Le chiese rupestri ipogee e le steli monolitiche dell'Etiopia dal punto di vista geologico

Luca Lupi

Centro di Documentazione e Studi sulla Dancalia Italiana, Pontedera (www. dancalia.it, info@dancalia.it)

Lo scenario

Il fatto che l'Etiopia (insieme all'Eritrea, alla Somalia ed a Gibuti fa parte del Corno d'Africa) ospiti il maggior numero di chiese rupestri ipogee esistenti al mondo si rende evidente soprattutto nel Tigrai, cioè nella più settentrionale tra le 9 regioni che compongono tale nazione, dove è possibile enumerarne ben 121. Queste chiese, in gran parte risalenti al periodo compreso fra il V e il XIV secolo d.C., sono principalmente ubicate in quattro zone: Atsbi, Ger'alta, Agame e Tembien (Fig. 1). Chi scrive le ha visitate tutte con profondo rispetto, ogni volta rimanendo sorpreso ed ammirato di fronte all'audacia, alla sensibilità artistica ed alla tenace operosità con le quali i Tigrini hanno voluto testimoniare la loro fede religiosa; avendo però una formazione scientifica di tipo geologico, ad attrarre il mio interesse sono stati principalmente i corpi rocciosi nei quali sono state realizzate. Le pagine che seguono, pertanto, saranno prevalentemente dedicate ad illustrare le peculiarità e le origini di tali corpi.

L'assetto geologico

La conoscenza della geologia del Tigrai è da legarsi soprattutto alle ricerche portate avanti nel secolo scorso da parte di scienziati italiani: fra gli altri, si ricordano Giotto Dainelli e Olinto Marinelli (missione del 1904-05 e altre negli anni '40), Giovanni Merla e Enzo Minucci (missione del 1938), Bruno Zanettin (missioni negli anni '70). Della regione questi studiosi sono riusciti ad evidenziare la successione stratigrafica, a dare il nome e descrivere le caratteristiche delle diverse unità (Figg.1-2 e Tab. 1), a ricostruire la complessa evoluzione tettonica.

In tutto l'altopiano la base della successione è rappresentata dal Basamento cristallino. Si tratta di rocce ignee e sedimentarie, metamorfosate in gneiss, quarziti, ardesie, marmi, ecc., che sono state attribuite genericamente al Precambriano (solo con il sensibile aumento e diversificazione del contenuto fossilifero nelle rocce sedimentarie è stato possibile definire l'inizio del Cambriano, e quindi del Paleozoico, a circa 542 milioni di anni fa). Durante le fasi terminali del Precambriano (per la precisione nel Cryogeniano, tra 800 e 600 milioni di anni fa) il nostro pianeta fu interessato da episodi glaciali così diffusi (lo testimonia la presenza di tilliti, cioè di depositi morenici "fossili", in moltissimi luoghi a diversa latitudine) da giustificare il nome che gli è stato assegnato: *Snowball Earth*. Purtroppo una documentazione di questo tipo non è riconoscibile direttamente nelle rocce del Basamento; può essere invece affermato che esse sono state piegate e fratturate intensamente prima della deposizione delle serie successive.

In discordanza sul Basamento cristallino giacciono le Arenarie di Enticho (Fig. 3), riferibili all'Ordoviciano (secondo periodo del Paleozoico compreso tra 485 e 444 Ma). La formazione, diffusa dall'area nord-orientale del Tigrai fino a quella centro-meridionale dell'Eritrea con spessori che raggiungono i 150 m, è costituita da arenarie di natura calcarea, a grana grossolana e ricche di quarzo, con lenti di conglomerati e tilliti. Per il rinvenimento di resti di animali marini e spore di piante primitive è

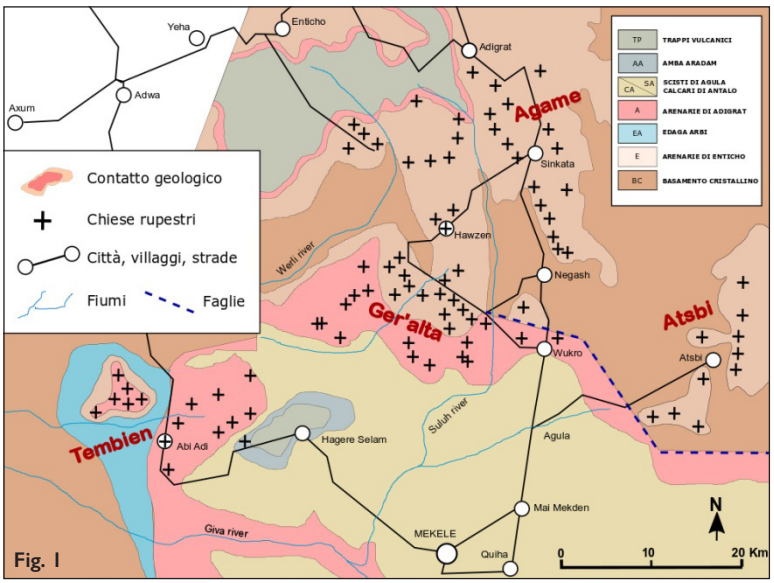

Fig. 1 - Carta geologica semplificata del Tigrai centrale e orientale con l'ubicazione delle varie chiese rupestri ipogee.

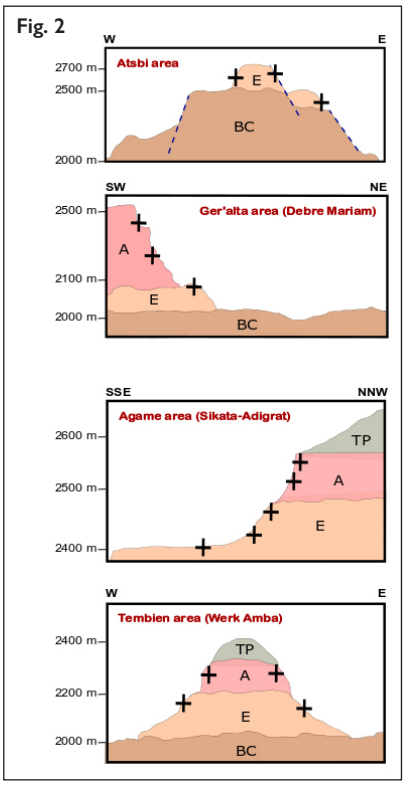

Fig. 2 - Sezioni geologiche schematiche relative alle aree dove sono state scavate le chiese rupestri. + = ubicazione delle chiese; BC = Basamento cristallino; E = Arenarie di Enticho; A = Arenarie di Adigrat; TP = Trappi vulcanici (si veda nel testo).

Fig. 3 - Il Massiccio del Ger'Alta (fotografato dal Ger'alta lodge), costituito dalle Arenarie di Enticho, a sud-ovest di Hauzien (Hawzen). Molte chiese rupestri che vi si trovano possono essere raggiunte solo arrampicandosi con delle corde.

verosimile che essa si sia deposta in ambienti marini di debole profondità; la presenza di tilliti, invece, è indicativa della vicinanza di questi ambienti alla costa del Gondwana settentrionale ricoperta da una calotta glaciale. Gran parte delle chiese rupestri di Atsbi e Sinkata, nonché alcune del Ger'alta, sono state scavate proprio in queste arenarie (Figg. 1-2).

Ugualmente riferibile all'Ordoviciano, ma formatasi in ambiente continentale, è la sovrastante Formazione di Edaga Arbi. Essa è costituita da tilliti, che comprendono anche grandi massi granitici e siltiti, spesse fino a 180 m. Testimonianze inecepibili di episodi glaciali risalenti al Paleozoico non sono così frequenti; quella fornita dall'unità, ben rappresentata intorno alla città di Macallè (vi affiora con estensione circolare con raggio di 40-50 km), è da considerarsi quindi assai significativa.

L'intero Corno d'Africa, che fino all'inizio del Giurassico (secondo periodo del Mesozoico compreso tra 200 e 145 Ma) deve essersi mantenuto emerso, nel corso del periodo abbandonò la lunga fase di continentalità riprendendo la sua subsidenza. A causa di ciò l'Oceano Indiano lo invase creando le condizioni per la deposizione di quattro unità; queste, dalla più vecchia alla più recente, sono:

- Arenarie di Adigrat (Giurassico inferiore). Nell'insieme la formazione si presenta più o meno cementata e variamente arrossata, con granuli ben arrotondati e di dimensioni in prevalenza medie. Vi possono essere riconosciuti dal basso tre pacchi di strati (ciascun strato varia da 10 a 30 m di spessore): il primo pacco roccioso, friabile e di colore biancastro, presenta anche livelli argillosi; il secon-

Fig. 4 - A 16 km da Macallè si trova la Chiesa di Gebre Mikael che è stata scavata nelle Arenarie di Adigrat. La stratificazione incrociata, che caratterizza la formazione, è evidente nella parete frontale

Fig. 5 - Pareti interne della Chiesa di Gebre Mikael su cui si può apprezzare la stratificazione incrociata delle Arenarie di Adigrad.

do, più compatto e tenace (formante spesso pareti verticali), assume colorazioni variabili dal beige chiaro al rosso scuro; l'ultimo, che riprende i caratteri litologici del primo, rispetto a questo è ancora più chiaro. Nell'ambito del loro spessore complessivo, compreso fra i 300 e i 600 m (Tesfamichael *et al*., 2010), le Arenarie di Adigrat mostrano di frequente una stratificazione incrociata[1] (Figg. 4-5). La documentazione paleontologica (molluschi bivalvi, foraminiferi bentonici e coccodrilli marini) e le caratteristiche sedimentologiche indicano per la formazione un'origine per lo più in ambienti marini poco profondi, senza che ciò escluda episodi di deposizione continentale prossimo alle coste. Tra le chiese rupestri del Tigrai, sono scavate nelle Arenarie di Adigrat soprattutto quelle della porzione meridionale del Ger'Alta e della zona del Tembien (Kola Tembiene, Dogu'a Tembien, ecc.); a titolo di esempio si ricordano quelle di Abraha-Atsebaha, Gebre Mikael (Figg. 4-5) e Wukro Cherkos.

- Calcari di Antalo (Giurassico medio?). Questa unità, particolarmente imponente per i notevoli spessori che raggiunge (700-800 m), nell'area considerata rappresenta da secoli la principale fonte di materiale per la costruzione delle abitazioni. La formazione (Fig. 6) è costituita da depositi marini in cui una parte inferiore, a più alto contenuto carbonatico e caratterizzata da bivalvi, coralli, gasteropodi ed echinodermi, è distinguibile da una superiore più argillosa e contenente brachiopodi e produzioni oolitiche.

- Argilliti di Agula (Giurassico medio-superiore). Le argilliti si presentano in strati, più o meno competenti e consistenti, con superfici superiori spesso interessate da *ripple marks* (segni di increspatura lasciati dalle onde sulla battigia; si veda in Beyth, 1972). La formazione, che è caratterizzata anche da livelli marnosi ed ha uno spessore che varia da 60 a 250 metri, mostra un contenuto fossilifero marino; fra l'altro, tra i brachiopodi e i gasteropodi sono presenti taxa ad alto valore cronologico. Da rilevare che i Calcari di Antalo e le sovrastanti Argilliti di Agula spesso non sono cartografati separatamente ma riuniti nella cosiddetta Successione di Antalo.

- Formazione di Amba Aradam (Giurassico superiore). E' formata da arenarie compatte e variegate,

1 La stratificazione incrociata è tipica degli apparati deltizi. Appena un fiume giunge al mare la velocità della sua corrente diminuisce per cui si depositano, lungo gli strati inclinati della scarpata, le sabbie in sospensione. Tale deposizione forma una serie di lamine inclinate (*foreset*) che muovendosi sotto il flusso fluviale consentono un avanzamento della scarpata. Parte del materiale più fine, invece, viene trasportato oltre il limite di scarpata dove vengono ad individuarsi strati sedimentari orizzontali (*bottomset*). Un innalzamento del livello del mare, dovuto ad una fase di riscaldamento, fa regredire la foce del fiume per cui un nuovo delta si imposta sopra il precedente ma in posizione più arretrata; di conseguenza, trai due depositi di *foreset* si troveranno quelli di *bottomset* legati al primo ciclo deposizionale. Il processo può ripetersi nel tempo.

Fig. 6 - Calcari di Antalo (con fossili) che affiorano lungo il Fiume Sabba, nel percorso che dal mesopiano conduce fino alla depressione della Dancalia.

Fig. 7 - Parete di una strada dell'area di Macallè in cui è visibile un filone doleritico che attraversa gli strati della Successione di Antalo.

talvolta limose o argillose; la loro deposizione in acque marine poco profonde o in ambienti continentali è da legarsi verosimilmente alla ripresa del sollevamento del Corno d'Africa. Dainelli (1943) distinse questa formazione come "Arenaria superiore", intendendo con essa chiudere il grande ciclo mesozoico.

E' opinione diffusa che l'unione tra Laurasia e Gondwana, per dare origine al supercontinente Pangea, nel Triassico (primo periodo del Mesozoico compreso tra 251 e 200 Ma) era già conclusa. E' altrettanto noto che nel Giurassico il Pangea tornò a separarsi nei due continenti originari e che questi ultimi iniziarono a loro volta a frammentarsi per la spinta distensiva dei moti convettivi del mantello. Riguardo al Gondwana, più attinente alla presente ricerca, si evidenzia che verso la fine dell'era la maggior parte dei continenti che lo componevano (Sud America, Africa, India, Australia e Antartide) aveva assunto una configurazione ed una posizione non troppo dissimili da quelle attuali. In particolare per il Corno d'Africa, emerso dal Giurassico terminale, è da ricordare che tra 45 e 25 milioni di anni fa (intervallo Eocene-Oligocene) fu interessato da grandi fratture (Wolela, 2008) accompagnate da un intenso e diffuso vulcanismo, nonché da imponenti effusioni di lava (i cosiddetti Trappi vulcanici). Negli altopiani etiopico e somalo, come pure nel territorio yemenita meridionale, le colate di basalto, trachite e basanite raggiungono talvolta i 2000 m di spessore.

A completamento del quadro geologico (Tab.1), devono essere ricordati i filoni e i dicchi di quella che comunemente viene chiamata Dolerite di Macallè: una roccia magmatica femica, originatasi a grandi profondità, che durante il Neogene si è incuneata e lentamente raffreddata nelle fratture della successione descritta in precedenza (Fig. 7). La dolerite, che si presenta come una roccia nera a grana fine-media e molto dura, a nord di Macallè attraversa particolarmente (Fig. 8) la morbida formazione delle Argilliti di Agula (Levitte, 1970).

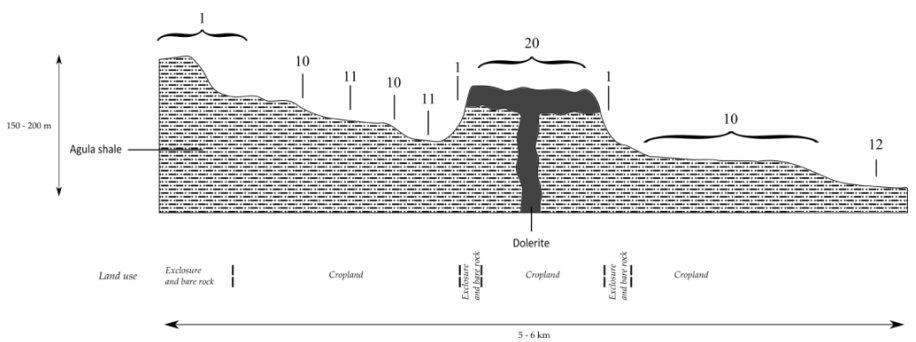

Fig. 8 - Schema che evidenzia la risalita della Dolerite attraverso le Argilliti di Agula ed il suo posizionamento sopra di esse

PERIODO (ERA)	ETÀ (Ma)	UNITÀ GEOLOGICA	TIPOLOGIA DI ROCCIA
OLOCENE - PLEISTOCENE (Quaternario)	Presente - 2.58 Ma	DEPOSITI ALLUVIONALI	Limo, sabbia, ghiaia
NEOGENE (Cenozoico 65.05 – 2.58 Ma)	- 23.03 Ma	DOLERITE DI MACALLÈ *(Mekele Dolerite)*	Intrusioni di rocce femiche subvulcaniche (Dicchi, Sills e batoliti di piccole dimensioni) attraverso le altre rocce
PALEOGENE (Cenozoico 65.05 – 2.58 Ma)	- 65.05 Ma	TRAPPI VULCANICI *(Trap Volcanics)*	Enormi colate laviche di Basalti, Trachiti e Basaniti (Oligocene-Eocene) che da 45 a 25 Ma hanno coperto l'altopiano etiopico e tutte le formazioni precedenti
GIURASSICO (Mesozoico 251- 65.5 Ma)	-145 Ma	AMBA ARADAM *(Ambaradam Formation)*	Formazione composta da Arenaria fluviale e scisti, compatta e variegata (arenaria superiore)
		ARGILLITI DI AGULA *(Agula Shale)*	marna e scisto con calcare nero minore e sottili letti di gesso e dolerite
		CALCARI DI ANTALO *(Antalo Limestone)*	calcare, marna, scisto, intercalazione di gesso, in aree fossilifere
	- 201 Ma	ARENARIE DI ADIGRAT *(Adigrat Sandstone)*	arenaria da fine a grossa, stratificazione incrociata, siltiti, arenaria calcarea minore, limo ferruginoso e argilla (arenaria inferiore)
ORDOVICIANO (Paleozoico 542 – 252 Ma)	- 443.8	EDAGA ARBI *(Edaga Arbi Glacials)*	tilliti (sedimenti morenici deposti da un ghiacciaio) con grossi massi granitici e siltiti
	- 485,4	ARENARIE DI ENTICHO *(Enticho Sandstone)*	arenaria calcarea con lenti di conglomerati e tilliti, con fossili
PRE CAMBRIANO (542 Ma – 4.6 miliardi di anni fa)		BASAMENTO CRISTALLINO	Rocce vulcaniche e sedimentarie che poi erose e metamorfosate hanno formato marmi, gneiss, quarziti, ardesie etc..

Tab. I - Le unità stratigrafiche che caratterizzano l'altopiano etiopico e la regione del Tigrai, con evidenziate le loro caratteristiche litologiche e la loro appartenenza cronologica e cronostratigrafica. I colori indicati per le unità sono ripresi dalla carta di figura 1 e dalle sezioni geologiche di figura 2.

Merita infine segnalare che ancora oggi, per effetto dell'allontanamento in direzione SW-NE della placca araba rispetto al resto del continente africano, si concentra nel Corno d'Africa una delle attività tettoniche più spinte dell'intero pianeta.

Il quadro geomorfologico

E' stato detto in precedenza che le chiese rupestri del Tigrai sono state ricavate nelle Arenarie di Enticho e in quelle di Adigrat perché posseggono requisiti di solidità e facilità di escavazione. Del resto, dati gli strumenti a loro disposizione, le popolazioni del luogo non potevano fare altrimenti.

Tali arenarie, che nell'insieme si presentano compatte ed omogenee, sono intersecate da una rete grossolanamente ortogonale di fratture da collegarsi ai ripetuti movimenti tettonici del Cenozoico. Analogamente a quanto verificatosi nel Grand Canyon nordamericano, le fratture sono state sempre più profondamente incise ed allargate dall'azione erosiva delle piogge e dei corsi d'acqua da esse generati, facendo sì che le coperture di arenaria si scomponessero in blocchi separati e portando dunque, come risultato finale, ad un paesaggio caratterizzato da altopiani isolati (*mesas*), massicce colline e pinnacoli alti fino a 300 m. Quali fattori responsabili dell'erosione che ha condotto all'attuale paesaggio devono essere indicati, oltre all'azione incisiva dell'acqua, anche l'esarazione glaciale, la deflazione del vento e le escursioni termiche. Penetrando in profondità nelle fratture e tra le superfici di faglia, sia le acque piovane che quelle derivate dall'ablazione dei ghiacciai vi hanno incessantemente esercitato pressioni e rilassamenti a causa delle variazioni volumetriche implicite ai processi di congelamento/dissolvimento. D'altra parte anche le rocce superficiali e direttamente esposte agli agenti atmosferici hanno subito, a seguito delle escursioni termiche giornaliere (che peraltro sono particolarmente forti nelle zone desertiche e di alta montagna), incessanti dilatazioni e contrazioni che hanno dato luogo a microfratture ed a processi termoclastici. Infine, l'azione del vento sui calcari e sulle arenarie ha fatto sì che gli strati più teneri venissero rapidamente erosi, mentre quelli più duri si mantenessero più o meno stabili in posizione verticale (Fig. 9).

Continuazione naturale verso settentrione di quello etiopico, l'altopiano del Tigrai si affaccia direttamente sulla sottostante Dancalia, una regione coinvolta dai medesimi processi tettonici ma dalla storia geologica completamente diversa. Oltre che brusco, il passaggio dall'uno all'altra è addirittura vertiginoso: si va infatti dalle montagne dell'altopiano, che talvolta possono superare i 4000 metri, alla depressione dancala che può spingersi fino anche a 120 m sotto il livello del mare. Due mondi opposti, questi, in tutti i sensi; fra l'altro, uno con dietro di sé un passato che arriva fino al Precambriano e uno di età non più antica del Neogene, uno con popolazione di fede cristiana e uno con popolazione di fede musulmana, uno con acqua e

Fig.9 - Parete verticale attraverso la quale si accede alla Chiesa di Debra Damo; questo luogo di culto è situato poco distante da Axum (parte settentrionale del Tigrai).

coltivazioni e uno con un rovente deserto di lava, sale e sabbia.

Le chiese ipogee di Lalibela

Anche l'area di Lalibela (seconda città sacra dell'Etiopia), nella regione Amara, ospita chiese rupestri (Fig. 10), ma queste sono di costruzione assai più recente rispetto a quelle del Tigrai. A prima vista sembrano ancora realizzate in arenaria, cioè in un corpo roccioso di origine sedimentaria, ma in realtà sono state ricavate nei tufi vulcanici che si rinvengono al di sopra dei Trappi basaltici di Ashangi e di Amba Aiba (Fig. 11). Tra i 25 e i 10 milioni di anni or sono nella regione suddetta, e non nel Tigrai, si sono infatti verificate nuove manifestazioni vulcaniche, con produzioni molto acide, ricche in silice e di tipo esplosivo violento. Si tratta di ignimbriti tufacee, denominate Rioliti dell'Amba Alagi, le quali non sono molto diverse da quelle che 39000 anni fa fuoriuscirono dai Campi Flegrei e ricoprirono i due terzi della Campania con spessori fino a 100 m. Il blocco isolato di tufo rosso, sul quale sorge la città di Lalibela, galleggia come un tappo di sughero sopra il mare di basalto che domina l'area dell'altopiano, e gli antichi co-

Fig. 11 - Carta geologica dell'area circostante la città di Lalibela (da Merla et al., 1979) da cui si evince che il vulcanismo cenozoico dell'altopiano dell'Etiopia nord-occidentale è suddiviso in quattro formazioni (Berhe et al., 1987): le unità basaltiche Ashangi e Amba Aiba, facenti parte dei Trappi vulcanici, sono sormontate in alcuni luoghi dalle Rioliti dell'Amba Alagi (Zanettin, 1992) e in altri da basalti dell'unità di Termaber.

Fig. 10 - La famosa chiesa di Saint George scavata nel rosso tufo ignimbritico di Lalibela.

struttori di chiese conoscevano molto bene la differenza tra i tufi, compatti ma facilmente lavorabili, e il duro basalto dei trappi.

Le steli monolitiche di Axum

Axum è la più importante città sacra dell'Etiopia. Ubicata nella regione del Tigrai è stata la capitale di un regno profondamente coinvolto nei commerci tra l'Africa orientale, l'India e il Mediterraneo. Tale regno, che cominciò ad abbozzarsi nel IV secolo a.C., raggiunse il culmine della sua potenza e ricchezza tra il I e il VI secolo d.C. e lentamente si dissolse tra il VII e il IX-X secolo. Nella sua fase più florida esso giunse a coniare una moneta propria e a controllare un territorio vastissimo comprendente l'Etiopia, l'Eritrea, il Sudan settentrionale, l'Egitto meridionale, il Gibuti, la Somalia occidentale, lo Yemen e il sud dell'attuale Arabia Saudita. Il teologo Mani (216-277 d.C.), fondatore del Manicheismo, comparava la sua potenza a quella degli imperi più importanti del suo tempo: romano, persiano e cinese. A partire dal 325 d.C. il regno di Axum si convertì al Cristianesimo, figurando anzi come primo Paese nella storia a rappresentare il simbolo della croce sulle proprie monete.

La città di Axum è nota per le tombe reali ipogee e per le imponenti steli monolitiche probabilmente scolpite ed erette prima o durante il IV secolo dell'era volgare. Quasi tutte queste strutture sono state ricavate unicamente da una roccia magmatica effusiva, povera di silice ma ricca di allumina (Serie fonolitica), che tra 19 e 11 milioni di anni fa si riversò in superficie dopo aver attraversato sia le rocce sedimentarie paleozoiche e mesozoiche, sia i trappi basaltici paleogenici. Il materiale è stato estratto in netta prevalenza da tre cave a cielo aperto dell'area di Axum: due sono ubicate sui fianchi della cresta Gobo-Dura, mentre il terzo si trova nei pressi del villaggio di Adi-Tsehafi.

Molto più dura e compatta delle arenarie e dei tufi vulcanici, la fonolite - il termine, introdotto da Klaproth nel 1801, è composto dalle parole greche *phonos* (suono) e *lithos* (pietra) - è una roccia che, dopo essere stata tagliata in lastre prive di fratture, se colpita ha la singolare proprietà di emettere suoni metallici. Appunto per questo motivo viene chiamata dagli Inglesi *clinkstone* ed utilizzata dai Tigrini anche per ricavarne campane con le quali chiamare alla messa i fedeli (Fig. 12). Di colore variabile dal rosa al grigio chiaro, essa si presenta talvolta in blocchi massicci, compatti e privi di fratture, con forma allungata ma anche sferica. Queste caratteristiche sono riscontrabili in prevalenza nei campi vulcanici trachi-fonolitici delle aree di Adua e Axum.

Fig. 12 - Campane, realizzate con roccia fonolitica, che comunemente si rinvengono vicino alle chiese etiopiche.

Tra le rocce dell'Etiopia settentrionale le fonoliti sono quelle più utilizzate ai fini monumentali. In proposito vale la pena ricordare l'importanza che il massiccio fonolitico di Gobo Dura ha rivestito dal punto di vista estrattivo. Situato 5 km ad ovest di Axum, lungo la strada per Shire, esso mostra una forma a cupola circolare (diametro di circa 3,5 Km) ed uno spessore di 200-250 m; in alcuni casi si presenta in blocchi tabulari che raggiungono i 40 m di lunghezza. Quest'ultima situazione è osservabile nella sua parte settentrionale dove, fra l'altro, è ancora visitabile un'antica cava che ospita dozzine di obelischi semi-lavorati. Tenendo presente che già nell'antico Egitto si estraevano e lavoravano durissime pietre granitiche per ricavarne obelischi anch'essi alti decine di metri e che questo Paese aveva intensi rapporti politici e commerciali con il regno axumita, sembra logico ritenere che tale modo di procedere sia giunto proprio dall'Egitto. Come il granito per gli Egizi, la fonolite rappresentò quindi per gli Axumiti la pietra più adatta

Fig. 13 - La stele in fonolite di Axum (alta 23,40 m e pesante 150 tonnellate) che nel febbraio del 2009 è stata riportata in Etiopia da Roma.

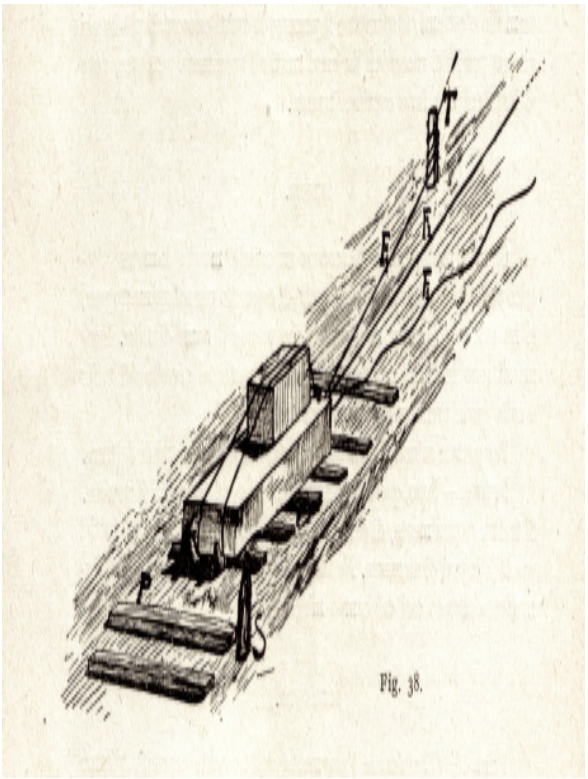

Fig. 14 - Disegno che mostra la lizzatura, cioè la tecnica usata nelle cave apuane per trasportare verso il basso i blocchi monolitici di marmo.

per realizzare monumenti così allungati, sottili ed imponenti quali le loro steli (Fig. 13). Una volta individuato il giusto pezzo di roccia, i cavatori-costruttori toglievano tutto il superfluo esterno lasciando unicamente il compatto e monolitico corpo centrale; successivamente quest'ultimo veniva tagliato, estratto e poi trasportato fino alla vicina Axum dove veniva rifinito. Per il trasporto dall'alto con ogni probabilità si ricorreva alla lizzatura (Fig. 14), una tecnica che fino a poche decine di anni fa era ancora utilizzata nelle cave di marmo delle Alpi Apuane; dopo l'arrivo in pianura, invece, questi pesanti pietroni venivano fatti scorrere su tronchi di legno e trascinati da buoi, elefanti e/o uomini fino alla loro destinazione finale.

Testi citati e consultati

Asrat A. (2002) - *The Rock-hewn Churches of Tigrai, Northern Ethiopia: A Geological Perspective*. Geoarchaeology, 652-655.

Berhe S. M., Desta B., Nicoletti M. & Teferra M. (1987) - *Geology, geochronology and geodynamic implications of the Cenozoic magmatic province in W and SE Ethiopia*, Journal of the Geological Society, 144: 213-226.

Beyth M. (1972 a) - *To the geology of Central-Western Tigre*. Ph.D. thesis, Friedrichs Wilhelms Universität, Bonn.

Beyth M. (1972 b) - *Paleozoic–Mesozoic sedimentary basin of Mekelle Outlier, Northern Ethiopia*. AAPG Bulletin, 56: 2426-2439.

Bosellini A., Russo A., Fantozzi P. L., Assefa G. & Tadesse S. (1997) - *The Mesozoic succession of the Mekelle Outlier (Tigrai Province, Ethiopia)*. Memoirs of the National Science Museum (Tokyo) Sciences Géologiques - Memoires, 49: 95-116.

Corti G. (2009) - *Continental rift evolution: From rift*

initiation to incipient break-up in the main Ethiopian Rift. Earth-Science Reviews, 96: 1-53.

Dainelli G. (1943) - *Geologia dell'Africa Orientale*. Reale Acc. Italia, 4, Roma

Dainelli G. (1910) - *Lungo le pendici dell'Altopiano abissino e in Dancalia, In Africa, lettere dall'Eritrea*, (*parte seconda*). Istituto italiano d'arti grafiche editore, Bergamo.

Dainelli G. & Marinelli O. (1912) - *Risultati scientifici di un viaggio nella Colonia Eritrea*, Tip. Galletti e Cocci, Firenze.

David G. R. (2012) - *Regional Geology and Tectonics: Phanerozoic Passive Margins, Cratonic Basins and Global Tectonic Maps*. Elsevier.

Dow D.B., Beyth M. & Hailu T. (1971) - *Palaeozoic glacial rocks recently discovered in northern Ethiopia*. Geological Magazine, 108: 53-60.

Enkurie, D. L. (2010) - *Adigrat Sandstone in Northern and Central Ethiopia: Stratigraphy, Facies, Depositional Environments and Palynology*. PhD thesis, University of Berlin.

Garland, C. R. (1980) - *Geology of the Adigrat Area*. Ministry of Mines, Addis Ababa, Memoir 1, 51 pp.

Gebremariam S.G. (2009) - *Nature and characteristics of metasedimentary rock hosted gold and base metal mineralization in the Workamba area, central Tigray, northern Ethiopia.* Thesis, Faculty of Geosciences at Ludwig Maximilians University, Munich.

George R., Rogers N. & Kelley S. (1998) - *Earliest magmatism in Ethiopia: Evidence for two mantle plumes in one flood Basalt Province*. Geology, 26: 923-926.

Hagos M., Koeberl C., Kabeto K. & Koller, F. (2010) - *Geochemical characteristics of the alkaline basalts and the phonolite–trachyte plugs of the Axum area, northern Ethiopia*. Austrian Journal of Earth Sciences, 103: 153-170.

Justin-Visentin E. (1974) - *Petrografia, chimismo e petrogenesi dei corpi subvulcanici di Macallè (Tigrai Etiopia)*. Memorie dell'Istituto di Geologia e Mineralogia Università di Padova, 31: 1-33.

Kieffer B., Arndt N., Lapierre H., Bastien F., Bosch D., Pecher A. & Meugniot, C. (2004) - *Flood and shield basalts from Ethiopia: Magmas from the African Superswell*. Journal of Petrology, 45: 793-834.

Klaproth M.H. (1801) - *Analytical essays towards promoting the chemical knowledge of mineral substances*. T. Cadell, jun. & W. Davies, Londra.

Levitte D. (1970) - *The geology of central part of Mekelle sheet (ND37-11)*. Ethiopian Institute of Geological Survey. Note No. 821-201-12, 66 pp.

Merla G. & Minucci E. (1938) - *Missione geologica nel Tigrai*. Regia Accademia Italiana, Roma.

Merla G., Abbate E., Canuti P., Sagri M. & Tacconi P. (1973) - *Geological Map of Ethiopia and Somalia*, *1:2000000*. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Italia.

Merla G., Abbate E., Azzaroli A., Bruni P., Canuti P., Fazzuoli M., Sagri M. & Tacconi, P. (1979) - *Comments to the geological map of Ethiopia and Somalia*. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Firenze.

Miller N. R., Alene M., Sacchi R., Stern R. J., Conti A., Kröner A. & Zuppi, G. (2003) - *Significance of the Tambien Group (Tigrai, Northern Ethiopia) for snowball earth events in the Arabian-Nubian Shield*. Precambrian Research, 121: 263-283.

Mohr P. A. (1972) - *The geology of Ethiopia*. Addis Ababa University Press, Addis Ababa.

Roberts D.G. (2012) - *Regional Geology and Tectonics: Phanerozoic Passive Margins, Cratonic Basins and Global Tectonic Maps*. Elsevier.

Ronsse S. (2013) - *Sustainable Exploitation of the Groundwater Reservoir of Mendae (Abrha Atsbha, Tigray, Ethiopia)*. Universiteit Gent. Faculteit Wetenschappen. Vakgroep WE13, 17: 178 pp.

Russo A., Fantozzi P. L. & Solomon T. (1997) - *Geological map of Mekelle Outlier (Western Sheet)*, *1:100000*. Italian cooperation - Addis Ababa University, Addis Ababa.

Sembroni A., Molin P., Dramis F. & Abebe B. (2017) - *Geology of the Tekeze River basin (Northern Ethiopia)*. Journal of Maps, 621-631.

Tesfamichael G., De Smedt F., Miruts H., Solomon G., Kassa A., Kurkura K., Abdulwassie H., Bauer H., Nyssen J., Moeyersons J., Deckers J., Mitiku H. & Nurhussen T. (2010) - *Large-scale geological mapping of the Geba basin, northern Ethiopia. Tigray*. Livelihood Paper No 9, VLIR – Mekelle University IUC Program, 46 pp.

Wolela A. (2008) - *Sedimentation of the Triassic-Jurassic Adigrat Sandstone Formation, Blue Nile (Abay) basin, Ethiopia*. Journal of African Earth Sciences, 52: 30-42.

Yibas B., Reimold W. U., Armstrong R., Koeberl C., Anhaeusser C. R. & Phillips D. (2002) - *The tectonostratigraphy, granitoid geochronology and geological evolution of the Precambrian of southern Ethiopia*. Journal of African Earth Sciences, 34: 57-84.

Zanettin B. (1992) - *Evolution of the Ethiopian Volcanic Province*. Mem. Lincei Sci. Fis. Nat., 1:155