

TARIM BEKKEN EN TAKLAMAKAN

# De vorming van China's grote woestijnen

In het oktobernummer van *Geografie* 2012 beschreef Joost Terwindt de ingewikkelde geologische geschiedenis van China. In deze bijdrage zoomt hij in op het Tarim Bekken en laat zien hoe China aan de Taklamakan en Gobi-woestijn komt.

**Joost Terwindt**

Emeritus hoogleraar fysische geografie, Universiteit Utrecht

Het Tarim Bekken is een omsloten, grote depressie in de provincie Xinjiang in Noordwest-China, van circa 900.000 km<sup>2</sup> (22 x Nederland). In het bekken ligt de, op de Sahara na, grootste woestijn ter wereld: de Taklamakan met een oppervlakte van zo'n 340.000 km<sup>2</sup> (ongeveer 8 x Nederland). Het gebied is bekend vanwege de Zijderoute over de weinige begaanbare bergpassen, die China sinds de oudheid met India en het Westen verbindt. Het is daardoor een smeltkroes van culturen vanuit China, India en Mongolië.

Het Tarim Bekken herbergt grote voorraden olie, gas en steenkool. Zo zijn er 26 olie- en gasvelden, die goed zijn voor een vijfde deel van de oliewinning in China (35 miljoen ton/jaar). Ook de randgebergten zijn rijk aan ertsen en mineralen. De voornaamste zijn ijzer, nikkel, koper, zwavel, fosfor, vanadium, asbest, edelstenen (jade) en zeldzame aardmetalen.

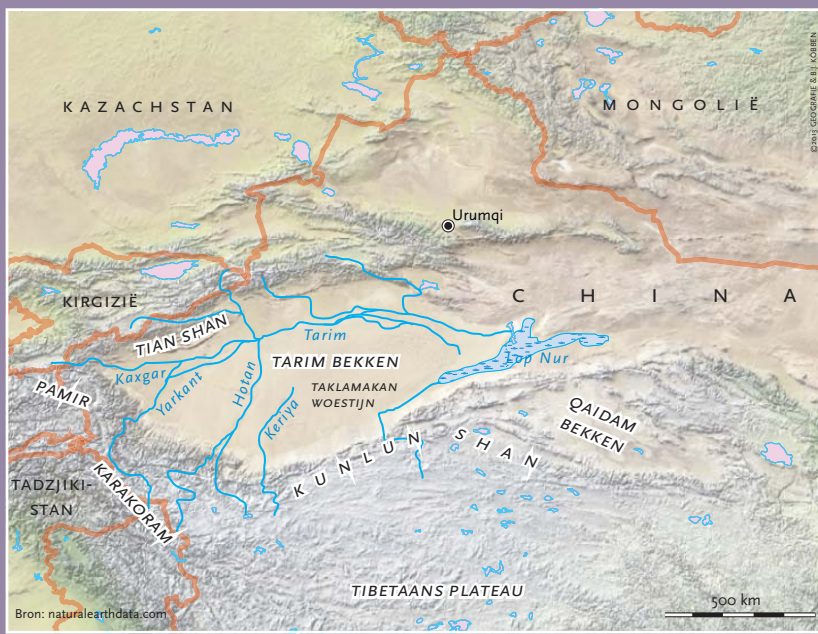
## ONTWIKKELING BEKKEN

Het Tarim Bekken wordt aan de noordkant begrensd door de Tian Shan en aan de zuidkant door de Kunlun Shan (figuur 1). Beide zijn typische botsingsgebergten, respectievelijk zo'n 250 en 200 miljoen jaar geleden ontstaan tijdens de aanwas van tektonische blokken aan het Eurazische continent. Het bekken was vele miljoenen jaren een depot van sedimenten tussen twee ongeveer evenwijdig lopende, eroderende gebergten. Daardoor raakte het bekken gevuld met een kilometers dik sedimentpakket. Aan de oost- en westkant lag het lange tijd open.

Door de vergaande erosie zijn de wortels van de botsingsgebergten aan het oppervlak gekomen. Deze bestaan uit oude stollingsgesteenten, restanten van oude magmakoepeles, metamorfe gesteenten met mineraalomzettingen (onder invloed van hoge temperatuur en druk) en verharde sedimentgesteenten.

Zo'n 70 miljoen jaar geleden, op het einde van het Krijt, voltrok zich een van de meest dramatische episodens in de geologische geschiedenis van Zuid-Azië: de botsing van de grote

Figuur 1: Tarim Bekken





Een stofstorm raast over de stad Kashgar in de Taklamakan (16 april 2013).

FOTO: HAP/QUIRKY CHINA NEWS/REX FEATURES

Indiase Plaat met de toenmalige Eurazische Plaat, waarbij onder andere de Himalaya, de Karakoram en later ook het Pamir Gebergte ontstonden. De kracht van deze botsing was zo groot, dat de aardkorst vele honderden kilometers in elkaar werd gedrukt en het Tibetaanse Plateau gemiddeld zo'n 3000 meter werd opgeheven. Aanvankelijk beperkte het tektonische geweld zich tot de zuidelijke streken. Het Tarim Bekken was toen een warm, verdampend, zout zeebekken, getuige de afzetting van gips, zout en schelpkalken in zoute lagunes.

#### KLIMAATVERANDERING

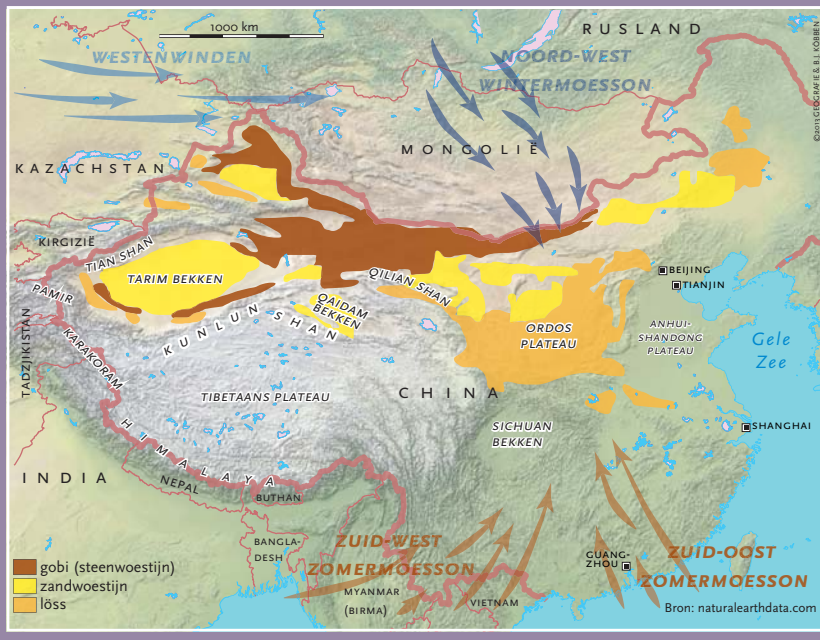
In het Krijt stond de mondiale zeespiegel zo'n 50 meter hoger dan nu. Maar daarna begon de wereldwijde zeespiegel weer te dalen, een gevolg van het geleidelijk kouder worden van het klimaat. In het laaggelegen Tarim Bekken traden toen drie lokale transgressies op, waardoor de kustlijn in het bekken heen en weer schoof en er een afwisseling tussen ondiep mariene en terrestrische afzettingen ontstond. In het Eoceen (55-35 miljoen jaar terug) was er aan de westkant, waar nu het Pamir Gebergte ligt, een grote ondiepe oceaaninham, die deel uitmaakte van de uitgestrekte Thetys Oceaan. De Tarim was toen nog grotendeels zee. Vanaf zo'n 35 miljoen jaar geleden (op het eind van het Eoceen)

trok de zee zich langzaam definitief terug. Het bekken viel steeds verder droog.

Het gebied ligt in een gordel van westelijke winden. Door de lage westkant van het Tarim Bekken konden deze zonale, vochtige westenwinden vanuit de Thetys Oceaan en de Indische Oceaan over heel China waaien. Er waren toen geen woestijnen in China en Mongolië. Wel was het warmer dan nu (meer verdamping), getuige de mariene gipsafzettingen en de rode kleur van de terrestrische sedimenten, veroorzaakt door de bijmenging van een geringe hoeveelheid ijzerstof (verwerde hematiet) in een warm klimaat. Zo'n 20 miljoen jaar geleden (in het Laat-Oligoceen en Vroeg-Mioceen) was de zee helemaal verdwenen uit de Tarim.

De Tarim met zijn woestijnen was zo'n 35 miljoen jaar terug grotendeels zee

Figuur 2: Windsystemen in Eurazië en lössfzettingen in Noord-China



Ondiepe delen in het westen (Kazachstan) vielen steeds meer droog en raakten ten prooi aan verstuiving. Deze verdroging en verstuiving manifesteerden zich ook in de Tarim, getuige de afzetting van eolische sedimenten en vooral fijn stof (löss).

### MOESSONSYSTEEM

Door de klimaatverandering ontwikkelde zich in het Mioceen boven Centraal Azië een moessonsysteem met een winters hogedrukgebied boven Siberië en Mongolië, en een zuidwestmoesson boven Centraal en Zuidoost-China (figuur 2). Dit interfereerde met de zonale westenwinden, waardoor in West-China 's winters sterke NW- tot NO-winden optraden en vooral in het Junggar Bekken, ten noorden van de Tarim, eolische transporten voorkwamen. Door de verstuiving worden zwaardere delen (grind en steenfragmenten) uitgeselecteerd. Ze vormen op den duur een soort pantser, dat het onderliggende zand voor verstuiving beschermt. Zo ontstaat een steentwist (*gobi*). Hieraan ontleent de Gobi-twist zijn naam. Het uitgeblazen fijne zand en het stof werden ver naar het oosten getransporteerd en kwamen tot afzetting op een lössplateau (figuur 2). Dit windsysteem is vanaf 25 miljoen jaar terug tot nu toe in hoofdlijnen in stand gebleven. Wel wisselden nattere en drogere tijden elkaar af, vaak in samenhang met variaties in de westenwinden.

De Tarim fungeerde steeds meer als depot van puin afkomstig uit de omringende gebergten

### TECTONISCHE DRUK

Het gebied van de Tarim kwam vanaf het Laat-Mioceen (10 miljoen jaar terug) onder toenemende tektonische druk te staan. Het noordwaarts oprukken van de Indiase Plaat ging gepaard met enorme krachten die zich meer en meer noordwaarts deden gelden. Dit reactiveerde onder andere de oude Altun Tagh-breukzone en de opheffing van de Kunlun Shan (zie figuur 2, pag. 19, *Geografie* nov/dec 2012). Daardoor verschoven de West-Kunlun en de aangrenzende Tarim langs de Altun Tagh, ten opzichte van de Oost-Kunlun, het Qaidam Bekken en de Qilian Shan. De Tarim fungeerde steeds meer als depot voor de omringende gebergten, vooral uit de Kunlun. Er ontstonden uitgestrekte puinwaaiers langs de gebergteranden, en rivier- en meerafzettingen naar het centrum van de Tarim toe.

Met de tijd werd de druk vanuit het zuiden steeds groter. In het Pliocene, zo tussen 5,3 en 2,6 miljoen jaar terug, versnelde de opheffing van het Tibetaans Plateau en dit gold ook voor de randgebergten rond de Tarim. In de laaggelegen westrand van de Tarim schermde het Pamir Gebergte de Tarim steeds meer af van de vochtige westenwinden over Kazachstan. De Pamir werd een regenscherm en de Tarim ging geleidelijk steeds sterker verdrogen. Zo'n 4 miljoen jaar terug was het hele Tarim Bekken verdroogd. Dit manifesteerde zich door de afzetting van rode eolische zanden en steeds grotere duinen in het centrale deel van de Tarim en toenemende lössfzettingen op een plateau. Het zand was veelal van lokale herkomst, maar fijn stof afkomstig uit Siberië en Kazachstan waaide met de NW-winden over de Tian Shan en legde zich vooral tegen de zuidflank van de Tarim (de Kunlun) aan.

De opheffing van de randgebergten, zowel de Kunlun als de Pamir en de Tian Shan, werd steeds markanter. Dit ging gepaard met een sterke erosie en diep ingesneden dalen. Deze dalen mondden uit in het Tarim Bekken en vormden daar uitgestrekte puinwaaiers, waarover vlechtende rivieren liepen, die grof, roodgekleurd materiaal afzetten (molasse). In de depressies tussen de actieve waterlopen lagen vaak droge puinhellingen (pedimenten). Ook konden zich hier soms meren vormen, die snel opgevuld raakten. Door de aanhoudende, sterke tektonische druk werden deze molassepakketten later scheefgesteld. Verder naar centrum van de Tarim waren de hellingen vlakker en ontstond een depot van fijner zand met zandverstuivingen en duinvorming. Rivieren verlegden hier vaak hun loop en konden zo sediment afzetten over grotere vlakken.

Tussen 2,6 en 1,5 miljoen jaar geleden (het Onder-Pleistoceen) werd het mondiale klimaat steeds kouder (omslag van rode naar licht geel-grijze zanden) en winderiger (grotere duinen en grovere zanden). De Taklamakan-twist was een feit.

### KLIMAATWISSELINGEN

In het Pleistoceen traden er in het gebied sterke tektonische impulsen op, vooral in het Pamir Gebergte, waardoor gebieden aanzienlijk werden opgeheven en de molassepakketten verder kantelden. Naar het Holoceen toe nam de tektonische druk ge-



BEELD: NASA

De Molcha-rivier vormt een uitgestrekte puinwaaier aan de zuidelijke grens van de Taklamakan, bij het verlaten van de Altun Shan. De foto is genomen in mei, als de rivier vol smeltwater is.

leidelijk af. Er trad geen steilstelling meer op maar wel opheffing. Dit resulteerde in de afzetting van meer horizontale puinwaaiers van licht geel-grijze zanden (kouder klimaat) over de scheefgestelde laat-pliocene tot vroeg-pleistocene molasse heen. De midden-pleistocene en holocene lagen zijn wel diep (50-100 meter) ingesneden, een gevolg van de verdergaande opheffing.

Het is erg moeilijk sporen van de pleistocene klimaatwisselingen te vinden in zo'n actief tektonisch gebied. Vaak zijn ook de restanten van vroegere ijstijden uitgewist door de latere. Verder is het de vraag of het hele Tibetaans Plateau in de verschillende perioden een compleet ijsdek heeft gehad. We hebben hier immers te maken met een droogtegebied, dat zowel aan de west- (Pamir), als aan de zuid- (Karakoram, Himalaya) en oostzijde (Longmen Shan) afgeschermd was door grote en hoge neerslagvangers. Volgens de Britse onderzoeker Lewis Owen heeft er in de laatste ijstijd (*Last Glacial Maximum*, LGM, tussen 25 en 20 duizend jaar terug) in ieder geval geen landijsdek over het hele Tibetaans Plateau en de Tarim gelegen. Wel hebben de berggletsjers zich, soms over vele kilometers, uitgebreid. Alleen de hoogste delen van het Tibetaans Plateau, met name ook de KunLun en de Pamir, in het LMG zijn met ijs bedekt geweest.

De wereldwijde pleistocene afwisseling tussen koude (glacialen) en warmere (interglacialen) perioden betekende in Noord-China dat in de warmere perioden de ZW-moesson en de westenwinden sterker werden en er nattere condities optraden. In de koudere perioden overheerste de NW-moesson en was het droger. In de natte perioden lagen er in de Taklamakan uitgestrekte meren. In de drogere perioden krompen de meren of dampten ze in waarbij zoutkorsten over grote oppervlakken ontstonden. Deze beperkten het windtransport en de duinvorming. Wel was er verstuing van niet-verkitten zanden, duinvorming en lössafzetting langs de zuidkant van de Taklamakan (figuur 2). De zuidoostkant was in het Holoceen eerst relatief nat, maar werd later weer droger. Het centrale deel van de Taklamakan (bij Lop Nor) was het hele Holoceen (vanaf 10 duizend jaar terug) min of meer aride.

#### PUINWAAIERS

Ook de rivieren reageerden op de afwisseling van nat en droog. Tijdens de ijstijden werd veel vocht vastgelegd in sneeuw en ijs. Tijdens de interglacialen smolt dit grotendeels weer af en gecombineerd met de nattere condities voerden de rivieren veel water af, waardoor de puinwaaiers langs de gebergterand groter werden.



In rivierafzettingen bevinden zich uitgehakte grotten en woningen. Hier de Bezeklik-grotten waarin 1000 Buddha's zijn uitgehouwen, in het noordoosten van de Taklamakan.

Deze pleistocene puinwaaiers hadden veel grovere stenen en keien dan de latere holocene, wat wijst op grotere afvoeren. Ook de erosiekracht nam toe, waardoor de rivieren zich insneden en terrassen vormden. Dit geldt vooral voor de rivier Keriya, die de noordkant van de Kunlun draineert (figuur 1). Hier ontwikkelden zich terrassen zowel bovenstrooms van de puinwaaier als erop en ervoor. De Keriya stroomde toen door de Taklamakan en mondde uit in de Tarim-rivier in de centrale Taklamakan, maar is tegenwoordig al halverwege de Taklamakan opgedroogd. Behalve de Keriya mondde toen ook de Hotan uit in de Tarim-rivier, net als een aantal rivieren uit de Pamir en Tian Shan.

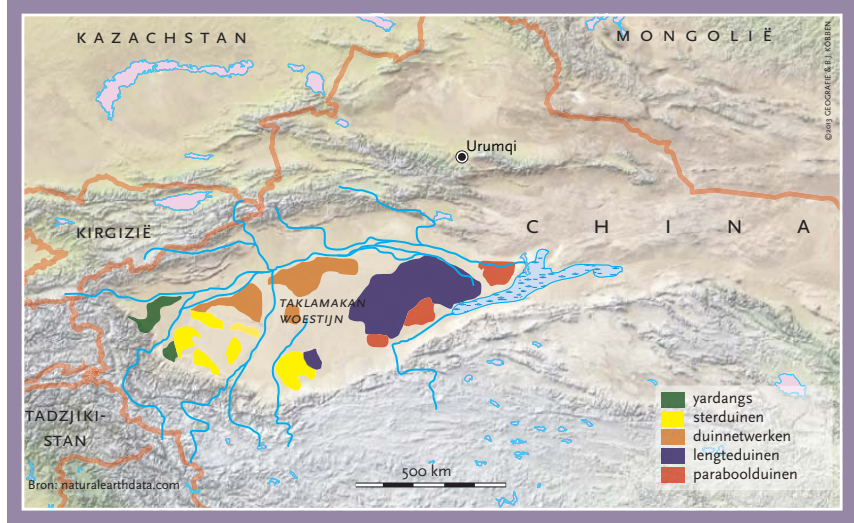
De stenen op de puinwaaiers worden bij aride condities aan elkaar gekit door uitkristallisatie van, overigens zeer geringe, concentraties zouten (bijvoorbeeld calciumcarbonaat) in de poriën. Bij een verhoogde neerslag is deze verkitting sterker omdat er meer water met opgeloste zouten wordt toegevoegd. Praktisch alle oasen, evenals de meeste (oude) wegen en karavaanroutes en de moderne spoorwegen, liggen op de verkitte puinwaaiers. Dit geldt zowel voor de zuidelijke kant (Dunhuang, Keriya, Hotan, Yecheng en Kasghar) als voor de noordelijke kant (Bezeklik, Turpan, Korla, Kuga en Aksu). Ook de grotten en ruïnes van steden zijn uitgehakt in pakketten van afgerond grind en grof zand, een gevolg van de afstroming in vlechtende rivieren over deze puinwaaiers. Juist in deze grindpakketten kon veel afstromend water uit de bergen worden opgeslagen als grondwater, dat op sommige plaatsen relatief gemakkelijk te bereiken is. Daar liggen dan ook de oasen. De Taklamakan loopt af van west (1200-1500 meter boven zeeniveau) naar oost (800-1000 meter) en van zuid (Kunlun) naar noord (Tian Shan). De huidige drainagerivieren Hotan en Keriya voeren nog water in de natte tijd, maar drogen 's zomers op. De Hotan loopt in de natte tijd uit in de Tarim-rivier, die langs de voet van de Tian Shan loopt. De Tarim-rivier droogt in oostelijke richting ook steeds meer uit in het gebied van Lop Nor. Oudere rivierdalen zijn veelal opgevuld met stuifzand.

### WINDSYSTEEM

De Taklamakan heeft een complex windsysteem. In de winter ligt de woestijn langs de grens van het Mongools-Siberisch hogedrukgebied en treden vooral noordoostelijke winden op. In de zomer is de westelijke component wat sterker en staat dan onder invloed van de wind over de Pamir en de Tian Shan. In het voorjaar, als de bodem sterk opwarmt, ontstaan er opstijgende luchtstromingen, waardoor vooral de NW-winden sterker worden en zich tot cyclonen kunnen ontwikkelen. Deze veroorzaken soms zware stofstormen, die veel fijn materiaal hoog (tot wel 4000 meter) opwerpen. Het fijne materiaal waait met de westenwinden tot ver in China (Beijing) en veroorzaakt veel overlast. Opvallend is de scherpe, steile begrenzing van de stofstormen. Zij bewegen als stofgevlude wolken bij windsnelheden van 6-8 Beaufort met 40-80 km/uur over de bodem.

De zandzee in de Taklamakan bestaat uit door de wind uitgeblazen zand vanuit de afzettingen in het Tarim Bekken en

Figuur 3: Duinvormen in de Taklamakan





Sedimentaire rotsen en zandduinen aan de rand van China's grootste gebied van yardangs, in het westelijk deel van het Chaidamu Basin.

FOTO: GEORGE STEINMETZ / HOLLANDSE HOOGTE

vooral uit de puinwaaiers en afzettingen van rivieren langs de randen. Los zand wordt door de wind meegevoerd en groepeerd zich vaak in duinen, van heel klein (ribbels) tot soms honderden meters hoog en wel 500 meter breed, en kamafstanden van 1 tot 5 kilometer.

Figuur 3 toont de duinvormen in de Taklamakan. De vorm wordt bepaald door de transportcapaciteit van de wind en de variabiliteit van de windrichting. Bij een constante windrichting ontstaan *halve maanvormige*, *parabool-* of *sikkelduinen* met een vlakke loefzijde (kant waar de wind vandaan komt) en een steile lijzijde. Ook *transversaalduinen* komen voor, eveneens met een vlakke loef en steile lijzijde, maar met rechte kammen. Een tegen-gestelde vorm, met steile loefzijde en vlakke lijzijde, noemt men *barchanen*. Waait de wind afwisselend uit twee richtingen dan ontstaan vaak *lengteduinen* (*seifduinen*). Ze liggen meestal evenwijdig aan de overheersende windrichting. Waaien de zandtransporterende winden in allerlei richtingen dan vormen zich *sterduinen*. Deze groeien vaak meer opwaarts dan in de lengte. Zij kunnen dan ook grote hoogten bereiken, soms wel tot 500 meter. De zandstralende werking van de wind kan verticaal gestelde, verharde lagen achterlaten, *yardangs*.

## De oasen en karavaanroutes liggen vaak op verkitten puinwaaiers

De ontwikkeling van het Tarim Bekken en de Taklamakanwoestijn laat zien dat gebergtevorming een belangrijk effect kan hebben op het regionale klimaat. In dit geval leidde het tot woestijning. Dit had een majeure invloed op de rivierafvoeren en de sedimentatiepatronen in de Taklamakan. Het samenspel tussen endogene en exogene processen was sturend voor de ontwikkeling van de morfologie en ook voor de gebruiksmogelijkheden van het landschap. •

BRONNEN: ZIE WWW.GEOGRAFIE.NL