

# Doctoraatsverdediging Joke Belza

## Petrography and geochemistry of ejecta material from the K-Pg boundary Chicxulub crater (Yucatan, Mexico)

## Petrografie en geochemie van ejectamateriaal van de Chicxulub inslagkrater op de K-Pg grens (Yucatan, Mexico)

---

### Summary

The 200 km- sized Chicxulub crater, buried on the Yucatan Peninsula (Mexico), is one of the largest impact craters on earth. The environmental effects induced by the Chicxulub cratering event have been considered the cause of the mass extinction across the Cretaceous-Paleogene Boundary (K-Pg) approximately 66 million years ago. Furthermore, Chicxulub is the only crater that can be associated with the deposition of a proximal ejecta blanket and a global (distal) ejecta layer containing a spike in the extra-terrestrial Platinum Group Elements (PGEs). The unique preservation of the Chicxulub crater beneath 1 km of Tertiary post-impact sediments in a tectonically stable setting, the accessibility to numerous scientific and oil exploration wells, the availability of geophysical data imaging the subsurface of the crater and the presence of various outcrops exposing the proximal ejecta blanket and world-wide distributed distal K-Pg boundary layer makes Chicxulub an ideal candidate to study the process of large complex crater formation.

The objective of this thesis is to advance our current understanding of the Chicxulub cratering process. This has been accomplished through (I) documenting the formation and emplacement mechanism of the broad range of proximal and distal ejecta products within and outside the crater, (II) investigating the structural modifications of the target rocks during impact (III) assessing the environmental and paleoclimatological perturbations triggered by the impact event using novel geochemical proxies ( $\delta^7\text{Li}$ ) across the Cretaceous-Paleogene (K-Pg) Boundary. The research conducted in this thesis is based on a multi-disciplinary approach using a wide range of analytical techniques such as classical optical petrography and mineralogy, scanning electron microscopy (SEM), electron microprobe analysis (EMPA), Raman Spectroscopy, Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (LA-ICP-MS), Multi-Collector ICP-MS (MC-ICP-MS), extraction (column) chromatography, radiogenic and stable isotopic analysis ( $\delta^7\text{Li}$ ,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ), major and trace elemental analysis.

This work has contributed to the general understanding of the K-Pg impact event in terms of formation and distribution of distinct types of ejecta, the structural modification of the impact basin, and the environmental perturbations and bio-ecological response following impact. Furthermore, it specifically highlights the important role the unusual target lithologies beneath Chicxulub have played in the impact process and during the impact aftermath.

## Samenvatting

De Chicxulub krater ligt begraven op het Yucatan Schiereiland (Mexico) en is met zijn diameter van 200 km een van de grootste gekende inslagkraters op aarde. De ecologische verstoringen teweeggebracht door het inslaggebeuren worden beschouwd als de oorzaak van de massa-extinctie langsheen de Krijt-Paleogeen grens ongeveer 66 miljoen jaar geleden. The Chicxulub krater is tevens de enige inslagstructuur die geassocieerd kan worden met de afzetting van een proximaal ejectadeken en een globale (distale) ejectalaag aangerijkt in de extra-terrestrische platinum groep elementen (PGE's). Het unieke behoud van de Chicxulub krater onder een 1 km dikke laag van Tertiaire post-inslag sedimenten in een tektonisch weinig actieve omgeving, de toegankelijkheid van talrijke boringen (zowel voor wetenschappelijke doeleinden als in de olie-exploratie industrie), de beschikbaarheid van geofysische gegevens die de ondergrondse structuur in kaart brachten en de aanwezigheid van verscheidene ontsluitingen van zowel het proximale ejectadeken als de globale (distale) K-Pg grenslaag maakt van Chicxulub een typevoorbeeld voor het bestuderen van een complexe inslagkrater.

Het doel van deze scriptie omvat het bevorderen van onze huidige kennis omtrent de vorming van de Chicxulub krater. Dit werd verwezenlijkt enerzijds door (I) het documenteren en karakteriseren van de brede waaier aan proximale en distale ejecta-afzettingen binnenin en buiten de krater, (II) het bestuderen van de structurele veranderingen in het target-gesteente geaffecteerd door de inslag, en (III) het taxeren van de ecologische en paleo-klimatologische verstoringen als gevolg van de inslag door het gebruik van nieuwe geochemische proxies ( $\delta^7\text{Li}$ ) langsheen de Krijt-Paleogeen grens. Het onderzoek in dit proefschrift is gebaseerd op een multidisciplinaire aanpak met behulp van een breed scala van analytische technieken zoals klassieke optische petrografie en mineralogie, scanning elektronenmicroscopie (SEM), electronen microprobe analyse (EMPA), Raman spectroscopie, laser ablatie inductief-gekoppeld plasma massaspectrometrie (LA-ICP-MS), multi-collector inductief-gekoppeld plasma massaspectrometrie (MC-ICP-MS), extractie (kolom) chromatografie, analyse van radiogene en stabiele isotopen ( $\delta^7\text{Li}$ ,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ), alsook hoofd- en spoorelementanalyse.

Dit werk heeft bijgedragen tot de algemene kennis van het meteorietinslaggebeuren op de K-Pg grens, meebepaald met betrekking tot de vorming en distributie van verschillende soorten ejecta, de structureel-tektonische veranderingen van het inslagbekken, en de bio-ecologische respons na de inslag. Voorts benadrukt dit werk de cruciale rol van de volatiele *target* gesteentes tijdens en in de nasleep van het inslagproces.