

Indice

IL GRANDE CANTIERE

Introduzione

PRIMA PARTE - L'allestimento del grande cantiere

L'Egitto delle piramidi.

I lavori preparatori.

Il trasporto dei blocchi di riempimento.

L'importanza di diminuire gli attriti.

Il lavoro nelle cave.

Un dettaglio finora trascurato.

La rampa sud.

Una soluzione obbligata.

SECONDA PARTE - La costruzione dei vani interni

la costruzione degli ambienti interni: i primi 25 metri.

Il corridoio discendente.

Il corridoio ascendente.

La parte superiore degli ambienti interni.

Una panoramica sul grande cantiere.

Forza lavoro impiegata per l'estrazione e il trasporto dei blocchi.

I molti usi del rame.

Possiamo costruire un'altra piramide?

TERZA PARTE - La parte alta della piramide

Da 25 a 40 metri.

La sovrastruttura della grande galleria.

La piattaforma rialzata.

Il riempimento del canale formato dalla rampa sud.

Il completamento degli ambienti interni.

Da 65 metri fino alla cima.

La rampa avvolgente.

Lo spianamento delle superfici.

QUARTA PARTE - Le operazioni di chiusura

Le operazioni di chiusura della piramide.

Le barche solari.

La fine del grande cantiere.

ALCUNI DATI SULLA GRANDE PIRAMIDE

BIBLIOGRAFIA

IL GRANDE CANTIERE

Una dettagliata ricostruzione del cantiere della piramide di Cheope

(proprietà letteraria riservata)

Autore Cesare Pasini

INTRODUZIONE

L'interesse suscitato dalle piramidi egiziane non è dovuto solo alla possibile presenza tesori ancora da scoprire, ma anche al fatto che nessuno finora è riuscito a capire come sono state costruite. E la piramide più problematica di tutte è proprio quella di Cheope. Non solo perché è la più grande, ma anche per le straordinarie difficoltà costruttive dei suoi ambienti interni. Essi infatti sono stati realizzati sovrapponendo un gran numero di blocchi di marmo e di granito, spesso di grandissime dimensioni, che sono stati trasportati fino a un'altezza di oltre 65 metri. Quelli che fanno da soffitto all'ultima camera di scarico della camera del sarcofago pesano ciascuno dalle 40 alle 50 tonnellate. Ma è molto probabile che sopra il primo strato di blocchi ce ne sia almeno un altro, forse altri due, visto il tipo di protezione usata in alcune delle piramidi successive.

Quindi gli egiziani di 4500 anni fa sono riusciti a trasportare dentro la piramide dei blocchi di marmo di queste dimensioni e fino a questa altezza. La domanda è: come hanno fatto, visto che non avevano le tecnologie di cui disponiamo oggi? Come hanno fatto a trasportare questi blocchi all'interno della piramide lungo una pista avvolgente, oppure attraverso una pista diretta ma molto più ripida? Così come è stata immaginata finora, questa è un'operazione impossibile.

Una pista avvolgente avrebbe dovuto superare delle svolte di 90 gradi, abbastanza problematiche anche per i blocchi più piccoli. Ancora più difficile è immaginare il traino di una slitta su una rampa rettilinea che doveva arrivare così in alto.

D'altra parte gli operai delle piramidi non conoscevano l'argano, che è stato inventato dai Greci. E non usavano nemmeno degli animali da traino, che comunque non avrebbero potuto affrontare delle salite così ripide. E allora, come hanno fatto? Perché in qualche modo sicuramente hanno fatto: la piramide è lì a dimostrarlo! Dobbiamo proprio scomodare gli extraterrestri?

Negli ultimi anni, però, gli archeologi hanno fatto una scoperta importante. Hanno trovato un antico papiro che dimostra che durante la costruzione della piramide di Cheope esisteva già il canale artificiale che dal Nilo arrivava fino ad una darsena che si trovava davanti al tempio a valle di Chephren (che sarebbe stato costruito qualche

decennio più tardi). Quindi adesso sappiamo che i blocchi di marmo e di granito percorrevano una strada diversa da quella che si credeva.

Finora tutti pensavano che il percorso fosse quello della via cerimoniale, di cui rimangono poche tracce, che era lunga forse un chilometro e raggiungeva la grande piramide dal lato est. Infatti in tutte le altre piramidi veniva prima costruita una rampa per il trasporto dei blocchi di pietra che provenivano dal Nilo, e poi su questo terrapieno veniva costruita la via cerimoniale.

Questa convinzione ha sempre sviato gli egittologi, che per questo hanno fatto delle ipotesi che non sono mai risultate convincenti. Ma adesso sappiamo che i blocchi di marmo e di granito arrivavano da un'altra direzione. E una volta compreso quale strada facevano i materiali che venivano dal Nilo, possiamo ricostruire anche il percorso dei blocchi di calcare grezzo trasportati dalle cave vicine.

Quello del trasporto dei blocchi di pietra era il problema principale. Ma una volta risolto, possiamo individuare tutti gli altri problemi che gli ingegneri del faraone hanno dovuto affrontare poi scoprire le soluzioni che hanno trovato studiando i dettagli di questa architettura.

Quindi oggi, grazie a dei papiri che risalgono alla fine del regno di Cheope, possiamo fare una ricostruzione completa e dettagliata del grande cantiere per fasi successive di avanzamento dei lavori. Una ricostruzione che finora non è stata fatta da nessuno. Anzi, che nessuno ha mai nemmeno tentato.

IL GRANDE CANTIERE

Prima parte - L'allestimento del grande cantiere

L'Egitto delle piramidi.

Le piramidi sono i monumenti più rappresentativi dell'Egitto faraonico. Questa antica civiltà, fiorita tra il 3.000 e il 30 a. C., ci ha lasciato moltissime testimonianze: grandi templi e complessi templari, decine di migliaia di tombe importanti e meno importanti scavate nella roccia o nascoste sotto la sabbia del deserto, abbondanti documenti archeologici la cui conservazione è favorita dal clima secco del deserto che delimita la valle del Nilo, moltissime sculture pitture e altre opere d'arte con una cifra stilistica sempre ben riconoscibile, moltissimi testi in caratteri geroglifici incisi sulla pietra o scritti su rotoli di papiro che ci hanno tramandato tante altre informazioni su ogni aspetto della vita e delle credenze religiose degli antichi egizi.

Ma i monumenti più iconici e rappresentativi sono senza dubbio le piramidi, perché ben poche altre civiltà possono vantare edifici di dimensioni paragonabili. E la piramide più famosa è sicuramente quella fatta costruire dal faraone Cheope, che è conosciuta anche come la Grande piramide perché è la più grande di tutte. Già nell'antichità essa era considerata la prima delle sette meraviglie del mondo.

È un edificio di dimensioni immense, che ha richiesto una quantità di lavoro inimmaginabile e che presenta anche i problemi costruttivi più ardui.

Non è sufficiente vederla in fotografia o in qualche documentario. La Grande piramide bisogna trovarla davanti in tutta la sua imponenza: un'esperienza che non si dimentica più.

Le sue misure sono straordinarie: il lato della base è lungo 230 metri e la piramide, quando era completa della punta, raggiungeva un'altezza di 146,5 metri. Nessuno, di fronte a questa montagna artificiale, tutta costruita con pesantissimi blocchi di pietra, può rimanere indifferente.

La Grande piramide è ancora più impressionante se pensiamo che 4.500 anni fa non c'erano le tecnologie moderne che avrebbero reso più facile il lavoro. Ma persino con le macchine di cui disponiamo oggi la sua costruzione sarebbe un'impresa ardua e per molti aspetti proibitiva.

Sembra incredibile. Eppure questo monumento, con la sua sola presenza, è lì a testimoniare le straordinarie capacità di chi lo ha costruito. E in un'epoca così lontana dalla nostra che anche con le informazioni raccolte dagli archeologi, facciamo fatica ad immaginarla.

Eppure in quest'epoca remota, ai margini del deserto e alla distanza di un chilometro dal Nilo, una società primitiva che aveva ancora un piede nella preistoria aveva allestito un enorme cantiere per innalzare questo grandioso monumento.

I lavori preparatori.

Quando il faraone Cheope salì sul trono, l'Egitto aveva già un secolo di esperienza nella costruzione delle piramidi e aveva maturato delle soluzioni sempre più avanzate per tutti i problemi progettuali, organizzativi e logistici.

La prima e più antica piramide in pietra è quella del faraone Djoser a Sakkara. Non ha ancora la tipica forma di una piramide, ma è formata da una serie di gradini ed è stata costruita con blocchetti di pietra di piccole dimensioni.

La prima piramide vera e propria è stata quella attribuita al faraone Huni, oggi conosciuta come piramide di Meidum. Anch'essa era stata costruita come piramide a gradini, ma alla fine le era stato aggiunto un involucro esterno per darle per la prima volta la forma geometrica piramidale. Ma quando il lavoro non era stato ancora completato avvenne il disastro: il rivestimento esterno è crollato trascinando con sé alcuni dei gradini. Il risultato è quello che vediamo oggi: un poderoso torrione che svetta sopra una collina di macerie.

Gli errori servono a fare esperienza e l'accumulo di esperienze è proseguito anche durante il regno del successore di Huni.

Il faraone Snefru di piramidi ne ha costruite addirittura due: la piramide romboidale o a doppia pendenza e la piramide rossa.

La prima risulta ancora mal progettata. Non ha delle fondamenta solide e presenta all'interno gravi segni di dissesto, che si sono manifestati quando il monumento era ancora in costruzione. Gli ambienti interni non sono stati rifiniti e probabilmente non è mai stata usata come tomba. Sta di fatto che Snefru se ne fece costruire un'altra, la piramide rossa.

Qui la tecnica costruttiva è impeccabile e gli ambienti dell'appartamento funerario sono stati perfettamente rifiniti. Di fatto queste due piramidi sono servite a trovare delle soluzioni sempre più avanzate ai numerosi problemi progettuali, organizzativi e logistici che i costruttori hanno dovuto affrontare.

Cheope, figlio e successore di Snefru, aveva sicuramente ricoperto degli incarichi di responsabilità nei cantieri delle piramidi del padre e poteva quindi avvalersi di tutte queste esperienze, grazie alle quali ha potuto progettare il suo straordinario monumento.

Così, nel momento in cui il nuovo faraone sale sul trono, tutto è già pronto.

Possiamo immaginare la famiglia reale al completo che si riunisce per esaminare il progetto. Vengono illustrate le caratteristiche del monumento, le sue dimensioni, i dettagli dei vani interni, la sua posizione sulla piana di Giza. E vengono discussi i diversi problemi che bisognava affrontare in relazione alla posizione delle cave e al tragitto che i blocchi di pietra avrebbero dovuto percorrere.

Subito dopo iniziano i lavori. Per prima cosa bisogna ripulire il terreno, spianarlo e regolarizzarlo. Poi bisogna determinare con grande precisione l'orientamento verso i punti cardinali, e anche qui gli ingegneri del faraone hanno dimostrato tutte le loro capacità.

Sono seguiti i riti propiziatori: la dea Seshat, paredra del dio Toth dalla testa di ibis, grande patrona delle scuole, dea essa stessa della scrittura e della scienza nonché della progettazione dei templi e degli edifici reali, assiste il faraone nell'importante operazione di tendere la corda e piantare i paletti che definiscono il tracciato delle fondamenta.

Adesso bisogna richiamare al lavoro le maestranze specializzate e contrattare con le tribù e i villaggi il tributo (parola che deriva proprio da tribù!) di manodopera da prestare al faraone. Poi l'assegnazione degli incarichi e la costituzione delle squadre. Infine la logistica.

Il primo compito è la costruzione delle abitazioni degli stessi operai e la predisposizione di tutti gli altri servizi di supporto: forni per il pane, cucine, laboratori per la fabbricazione di scalpelli, mazzuoli, slitte di legno, seghe e altri attrezzi di rame, cordame. E poi bisogna pianificarne l'immagazzinamento, il trasporto e la distribuzione.

Tra i tanti servizi di supporto anche un efficiente servizio sanitario, in grado di effettuare prestazioni che andavano dalle semplici medicazioni a complesse operazioni chirurgiche per la riduzione delle fratture. Lo dimostra il trattato di medicina contenuto nel papiro Edwin Smith, dove sono descritti con grande competenza tutti gli elementi per la diagnosi delle ferite traumatiche e i relativi rimedi, la cui prima redazione dovrebbe risalire proprio all'epoca delle grandi piramidi.

Mentre il terreno viene livellato e vengono impostate le fondamenta, altri operai cominciano a scavare nel basamento di roccia il corridoio discendente e la stanza sotterranea, che vengono collegati alla superficie anche da un cunicolo, il futuro pozzo di servizio, che in questo momento serve a migliorare la circolazione dell'aria. Poi i lunghi lavori per la costruzione delle imponenti infrastrutture: lo scavo del canale navigabile che collegava il fiume Nilo ad una darsena situata a poche centinaia di metri dal cantiere e la costruzione delle rampe che dalla darsena e dalle cave di calcare grezzo arrivavano fino alla piramide.

In questa prima fase molti altri operai stanno già lavorando all'imponente terrapieno, lungo circa 800 metri, sul quale sarebbe stata costruita la via cerimoniale, che avrebbe raggiunto la piramide dal lato est. Una folla di carpentieri sta costruendo le navi che serviranno a trasportare i pesantissimi blocchi di pietra lungo il Nilo e il canale navigabile.

All'inizio del suo regno il nuovo faraone già disponeva di una grande quantità di legno di cedro, che era stato trasportato in Egitto fin dal lontano Libano dalle spedizioni organizzate da suo padre Snefru.

Grazie al canale artificiale le navi, costruite con robuste assi di legno, sarebbero arrivate molto più vicino al cantiere e, sfruttando le piene, avrebbero trasportato il loro carico 5 o 6 metri più in alto.

Gli artigiani specializzati, sotto la direzione dei capi cantiere, organizzano il lavoro delle squadre ed eseguono le operazioni più complesse, quelle che richiedono delle abilità particolari. I villaggi dovevano fornire la forza lavoro generica e produrre il sovrappiù di derrate agricole necessarie al sostentamento degli operai. Si può dire che tutto il paese era impegnato nella costruzione della piramide.

Il trasporto dei blocchi di riempimento.

E finalmente iniziano i lavori per la costruzione del colossale monumento. Prima di tutto bisogna estrarre i blocchi di pietra nelle cave.

C'era bisogno di due diversi materiali: i blocchi di riempimento di calcare grezzo, che avrebbero costituito il 95% del volume di tutta la piramide, e i blocchi di marmo bianco usati per il rivestimento e per la costruzione dei vani interni.

I blocchi di marmo provenivano dalle cave di Tura, dall'altra parte del Nilo, a 20 chilometri di distanza. Per la camera del sarcofago e la sua sovrastruttura di protezione sono stati usati anche molti blocchi di granito, che venivano dalle cave di Assuan, 800 chilometri più a sud. Dato che la corrente del Nilo scorre da sud verso nord, era il fiume a trasportare le navi con il loro pesante carico fino al sito di Giza. Per i blocchi di riempimento sono state usate due cave. La prima si trovava molto vicina all'angolo sud - ovest della piramide. Qui in origine il terreno era in pendenza, ed è stato proprio il lavoro dei cavatori a renderlo pianeggiante. In questa spianata artificiale, situata dieci metri più in alto del basamento della piramide di Cheope, alcuni anni dopo sarebbe stata costruita la piramide di Chephren.

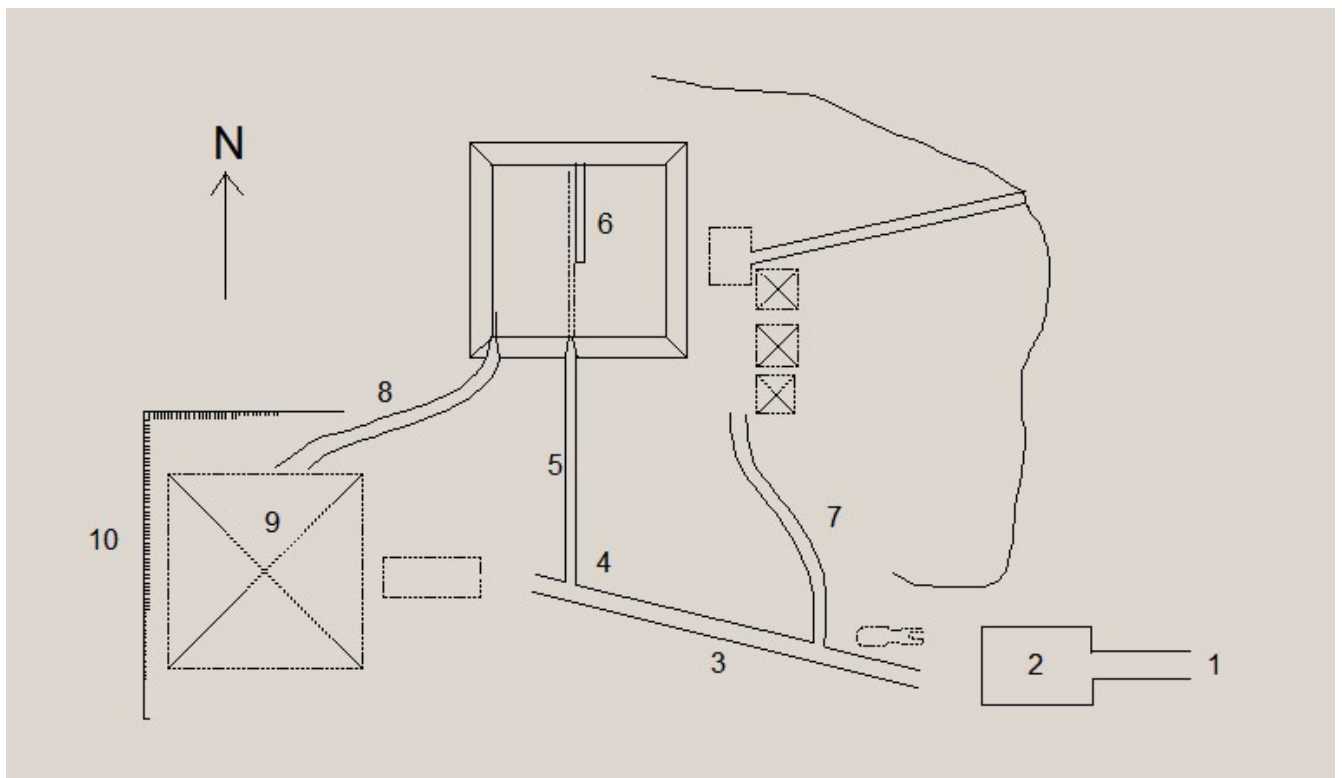
All'inizio il trasporto dei blocchi di riempimento costa poca fatica, perché le slitte con il loro carico devono coprire una breve distanza e il percorso è in discesa.

Questo almeno finché la piramide non ha raggiunto l'altezza di dieci metri. Quella appunto della prima cava. Da questo momento, per continuare a trasportare i blocchi di riempimento su una pista in discesa, è stata aperta l'altra cava situata ancora più a ovest e altri dieci metri più in alto. Qui c'erano dei rilievi di roccia che sono stati demoliti dal lavoro dei cavatori, che hanno lasciato un'altra spianata innaturale, molto più grande, che contrasta con le collinette arrotondate del deserto circostante.

Adesso questa seconda spianata è separata da quella più bassa da un gradino di roccia alto appunto dieci metri. In totale quindi l'altezza di questa seconda cava rispetto al basamento della piramide di Cheope raggiunge i venti metri. Questo significa che la grande piramide è stata costruita fino all'altezza di venti metri trasportando i blocchi di riempimento non su piste in salita, ma in discesa o al massimo in piano.

Le piste che collegavano queste due cave alla piramide la raggiungevano in corrispondenza dell'angolo di sud ovest, e venivano continuamente ricostruite man mano che aumentava l'altezza di quella che in questo momento possiamo immaginare come una vastissima e bassa piattaforma quadrata di 230 metri di lato. Una volta che le slitte con il loro carico avevano raggiunto il grande tavolato, venivano trainate fino alla loro destinazione definitiva su piste provvisorie che venivano continuamente ricostruite per agevolare lo scorrimento delle slitte. Quando la piramide ha raggiunto l'altezza di venti metri, la pista per il trasporto dei blocchi di riempimento, fino a quel momento in discesa, a forza di essere ricostruita era diventata orizzontale. D'ora in avanti non sarebbe stata più rifatta e sarebbe stata usata per il trasporto di questi materiali fino alla fine dei lavori. Nel punto in cui questa pista incontrava la piramide iniziava il percorso in salita della rampa avvolgente, che ne costituiva la continuazione. Il primo tratto si appoggiava alla fiancata ovest e procedeva in direzione nord.

Disegno n. 1



Panoramica della piana di Giza quando la piramide aveva raggiunto l'altezza di 10 metri. Disegno dell'autore. Proprietà letteraria riservata.

- 1) Canale artificiale proveniente dal Nilo
- 2) Darsena
- 3) Rampa est – ovest (futura via cerimoniale di Chephren)
- 4) Punto di svolta
- 5) Rampa sud e suo prolungamento sopra la piramide

- 6) Cantiere per la costruzione dei corridoi discendente e ascendente
- 7) Rampa usata per le piramidi satellite e le mastabe, che si trovano tutte a sud della via cerimoniale di Cheope
- 8) Rampa di collegamento con la prima cava di calcare grezzo, situata 10 metri più in alto del basamento della piramide di Cheope
- 9) Futura piramide di Chephren
- 10) Seconda cava di calcare grezzo

Pertanto, grazie alla favorevole dislocazione delle cave, fino a questa altezza non è stato necessario trasportare i blocchi di riempimento su un percorso in salita. È dato che nei primi venti metri si concentra il 35,6 % del volume di tutta la piramide, per oltre un terzo essa è stata costruita trasportando questi materiali su piste in discesa. Inoltre, dal momento in cui le slitte hanno cominciato a percorrere la rampa avvolgente, partivano dall'altezza di più venti metri, non dal livello zero del basamento.

Per esempio, se un blocco di calcare doveva arrivare all'altezza di 25 metri, doveva superare sulla rampa avvolgente un dislivello di soli 5 metri, non di 25. In questo modo gli operai del faraone hanno potuto risparmiare moltissima fatica in quello che era il lavoro più importante: il trasporto dei blocchi di riempimento.

L'importanza di diminuire gli attriti.

Per riuscire a trasportare così tanti pesantissimi blocchi di pietra nei cantieri delle piramidi, era necessario diminuire il più possibile l'attrito delle slitte di legno sulle rampe in salita, in discesa o in piano. Come dimostrano le prove di traino che si possono vedere in molti documentari, se gli operai del faraone non ci fossero riusciti, le piramidi non le avrebbero mai costruite.

L'attrito è una forza che si oppone al movimento. Per esempio, se spingiamo un oggetto appoggiato su un tavolo, le superfici a contatto fanno attrito ed esercitano una forza contraria al movimento che vogliamo imprimere. Anche una palla da biliardo, dopo avere ricevuto una spinta iniziale, ben presto si ferma.

Il fattore principale che determina l'attrito è la natura delle superfici che vengono a contatto. L'attrito è tanto minore quanto più lisce sono le superfici che strisciano l'una contro l'altra. Pertanto se vogliamo diminuire l'attrito, dobbiamo rendere più lisce le superfici che entrano in contatto.

La forza contraria dell'attrito dipende anche dal peso che grava sulle superfici che strisciano. Se raddoppiamo il peso, a parità delle altre condizioni raddoppia anche l'attrito.

Per diminuire l'attrito possiamo anche trasformare l'attrito *radente* in attrito *volvente*. È il motivo per cui sono state inventate le ruote.

Immaginiamo un carro trainato da un cavallo. Se un carro fosse senza ruote, cioè se fosse una slitta, per trainarla un cavallo dovrebbe fare moltissima fatica.

Le ruote diminuiscono l'attrito di molte volte. E più grande è il loro diametro, minore è l'attrito. Però nei paesi scandinavi, quando in inverno le strade si ricoprono di ghiaccio, che è liscio e scivoloso, la slitta è una soluzione migliore di un carro con le ruote.

Consideriamo adesso gli attriti delle componenti meccaniche. Come si fa a diminuire l'attrito di una ruota che gira intorno al proprio asse? La tecnologia moderna ci mette a disposizione il cuscinetto a sfere, che trasforma l'attrito radente in attrito volvente.

Infine se vogliamo diminuire ancora di più gli attriti, possiamo ungere le superfici di contatto con olio o grasso. I lubrificanti non solo diminuiscono ancora di più gli attriti, ma riducono anche l'usura delle parti meccaniche dovuta allo sfregamento. Torniamo adesso nell'Egitto delle piramidi. Sappiamo che questi mastodontici monumenti sono stati costruiti trasportando un gran numero di blocchi di pietra non su carri con le ruote, - che tra l'altro non avrebbero potuto sostenere dei carichi così pesanti -, ma su slitte di legno che venivano trainate da forza umana su strade in leggera salita.

Diminuire l'attrito delle slitte sulle rampe era di fondamentale importanza. Come ci riuscivano gli antichi egiziani?

Innanzitutto bisogna osservare che una slitta di legno ha una superficie che è molto più liscia di quella irregolare, a volte molto irregolare, di un blocco di pietra.

Pertanto il solo fatto di caricare questi macigni su una slitta ne rendeva molto più agevole il trasporto.

Ma l'attrito della slitta con la superficie irregolare della strada è ancora troppo grande. Cosa potevano fare gli operai del faraone per diminuirlo? C'è un'altra possibile soluzione e almeno in un caso c'è la prova archeologica che gli antichi egiziani la conoscessero.

La navigazione sul Nilo, dal delta fino ad Assuan, una volta era priva di ostacoli (adesso ci sono degli sbarramenti che si superano con delle chiuse). Ma se si voleva andare ancora più a sud, bisognava superare le famose "cateratte". Queste sono delle cascatelle che impediscono il proseguimento della navigazione (adesso poco più avanti a impedire la navigazione c'è la diga di Assuan).

Per superare le cateratte bisognava trascinare la barca fuori dall'acqua e poi trainarla lungo un percorso in salita per un dislivello di alcuni metri. infine la barca veniva rimessa in acqua e la navigazione poteva proseguire.

Una di queste rampe si è conservata e comprende delle travi di legno cilindriche del diametro di una ventina di centimetri disposte trasversalmente lungo il percorso. Queste travi avevano la funzione di sostituire la superficie irregolare della roccia con quella liscia del legno.

Questa stessa soluzione – travetti disposti trasversalmente sulla superficie della rampa - avrebbe ridotto di alcune decine di volte l'attrito delle slitte di legno anche

nei cantieri delle piramidi. Ma per sapere esattamente di quanto, bisognerebbe misurare il coefficiente d'attrito nelle varie situazioni con delle prove pratiche. Infine c'è ancora un'altra cosa che gli operai del faraone potevano fare: lubrificare con olio o grasso la sommità delle traversine, cosa tanto più facile quanto minori sono le superfici di contatto.

Certo, in questo caso la prova archeologica non c'è. Ma dato che anche questa è una soluzione semplice, è probabile che gli antichi egiziani la conoscessero.

Come mostrato anche in alcuni documentari, per far avanzare di 100 metri su un percorso in piano (senza traversine) una slitta con sopra un blocco di pietra di un metro cubo, venti operai ci impiegano alcune ore.

Se fosse stato questo il modo di lavorare degli operai nell'Egitto faraonico, sicuramente le piramidi non le avrebbero mai costruite.

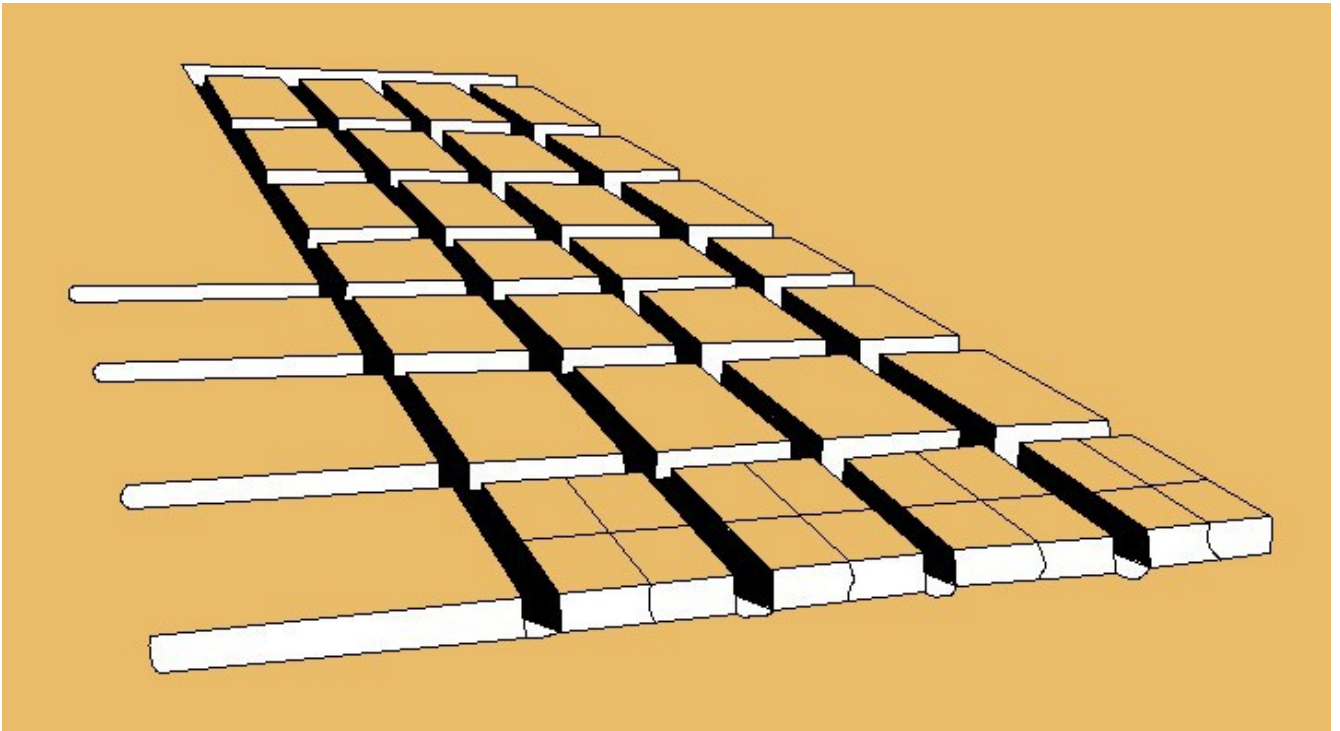
Il lavoro nelle cave.

Se il trasporto dei materiali da costruzione con le slitte era il lavoro più importante, subito dopo veniva il lavoro per l'estrazione dei blocchi di pietra nelle cave, e in particolare l'estrazione dei blocchi di riempimento che costituivano quasi l'intero volume della piramide. E anche qui gli operai del faraone avevano trovato il modo di risparmiare molta fatica.

Solo i blocchi di calcare grezzo di maggiori dimensioni su cui venivano posati i blocchi di marmo del rivestimento (conosciuti dagli esperti come *backing stones*) e quelli della muratura costruita intorno ai vani interni per una profondità di una decina di metri, dovevano essere ben squadrate. Tutti gli altri non ne avevano bisogno e questo faceva risparmiare molto lavoro.

Per estrarre i blocchi di pietra venivano scavate delle trincee profonde quanto sarebbe stato il loro spessore. Se ne possono vedere alcune a nord della piramide di Chephren, che sono quello che resta della prima cava. Qui esse formano un reticolo ad angoli retti che delimita dei quadrati di due metri e ottanta di lato.

Disegno n. 2



Per estrarre i blocchi di calcare grezzo nelle cave vicine venivano scavate delle trincee larghe una sessantina di centimetri che si intersecavano ad angolo retto. Poi ogni quadrato veniva spezzato in quattro blocchi più piccoli per risparmiare nel lavoro di scavo delle trincee. Disegno dell'autore. Proprietà letteraria riservata.

Una volta scavate le trincee, i blocchi venivano staccati dalla base con delle leve: un'operazione facile, perché questa è una roccia stratificata nella quale la roccia compatta è separata da strati più o meno spessi di argilla. Lo si può vedere, per esempio, nella Sfinge.

La testa di questa grande statua è stata scolpita in uno spesso strato di roccia di buona qualità: per questo i suoi lineamenti sono ancora leggibili. Il corpo invece è stato modellato scavandogli intorno un'ampia fossa. Qui però la roccia è di qualità molto peggiore, perché si alternano strati di roccia compatta a strati di roccia argillosa che si sbriciola tra le dita. Tanto che il corpo della Sfinge ha dovuto essere restaurato fin da un'epoca molto antica.

Per i blocchi di calcare grezzo che non avevano funzioni strutturali ma solo di riempimento, si cercava di risparmiare per quanto possibile il lavoro e la fatica. Una volta scavate le trincee, in ogni quadrato venivano fatte due file di fori a croce che servivano per spaccarlo in quattro blocchi più piccoli. Per questo gran parte dei blocchi di riempimento presentano due superfici laterali abbastanza regolari, risultato del lavoro di scavo delle trincee, mentre le altre due risultano spaccate di

netto e sono molto più irregolari. Inoltre gli spazi vuoti tra un blocco e l'altro venivano riempiti con rottami e detriti. Così, senza compromettere la stabilità della piramide, veniva più che dimezzato anche il duro lavoro per la cava dei blocchi nelle cave di calcare grezzo.

Un dettaglio finora trascurato.

Oltre alle piste sulle quali venivano trasportati i blocchi di calcare grezzo provenienti dalle cave vicine, c'era la rampa sulla quale venivano trainati i blocchi di marmo, di grandi e di piccole dimensioni, che salivano dal Nilo.

Qualche anno fa l'archeologo francese Pierre Tallet ha scoperto nel sito di Wadi el-Jarf sulla costa del Mar Rosso diversi frammenti di papiro, in origine 20 o 30 rotoli, che contenevano il resoconto del capitano di una nave che trasportava i blocchi di marmo dalle cave di Tura fino al cantiere della piramide di Cheope.

Questi documenti, che sono anche i più antichi papiri mai scoperti, ci informano che le navi, dopo avere disceso un tratto del fiume, percorrevano un canale artificiale che le portava fino a poche centinaia di metri dal cantiere.

Questo significa che durante la costruzione della piramide di Cheope esisteva già il canale artificiale che si pensava fosse stato costruito da Chephren per la sua piramide.

La disposizione delle piramidi satellite e delle mastabe, che si trovano tutte a sud della via cerimoniale di Cheope, avrebbe potuto far sospettare che su quel lato ci fosse un'altra strada, diversa da questa, per il trasporto dei blocchi di pietra che venivano dal Nilo. E dato che si sapeva che durante la costruzione della piramide di Chephren c'era un canale artificiale, ci sarebbe voluto solo un altro piccolo passo per capire che esso era stato scavato ancora prima per la piramide di Cheope. Ma questo con il senno di poi...

I blocchi di pietra venivano scaricati nel porto canale, da cui partiva una rampa in leggera salita che si dirigeva verso ovest, in direzione opposta a quella del Nilo.

Qualche anno più tardi questa stessa rampa sarebbe stata usata dal faraone Chephren per costruire la sua piramide e alla fine trasformata nella sua via cerimoniale.

La via cerimoniale di Chephren, di cui rimane il pavimento, è lunga 495 metri e supera un dislivello di quasi 46 metri. Quindi essa sale con una pendenza di 9,15 cm per metro, mentre il basamento della sua piramide si trova altri tre metri più in alto, cioè 49 metri più in alto del porto canale. E dato che la piramide di Chephren è stata costruita 10 metri più in alto di quella di Cheope (nella spianata artificiale dove c'era la prima cava), quest'ultima si trova 39 metri più in alto della darsena.

Quindi dobbiamo immaginare che le navi con il loro carico, partite dalle cave di Tura dall'altra parte del Nilo, venissero trasportate dalla corrente del fiume per una ventina di chilometri. Poi imboccavano il canale che le avrebbe condotte fino alla darsena, un ampio piazzale dove in seguito sarebbe stato costruito il tempio a valle

di Chephren. Qui i blocchi di pietra venivano caricati sulle slitte di legno per essere trainati su questa rampa, la futura via cerimoniale di Chephren, che procedeva da est verso ovest. Ma poi come facevano ad arrivare fino alla piramide, che veniva a trovarsi alcune centinaia di metri a nord?

Qui c'è un dettaglio decisivo per capire come era organizzato l'intero cantiere della piramide di Cheope. Questo particolare finora trascurato è ben visibile sulla facciata sud. All'altezza di circa 21 metri c'è una sorta di caverna larga sei metri e alta 13 (misure stimate sulla base di fotografie trovate in alcuni libri), che ha la base orizzontale e le pareti verticali. Finora questo dettaglio non ha mai suscitato l'interesse degli esperti.

Gli egittologi Vito Maragioglio e Celeste Rinaldi, nella loro opera monumentale "L'architettura delle piramidi memfite", hanno fornito una descrizione completa di tutte le piramidi egiziane. Di ognuno di questi monumenti hanno riepilogato i risultati delle indagini fatte dagli archeologi che li avevano preceduti, e a questa descrizione hanno aggiunto le loro osservazioni dirette. L'esposizione riguardante la grande piramide è forse la più completa che esista e occupa 87 pagine di testo di grande formato.

Il fatto che quest'opera in molti volumi sia stata compilata tra la seconda metà degli anni Sessanta e la prima metà degli anni Settanta, non la rende per questo obsoleta. Infatti da allora le conoscenze riguardanti questo grande monumento sono rimaste più o meno le stesse. Dopo di allora la scoperta più importante è stata fatta lontano dalla piana di Giza ed è quella, appunto, che dimostra che il canale artificiale esisteva già durante la costruzione della piramide di Cheope.

Riguardo a questa caverna, però, Maragioglio e Rinaldi non dicono quasi nulla. Pensano che si tratti di uno scavo fatto dai predatori per cercare di penetrare all'interno, e dicono solo che essa è profonda alla base più di nove metri.

A quanto pare finora nessun archeologo ha fissato la propria attenzione su questo importante dettaglio. Un dettaglio che del resto non poteva essere facilmente compreso, perché tutti pensavano che, come in tutte le altre piramidi, i blocchi di marmo provenienti dal Nilo venissero trasportati lungo il percorso della via cerimoniale (di Cheope).

Ma come si è formata questa caverna? Con questa forma regolare e queste dimensioni, non può essere un cunicolo scavato dai predatori. Sembra piuttosto il risultato di un crollo.

La rampa sud.

L'ipotesi è che questa ferita nella facciata sud sia ciò che resta della rampa sulla quale venivano trasportati i blocchi di marmo per farli arrivare nel cantiere della piramide. A dimostrarlo ci sono due elementi: il fatto che la caverna è spostata di una quindicina di metri verso ovest rispetto al vertice della piramide e che le sue pareti laterali sono diritte.

All'epoca tutti sapevano che le cripte si trovano sotto il vertice della piramide. Pertanto con questo scavo i predatori non le avrebbero mai incontrate. Invece questa posizione è quella giusta per una rampa, perché se fosse stata al centro della piramide, essa si sarebbe sovrapposta ai cantieri dei vani interni.

Inoltre il fatto che le pareti laterali siano diritte significa che lì i blocchi sono stati messi in opera con i loro spigoli verticali allineati anziché sfalsati. E poiché in tutta la piramide i blocchi sono stati messi in opera con gli spigoli verticali sfalsati (per rendere più solida e coesa la muratura), se questo fosse uno scavo fatto dai predatori le pareti laterali dovrebbero avere un aspetto irregolare.

Infine l'ipotesi che la caverna sia la continuazione della rampa sud sopra la piramide potrebbe essere facilmente verificata. Se fosse possibile fare un sopralluogo, si dovrebbe trovare che il suo pavimento sale man mano che si procede verso l'interno, con una pendenza che sarebbe interessante conoscere.

Con lo stesso sopralluogo gli archeologi potrebbero anche cercare le tracce dell'antica presenza di traversine di legno, disposte a distanze regolari. Questa sarebbe la prova diretta dell'ipotesi delle traversine allo scopo di diminuire gli attriti; ma sarebbe anche la dimostrazione definitiva che questa era la rampa per il trasporto dei blocchi di marmo e di granito sopra la piramide.

Dato che il traino dei blocchi di pietra più pesanti richiedeva una carovana di portatori che poteva essere lunga anche una cinquantina di metri, davanti alla slitta ci doveva sempre essere uno spazio sufficiente per gli operai, che potevano essere anche alcune centinaia, disposti in più file. E dato che le slitte con il loro pesante carico potevano essere trainate solo su percorsi rettilinei, come era stato risolto il problema del cambio di direzione della rampa che, partendo dalla darsena, si dirigeva verso ovest, e che poi doveva compiere una svolta di quasi 90° per andare verso nord, cioè verso la piramide?

C'è una risposta semplice. Una volta che la slitta era arrivata all'altezza del lato sud della piramide, che da questo punto dista 270 metri, i portatori si fermavano. La slitta veniva ruotata di quasi 90 gradi e per questo forse in quel punto c'era una piattaforma di pietra dura e liscia per facilitare l'operazione. Poi la carovana si riformava per trainare il carico lungo questa nuova direzione.

Quindi dobbiamo immaginare una seconda rampa che da questo punto di svolta si dirigeva verso la piramide e la raggiungeva circa a metà del lato sud. Del resto non ci sono altre possibilità. La rampa per il trasporto dei blocchi di marmo provenienti dal Nilo non avrebbe potuto raggiungere la piramide dal lato est, perché il percorso sarebbe stato impedito dai lavori per la costruzione del tempio funerario e della via cerimoniale. Ma non poteva nemmeno raggiungere la piramide dal lato ovest, perché il percorso sarebbe stato più lungo e comunque impedito dalla pista per il trasporto dei blocchi di calcare grezzo. Quindi rimane una sola possibilità: la rampa per il trasporto dei blocchi di marmo provenienti dal Nilo doveva per forza raggiungere la piramide da sud.

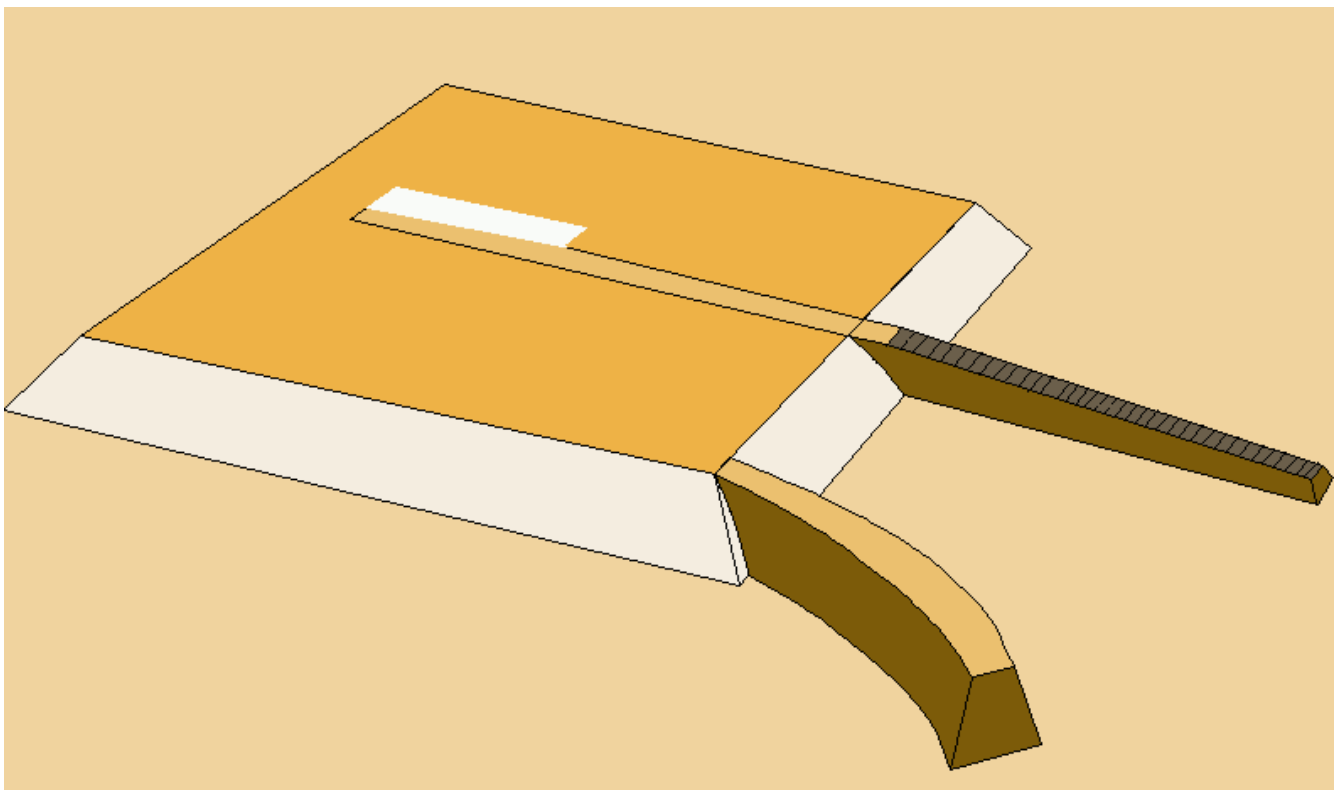
Dato che questa rampa doveva essere perfettamente diritta e parallela all'asse nord – sud della piramide e che, come si vede dalla posizione della caverna, passava qualche metro a ovest rispetto al centro, è possibile stabilire con precisione dove doveva trovarsi il punto di svolta, cioè il cambio di direzione di quasi 90 gradi. Quindi si può stimare la lunghezza della rampa est - ovest fino al punto di svolta in circa 410 metri, e poiché la sua pendenza è di 9,15 cm per metro, essa superava un dislivello di 37,5 metri.

Poiché il basamento della piramide di Cheope si trova 39 metri più in alto della darsena, bisognava superare un dislivello complessivo di 60 metri (39 + 21). E dato che il primo tratto del percorso, la rampa est – ovest, supera un dislivello di 37,5 metri, la rampa sud doveva salire, dal punto di svolta fino alla base della caverna, per altri 22,5 metri (60 – 37,5).

Infine, dato che la rampa sud era lunga 290 metri (270 + 20) perché incontrava la faccia inclinata della piramide non alla base ma all'altezza di 21 metri, essa doveva avere una pendenza di circa 8 cm per metro.

Anche la rampa sud doveva essere continuamente rifatta man mano che aumentava l'altezza della grande piattaforma in costruzione, e questo finché non avesse raggiunto l'altezza di 21 metri.

Disegno n. 3



Piramide all'altezza di 20 metri. Si vede la rampa sud per il trasporto dei blocchi di calcare bianco di Tura che salivano dal Nilo e quella per i blocchi di calcare grezzo estratti nelle cave vicine. Disegno dell'autore. Proprietà letteraria riservata.

Una volta raggiunta questa quota, anche la rampa sud non sarebbe stata più ricostruita e avrebbe continuato il suo percorso in salita sopra la piramide. E man mano che quest'ultima cresceva in altezza, questa rampa tagliava il settore meridionale della grande piattaforma formando sopra di essa una sorta di canale che, col procedere dei lavori, diventava sempre più lungo e sempre più profondo. Superato il centro della piramide, la rampa proseguiva ancora in direzione nord. Ma, dato che davanti alla slitta doveva sempre esserci uno spazio sufficiente per la carovana di traino, essa non poteva arrivare fino alla fine della piattaforma, ma doveva fermarsi molto prima. E se supponiamo che la carovana di traino potesse essere lunga anche 50 metri, la rampa sud sopra la piramide avrebbe raggiunto una lunghezza massima di 140 metri. E poiché essa superava un dislivello di 13 metri (l'altezza della caverna), essa doveva avere una pendenza di circa 9 cm di salita per metro.

Queste stime, per il modo con cui sono state ottenute, non possono essere esattissime. Ma non possono essere nemmeno sbagliatissime, perché sono state fatte sulla base di alcune fotografie. Però esse sono sufficienti a dimostrare che la pendenza delle rampe che salivano dal Nilo era circa sempre la stessa, la soluzione più logica dal punto di vista pratico. Per ottenere dei dati più precisi bisognerebbe misurare l'altezza del punto più basso e del punto più alto della caverna e la pendenza del suo pavimento.

Una soluzione obbligata.

La soluzione qui proposta per il trasporto dei materiali che venivano dal Nilo, non solo avrebbe richiesto molto meno lavoro, ma è anche l'unica praticabile.

Prima della scoperta di Tallet, una delle più importanti degli ultimi decenni, le soluzioni ipotizzate erano state due. La prima: una pista diretta lungo il percorso della via cerimoniale che, partendo dal punto di approdo sul Nilo, doveva arrivare fino al vertice della piramide.

La via cerimoniale di Cheope non esiste più, ma si sa che era lunga circa un chilometro. Sarebbe stato necessario, quindi, un enorme terrapieno che avrebbe avuto un volume superiore a quello della stessa piramide, da costruire e poi da demolire. Inoltre non sarebbe stato possibile costruire una rampa avvolgente. Pertanto i blocchi di riempimento avrebbero dovuto arrivare fino all'inizio di questa rampa, cioè fino al punto di approdo sul Nilo, e poi da lì essere trainati fin sopra la piramide. Infine questa rampa sarebbe stata troppo ripida per i blocchi di maggiori dimensioni e quindi comunque impraticabile.

L'altra soluzione proposta era una rampa avvolgente con una pendenza lieve, ma che avrebbe dovuto superare numerose svolte di 90 gradi. Per costruire i vani interni sono serviti molti blocchi di pietra pesanti dalle 40 alle 50 tonnellate, per i quali era necessaria una carovana di traino lunga fino a 50 metri che non avrebbe potuto superarle. Inoltre anche questa rampa avrebbe avuto un volume

considerevole. Infine ci sarebbe voluto molto più lavoro anche per il trasporto dei blocchi di riempimento.

L'archeologo Pierre Tallet ha capito che i blocchi di pietra che salivano dal Nilo raggiungevano la piramide dal lato sud. Ma poi, per spiegare come facevano ad arrivare fino a oltre 65 metri d'altezza, ha immaginato una rampa sud con una pendenza più che doppia della rampa est - ovest.

Ma essa sarebbe stata troppo scoscesa per dei blocchi di 50 tonnellate. E non sarebbe stato neanche possibile fissarvi delle travi verticali a cui legare delle corde per facilitare il traino, perché il terrapieno non sarebbe stato abbastanza solido. La soluzione migliore sarebbe stata disegnare un percorso che avesse sempre la stessa pendenza, perché esso avrebbe diminuito la ripidezza del secondo tratto. Ma se l'unica cosa ragionevole da fare era mantenere sempre la stessa pendenza, la presenza della via cerimoniale di Chephren è quasi la prova matematica che anche la rampa sud doveva avere la sua stessa bassa pendenza. E una rampa sud con quella lieve pendenza avrebbe raggiunto la piramide proprio dove c'è la caverna ... Inoltre con la soluzione di Tallet non sarebbe stato possibile costruire la rampa avvolgente. Pertanto i blocchi di riempimento avrebbero dovuto essere trasportati fino all'inizio di questo percorso, cioè fino al punto di svolta, per poi essere trainati anch'essi su questa pista molto ripida. Infine rimane il problema di come è stata costruita la parte superiore della piramide.

IL GRANDE CANTIERE

Seconda parte - La costruzione dei vani interni

La costruzione degli ambienti interni: i primi 25 metri.

Per l'avanzamento dei lavori bisognava far arrivare sopra la piramide quattro diversi materiali:

- I blocchi di riempimento di calcare locale della dimensione media di un metro cubo.
- Le *backing stones*, ovverossia i blocchi di calcare locale ben squadri, di dimensioni più grandi, sui quali sarebbero stati posati i blocchi di rivestimento del livello superiore.
- I blocchi di marmo del rivestimento, perfettamente squadri, del volume medio di un metro cubo.
- I blocchi di marmo e in qualche caso di granito, spesso di grandissime dimensioni e perfettamente squadri, con cui sono stati costruiti i vani interni.

Per innalzare la piramide sono stati necessari 2.500.000 blocchi di calcare locale della dimensione media di un metro cubo e del peso di circa due tonnellate ciascuno. Invece per il rivestimento sono stati necessari forse 120.000 blocchi di marmo, tagliati con grande precisione, spianati e levigati con cura.

Al momento della posa in opera la superficie esterna dei blocchi del rivestimento era lasciata allo stato grezzo (come si può vedere per esempio nel rivestimento in granito nella parte più bassa della piramide di Micerino). Sarebbe stata spianata solo alla fine, perché altrimenti non sarebbe stato possibile ottenere sulle quattro grandi facciate triangolari un'unica e uniforme superficie piana.

I blocchi di marmo bianco del rivestimento, provenienti dalle cave di Tura, dovevano essere messi in opera insieme alle *backing stones*. Lungo il perimetro della piattaforma veniva posata per prima la fila dei blocchi del rivestimento, quella più esterna, e subito dietro la fila delle *backing stones*, sulle quali sarebbe stati posati i blocchi di rivestimento del livello superiore. Poi, all'interno, su tutto il resto della superficie, venivano collocati i blocchi di riempimento di calcare grezzo sommariamente squadri.

In questa prima fase dei lavori era iniziata la costruzione dei corridoi discendente e ascendente (nomi dati dagli egittologi in base al percorso che bisogna fare per andare verso il centro della piramide). Questi cantieri dividevano a metà il settore nord della piattaforma, interrompendone la continuità. Lì vennero costruite due piste larghe una decina di metri, inclinate di 26 gradi e mezzo e orientate in direzioni

opposte, da nord a sud e da sud a nord. Queste due piste nella parte più bassa si sovrapponevano. Come in qualsiasi edificio esse venivano costruite dalle fondamenta, cioè a partire dal basamento di roccia e si allungavano man mano che la piramide cresceva in altezza.

Il corridoio discendente.

Su queste due piste sono stati poi costruiti i corridoi discendente e ascendente. Questi due minuscoli passaggi della sezione di circa un metro per uno e venti, sono stati ottenuti, pavimento, pareti e soffitto, sovrapponendo dei grandi blocchi di marmo, che venivano fatti scivolare gli uni sopra gli altri lungo questi due piani inclinati.

Nonostante la loro piccola dimensione, questi corridoi sono costruzioni davvero ciclopiche. Non solo perché sono fatti con blocchi di marmo molto grandi e perfettamente quadrati, ma anche perché essi sono certamente sormontati da una imponente sovrastruttura, fatta anch'essa di enormi blocchi di marmo, che li protegge dal peso della massa sovrastante.

Adesso che la piramide è stata spogliata del suo rivestimento esterno, si può vedere a metà della facciata nord, a 17 metri d'altezza, l'inizio del corridoio discendente con la sua sovrastruttura di protezione. È davvero impressionante il sistema di protezione adottato per un corridoio così minuscolo. Esso è sormontato da un colossale architrave e da due ordini di enormi blocchi di marmo disposti a capriata dello spessore di due metri ciascuno. E di sicuro questa struttura continua per tutta la lunghezza del corridoio fino alla roccia del basamento.

Un'altra imponente sovrastruttura, costituita da cinque camere di scarico, protegge la camera del sarcofago. Ma dobbiamo immaginare qualcosa di analogo anche per la camera della regina, per il corridoio ascendente e la grande galleria. Quest'ultima è situata sopra il corridoio orizzontale e la sua sovrastruttura di protezione non visibile.

Il corridoio ascendente.

Il corridoio ascendente si apre sul soffitto di quello discendente, a circa tre metri d'altezza. Anche qui, a causa dell'inclinazione, tutto il peso spinge verso il basso e può essere sostenuto solo dalla roccia del basamento. Per questo corridoio, però, invece di costruire una pista inclinata partendo dalla base di roccia, sono stati disposti orizzontalmente sopra il basamento dei grandi blocchi di marmo. Poi sopra di essi è stata impostata la costruzione della pista inclinata, sulla quale in un secondo tempo sono stati fatti scivolare tutti gli altri blocchi di marmo che formano la struttura e anche la sovrastruttura non visibile di questo stretto passaggio.

In realtà anche la parte più bassa di questo corridoio è stata costruita con enormi blocchi di marmo disposti orizzontalmente, che in un secondo tempo sono stati perforati e scolpiti in opera per realizzare pavimento, pareti e soffitto. Inoltre,

esaminando le superfici interne del corridoio, ci si è accorti che anche in altri tre punti, a distanze regolari, c'è uno strato di blocchi di marmo disposti orizzontalmente, anche questi perforati e scolpiti dopo che erano stati messi in opera.

Forse questa soluzione è stata adottata per collegare in più punti la struttura di questo corridoio inclinato con la muratura che lo avvolge, allo scopo di conferirgli una maggiore solidità e stabilità.

I blocchi di marmo con cui è stato costruito il corridoio ascendente, e in seguito anche quelli della grande galleria che ne costituisce la continuazione, venendo da sud raggiungevano la sommità della pista inclinata costruita fino a quel momento, e da lì venivano fatti scivolare verso il basso quasi senza cambiare direzione. In realtà la rampa sud e la sua continuazione sopra la piramide erano un po' spostate verso ovest, come si può constatare dalla posizione della caverna, per non sovrapporsi ai cantieri dei vani interni. Questa particolare disposizione della rampa rispetto agli ambienti interni ha ridotto al minimo il tragitto che i blocchi di marmo dovevano percorrere e ha anche semplificato il lavoro.

Ma il percorso della rampa sud era anche il migliore possibile per il corridoio orizzontale e la camera della regina. In questo caso i blocchi di marmo caricati sulle slitte di legno, raggiunta la sommità della piattaforma fino a quel momento costruita, per poter essere collocati nella loro posizione definitiva dovevano essere trainati ancora per un certo tratto in orizzontale.

Per costruire il corridoio discendente, invece, bisognava far arrivare i blocchi di marmo fino all'estremità nord della piattaforma, per poi farli scendere sulla pista inclinata che andava nella direzione opposta, cioè da nord verso sud.

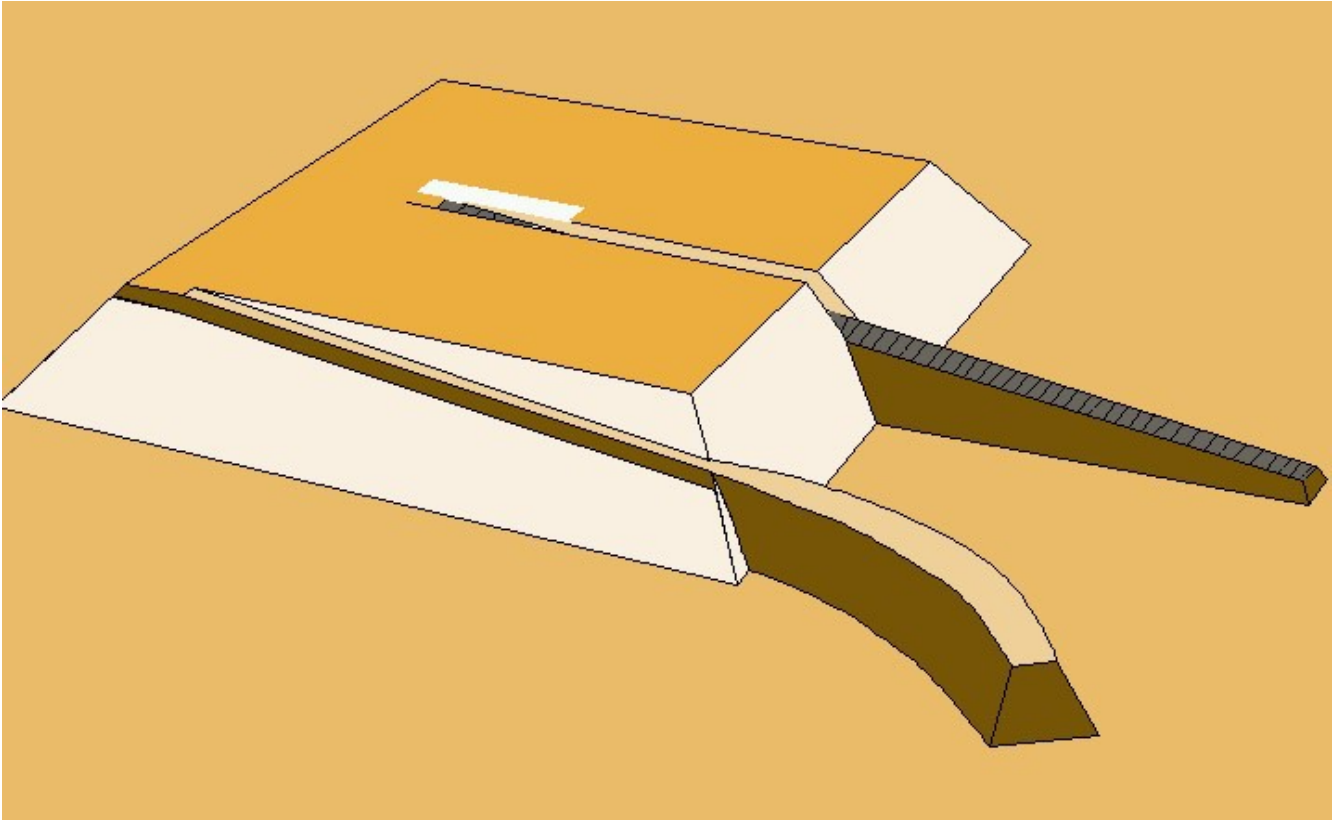
Come per il corridoio orizzontale e la camera della regina, raggiunta la sommità della piattaforma, i blocchi per un certo tratto dovevano essere trainati su una superficie piana. Ma solo fino ad un certo punto, perché poi davanti non ci sarebbe stato più lo spazio sufficiente per la carovana di operai che dovevano trainare la slitta. Come facevano allora questi blocchi a raggiungere l'inizio della pista in discesa all'estremità nord della piattaforma? L'unica possibilità era spingere la slitta da dietro con delle leve per qualche decina di metri. Invece per i piccoli assestamenti necessari per collocare i blocchi nella loro posizione definitiva, veniva usata come lubrificante della malta molto liquida, di cui gli archeologi hanno trovato numerose tracce.

La parte superiore degli ambienti interni.

Una volta raggiunta l'altezza di 25 metri, il corridoio discendente, compresa la sua sovrastruttura di protezione, poteva dirsi completato. E una volta chiuso questo cantiere, la rampa avvolgente sulla quale venivano trasportati i blocchi di riempimento avrebbe potuto continuare il suo percorso anche sul lato nord. Ma la continuità della piattaforma era ancora interrotta dalla rampa proveniente da sud

che, man mano che cresceva l'altezza della piramide, formava nel settore meridionale un canale sempre più profondo e sempre più lungo. Il tratto della rampa sud sopra la piramide alla fine avrebbe raggiunto un'altezza massima di circa 34 metri.

Disegno n. 4



A 34 metri, l'altezza massima raggiunta dalla rampa sud sopra la piramide, sono già stati completati i corridoi discendente, ascendente, orizzontale e la camera della regina, ed è iniziata la costruzione della Grande galleria.

Disegno dell'autore. Proprietà letteraria riservata.

Quando la piramide ha raggiunto quest'altezza, erano già stati completati i corridoi ascendente e discendente, le loro sovrastrutture di protezione, il corridoio orizzontale, la camera della regina e la parte più bassa della grande galleria.

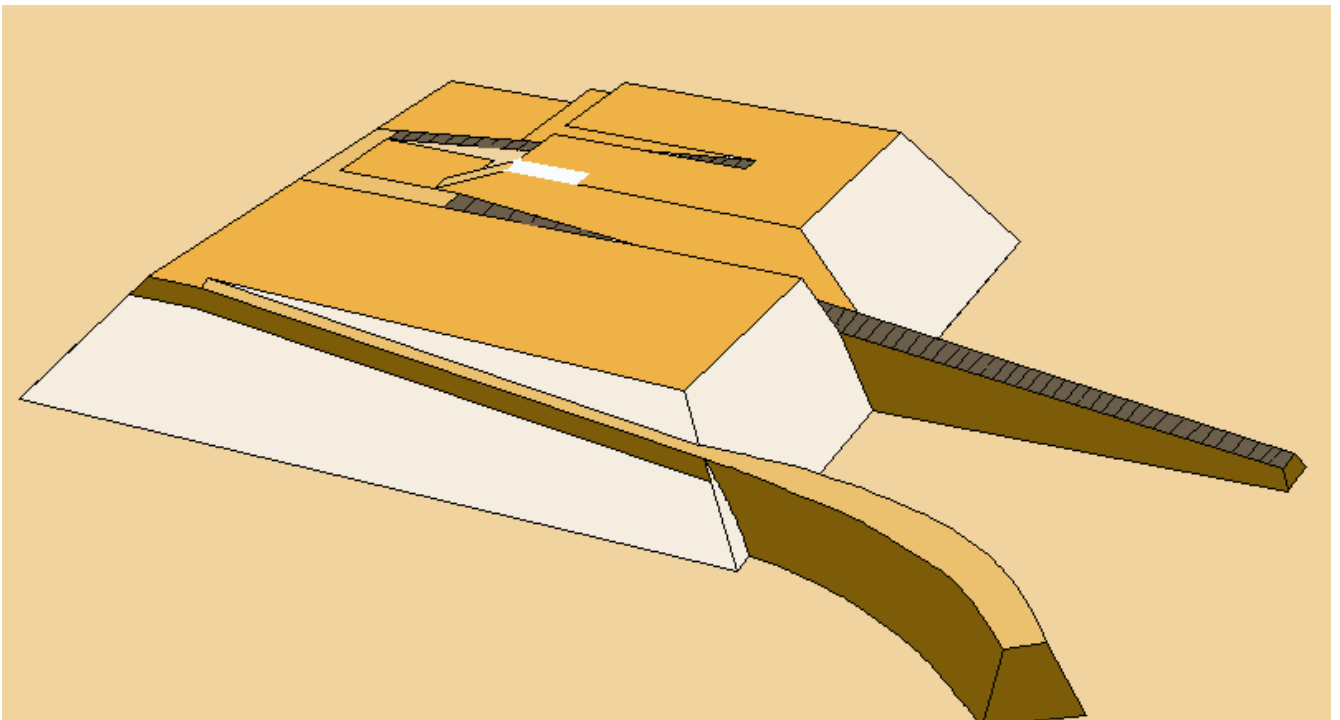
Rimanevano ancora da costruire la parte superiore di questo largo e alto corridoio più la camera del sarcofago e la sua sovrastruttura di protezione. Pertanto erano stati già trasportati sulla piramide e messi in opera almeno l'85% dei materiali con cui sono stati costruiti i vani interni.

Quindi non si poteva ancora chiudere la rampa sud, perché su di essa dovevano essere trasportati molti altri blocchi di marmo o di granito. Ma questi materiali, una

volta arrivati a 34 metri, come hanno fatto ad essere trasportati ancora più in alto, cioè fino all'altezza di oltre 65 metri che è quella dell'ultima camera di scarico costruita sopra la cripta principale?

Probabilmente, quando la piramide ha raggiunto l'altezza di 34 metri, è stato costruito un settore rialzato nel quadrante di sud est della grande piattaforma. E man mano che questa parte della piramide saliva in altezza, i blocchi di marmo potevano essere trasportati sempre più in alto in modo che potesse proseguire la costruzione della grande galleria.

Disegno n. 5



Piramide all'altezza di 45 metri vista da sud ovest con la piattaforma rialzata. Nei tratti in salita della rampa sud e della sua continuazione sopra la piramide sono state disegnate le traversine di legno. Esse però erano presenti anche sulla rampa avvolgente e sulle piste provvisorie, necessarie per agevolare il traino delle slitte anche sui percorsi in piano.
Disegno dell'autore. Proprietà letteraria riservata.

Alla fine, quando la sopraelevazione ha raggiunto la sua altezza massima, che qui abbiamo immaginato di 45 metri, era stata costruita la maggior parte della camera del sarcofago, il cui pavimento si trova a 42 metri d'altezza. Quindi rimanevano ancora da completare l'estremità superiore della grande galleria, la parte più alta della camera del sarcofago, e poi sopra questa cripta dovevano ancora essere costruite le cinque camere di scarico.

Per completare questi ultimi lavori sarebbero stati necessari una sessantina di grandi blocchi di marmo e di granito, mentre per la grande galleria mancavano ancora qualche decina di blocchi di marmo di dimensioni più piccole.

Quando la sopraelevazione ha raggiunto i 45 metri, questi materiali sono stati trasportati sopra questo settore rialzato e lì sono stati parcheggiati in attesa di essere trasportati ancora più in alto e via via collocati al loro posto.

Solo dopo che tutti i blocchi di marmo che ancora mancavano per completare i lavori erano stati trasportati sopra la piramide, la rampa sud non serviva più e poteva essere smantellata.

Una panoramica sul grande cantiere.

Tutte le attività erano state pianificate con cura e procedevano in maniera coordinata. Il lavoro nelle cave di calcare grezzo, il lavoro nelle cave di marmo di Tura e, da un certo punto in poi, anche nelle cave di granito di Assuan.

C'erano le squadre che trasportavano con le navi i blocchi di marmo e di granito fino alla darsena, e altre molto più numerose che li caricavano sulle slitte di legno e li trainavano fin sopra la piramide.

Nello stesso tempo venivano portati avanti anche molti altri lavori. La spianatura e la levigatura delle superfici in vista dei vani interni già completati, che veniva fatta dopo che i blocchi di marmo o di granito erano stati messi in opera.

Era stato ormai completato anche il terrapieno lungo 800 metri e largo alla base più di 30 che collegava il Nilo alla piana di Giza. Una struttura imponente che aveva impressionato lo storico greco Erodoto non meno della stessa piramide. Su questo terrapieno era stata costruita una strada larga dieci metri, e adesso su di essa stava iniziando la costruzione della via cerimoniale. Un percorso protetto alla vista da due muri di marmo molto spessi e con un soffitto con delle strette aperture che facevano appena filtrare la luce. Ma ci sarebbe voluto ancora molto altro lavoro, perché le pareti interne ed esterne dovevano essere ricoperte, per tutta la loro lunghezza, da fini bassorilievi scolpiti.

Erano in corso anche i lavori per la costruzione del tempio della piramide, rivestito all'interno di basalto e di granito, materiali che venivano trasportati fin lì attraverso il canale artificiale e un'altra rampa che si dirigeva verso la piramide prima della rampa sud. Su questa stessa rampa sono stati trasportati anche i materiali per la costruzione delle piramidi satellite e di un gruppo di grandi mastabe, che si trovano tutte a sud della via cerimoniale.

Altri artigiani, in laboratori lontani dal cantiere, stavano lavorando alle numerose statue del sovrano e al suo sarcofago, ricavato da un unico blocco di granito nero scavato all'interno. Altri ancora, ebanisti, orafi, intarsiatori, fabbricavano, con legni pregiati, smalti, pietre preziose, oro e avorio, i meravigliosi oggetti che avrebbero fatto parte del tesoro reale e dell'imponente corredo funerario.

E naturalmente funzionavano a pieno regime anche tutti i servizi logistici e di supporto. Sono stati trovati in prossimità della piramide i resti di grandi forni per la cottura del pane per migliaia di persone. Quante?

Forza lavoro impiegata per l'estrazione e il trasporto dei blocchi.

Considerato che il volume dei primi 20 metri della piramide di Cheope è pari al 35% di quello complessivo, oltre un terzo dei blocchi di riempimento sono stati trasportati su piste in discesa o al massimo in piano. Per questo motivo nella parte più bassa i blocchi di calcare locale sono più grandi, circa il doppio della media, perché questo faceva risparmiare molto lavoro nelle cave e proprio quando la quantità di pietra da estrarre era maggiore. Ma una volta raggiunti i venti metri, cominciava il percorso in salita della rampa avvolgente e la dimensione dei blocchi a poco a poco diminuiva.

All'inizio il tratto in salita era breve e rettilineo, ma si allungava man mano che la piramide cresceva in altezza (la rampa avvolgente avrebbe incontrato la sua prima svolta ad angolo retto all'altezza di circa 34 metri).

Nello stesso tempo diminuiva la superficie della grande piattaforma. E diminuiva quindi anche il volume del calcare grezzo da estrarre dalle cave e da trasportare per ogni assise o strato di blocchi. Insomma diminuiva la quantità dei blocchi di calcare da estrarre dalle cave e invece aumentava per ogni blocco il lavoro degli operai addetti al traino delle slitte, perché il percorso in salita della rampa avvolgente si allungava.

Bisogna partire da queste considerazioni per fare delle stime attendibili sulla quantità di manodopera necessaria alle diverse mansioni.

Quindi, quanti operai? Proviamo a fare il conto. Secondo una stima dell'egittologo francese Georges Goyon, considerando un attrito pari a zero e una pendenza di 6 cm di salita per metro, per il traino di un blocco di un metro cubo (3 tonnellate di peso compresa la slitta), sarebbero stati necessari 16 operai.

Dato che la pendenza della rampa sud è di 8 cm per metro, si è supposto che anche la rampa avvolgente si inerpicasse sulla piramide al ritmo di 8 cm di salita per ogni metro. Considerando sia la maggiore pendenza che l'attrito, si può presumere sulla base delle stime del Goyon che al traino di un blocco di un metro cubo servissero 25 uomini.

Questo numero però è certamente sovra stimato, perché l'archeologo francese, nella sua ricostruzione, immagina un percorso in salita di alcuni chilometri invece di poche decine di metri. Inoltre egli ha sovra stimato anche il peso di un blocco di calcare di un metro cubo e della slitta, che era sicuramente inferiore a 2,5 tonnellate. Infine a questo lavoro venivano sicuramente destinati gli operai più robusti e anche questo ne riduceva il numero, che probabilmente era più vicino a 15 che a 25.

Il volume dei blocchi di riempimento è di circa 2.450.000 metri cubi, a cui però bisogna sottrarre un 15 % di spazi vuoti tra un blocco e l'altro. In tutto quindi circa 2.100.000 metri cubi. Immaginiamo che, quando la piramide aveva raggiunto l'altezza di circa 30 metri, ogni squadra di 20 operai trasportasse 10 blocchi di un metro cubo al giorno.

Possiamo considerare questo valore come una media: nella parte più bassa, a causa della maggiore dimensione dei blocchi, il volume di pietra trasportato giornalmente doveva essere maggiore, mentre nella parte più alta, a causa del maggiore dislivello da superare, doveva essere minore.

Se consideriamo un periodo di 23 anni, perché il regno di Cheope è durato almeno 27 anni mentre i lavori preparatori e la spianatura delle superfici hanno richiesto sicuramente qualche anno, dobbiamo considerare 91.300 metri cubi di pietra all'anno (2.100.000 : 23). Se ogni squadra lavorava per 100 giorni all'anno, nel periodo della piena del Nilo quando le attività agricole dovevano fermarsi, in una giornata di lavoro venivano trasportati sulla piramide 913 metri cubi di pietra. E se ogni squadra trasportava in media 10 metri cubi al giorno, a questo lavoro dovevano essere adibiti 1.820 operai suddivisi in 91 squadre di 20 uomini ciascuna.

Possiamo anche verificare questa ipotesi considerando i tempi. Se in questa fase la lunghezza del tragitto fosse stata di 500 metri, per percorrerlo alla velocità di 3 Km all'ora ci sarebbero voluti 10 minuti. In realtà il percorso in salita era molto più breve. Quindi gli operai avrebbero avuto tutto il tempo di caricare e scaricare i blocchi dalle slitte e anche di fare delle pause.

Inoltre per trasportare 913 blocchi di un metro cubo supponiamo in 10 ore, ogni carico avrebbe avuto a disposizione 39,4 secondi (36.000 : 913). Cioè sulla rampa in salita ogni slitta sarebbe stata distanziata da quella che la precedeva di una quarantina di secondi. E in questo lasso di tempo, alla velocità di 3 Km all'ora, si percorrono poco meno di 35 metri: la distanza tra una slitta e quella successiva. E questo nella fase in cui il numero dei blocchi trasportati giornalmente era massimo. Sembra plausibile.

Queste stime sono per forza di cose approssimative, ma indicative. Per un conto più preciso bisognerebbe fare qualche esperimento pratico. Per esempio si potrebbe costruire una rampa in leggera salita lunga qualche decina di metri e fatta in modo da ridurre al minimo gli attriti, su cui poi fare delle prove di traino, in modo da misurare il coefficiente di attrito e la forza lavoro necessaria.

È più difficile, invece, fare una stima della manodopera necessaria per estrarre i blocchi di pietra dalle cave, perché questo lavoro richiedeva un'abilità che tutti gli egiziani di quell'epoca avevano, e che noi invece non abbiamo più.

L'Egitto delle piramidi aveva ancora un piede nella preistoria, perché tutti dovevano fabbricarsi i loro strumenti di uso quotidiano, come coltelli o punte di freccia, scheggiando delle dure pietre silicee, proprio come nell'età della pietra. Questa abilità era la stessa che serviva per il lavoro nelle cave, perché le trincee venivano

scavate facendo saltare delle schegge dalla roccia con scalpelli di pietra dura e resistenti e mazzuoli di legno.

Quindi per questo particolare lavoro oggi non si possono fare delle stime affidabili perché l'abilità di scheggiare la pietra l'abbiamo perduta. Però possiamo ipotizzare che per cavare i blocchi di calcare grezzo servisse una quantità di forza lavoro paragonabile a quella addetta al traino delle slitte perché, per diminuire quest'ultima, veniva aumentato il lavoro nelle cave. Infatti nella parte più alta della piramide la dimensione dei blocchi diventa sempre più piccola per alleggerire il carico di lavoro degli operai addetti al traino. Ma per estrarre dalle cave dei blocchi più piccoli serviva più lavoro, perché aumentava la lunghezza delle trincee da scavare per unità di volume.

I molti usi del rame.

Ma quelli di estrarre dalle cave i blocchi di riempimento e trasportarli sopra la piramide erano solo i lavori più importanti. C'erano gli operai che lavoravano nelle cave di Tura. Il calcare bianco di Tura non è un vero marmo. È molto meno duro e compatto. Ma è comunque una pietra più difficile da lavorare del calcare locale usato per il riempimento, e che richiedeva quindi più lavoro.

Sulla grande piattaforma altri operai erano addetti al rifacimento continuo delle piste per agevolare lo scorrimento delle slitte. Altri ancora assestavano nella loro posizione definitiva i blocchi di pietra bianca con cui venivano costruiti i vani interni. Poi c'erano le spedizioni di diverse migliaia di soldati che andavano a estrarre i blocchi di granito nelle cave di Assuan e li trasportavano lungo il Nilo per 800 chilometri. Altre spedizioni raggiungevano paesi ancora più lontani o si inoltravano nel deserto in luoghi pericolosi, per cercare l'oro e diverse pietre pregiate.

Il Nilo era una comoda via di comunicazione, quasi l'unica strada nell'antico Egitto. Per andare verso nord, verso il delta, bastava lasciarsi trasportare dalla corrente, mentre per andare nella direzione opposta era sufficiente alzare una vela, perché i venti prevalenti soffiano da nord verso sud.

Altri operai nel deserto del Sinai scavavano delle gallerie nella montagna per estrarre la malachite, il minerale da cui si estraeva il rame, che veniva arrostita sul fuoco per ricavarne il metallo. L'Egitto delle piramidi aveva bisogno di grandi quantità di rame, l'unico metallo da lavoro conosciuto. Un metallo che però non può essere indurito come il ferro.

Nelle tombe dell'epoca a volte vengono rappresentati degli operai che tagliano per il lungo un tronco di legno con una lunga e larga lama metallica priva di denti. Questa lama poteva essere fatta solo di rame.

Gli archeologi hanno trovato delle seghe di rame provviste di denti, alcune delle quali risalgono alla prima dinastia, come si può leggere in "Egyptian Woodworking and Furniture". Ma è impossibile che con questo attrezzo di rame si potessero tagliare per il lungo dei tronchi per ricavarne delle assi. Per esempio le assi di legno

di cedro con cui è stata costruita l'ampia cabina della barca trovata smontata ai piedi della grande piramide.

Probabilmente le seghe di rame provviste di denti erano usate solo per dei materiali molto teneri, compreso forse il calcare locale che a volte sembra poco più duro del gesso. Sono state trovate anche delle seghe di rame senza denti, che venivano usate per tagliare la pietra premendo sulla superficie di taglio un miscuglio di acqua e sabbia abrasiva. Forse è una sega di questo tipo quella che ha lasciato dei segni sulla superficie esterna del sarcofago della piramide di Cheope.

Venivano usate anche delle punte per trapano, sempre di rame, per forare delle pietre anche molto dure. In almeno un caso è stata trovata della polvere di corindone sul fondo di un foro in un blocco di granito. Il corindone, che ha durezza 9, è il minerale più duro dopo il diamante. Ma è difficile pensare che durante il lavoro del trapano venisse versata nel foro dell'acqua mista a polvere abrasiva perché, a differenza del taglio di una sega che avviene lungo una linea orizzontale, sarebbe stato impossibile far scorrere l'acqua nel foro in modo da tenerlo sempre libero dalla polvere.

L'ipotesi che qui viene avanzata, tutta da dimostrare, è che durante la fusione del rame venisse incorporata nel metallo della polvere abrasiva di grana più o meno fine per farne delle seghe per il legno e la pietra, delle punte per trapano e forse anche delle mole abrasive.

Nell'opera di A. Lucas e J.R. Harris "Ancient Egyptian Materials and Industries", una piccola enciclopedia sui materiali e le tecniche in uso nell'antico Egitto, alla voce "*copper*" non si parla di questi usi del rame. Ma come si possono spiegare delle immagini come quella riprodotta nella tomba di Ti della V dinastia dove si vede un operaio che sega per il lungo un tronchetto di legno? Di solito si nota solo la particolarità che il legno da tagliare veniva tenuto in posizione verticale anziché appoggiato orizzontalmente su un banco da lavoro. Ma è impossibile che con una sega di rame con o senza denti si possano segare delle assi di legno. Stesso discorso per i fori nel marmo o nelle pietre dure come il granito. E l'unica possibile alternativa è che nel rame venisse incorporata al momento della fusione della polvere abrasiva. Ma allora con il rame e la polvere abrasiva si sarebbero potute fabbricare anche delle seghe per tagliare le pietre più dure e anche delle vere e proprie mole abrasive, che avrebbero potuto essere fuse in stampi di diverse fogge per sagomare e rifinire le statue delle divinità in pietre dure come il granito, la quarzite, il basalto o la diorite.

Possiamo costruire un'altra piramide?

Bene, adesso conosciamo tutti i problemi che i costruttori della grande piramide hanno dovuto affrontare e sappiamo anche come li hanno risolti. Possiamo fare una ricostruzione completa e dettagliata del grande cantiere per stadi successivi di avanzamento dei lavori. Riusciamo anche fare delle stime sulla quantità di

manodopera impiegata nelle cave, per il trasporto dei blocchi di pietra e per tutte le altre attività necessarie alla costruzione di questo grandioso monumento.

Ma sarebbe possibile innalzare oggi un'altra piramide di Cheope, in tutto e per tutto simile all'originale, compresi i vani interni?

Ma ... Chissà. Forse sì! Almeno in teoria dovrebbe essere possibile realizzare una replica esatta della grande piramide, forse sulle Montagne Rocciose o in qualche remota regione della Cina. Ma a quale scopo? Per esempio per conservare per i posteri, per molte migliaia di anni, dei documenti del mondo di oggi. Una cosa probabilmente fattibile. Bisognerebbe solo trovare qualcuno disposto a pagare uno stipendio a ventimila operai per quasi trent'anni!

IL GRANDE CANTIERE

Terza parte - La parte alta della piramide

Da 25 a 34 metri.

Possiamo immaginare il grande cantiere in piena attività: centinaia di operai, sotto un sole cocente, stanno accucciati dentro le trincee che stanno scavando nelle cave a sud ovest della piramide. Scavano la roccia staccando delle schegge con scalpelli di pietra e mazzuoli di legno: il rumore è assordante.

Queste trincee larghe sessanta centimetri servono a definire i contorni dei blocchi, che poi si staccano facilmente dalla base dato che questa è una roccia stratificata e i diversi strati si possono separare facilmente l'uno dall'altro. Quello nelle cave era un lavoro molto duro.

Lungo la pista che collega la cava alla piramide, c'è una fila ininterrotta di slitte che trasportano i blocchi di calcare grezzo sulla grande piattaforma, e incrociano gli operai che stanno scendendo per fare un altro carico.

Dall'altra parte, sulla rampa che sale dal Nilo, c'è una slitta con un enorme macigno lungo cinque metri. Viene trainato da una carovana di 160 operai. Arrivati all'altezza della piramide, si fermano. Fanno ruotare la slitta di quasi 90°. Poi il convoglio si riforma e la slitta con il suo pesantissimo carico viene trainata sulla nuova rampa che raggiunge la piramide a metà del lato sud. Arrivato sulla piramide il convoglio continua per un breve tratto il suo percorso in salita fino a raggiungere la sommità della piattaforma. Poi da qui la slitta prosegue su una superficie piana fino alla pista inclinata sulla quale è in costruzione la grande galleria.

Per adesso, su questa pista che da sud verso nord è in discesa, stanno posando il primo strato di blocchi, quelli che faranno da pavimento a questo largo corridoio. Il blocco viene scaricato dalla slitta, spinto in avanti per qualche metro con delle leve su una superficie piana resa scorrevole con un po' di malta liquida, e poi spinto giù attraverso il piano inclinato. Solo in un secondo tempo verranno messi in opera gli strati successivi che formeranno le pareti prima verticali e poi rientranti ad aggetto. In questo momento sono stati già completati il corridoio discendente, il corridoio ascendente, il corridoio orizzontale e le loro sovrastrutture di protezione, ed è in costruzione il soffitto "a capanna" della camera della regina. Assemblare questi immensi architravi di marmo in posizione diagonale, cioè appoggiandoli l'uno contro

l'altro in una disposizione detta "a capriata", è solo uno dei tanti problemi pratici che gli ingegneri del faraone hanno dovuto affrontare. Intanto, all'interno dei corridoi già completati, gli scalpellini sono al lavoro per spianare e rifinire le superfici a vista.

Completato il corridoio ascendente, è stata ripristinata sul lato nord la continuità della grande piattaforma. Che però nel settore meridionale e nella zona intermedia è ancora interrotta dalla rampa sud e dal cantiere per la costruzione della grande galleria.

La sovrastruttura della grande galleria.

La sovrastruttura di protezione della grande galleria non la si può vedere, e quindi bisogna cercare di immaginarla. Questo corridoio alto m 8,50, largo m. 2,05 e lungo 46 metri e mezzo, ha anch'esso una pendenza di circa 26 gradi e concentra tutto il suo peso nella parte più bassa. Possiamo quindi immaginare che i diversi strati di blocchi con cui è stata costruita la grande galleria premano su quelli del corridoio ascendente e della sua sovrastruttura di protezione, non visibile, che a loro volta scaricano il loro peso sulla roccia del basamento.

- 12) Camera delle saracinesche di bloccaggio
- 13) Camera del sarcofago
- 14) Condotti di aerazione
- 15) Camere di scarico

Ma la grande galleria, alta quanto il corridoio ascendente e la sua sovrastruttura, dovrebbe avere anch'essa una propria sovrastruttura di protezione. Dobbiamo forse immaginare che, per avere un sostegno adeguato, la sovrastruttura della grande galleria continui fino al basamento della piramide?

Le pareti rientranti ad aggetto terminano con un soffitto piano largo un metro. I lastroni di marmo che fanno da soffitto sono stati progettati in modo da non gravare con il loro peso sui blocchi che si trovano più a nord e più in basso. Infatti ciascuno di essi si aggancia ad un piccolo scalino presente nel blocco sopra il quale è stato collocato. In questo modo i blocchi del soffitto premono con il loro peso solo verso il basso, e non lungo piano inclinato di posa.

Con questa soluzione è stata evitata nella parte bassa della grande galleria la spinta cumulativa di tutto il soffitto. Questo sembra indicare che la sovrastruttura di protezione di questo alto corridoio non continui fino alla roccia del basamento, ma sia sostenuta dalla struttura stessa della galleria. Inoltre questo corridoio ha un soffitto ad aggetto che di per sé è già in grado di distribuire gran parte del peso sovrastante sulla muratura laterale. Una soluzione che era stata già sperimentata nella piramide a doppia pendenza e nella piramide rossa di Snefru. Quindi la sovrastruttura di protezione di questo ampio corridoio dovrebbe essere molto più piccola di quelle degli altri corridoi inclinati.

La piattaforma rialzata.

Il prolungamento della rampa sud sopra la piramide, lungo 140 metri, poteva arrivare solo fino all'altezza di 34 metri. Ma allora come hanno fatto gli operai del faraone a costruire la parte superiore degli ambienti interni, che raggiungono un'altezza massima di oltre 65 metri?

Dopo che la piramide aveva raggiunto i 34 metri, per trasportare i blocchi di marmo ancora più in alto, è stato rialzato il settore sud – est della piattaforma.

Attraverso una rampa provvisoria era stata costruita in questo settore una zona rialzata, mentre il resto della piramide rimaneva fermo allo stesso livello. E man

mano che questo rialzo cresceva in altezza, potevano proseguire i lavori della grande galleria e, da un certo punto in poi, iniziavano quelli della camera del sarcofago.

Quando questo rialzo ha raggiunto la sua altezza massima, che in questa ricostruzione abbiamo immaginato di 45 metri, erano stati già assemblati il pavimento di questa cripta, che si trova a 42 metri d'altezza, e la maggior parte delle pareti. E vi era già stato trasportato dentro anche il sarcofago di granito nero, che poteva entrare solo dall'alto perché è più largo della porta d'ingresso.

Però, una volta che il settore rialzato della piattaforma aveva raggiunto la sua altezza massima, mancavano ancora molti altri materiali, cioè tutti quelli necessari per completare i vani interni.

Solo per le cinque camere di scarico sarebbero servite 45 lunghe travi di marmo e di granito del peso di una quarantina di tonnellate ciascuna. Poi mancavano ancora i grandi blocchi di marmo del soffitto a capriata dell'ultima camera di scarico. E dovevano essere trasportati sulla piramide anche i blocchi di granito del soffitto della camera del sarcofago e infine i blocchi di marmo più piccoli necessari per completare la grande galleria.

Tutti questi materiali sono stati trasportati sul settore rialzato. Ma, dato che esso era alto solo 45 metri, come hanno fatto poi ad arrivare alle altezze ancora maggiori che dovevano raggiungere?

Quando la piattaforma rialzata ha raggiunto la sua massima altezza, sono stati trasportati su di essa tutti i blocchi che ancora mancavano per completare i lavori, e lì sono stati parcheggiati in attesa di essere trasportati sempre più in alto e a loro volta messi in opera. A questo punto la rampa sud non serviva più e poteva essere eliminata.

Il riempimento del canale formato dalla rampa sud.

Questa rampa formava una sorta di canale che tagliava a metà il settore meridionale della piattaforma. Il canale, come la caverna, era largo sei metri ed era profondo, in corrispondenza della facciata sud, tanto quanto l'altezza della caverna stessa, cioè 13 metri.

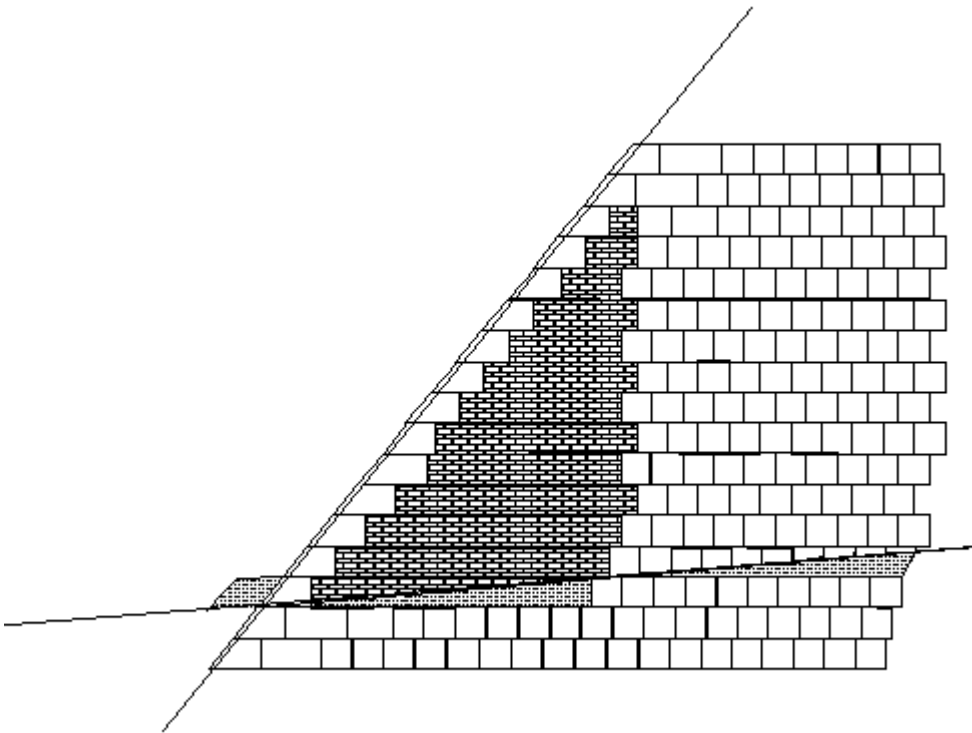
Adesso, completato il trasporto dei materiali sopra la piattaforma rialzata, era venuto il momento di colmare questo canale, sia per ripristinare la continuità della piattaforma, sia perché potesse proseguire anche sul lato sud il percorso della rampa avvolgente. Ma bisognava anche ripristinare la continuità del rivestimento esterno di marmo bianco sulla facciata meridionale, interrotto proprio dalla presenza della rampa. Un altro grosso problema. Come è stato risolto?

Per riempire questo canale con il fondo piano e in leggera salita, bisognava prima di tutto collocare nella parte più bassa e più esterna la prima fila dei blocchi di marmo del rivestimento. Una fila lunga quanto la larghezza della caverna, cioè sei metri. Certo, sarebbe stato facile farli arrivare sopra la grande piattaforma attraverso la rampa avvolgente e poi spingerli giù, lungo questo piano inclinato, verso il bordo esterno. Ma proprio questo era il problema. Con un abbrivio eccessivo o per la pressione dei blocchi di calcare che sarebbero stati aggiunti da dietro, i blocchi del rivestimento avrebbero potuto sporgersi in fuori e alla fine cadere giù dalla piramide.

Probabilmente la soluzione è consistita nel costruire, nel punto in cui la rampa sud incontrava la piramide, una barriera provvisoria, o un muro, per sorreggere dall'esterno i blocchi del rivestimento e impedirne l'ulteriore avanzamento. Poi, dall'interno è stata collocata la prima fila dei blocchi del rivestimento. Dietro di essi il fondo della rampa è stato rialzato e reso orizzontale con una muratura meno solida fatta di rottami o di mattoni di fango. Questo nuovo pavimento in piano, alto come la prima fila di blocchi del rivestimento appena collocati, deve essere stato lungo una dozzina di metri, cioè quanto la profondità della caverna (nove metri più lo spessore del rivestimento che adesso non c'è più).

Poi l'operazione è stata ripetuta. Sul nuovo pavimento sono stati spinti i blocchi del rivestimento della fila superiore. Dato che la seconda fila dei blocchi del rivestimento si appoggiava su un pavimento orizzontale, non tendeva più a scivolare verso il basso. Quindi non era più necessario un altro muro di contenimento esterno. Dietro la seconda fila dei blocchi del rivestimento il pavimento è stato di nuovo rialzato, sempre con una muratura di rottami o di mattoni di fango, perché sarebbe stato troppo faticoso spingere da dietro e su un fondo irregolare tutti quei blocchi di calcare. Però non era necessario che il nuovo pavimento fosse più lungo di quello inferiore. Poi, strato dopo strato, il lavoro è proseguito fino a riempire tutto il canale.

Disegno n. 7



Riempimento del canale formato dalla rampa sud. Una volta trasportati sulla piramide tutti i materiali necessari al completamento dei vani interni, la rampa sud è stata eliminata ed è stato colmato il canale che essa formava sul tavolato del tronco di piramide. Sulla facciata sud è stata ripristinata anche la continuità del rivestimento di marmo bianco.

La prima fila dei blocchi di marmo del rivestimento è stata tamponata dall'esterno con un muretto di contenimento. Poi dall'interno il pavimento è stato rialzato e reso pianeggiante e l'operazione è stata ripetuta fino al riempimento del canale. Quando in epoca araba la piramide è stata spogliata del suo rivestimento esterno, dove c'era la rampa sud è stata esposta una muratura molto meno solida che col tempo è crollata lasciando la caverna che si vede oggi.

Disegno dell'autore. Proprietà letteraria riservata.

Data l'inclinazione della piramide, man mano che il lavoro proseguiva diminuiva la profondità della muratura meno solida costruita dietro i blocchi del rivestimento. Così a poco a poco il canale formato dalla rampa sud sopra la piramide è stato colmato ed è stata ripristinata anche la continuità del rivestimento esterno di marmo bianco. A questo punto anche la parte esterna della rampa sud non serviva più e poteva essere smantellata.

Questa è l'unica parte del rivestimento in cui i blocchi di marmo erano stati messi in opera non su una robusta muratura di blocchi di pietra (le *backing stones*), ma su una base molto meno solida fatta di rottami o di mattoni di fango. Quando qualche millennio dopo, in epoca araba, la piramide è stata spogliata del suo rivestimento esterno, nel punto in cui c'era il canale formato dalla rampa, questa muratura meno solida è crollata, forse in seguito a un terremoto. Col tempo i detriti sono scivolati lungo il piano inclinato dell'antica rampa sud e poi sono precipitati ai piedi della piramide, lasciando dietro di sé la caverna che vediamo oggi.

Il completamento degli ambienti interni.

Una volta compreso come era organizzato il grande cantiere, ci si rende conto che esso era il risultato di una progettazione molto sofisticata. Gli archeologi si erano già meravigliati dell'estrema precisione dei lati alla base della piramide, che differiscono tra loro solo di pochi centimetri, e dell'orientamento precisissimo verso i punti cardinali.

Ma questa precisione era solo un aspetto del progetto, che comprendeva e doveva armonizzare tra loro molti elementi. Per esempio, nonostante che le rampe sud e avvolgente siano determinate da esigenze e contesti ambientali così differenti, esse sono state costruite in modo da raggiungere la piramide alla stessa quota di 20 / 21 metri. Inoltre la rampa sud, come si deduce dalle dimensioni della caverna, raggiungeva sulla piramide un'altezza massima di circa 34 metri. Che è la stessa della rampa avvolgente prima della prima svolta a 90 gradi.

Quando la piramide ha raggiunto l'altezza di 34 metri, per un po' ha smesso di crescere in altezza e anche la rampa avvolgente ha smesso di avanzare. La grande piattaforma ha ripreso a salire e la rampa avvolgente ad allungarsi solo dopo che era stato completato il settore rialzato sulla piattaforma e solo dopo che erano stati trasportati su di esso tutti i materiali da costruzione che ancora mancavano per completare i vani interni.

C'era subito la prima svolta a 90 gradi, a cui ne sarebbero seguite molte altre. Però da questo momento la dimensione dei blocchi di pietra non avrebbe più superato il metro cubo. Anzi, i blocchi da trasportare sarebbero diventati sempre più piccoli e anche sempre di meno. Infatti a 34 metri la piattaforma era un quadrato di 166,6 metri di lato, mentre il volume del tronco di piramide già costruito era pari al 60 % del volume complessivo.

Adesso la grande piattaforma poteva riprendere a salire in altezza fino a raggiungere il livello di 45 metri del settore rialzato. I blocchi di marmo del rivestimento, che fino

a quel momento avevano percorso la rampa sud, adesso proseguivano verso ovest oltre il punto di svolta, fino a raggiungere la pista proveniente dalle cave di calcare locale. E da lì continuavano il loro cammino lungo la rampa avvolgente.

All'altezza di 45 metri la superficie della grande piattaforma è ormai la metà di quella della base, e questo significa che anche il volume dei blocchi di riempimento per ogni assise si è dimezzato. Inoltre è diminuito anche il numero dei blocchi di marmo del rivestimento, perché adesso il perimetro della piattaforma è solo il 69% di quello della base.

Mentre il cantiere della piramide progrediva, venivano portati avanti anche molti altri lavori. Era in pieno svolgimento, in molti punti contemporaneamente, il lavoro degli scultori che ricoprivano di bassorilievi le superfici interne ed esterne della lunghissima via cerimoniale. Il grande tempio ai piedi della piramide era stato ormai completato, e adesso gli operai stavano levigavano le pareti interne e il pavimento rivestiti di basalto e di granito. Era stato ormai completato anche il tempio a valle, all'inizio della via cerimoniale, l'ultima grande opera edificata nel punto di approdo sul Nilo. È qui che il corpo del faraone sarebbe stato sottoposto ai lunghi rituali dell'imbalsamazione e preparato per il suo viaggio nell'aldilà.

Nella piramide venivano rifinite le pareti e il soffitto della camera del sarcofago, mentre i blocchi di marmo e di granito con cui sarebbero state costruite le camere di scarico venivano spostati sempre più in alto. Sarebbero stati collocati anch'essi al loro posto man mano che la piramide avrebbe continuato a salire in altezza.

Alla fine, quando la piramide ha raggiunto la quota di oltre 65 metri, sono stati messi in opera anche i colossali longheroni di marmo, pesanti ciascuno dalle 40 alle 50 tonnellate, del terzo e ultimo strato del soffitto a capriata della quinta e ultima camera di scarico.

Adesso sì che i ciclopici lavori per la costruzione di questi minuscoli ambienti potevano dirsi completati! E la piattaforma, sempre più alta e sempre più piccola, era adesso un'unica superficie continua, priva di ostacoli. Con la sola eccezione dei lavori residui, cose di poco conto, dei due condotti di aerazione, che sarebbero stati completati all'altezza di circa 80 metri.

Da 65 metri fino alla cima.

Raggiunti i 65 metri, completata anche l'ultima camera di scarico, la piattaforma si era ridotta ad un quadrato di 128,5 metri di lato e la piramide aveva raggiunto il l'82,8% del suo volume. Col procedere dei lavori i percorsi rettilinei della rampa

avvolgente diventavano sempre più corti e le svolte di 90 gradi sempre più frequenti.

Le svolte ad angolo retto erano difficili da superare. Per trainare una slitta adesso ci volevano solo quindici uomini, ma davanti ci doveva sempre essere uno spazio sufficiente per gli operai addetti al traino. Questo significa che la slitta non poteva essere trainata fino all'angolo, ma che negli ultimi metri doveva essere spinta da dietro. Quindi è probabile che prima delle svolte per alcuni metri la rampa avvolgente non fosse più in salita ma in piano. Raggiunto il punto di svolta, la slitta veniva orientata verso la nuova direzione. Poi la carovana di traino si riformava per trascinare il carico lungo il nuovo tratto rettilineo e in salita.

Dato che il volume del materiale che bisognava estrarre dalle cave era molto diminuito, mentre la rampa diventava sempre più lunga, la dimensione dei blocchi di pietra da trasportare si era rimpicciolita.

Estrarre dei blocchi di pietra più piccoli aumentava il lavoro nelle cave per ogni blocco; ma poiché il volume del materiale era molto diminuito e continuava a diminuire, la manodopera non mancava. E il minor peso di ciascun blocco compensava la fatica in più che bisognava fare per trasportarlo sempre più in alto e per un percorso sempre più lungo.

In prossimità della cima il numero dei blocchi da estrarre dalle cave e da trasportare era talmente diminuito che quasi tutti gli operai erano stati dirottati su altri lavori o erano tornati nei loro villaggi. Quelli che erano rimasti guardavano i pochi fortunati che avevano il privilegio di sistemare, ad un'altezza vertiginosa, le ultime tessere del colossale puzzle.

Alla fine, dopo tanto lavoro, è stata raggiunta la cima. Adesso bisognava collocare l'ultima tassello, il pyramidion. Un blocco di marmo, o forse di granito, esso stesso a forma di piramide, che ne costituiva il vertice.

Portare fino a quell'altezza il pyramidion e collocarlo nella sua esatta posizione era un'operazione molto difficile ma che, alla fine dei conti, doveva essere fatta una sola volta. Erano stati scelti gli operai più forti e più esperti. Bisognava infatti trasportare questo monolite relativamente grande lungo una rampa la cui larghezza nella parte più alta si restringeva per adattarsi al trasporto di blocchi più piccoli.

Particolarmente difficili erano le svolte di 90 gradi, e ce n'erano molte. Ma questo era nulla rispetto alla difficoltà di collocare questa grande pietra già levigata e scintillante nel punto più alto.

Probabilmente in prossimità della cima i blocchi del rivestimento delle ultime due assise erano di forma rettangolare anziché trapezoidale, in modo che su di essi

potesse essere costruita una piattaforma di mattoni di fango abbastanza larga per tutte le manovre necessarie alla collocazione del pyramidion. La stessa soluzione che era stata adottata per costruire la rampa avvolgente (vedi più avanti).

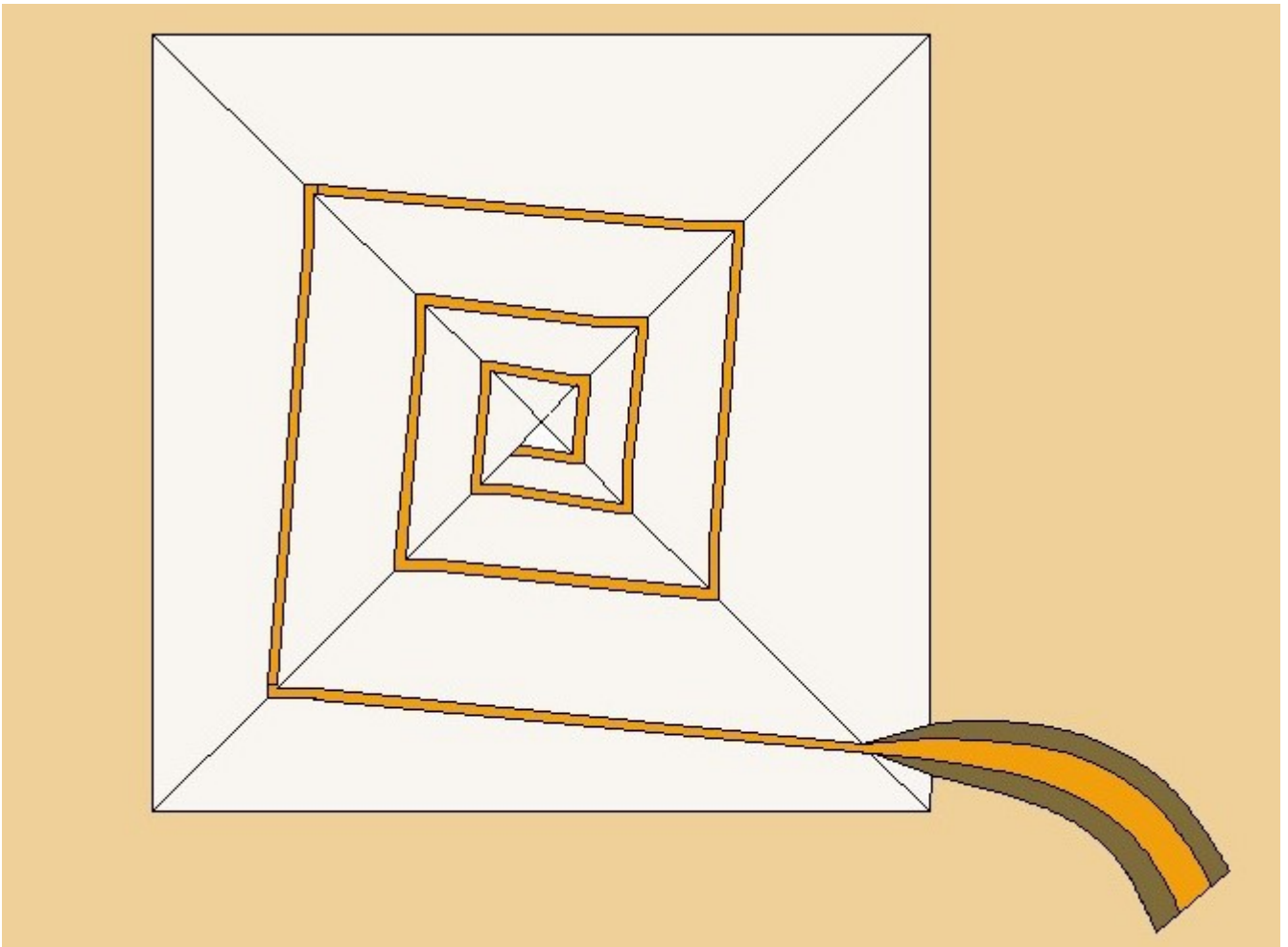
Una volta arrivato su questa piattaforma, forse il pyramidion è stato sollevato con delle leve fino all'altezza voluta. Forse, una volta sollevato, è stata costruita sotto di esso una base di blocchi più piccoli, di dimensioni tali da poter essere manovrati da braccia robuste. Ma alla fine anche l'ultimo pezzo era stato sistemato nella sua esatta posizione, con la punta ricoperta d'oro che luccicava all'altezza incredibile di 146 metri e mezzo!

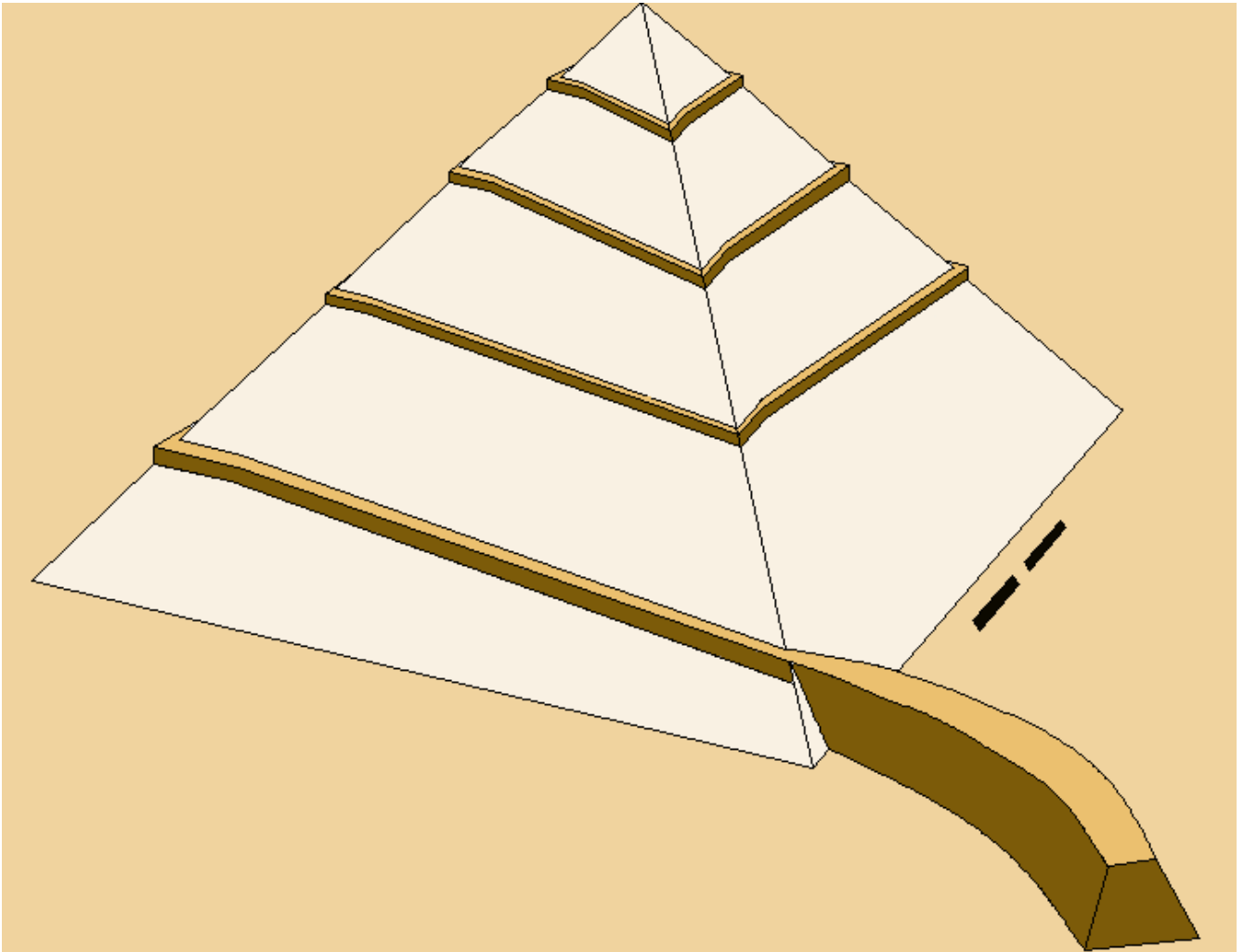
La rampa avvolgente.

Era stato raggiunto un altro importante traguardo, salutato dalle acclamazioni di una folla di operai che assistevano all'operazione dal basso. Ma il lavoro era tutt'altro che finito. Infatti la piramide, dal vertice fino alla base era tutta ricoperta dai blocchi di marmo del rivestimento la cui superficie esterna era ancora allo stato grezzo.

Adesso le quattro grandi facciate triangolari dovevano essere spianate e levigate in modo da ottenere un'unica superficie omogenea. E bisognava anche cancellare la rampa avvolgente, che come un nastro circondava la piramide e saliva fino alla cima. La rampa avvolgente iniziava il suo percorso nell'angolo sud ovest all'altezza di 20 metri e da lì, formando un piccolo gradino sul fianco della piramide, cominciava a salire. E man mano che questa strada saliva, e specialmente in prossimità della cima, i percorsi rettilinei diventavano sempre più brevi, le svolte di 90 gradi sempre più frequenti e le spire avvolgenti sempre più piccole.

Disegni n. 8 e 9



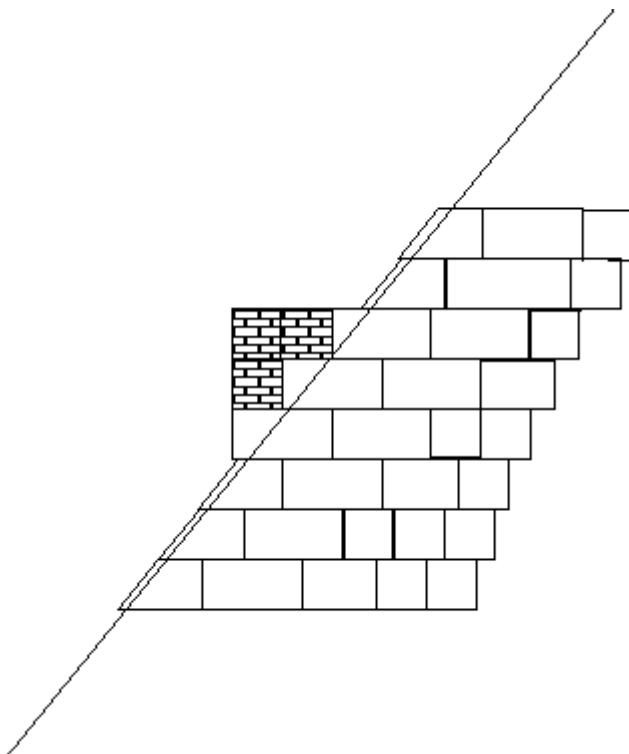


Piramide vista dall'alto e in prospettiva. La rampa sud è stata smantellata e si vede tutto il percorso della rampa avvolgente. Anche questa sarà eliminata quando le quattro facciate triangolari saranno spianate a partire dal vertice.
Disegni dell'autore. Proprietà letteraria riservata.

Nell'economia dei lavori, più stretta era la rampa avvolgente, meno lavoro ci sarebbe voluto per costruirla e poi alla fine per demolirla. Dato che su questa rampa venivano trasportati solo dei blocchi di piccole dimensioni, non era necessario che fosse molto larga. D'altra parte la sua larghezza non poteva essere minore di due file di blocchi di riempimento. E poiché, come abbiamo visto, questi si rimpicciolivano man mano che la piramide saliva in altezza, avvicinandosi al vertice diminuiva in proporzione anche la larghezza della rampa avvolgente.
La rampa avvolgente formava un gradino sulla facciata inclinata della piramide. Ma come era fatto questo gradino?

I blocchi del rivestimento erano di forma trapezoidale, con il lato esterno inclinato e lasciato allo stato grezzo. Ma nel punto in cui sarebbe stata costruita la rampa, i due blocchi del rivestimento sottostanti erano di forma rettangolare, in modo da formare due gradini consecutivi. Su questi due gradini veniva poi costruita una muratura di mattoni di fango in modo da ottenere un'unica superficie piana, una strada abbastanza larga sulla quale sarebbe stata costruita la rampa in leggera salita.

Disegno n. 10



Rampa avvolgente vista in sezione. Qui si può vedere come venivano costruite le piramidi. I blocchi di marmo del rivestimento erano perfettamente squadrati, ma con la superficie esterna ancora allo stato grezzo. Essi poggiavano sulle *backing stones*, blocchi di dimensioni più grandi e ben squadrati. All'interno venivano posati i blocchi di riempimento di calcare grezzo non squadrati. Per costruire la rampa avvolgente era sufficiente che i blocchi del rivestimento dei due corsi inferiori fossero di forma rettangolare anziché trapezoidale.

Disegno dell'autore. Proprietà letteraria riservata.

Questa soluzione richiedeva solo un modesto lavoro aggiuntivo e faceva diventare "facile" la costruzione delle piramidi. Probabilmente tutte le piramidi sono state

costruite così. Con questa stessa soluzione si poteva costruire, in prossimità della cima, una base più larga per le manovre necessarie alla collocazione del pyramidion. Nell'immaginare questa rampa bisogna anche tenere conto del fatto che il suo percorso non era parallelo alle facciate della piramide ma, data la loro pendenza, era inclinato verso l'interno. In altre parole, man mano che la rampa avvolgente saliva da un'assise a quella superiore, essa passava anche da una fila di blocchi più esterna ad una più interna.

Questo però significa che anche la sua larghezza non poteva essere costante. Nel punto in cui la rampa passava da un'assise inferiore a quella superiore e da una fila più esterna ad una più interna, ci doveva essere una piccola strettoia. In quel punto la sua larghezza doveva essere di due blocchi mentre nel resto del percorso era di tre.

Una volta compreso che i blocchi di marmo di grandi dimensioni che venivano dal Nilo percorrevano la rampa sud e che sulla rampa avvolgente venivano trasportati solo i blocchi di riempimento di piccole dimensioni, ci si rende conto che non era necessaria una rampa più larga. Una rampa che, come si è visto, poteva anche superare le svolte di 90 gradi in corrispondenza degli spigoli della piramide. Una soluzione semplice con la quale si potevano costruire questi monumenti dalla forma geometrica piramidale.

La piramide di Cheope però si differenzia dalle altre perché il cantiere comprendeva anche gli impegnativi lavori dei vani interni, per i quali dovevano essere trasportati sopra la piramide, e fino a una notevole altezza, moltissimi grandi blocchi di marmo e di granito. Questi lavori erano molto più impegnativi dal punto di vista progettuale e costruttivo dell'edificio piramidale in quanto tale. E la crescita in altezza della piramide doveva procedere di pari passo e coordinarsi con i cantieri dei vani interni. Cosa che ha reso questo progetto ancora più impegnativo e complesso.

La soluzione sicuramente adottata per la rampa avvolgente richiedeva poco lavoro anche per la sua demolizione. Nel momento in cui dovevano essere spianate le grandi facciate triangolari a partire dall'alto, bisognava prima eliminare i mattoni di fango. Dopo rimaneva solo da demolire la parte sporgente dei blocchi rettangolari che avevano sostenuto la rampa, con un modesto lavoro aggiuntivo.

Lo spianamento delle superfici.

Adesso, collocato il pyramidion, bisognava spianare e levigare la superficie esterna della piramide, in modo da rendere perfettamente piane e lisce le quattro grandi facciate triangolari. Un altro lavoro non da poco, dato che la loro superficie totale

era di ben otto ettari e mezzo! Come detto sopra, i blocchi di marmo del rivestimento erano stati messi in opera con la parte esterna non rifinita. Lo si può constatare nella piramide di Micerino nella quale il rivestimento di granito della parte più bassa, ancora allo stato grezzo, sporge da un piano ideale di 15 / 20 centimetri ed è stato spianato solo in alcuni punti.

Per il lavoro di spianatura non è possibile ricostruire in maniera dettagliata come gli operai della piramide hanno operato. Con degli esperimenti ben condotti si potrebbero fare delle stime della forza lavoro necessaria per trainare una pesante slitta lungo una rampa in salita. Oppure, sempre con delle prove pratiche, si potrebbe cercare di capire come facevano gli operai egiziani a caricare e scaricare i pesanti blocchi di pietra dalle slitte di legno e a spostarli per alcuni metri su un percorso in piano. Ci sono però delle situazioni per le quali non è possibile fare delle prove. Infatti non si può replicare con un esperimento il lavoro di spianatura delle immense superfici triangolari di una grande piramide. In questo caso la ricostruzione può essere solo indicativa.

Quello che si può affermare con certezza è che il lavoro doveva essere fatto a partire dal vertice perché, se si fosse partiti dalla base, sarebbe stato impossibile appoggiare delle impalcature su una superficie perfettamente piana e liscia così grande e che doveva arrivare così in alto.

Per questo lavoro bisognava avere come riferimento gli spigoli, dal vertice fino a ciascuno dei quattro angoli della base. Quindi prima bisognava scolpire gli spigoli avendo come riferimento il vertice e gli angoli. Solo dopo si potevano spianare le superfici partendo dall'alto. E man mano che questo lavoro progrediva, continuava anche quello di far scomparire la rampa avvolgente, sempre a partire dall'alto.

Questi due lavori dovevano procedere insieme, anche perché la rampa serviva da comoda strada per l'andirivieni degli operai addetti al lavoro di spianatura.

Sui quattro lati, altrettante file di operai legati con delle corde e sostenuti da impalcature leggere appoggiate sul piano inclinato ancora ruvido della piramide, erano addetti a questo lavoro. Scalpellavano e spianavano la superficie, che poi levigavano con mole di pietra abrasiva e gran lavoro di braccia. La qualità della finitura era tale che venivano riempite con stucco bianco persino le piccole fessure tra un blocco e l'altro. Per fortuna il calcare di Tura è una pietra relativamente tenera e il lavoro, nonostante tutto, lentamente progrediva.

A poco a poco la cima della piramide, di un bianco smagliante, sospesa in alto quasi tra le nuvole, si ingrandiva sempre di più. Quasi per miracolo, ma per il lavoro di spianatura ci saranno voluti alcuni anni, si poteva vedere la piramide di marmo che

diventava sempre più grande fino a raggiungere la roccia del basamento. Finalmente questo grande monumento, che appariva come un immenso monolite di marmo bianco, era stato completato. Per molte migliaia di anni sarebbe stato il più grande monumento in pietra mai costruito nella storia dell'umanità.

IL GRANDE CANTIERE

Quarta parte - Le operazioni di chiusura

Le operazioni di chiusura della piramide.

Secondo il Canone dei Re conservato a Torino, il faraone Cheope avrebbe regnato per 23 anni. Invece nei papiri trovati dall'archeologo francese Pierre Tallet a Wadi el-Jarf si fa riferimento al 13° censimento del bestiame, che era biennale. Pertanto il suo regno deve essere durato almeno 26 o 27 anni. Quindi possiamo presumere che i lavori per la costruzione della sua piramide siano iniziati subito dopo che è salito sul trono e che siano continuati almeno per tutti questi anni.

Poco dopo il completamento dei lavori il faraone è morto. Un corteo fluviale lo ha accompagnato fino al tempio a valle, dove sono iniziati i lunghi rituali dell'imbalsamazione. Settanta giorni dopo un lungo corteo di sacerdoti ha accompagnato la mummia del faraone lungo il percorso protetto della via cerimoniale. La mummia ha raggiunto il grande tempio costruito alla base della piramide, dove si sono svolti altri riti, descritti nei testi delle piramidi, per preparare il faraone-dio a compiere il suo difficile viaggio nel mondo ultraterreno.

Sono passati altri giorni e la mummia del faraone sta per essere trasportata nella sua definitiva dimora all'interno della sua immensa piramide.

Chiusa nel suo sarcofago d'oro, ha percorso la rampa che era stata costruita per collegare il tempio, situato a metà del lato est, all'ingresso della piramide che si trova a metà del lato nord a 17 metri d'altezza.

Completata la salita sulla rampa, il pesante sarcofago è entrato a malapena attraverso una piccola apertura quasi quadrata e ha percorso in discesa i primi 28 metri del corridoio *discendente*. Lì è stato sollevato e spinto dentro il corridoio *ascendente* attraverso un'apertura presente sul soffitto. Poi il pesante sarcofago, sempre su una piccola slitta di legno, è stato faticosamente trainato con delle corde per i 39 metri di questo stretto corridoio, dalle pareti levigate e prive di appigli. Poi, sempre avanzando in salita, è entrato nella grande galleria, larga il doppio e molto più alta, dove c'era quindi un sufficiente spazio di manovra.

Nella grande galleria il sarcofago è stato trainato per altri 46 metri sopra l'assito di legno che ricopriva i blocchi tappo immagazzinati sul pavimento. Alla fine ha raggiunto il piccolo ingresso, largo e alto un metro, del locale delle saracinesche.

Dalla soglia situata davanti all'ingresso, il sarcofago è stato spinto dentro questa piccola apertura, è passato sotto le tre saracinesche di bloccaggio che erano tenute sollevate con delle corde, e finalmente, dopo aver percorso un altro angusto corridoio scavato nel granito lungo m. 2,60, ha raggiunto la camera del sarcofago. Qui il sarcofago d'oro con la mummia del faraone è stato sollevato e calato all'interno del sarcofago di granito nero. Alla fine anche questo è stato chiuso e sigillato con il suo pesante coperchio, anch'esso di granito.

Dopo è stata la volta del corredo funerario, che ha dovuto percorrere la stessa strada tortuosa ed è stato ammassato in maniera ordinata nelle due cripte, fino a riempirle completamente. Completata quest'ultima operazione, la piramide poteva essere chiusa.

Tralasciando in questa sede di descrivere le operazioni necessarie per sigillare l'ingresso delle due cripte e per chiudere dall'interno il corridoio ascendente con una fila di blocchi tappo, il faraone Cheope è stato certamente sepolto nel suo sarcofago di granito nero al centro del suo colossale monumento. Monumento che adesso doveva essere chiuso.

Tralasciando anche di descrivere come doveva funzionare la ciclopica serratura di pietra costituita da questi minuscoli vani interni, la cui costruzione aveva richiesto così tanto lavoro, adesso bisognava riempire il corridoio discendente con una fila di blocchi tappo in modo da riempirlo completamente.

Per trasportare la mummia del faraone e il suo corredo funerario fino all'ingresso della piramide era stato necessario costruire una rampa che, partendo dal grande tempio, raggiungeva l'entrata a metà del lato nord. Questa stessa rampa è servita anche per trasportare fin lì i blocchi tappo.

Pertanto davanti a questa piccola apertura di forma quasi quadrata doveva esserci un'area di manovra: un largo terrapieno, appoggiato alla facciata di marmo, ora perfettamente liscia e levigata. Nel paramento di marmo bianco era rimasta solo questa piccola apertura dalla quale i blocchi tappo sarebbero stati spinti giù lungo il piano inclinato del pavimento del corridoio discendente.

È proprio questo il motivo della piccola sezione di questi corridoi, perché altrimenti sarebbe stato necessario manovrare dei blocchi di pietra troppo grandi. Questo passaggio, inoltre, così come il corridoio ascendente e la grande galleria, aveva una pendenza di circa 26 gradi in modo che i blocchi potessero scivolare facilmente verso il basso. Per questo stesso motivo era anche molto importante che questi minuscoli corridoi potessero resistere all'enorme peso della massa sovrastante

senza dissestarsi. Perché se si fossero formate delle scalinature, esse avrebbero impedito l'ulteriore discesa dei blocchi tappo.

I tappi di marmo venivano dalle cave di Tura. Erano stati trasportati per tempo lungo il canale artificiale quando la piena del Nilo ne aveva fatto salire il livello. Poi dalla darsena erano stati trainati fin dove iniziava il percorso di questa nuova rampa, vicino al grande tempio. E lì erano rimasti in attesa di essere usati per sigillare la piramide.

Mentre si svolgevano i lunghi e complessi rituali funerari, erano in corso altre attività ad essi collegate. Nel basamento antistante la piramide, sul lato est, sono state scavate tre grandi fosse per le barche. Probabilmente vi erano state deposte le barche sacre che avevano trasportato il corpo del faraone e il suo corredo dalla sua residenza di Memfi fino al tempio a valle.

A giudicare dalla loro forma, le barche erano state trasportate fin lì e calate dentro le fosse ancora intere. Forse perché esse avrebbero dovuto servire per traghettare il faraone nel suo viaggio nel mondo ultraterreno. Alla fine questi tre scafi erano stati coperti e protetti da lunghi blocchi di marmo. Anche quelli, probabilmente, predisposti già da molto tempo.

Le barche solari.

Nel 1954, dopo lo sgombero dei detriti che si erano accumulati sul lato sud della piramide, sono state scoperte altre due fosse per le barche, ancora ricoperte da due file di blocchi di marmo. Ciascuna di esse è lunga 35 metri, profonda cinque e mezzo e ha richiesto lo scavo di 600 metri cubi di roccia.

Pochi anni dopo ne è stata aperta una rimuovendo 41 blocchi di marmo lunghi quattro metri e pesanti in media 16 tonnellate ciascuno. Le loro superfici laterali, in tutto circa 600 m² (1200 per le due fosse), erano state spianate in modo che combaciassero perfettamente.

Sul fondo è stata trovata un'imbarcazione smontata, che negli anni successivi è stata ricostruita. Essa è lunga 43 metri e oggi è conservata in un edificio costruito accanto al luogo del ritrovamento. È sorprendente la quantità di lavoro che ha richiesto la conservazione di questa imbarcazione smontata, che probabilmente aveva navigato una sola volta per 40 chilometri trasportata dalla corrente del Nilo!

Qualche anno fa è stata aperta anche la seconda fossa. Anch'essa conteneva una imbarcazione smontata, con il legno non altrettanto ben conservato, che in questo momento è in fase di restauro.

Forse su queste due imbarcazioni avevano viaggiato dei passeggeri illustri, probabilmente i familiari più stretti del faraone, che avevano seguito il corteo fluviale che lo ha trasportato dalla sua residenza fino al tempio a valle.

Ma perché queste due barche sono state conservate proprio lì? Perché questo era il luogo, alla base della piramide, più facile da raggiungere.

Anche smontate queste due imbarcazioni di legno di cedro erano difficili da trasportare. Basti dire che le due assi del fasciame più grandi, che si trovano sul fondo dello scafo, sono lunghe 23 metri e hanno uno spessore compreso tra i 30 e i 40 centimetri (informazione tratta dal libro “The Boat Beneath the Pyramid” – di Nancy Jenkins).

Dopo aver navigato sul Nilo da Memfi fino al tempio a valle, compiuta la loro missione, le due imbarcazioni hanno risalito la corrente del fiume a forza di remi per qualche centinaio di metri. Poi hanno imboccato il canale artificiale e, sempre a forza di remi, lo hanno percorso fino alla darsena. Da lì, forse dopo essere state smontate, sono state trasportate lungo la rampa est ovest fino al punto di svolta. La rampa sud era stata da tempo smantellata, ma era stata sostituita da una strada per il trasporto del calcare bianco di Tura con cui sono state rivestite le grandi mastabe che si trovano su questo lato della piramide. Su questa stessa strada sono state trasportate anche le due barche solari, che poi sono state conservate nelle due fosse scavate ancora più vicino alla base della piramide.

La fine del grande cantiere.

Adesso che il faraone è stato sepolto dentro la sua immensa piramide, è venuto il momento di sigillarne l'ingresso. I blocchi tappo vengono trainati lungo la rampa fino a raggiungere l'area di manovra davanti al corridoio discendente. Ad uno ad uno vengono spinti giù, lungo il piano inclinato. Quando anche l'ultimo tappo è stato inserito, l'ingresso è stato chiuso con una lastra di marmo lavorata con grande maestria da abili tagliapietre, in modo che potesse confondersi tra le altre pietre del rivestimento.

Subito dopo anche l'ultima rampa è stata smantellata e finalmente un alto muro ha circondato la piramide. Il grande cantiere è stato definitivamente chiuso.

ALCUNI DATI SULLA GRANDE PIRAMIDE

Lunghezza del lato base m 230

Altezza m 146,50

Superficie alla base m² 52.900

Superficie esterna: m² 85.700

Volume m³ 2.583.283

Peso ton 6.458.000 (di cui il 95% calcare grezzo di riempimento e il 5% marmo).

Pendenza delle facciate: 51,51°

Pendenza dei corridoi: 26,31°

Volume della piramide (troco di piramide) all'altezza di m 20; m³ 920.000 (35.6% del volume complessivo).

Volume della piramide (troco di piramide) all'altezza di m 34; m³ 1.542.000 (59.8% del volume complessivo).

Volume della piramide all'altezza di m 45; m³ 1.723634 (66,7% del volume complessivo).

Volume della piramide all'altezza di m 60; m³ 2.051.000 (79,4% del volume complessivo).

Volume della piramide all'altezza di m 65; m³ 2.138.000 (82,8% del volume complessivo).

Superficie della piattaforma all'altezza di m 20; m 198,6 X 198,6 = m² 39.442

Superficie della piattaforma all'altezza di m 34; m 166.6 X 166.6 = m² 27.756

Superficie della piattaforma all'altezza di m 45; m 164 X 164 = m² 25.408

Superficie della piattaforma all'altezza di m 60; m 135,8 X 135, 8 = m² 18.442

Superficie della piattaforma all'altezza di m 65; m 128 X 128 = m² 16.384

BIBLIOGRAFIA

L'architettura delle piramidi menfite - V. Maragioglio e C. Rinaldi - Torino-Rapallo - 1964 / 1975

Storia delle piramidi - Franco Cimmino - Milano 1990 - Rusconi

L'enigma delle piramidi - Kurt Mendelssohn - Milano 1990 - Mondadori

La civiltà egizia - Alan Gardiner - Torino 1997 - Einaudi

The Boat Beneath the Pyramid – Nancy Jenkins – Holt, Rinehart and Winston – New York 1980

Ancient Egyptian Materials and Industries – A. Lucas and J.R. Harris – Dover Publications, inc. - Mineola, New York – 1999

Egyptian Woodworking and Furniture di Geoffrey Killen.

Il segreto delle piramidi - Georges Goyon – Newton Compton Editori – Roma - 1990

L'antica medicina egizia – Giuliano Imperiali – Xenia Edizioni - 1995

Il segreto dei geroglifici – Christian Jacq – Edizioni PIEMME

I grandi monumenti dell'antico Egitto - Christian Jacq – Mondadori