WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

ღრმა ზღვის „ვეშაპების სასაფლაო“ სინამდვილეში ხუთმილიონწლიანი არქივია

Nature-ის ნაშრომი სამხრეთ-აღმოსავლეთ ინდოეთის ოკეანეში, Diamantina Zone-ში, ვეშაპის დაცემებისა და ნამარხების უზარმაზარ კონცენტრაციას აღწერს: ხუთ თანამედროვე ვეშაპის-დაცემის საზოგადოებას, ასობით ნამარხ ვეშაპისნაირს და სტრონციუმის იზოტოპებით დათარიღებულ ძვლებს, რომელთა ასაკი დაახლოებით 5.3 მილიონ წელს აღწევს. მთავარი ის არ არის, რომ ვეშაპებმა სიკვდილის ადგილი აირჩიეს ან ერთმა კატასტროფამ სასაფლაო შექმნა. მტკიცებულება მიუთითებს ღრმა, ხანგრძლივ არქივზე, რომელიც ჩვეულებრივმა სიკვდილიანობამ, ჩაძირულმა გვამებმა, ნისკარტიანი ვეშაპების რთულმა ღრმა საკვების ძიებამ, ფსკერის ტოპოგრაფიამ და უჩვეულოდ კარგმა შენარჩუნებამ შექმნა. ეს ღრმა ზღვის ვეშაპის-დაცემის ეკოსისტემებში იშვიათ ფანჯარას ხსნის; არ ნიშნავს, რომ ღრმა ოკეანე უკვე სრულადაა რუკაზე დატანილი ან გაგებული.

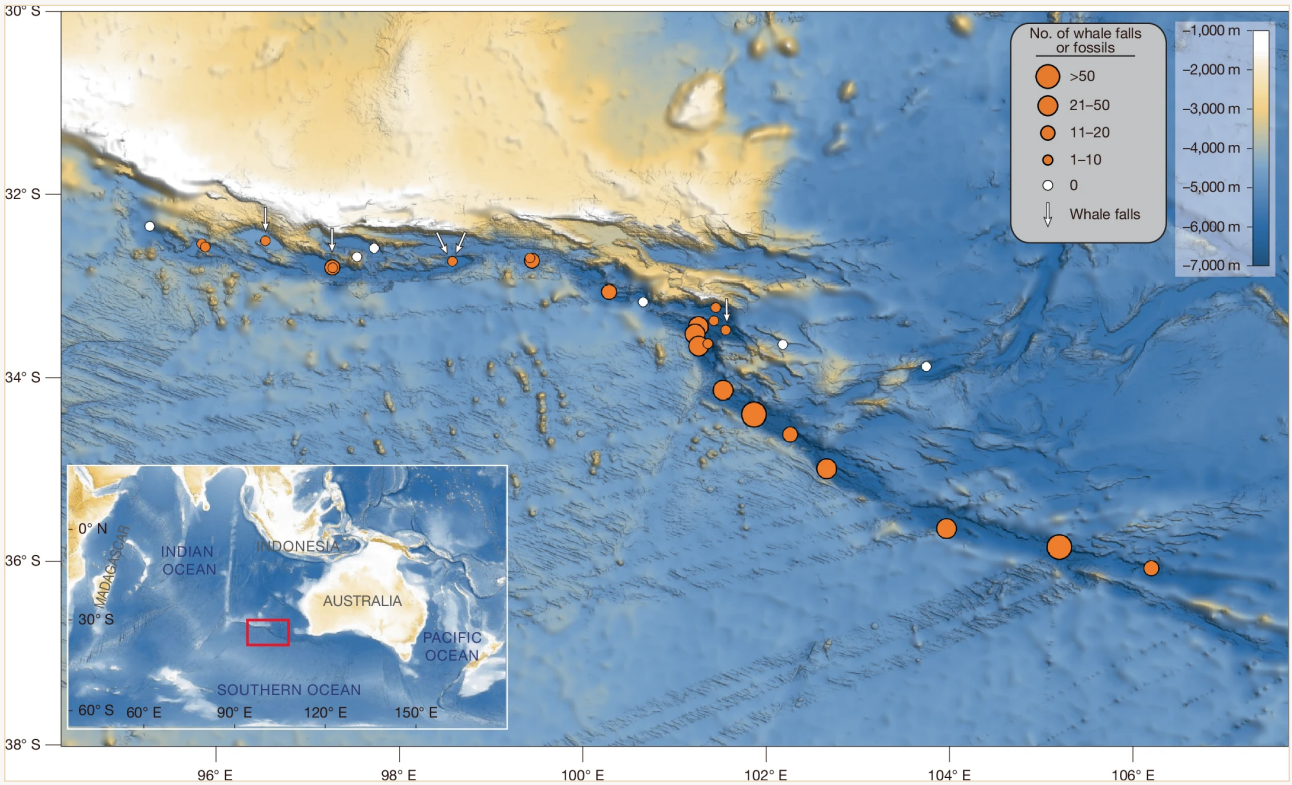
Written by Laura Nesso · Cross-checked by Vera Rubin · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *A 5.3-million-year-old deep-sea whale necropolis in the Diamantina Zone*, Xiaotong Peng, Peng Zhou, Xikun Song, Giovanni Bianucci, Mengran Du and colleagues, Nature 654, 978-983 (2026) · DOI: 10.1038/s41586-026-10546-z

ოკეანის ფსკერმა ძვლები შეინახა

ვეშაპის დაცემათა უმეტესობა ბნელ აღრიცხვით პრობლემად ქრება. ვეშაპი კვდება, იძირება, ცოტა ხნით ღრმა ზღვის სიცოცხლეს უხვ საკვებს აძლევს, შემდეგ კი კვალი იფანტება, ნალექით იფარება ან იჭმევა. მეცნიერებმა იციან, რომ ვეშაპის დაცემები ეკოლოგიური ოაზისებია, მაგრამ მათი არქივი მწირია: ცნობილი ადგილების უმეტესობა იზოლირებულია, ყველაზე ღრმა ოკეანურ ღარებთან შედარებით ზედაპირულია ან ზედმეტად ახალგაზრდაა, რომ ღრმა გეოლოგიურ დროს ბევრი რამ გვასწავლოს.

Diamantina Zone ამ პრობლემის მასშტაბს ცვლის. ახალ Nature-ის ნაშრომში Xiaotong Peng, Peng Zhou, Xikun Song, Giovanni Bianucci, Mengran Du და კოლეგები სამხრეთ-აღმოსავლეთ ინდოეთის ოკეანეში ვეშაპის დაცემებისა და ვეშაპის ნამარხების გრძელ, ღრმა კონცენტრაციას აღწერენ. უბანი ფსკერზე დაახლოებით 1,200 კილომეტრზეა გადაჭიმული და დაახლოებით 4,600–7,000 მეტრის სიღრმეზე მდებარეობს. ადამიანით მართვადი წყალქვეშა აპარატ *Fendouzhe*-ით ჩატარებული 32 ჩაყვინთვისას გუნდმა 485 ადგილი დააფიქსირა, სადაც ვეშაპის ნამარხები ან აქტიური ვეშაპის დაცემები იყო; აბსტრაქტში კი აღმოჩენა შეჯამებულია როგორც ხუთი თანამედროვე ბუნებრივი ვეშაპის-დაცემის საზოგადოება და 476 ნამარხი ვეშაპისნაირი. ეს ორი განსხვავებული დათვლაა და მათ უბრალოდ ერთმანეთზე ვერ დავამატებთ: 485 უბნების დონეზე ჩანაწერია, ხოლო 476 აბსტრაქტში გამოყენებული ნამარხი ვეშაპისნაირების რაოდენობაა.



Nature-ის Fig. 1 Diamantina Zone-ში დაკვირვებებს რუკაზე აჩვენებს: ნარინჯისფერი წრეები აღნიშნავს ჩაყვინთვებს, სადაც ვეშაპის ნამარხები ან ვეშაპის დაცემები ნახეს; წრის ზომა თითო ჩაყვინთვისას დაფიქსირებული ნარჩენების რაოდენობას ასახავს; თეთრი ისრები აქტიურ სულფოფილურ ვეშაპის დაცემებს, ხოლო თეთრი წრეები — ჩაყვინთვებს, სადაც

ვეშაპის ნარჩენები არ დაფიქსირდა. ფიგურა სრულად და უცვლელადაა გამეორებული: ჭრის, ზედდების, ახალი წარწერების, გადაღებვის ან ხელახლა დახატვის გარეშე.

Peng et al. / Nature 654, 978-983 (2026), DOI 10.1038/s41586-026-10546-z · CC BY-NC-ND 4.0; base map: GMRT — Ryan et al., Geochem. Geophys. Geosyst. 10, Q03014 (2009) · CC BY 4.0 CC BY-NC-ND 4.0

True-ის ნისკარტიანი ვეშაპები ნაშრომში განხილული ღრმად მყვინთავი ნისკარტიანი ვეშაპების ცოცხალი ნათესავებია. ეს ფოტო მხოლოდ კონტექსტისთვისაა და Diamantina-ს ნამარხებიდან არც ერთს არ ასახავს: მთავარი ისაა, რომ ნისკარტიანი ვეშაპები ძნელად დასაკვირვებელი, სიღრმეში მკვებავი ცხოველები არიან, ამიტომ ფსკერზე მათი ძვლების არქივმა შეიძლება ისეთი მტკიცებულება შეინახოს, რომელსაც ზედაპირული დაკვირვებები ხშირად ვერ ხედავს.

Roland Edler / PeerJ / Wikimedia Commons CC BY 4.0

ყველაზე ძველი დათარიღებული მასალა 5.26 მილიონ წელს აღწევს, ამიტომ ნაშრომი მას 5.3-მილიონწლოვან „ვეშაპების ნეკროპოლს“ უწოდებს. გამოთქმა შთამბეჭდავია — და სწორედ ამიტომ მას ყველაზე დიდი სიფრთხილე სჭირდება.

ეს არ არის მტკიცებულება, რომ ვეშაპები განზრახ მიდიოდნენ იქ მოსაკვდავად. ეს არც ერთი მასობრივი დახოცვის შემთხვევაა და არც სასაფლაო ადამიანური მნიშვნელობით. ეს არის ადგილი, სადაც გვამები და ძვლები გროვდებოდა, დიდხანს ღია რჩებოდა, მინერალიზდებოდა და მეცნიერებისთვის წასაკითხ კვალად იქცეოდა.

რა გააკეთეს ავტორებმა

- Diamantina Zone გამოიკვლიეს *Fendouzhe* წყალქვეშა აპარატის 32 ჩაყვინთვით, R/V *Tansuoyihao*-დან.

- დაახლოებით 1,200 კილომეტრიან ფსკერის მონაკვეთზე ჩაიწერეს ვეშაპის ნამარხები და აქტიური ვეშაპის-დაცემის საზოგადოებები.
- თანამედროვე ვეშაპის დაცემებზე მცხოვრები საზოგადოებების ამოსაცნობად გამოიყენეს ადგილზე გადაღებული ვიდეო და შეგროვებული ნიმუშები.
- გააანალიზეს 43 ამოღებული ნამარხი ნიმუში და ამოიცნეს ნისკარტიანი ვეშაპის ხუთი სახეობა და ულვაშა ვეშაპის ერთი სახეობა.
- სტრონციუმის იზოტოპური თანაფარდობებით 33 ნამარხი ძვალი დაათარიღეს — მეთოდით, რომელიც ნამარხში შენარჩუნებულ, ზღვის წყლის მსგავს ქიმიურ ხელწერას ზღვის წყლის ცნობილ ისტორიულ ცვლილებებს ადარებს.
- დაკვირვებები საჯარო საწყის მონაცემებს დაუკავშირეს: ორიგინალური in situ სურათები და მიკრობული გენომების ასამბლეები Science მონაცემები Bank-შია შეტანილი, ხოლო შესწავლილი ვეშაპის-დაცემის სახეობების სურათები — MorphoBank-ში.

რა აღმოაჩინეს

- **დიდი და ღრმა კონცენტრაცია.** ავტორები Diamantina Zone-ში ვეშაპის ნამარხებისა და აქტიური ვეშაპის დაცემების 485 ადგილს აღწერენ; დამატებით ცხრილში დაკვირვებები დაახლოებით 4,600–7,000 მეტრის სიღრმეს მოიცავს.
- **ხუთი აქტიური ვეშაპის დაცემა.** ხუთივე აქტიური უბანი სულფოფილურ სტადიაშია: ძვლები დაფარულია მიკრობული მატებითა და ძვალში შემღრღნელი ჭიებით, ხოლო დაშლის ქიმიური ენერგია სპეციალიზებულ საზოგადოებას კვებავს.
- **მკვრივი ცოცხალი საზოგადოება.** დაკავშირებული ფაუნა მოიცავს 35 ამოცნობილ მაკროფაუნურ ტაქსონს; დომინირებს რგოლიანი ჭიები, კიბოსნაირები და მოლუსკები. უფრო დიდ ცხოველებში ჭარბობს ძვლის მჭამელი ჭიები, გასტროპოდები, ვეზიკომიიდი ორსაგდულიანები და ოფიურები; ადგილობრივი სიმკვრივე ზოგან კვადრატულ მეტრზე 2,840 ინდივიდამდე აღწევს.
- **ნისკარტიანი ვეშაპების ნამარხი არქივი.** 43 ამოღებულ ნამარხში შედის რეგიონში დღესაც მცხოვრები ნისკარტიანი ვეშაპების სახეობები, გადაშენებული ფორმები, როგორიცაა *Pterocetus* და *Izikoziphius*, და ულვაშა ვეშაპების ზოგი ნარჩენი. ერთ ნიმუშს ავტორები ახალ სახეობად — *Pterocetus diamantinae*-დ — აღწერენ.
- **დროის დიდი დიაპაზონი.** სტრონციუმის იზოტოპებზე შემოწმებული 33 ნამარხი ძვლიდან 25-მა 0.12-დან 5.26 მილიონ წლამდე ასაკი მისცა. ყველაზე ძველი თარიღები ნიშნავს, რომ რეგიონში ვეშაპის დაცემები სულ მცირე ადრეული პლიოცენიდან ხდებოდა.

რატომ არის იქ ამდენი ვეშაპი?

ნაშრომის პასუხი ერთი მარტივი მიზეზი არ არის. ის რამდენიმე დამაჯერებელი ფილტრის ერთობლიობას გვთავაზობს.

ზოგი გვამი შეიძლება ულვაშა ვეშაპებისგან მოდიოდეს, რომლებიც ფართო მიგრაციულ დერეფანს გადიან. მცირე ზოლიანი ვეშაპები და სეის ვეშაპები ზედაპირთან ახლოს იკვებებიან, არა 6 ან 7 კილომეტრის სიღრმეზე, ამიტომ ასეთ სიღრმეზე მათი ძვლები ყველაზე ბუნებრივად სიკვდილის შემდეგ ჩაძირულ გვამებად აიხსნება.

ნისკარტიანი ვეშაპები განსხვავებულია. ისინი ღრმა მყვინთავები არიან და ციცაბო, ღრმა ფსკერის გარემოში კალმარებსა და თევზებზე ნადირობენ. Diamantina Zone სწორედ ასეთი ლანდშაფტია: უკიდურესი სიღრმეები, რთული V-ს ფორმის ტოპოგრაფია და ჩაყვინთვებისას ნანახი მსხვერპლი. ავტორები ვარაუდობენ, რომ ჩვეულებრივ სიკვდილიანობას, ღრმა საკვების ძიების ფიზიოლოგიურ რისკებს და შესაძლოა მომაკვდინებელ გამოფიტვას ან დეკომპრესიულ სტრესს შეეძლო ფსკერზე დამატებითი ნარჩენები დაეტოვებინა.

შემდეგ კი თვით ფსკერი მათ ინახავს. ზონის ტოპოგრაფიას შეუძლია ჩაძირული გვამები გარკვეულ ადგილებში მოაგროვოს. დაბალი დანალექი სიჩქარე ნიშნავს, რომ ძვლები დიდხანს შეიძლება ზედაპირზე დარჩეს. ნისკარტიანი ვეშაპების მკვრივი როსტრუმები განადგურებას უჩვეულოდ კარგად უძლებს. ფერომანგანუმის ოქსიდები და კარბონატების დალექვაც ჩონჩხის მასალის შენარჩუნებას უწყობს ხელს. ამ ყველაფრის ერთად დანახვისას „სასაფლაო“ ნაკლებად იდუმალი ხდება: ეს არაა ადგილი, რომელსაც ვეშაპები ირჩევენ, არამედ ადგილი, სადაც მათი სიკვდილი უფრო ხშირად ინახება ჩანაწერად.

რას არ ამტკიცებს ეს

- ეს **არ** აჩვენებს, რომ ვეშაპებს განზრახ შექმნილი სასაფლაო აქვთ. „ნეკროპოლი“ დაგროვების მეტაფორაა და არა ქცევის მტკიცებულება.
- ეს **არ** აჩვენებს ერთ კატასტროფულ მასობრივ დახოცვას. თარიღები მილიონობით წელს მოიცავს და ავტორები მრავალჯერადი მოვლენებით დაგროვილ ხანგრძლივ არქივს აღწერენ.
- ეს **არ** ნიშნავს, რომ ღრმა ოკეანე ახლა კარგადაა რუკაზე დატანილი. ეს ადგილი ერთ გეოლოგიურ დერეფანში იშვიათი და ძვირი წყალქვეშა სამუშაოებით აღმოაჩინეს; ნაშრომი სწორედ იმიტომაა მნიშვნელოვანი, რომ ასეთი ჩანაწერები ჩვეულებრივ მწირია.
- ეს **არ** აქცევს საზოგადოების ყველა სახეობას ახლად აღმოჩენილ სახეობად. ავტორები წერენ, რომ ბევრი შეგროვებული ტაქსონი შესაძლოა ახალი იყოს, მაგრამ უმეტესობა მხოლოდ გვარის ან ოჯახის დონეზეა იდენტიფიცირებული; ბარკოდირების შედარებით მხოლოდ ერთი ვეზიკომიიდი ორსაგდულიანია საიმედოდ სახეობამდე მიყვანილი.
- ეს **არ** ადგენს თითოეული ვეშაპის სიკვდილის სრულ მიზეზს. ავტორები ერთობლივ ახსნას გვთავაზობენ — მიგრაცია, ღრმა საკვების ძიება, ტოპოგრაფია, შენარჩუნება და დანალექი პირობები. ეს თითოეული ცხოველის სიკვდილის მექანიზმის დამტკიცება არაა.

რამდენად ძლიერია მტკიცებულება?

თავად ადგილის არსებობის მტკიცებულება ძლიერია: უშუალო წყალქვეშა დაკვირვებები, ასობით რუკაზე დატანილი ჩანაწერი, ფიზიკური ნიმუშები, ზოგი ცხოველის გენეტიკური იდენტიფიკაცია და ნამარხი ძვლების იზოტოპური დათარიღება. ყველაზე ძლიერი მტკიცებები დაკვირვებითია: ადგილი არსებობს; ის ძალიან ღრმაა და ფართო; იქ აქტიური ვეშაპის-დაცემის საზოგადოებებია; და ზოგი ნამარხი მასალა მილიონობით წლისაა.

მიზეზობრივი ახსნა აუცილებლად უფრო რბილია. ნაშრომს შეუძლია აჩვენოს, სადაა ნარჩენები, რა არის მათი ნაწილი, რამდენი წლისაა ზოგი და რა ცხოვრობს აქტიურ დაცემებზე. მაგრამ სიკვდილის მოვლენებს უკან ვერ გადაახვევს. წარმოშობის შემოთავაზებული სურათი ეკოლოგიის, ფიზიოლოგიის, ფსკერის ფორმისა და შენარჩუნების პირობებისგან აგებული რეკონსტრუქციაა. პალეოეკოლოგიაში ეს ნორმალურია: ძლიერი დასკვნა, მაგრამ ერთმანეთისკენ მიმართული კვალის ერთობლიობიდან და არა თავდაპირველი მოვლენების უშუალო დაკვირვებიდან.

რატომ არის ეს მნიშვნელოვანი

ვეშაპის დაცემა ხანმოკლე ნადიმია, რომელიც ხანგრძლივ ჰაბიტატად შეიძლება გადაიქცეს. ის ზედაპირულ ცხოველს ღრმა ფსკერთან აკავშირებს და ნახშირბადს, ძვალსა და ქიმიურ ენერგიას ისეთ გარემოში მიაქვს, სადაც საკვები მწირია. ამავე დროს ის სპეციალიზებული ცხოველებისთვის კუნძულივით მუშაობს: ძვალში შემღრღნელი ჭიები, გოგირდის დამჟანგავ სიმბიონტებთან მცხოვრები ორსაგდულიანები, ოფიურები და გასტროპოდები ნარჩენების ირგვლივ შეიძლება კონცენტრირდეს.

Diamantina Zone ამ სურათს დროსაც უმატებს. შედეგი გვანიშნებს, რომ ზოგ ღრმა ფსკერს ვეშაპის-დაცემის ეკოსისტემების შენახვა შეუძლია არა მხოლოდ ცალკეულ მოვლენებად, არამედ ვეშაპების ეკოლოგიისა და ევოლუციის არქივადაც. ნისკარტიანი ვეშაპების შესწავლა განსაკუთრებით რთულია, რადგან ისინი ადამიანთა თვალს მოშორებით ცხოვრობენ და იკვებებიან; ფსკერზე მათი ძვლების დაგროვებამ შეიძლება ისეთი სახეობები, გავრცელება და ევოლუციური ისტორია გვაჩვენოს, რასაც ზედაპირული დაკვირვებები ვერ იჭერს.

ზუსტი ამბავი არაა „მეცნიერებმა ოკეანეში ვეშაპების სასაფლაო იპოვეს“. რეალობა უფრო უცნაური და უფრო სასარგებლოა: ღრმა გეოლოგიურმა დერეფანმა იმდენი ვეშაპის სიკვდილი შეინახა, რომ ჩვეულებრივ ხანმოკლე ეკოსისტემა მრავალმილიონწლიან ჩანაწერად გადაიქცა.

მოკლე შეჯამება

სამხრეთ-აღმოსავლეთ ინდოეთის ოკეანეში Diamantina Zone-ის მკვლევრები ვეშაპის დაცემებისა და ნამარხების უზარმაზარ ღრმა ზღვის დაგროვებას აღწერენ: დაახლოებით 1,200 კილომეტრზე 485 დაფიქსირებული ადგილი და აქტიური დაცემა, დაახლოებით 7,000 მეტრამდე სიღრმეზე, ნამარხების ასაკით 5.26 მილიონ წლამდე. ადგილზე ცხოვრობს სპეციალიზებული ვეშაპის-დაცემის საზოგადოებები და შენარჩუნებულია როგორც თანამედროვე, ისე გადაშენებული ვეშაპების ხაზები, განსაკუთრებით ნისკარტიანი ვეშაპები. შედეგი იშვიათი ღრმა ზღვის არქივია — არა პირდაპირი მნიშვნელობით სასაფლაო, არა ერთი მასობრივი სიკვდილის მოვლენა და არა იმის მტკიცებულება, რომ ღრმა ოკეანე უკვე კარგადაა გაგებული. მთავარი დასკვნა უფრო ვიწრო და უფრო ძლიერია: შესაბამის ფსკერულ პირობებში ვეშაპის სიკვდილმა შეიძლება მილიონობით წლის ჩანაწერი დატოვოს.

წყაროები

Peng et al., A 5.3-million-year-old deep-sea whale necropolis in the Diamantina Zone, Nature 654, 978-983 (2026)
https://doi.org/10.1038/s41586-026-10546-z

Science Data Bank dataset for the original in situ images and microbial MAGs
https://doi.org/10.57760/sciencedb.28830

MorphoBank project P6064 — original images of investigated whale-fall species
https://morphobank.org/permalink/?P6064