

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

Sezione IV (Capp. 15–17)

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	ɣ/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 IV (Cap. 15 – 17)

[p. 52]

[Capitolo N° 15]

CAPITOLO

SULLA SOLUZIONE DI PROBLEMI CHE IMPEDISCONO LO SCAVO

Quindi, dirò che i problemi che ostacolano lo scavo del pozzo e la realizzazione del *kāriz* consistono nell'incappare nella roccia o nel vapore, nella mollezza del terreno, nell'abbondanza dell'acqua della falda, nell'abbondante gocciolare dell'acqua. Quando, all'atto dello scavo, ci si imbatte nella roccia, occorre frantumarla col martello da fucina o col maglio da pietra. Nel caso, invece, che la terra sia molle – oppure quando la roccia è collocata lungo i fianchi del pozzo – occorre estrarre la pietra col piccone. Del resto, questa presenza previene il crollo del pozzo. Inoltre, per i pozzi il cui scavo avviene nel suolo roccioso, l'opera di traforo è agevolata dal piccone da tagliapietre.

Se si vuole sottrarre durezza alla roccia, bisogna collocare sotto di essa del legno che sviluppi un robusto fuoco (15.1) come, per esempio, il legno degli alberi di tamarisco, di quercia, di erpice o di altri arbusti selvatici e di alberi da frutta, i quali sviluppano calore. Oppure, occorre mettere del petrolio sotto il banco di roccia e al di sopra accendere un fuoco moderato. Tutte le rocce che si trovano entro il terreno sono più tenere di quelle che [p. 53] si trovano al di sopra della superficie terrestre e che sono esposte alla luce del sole. Se nel terreno viene sepolto un pezzo di roccia superficiale, le si sottrae durezza; analogamente, se le rocce che si trovano entro la terra vengono esposte all'aria ed alla luce del sole, esse vedono aumentare la propria durezza. Se il terreno del *kāriz* è molle e fine, bisogna scavare un fosso nel fianco del pozzo o nelle gallerie del sottosuolo e collocarvi dei puntelli di pietra come rinforzo.

Quando, invece, è la mollezza della terra ad impedire lo scavo, possono presentarsi alcune ipotesi: che la terra del traforo sia instabile come la sabbia; che ne abbiano prelevato una certa quantità e riempito gli spazi circostanti con sabbia; che il sito dello scavo sia pieno di argilla senza alcuna capacità *šulāt*

(collante) e precipita, il suo residuo esiste di frequente nelle gallerie; oppure che il terreno sia secco e molle ed abbia una ridotta capacità connettiva, non appena vi arriva l'acqua – perciò – essa si sparge dappertutto e cola giù, cioè, intorno al traforo, essa cola in ambedue le direzioni ed il suo imbocco si allarga per poi crollare. Quando, poi, lo scavo è situato in mezzo al fango, aumentano la sua mollezza e la sua instabilità.

Può anche avvenire che il sito dello scavo si trovi in mezzo a sabbia cedevole e che ciò avvenga quando si scava il pozzo, oppure all'atto dello scavo in galleria. Questi tipi di terreni si trovano soprattutto nelle pianure di regioni sabbiose. Fin quanto ho sperimentato, l'altezza di queste sabbie non è eccessiva.

Se, al momento dello scavo, ci si imbatte in questo genere di ostacolo, un *moqanni*, per il proseguimento del proprio lavoro, deve utilizzare degli assi saldi e larghi e costruire delle sagome [di legno] quadrangolari simili a quelle usate per i mattoni. L'apertura di ognuna di queste cassette deve [p. 54] essere della misura del fondo del pozzo con l'aggiunta dello spessore della parete del pozzo che è stato realizzato al suo interno.

La maniera di operare è la seguente: si installa una di queste sagome a quattro lati nel sito dello scavo e si estrae la sabbia dalla sua parte centrale fino a che la sagoma scende al posto che [la sabbia] occupava in precedenza; poi, sopra quel telaio se ne posa un altro o si montano dei vincoli di ferro; di nuovo si tira su la sabbia finché si colloca anche la seconda sagoma entro il pozzo; quindi, al di sopra del secondo telaio se ne mette un terzo estraendo sempre la sabbia dalla parte centrale, e così via fino a che si realizza il tronco del pozzo. Si continua questa operazione fino a raggiungere la roccia. Quando lo scavo ha raggiunto la roccia, si riveste il sito del traforo – da sotto a sopra – con calce e mattoni bianchi e verdi realizzando una parete. Quindi, si completano tutte le parti dello scavo. (15. 2)

Nelle pianure nelle quali ci sono abbondanti sabbie sciolte esiste acqua per il fatto che l'acqua che si infiltra nella sabbia è poca. Sotto i letti dei fiumi, però, nelle parti in cui c'è molta sabbia, sgorgano sorgenti d'acqua. Se, in tali siti, si utilizzano *tanbuše* (tubature di argilla) (15. 3) ampi e preparati della stessa dimensione e si impiegano in luogo delle sagome di legno in pozzi di profondità ridotta, se ne ricava un utile più tangibile (15. 4). Il *moqanni* se ne può servire in luogo del mattone nella costruzione della parete. Infatti, il legno imputrisce, la terracotta, invece, se è stata corretta con buona argilla, sopravvive per lunghi anni. Mentre, se il terreno con cui è realizzata la terracotta non è buono, essa si lesiona, si frantuma e nello stesso tempo crolla. Le più durature sono le terracotte ricavate [p. 55] da argilla priva di arena. Allorquando il terreno è frammisto a sabbia, bisogna separarlo dall'arena filtrandolo per mezzo dell'acqua.

La creazione di trafori nel sottosuolo, in mezzo alla sabbia sciolta o all'argilla scivolosa e priva di collante, invece, è difficoltosa oppure [addirittura] impossibile. Nella maggior parte dei casi, il suo profitto non può essere paragonato con la spesa sostenuta. Inoltre, se la formazione di questo genere di *kāriz* è molto indispensabile e proficuo, nell'eventualità, lo si realizzi scoperto, in modo che sia fattibile scendervi e lavorarvi dentro.

Se il condotto è pieno di buche, si possono utilizzare le citate sagome quadrangolari. Queste sagome devono essere alte e della misura del traforo, dello stesso tipo che abbiamo innanzi descritto. Oltre a ciò, se la lunghezza del traforo è tale che la sua spesa non arreca profitto, quel luogo si può rinforzare con mattoni. Ciò si verifica allorquando il suolo in cui si scava è ricco di sabbia. Questo tipo di terreno si rinviene difficilmente nel [nostro] quarto clima, se, invece, il sito del traforo contiene argilla, per impedire il crollo i *moqanni* di Isfahān si servono di *tanbuše* di due diametri, lunghi cinque spanne e larghi tre spanne, cioè delle dimensioni dello scavo. Quindi, si scava per quel tanto che l'argilla non sprofondi nel terreno e [le tubature] si collocano in quel sito; quindi, si scava un'altra porzione della misura del *tanbuše*, in modo che la tubatura si stabilizzi al proprio posto. Per la posa in opera di ogni *tanbuše* si prosegue alla stessa maniera. Qualora le parti scavate siano poco dritte, colà si creano dei rinforzi con mazze, con cespugli di spine o con altro [materiale] simile, in modo che venga approntato il sito [dove collocare] del *tanbuše* e questo collocato nel luogo dello scavo. I *moqanni* e gli operai che realizzano questi trafori devono confrontarsi con molti problemi. Se la realizzazione e lo scavo del traforo avvengono nel suolo che contiene sabbia, [p. 56] oppure che sia poco dritto, occorre consolidare quella parte ai due lati con mattoni e con pietre e realizzare, in questo modo, il traforo con un'apertura di tre spanne nella parte più bassa e di due spanne ed un terzo nella parte superiore; quindi [bisogna] collocare [sui muretti] un letto di pietre su cui si dispone uno strato di fango. Se non è disponibile lo strato di pietre, occorre formare un rivestimento di mattoni, oppure utilizzare degli ampi *tanbuše*. Bisogna che l'acqua non ristagni entro le gallerie scavate; anzi, occorre che vi sia una moderata circolazione [di acqua] uniforme (15. 5). Infatti, l'acqua stagnante è di impedimento all'ingresso del *moqanni* e, alla fine, comporta la rovina della galleria dell'acquedotto. Tutte le gallerie che sono state scavate in questo modo necessitano di manutenzione e di dragaggio non appena vi si ammucchia della melma.

Fra le stranezze e le meraviglie che ho osservato ad Isfahān c'è che ivi costruiscono delle condotte che hanno il profilo delle aperture di una stessa dimensione e racchiuso ad arco; la strettezza della loro apertura è di dimensione tale che il *moqanni* vi può entrare a fatica. Questi *tanbuše* che vengono installati nel condotto dell'acqua hanno la forma che ho descritto, ma non dritta. Di

conseguenza, entro questi *tanbuše*, fra le numerose pieghe, il fango si accumula e l'acqua rimane a ristagnare all'interno della galleria. Quando si vogliono dragare i tratti ostruiti, si sbarrano l'inizio e la fine della galleria, quindi, con l'aiuto di secchi di cuoio, si estrae l'acqua stagnante in modo che il *moqanni* possa ripulire quel tratto. Se la galleria viene realizzata con i *tanbuše* della forma che ho descritto innanzi, c'è bisogno di eccessiva spesa e di abbondanti scavi. Il *moqanni* di Isfahān per il dragaggio e per l'altra manutenzione potrebbe entrarvi agevolmente nel modo in cui altri *moqanni* entrano nei trafori del suolo.

[p. 57]

[Capitolo N° 16]

CAPITOLO

Allorquando il gas, oppure il miasma del pozzo impedisce lo scavo, a mio avviso, tre possono essere le cause che hanno prodotto gas e vapore all'interno del pozzo e dell'acquedotto (16. 1). La prima è l'eccessiva profondità del pozzo; la seconda causa è dovuta alla lunghezza della galleria; la terza è determinata dalla putredine della terra. Oppure, ciò può verificarsi perché l'apertura dei pozzi [aeratori] dell'acquedotto è ostruita e provoca l'accumulo di gas. La putredine del terreno, però, si verifica allorquando il suolo contiene materiali sulfurei e petroliosi, oppure materiali originati dal catrame e simili, i quali, principalmente, danno origine a vapore ed a gas (16. 2).

Contiene gas ogni pozzo o galleria in cui una fiamma si spegne (16. 3); il più nervoso è il gas che si sprigiona intorno a mezzogiorno. Le più resistenti sono le lanterne che possono restare accese in presenza del gas del pozzo; tali tipi di lampade sono alimentate con olio, con cera, oppure con grasso di maiale, di bue o di montone.

Oltre a questi olii, è adatto anche l'olio di oliva o l'olio di altri semi oleosi.

Ho letto in un antico testo che i migliori e più resistenti olii da lampada in presenza di vapore sono l'olio di oliva e, subito dopo, viene l'olio di cera (16. 4). Quando il *moqanni* avverte che nel pozzo c'è un poco di gas – se questo gas è temporaneo – deve mettere nel pozzo – accanto a sé – una certa quantità di aceto e di anguria, se è la stagione. Se, nonostante questo espediente, il gas non diminuisce, accanto al pozzo occorre scavarne un altro e creare una galleria fra il nuovo pozzo ed il precedente; oppure [usare] un lungo tubo [p. 58] il cui foro sia della misura del fodero del giavellotto – o più stretto – e che sia di cuoio: egli ne rovescherà un'estremità sul fondo del pozzo, mentre l'altro capo è posizionato all'imboccatura del pozzo. Quindi, si collega l'estremità superiore ad un vigoroso mantice da fabbro e la si terrà collegata a tale attrezzo fino a che il *moqanni* è impegnato a scavare. In tal modo il gas che resta nel *kāriz* è molto scarso. Anche la costruzione di nicchie quadrangolari causa la diminuzione o la

scomparsa del gas. La terra più dolce e dal buon profumo non dà luogo alla formazione di gas e di vapore, tranne che a profondità elevate. Piuttosto, i gas vengono sprigionati dalla putredine del suolo.

Ho sentito dire che, in alcune caverne, il vapore sprigionato dal letame ivi raccolto era tale da divenire causa di morte per i montoni.

Pozzi profondi e lunghe gallerie – a causa della dolcezza della terra e della relativa sanezza – non sono contaminati e sono privi di gas.

Comunque, si richiede che il *kāriz* – di cui si sia occlusa la bocca dei pozzi – deve essere dragato per impedirne la rovina. Occorre sbloccare l'imboccatura dei pozzi ostruiti alcuni giorni prima di iniziare la pulizia.

I *moqanni* che lavorano in pozzi soffocanti devono mangiare cibo leggero, devono astenersi dall'assumere vitto con cipolle o con aglio ed ogni altro commestibile dall'odore sgradevole.

[p. 59]

ARGOMENTO

Qualora l'abbondanza dell'acqua della falda, oppure il gran gocciolare dell'acqua, sia di impedimento allo scavo, il *moqanni* deve indossare una giacca di cuoio di pelle di vitello conciata su cui sia stato spalmato del grasso liquefatto di bue. Egli deve indossare anche un copricapo del medesimo cuoio e che abbia un'ampia falda che impedisca all'acqua di scivolargli sul volto e sulla schiena; il bordo posteriore di tale copricapo deve essere tanto ampio da collegarsi alla parte posteriore della giacca e deve essere chiuso tutto intorno grazie ad un lembo di cuoio.

[p. 60]

[Capitolo N° 17]

CAPITOLO

L'ADDUZIONE IDRICA A MEZZO DI TUBATURE DI TERRACOTTA

Ora parlerò delle condutture di terracotta, per l'uso delle quali ci si propone due motivazioni: di impedire all'acqua di disperdersi nel canale scavato, di preservare l'acqua dalle impurità che la contaminerebbero, il che avviene, immancabilmente, quando la conduttura è a livello di superficie, è situata ad una profondità ridotta, oppure attraversa l'abitato.

Dirò, innanzitutto, qualcosa sul materiale e sulla forma dei *tanbuše*.

Un buon elemento di condotta deve avere un imbocco un poco più ampio dell'altro, quel tanto che basti – collegando due elementi successivi – a fare penetrare l'estremità più stretta del primo di circa due dita nell'imbocco più

largo del successivo (17. 1). In linea di massima, la lunghezza di ogni elemento deve essere quattro volte il suo diametro maggiore. È preferibile, tuttavia, che l'elemento sia di lunghezza anche superiore perché, in tal caso, esso ha una maggiore resistenza e la terra aderisce meglio.

Inoltre, bisogna che la terracotta del lato più stretto del *tanbuše* sia meno spessa di quella della parte più larga, che l'elemento sia sufficientemente dritto, che sia realizzato con terracotta dolce senza sabbia e che sia ben cotto in fornace. L'argilla non dà terracotta salda e durevole se non quando è stata setacciata e ripulita da pietrisco e sabbia.

[p. 61] A proposito della messa in opera, il luogo in cui devono essere alloggiati i *tanbuše* deve essere scavato e livellato; il punto di fuoriuscita dell'acqua deve essere più basso di quello di entrata per mantenere la naturale corrente dell'acqua. Il primo *tanbuše* viene posato in modo che l'acqua entri dalla parte larga ed esca dalla parte stretta. L'estremità più angusta deve essere rivestita per due dita da un impasto di calce [*xamir-e āhak*] – la cui composizione verrà data in seguito – e bisogna innestarla nella parte larga del *tanbuše* successivo. Ci si servirà del medesimo cementante per rivestire esternamente il giunto di due elementi incastrati. Ogni cento cubiti si praticherà un foro aspiratore per la presenza di vento e di aria – o di ambedue – onde evitare la rottura della tubatura (17. 2).

Una volta completata l'installazione, si aspetti tre giorni – o più – per metterla in esercizio con un flusso d'acqua moderato. Prima di porre in opera la tubatura di argilla è preferibile rivestirla internamente sia di olio di oliva, sia di grasso per renderla perfettamente impermeabile e resistente. Una volta bene alloggiati i *tanbuše*, li si ricoprirà di argilla facendo attenzione a non lasciare punti scoperti, né superiormente, né inferiormente, né sui lati del condotto in modo che al di sotto non resti alcuno spazio vuoto.

A PROPOSITO DELLA PASTA DI CALCE USATA NELLA SALDATURA DEI *TANBUŠE*

Per ottenerla occorre prendere una pietra di calce moderatamente cotta [p. 62], gettarvi sopra un poco d'acqua e – una volta sbriciolata la calce e raffreddata – setacciarla finemente; ogni 12 *man* di calce spenta, aggiungere un *man* di olio, di burro fuso, oppure di altra sostanza (17. 3). Del resto, se si impasta la calce con il latte è meglio. Dopo di ciò, bisogna mettere la pasta di calce – a piccole quantità – in un grande mortaio di pietra e pestare energicamente con un pestello di legno. L'impasto andrà utilizzato man mano che è pronto, subito, senza perdere tempo; in caso contrario, esso indurirebbe diventando inutilizzabile. Se si mescola la calce con uova, quella acquista maggiore resistenza. Innanzitutto, più si aggiungerà grasso, migliore sarà l'impasto (17. 4).

Un antico autore ha detto: «se nell'acqua in cui si impasta la calce si mette un poco di aceto, la calce diventa più resistente» (17. 5). Un altro, invece, ha detto: «se si aggiunge ruggine di ferro pestata, setacciata e mescolata all'albume dell'uovo, essa diventa più durevole per stuccare le fessure ed i buchi delle piscine, delle cisterne e dei depositi ed è molto efficace. In tal caso, non mescolare l'acqua alla calce; ma la si setacci e la si impasti con olio ed è meglio usarla immediatamente. Inoltre, esso sarà più adatto per richiudere le fessure del vasellame».

IL PASSAGGIO DELL'ACQUA IN TERRENI PERMEABILI SENZA L'USO DELLE TUBATURE DI ARGILLA

Se il condotto dell'acqua è molle ed assorbe acqua, bisogna rivestirne il fondo con dei grandi mattoni e *sāruj* (calce blu). La calce blu è composta da calce mescolata con una certa quantità – minore del proprio peso – di cenere di fornace per la cottura della calce [p. 63]. Beninteso, prima di mescolarla, bisogna sminuzzarla con una mazza di ferro, ammorbidendola. Inoltre, si pavimenta il fondo del canale con mattoni e negli interstizi si cola il *sāruj* che poi diventa perfettamente duro. Bisogna rivestire di mattoni e di *sāruj* anche le pareti laterali del condotto d'acqua.

Un altro sistema è questo: si approfondisca il livello della base del canale di un cubito almeno per tutta la sua lunghezza; quando è asciutto – oppure c'è poca acqua – si deve asportare la terra permeabile e riempire [il sito] con uno strato di *gel-ros* [argilla], ben pressata con una mazzuola di ferro, finché il fondo del condotto si accresca e raggiunga il livello di prima.

Bisogna rivestire con la medesima argilla anche le pareti laterali del canale – per quanto sarà alta l'acqua – conformandole a scarpata. Se c'è un poco di umidità nella terra utilizzata, si accresce la stabilità del condotto a condizione che l'acqua non interrompa il suo corso in questo terreno in cui deve restare un poco di umidità primaria. Se, poi, con la suddetta argilla si mescola pietrisco e sabbia e la si versa nel sito e la si ricopre, quindi, con argilla, [l'impasto] si indurisce ancora meglio. Gli antichi hanno detto: «portate gli animali nell'alveo del condotto in modo che lo pestino bene». Se l'argilla ha mantenuto un poco di umidità primaria, la si mescoli con lo stesso peso di calce spenta e con la stessa quantità di sabbia; se ne ricopra il fondo, si pesti bene con una mazzuola di ferro, si versi, quindi, dell'acqua e si aspetti. Dopo un poco di tempo sarà indurita come pietra.

Talvolta, la melma ed il sedimento del fondo del *kāriz* si pietrificano e diventano tanto duri che per il *moqanni* è impossibile romperli. Molti materiali di suoli molli vengono rivestiti con lastre di pietra e le confessure vengono colmate con argilla mista a sabbia e calce (17. 6).

Commenti Sezione IV

Capitolo 15

Da questo capitolo in poi Karajī affronta problemi di carattere ingegneristico ponendo l'accento sull'esperienza e sulle capacità teorico-pratiche. Infatti, il costruttore di acquedotti sotterranei spesso ha necessità di apportare adattamenti in corso d'opera a causa di imprevisti.

I riferimenti diretti rinviano a Vitruvio soprattutto per quanto concerne l'utilizzo di condotte di terracotta: i tanbuše. Avveniristici per il secolo XI appaiono i sistemi di consolidamento del terreno e l'utilizzo delle cosiddette sagome per lo scavo di pozzi utili per evitare smottamenti e crolli.

15. 1. Dell'influenza del calore sulla perdita di consistenza delle rocce ne aveva trattato già Vitruvio a proposito dei materiali da costruzione naturali¹⁹² e nel paragrafo sulle pietre dove specifica:

[...] Tiburtina vero et quae eodem / genere sunt omnia, sufferunt et ab oneribus et a tempestatibus iniurias, sed ab igni non possunt esse tuta, simulque sunt ab eo tacta, dissiliunt et dissipantur, ideo quod temperatura naturali parvo sunt umore itemque non multum habent terreni, sed aeris plurimum et ignis. Igitur cum et / umor et terrenum in his minus inest, tum etiam ignis, tactu et vi vaporis ex his aere fugato, penitus insequens interveniorum vacuitates occupans fervescit et efficit a suis ardentia corporibus similia [...]

cioè:

[...] Invece il travertino e le altre pietre dello stesso tipo sopportano bene sia le sollecitazioni al carico che le intemperie, ma sono esposte al pericolo di incendio e non appena vengono lambite dal fuoco si fendono e si sgretolano. E ciò avviene perché la loro composizione naturale è fatta di una piccola quantità d'acqua e di terra e di una grande percentuale di aria e di fuoco. Essendo quindi l'acqua e la terra presenti in proporzioni minori, il fuoco, eliminata la componente d'aria per effetto del vapore ne invade le cavità interne, divampa e le rende incandescenti secondo le caratteristiche della sua natura [...] (VITRUVIO, *Op. Cit.*, L. II, pp. 86–87).

15. 2. Il sistema descritto da Karajī è stato adottato in Irān ancora in tempi recenti¹⁹³ è simile al procedimento in uso durante la costruzione dei pali di fondazione e di consolidamento del suolo tramite sagome prefabbricate.

¹⁹² Cfr. VITRUVIO, *Op. Cit.*, L. II, § VI, pp. 86–89.

15. 3. *Elementi utilizzati nella costruzione delle condotte e dettagliatamente descritti da Karajī di qui a poco (cfr. 15.4).*

15. 4. 8. *Sin autem minore sumptu voluerimus, sic est faciendum. Tabuli crasso corio ne minus duorum digitum fiant, sed ita hi tabuli ex una parte sint lingulati, ut alius in alium inire convenireque possint. Coagmenta autem eorum calce viva ex oleo subacta sunt inlinienda, et in declinationibus libramenti ventris lapis est ex saxo rubro [...]*

cioè:

8. *Volendo poi contenere la spesa, occorrerà procedere così: si predispongono delle tubature in terracotta dello spessore di almeno due pollici, assottigliati a una estremità in modo che possano essere incastrati l'uno nell'altro. Vanno poi saldati con un impasto di calce viva e di olio e, in corrispondenza dei gomiti alla fine del pendio e all'inizio dei ventri, si collochino dei supporti ricavati da un tipo di roccia rossa [...] (cfr.: VITRUVIO, Op. Cit., L. VIII, § VI, pp. 394–395).*

15. 5. 3. *[...] sic erit faciendum, uti specus fodiantur sub terra librenturque ad fastigium, quod supra scriptum est. Et in tofus erit aut saxum, in suo sibi canalis excidatur, sin autem terrenum aut harenosum erit, solum et parietes cum camara in specu ! struantum et ita perducatur. Puteique ita sint facti, uti inter duos sit actus*

cioè:

3. [...] occorrerà scavare gallerie sotterranee badando a mantenere la pendenza necessaria, come s'è detto dianzi. Se il terreno è di natura tufacea o roccioso basterà semplicemente scavare un canale; se invece è terroso o sabbioso si crei un rivestimento in muratura sul fondo e ai lati, con relativa copertura a volta, dopodiché vi si potrà far scorrere l'acqua. Si creino inoltre dei pozzi d'areazione a intervalli di centoventi piedi l'uno dall'altro [...] (cfr.: VITRUVIO, Op. Cit., L. VIII, § VI, pp. 390 e 393).

Capitolo 16

Continuano i consigli pratici di Karajī per ovviare ad inconvenienti che possono verificarsi durante la costruzione degli acquedotti sotterranei; molto precisa è la distinzione dei terreni in relazione ai materiali in essi disciolti. Il maggior nemico per gli operai impegnati nello scavo è rappresentato dalla esalazione di gas venefici provenienti dalla profondità. Alcuni suggerimenti dati dall'autore persiano appaiono credenze popolari – come il mettere accanto

¹⁹³cfr.: SEYYED MANSUR SEYYED SAJJADI, *Qanāt/Kāriz*, Tehran, 1982; Del testo esistono due versioni: la persiana e la italiana.

a sé dell'anguria – altri, invece, rimandano a Vitruvio. Uno specifico spazio viene destinato all'abbigliamento descritto minuziosamente.

16. 1. 1. 12. [...] *Est enim | uti reliquae res ex quattuor principiis composita. Et primum est ipsa terrena habetque ex umore aquae fontes; item colores, | unde etiam sulphur, alumen, bitumen nascitur; aerisque spiritus immanes, qui, cum graves per intervenia fistulosa terrae perveniunt ad fossionem puteorum et ibi homines offendunt fodientes, vi naturali vaporis obturant eorum naribus spiritus animales; ita, qui non celerius inde effugiunt, ibi interi | nuntur. 13. Hoc autem quibus rationibus caveatur? Sic erit faciendum. Lucerna accensa demittatur; quae si permanserit ardens, sine periculo descendetur [...]*

cioè:

12. [...] 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 gravidanza 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 [...] (cfr.: VITRUVIO, *Op. Cit.*, L. VIII, § VI, pp. 396–399).

16. 1. 2 . [3] *Quid, quod aquae quoque inutiles pestilentesque in abdito latent, ut quas numquam usus exerceat, numquam aura liberior everberet? Crassae itaque et gravi caligine sempiternaque tectae nihil nisi pestiferum in se et corporibus nostris contrarium habent. Aer quoque, qui mixtus est illis quique inter illas paludes iacet, cum emersit, late vitium sum spargit et haurientes necat*

cioè:

[3] Che dire poi delle fatto che stanno nascoste nel sottosuolo anche acque dannose e pestilenziali, e sono quelle che non vengono mai utilizzate e restano immobili, e non sono mai sferzate da una brezza un pò libera? Esse pertanto, dense e ricoperte da una caligine opprimente che non si dirada mai, racchiudono in sé null'altro che sostanze pestifere e nocive per il nostro organismo. Anche l'aria che si trova mescolata a quelle acque e che giace fra

quelle paludi, quando fuoriesce in superficie, diffonde per largo tratto il suo contagio e uccide quelli che la respirano (cfr.: SENECA, *Op. Cit.*, L. VI, |27.3|, pp. 646–647).

- 16. 1. 3.** |28.1| *Multa autem terras habere mortifera vel ex hoc intelligere, quod tot venena nascuntur non manu sparsa sed sponte, solo scilicet habente ut boni ita mali semina. Quid, quod pluribus Italiae loces [...]*

cioè:

|28. 1| Che la terra poi racchiuda molte sostanze letali lo puoi capire anche da questo, che vengono alla luce tanti veleni non seminati dalla mano dell'uomo ma spontaneamente, appunto perché il suolo racchiude i germi sia di ciò che fa bene che di ciò che fa male. Che dire del fatto che in numerose località italiane [...] (cfr.: SENECA, *Op. Cit.*, L. VI, | 28 -1|, pp. 646–647).

- 16. 2.** “[2] *Sed quemadmodum in nobis non tantum sanguis est sed multa genera umoris [...]* sic in terra quoque sunt umoris genera complura. |3| [...] *in quaedam vero terra umorque putrescunt, sicut bitumen et cetera huic similia. Haec est causa aquarum secundum legem naturae voluntatemque nascentium [...]*”

cioè:

Ma come in non non c'è soltanto il sangue ma molti tipi di umore [...] così anche nella terra esistono parecchi tipi di umore: |3| [...] come il bitume e le 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 [...] (cfr.: SENECA, *Op. Cit.*, L. III, |15, 2-3|, pp. 406–408).

- 16. 3.** *Cfr.:* 16. 1. 1.

- 16. 4.** *Ancora un riferimento di Karajī ai testi di più antichi autori da lui chiamati in causa fin dall'inizio dell'opera.*

Capitolo 17

*Karajī prende in esame problemi derivanti dalla costruzione di un acquedotto. L'esperienza diretta e la conoscenza teorica di taluni fenomeni gli consentono di risolvere problemi collegabili a cedimenti del terreno in presenza di falde idriche oppure all'infiltrazione delle acque attraverso le gallerie del qanāt. I rimandi più immediati sono da rintracciare ancora una volta nel *De Architectura* vitruviano, soprattutto laddove l'autore latino aveva descritto le diverse soluzioni adottabili in relazione alle specifiche caratteristiche fisico-meccaniche delle terre. In ogni caso, Karajī dettaglia le sue spiegazioni, amplia la casistica*

dei problemi, scende nei particolari dei materiali utilizzati nella costruzione sia per le condutture, sia per la loro cementazione.¹⁹⁴ La discussione appare più sistematizzata e segue una ben precisa classificazione delle possibili soluzioni da adottare secondo i problemi con i quali occorre confrontarsi di volta in volta.

17. 1. Cfr. 15. 5, circa le dimensioni delle tubature, si rinvia a quanto riportato da Vitruvio per le tubazioni di piombo (ogni elemento misuri non meno di dieci piedi e la sua apertura sia da mettere in relazione con lo spessore della lamina utilizzata, cioè fino a circa 10 pollici) (Cfr. VITRUVIO, *Op. Cit.*, L. VIII, pp. 392 a 395).

17. 2. Cfr. 15. 5.

17. 3. Karajī descrive come ottenere la calce da cui ricavare la pasta da usare come materiale idraulico impermeabilizzante per le condotte idriche, i canali e le cisterne. Sulla lavorazione della calce Vitruvio fornisce dettagliate notizie nel II capitolo, laddove egli tratta dei differenti materiali da costruzione; il V paragrafo, in particolare, è dedicato al procedimento da seguire per ottenere una buona calce da costruzione: per le strutture murarie – se ricavata da pietra calcarea dura e compatta –, per gli intonaci – se ricavata da pietre porose.¹⁹⁵ Karajī offre, comunque, ulteriori dettagli sugli accorgimenti operativi e sull'impiego dei materiali naturali aggiuntivi – olio, latte ed uova, per esempio – per rendere maggiormente impermeabile la pasta di calce.

17. 4. Le indicazioni date da Karajī – e che potrebbero oggi apparire delle stranezze – soltanto alla fine del secolo scorso venivano descritte da Francesco Milizia, nella sua *Architettura civile*, come espedienti moderni suggeriti caldamente dai soci dell'Accademia di Svezia:

[...] Negli atti dell'Accademia di Svezia si dà conto d'una malta composta nel modo seguente: 9 parti d'argilla. 6 di ceneri stacciate, 3 di sabbia fina, 6 di olio, o olio di lino, o di catrame; con acqua sufficiente affinché il tutto ispessisca: si mescoli, si batta, si pesti per un giorno; più si lavorerà più diverrà consistente. L'olio o il catrame si metta a poco a poco, e vi si aggiunga di tempo in tempo dell'acqua affinché s'impasti meglio. Questa malta è ottima per le volte, perché si secca e s'indurisce subito, specialmente se sieno coperte di sabbia fina. Si può adoperare con gran successo né luoghi umidi, perché non attrae l'umidità. Si è provato tenerne un pezzo nell'acqua per sei mesi senza alterazione del suo peso; segno certo che non vi si è introdotta acqua: dove riesca disgustevole l'odore del catrame, ch'è un odor forte e durevole si usi olio [...].

¹⁹⁴ Le indicazioni date dal "tecnico" sono riportate – con piccole varianti – anche in recenti testi persiani di storia della tecnologia dei materiali.

¹⁹⁵ Cfr.: VITRUVIO, *Op. Cit.*, II, § 5, pp. 78–81.

Se al gesso e alla calce viva si unisce un coagolo di latte sbutirato, o bianco d'uovo, si ha un glutine tenacissimo. Anche il cacio macerato per lungo tempo nell'acqua bollente, e stemperato sopra una lapide con calce viva, fa buon cemento per i vetri [...] (cfr.: Francesco MILIZIA, Op. Cit., p. 422).

17. 5. *Ancora una volta l'autore allude alle antiche tradizioni costruttive che egli ripropone in questa sede quali espedienti utili per conferire alla pasta di calce una proprietà impermeabilizzante più efficace, cfr. 17. 4.*

17. 6. *A proposito dell'uso che gli antichi persiani facevano del s̄aruj oggi riceviamo informazioni pure da studiosi moderni, come Kuros il quale afferma:*

Prima dell'impiego del cemento nelle costruzioni era diffusa la malta cosiddetta *s̄aruj*. Il *s̄aruj* veniva utilizzato per la costruzione delle dighe e delle murature idrauliche (sic!) e spesso ne abbiamo rinvenuto degli antichi campioni.

Sulla costruzione delle fornaci nelle quali cuocere i materiali da costruzione artificiali ed il s̄aruj, Kuros offre vari dettagli:

[...] Ora è necessario che si ritorni alle scorie della fornace per la cottura della calce cotta e si discuta un poco circa la costruzione di questo tipo di fornaci. Nei tempi passati, quando esse erano fatte molto semplicemente, ed il corpo delle fornaci era costituito dallo stesso materiale del terreno naturale circostante ed era privo di rivestimento. Un modello di questo tipo di fornace per la cottura della calce è testimoniato ancora oggi nel Rudbār della regione Gilān, ricca di acque. Poiché la parete della fornace era realizzata con terra argillosa, quando si toglieva la calce cotta, essa crollava. Questa cenere, nonostante avesse residui bruciati, era mista a terra argillosa, pure cotta, il che le conferiva un aspetto caratteristico di impermeabilità.

Il metodo giusto per produrre il *s̄aruj* – comune fino a circa cinquanta anni fa – di consuetudine era il seguente: la calce aerea, dopo essere stata trasformata in polvere di calce spruzzando acqua su quella, veniva mescolata con ceneri della fornace die bagni oppure con cenere delle fornaci in cui si cuoceva la calce, ben tritata e mescolata a materiali fibrosi (la rafia) dopo essere stata pestata a lungo e mescolata abbondantemente, veniva utilizzata per i rivestimenti interni di isterne oppure come malta per le

fondamenta dei ponti o per cento altre cose [...] (Ġ. Kuros, *Āb va fann-e ābyārī dar Irān-e bāstān*¹⁹⁶, Tehrān, 1350H/1972-3, p. 103).

Nel discutere dello stesso tema, un altro autore persiano moderno, P. Varjāvand offre ulteriori dettagli sui componenti del sārūj e sulla sua posa in opera:

[...] Per ottenerlo impastavano terra rossa nelle proporzioni di 4 a 6 e ottenevano l'argilla dura dopo avere atteso due giorni. Successivamente la mescolavano ad una parte di cenere da fornace di bagno o calcara con una parte di paglia, uovo o semi di canna e la impastavano per bene di nuovo con uso di assi di legno spessi dieci centimetri [circa] affinché [il tutto] si mescolasse bene assieme. Una volta ottenuto l'impasto, rivestivano con esso il vano ed il fondo della cisterna e, dopo, battevano questo rivestimento e lo levigavano con la *mohre*. La *mohre* è una pietra a forma di vertebra e grande quanto il palmo di una mano. Giorni dopo pestavano il sārūj coi piedi e con la cazzuola o con la pietra affinché si assestasse e lo lisciavano per bene. Dopo gettavano nella fonte acque che si mescolava con la paglia affinché non si avessero crepe in nessun punto (cfr. PARVIZ VARJĀVAND, *Āb ānbarhā*¹⁹⁷, in: MOḤAMMAD YUSŪF KIĀNĪ, *Memāri-ye doure-ye Islāmī*¹⁹⁸, Tehrān 1366 H./1988-9, p. 158).

¹⁹⁶ Acqua e idraulica nell'antico Irān.

¹⁹⁷ Cisterne.

¹⁹⁸ L'architettura del periodo islamico.