

Stratigraphy, structural geology and low-temperature thermochronology across the Makran accretionary wedge in Iran

Doctoral Thesis

Author(s):

Dolati, Asghar

Publication date:

2010

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-006226348>

Rights / license:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

Diss. ETH no. 19151

Stratigraphy, structural geology and
low-temperature thermochronology
across the Makran accretionary wedge in Iran

A dissertation submitted to the

SWISS INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH

for the degree of
Doctor of Sciences

Presented by

Asghar Dolati

Master in Earth Science, Azad University Tehran-Shomal (Iran)

date of birth 21.12.1975

Citizen of Iran

accepted on the recommendation of

Prof. Jean-Pierre Burg	ETH Zürich, Switzerland	Examiner
Prof. Daniel Bernoulli	University of Basel, Switzerland	Co-Examiner
Dr. Diane Seward	Victoria University, New Zealand	Co-Examiner
Dr. Eric Barrier	Université Pierre et Marie Curie, France	Co-Examiner

Zürich, July, 2010

Abstract

The Makran Accretionary Prism (MAP) is one of the largest accretionary prisms in the world. It is the result of convergence, initiated during the Late Cretaceous, between the Arabian and Eurasian plates. The MAP has grown seawards by frontal accretion and underplating of trench-fill sediments since the Miocene. Today, the system is characterized by a shallow dipping slab ($<2^\circ$), great sediment thickness (>7 km) in the foreland of the Oman Sea and a wedge width of >500 km, >300 km of which are exposed onshore.

New mapping and structural sections document the stratigraphic and structural developments of the central Makran Accretionary Wedge (MAW) in southern Iran. Four main tectono-stratigraphic provinces were distinguished, which are from north to south: North-, Inner, Outer and Coastal Makran. North Makran is dominated by mafic to intermediate igneous rocks and tectonic mélanges in which igneous rocks and Cretaceous deep-water marine sediments are involved. Locally, Upper Cretaceous shallow-water limestone unconformably covers deformed Cretaceous sediments and igneous rocks. In addition, the first turbiditic sequences containing mafic fragments were deposited during the Late Cretaceous. To the south, above the Ghasr Ghand Thrust (Inner Makran), turbiditic deposition of sandstone and shale took place during the Early Eocene and Early Miocene with an upward thickening and shallowing trend. Younger sediments, Early–Middle Miocene, crop out mainly in Outer Makran, between the Ghasr Ghand and Chah Khan Thrusts. They consist of shallow-water carbonates with Burdigalian (ca. 20–17 Ma) sandstones and marls. Coastal Makran, to the south, represents a wedge-top basin with a shallowing-upwards sequence from slope marls to coastal and continental deposits. All the provinces, Coastal Makran excepted, are covered unconformably by a large olistostrome including giant blocks of igneous and sedimentary rocks from North Makran and of sediments from Inner Makran. This olistostrome was emplaced during the Tortonian (11.6–9.6 Ma).

The main tectonic activity took place during the Early to Middle Miocene as documented by unconformities and growth structures. Shortening was accommodated by regional-scale E-W trending thrusts. The Outer and Coastal Makran are much less deformed than the inner region. The typical structures in this area are open synclines with long (>20 km) wavelength and low amplitude alternating with tighter anticlines. Recent normal faults are common in Coastal Makran.

Low temperature thermochronology (apatite and zircon fission-track ages) provides new time constraints on the evolution of the MAW. All apatites of Late Cretaceous to Miocene age have undergone partial annealing (60° – 110°) after sedimentation. This implies that these sediments were never buried to temperatures reaching the full closure of the apatite fission-track system. The presently outcropping sequences were exhumed above a major décollement, possibly along the Upper Oligocene shales, at a depth of about 5–6 km. In agreement with the burial temperatures estimated from apatites, the zircon ages were nowhere reset and hence yield detrital grain ages.

Combining the new stratigraphic data and the apatite fission-track ages, a general progression of deformation is revealed passing from north to south, from <23 Ma in North Makran to about 7.9 Ma in Outer Makran.

Out of sequence thrusting is due to post-olistostrome reactivation of older thrusts.

Zusammenfassung

Das Makran Akkretionsprisma (MAP) ist einer der grössten Akkretionskeile der Erde. Es entstand im Gefolge der Konvergenz zwischen der Arabischen und der Eurasischen Platte, welche in der späten Kreide begann. Das MAP wächst seit dem Miozän zum Golf von Oman hin durch frontale Akkretion und „underplating“ des mit Sedimenten gefüllten Troges. Heutzutage ist das System gekennzeichnet durch einen flachen Abtauchwinkel der ozeanischen Platte ($<2^\circ$), einer grossen Sedimentmächtigkeit (>7 km) im Golf von Oman und einer Breite von >500 km, wobei >300 km auf dem Festland aufgeschlossen sind.

Neue Kartierungsergebnisse und tektonische Profile dokumentieren die strukturelle und stratigraphische Entwicklung des zentralen Bereiches des Makran Akkretionskeiles (MAK) im südöstlichen Iran. Vier tektono-stratigraphische Provinzen konnten während der Kartierung bestimmt werden. Von Norden nach Süden sind dies: Nord-, Inner-, Aussen- und Küsten-Makran. Im Nord-Makran dominieren mafische bis intermediäre magmatische Gesteine, kretazische Tiefwassersedimente und tektonische Mélanges, welche magmatische Gesteine und Tiefwassersedimente beinhalten. In der späten Kreide wurden ebenfalls erste Turbiditsequenzen abgelagert. Vom Süden des Nord-Makran bis zur Ghasr Ghand Überschiebung (Inner-Makran) im Norden kam es während des frühen Eozäns bis frühen Miozäns zu turbiditischen Ablagerungen von Sandsteinen und Tonschiefern, welche gegen oben dicker werden und einen Trend zu flacheren Ablagerungsmilieus zeigen. Jüngere Sedimente, frühes–mittleres Miozän, sind vorwiegend im Aussen-Makran, zwischen den Ghasr Ghand und Chah Khan Überschiebungen, aufgeschlossen und beinhalten eine Flachwasserkarbonat Sedimente mit Sandsteinen und Mergeln von Burgidal Alter (ca. 20–17 Ma). Der Küsten-Makran, im Süden, repräsentiert ein „wedge-top“ Becken mit einer flachen Abfolge von Hangmergeln sowie Ablagerungen des Küstenbereiches und des Kontinents. Alle Provinzen, bis auf den Küsten-Makran werden diskordant von einem grossen Olisthostrom überdeckt. In diesem Olisthostrom befinden sich Riesenblöcke von magmatischen Gesteinen und Sedimentgesteinen aus dem Nord-Makran und Sedimentgesteine aus dem Inner-Makran. Die Platznahme des Olisthostromes erfolgte während des Torton (11.6–9.6 Ma).

Die grösste tektonische Aktivität erfolgte während des frühen bis ins mittleren Miozän, was durch Diskordanzen und während der Sedimentation wachsende Strukturen („growth structures“) belegt ist. Die Verkürzung erfolgte längs grosser, E–W verlaufender Überschiebungen Aussen- und Küsten-Makran sind weniger deformiert als die inneren Regionen. Typische Strukturen in diesem Gebiet sind offene Synklinalen, mit grossen Wellenlängen (>20 km) und geringen Amplituden, welche mit engen Antiklinalen abwechseln. Der Küsten-Makran ist gekennzeichnet durch eine Vielzahl von jungen Abschiebungen.

Mit Hilfe der Niedrig-Temperatur Thermochronologie (Spaltspuralter von Apatit und Zirkon) konnte ein neue Zeitrahmen für die tektonische Entwicklung des MAK definiert werden. Alle Apatite aus den Sedimenten von der späten Kreide bis ins Miozän unterlagen einer geringen teilweisen Erwärmung (60° – 110°) nach der Sedimentation. Dies bedeutet, dass die betreffenden Sedimente nie bis zur Schliessungstemperatur des Apatit-Spaltspuren-System erwärmt, d.h. nie tiefer als 3–6 km versenkt wurden. Die heutigen aufgeschlossenen Sedimente wurden, wahrscheinlich längs eines Abscherhorizontes in den ober-oligozänen Tonschiefern und in einer Tiefe von 5–6 km, abgeschert und überschoben und so exhumiert. In Übereinstimmung mit den Versenkungstemperaturen, die aus den Apatiten bestimmt wurden, wurden die Zirkon-Alter nicht verändert; sie enthalten demnach ererbte, sogenannte „detritische“ Abkühlalter.

Aus der Kombination der neuen stratigraphischen Daten und der Apatit Spaltspuralter konnte eine generelle Wanderung der tektonischen Entwicklung von Norden nach Süden, von <23 Ma im Nord-Makran zu 7.9 Ma im Aussen-Makran, festgestellt werden.