EN

**The Ethiopian Rift Valley**

The African *rift valley* is one of the most fascinating natural wonders, known for its unique biodiversity and for being considered –for the important paleoanthropologic discoveries- the “cradle of mankind”, i.e. the place where our species has evolved and diversified in the last millions of years. Characterized by a system of linear valleys extending for thousands of kilometers, the rift valley is a huge fracture on the surface of our planet that progressively widens with time, tearing the eastern portion of the African continent apart. It represents a geological wonder where volcanism, earthquakes and fracturing of the Earth’s crust are the surface expressions of the enormous forces that shape our planet. These web pages are dedicated to the analysis of the Ethiopian sector of the African rift valley, an ideal natural laboratory to analyze the evolution and dynamics of continental extension and the rupture of lithospheric plates.

Rift valley: definition and geologic significance

In the original definition by John W. Gregory (1894) a rift valley is “*a linear valley with parallel and almost vertical sides, which has fallen owing to a series of parallel faults*”. The typical morphology is characterized by a valley floor, between 30 and 100 km wide, separated from the surrounding plateaus by huge scarps that may vary in height from a few hundreds to a few thousands of meters. Archetype of this morphology is the East African rift valley, where the concept has been originally introduced. In this region the rift valley extends in a roughly north-south direction from the Afar depression, where the system of tectonic troughs joins the oceanic domains of the Red Sea and Gulf of Aden, to the Zambezi river in Mozambique (Figure 1.1.1, 1.1.2).

The rift valleys are enormous fractures affecting the continental plates that widen progressively with time: they represent the first stages in the complex process of extension and rupture of continents and anticipate the development of new oceanic basins between them. The process is related to the divergent movements of lithospheric plates above the underlying asthenosphere in slow convective motion. The rift valley represents the primary and most superficial response to this divergence and to the consequent application of tensional forces to the plates, which is manifested through the development of normal faults. These represent fractures with vertical displacement of the Earth’s surface that accommodate the separation of portions of the crust and determine the collapse of the block in between (Figura faglierift). Major normal fault systems thus give rise to the downthrowing of the valley floor with respect to the surrounding plateaus and form the huge tectonic escarpments bordering the rift valley. These tectonic movements give rise to a diffuse seismicity and volcanism, phenomena that are typically associated with the African rift valleys.

The development of the rift valleys is thus a consequence of the complex interactions between lithospheric plates and mantle dynamics, in a process that was realized by Alfred Wegener, who hypothesized the translation of large continental masses above a more fluid substratum, and successively formalized in the theory of “plate tectonics”. These complex interactions, their surface expressions (e.g., volcanism, seismicity, topography) and their variation with time -in a process that is eventually able to the break-up of continents- are exemplified in a very clear fashion in the Ethiopian rift valley, as illustrated by its geological evolution.

The Ethiopian Rift Valley: geography and morphology

The Ethiopian sector of the East African Rift system extends for more than 1000 km in a NE-SW to N-S direction from the Afar depression, at Red Sea-Gulf of Aden junction, southwards to the Turkana depression. The southern boundary may be traced at latitude ~5°N, south of the area where the rift is divided into two branches (Chamo basin to the west and Galana basin to the east) by the Amaro Mts; southwards, the rift zone widens and deformation becomes more complex being accommodated by the ~300 km-wide system of basins and ranges (referred to as Broadly Rifted Zone) that characterizes the overlapping area between the Ethiopian and Kenya Rifts. To the north, the rift corresponds to the Afar depression, a wide triangular zone of tectonic collapse in which the rift valley joins the Red Sea and Gulf of Aden oceanic basins.

The typical rift morphology is most typically developed in the Main Ethiopian Rift, a 500km-long sector that from the Afar depression (latitude 9°40’N) reaches the region of lakes Abaya and Chamo (latitude 5°30’N). In this rift sector, a ~80km-wide rift valley (Ethiopian Rift valley *sensu stricto* of Mohr, 1983) separates the uplifted western (Ethiopian) and eastern (Somalian) plateaus. Large tectonic scarps connect the valley floor with the surroundings plateaus; the plateaus rise to elevations >2000 m above sea level; north of latitude 9° the highest elevations are attained by the Ethiopian Plateau, whereas south of this latitude the Somalian plateau reaches the highest elevations. The rift floor raises in elevation from the Turkana depression up to the main watershed between the Meki and Awash rivers immediately north of Lake Ziway, where the rift valley attains its maximum elevation at ~1700 m asl. Northwards the rift floor descends regularly into the Afar depression where, over extensive areas, it lies below sea level. Local increases in the elevation of the rift valley are generally due to volcanic edifices, as in the northern MER where several volcanoes raise from the flat rift floor.

The Ethiopian Rift Valley: geological evolution

Da sito

**IT**

**La *Rift Valley* etiopica**

La *rift valley* africana è una delle principali attrazioni naturalistiche del mondo, nota nell’immaginario collettivo per ospitare una biodiversità unica e per essere considerata –per le importanti scoperte paleoantropologiche- la culla dell’umanità, ossia il luogo in cui si è evoluta e diversificata la nostra specie negli ultimi milioni di anni. Caratterizzata da un sistema di valli lineari che si estende per migliaia di chilometri, la *rift valley* è una grande linea di frattura nella superficie terrestre (*rift* in inglese significa spaccatura, rottura) che si allarga progressivamente nel tempo, lacerando il continente africano nella sua porzione orientale. Essa costituisce una meraviglia geologica dove vulcanismo, terremoti e fratturazione della crosta terrestre sono le manifestazioni più superficiali delle enormi forze tettoniche che modellano il nostro pianeta.

Queste pagine web sono dedicate al settore etiopico della *rift valley* africana che rappresenta un laboratorio naturale ideale per analizzare l’evoluzione e la dinamica della rottura e separazione dei continenti.

*Rift valley*: definizione e significato geologico

Nella definizione originaria di John W. Gregory del 1894 una *rift valley* (o fossa tettonica) è “*una valle lineare con pareti parallele e quasi verticali, sprofondata per azione di una serie di faglie parallel*e”. La tipica morfologia è caratterizzata da un fondovalle, con larghezza variabile dai 30 ai 100 km, separato da imponenti scarpate, che possono variare in altezza da qualche centinaio a qualche migliaio di metri, rispetto a circostanti altopiani. Archetipo di tale morfologia è la *rift valley* dell’Africa Orientale, dove il concetto è stato originariamente introdotto. In questa regione, il sistema di fosse tettoniche si estende in direzione circa meridiana dalla depressione dell’Afar, dove la *rift valley* africana si congiunge ai due rami oceanici del Mar Rosso e del Golfo di Aden, fino al fiume Zambesi, in Mozambico.

Le *rift valleys* sono delle grandi fratture all’interno delle masse continentali che si allargano progressivamente nel tempo, e rappresentano delle fasi iniziali nel complesso processo di estensione e rottura delle placche litosferiche continentali, anticipando la formazione di un nuovo bacino oceanico tra di esse. Il processo è legato al movimento divergente di placche all’interno della litosfera sopra la sottostante astenosfera in lento moto convettivo (Figura 1.1.6). La *rift valley* rappresenta la risposta primaria e più superficiale di tale divergenza ed alla conseguente applicazione di forze tensionali all’interno delle placche, che si manifesta con la formazione di sistemi di faglie normali. Queste sono fratture con spostamento verticale della superficie terrestre che accomodano l’allontanamento delle placche e determinano lo sprofondamento del blocco di materiale crostale che si trova tra di esse. Grandi sistemi di faglie normali danno quindi luogo allo sprofondamento del fondovalle rispetto ai circostanti altopiani e formano le imponenti scarpate tettoniche che bordano la *rift valley*. Questi movimenti tettonici danno luogo ad una diffusa sismicità e vulcanismo, fenomeni che sono tipicamente associati con lo sviluppo delle *rift valleys* africane.

La formazione delle *rift valleys* è quindi una conseguenza delle complesse interazioni tra dinamica delle placche litosferiche e dinamica del mantello, in un processo già intuito da Alfred Wegener, che aveva ipotizzato la deriva delle masse continentali al di sopra di un substrato più fluido, e successivamente formalizzato nella teoria della “tettonica delle placche”. Queste complesse interazioni, le loro espressioni superficiali (es. vulcanismo, sismicità, topografia) e la loro variazione nel tempo in un processo che porta allo smembramento delle masse continentali, sono esemplificate in modo unico in Etiopia, come illustrato dalla sua evoluzione geologica.

La *Rift Valley* etiopica: geografia e fisiografia

Il settore etiopico del sistema di *rift valleys* dell’Africa Orientale si estende per circa 1000 km in direzione NE-SO dalla depressione dell’Afar, a Nord, fino alla depressione del Lago Turkana a Sud. Esso si sviluppa per più di 10° di latitudine, da circa 15° a circa 4° Nord; quasi interamente contenuta in territorio etiopico, la depressione tettonica sconfina in Eritrea nella sua parte settentrionale e in territorio di Gibuti nella porzione Nord-orientale, mentre a Sud termina in corrispondenza del Kenya settentrionale.

La parte settentrionale del *rift* etiopico corrisponde alla depressione dell’Afar (o della Dancalia) un’ampia zona triangolare di sprofondamento tettonico che fa da raccordo tra la *rift valley* africana ed i bacini oceanici del Mar Rosso e del Golfo di Aden. Il limite Sud, corrispondente alla parte settentrionale della depressione del Lago Turkana, è invece caratterizzato da una conformazione tettonica molto complessa, essendo la *rift valley* sostituita da una serie di bacini separati da piccole catene montuose, che si estendono su un’ampia regione di circa 300 km che caratterizza la zona di sovrapposizione tra la porzione etiopica e quella keniota del *rift* africano.

La tipica morfologia della *rift valley* è sviluppata nel cosiddetto *Main Ethiopian Rift* (Rift Etiopico Principale), un settore di circa 500 km di lunghezza che dal limite meridionale della depressione dell’Afar (latitudine circa 9°40’N) raggiunge la regione dei laghi Abaya e Chamo (latitudine circa 5°30’N). In questo settore, la fossa tettonica larga mediamente 80 km separa l’altopiano etiopico ad Ovest da quello somalo ad Est. Gli altopiani sono separati dal fondo della *rift valley* e dalla depressione dell’Afar da imponenti scarpate di origine tettonica in prossimità delle quali si passa rapidamente dalle quote elevate degli altopiani al fondovalle. I dislivelli che caratterizzano tali scarpate possono raggiungere e superare i 2500 m, come ad esempio nel caso della grande scarpata che separa l’altopiano etiopico dalla depressione dell’Afar, a Nordest di Addis Abeba, dove in pochi chilometri si passa dai 3000-3500 m circa dell’altopiano a quote inferiori ai 1000 m nel fondo della depressione.

La *Rift Valley* etiopica: evoluzione geologica

I primi eventi tettono-magmatici di *rifting* attivo, generati da un pennacchio di materiale caldo in risalita all’interno del mantello, determinano l’emissione di grandi volumi di basalti (tipo “trappi”) più o meno coincidenti con il sollevamento della regione all’interno della quale si imposta successivamente la *rift valley*. Tali eventi possono essere contemporanei all’inizio della separazione delle placche (come nel caso del movimento Africa-Arabia responsabile della formazione della depressione dell’Afar) o precedere (anche di molto) l’inizio dell’allontanamento tra le placche (come nel caso dello spostamento Africa-Somalia responsabile della formazione del *Main Ethiopian Rift*); il vulcanismo basaltico può anche essere assente in quei *rift* che si formano senza azione di *mantle plume* profonde (ossia nel cosiddetto *rifting* passivo).

L’inizio della separazione delle placche determina la formazione di sistemi di faglie normali che generalmente si localizzano lungo zone di debolezza pre-esistenti nella litosfera continentale. Il movimento di queste grandi faglie normali favorisce lo sprofondamento della *rift valley* dando luogo alle grandi scarpate tettoniche che separano il fondovalle dai circostanti altopiani. Lo sprofondamento della depressione tettonica prosegue man mano che l’allontanamento delle placche aumenta, determinando inoltre l’accumulo di materiale sedimentario e/o vulcanico al suo interno; in parallelo, la litosfera continentale si assottiglia determinando la risalita della sottostante astenosfera e la produzione di magma per decompressione. Queste prime fasi di *rifting* sono accompagnate da diffuso vulcanismo, distribuito all’interno della *rift valley* ma anche in limitate porzioni dei circostanti altopiani (dando luogo al cosiddetto vulcanismo fuori asse, *off-axis volcanism*). La sismicità, in queste fasi precoci del *rifting*, è tipicamente localizzata ai bordi della depressione, dove terremoti anche molto forti (magnitudo fino a 7) e profondi (epicentri fino a 30-40 km di profondità) possono essere prodotti dal movimento lungo le grandi faglie normali. In Etiopia, questo stadio evolutivo è esemplificato dalla *rift valley* nella regione dei laghi e nella sua parte più meridionale, dove la deformazione attuale è principalmente localizzata ai margini della depressione in prossimità delle grandi scarpate tettoniche. Altre porzioni del sistema di *rift* africano sono esemplificative di questo stadio iniziale del *rifting* continentale, come le *rift valleys* del ramo occidentale (ad esempio i laghi Tanganica e Malawi) e quelle che caratterizzano la Tanzania.

Un ulteriore aumento della separazione tra le placche determina una variazione nello stile deformativo, con l’attività delle grandi faglie normali bordiere che inizia ad essere sostituita da una deformazione al centro della depressione. Si formano così sistemi di faglie interne alla *rift valley* e la subsidenza della depressione diminuisce con la diminuzione dell’attività lungo le grandi faglie bordiere. Il progressivo assottigliamento della litosfera determina una continua produzione di magma dall’astenosfera in risalita sotto la depressione; in queste fasi il vulcanismo non è più distribuito all’interno della depressione ma si localizza lungo sistemi di faglie interne, formando i cosiddetti “segmenti magmatici”. La quasi totalità dell’attività tettonica e vulcanica è concentrata lungo questi segmenti, dove -a causa della maggiore interazione con i magmi in risalita- i terremoti diventano meno forti (magnitudo generalmente inferiore 6 - 6.5) e meno profondi (ipocentri a profondità massime intorno ai 10 km). Questo stadio evolutivo è esemplificato dalla parte settentrionale del *Main Ethiopian Rift* e nella parte meridionale della depressione dell’Afar. Più a Sud, la *rift valley* in Kenya è un altro esempio di questo stadio di *rifting*.

Non appena la fagliazione ed il vulcanismo si localizzano all’interno dei segmenti magmatici si sviluppa una forte interazione tra questi due processi che ha come effetto principale quello di indebolire (sia termicamente che meccanicamente) la litosfera continentale. In queste condizioni la deformazione si localizza ulteriormente, portando ad un incremento nella produzione di magmi in risalita che a loro volta indeboliscono ulteriormente le placche, determinando così un processo in grado di autoalimentarsi e portare alla separazione definitiva tra le placche. La deformazione all’interno dei segmenti magmatici avviene con una complessa interazione tra fagliazione (con associata sismicità con terremoti di moderata intensità con magnitudo generalmente inferiore a 5.5 – 6) e intrusione di magma (deformazione prevalentemente asismica), come documentato in Afar settentrionale. In questo stadio i segmenti magmatici iniziano a comportarsi come vere e proprie dorsali medio-oceaniche in grado di produrre la crosta basaltica che caratterizza i fondali oceanici. Si forma così un nuovo bacino oceanico bordato da una coppia di margini passivi in progressivo allontanamento via via che nuova crosta oceanica viene prodotta dalla risalita e messa in posto di magma in prossimità della dorsale.

In conclusione, la storia geologica della depressione tettonica etiopica documenta la transizione da una morfologia iniziale dominata da grandi faglie normali ed approfondimento della *rift valley* a fasi più avanzate e finali caratterizzata invece da una crescente importanza dei processi magmatici e da una forte interazione tra tettonica e magmatismo. Questa forte interazione è in grado di determinare la rottura delle masse continentali, iniziando la produzione di crosta oceanica e portando alla formazione di nuovo oceano tra le due placche di neoformazione, in una sequenza tipica che comprende il passaggio da *rift valley* continua a scala continentale (Africa Orientale), a iniziale formazione di dorsali-oceaniche isolate (Afar settentrionale), a bacino oceanico giovane ma discontinuo (Mar Rosso), a un oceano completamente sviluppato (Golfo di Aden), fino a un oceano esteso e maturo (Oceano Atlantico).

OCCHIO CHECK CON VERSIONE INGLESE

Spostare team members in credits e mettere link alla mia pagina da tutte