

COSÌ COSTRUIRONO LA GRANDE PIRAMIDE

Un architetto
torinese
ricostruisce passo
passo il cantiere
di Giza. Svelando
la geniale inventiva
degli Egizi.

A cura di Vito Tartamella

È l'unica delle 7 meraviglie del mondo antico sopravvissuta fino a noi. E per quasi 4.500 anni (fino al 1874, quando fu edificato il campanile della chiesa di San Nicola ad Amburgo) è rimasta la costruzione più alta mai realizzata. Ma come fecero gli Egizi, nel 2570 a. C., in piena Età del bronzo, a costruire la piramide di Cheope usando solo corde, legno, rame, leve, buoi e forza di braccia? Come riuscirono a spostare 3 milioni di blocchi di pietra per costruire un edificio alto come un palazzo di 49 piani?

PRECISI COME IL LASER. Quando, nel 1999, uno studio di architettura di Los Angeles, il "Daniel, Mann, Johnson, & Mendenhall", tentò di ricostruire il cantiere della Grande Piramide, il presidente Craig Smith rimase sbalordito: «Il sito è stato livellato con un errore di meno di un centimetro su una base di oltre 53 mila m² (pari a 8 campi di calcio affiancati, ndr). È paragonabile all'accuratezza dei moderni metodi edilizi e al livellamento al laser. Con i ▶

MAESTOSA.
La piramide di Cheope di notte. Occupa 53.077 m²: quasi il doppio di piazza San Pietro.

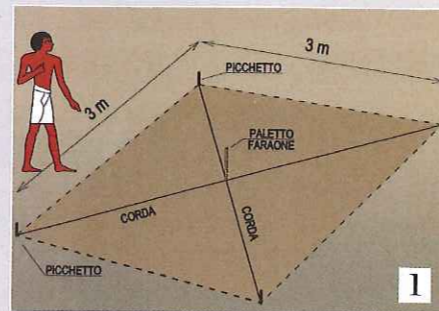


Disegnare una base perfetta

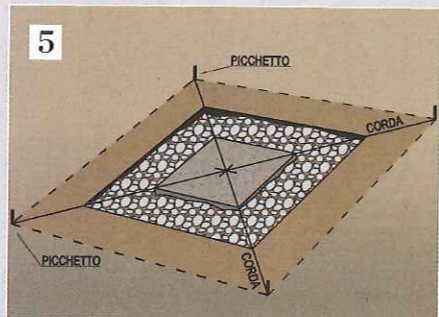
Il primo grande scoglio per la costruzione della piramide è il tracciamento a terra. Ovvero: piantare 4 picchetti ai 4 angoli della base del futuro edificio, definendo così in modo preciso il terreno su cui si svilupperà. Sbagliarlo avrebbe fatto crescere la costruzione in modo distorto. Il tracciamento a terra doveva soddisfare 3 condizioni:

- 1) ottenere un quadrato perfetto (4 angoli retti e 4 lati uguali);
- 2) orientare i 4 lati verso i 4 punti cardinali;
- 3) fare in modo che i 4 angoli fossero complanari (sullo stesso piano).

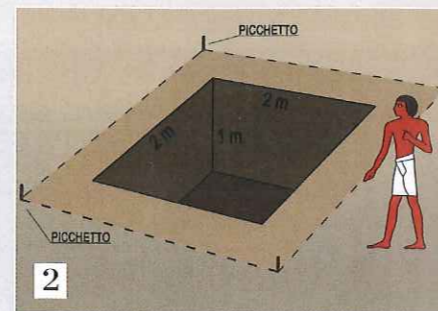
Tre obiettivi non da poco, se si considera che gli Egizi non avevano alcuno strumento di misurazione topografica anche grossolano: niente goniometri, niente teodoliti, niente bussole. Ecco come risolsero il problema secondo Fiorini.



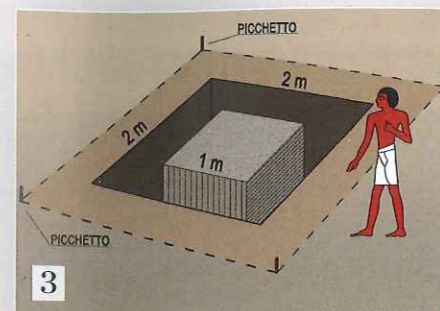
Il faraone pianta un picchetto nel terreno. Gli operai ne piantano altri 4 formando un quadrato. Sono tese due corde in diagonale.



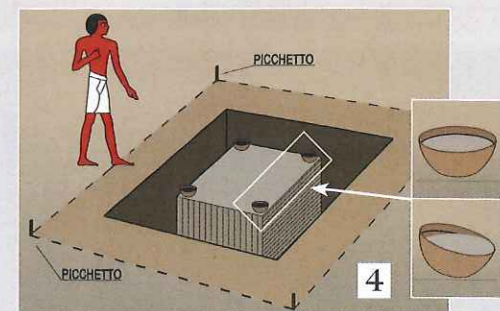
La buca è riempita di pietrame per stabilizzare il blocco. Rimettendo le corde, si ritrova il punto segnato dal faraone.



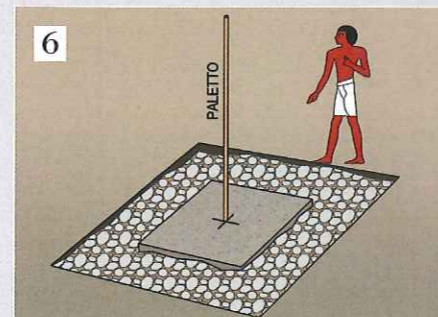
All'interno del perimetro, delimitato dai 4 picchetti, viene scavata una fossa di circa 2 metri per 2 metri, profonda 1 metro.



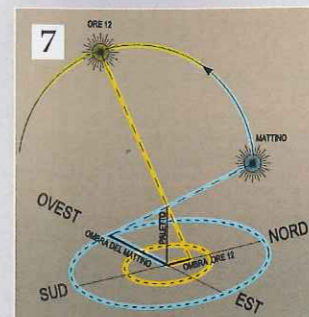
Con l'aiuto di robuste corde è calato nella buca un blocco di roccia squadrato, probabilmente di granito, del volume di 1 m³.



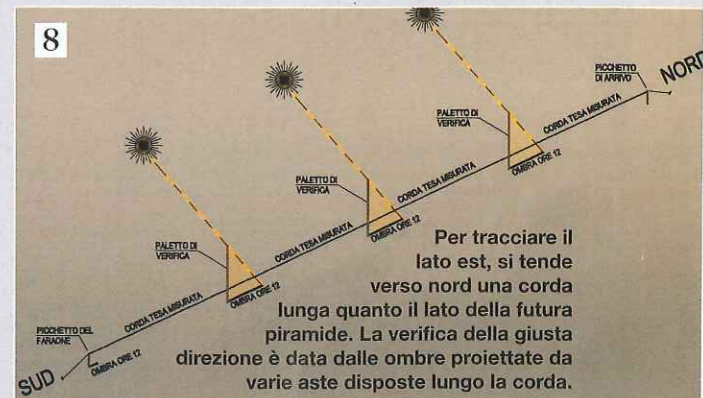
Il cubo di granito è disposto in orizzontale: la verifica grazie a vasi pieni d'acqua, su cui un segno indica il piano orizzontale.



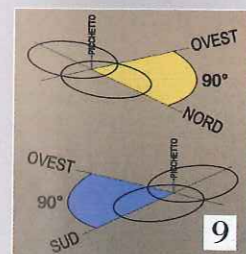
Nel punto individuato si fa un buco e si pianta un'asta alta circa 4 cubiti reali (circa 2 m) e la si rende verticale col filo a piombo.



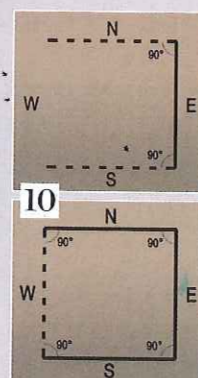
Fin dal mattino l'asta proietterà un'ombra che a mezzogiorno segnerà il nord.



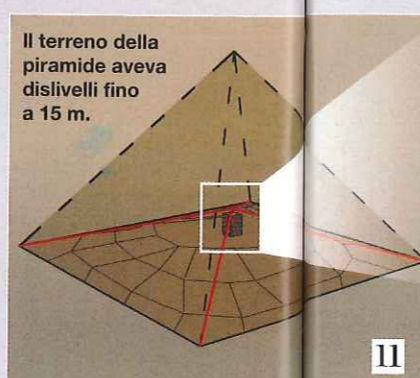
Per tracciare il lato est, si tende verso nord una corda lunga quanto il lato della futura piramide. La verifica della giusta direzione è data dalle ombre proiettate da varie aste disposte lungo la corda.



Dal 1° picchetto (angolo sud-est) si traccia un cerchio; dall'angolo nord-est un altro. Si ricavano 2 angoli di 90°.



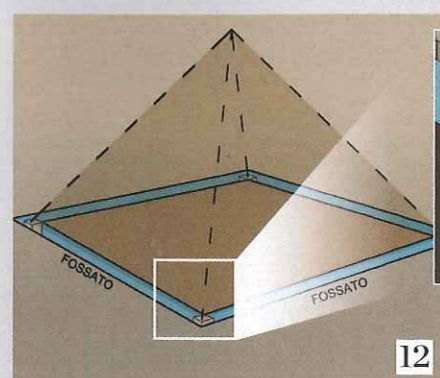
Prolungando verso ovest le linee ortogonali rispetto al lato est per 230,38 metri, si ottengono i lati nord e sud. Questi lati saranno uniti al lato ovest, ma bisogna verificare che il quadrato sia preciso.



Il terreno della piramide aveva dislivelli fino a 15 m.



Al centro è posta una torretta con un palo, al cui vertice sono fatte passare 2 corde in diagonale. Quando esse sono uguali, il quadrato è perfetto.



Per verificare la complanarità delle 4 pietre angolari, si scava un fossato e lo si riempie di acqua. Questa serve da "livello", permettendo quindi la verifica.



OGGI. L'architetto Fiorini vicino alla statua del faraone Sethi II (1200-1194 a. C.) al Museo Egizio (To).

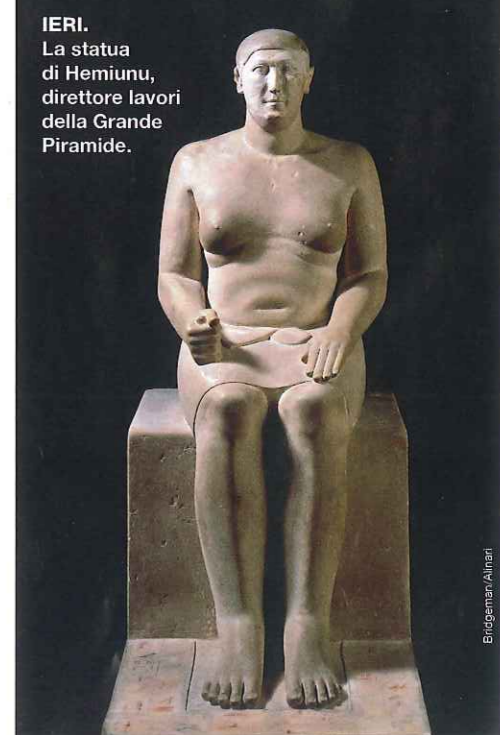
loro attrezzi rudimentali, i costruttori di piramidi dell'antico Egitto furono accurati quasi quanto lo siamo noi con la tecnologia del XX secolo». Ma quale fu il loro segreto? L'interrogativo è rimasto per secoli appeso alle ricostruzioni più ardite. Anche perché l'uomo che diresse i lavori, Hemiunu, non ha lasciato alcun documento. Ma c'è un architetto torinese, Marco Virgilio Fiorini, che dopo 38 anni di studi ha elaborato una teoria ricostruttiva che è la più completa e credibile tra quelle proposte negli ultimi 300 anni di studi. Al punto che Silvio Curto, decano dell'egittologia italiana, direttore per 20 anni del Museo egizio di Torino, considera il lavoro di Fiorini «un'impresa notevole. Alcune sue intuizioni rappresentano un passo avanti davvero importante». Ma come ha fatto Fiorini a raggiungere

La piramide è allineata sull'asse nord-sud con uno scarto di 2 primi di grado: solo 20 cm su un lato lungo 230 metri

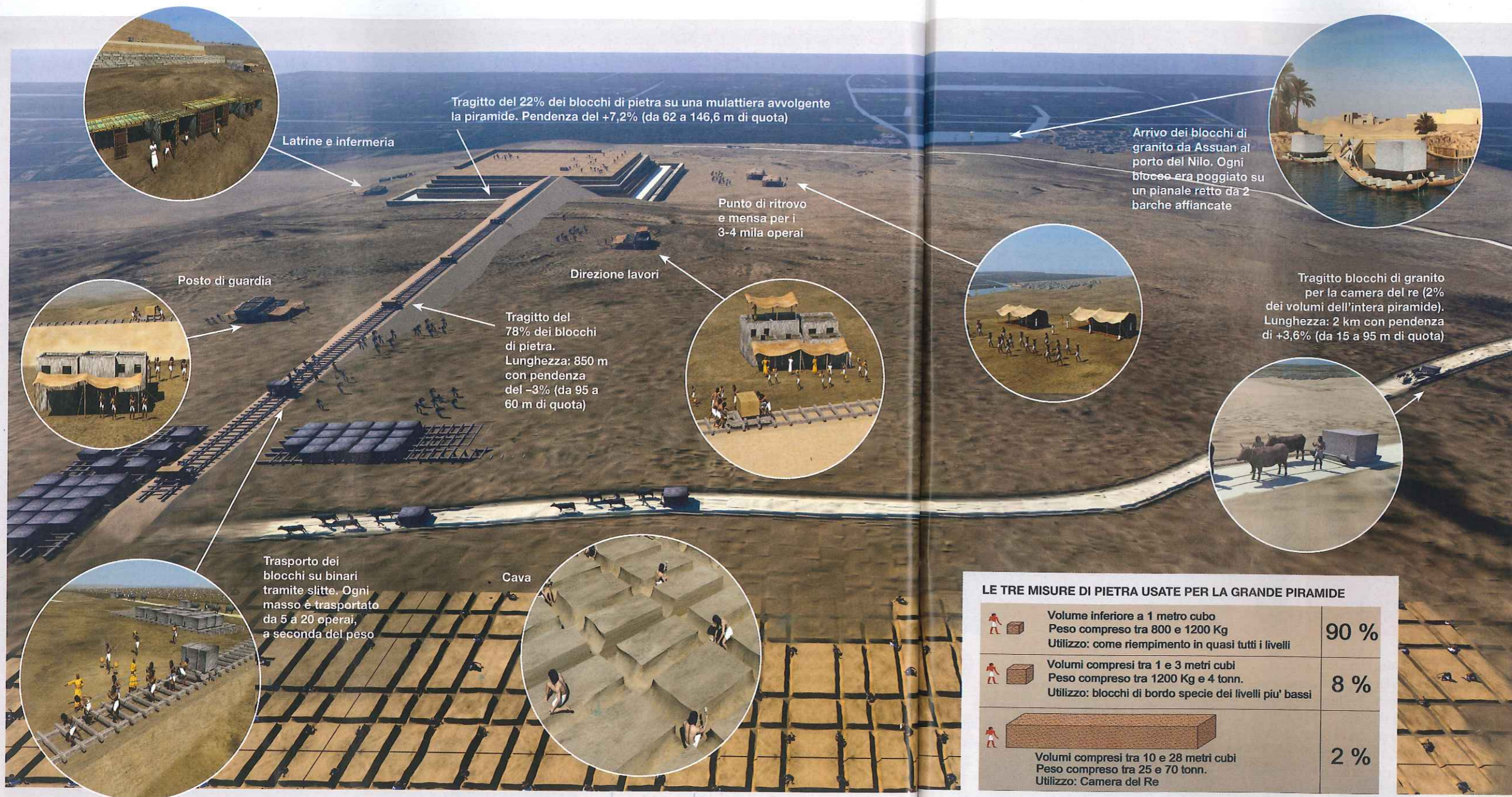
questo risultato? Grazie a una passione indomabile e a una lunga esperienza nei cantieri edili di tutta Italia. Esperienza che gli ha permesso di capire in modo concreto i problemi costruttivi che gli egittologi, in prevalenza letterati, non hanno la preparazione per risolvere. Fiorini, che ha 63 anni, fu affascinato fin da bambino dal mistero della Grande Piramide. «Da ragazzo leggevo tutto sugli Egizi e frequentavo la Biblioteca Nazionale per studiare i libri che non potevo comprare»

racconta. «Dopo la laurea in architettura iniziai a raccogliere tutte le ipotesi costruttive sulla Grande Piramide. E le ho confrontate coi mezzi disponibili a quell'epoca». Fino ad arrivare a una teoria tanto ingegnosa quanto semplice, raccontata nel libro *Nel cantiere della Grande Piramide* (Ananke edizioni) che Focus spiega in queste pagine.

NEI PANNI DI UN EGIZIO. «Studiando le ipotesi del passato» continua Fiorini «mi ▶



IERI. La statua di Hemiunu, direttore lavori della Grande Piramide.

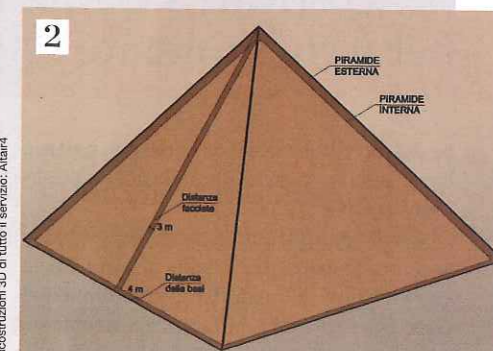
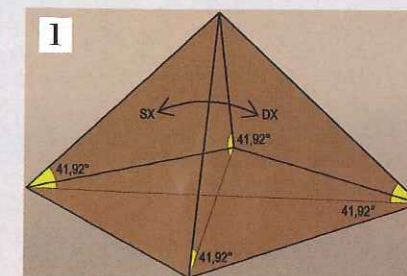


2 Organizzare il cantiere

Tracciata la base, si apre un nuovo problema: il tracciamento volumetrico. Una piramide a base quadrata è regolare se ha (v. figura 1):

- i 4 lati di uguale lunghezza
- i 4 spigoli tendenti verso il centro
- i 4 angoli alla base uguali.

Occorre una traccia che indichi dove passano i 4 spigoli della piramide. Come fare? Costruendo prima una piramide interna più piccola di quella definitiva (2), al vertice della quale fissare le corde che indicheranno gli spigoli. Nel disegno grande, la ricostruzione del cantiere secondo Fiorini.



LE TRE MISURE DI PIETRA USATE PER LA GRANDE PIRAMIDE

	Volumi inferiori a 1 metro cubo Peso compreso tra 800 e 1200 Kg Utilizzo: come riempimento in quasi tutti i livelli	90 %
	Volumi compresi tra 1 e 3 metri cubi Peso compreso tra 1200 Kg e 4 tonn. Utilizzo: blocchi di bordo specie dei livelli più bassi	8 %
	Volumi compresi tra 10 e 28 metri cubi Peso compreso tra 25 e 70 tonn. Utilizzo: Camera del Re	2 %

Gli operai non erano schiavi: erano pagati e nutriti (con pane e birra). E fecero anche qualche sciopero

sono accorto che nessuno affrontava realmente il metodo costruttivo. Alcune fasi della costruzione erano descritte in maniera generica, dando per scontate operazioni che non lo erano affatto. C'erano frasi del tipo: "I blocchi erano trasportati dalla cava, fino alla base della piramide"; oppure: "I massi venivano squadriati e poi sollevati per essere sistemati". Sì, ma come? Con quali mezzi? Nessuna risposta. Spiegare così la costruzione delle pira-

midi mi sembrava poco accurato». Fiorini iniziò a far galoppare la fantasia finché un giorno trovò la chiave giusta per tentare l'impresa: «Ho immaginato che il faraone Cheope mi nominasse direttore dei lavori. Solo calandomi nei panni di Hemiu nu avrei potuto risolvere il problema». Le questioni da risolvere erano tante: il progetto, l'organizzazione del cantiere e i materiali (quantità, lavorazioni, trasporti). Il primo scoglio era rappresentato dal trac-

ciamento a terra: ovvero, disegnare un quadrato perfetto, coi lati orientati con i 4 punti cardinali e con 4 angoli di base complanari. Senza di esso fallirebbe tutta la costruzione, perché la piramide crescerebbe deforme e non sarebbe possibile correggerla in corso d'opera. Un compito ostico per un popolo che non aveva strumenti di misurazione topografica né bussola.

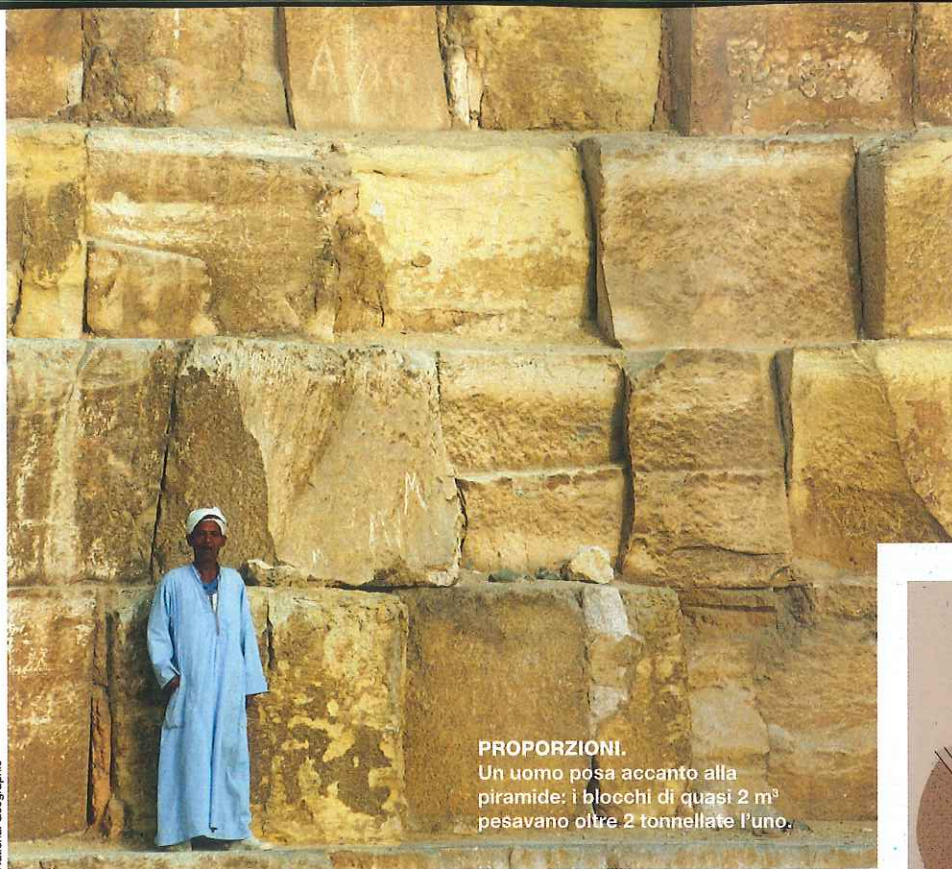
OCCHIO ALLE STELLE. Secondo gli archeologi, gli Egizi raggiunsero il risultato con la *merkhet*, un sistema rudimentale per trovare il nord con le stelle: un bastoncino a forma di Y, usato come mirino per inquadrare una data stella; e un filo a piombo per segnare la sua perpendicolare all'alba e al tramonto. La bisettrice fra le 2 indicazioni ottenute indica il nord, ma in modo appross-

simativo: come si spiega il perfetto allineamento nord-sud della Grande Piramide, orientata con uno scarto di soli 20 cm su un lato lungo 230 metri (2 volte la larghezza di un campo da calcio)? Per questo, Fiorini ha immaginato un sistema che prende come riferimento il Sole (v. schema alle pag. precedenti). Risolto un problema, se ne apriva un altro, ancora più difficile: il tracciamento volumetrico. Se si vuole costruire una piramide regolare a base quadrata, infatti, i suoi 4 spigoli devono incontrarsi al vertice. Per potersi incontrare, devono avere la stessa inclinazione rispetto alla base e mantenere una direzione rettilinea che tenda verso il centro della piramide. Non sono ammissibili errori: la deviazione di un solo grado alla base della piramide provocherebbe al

vertice uno scarto di oltre 5 metri. La soluzione potrebbe essere tendere 4 corde che traccino, cioè rendano visibili, gli spigoli. Ma come fissarle a 146,6 metri d'altezza in corrispondenza del futuro vertice della piramide, per i 25 anni del cantiere?

PELLE ESTERNA. «Mia figlia mi prendeva in giro dicendo che sarebbe bastato un angioletto che reggesse le corde, oppure bastava attribuire agli Egizi l'invenzione anticipata della mongolfiera... Deluso stavo per abbandonare gli studi quando ebbi un'illuminazione: il sostegno per sorreggere le 4 corde degli spigoli era la piramide stessa». Fiorini aveva immaginato il "sistema costruttivo a piramide interna". In pratica, gli Egizi costruirono una piramide poco più piccola di quella definitiva,

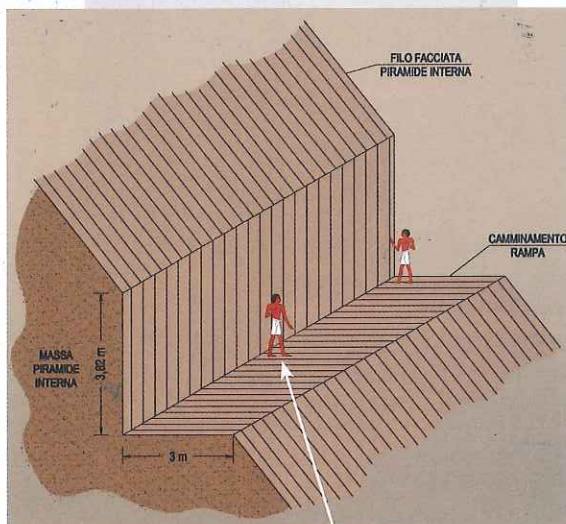
più grezza e di dimensioni meno precise, e al suo vertice fissarono le corde. Poi ripartirono dal basso costruendone la "pelle" esterna, cioè lo strato mancante, con nuovo materiale. La soluzione presenta diversi vantaggi. Essendo una costruzione da ricoprire, le misure possono essere approssimative. Inoltre, occupando circa il 90% di tutta l'opera, la piramide interna potrà essere rozza, riducendo così i tempi di fabbricazione. «La riduzione dei tempi di lavoro» spiega Fiorini «permette di ridurre anche il numero dei lavoratori. Alcuni egittologi hanno ipotizzato che nel cantiere vi fossero 50.000 operai: una folla da stadio, ingestibile se si devono preparare i pasti per tutti, allestire i servizi igienici, l'infermeria, mantenere l'ordine». Con la ricostruzione ►



PROPORZIONI.
Un uomo posa accanto alla piramide: i blocchi di quasi 2 m³ pesavano oltre 2 tonnellate l'uno.

3 La piramide interna

Organizzato il cantiere, iniziano i lavori per costruire la piramide interna: dureranno in tutto 20 anni, per realizzare il 90% del volume totale della piramide finita (2,6 milioni di m³). Oltre a garantire la corretta costruzione dell'edificio, la piramide interna aveva una rampa avvolgente per il trasporto dei materiali provenienti dalla cava.



I lavori durarono ben 25 anni: 20 per costruire la piramide interna, 5 per il rivestimento esterno e la punta

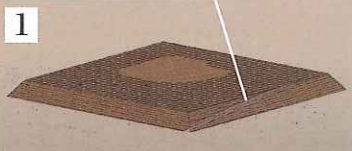
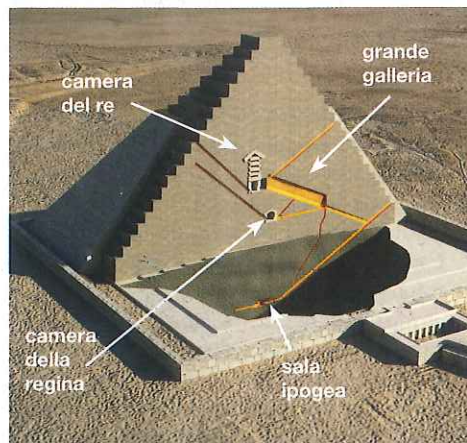
ne dell'architetto torinese possono bastare 3 o 4 mila lavoratori: una quantità decisamente più gestibile.

C'è di più. A differenza di quanto creduto in passato, i costruttori delle piramidi non erano schiavi. «È un mito nato al tempo dei Greci, presso cui la schiavitù era normale» aggiunge Curto. «Per gli Egizi non era così. I lavoratori erano operai ben pagati e organizzati, ci sono addirittura testimonianze di scioperi: fatti decisamente impensabili per uno schiavo».

Ma torniamo alla piramide interna. Che ha il vantaggio di poter avere una rampa avvolgente che, a differenza delle rampe immaginate in passato, non si poggia sulla facciata della piramide coprendo il lavoro fatto e impedendo ogni misurazione di verifica. Essendo scavata nella piramide stessa, inoltre, a fine cantiere non va affatto eliminata, ma soltanto ricoperta senza bisogno di smontarla.

TRASPORTO ROCCE. Restava da capire dove i pesantissimi blocchi di roccia furono tagliati e come furono poi trasportati fino alla piramide. «Gli Egizi cercavano sempre di ottenere il massimo risultato col minimo sforzo» spiega Fiorini. «Dunque,

le cave dovevano essere vicine al cantiere». Nel 2007 lo studioso Diego Baratonò aveva ipotizzato che la cava da cui furono estratti i blocchi di roccia calcarea della Grande Piramide si trovasse su una collina posta a circa 850 metri a est, a una quota più elevata di circa 50 metri rispetto a quella della piramide (v. disegno alla pag. precedente). «La scoperta di Baratonò» spiega Fiorini «mi ha permesso di capire anche la distribuzione dei volumi della piramide. A 60 metri (41% dell'altezza) si raggiunge già l'80% del volume delle pietre da colloca- ▶



- 1) La costruzione dopo 6 anni
- 2) Dopo 7 anni: si vede la camera della regina
- 3) Dopo 16 anni (col tetto della camera del re)
- 4) Piramide interna finita dopo 20 anni

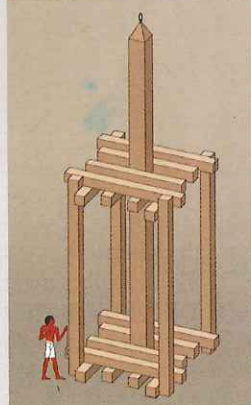
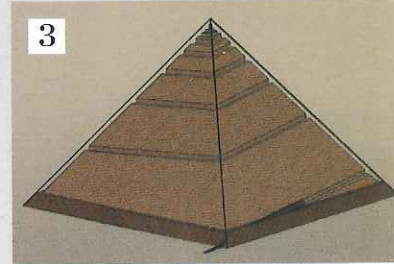
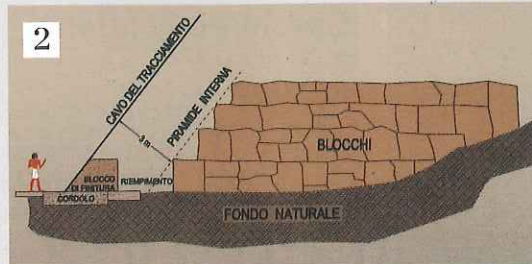
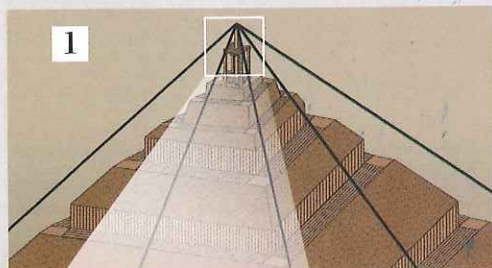


4 Il rivestimento esterno

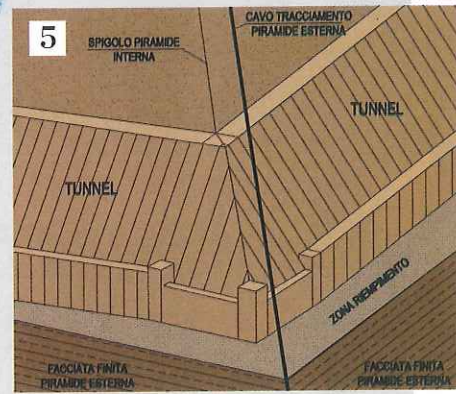
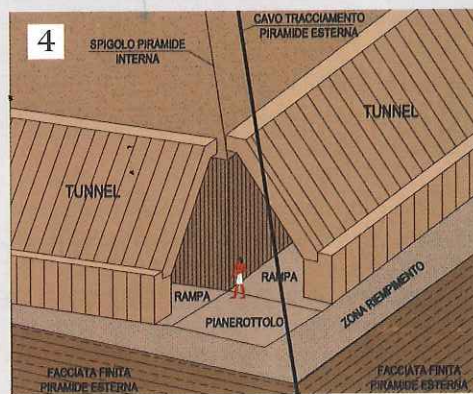
Sulla cima della piramide interna (a 136 m) è installato un pennone di legno con un anello in rame (disegno 1), in cui passano 8 corde: 4 segnano gli spigoli della futura piramide, 4 gli apotemi per guidare la costruzione dello strato esterno. Poi inizia la posa dei blocchi di riempimento e di finitura (2), dal basso all'alto, coprendo la rampa avvolgente della piramide interna (3). Per i punti di svolta agli angoli (4) sono usate pietre sagomate (5) per non ridurre troppo gli spazi di manovra.



GIOIELLO. La piramide era rivestita di pietre lucide e lisce, incise con geroglifici. Molte caddero per un violento terremoto nel 1301 a. C. Il resto fu rimosso nel XIV secolo d. C., per costruire la cittadella e la moschea del Cairo.



PIETRA CANDIDA. Per il rivestimento esterno della piramide, gli Egizi usarono massi di pietra calcarea di Tura, bianchi, estratti dalle cave sull'altra sponda del Nilo, a 12 km di distanza.



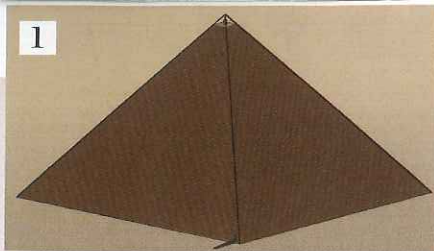
Un cantiere con 50 mila operai, come ha ipotizzato qualche studioso? Ingestibile. Con questa ricostruzione ne bastano 4 mila

re. Restano ancora 80 metri da costruire, cioè più della metà dell'altezza della piramide, ma in termini di volume, quindi di blocchi da spostare, incidono solo per il 22%. Tutto ciò ha implicazioni importanti sul tipo di rampe da usare per trasportare i blocchi. La prima rampa, la più importante, è una rampa "a scendere", che parte dalla cava e raggiunge la base della piramide, presenta una lieve pendenza e ha un percorso rettilineo. «Le foto satellitari dell'Esa attorno

alla piramide mostrano tracce della rampa» sottolinea Fiorini. Una seconda rampa, di tipo avvolgente, era stata scavata nella piramide interna, come una mulattiera. Questa aveva un'inclinazione in salita fino al 7%, ma la quantità di blocchi da spingere verso l'alto era molto più limitata. La terza rampa, infine, serviva a trasportare il granito rosa necessario a rivestire la camera del re. Erano blocchi monolitici, pesanti da 20 a 70 tonnellate, provenienti dalla cava di Abu Simbel, a 850 km dal Cai-

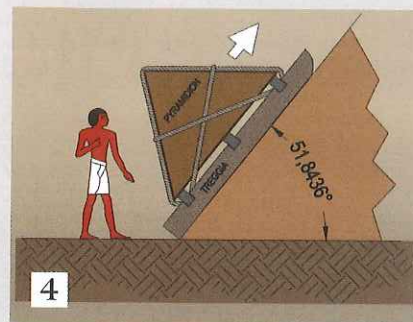
ro. Un'impresa che ancora oggi suscita accese discussioni tra gli egittologi. «Questi blocchi rappresentavano solo il 2% del volume della piramide» osserva Fiorini. «Erano tagliati e sgrossati sul posto, quindi caricati su due navi affiancate - una sorta di catamarano - che percorrevano il Nilo fino al porto di Giza, capaci di trasportare così fino a 80 tonnellate. Qui, una volta sbarcati, i blocchi seguivano una lunga rampa fino alla cava e poi venivano calati dalla rampa in discesa».

NILO E RAMPE. Ma come fecero gli Egizi a trasportare le pietre dalla cava al cantiere? Non conoscendo la ruota, usarono le slitte: alcune, in legno, sono state ritrovate dagli archeologi. «Dalla cava partiva una sorta di rotaia collegata da traversine che, a differenza delle moderne ferrovie, sta- ▶

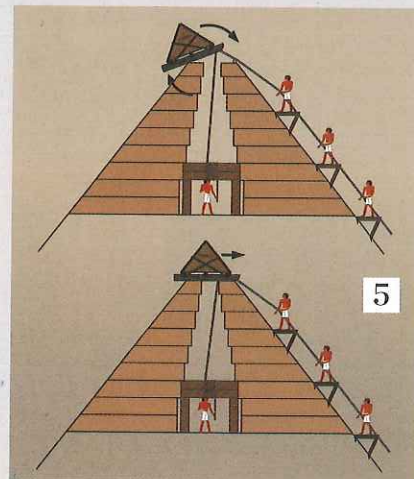


5 La punta della piramide

Gli ultimi 8,72 metri della piramide ormai rivestita (**disegno 1**) furono complicati. Fu costruita una camera in cima (**2**), utile alle operazioni successive. E furono montati ponteggi rimovibili in legno e rame intorno alla piramide (**3**). In questo modo, imbragato su una slitta (**4**) il pyramidion (la punta) poteva essere sollevato fino in cima con corde e forza di braccia (**5**).

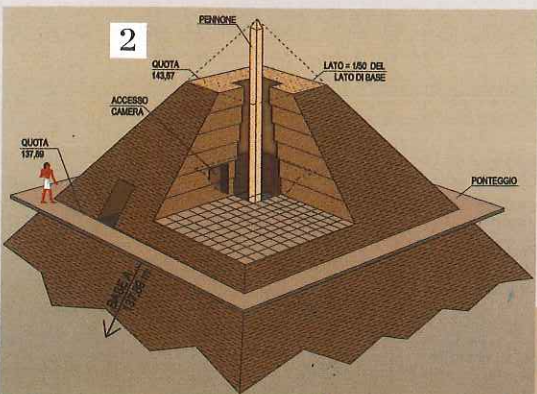


4

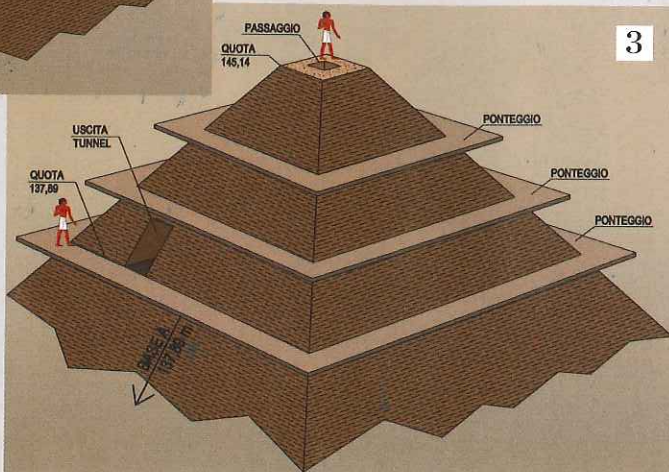


5

Il pyramidion misurava 2,3 m di larghezza e 1,46 di altezza. Cavo all'interno, pesava circa 1.280 kg: occorrevano 52 uomini per sollevarlo usando le corde.



2



3

UN SIMBOLO. Il pyramidion era il punto più in vista della piramide. Rappresentava la potenza e l'irraggiungibilità del faraone, e la sacra pietra Ben Ben: la prima collina emersa dall'oceano, dove il dio Atun generò se stesso e la prima coppia divina.

I materiali più pesanti? Le pietre di granito rosa per la camera del re: arrivavano fino a 70 tonnellate e giunsero viaggiando sul Nilo

IN CIMA. Il pyramidion della piramide di Amenemhat III (1846-1801 a. C.) a Dashur, oggi al Museo del Cairo. Tra i geroglifici spicca il disco solare alato al centro. In diorite grigia, è un monolito largo 1,87 m ed alto 1,31 metri: quello della Piramide di Cheope (andato perduto) era largo 2,3 metri, e forse ricoperto di polvere d'oro.



Alamy

vano sopra e non sotto le rotaie. Questo facilitava lo scorrimento della slitta su cui viaggiavano i blocchi di pietra perché riduceva l'attrito, semplificava le curve e permetteva di bloccare la slitta, per eventuali soste, con un semplice palo inserito tra le traversine».

ROTAIE. Un'ipotesi simile era stata proposta da un altro studioso, Elio Diomedi, che ha ipotizzato il posizionamento delle traversine sotto le rotaie: ma ciò avrebbe comportato più attrito tra pattino e rotaia, e la necessità di avere rotaie perfettamente parallele, pena il bloccaggio della slitta e l'impossibilità di affrontare delle curve. Con il posizionamento del rivestimento esterno bianco in pietra di Tura e il collocamento del *pyramidion* (la punta della piramide, in basalto o diorite) il monumento era pronto, dopo 25 anni di lavori. Il riflesso dei raggi del Sole sulla maestosa piramide doveva procurare meraviglia e timore. «Gli Egizi potrebbero averla costruita in tutt'altro modo; ma con le tecniche da me ipotizzate avrebbero potuto comunque farcela, e questo mi basta» conclude Fiorini. Anche Hemiunu, probabilmente, sarebbe stato fiero di lui. **F**

Massimo Polidoro