



The CLEAN PAPER

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

Et fossilarkiv fra New Mexico komplicerer dinosaurernes sidste kapitel

Et Science-studie omdaterer Naashoibito-medlemmet i New Mexico til de sidste få hundrede tusind år før asteroidenedslaget. Det betyder noget, fordi det meste af den bedste evidens om dinosaurer fra sen kridttid kommer længere mod nord. Det nye sydlige arkiv antyder, at det vestlige Nordamerika stadig havde regionalt forskellige dinosaurfaunaer nær enden, snarere end ét ensartet samfund i tilbagegang. Det beviser ikke, at ethvert dinosaurøkosystem på verdensplan trivedes indtil nedslaget; det viser, hvorfor et regionalt fossilarkiv kan gøre en global historie for glat.

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

Paper: *Late-surviving New Mexican dinosaurs illuminate high end-Cretaceous diversity and provinciality*, Andrew G. Flynn, Stephen L. Brusatte, Alfio Alessandro Chiarenza, Jorge García-Giron, Adam J. Davis, C. Will Fenley IV, Caitlin E. Leslie, Ross Secord, Sarah Shelley, Anne Weil, Matthew T. Heizler, Thomas E. Williamson, and Daniel J. Peppe, *Science* 390, 400-404 (2025) · DOI: 10.1126/science.adw3282

Et sydligt vidne nær enden

De sidste dinosaurer bliver ofte fortalt gennem de nordlige Great Plains: Montana, Dakota-staterne, Hell Creek-verdenen. Det arkiv er godt nok til at blive velkendt, og det velkendte har en tendens til at udgive sig for at være fuldstændigt. Fossiler er ikke jævnt fordelt, for historien har ikke været venlig nok til at arkivere sig selv for os.

En ny artikel i Science tilføjer et sydligt vidne. Forfatterne studerede Naashoibito-medlemmet i San Juan-bassinet i New Mexico, en fossilførende bjergartsenhed hvis alder har været omdiskuteret i årtier. Hvis disse fossiler var ældre, ville de have lidt at sige om de sidste øjeblikke før asteroidenedslaget. Hvis de var fra allerseneste kridttid, ville de betyde meget.

Artiklens svar er det sidste. Ved hjælp af ny geokronologi og magnetostratigrafi argumenterer holdet for, at de vigtigste dinosaurførende horisonter i Naashoibito-medlemmet ligger inden for cirka **340.000 år** fra kridt-palæogæn-grænsen. Det placerer New Mexicos dinosaurer tæt nok på afslutningen til at kunne sige noget om det gamle spørgsmål: var dinosaurerne allerede i en langvarig tilbagegang, eller var mange økosystemer stadig regionalt forskellige, da nedslaget ramte?

Det omhyggelige svar er ikke “dinosaurerne havde det fint, og så bragede det løs.” Den sætning har god rytme og dårlige manerer. Det bedre svar er snævrere og mere nyttigt: i det vestlige Nordamerika understøtter et velbestemt sydligt arkiv et billede af sene dinosaurfaunaer, der stadig var regionalt særprægede, ikke ét enkelt lavdiversitetssamfund, der visnede overalt på samme tid.

Det er nok. Det behøver ikke en højere hat.



Bisti/De-Na-Zin Wilderness i New Mexico, et badlands-landskab i det bredere San Juan-bassin-område. Billedet er kontekst, ikke bevis fra Science-artiklen: studiets argument hviler på daterede fossilførende lag, ikke på landskabelighed.

Bob Wick / BLM California CC BY 2.0

Hvad betyder "inden for 340.000 år" her?

Asteroidenedslaget og kridt-palæogæn-grænsen er dateret til cirka **66,052 millioner år siden**. Spørgsmålet er, hvor de fossilførende bjergarter ligger i forhold til den linje.

Forfatterne daterede ikke dinosaurknogler direkte og erklærede sagen for afsluttet. De daterede vulkanske mineralkorn, især sanidin, fra sandsten i Naashoibito-sektionen ved hjælp af $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -geokronologi og kombinerede disse dateringer med **magnetostratigrafi**: registreringen af Jordens magnetiske polvendinger bevaret i bjergarter.

Kort fortalt: én prøve giver en maksimal aflejringsalder på **$66,87 \pm 0,04$ millioner år**, en anden dinosaurførende prøve giver **$66,38 \pm 0,08$ millioner år**, og det magnetiske mønster placerer den øvre del af sektionen i kridttidens sidste interval med omvendt polaritet. Tilsammen placerer disse begrænsninger de vigtigste dinosaurførende horisonter meget tæt på grænsen. Det er et geologisk ur, ikke et stopur, men det er tæt nok på til at ændre argumentet.

Hvad forfatterne gjorde

Holdet kombinerede to slags arbejde, der har brug for hinanden. Først finjusterede de alderen på Naashoibito-medlemmet. Enheden ligger over ældre campanium-bjergarter og under tidlig palæocæn-bjergarter, men dens præcise alder har været omstridt: nogle tidligere fortolkninger placerede den omkring 70-69 millioner år siden, andre argumenterede for en allerseneste kridttid-salder, og enkelte påstande skubbede endda dele af arkivet ind i palæocæn. Forfatterne opmålte lagfølger, indsamlede prøver fra dinosaurførende lokaliteter, daterede detritiske sanidinkorn med $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -metoder og knyttede sektionen til kendte intervaller af magnetisk polaritet.

Dernæst spurgte de, hvordan faunaen så ud i kontekst. De samlede data om forekomster af terrestriske og ferskvandslevende hvirveldyr fra det vestlige Nordamerika på tværs af campanium, maastrichtium og tidlig palæocæn, og brugte derefter økologiske og biogeografiske metoder til at teste, om faunaerne var regionale eller ensartede. Nøgleordet er **provinsialitet**: hvorvidt forskellige regioner havde forskellige samfund, i modsætning til de samme dyr overalt.

Dette betyder noget, fordi én version af den sene dinosaurhistorie siger, at det vestlige Nordamerika blev mere ensartet i maastrichtium, med færre regionale forskelle og en mere kosmopolitisk fauna. Et mere ensartet system med lavere diversitet kunne være lettere at forestille sig som sårbart før asteroiden. Et regionalt struktureret system fortæller en anden historie.

Hvad de fandt

Dateringen er omdrejningspunktet. To dinosaurførende Naashoibito-prøver bærer sene maastrichtium-begrænsninger. Én sandstensprøve, H08-Sand-08, gav en maksimal aflejringsalder på **66,87 ± 0,04 millioner år**. En prøve fra “34-Bone Site”, der indeholder et delvist skelet af en lambeosaurin hadrosaur, gav en maksimal aflejringsalder på **66,38 ± 0,08 millioner år**. Kombineret med registreringen af magnetisk polaritet placerer forfatterne de store dinosaurførende horisonter i Naashoibito inden for cirka **340.000 år** fra K-Pg-grænsen.

Det gør San Juan-bassin-arkivet stort set samtidigt med de bedre kendte Hell Creek-faunaer længere mod nord. Det adskiller også Naashoibito-dinosaurerne fra den tidligste palæocæne Nacimiento-fauna med cirka **700.000 år**, hvilket betyder noget, fordi ingen ønsker ved et uheld at placere ikke-fugle-dinosaurer på den forkerte side af udslettelsesgrænsen. Det ville være rodet, og også forkert.

Det økologiske resultat udgør den anden halvdel. På tværs af de allerseneste kridttidsintervaller, som de analyserede, fandt forfatterne belæg for **to bioprovinser** i det vestlige Nordamerika. Dinosaurer, når de blev analyseret for sig selv, delte sig op i to bioprovinser i alle de allerseneste kridttidsintervaller i studiet. Artiklen argumenterer for, at disse regionale forskelle ikke bare kollapsede til én ensartet fauna før asteroidenedslaget.

Drivkraften var ikke bare en linje trukket fra nord til syd. Deres analyser peger på **temperatur** som den vigtigste faktor, der formede disse bioprovinser i kridttiden, med geografi som en sekundær faktor. Varmere sydlige regioner tilgodeså muligvis nogle dyr, som sauropoder, mens køligere nordlige regioner tilgodeså andre, som hadrosaurider. Pointen er ikke, at hver provins havde det bedre end enhver anden. Pointen er, at kortet over sen kridttid stadig havde struktur.

Hvad dette *ikke* beviser

- Det beviser **ikke**, at dinosaurer overalt på Jorden trivedes indtil asteroiden ramte. Forfatterne er eksplicitte om, at dette stadig i vid udstrækning er et nordamerikansk billede.
- Det udsletter **ikke** belæg for tilbagegang i visse grupper, regioner eller analyser. Det går imod en alt for glat, kontinentbred historie, ikke imod enhver mulig version af stress før udslettelsen.
- Det viser **ikke**, at asteroiden var uvæsentlig. Nedslaget forbliver hovedbegivenheden ved grænsen; denne artikel spørger, hvilken slags økosystemer der blev ramt.
- Det gør **ikke** New Mexico til et perfekt vindue ud til hele planeten. Det tilføjer et sydligt datapunkt, der havde manglet i et arkiv domineret af nordlige lokaliteter.
- Det gør **ikke** “trivedes indtil nedslaget” til en sikker overskrift. Det er påstanden i sin bredeste form, ikke resultatet i sin reneste form.

Hvor stærk er evidensen?

Hvad angår alderen på de dinosaurførende horisonter i Naashoibito, er hovedtekstens evidens stærk nok til at betyde noget. Forfatterne kombinerer radioisotopiske dateringer fra detritiske sandinkorn med magnetostratigrafi, og de vigtigste dateringer stemmer overens med en fortolkning som allerseneste kridttid. Artiklen forholder sig også direkte til den ældre kontrovers om, hvorvidt disse fossiler var meget ældre, fra allerseneste kridttid, eller endda fra palæocæn.

Der er stadig et teknisk forbehold. Den detaljerede geokronologi, den magnetiske fortolkning og datatabellerne findes i Science's supplerende materiale. Hovedartiklen giver de nødvendige påstande og tal, men et endeligt publiceringstjek bør gennemgå det supplerende materiale, før hver metodisk detalje betragtes som afklaret.

Hvad angår den bredere økologiske påstand, er evidensen antydende og nyttig, men mere modelafhængig. Forfatterne bruger forekomstdatasæt, klyngeanalyse og resampling til at udlede bioprovinser. Det er den rette slags værktøj til spørgsmålet, men det betyder også, at resultatet afhænger af fossilindsamling, taksonomiske tilskrivninger, tidsinddeling og den måde, hvorpå fravær håndteres. Fossilarkiver er data med manglende tænder.

Den sikreste læsning er derfor delt: New Mexico-arkivet er et reelt og vigtigt sydligt arkiv fra sen kridttid; konklusionen om, at det vestlige Nordamerika bevarede regional faunistisk struktur nærmest, er godt underbygget af forfatternes analyser; springet fra dette til global dinosaursundhed bør man modstå.

Hvorfor det betyder noget

Den gamle debat om dinosaurernes tilbagegang handler ikke kun om dinosaurer. Den handler om, hvor meget vægt ét fossilarkiv kan bære.

Hvis det bedste arkiv fra sen kridttid kommer fra de nordlige Great Plains, er det fristende at lade det arkiv stå som repræsentant for kontinentet, og derefter lade kontinentet stå som repræsentant for verden. Det er effektivt. Det er også, hvordan et regionalt mønster bliver til en global historie ved at tage elevatoren uden billet.

New Mexico-resultatet gør historien mindre glat. Det siger: se mod syd. Her er en dinosaurførende enhed tæt på grænsen. Her er faunaer, der ikke bare gentager de nordlige. Her er belæg for, at temperatur og regional økologi stadig betød noget sent i forløbet.

Det gør ikke asteroiden mindre katastrofal. Om noget gør det katastrofen skarpere. Nedslaget ramte ikke afslutningen på ét enkelt forenklet økosystem. Det ramte et sæt af regionale verdener, der stadig havde deres egne ordninger.

Der er også en stille lære i artiklen. God datering ændrer fortællingen. En fossilsamling uden en sikker alder kan blive et rygte med knogler. Placer den på den rette del af uret, og de samme fossiler bliver til evidens.

Kort fortalt

Et Science-studie genundersøger Naashoibito-medlemmet i New Mexico, en dinosaurførende enhed, hvis alder længe har været omdiskuteret. Ved hjælp af detritisk sandin-⁴⁰Ar/³⁹Ar-datering og magnetostratigrafi begrænser forfatterne de vigtigste dinosaurførende horisonter til inden for cirka 340.000 år fra kridt-palæogæn-grænsen, hvilket gør dem til blandt de sidst kendte ikke-fugle-dinosaurer i Nordamerika og stort set samtidige med Hell Creek-faunaerne længere mod nord. Dernæst bruger de økologiske og biogeografiske analyser af forekomster af hvirveldyr i det vestlige Nordamerika til at argumentere for, at faunaerne i sen kridttid bevarede regional struktur: dinosaurerne delte sig op i to bioprovinser, og temperatur synes at have været en væsentlig drivkraft bag disse forskelle. Resultatet går imod tanken om én lavdiversitets-, kontinentbred dinosaurfauna, der visnede ensartet før asteroidenedslaget. Det beviser ikke global dinosaursundhed, løser ikke enhver debat om tilbagegang og viser ikke, at alle dinosaurer trivedes indtil enden. Det viser, at et bedre dateret sydligt arkiv gør den sidste nordamerikanske historie mere regional, mere struktureret og mindre glat.

Tjek uden omsvøb

Hvad artiklen viser: De dinosaurførende horisonter i Naashoibito-medlemmet i New Mexico er fra allerseneste kridttid, sandsynligvis inden for cirka 340.000 år fra K-Pg-grænsen, og det vestlige nordamerikanske hvirveldyrarkiv understøtter vedvarende regionale bioprovinser nær enden.

Hvad der er plausibelt, men ikke bevist: At mange dinosaurøkosystemer stadig var robuste lige før asteroidenedslaget; at temperatur hjalp med at opretholde adskilte nordlige og sydlige faunistiske verdener; at den ældre idé om en enkel, kontinentbred tilbagegang er for glat.

Hvad det ikke viser: At dinosaurer overalt trivedes; at ingen grupper eller regioner var i tilbagegang; at asteroiden ikke var hovedudløseren for udslettelsen; at New Mexico alene omskriver den globale afslutning på kridttiden.

Vigtigste begrænsninger: Regionalt fossilarkiv; modelafhængig provinsialitetsanalyse; skævheder i fossilindsamling; detaljeret geokronologi og forekomstmetoder skal stadig tjekkes endeligt mod Science's supplerende materiale.

Hvor meget tillid bør en almindelig læser have? Høj tillid til, at New Mexico nu udgør et vigtigt sydligt dinosaurarkiv fra sen kridttid. God tillid til, at det vestlige Nordamerika bevarede regional faunistisk struktur nær enden. Lav tillid til, at dette kan komprimeres til "dinosaurerne havde det fint overalt indtil asteroiden." Det reelle resultat er bedre: det sidste kapitel var ikke én flad, kontinentbred historie.

Kilder

Flynn et al., Late-surviving New Mexican dinosaurs illuminate high end-Cretaceous diversity and provinciality, Science 390, 400-404 (2025)
<https://doi.org/10.1126/science.adw3282>