

# Prehistorische massamoord

Welke factoren leiden tot het grote uitsterven?

**Meteorietinslagen, vulkaanuitbarstingen en klimaatveranderingen teisteren de aarde al sinds zijn ontstaan. Niet zonder gevolg: meerdere keren leidde een desastreuze samenloop van omstandigheden zelfs tot een grootscheepse vernietiging van leven. Hoe gaat dat, zo'n 'massamoord'? KIJK doet prehistorisch detectivewerk.**

Tekst: Marysa van den Berg

Zo'n 252 miljoen jaar geleden kauwt een kudde dicynodonten, zoogdierreptielen ter grootte van ossen, vredig op plantenblaadjes op een vlakte in het huidige Siberië. Maar de rust wordt wreed verstoord. De aarde trilt, en houdt niet meer op met trillen. De aardkorst breekt open en een gigantische hoeveelheid lava baant zich een weg naar buiten. Heet gas, koolstof en andere troep spuit met kracht uit de ontstane breuk in het landschap. Een enorme paddenstoelpluim verspreidt zich in de atmosfeer. De dicynodonten vluchten, maar nergens zijn ze veilig.

Dit is niet zomaar een vulkaanuitbarsting, of zelfs een supervulkaanuitbarsting (zie KIJK 5/2012, pagina 28). Wel is het een van de vele gigantische erupties in honderduizenden jaren tijd waarbij enkele miljoenen kubieke kilometers lava over een gebied groter dan Europa stroomden en waarvan de overblijfselen nu de zogenoemde Siberische Trappen vormen. De hoeveelheid gassen die vrijkwam, kent nauwelijks zijn gelijke in de geschiedenis van de bewoonde aarde. Het leidde tot een catastrofale klimaatverandering: 96 procent van het zeeleven en 70 procent van het landleven werd uitgeroeid. Deze massa-uitsterving staat niet voor niets bekend als The Great Dying.

De officiële naam voor The Great Dying is Perm-Trias- of P-T-extinctie, naar de overgang tussen de geologische tijdperken Perm en Trias. Dit was inderdaad de grootste, maar zeker niet de enige wereldwijde massasterfte op onze planeet. Er waren vijf massa-uitstervingen waarbij meer dan driekwart van al het leven op aarde verdween, en dan hebben we het nog niet eens over de vele kleinere. De oorzaken zijn lang niet altijd even makkelijk aan te wijzen. Als detectives proberen geologen en paleontologen de puzzelstukjes in elkaar te passen.

Om uit te kunnen leggen wat zij tot nu toe over de oorzaken en gevolgen te weten zijn gekomen, beginnen we bij de bekendste en meest besproken massaextinctie. Die vond zo'n 65 miljoen jaar geleden plaats op de grens van het Krijt en het Tertiair (de K-T-grens) en betekende het einde van de dinosauriërs.

## Exotisch metaal

Gegeven het feit dat massale uitstervingsgolven nogal belangrijk waren in de geschiedenis van de aarde, is het gek dat het verschijnsel pas echt aandacht kreeg in de tweede helft van de twintigste eeuw. Natuurlijk, er lopen nu geen dinosauriërs meer rond, dus die moeten een keer zijn uitgestorven. Maar niemand had een idee waardoor en hoe plotseling dat gebeurde. Sterker nog: suggereerde je als wetenschapper de mogelijkheid van grote meteorietinslagen of heftige vulkaanuitbarstingen als massamoordenaar van leven, dan werd je voor 'catastrofist'

uitgemaakt.

Dat veranderde allemaal in de jaren zeventig, toen geoloog Walter Alvarez en zijn vader Luis, een deeltjesfysicus, in het Italiaanse Apennijnengebergte de befaamde K-T-grens in het gesteente onderzochten. Al eerder was het enkele wetenschappers opgevallen dat het aantal planktonfossielen in de periode na deze grens sterk terugliep, en dat ze kleiner van stuk waren. Vader en zoon Alvarez vonden samen met twee kernfysici juist op deze grens een enorme hoeveelheid van het exotische metaal iridium. “Zo’n sterke verrijking van dit element op het aardoppervlak kan eigenlijk alleen maar worden verklaard door aanvoer uit de ruimte, oftewel een meteorietinslag”, zegt Micha Ruhl, een Nederlandse geoloog die verbonden is aan de Universiteit van Kopenhagen.

Maar veel paleontologen waren nog altijd sceptisch. De kennis over iridium was beperkt. Misschien viel een dergelijke piek wel op een andere manier te verklaren? En als het een inslag betrof, waar was de bijbehorende gigantische krater dan? Al snel volgden nieuwe aanwijzingen. Op de K-T-grens van diverse andere plekken op aarde werden óók iridium-hotspots aangetroffen. Verder vonden onderzoekers kristaldruppeltjes (tektieten) die ontstaan wanneer gesteente bij een impact smelt en kaarsrechte breuklijnen in kwarts die alleen maar het gevolg kunnen zijn van de hevige drukkracht van een inslag. Als klap op de vuurpijl werd in 1996 bij het Yucatánschiereiland in de Golf van Mexico een ruim 180 kilometer grote inslagkrater gevonden: de Chicxulubkrater.

Dat er op meer dan 5000 kilometer van deze krater nog tekenen van de inslag werden aangetroffen, laat er geen twijfel over bestaan dat de dreun wereldwijd desastreuze gevolgen moet hebben gehad. De kracht die bij het inslaan van de circa 10 kilometer grote meteoriet vrijkwam, was 2 miljoen keer zo groot als de krachtigste waterstofbom die ooit door de mens is getest. Impactmodellen wijzen uit dat zich aardbevingen van zeker 12 op de schaal van Richter hebben voortgedaan (minstens duizend keer zo sterk als de verwoestende zeebeving van eind 2004 voor de kust van Indonesië). En het instorten van het Yucatánplatform moet tot een reeks enorme tsunami’s in de Golf van Mexico hebben geleid.

## **10.000 gigaton gifgas**

De impactpluim van de Chicxulub-inslag bestond uit hete lucht, brokstukken en verdampt gesteente. Hij schoot met een rotgang de atmosfeer uit, om bij het terugvallen naar de aarde een paar uur lang voor een intense hittestraling te zorgen, vergelijkbaar met een oven op de grillstand. “Mogelijk ontstonden daardoor wijdverspreide bosbranden”, zegt geofysicus Norm Sleep van de Stanford-universiteit (VS). “De stofwolk zorgde ervoor dat de aarde jarenlang in duisternis en kou werd gehuld, wat een uitstervingsgolf teweegbracht onder planten die voor hun energie afhankelijk zijn van licht.”

Die afkoeling tot wel 10 graden Celsius was overigens slechts tijdelijk. Brandend carbonaatgesteente bij Yucatán zorgde voor een enorme koolstofdioxide-uitstoot, die een op hol geslagen broeikaseffect voortbracht dat decennialang aanhield. En dan was er ook nog de zure regen door de vrijgekomen zwavelgassen. Kortom, de gevolgen voor het leven op aarde logen er niet om. Grote groepen dieren en planten stierven dan ook uit, van dinosauriërs en zeemonsters tot insecten en plankton. Maar er zijn wetenschappers die het verband tussen de Chicxulubinslag en de massa-uitsterving op de K-T-grens in twijfel trekken. Een van hen, Gerta Keller van de Princeton-universiteit (VS), zegt: “Bij nadere analyse van de impactlagen vonden we de tektieten een stukje ónder de K-T-grens die de uitsterving markeert. De inslag

moet dus ruim vóór de massaextinctie hebben plaatsgevonden en kan volgens mij nooit de oorzaak ervan zijn geweest.”

In plaats daarvan heeft Keller een heel andere verklaring voor de uitroeiing van de dinosauriërs: hevig vulkanisme in het prehistorische India. Daar liggen nu de Deccan Traps, een uit gestolde basaltlava bestaand plateau met een oppervlakte van 500.000 vierkante kilometer en een dikte van ongeveer twee kilometer. Zo'n plateau wordt ook wel een *large igneous province* (LIP) genoemd (de eerdergenoemde Siberische Trappen zijn er een voorbeeld van). De meeste ontstaan door mantelpluimen in de aardmantel (paddenstoelvormige magmabellen) of door de beweging van tektonische platen, of door een combinatie van beide. De laatste keer dat zo'n LIP uitbarstte, betrof het de IJslandse vulkaan Laki in 1783. Toen leidde de uitstroom van zwavelgassen tot mislukte oogsten in het noorden van Europa en de hongerdood van circa 6 miljoen mensen. Het ging daarbij om 'slechts' 15 kubieke kilometer lava. Wat zouden miljoenen kubieke kilometers dan wel niet voor gevolgen hebben?

Dat hebben de toenmalige aardbewoners 65 miljoen jaar geleden aan den lijve ondervonden, zegt Keller. Zij zag dat de keldering in planktonfossielen in de lava-afzettingen in India samenviel met de tweede en krachtigste serie uitbarstingen van de Deccan Traps. Een derde eruptiefase maakte de aarde vervolgens 500.000 jaar lang onbewoonbaar. “Zowel de Chicxulubinslag als het Deccanvulkanisme veroorzaakte aardbevingen, tsunami's, branden en de uitstoot van zwavelgassen en koolstofdioxide. Maar het grote verschil tussen de twee is de hoeveelheid gas die vrijkwam. Bij de impact was dat maximaal 500 gigaton zwaveldioxide en bij één enkele puls van de Deccanuitbarstingen al 150 gigaton, met in totaal ruim 10.000 gigaton van het verstikkende gas. Daarnaast is deze vulkanische uitstoot ook nog eens verspreid over tienduizenden jaren, in tegenstelling tot de inslag. Een enkele puls kan de aarde wel aan, maar elke keer een nieuwe 'injectie' geeft de atmosfeer niet de kans om zich te herstellen. Het rampzalige resultaat is bekend”, vertelt Keller. Het klinkt plausibel, maar Kellers verklaring kan op haar beurt óók op stevige kritiek rekenen. “De datering van de Deccan Traps is matig en de precieze timing ten opzichte van de K-T-grens vormt voor mij een vraagteken”, stelt Kirk Johnson, als geoloog en paleontoloog werkzaam aan het Denver Museum of Nature & Science (VS). Hij is een van de 41 auteurs van een artikel in *Science* uit 2010 dat de bewijzen voor beide oorzaken van de K-T-massa-uitsterving naast elkaar legt. Zijn conclusie: “Er is nog geen definitief antwoord, maar de meteoriet leidt de dans.”

## **Megabroeikaseffect**

Terwijl wetenschappers nog altijd aan het bakkeleien zijn over de oorzaak van de bekendste massa-uitsterving aller tijden, valt er over de boosdoener van de grootste aller tijden, die van de P-T-grens, niet te twisten. De aanwijzingen voor de uitbarstingen van de Siberische Trappen zijn overweldigend. De veroorzaker was een uitzonderlijk ontvlambare mantelpluim die zich met geweld een weg baande door een dikke, vloeibare steenkoollaag, wat tot een dodelijk explosieve mix leidde. Het gevolg was niet alleen de uitstoot van enorme hoeveelheden van het broeikasgas koolstofdioxide. “De steenkool ontbrandde en daarbij kwamen grote hoeveelheden vliegias vrij. Samen met andere gassen vergiftigde dit de zeeën en de atmosfeer”, vertelt Sleep, een expert op dit gebied. Vliegias is een giftig bijproduct van moderne kolenverbranding, waarbij het wordt weggefilterd, maar in de prehistorische atmosfeer bleef het zich maar ophopen. Bovendien ging de pluim ook nog eens dwars door zoutafzettingen heen, waardoor grote hoeveelheden chloor- en

fluorgas (bij elkaar ruim 10.000 gigaton) vrijkwamen die bijdroegen aan een flink gat in de ozonlaag, waardoor UV-straling vrij spel had op de aarde.

Daarnaast leidden de uitbarstingen van de Siberische Trappen, net als die van de Deccan Traps, tot een versneld broeikas-effect. Een snelle, wereldwijde temperatuurstijging van 6 graden Celsius zorgde er bijvoorbeeld in een mum van tijd voor dat het vochtige en gematigde zuiden van prehistorisch Afrika veranderde in een warm en gortdroog landschap.

Maar alleen de enorme toename in koolstofdioxide in de atmosfeer kan zo'n plotselinge verandering niet volledig verklaren; er moet een ander broeikasgas in het spel zijn geweest. Er zijn sterke aanwijzingen dat het om methaangas gaat dat massaal vrijkwam uit de bevroren zeebodem en permafrost. En aangezien methaan een dertig keer zo sterk broeikasgas is als koolstofdioxide, liep de temperatuur alleen nog maar verder op.

Een dermate snelle opwarming aan het eind van het Perm leidde ook tot barre omstandigheden in de oceanen. "De opwarming zorgde ervoor dat de oceaancirculatie bijna tot stilstand kwam, waardoor het zeewater een tekort aan zuurstof kreeg. Daarnaast neemt warm water ook nog eens minder zuurstof op uit de lucht", zegt Thomas Algeo, geoloog aan de Universiteit van Cincinnati (VS). Een bijkomend probleem was dat de zure regen voor verweering van gesteente aan land zorgde. De overtollige voedingsstoffen gleden af naar de zee, waardoor de algenpopulatie explodeerde. Bij het afsterven en het verval van de algen werd vervolgens zuurstof verbruikt, wat het zuurstofgehalte in de zeeën alleen maar meer liet dalen.

## **Zeeleven in het nauw**

Opwarming is een uitermate slinkse massamoordenaar, maar onderschat afkoeling ook niet. Precies dat gebeurde aan het einde van het tijdperk Ordovicium, zo'n 445 miljoen jaar geleden. Het supercontinent Gondwana, dat onder andere bestond uit de huidige continenten Antarctica, Zuid-Amerika, Afrika en Australië, bewoog toen door plaatbeweging toevallig over de zuidpool. Ongeveer op datzelfde moment ontstonden er door de botsingen van continenten nieuwe bergketens (zoals de Appalachen in het oosten van de VS), die door verweering veel koolstofdioxide uit de lucht haalden. Beide processen hadden ijskapvorming op Gondwana tot gevolg, waardoor de zeespiegel vervolgens ging dalen.

Zo'n zeeniveaudaling kan vernietigend zijn voor het leven op het continentale plat, het ondiepe deel van de zee nabij een kust. Alle grote koraalriffen bevonden en bevinden zich in dit gebied. "Bij een sterke zeespiegeldaling komt het continentaal plat droog te staan. Alle organismen die in dit voedselrijke water leven, zitten dan in het nauw. Een sterke afname van de biodiversiteit is het gevolg", legt Ruhl uit. Verschillende pulsen met een dalend en plots weer stijgend zeeniveau waren voor veel zeeorganismen (die op dat moment het grootste deel van het leven vormden) te veel: ruim 80 procent van de soorten stierf uit.

Ook aan het einde van het Perm was er sprake van een grote daling van het zeeniveau, maar dan over een wat langere tijdspanne. Het zette de ecosystemen in de oceanen al aardig onder druk en de Siberische Trappen moesten nog uitbarsten. Toen dat gebeurde, had de opwarming weer een zeespiegelstijging tot gevolg; het eerdergenoemde zuurstofarme water kon zich verspreiden. Een explosieve toename van zwarte schalie (gesteente dat alleen ontstaat onder zuurstofarme omstandigheden) op de P-T-grens bewijst dat een wereldwijd gebrek aan zuurstof het gevolg was. Geen wonder dat het zeeleven in die periode zo zwaar werd

getroffen. Veel soorten kwamen letterlijk om door verstikking.

## Aardhik

Nu de oorzaken van de massa-uitstervingen bekend zijn, is het tijd om de balans op te maken. Van de tien gedocumenteerde LIP-erupties kun je er minstens zeven als hoofdverdachte of medeplichtige aanmerken voor een wereldwijde massamoord. Van de twaalf plotselinge zeespiegelveranderingen lijken er zeven betrokken te zijn bij grootschalige of kleinschalige massa-uitstervingen. Verstikking door zuurstoftekort lijkt bij de meest massaextincties eveneens een rol te hebben gespeeld. Wat betreft meteorietinslagen lijkt alleen het projectiel van 65 miljoen jaar geleden op wereldwijde schaal dood en verderf te hebben gezaaid.

Een patroon valt in dit alles niet echt te ontdekken. In plaats daarvan krijgt de aarde eens in de zoveel tijd de hik, zoals geoloog en paleontoloog Tony Hallam het noemt. 'Stille' periodes worden af en toe onderbroken door periodes waarin de hel op aarde losbreekt. Zo lijken mantelpluimen eens in de tientallen miljoenen jaren naar het aardoppervlak te stijgen, met hevig vulkanisme tot gevolg. Plaatbewegingen gaan continu door, wat af en toe tot vulkaanuitbarstingen of ijstijden leidt. En vernietigende meteorietinslagen lijken zelfs helemaal niet in een bepaalde frequentie voor te komen.

Maar sinds enkele tienduizenden jaren hebben we te maken met een extra factor: de mens. De meeste wetenschappers zijn het er inmiddels over eens dat we op de rand staan van een nieuwe massa-uitsterving. Die begon al bij het verdwijnen van diverse vormen van megafauna (dieren zwaarder dan 44 kilogram) ten tijde van de laatste ijstijd, zo'n 10.000 jaar geleden. De wolharige mammoet en het reuzenhert verdwenen bijvoorbeeld als gevolg van menselijke jachtpartijen (hoewel klimaatverandering ook een rol moet hebben gespeeld; zie KIJK 6/2012, pagina 12). Maar de laatste honderd jaar lijkt de menselijke factor steeds zwaarder te wegen. Sinds begin 2011 kunnen we daar nu ook cijfers op plakken. Een studie in *Nature* liet zien dat de uitsterving van vogel-, zoogdier-, amfibie- en reptielensoorten in de laatste vijfhonderd jaar sneller gaat dan de extinctie van diezelfde soorten in alle vijf grote massa-uitstervingen in het verleden. Sterker nog: wanneer alle bedreigde soorten die nu op de rode lijst van de International Union for Conservation of Nature staan (en dat zijn er op het moment van schrijven 4770) binnen een eeuw uitsterven en dit tempo zich voortzet, dan halen we met gemak binnen 600 jaar het percentage van 75 procent waaraan de grote vijf massa-uitstervingen in het verleden voldoen.

## The End?

De oorzaken van deze slachting: vervuiling, vernietiging van leefgebieden (zoals het kappen van bossen), het opmaken van natuurlijke bronnen (zoals overbevissing), en *last but not least* de wereldwijde opwarming door de uitstoot van broeikasgassen. Hoewel over die laatste factor veel gediscussieerd wordt, weet Ruhl in ieder geval één ding zeker: "De totale hoeveelheid door de mens veroorzaakte koolstofdioxide-uitstoot in het verleden én de voorspelde hoeveelheden voor de toekomst zijn evenveel als er vrijkwam tijdens de gehele Trias-Jura-massa-uitsterving. Dat gebeurde toen in enkele tienduizenden jaren, maar nu in slechts een paar honderd jaar. In het verleden konden organismen die snelheid al niet bijbenen, dus ik ben benieuwd waar dit gaat eindigen."

Met andere woorden: waar de eerste vijf massaextincties kunnen worden geweten aan diverse natuurlijke verschijnselen zonder achterliggend patroon, is de kans groot dat we snel de zesde grote massa-uitsterving op het conto van de mens kunnen

schrijven.

Marysa van den Berg is wetenschapsjournalist. Voor dit artikel sprak zij met geoloog Micha Ruhl (Universiteit van Kopenhagen), geofysicus Norm Sleep (Stanford University), geoloog Gerta Keller (Princeton University), geoloog en paleontoloog Kirk Johnson (Denver Museum of Nature & Science) en geoloog Thomas Algeo (University of Cincinnati). Verder raadpleegde ze onder meer de volgende literatuur:

- Anthony Barnosky e.a.: *Has the Earth's sixth mass extinction already arrived?* | Nature (maart 2011)
- Michael Benton: *When life nearly died. The greatest mass extinction of all time* | Thames and Hudson (2003)
- Michael Benton: *Mass extinctions* | New Scientist (3 mei 2011)
- Tony Hallam: *Catastrophes and lesser calamities. The causes of mass extinctions* | Oxford University Press (2004)
- Gerta Keller e.a.: *Deccan volcanism, the KT mass extinction and dinosaurs* | Journal of Biosciences (november 2009)
- Peter Schulte e.a.: *The Chicxulub asteroid impact and mass extinction at the Cretaceous-Paleogene boundary* | Science (maart 2010)

Links naar meer informatie vind je op [www.kijk.nl/artikel/massa-uitsterving](http://www.kijk.nl/artikel/massa-uitsterving)

(kaders)

### **De een zijn dood...**

Waar verliezers zijn, zijn natuurlijk ook winnaars – zelfs bij massa-uitstervingen. In de herstelperiode van enkele miljoenen jaren na zo'n uitstervingsgolf nemen bepaalde organismen hun kans waar. Naast de in dit artikel genoemde algenexplosie was het vooral de lystrosaurus, een zoogdier ter grootte van een varken, die na The Great Dying van 252 miljoen jaar geleden goed gedijde in zijn nieuwe omgeving. Waarschijnlijk waren een portie geluk en een niet al te kieskeurige voedselkeuze de redenen. Ook de dinosauriërs profiteerden. Die hadden het rijk alleen na de massaextinctie van 200 miljoen jaar geleden, toen hun krokodilachtige concurrenten het veld moesten ruimen. Maar de dinosauriërs maakten 65 miljoen jaar geleden vervolgens weer plaats voor de zoogdieren. Sowieso overleefden weinig dieren zwaarder dan 25 kilogram deze laatste massa-uitsterving. Dit zogenoemde lilliputtereffect heeft waarschijnlijk te maken met het feit dat kleinere dieren minder voedsel nodig hebben en zich sneller voortplanten, wat de kans op aanpassing aan de sterk veranderde omgeving vergroot. Is de populatie weer helemaal op de been, dan zal er juist eerder worden geïnvesteerd in kwaliteit dan kwantiteit. Oftewel: de beesten worden groter.

### **5 beroemde slachtoffers**

De volgende vijf fascinerende soorten stierven uit tijdens een massaextinctie:

**Tyrannosaurus rex:** koning onder de roofzuchtige dino's.

**Stierf uit:** Krijt-Tertiair-massa-extinctie (65 miljoen jaar geleden).

Het bekendste roofdier uit het dinosaurusrijk. Met een kop-staartlengte van maximaal 15 meter en een gewicht van enkele tonnen was hij een van de grootste tweepotigen van zijn tijd.

**Ammoniet:** inktvis in een schelp.

**Stierf uit:** Krijt-Tertiair-massaextinctie (65 miljoen jaar geleden).

Deze inktvisachtige leefde in een harde schelp, waarvan hij de stijfkracht regelde door gas uit de kamers te persen.

**Trilobiet:** gepantserde pissebed.

**Stierf uit:** Perm-Trias-massaextinctie (252 miljoen jaar geleden).

De trilobiet behoort samen met de ammoniet en de dinosauriërs tot de bekendste fossielen. Zijn pantser bestond uit calciumcarbonaat, net als zijn facetachtige oogjes.

**Eurypteride:** gigantische zeeschorpioen.

**Stierf uit:** Perm-Trias-massaextinctie (252 miljoen jaar geleden).

Deze geleedpotige had een lichaamsbouw die het midden hield tussen een schorpioen en een kreeft. Sommige soorten werden wel drie meter lang.

**Dunkleoteus:** vechtvis.

**Stierf uit:** Laat-Devoon-massaextinctie (370 miljoen jaar geleden).

Hevig bewapend met een dik pantser en een krachtig stel kaken met benige, scherpe platen als 'tanden' had hij met moderne krokodillen kunnen concurreren om de grootste bijtkracht.

### Massa-uitstervingen van de laatste 600 miljoen jaar (tjidslijn)

#### Mogelijke oorzaken (infographic)

( quotes )

**“Sommige paleontologen zullen wel nooit geloven dat een meteorietinslag de dinosauriërs heeft gedood, tenzij je een dinosaurusskelet vindt met een opengebarsten schedel en een laag iridium rondom het gat waarin het ligt.”**

Frank Kyte  
geoloog

**“Tijdens de Perm-uitsterving was het niet bepaald fijn op aarde. Naast flinke koolbranden spuwden de vulkanen ook nog eens een aswolk uit die land en zee vergiftigde. Er waren overlevenden, maar zij deden er toch zeker vijf miljoen jaar over om weer op de been te komen.”**

Steve Grasby  
geoloog

**“Het ergste dat waarschijnlijk gaat gebeuren – of zich zelfs al afspeelt – is niet de uitputting van de energievoorraad, de economische crisis, oorlog of de opmars van totalitaire staten. Hoe verschikkelijk deze catastrofes ook zouden zijn voor ons, ze kunnen door toekomstige generaties ongedaan worden gemaakt. Wat miljoenen jaren vergt om op te lossen, is het verlies van biodiversiteit door de vernietiging van leefgebieden. Dat is wat onze nakomelingen ons waarschijnlijk nooit zouden vergeven.”**

Edward O. Wilson  
bioloog

**“Hoe we het ook wenden of keren: gif blijft gif, dood blijft dood, en de industriële beschaving veroorzaakt nog steeds de grootste massa-uitsterving in de geschiedenis van de aarde.”**

Derrick Jensen  
schrijver en milieuactivist

**“De massale uitsterving van alle dinosauriërs, groot of klein, in alle delen van de wereld, betekende het einde van verschillende lijnen in de evolutie van reptielen, en was een ongelooflijke gebeurtenis in de geschiedenis van de aarde. Tot nu toe trotseert dit verschijnsel alle pogingen om tot een bevredigende verklaring te komen.”**

Edwin H. Colbert  
paleontoloog