

SAMENVATTING

Na de opkomst van de platentektoniek ging de aandacht van het geologisch wetenschappelijk onderzoek voornamelijk naar de grote tektonische processen die zich aan de plaatranden afspelen. Sinds kort wordt echter een groeiende aandacht besteed aan tektonische processen binnen continentale platen.

Sedimentaire bekkenvorming is één van de belangrijkste processen die zich binnen een plaat kunnen afspelen. De belangstelling voor de economische potentialen die gebonden zijn aan bepaalde extensiestructuren binnen de continentale korst, zowel als de problematiek van het ontstaan van oceanen, leidden tot een hernieuwde aandacht voor continentale bekkens en slenken. Continentale sedimentaire bekkenvorming kan gebeuren in verschillende tektonische contexten (extensie, transtensie, transpressie, compressie). Het ruimte- en tijdsverband tussen de verschillende spanningstoestanden die hiervoor verantwoordelijk zijn blijft nog onvoldoende gekend. Belangrijk is de rol die toebedeeld wordt aan externe krachten die op een continentale plaat inwerken. Deze kunnen aanleiding geven tot de vorming van breuken binnen platen en tot de vorming van slenken. Een beter inzicht in het gedrag en het effect van deze krachten kan leiden tot een beter inzicht in de processen die het opbreken van continenten voorafgaan.

Baanbrekend op dit gebied is de hypothese die voorgesteld werd door Molnar en Tapponnier [1975], waarbij de actieve tektoniek in het Centraal-Aziatische plooigebied -de Baikal rift inbegrepen- toegeschreven werd aan de overdracht van spanningen in het continent ten gevolge van de Himalaya-collisie. Sindsdien werden steeds meer argumenten aangebracht die deze hypothese staven.

Slenkvorming zonder tussenkomst van krachten vanuit de onderliggende asthenosfeer wordt steeds meer als een volwaardig ontstaansmechanisme aanzien. Er wordt zelfs de vraag gesteld of klassieke slenken, zoals de Baikal rift, niet een eerste, zogenaamde "passieve" fase doorlopen hebben.

Twee merkwaardigheden komen bij de studie van sedimentaire bekkens naar voor:

- Voorbestaande zwaktezones in de korst zijn belangrijk bij het ontstaan van sedimentaire bekkens
- Toegepaste externe spanningen beïnvloeden de veranderingen in intensiteit en richting van de activering van breuken. Bijgevolg beïnvloeden zij de morfologie van de bekkens

Het onderzoek naar het ontstaansmechanisme van slenken blijft vele vragen stellen. Vooral de tektonische processen die plaatselijke extensiestructuren in de continentale korst veroorzaken als gevolg van verafgelegen krachten die op de korst inwerken zijn onvoldoende gekend. Bovendien is er geen duidelijk inzicht in het mechanisme van het ontstaan van slenken als gevolg van lokale extensiespanningen. Slenken met een lange evolutie (Baikal, Tanganjika,..) hebben weinig sporen behouden van hun initiële fase. Slechts actieve bekkens, in een vroeg stadium van hun evolutie, kunnen als studieobject dienen om de structurele evolutie en het mechanisme van de vorming van slenken na te trekken.

Het voorgestelde onderzoek beoogt een bijdrage te leveren tot de kennis van de vroege structurele evolutie van continentale extensiebekkens, structureel als mogelijk voorbeeld van de ontstaanswijze van volwaardige slenken.

Het Centraal-Aziatische plooi gebied is een uitgelezen gebied om het ontstaan en de evolutie van sedimentaire bekken in het algemeen, en van extensiestructuren in het bijzonder, binnen een continentale plaat te bestuderen. De inwerkende krachten op grote schaal ten gevolge van de Himalaya-collisie zijn goed gekend, zowel wat betreft de richting, de intensiteit en het tijdsverloop. Kwantitatieve gegevens wijzen op een noordwaartse beweging in de Tien-Shan keten. Bovendien is het Centraal-Aziatische plooi gebied qua structurele opbouw bijzonder geschikt om externe spanningen op te vangen. Het ontwikkelt zich namelijk in een uitgestrekt gebied dat zich vormde tijdens het Paleozoïcum langs de actieve rand van het toenmalige Siberische continent, dat verschillende collisies met eilandenbogen en microcontinenten onderging. Hierdoor vormden zich accretieterranen die door uitgestrekte schuifzones werden gescheiden. Vanaf het Laat-Eoceen werden deze diepe zwaktezones gereactiveerd door de spanningen die de collisie met het Indische continent vanuit het zuiden met zich meebracht. Dit resulteerde in een noordwaartse migratie van de crustale vervorming, grotendeels gecontroleerd door de voorbestaande structuren, met een horizontale compressiecomponent die grosso modo noord-zuid gericht is. Deze reactivering is op verscheidene plaatsen in Centraal-Azië, en zeker in Altai, verantwoordelijk voor zowel gebergtevorming als voor de vorming van sedimentaire bekken.

Dit onderzoek behandelt de studie van de kinematische aspecten van continentale breuktektoniek in verband met de vorming van jonge sedimentaire bekken. Hiervoor wordt de kinematica van de vorming en de evolutie van de verschillende tektonische blokken bepaald. Het experimentele gedeelte van de studie richt zich op het Altai-Sayan gebied, dat door actieve breuktektoniek in blokken wordt opgebroken, met als gevolg de vorming van lokale bekken. Voor deze zone wordt het actieve breukpatroon achterhaald door een combinatie van de analyse van satellietbeelden en een structurele veldanalyse. Daarnaast wordt bijzondere aandacht besteed aan de chronologische activering van breuken, en het verband tussen deze opeenvolging van activeringen met variaties in de spanningsrichtingen. Het verband tussen het algemeen breukpatroon en de actieve bekken wordt hierbij onderzocht.

Hoofdstuk 1 behandelt de algemene geologische en geodynamische context van het studiegebied. De verschillende aspecten van de actieve vervorming, zoals die in de recente literatuur te vinden zijn, worden besproken. De structuur van de sokkel, van de korst, mantel en lithosfeer, de spanningsvelden, de snelheidsvelden, en de fysiografie van Centraal Azië worden behandeld, en de daaruit voortvloeiende modellen voor de actieve en recente vervormingen geëvalueerd.

Hoofdstukken 2 tot 5 geven een kritische evaluatie van de gebruikte onderzoeksmethoden, hun toepassingen en beperkingen in het specifieke geval van de studie van actieve breuktektoniek in bergachtige sokkelgebieden. Het gaat hier meer specifiek over:

- De morfologische analyse van landschapselementen aan de hand van teledetectie uitgevoerd op verschillende resoluties en in 2, 3 en 4 dimensies (hoofdstuk 2).

- De aspecten en de studie van de uitingen van actieve en recente vervormingen onder het aardoppervlak, aan de hand van reflectie-seismische profielen en aan de hand van radon-activiteitsmetingen (hoofdstuk 3).
- Micro-structurele analyse van breukbewegingen, gebruikt voor de reconstructie van de breuk-kinematica en de dynamische aspecten die aan de oorzaak van de bewegingen liggen (hoofdstuk 4).

Hoofdstuk 5 beschrijft hoe een gedetailleerde combinatie van deze verschillende technieken kan leiden tot een analyse van de tektonische processen die aan de oorsprong liggen van de waarnemingen op het veld. De uitingen van de verschillende kinematische breukregimes wordt in detail geëvalueerd.

In een tweede deel van het werk wordt een beschrijving gegeven van de verschillende structuren, zoals die waargenomen werden op het terrein. De waarnemingen vormen dan de basis voor de tektonische en geodynamische interpretatie aangaande de actieve en recente tektoniek van het studiegebied.

Hoofdstuk 6 gaat dieper in op de studie van het Teletsk bekken. Dankzij de multi-disciplinaire aanpak gebruikt in deze studie was het mogelijk om een gedetailleerd model af te leiden dat de vorming van dit tektonisch bekken verklaart aan de hand van een tweefasige evolutie. Een eerste fase opende verschillende sub-bekken in een pull-apart context, tijdens het Pleistoceen. Deze bekken werden gescheiden door transverse structuren met een schuifcomponent, gecontroleerd door een reactivering van voorbestaande zwaktezones in de korst. Dit geschiedde in een transpressief vervormingsregime. Omwille van de opheffing en de voortdurende vervorming, vond er een verandering plaats van het spanningsveld, verantwoordelijk voor de opening van het bekken. Hierdoor opent zich het meer in een huidige, actieve fase (Holoceen) als een extensiebekken, gecontroleerd door normaalbreuken die rechtlijnig zijn in sommige plaatsen, en gebogen in andere. Deze laatste situatie ontstaat wanneer er zich een aaneenschakeling voordoet van voorbestaande structuren. Bij het ontstaan van deze gebogen breuken kan er zich een half-graben ontwikkelen, een fenomeen waargenomen in verschillende continentale slenken die zich in een verder ontwikkelingsstadium bevinden dan het Teletsk bekken. Dus, het Teletsk bekken biedt ons een zeer jong en embryonaal voorbeeld van een extensiebekken, dat als mogelijk model kan staan voor de vroege evolutie van een continentale slenk, waarbij er een overgang is van full-graben naar half-graben als basiseenheid voor de bekkenconstitutie.

Tijdens het onderzoek werd vastgesteld dat de locatie van het Teletsk bekken in verband dient te worden gezien met de actieve vervormingen die zich voordoen in zijn hinterland. Het is in dit gebied (noordoost Altai), dat zich grote strike-slip bewegingszones voordoen, waarin lokaal zeer kleine, min of meer noord-zuid gerichte extensiebekkentjes voorkomen. Kan het ontstaansmechanisme van deze kleine bekkentjes analoog zijn aan dat van het grotere Teletsk bekken? Hoofdstuk 7 onderzoekt het verband tussen de actieve strike-slip vervormingen vanuit het zuiden, de vorming van de kleine extensiebekken en van het Teletsk bekken. Uit deze studie blijkt dat omwille van de rheologische heterogeniteit die er bestaat in de sokkel van het gebied, het oostelijk deel zich als een starre blok gedraagt, waarbij het tektonisch

transport vanuit het zuiden opgevangen wordt in een contractieve vervorming aan het uiteinde van een uitstervende strike-slip breuk, met opheffing als belangrijkste effect. Meer naar het westen echter, vindt er een aanzienlijke dextrale horizontale beweging plaats, langs een parallelle breukzone. Deze partitie in de vervorming heeft belangrijke blokrotaties tussen de twee controlerende zones tot gevolg. Deze blokrotaties veroorzaken lokale extensiezones waarin de kleine extensiebekkens voorkomen. Het Teletsk bekken bevindt zich aan het noordelijke uiteinde van deze zone, net ten noorden van de plaats waar het de oostelijke inverse breuk zijn actieve vervorming uitdooft, en recente bewegingen niet meer worden waargenomen. Het systeem van blokrotaties houdt dus op, en de 'pure' oost-west extensie, ongehinderd door de oostelijk barrière, laat de opening van het Teletsk bekken toe, veroorzaakt door de sinistrale bewegingen langs de nooroostelijk gerichte regionale limiet van de sterke actieve vervormingen (West-Sayan breuk).

Nog verder ten oosten van het Teletsk bekken, in Tuva, bevinden zich een serie sedimentaire bekkens die een andere expressie hebben dan in Altai. In plaats van de smalle graben hebben de bekkens een 'rondere' vorm. Ze zijn zich ook veel vroeger (Tertiair) beginnen vormen dan in noordoost Altai. In hoofdstuk 8 wordt beschreven hoe een gedetailleerde analyse van actieve en recente breukpatronen in het gebied aantoont dat, omwille van de structurele korrel (*structural grain*) van het gebied, die zeer sterk verschilt van deze in Altai, en de daaruit voortvloeiende hoek tussen de convergentierichting en deze structurele trend, die eveneens sterk verschilt van deze in Altai, de vervorming zich bij voorkeur uit in transpressieve bloemstructuren. Omwille van deze verminderde strike-slip component in de vervorming zijn de sedimentaire bekkens van het overschuivingstype. Er kan overwogen worden of de diepere structuur van de korst en van de lithosfeer geen invloed uitoefent op de configuratie van de bekkens. Aan de hand van onze informatie wordt aangetoond dat deze invloed van secundair belang is, en dat de oriëntatie van de voorbestaande structuren een grotere invloed uitoefent.

Een laatste hoofdstuk concludeert over de interacties tussen contractie, extensie en strike-slip vervorming in het gebied, en de specifieke configuratie van de vroege evolutie van het Teletsk bekken, als voorbeeld van een continentale graben.