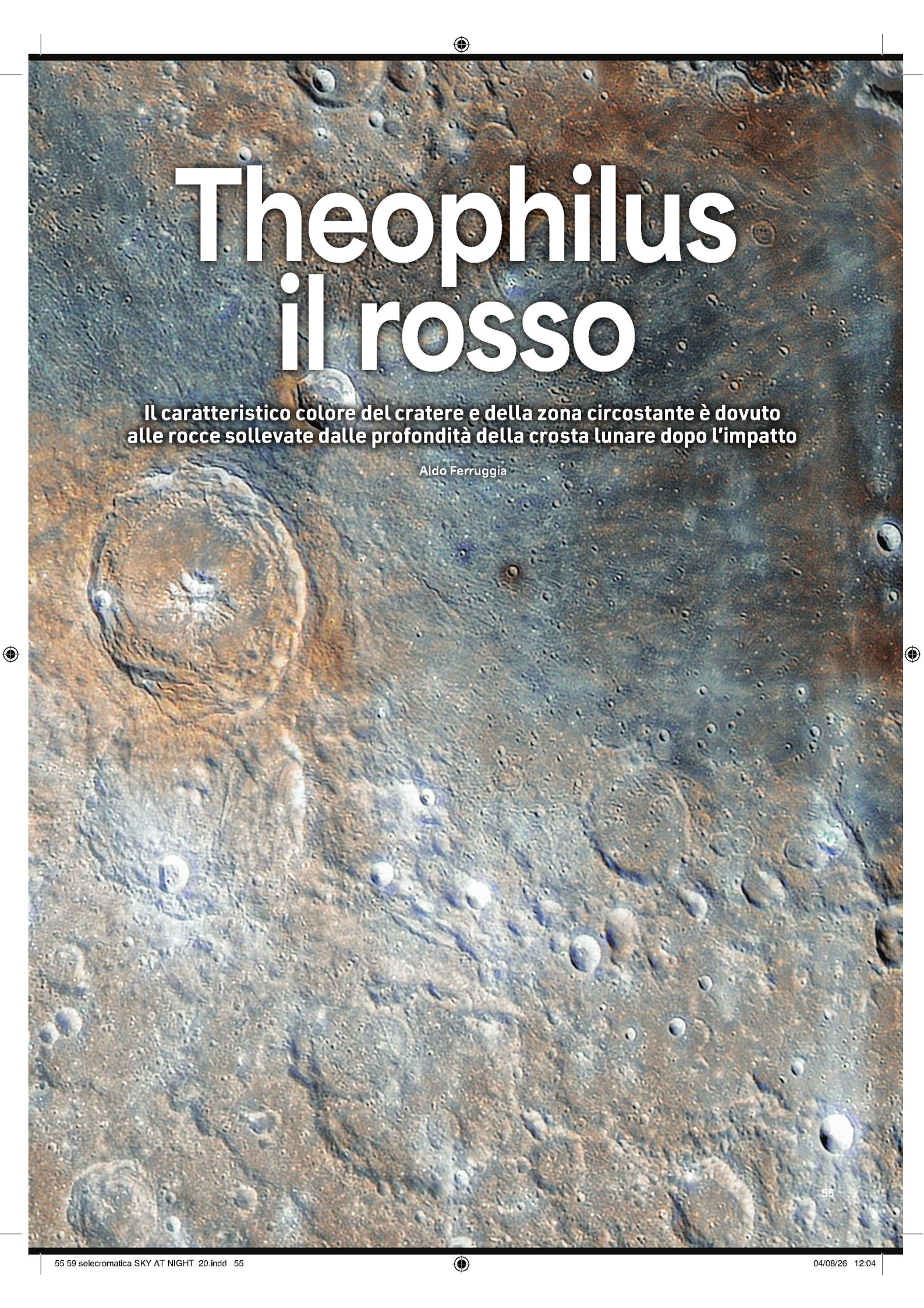




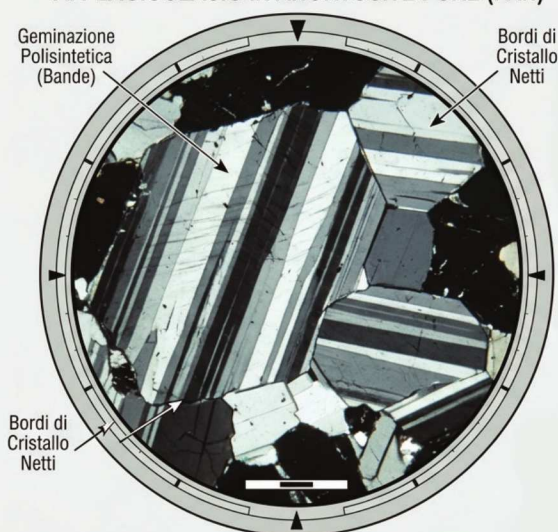
Theophilus il rosso

Il caratteristico colore del cratere e della zona circostante è dovuto alle rocce sollevate dalle profondità della crosta lunare dopo l'impatto

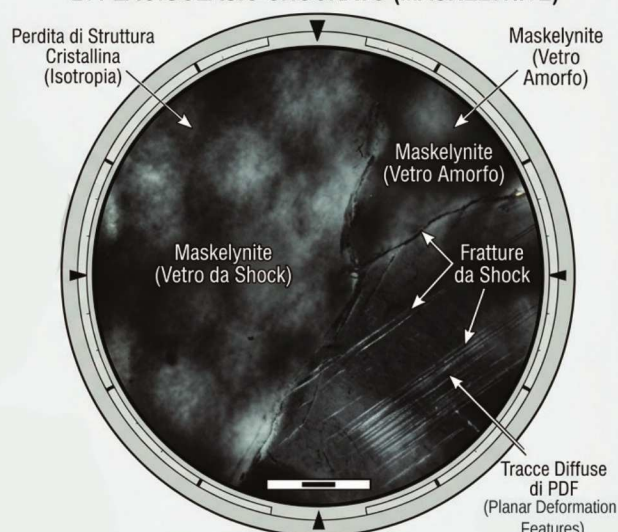
Aldo Ferruggia

CONFRONTO PETROGRAFICO DI FELDSPATO PLAGIOCLASIO LUNARE (Luce Polarizzata Incrociata - XPL)

A. PLAGIOCLASIO IN ANORTOSITE PURE (PAN)



B. PLAGIOCLASIO SHOCKATO (MASKELYNITE)



▲ PAN e plagioclasio "shockato" del picco centrale di Theophilus

Uno dei punti di riferimento cromatici – reperi – più notevoli della superficie lunare è il cratere Theophilus. L'analisi approfondita della sua anomalia cromatica ci porterà lontano nel tempo, permettendoci scoperte insospettite della geologia lunare. Ma andiamo per gradi. Le caratteristiche geo-cromatiche del cratere, bordi netti e ben definiti, colori propri evidenti e assenza d'azzurro d'impatto (vedere «BBC Sky at Night» n. 14) ne fanno un cratere neocromatico erastosteaniano. Nei picchi centrali, come succede spesso al centro dei grandi crateri lunari, è stato rilevato dai dati di *remote sensing* plagioclasio "shockato", vale a dire cristallizzato/vetrificato da pressioni superiori ai 30-50 Gpa, e anortosite pura (PAN): si tratta di materiale primordiale sollevato dalla crosta profonda durante l'impatto per "rimbalzo elastico", rocce composte quasi interamente da feldspato plagioclasio calcico (oltre il 90%), bianco/albediche. Anche i bordi, costituiti da *ejecta* e materiali fusi dall'impatto, ne presentano alte quantità e prova ne è la "slatentizzazione" dell'azzurro d'impatto tipico del feldspato attorno al cratere Theophilus B, situato su uno dei terrazzamenti. Nell'area circostante si trova una complessa miscela di minerali, sia all'interno del cra- ▶



.....Olivine

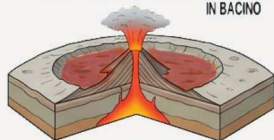
.....Plagioclase

.....Ilmenite

BASALTO MARINO LUNARE

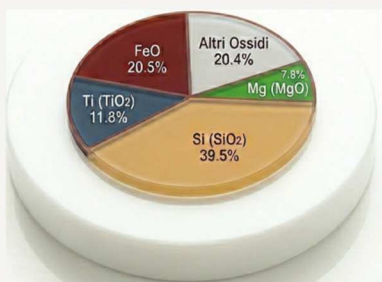
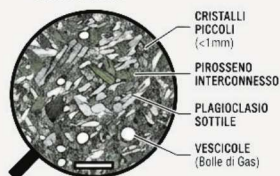
ORIGINE

ERUZIONE SUPERFICIALE VULCANICA
IN BACINO



ETÀ: ~3.9 - 3.1 MILIARDI ANNI
CRISTALLIZZAZIONE VELOCE

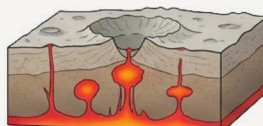
TESSITURA



MG-SUITE LUNARE

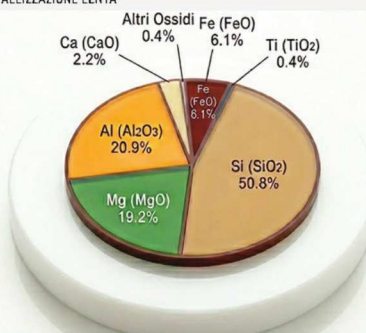
ORIGINE

INTRUSIONE PLUTONICA PROFONDA



ETÀ: ~4.5 - 4.3 MILIARDI ANNI
CRISTALLIZZAZIONE LENTA

TESSITURA



PAN (pristine crust)

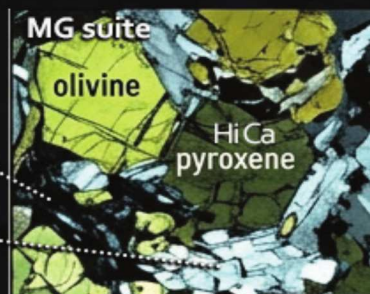
Norite, Troctolite, Gabbro
(Mg suite)

▲ Il rosso di
Theophilus:
basalto
marino o
Mg-suite?



low Ca Pyroxene

Plagioclase



◀ Rocce
e minerali
dell'area di
Theophilus.
Il cratere è
visto da nord



tere sia sui suoi bordi: i pirosseni poveri di calcio sono i minerali più diffusi, soprattutto nelle pareti e nei depositi di espulsione (ejecta); li ritroviamo in noriti, gabbri, troctoliti, rocce correlate evidentemente al colore prevalente rossastro dell'esaltazione cromatica. Si tratta di materiali che giacciono a decine di chilometri in profondità, al confine tra crosta e mantello (Mg-suite). Possibile che un'escavazione di qualche chilometro sia stata sufficiente a esporli? Con quale meccanismo?

L'impatto non è un semplice scavo, ma un processo dinamico che coinvolge il sollevamento strutturale. C'è una differenza fondamentale tra

▲ Schema sezionale della crosta lunare con plutoni intrusivi di alkali e Mg-suite; in verde l'olivina, in nero il pirossene. I rapporti relativi tra strati non sono rispettati

profondità di escavazione e profondità di provenienza del materiale nel picco centrale.

Per un cratere delle dimensioni di Theophilus, circa 100 km di diametro, la cavità transitoria scavata dall'impatto raggiunge una profondità di 10-15 km. Oltre questa profondità, il materiale non viene espulso all'esterno del cratere, ma spostato verso il basso e di lato. Il sollevamento centrale (*central uplift*) consiste nel fatto che, subito dopo l'impatto, il fondo della cavità subisce un rimbalzo elastico dovuto alla decompressione. Proprio come succede all'acqua di un secchio dentro cui cade una biglia metallica, il solleva-



mento in risposta alla formazione di una cavita-
zione porta verso l'alto rocce che si trovavano a
profondità enormi. In geologia planetaria esiste
una formula empirica per stimare il sollevamento
strutturale (SU): $SU \approx 0.1 \times D$, dove D è il diametro del
cratere. Per Theophilus, con $D \approx 100$ km, si ricava:
 $SU \approx 0.1 \times 100 = 10$ km.

Il materiale che oggi vediamo sulla cima del
picco centrale di Theophilus in origine si trovava
quindi a circa 10 km di profondità sotto la super-
ficie pre-impatto. Come la mettiamo con il ma-
teriale nei bordi e sul fondo del cratere? Come
detto si tratta di noriti (plagioclasio e ortopirosseno),
gabbri (plagioclasio e clinopirosseno) e troc-
toliti (plagioclasio e olivina). La presenza di olivina
suggerisce che il cratere, profondo circa 4,4 km,
abbia sollevato materiale da una profondità tale
da intercettare plutoni magnesiaci che una volta
esposti hanno dato all'area sfumature arancio/
rossastre, tanto estese da sporcare anche il bordo
di Madler.

Ci si potrebbe chiedere se tali sfumature non
derivino dall'esposizione di basalti rossastri, pre-
senti nell'area dei Mare Nectaris. Nei basalti mari-
ni si trova olivina, accompagnata a clinopirosseni
calcici, in rocce di origine mantellare raffreddate
velocemente in superficie; i pirosseni di Theophi-
lus sono invece ortopirosseni (poveri di calcio) e
provengono della suite magnesiaci che si è cri-
stallizzata lentamente nelle viscere della crosta in
"plutoni" (grandi "bolle" di magma).

L'impactor di Theophilus ha "bucato" facil-
mente l'effusione del Mare Nectaris andando a
esporre uno strato più profondo per formare un
tale alone rossastro. Esclusa l'origine "marina",
torniamo quindi al dilemma: come mai troviamo

▲ Rocce
basaltiche
"marine" appena
dissotterrate
spiccano nel
grigiore della
regolite lunare

Mg-suite in superficie?

Va detto che questa non si trova invariabilmen-
te alla profondità di 40 km, vicino alla base della
crosta, ma anche più in alto, nella crosta anorto-
sitica, talora entro i primi 10 km. Il corpo che ha
dato origine a Theophilus potrebbe avere avuto
la "fortuna" di colpire uno di questi plutoni meno
profondi. C'è di più: Theophilus si è formato sul
bordo del bacino del Mare Nectaris, creato da
un impatto molto più antico e vasto. L'impactor
di Nectaris aveva già assottigliato la crosta e sol-
levato materiali profondi miliardi di anni prima,
quindi Theophilus ha forse scavato un terreno
che conteneva già dislocamenti di materiali pro-
fondi della Mg-suite ai bordi del bacino del mare
(vedere «BBC Sky at Night» n. 17).

Ora, appare chiaro in ogni Si (immagine seleno-
cromatica) che l'area di Theophilus è rossastra.
Ma era rossastro anche il target del suo impactor
e quindi la Mg-suite stessa? Via via che si scende
nelle viscere della Luna, a partire dalla *alkali-suite*
- rocce plutoniche e intrusive ricche di materia-
li alcalini -, il contenuto di olivina aumenta fino a
raggiungere valori massimi nel mantello profon-
do. Il dubbio è sul meccanismo con cui rocce ric-
che di olivina (minerale fieramente verde) della
Mg-suite, per esempio la troctolite, possano ge-
nerare il rosso se esposte in superficie alla esalta-
zione cromatica. Lo stesso dubbio vale per la pe-
ridotite e la dunite mantellare, materiali d'origine
dei basalti dal colore rossastro a basso contenuto
di titanio nelle nostre Si. Come mai non rileviamo
le nuances verdi dell'olivina sulla superficie luna-
re, dato che, oltre agli affioramenti della Mg-sui-
te, anche i mari ne sono abbastanza ricchi? Cer-
cheremo di rispondere nel prossimo numero. ☞



Aldo Ferruggia
Medico,
appassionato di
sperimentazione
amatoriale,
collabora con
varie riviste di
divulgazione
astronomica