17. Dio sauropodne staze I Fenolige (Mezga&Bajraktarević 1999)
DOI: https://doi.org/10.1006/cres.1999.0180

Slika 18. Uzorak A, desni stražnji otisak sauropoda staze I Fenolige (Mezga&Bajraktarević 1999)
DOI: https://doi.org/10.1006/cres.1999.0180

Slika 19. Uzorak B, lijevi otisak teropoda staze II Fenolige (Mezga&Bajraktarević 1999)
DOI: https://doi.org/10.1006/cres.1999.0180

Slika 20. Uzorak C, desni otisak teropoda staze IV Fenolige (Mezga&Bajraktarević 1999)
DOI: https://doi.org/10.1006/cres.1999.0180

Slika 21. Indikatori snage kostiju slični su kod Apatosaurusa i današnjeg slona (Alexander 1991)
URL: http://www.jstor.org/stable/24936872

Slika 23. Dio staze na Karigadoru, otisci broj 17 i 18 (Mezga et al. 2006)
URL: https://sci-hub.se/https:/doi.org/10.1038/261129a0

Slika 24. Duljina koraka (SL) na primjeru Compsognathusa (Alexander 1991)
URL: http://www.jstor.org/stable/24936872

Slika 25. Sauropodna staza III Fenolige

DOI: https://doi.org/10.1006/cres.1999.0180

Slika 26. Suropodna staza VI Fenolige
DOI: https://doi.org/10.1006/cres.1999.0180

Slika 27. Dio sauropodne staze V Fenolige
DOI: https://doi.org/10.1006/cres.1999.0180

Slika 28. Dio teropodne staze II Fenolige
DOI: https://doi.org/10.1006/cres.1999.0180

Slika 29. Prvi desni otisak teropoda grupe f Fenolige (Mezga&Bajraktarević 1999)
DOI: https://doi.org/10.1006/cres.1999.0180

Slika 30. Usporedba sauropodnih otisaka; Ladin Gaj (A), Karigador (B), Fenoliga (C) (Mezga et al. 2006)
DOI: https://doi.org/10.13130/2039-4942/6351