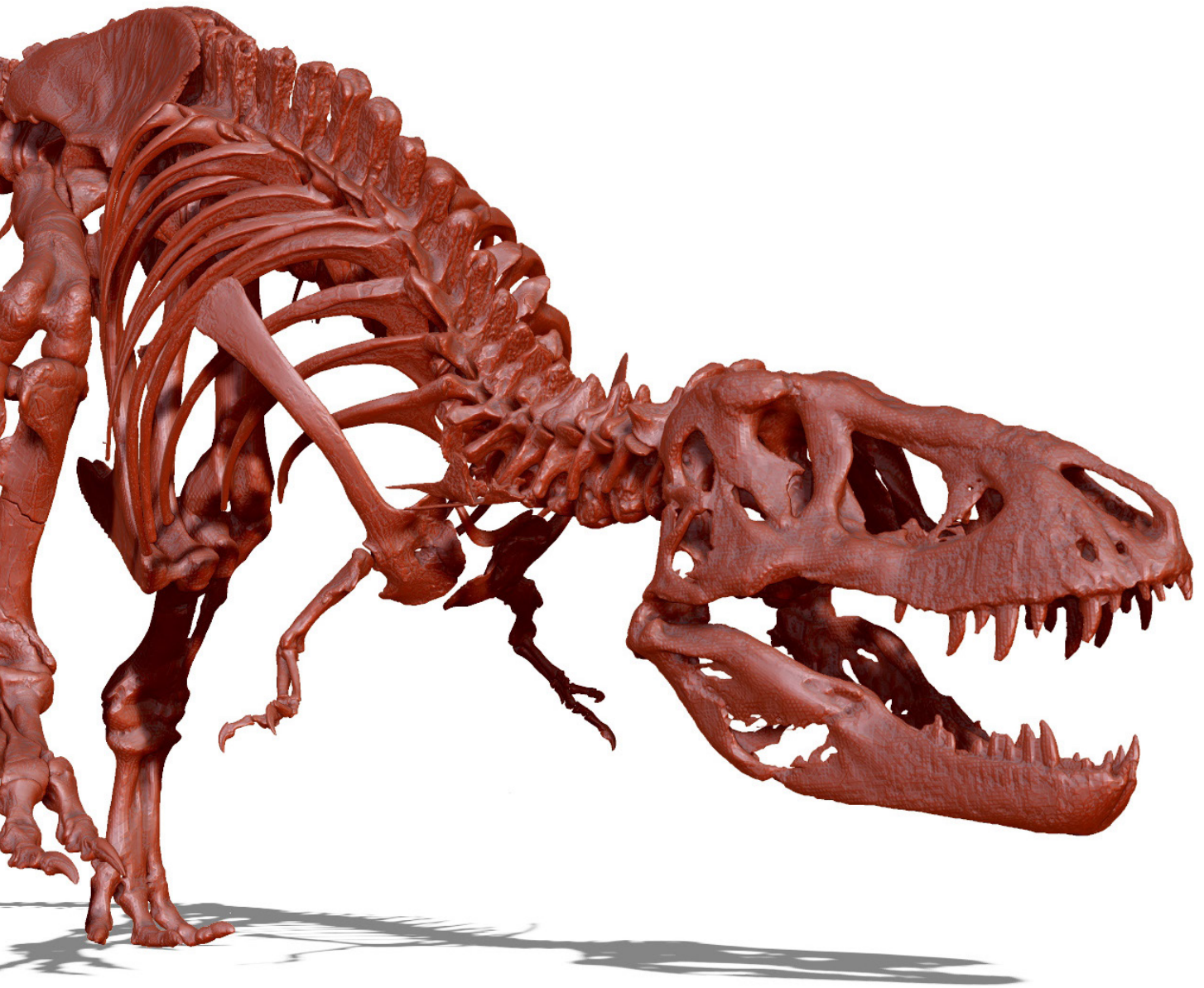


T. rex 'Trix'

een fossiel nieuw leven inblazen



In deze handleiding:

Opbouw activiteit	3
Het verhaal van <i>T. rex</i> 'Trix'	7
Printbestanden	14
Het skelet in elkaar zetten	17
Bronmateriaal	26

Doelgroep

Bovenbouw basisonderwijs (groep 5-8).

Duur

De leerlingen zullen in totaal een dagdeel met de activiteit bezig zijn. Afhankelijk van de gemaakte keuzes en van welke en hoeveel onderdelen geprint worden, kan de activiteit verspreid over een hele week worden uitgevoerd. Deel de les naar eigen inzicht in. Ga aan de slag met een andere activiteit zolang de printer in werking is.

Doelen

- Leerlingen leren over de vorm en functie van dinosaurusbotten.
- Leerlingen krijgen een indruk van hoe *T. rex* leefde.
- Leerlingen leren hoe wetenschappers onderzoek doen aan fossielen van dinosauriërs.
- Leerlingen leren over de mogelijkheden van 3D-printen.

Aansluiting kerndoel

De les sluit aan bij kerndoel 41: leerlingen leren over de bouw van planten, dieren en mensen en over de vorm en functie van hun onderdelen.

Kernwoorden

Dinosauriërs, fossielen, onderzoekend leren, vragen stellen, vergelijken, verwonderen, vormgeven, 3D printen

Korte omschrijving activiteit

Hoe leefde *T. rex*? En hoe reconstrueren we een dinosaurusskelet? Aan de hand van 3D prints komen leerlingen meer te weten over de functies van de verschillende botten, hoe het skelet van *T. rex* in elkaar zit en hoe dit dier vele miljoenen jaren geleden heeft geleefd. De activiteit wordt afgerond met de bouw van een kleine tentoonstelling met het geprinte *T. rex* model (schaal 1:15). De vele achtergrondverhalen en filmpjes geven daarbij een unieke kijk op de wereld van *T. rex*.



Opbouw activiteit

Download [hier](#) de 3D-scans van de botten van Trix in klein formaat. Print de botten in de klas. Bedenk alvast welk van onderstaande scenario's de context van de activiteit wordt*:

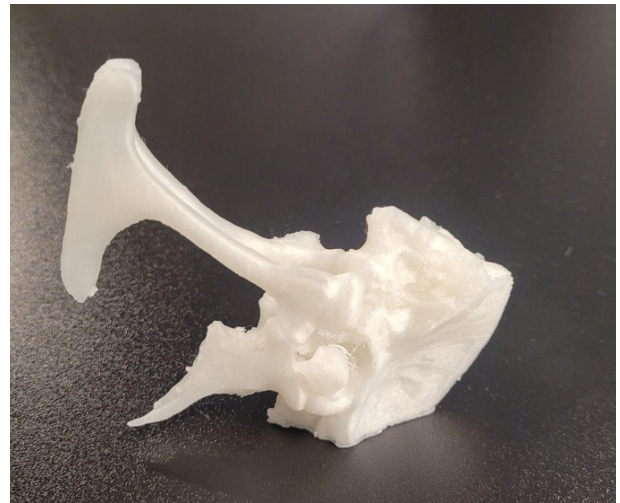
- A** Print elk onderdeel van het skelet. Hiermee kan een compleet model gebouwd worden.
- B** Print slechts een deel van het skelet. Bepaal zelf welke delen. Deze optie raakt meer aan de werkelijkheid, aangezien er nog nooit een compleet skelet van *T. rex* is gevonden

*De gemaakte keuze heeft invloed op stap 7 van de activiteit.

Stap 1 Duur: +/- 3 uur

Zet een print van een onderdeel van het skelet van *T. rex* aan: de onderkant van het bekken (bv, 'de heupen', zie afbeelding) om zo verwondering te creëren. Vertel de leerlingen dat ze een 3D-print activiteit gaan doen. Hiervoor worden 3D-scans van echte botten gebruikt.

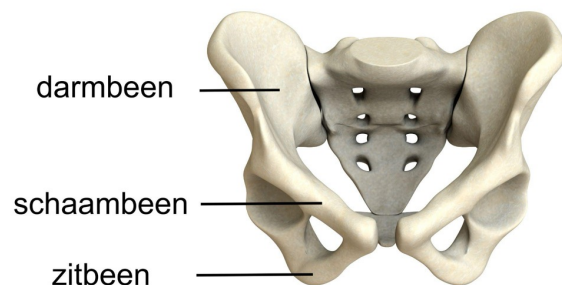
Zonder verdere inhoudelijke informatie aan de leerlingen te geven, vragen zij zich af wat er geprint wordt. Ze zijn nieuwsgierig, maar weten alleen dat de print het begin van een leuke activiteit is, waarbij nog meer geprint zal worden.



Stap 2 Duur: +/-15 minuten

Laat het geprinte bot rondgaan in de klas. Bespreek deze eerste print klassikaal. Wat valt op? Waar lijkt het op? Wat is de functie ervan? Antwoorden zijn er nog niet. Vraag aan de leerlingen of het een onderdeel van een groter geheel is. Geef na het bespreken aan dat het om een stuk bot van een dinosaurus gaat dat in werkelijkheid ruim een meter hoog is. Laat leerlingen in kleine groepjes nadenken welk deel van het skelet het is. Hebben wij mensen dit bot ook?

Toon aan het einde van dit onderdeel aan de hand van een skelet van de mens dat onze heupen vrijwel gelijk zijn aan die van deze dino, maar dat deze op een net iets andere positie in het lichaam zit.



De heup van een mens bestaat uit drie onderdelen: het darmbeen, schaambeen en zitbeen.

Stap 3 Duur: +/- 8 uur voor alle onderdelen samen)

Print drie onderdelen: 'de armen/schouderbladen', 'de achterpoten' en een stuk staart.

Stap 4 Duur: 1 uur

De leerlingen komen steeds meer te weten door in groepjes de afzonderlijke prints te onderzoeken en er informatie over te vergaren. Iedereen krijgt alle vier de onderdelen te zien en onderzoekt ze. Ze tekenen/knutselen hoe zij denken dat het dier eruit heeft gezien dat bij hun bot hoort. De tekeningen zullen verschillen. Het laat zien dat er veel mogelijkheden zijn. *Hoe komen we er nu achter hoe het dier er echt uit heeft gezien?*

Extra informatie om aan de leerlingen mee te geven

Wetenschappers moeten hun onderzoek vaak doen aan de hand van een incompleet fossiel. Hoe meer informatie er voorhanden is, hoe nauwkeuriger de reconstructies zijn. Vraag aan de leerlingen: hoe reconstrueren wetenschappers dan toch het gehele dier? Paleontologen vergelijken hun vondsten vaak met fossielen die bij een andere opgraving aan het licht zijn gekomen. Ook vergelijken ze de fossielen met skeletten van dieren die nu leven*. Leerlingen hebben in stap 2 ontdekt dat de mens grotendeels (in ieder geval de heupen) dezelfde botten hebben als deze dinosaurus. Met andere woorden, het bouwplan (de botvormen) van moderne gewervelde dieren, is voor een groot deel vergelijkbaar met die van dieren uit een ver verleden.

*Laat op het digibord enkele voorbeelden van skeletten van dieren van nu zien, zodat leerlingen de prints (fossielen) hiermee kunnen vergelijken. Denk aan bijvoorbeeld het skelet van een neushoorn of een olifant.

Stap 5 Duur: 30 minuten

In werkelijkheid vindt men niet alle botten terug. Bespreek kort de oorzaak daarvan met de leerlingen. Botten kunnen weggespoeld zijn met water, of verplaatst en opgegeten door aas- en vleeseters.

Vertel de leerlingen dat de geprinte botten van *T. rex* zijn. Wat weten ze al over dit dier?

Bekijk klassikaal één of meer van onderstaande filmpjes (met o.a. paleontoloog Anne Schulp) die uitleg geven over dit dier en de opgraving van fossielen:

[Wat doet een paleontoloog?](#)

[Wat is er van *T. rex* 'Trix' gevonden?](#)

[Trix in aanbouw](#)

[Hoe hard kon *T. rex* bijten?](#)



Stap**6****Duur:** afhankelijk van het aantal prints

De leerlingen weten nu meer over de bouw van het skelet en hoe Trix gevonden is. Welke delen missen de leerlingen nog?

Extra informatie om aan de leerlingen mee te geven

*T. rex Trix is uitzonderlijk goed bewaard gebleven. Ongeveer 60% van het totaal aantal fossielen is teruggevonden. Doordat de fossielen in relatief los zand begraven lagen, zijn ze vrijwel niet vervormd. De fossielen zijn dus extreem goed bewaard gebleven, wat de vondst van Trix nog interessanter maakt!**

Het skelet van Trix is niet in Naturalis in elkaar gezet, maar in het Black Hills Institute in South Dakota, Amerika. In Naturalis was destijds namelijk nog geen Dinolab en dus geen plek om de botten te prepareren en het skelet in elkaar te zetten. Bekijk deze [vlog](#), waarin bioloog en expeditielid Matthijs Graner de leerlingen meeneemt naar het Black Hills Institute waar Trix gebouwd werd.

Maak een keuze:

- A** Print de resterende delen van het skelet.
- B** Print nog slechts enkele onderdelen. Let erop dat het skelet incompleet blijft. Dit is de meest realistische optie aangezien het skelet van Trix niet compleet is gevonden.

* Lees voor meer informatie over dit onderzoek 'Het verhaal van *T. rex* Trix' verderop in deze handleiding.



Zo ziet het complete model van *T. rex* 'Trix' eruit (schaal 1:15).

Stap**7****Duur: 1 uur****Wanneer gekozen om het complete skelet te printen (optie A):**

Telkens wanneer een deel geprint is, passen de leerlingen op basis daarvan hun creatie aan. Laat enkele leerlingen het *T. rex* skelet in elkaar zetten als alle onderdelen geprint zijn. De onderdelen kunnen aan elkaar gelijmd worden. Als afsluitende opdracht bouwen de leerlingen de leefomgeving van Trix na met veel verschillende materialen (papier, zand, hout etc.) waarin uiteindelijk het geprinte skelet kan worden 'tentoongesteld'.

Wanneer gekozen om slechts een deel van het skelet te printen (optie B):

Wanneer slechts een deel van Trix geprint is (ongeveer 60% om de werkelijkheid na te bootsen), kan juist de opgravingsplek worden gebouwd, waarbij de botten verspreid en half begraven tentoongesteld kunnen worden. Verdeel hiervoor de prints over de groepjes. Laat leerlingen ook miniatuur gereedschappen toevoegen die ze zelf knutselen. Het resultaat presenteren de leerlingen aan elkaar. Alle tentoonstellingen samen vormen tegelijkertijd een mooi natuurhistorisch museum.

Als alternatief kan de activiteit klassikaal afgesloten worden met een discussie over Trix. Hoe leefde zij? In wat voor omgeving? Wat at ze? etc. Wil je Trix in het echt zien? Ga dan naar Naturalis (met de klas of op eigen gelegenheid).

Stap**8****Optioneel**

Willen de leerlingen meer te weten komen over Naturalis en de dinosaurussen? Bekijk dan [Triceratops TV](#). Op dit online platform zijn vele filmpjes te vinden over het opgraven van dino's, het prepareren van botten en het in elkaar zetten van een skelet. *Triceratops* staat centraal in de filmpjes, maar ze zijn met het oog op *T. rex* ook zeker interessant om te bekijken. Al is het maar omdat deze dieren in dezelfde tijd en omgeving leefden.

Ook leuk om te kijken is de aflevering van [Klokhuis](#) over *T. rex*.

Het verhaal van T. rex 'Trix'

Van 30 augustus tot en met 8 september 2013 groef Naturalis een *Tyrannosaurus rex* op. Dit gebeurde in Montana, Amerika, in samenwerking met het Black Hills Institute.

Expeditie

Naturalis ging in het voorjaar van 2013, van 29 april tot en met 18 mei, voor de eerste keer op expeditie. In Wyoming waren een paar mooi gefossiliseerde botjes van de linkerpoot gevonden. Deze vondst was veelbelovend, zelfs de kleine teenkootjes lagen nog netjes bij elkaar. Dit zijn meestal de botjes die als eerste verloren gaan. Ondanks deze veelbelovende vondst werden alleen delen van de linkerpoot van *Tyrannosaurus rex* gevonden. Waarom de kleine botjes wel bewaard zijn gebleven, maar de rest van het skelet niet, blijft een raadsel. De hele heuvel is afgegraven waarin de rest van het skelet had moeten liggen. "De zandlaag waarin de botten hadden moeten liggen, werd steeds dunner om uiteindelijk te verdwijnen" vertelt Anne Schulp. "Misschien is het karkas destijds opgegeten, of veel verder mee gestroomd met de rivier die door het landschap liep. We weten het niet."

Gelukkig was de kans op een *T. rex* voor Naturalis niet verkeken. Pete Larson, paleontoloog van het Black Hills Institute in Amerika, wees Naturalis op een andere plek in Montana, Amerika, waar een echtpaar amateurpaleontologen resten van *T. rex* had gevonden. De onderkaak, losse tanden en een deel van het heupgewricht en staartbeen zijn door hen gevonden. De verwachting was dat er nog meer materiaal van *T. rex* in de grond lag (afbeelding 1).

Meer botten

In eerste instantie werden er 600 botfragmenten opgegraven. Maar er waren aanwijzingen dat er meer fossielen lagen. Het Naturalis team is daarom tot en met de zomer van 2019 ieder jaar opnieuw afgereisd naar Wyoming om de rest op te graven (afbeelding 2). In totaal zijn er meer dan 1000 botfragmenten gevonden. Een zeer compleet skelet!

Paspoort



Bijnaam:	Trix
Soort:	<i>Tyrannosaurus rex</i> (koning van de tiranhagedissen)
Geslacht:	onbekend
Lengte:	tot ongeveer 11 meter
Gewicht:	tot mogelijk 8000 kilo
Leefperiode:	Laat Krijt: 67,5 tot 66,0 miljoen jaar geleden
Leefgebied:	Westelijk Noord-Amerika



Afbeelding 1. Paleontoloog Anne Schulp werkt aan de schedel van *T. rex*.



Afbeelding 2. Paleontoloog Jimmy de Rooij bewerkt het gesteente rondom de fossielen.

Bijzondere vondst

Skeletten van *T. rex* behoren tot 's werelds zeldzaamste fossielen. Onze *T. rex* Trix is extra bijzonder. De fossielen zijn namelijk heel goed bewaard gebleven! Niet plat gedrukt of in duizend stukjes, maar mooi in 3D (afbeelding 3).



Afbeelding 3. Het bovenbeen (femur) van *T. rex* Trix heeft nog vrijwel precies dezelfde vorm als 67 miljoen jaar geleden.

Welke paleontoloog droomt er niet van om ooit eens een tand of bot te vinden van deze schrikwekkende roofdino? Nog mooier: een compleet skelet. Maar dan kun je lang dromen. Complete skeletten van *Tyrannosaurus rex* zijn nog nooit gevonden en zijn 's werelds meest begeerde fossielen. Tot dusver zijn er minder dan tien gevonden, de een vollediger dan de ander. 'Tot dusver' is al een hele tijd, als je weet dat Barnum Brown in 1902 het geluk had het eerste skelet op te graven. Wie zijn geluk wil beproeven, moet net als Brown zoeken in het westen van Noord-Amerika, het thuisland van *T. rex*.

Man of vrouw?

Het skelet (afbeelding 4) heeft officieus de naam Trix gekregen. Een eerbetoon aan (destijds) koningin Beatrix. 'Rex' betekent namelijk koning of koningin in dit geval. Al moet er meteen vermeld worden dat het onduidelijk is welk geslacht Trix heeft.

Destijds (rond 2013) werd er wetenschappelijk gezien vanuit gegaan dat *T. rex* vrouwtjes forser gebouwd waren dan mannetjes. Maar na vergelijkend onderzoek in 2020, blijkt dit argument niet houdbaar. Daarnaast maakten vrouwtjes een extra laagje bot aan (zogenoemd medullair bot) aan de binnenkant van o.a. de bovenbenen. Die extra kalk zou voor het leggen van eieren gebruikt worden. Helaas

is bij Trix dergelijk bot niet gevonden en dus is de kans dat Trix een vrouwtje is, aanzienlijk afgenomen.



Afbeelding 4. Het skelet van *T. rex* Trix in Naturalis.

Hoe leefde T.rex?

Wanneer leefde *T. rex* en wat deed *T. rex* zoal op een dag? En hoe kom je hierachter? Kom alles te weten over het leven van dit bijzondere dier.

Leefperiode

Tyrannosaurus rex leefde in het laatste staartje van het Krijttijdperk. Om precies te zijn in het Maastrichtien, zo genoemd naar de krijtlagen van de Sint-Pietersberg bij Maastricht, tussen ongeveer 67,5 en 66 miljoen jaar geleden. Het is een van de allerlaatste dinosauriërs. De soort maakte het moment mee dat een meteorietinslag deze unieke reptielen voorgoed van de aardbodem wegvaagde. De inslag vond niet heel ver zuidelijk van het leefgebied van *T. rex* plaats, om precies te zijn bij het Mexicaanse schiereiland Yucatán. Ook voor andere levensvormen betekende de meteorietinslag het einde: denk aan andere dinosoorten op het land, reptielen, ammonieten in zee en pterosauriërs in de lucht.

Leefgebied

Tyrannosaurus rex kwam alleen in Noord-Amerika voor. Althans, nergens anders zijn fossielen van deze soort opgegraven. Noord-Amerika was nog deels verbonden met Eurazië. Zo konden *Tyrannosaurus*-achtigen ook dit continent veroveren. Ook in Azië vindt men soorten uit de familie van de *Tyrannosauridae*. Deze dino's lijken in veel opzichten op de 'echte' *Tyrannosaurus*. Zo kennen we *Tarbosaurus* uit opgravingen in Mongolië. Deze dino is ook een rover en nauw verwant aan *T. rex*.

Leefwijze

Over het dagelijks leven van *T. rex* is weinig bekend. Gedrag is immers alleen indirect van botten af te lezen. Zo is het bijvoorbeeld niet zeker of *T. rex* alleen (solitair) leefde of in familieverband. Voorlopig zijn er geen aanwijzingen voor een groepsleven, zoals skeletten van meer individuen bij elkaar. Voetsporen, bijvoorbeeld, vertellen hier meer over, maar van *T. rex* zijn er pas enkele gevonden. Eén vondst van een paar sporen in Canada biedt wel een aanwijzing voor kuddegedrag, maar dat is verre van zeker.

Afbeelding 5. Tand van *T. rex* met duidelijke kartelrand.

Toch is uit de bouw van het skelet wel het een



en ander op te maken. *T. rex* was honderd procent vleeseter, een hypercarnivoor. Met zo'n gebit (afbeelding 5) at hij gewoonweg niets anders dan vlees. Planten vermalen lukt met die puntige tanden niet.

Opvallend is dat de voorpootjes te kort waren om voedsel naar de bek te brengen, maar ze waren wel krachtig gespierd. Mogelijk gebruikte *T. rex* ze tijdens de paring. Ze zouden elkaar hiermee vasthouden. Een andere theorie zegt dat ze hun pootjes gebruikten om zich op te drukken en vanuit een liggende of gehurkte positie omhoog te komen. Waarschijnlijk hield hij er ook tegenspartelende prooien mee in bedwang, zoals een leeuw een gnoe in de houdgreep houdt. De vergelijking met de leeuw gaat misschien verder. Zou *T. rex* zijn slachtoffer ook een dodelijke beet hebben toegediend, of de keel dichtgeknepen tot het stikte? Liet hij andere roofdino's het werk doen en voedde hij zich met de resten?

De wetenschap achter *T. rex*

Er zijn weinig fossiele vondsten bekend van *T. rex*. Ieder gevonden bot van *T. rex*, hoe klein of groot ook, is belangrijk voor de wetenschap. Er was dus genoeg te onderzoeken aan onze *T. rex*. Wanneer en waar leefde *T. rex* precies? Hoe oud is de *T. rex* van Naturalis geworden? Hoe snel kon *T. rex* rennen? We willen inzicht in het medisch dossier: welke botten heeft onze *T. rex* gebroken? Welke ziekten had ze mogelijk onder de leden? Hoe zag het dieet van *T. rex* eruit? Hoe migreerde *T. rex*; kwam het dier bijvoorbeeld in bergachtige gebieden of aan de kust?

Met behulp van de fossielen leveren de onderzoekers van Naturalis een bijdrage aan het oplossen van deze kwesties en komen ze tot nieuwe inzichten. "Ieder botje van iedere *T. rex* levert meer kennis op", zegt onze directeur Edwin van Huis. "We kunnen hier nog jarenlang wetenschappelijk onderzoek aan doen."

In de collectietoren van Naturalis

Paleontologen Dylan Bastiaans en Martijn Guliker, die in het dinolab aan de botten van de kudde *triceratops* en werkten, bezochten de collectietoren van Naturalis. Hier bewaarde men tijdelijk de botten van *T. rex* die uit Amerika kwamen. Beiden waren diep onder de indruk van wat ze zagen. De botten zijn heel mooi bewaard gebleven. Dylan merkt als getraind medisch paleontoloog op dat een van de botten mogelijk afwijkende structuren bevat, die er mogelijk op duiden dat de *T. rex* leed aan een infectie. Het was daarom interessant om de scans van een gezond bot te vergelijken met die van een afwijkend bot.

Naar het ziekenhuis

Om meer te weten te komen over ziekten die *T. rex* mogelijk had, werden enkele fossielen naar het ziekenhuis vervoerd. De medische apparatuur die we voor mensen gebruiken zijn ook heel nuttig voor het onderzoek naar fossiele botten. Zo zijn er in het LUMC in Leiden CT-scans gemaakt van drie botten uit de staart van *T. rex* (afbeelding 6).

Afbeelding 6. Een bot (chevron) van *T. rex* wordt gescand in het ziekenhuis.



Het ging om de haemapophysen, ook wel chevronbotten genoemd. Deze Y-vormige botten bevonden zich aan de onderzijde van de staartwervels en gaven de staart meer stevigheid. Hierdoor weet men nu dat de staart van *T. rex* niet over de grond sleepte. Verder beschermden ze de bloedvaten en vormden ze een aanhechtingsvlak voor spieren van de staart. Dylan werkte mee aan het onderzoek naar het medisch verleden van *T. rex*. Bij het bestuderen van een eerder gemaakte CT-scan van een staartwervel, vond hij een patroon dat gelijkenis vertoonde met botontkalking in mensen. Om hierover meer zekerheid te krijgen, was het van belang om meer botten te scannen.

Diagnose

De scans, die in het LUMC gemaakt zijn, laten met behulp van een computerprogramma tot in detail de structuur van de binnen- en buitenkant van de fossiele staartbotten zien. Uit de scans blijkt dat de botten relatief hol zijn (net zoals die van vogels, wat nog maar eens hun verwantschap bevestigt). Bij botontkalking wordt eenzelfde patroon waargenomen, dus even werd gedacht dat Trix aan deze ziekte leed. Nadat meer botten waren gescand, waaronder de wervels, bleek dat alle botten dit patroon vertoonden. Botontkalking is daardoor uit te sluiten, omdat de botten dan in dikte zouden moeten verschillen. Op dit vlak bleek er dus niets mis met Trix. Desondanks weten we inmiddels dat Trix weldegelijk gezondheidsproblemen had. Er zijn ook ontstekingen aan de staartwervels gevonden. Enkele pezen zijn daar van de wervel afgerukt en hebben daarbij een stukje bot meegetrokken. Dit heeft geleid tot ontstekingen en de aanmaak van nieuw (onregelmatig gevormd) bot. Een mogelijke oorzaak daarvan ligt bij de eerste staartwervel. Deze is nooit goed ontwikkeld waardoor de staart mogelijk

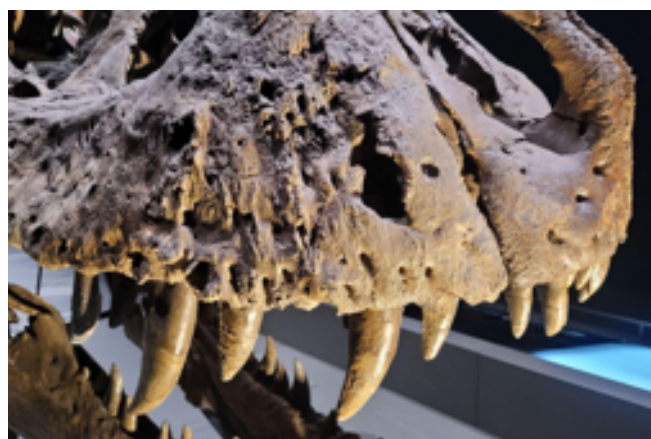
wat scheef stond. Als gevolg daarvan hebben de staartspieren aan de linker- en rechterkant mogelijk niet met gelijke kracht aan de staart getrokken, met afgescheurde pezen tot gevolg.

Trix heeft daarnaast verschillende ribben aan de rechterkant gebroken, maar deze zijn vervolgens wel netjes geheeld. Ze is niet aan de verwondingen gestorven, want dan zou geen heling hebben opgetreden.

Een dodelijke ontsteking?

Waar Trix mogelijk wel aan gestorven kan zijn, is een nare ontsteking in de snuit die een lelijk groot gat in het bot heeft achtergelaten (afbeelding 7). Daan van den Elzen, dierenarts en paleontoloog in opleiding, deed onderzoek naar deze ontsteking. Hoewel de oorzaken van zo'n infectie moeilijk te achterhalen zijn wanneer de patiënt al 66-67 miljoen jaar geleden is overleden, heeft Daan toch twee mogelijke theorieën opgesteld. Zo zou het mogelijk om een trauma van buitenaf kunnen gaan, wat vervolgens ontsteking en een secundaire (bacteriële) infectie als gevolg had. Het trauma kan zijn ontstaan door bijvoorbeeld een gevecht tussen Trix en een andere *T. rex*. Er zijn aanwijzingen van onderling vechten gevonden bij meerdere *T. rex* fossielen. Zo worden ronde gaten in botten van de onderkaak regelmatig waargenomen.

Afbeelding 7. Een groot gapend gat in het kaakbot van Trix duidt op een flinke ontsteking.



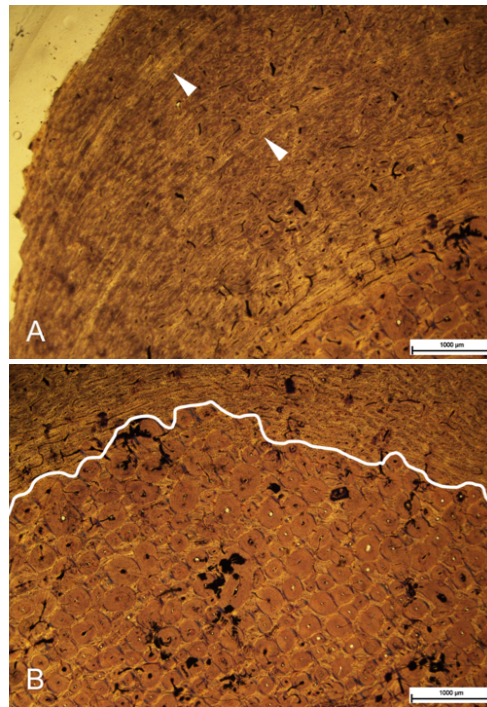
Een andere mogelijke oorzaak van de infectie aan de snuit is een trauma van binnenuit. Dinosauriërs en zo ook *T. rex* wisselen constant van tanden. Dat is voor *T. rex* handig, omdat het vleeseters zijn die graag op botten kauwen. Daardoor konden tanden gemakkelijk afbreken. Als gevolg van een afgebroken tand,

kan het tandvlees en het omliggende bot gaan ontsteken. Gezien het dieet van *T. rex*, zijn er veel bacteriën aanwezig geweest in de bek, dus een secundaire bacteriële infectie is niet verrassend na een 'bek-trauma'. Deze infectie is uitgebreid genoeg geweest dat het zich een weg door het kaakbot heeft gevreten en aan de andere kant naar buiten is gekomen. Daan heeft vast kunnen stellen dat de tand die Trix heeft gehad ter hoogte van de infectie, niet genoeg botweefsel heeft gehad om stevig vast te zitten. Een gevolg van Trix' verwonding was dus dat de tand is uitgevallen of afgebroken. De tand was in ieder geval niet aanwezig op het moment dat ze stierf. Hoewel op dit moment dus nog niet met zekerheid is vast te stellen wat de oorzaak van de infectie was, weet Daan wel dat vogels en reptielen (en waarschijnlijk dus ook dinosauriërs) geen 'vloeibaar' pus hadden zoals wij, maar caseous of 'verkaasd' pus. Een beetje een vies verhaal, maar het gaat dus om dik, geel pus wat eruit ziet als jonge- tot oude kaas. Bah!

Waarom Trix precies is gestorven, zullen we wellicht nooit te weten komen, maar dat ze een heel avontuurlijk bestaan heeft geleid, en is gestorven met een lelijke, woekerende wond aan haar snuit, is duidelijk.

Hoe oud is *T. rex* Trix geworden?

Het onderzoek naar de leeftijd van Trix is ingewikkeld. Sifra Bijl is paleontoloog en werkt al jaren aan de botten van Trix. Aan de hand van de groeilijnen (afbeelding 8A) in de botten is de leeftijd mogelijk te achterhalen. Hoewel bij bomen de groeilijnen (jaarringen) duidelijk zichtbaar zijn, is dat bij dinosauriërs helaas niet zo makkelijk. Naarmate deze dieren ouder worden, groeit nieuw bot over het oude heen (afbeelding 8B). Daardoor kan alleen de minimale leeftijd bepaald worden. *T. rex* Sue is tot nu toe de oudste gevonden *T. rex*. Zij is ongeveer 28 jaar oud geworden. Er zijn bij haar 23 groeilijnen geteld, dit is doorgerekend naar 28 jaar. De eerste resultaten verkreeg Sifra uit de fibula (het kuitbeen) en wezen erop dat Trix nog ouder was dan Sue, mogelijk minstens 30 jaar oud. Later bleek dat het kuitbeen extreem veel nieuw bot vertoonde dat over het oude bot heen was gegroeid, een patroon dat niet in andere botten werd teruggevonden. Daarmee is het niet representatief voor de leeftijd. Nu er meer resultaten uit verschillende botten zijn verkregen, wordt de leeftijd van Trix veel lager geschat: minstens 17 jaar.



Afbeelding 8. Een slijpplaatje (doorsnede) van de rib van *T. rex* Trix.

Op sommige plekken zijn duidelijke groeilijnen te zien (A, witte pijltjes).

Op andere plekken (B) groeit nieuw bot (onder lijn) over oud bot heen (boven lijn).

Boren of zagen?

Maar hoe zijn die groeilijnen in een bot zichtbaar? Naturalis heeft een unieke *T. rex* waar we zuinig op zijn. Om zo min mogelijk schade aan het bot aan te brengen wordt er uit het kuitbeen een boorkern gehaald (afbeelding 9). Vervolgens wordt hier een slijpplaatje van gemaakt. De boorkern wordt dan weer teruggeplaatst in het bot. Dat slijpplaatje maakt het mogelijk om de groeilijnen te tellen. Wanneer er een 'plakje' van het bot zou worden afgezaagd, zou er een naad in het bot ontstaan en dat is zonde.



Afbeelding 9. Een stuk bot waar een boorkern uit gehaald is voor onderzoek.

Controleren

Waarschijnlijk wordt er gedurende het onderzoek ook uit andere botten, zoals dijbenen of ribben, een boorkern gehaald. Door op meer plekken de groeilijnen te tellen, is met meer zekerheid iets te zeggen over de leeftijd van onze *T. rex*.

Een wandeling in het bos

Vleeseters zijn vaak goede jagers. Je verwacht dan ook dat deze dieren snel kunnen rennen. Van de hypercarnivoor *T. rex* was daar echter weinig over bekend. Ook over de gemiddelde loopsnelheid kon men nog niets zeggen. Als *T. rex* een wandeling maakte, welke snelheid hield het dier dan aan? Naturalisonderzoeker Pasha van Bijlert zette zijn tanden in dit vraagstuk. Hij gebruikte hiervoor de staartbotten van Trix. De staartspier dreef namelijk de achterpoten aan en bepaalde op die manier hoe *T. rex* liep. Pasha maakte een computermodel aan de hand waarvan natuurkundige berekeningen werden gedaan (afbeelding 10). Hierbij ging hij uit van een loopsnelheid waarbij het dier zo min mogelijk energie verbruikt. De beweging van de staart moet daarvoor synchroon lopen met dat van de poten. Daarnaast moet ook de staplengte in de berekening worden meegenomen. Met andere woorden: hoe grote stappen zette *T. rex*? Deze informatie werd verkregen uit verschillende fossiele pootafdrukken die zijn gevonden.



Afbeelding 10. Het model van *T. rex* met de staartspier (rood) die de achterpoten aandreef..

Op basis van deze gegevens berekende Pasha dat *T. rex* een voorkeurssnelheid had voor een wandeling op ongeveer 4.5 kilometer per uur. Stel je voor dat je met *T. rex* een boswandeling maakt. Jullie zouden dan even snel lopen (afbeelding 11)! Dit betekent overigens niet dat *T. rex* niet kon rennen. Dat kon het dier wel degelijk, maar hoe snel is nog niet duidelijk. De 20 kilometer per uur werd in ieder geval wel gehaald, maar dat is voor een *T. rex* snelwandelen. De topsnelheid van *T. rex* is nog onbekend en wordt momenteel onderzocht.



Afbeelding 11. Screenshot uit een animatie van een lopende *T. rex*. De voorkeurssnelheid lag op slechts 4.5 km/u. Animatie door: Rick Stikkelorum en Arthur Ulmann.

Een aangename verrassing

Even terug naar 2013. Toen reisden paleontologen van Naturalis af naar Wyoming op zoek naar botten van die *T. rex*. Maar ze vonden meer! Er werd ook een skelet van een *triceratops* gevonden. Twee jaar later werd er een expeditie op poten gezet om deze uit te graven. De opgraving verraste iedereen: in plaats van één skelet vonden de paleontologen er maar liefst ten minste zes!

In de jaren die volgden zijn alle botten opgegraven, geprepareerd en in elkaar gezet tot nieuwe skeletten. Eén individu ('Dirk'), staat in de dinozaal van Naturalis, terwijl de andere vijf skeletten bij elkaar tentoongesteld staan als kudde. Zie voor meer informatie de handleiding '*Triceratops*: zes fossielen nieuw leven inblazen' op de [website](#) van Naturalis.

Updates uit het veld

Kom je in de zomer naar Naturalis? Dan is de kans groot dat het dinoteam in Amerika zit om fossielen op te graven. Houd de agenda van Naturalis dan in de gaten, want mogelijk wordt er in de zaal LiveScience een live verbinding met de opgraving tot stand gebracht. Tijdens deze momenten kun je live je vragen stellen aan de opgravers.

Op andere momenten houden wij natuurlijk ook graag alle dinofans op de hoogte van onze dinoavonturen. Matthijs Graner, bioloog en expeditielid heeft daarom tijdens de opgravingen gevlogd. Hij neemt je mee de vlaktes op, laat je zien hoe fossielen worden opgegraven en vertelt je van alles over het leven op de prairie. De vlogs zijn [hier](#) te vinden. Daarnaast maakte Matthijs [Triceratops TV](#) waarin verschillende experts vertellen over hun werk. Ook dook hij dieper in de wereld van *Triceratops* middels vlogs en explainers.

Printbestanden

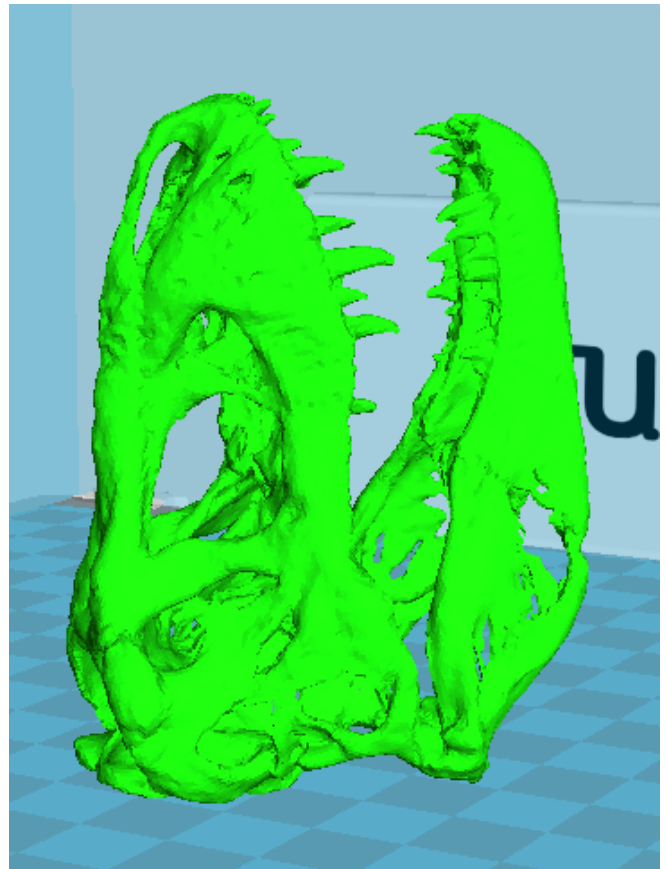
Hieronder vind je het overzicht van de zeven objecten die geprint kunnen worden. De foto's zijn geplaatst in de oriëntatie waarin ze het best geprint kunnen worden.

De kop van Trix

Printtijd: +/- 4 uur

Dit is de kop van Trix. In werkelijkheid is de schedel anderhalve meter lang. In de onderkaak zijn grote gaten te zien. Wetenschappers hebben ontdekt dat ze hier zeer waarschijnlijk is gebeten door een andere *T. rex*. Vooraan op haar snuit (aan de rechterzijde) is een klein gaatje onder het neusgat te zien. Trix heeft hier waarschijnlijk een nare ontsteking gehad, die nooit mooi geheeld is, maar er al wel heel lang zat.

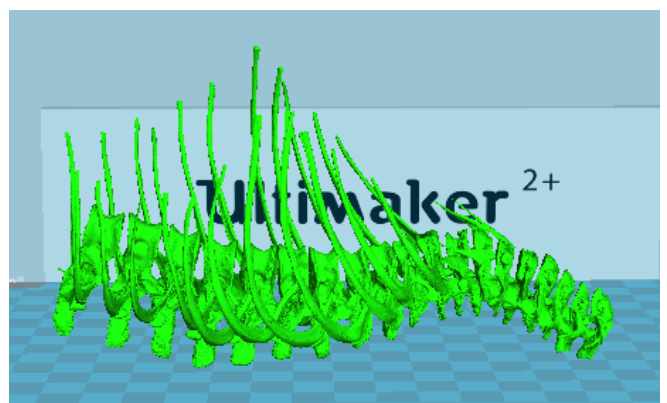
Trix is waarschijnlijk een vrouwtje, ze is namelijk enorm robuust gebouwd. Mannetjes waren een stuk kleiner. Daarnaast hadden *T. rex* vrouwtjes aan de binnenkant van hun botten botcellen die extra kalk konden vasthouden en weer loslaten. Van dit extra kalk konden de schalen van de eieren gemaakt worden. Helaas hebben we dit soort botcellen bij Trix niet gevonden. We zijn dus ook niet 100% zeker dat ze een vrouwtje is. De bijtkracht van een *T. rex* is ongeveer 6000kg. Het zou dus voelen alsof er zes auto's op je zouden staan! Het laatste onderzoek wijst uit dat Trix ten minste 18 jaar oud was.



Wervels en ribben

Printtijd: +/- 7 uur

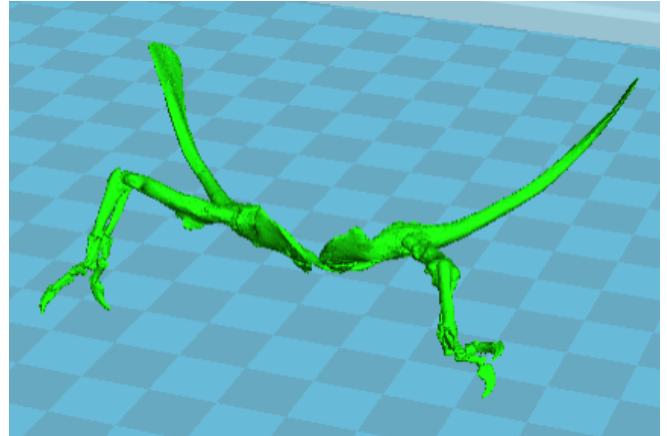
Er zijn van Trix heel veel wervels en ribben gevonden. *T. rex* had ook zogenaamde buikribben (niet in print aanwezig). Deze buikribben beschermden het dier tegen bijvoorbeeld de hoorns van *Triceratops*.



Armen en schouderbladen

Printtijd: +/- 1 uur

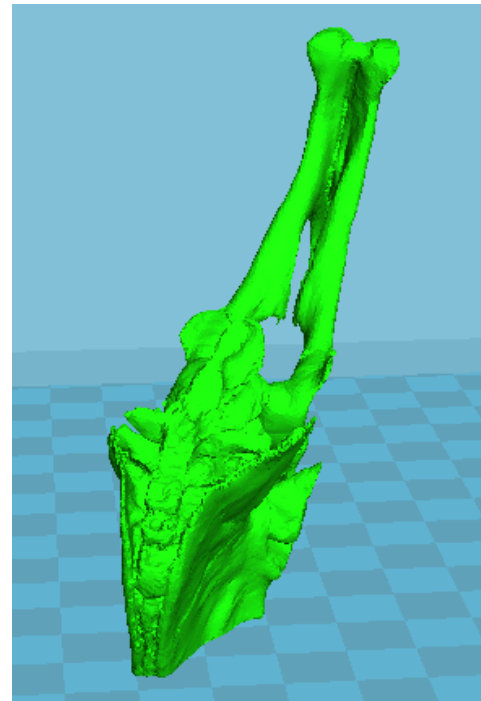
De armen van *T. rex* waren heel klein, ongeveer zo groot als de armen van een 7-jarig kind. De armen waren wel heel sterk. Er kon wel 300kg mee worden getild! De spieren die hiervoor nodig waren zaten vast aan de lange schouderbladen. Er zaten twee scherpe klauwen aan iedere arm, waar waarschijnlijk de prooi mee kon worden opengescheurd. Onderzoekers denken dat de armen ook gebruikt werden om een partner mee vast te houden tijdens de paring.



Heupen

Printtijd: +/- 6 uur

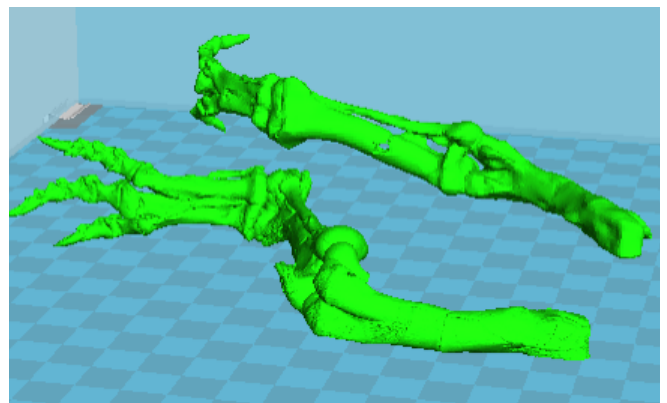
De heupen van *T. rex* waren enorm groot. Het bestaat net als bij de mens uit grofweg twee keer drie delen (links en rechts): het darmbeen, het schaambeen en het zitbeen. Het darmbeen zit helemaal bovenaan en omklemt de wervels. Het darmbeen heet zo, omdat het bij ons mensen als een soort kom de darmen vasthoudt, bij een *T. rex* is dat niet het geval. Het schaambeen zit bij de mens aan de voorkant, maar steekt bij *T. rex* bijna recht naar beneden als een soort anker en is heel groot. Het zitbeen steekt naar achter en zit onder de staart. Het bood mogelijk bescherming van het achterwerk en diende wellicht als een soort bescherming voor de eieren, zodat deze niet kapot vielen op de grond. Bij de mens is het zitbeen goed te voelen wanneer je bij iemand op schoot zit. Het zit aan de onderkant van onze billen.



Poten

Printtijd: +/- 4,5 uur

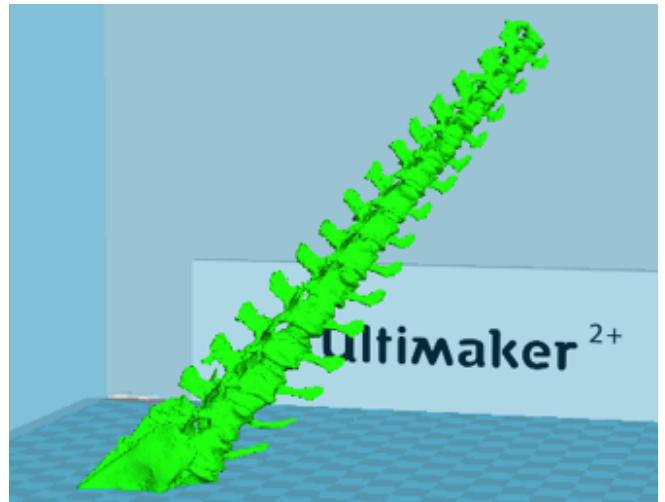
De achterpoten van *T. rex* waren enorm groot en hebben de vorm van een kippenpoot (vergelijk ze maar eens). Wetenschappers hebben ontdekt dat de gemiddelde snelheid waarmee *T. rex* liep, ongeveer 4,5 km/uur bedroeg, vrijwel gelijk aan hoe snel mensen lopen! Op topsnelheid was *T. rex* uiteraard sneller. Hoe snel is nog niet met zekerheid te zeggen, maar 20 km/uur kon *T. rex* zeker halen. Een mens kon een *T. rex* op de fiets dus voorblijven.



Staart begin

Printtijd: +/- 7 uur

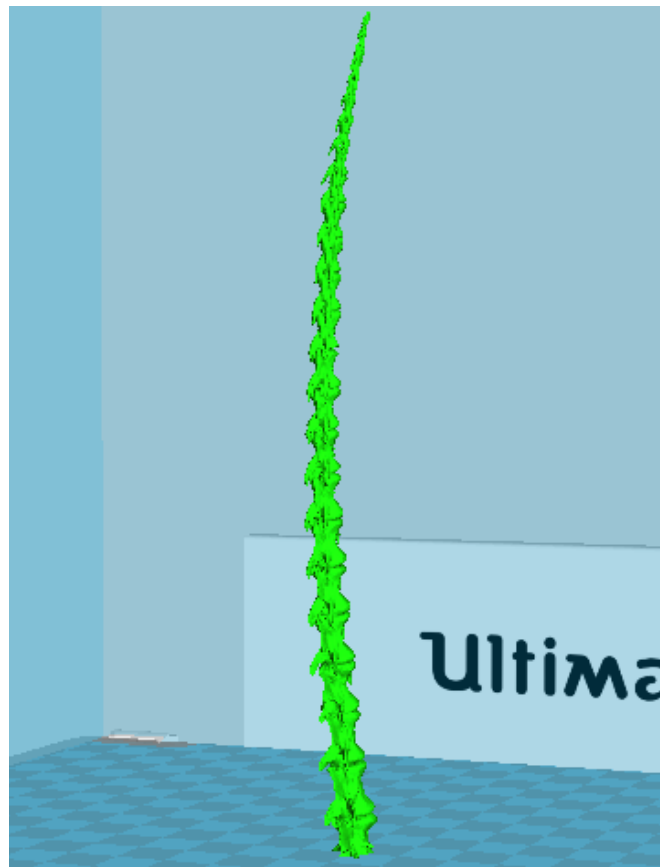
De staart van *T. rex* is heel lang om in evenwicht te blijven. Haar kop is namelijk enorm zwaar. In dit deel van haar staart heeft Trix een vervormde wervel. Hierdoor liep haar staart mogelijk een klein beetje scheef. Misschien had ze daardoor ook wel pijn en moeite met lopen.



Staart eind

Printtijd: +/-2 uur

Dit is het uiteinde van Trix haar staart. We weten niet zeker hoeveel staartwervels *T. rex* heeft gehad, want er is nooit een complete staart gevonden. We hebben gekeken naar andere skeletten van *T. rex*, waarvan de staarten iets completer zijn gevonden. We denken dat Trix 42 staartwervels heeft gehad, maar de botjes aan het einde van de staart en enkele wervels midden in de staart, zijn niet gevonden.



Het skelet in elkaar zetten

Lijst van onderdelen

Staart 1

Staart 2

Poten 1

Poten 2

Bovenlijf 1

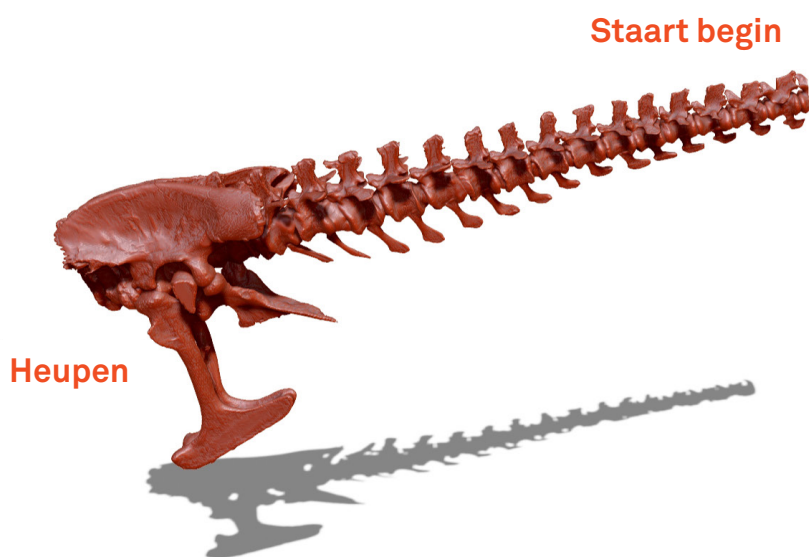
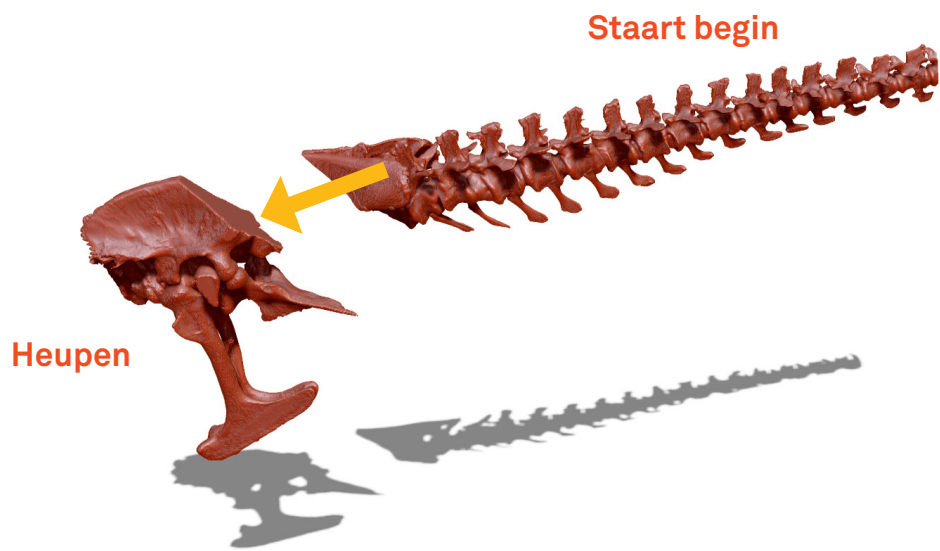
Bovenlijf 2

Bovenlijf en Onderlijf verbinding

Trix skelet

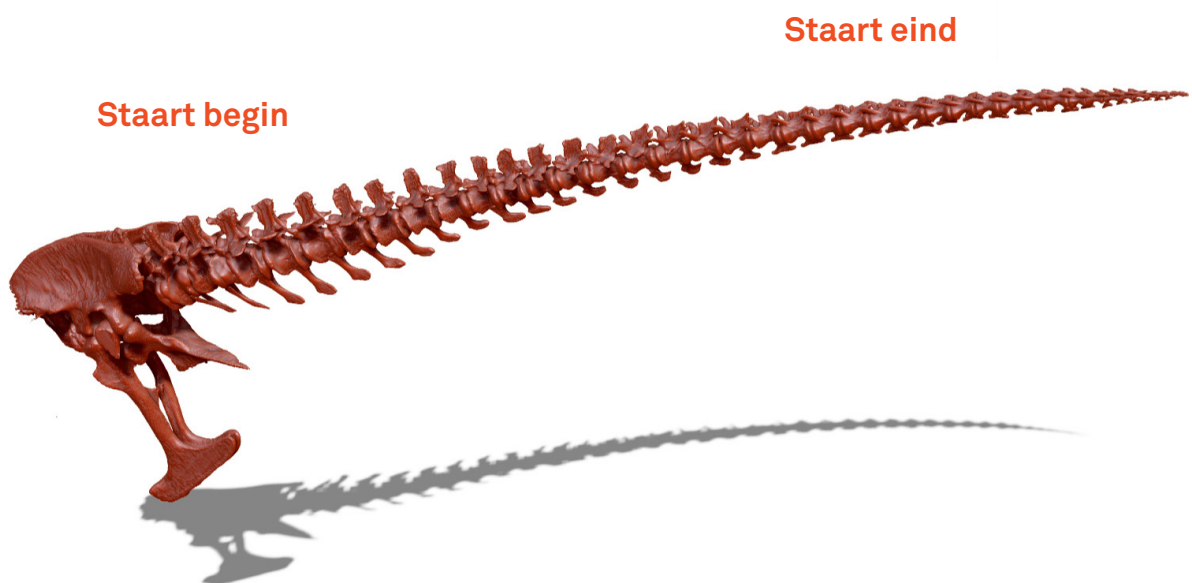
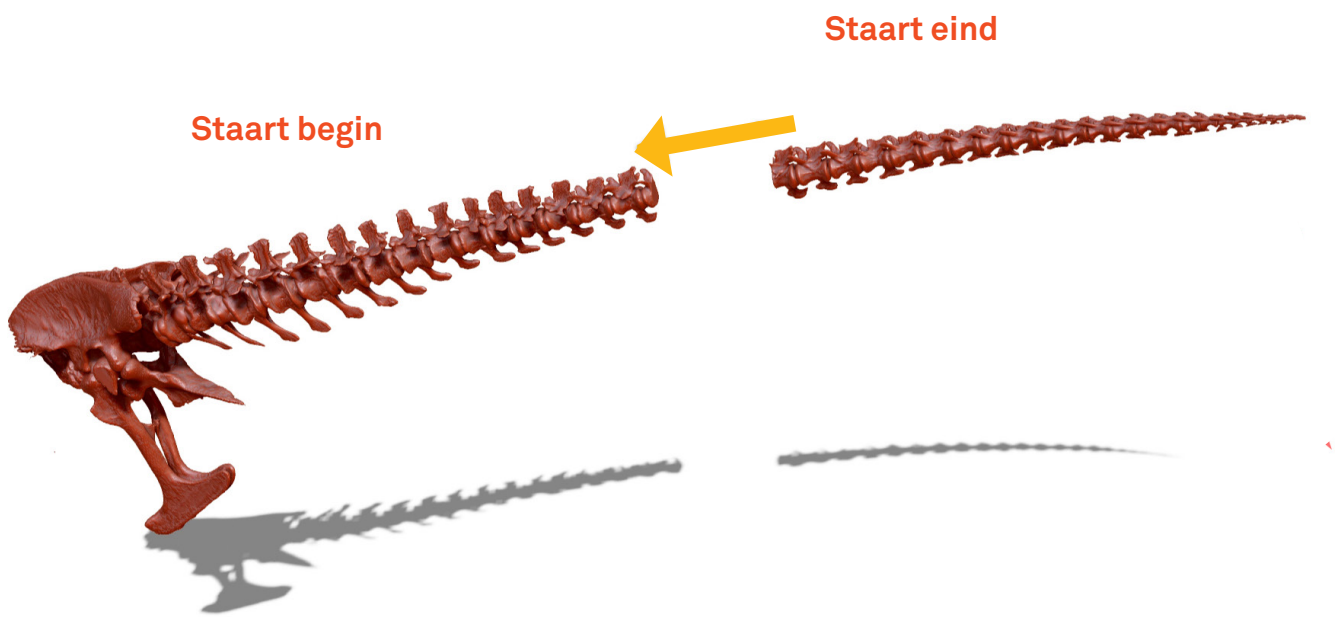
Staart 1

Bevestig **Staart begin**
aan **Heupen** met lijm



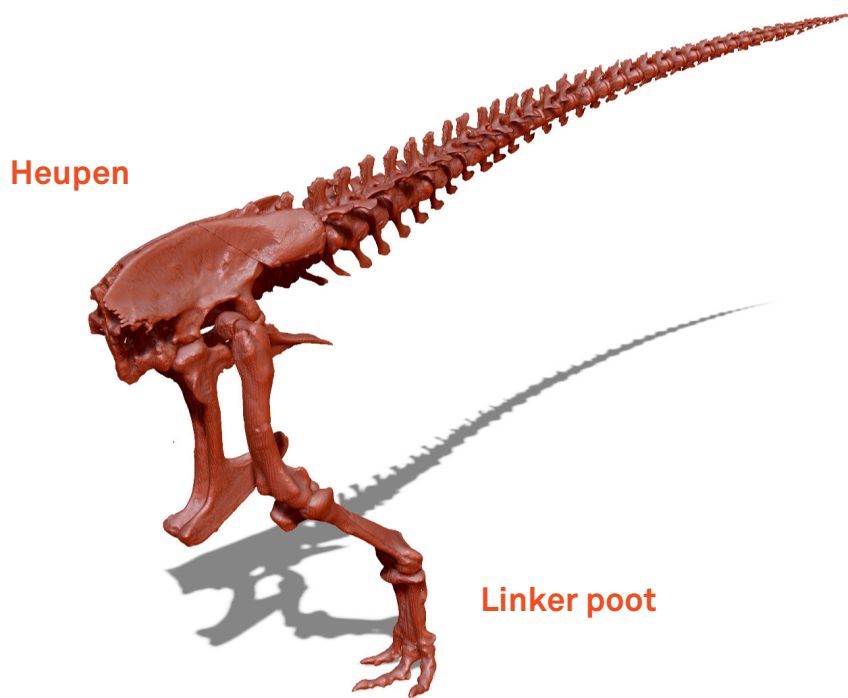
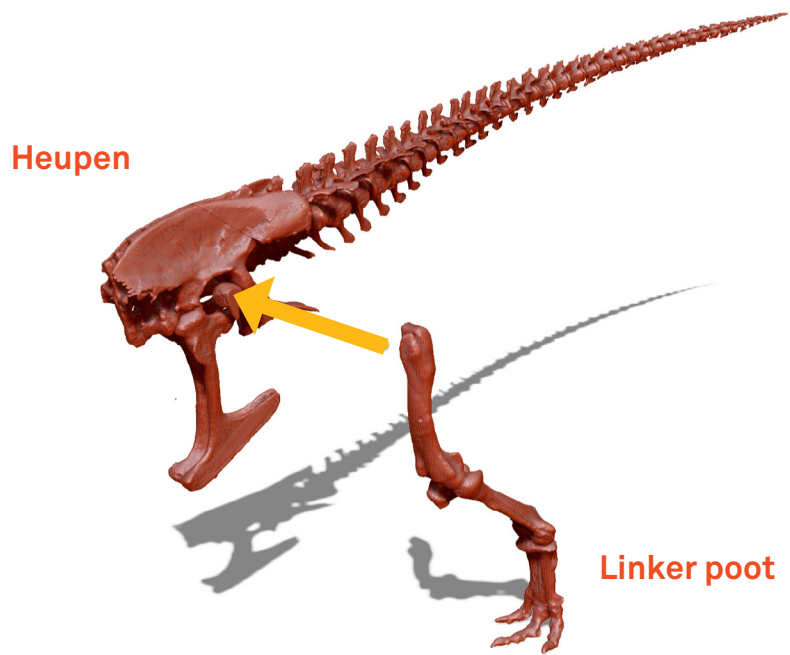
Staart 2

Bevestig **Staart eind**
aan **Staart begin** met lijm



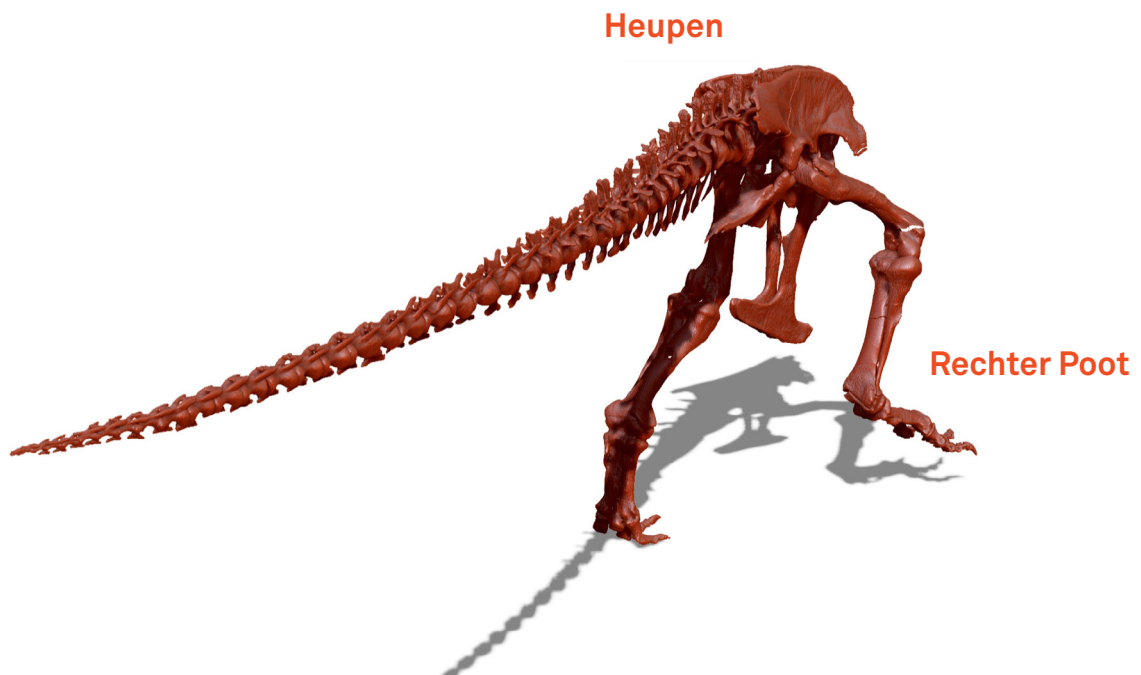
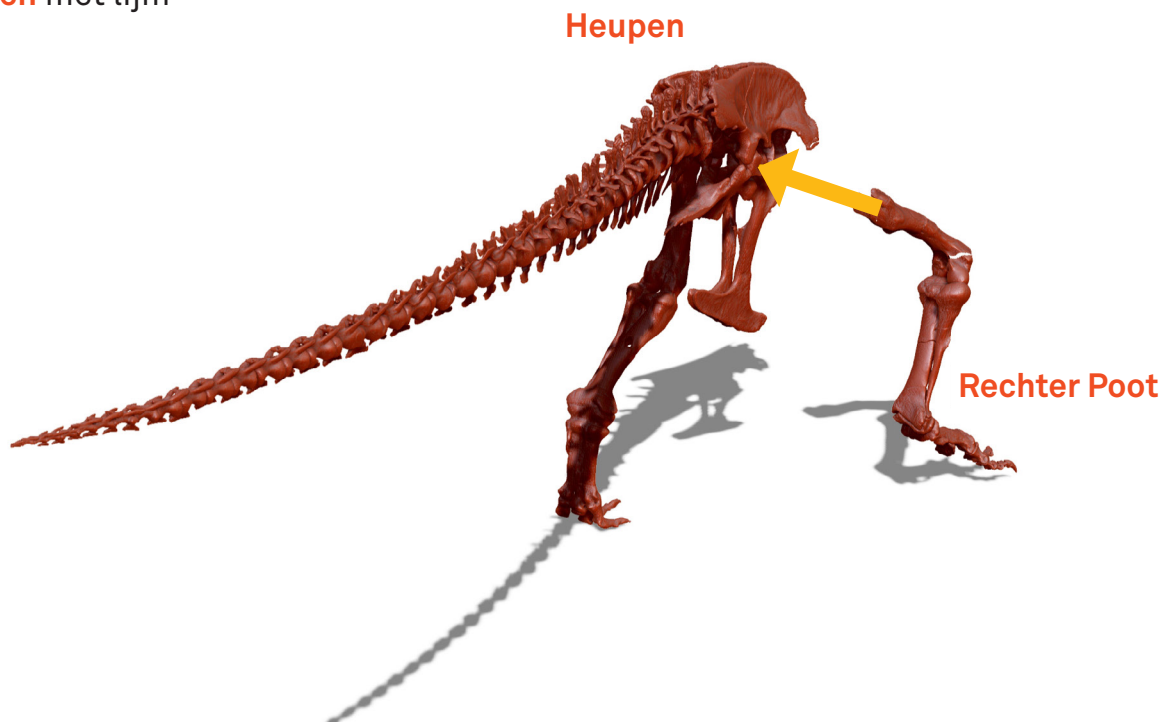
Poten 1

Bevestig **Linker poot**
aan **Heupen** met lijm



Poten 2

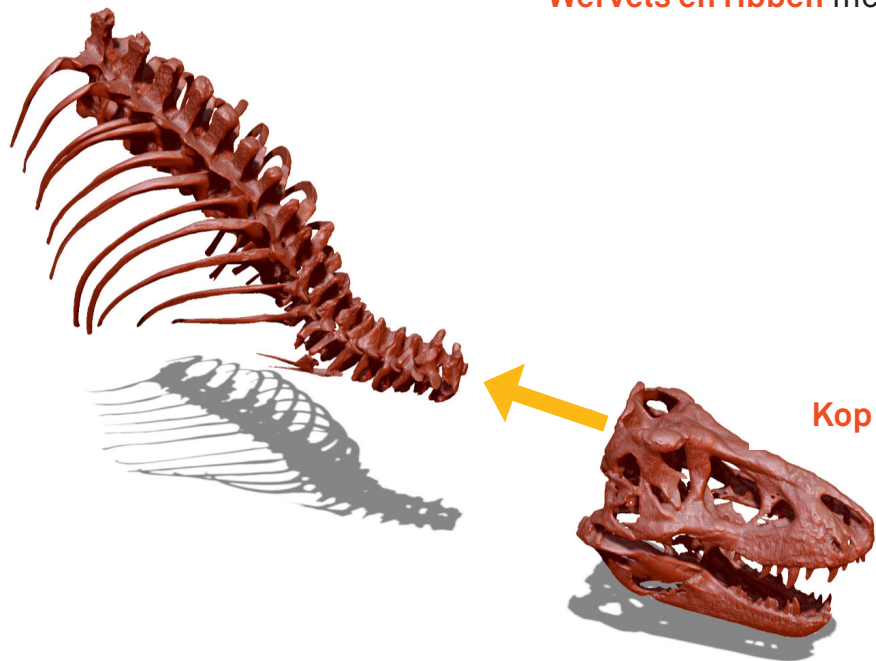
Bevestig **Rechter poot**
aan **Heupen** met lijm



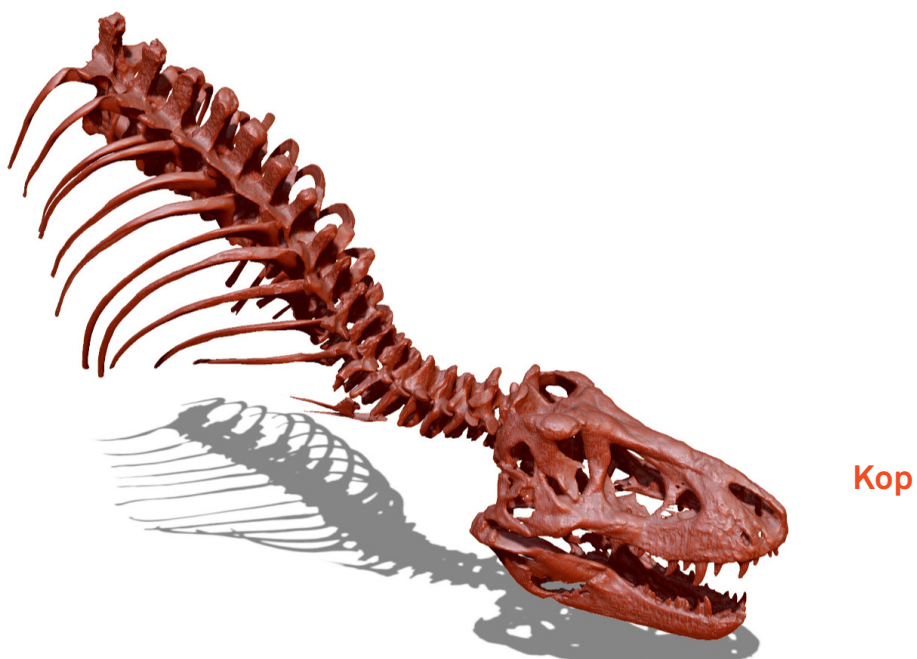
Bovenlijf 1

Wervels en ribben

Bevestig **Kop** aan
Wervels en ribben met lijm

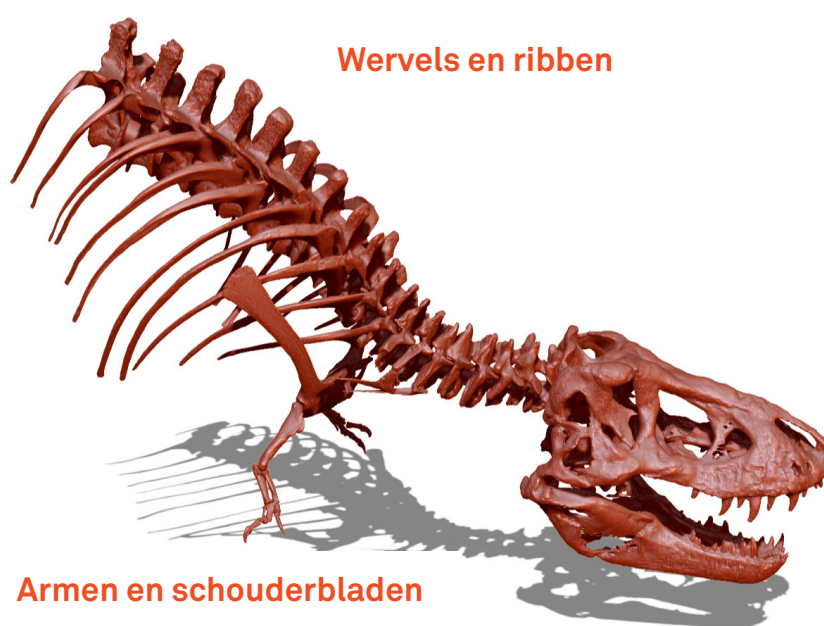
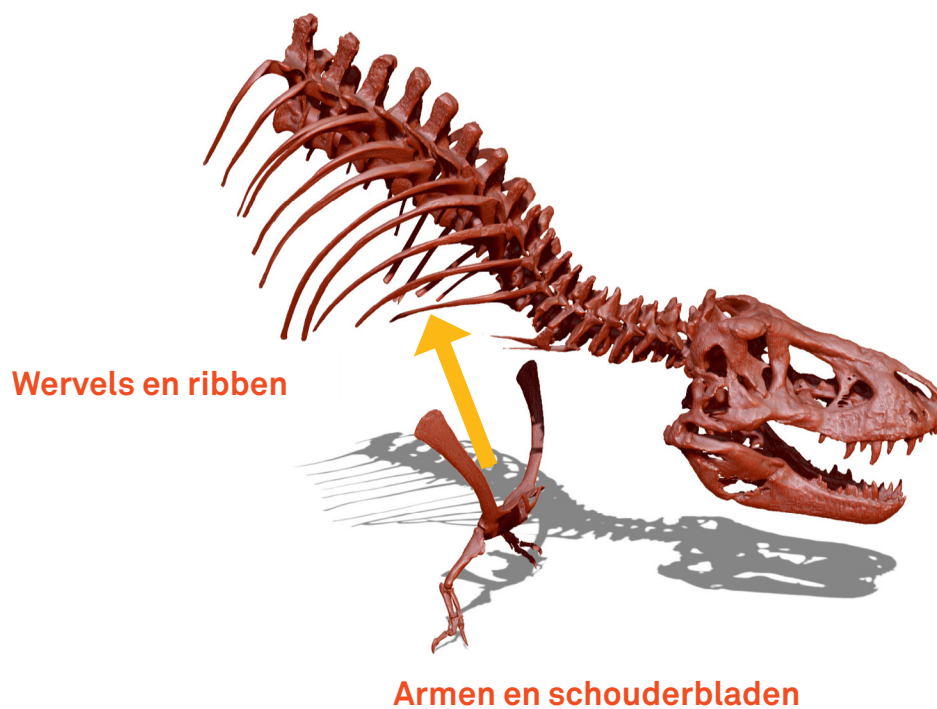


Wervels en ribben



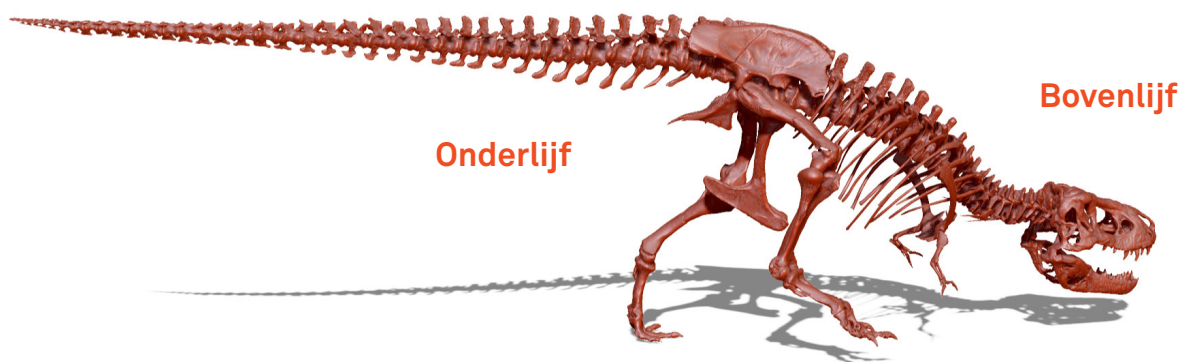
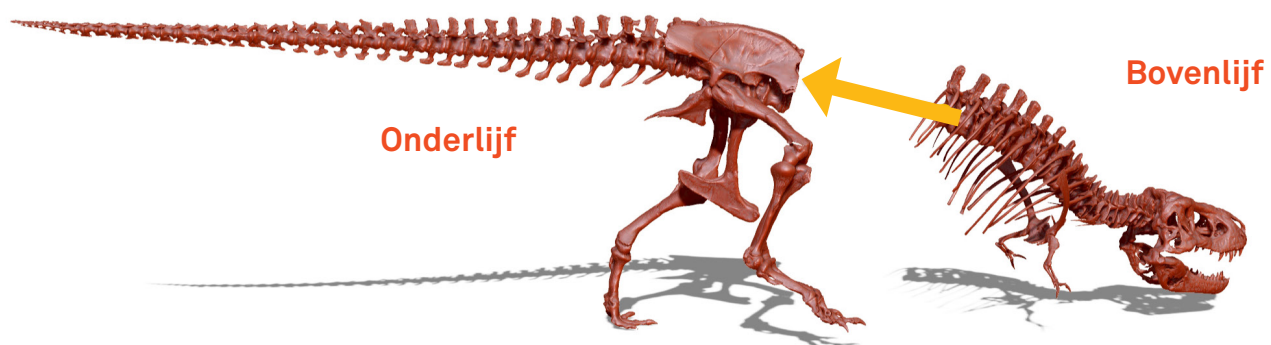
Bovenlijf 2

Bevestig **Armen en schouderbladen**
aan **Wervels en ribben** met lijm

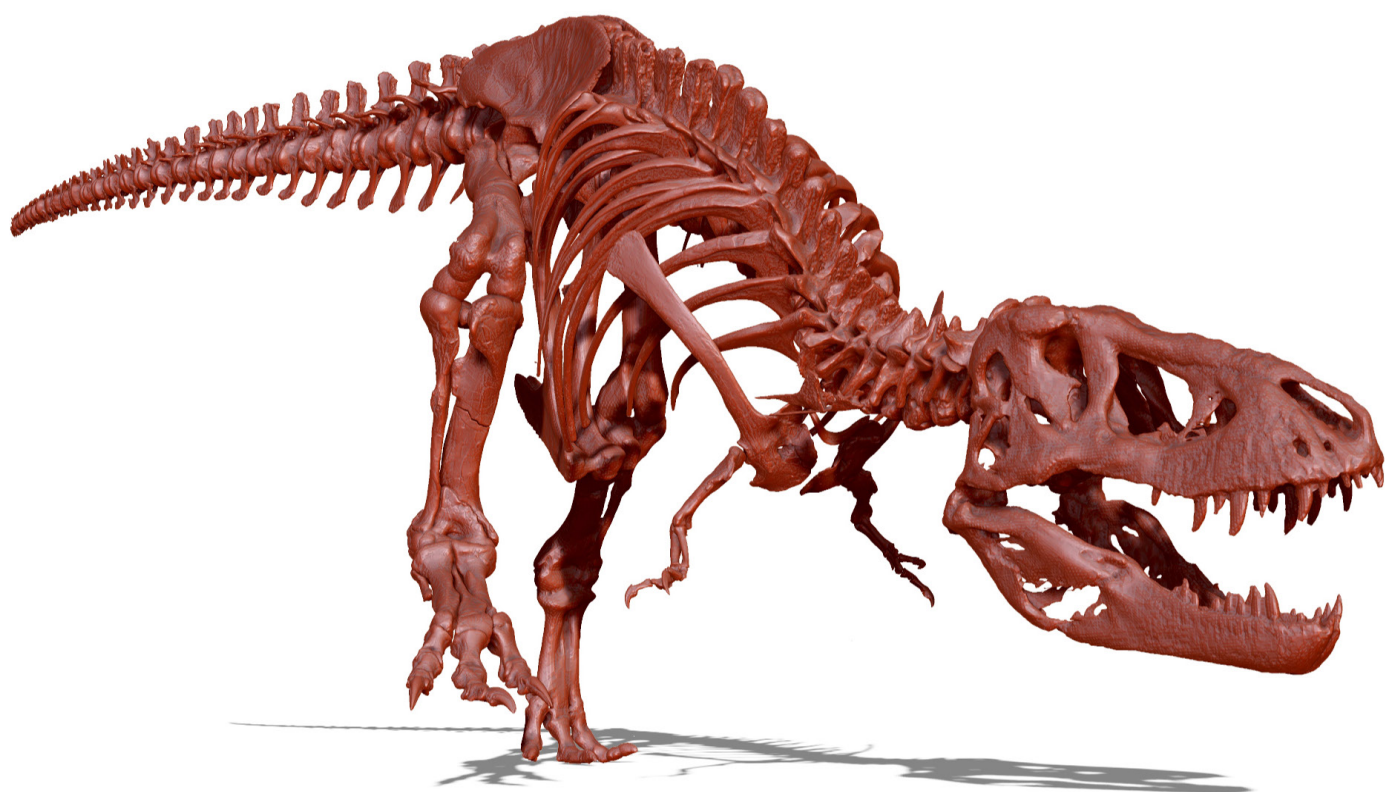


Bovenlijf en Onderlijf verbinding

Bevestig **Bovenlijf** aan
Onderlijf met lijm



Het complete skelet van Trix



Bronmateriaal

Benodigheden printen

[Printmateriaal](#)

Filmpjes

[Wat doet een paleontoloog?](#)

[Wat is er van T. rex 'Trix' gevonden?](#)

[Trix in aanbouw](#)

[Hoe hard kon T. rex bijten?](#)

[Wat is het dinolab?](#)

Extra beeldmateriaal

[Waarom Trix zo mooi bewaard is gebleven](#)

[Timelaps opbouw Trix](#)

[Vlogs Triceratops opgraving](#)

[Triceratops TV \(alle films\)](#)

Artikelen

[Natuurwijzer artikelen over de dinotijd](#)