

**Traduzione ed analisi comparata con fonti
antiche greche e romane**

Sezione VI (Capp. 20–24)

estratto da:

L'ESTRAZIONE DELLE ACQUE NASCOSTE

TRATTATO TECNICO-SCIENTIFICO DI KARAJĪ
Matematico-ingegnere persiano vissuto nel mille

Giuseppina Ferriello



Published by:

Kim Williams Books

Corso Regina Margherita, 72
10153 Turin (Torino) ITALY
<http://www.kimwilliamsbooks.com>

Cover illustration: Domenico Guiola, *Qanāt*, acrilici su tela, 2006

Cover design by:

Contesta
Fucecchio (Florence) ITALY
contesta@contesta.it

All Rights Reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopy, recording, or any other information storage and retrieval system, without prior permission in writing from the publisher.

ISBN-10: 88-88479-16-3
ISBN-13: 978-8888479163

Copyright © 2006, 2017 Giuseppina Ferriello e Kim Williams Books

Premessa

La trascrizione

La lingua persiana e la araba hanno origini diverse pur utilizzando molti caratteri alfabetici simili e malgrado la presenza di numerosi termini traslati da una lingua all'altra: la persiana con le radici indo-arie, la araba con le origini semitiche. L'adozione di caratteri alfabetici detti arabi" in Irān è successiva all'avvento della dominazione islamica; in precedenza, infatti, si adoperava la scrittura *pahlavi*. Diverso è pure il numero delle lettere: le arabe corrispondono al calendario lunare (28), le persiane al solare (32).

ا	ā â	ض	ẓ
ب	b	ط	ṭ
پ*	p	ظ	ẓ
ت	t	ع**	'
ث	th/s	غ	γ/ġ
ج	j/ġ	ف	f
چ*	c	ق	q
ح	ḥ	ک	k
خ	x/kh/ḫ	گ*	g
د	d	ل	l
ذ	z/dh	م	m
ر	r	ن	n
ژ*	z	و	u, ū v, ow, o
ز	z	ه	h
س	ṣ	ي	i, ī, y, ey, iy, e
ش	š/sh	ة***	t
ص	ṣ		

*Tale lettura viene letta dh in arabo.

**Nella lettura la 'ain determina una interruzione brusca di suono.

***La lettera ta marbuta – cioè ta legata – indica il genere femminile e non viene conteggiata fra i simboli alfabetici.

Avvertenze:

Le immagini della strumentazione di cantiere

Le immagini della strumentazione sono tratte dalla versione persiana di Ḥ. Xadivjam; quelle applicative da Ġ. Kuros (*Āb va fann-e ābyārī dar Irān-e bāstān* cit.). Le figure con le trascrizioni alfabetiche latine sono rielaborazioni.

La traduzione

La suddivisione degli argomenti è quella predisposta da Karajī. La cifra araba in carattere italico fra parentesi quadre segnala i capitoli corrispondenti alla ripartizione indicata nel paragrafo *L'Estrazione delle acque nascoste il contenuto e la sua organizzazione* e nelle relative note.

La terminologia, la suddivisione e la relativa indicazione di capitoli e di paragrafi rispecchiano fedelmente il testo persiano, anche laddove la sostituzione di qualche lemma avrebbe consentito di precisare meglio il significato. L'adozione della traduzione filologica lascia invariate alcune contraddizioni più o meno palesi.

Per agevolare il confronto con possibili fonti greco-romane, la versione è stata ripartita in sezioni, ciascuna delle quali reca alla fine un breve commento ed alcuni riferimenti significativi.



L'Estrazione delle acque nascoste

Sezione VI (Cap. 20 – 24)

[p. 106]

[Capitolo N° 20]

CAPITOLO

INFORMAZIONI CIRCA LA REALIZZAZIONE DELL'ACQUEDOTTO

Se si tiene presente quanto è stato detto e si vuole realizzare un *kāriz* e si è impegnati nella ricerca del sito adatto, bisogna ricordare che il posto migliore per lo scavo dell'acquedotto è rappresentato da pianure aperte fra monti contenenti umidità e neve perenne, oppure da terreni compresi fra le gole di quei monti. Oltre questi due siti, anche le steppe comprese fra catene di montagne umide e collegate nel senso della lunghezza sono adatte per scavare il *kāriz* (20.1).

Se si dispone di siffatti siti per scavare l'acquedotto, non vi si rinunci; se si dispone di una steppa circondata dai predetti monti – ma ricchi di vegetazione fresca e verdeggiante – nel sottosuolo c'è abbondante presenza di acqua ed ivi si scavi. Infatti, la quantità d'acqua nascosta sotto questi tipi di terreni è sempre uniforme e non diminuisce in relazione alla poca pioggia o alla poca neve. Ricordando quanto è stato detto prima, non è difficile individuare il sito adatto per realizzarvi il *kāriz*.

[p.107] È preferibile iniziare a scavare l'acquedotto nella stagione in cui l'acqua è poca, cioè nei mesi di *šahrivar*²²² e di *mehr*.²²³ Se il terreno del suolo del *qanāt* non è molle, bisogna che le gallerie siano più lunghe e più ampie del solito. Se, invece, il terreno è molle e privo di resistenza, occorre realizzare la galleria stretta ed il suo fondo deve avere la superficie tondeggiante e non piatta. Se, lungo la larghezza e la lunghezza dell'appezzamento di terreno esistono numerose falde e sorgenti, gli acquedotti realizzati in tali tipi di terreni saranno ricchi d'acqua, soprattutto se il colore del suolo tende al nero.

²²² 23 agosto – 22 settembre.

²²³ 23 settembre – 22 ottobre.

Una volta trovato il sito adatto, nei posti in cui si intende realizzare l'apertura o il *mazhar* del *qanāt* – partendo dal posto a quota più bassa si procede verso il sito più alto in direzione del luogo in cui si intende realizzare il pozzo *gomāne* (20.2). Quindi, si scava il pozzo *gomāne* fino a raggiungerne l'acqua; se l'altezza del livello dell'acqua entro il pozzo di sondaggio è più alta del livello del *mazhar* o dell'uscita del *qanāt*, si stabilisce che tale sito sia il punto di partenza e base del *qanāt*. Se, invece, il pozzo di sondaggio non è allo stesso livello dell'uscita del *kāriz*, si livella e si realizza un altro pozzo di sondaggio, quanto più la distanza è grande, tanto più è indispensabile che ci si attenga a quanto esposto. Le gallerie scavate a partire dal pozzo *gomāne* verso la parte più bassa dovranno trovarsi all'asciutto; mentre, le gallerie ubicate nella zona alta dovranno essere orientate verso la sorgente ed il serbatoio. Se non è possibile realizzare il *qanāt* in un suolo duro, occorre scavare nella terra molle ma, se all'atto dello scavo della parte secca ci si imbatte in terreno maleodorante, allora bisogna cambiare la direzione della galleria (20.3). Gli antichi hanno prescritto di evitare la realizzazione degli acquedotti in terreni caratterizzati da cattivo odore.

[p. 108]

[Capitolo N° 21]

CAPITOLO

SUL MANTENIMENTO DELLA LINEARITÀ DI GALLERIE SCAVATE NELLE ZONE SECHE DEL *QANĀT* E NELLA SORGENTE D'ACQUA

La maggior parte dei *moqanni* che esercitano questo mestiere e che ho avuto modo di osservare nello scavo delle gallerie e dei fori nella zona asciutta proseguono con andamento tortuoso e disuguale ed abbassano il fondo della galleria in misura superiore al necessario. Allora, dopo avere aperto il tratto compreso fra la galleria ed i pozzi, realizzano i tratti asciutti ed eliminano le obliquità della galleria allargandone i fianchi. Questa operazione rappresenta un considerevole danno per l'acquedotto, soprattutto se il terreno del *qanāt* è cedevole.

Se si vuole che le zone asciutte dell'acquedotto si mantengano piane e dritte, non esistono che due tipi di sistemi: o si scava la galleria nel prolungamento del pozzo noto, oppure non è così.

[p. 109] Nel caso in cui la galleria non venga scavata a lato del pozzo noto occorre che essa sia scavata in modo che si mantenga dritta e che la base del traforo non si trovi né più in alto né più in basso.

Per mantenere questa uniformità, bisogna scegliere un pezzo di legno lungo tre cubiti, largo quattro dita ed a sezione quadrangolare. All'estremità di questa riga, in posizione perpendicolare, viene installato un altro pezzo di legno la cui

altezza sia di circa un cubito. All'estremità pende in perpendicolare un sottile filo a piombo. Nella parte inferiore del legno verticale fissato alla predetta riga, c'è un foro a forma di semicerchio in modo che il succitato piombo appeso in posizione verticale sia sempre alloggiato entro la cavità. Sull'asta verticale, inoltre, si traccia una retta verticale nel senso della lunghezza della riga ed a partire dal punto in cui è situato il foro del filo a piombo.

L'immagine è la seguente (fig.12):

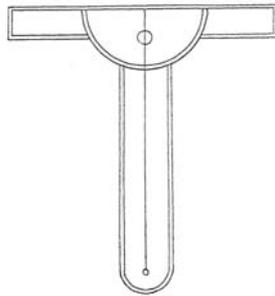


Fig. 12.

Da: H. Xadivjam

Il *moqanni* porta con sé questo attrezzo di legno ed inizia lo scavo della galleria o del fondo del pozzo. Quindi, dopo che ne è stato scavato un cubito, piazza questo legno sul fondo del pozzo o sul fondo della galleria scavata, se esiste un poco di eccedenza nella galleria o in qualsiasi altro luogo, esso rientra rispetto al filo a piombo. Se, invece, il filo a piombo capita proprio sulla retta tracciata sull'attrezzo, il lavoro è stato eseguito in maniera corretta. Se, però il filo si inclina, il lato situato dalla parte opposta è più in basso. Quindi, quel sito viene innalzato di una certa quantità, in modo che sia a livello col fondo del pozzo, viceversa viene abbassato della quantità che ha causato l'errore; poi si passa a scavare per un altro cubito e si procede al livellamento con l'attrezzo di legno fino a che siano stati scavati tre cubiti dritti e corretti. [p. 110] Indi, se il *moqanni* vuole che il fondo della galleria scavata si mantenga così come si è detto, lo controlla con questo attrezzo nella maniera esposta. Se vuole, può installare un cuneo nel soffitto dell'altro tratto di galleria e legare una corda a quel cuneo. Scavata una certa quantità di galleria, bisogna tesare la fune di quel tanto che corrisponde allo scavo. Se lungo la fune vi è [sempre] la stessa distanza fra il soffitto ed il pavimento, vuol dire che tutte le parti del traforo sono corrette, la dimensione deve essere la stessa anche in corrispondenza del cuneo fissato nell'altro tratto della galleria, allora vuol dire che l'operazione di scavo è stata condotta in modo corretto. Se, invece, le misure differiscono, vuol dire che le operazioni di scavo non sono esatte.

Se il *moqanni* rileva che la distanza fra il soffitto della galleria e la fune è superiore della predetta dimensione, è certo che quel punto non è a livello, quindi bisogna abbassarlo oppure innalzarlo.

L'altezza della galleria in ogni punto deve essere sempre la stessa e non deve differire. Un *moqanni* esperto, ogni tre cubiti di scavo, riesce a capire se il lavoro è dritto e corretto; per continuare il lavoro in maniera corretta, gli basta traguardare la direzione.

Allorquando il *moqanni* traguarda con un solo occhio dal fondo della galleria in cui è impegnato a scavare, se non scorge un pò dell'apertura del traforo, allora è chiaro che lo scavo è sbagliato; quindi, bisogna intervenire dal lato verso cui è occlusa l'apertura della galleria per eliminare l'eccedenza o lo scarto, oppure il *moqanni* deve curvare verso sinistra o destra di quel tanto che corrisponde alla deviazione.²²⁴

Migliore dell'attrezzo fin qui illustrato è un tubo di ottone nella cui apertura possa entrare il dito mignolo e la cui lunghezza sia di un palmo e mezzo. Alle due estremità di tale tubo bisogna montare due anelli, nei quali far passare una sottile catena, oppure un filo ritorto; le altre due estremità di questi fili saranno legate una all'altra. La lunghezza dei due fili deve essere della stessa dimensione [p. 112] e ciascuna dimensione deve essere di un cubito e mezzo. In corrispondenza del punto in cui i due capi sono collegati, bisogna mettere un anello e collegarlo, a sua volta, ad una fune.

Una volta che il tubo è stato sospeso all'anello, bisogna collocarlo in posizione retta. È necessario, inoltre, che la linea tracciata lungo il tubo capiti a metà del tubo e sia perfettamente orizzontale. La prova di questa operazione è la seguente: da una distanza di circa quindici cubiti ci si mette dietro questo tubo collocato in prossimità della parete e lo si appende – tramite il suddetto anello – all'estremità di un legno; quindi, si traguarda la parete attraverso il foro in modo da ottenere il punto di confluenza tra il suo raggio e la parete. A questo punto, si avvicina a sé l'estremità del tubo che è vicina alla parete e si contrassegna sulla parete l'altra estremità mentre si traguarda dal foro del tubo. Se si individua il contrassegno sulla parete, vuol dire che non c'è stato alcun errore nella costruzione del tubo ed esso non è difettoso; inoltre, i due fili di ferro ritorto passanti dalle estremità del tubo si trovano in posizione orizzontale. Se, invece, esiste divergenza, si corregge la posizione. Si veda la figura seguente (fig.13):

²²⁴ Nella versione araba il capitolo è molto confuso.

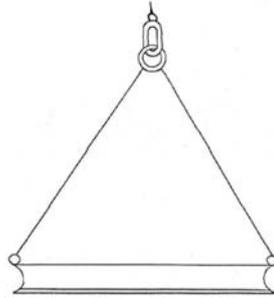


Fig. 13.
Da: H. Xadivjam

Una volta ultimata questa prova, grazie a questo strumento, se si vuole controllare se la direzione della galleria nel terreno è esatta e se lo scavo del *qanāt* non è realizzato sul prolungamento del pozzo di sorgente e si vuole, inoltre, impedire che la galleria sia storta, la strada è questa qui: si scavi un cubito e mezzo della galleria in questione. Quindi, si appenda il tubo al centro del soffitto del tunnel e, attraverso il suo foro, si guardi in direzione del pozzo da cui è iniziato lo scavo. Si appenda col filo una sferetta grande quanto una ghianda, o poco più, al foro del tubo che è posto davanti a sé e lateralmente al pozzo.

[p. 113] La distanza di questa sfera dal pavimento del pozzo deve essere uguale alla misura dell'altezza del tubo sospeso al soffitto del pozzo, in modo che questa palla possa essere vista attraverso il foro del tubo. A questo punto, si inizia lo scavo; una volta che è stato scavato un troncone di questo tunnel – nel modo su esposto – si installa questo tubo nel soffitto della porzione scavata e, come si è già detto, guardando attraverso il suo foro, si mira la suddetta sfera. Se la si individua ed è possibile osservare anche la parte circostante, [p. 114] vuol dire che il lavoro di scavo è stato eseguito in modo corretto; se, invece, non è possibile mirare questo contrassegno, vuol dire che è stato fatto qualche errore. In tal caso, una delle quattro direzioni cardinali è errata. Allora si orienta il tubo in direzione del punto cardinale verso cui propende la sferetta. Se la pallina propende verso l'alto, allora bisogna sopraelevare il pavimento della galleria; se, invece, essa propende verso il basso, allora bisogna abbassare il pavimento; se, viceversa, è inclinata verso destra, bisogna piegare a sinistra; se è inclinata verso sinistra, di contro, bisogna scavare verso il fianco destro. In tutti questi casi, cioè, occorre invertire lo scavo rispetto alla direzione verso cui si inclina la sferetta. Se qualcuno è abile nel procedere in questa maniera, potrà avanzare anche nel caso in cui non sia stato ancora scavato il pozzo di areazione. Se, invece, si vuole scavare la galleria in direzione di un pozzo noto e determinato, a livello del suolo si colloca una fune sul prolungamento fra il pozzo da cui è stato iniziato lo scavo ed il pozzo al quale si vuole che arrivi il

tunnel, in modo tale che questa corda suddivida in due semicerchi l'imboccatura di ambedue i pozzi e passi per il centro di ciascuno dei due. Quindi, da questa corda all'imboccatura del pozzo iniziale si appendono altre due corde distanti un cubito dal fondo del pozzo da cui si è cominciato. A questo punto, si inizia lo scavo del tunnel. Scavatone un tratto, dal primo troncone scavato si traguarda con un occhio in direzione delle due corde. Se si vede che la prima corda nasconde la seconda, vuol dire che il lavoro è stato eseguito bene; se, invece, esse divergono, vuol dire che si è sbagliato. In tal caso, si devia dalla parte verso cui c'è l'inclinazione e si prolunga lo scavo verso il lato della prima corda, cioè [p. 115] la corda più vicina all'operatore. Se lo scavo avviene all'asciutto ed un tratto della galleria è stato eseguito in direzione delle due corde, dopo si appende il tubo come è stato innanzi detto in modo da identificare – attraverso il suo foro – le due corde come se si trattasse di una sola fune. A questo punto, si appende – come è stato già descritto – la sfera al tubo posto di fronte, si mettono da parte le corde e si procede a scavare secondo consuetudine. In tal modo, certamente si raggiunge il pozzo principale di ispezione senza deviare e senza sbagliare.

Se, viceversa, lo scavo deve avvenire nella zona bagnata del *qanāt*, si inizierà più facilmente a scavare partendo dalla zona asciutta; infatti, il livello d'acqua nel *qanāt* segnala depressione ed altitudine. Qui il *moqanni* deve solo guardarsi dal deviare verso destra o verso sinistra.

Dopo che lo scavo del *qanāt* è stato ultimato, bisogna mantenere costante il livello dell'acqua dal principio alla fine; il soffitto va mantenuto dritto e la pendenza del pavimento del *qanāt* deve essere di un cubito ogni parasanga dall'inizio della fonte alla prima apertura o *mazhar*.

[p. 116]

[Capitolo N° 22]

CAPITOLO

COME SCAVARE POZZI CHE PRESENTANO DELLE CURVE LUNGO LE GALLERIE

Quando si traforano i pozzi del *qanāt* e lungo il cammino ci si imbatte in ostacoli, oppure si incontra una curva, il tunnel viene deviato, alla fine è necessario ricorrere allo scavo di un altro pozzo in quel sito, bisogna preparare un compasso di legno o di metallo che abbia le superfici esterne corrispondenti perfettamente lisce e pulite.

Si scelga anche un regolo su cui siano riportate delle suddivisioni chiare e precise – di qualsivoglia misura – e, quindi, si scenda nel pozzo da cui inizia lo scavo della galleria. Si pianti un cuneo di legno al centro di quel pozzo in corrispondenza della curva fin tanto che è possibile ed in modo che esso non sia

inclinato; una volta arrivati alla curva, si allacci una corda sul fianco della galleria nel punto in cui è stato piantato il cuneo, si tiri la fune e la si leghi a quel sostegno. A questo punto, ci si metta in corrispondenza dell'inizio della curva [p. 117] e si raggiunga il punto in cui la galleria presenta un'altra curva; anche qui si pianti un altro cuneo a cui legare la fune nel modo descritto. Si compia la medesima operazione lungo tutto il percorso della galleria così come è stato già detto.

La lunghezza della fune deve essere sufficiente a coprire tutto il percorso del tunnel. Non c'è dubbio che si formi un angolo in corrispondenza dei punti in cui la fune è legata. Tale angolo viene misurato col compasso ed il regolo. La modalità operativa è la seguente: si mette la cerniera del compasso nel punto in cui è legata la fune, si apre il compasso di quel tanto da far combaciare i due bracci con i due tratti di fune dei quali uno è a destra e l'altro a sinistra. Quindi, dal momento che i due bracci del compasso sono collocati in corrispondenza dei due pezzi di fune, con l'aiuto del regolo si misura l'apertura del compasso appuntando la grandezza. Allo stesso modo si procede misurando tutti gli angoli, sempre servendosi del regolo e ricordando tutte le rispettive ampiezze, cioè il valore del primo angolo, quello del secondo, quello del terzo e così via fino all'ultimo. In tal modo si ottiene la misura della lunghezza della fune dal centro del pozzo fino al primo cuneo ed anche la quantità di fune compresa fra il primo ed il secondo cuneo; allo stesso modo si procede per tutta la lunghezza fino all'ultimo cuneo e all'estremità della galleria, cioè il centro del pozzo che si intende scavare. Dunque, appuntando tutte le dimensioni: del primo tratto, del secondo, del terzo e così via fino all'ultimo. A questo punto, si esce dal pozzo ed in esso si calano due funi delle quali ciascuna porta all'estremità una livella legata al regolo collocato sull'imboccatura del pozzo. Il regolo sul pozzo deve trovarsi sul prolungamento delle funi delle due livelle ad esso collegate. Allorquando [p. 118] si traguarda dalla postazione in cui è il primo tratto di fune dentro la galleria, le due funi combaciano ed appaiono come se fossero una sola.

Allora, a livello del suolo, mettendosi nella stessa direzione del regolo collocato all'imboccatura del pozzo, si tira la fune la cui lunghezza, da un capo all'altro, deve passare per il centro del pozzo ed essere esattamente uguale al primo tratto di fune che si trova all'interno della galleria. Quindi, si fa deviare il resto della fune della stessa quantità pari al primo angolo misurato dentro il tunnel. Poi si procede col secondo tratto, anche in questo caso si procede col confronto del secondo angolo. Si continua alla stessa maniera al di sopra del suolo così come si è proceduto all'interno della galleria sorpassando, così, il gomito. La fine della corda corrisponde esattamente al sito in cui è scavato il pozzo. Segue la figura del compasso, del regolo e della fune installata all'interno della galleria.

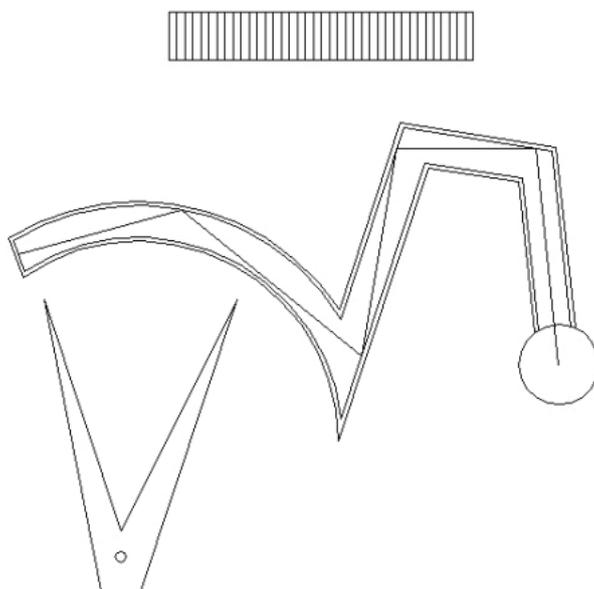


Fig. 14.
Da: H. Xadivjam

[p. 120]

[Capitolo N° 23]

CAPITOLO

COME PROTEGGERE L'ACQUEDOTTO DALLA DISTRUZIONE

Per la manutenzione del *qanāt* occorre che venga effettuato il dragaggio e sia tenuto pulito; bisogna, soprattutto, fare attenzione al *mazhar* (pozzo principale a valle) quando in esso c'è molta melma e sul suo letto vi cresce il muschio. Un'altra operazione indispensabile all'acquedotto consiste nel proteggerne gli orifizi dei pozzi – nella stagione invernale – con mattoni e ricorsi di pietra. Se questo non è possibile, bisogna costruire degli archi di mattoni crudi sull'imboccatura dei pozzi. Un altro accorgimento consiste nell'estrarre dalle bocche dei pozzi – al momento in cui viene effettuato lo scavo – la melma e di mescolarla con pietre o mattoni cotti o argilla, poi collocare la melma estratta dal traforo dietro una parete che circonda l'imboccatura del pozzo in modo da evitare che in questo penetri l'acqua. La parete che circonda l'orificio del pozzo deve essere rilevata ed essere collocata completamente al di sopra dell'imboccatura del pozzo. Questo è il migliore accorgimento per preservare il *qanāt* dalla distruzione ed i proprietari lo attuano spesso per prevenire l'ostruzione delle bocche dei pozzi e per realizzare una costante pulizia del

qanāt. Infatti, è soprattutto la putredine dell'acquedotto a provocare la distruzione delle imboccature dei pozzi. Un altro espediente per proteggere l'acquedotto consiste nell'effettuare un'ispezione di frequente – una volta al mese – al suo interno [p. 121] ispezionando accuratamente sia i lati, sia il corso per estrarre una certa quantità di melma che può essersi accumulata nel sito. Un altro sistema consiste nell'effettuare il dragaggio del *qanāt* all'inizio di ogni anno. Se alcuni pozzi dell'acquedotto straripano nel condotto, bisogna occluderne l'imboccatura con pietre e mattoni ed ai lati mettere una certa quantità di calce e fango, in modo che non ricada all'interno del pozzo e della galleria; quel luogo, inoltre, deve essere rilevato a mò di collinetta naturale. Il fango utilizzato deve essere impermeabile. È ancor meglio collocare delle pietre alla sommità di tali collinette.

Non è opportuno che il punto di fuoriuscita della galleria del *qanāt* venga realizzato in una vallata, eccetto nel caso in cui la terra di questi tipi di suoli sia dura ed appiccicosa. La realizzazione dell'acquedotto nella terra molle, infatti, è dispendiosa, tranne nel caso in cui la terra sia viscosa e la galleria venga coperta con volte di mattoni.

Se il *qanāt* è situato in una valle, oppure in un letto di fiume e, durante le stagioni di piena, l'acqua oltrepassa le bocche dei pozzi e non è possibile sopraelevarle così come è stato detto, bisogna che le imboccature dei pozzi situate nel luogo della tracimazione siano ricoperte per metà con argilla e siano consolidate. Il sistema per colmare tali pozzi è il seguente: si scavi ad ambedue i lati della parete, si ricostruisca, quindi, con pietre e mattoni la parte che è stata scavata in modo tale che la zona tagliata sia stata sopraelevata di cinque palmi, in modo da sporgere di due o tre dita nel pozzo e da raggiungere il bordo. Successivamente, sopra tale bordo, si mettano delle lastre di pietra e vi si versi dell'argilla in modo da raggiungere la bocca del pozzo. In luogo del letto di pietre è anche possibile utilizzare delle volte di mattoni. La malta di argilla, utilizzata per questa parete deve essere costituita da terreno coloso che contenga dell'umidità primaria.

[p. 122] Se l'acqua della fonte fuoriesce abbondantemente da tutti i lati del traforo ed il terreno non è appiccicoso, il rimedio è costituito dai *tanbuše* di terracotta. L'ampiezza della condotta deve essere tale da consentire ad un uomo di entrare al suo interno. Ai lati dei *tanbuše* vanno praticati numerosi fori in modo per rendere possibile il trasudamento dell'acqua.

[p. 123]

[Capitolo N° 24]

CAPITOLO**SULLA RIMESSA IN ESERCIZIO DI UN CONDOTTO**

Talvolta, l'acqua del *kāriz* viene impedita nel defluire a causa del versamento di melma proveniente dalla zona sottostante, dal soffitto, oppure dalle bocche dei pozzi. Nel caso in cui le parti franate siano costituite da pietre, l'ostruzione dell'acqua può essere parziale, oppure totale.

Può anche accadere che, a causa dello smottamento, la quantità d'acqua stagnante, o l'altezza dei fanghi franati, sia elevata o ridotta. Nel caso si tratti di una quantità limitata, è facile liberare la strada all'acqua. Nella fattispecie, si fa scorrere dell'acqua nel posto in cui è caduta la frana; è probabile che il corso dell'acqua – senza che siano state prese particolare misure precauzionali e semplicemente di per sé – riprenda a defluire, soprattutto se si tratta di una mistura di terra. Io, pertanto, ritengo che, in prossimità del luogo in cui si è verificata l'ostruzione, si debba effettuare il dragaggio ed aspettare alcuni giorni, il tutto va a posto da sé e l'acqua riprende a scorrere. Lo stesso accade se, nel fondo della galleria, si scava un bacino in prossimità del sito franato. Se l'acqua non riprende la sua strada in uno di questi due modi e nei pozzi aumenta il livello dell'acqua, si può ripristinare il deflusso per mezzo di una perforazione. La modalità operativa è la seguente: si pratici un foro tale che, fra esso e l'acqua stagnante, [p. 124] vi sia un intervallo di tre cubiti od anche meno. Quindi, si prenda un asse di legno lungo più di tre cubiti; alla sua estremità si metta una pesante punta di lancia in modo che, con essa, si possa facilmente estirpare l'ostacolo. Con l'aiuto di questo utensile, si pratici un foro ampio quattro dita ed in modo che l'altra estremità possa raggiungere l'acqua. A questo punto, si può uscire dalla galleria affinché l'acqua depositata riprenda a scorrere e la galleria sia ampliata.

Se, invece, l'altezza dell'acqua è ridotta, si può ripristinare il corso d'acqua ostruito dalla frana. Si opera in questo modo: il *moqanni* entra nel pozzo ed estrae il fango fino a raggiungere la terra argillosa. Allora, sulle pareti del pozzo, con l'aiuto di assi di legno, formerà dei marciapiedi – che si inoltrano nella galleria in alcuni tratti – in modo da potere avanzare comodamente. A questo punto, il *moqanni* si colloca su tali marciapiedi e con una pala estrae la melma dal pozzo, in modo da liberare a poco a poco l'acqua. Quando resta ben poco da rimuovere, l'acqua può riprendere a scorrere da sola.

Se, di contro, l'acqua è bloccata al centro della galleria, occorrerà scavare dal livello di campagna fino al sito dell'ostacolo per raggiungere il sito bloccato e, una volta raggiunto, rimuovere [l'ostacolo] nel modo detto innanzi.

Commenti Sezione VI

L'attrezzatura fondamentale utilizzata dal topografo per i livellamenti dei suoli è costituita da compassi, aste graduate con filo a piombo, corde, cunei di legno, misuratori, trapezi di facile costruzione. Le operazioni descritte dall'autore sono tecnicamente corrette, comprensibili ed oltretutto integrate da immagini di strumenti da topografo.

Le analogie più immediate si riscontrano col traguardo di Erone Alessandrino. Alle traduzioni dei suoi testi effettuate in ambito islamico accenna già il Venturi nei primi decenni dell'Ottocento.²²⁵ L'autore greco era stato tradotto almeno dai Banū Mūsā', da Ṭhābit b. Qorrāh, Qusṭā b. Lūqā al-Ba'albakī, da Abū Nūh, da Abū Ja'far al-Xwāzini al-Xorāsāni. Quest'ultimo aveva compilato una propria opera sulla Diottra ispirata alla omonima di Erone da lui peraltro tradotta.

Capitolo 20

Karājī ritorna su argomenti già precedentemente accennati e li arricchisce con diversi suggerimenti di ordine pratico. In particolare si sofferma sulla presenza di esalazioni maleodoranti provocate da gas e sulla friabilità del terreno in cui bisogna scavare pozzi e gallerie.

20. 1. Conseguenza di quanto scritto al § 2. 13 a proposito delle montagne e delle rocce che rivelano presenza di acqua.

20. 2. Per la terminologia delle varie parti dell'acquedotto, cfr.: La ragione del trattato: i *qanāt* (acquedotti sotterranei persiani), in questo lavoro.

20. 3. 1. A proposito dello scavo di pozzi e di gallerie di acquedotti sotterranei, Vitruvio aveva scritto:

[...] *Est enim uti reliquie res et quattuor principiis composita. Et primum est ipsa terrena habetque ex umore aquae fontes; item calores, / unde etiam sulphur, alumen, bitumen nascitur; aerisque spiritus immanes, qui, cum graves pe intervenia fistolosa terraeperveniunt ad fossionem puteorum et ibi homines offendunt fodientes, vi naturali vaporis obturant eorum naribus spiritus animales; ita, qui non celerius inde effugiunt, ibi interi/muntur. 13. Hoc autem quibus rationibus caveatur? Sic erit faciendum. Lucerna accensa demittantur; quae si permanserit ardens, sine periculo descendetur. Sin autem eripietur lumen a vi vaporis, tunc secundum puteum dextra ac sinistra defondiantur aestuaria; ita quemadmodum per nares spiritus ex / aestu <ariis> dissipabuntur [...]*

²²⁵ Giambattista Venturi, *Commentarij sopra la Storia e le Teorie dell'Ottica*, Bologna, 1814.

cioè:

[...] Anche il terreno infatti come le altre cose è composto dei quattro elementi: il primo è la terra stessa che però produce dall'elemento liquido le acque sorgive, poi viene il fuoco da cui hanno origine lo zolfo, l'allume, il bitume e infine abbiamo le forti correnti d'aria che quando giungono attraverso i porosi meati del sottosuolo là dove si scavano i pozzi e investono gli operai che stanno lavorando, impediscono loro di respirare, per la pregnanza delle esalazioni, al punto che se non si allontanano in fretta rischiano la morte. 13. Ma come si possono evitare questi rischi? Basta agire nel seguente modo: si cali nel pozzo una lampada accesa, se la fiamma resta accesa allora si può scendere senza pericolo, se invece le forti esalazioni la fanno spegnere allora occorre scavare ai lati del pozzo degli sfiati che consentiranno la dispersione dei vapori, come avviene attraverso le narici [...] (VITRUVIO, *Op. Cit.*, L.VIII |12-13| pp. 396–399).

20. 3. 2. “[...] *sic in terra quoque sunt umoris genera complura. |3| quaedam quae mature durantus (hinc est omnis metallorum fructus, ex quibus petit aurum argentumque avatitia), et quae in lapidem ex liquore vertuntur; in quaedam vero terra umorque, sicut bitumen et cetera huic similia. Haec est causa aquarum secundum legem naturae voluntatemque nascentium. |4| Ceterum, ut in nostris corporibus, ita in illa saepe umores vitia concipiunt: aut ictus aut quassatio aliqua aut loci senium aut frigus aut aestus corrumpere naturam; et suppuratio contraxit umorem, qui modo diuturnus est, modo brevis [...]*”

cioè:

|15, 2| così anche nella terra esistono parecchi tipi di umore: |3| alcuni che ben presto solidificano (da ciò dipende ogni possibilità di sfruttamento delle miniere, dalle quali l'avidità umana estrae oro e argento) e che da liquidi si trasformano in pietra; alcuni invece, come il bitume ed altre sostanze che gli assomigliano, traggono origine dalla putrefazione della terra e dei suoi umori. Così si formano le acque che nascono secondo le leggi e la volontà della natura. |4| Peraltro, come nei nostri corpi, anche nella terra spesso gli umori contraggono alterazioni organiche: o un colpo o una qualche scossa o la degradazione dell'ambiente o il freddo o il caldo ne guastano la natura; e una suppurazione condensa l'umore in uno stato che ora dura a lungo, ora poco (SENECA, *Op. Cit.*, L. III |15,2–4| pp. 406–409).

20. 3. 3. *Sulle esalazioni dei terreni, cfr.: PLINEIO, Op. Cit., L. II, pp. 336–339.*

Capitolo 21

Le operazioni descritte per procedere senza errori nello scavo di gallerie – senza che i moqani avessero a disposizione bussole per l'orientamento – sono tecnicamente corrette, comprensibili ed integrate, oltretutto, da disegni di attrezzi rudimentali dei quali servirsi: regoli, aste graduate e con filo a piombo, cunei di legno, traquadri tutti attrezzi di facile costruzione.²²⁶

Capitolo 22

Lo studioso moderno esperto di storia delle tecniche costruttive – Ğ. Kuros – per quanto concerne le operazioni di scavo si rifà espressamente a Karajī commentando le varie fasi e modalità operative:

«Nel caso che il percorso del primo operaio non procedesse in linea retta fra due pozzi, o nel caso che il moqanni venisse obbligato a cambiare il percorso nel sottosuolo del piškār, si installi un poligono (funicolare) aperto e, dopo, lo si installi pure in superficie. con la misurazione delle angolazioni e delle distanze percorribili si individuava la posizione del moqanni sotto terra [...].

Si può dire che la gente dell'antico Irān per il sistema di irrigazione aveva realizzato apparecchi interessanti per la misurazione e molto simili agli apparecchi moderni [...].

Da quanto riferisce Karajī si capisce che gli apparecchi di misurazione venivano costruiti dagli stessi mastri e che non vi erano mestieri che mettessero in commercio tali strumenti [...]» (Ğ. KUROK, *Op. Cit.*, in particolare il paragrafo: *L'uso del poligono per la ricerca della posizione nel sottosuolo*, pp. 136–137).

²²⁶ Grazie alle dettagliate descrizioni, è stato possibile realizzare modelli funzionanti che vengono presentati in fotografia in questo lavoro. Per la collaborazione nella costruzione si ringrazia il collega arch. Antonio Claps.