

# KRATER NÖRDLINGER RIES

STRUČNI ČLANAK

NENAD BUZJAK

Krater Nördlinger Ries u Njemačkoj najbolje je očuvani udarni krater u Europi. Nastao je udarom asteroida promjera 1 km. Promjer vanjskog uzdignutog prstena kratera je 26 km. Zbog svoje posebnosti je uvršten u mrežu nacionalnih geoparkova Njemačke i globalnih geoparkova UNESCO-a.

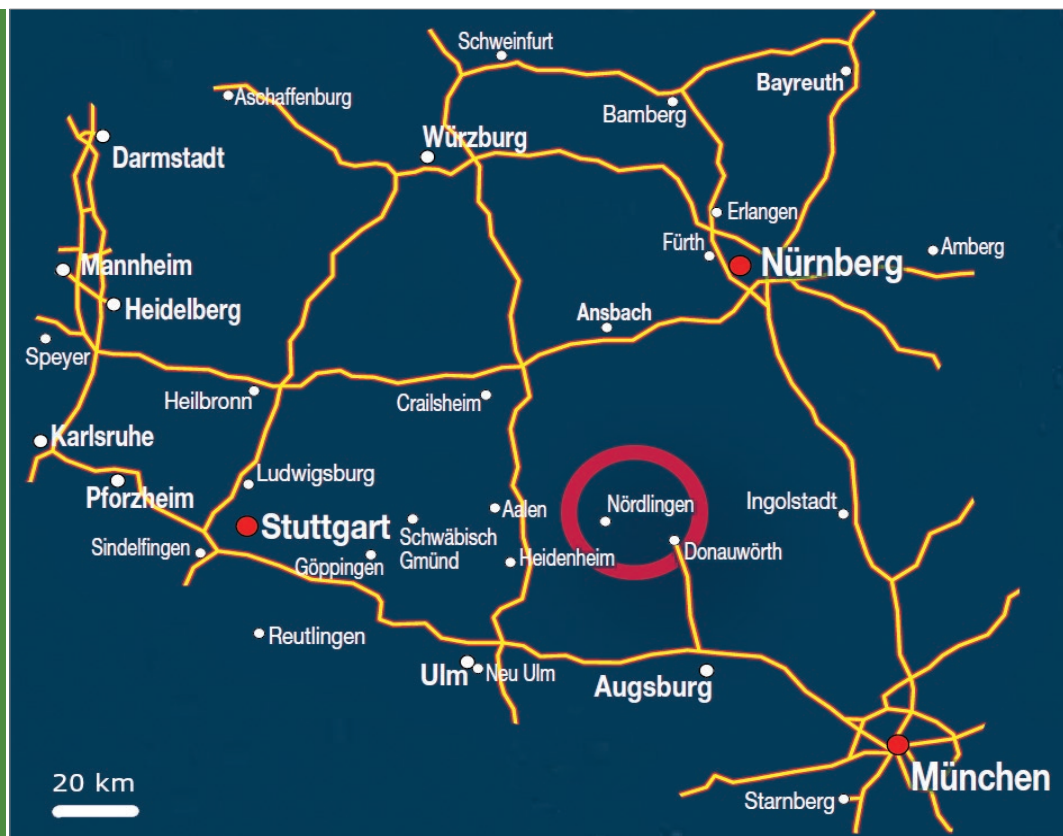
**Ključne riječi:** geobaština, geopark, asteroid, krater

## Otkuda krater usred današnje Njemačke?

Jednog dana, prije otprilike 14,5 milijuna godina sve se desilo u trenu. Prvo se pojavila jarka svjetlost, a zatim je zrak ispunila zaglušujuća buka. Snažan udarac koji je je zatresao tlo podigao je visoko u zrak ogromne količine kamenja i prašine zbog čega je zavladao mrak. Tišina i prizor koji je uslijedio vjerojatno je bio zastrašujući desecima kilometara uokolo. Krajobraz kakav je dotad postojao, zajedno sa svim živim bićima s lica Zemlje izbrisan je u kratkom djeliću vremena. Ogromni asteroid promjera oko 1

km svom je silinom, pri brzini od 70.000 km/h, udario u Zemlju na mjestu gdje se danas nalazi grad Nördlinger između Franačke i Švapske Jure u njemačkom sredogorju (sl. 1). Na njega i danas podsjeća veliki udarni krater promjera čak 26 kilometara. Asteroid nije bio sam – pratio ga je satelit (*trabant*) promjera 150-200 m koji je udario na području današnjeg Steinheimera, 40 km JI od Riesa.

Krater je na mjestu udara bio dubok do 4,5 km. U trenutku samog udara (*impakta*) pritisak

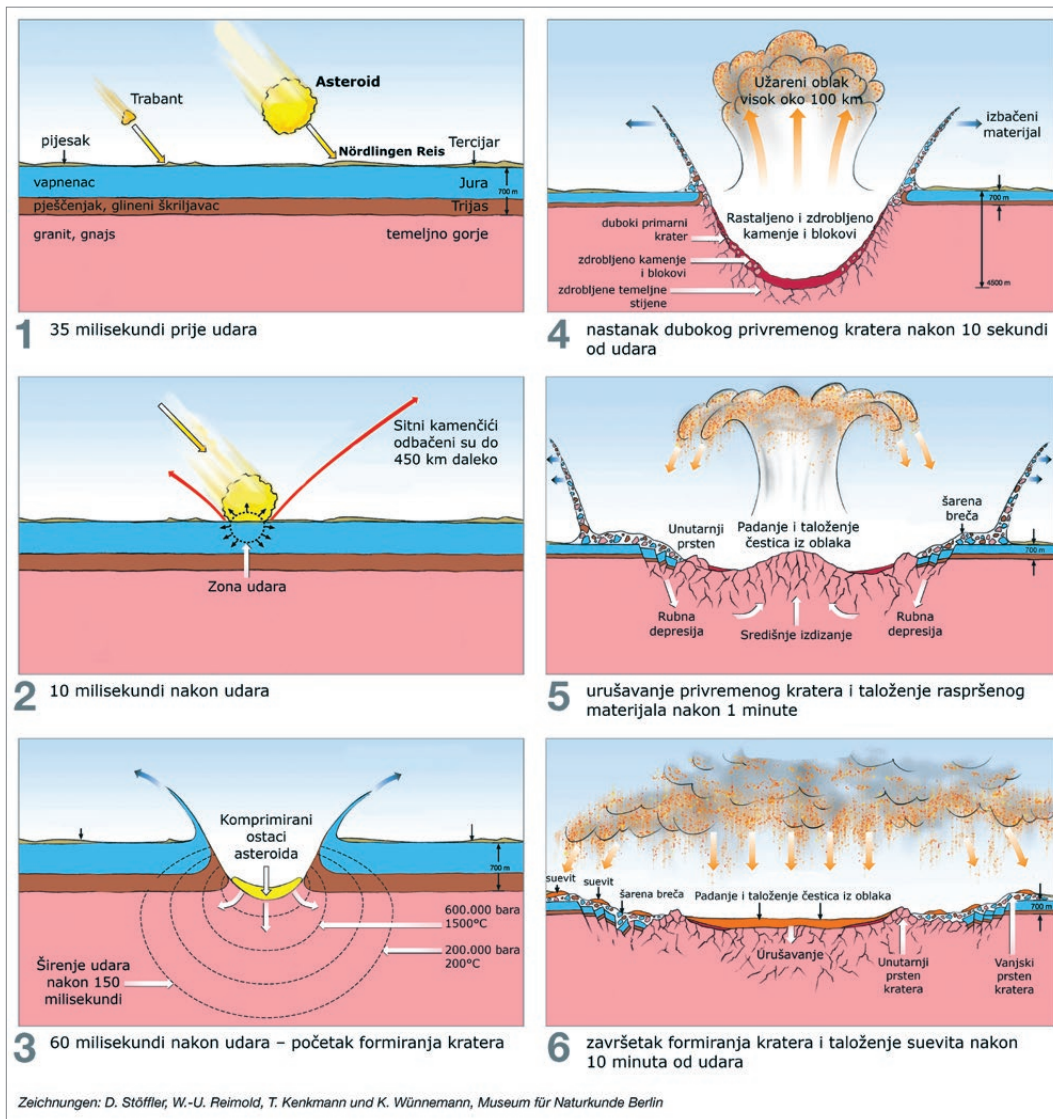


Sl. 1. Geografski smještaj kratera Ries. Izvor: URL 1.

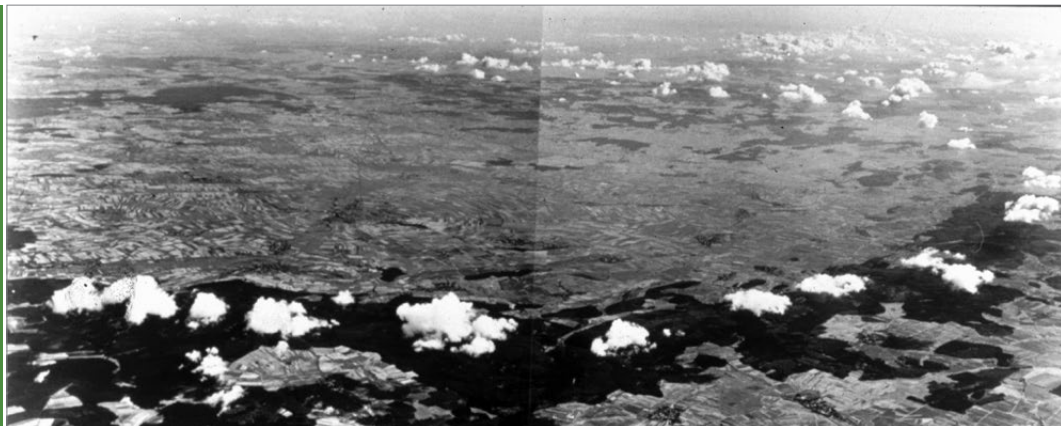
je iznosio više milijuna bara, a temperatura je dosezala 20-ak tisuća stupnjeva Celzijevih. To je izazvalo taljenje stijena i isparavanje ogromnih razmjera (Stöffler i dr., 2011). Uslijed povećanog tlaka i temperature u Zemljinoj kori počelo je formiranje novih minerala i stijena. Smrvljene stijene i prašinu udar je izbacio u atmosferu do 100 km visine i na udaljenost veću od 50 km. Od užarenog materijala u atmosferi nastao je oblak u obliku gljive (sl. 2).

Duboki krater nije dugo opstao. Dno mu se već nakon prve minute od udara počinje izdizati u svom središtu. Istovremeno je s njegovih padina počelo odronjavanje i osipanje kamenja i velikih blokova što mu smanjuje dubinu, ali po-

većava promjer. Središnje uzvišenje nakon toga se počinje urušavati i formirati uzdignuti unutarnji kristalinski stjenoviti rub u obliku prstena oko dna kratera. Ovi procesi završavaju nakon svega nekoliko minuta. Rasuti materijal iz oblaka počinje padati na tlo pa se taloži sloj naslaga debeo oko 100 m. Pojas između unutarnjeg i vanjskog izdignutog prstena ispunjen je ogromnim razbacanim blokovima stijena koje je udar izbacio iz Zemljine kore. Dio ih je preobražen djelovanjem visokog tlaka i temperature. Zbog veličine ta se zona naziva zonom megablokova. Tu su se nataložile i one stijene koje su se s padina kratera kotrljale prema unutrašnjosti. Nakon svih ovih procesa krater je bio dubok 300-400 m (sl. 3).



Sl. 2. Postanak i početak razvoja kratera Ries. Izvor: URL 1.



Sl. 3. Panoramska fotografija kratera. Lijepo je vidljiv i do 200 m izdignuti vanjski prsten, dodatno naglašen oblacima. Izvor: Terrestrial Impact Craters, URL 2.

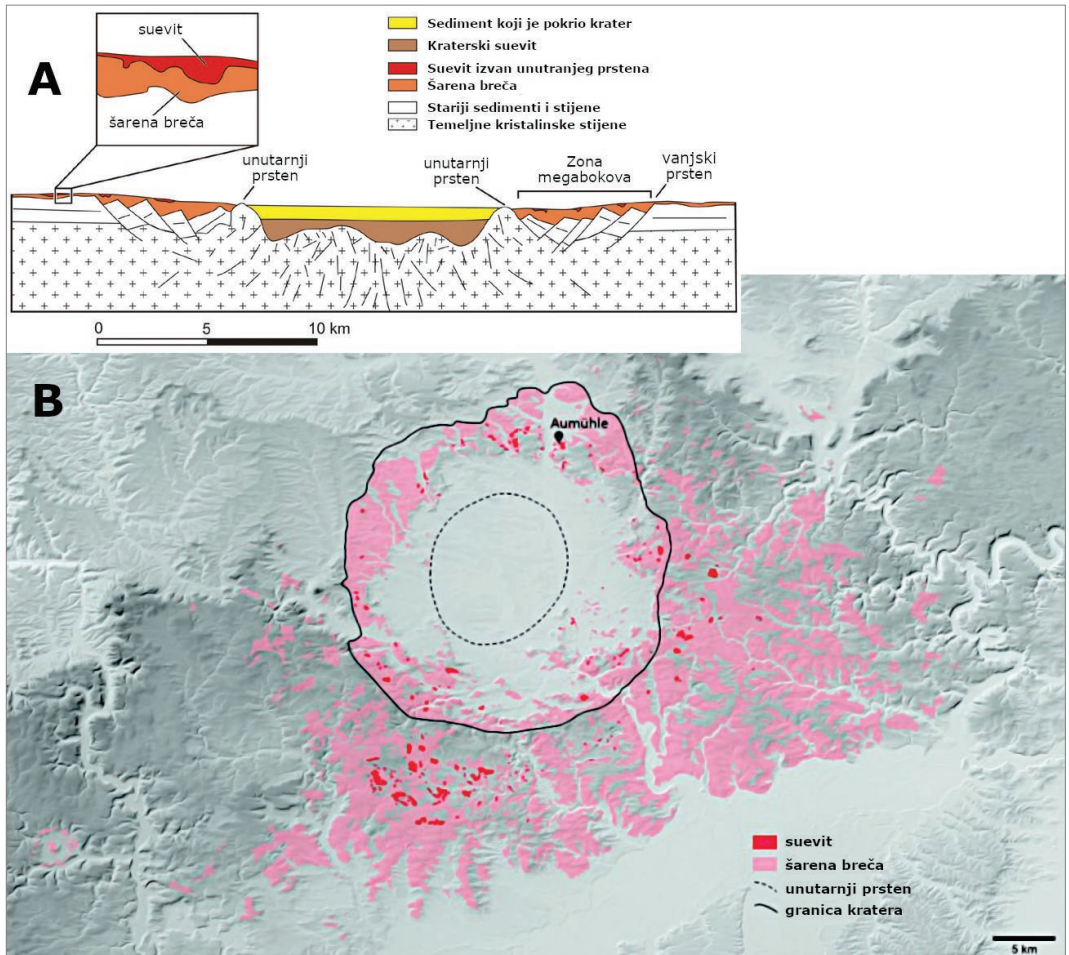
## Nove stijene na mjestu udara

Posljedica udara bila je i novonastala stijena – *suevit* (Zebec, 1979; sl. 4). S obzirom da je posljedica udara i da se sastoji od komada lokalnih stijena svrstavamo je u tzv. impaktne (udarne) breče. Breča je vrsta taložne stijene koja se sastoji od zdrobljenih dijelova različitih starijih stijena povezanih nekim mineralnim vezivom u novu stijenu. Suevit kratera Ries sastoji se od kršja i blokova granita i gnajsa koji gradi ovaj dio njemačkog sredogorja te od grudica rastaljenih stijena (sl. 4). Geolozima je pomogao da protumače postanak kratera budući da su u njegovom sastavu nađene dvije forme minerala kvarca ( $\text{SiO}_2$ ) – koezit i stišovit (nazvanog po ruskom fizičaru Sergeju Stišovu koji ga je sintetizirao 1961. godine). Oba minerala su u Zemljinoj kori izuzetno rijetka, no indikatori su ovakvih događaja budući da je za njihov nastanak potreban izuzetno veliki tlak ( $>25$  kbara) i visoka temperatura (iznad  $700^\circ\text{C}$ ). Koezit je nazvan po kemičaru Loringu Coesu Jr. koji ga je sintetizirao 1953. godine. U prirodi su ga 1960. godine otkrili američki geolozi Edward Chao i Eugene Shoemaker

i to u krateru Barringer kraj Flagstaffa u Arizoni (SAD). Od tada se pojava tog minerala smatra dokazom impakta. Tako je potvrđeno porijeklo kratera Ries, za kojeg se prije smatralo da je vulkanski krater.

Interesantan je razvoj događaja vezan uz pijesak koji je nekada pokrивao ovo područje. S obzirom da je bogat silicijevim dioksidom, u uvjetima visoke temperature se rastalio pa je nastalo staklo u obliku sitnih čestica (tektiti) i kuglica (sferula) koje je udar raspršio u atmosferu (Marjanac i Hrupec, 2015). "Kiša" staklenih kuglica padala je do 450 km uokolo. Nastalo je i zeleno impaktno staklo, poznato kao moldavit, koje se danas može naći ne samo u Njemačkoj, nego i u Austriji i Češkoj (sl. 5; URL 4).

Zanimljivo je da se u suevitu nalazi i velika količina sitnih dijamanata (nastalih preobrazbom naslaga grafita) čija se masa procjenjuje na oko 72 tisuće tona! Jedini je "problem" što je prosječna veličina tih dijamanata svega 0,2 mm. Suevit se koristi kao arhitektonski kamen još od vreme-



Sl. 4. Geološki profil i prostorni raspored impaktnih stijena oko kratera. Izvor: Planetary Science Institute (URL 3) i Geopark Ries.

na vladavine Rimljana pa turisti iz cijelog svijeta posjećuju Ries i dive se njegovoj "svjetlucavoj" arhitekturi. Iako je lijep i dekorativan, zbog razlika u sastavu i otpornosti fragmenata od kojih je sastavljen, brzo se troši i lako oštećuje. Danas se koristi u industriji cementa.

Miješanjem kamenja nastalog raspadanjem starijih stijena oko kratera je nastao sloj breče poznate kao Bunte breccia ("šarena breča"). Sastoji se od kaotično izmiješanih raznobojnih komada raspadnutih stijena. Ova je breča nastala u

uvjetima manjeg tlaka i niže temperature nego suevit.

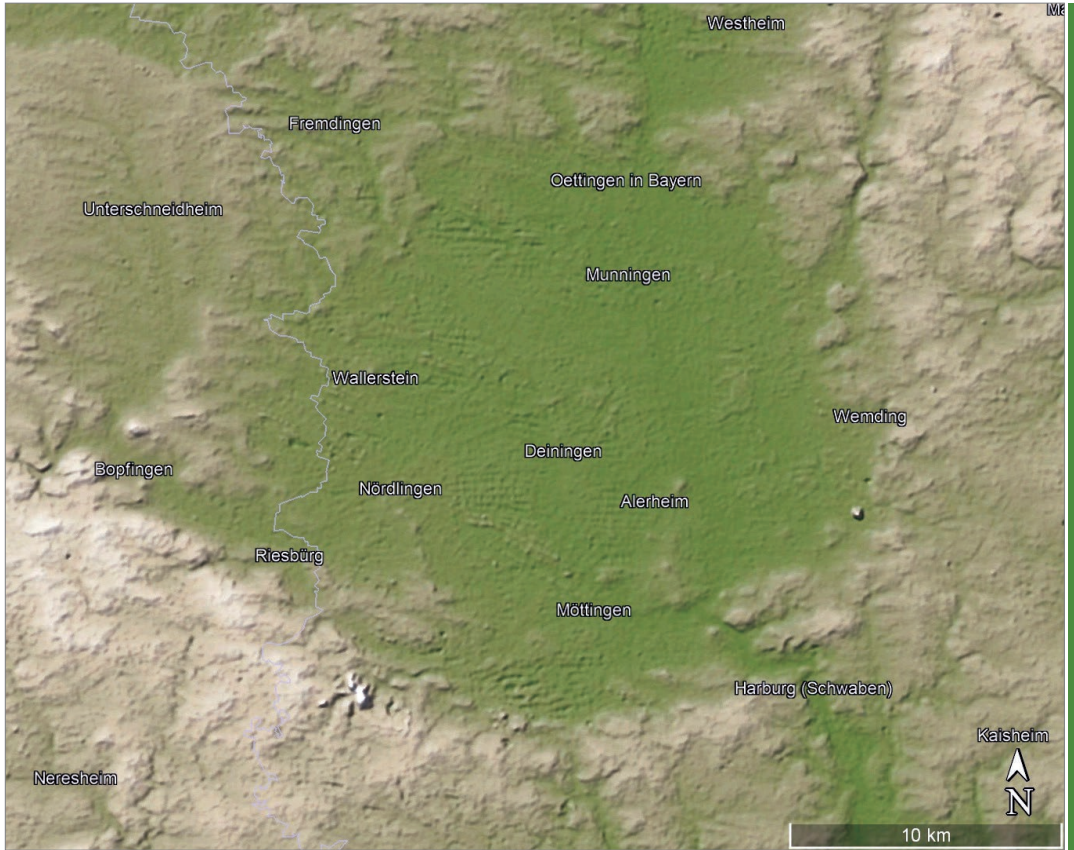
Sve te naslage su u protekla 2 milijuna godina prekrivene mlađim sedimentima u kojima je oblikovan dinamičan krajobraz s plodnim tлом pogodnim za poljodjelstvo (sl. 6). Kvarcni pijesci koriste se za nasipavanje različitih sportskih borilišta, golf igrališta i hipodroma. Šarene breče se, zbog visokog udjela glina i vapnenca, koriste u opekarstvu i industriji građevinskog materijala. U ljeto 1970. godine na području kratera odr-



Sl. 5. Moldavit s nalazišta u Češkoj. Izvor: James St. John, URL 5.

žan je trening NASA-inih astronauta koji su učili o posebnim vrstama stijena i minerala karakterističnim za ovakve kratere kako bi naučili birati

uzorke u misijama na Mjesec. Kasnije su ovdje s istom svrhom obučavani astronauti Europske svemirske agencije.



Sl. 6. Digitalni model reljefa. S obzirom da su rubovi kratera uslijed djelovanja geomorfoloških procesa u proteklih 14 mil. godina slabo izraženi u krajobrazu, postanak Riesa je dokazan pomoću impaktnih minerala. Prije toga znanstvenici su smatrali da se radi o vulkanskom krateru. Izvor: NASA Earth Observatory, URL 6.

## Povratak života u krater Ries

Nastanak kratera Ries bio je događaj katastrofalnih razmjera. Život je s lica Zemlje izbrisan u krugu od 100 km. No zahvaljujući fosilnim ostacima, znanstvenici su otkrili da se unutar kratera formiralo slano jezero u koje se nakon nekog vremena počeo vraćati život. Djelovanjem zelenih algi nastali su zanimljivi grebeni. Na dnu su nađene gline, a uz obale naslage karbonatnih pijesaka pune fosila - crva, larvi kukaca, rakova, ljuskara (sićušnih račića) po sastavu sličnih onima u današnjim slanim jezerima sušnih područja. Jezero nije obilovalo vrstama, ali populacije su bile brojne. Oko 2 milijuna godina kasnije, tik prije nego je zapunjeno sedimentima, slano jezero postalo je slatkovodno. Oko njega se naseljavaju mali sisavci (šišmiši, zečevi i hrčci) i ptice (pelikani, flamingo i papige).

## Nacionalni geopark Ries

Zahvaljujući georaznolikosti, krater Ries je proglašen nacionalnim geoparkom. Nacionalni geoparkovi Njemačke su područja jedinstvenih geoloških i geomorfoloških posebnosti od znanstvenog značenja, jedinstvenosti i ljepote. Dodatne vrijednosti im mogu biti ekološke, arheološke, povijesne i kulturne. U Njemačkoj trenutno postoji 18 nacionalnih geoparkova certificiranih od strane zaklade GeoUnion Alfred-Wegener-Stiftung (sl. 7; URL 1), a 8 od njih je dio UNESCO-ve globalne mreže geoparkova. Među njima je i Ries koji je na UNESCO-vu listu uvršten 2022. godine. Pored certificiranih, još je 6 geoparkova bez certifikata nacionalnog geoparka.

Važna uloga geoparkova je održivi regionalni razvoj. U njima se posjetitelji, geoturisti,

mogu upoznati s procesima koji su oblikovali Zemlju i reljefne oblike te kako su geološki uvjeti i geomorfološki procesi oblikovali staništa i krajobrase. Ono što je poučno u geoparkovima jesu zorni primjeri postanka pojedinih prirodnih bogatstava, poput ruda i tala ili vodonosnika, te kako je njihov prostorni raspored utjecao na način korištenja zemljišta i gospodarstvo, a time i razvoj lokalnih zajednica.

Po čemu je krater Ries jedinstven? Radi se o najbolje očuvanom udarnom krateru Europe. Krater danas ima promjer 25 km, zaravnjenog je dna dok su mu udarom istisnuti rubovi visoki i do 200 m. Zanimljiva je i njegova okolica s brojnim primjerima istisnutih stijena. Površina geoparka je 1.750 km<sup>2</sup>. U njemu su 53 naselja u 5 okruga. Veći dio geoparka je u pokrajini Bavarskoj (83 %), a ostatak u pokrajini Baden-Württemberg. U geoparku je osnovan i muzej posvećen postanku ovog i drugih impaktnih kratera u svijetu. Od 1998. u gradu Nördlingenu, koji se nalazi unutar samog kratera, djeluje Centar za krater Ries i istraživanje impakta (ZERIN). Centar je posvećen edukaciji i istraživanju. U njemu su znanstvenicima dostupne kamene jezgre izbušene do dubine od 1206 m. Na njima se mogu proučavati geološke posebnosti kratera, njegovih minerala i stijena. Za geoturiste, posjetitelje koji ciljano posjećuju geolokalitete, napravljeno je 6 poučnih staza.

Zahvaljujući blagoj klimi i plodnim tlima područje kratera naseljeno je od starijeg kamenog doba (sl. 8). Svoje tragove, vidljive na nekoliko arheoloških nalazišta, ostavili su Kelti i Rimljani. Bogata je i srednjevjekovna kulturno-povijesna baština pa je turizam i u ovom pretežno ruralnom području postao važna grana gospodarstva. Lijepo je kad tome doprinosi i geobaština.







Sl. 8. Današnji pitomi krajobraz kratera Ries. Izvor: Geopark Ries

## Literatura

Marjanac, T., Hrupec, D. 2015: Hrvatska u svemiru i svemir u Hrvatskoj, *Hrvatska revija*, 4, <https://www.matica.hr/hr/470/hrvatska-u-svemiru-i-svemir-u-hrvatskoj-25301/> (27. 7. 2023.)

Stöffler, D., Artemieva, N.A., Wünnemann, K., Reimold, W.U, Jacob, J., Hansen, B.K, Summerson, I.A.T. 2013: Ries crater and suevite revisited—Observations and modeling Part I: Observations. *Meteoritics & Planetary Science*, Nr. 4, 525-589, doi: 10.1111/maps.12086

Zebec, V. 1979: Uz izložbu Pojave izvanzemaljske materije na zemlji u Mineraloško-petrografskom muzeju u Zagrebu. *Informatica museologica*, Vol. 10, No. 1, 32-40

URL 1: Geopark Ries, <https://www.geopark-ries.de/en/> (27. 12. 2023.)

URL 2: Terrestrial Impact Craters, <https://www.lpi.usra.edu/publications/slidesets/craters/index.shtml> (27. 12. 2023.)

URL 3: Planetary Science Institute, <https://www.psi.edu/epo/explorecraters/riestour.htm> (21. 12. 2023.)

URL 4: The Nördlinger Ries impact crater, <https://digitalgeology.de/en/nordlinger-ries-impact-crater> (21. 12. 2023.)

URL 5: Wikimedia Commons, File:Moldavite (Miocene, 14.5-14.8 Ma; Ries Impact Crater's tektite strewn field, Bohemia), CC License, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Moldavite\\_\(Miocene,\\_14.5-14.8\\_Ma;\\_Ries\\_Impact\\_Crater%27s\\_tektite\\_strewn\\_field,\\_Bohemia\)\\_2.jpg#file](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Moldavite_(Miocene,_14.5-14.8_Ma;_Ries_Impact_Crater%27s_tektite_strewn_field,_Bohemia)_2.jpg#file) (27. 12. 2023.)

URL 6: Ries Crater, Germany. NASA Earth Observatory, <https://earthobservatory.nasa.gov/images/8554/ries-crater-germany> (28. 12. 2023.)

PRIMLJENO: 19. 1. 2024.

PRIHVACENO: 23. 2. 2024..



**Prof. dr. sc. NENAD BUZJAK**

Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek, Trg Marka Marulića 19/II, 10 000 Zagreb, e-mail: [nbuzjak@geog.pmf.hr](mailto:nbuzjak@geog.pmf.hr)