

Presentazione

La formazione ed il ruolo
del tecnico protomusulmano

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

1

La formazione ed il ruolo del tecnico protomusulmano

Il testo scritto:

uno strumento di lettura del “costruire” persiano

Nel 1988, analizzando strutture murarie ad arco e cupole persiane, Donald Gye poneva l'accento sull'assenza di un'analisi in chiave tecnico-scientifica dell'architettura iranica:

«[...] *Little has been written about structural behaviour of masonry buildings in a way which is accessible to architectural historians, and still less which refers specifically to Iranian Islamic Buildings* [...]».²

La carenza potrebbe essere attribuita anche alla scarsa conoscenza delle fonti,³ la quale rende, ancora oggi, parzialmente lacunosa la Storia della scienza e della tecnica. Per quanto concerne il mondo iranico – per esempio – restano da chiarire i precedenti culturali sui quali si sono basate le fonti e quali sono stati il veicolo preferenziale ed il corso della divulgazione-rielaborazione delle idee proprie e di quelle acquisite dall'esterno. Di conseguenza, restano ancora da quantificare, nella loro effettiva portata, il contributo specifico dalla Persia espresso nel periodo formativo islamico e le acquisizioni tratte dalla conoscenza e dall'utilizzo di antiche fonti di varia provenienza.

Da studi su inediti manoscritti e libri persiani⁴ si deduce che la manchevole diffusione dei testi ha indotto a trascurare una realtà che condivide con

² Cfr.: DONALD H. GYE, *Arches and Domes in Iranian Islamic Buildings: an Engineer's perspective*, in: *Iran*, vol. XXVI/1988, p. 129.

³ Per le lacune nel campo della Storia della scienza, cfr.: GIUSEPPINA FERRIELLO, Donald Hill, *Islamic Science and Engineering* in: *Oriente Moderno*, XVI (LXXVII), n.s., n° 1, 1997, pp. 119 – 125.

⁴ G. FERRIELLO, *Le tecniche costruttive nel Medio Evo islamico attraverso le fonti persiane*, Tesi di laurea in lingue e letterature straniere moderne indirizzo orientale, I.U.O. Napoli, anno

l'Occidente numerose analogie. Da qui l'opportunità di dare, con la diffusione delle traduzioni, il giusto rilievo alla dinamica del pensiero tecnico-scientifico sia all'interno del mondo islamico sia in rapporto al mondo occidentale di estrazione greco-romana.

Le numerose affinità rilevabili – in Occidente ed in Oriente – nei settori delle costruzioni, della meccanica, dei congegni di misura e/o di diletto da un lato e nei testi, nella letteratura tecnica e/o nella trattatistica dall'altro legittimano l'utilizzo delle stesse metodologie di analisi e di studio da tempo utilizzate dagli esperti di storia delle tecniche e della scienza.⁵ Le indagini, tuttavia, sono complicate da problemi legati alla scarsa conoscenza delle lingue non-europee oltre che dalla articolazione di campi differenziati per la pluralità delle discipline che vi interferiscono e per il carattere multiforme del sapere antico e medioevale. Lo studio delle fonti, inoltre, si colloca fra i campi tecnico-scientifico e letterario-storico e non può trascurare approfondimenti linguistici né analisi comparative fra testi e manufatti occidentali ed orientali.⁶ Per la Persia, ad esempio, le indagini sono intricate dall'enciclopedismo medioevale – che accomunava un tempo campi disciplinari oggi distinti –, dalla collocazione della scienza iranica nel più vasto spazio della cultura musulmana, dalla differente estensione dell'area geografica iranica odierna rispetto a quella storica,⁷ dalla diversa – talvolta divergente – classificazione delle singole discipline adottata nel corso del tempo e per la conseguente diversa classificazione dei manoscritti in massima parte inediti e non tradotti in lingue occidentali. Ne consegue che lo studio deve confrontarsi pure con la difficoltà di reperimento dei documenti e con la loro interpretazione/traduzione e non può disporre di precedenti già codificati.

Le ricerche sulle correlazioni fra il mondo occidentale e l'orientale protoislamico finora sono state circoscritte alla speculazione filosofica ed alla componente sapienziale greca in particolare, nonostante le relazioni fra l'Īrān e

accademico 1992/1993, inedita; G. FERRIELLO, *Il sapere tecnico-scientifico fra Iran e Occidente, una ricerca nelle fonti*, Tesi di Dottorato in Studi Iranici, I.U.O. Napoli, anno accademico 1997/1998, inedita.

⁵ Per quanto concerne le analogie nei testi di meccanica in particolare, cfr.: G. FERRIELLO, *The Lifter of heavy bodies of Heron of Alexandria in the Iranian world*, in: *Nuncius*, MMV, 2005, pp. 327–345.

⁶ Il tema è stato affrontato in: G. FERRIELLO, *I costruttori ed il costruire nel Kitāb del mondo islamico fra il VII ed il XVII secolo*, in: *Atti della Accademia Pontaniana*, N.S., Vol. LIII, a. acc. 2004/DLXII, Napoli 2005, pp. 127–146.

⁷ Il territorio storico iranico includeva pure l'odierno Afghanistan, parte della Turchia, repubbliche ex sovietiche (Azerbaijān, Turkmenistān, Armenia, Georgia) e Paesi abitati da persofoni quali Uzbekistān e Tajikistān.

l'Occidente siano varie e remote, riguardino vari ambiti⁸ e possano essere ascritte sia a contatti diretti fra le maestranze, sia ad acquisizioni mutate dai testi, mentre, nuovi sono gli approfondimenti riguardanti il settore tecnico-scientifico.

Per quanto concerne i primi secoli dell'Egira, alle difficoltà predette va aggiunto l'indifferenziato frequente utilizzo della lingua araba da parte degli scrittori protoislamici.⁹ Benché adusi a scrivere nella lingua di origine, per motivi religiosi, essi adottavano, infatti, l'arabo quale "lingua internazionale" per la divulgazione di dottrine di fede, scientifiche e legali, oltre che filosofiche.¹⁰ La consuetudine determinò la mancata distinzione dell'apporto sapienziale di gruppi etero-arabi. Tuttavia, nello stesso tempo, la prescrizione accelerò l'integrazione delle idee assicurando al sapere una più ampia e rapida propagazione.¹¹ L'unificazione linguistica fece sì che sulla tradizione autoctona si innestassero influssi mediati da paesi orientali (India e Cina) ed occidentali (Impero Romano d'Occidente e d'Oriente e Grecia), mentre, la lingua araba costituiva un forte elemento unificatore e di coesione fra le élite sociali delle differenti etnie pur persistendo – soprattutto nei temi – elementi specifici riferibili alle singole culture.

Lo studio del settore tecnico-scientifico del mondo iranico costituisce una novità per l'uomo "medio" occidentale, il quale deve confrontarsi perfino con due ordini di difficoltà apparentemente incongruenti.

Da un lato – per quanto concerne le trattazioni di carattere generale sul mondo islamico – esiste, infatti, un'ampia e definita bibliografia difficilmente ampliabile e perfezionabile nella sua sostanza; dall'altro lato, invece, il problema è opposto. Le indagini sulle fonti sono limitate dalla penuria dei testi classificati, dall'ancora complicato e casuale reperimento di manoscritti ed a stampa, dalla peculiarità delle traduzioni di soggetto tecnico-scientifico,

⁸ Cfr.: ANTONINO PAGLIARO, *La civiltà sāsānidica e i suoi riflessi in occidente* in: AA. VV., *La Persia nel Medio Evo*, Atti del convegno internazionale, Roma, 31 marzo–5 aprile 1970, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, 1971, pp. 19 - 35; GIOVANNI PUGLIESE CARRATELLI, *La Persia dei sasanidi nella storiografia romana da Ammiano a Procopio*, in: *Persia nel Medio Evo* cit., pp. 597–632.

⁹ Cfr. fra gli altri: AA. VV., *La civiltà islamica e le scienze*, Atti del simposio internazionale, Firenze, 23 novembre 1991 (edd. Clelia Cerqua Sarnelli, Ornella Marra, Pier Giovanni Pelfer), Napoli 1995.

¹⁰ ALESSANDRO BAUSANI, *Iran, Islam e Italia nel Medio Evo*, in: *Acta Iranica*, II/1974, Leiden, 1974, pp. 310–320.

¹¹ G. FERRIELLO, Donald Hill, *Islamic Science and Engineering*, cit.. Sul problema della confusione fra "arabografo" e "studioso di formazione araba", di recente è stato dibattuto anche in: AA. VV., *La Science dans le monde Iranienne, Actes du colloque tenu à l'Université des Sciences Humaines de Strasbourg* (6–8 juin 1995), 2 voll., Institut Français de Recherche en Iran, Téhéran, 2004.

dall'interpretazione dei testi e del loro lessico, dalla presenza di congegni puramente fantastici accanto a strumenti tecnici utilizzati nella architettura / ingegneria e nella meccanica. Qualora si utilizzino, poi, scritti non recenti, è difficile risalire ai probabili autori "citati" e testi di riferimento in assenza di esplicite specifiche citazioni.

La complessità della ricerca viene parzialmente compensata dall'utilizzo dell'onomastica. In mancanza dell'anagrafe, difatti, in ambito protoislamico l'identificazione avveniva grazie al *nasab* (patronimico) che consentiva di risalire alla provenienza familiare, al *laqab* (mestiere), alla *kunya* (provenienza territoriale) riferita alle città natale o di formazione. Il *nasab*, talvolta esteso anche agli avi, consentiva di accertare legami fra operatori; la *kunya*, invece, consentiva di individuare regioni o città dove erano diffusi determinati mestieri, oppure esistevano probabili scuole.¹² Attraverso l'onomastica è stato possibile rilevare un consistente numero di Persiani impegnati nelle traduzioni e nella rielaborazione di testi di scienze matematiche, oppure attivi nel campo della costruzione; è stato possibile delimitare aree regionali dove si sono concentrate presenze di carpentieri, di ceramisti, di decoratori e di *mu'allimin/ostādān*¹³ (maestri); sono state identificate relazioni formative fra operatori e localizzati centri nei quali si coltivavano prevalentemente discipline tecnico-scientifiche. Nello specifico, due risultano le aree contrassegnate da specializzazione di interessi legati alle scienze matematiche applicate: l'area iranica con le regioni del Xorāsān, del X^wārazm,¹⁴ del Fārs, del Māzandarān e del Jabāl e quella mesopotamica. Nella prima prevalevano consuetudini di carattere locale riferibili alla presenza di conoscitori di matematica cinese e indiana; nella mesopotamica, invece, erano rilevanti contatti col mondo romano ed ellenistico.¹⁵

L'analisi lessicale di testi scritti in lingua araba rivela l'apporto iranico attraverso l'acquisizione di numerosi lemmi presi in prestito. Il contributo linguistico-lessicale può essere riferito alla presenza di scuole e di centri di

¹² Il vocabolo scuola – *madrasa* – per il mondo islamico si applica, a rigore, solo alle scuole coraniche; tuttavia, esso viene qui utilizzato come riferimento per la corrispondente istituzione occidentale.

¹³ La trascrizione adottata è quella internazionale moderna; nel caso di citazioni altrui, oppure di riferimenti bibliografici già dotati di una propria trascrizione, viene lasciata invariata quella dell'autore di riferimento, anche nel caso in cui essa sia ormai desueta.

¹⁴ Di questa regione erano gli Abbassidi, fondatori di Bagdād e mecenati delle scienze.

¹⁵ Sulle correlazioni fra Oriente e Occidente nel campo delle scienze matematiche, cfr.: G. FERRIELLO, La Meccanica di Erone in una inedita versione persiana medievale annotata dall'emissario di Luigi XIV, in: *Atti XVI Congresso AIMETA*, Associazione Italiana di Meccanica Teorica ed Applicata, Ferrara, 9–12 settembre 2003, p. 8, Memorie Lavori 175/183.

cultura collegati a nuclei di variegata estrazione¹⁶ nonostante si registri, per gli studiosi ancora oggi, l'utilizzo indifferenziato del lemma "arabo" in luogo del più pertinente arabografo.¹⁷

Per quanto concerne le realizzazioni in campo tecnico-costruttivo, accanto alla permanenza di tipiche soluzioni iraniche – quali macchine per il sollevamento idrico, ghiacciaie e depositi per l'acqua, acquedotti sotterranei, ponti-diga – in manufatti persiani si evidenziano analogie con le tecniche costruttive occidentali, specie nelle regioni dove furono stanziati genieri e maestranze militari dopo la sconfitta inferta nel 259/60 ad Epuda dal sovrano sasanide Šāpūr I a Valeriano ed alla sua armata di circa 70.000 uomini.

Militari romani vennero insediati nell'accampamento di Gundišāpūr nei pressi della città di Šuštar per essere impiegati nella costruzione di strutture idrauliche nella regione del Dezfūl e nel Kuzestān e maestranze occidentali erano state citate già nelle iscrizioni celebrative delle attività costruttive di Dario I (559 – 529 a.C.) per il palazzo di Susa, nelle quali si specificava la provenienza degli operatori in relazione ai differenti procedimenti costruttivi:

«[...] *Il suolo fu scavato giù fino a che giunsi alla roccia nella terra. Quando lo scavo fu fatto, allora fu riversato il pietrame, in parte alto quaranta cubiti, in parte alto venti cubiti [...] e il pietrame fu accumulato e i mattoni furono battuti [sopra] – il popolo di Babilonia fece questo. Il legno di cedro, questo – c'è una montagna di nome Libano – da lì fu portato. Il popolo assiro lo portò a Babilonia [...]. L'argento e l'ebano [...] [provengono] dall'Egitto [...]. Gli scalpellini che lavorarono la pietra, questi erano Ioni e Sardiani [...]. Gli uomini che lavorarono i mattoni, questi erano Babilonesi [...].»¹⁸*

Relazioni significative e durature fra Occidentali e Iranici si fanno, comunque, risalire alla conquista della Persia da parte di Alessandro Magno, avvenuta nel 321 a.C.; del resto, nel Macedone pare non sia stato estraneo un interessamento verso la cultura di popoli iranici quali depositari di un sapere di carattere esoterico che già aveva affascinato il matematico Pitagora. Nel 323, il sovrano discepolo di Aristotele fonderà Alessandria in Egitto, crocevia basilare per il commercio e per la cultura, famosa per il suo Museo, dove si attivavano

¹⁶ Per le influenze operate anche attraverso il veicolo delle religioni operanti prima dell'islām e nel periodo protoislamico cfr.: D. D. DE LACY O'LEARY, *How Greek Science passed to the Arabs*, London, Boston and Henley, 1980, III ed.; I ed. 1949, II ed. 1979.

¹⁷ Tra gli altri, cfr.: AA. VV., *La civiltà islamica e le scienze*, cit., ancora in questo lavoro studiosi "arabi" di nascita e formazione iranica.

¹⁸ Cfr.: ANTONINO PAGLIARO e ALESSANDRO BAUSANI, *La Letteratura persiana*, Milano, 1968, pp.25–26.

l'insegnamento e lo scambio di idee fra l'Occidente e l'Oriente e per la sua fornita biblioteca diretta da scienziati come Eratostene, espressamente invitato in Egitto da Tolomeo Evergete III.¹⁹ In Persia, intanto, si accelerò l'apertura verso il mondo occidentale aduso ad affidare agli scritti la sua sapienza e, nello stesso tempo, varie componenti orientali si radicarono in Occidente.²⁰ Nell'arte – soprattutto nella scultura – si registrarono innovazioni nel repertorio iconografico e nelle tecniche; il carattere cosmopolita dell'ellenismo, nello stesso tempo, favorì contatti e scambi culturali, che interessarono il campo teorico ed il pratico con estensioni all'esterno del mondo greco-romano. Alla morte di Alessandro, il prosieguo degli studi e delle sperimentazioni si attestò nell'area iranica con i Parti, con i Seleucidi, con i Sasanidi per caratterizzare, successivamente, l'area islamica.

Per quanto concerne elementi di probabile derivazione occidentale presenti in Persia, l'accento viene posto, in genere, sulla componente filosofica greca, cui è attribuito il ruolo più incisivo nella formazione dell'uomo di cultura e sulla sua preparazione teoretica; mentre resta da definire e ponderare, nella sua effettiva portata, la partecipazione dell'elemento culturale latino.

Le relazioni dirette fra maestranze di varia provenienza e la trasmissione delle idee furono potenziate con la chiusura della Scuola di Atene nel 529 d.C. ad opera di Giustiniano; l'interesse per il sapere veniva cementato dalla commissione di traduzioni di testi greci e, nel contempo, Gondešāpūr diveniva importante crocevia di scambi commerciali e culturali fra la Persia, l'India, la Grecia, Roma e la Siria. La città, famosa per la scuola di medicina, crebbe di importanza – pare – dopo l'arrivo di un medico indiano e alla diffusione di sue idee e pratiche presso la locale componente bizantina.²¹ Nel campo tecnico si mediarono, inoltre, l'esperienza iranica e la romana producendo opere idrauliche di notevoli dimensioni ed interesse dal punto di vista progettuale ed esecutivo.

Il problema della razionale distribuzione delle risorse idriche era particolarmente avvertito sull'altopiano iranico, dove il clima secco e la presenza di pochi fiumi, benché di considerevole portata, fecero sviluppare l'ingegno applicativo nella costruzione di canali – esigenza ricorrente nell'intera Mesopotamia, di *qanāt* – originale soluzione della Persia – e nella più singolare realizzazione di dighe combinate con ponti, i cosiddetti “ponti polifunzionali”.

¹⁹ Cfr.: AA. VV., *Science et vie intellectuelle a Alexandrie (I^{er} - III^e Siècle)*, Publications de l'Université de Saint-Étienne, 1994. In particolare, per quanto concerne la città, cfr.: ANITA MEASSON, *Alexandria ad Aegyptum*, pp. 9–52, *ibidem*.

²⁰ Sull'argomento, cfr.: ANTONINO PAGLIARO, *La civiltà sāsānidica e i suoi riflessi in occidente* cit..

²¹ Cfr.: AYDIN SAYILI, Gondešāpūr, in: *Encyclopédie de l'Islam*, Nouvelle Edition, Tome II, Leyde, E. J. Brill, 1965, p. 1146.

In questi si integravano le funzioni dell'attraversamento fluviale, dell'incanalamento, del contenimento e della redistribuzione delle acque irrigue. Il carattere magico-rituale attribuito all'acqua sottolineava il ruolo fondamentale in una regione povera di risorse naturali e tuttavia ricca di ingegno ed in grado di produrre risultati ancora oggi considerati una delle punte più avanzate dell'intero settore tecnico-costruttivo, al di là delle distinzioni di culture e di etnie, oltre che di periodizzazioni storiche e di delimitazioni geografiche.

L'educazione dello studioso protomusulmano:

cenacoli, scuole ed istituzioni pubbliche

È acclarato che i traduttori/commentatori protomusulmani hanno rivestito un ruolo basilare nella diffusione e nella rielaborazione della cultura ellenistica. La loro attenzione verso scritti occidentali, già sistematizzati nei contenuti, è avvalorata dal consistente numero di traduzioni elaborate senza trascurare la loro applicabilità in realizzazioni pratiche, come prova il trattato di Karajī utile nella risoluzione di problemi connessi alla costruzione degli acquedotti.

La circolazione dei testi in ambito protoislamico riguardava in prevalenza i greci, anche se non dovevano essere sconosciute opere in latino, come attestano varie analogie con testi di studiosi rinvenute in *L'estrazione delle acque nascoste*.

Informazioni sugli operatori del settore delle costruzioni si deducono da repertori bio-bibliografici²² quali l'*Al-Fihrist* (La Lista) compilato nel X secolo da Abū al-Faraj Moḥammad ibn Ishāq ibn Moḥammad ibn Ishāq (Ibn al-Nadīm),²³ il *Ta'rik al-ḥukamā* di Ibn al-Qiftī (XIII secolo), *Kitāb 'uyūn al-anbā'* di Ibn Abī Uṣaybi'ah (XIII sec.), il *Kitāb Kashf az-zunūn* di Ḥajjī Khalīfa (XVII sec.).²⁴ Utili allo scopo sono anche opere poetico-letterarie come il *Cahar Maqāle* (I quattro discorsi) di Nezāmī Aruzī di Samarcanda (m. 1174).²⁵ In essa,

²² L'approfondimento su autori di testi a carattere scientifico greci e romani noti nel mondo islamico è in: G. FERRIELLO, *Il sapere tecnico-scientifico fra Iran e Occidente*, cit.

²³ Cfr.: IBN AL-NADIM (Edit. Bayard Dodge), *The Fihrist of Ibn al-Nadim, a Tenth-century Survey of Muslim Culture*, 2 voll. New York and London, 1970. La lista dei testi fu compilata per registrare i libri esistenti nel negozio di suo padre – Abū Ya'qūb – utilizzabili per l'istituenda biblioteca califfale.

²⁴ Nella trascrizione di termini persiani ed arabi viene adottata la internazionale moderna; qualora si tratti di citazioni tratte da altri autori, è stata lasciata invariata quella originaria, anche se desueta (N. d. T.).

²⁵ L'opera è sotto forma di aneddoti descrittivi e contiene notizie utili alla formazione del segretario, del poeta, del medico e dell'astronomo/astrologo.

per esempio, si apprende la predilezione per la geometria e per l'aritmetica fra le Arti del Quadrivio²⁶ in quanto:

*«La geometria è l'arte attraverso la quale si conoscono le posizioni delle linee, le forme delle superfici piane e dei solidi, il rapporto generale che esiste tra misure e figure corrispondenti, e le relazioni che ci sono fra esse e le loro posizioni e forme. I principi della geometria sono contenuti in libri come quelli di Euclide il Falegname, opera perfezionata da Sābet figlio di Qorrè [...]».*²⁷

Contribuiscono a definire il ruolo e la formazione dell'operatore del settore delle costruzioni in ambito islamico le *Epistole* dai neopitagorici e neoplatonici Ixwān aṣ-Ṣafā' (Fratelli della Purità) volte all'iniziazione di adepti alla vita di Sufi.²⁸ La raccolta, compilata in lingua araba a più mani sotto forma di testi brevi, risale ai secoli IX e X.

Gli anonimi autori erano mistici, traduttori di testi di filosofia e di matematica; le fonti – oltre che da frammenti di Euclide – erano costituite principalmente da opere di Nicomaco di Gerasa, Pseudo-Aristotele, Archimede, Tolomeo, Porfirio, Ermete Trismegisto, Giamblico, Boezio, Democrito e Pitagora.

L'enciclopedia della confraternita contiene informazioni indirette sull'operatore – *Sani'* (artefice) – il quale estrae la forma dal proprio pensiero e la trasferisce nella materia; per passare dall'ideazione alla concretizzazione egli ha bisogno di tempo, spazio, materia, apparato, strumento, movimento ed anima. Il vero esecutore non è il corpo, bensì l'anima e l'intelletto in quanto immortali. Le arti e le scienze ricalcano una gerarchia secondo l'utilità generale del loro fine; arti primarie sono l'Agricoltura, l'Arte tessile e l'Edilizia.²⁹ I confratelli chiariscono le ragioni dell'apprendistato diretto fra membri di una medesima famiglia:

«È sempre bene che i figli seguano le arti dei padri e dei nonni. In questo senso Ardashir figlio di Bābak istituì l'obbligo per ogni casta di artigiani di non darsi arti estranee alla tradizione paterna e questo, per gli Zoroastriani, era considerato una legge religiosa.

²⁶ Le matematiche protoislamiche – come in Grecia – includevano l'aritmetica, l'ottica, l'astronomia, la musica, la scienza dei pesi/statica e la meccanica con una ricorrente sezione sull'idrostatica. Tutte le branche erano collocabili fra il campo pratico ed il teorico, inclusa l'*al-jabr wa al-muqābalah* (algebra), nuova sezione delle matematiche iniziata dal persiano Moḥammad ibn Mūsā' al-Xwārizmī (m. 863).

²⁷ NEZĀMĪ 'ARUZI DI SAMARCANDA, *I Quattro Discorsi* (trad. ital. Giorgio Vercellin), Roma, 1977, p. 148.

²⁸ I mistici venivano detti anche *sufi* dal vestito di lana (*suf*) indossato.

²⁹ Le traduzioni tratte dalle *Epistole* sono di Alessandro Bausani; cfr.: A. BAUSANI, *L'Enciclopedia dei Fratelli della Purità*, Seminario di Studi Asiatici, Istituto Universitario Orientale, Napoli, 1978, pp. 70–71.

Ciò si faceva per proteggere il Regno, onde chi non era Re non si azzardasse a desiderarlo [...].³⁰

La relazione discepolo-maestro viene motivata dal neoplatonismo:

«L'apprendimento di un'arte è un passaggio da una conoscenza in potenza a una conoscenza in atto per mezzo di uno, il maestro, che ha già la conoscenza in atto. Ogni apprendista ha bisogno di un maestro, il quale a sua volta non apprese da sé ma ebbe un maestro. Al capo di questa serie c'è il maestro primo che non ha appreso arti da un altro uomo [...]»;³¹

nella nona Epistola – sull'etica – nel considerare la gerarchia delle anime, gli *Ixwān aṣ-Ṣafā'* inseriscono architetti/costruttori nella terza classe.³²

Il contatto fra i Musulmani e la matematica di derivazione greca-alessandrina viene di solito individuato nell'espugnazione di Alessandria avvenuta nel 641, data alla quale viene riferita la distruzione della famosa Biblioteca, oppure, in alternativa, l'appropriazione di testi spostati altrove – quasi certamente a Baġdād – per essere tradotti e studiati. Tale possibilità appare come la più verosimile alla luce degli esiti di ricerche effettuate sui contatti e sugli scambi fra la cultura alessandrina e la musulmana nel campo scientifico, nel campo tecnico e nell'ambito della letteratura tecnico-scientifica. Il califfo al-Manṣūr trasformò Baġdād – fondata dagli Abbassidi, provenienti dalla regione iranica del Xorāsān – in un anticonformista ed attivo centro di interessi matematici. Nel 766 venne introdotta dall'India un'opera fondamentale di contenuto astronomico-matematico: il *Sindhind*. Probabilmente si trattava del *Brahmasphuṭa Siddhānta* oppure del *Surya Siddhānta*, lavoro traslato in arabo nel 775; dopo alcuni anni, nel 780, sarà tradotto dal greco in arabo il *Tetrabiblos* di Tolomeo.

L'importazione del sistema cinese per la produzione della carta, avvenuta dopo la battaglia di Atlak (751), aveva agevolato la diffusione dei testi ed incrementato la loro produzione. Numerose e ricche di opere erano le biblioteche esistenti a Baġdād; alcune erano annesse alle scuole coraniche, altre

³⁰ A. BAUSANI, *Op. Cit.*, p. 72.

³¹ A. BAUSANI, *Op. Cit.*, p. 76. Sugli *Ixwān al-Safā'* esiste una specifica bibliografia alla quale si rinvia per gli approfondimenti; vari testi sono citati pure in CARMELA BAFFIONI, Valutazione, utilizzazione e sviluppi delle scienze nei primi secoli dell'Islām, in: *Atti cit.*, pp. 23–35.

³² La classificazione era la seguente: I–operai e artigiani; II–mercanti; III–architetti e costruttori; IV–re, militari, politici; V–servi e viventi alla giornata; VI–malati cronici e disoccupati; VII–dotti e religiosi. Ciascuna categoria era suddivisa a sua volta in sottoclassi. Cfr.: A. BAUSANI, *Op. cit.*, p. 76.

private. Fra le più note vi erano le biblioteche del medico Ibn al-Muṭrān (XII secolo), di al-Mubaššir b. Fātik e del cortigiano ‘Alī b. Yaḥyā al-Munajjim.³³

La consuetudine di ricorrere al testo per tramandare la conoscenza formativa caratterizzava prevalentemente studiosi di origine iranica. Lo storico musulmano di origine tunisina ‘Abd ar-Raḥmān Abū Ziyad Ibn Xaldūn (Tunisi 1332 – il Cairo 1406),³⁴ del resto, nella sua opera fondamentale – *Muqaddimah* (Le Premesse [alla storia])³⁵ – compilata nel XIV secolo, già motiva la prevalenza numerica degli studiosi Persiani rispetto a quelli di altre etnie confluite nell’Islām con l’appartenenza del ceppo iranico ad una società di tipo stanziale, a differenza degli Arabi, i quali facevano parte dell’ambito beduino-nomadico.

Durante i primi secoli dell’Egira, elemento determinante per l’aggregazione fra popoli variegati è la religione islamica e, di conseguenza, la lingua araba che ne è il veicolo espressivo principale. Per tale ragione i primi testi in lingua persiana si diffonderanno soltanto alla fine del III secolo dell’egira³⁶ in quanto la lingua araba:

«[...] *continuera de véhiculer les sujets scientifique importants. Aussi n’est-il pas indifférent de rechercher dans quelle mesure l’ensemble des textes scientifiques persans qui nous ont été conservés possèdent une valeur propre au regard de l’histoire des sciences [...]. Elles ne sont pas identiques aux encyclopédies arabes. Le valeur de ces dernières réside généralement dans la qualité de la compilation. Elles établissent d’autre part un modèle du répertoire des sciences, ou plus largement, d’un certain type de savoir [...]*».³⁷

Anche il trattato di Karajī originariamente fu stilato in arabo, benché il contenuto riguardasse i *qanāt*, tipici acquedotti sotterranei persiani.

Il ricorso al testo scritto per informare e per formare l’operatore non comincia, comunque, con il nostro matematico-ingegnere. L’attenzione per i lavori di

³³ FRANÇOISE MICHEAU, *Institutions scientifique au proche-Orient médiéval*, in: (edit.) ROSHDI RASHED, *Histoire des sciences arabes*, cit., pp. 213–232, pp. 236–237.

³⁴ Lo storico era nato a Tunisi nel 1332, viaggiò molto in Africa e Spagna, si stabilì quindi al Cairo, dove morì nel 1406.

³⁵ Note pure col titolo di *Introduzione alla Storia*, il titolo completo dell’opera è: *Istruttivi esempi e ricordi delle origini e di eventi concernenti la storia degli Arabi, dei Persiani, dei Berberi e di loro contemporanei che possedevano una grande potenza*. Ovviamente, la Storia inizia, per lo studioso musulmano, con l’avvento di Maometto.

Per quanto concerne Ibn Xaldūn è stata utilizzata la versione inglese delle Premesse; cfr.: IBN KHALDUN, *The Muqaddimah, an introduction to History*, (trad. di Franz Rosenthal), 3 voll., London, 1958; è stata lasciata la trascrizione originarie, benché ...

³⁶ Cfr. ŽIVA VESEL, *Op. cit.*, p. 5.

³⁷ ŽIVA VESEL, *Les Encyclopédies* cit., pp. 5–6.

autori occidentali, infatti, aveva caratterizzato già il programma culturale sasanide, che affidava al libro la conservazione e la trasmissione del sapere;³⁸ mentre, l'interesse dello studioso protomusulmano era preferibilmente rivolto alla filosofia classica ed ellenistica, benché non trascurasse il calcolo, l'astronomia e la medicina,³⁹ applicazioni nell'architettura, nei congegni meccanici e nella strumentazione di misura.⁴⁰

Le corrispondenze di temi riguardanti i settori teorico e pratico nell'Occidente medievale come nell'Oriente protoislamico erano varie e riguardavano diversi campi: dalla produzione edilizia alla meccanica, dall'arte tessile alla strumentazione di misura.⁴¹ Numerose erano le analogie nei testi, come dimostra il lavoro Karajī oggetto di traduzione e di analisi comparata. Nonostante le corrispondenze di interessi, ancora oggi perdura il diffuso preconcetto che l'impiego di trattati e di manuali tecnici sia circoscritto all'Occidente, tanto è che si è soliti prendere in considerazione unicamente l'apporto offerto in forma scritta dal dotto mondo romano e dal mondo rinascimentale, mentre si trascurava l'eventualità che popoli di differente estrazione etnica e culturale possano avere composto elaborati di soggetto tecnico per diffondere le conoscenze acquisite con lo studio delle fonti antiche e con l'esperienza diretta.

Lo studioso protomusulmano, oltre ad essere traduttore, abitualmente era pure rielaboratore ed innovatore di antichi testi. I suoi interessi riguardavano prevalentemente le matematiche, la medicina,⁴² l'architettura, i congegni meccanici e gli strumenti di misura. Il concetto sommativo della filosofia e della scienza consentiva loro di attingere ampiamente al pensiero degli Antichi anche estranei al mondo islamico. Al pari della Grecia, il saggio – *ḥākīm* – era esperto in filosofia, in astronomia, in matematica ed in medicina; spesso egli era anche poeta e scrittore di Belle Lettere; la sua formazione si attuava attraverso le Arti del Quadrivio e del Trivio. Allo *ḥākīm* veniva data in consegna la trasmissione

³⁸ Sulla trasmissione del pensiero fra Occidente ed Oriente, cfr.: D. M. DUNLOP, D. D., *Arabic Science in the West*, Pakistan Historical Society, Karachi, 1958; AA. VV., *L'Islam la Philosophie et les Sciences*, Les Presses de l'UNESCO, Genève, 1981; DE LACY O'LEARY, *How Greek Science passed to the Arabs*, cit.; per alcuni sintetici apetti generali di carattere tecnico-scientifico, il più recente D. R. HILL, *Islamic Science and Engineering*, Edinburg University Press Ltd., Edinburg, 1993.

³⁹ Cfr.: A. PAGLIARO, La civiltà sāsānidica e i suoi riflessi in Occidente, in: *La Persia nel Medio Evo* cit., pp. 19–35; G. PUGLIESE CARRATELLI, *La Persia dei Sasanidi nella storiografia romana da Ammiano a Procopio* cit..

⁴⁰ Sulla trattatistica islamica medievale, cfr.: G. FERRIELLO, *Problemi di Storia della scienza* cit.

⁴¹ G. FERRIELLO, *La Meccanica di Erone in una inedita versione persiana medievale annotata dall'emissario di Luigi XIV* cit.; G. FERRIELLO, Il ritrovamento di un manoscritto persiano: La Meccanica di Erone, in: *Atti IV Congresso SISM*, Padova, settembre 2004, Preprint pp. 14–18.

⁴² Cfr.: A. PAGLIARO, *La civiltà sāsānidica e i suoi riflessi in Occidente* cit.; G. PUGLIESE CARRATELLI, *La Persia dei Sasanidi nella storiografia romana da Ammiano a Procopio* cit., pp. 597–604.

delle scienze alla maniera greca legate alla filosofia.⁴³ Come in Grecia, per la filosofia veniva adottata a volte la tripartizione *Philosophia moralis* o etica, *Philosophia naturalis* o fisica, *Philosophia rationalis* o logica; altre volte, si prediligeva la suddivisione aristotelica caratterizzata dai due insiemi *Philosophia theorica* e *Philosophia practica*. Le singole discipline venivano inserite ora in una ora nell'altra classe in relazione al grado di astrazione ad esse attribuito.

La letteratura "tecnica", fra i testi utili a tramandare agli operatori il frutto della conoscenza teorica e dell'esperienza pratica, comprendeva il *Kitāb* (Libro/Trattato) formato da capitoli e paragrafi, la *Risāleh* (Epistola), breve composizione caratterizzata da contenuto monotematico e l'*Iršād* (Guida), che sviluppava argomenti vari in capitoli. Famose erano le guide dell'agricoltura che ampia diffusione ebbero soprattutto nel mondo ispano-arabo.

Il sapere connesso al settore delle costruzioni comprendeva l'*Honar* (Arte), la '*Elm* (scienza) o qualsiasi disciplina a carattere teoretico, la *Šinā'at* (artigianato) od insegnamento dall'accentuato carattere pratico e l' '*Amal* (lavoro), attività che non esigeva partecipazione creativa, bensì abilità operativa.

La presenza di istituzioni scientifiche – scuole, biblioteche, ospedali ed osservatori – a Baġdād era legata al mecenatismo della corte abbasside, soprattutto dei califfi Ḥarūn al-Rašid (786 – 809) e di suo figlio al-Ma'mūn, fondatore della *Bayt al-ḥikmah* (Casa della scienza), laddove il termine "*ḥikmah*" (scienza/sapienza) è da intendersi alla maniera greca, considerato come esito dell'apprendimento teorico e dell'esperienza pratica. Alla istituzione culturale pubblica erano annessi un osservatorio astronomico ed una fornita biblioteca divenuta subito un importante centro di traduzioni.⁴⁴ La disponibilità dei testi derivava da spedizioni effettuate a Bisanzio dai Banū Mūsā', originari come gli Abbassidi della regione iranica del Xorāsān, dalle relazioni con astronomi/astrologi indiani e dal trasferimento di codici da Alessandria. L'operazione di traduzione si effettuava prevalentemente nella istituzione califfale, all'interno della quale è stata ipotizzata una rigorosa organizzazione: un segretario di solito selezionava le opere da tradurre; le ripartiva fra gli studiosi, i quali le traducevano collazionando più manoscritti; se necessario, si

⁴³ L'argomento è stato affrontato in: G. FERRIELLO, La meccanica e la statica nelle enciclopedie persiane ed arabe fra l'VIII ed il XV secolo, in: *Atti XXIV Congresso nazionale di Storia della Fisica e dell'Astronomia*, Avellino, giugno 2004, in stampa.

⁴⁴ In questo paragrafo vengono riportate solo le informazioni di carattere generale utili ad inquadrare il trattato di Karājī entro il proprio contesto culturale; per gli approfondimenti si rinvia all'ampia bibliografia specialistica nella quale si segnala anche AA.VV., *Un Ponte sul Mediterraneo Leonardo Pisano, la scienza araba e la rinascita della matematica in Occidente*, Edizioni Polistampa, Firenze, 2002.

procedeva alla correzione delle versioni traendone un unico testo.⁴⁵ Nella biblioteca venivano anche ricopiati i manoscritti; fra i copisti era particolarmente famoso il libraio Ibn Hasan al-Šu'ūbī, il quale lavorò anche per i califfi Ḥarūn al-Rašid ed al-Ma'mūn.⁴⁶ Entro i circoli culturali pubblici e privati l'insegnamento era basato sulla lettura di un testo, sul successivo commento e sulla memorizzazione. Infatti, la trasmissione del sapere in ambito islamico avveniva privilegiando la parola e la sua ripetizione.

Per le istituzioni bibliotecarie sono state ipotizzate tre fasi diversamente caratterizzate: la abbasside *Bayt al-ḥikmah*, la šī'ita *Dār al-ḥikmah/Dār al-'ilm* fondata dal califfo al-Ḥākim nel 395H./1005 e la fase delle biblioteche dipendenti dalle *madrāse* (le scuole coraniche), dagli ospedali e dalle moschee.⁴⁷ Parallelamente, esistevano diversi cenacoli culturali privati istituiti presso maestri di chiara fama. Noti erano i circoli culturali di Yūḥannā b. Māsawayh – che accolse per qualche tempo anche il medico/traduttore Ḥonayn ibn Ishāq –, dei Banū Mūsā', che annoverava fra i suoi proseliti il noto traduttore/studioso dagli interessi multiformi Ṭābit ben Qorrāh, originario della città di Carre, sede un di avamposto romano e di una scuola di strumenti di misura. Unitamente al figlio Sinān ibn Ṭābit (826 – 901) egli espresse interessi di studio molto vari occupandosi di matematica, di meccanica, di statica, di geometria, di astronomia e di medicina compilando numerose opere.⁴⁸

Con l'avvento dei Selgiuchidi (447H./1055) a Baḡdād si instaurò un clima di più rigida ortodossia ponendo un freno alla riflessione personale, soprattutto nel campo del diritto. Di ciò risentirono principalmente le scuole sunnite più inclini allo studio del diritto e della teologia; le scuole *šī'ite*, invece, applicando il principio del *ta'wil* (ricerca delle origini) individuavano nella filosofia e nella conoscenza un mezzo per avvicinarsi ad Allāh privilegiando lo studio delle

⁴⁵ Cfr.: Y. ECHE, *Les Bibliothèques arabes publiques et semi-publiques en Mésopotamie, en Syrie et en Égypte au Moyen Age*, Damas, 1967.

⁴⁶ Cfr.: FRANÇOISE MICHEAU, *Institutions scientifiques au Proche-orient*, in: R. Rashed (edit.), *Histoire des sciences cit.*, vol. III, pp. 233–254, p. 235.

⁴⁷ F. MICHEAU, *Institutions scientifiques...* cit., p. 237, riportando l'ipotesi di Y. Eche.

⁴⁸ Fra le quali: *Il calcolo del novilunio*, *L'Epistola sull'anno solare*, *L'Epistola sulla risoluzione di problemi geometrici*, *L'Epistola sui numeri*, *Le sezioni coniche* (una sezione), *L'Epistola sulla prova relativa a Socrate*, *L'idea del moto nella sfera dello Zodiaco* (una sezione), *Il dolore articolare e la gotta* (una sezione), *I calcoli vescicali*, *L'epistola sulle cause della salinità marina*, *L'epistola sul biancore corporeo*, *Il completamento del libro di Galeno sulla medicina*, *L'epistola sul vaiolo ed il morbillo*. Fra le traduzioni sono annoverate: *La sfera e il cilindro di Archimede*, *I lemmi di Aristotele*, *La sfera di Teodosio*, *La sfera che si muove di Autolico*, *L'almagesto di Tolomeo*, *L'introduzione all'aritmetica di Nicomaco*, *Il commento a Proclo*, *Il commento ad Apollonio sulla sezione determinata*, *I libri XIV e XV degli Elementi di Euclide* (con commento), *Una parte del I libro della Fisica di Aristotele*, *L'Ermeneutica di Aristotele*, *Il compendio ad Aria Acque e Luoghi di Ippocrate* e *L'Epistola sulla soluzione delle difficoltà della Repubblica di Platone*.

scienze naturali e delle matematiche. La *madrassa* (scuola) selgiuchide più famosa fu la *Nezāmiyye*, istituita dal visir Nizām al-Molk (m. 485H./1092); essa fu una fucina per l'addestramento del personale impiegato nella pubblica amministrazione, esperto in discipline giuridiche e religiose come lo studio del Corano e del diritto; non veniva trascurato lo studio delle matematiche per la stretta relazione con le ripartizioni ereditarie ed i passaggi di proprietà. Nella *madrassa* bagdadena si contavano sette docenti di calcolo e di aritmetica, ventitre di *fiqh* ed *uṣūl* (diritto consuetudinario), sette di *tafsīr* e di *ḥadīth*, tredici di *kalām* (filosofia) e sette di *ādāb* (consigli). Verso il sec.V H./XI secolo, si diffusero biblioteche dipendenti da fondazioni pubbliche dotate di cospicui patrimoni librari, come la celebre Mustanṣiriyya di Baġdād.⁴⁹

Abituale doveva essere l'uso del disegno con cui si fissavano le nuove idee programmatiche; basti rilevare il fondamentale ruolo documentario dei progetti redatti dai tre fratelli Banū Mūsā' – Aḥmad, Ḥasan, Moḥammad – figli di Ben Šakir, vissuti nel IX secolo. Le loro macchine, riprodotte in numerosi disegni, si collegavano a più antichi congegni alessandrini,⁵⁰ specie le macchine di Erone.⁵¹ Questi, com'è noto, nella *Pneumatica* e nella *Mechanica* si era occupato di ingranaggi, di pulegge multiple, della trasmissione del moto attraverso alberi dentati perpendicolari fra loro ed aveva effettuato ricerche nel campo dell'ottica sviluppate in *La diottra*. La copiosa documentazione grafica arrivata fino a noi grazie ai Banū Musā' e ad al-Jāziri (XII secolo)⁵² è utile alla comprensione dei congegni meccanici anche da parte dei "non addetti ai lavori" gravitanti attorno al califfo, il quale usava tali meccanismi per diletto.

Un innovativo e più vigoroso impulso venne attribuito allo sviluppo di applicazioni in settori pratici come l'astronomia, la meccanica, la topografia, il commercio e, grazie a quanto scrive Karajī, la costruzione. La cognizione delle leggi della Meccanica⁵³ e della Statica⁵⁴ fra il X ed il XII secolo rendeva

⁴⁹ Cfr.: F. MICHEAU, *Op. cit.*

⁵⁰ Sull'ingegneria musulmana, cfr. anche: DONALD R. HILL, *Islamic Science and Engineering*, Edinburg University Press Ltd., Edinburg, 1993.

⁵¹ Per quanto concerne l'opera dei Banu Musā, cfr. DONALD R. HILL, *The Book of Ingenious Devices, by the Banū (sons of) Musā bin Shakir*, Dordrecht–Boston–London, s.d.

⁵² IBN AL-RAZZĀZ AL-JAZARĪ, *The Book of knowledge of Ingenious Mechanical Devices (Kitāb fī ma'rifat al-ḥiyal al-handasiyya)*, translated and annotated by Donald R. Hill, Dordrecht–Boston, 1974.

⁵³ Sulla meccanica medievale cfr: MARSHALL CLAGETT, *La Scienza della Meccanica nel Medio Evo*, II^a ed. Feltrinelli, Milano, 1981, (I edizione italiana, 1972); titolo originale *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, The University Wisconsin Press, 1959.

⁵⁴ Sul tema, fra l'altro, cfr.: NIKOLAI KHANIKOFF, Analysis and extracts of Book of the Balance of Wisdom, in: *Journal of American Oriental Society*, vol. 6, New Haven MDCCCLX, ristampa anastatica Vaduz, Liechtenstein, 1982, pp. 1–128; KHALIL JAOUICHE, La Statique chez les Arabes, in: *Oriente e Occidente nel Medio Evo: filosofia e scienze*, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, 1971, pp. 731–740; K. JAOUICHE, *Le Livre du Qarast ūn de Tābit ibn Qurra, étude sur*

possibile la realizzazione di bilance di precisione utili agli alchimisti, i quali fondavano la trasmutazione dei metalli sulla ricerca per la trasformazione dell'individuo in senso filosofico.⁵⁵ La topografia permetteva di misurare distanze ed altezze e di disegnare nuove mappe consentendo di perfezionare la cartografia esistente e, secondo la filosofia, di pervenire ad una conoscenza/appropriazione misurata e misurabile dell'individuo. La consuetudine di cantiere – come prova il trattato di Karajī – includeva la costruzione di strumenti topografici perfezionati rispetto agli antichi.

Un buon ingegnere doveva essere esperto nella preparazione e nel dosaggio dei vari materiali da costruzione; la sua funzione di consigliere – analoga a quella svolta dal direttore dei lavori di oggi – richiedeva che compilasse una vera e propria perizia estimativa dei lavori da eseguire dopo averli concordati con il *moqanni* (operaio costruttore di acquedotti) e valutati per unità dimensionale; per evitare frodi, Karajī suggeriva di includere le tasse statali nel costo concordato con l'appaltatore. L'ispettore-consigliere doveva sorvegliare la realizzazione dell'opera per evitare che il “proprietario sprovveduto” potesse essere raggirato.

Nel XIV secolo, all'architetto/ingegnere si riconoscerà una specifica competenza nella costruzione di edifici e nella ripartizione catastale, come specifica Ibn Xaldūn nella *Introduzione alla Storia*. Informazioni sul costruttore sono date dallo storico di origine tunisina 'Abd ar-Raḥmān Abū Ziyad Ibn Xaldūn, (Tunisi 1332 – Cordova 1406), uno degli studiosi musulmani più noti nell'occidente latino grazie alla diffusione delle sue *Muqaddimah* (Le Premesse [alla storia]).⁵⁶ Vari storici musulmani hanno attinto alla sua definizione di “Architettura” ed alla stretta relazione con il livello di civiltà raggiunto. Degli Arabi – beduini – ibn Xaldūn, per esempio, lamenta la scarsa attenzione verso la pianificazione urbana ed attribuisce alla loro mancata dimestichezza con le arti i ricorrenti crolli degli edifici. Lo storico fa variare le tecniche costruttive in funzione del clima, dell'area geografica e dei materiali disponibili; mentre, precisa che i materiali vengono usati dal costruttore in relazione alla loro “durezza”; il campo dell'architettura si estende alla pianificazione urbana ed alla costruzione di monumenti; mentre: «[...] gli operatori sono diversi l'uno dall'altro, alcuni intelligenti ed abili, altri, invece, risultano inferiori».⁵⁷ Le autorità ricorrono al consiglio degli architetti in quanto «sono più versati: sono

l'origine de la notion de travail et du calcul du moment statique d'une barre homogène, Leiden E. J. Brill, 1976.

⁵⁵ A proposito della ricerca filosofica-alchemica, cfr.: CARMELA BAFFIONI, *I Grandi Pensatori dell'Islam*, Roma, 1996, ed in particolare il capitolo VI: “Itinerari Gnoseologici”, pp. 101–112.

⁵⁶ Note pure col titolo di *Introduzione alla Storia*. Il titolo completo dell'opera è *Istruttivi esempi e ricordi delle origini e di eventi concernenti la storia degli Arabi, dei Persiani, dei Berberi e di loro contemporanei che possedevano una grande potenza*.

⁵⁷ Cfr.: IBN KHALDUN, *Op. Cit.*, p. 359.

competenti nelle leggi, in grado di costruire acquedotti sotterranei, sanno suddividere le proprietà». L'assenza di una civiltà stanziale, «l'unica in grado di produrre monumenti», comporta l'impiego di materiali deperibili, la scarsa produzione od importazione di materiali più idonei – come pietra e marmo – provoca, intanto, «lo smembramento sistematico degli edifici esistenti per recuperare e riutilizzare il materiale».⁵⁸ Per la sua formazione professionale, l'ingegnere deve conoscere la geometria che sfrutta per costruire congegni meccanici, infatti:

«[...] maneggia funi e pulegge per il trasporto di voluminosi e pesanti blocchi di pietra ed è soltanto grazie all'applicazione pratica di regole di geometria che ha potuto, in passato, costruire edifici monumentali la cui costruzione non è dovuta a dei Giganti, bensì ad uomini capaci di utilizzare congegni appropriati [...]».⁵⁹

L'affermazione “Allorché l'architettura è dominio di una stirpe di persone, quella stirpe costruisce città e palazzi eccelsi ed è ben voluta” ha suggerito approfondimenti e precisazioni da parte di studiosi recenti. In proposito, per esempio, nel testo miscelaneo edito a Tehrān nel 1988/89 da Moḥammad Yusūf Kiānī – *Me'mārī-ye Irān doure-ye Islāmī* (L'architettura dell'Irān di epoca islamica) – si legge:

«Quegli alti principi furono applicati per redigere buoni progetti e per realizzare edifici perfetti dal punto di vista tecnico. Gli architetti portarono all'apice l'utilizzo della geometria perché gli edifici risultassero stabili ed i muri si mantenessero a piombo. Si industrialarono per sollevare il livello dell'acqua e perché questa circolasse, nonché in altri argomenti simili. Quindi, essi dovevano conoscere problemi di ingegneria. Questa posizione di Ibn Xaldūn – che si adoperò affinché i progetti fossero ben redatti – comportò un problema critico: quale tipo di disegni tracciare, quali dettagli dovesse contenere il progetto, quale descrizione dovesse essere allegata, quanti segni fossero pertinenti ed importanti [...]».⁶⁰

Durante il periodo ottomano, l'amministrazione verrà affidata a militari fra i quali figurano cinque *emīn* (Commissari) inquadrati nel “Servizio esterno”. Lo *šeir emīni* (Commissario della città) aveva la supervisione sugli edifici imperiali e controllava delle risorse idriche; egli era assistito da funzionari subalterni: il *mi'mār bāšī* (Architetto capo) ed il *su nāzirī* (Ispettore delle acque). La demarcazione fra i ruoli dello *šeir emīnī* e del *mi'mār bāšī* non era sempre netta; in realtà, all'uno od all'altro talvolta facevano capo il *ta'mirāt mudīrī* (Direttore

⁵⁸ Cfr.: IBN KĤALDUN, *Op. Cit.*, pp. 360–361.

⁵⁹ Cfr.: IBN KĤALDUN, *Op. Cit.*, pp. 361–363.

⁶⁰ Cfr.: M. Y. Kiānī, *Me'mārī-ye Irān, doure-ye Islāmī*, Tehrān 1366 H. (1988/89), pp.415–416.

del restauro), il *kareççī bāšī* (Capo calcinaio) e l'*enbār emīnī* (Direttore dei magazzini).⁶¹

Lo *šeir emīnī*, oltre ad ispezionare la costruzione degli edifici della capitale, doveva curare l'approvvigionamento dei materiali da costruzione; il *mi'mār bāšī*, invece, aveva competenza tecnico-scientifica ed artistica; nessun edificio poteva essere ristrutturato o costruito *ex novo* senza la sua autorizzazione e le fabbriche più imponenti ed importanti venivano realizzate sotto il suo personale controllo.

La strumentazione topografica ed il progresso delle scienze matematiche

Karajī (m.1017/1029)⁶² dedica circa un terzo del trattato di ingegneria idraulica alla attrezzatura topografica e di cantiere in uso fra i secoli XI e XII, descrivendo strumenti antichi e nuovi modelli, alcuni dei quali erano semplici adattamenti altri di nuova sua invenzione.

Alla fine dello stesso secolo appartiene il *Kitāb al-ḥāwī li-'l-a'māl al-sultāniyya wa rasūm al-ḥisāb al-diwāniyya*⁶³ (Prontuario in uso presso operatori sultaniali per l'applicazione di regole di calcolo [dell'ufficio] del registro) composto da un ignoto autore arabografo probabilmente ispiratosi all'ingegnere persiano. Verso gli anni Cinquanta del Novecento il testo venne trascritto a stampa, tradotto in francese da Claude Cahen e pubblicato a Damasco. Il Prontuario manteneva la stessa sequenza della strumentazione già descritta da Karajī, ma il contenuto era espresso in maniera sintetica. L'assenza di esplicite citazioni e di immagini – per le quali nel manoscritto del *Kitāb al-ḥāwī* erano stati lasciati spazi vuoti idonei ad accoglierle – non consente di essere certi che lo scritto dell'autore ignoto derivi direttamente dal testo da noi tradotto e riproposto in questo studio, oppure se esso si inserisca in un filone di manuali, tra di loro simili, dei quali finora sono stati rinvenuti soltanto pochi esemplari.

Interessanti analogie fra strumenti topografici utilizzati per il rilievo in varie aree geografiche toccate dalla dominazione islamica si rinvengono in raccolte di agrimensura persiane ed ispaniche. Rassomiglianze si notano, per esempio, fra le livelle ad acqua ed il corobate vitruviano descritto nella *Guida per l'agricoltura* compilata in arabo intorno al 1130 dal sivigliano Ibn al-'Awwām e

⁶¹ Cfr.: H. A. R. GIBB AND HAROLD BOWEN, *Islamic Society and the West, a study of the impact of Western civilization on Moslem Culture in the Near West*, 2 voll., London–New York–Toronto, 1957, vol. I, pp. 84–85.

⁶² La data della nascita è ignota, quella della morte è ancora oggi controversa.

⁶³ Cfr.: CLAUDE CAHEN, Le Service de l'irrigation en Iraq au début du XI^e siècle, in: *Bulletin d'Études Orientales*, Tome XIII, années 1949–1951, pp. 117–143.

Nel mondo musulmano esistevano vari *diwān* (Uffici del Registro) per la determinazione delle tasse gravanti sui beni immobili.

tradotta in spagnolo nel secolo scorso.⁶⁴ Il corobate viene spiegato dettagliatamente nelle sue modalità costruttive ed operative: è formato da quattro picchetti di legno, sui quali si colloca un piano orizzontale detto mensa; la verticalità dei piedi viene controllata per mezzo di fili a piombo, la cui declinazione indica la depressione nell'area che si sta livellando. Successive operazioni effettuate alla distanza di circa sei metri⁶⁵ consentivano al topografo di effettuare le misurazioni indispensabili. Altri metodi di livellamento utilizzavano uno strumento simile all'astrolabio, dotato di traguardo attraverso il quale era possibile mirare punti individuati nelle loro coordinate grazie a paline misuratrici o tavolette:

**«[p.147] Sul modo di livellare la terra con lo strumento
chiamato “fune con pendolo” e con un altro utilizzato per
lo stesso scopo:**

Questo strumento è ben noto, dice Abū-'l-Jair; il modo di livellare con esso il terreno è il seguente. Si fissano direttamente tre o quattro pali della stessa lunghezza su di una tavola a forma di mensa, con i suoi piedi tutti uguali; uno di essi si colloca verticale – senza alcuna inclinazione – proprio sulla bocca del pozzo o [p. 148] del canale dal quale si intende condurre acqua per l'irrigazione; si porrà il secondo [paletto] di fronte a quello e si farà lo stesso col terzo e col quarto ed ultimo del condotto che si vuole livellare o con la bocca del pozzo o col recinto. Questi pali devono avere la stessa distanza l'uno dall'altro e le loro basi vanno bloccate con delle pietre o con altro materiale in modo che non si divarichino. Quindi, si tenda un filo di cordicella abbastanza sottile fra la testa del primo e quella dell'ultimo palo, si collochi lo strumento al centro fra i pali e si traguardi il filo a

⁶⁴ Cfr.: IBN AL-'AWWĀM, *Op. Cit.*, Parte I, § 3, pp. 147–151.

Fra i numerosi studi sull'agricoltura ispano-araba si segnalano: JOSÉ MARIA VILLÁS VALLICROSA, El “Tratado de Agricultura” de Ibn Wāfid, in: *Al-Andalus*, vol. VIII/1943, pp. 281–299; EMILIO GARCÍA GÓMEZ, Sobre Agricultura arábigoandaluza, in: *Al-Andalus*, vol. X/1945, pp. 128–146; JOSÉ MARIA VILLÁS VALLICROSA, Sobre bibliografía agronomica hispanoárabe, in: *Al-Andalus*, vol. XIX/1954, pp. 130–142; JOSÉ MARIA VILLÁS VALLICROSA, Aportaciones para el estudio de la obra agronómica de Ibn Ḥayyāy y de Abū-'l-Jayr, in: *Al-Andalus*, vol. XX/1955, pp. 87–105; TOUFIC FAHD, Un Traite des Eaux dans al-Filāḥa an-Nabaṭiyya (Hidrogeologie, Hydraulique Agricole, Hydrologie), in: *La Persia nel Medio Evo cit.*, pp. 277–285; BACHIR ATTÍE, L'ordre chronologique probable des sources directes d'Ibn al-'Awwām, in: *Al-Qanṭara*, vol. III/1982, pp. 299–332; ŽIVA VESEL, Les Traités d'Agriculture en Iran, in: *Studia Iranica*, tome 15, 1986, pp. 99–108; MARIA EVA SUBTELNY, A Medieval Persian Agricultural Manual in context: The Irshād al-zirā'a in late Timurid and early Safavid Khorasan, in: *Studia Iranica*, Tome 22/1993, fascic. 2, pp. 167–217; MIQUEL FORCADA, Šā'id al-Bagdādi y los antecedentes de la agronomía andalusí, in: *Al-Qanṭara*, vol. XVI/1995, pp. 163–171.

⁶⁵ La lunghezza è determinata sperimentalmente e tenendo conto delle corde disponibili.

piombo controllando se esso cade [perpendicolare] sulla linea che suddivide l'attrezzo in due parti uguali; la parte di condotto inclusa fra i predetti picchetti è a livello; se c'è una declinazione verso qualcuno dei suddetti [pali] posizionati perpendicolarmente, vuol dire che c'è una depressione proprio da quel lato. Tale disuguaglianza si elimina togliendo del terreno dal sito più elevato e trasferendolo in quello più depresso fino a che abbiano ambedue la stessa altezza ed il piombino si posizioni proprio sulla linea che suddivide in due parti uguali lo strumento.

*La medesima operazione va eseguita anche fra gli altri due pali. Livellato in tal modo il terreno fino alla fine, si noterà che la terra del bordo [del condotto], nel quale si immetterà acqua, deve essere più bassa vicino alla bocca del pozzo o dell'area picchettata, per lo meno 12 cubiti, che rappresenta la media stabilita da Filemone nel suo libro *La direzione delle acque*. Livellare il terreno con tale livella è come utilizzare l'astrolabio.*

Si ponga verso la bocca del pozzo, o dell'area picchettata, una tavola di spessore omogeneo; si collochi su di essa lo strumento, in modo che la sua estremità cada proprio [p.149] sopra uno dei due tubi laterali verso la parte della bocca del pozzo o dell'area picchettata, mentre l'altro ricada verso il punto in cui si vuole far scorrere l'acqua.

Dopo, si prenda una tavola – o un legno – a sezione quadrata e su uno dei suoi lati si collochino subito sotto alcuni grandi cerchi, tangenti e posti in serie; si mettano dei segni differenziati – con qualcosa che si ha tra le mani, che siano chiari in modo che l'operatore possa individuarli da lontano; si fissi, quindi, questa tavola o legno dritta in piedi, senza alcuna inflessione o declinazione verso uno dei condotti da livellare per consentire lo scorrimento dell'acqua. Posti quei cerchi di fronte all'astrolabio, un uomo si ponga fra l'area picchettata e l'astrolabio; avvicinando questo a se stesso, mirerà attraverso il foro, che è su uno dei lati e che si porrà di fronte ai cerchi posizionati dritti fino a che può vederla mettendo a fuoco la vista; lo stesso si farà per le due tavole dell'estremità, fino a toccare uno dei detti cerchi; individuato il quale ed annotato il contrassegno corrispondente, avvicinandolo a sé, si conoscerà la distanza della superficie di terra del sito in cui è stato fissato il palo; e [di conseguenza] si conoscerà la gibbosità di quel dosso di terra fino [p.150] ai paletti del recinto. In questo modo, attraverso quel palo [si viene a conoscere la quantità da ribassare] lasciando la terra per colmare la depressione fino a che entri nel raggio visivo dell'osservatore

per mezzo della barra da perforazione posta ai lati dell'astrolabio, si giunge in tal modo nel primo cerchio di quel palo prossimo alla superficie di terra [il che indica] di lasciare uguale il tratto di sito intermedio fino al recinto che comprende detto palo. Si continua ad eseguire la medesima operazione tanto per i pali posti di fronte, quanto per quelli laterali a destra ed a sinistra, a seconda della distanza del sito; si livellerà il condotto intermedio sottraendo terreno al sito più alto ed aggiungendola in quello depresso per l'intero spazio che si intende livellare. Queste sono le regole che riferisce Filemone nel suo libro sulla direzione delle acque.

Oltre questo astrolabio [esiste un altro modo per livellare]: per mezzo di una tavola dritta e lunga un cubito si tenda un filo in linea retta, realizzando due nodi ai due estremi, in ambedue si mettano due anelli di ferro e delle stesse dimensioni nella parte più larga ed elevata, in modo che gli occhi [dell'operatore] vengano a cadere su detta linea uno di fronte all'altro; di questo strumento si fa il medesimo uso dell'astrolabio tirando la visuale di ambedue gli occhi fino a quello stesso palo. Analogamente, si prendono due tegole, si metta una poggiata a terra sul dorso, l'altra la si collochi sopra in modo da formare un canaletto forato; mirando attraverso questo canale sopra il lato dell'area picchettata e da qui verso il paletto si verifica quanto abbiamo detto prima. Livellata [p.151] la terra, come si è detto, si contrassegnano [i siti] e con i soliti coppì alla distanza corrispondente alla lunghezza del quadrilatero (o delle tavole) facendo attenzione che stiano più in basso di quelli. Le tavole devono essere bene allineate, di modo che non siano né più alte né più basse della parte superiore o di quella inferiore; ma, d'altra parte, l'acqua andrà livellata da quella verso questa [zona] dove c'è la semina ed il fertilizzante organico. Secondo Abū Abdallah Ben al-Fasel, quella tavola deve essere lunga 12 cubiti e larga 4 (la larghezza mediana si allargherà, si dice sempre nella predetta opera); benché non sia male che sia più piccola.

Se si vuole che il canale sia dritto, a partire dai paletti del recinto, si prendano tre stecche di qualsivoglia spessore; se ne fissi una nel terreno vicino a quel sito, in modo che resti fuori per un palmo; si inchiodi alla sua destra la seconda tavola proprio sulla parete del recinto (cioè dell'area picchettata) alla distanza di un cubito o più dell'altra; alla sinistra si ponga l'ultima tavola allo stesso modo della prima ed alla stessa distanza dalla seconda. Dopo, si prenda un filo sottile; si tracci una linea fra le due estremità e posta su uno dei lati delle stecche laterali; lo si tenda fino all'altra e lì

stesso lo si annodi; da questo punto si traccia un semicerchio; si cambi la linea lungo la medesima stecca, si tenda il filo dall'altra tavola vicino alla quale ci si trovava in precedenza; si delinearà un altro semicerchio a destra in modo che ambedue i semicerchi si incontrino di fronte al palo collocato in mezzo all'area picchettata, tesando [il filo] finché si tocchino i due cerchi; analogamente si tenderà [da questo punto di contatto] [p. 152] senza separarlo da esso; così si procederà in linea retta fino al punto che si vuole [livellare]. La medesima operazione va fatta per i condotti dai quali deve fuoriuscire l'acqua».⁶⁶

Affinità esistono fra gli strumenti più semplici descritti da Karajī e quelli della *Majmu'a dar šenaxtan-e o sanjidan-e zaminhā cegunagī* (Antologia sulla conoscenza delle modalità perative da seguire nella misurazione delle terre) compilata in lingua persiana da un autore ignoto.⁶⁷

«[...] Fra gli strumenti più semplici da utilizzare vi è quello strumento che chiamano tubo [che si utilizza con] e quelle paline dritte e suddivise in fasce nel senso della larghezza.⁶⁸ Quel tubo al centro porta un foro fatto in modo che da esso possa essere versata dell'acqua fino a che esca da entrambi i lati; la sua lunghezza è di circa cinque palmi. Se lo strumento è stato realizzato in legno, ed è aperto così come abbiamo detto, è meglio. Il metodo per livellare i terreni con quell'attrezzo richiede che si operi per tratti pari alla lunghezza del tubo, che viene posto di fronte [a sé] nella direzione della lunghezza da misurare. Occorrono due paline di legno, ciascuna delle quali viene impugnata fra le dita oppure, in alternativa, lo strumento può essere legato ad una corda tesa nel sito da suddividere.

È possibile ottenere il livellamento fra due luoghi con una corda [63 v.] liscia e lunga circa 24 gaz⁶⁹ con quel tubo collegato alla corda mantenuta da due persone poste alle sue estremità con uno di questi legni, il primo dei quali è collocato nel sito dal quale si vuole trasferire l'acqua e l'altro nel posto in cui l'acqua va

⁶⁶ EBN EL AWAM, ZACARIA JAHIA ABEN MOHAMED IBN AHMED, sevillano, *Kitāb al-Filāha* (edit. Josef Antonio Banqueri), 2 voll. Madrid, 1802; ristampa anastatica con note di García Sánchez y J. Esteban Hernández Bermejo, Madrid 1992, Parte I, § 3, pp. 147–151.

⁶⁷ Sui testi di agrimensura persiani, cfr.: G. FERRIELLO, *Fondamenti teorici dell'agrimensura persiana nella Majmu'a n° 169 di Parigi*, V Congresso SISM, Bologna, 2005, Preprint.

⁶⁸ In realtà è l'altezza. Trattandosi di traduzione filologica non sono state apportate modifiche al testo.

⁶⁹ Unità di misura delle lunghezze, quello utilizzato in architettura è pari a circa m.1,066 metri; quello di uso corrente, stando a quanto riportato nel manoscritto n° IX corrisponde a 6 pugni, quindi a 48 cm.

trasportata. Ognuno fissa la propria palina ben salda per terra e facendo cadere il filo a piombo dalla sommità del legno, in modo che sia chiaro che esso è posizionato correttamente. Una delle due persone che reggono la corda alle estremità ordina ad una terza persona, al centro, di versare dell'acqua nel tubo attraverso il foro centrale e fino a che l'acqua esce. Altre due persone ostacolano la fuoriuscita dell'acqua con del cotone o della lana affinché ne esca una goccia per volta da entrambi i lati del tubo. Se la fuoriuscita dell'acqua è la stessa da ambedue i lati, gli uomini posti alle estremità della corda sono [in siti posti] alla stessa quota; se, invece, l'acqua fuoriesce da una sola delle due estremità, il sito che si trova da quel lato è più basso; la persona che è in stazione nel luogo più alto ordina all'uomo che è al centro di abbassare piano piano la corda dalla sommità della palina fino a che l'acqua fuoriesca della stessa quantità da ambedue le estremità [dello strumento].

La porzione di corda che è fra le mani o fra le dita indica la misura della differenza di altezza del sito più alto rispetto al sito più basso; dopodiché, si guarda verso la persona che è in stazione nel sito verso il quale si vuole trasportare l'acqua, gli si ordina di non muoversi dal suo posto e si ordina a chi sta dall'altro lato di spostarsi laddove deve essere trasportata l'acqua e si ripete [un'altra volta] la medesima operazione. Se l'altra parte è più elevata, si osserva tra le mani o tra le dita la quantità [che corrisponde alla differenza] e la si registra e si guarda verso l'altro lato, verso cui si vuole trasportare l'acqua e si osserva dove è la differenza di altezza. Così procedendo si registra la differenza di quota di un sito rispetto all'altro finché non giungiamo nel posto in cui si vuole trasportare l'acqua e si osserva. Se è dallo stesso lato, vuol dire che quel sito è tanto più alto; se, invece, alcune differenze di altezze sono da una parte ed altre dall'altra, vuol dire che ambedue i punti sono alla stessa altezza; se uno di questi due [luoghi] ne ha di più, [64 r.] il signore che ha oltre due posizioni più alte [rispetto all'altro lato] ha un'altezza eccedente compresa nella media; valutata la differenza di entrambi o l'uguaglianza, si capisce se può essere possibile o no trasportare l'acqua. Segue l'immagine dello strumento suddetto. Il resto solo Dio lo sa».⁷⁰

Il funzionamento delle livelle progettate da Karajī è basato sull'ottica di derivazione greca; del resto, gli studiosi musulmani disponevano già da tempo di siffatti studi come attestano le numerose traduzioni dei lavori di Euclide, di

⁷⁰ Seguono, dopo la figura geometrica, due pagine bianche: 64v e 65r.

Apollonio, di Hypsicle, di Theodosio, di Aristarco di Samo, di Doroteo, di Archimede,⁷¹ di Erone di Alessandria, di Ipparco e di Pappo disponibili a Baġdād.⁷² Fra i conoscitori di Euclide – che annovera circa quaranta traduttori arabografi distribuiti dall'Irān alla Spagna – fra i più attivi sono da citare Abū Alī, Abū al-Wafā' al-Buzjānī, Abū Ja'far al-X^wāzinī al-Xorāsānī, Abū Yūsuf al-Rāzī, al-'Abbās al-Jawharī, Abū Nūḥ, Abū 'l-Qāsim al-Anṭākī, Abū 'Uthmān al-Dimašqī, al-Ḥajjāj ibn Yūsuf ibn Maṭar, Ibn Rāhawiyāh al-Arrajānī, al-Karābisī, Ṭhābit ben Qorrāh, al-Māhānī, al-Nayrizī, Naẓīf, Qusṭā ben Lūqā', la confraternita degli Ixwān al-Ṣafā', Sa'id al-Dimašqī, al-Ṭabarī, Sanad (oppure Sind) b. 'Alī, Yuḥannā al-Qass e Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī. Ciascuno di loro, guidato da propri interessi, pur partendo dalle stesse opere, approdò a formulazioni di teorie differenziate e relative a varie branche del sapere matematico e/o scientifico.

La costruzione dell'attrezzatura topografica in uso in Persia intorno al Mille si può ricongiungere idealmente al traguardo di Erone. Sulla diottra eroniana⁷³ Giambattista Venturi, nel 1814, ha pubblicato la descrizione e la ricostruzione grafica dal *Περὶ δίοπτρας* nei *Commentarj sopra la storia e le teorie dell'Ottica*, laddove la versione araba del medesimo testo era stata eseguita da Abū Ja'far al-X^wāzinī al-Xorāsānī (940 – 998), che la emendò producendo un proprio libro dall'omonimo titolo, del quale, purtroppo, oggi si sono perse le tracce.

Il rapporto fra lo studioso alessandrino del I secolo e Karajī persiano dell'anno Mille viene suggerito da sostanziali – ancorché non esclusive – conoscenze che il secondo possedeva dell'opera eroniana. In *L'estrazione delle acque nascoste* alcuni strumenti topografici e le descrizioni del relativo utilizzo da parte del topografo rimandano al corrispettivo studio di Erone per superarlo, in ogni caso, con le livelle a lastra costruite dal matematico-ingegnere persiano arabografo. Con precisione meticolosa, Karajī non tralascia di specificare, di volta in volta, se sta analizzando uno strumento “visto utilizzare” da altri, uno modificato di recente, oppure uno di propria invenzione. In questa terza eventualità, non trascura di dimostrare il teorema su cui è basato il funzionamento.

⁷¹ Sulle opere di Archimede esiste una bibliografia specialistica alla quale si deve rinviare; qui vengono segnalati solo due studi fra i più recenti: BERNARD VITRAC, A propos de la chronologie des oeuvres d'Archimède, AA. VV., *Mathématiques dans l'Antiquité*, Université de Saint Étienne, 1992, pp. 59–94; SOPHIE ROUX, Le premier livre des Equilibres plans, Réflexions sur la mécanique archimédienne, in: AA. VV., *Mathématiques dans l'Antiquité* cit., pp. 95–160.

⁷² Cfr.: IBN AL-NADĪM, *al-Fihrist*, cit..

⁷³ Per una possibile influenza dell'opera eroniana su Balbo, noto operatore-scrittore latino di agrimensura, cfr.: JEAN-YVES GUILLAUMIN, La Signification des termes contemplatio et observatio chez Balbus et l'influence héronienne sur le traité, in: AA. VV., *Mathématiques dans l'Antiquité* cit., pp. 205, 214.

Le opere di Erone furono tradotte in arabo – talvolta pure in persiano è lecito pensare – da i Banū Mūsā', Qusṭā ben Lūqā, Abū-Nūḥ, al-Nayrizī, Abū Ja'far al-Xwāzinī al-Xorāsānī. I traduttori di Erone erano tutti persiani, ad eccezione di Qusṭā ben Lūqā. Questi, infatti, era un cristiano di origine siriana proveniente da Baalbek; dopo una sosta a Baġdād, per problemi connessi alla sua fede religiosa, si trasferì in Armenia, dove morì nel 998.

I primi strumenti di misura descritti da Karajī sono le livelle a tubo⁷⁴ – con le due estremità aperte, o con le due estremità chiuse –, la livella a braccio di bilancia – od a falco –, la livella a lastra di forma triangolare, tonda oppure quadrata; completa i modelli uno strumento simile al moderno teodolite. I materiali suggeriti per la costruzione dell'attrezzatura topografica erano il legno ed il metallo ma l'ingegnere-matematico aveva cognizione anche dell'impiego del vetro e di canne; i colori bianco, rosso e nero venivano consigliati per disegnare contrassegni sulle stadie e per graduare le livelle a lastra. Le corde potevano essere di seta, di altre fibre naturali oppure costituite da fili di rame ritorti; le loro dimensioni più ricorrenti erano di 10 cubiti (pari a circa 5 metri), di 3 cubiti (circa 1,5 metri) e di 100 cubiti (circa 50 metri); per annullare l'effetto dell'elasticità le catene di seta venivano prima intrecciate e poi spalmate di cera. In proposito Karajī scrive:

«[...] Il modo di costruire la catena è il seguente: si ricavi del rame ritorto in modo uniforme; dopo che si è ottenuto uno spessore identico ed uniforme, lo si suddivida di spanna in spanna, oppure si ricavino dei pezzi di poco più grandi. Si curvino le estremità di ogni pezzo in modo che si formino dei piccoli anelli. Questi elementi si colleghino uno all'altro; se è possibile, si saldi il punto di contatto fra le due estremità di ogni anello [...]. La lunghezza di questa catena deve essere di 30 cubiti [...].»⁷⁵

Per determinare correttamente l'orizzontalità fra due punti già nel terzo millennio a.C. erano state utilizzate livelle. Oltre a qualche reperto archeologico, a qualche rara rappresentazioni grafica risalente all'antico Egitto e ad alcuni rimandi del *De Architectura* vitruviano, le informazioni più antiche furono incluse da Archimede nel lavoro sulla bilancia. Di questa opera, nel X secolo, esistevano vari esemplari, stando a quanto scrive Ibn al-Nadīm intorno al 935 nella lista dei libri disponibili a Baġdād⁷⁶ nel negozio-libreria di suo padre e adoperabili per la istituenda biblioteca califfale.

⁷⁴ Il primo modello – che è anche il più antico – è sostanzialmente simile, nell'utilizzo, alla livella descritta da Vitruvio ed a quelle illustrate anche nei trattati di agricoltura medioevali.

⁷⁵ Cfr.: KARAJI, *Estextrāj* cit., p. 82.

⁷⁶ Cfr.: IBN AL-NADĪM, *al-Fihrist*, (edit. e trad. Bayard Dodge, *The Fihrist of al-Nadīm, a Tenth-century Survey of Muslim Culture*), 2 voll., New York and London, 1970.

Le livelle impiegate dai Persiani erano varie. Karajī ne elenca alcune riportando per ciascun modello informazioni sui materiali e sul corretto uso; per gli esemplari più precisi e di sua invenzione acclude sempre teoremi geometrici con figure corredate dall'*abjad*, cioè la notazione alfabetica. Lo strumentario del topografo persiano del Mille comprendeva aste verticali di dimensioni variabili in relazione all'utilizzo, come specifica lo studioso persiano Kuros nel suo testo di idraulica:

«[...] *Nell'antico Irān per le operazioni di livellamento venivano utilizzate le aste verticali graduate, verticali secondo Karajī, della lunghezza di circa 1,5 metri, di 2,25 metri e di 2,50 metri circa.*

Le aste da m.1,50 si utilizzavano per la determinazione della linea di livello per mezzo di livelle ad acqua oppure perpendicolari [...].

In sostanza, una palina è una riga di legno lungo la quale, nel senso dell'altezza, venivano tracciate con chiarezza le suddivisioni poiché era importante che fossero visibili da lontano. Paline da m. 2,25 e da m. 2,50 erano utilizzate per misurare l'altezza mediante traguardi da agrimensura; perciò, [anche] sopra il traguardo c'era uno stretto cursore con la [stessa] suddivisione della stadia originaria. Al centro di questo cursore c'era un puntino rosso per traguardare esattamente in direzione della palina per ottenere la massima precisione [...].»

In passato, le suddivisioni in lunghezza erano stabilite in base al sistema di 1/6 (sessagesimale); così, se la lunghezza dell'asta veniva suddivisa in sei palmi, ogni palmo, a sua volta, veniva suddiviso in [altre] sei porzioni ed ogni sesto di palmo era suddiviso a sua volta in sei parti, cosicché l'ultima suddivisione risultava di circa 0,7 centimetri [...].⁷⁷

A proposito delle immagini contenute nella versione persiana del trattato di Karajī ed in quello manoscritto di Hyderabad (da cui deriva un'edizione a stampa),⁷⁸ va notato che, nella versione araba, alcune figure risultano capovolte:⁷⁹ la livella triangolare, la livella a braccio di bilancia, la livella a lastra a forma quadrata; le immagini a corredo dei teoremi nelle due versioni in lingue orientali, invece, restano simili per forma, notazione ed impaginazione.

⁷⁷ Cfr.: Ġ. KUROŠ, *Op. Cit.*, pp. 115 - 116.

⁷⁸ Cfr.: *L'Estrazione delle acque nascoste* ed il suo contenuto in questo studio.

⁷⁹ Una causa potrebbe essere la reimpaginazione del manoscritto.