

DISS. ETH Nr. 11188

Jurassic rifting and formation of a passive continental margin (Platta and Err nappes, Eastern Switzerland): geometry, kinematics and geochemistry of fault rocks and a comparison with the Galicia margin.

ABHANDLUNG
Zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER NATURWISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von:

Gianreto Manatschal
Dipl. Natw. ETH

geboren am 1. November 1965
von Sta. Maria



Angenommen auf Antrag von:

Prof. Dr. D. Bernoulli,
Dr. N. Froitzheim,
Dr. D. Marquer,
Prof. Dr. V. Trommsdorff,

ETH Zürich,		Referent
Univ. Basel,	1.	Korreferent
Univ. Neuchâtel	2.	Korreferent
ETH Zürich	3.	Korreferent

1995

Abstract

The Lower Austroalpine Err nappe and the Upper Penninic Platta nappe in Central Grischun preserve the remnants of a Jurassic extensional detachment system related to rifting and break-up preceding the opening of an oceanic area in this segment of the Mesozoic Tethys. However, in order to reconstruct the original geometry of the extensional system and to understand the mode of deformation associated with it, the Alpine movements have to be inverted. In this thesis, in a first step, the structures related to Alpine movements are analyzed, and by kinematic inversion, the original geometry of the distal Austroalpine continental margin (Err nappe) and of the adjacent South Pennine ocean (Platta nappe) is reconstructed. In a second part, the fabric, the deformation mechanisms, the geochemical signatures and the evolution of Jurassic fault rocks are investigated, and compared with Alpine fault rocks. Finally, a model of the paleotectonic evolution of the ocean/continent boundary is proposed, and the margin evolution is compared to that of the undeformed margin of Galicia investigated by deep sea drilling and reflection seismics.

The Err and Platta nappes belong to the stack of nappes that is the result of oblique convergence between Adria and Europe in Late Cretaceous time. Top to the W-directed nappe transport, affecting the uppermost crust, strain partitioning between basement rocks and the different sediments, and E-W-trending transpressive zones characterize the first Alpine deformation phase (Trupchun phase). Still during Late Cretaceous time, E- to SE-directed normal faults (displacement < 2 km) and recumbent folds overprinted the previously formed nappe pile (Ducan-Ela phase). The youngest pervasive deformation phase, the Blaisun phase, weakly overprinted the Late Cretaceous nappes, when, during the Eocene, these nappes were thrust 'en bloc' toward the north over the Middle to Lower Penninic nappes. Consequently, the pre-Alpine passage from the distal continental margin (Err nappe) to the oceanic area (Platta nappe) can be reconstructed by kinematic inversion of the Late Cretaceous deformation phases.

The continent-ocean transition in the Err and Platta domains is characterized by a top to the west low angle detachment system, consisting of at least two low angle detachment faults. One of these, the Err detachment, cuts high angles faults and an obviously older low angle detachment (Jenatsch detachment) and is corrugated parallel to the transport direction. The displacement along this detachment is at least 11 km. A maximal depth of formation for the observed segment of the detachment in the Err nappe is about 10 km, indicated by the crystallization of retrograde chlorite, illite, albite, quartz within the cataclastic matrix, and the observation that quartz did not dynamically recrystallize (< 300°C). Since the Err detachment truncates high angle normal faults and

tilted blocks containing Triassic dolomite, and as syn-rift sediments of post-Toarcian age seal the fault plane, tectonic activity along the Err detachment must post-date tilting of the blocks (contemporaneous with the formation of depositional basins) and must have been active simultaneously with the deposition of the late syn-rift sediments. The occurrence of fault rocks derived from the Jurassic detachment as clasts in the syn-rift sediments indicates exhumation of the detachment fault(s) at the sea floor.

In the Err nappe, both the size of the hanging wall blocks and the proportion of continental basement involved in them decrease towards the ocean. In the oceanic Platta nappe, tectonic slivers containing continental basement rocks, Triassic pre-rift sediments, and Jurassic fault rocks occur as imbricates. In analogy to the tilted blocks of the Err nappe, these slivers are interpreted as allochthons, emplaced during extension on top of exhumed serpentinitized peridotites of the mantle lithosphere. The occurrence of black fault rocks in the Platta nappe, similar to the Jurassic fault rocks in the Err nappe, associated with serpentinites and relics of continental crust overlain by post-rift sediments argues for a continuation of the low-angle detachment fault into the lithospheric mantle and tectonic denudation of the mantle in the footwall in Jurassic times. This is consistent with the occurrence of angular Triassic dolomite fragments and gneiss clasts together with fragments of serpentinite and pillow basalts in post-rift sediments.

Profiles perpendicular to the low angle detachment fault in the Err nappe show, within a localized zone of variable thickness in the footwall, an increase in intensity of brittle deformation and retrograde metamorphic reactions towards the detachment. Four different rock types characterized by fabrics, mineralogical and chemical composition and overprinting relationships can be distinguished in the footwall of the Jurassic detachment in the Err nappe: 1) host rocks, unaffected by Jurassic deformation and mainly composed of gneiss or Albula Granite; 2) green fault rocks with conglomerate- or breccia-like fabrics, composed only of clasts derived from the footwall rocks embedded in a fine grained phyllosilicate matrix; 3) "leucocratic bodies" consisting of recrystallized quartz, sometimes also albite; and 4) black fault rocks with rounded or elongated clasts in a phyllosilicate-rich matrix, forming a matrix-supported fabric. The black fault rocks occur along the main detachment plane and are always separated from the host rock in the footwall by the green fault rocks, forming sharp contacts, sometimes also injections into the latter. Since leucocratic bodies cut the structures in the green fault rocks but are truncated by the detachment and reworked within the black fault rocks, deformation within the black fault rocks survived the deformation in the green fault rocks indicating localization of deformation along the low angle detachment faults.

Although the black fault rocks have a lot in common with pseudotachylites, their origin is clearly related to cataclasis and alteration of feldspar. Deformation in the black

fault rocks is controlled by the phyllosilicate-rich matrix, whereas the clasts were passively rounded by frictional wear. The deformation mechanisms active in the phyllosilicates are difficult to determine because of the very fine grain size and a possible overprint by later deformation. However, a mode of deformation in which fracture, loss of cohesion, and frictional sliding occurred on all scales smaller than the width of the fault zone (cataclastic flow of Schmid and Handy, 1991) may be a good explanation for the deformation mechanisms active in the black fault rocks.

The mechanism responsible for localization of deformation and formation of weak fault zones in the upper crust is the break-down of plagioclase and K-feldspar and crystallization of fine grained illite, chlorite, albite, and quartz leading to a change from a clast- to a matrix-supported fabric going from the green to the black fault rocks. This process is catalyzed by cataclasis resulting in both an increase in surface area of the fragments and in permeability leading to faster reaction kinetics and fluid mobility.

The black fault rocks show significantly higher values in Rb, Zr, V, Cr, Ni, Zn, Fe_{tot}, MgO and L.O.I. and lower values in Sr and Na₂O in comparison with the neighbouring rocks. As this trend is also found in the sedimentary clasts of black fault rocks in the syn-rift sediments, it must be a pre-Alpine feature related to rifting. Chemical mass balances using normalized Gresens plots - assuming Ti, Y, Al and Zr to be immobile during the transformation of the Albula Granite to black fault rocks - lead to a volume factor (Fv) of about 0.7, a loss of Si, Na, Sr, and Ca, and a gain of Ni, Cr, Zn, V, L.O.I., and Mg. These results are consistent with the observed break-down of feldspar and the crystallization of phyllosilicates and quartz. Variation profiles across the Jurassic detachment faults suggest for Cr, Ni, Mg, Fe, Sr, and maybe Ca an open system, dominated by infiltration processes. The elements Rb, K, and Na show an ambiguous behaviour, interpreted as related to diffusion processes during a single event, or reflecting a poly-phase evolution of the shear zone. The behaviour of elements is strongly controlled by the ionic radius and the ionic charge as shown by the similar behaviour of Sr and Ca, Rb and K and the group Ni, Cr, Mg, Fe, respectively.

The relationship between sedimentation and rift-related normal faulting suggests a change of rifting activity through time and space along the Adriatic margin with: 1) a first phase dominated by symmetric extension affecting a wide area of the future margin, and 2) a second rifting phase, characterised by a shift of the site of extension to the area of the future break up and dominated by a west dipping detachment system with a master fault dipping beneath Europe. The final exhumation of the mantle lithosphere is related to the interaction between west dipping low angle detachment faults and uplift due to unloading of the footwall and serpentinization of the exhumed mantle rocks. This model can also be

applied to explain the evolution of modern, non-volcanic sediment-starved margins, as for example the Galicia margin.

Zusammenfassung

Die unterostalpine Err-Decke und die oberpenninische Platta-Decke in Mittelbünden enthalten Relikte eines Abschersystems, das zur Exhumierung von Mantellithosphäre und der Ausbildung eines ozeanischen Bereichs in der Schlussphase der jurassischen Rifttektonik führte. Um die Geometrie, Kinematik und Entwicklungsgeschichte dieses Abschnitts des mesozoischen Tethys-Ozeans zu verstehen, ist es nötig, die alpinen Strukturen auszuglätten und damit die mesozoischen Strukturelemente in ihre ursprüngliche Position zurückzuführen. In einem ersten Schritt wurden deshalb die alpinen Strukturen analysiert und retrodeformiert. Dadurch wurde es möglich, die jurassischen Strukturen des distalen Kontinentalrandes (Err-Decke) und des südpeninischen Ozeans zu studieren. In einem zweiten Teil der Arbeit wurden das Gefüge, die mineralogische und chemische Zusammensetzung, die Deformationsmechanismen und die räumliche und zeitliche Entwicklung der Tektonite untersucht, die an die jurassischen Abscherbrüche gebunden sind. In einem letzten Teil wurde ein Modell für die palaeotektonische Entwicklung des Kontinent/Ozean-Übergangs vorgeschlagen, und die Entwicklung des Err/Platta-Kontinentalrandes wurde mit dem undeformierten Kontinentalrand westlich von Galicien verglichen.

Die Err- und Platta-Decken gehören zum Deckenstapel, der während schiefer Konvergenz der adriatischen und europäischen Platten in der späten Kreide zusammengeschoben wurde. Westvergenter Deckentransport, starke Aufteilung der Deformation zwischen dem kristallinen Grundgebirge und den verschiedenen Sedimenten sowie Ost-West streichende transpressive Zonen kennzeichnen die erste alpine Deformationsphase (Trupchun-Phase). Ost- bis südostgerichtete Abschiebungen mit einem Versatz von etwa 2 km und liegende Falten, beides Strukturen der spät-kretazischen Ducan-Ela-Phase, überprägten den Deckenstapel. Die jüngste regionale Phase im Ostalpin und Oberpenninikum, die Blaisun-Phase, überprägte die spät-kretazischen Decken nur geringfügig, während sie im Eocaen 'en bloc' nordwärts über die mittel- und unterpenninischen Einheiten geschoben wurden. Somit stellt die Platta-Decke ein Relikt ozeanischer Kruste dar, das während der späten Kreide an die unterostalpine Err-Decke angeschweisst und im Tertiär zusammen mit dieser Einheit nach Norden transportiert wurde. Im wesentlichen genügt es, den spät-kretazischen Deckenstapel zu retrodeformieren, um den prä-alpinen Übergang vom distalen Kontinentalrand (Err-Decke) zur ozeanischen Kruste (Platta-Decke) zu rekonstruieren.

Der Kontinent-Ozean-Übergang in der Err- und Platta-Domäne ist gekennzeichnet durch ein westvergentes flaches Abschersystem, bestehend aus mindestens zwei flachen Abscherflächen. Eine dieser Abscherflächen, die Err-Abscherfläche, schneidet steile Abschiebungen und eine flache Abscherfläche, die Jenatsch-Abscherfläche, im Hangenden. Sie ist parallel zur Bewegungsrichtung gewellt und zeigt einen Versatz entlang der Abschiebung von mindestens 11 km. Die maximale Tiefe, in welcher der beobachtbare Abschnitt der Abschiebung aktiv war, beträgt 10 km. Dies ist angezeigt durch die retrograde Neubildung von Chlorit, Illit, Albit und Quarz innerhalb der kataklastischen Matrix und die Beobachtung, dass der Quarz keine dynamische Rekristallisation zeigt ($< 300^{\circ}\text{C}$). Da die Err-Abscherfläche steile Abschiebungen und gekippte Blöcke mit triassischen Dolomiten abschneidet und selber von post-Toarcian synrift-Sedimenten überlagert wird, muss das Alter der Abscherfläche jünger als das Kippen der Blöcke im Hangenden der Abscherfläche und die Bewegung an ihr mit der Ablagerung der jüngsten synrift-Sedimente gleichzeitig sein. Klasten von jurassischen Tektoniten in den synrift-Sedimenten belegen eine Exhumation der Abscherfläche(n) am Meeresboden.

Sowohl die Grösse der gekippten Blöcke im Hangenden des Abschersystems als auch der Anteil des Grundgebirges an ihnen nehmen in der Err-Decke gegen Westen, d.h. in Richtung des Ozeans, ab. In der ozeanischen Platta-Decke findet man Schuppen mit Gesteinen kontinentalen Ursprungs. In Analogie zu den gekippten Blöcken in der Err-Decke werden sie als *Allochthone* interpretiert, die während der Exhumierung von serpentinierten Mantelgesteinen entlang von Abschiebungsbrüchen in Kontakt mit den Mantelgesteinen gebracht wurden. Das Auftreten von Tektoniten in der Platta-Decke, die den jurassischen Tektoniten aus der Err-Decke entsprechen und die begleitet sind von Serpentiniten und postrift-Sedimenten, deutet darauf hin, dass die flachen jurassischen Abscherflächen von der kontinentalen Err-Decke in die ozeanische Platta-Decke verfolgt werden können und wahrscheinlich für die Exhumierung des Mantels während des späten Doggers verantwortlich sind. Diese Interpretation wird von der Beobachtung unterstützt, dass in Breccienschüttungen innerhalb der Radiolarit-Formation sowohl Komponenten von triassischen Dolomiten und Gneis als auch Bruchstücke von Serpentiniten und Kissenlaven gefunden werden.

Profile senkrecht zu den flachen jurassischen Abscherflächen in der Err-Decke zeigen innerhalb eines lokalisierten Bereichs variabler Mächtigkeit im Liegenden der Abscherfläche eine Zunahme der Spröd-Deformation und der retrograden Mineralneubildungen in Richtung der Abscherfläche. Vier unterschiedliche Gesteinstypen können im Liegenden der jurassischen Bruchfläche in der Err-Decke aufgrund ihrer Textur, ihrer mineralogischen und chemischen Zusammensetzung und

ihrer Überprägungsbeziehungen unterschieden werden: 1) das schwach deformierte Ausgangsgestein, in der Err-Decke bestehend aus Albula-Granit oder Gneis; 2) grüne Tektonite mit breccien- bis konglomeratähnlicher Textur, deren Klasten ausschliesslich aus dem Liegenden stammen und in einer feinkörnigen Matrix eingebettet sind; 3) leukokrate Körper, bestehend aus neu kristallisiertem Quarz, z.T. auch aus Albit; 4) schwarze Tektonite mit runden oder gelängten Klasten, einer phyllosilikatreichen Matrix und einem matrixgestützten Gefüge. Die schwarzen Tektonite sind entlang der Hauptbruchfläche aufgeschlossen und von den Albula-Graniten immer durch die grünen Tektonite abgetrennt, zu denen sie scharfe Grenzen bilden, z. T. beobachtet man auch Injektionsstrukturen. Da die leukokraten Körper Strukturen in den grünen Tektoniten abschneiden, an der Abscherfläche jedoch selber abgeschnitten werden und in den schwarzen Tektoniten aufgearbeitet sind, muss die Deformation in den schwarzen Tektoniten diejenige der grünen überdauert haben. Dies ist ein eindeutiger Hinweis dafür, dass während der Deformation eine Konzentration der Verformung innerhalb der Scherzone stattgefunden hat.

Obwohl die schwarzen Tektonite Pseudotachyliten sehr ähnlich sehen, sind sie durch Kataklyse und retrograde Mineralneubildungen während des Zerfalls der Feldspäte entstanden. Die Deformation in den schwarzen Tektoniten wird von den Phyllosilikaten kontrolliert, während die Klasten passiv rotieren und dabei gerundet wurden. Die aktiven Deformationsmechanismen in den Phyllosilikaten sind wegen der geringen Korngrösse und einer möglichen Überprägung durch die spätere alpine Tektonik schwer zu erkennen. Eine Deformation, bei welcher Kataklyse, Verlust an Kohäsion und reibungsabhängiges Gleiten in jedem Massstab kleiner als die Breite der Scherzone, aktiv ist (kataklastisches Fliessen, nach Schmid und Handy, 1991), könnte eine gute Beschreibung der Deformationsmechanismen innerhalb der schwarzen Kataklysite sein.

Die Mechanismen, verantwortlich für die Konzentration der Deformation und die Bildung von rheologisch weichen Bruchzonen, sind retrograde Mineralreaktionen, die zum Zerfall der Feldspäte und zur Neubildung von feinkörnigem Illit, Chlorit, Albit und Quarz führen. Gleichzeitig erfolgt mit zunehmendem Gehalt an Matrix eine Änderung des Gefüges von einem korn- zu einem matrix-gestützten Gefüge, was zu einem Übergang von grünen zu schwarzen Tektoniten führt. Dieser Prozess wird von der Kataklyse begünstigt, die zu einer Verminderung der Korngrösse und somit zu einer Vergrösserung der Oberfläche führt, weiterhin die Permeabilität erhöht und somit die Wegsamkeit der fluiden Phase verbessert.

Die schwarzen Tektonite zeigen signifikant höhere Konzentrationen von Rb, Zr, V, Cr, Ni, Zn, Fe_{tot}, MgO und L.O.I. und tiefere Werte an Sr und Na₂O im Vergleich mit den umliegenden Gesteinen. Da dieser Trend auch in den Klasten der schwarzen Tektonite in den sedimentären Breccien auftritt, muss diese Signatur präalpin, d.h.

während des Rifting entstanden sein. Unter der Annahme, dass Ti, Y, Al, und Zr sich immobil verhalten, ergeben chemische Massenbilanzen (normalisierte graphische Methode von Gresens) einen Volumenfaktor (Fv) von etwa 0.7, einen Verlust von Si, Na, Sr und Ca und einen Gewinn von Ni, Cr, Zn, V, L.O.I. und Mg während der Umwandlung von Albula-Granit zu den schwarzen Tektoniten. Diese Resultate sind konsistent mit dem beobachteten Zerfall von Feldspat und der Neubildung von Phyllosilikaten und Quarz innerhalb der Scherzone. Variationsprofile über jurassische Abschiebungsbrüche zeigen für die Elemente Cr, Ni, Mg, Fe, Sr und \pm Ca ein offenes System an, das von Infiltrationsprozessen bestimmt wird. Die Elemente Rb, K, und Na zeigen hingegen ein mehrdeutiges Verhalten. Es kann entweder durch Diffusionsprozesse während eines einzigen Ereignisses erklärt werden oder widerspiegelt eine mehrphasige Abfolge von Ereignissen innerhalb der Scherzone. Das Verhalten der Elemente wird stark vom Ionenradius und der Ionenladung kontrolliert, was im ähnlichen Verhalten der Elemente Sr und Ca, Rb und K und der Gruppe Ni, Cr, Mg und Fe zum Ausdruck kommt.

Die Beziehung zwischen Sedimentation und Abschiebungsbrüchen zeigt eine zeitliche und räumliche Verschiebung der Riftaktivität entlang des zukünftigen adriatischen Kontinentalrandes mit a) einer ersten Phase, die von symmetrischer Extension geprägt und grossräumig ausgebildet ist, und b) einer zweiten Phase, charakterisiert durch eine Verlagerung und gleichzeitige Einengung der Extension im Gebiet, wo die spätere Öffnung des Ozeans erfolgt. Diese zweite Phase wird von einem westfallenden Abschersystem kontrolliert, mit einer Hauptscherzone, die unter den europäischen Kontinent einfällt. Die endgültige Exhumierung der Mantellithosphäre ist gekennzeichnet durch die Interaktion zwischen einem westfallenden flachen Abschersystem und einer Hebung, bedingt durch die Entlastung des Liegenden während der Abschiebung, und durch die Serpentinisierung der exhumierten Mantelgesteine. Dieses Modell kann auch benützt werden, um die Entwicklung moderner, nichtvulkanischer Kontinentalränder, wie z.B. den Kontinentalrand von Galicien, zu verstehen.

Reassunt

La cuverta Austroalpina dal Err e la cuverta da la Platta dal Penninic Ot in Grischun Central cuntengan relicts d'ün sistem da ruottadüras extensiunalas chi han manà a l'exhumaziun da la lithosfera dal mantel e a la fuormaziun d'üna zona oceanica aint illa fasa finala da l'extensiun Giurassica. Per incleger la geometria, la kinematica e l'evoluziun da quista part Mesozoica dal ocean da la Tethys as stoja glischar oura las structur

Alpinas e metter las structuradas Mesozoicas a lur lö origen . In ün prüm pas sun perque gnüdas analisadas e glischadas oura las structuradas Alpinas. Quattras esa gnü pussibel da stübgjar las structuradas Giurassicadas da la margina continentalada distala (cuverta dal Err) e dal ocean Südpenninic (cuverta da la Platta). In üna seguonda part da la lavur sun güdas perscrutadas la composiziun mineralogica e chemica, ils mecanisms da defuormaziun e l'evoluziun spaziala e temporalada dals tectonits chi sun ljats a las ruottadüras Giurassicadas. In üna ultima part da la lavur es gnü propuonü ün model per l'evoluziun paleotectonica dal passagi continent-ocean, e l'evoluziun da la margina continentalada dal Err e da la Platta es gnüda cüngualada cun la margina na defuormada aint il vest da la Galicia.

Las cuvertas dal Err e da la Platta apartegnan al s-changler da cuvertas chi sun gnüdas stumpladas insembel d'ürant la convergenza torta da la platta Adriatica cun la platta Europeana aint il temp da la Tarda Craida. Transport da las cuvertas drizzà vers vest, partiziun da la defuormaziun tanter il cristallin e'ls sedimaints e zonas transpressivas chi extendan ost vest caracteriseschan la prüma fasa da la defuormaziun Alpina (fasa dal Trupchun). Ruottadüras extensiunalas drizzadas vers ost fin südost cun üna impegnaziun da var 2 km e fodas horizontalas, tuottas duos structuradas chi appartegnan a la fasa dal Ducan-Ela (Tarda Craida), defuormeschan il s-changler da cuvertas già existent. La plü giuvna fasa d'importanza regiunala aint il Austroalpin e aint il Penninic Ot, la fasa dal Blaisun, chaschuna be paca defuormaziun aint il preexistent orogen. Quista fasa es colliada cul transport dal preexistent orogen vers nord sur las unitats dal Penninicum Mezdan e Bass d'ürant il temp dal Eozen. La cuverta da la Platta represchainta dunque ün relict d'üna cruosta oceanica, chi es gnüda tachada d'ürant il temp da la Tarda Craida vi da la cuverta Austroalpina dal Err. Plü tard, d'ürant il Terziari sun güdas stumpladas tuottas duos cuvertas vers nord. Dunque basti da glischar our il s-changler da cuvertas fuormà d'ürant il temp da la Tarda Craida per reconstruir il passagi pre Alpin da la margina continentalada (cuverta dal Err) a la cruosta oceanica (cuverta da la Platta).

Il passagi dal continent al ocean aint illa zona dal Err e da la Platta es caracterisà tras ün sistem da ruottadüras extensivas a bas angul drizza vers vest chi cumpiglia almain da tout duos ruottadüras planivas. Üna da quistas ruottadüras, la ruottadüra dal Err, taglia ruottadüras stippas e üna ruottadüra planiva, quella dal Jenatsch. La ruottadüra dal Err es ondigliada parallel culla direcziun da transport e ha üna impegnaziun d'almain 11 km. La chafuolezza maximala da la ruottadüra hoz observabla es var 10 km. Quai es documentà tras la fuormaziun da chlorit, illit, albit e quarz aint illa matrix cataclastica e tras l'absenza da la cristallisaziun dinamica da quarz (< 300°C). Cun quai cha la ruottadüra dal Err taglia ruottadüras stippas e blocs cupichads chi cuntogna dolomit Triassic ma ais a l'istess mumaint eir svessa cuernada da sediments da la perioda dal rifting chi predateschan il temp dal Toarcian, sto esser l'età da la ruottadüra plü giuvna co la cupichada dals blocs e'l

movimaint sto esser simultan culla deposiziun dals plü giuvens sedimaints colliads al rifting. Clasts da tectonits Giurassics aint ils sedimentaints colliads al rifting cumprovan l'exhumaziun da las ruottadüras al fuond dal mar.

La grandezza dals blocs cumpichads sülla ruottadüra sco eir la proporziun dal cristallin aint ils blocs as diminuescha vers vest aint illa cuverta dal Err, que vuol dir in direcziun dal ocean. Aint illa cuverta oceanica da la Platta as chatta hoz craps cun ün origin continental. In analogia culs blocs cumpichads aint illa cuverta dal Err vegnan quists craps interpretads sco allochthons chi sun gnü miss in contact culs craps sepentinisats dal mantel düront lur exhumaziun lung las ruottadüras. Tectonits aint illa cuverta da la Platta, simmils a quels tectonits Jurassic chi sun gnü chatads aint illa cuverta dal Err, accumpagnats da serpentinit e sedimaints chi seguan al rifting, laschan presümmer cha las ruottadürtas Giurassicas a bas angul da la cuverta continentala dal Err possan gnir seguidas aint illa cuverta da la Platta. Quistas ruottadüras sun probabelmaing responsablas per l'exhumaziun dal mantel düront il tard Dogger. Quista interpretaziun vegn cunfirmada dal fat cha in breccias da la fuormaziun dal Radiolarit as chatta componentas da dolomits dal temp dal Trias e gneis, sco eir componentas da serpentinit e lavas basalticas.

Profils perpendiculars sur las ruottadüras Giurassicas a bas angul aint illa cuverta dal Err muossan aint in üna zona localisada da larghezza variabla aint illa part suot da la ruottadüra ün augmaint da la defuormaziun cataclastica e la fuormaziun retrograda da minerals in direcziun vers la ruottadüra. Quatter different tips da craps poulan gnir differenzchads a man da lur textura, da la composiziun mineralogica e chemica e da lur interacziun tanter daglioter aint illa part sout da la ruottadüra : 1) il crap hosp, pac defuormà, chi consista aint illa cuverta dal Err pel plü our d'ün granit o d'ün gneis; 2) tectonits verts cun üna textura simmila a quella da breccias o conglomerats. Las componentas chi nodan aint in üna massa granellusa, existan exclusivmaing our dal material da la part suot da la ruottadüra; 3) corps leucocrats chi consistan our da recristallisats da quarz, per part eir albit; e finalmaing 4) tectonits nairs cun componentas raduondas o lungaintas aint in üna matrix richa in fillosilicats. Lur textura vegn dominada da la matrix. Ils tectonits nairs defineschan las ruottadüras a bas angul e sun adüna separats dal granit da l'Albula tras ils tectonits verts, culs quals els fuorman cunfins agüzs. Per part as vezza eir structures d'injecziuns. Cun que cha'ls corps leucocrats taglian stucturas aint ils tectonits verts, però sun svesa tagliats da las ruottadüras a bas angul e fuorman clasts aint ils tectonits nairs sto avair la defuormaziun aint ils tectonits nairs survivü quella aint ils tectonits verts. Quista observaziun es la cumprova cha la defuormaziun aint illa ruottadüra ha cumanzà da's localisar aint illa zona centrala .

Cuntuot cha'ls tectonits nairs sumaglian fich a pseudo tachylits, es lur origin la

causa da cataclasa e fuormaziun retrograda da minerals d'üron la decadenza dals feldspats. La defuormaziun aint ils cataclasits nairs vegn controlada da la fuormaziun dals filossilicats, intant cha'ls clasts roteschan passiv e vegnan laprò raduonts. Ils mecanisms da defuormaziun activs aint ils filossilicats sun greiv d'observar pervia da la grandezza minimala dals minerals e pervia da la pussibilità d'üna reactivaziun d'üron la defuormaziun Alpina. Ün möd da defuormaziun, pro'l qual cataclasa, la perdita da cohesiun e il sglischar in dependenza da fricziun sülla scala plü pitschna sco la ruotadüra svesa sun activs (cular cataclastic da Schmid e Handy, 1991), pudess esser üna pussibla descripziun dals mecanisms da defuormaziun aint ils tectonits nairs.

Mecanisms responsabels per la concentraziun da defuormaziun e da la fuormaziun da ruottadüras reologicamaing muldschinas sun reacziuns retrogradas da minerals chi mainan a la decadenza dals feldspats e a la fuormaziun d'üna massa granellusa da illit, chlorit, albit e quarz. A l'istess mument as müda cul tour pro dal cuntgnü da la matrix eir la textura dal tectonit, d'üna textura dominada da clasts ad üna dominada da matrix e cun que automaticamaing eir il passagi d'ün tectonit verd ad ün tectonit nair. Quist process vegn sustgü da la cataclasa chi maina a üna reducziun dal diameter dals minerals e là tras ad ün augmaint da la surfatscha e da la permeabilità, factors chi schlegerischan la perculaziun dals fluids.

Ils tectonits nairs muossan concentraziuns significant plü otas in Rb, Zr, V, Cr, Ni, Zn, Fe_{tot}, MgO e L.O.I e concentraziuns plü bassas da Sr e Na₂O in cungal culs craps in vicinanza. Cun que cha'ls clasts dals tectonits nairs aint ils sediments muossan l'istess trend, sto quista signatura esser ün artefact pre Alpin, que vuol dir cha el es gnü fuormà d'üron il rifting Jurassic. Schi's accepta cha Ti, Y, Al e Zr as cuntengan plü o main immobil, schi muossan bilantschas da massa da chemia (methoda normalisada da Gresens) ün factur da volumen (Fv) da va 0.7, üna perdita da Si, Na, Sr e Ca e ün augmaint da Ni, Cr, Zn, V, L.O.I e Mg per la transfuormaziun dal granit da l'Albula aint ils cataclasits nairs. Quists resultats sun consistentes culla observada decadenza da feldspat e la neocristallisaziun da filossilicats e da quarz aint illa ruottadüra. Profils da variaziun perpendiculars sur ruottadüras a bas angul Giurassics muossan pels elemaints Cr, Ni, Mg, Fe, Sr e \pm Ca ün sistem avert, dominà da process d'infiltraziun. Ils elemaints Rb, K e Na muossan però ün cuntgnair fich multifari, chi po gnir declerà obain cun process da diffusiun d'üron ün singul event, o tras plüsas fasas d'eveniments aint illa ruottadüra. Il cuntgnair dals elemaints vegn controllà dal radius e da la chargia dals ions. Ün bun indiz per quista ipotesa es l'observaziun cha'ls elemaints Sr e Ca, Rb e K e la gruppa Ni, Cr, Mg, e Fe as cuntengan sumgliant.

La relaziun tanter sedimentaziun e las ruottadüras extensivas muossan üna translocaziun da l'actività dal rifting in temp e spazi lung alla margina continentalada da la platta Adriatica cun (a) üna prüma fasa chi'd es influenzada d'extensiun simmetrica e cumpiglia üna gronda surfatscha, e (b) üna seguonda fasa, caracterisada tras üna translocaziun e üna simultana strettnida da l'extensiun aint in üna zona, ingiò chi chatta lö l'appertura dal ocean. Quista seguonda fasa es dominada d'ün sistem da ruottadüras drizzadas vers vest, cun üna ruottadüra principala inclinada vers vest, suot la platta Europeana. L'exhumaziun finala da la litosfera dal mantel es caracterisada tras l'interacziun tanter üna ruottadüra a bas angl, inclinada vers vest e üna dozada chi resulta dal dis-charg düront l'extensiun, e tras la serpentinisaziun dals craps dal mantel exhumats. Quist model po eir gnir dovrà per explicar l'evoluziun da marginas modernas na vulcanicas, sco per exaimpel la margina da la Galicia.