



Università
Ca' Foscari
Venezia

Corso di Laurea in
Lingue, Economie e Istituzioni dell'Asia e
dell'Africa mediterranea

Curriculum
Lingua, Società e Istituzioni
della Cina contemporanea
LM-40

Tesi di Laurea

Servizi ecosistemici culturali e
sistemi di irrigazione tradizionali.
Il caso delle karez nell'oasi di Turfan

Relatore

Ch. Prof. Daniele Brombal

Correlatore

Ch. Prof. Stefano Barontini

Laureando

Francesca Bertagna
Matricola 843071

Anno Accademico

2016 / 2017

Sommario

INTRODUZIONE IN LINGUA CINESE	1
INTRODUZIONE.....	5
CAPITOLO 1	12
1.1 IMPORTANZA DELL'ACQUA IN AGRICOLTURA.....	12
1.2 TECNICHE IRRIGUE IN CONDIZIONI DI SCARSITÀ IDRICA	14
<i>Tecniche basate sulla captazione dell'umidità atmosferica</i>	15
<i>Tecniche basate sulla captazione di acque piovane</i>	15
<i>Tecniche basate sulla captazione di acque di falda</i>	16
1.3 CONCETTO DI OASI	17
<i>Oasi intra – desertiche</i>	18
<i>Oasi di pedemonte</i>	18
<i>Oasi di pianura</i>	18
1.4 ORIGINE E DIFFUSIONE DELLE QANATE	19
1.4 DECLINAZIONI LOCALI DELLE QANATE: QANAT, KAREZ, KETTHARA, FOGGARA.....	22
1.5 CONDIZIONI FISICHE E FUNZIONAMENTO DELLE QANATE.....	23
<i>Costruzione qanate</i>	24
<i>Teorie riguardanti il funzionamento del sistema</i>	26
1.6 TIPOLOGIE DI QANATE IN BASE ALL'ECOSISTEMA.....	29
<i>Qanate montane</i>	29
<i>Qanate pedemontane</i>	30
<i>Qanate di pianura o sul letto dei fiumi</i>	31
<i>Qanate di depressioni</i>	32
1.7 PRO E CONTRO	33
CAPITOLO 2	36
2.1 REGIONE AUTONOMA UIGURA DEL XINJIANG.....	36
<i>Storia del Xinjiang</i>	37
2.2 TEORIE RIGUARDANTI L'ORIGINE DELLE QANATE IN XINJIANG	39
2.3 BACINO DI TURFAN	42

<i>Descrizione geografica del bacino di Turfan</i>	43
2.4 TURFAN	45
<i>Storia di Turfan</i>	47
2.5 SISTEMA IDRICO DI TURFAN	50
<i>Sistemi idrici nelle città antiche di Jiaohe 交河 e Gaochang 高昌</i>	51
<i>Sistema delle Karez</i>	52
2.6 KAREZ E QUALITÀ DELL'ACQUA	56
2.7 STATUS ATTUALE DELLE KAREZ	58
<i>Karez e pozzi a confronto</i>	60
2.8 IMPLICAZIONI ECONOMICHE.....	61
2.9 IMPLICAZIONI SOCIALI E CULTURALI	62
CAPITOLO 3	64
3.1 L'ECOSISTEMA E I SUOI SERVIZI	64
3.2 UNA DEFINIZIONE DI SERVIZI ECOSISTEMICI.....	64
<i>Servizi di approvvigionamento</i>	66
<i>Servizi di regolazione</i>	67
<i>Servizi culturali</i>	68
<i>Servizi di supporto</i>	69
3.3 SERVIZI ECOSISTEMICI CULTURALI	69
3.4 KAREZ COME SERVIZIO ECOSISTEMICO CULTURALE.....	73
3.5 CASO STUDIO: LE KAREZ DI TURFAN.....	76
CONCLUSIONI	81
BIBLIOGRAFIA	88
SITOGRAFIA	93

Introduzione in lingua cinese

坎儿井是开发利用地下水的一种很古老式的水平集水系统，适用于山麓、冲积扇缘地带，主要是用于截取地下潜水来进行农田灌溉和居民用水，它是干旱和半干旱地区的特殊灌溉系统。坎儿井至今已有 2000 多年的历史，据考古证实坎儿井在波斯，现代的伊朗伊斯兰共和国，建立的。从波斯坎儿井流布世界各地，直到中国新疆维吾尔自治区的吐鲁番盆地。吐鲁番坎儿井和万里长城、京杭大运河同被誉为中国三大工程奇迹。坎儿井合理地利用了地形、地貌和水文地质条件。以吐鲁番为例，吐鲁番盆地四周环山，其北面的博格达山的主峰海拔高达 5445 米，而盆地中的艾丁湖面海拔 -154 米，高差竟达 5600 米。吐鲁番地处内陆，远离大海，位于亚欧大陆的中心区域，北有天山，南有昆仑山，特殊的地理位置和环境形成了吐鲁番独特的干热气候，最高气温 49° C，年均降水量只有 16 毫米，而年均蒸发量却高达到 3000 毫米，是中国年降水量最少的地区之一。

有关吐鲁番地区坎儿井的来历，学者们至今提出了三种不同看法：1. 约 2500 年前古波斯人发明的坎儿井技术传播到吐鲁番盆地；2. 汉朝时期的内地井渠模式传播到吐鲁番盆地；3. 由当地人民根据当地的自然地理条件自己发明。不管坎儿井是在吐鲁番地区或者在波斯建立的，采用这种方法的人都认为坎儿井是一个非常重要的系统。自 2000 年申报世界级文化遗产以来，新疆坎儿井再次走进人们的视野，引起政府及学者们的关注，但是关于坎儿井的研究资料少之又少。大多数学者基本上是在对坎儿井进行起源考证，关心新疆坎儿井源于何时，来自何方。尽管起源考证是从源头上对坎儿井文化认同的一个必不可少的方向，然而，更多方面的研究也应该适当展开。

坎儿井由竖井、暗渠、明渠、涝坝四部分组成。暗渠是坎儿井的主体，分段设置，长度一般为 3—5 公里，最短也有数百米，最长的超过 10 公里。暗渠的出口，称龙口，龙口以下接明渠。明渠是暗渠出水口至农田之间的水渠。明渠与暗渠交接处建有“涝坝”，又称蓄水池。水源由当地坎匠们选定。这些坎匠具有非常丰富的经验。他们所选的坎儿井源头一般出水量较大、水流通畅、源流时间较长。通常他们从土壤的颜色、湿度、附近鹅卵石的形状、植被的种类和覆盖情况来判断地下水源的丰富程度。暗渠的挖掘是坎儿井的主要工程，是输送水的主要廊道。其工程量大、用工时间长。镐头和撮头用来挖土；桶或箩筐用来装土；所挖之土用人力或畜力牵引辘轳出土。为了保证地下照明和挖掘方向的正确性，用定向灯来指引方向和照明。为了把挖出的土运出去，每隔 20 - 50 米就要挖一竖井。竖井的深度，最深者可达 90 米以上，从上游至下游由深变浅。涝坝作为绿洲的心脏，其主要功能是蓄水。这样，山前或出山口冲洪积扇地带的地下水就由输水暗渠导向下游最终引到农业灌溉用水区域。坎儿井构成了沙漠地区别具一格、引人入胜的独特地域景观。

采用坎儿井系统的地区受到很大的效果：首先，坎儿井具有减少蒸发，其次，坎儿井具有节约能源、降低污染的功能，此外坎儿井是人工开掘的纯粹利用自然地势(从高处到低处)进行灌溉的一种用水方式，不用复杂的动力设备就可以引水灌溉和满足生活用水。坎儿井营造了良性的生态系统，对人们带来很大的好处。新疆坎儿井不仅是继承下来的作为人类

共同财富的经济形态，而且是一种文化社会生产方式。坎儿井作为二千多年来人类文明史上独特、宏伟的地下水利灌溉工程，以其深厚的文化内涵与历史积淀。既然坎儿井变成了绿洲的结构、绿洲居民的文化和传统、绿洲社会阶层，研究者就认为它们是一种生态系统服务功能。

生态系统服务（英语：ecosystem services）是指在生态系统中，人类直接或间接谋取的所有福利。在 2005 年千禧年生态系统评（英语：Millennium Ecosystem Assessment）估明确指出自然生态系统是人类的“生命支持系统”，为人类提供必要的生态系统服务。目前的生态系统服务共分为四种：提供、支持、调节、文化。近几年中国政府打算提高新疆自治区经济发展的速度。为了获得自己的目标，政府不关注本地人的文化和传统，通常它采用不可持续的新型系统。政府不让本地人继续采用坎儿井系统，反而要采用机电井。国际社会对生态系统文化服务的价值已有所认识，但在中国，人们的认识还停留在对其经济价值的追求上，对于其他价值的认识不够。如有一种观点认为，从纯经济角度看，坎儿井已无生存必要。

分析伊朗伊斯兰共和国的坎儿井的管理，我们就明白文化的观点非常重要因为保持人们与自然的关系。在生态系统文化服务来看，从二十一世纪开始伊朗居民，伊朗政府与国际所有的组织合作为了保护坎儿井。它们不但希望世界各地的人民了解坎儿井的结构，而且希望都有机会了解坎儿井的文化和历史。为了获得他们的目标，2005 年在伊朗的亚兹德市，联合国教育、科学与文化组织（英语：UNESCO）创建了 ICQHS 组织。2014 年联合国粮食及农业组织（英语：FAO）加大伊朗卡山的坎儿井在全球重要农业文化遗产（GIAHS）的保护和适应性管理项目。该项目不仅促进了公众对其的理解与认识，还提高了国家与国际对农业遗产系统的认可。GIAHS 认为伊朗的坎儿井有农业文化遗产，同时认为坎儿井也有很丰富的文化遗产。坎儿井有助于充实卡山地区的局势，否则应当是沙漠。最美丽的农场和庭院存在由于坎儿井系统，同时坎儿井技术也是文献的来源，波斯诗歌以及重要的旅游目的地。2016 年，UNESCO 的世界遗产大会审议通过“伊朗波斯坎儿井”入选世界遗产名录。

伊朗伊斯兰共和国是一个成功的例子，因为当地人与国家政府和国际组织建立了一个丰富的合作。在新疆情况并不一样，因为政府与新疆居民有不同的思想。政府希望扩大西部的经济，同时它不尊重维吾尔少数民族的风俗和习惯。政府认为坎儿井可能成为一种高知名度的旅游景点，希望吸引越来越多国内和国外的游客，吐鲁番旅游业可以提高新疆人的生活方式。反而维吾尔希望继续采用坎儿井，因为坎儿井的花费比机电井低，并且坎儿井是维吾尔族文化的一种非常重要部分。维吾尔有一个句话说：没有坎儿井，就没有吐鲁番绿洲文明。为向国内外宣传、介绍坎儿井的历史、文化及其在干旱区生态环境中的作用，新疆坎儿井研究会 1992 年在吐鲁番投资兴建了坎儿井乐园。在坎儿井乐园也有葡萄园，它们让游客看一看坎儿井的结果，也就是说游客可以品尝用坎儿井水浇灌的葡萄。2000 年在坎儿井乐园的附近，中国政府建立了坎儿井民俗园。民俗园包括坎儿井、坎儿井博物馆、民俗街、民居宾馆、民族歌舞餐厅、葡萄园等。多亏政府的两千万投资，民俗园成为中国最具民族特色的集参观、观赏、购物、度假为一体的旅游景点。政府的目标只是建立一个旅游景区，不是保持坎儿井的生态系统文化服务也不是保持维吾尔少数民族的文化和习惯。世界银行，一种国际的组织，

和中国政府关于坎儿井未来的思想一样。2010年，世界银行发出了吐鲁番地区节水灌溉项目。其中有一个部分关于坎儿井：世界银行知道吐鲁番当地农民依靠古老的坎儿井系统，但是近年来随着经济的高速发展，水资源供不应求，所以坎儿井就不合适。世界银行修复了一条坎儿井为了强调这种系统的文化和历史的价值。世界银行和中国政府，这两个组织的目标不是综合人们与自然，它们就不重视坎儿井为生态系统文化服务。

伊朗的例子是成功的，如果中国政府 and 吐鲁番当地人没有矛盾，吐鲁番坎儿井也有可能成为一种成功的例子。为了保持坎儿井对生态系统带来的利益，中国要以伊朗成功的结果为目标。

Introduzione

L'acqua, elemento necessario e indispensabile per qualsiasi essere vivente, è un composto chimico semplice, la cui formula molecolare è H₂O. A partire da questa formula siamo in grado di definire gli elementi da cui essa è composta, ovvero due atomi di idrogeno legati ad un atomo di ossigeno. In natura l'acqua è tra i costituenti principali degli ecosistemi ed è fondamentale per tutte le forme di vita conosciute. Ad essa si deve l'origine della vita sul pianeta Terra, per questo motivo l'uomo, sin dai tempi più antichi, ne ha riconosciuto l'importanza attribuendole inoltre un profondo significato simbolico. Proprio nei territori dove la presenza di acqua era consistente, si sono venute a creare le prime civiltà antiche: la civiltà egizia nacque lungo le sponde del fiume Nilo, le civiltà mesopotamiche (Sumeri, Assiri e Babilonesi) nelle pianure adiacenti al Tigri e l'Eufrate, la civiltà cinese si sviluppò nei pressi del fiume Giallo. Sebbene l'uomo sia consapevole del ruolo fondamentale svolto dall'acqua, nel corso dei secoli l'ha usata in modo eccessivo e improprio, trasformandola in una risorsa limitata. L'acqua, infatti, è chiamata "oro blu" poiché è una risorsa preziosa, ma esauribile.

Sebbene l'idrosfera terrestre corrisponda al 71% della superficie del nostro pianeta, oggi si sente spesso parlare di scarsità idrica. In base alla definizione fornita da DPCM 04.03.1996 la cosiddetta deficienza idrica (scarsità idrica) si ha quando in un sistema di approvvigionamento idrico la domanda standard d'acqua da parte degli utenti non può essere corrisposta, sia per eventi di siccità, inquinamento o errata gestione delle fonti di alimentazione, sia per carenze di natura infrastrutturale (inadeguatezza degli impianti), sia per carenze dovute a eventi naturali eccezionali (sismi, inondazioni, frane)¹.

Il problema attuale non è la scarsità assoluta di acqua, bensì l'accesso all'acqua immediatamente utilizzabile. Solo il 2,5% delle riserve idriche è costituito da acqua dolce, il restante 97,5% contiene concentrazioni saline troppo elevate per poter essere utilizzato. Inoltre stando alle più recenti statistiche della FAO² sembra che il 70% delle acque dolci venga utilizzato per uso agricolo, il 20% per il settore industriale e il restante 10% per uso domestico. La percentuale destinata all'agricoltura potrebbe crescere di un ulteriore 20% entro il 2050 a causa soprattutto della pressione demografica, dei cambiamenti climatici, e dell'utilizzo di tecniche agricole non sostenibili. Per le motivazioni sopra citate, la

¹ D.P.C.M. 4 marzo 1996, disposizioni in materia di risorse idriche. Pubblicato nella Gazzetta Ufficiale 14 marzo 1996, n.62, S.O.

² www.fao.org

disponibilità d'acqua a livello mondiale sta diminuendo in modo drastico. Zone particolarmente a rischio sono India e Cina, ma non sfugge al pericolo nemmeno la parte centroccidentale degli Stati Uniti, l'Australia e perfino Londra. Vera e propria emergenza si ha in Yemen, dove l'acqua potrebbe esaurirsi nel giro di pochi anni. Giorni contati anche per Pakistan, Iran, Messico e Arabia Saudita. Analizzando i risultati esposti dalle Nazioni Unite, nel 2025 1.8 miliardi di persone si troveranno a vivere in Paesi e regioni con scarsità idrica, e due terzi della popolazione mondiale vivrà in condizioni di stress idrico.³ A ciò si deve aggiungere che il 20% delle falde acquifere sono ormai sovra-utilizzate a causa soprattutto della dipendenza di molti sistemi produttivi alimentari dalle acque sotterranee. Infatti solo lo 0,014% è costituito da riserve di acqua dolce immediatamente accessibili dall'uomo, sotto forma di laghi e corsi d'acqua, mentre il 70% è composto dai ghiacciai delle montagne e quasi il 30% è immagazzinata nel sottosuolo.

Dal momento che il settore agricolo utilizza la stragrande maggioranza delle acque disponibili, per evitare una crisi idrica a livello globale è bene adoperarsi per rendere il più efficiente possibile l'utilizzo di queste risorse attraverso un'agricoltura sostenibile. Per agricoltura sostenibile si intende il rispetto dei criteri di sostenibilità nella produzione agricola e agroalimentare privilegiando quei processi naturali che consentono di preservare la risorsa ambiente (suolo, acqua, animali e piante)⁴. L'agricoltura sostenibile consiste nell'utilizzo di tecniche agricole in grado di rispettare l'ambiente, la biodiversità e la naturale capacità di assorbimento dei rifiuti della terra. I modelli agricoli più diffusi che mettono in pratica i principi e le tecniche sostenibili sono l'agricoltura biologica e quella biodinamica. Agricoltura biologica vuol dire che in campagna, per la difesa e il nutrimento delle piante si usano solo sostanze che si trovano in natura o che l'uomo può ottenere con processi semplici. Non c'è alcuna elaborazione chimica o manipolazione genetica, non si utilizzano quindi sintetizzati chimici ma solo tecniche tradizionali quali la fertilizzazione organica o le rotazioni colturali che consentono di arricchire il terreno. Oltre a recuperare pratiche tradizionali come avviene per l'agricoltura biologica, l'agricoltura biodinamica si basa su una serie di "preparati" che funzionano come vere medicine per il terreno: ne risulta un progressivo risanamento del terreno, con un aumento di biodiversità e una qualità superiore dei prodotti finali. Forza motrice di queste tipologie di agricoltura sostenibile è l'acqua che, se utilizzata e gestita in modo intelligente, può migliorare la produzione agricola e la qualità della risorsa ambiente stessa. Nel settore agricolo, quando si parla di acqua, si fa riferimento a quella utilizzata per l'irrigazione; ed è proprio su questo punto si focalizza la presente

³ www.unwater.org/statistics/

⁴ <http://www.idaic.it/agricoltura-sostenibile.html>

ricerca. Esistono numerose tecniche di irrigazione e di prelievo dell'acqua considerate sostenibili, quali: l'irrigazione a goccia che somministra lentamente l'acqua alle piante attraverso getti sottili e precisi destinati alle radici delle piante evitando così inutili sprechi della risorsa; l'utilizzo di anfore interrate che vengono riempite grazie all'acqua piovana, vengono poi tappate e grazie alla porosità della terracotta, materiale con cui vengono costruite, lasciano il terreno sempre inumidito; il riutilizzo delle acque reflue depurate che ha lo scopo di limitare il prelievo delle acque superficiali e sotterranee. Tra esse esistono, inoltre, le cosiddette qanate, tunnel sotterranei che si estendono per diversi km partendo dalle montagne fino alle oasi. Lungo il tragitto, le qanate vanno ad intercettare la falda acquifera, in questo modo ricevono acqua non solo dallo scioglimento dei ghiacciai in montagna ma anche dal sottosuolo, strato ricco di "acque libere" provenienti dalle precipitazioni e dalle condensazioni di superficie.

Le qanate sono una tecnica irrigua tradizionale, nate in Persia in età Achemenide (550-331 a.C.), e tutt'ora fondamentali per il sostentamento di numerose zone desertiche, soprattutto in Medio Oriente e nei territori centrali del continente Asiatico. Il sistema si espanse a tal punto da raggiungere l'Europa mediterranea, durante il periodo islamico (VII-VIII secolo d.C.), e l'America Latina attraverso l'opera dei *conquistadores* (XV-XVII secolo d.C.). Il successo delle qanate è tale che ancora oggi, in molte parti del mondo, l'approvvigionamento idrico per uso domestico e agricolo è assicurato grazie all'uso di questa tecnica. Le qanate, sono composte principalmente da quattro elementi:

- 1) Pozzo madre: dal quale le qanate ricevono la maggiore quantità di acqua;
- 2) Tunnel sotterraneo: canale che trasporta l'acqua delle qanate ed intercetta la falda acquifera;
- 3) Pozzi secondari: distribuiti lungo il percorso delle qanate, servono per accedere al tunnel sotterraneo e per consentirne l'aerazione interna;
- 4) Foce: si trova vicino all'oasi, o all'area da irrigare. Solitamente consiste in un bacino di raccolta, nel quale l'acqua trasportata dalle qanate viene collezionata.

Il sistema è all'apparenza molto semplice ed è caratterizzato da tre aspetti principali: le qanate sono costruite sempre in discesa (si parte dalla montagna e si arriva in zone pianeggianti), in questo modo non c'è bisogno né di pompe né di impianti di sollevamento ma l'acqua scorre solo grazie alla gravità; utilizzando le qanate l'acqua nelle zone desertiche è disponibile tutto l'anno, l'acqua deriva sia dallo scioglimento dei ghiacciai che dalla falda acquifera, ma soprattutto, scorrendo sottoterra, l'acqua non è a rischio di evaporazione; inoltre l'acqua delle qanate è sempre fresca e pulita, passando sotto terra non viene a contatto con l'inquinamento atmosferico.

Il primo studioso che si interessò di questo sistema fu l'ingegnere Henry Goblot che, dopo diversi anni di ricerca in Iran, nel 1979 pubblicò il suo libro "Les qanats: une technique d'acquisition de l'eau"⁵, in cui espone in modo metodico la struttura e la tecnologia utilizzata, ripercorrendo inoltre la storia e lo sviluppo delle qanate. Uno degli aspetti più interessanti e più studiati è sicuramente la diffusione delle qanate nel Mondo Antico. In età Achemenide l'utilizzo delle qanate dalla Persia si estese fino all'Egitto, al cosiddetto Levante mediterraneo⁶, all'Arabia e persino alla regione del Xinjiang in Cina, dove tutt'oggi sono utilizzate. Come si può dedurre, lo studio delle qanate è molto recente e in fase evolutiva. Dopo Goblot, le ricerche a riguardo sono di gran lunga progredite, ma la sua monografia resta tutt'ora la base di partenza. Gli studiosi che hanno deciso di intraprendere questa strada, hanno concentrato i loro lavori sulle qanate delle zone Mediterranee, solo pochi si sono interessati alla diffusione di questa tecnica irrigua in territori più lontani, quali l'America Latina e l'estremo Oriente.

Questa ricerca dopo una spiegazione dell'origine e della tecnica delle qanate, mira ad analizzare la situazione in Xinjiang andando ad indagare come siano arrivate fino in Cina e perché abbiano avuto una tale importanza a livello socio—culturale. La regione autonoma uigura del Xinjiang (XUAR) è una delle zone in cui la scarsità d'acqua è più pesante. Si trova nella parte più occidentale della Repubblica Popolare Cinese e per i due terzi è formata da zone aride e semi—aride. Ciò nonostante questa regione, ed in particolare il bacino di Turfan, è ricca di oasi. La posizione geografica del bacino di Turfan, ha permesso la costruzione delle qanate che consentono all'acqua proveniente dalle montagne di arrivare fino alle oasi e alle zone da irrigare. Fino agli anni Settanta del secolo passato, le qanate erano la tecnica irrigua più utilizzata nel bacino, ma successivamente alle politiche di sviluppo dell'Occidente da parte del governo centrale di Pechino, e il successivo sfruttamento dei suoli e delle risorse presenti nel territorio, esse vennero sostituite da pompe e da tecnologie poco rispettose dell'ambiente. Questo ha portato al loro abbandono o al loro prosciugamento. Oltre ad essere fondamentali per il sostentamento, le qanate fanno anche parte della cultura della popolazione che vive in Xinjiang, gli uiguri. Gli uiguri infatti insistono con rivendicare l'importanza e la riabilitazione di queste tecniche poiché ritengono che senza di esse la vita non sarebbe stata possibile, e allo stesso modo, nemmeno lo sviluppo della loro longeva cultura. D'altro canto, i cinesi Han considerano le qanate una

⁵ Henri GOBLOT, 1979, *Les Qanat, une technique d'acquisition de l'eau*, Parigi, Mouton éditeur.

⁶ Termine che indica la parte orientale del Mar Mediterraneo e che comprende Siria, Libano, Israele, Giordania ed Egitto. Termine in uso nel settore marittimo e commerciale europeo, in contrapposizione a "Ponente". Attualmente la denominazione "Levante" tende ad essere sostituita da quella "Vicino Oriente". (www.treccani.it)

loro invenzione e la inseriscono, insieme alla Grande Muraglia e al Gran Canale Pechino-Hangzhou, tra le tre opere ingegneristiche principali della storia cinese antica. Se infatti, nel resto del mondo la nascita delle qanate sembra riconducibile alla Persia di età Achemenide, in Cina esistono tre diverse teorie: le qanate sono state importate dalla Persia; le qanate sono nate in Xinjiang ad opera degli autoctoni; le qanate sono state inventate lungo il bacino del fiume Giallo.

L'argomento del mio elaborato finale è la conservazione e la possibile riabilitazione delle qanate nell'oasi di Turfan. Attraverso l'analisi di numerosi libri e documenti, ho cercato di capire se le qanate a Turfan siano importanti da un punto di vista meramente culturale o possano essere reinserite nel contesto socio – culturale ed ecosistemico. A livello culturale e storico questo sistema di irrigazione è parte integrante dell'identità uigura, tant'è che il governo centrale di Pechino nel 2008, decise di inserirlo nell'elenco provvisorio dei siti considerati dall'UNESCO patrimonio dell'umanità; la World Bank nel 2010 inserì la riabilitazione delle qanate in un più grande progetto destinato alla conservazione e gestione delle acque a Turfan. Il Governo Centrale inoltre nel 2000 creò il *Karez Folk Custom Garden*, area scenica in cui viene mostrato il funzionamento delle qanate accompagnato da danze e canti popolari della minoranza uigura. Queste iniziative hanno come unico scopo monetizzare il loro valore culturale attraverso impianti turistici attraenti. Attraverso un'attenta analisi del caso delle qanate della Repubblica Islamica di Iran, si evince che esse sono parte integrante dell'ecosistema e arricchiscono il capitale umano, costituito dall'insieme delle conoscenze, delle abilità, delle competenze e delle altre caratteristiche individuali che facilitano la creazione del benessere personale, sociale ed economico⁷. In Iran, al contrario del Xinjiang, le qanate vengono studiate in modo olistico poiché c'è la consapevolezza che esse portino numerosi benefici sia all'ambiente che alla società e vengono quindi inserite appieno nei cosiddetti servizi ecosistemici (*ecosystem services*).

Il presente elaborato è diviso in tre capitoli nei quali mi sono posta l'obiettivo di studiare sia dal punto di vista culturale che sociale l'utilità di questa tecnica di irrigazione. Nel primo capitolo ho fornito un'introduzione generale sull'origine, la storia e la diffusione delle qanate a partire dall'età Achemenide (550 a.C.-331 a.C.) fino ai giorni nostri, analizzando i benefici e gli svantaggi che questa invenzione ha portato. Partendo dall'etimologia del termine accadico (*qanu*), ho evidenziato le principali caratteristiche di questa tecnica e ne ho studiato la costruzione e l'evoluzione nel tempo. Nel secondo capitolo

⁷Brian Keeley, 2007, *Human Capital: How what you know shapes your life*, OECD Insights, <http://www.oecd.org/insights/humancapitalhowwhatyouknowshapesyourlife.htm>

ho analizzato il caso delle qanate in Cina; in particolare, dopo una descrizione storica e geografica del Xinjiang, ho focalizzato l'attenzione sul dibattito riguardante l'origine della tecnica nel Paese esponendo le tre principali teorie a riguardo e ho studiato più nel dettaglio la località cinese nella quale sono state trovate il maggior numero di qanate, ovvero l'oasi di Turfan. Ho descritto la particolare conformazione geografica, le caratteristiche geologiche e la storia che fanno di quest'oasi il luogo ideale per l'utilizzo di questa tecnica di irrigazione. In secondo luogo ho analizzato la storia e lo sviluppo delle qanate a Turfan, attraverso l'utilizzo di dati e numeri provenienti da ricerche scientifiche, articoli di giornale e documenti governativi. La terza sezione è, infine, dedicata ad un'analisi riguardante i vantaggi che un aumento dell'uso di questo metodo di irrigazione apporterebbe all'oasi di Turfan sotto un profilo socio—culturale. In particolare ho cercato di rispondere alla domanda se un'eventuale riabilitazione del numero originale di qanate sia possibile, e se tale porterebbe benefici, diretti o indiretti, al genere umano. Per farlo ho portato come esempio l'analisi delle qanate presenti in Iran, dove sono in atto diversi programmi, presentati a livello mondiale, che hanno come obiettivo il riconoscimento del sistema come servizio ecosistemico culturale, in quanto in passato plasmò l'ambiente e lo rese vivibile, ed è strettamente connesso alla cultura e alla società, che ne ha fatto un vero e proprio culto.

Nella stesura del primo capitolo di questa ricerca mi sono basata principalmente sulle descrizioni fornite da Goblot (*Les qanats: une technique d'acquisition de l'eau*) e English (*The Origin and Spread of Qanats in the Old World*) per quanto riguarda la parte storica delle qanate; per la parte tecnica di fondamentale importanza sono stati i libri e gli articoli di Laureano (*La Piramide Rovesciata; Water Catchment Tunnels: qanat, foggaras, falaj*) così come le lezioni e i documenti gentilmente concessi dal Dott. Barontini⁸. Per la descrizione storica dello Xinjiang, presente all'inizio del secondo capitolo, mi sono affidata al libro di Millward (*Eurasian Crossroad: A History of Xinjiang*), mentre per le teorie riguardanti l'arrivo delle qanate nell'oasi di Turfan, ho presentato le ricerche più recenti. Di fondamentale importanza è stata anche la visita ai diversi musei della Regione dello Xinjiang sia per raccogliere dati empirici che per capire meglio il funzionamento del sistema stesso. Per la stesura del terzo capitolo ho fatto soprattutto riferimento a siti internet di organizzazioni quali UNESCO, FAO e World Bank. Altri importanti documenti utilizzati sono stati trovati attraverso l'utilizzo di database digitali non solo redatti in lingue europee (italiano, inglese, spagnolo e francese) ma anche in cinese. Per la raccolta di dati e informazioni più recenti, mi sono affidata a

⁸ Stefano Barontini, ricercatore presso l'Università degli Studi di Brescia, dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e di Matematica.

periodici ed articoli di giornale, consultati perlopiù online e siti di organizzazioni governative e non.

Capitolo 1

"Quando la fonte si è prosciugata, capiamo l'importanza dell'acqua"

B. Franklin

1.1 Importanza dell'acqua in agricoltura

Anche se la superficie terrestre è coperta per il 71% di acqua, l'acqua dolce rappresenta solo il 2,5% delle risorse idriche, e solo una piccola frazione di essa è disponibile immediatamente, lo 0,014%, sotto forma di laghi e corsi d'acqua, mentre il 70% è composto dai ghiacciai e quasi il 30% è immagazzinata nel sottosuolo. La FAO, nel 2014, stimò che la carenza d'acqua riguarda tutti i continenti, all'incirca metà delle grandi città del mondo e più del 40% della popolazione globale⁹. Entro il 2025, 1.8 miliardi di persone vivranno in Paesi e aree soggette a carenza assoluta di risorse idriche, mentre i due terzi della popolazione mondiale potrebbe dover affrontare condizioni di stress idrico. Sebbene la stima del consumo totale di acqua sia variabile a seconda delle fonti, tutte però concordano sull'aumento dei prelievi di acqua potabile, che si ritiene siano addirittura triplicati negli ultimi 50 anni. Ci troviamo dunque a tutti gli effetti in un periodo di crisi idrica, tutte le aree si trovano a confrontarsi con sempre maggiori problemi legati all'acqua: dalle devastanti siccità nel Corno d'Africa fino alla crescente crisi idrica a Città del Messico¹⁰.

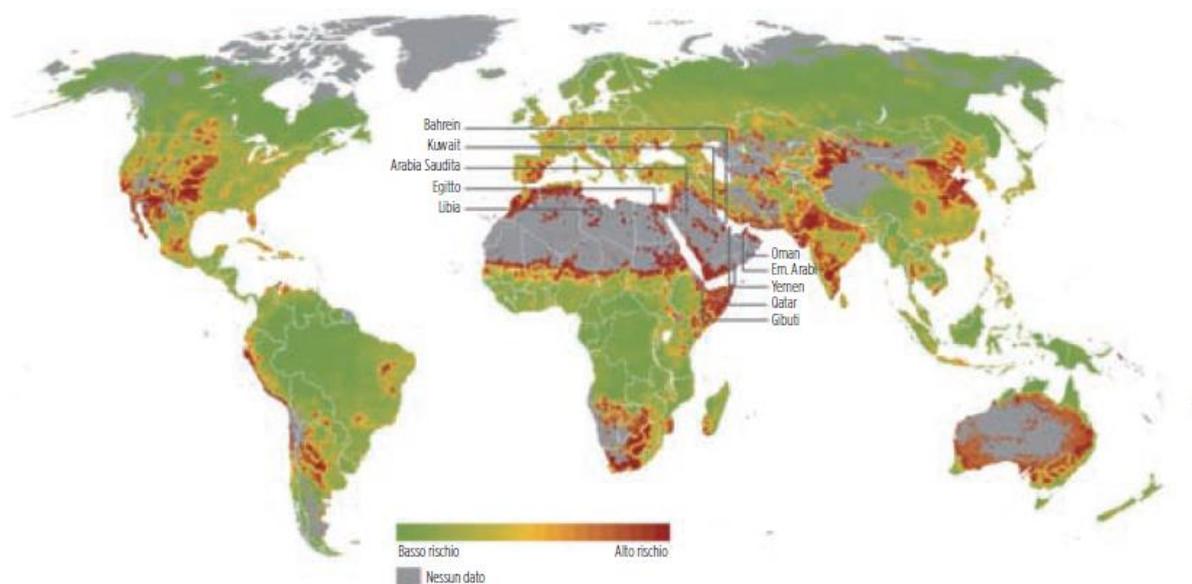


Figura 1 Mappa dell'indice di stress idrico

(https://www.arpae.it/cms3/documenti/cerca_doc/ecoscienza/ecoscienza2014_6/cancelliere_es06_14.pdf)

⁹ <http://www.lastampa.it/2017/05/13/scienza/ambiente/inchiesta/resilienza-idrica-per-un-mondo-assetato-mfDPp6Faeq266hfr6xKrgL/pagina.html>

¹⁰ <http://www.waterandfoodsecurity.org/scheda.php?id=12>

L'acqua è fondamentale non solo per l'utilizzo personale e domestico ma soprattutto per uso agricolo, che risulta essere il settore predominante nell'utilizzo di risorse idriche con una percentuale di circa il 70%¹¹. In Paesi come la Grecia, l'Italia, il Portogallo, Cipro, Spagna e Francia meridionale, le condizioni aride o semi-aride del suolo richiedono una frequente irrigazione pari a quasi l'80% della totalità delle risorse idriche. Tuttavia, l'irrigazione non deve necessariamente comportare un consumo idrico così elevato. In Europa si sono ottenuti miglioramenti dell'efficienza idrica sia attraverso una resa migliore del trasporto dell'acqua, ossia una percentuale più alta di acqua estratta che arriva ai campi, sia mediante l'efficienza dell'utilizzo nei campi stessi, creando un rapporto migliore tra l'acqua realmente utilizzata per una coltura e il quantitativo totale disponibile. In Grecia, ad esempio, il miglioramento dell'efficienza delle reti di trasporto e distribuzione delle acque ha portato a un miglioramento dell'efficienza nell'utilizzo di risorse idriche stimato pari al 95 % rispetto ai metodi di irrigazione precedentemente utilizzati¹².

Un consumo così elevato di risorse idriche per il settore agricolo è gravoso non solo per l'Europa, che solo nell'ultimo secolo si è trovata a convivere con il problema della scarsità idrica, ma anche e soprattutto per i Paesi caratterizzati da clima desertici che faticano a reperire l'acqua, a condurla sul luogo di utilizzazione e a distribuirla alle piante in quantità e tempi determinati. Per ovviare a questi problemi, che porterebbero alla salinizzazione dei suoli e di conseguenza all'avanzamento della desertificazione, le civiltà antiche hanno da sempre adottato soluzioni irrigue sostenibili, ossia una gestione dell'acqua capace di far avere una migliore efficienza, rendendo massime le rese con minori quantitativi d'acqua. Normalmente all'irrigazione, o meglio al suo abuso, vengono addebitati alcuni effetti negativi sull'ambiente, riconducibili essenzialmente a:

- 1) Impatto sui corsi idrici naturali con danni alla flora e alla fauna e alla qualità dell'acqua;
- 2) Ingresso di acque saline delle falde costiere (in caso di prelievo sotto superficiale superiore alla ricarica naturale);
- 3) Abbassamento del livello delle falde;
- 4) Subsidenza del territorio;
- 5) Indisponibilità della risorsa per altri usi alternativi;
- 6) Incremento dei consumi energetici;

Questi effetti negativi non sono strettamente riconducibili alla tecnica irrigua, ma esclusivamente ad un prelievo esagerato o a un uso sbagliato e improprio. Nel settore

¹¹ <http://www.fao.org/land-water/water/water-scarcity/conceptual-framework/en/>

¹² <https://www.eea.europa.eu/it/articles/acqua-e-agricoltura-prospettive-ed-esigenze>

agricolo, modernità non è sempre sinonimo di miglioramenti delle tecniche irrigue: esistono infatti civiltà millenarie nate e sviluppatesi in zone aride che sono state in grado fin dalle origini di creare tecniche irrigue sostenibili. Esse sono la somma di anni di esperienza, del forte legame creatosi e della comprensione e rispetto che queste civiltà crearono con la natura e l'ambiente circostante. Sono tecniche tramandatesi da padre in figlio, parte integrante della cultura, tanto da diventare oggetto di credo religiosi, in grado di combattere per secoli il problema della scarsità idrica e della desertificazione. Queste conoscenze primordiali, prendono il nome di *traditional knowledge*, ed è importante tenerle in considerazione non tanto per un fattore di costi, ma perché i risultati, a livello tecnologico, sono migliori, se considerati nell'ambiente e nel contesto sociale ideale¹³.

1.2 Tecniche irrigue in condizioni di scarsità idrica

Al contrario di quanto presentato nel modello della società idraulica elaborato da Karl August Wittfogel¹⁴, esistono alcune società che si sono originate in aree che non beneficiano di grandi risorse idriche e che sono state quindi obbligate ad escogitare tecniche fondate sulla combinazione vantaggiosa di disponibilità minime e sull'utilizzo sapiente dei principi di umidità, fertilità e vivibilità¹⁵. Partendo dalle pratiche di sussistenza paleolitiche e neolitiche, si sono evolute in sistemi elaborati di conoscenze volte alla creazione e gestione di ecosistemi auto-sostenibili e auto-poietici, vale a dire in grado di perpetuarsi e rigenerarsi continuamente. Queste comunità, ad un primo sguardo risultano essere arretrate e povere di materiali e tecnologia, ma questa apparenza è dovuta ad un uso parsimonioso dei mezzi, frutto di una forte consapevolezza; infatti questo sistema è tipico delle oasi desertiche, caratterizzate dalla frammentazione e asperità geomorfologica, dall'aridità climatica e da particolari condizioni di umidità. Le oasi, a prescindere dalla loro collocazione geografica, hanno come caratteristica comune la scarsità idrica, ossia la carenza d'acqua rispetto al fabbisogno. Siccità e l'aridità possono essere tra le cause principali di scarsità, ma la scarsità può essere anche indotta da cause antropiche a seguito dell'aumento del fabbisogno o della riduzione delle risorse idriche utilizzabili.

Per combattere la scarsità idrica, gli abitanti delle oasi, crearono sistemi di irrigazione in grado di captare l'acqua dal sottosuolo, dal momento che in superficie essa non è presente,

¹³ UNCCD: The United Nations Convention to Combat Desertification, 2005, *Promotion of Traditional Knowledge: A Compilation of UNCCD Documents and Reports from 1997 - 2003*, www.unccd.int

¹⁴ Per approfondire questo argomento si rimanda a: Karl August WITTFOGEL, 1968, *Il Dispotismo Orientale*, vol I-II, Firenze.

¹⁵ Pietro LAUREANO, 1995, *La piramide rovesciata: il modello dell'oasi per il pianeta Terra*, Bollati Boringhieri, Torino, cit., p.288.

dalle precipitazioni o dall'umidità. Le tecniche irrigue principali si possono riassumere quindi in base alla principale fonte della risorsa idrica.

Tecniche basate sulla captazione dell'umidità atmosferica

La tecnica dei muretti a secco è stata escogitata nelle terre agricole come sistema arcaico di irrigazione, grazie alla condensazione del vapore acqueo presente in atmosfera. Il cumulo di pietre ha la capacità di arrestare il processo di evaporazione che si verifica nel terreno aperto, e può determinare un continuo rifornimento di acqua: i muretti a secco catturano l'aria umida dei venti e la trasformano in acqua andando ad alimentare il suolo. La produzione di acqua attraverso questo sistema di percolazione, mediante lo sfruttamento delle nebbie e dei venti umidi, non solo combatte la desertificazione, ma contribuisce ad arricchire le falde acquifere e il suolo di acqua dolce. I muri a secco riducono la necessità di pozzi e di cisterne e quindi contribuiscono a mantenere le risorse idriche sotterranee, inoltre contribuiscono al mantenimento delle qualità agricole del terreno¹⁶.

Tecniche basate sulla captazione di acque piovane

Wādī (al plurale widiān in italiano uadi) è una parola araba che significa corso d'acqua o anche valle e viene utilizzata per indicare quei corsi d'acqua dei paesi aridi, e specialmente dei deserti, che per l'estrema rarità delle precipitazioni appaiono di regola come alvei interamente o quasi interamente asciutti, e attivi solo eccezionalmente, subito dopo le piogge. Le acque rimangono poi nel sottosuolo o finiscono nei mari di sabbia che sono in grado di trattenere il liquido salvandolo dalla forte evaporazione. Lo scorrimento, anche se molto lento, continua sottoterra: i micro –flussi utilizzano l'antica rete idrografica e si indirizzano verso le aree di depressione, dove sorgono le oasi. In prossimità delle oasi vengono costruiti sbarramenti in profondità, perpendicolari al letto del uadi, che bloccano i flussi sotterranei e trasformano il corso in una successione di terrapieni su cui è possibile coltivare campi. Inoltre sugli sbarramenti si possono costruire canali che mantengono una quota più elevata rispetto all'alveo, permettendo così un'irrigazione per scorrimento gravitazionale¹⁷.

La cisterna può essere descritta come un grande recipiente di solito sotterraneo, per quanto non manchino esempi semi-sotterranei o costruiti in alzato, destinata alla

¹⁶ Amina LOUKI, Zied Ben SLIMA, Fatima Ezzahra GHAOUCH, Raisa LABARAN, Giulia RAFFELLI, Marco PELI, Amro NEGM, Nicola VITALE, Stefano BARONTINI, 2015, *Tecniche di irrigazione in condizioni di scarsità idrica*, https://barontini.files.wordpress.com/2016/04/2016_barontini_etal_at_unibs_tr_tecniche_irrigue_pub_e_poster.pdf, Università degli Studi di Brescia DICATAM Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e di Matematica.

¹⁷ LAUREANO, 1995, *La piramide rovesciata...*, cit., pp. 27-30.

conservazione dell'acqua piovana. Poiché gli apporti di acque meteoriche non sono costanti da un anno all'altro, le cisterne avevano anche il compito di accumulare al loro interno le eccedenze prodotte durante un anno particolarmente piovoso, che andavano a costituire riserva da tenere in serbo per gli anni più siccitosi, in maniera tale da assicurare una fornitura il più possibile costante nel tempo. Le cisterne, nell'antichità, erano costruite a partire da uno scavo nel terreno a forma di bulbo o ampolla, con una piccola apertura alla sommità allo scopo di limitare il più possibile le inevitabili perdite per evaporazione, tale però da consentirne l'accesso per le operazioni di intonacatura, disinfezione e pulizia, ed un allargamento graduale nella parte inferiore per consentire di accumulare il maggior volume utile. La roccia o il terreno (in presenza, in quest'ultimo caso, di suoli argillosi—sabbiosi) delimitanti i volumi racchiusi da una cisterna dovevano quindi essere resi impermeabili attraverso appositi intonaci idraulici a matrice pozzolanica o calcarea (a seconda della disponibilità fornita dalla natura dei suoli circostanti), al fine di trattenere l'acqua che altrimenti si sarebbe dispersa nel terreno circostante. Venivano usate quando non si poteva avere acqua in altro modo e rappresentavano comunque un sistema semplice ed efficace, a patto che venissero periodicamente sottoposte a manutenzione. Le forme delle cisterne sono quanto mai varie e ciò dipende da molteplici fattori quali, ad esempio, il materiale adoperabile, la disponibilità economica, la tecnologia a disposizione, la funzione e non ultimi il terreno geologico e il contesto in cui sono realizzate¹⁸.

Tecniche basate sulla captazione di acque di falda

Negli ultimi anni è diventata sempre più evidente l'importanza dell'acqua di falda come risorsa naturale; paragonata all'acqua di superficie essa è di qualità superiore, scorrendo nel sottosuolo è più protetta dagli agenti inquinanti diretti ed è meno soggetta alle variazioni stagionali climatiche, ma soprattutto è presente in maniera più uniforme in tutto il globo, l'acqua di falda risulta ad oggi essere la fonte principale di approvvigionamento nelle regioni aride e semi—aride. Circa un terzo delle aree mondiali vengono ad oggi irrigate attraverso l'acqua di falda: i campi in Iran, Algeria e Marocco vengono irrigati rispettivamente per il 58%, 67% e 75% attraverso l'utilizzo di questa acqua, ma anche Paesi come gli Stati Uniti d'America, si servono per il 45% di acque provenienti dal sottosuolo. Se per alcuni Paesi utilizzare l'acqua di falda è una scelta, per altri invece è l'unica fonte disponibile, in Libia e in Tunisia ad esempio è l'unico modo per ottenere acqua fresca adatta ad ogni utilizzo, dall'approvvigionamento personale, passando per l'uso

¹⁸ BARONTINI et al., 2015, *Tecniche di irrigazione in condizioni di scarsità idrica*, https://barontini.files.wordpress.com/2016/04/2016_barontini_et_al_at_unibs_tr_tecniche_irrigue_pub_e_poster.pdf

domestico fino a quello agricolo. Ed è proprio in Paesi come quelli sopra citati, che è stato necessario mettere in moto l'ingegno umano per creare tecniche irrigue in grado di utilizzare l'acqua di falda in modo sostenibile tale da renderla e mantenerla nel lungo periodo una risorsa rinnovabile. Grazie all'acqua di falda nel deserto è stata possibile la nascita di insediamenti umani, le cosiddette oasi.

La *qanata* è una galleria drenante che fornisce acqua dalla falda sotterranea alla superficie, per gravità. L'uscita della *qanata* si trova sempre in un paese o in un'oasi. La galleria sotterranea è accompagnata a giorno mediante pozzi verticali che sono necessari per lo scavo, servono come punti di aerazione e di condensazione dell'aria richiamata da valle. La distanza di questi pozzi dipende da Paese a Paese. L'acqua drenata da monte esce in campagna per irrigare i campi agricoli, oppure presso l'oasi, per fornire approvvigionamento idrico agli abitanti¹⁹.

1.3 Concetto di oasi

Il termine oasi deriva dal greco *oasis*, che ha a sua volta origine dalla lingua egizia, dal momento che il concetto di oasi venne utilizzato per la prima volta in riferimento a una "isola di fertilità" presente lungo il corso del fiume Nilo, che sembra fosse situata sembra nell'attuale oasi di Dakhla. Citando Laureano²⁰

L'oasi è un insediamento umano in situazioni geografiche inclementi che utilizza risorse rare, disponibili localmente, per innescare un'amplificazione crescente di interazioni positive e realizzare una nicchia ambientale fertile e auto sostenibile le cui caratteristiche contrastano l'intorno sfavorevole.

Le oasi sono ecosistemi viventi grazie all'interazione e alla simbiosi tra uomo e natura, dotati di autopropulsione e autorigenerazione. Per oasi si intende non solo l'abitato, ma il paesaggio nel suo insieme, costituito da diverse componenti ambientali e architettoniche sapientemente organizzate dagli abitanti del luogo. Un utilizzo sostenibile delle risorse e dei fattori vitali sono all'origine dell'organizzazione dell'oasi stessa. Essi sono ad esempio: le antiche tradizioni e conoscenze, le tecniche di produzione e distribuzione dell'acqua, architetture adattate e climatiche, sistemi di controllo del microclima, utilizzo appropriato dei fattori fisici e geomorfologici, selezione e diffusione di specie vegetali specifiche. Gli elementi naturali però non possono dare vita al complesso sistema dell'oasi, è infatti necessario l'intervento umano volto a determinare l'organizzazione degli spazi e

¹⁹ La tecnica della qanata è l'argomento principale del seguente elaborato, verrà quindi meglio descritta nei paragrafi a seguire.

²⁰ Pietro LAUREANO, 1995, *La piramide rovesciata: il modello dell'oasi per il pianeta Terra*, Bollati Boringhieri, Torino, cit., pp. 24-25.

l'architettura dell'ambiente; ogni palma presente nell'oasi, ad esempio è introdotta e coltivata dall'uomo, non esiste allo stato brado e se non viene curata si riduce ad un cespuglio improduttivo. Secondo la loro posizione la loro superficie e la loro funzione possono essere individuati tre tipi di oasi: oasi intra-desertiche, oasi di pedemonte, oasi di pianura.

Oasi intra—desertiche

Le oasi che si trovano in queste regioni sono state create principalmente per sorvegliare le frontiere e le vie strategiche dei flussi commerciali attraverso il deserto. Il loro sviluppo è stato difficile poiché la risorsa fondamentale a cui è legato, l'acqua, non risulta quasi mai immediatamente disponibile. Pertanto questo tipo di oasi è di natura ristretta, tuttavia ha una popolazione molto alta: la densità di popolazione può raggiungere il valore indicativo di 1000 abitanti/km². La terra delle oasi intra—desertiche è suddivisa tra molti gestori proprio a causa dell'alta densità di popolazione, questi ultimi coltivano la terra nella maniera più produttiva possibile. Le oasi intra-desertiche utilizzano le grandi estensioni di sabbia come fattore protettivo e come risorsa: rispettano le leggi di formazione del deserto e le usano per la loro esistenza e sono perciò oasi persistenti nel tempo.

Oasi di pedemonte

Questo tipo di oasi usa principalmente l'acqua presente in fiumi montani, uadi o canali drenanti, da cui l'acqua viene presa e portata alle aree irrigate per gravità tramite canalizzazioni scavate con un'opportuna pendenza. Durante la stagione umida si verifica una fiorente crescita delle piante e c'è la possibilità di immagazzinare l'acqua in eccesso tramite cisterne e serbatoi. Nel periodo secco invece la coltivazione può proseguire utilizzando le riserve d'acqua precedentemente immagazzinate.

Questo schema rappresenta un punto a favore di questo tipo di oasi visto che le mette in condizione di proporre sul mercato dei prodotti a forte valore aggiunto. Però l'inconveniente sta nel fatto che dipende dai valori di precipitazione e dalla disponibilità d'acqua presente nel territorio circostante l'oasi.

Oasi di pianura

Sono in generale irrigate grazie a delle opere di sbarramento fluviali che permettono di disporre di consistenti quantità di acqua nel corso dell'anno. Per cui possono raggiungere dimensioni considerevoli e proteggersi dai rischi derivanti dalla possibilità che si verifichino periodi secchi immagazzinando una parte dell'acqua dei fiumi. Sono usate soprattutto per la produzione di colture alimentari.

1.4 Origine e diffusione delle qanate

Nel 1979 Henri Goblot scrisse una monografia dedicata allo studio delle cosiddette gallerie drenanti intitolata *Les qanats: une technique d'acquisition de l'eau*²¹. Nonostante siano passati quasi quarant'anni dalla pubblicazione, il volume resta tutt'oggi la base per ogni ulteriore approfondimento, dal momento che fu la prima opera totalmente dedicata alla tecnologia, all'origine e alla diffusione di questa tecnica irrigua. Partendo dal lavoro di Goblot, si può definire la qanata come

Une technique de caractère minier qui consiste à exploiter des nappes d'eau souterraines au moyen de galeries drainantes²².

Le qanate secondo Goblot, nacquero in Iran nord-occidentale tra il IX e l'VIII secolo a.C., e per questo motivo la terminologia che fa riferimento a questa tecnica irrigua è ricca di parole di origine persiana²³. Si diffusero successivamente in Oriente e in Egitto, quando i persiani espansero il loro Impero fino al Nilo e l'India, grazie all'impulso dato allo sfruttamento agricolo durante l'impero achemenide²⁴ (550-331 a.C.). Verso occidente i persiani diffusero la tecnica attraverso la Mezzaluna Fertile fino alle sponde mediterranee, fino a raggiungere l'Arabia Saudita a sud. Dall'Egitto la tecnica si pensa sia passata in Libia, nel deserto del Fezzan, e in parte del nord Africa durante l'età imperiale romana. Con il diffondersi dell'Islam²⁵, a partire dal IX secolo d.C., ci fu un'enorme diffusione della tecnica, venne utilizzata in Marocco, nelle grandi oasi del Sahara algerino, nella Penisola Iberica, e persino in America Latina grazie ai *conquistadores*. La ricapitolazione storica offertaci da Goblot ha rappresentato la base di partenza per gli studiosi che si interessano a questo argomento; con il colloquio, relativo a questa tecnica irrigua, svoltosi a Parigi nel 2000 si è messo in discussione l'origine e lo sviluppo delle qanate, presentando come qanate più antiche quelle egiziane di 'Ayn Manawir di età persiana, sottolineando l'assenza di qualsiasi documento o ritrovamento relativo a qanate costruite tra il IX e il VII secolo a.C.²⁶

²¹ Henri GOBLOT, 1979, *Les qanats: une technique d'acquisition de l'eau*, Mouton éditeur, Parigi.

²² Traduzione: Una tecnica di carattere minerario che serve a sfruttare l'acqua della falda acquifera attraverso la costruzione di gallerie drenanti. *Ibidem*, p.27.

²³ *Ibidem*, p. 66.

²⁴ *Ibidem*, pp.67-73.

²⁵ *Ibidem*, pp. 73-81.

²⁶ Stefano DE ANGELI, Stefano FINOCCHI, 2006, *Il sistema delle foggaras in Algeria tra epoca antica e moderna*, in *Tecnica di idraulica antica*, p.170.

QANAT TECHNOLOGY DIFFUSION MODEL

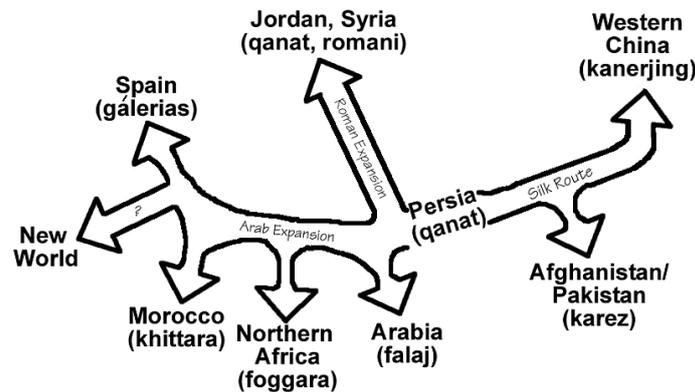


Figura 2 Ipotetica diffusione delle qanate (www.waterhistory.org)

Paul Ward English (English, *The Origins and Spread of Qanats in the Old World*, 1968), famoso geografo americano, approfondì l'argomento concentrandosi sulla diffusione delle qanate nel Vecchio Mondo²⁷: dalla Persia le qanate si diffusero ad occidente attraverso la Mezzaluna Fertile, raggiungendo le sponde del Mar Mediterraneo e toccando persino l'Arabia Saudita. Sui monti Zagros in Iraq le qanate sono tutt'ora fondamentali per le città di Kirkuk e Arbil, così come per la città di Sulaymaniyah a valle che viene interamente irrigata grazie a questo sistema. In Siria e in Palestina le qanate sono state rinvenute nella Valle del Giordano, nella regione siriana di Qalamoun, vicino a Palmira, e a nord-est di Aleppo; non tutti i sistemi sono di facile datazione e per ora sappiamo solamente che alcuni sono molto antichi, altri invece vennero costruiti durante l'era bizantina e altri ancora in tempi molto recenti. Stesso problema di datazione si ha con le qanate egiziane, anche se negli ultimi anni, grazie alla possibilità di condurre ulteriori ricerche in loco, si sono fatti grandi passi in avanti. Le qanate costruite in Egitto durante l'occupazione persiana (525-332 a.C.) sono state trovate nell'oasi di Kharga e a Matruh. Nella Penisola araba le qanate vennero introdotte nel quinto secolo a.C. e sono tutt'ora utilizzate a Hijaz, sui monti dello Yemen e lungo l'Hadhramaut (chiamate *felledj*), in Oman (dove vengono chiamate *falaj*) e in alcune oasi in Arabia Saudita, quali Al Kharj e Al Qatif. A est dell'Iran le qanate sono utilizzate in Afghanistan, in Asia Centrale, e nella regione autonoma cinese del Xinjiang. In Afghanistan le qanate sono presenti nel sud e nel sud-est, soprattutto nei pressi della città di Qandahar. Nella provincia del Belucistan in Pakistan, circa due terzi delle acque presenti

²⁷ Con il termine Vecchio Mondo (talvolta anche continente Antico o Mondo Antico) ci si riferisce a quelle parti della Terra note agli europei prima dei viaggi di Cristoforo Colombo; esse includono Europa, Africa e Asia, e le isole circostanti. Il termine viene usato in distinzione con Nuovo Mondo, con cui si indicano le Americhe.

nelle città principali, come Quetta, derivano dal sistema delle qanate²⁸. Le qanate ottennero molto successo e durante la diffusione dell'Islam, passando per il Nord Africa, vennero esportate in Spagna, a Cipro e nelle Isole Canarie tra il VII e l'VIII secolo d.C. In Nord Africa le qanate, chiamate *fūqarā*, sono presenti in diversi Paesi, tra i quali Libia, in particolare nel deserto del Fezzan, Tunisia, a nord del lago salato di Chott el Jerid e Algeria presso l'altopiano di Tademaït. In Algeria le qanate vennero introdotte dagli ebrei che si stabilirono a Touat e Tidikelt per scappare alle persecuzioni nei territori persiani della Palestina e della Cirenaica; essi impararono la tecnica di costruzione delle qanat durante il loro lungo periodo trascorso nei territori persiani, e la portarono con loro nel Sahara occidentale. In Marocco le qanate, chiamate *khettara*, vengono utilizzate in gran numero a Marrakech e a Tafilalet. La tecnica venne introdotta in Europa di pari passo con l'introduzione della cultura araba; venne utilizzata in Spagna, soprattutto in Catalogna e a Madrid, e in quantità superiore a Cipro e presso le Isole Canarie, Tenerife e Gran Canaria in particolare sono ricoperte di *gálerias*, parola spagnola per indicare le qanate. I conquistadores spagnoli, portarono successivamente questa tecnica irrigua anche nel Nuovo Mondo, sono state infatti trovate in Messico, in Perù e in Cile. Le qanate, sono presenti anche in Italia, più nello specifico in Sicilia nella provincia di Palermo dove sono chiamate *ngruttati*. Vennero costruite tra i periodi di dominazione araba e di dominazione normanna. Ad oggi sono state identificate 25 qanate nel bacino idrografico della Piana di Palermo, di cui solo tre risultano visitabili: il Gesuitico Alto, il Gesuitico Basso e l'Uscibene. A differenza delle qanate orientali è però assente un vero e proprio pozzo madre, sostituito da un'estesa galleria drenante ubicata a monte²⁹. In anni più recenti sono state scoperte gallerie sotterranee anche in Europa Centrale, in Baviera e in Boemia, quando e come la tecnica sia arrivata in questi luoghi resta però tutt'oggi un mistero³⁰.

Come si può dedurre, risulta essere molto difficile inquadrare cronologicamente la nascita e lo sviluppo delle qanate, inoltre ci sono pochissime ricerche archeologiche volte a risolvere la sopracitata questione (De Angeli & Finocchi, 2006). Nonostante l'origine incerta, del tutto certo è lo sviluppo che ha avuto il sistema, dal momento che ancora oggi l'approvvigionamento idrico, in molte parti del mondo, avviene tramite l'uso di questa tecnica.

²⁸ Paul Ward ENGLISH, 1968, *The Origin and Spread of Qanats in the Old World*, Proceedings of the American Philosophical Society, vol. 112 no. 3, pp. 175-177.

²⁹ BARONTINI et al., 2015, *Tecniche di irrigazione in condizioni di scarsità idrica*

https://barontini.files.wordpress.com/2016/04/2016_barontini_et_al_at_unibs_tr_tecniche_irrigue_pub_e_poster.pdf

³⁰ ENGLISH, 1968, *The Origin and Spread...*, cit., pp. 177-178.

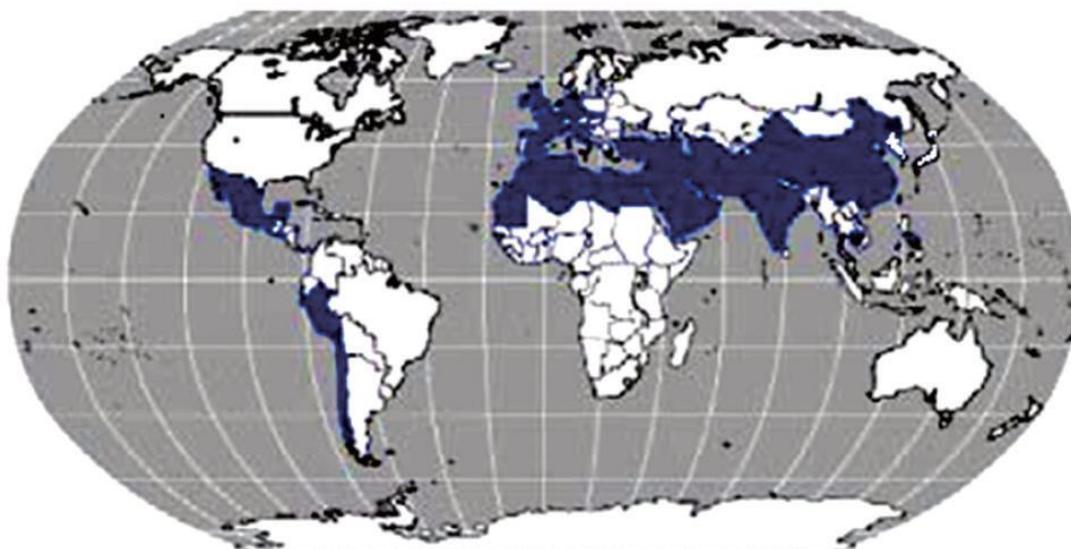


Figura 3 Distribuzione delle qanate nel mondo (colore blu) (Taghavi-Jeloudar, Han, Davoudi, & Kim, 2013)

1.4 Declinazioni locali delle qanate: qanat, karez, kethhara, foggara...

Il termine *qanat* secondo i linguisti ha origine dalla parola accadica *qanu*, che significa canna, diventato in ebraico *qanā* e in armeno *qanya*. A partire da questo termine i greci formarono la parola *χαννα* e i latini *canna*. I minatori accadici con il termine *qanu* facevano riferimento alle gallerie d'evacuazione dell'acqua che erano soliti costruire e che erano tipiche della zona. La parola qanata potrebbe anche aver dato il nome alla città biblica di Qana, dove per lungo tempo, prima ancora dell'arrivo dei Medi e dei persiani, si utilizzava un sistema di approvvigionamento idrico che consisteva in canali in parte sotterranei e in parte scoperti, molto simile alla struttura delle qanate³¹.

Nonostante le qanate siano nate in Iran, gli abitanti e i documenti ufficiali del luogo prediligono utilizzare il termine arabo *qanat*, piuttosto che quello persiano *karez/kariz*, di uso comune in Paesi quali Afghanistan, Pakistan e Cina occidentale (ove vengono chiamate anche con il termine cinese *kanerjing*). In Nord Africa è di uso comune il termine *fuqāra* o *foggara*, mentre in Marocco si utilizza il termine *khattara*, quando si fa riferimento a questo sistema di approvvigionamento. Nella Penisola araba, prevale l'utilizzo di due termini: *felledj* in Yemen e Arabia Saudita, *falaj* in Oman e negli Emirati Arabi Uniti. In Catalogna si preferisce chiamarle *mina* e a Madrid *laoumi*, mentre nel Nuovo Mondo, a Cipro e nelle isole Canarie si utilizza il termine spagnolo *gáleria*³².

Il sistema irriguo delle qanate è stato rinvenuto fino ad ora in 34 Paesi, tra questi il luogo principale resta l'Iran che conta 32164 qanate attive con una portata d'acqua pari a 9

³¹ GOBLOT, 1979, *Les Qanats...*, cit., pp18-19.

³² RAHMAN M, 1981, Ecology of Karez Irrigation: a Case of Pakistan, *GeoJournal*, pp. 10-11.

miliardi di m³. Essendo presenti in diverse parti del globo terrestre, i sistemi delle qanate hanno denominazioni diverse in ogni Paese e ciò ci fa capire che la diffusione è stata talmente vasta e importante che ogni cultura ha deciso di creare un termine adatto e specifico per il sistema (Salih, 2006).

1.5 Condizioni fisiche e funzionamento delle qanate

La qanata è una galleria drenante che fornisce acqua dalla falda sotterranea alla superficie, per gravità. L'acqua drenata da monte esce a valle, poche decine di metri o fino a un paio di chilometri di distanza dalla venuta a giorno (bacino di raccolta), per irrigare i campi agricoli o per approvvigionare l'oasi. Si può riassumere la struttura base delle qanate come segue:

- 1) Pozzo madre (*madari chah*): viene costruito ove sia stata riconosciuta la presenza di una falda e offre il maggiore approvvigionamento idrico alla galleria, attraverso la raccolta di acque provenienti dallo scioglimento dei ghiacciai in montagna.
- 2) Pozzi verticali di areazione: In superficie vengono scavati una serie di pozzi di areazione a distanza regolare, che seguono e intercettano la galleria sotterranea e sono fondamentali in fase di realizzazione del condotto e per le successive operazioni di pulizia, ma non hanno la funzione di attingere l'acqua. Secondo studi recenti, grazie alla presenza dei pozzi verticali aperti, la pressione atmosferica interna alla galleria e quella esterna sono uguali e ciò consente lo scorrimento dell'acqua anche con pendenze minime; le pareti dei pozzi inoltre trattengono vapore acqueo e favoriscono la condensazione assicurando così un'ulteriore produzione di acqua³³.
- 3) Galleria sotterranea: corpo principale dell'intero sistema, lungo mediamente 5-10km e abbastanza ampio da poter ospitare un lavoratore al suo interno. Viene scavata parallela al terreno, non affonda nella falda, ma intercettandola ne drena la parte superiore, senza provocarne l'abbassamento e assorbendone quantità compatibili con le capacità di rinnovo³⁴. L'area del sottosuolo di approvvigionamento assomiglia ad una spugna rocciosa che si alimenta attraverso i micro flussi diretti a valle, l'affioramento di falde profonde costituite da persistenze geologiche non rinnovabili, e gli apporti atmosferici, tra i quali i principali sono le precipitazioni comuni e le precipitazioni occulte³⁵.

³³ Sui principi fisici che regolano questi processi si veda <http://www.mporzio.astro.it/>

³⁴ LAUREANO, 1995, *La Piramide Rovesciata*, cit., pp.56-58.

³⁵ Le precipitazioni occulte sono fondamentali nelle aree desertiche perché creano riserve d'acqua che le qanate riescono a captare: le escursioni termiche tra notte e giorno provocano una condensazione notturna al suolo che bagna la sabbia e che, una volta seccata dai raggi del sole, viene assorbita dal terreno (De Angeli & Finocchi, 2006).

- 4) Foce (*mazhar*): Una volta che la galleria arriva a valle, può esserci la presenza di un bacino di raccolta delle acque, da cui si diramano canali aperti che trasportano acqua fino al centro abitato e ai campi da irrigare. A volte invece l'acqua della qanata passando sotto il villaggio, viene ripartita e decantata in vasche di raccolta sotterranee, e viene utilizzata dalle famiglie; all'uscita del villaggio, l'acqua della qanata viene suddivisa in canalizzazioni a cielo aperto che si diramano verso la zona coltivata. Il luogo in cui l'acqua dalla galleria sotterranea si getta nel bacino è il primo in cui le acque dal pozzo madre riemergono in superficie.

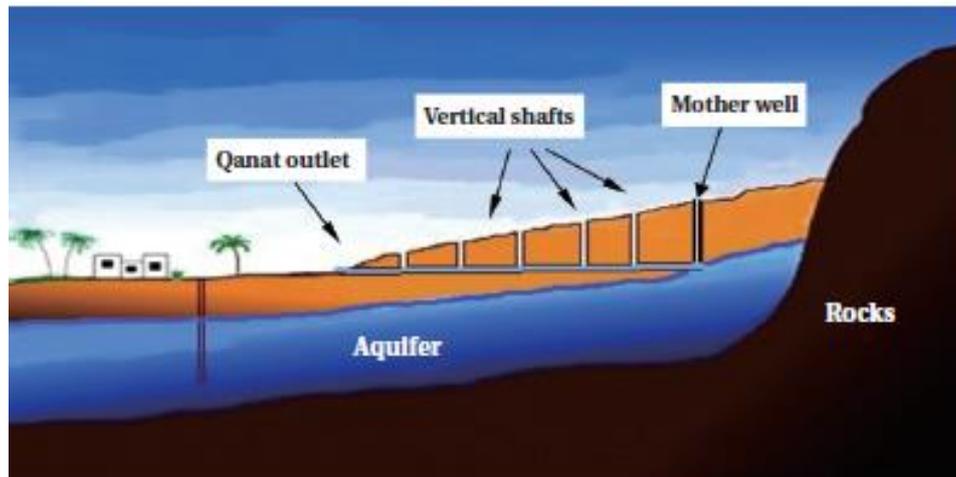


Figura 4 Schema di funzionamento di una qanata (Taghavi-Jeloudar, Han, Davoudi, & Kim, 2013).

Costruzione qanate

Le qanate in Iran venivano costruite da un gruppo di scavatori professionisti, chiamati *muqanni*, i quali ereditarono la tecnica dagli schiavi e dai prigionieri catturati dai re Achemenidi e Sassanidi. Il lavoro dei muqanni, chiamati in Afghanistan *karezan*, divenne piano piano un lavoro ereditario, tramandato da padre in figlio. Essi si organizzarono in comunità di artigiani nomadi, che si spostavano da un posto all'altro per esportare la tecnica. Gli strumenti principali utilizzati erano elementari e facili da trasportare: un piccone a lama larga, una pala e una lampada ad olio. Il lavoro da loro svolto era ben pagato ma allo stesso tempo rischioso, dal momento che il pozzo potrebbe crollare da un momento all'altro e, dato il basso riciclo dell'aria, la morte da asfissia è molto comune. Inoltre, nel momento in cui la galleria viene scavata per intero, l'acqua inizia a scorrere all'interno e ciò potrebbe annegare il muqanni³⁶.

Per costruire una qanata si parte dalla selezione del luogo in cui scavare il pozzo madre (*madari chah*), che va ad intercettare la falda (*ab deh*) per emungere l'acqua. Di norma questo compito spetta al muqanni più vecchio, che attraverso l'esperienza è in grado di

³⁶ GOBLOT, 1979, *Les Qanats...*, cit., pp 45-47.

decidere dove scavare il pozzo di prova. Se presente, il luogo ideale per scavarlo è la bocca dell'uadi³⁷, ma nei luoghi dove la falda è profonda e la qanata lunga, il luogo ideale viene scelto osservando la struttura topografica e le variazioni vegetative³⁸. Dopo aver trovato un potenziale sito ideale, viene scavato dai muqanni un pozzo verticale, abbastanza profondo da penetrare all'interno della falda permanente utile per capire il valore dell'approvvigionamento idrico; se il flusso d'acqua non soddisfa i muqanni, vengono scavati altri pozzi di prova, fino a che non si trova un pozzo con fornitura sufficiente per supportare l'intera qanata. Il capo muqanni, successivamente, decide il gradiente della qanata: se è troppo ripida, l'acqua scorrendo velocemente verso valle andrebbe ad erodere le pareti e a far crollare velocemente l'intera struttura. Il gradiente massimo di una qanata con galleria corta è circa 1:1000 o 1:1500, mentre nelle qanate lunghe, le gallerie sono quasi orizzontali. Un muqanni esperto, è in grado di individuare la pendenza perfetta, per far sì che l'acqua venga trasportata fino all'oasi o ai campi agricoli, con l'utilizzo di una sola corda. Solo dopo aver scavato il pozzo madre e deciso la pendenza, si possono iniziare i veri lavori di costruzione della qanata, lavori che solitamente richiedono anni e dipendono dalla disponibilità economica del proprietario, dalla tipologia di sottosuolo, dalla quantità di acqua che si desidera portare a valle, così come dalle abilità dei muqanni³⁹

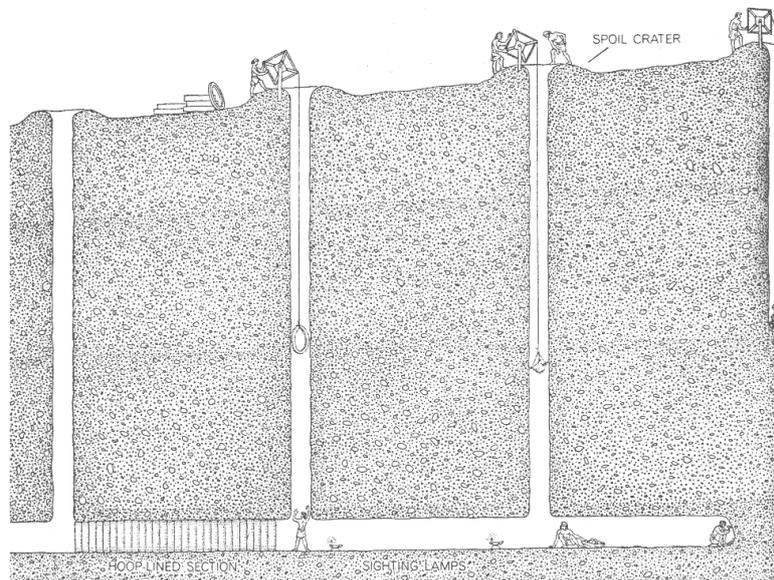


Figura 5 Schema rappresentante il metodo di costruzione delle qanate (www.waterhistory.org)

³⁷ Uadi s. m. [dall'arabo wādī, plur. audiya o widyān] (pl. uidiān). – In geografia fisica, letto normalmente asciutto dei corsi d'acqua che, in forma di solchi ampi e poco profondi (perché riempiti da detriti), dal tracciato spesso assai complicato, solcano il Sahara e altre regioni desertiche; in seguito alle rare e violente piogge, vengono rapidamente inondati e, altrettanto rapidamente, tornano a prosciugarsi (<http://www.treccani.it/vocabolario/uadi/>)

³⁸ ENGLISH, 1968, *The Origin and Spread...*, cit., p. 171.

³⁹ *Ibidem*, p.174.

Il lavoro parte dalle aree asciutte, a valle, e procede verso il pozzo madre. Ad un intervallo regolare di circa 50-100 m, vengono costruiti in superficie i pozzi di areazione, che servono durante la costruzione per ripulire la galleria dai materiali di spurgo. Un muqanni con il solo ausilio di piccone e pala, scava il pozzo verticale procedendo verso il basso, i materiali di scarto li mette in un secchio, o in una borsa di pelle, che viene aizzato, tramite l'utilizzo di un argano (*charkh*⁴⁰) posto in superficie, da altri due muqanni. Se il pozzo di areazione supera i 100 m di profondità, viene installato un argano in una nicchia a metà pozzo, e i materiali di scarto vengono spostati da un secchio all'altro; questi materiali vanno a formare un anello (*karvar*) attorno alla bocca del pozzo, che serve per non far cadere all'interno il drenaggio di superficie che potrebbe crearsi dopo una tempesta⁴¹. Lungo la galleria sotterranea i muqanni portano con se una lampada ad olio che li aiuta a capire dove scavare i pozzi verticali: quando la fiamma è flebile significa che l'aria scarseggia, è quindi necessario lasciare la galleria e procedere con lo scavo di un altro pozzo di areazione. Il punto critico e pericoloso giunge quando si deve collegare la galleria con il pozzo madre, che nel frattempo si è riempito di acqua.

Teorie riguardanti il funzionamento del sistema

Nonostante studiosi e ricercatori si trovino d'accordo sulla struttura base delle qanate, non si è giunti ancora a fornire una precisa e univoca spiegazione di come funzioni questo sistema. Si è soliti prendere per vera la definizione offerta da Goblot: il diagramma della struttura delle qanate rappresentato nel suo libro è presente in quasi tutti i lavori successivi, nonostante ad oggi ci sia la consapevolezza che esso sia frammentario e non rappresenti la complessità dell'intero sistema (Laureano, 2012). Il suo schema rappresenta una sezione trasversale del tunnel, degli strati geologici e dà un'indicazione della falda acquifera. Nonostante Goblot (Goblot, 1979) presenti le qanate come un sistema molto semplice, in realtà sono invenzioni complesse, l'apice di diverse esperienze vissute in diverse aree geografiche e in grado di adattarsi alle condizioni geoclimatiche continuamente in mutamento. Per comprendere al meglio il loro funzionamento non bisogna limitarsi allo studio delle qanate presenti in una sola zona, come fece Goblot, ma bisognerebbe studiarle e analizzarle nel loro totale, poiché hanno modalità di funzionamento diverse nello spazio e nel tempo e sono la somma di esperienze e tradizioni consolidate nei secoli. Per ogni Paese si deve valutare la differenza del lavoro che compie ogni qanata a seconda delle stagioni, dei cambiamenti climatici e nel corso di cicli a lungo termine.

⁴⁰ Tutti i termini in lingua persiana sono presi da: George B. Cressey, 1958, *Qanats, Karez, and Foggaras*, Geographical Review, 48 (1), p. 27-44.

⁴¹ <http://www.waterhistory.org/histories/qanats/>

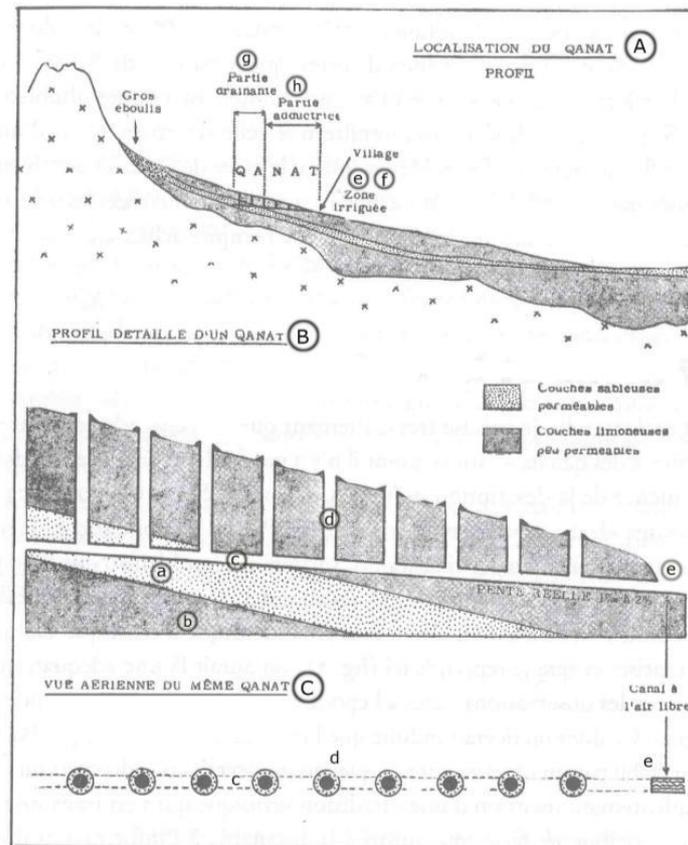


Figura 6 Schema di una qanata secondo Goblot (Goblot, 1979).

Le condizioni fisiche che influenzano il funzionamento delle qanate vanno a definire quello che viene considerato un “paesaggio a qanata”⁴². Tenendo conto della difficoltà di costruzione, le qanate esistono solo dove le risorse idriche superficiali sono precarie, sia per insufficienza, sia per irregolarità, sia per cattiva distribuzione durante l’anno ed esse sono il risultato di uno straordinario rapporto con l’ecosistema volto a determinare il rifornimento di acqua periodica e stagionale. Si può dunque affermare che le qanate siano strettamente connesse a luoghi caratterizzati da climi aridi e questa aridità dovrebbe essere compensata dalla presenza di falde acquifere sotterranee chiamate in questo caso falde freatiche o falde libere che alimentano le sorgenti e gran parte dei flussi superficiali. Per essere utili alle qanate, le falde devono avere un ricambio d’acqua regolare e abbondante, cosa che si trova facilmente ai piedi delle montagne poiché le precipitazioni in questi ambienti sono generalmente superiori e la composizione del suolo è più favorevole all’infiltrazione.

Lo schema di Goblot mostra un’importante falda che taglia la superficie a valle e crea un flusso di acqua libera, ma nella realtà questo schema è pressoché impossibile da incontrare poiché solitamente gli strati sotterranei contenenti acqua non affiorano mai in superficie, nemmeno a valle, inoltre i tunnel sono costruiti appositamente per raccogliere

⁴² GOBLOT, 1979, *Les qanats...*, cit., p. 28.

acqua nelle zone dove solitamente essa non è presente in superficie. Inoltre, i fori del tunnel attraversano un'abbondante falda acquifera della quale una parte diventa convogliamento mentre, l'altra parte assume funzioni di filtraggio; ma, in questo modo, la pressione dell'acqua inonderebbe il tunnel riempiendo i pozzi verticali nel livello più alto della falda.

Stando agli studi più recenti e più tecnici, il reale funzionamento delle qanate è diverso da quello sopra descritto: l'acqua scorre lentamente verso la fine del tunnel, aumentando durante la discesa il proprio volume. Il tunnel non si immerge nella falda ma drena la parte superiore, solitamente attraverso le proprie pareti, e attraversa la parte di terreno dove lo scambio tra le acque profonde e le acque di saturazione superficiali è maggiore. Tenendo conto delle diverse conformazioni geomorfologiche, il rapporto tra i segmenti di convogliamento e filtraggio varia di struttura in struttura. Secondo Goblot, inoltre i fori del tunnel attraversano un'abbondante falda acquifera di cui una parte diventa convogliamento mentre, l'altra assume funzioni di filtraggio. Ma se funzionasse realmente così, la pressione dell'acqua inonderebbe il tunnel riempiendo i pozzi verticali nel livello più alto della falda.

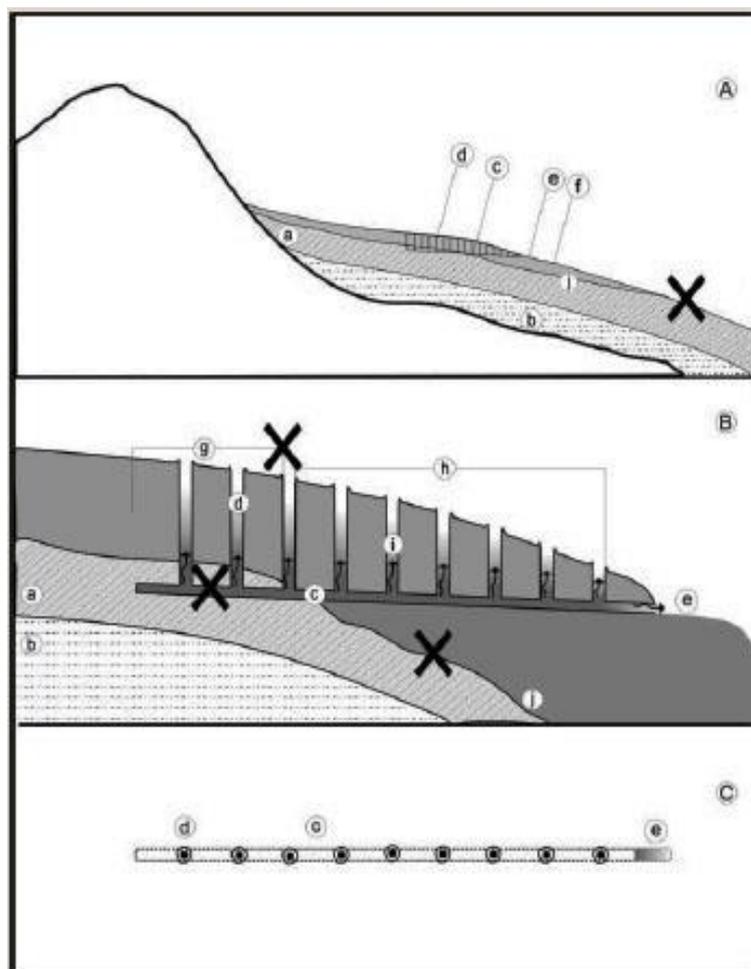


Figura 7 Struttura rivisitata da Laureano di una qanata (Laureano, 2012)

1.6 Tipologie di qanate in base all'ecosistema

In base a quanto affermato precedentemente si possono distinguere quattro tipologie di qanate, in base al luogo dove esse vengono costruite: montane, pedemontane, di pianura, di depressione (Laureano, 2012).

Qanate montane

Queste tipologie di qanate si trovano ad altitudini elevate, vicino alle vette montane dove gli strati di terra contengono le acque delle nevi stagionali e dei ghiacciai, in questo modo hanno condizioni di umidità più marcate. Le qanate intercettano la falda acquifera sotterranea che è formata da una massa di roccia permeabile contenente acqua il cui volume, che varia a seconda della stagione, è auto-regolato dal sistema stesso. Solitamente le qanate montane hanno gallerie molto corte e poco profonde, caratterizzate da un percorso rettilineo e catturano velocemente l'acqua; vengono scavate in terreni rocciosi duri e i pozzi di areazione, se presenti, sono pochi e molto distanti l'uno dall'altro. Le gallerie vengono scavate a partire dal bacino finale e risalendo poi lungo la montagna, vengono solitamente costruiti in una specifica posizione topografica tra il picco montano e le pendici dove si trovano i terrazzamenti che devono essere irrigati dal momento che queste tipologie di qanate servono per le colture e utilizzano la forza di gravità per irrigare i campi posti a valle del tunnel.

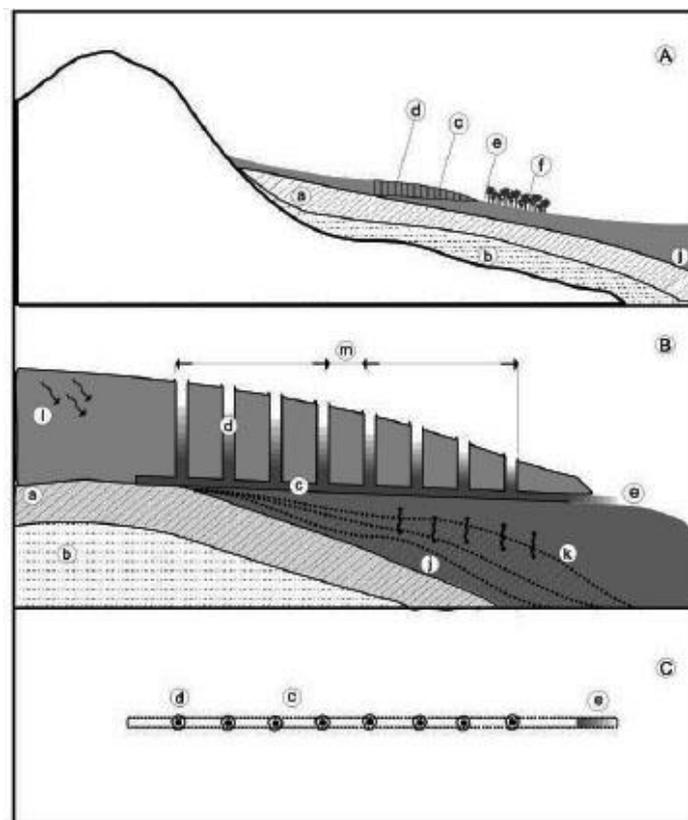


Figura 8 Struttura di una qanata montana (Laureano, 2012)

Qanate pedemontane

Le gallerie si trovano in zone di transizione tra le montagne rocciose e le ampie pianure alluvionali, dove spesso si trovano materiali sedimentari favorevoli all'infiltrazione. Le pianure in prossimità di alte montagne o ampie valli, vengono irrigate da queste qanate che intercettano le acque trattenute tra i pendii montani, e la cui portata d'acqua è simile a quella dei tunnel di montagna.

Per costruire questa tipologia di qanata, si scava innanzitutto il pozzo madre, in questo modo si va a ricercare l'acqua sottoterra; una volta intercettata la falda, si procede con la costruzione della galleria che procede però in senso contrario rispetto al flusso dell'acqua, si parte quindi dal basso e si continua verso l'alto, fino a ricongiungersi con il pozzo madre. Questo perché nelle aree con elevata umidità, scavare dall'alto verso il basso, comporta lavorare con il tunnel allagato. La galleria è solitamente ben ventilata, grazie all'eterogeneità del suolo, e la loro lunghezza permette di intercettare una parte più ampia della falda. Il livello delle acque sotterranee varia nel tempo e può essere parzialmente determinato dalla percolazione nel pendio, dal deflusso dalla montagna e dagli input atmosferici. I pozzi di areazione sono numerosi e fondamentali durante lo scavo.

Nelle vaste aree delle zone pedemontane è più facile trovare terreni adatti alle coltivazioni primarie che sono spesso, organizzate su ampie terrazze la cui estensione dipende dalla portata del flusso d'acqua delle qanate: fornendo input costanti, permettono lo sviluppo di un'agricoltura basata sul ciclo annuale di acqua continuo anziché su acque intermittenti o stagionali fornite dall'ambiente. Gli abitanti delle terre attraversate dal percorso gravitazionale delle qanate hanno precise regole e accordi basati sulla cooperazione familiare, organizzata su corporazioni basate sull'acqua, un esempio sono gli altopiani iraniani.

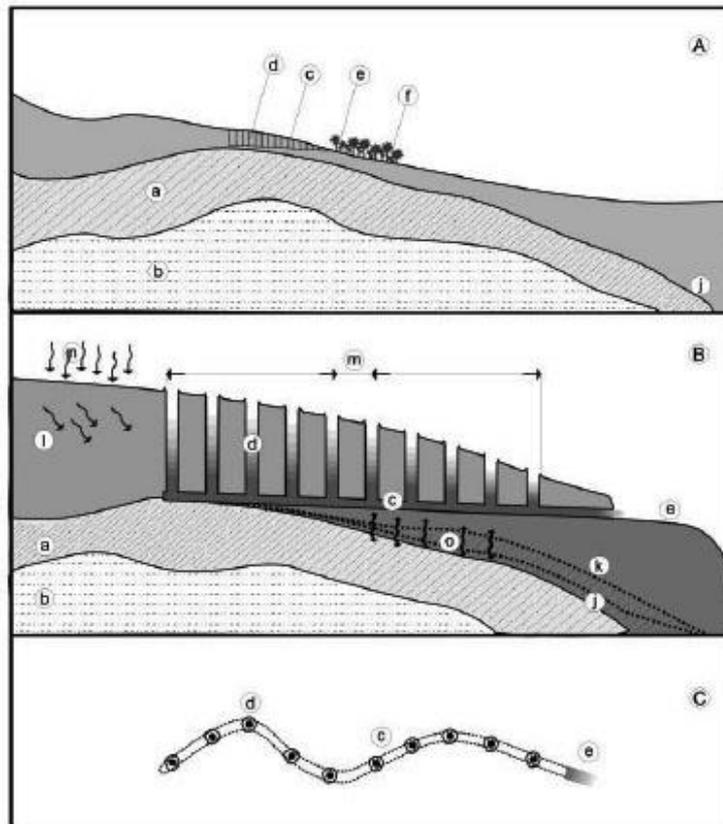


Figura 9 Struttura di una qanat pedemontana (Laureano, 2012)

Qanate di pianura o sul letto dei fiumi

Queste qanate si trovano su ampi depositi alluvionali dove l'approvvigionamento di acqua è minore ed è, in genere, fornito da risorse superficiali. Le gallerie sotterranee formano un lungo sistema ramificato: una parte di esse si dirige verso le colline o verso zone leggermente elevate, in grado di raccogliere le risorse idriche; altre seguono il letto di un fiume secco che produce inondazioni sporadiche e possono funzionare in parallelo alle rive dei fiumi o attraversare il corso sotterraneo assorbendo l'umidità del sottosuolo.

Per la costruzione delle qanate di pianura, vista la relativa uniformità del corso della galleria e l'elevata umidità, lo scavo inizia nel punto di uscita in cui è necessaria l'irrigazione, così come per le qanate pedemontane, ma non serve scavare il pozzo madre per cercare l'acqua: si procede salendo il pendio, spesso verso i corsi irregolari e ramificati, per intercettare la falda acquifera e seguirla nelle diverse direzioni. Le qanate infatti seguono i resti fossili di reti idrografiche secche non visibili sul terreno ma che grazie alla capacità di filtraggio, producono acqua. In alcuni casi vengono costruiti sistemi idraulici o dispositivi per direzionare le inondazioni e per la cattura di acqua negli strati di terreno come, ad esempio, le dighe sepolte nel letto dei fiumi o nelle strade-torrenti.

Intorno ai tunnel di pianura, lunghi e ramificati, sono sorti molti centri agricoli fiorenti, grandi città carovaniere che, nel tempo, si sono espanse seguendo un sistema capillare basato sull'acqua.

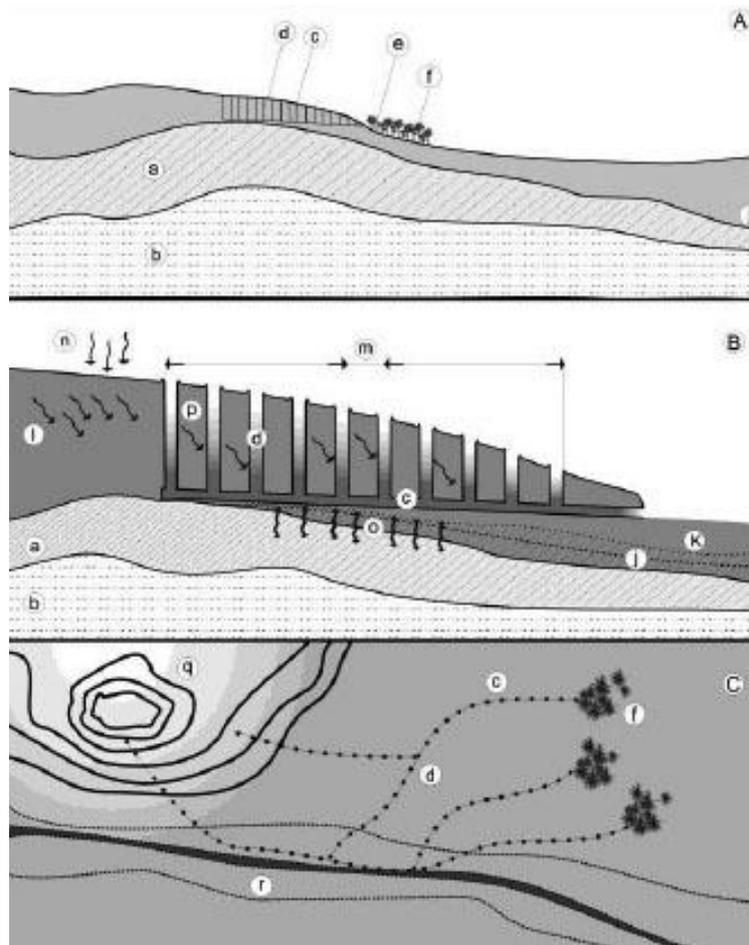


Figura 10 Struttura di una qanata di pianura (Laureano, 2012)

Qanate di depressioni

Queste qanate sono tipiche delle zone aride e iper-aride, associate a strutture geomorfologiche tipiche dei deserti: le grandi depressioni saline. Esse sono resti di grandi laghi, attualmente secchi, che si trovano al centro di sistemi fluviali fossili che conservano piccoli micro-flussi sotterranei. L'acqua, muovendosi in maniera capillare verso la depressione, sale in superficie ed evapora a causa delle alte temperature e, depositando i suoi sali disciolti sul terreno, forma una crosta sterile. In questi contesti estremi, le qanate intercettano i flussi prima dell'evaporazione producendo acqua libera e, sfruttando le pendenze intorno alla depressione, permettono la nascita di oasi caratterizzate da palme e rigogliose colture che ne delimitano i bordi; ed è grazie a questo tipo di qanate che in zone desertiche sono nati importanti centri storici e culturali per la civiltà umana come Turfan in Cina, Yazd in Iran e la Sebkhha (depressione) di Timimoun in Algeria.

Queste gallerie di depressione non sono immerse nella falda acquifera ma, dove esiste, drenano la parte superiore senza causare l'affondamento e assorbono quantità d'acqua, in misura tale, da permettere alla falda di rinnovarsi. La zona di accumulo delle acque sotterranee, è simile ad una grande spugna rocciosa ed è alimentata dai micro-flussi diretti verso la depressione, dall'emersione delle falde acquifere profonde contenenti persistente acqua geologica non rinnovabile e dagli input atmosferici.

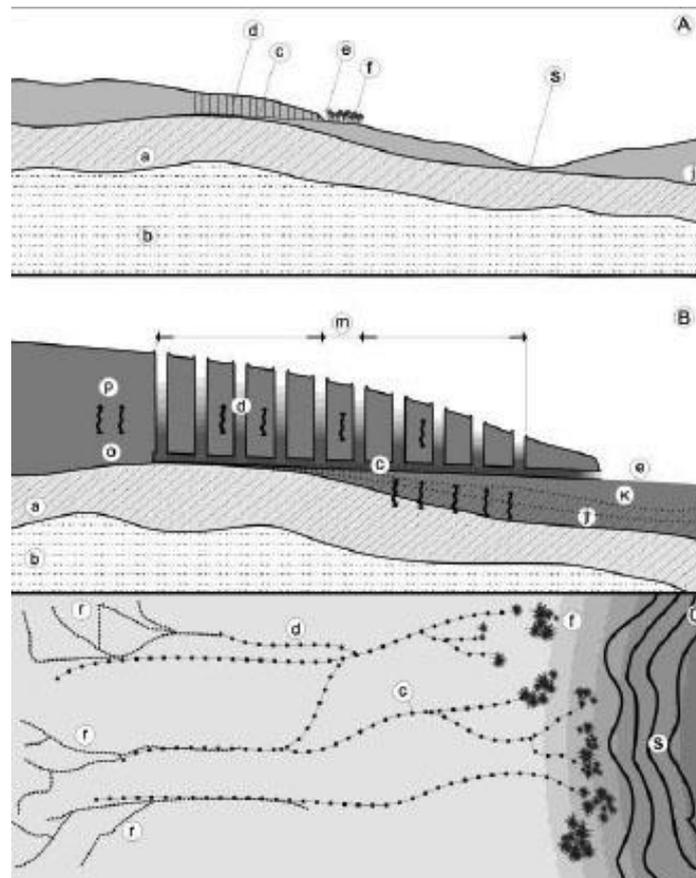


Figura 11 Struttura di una qanata di depressione (Laureano, 2012)

1.7 Pro e contro

Mettendo a paragone le tecnologie moderne per estrarre l'acqua con le qanate, siamo in grado di affermare che queste hanno innumerevoli e importanti vantaggi. Le qanate infatti utilizzano l'acqua di falda mantenendola una risorsa rinnovabile poiché rispettano il ciclo dell'acqua, al contrario delle pompe moderne che invece assorbono acqua sforzando la falda. La portata massima delle qanate dipende infatti dal livello freatico, ed è per questo motivo che non possono causare l'abbassamento della falda, come invece accade quando si utilizzano le pompe. Attraverso le qanate la quantità di acqua che viene persa per evaporazione è minima dal momento che essa scorre sottoterra per molti chilometri. Il sistema è supportato solo grazie alla gravità: trasporta l'acqua da monte a valle, sfruttando

la pendenza natura, senza aver bisogno di pompe o sistemi di energia elettrica. In questo modo si riesce a risparmiare sui costi di manutenzione, sul consumo energetico ma soprattutto, se si tengono in considerazione i pozzi a motore diesel, le qanate riducono le emissioni di gas serra (Nasiri & Mafakheri, 2015). A questi tre principali vantaggi possiamo aggiungerne altri, solitamente poco citati, ma importanti allo stesso modo. Le qanate trasportando acqua non inquinata dalle montagne fino alle oasi sono in grado di ripulire il sottosuolo dagli elementi solubili che si accumulano, mantenendo un basso livello di salinizzazione attraverso cui si riesce a combattere la desertificazione. Il sistema può essere usato nel contempo per trasportare acqua così come impianto di raffrescamento naturale: costruendo un pozzo verticale che vada a connettere la qanata con il pavimento, è in grado di raffreddare l'intero edificio grazie all'aria calda che entra da un pozzo verticale che intercetta la galleria, e si raffredda durante il tragitto sotto terra a contatto con l'acqua fredda che scorre. Andando a costruire una torre all'interno dell'edificio, l'aria calda viene naturalmente espulsa per effetto della pressione e resta in circolo solo l'aria fresca. Dal momento che l'acqua della qanata ha temperature molto basse, la percentuale di raffreddamento dell'edificio è molto alta. Questo sistema è stato modernizzato e tutt'ora utilizzato non solo in Iran, luogo dove venne inventato, ma in tutto il mondo, prendendo il nome di torre del vento (*badgir*).

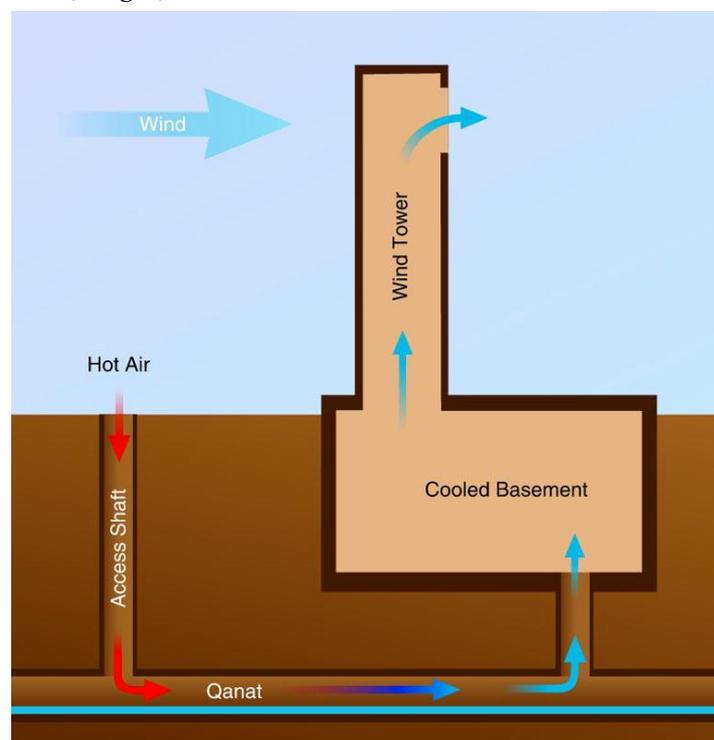


Figura 12 Schema del sistema di raffreddamento passivo attraverso l'utilizzo di una qanata (Taghavi-Jeloudar, Han, Davoudi, & Kim, 2013).

Nonostante i vantaggi che ne derivano dall'utilizzo, sempre più qanate vengono abbandonate e rimpiazzate con sistemi moderni, tra i quali vale la pena menzionare le pompe verticali di estrazione delle acque sotterranee. Questo avviene perché le qanate sono difficili da mantenere e riparare: i muqanni infatti sono artigiani qualificati che non esistono quasi più. Non essendo più un lavoro tramandato da padre in figlio, nessuno è più in grado di andare a riparare i tunnel e i pozzi di aerazione che possono venire bloccati dalle inondazioni, così come dai sedimenti che si possono accumulare. Nel momento in cui il tunnel si snoda all'interno del villaggio, l'acqua trasportata viene utilizzata sia per irrigare che per uso domestico, come risultato può trasportare malattie: attraverso uno studio condotto su sei qanate in Iran nel 1924, gli studiosi ipotizzarono che queste furono il mezzo principale del trasporto del colera nel Paese, dal momento che tutti potevano attingervi⁴³. Inoltre le qanate non possono essere costruite in qualsiasi luogo, ma sono necessarie delle qualità specifiche. La costruzione richiede molto tempo, ingenti somme di denaro, legate soprattutto all'alto numero di operai qualificati necessari (Taghavi-Jeloudar, Han, Davoudi, & Kim, 2013).

⁴³ Mohsen TAGHAVI-JELOUDAR, Mooyoung HAN, Mohammad DAVOUDI, Mikyeong KIM, 2013, Review of Ancient Wisdom of Qanat, and Suggestions for Future Water Management, Environmental Engineering Research, pp. 60-61.

Capitolo 2

*“The karez is a symbol of our civilization,
It is something we feel very emotional about.”*

Shalamu Abudu⁴⁴

2.1 Regione autonoma uigura del Xinjiang

Nella Repubblica Popolare Cinese (RPC) le qanate esistono solo nella Regione autonoma uigura del Xinjiang (XUAR)⁴⁵. Il Xinjiang è la più grande regione cinese per dimensione (1.709.400 km²), ma una delle più scarsamente popolate (21.813.334 abitanti)⁴⁶, con una densità di 13,14 ab/km². Confina a sud con la Regione autonoma del Tibet e a sud-est con Qinghai e Gansu. Confina inoltre con i seguenti stati: la Mongolia ad est; la Russia a nord; con Kazakistan, Kirghizistan, Tagikistan, Afghanistan (Corridoio del Vacan), Pakistan e la parte del Kashmir controllata dall'India a ovest. Il deserto ricopre il 43% del territorio totale della regione, le oasi sono solo il 4% e il restante è formato da vaste montagne (Hu, 2012). Il Xinjiang è fisicamente diviso in due subregioni. Nel sud si trova il bacino del Tarim, gran parte di esso occupata dal deserto del Taklamakan. Il bacino è quasi interamente circondato da catene montuose, TianShan a nord, catena del Pamir a ovest e monti Kunlun a sud. Nella parte orientale del bacino si estende il Lop Nur, regione lacustre formata da una serie di paludi, in parte salate, in parte dolci, sabbiose o fangose, a circa 815 m. s. m. A nord si trova il bacino della Zungaria, noto anche come bacino Jungar. Ha forma triangolare e i lati del triangolo sono delimitati da una serie di catene montuose. A sud il bacino termina con il TianShan, a nord-est con i monti Altay e a nord-ovest con i monti Tarbagatai. Al centro, come il bacino del Tarim, si estende il secondo deserto più grande della Cina, il deserto Gurbantünggüt. Avendo questo bacino un clima meno arido rispetto al Tarim, l'apertura a nord tra i monti permette alle masse di aria umida di raggiungere il deserto, viene considerato un territorio semi—desertico⁴⁷. I due bacini citati sono divisi dal TianShan, che percorre interamente il Xinjiang da est a ovest. A livello demografico, in Xinjiang la popolazione è composta per il 45.84% da Uiguri, 40.48% da Han, 6.50% da Kazaki, 4.51% Hui, e 2.67% da altre minoranze. La maggior parte della popolazione vive ancora nelle campagne, anche se la popolazione urbana negli ultimi decenni sta aumentando. ⁴⁸ Ciò

⁴⁴ Esperto di idrologia presso il centro di ricerca di El Paso “Texas A&M AgriLife Research Center”.

⁴⁵ *Xīnjiāng wéiwú'ěr zìzhìqū* 新疆维吾尔自治区.

⁴⁶ I dati fanno riferimento al sesto e più recente censimento (2010-2011) stilato dalle autorità cinesi. Sono considerati residenti i possessori di *hukou* e gli abitanti in loco da almeno 6 mesi.

⁴⁷ <http://www.worldwildlife.org/ecoregions/pa1317>

⁴⁸ <https://knoema.com/atlas/China/Xinjiang/Total-Population>

accade non solo perché gli Han che si trasferiscono in Xinjiang preferiscono vivere nei centri urbani, ma anche perché numerosi giovani decidono di abbandonare la vita rurale per far parte di un mondo più moderno e globalizzato. La città più popolata è la capitale Ürümqi, con più di 3 milioni di abitanti. Data la sua posizione geografica, il Xinjiang è stato considerato il centro del continente Euroasiatico, nonché *hub* fondamentale dell'antica Via della Seta. Luogo in cui si sono incontrate e scontrate popolazioni provenienti dal Medio Oriente, dalla Turchia, dalla Russia, dalla Mongolia e dalla Cina. E proprio grazie a questi incontri-scontri è venuto a crearsi un mix di culture e popolazioni diverse che hanno dato vita alla regione autonoma Xinjiang.



Figura 13 Collocazione geografica della Regione Autonoma Uigura del Xinjiang

Storia del Xinjiang

La regione prende l'attuale nome durante la dinastia Qing (1644-1911 d.C.), quando venne conquistata e annessa all'impero cinese. Xinjiang infatti vuol dire "nuova frontiera" (新 *xīn* = nuovo/a; 疆 *jiāng* = confine, frontiera). Prima dell'annessione definitiva all'impero cinese sotto i Qing, gli Han Occidentali (206 a.C.-9 a.C.) tentarono l'impresa stabilendo dei protettorati militari nel bacino del Tarim, a sud del TianShan, sconfiggendo le tribù Xiongnu nel 60 a.C. Durante il breve regno di Wang Mang (9 a.C.-23 d.C.), e l'inizio della dinastia degli Han Orientali (25 d.C.-220 d.C.) gli Xiongnu ripresero il controllo del bacino del Tarim, ma negli anni 70-90 d.C. gli Han, guidati dal generale Ban Chao, istituirono nuovamente nel territorio protettorati militari cinesi (Millward, 2007). A causa di cambiamenti climatici e idrologici durante il II secolo d.C., gli Han dovettero abbandonare i territori conquistati

lungo il bacino del Tarim e questi territori vennero governati per un lungo periodo da potenti locali. Un ulteriore tentativo di conquista del bacino venne portato avanti dalla dinastia Tang (618 d.C.-906 d.C.). La dinastia Tang è nota per essere la più cosmopolita tra le dinastie cinesi, in quanto la famiglia reale aveva origini centroasiatiche. Proprio grazie alla sua origine, nel 640 d.C. l'imperatore Tang riuscì facilmente a conquistare e sottomettere i Turchi che a quel tempo occupavano Gaocheng (nel bacino di Turfan) e Anxi (attuale Kucha), oltre a Karashahr, Kashgar e Kothan. I Tang governarono indirettamente questi territori, in quanto istituirono protettorati generali gestiti da sovrani locali. I protettorati di Kashgar e Kothan, dopo solo vent'anni di controllo cinese, caddero sotto il dominio dei Tibetani, i quali però non riuscirono a conquistare il bacino di Turfan che restò in mani cinesi. Nonostante il gran numero di nemici, i Tang riuscirono a governare il Xinjiang per un secolo, fino alla ribellione di An Lushan (755 d.C.-763 d.C.). I Tang, per placare la ribellione, dovettero chiedere aiuto agli uiguri che in cambio invitarono la dinastia cinese ad abbandonare definitivamente il Xinjiang. I territori del Xinjiang, dopo questo episodio, restarono in mani straniere per più di mille anni (Millward, 2007). Durante il regno dell'imperatore Kangxi della dinastia Qing (1661 d.C.-1722 d.C.) i rapporti tra impero cinese e Xinjiang furono solamente di tipo commerciale; successivamente la morte del khan degli zungari⁴⁹ (1745 d.C.), che a quel tempo controllava il tanto ambito bacino del Tarim, l'imperatore cinese Qianlong (1736 d.C.- 1795 d.C.) insieme al suo esercito marciarono verso la Zungaria, che conquistarono facilmente nel 1755 d.C. Inizialmente Qianlong aveva intenzione di suddividere la confederazione zungara in quattro diverse tribù, negli anni a seguire, invitò però l'esercito della dinastia Qing a distruggere i resti del khanato ed eliminare in via definitiva la popolazione. In Zungaria andarono a stabilirsi i militari cinesi con le rispettive famiglie, con il compito di controllare il territorio appena conquistato al fine di evitare possibili attacchi provenienti dai Paesi limitrofi. I Qing successivamente colonizzarono anche la parte meridionale del Xinjiang, ma non interferirono e non modificarono la gestione di questi territori, la quale restò nelle mani delle élite locali, ossia i capi religiosi mussulmani provenienti dal Centro Asia che si erano imposti con forza durante il diciassettesimo secolo. Queste stesse élite, a partire dal 1864, guidarono una violenta ribellione, volta a eliminare il dominio cinese, la quale però fallì grazie all'intervento del generale Qing, Zuo Zongtang (1812 d.C.- 1885 d.C.). Zuo Zongtang, dopo il successo ottenuto attraverso la vittoria durante la campagna contro i Taiping, diventò in primo luogo governatore generale del Nord-Ovest cinese e successivamente commissario

⁴⁹ Gli zungari sono una confederazione di tribù oirate che nel diciassettesimo secolo si sono riunite nel nord del Xinjiang, Zungaria, sotto la guida di un unico khan.

imperiale per gli affari militari in Xinjiang (1875 d.C.). Egli condusse il suo esercito verso la riconquista del Xinjiang, occupando innanzitutto la Zungaria, che era stata presa dai ribelli, seguì la riannessione del Bacino di Turfan ed infine quella di Kothan nel 1878. Giunti al momento di ricostruire questo vasto territorio, Zuo Zongtang propose di renderlo una provincia cinese a tutti gli effetti e di iniziare un processo di sinizzazione attraverso la nascita di istituzioni cinesi e la promozione di immigrazione Han in Xinjiang. Il progetto venne inizialmente bocciato, ma nel 1884, il governo centrale decise di ascoltare i consigli del generale e inglobare il Xinjiang ufficialmente tra le provincie cinesi (Millward, 2007).

2.2 Teorie riguardanti l'origine delle *qanate* in Xinjiang

Quando si fa riferimento alle qanate del Xinjiang, esse prendono il nome di karez o *kǎnrjǐng* 坎儿井, a seconda che si utilizzi il termine uiguro o la sua traduzione cinese. Nonostante la nascita e lo sviluppo sia tuttora poco chiaro, le qanate del Xinjiang, d'ora in poi chiamate karez, sono considerate, insieme alla Grande Muraglia e al Gran Canale Jing-Hang⁵⁰, uno dei più grandi lavori di ingegneria della Cina antica (Hu, 2012). In Xinjiang le karez sono state ritrovate ad Hami, a Kashgar e soprattutto nel bacino di Turfan, dove negli anni Cinquanta del ventesimo secolo erano quasi un migliaio e si estendevano per circa 5.000 km (Trombert, 2008).

Se nel resto del mondo l'origine delle karez è riconducibile con certezza alla dinastia Achemenide, dominante nell'area iranica tra il 550 a.C. - 330 a.C., in Xinjiang l'origine è tutt'ora argomento caldo per gli studiosi. Sono state proposte diverse teorie riguardo la nascita e lo sviluppo di queste tecniche irrigue. A seconda dell'autore si possono rintracciare principalmente tre diverse origini:

- 1) Le karez sono state importate dalla Persia;
- 2) Le karez sono nate nel Xinjiang e la tecnica è stata affinata nel tempo;
- 3) Le karez sono nate in Cina, più nello specifico presso il bacino del fiume Giallo, ed una volta arrivate in Xinjiang hanno subito delle modifiche.

La prima teoria va per la maggiore tra gli studiosi occidentali, poiché sembra più che chiaro che le karez dalla Persia siano state trasferite in altri luoghi, Xinjiang incluso. Tra questi solo una piccolissima parte ha deciso di approfondire questo argomento e capire meglio come e quando le karez possano essere arrivate in Cina. Vista la difficoltà di far ricerca nei paesi dell'Asia Centrale e lo stretto controllo che il governo di Pechino ha sul Xinjiang, questi studi sono molto recenti e ancora incompleti. Il professor Éric Trombert nel 2008 pubblicò

⁵⁰ Il Gran Canale, conosciuto anche come Gran Canale Jing-Hang e Canale imperiale, è il canale artificiale (o fiume artificiale) più lungo al mondo e collega Pechino ad Hangzhou (capoluogo del Zhejiang).

un articolo sulla rivista accademica *T'oung Pao*⁵¹, in cui sottolinea come le karez siano arrivate in Xinjiang da altri Paesi facendo riferimento a diversi testi letterari cinesi. Secondo Trombert la prima menzione della parola karez in Xinjiang apparve nelle memorie del Governatore generale di Ürümqi Hening, databili 1807 d.C. Si parla di karez nel capitolo relativo alla tassazione nel villaggio Ya'erhu (attuale distretto di Ya'er), sito a Turfan. Stando a quanto scritto nelle memorie, la presenza di karez era marginale e questa tecnica veniva usata solo per un quinto dei campi irrigati. Ma il raccolto di questa porzione di campi, doveva essere straordinario in quanto veniva tassato il 50% in più rispetto agli altri. I caratteri cinesi usati nei testi da Hening in riferimento alle karez sono *ka'er* 卡爾, molto simile alla parola persiana e a quella uigura karez. La seconda fonte ufficiale in cui vengono menzionate queste tecniche irrigue sono le memorie del successore di Hening, il Governatore generale Lianjing (1839 d.C.). Egli consigliò di coltivare un vasto campo di più di 800mu⁵² irrigandolo attraverso le karez, dal momento che nelle vicinanze non c'era alcuna traccia di acqua in superficie. Tuttavia, la decisione di adottare le karez come tecnica di irrigazione principale è attribuibile all'ufficiale cinese Lin Zexu (1785 d.C.- 1850 d.C.). Egli stazionò tre anni in Xinjiang (dicembre 1842- gennaio 1846) e durante questo periodo si dedicò alla promozione dell'apertura di nuove terre da coltivare. Stando a quanto scrisse nei suoi diari, egli venne a contatto con le karez per la prima volta nel febbraio 1845 durante un soggiorno a Turfan. Lin Zexu si trovava nel villaggio Ya'erhu quando si imbatté in una serie di pozzi allineati; chiese dunque ai locali di cosa si trattasse ed essi risposero che erano i *kajing* 卡井 (pozzi *ka*), molto utili per irrigare le piantagioni di cotone che richiedono un grande volume di acqua. Dopo un'attenta spiegazione del funzionamento di questa tecnica irrigua, Lin Zexu concluse il suo incontro con i contadini molto soddisfatto e determinato a utilizzare questa 'incredibile tecnica'⁵³ anche in altre zone del Xinjiang. Risalgono allo stesso anno anche i report riguardanti lo sviluppo agricolo e i progetti di irrigazione redatti dal governatore di Karashar, Quanqing, nei quali egli afferma di voler seguire gli esempi di irrigazione presenti a Yilailike e a Ya'erhu

Nell'area di Turfan, molti campi sono irrigati attraverso numerosi pozzi che raccolgono acqua. Sono conosciuti come pozzi *ka* e sono connessi l'uno con l'altro. Hanno grandissimi vantaggi⁵⁴. La presenza di karez in diversi villaggi siti nel bacino di Turfan è confermata anche da un altro ufficiale del Xinjiang, Saying'a, che nel suo report datato 1845 descrisse nel dettaglio la tecnica utilizzata per costruire le karez, chiamate in questo caso

⁵¹ Éric TROMBERT, 2008, *The Karez Concept in Ancient Chinese Sources Myth or Reality?*, *T'oung Pao*, 94 (1/3), pp.115-150, Brill

⁵² *Mu* 亩: unità di misura cinese equivalente a 666,7 m².

⁵³ *chéng bùkěsīyì zhīshì* 诚不可思议之事

⁵⁴ TROMBERT, *The Karez Concept...*, cit., p. 145.

zhajing 阘井 (canale artificiale a pozzo). Dopo una prima fase nella quale le karez erano presenti solo in un paio di villaggi del bacino di Turfan, Zuo Zongtang, durante il periodo di ricostruzione del Xinjiang dopo le ribellioni musulmane, ordinò la costruzione di 185 nuove karez dislocate in diversi territori del bacino. Stando a quanto scritto nei diari di viaggio datati 1891 di Tao Baolian, figlio di un ufficiale cinese trasferitosi dal Gansu al Xinjiang, le karez erano presenti sia in territori orientali, a confine con Hami, che in zone più occidentali limitrofe alla capitale Ürümqi. È stato comunque durante il ventesimo secolo che questa tecnica irrigua è stata adottata anche al di fuori dell'oasi di Turfan, arrivando fino a Kucha, Khotan e Pishan (attuale Guma, sotto l'amministrazione della prefettura di Hotan). Interessante notare che le karez non si sono mai espanse verso est, la tecnica infatti non è mai stata adottata oltre la prefettura di Hami e non ha mai raggiunto il Gansu, probabilmente perché le condizioni geologiche e topografiche delle aree in questione non erano adatte alla realizzazione delle kariz o forse perché gli artigiani specializzati in grado di costruirle non erano un numero sufficiente per poter lavorare fuori dal bacino di Turfan. Basandosi sulla datazione e sui diversi nomi cinesi utilizzati per descrivere questa tecnica irrigua, Trombert conclude la sua ricerca affermando che le karez sicuramente provengono da Paesi Medio-orientali, ma ancora non si è in grado di capire in che modo e in che periodo specifico siano arrivate in Xinjiang.

Il docente uiguro Litip Tohti, attraverso un'attenta analisi etimologica della parola karez, sostiene con fermezza la seconda ipotesi, ossia che la tecnica irrigua in questione sia nata in Xinjiang e sia stata perfezionata nel tempo. Egli spiega che nel villaggio uiguro di Toksun (parte della divisione amministrativa di Turfan) sono state trovate delle incisioni rupestri che raffigurano le karez. Stando agli studi queste incisioni hanno dai 4000 ai 6000 anni, l'autore ritiene quindi che le karez cinesi siano più antiche rispetto a quelle persiane, in quanto esse hanno per certo 2000 anni circa. Inoltre, basandosi sugli studi condotti dal professore cinese Wang Heting⁵⁵, Tohti sostiene che le karez del Xinjiang e quelle persiane abbiano un'origine diversa, in quanto differiscono non solo nella struttura ma anche il termine utilizzato per indicare questo impianto di irrigazione è diverso. L'origine etimologica del termine usato in Xinjiang, karez, deriva dal verbo in lingua altaica kar-, che vuol dire scavare. La -z presente alla fine della parola è il suffisso che indica il plurale, tipico delle lingue di origine altaica.⁵⁶ Analizzando il dizionario persiano - cinese redatto da Ye Yiliang nel 1981, si può notare che c'è la parola kāreez, traducibile con il termine cinese 坎儿井 ed inoltre c'è la parola qanat, sempre traducibile 坎儿井. Dal punto di vista dei linguisti,

⁵⁵ WANG Heting 王鹤亭, 1983, *Xinjiang de kanerjing yanjiu 新疆的坎儿井研究 Studi sulle karez del Xinjiang*.

⁵⁶ Litip Tohti 力提甫·托乎提, 2003, *Lun kariz ji weiwuerren de kanerjing wenhua 论 kariz 及维吾尔人的坎儿井文化 Con kariz si intende la cultura uigura delle kanerjing, minzu wenhua 民族文化*, p.53.

se in una lingua esistono diverse parole per esprimere un unico concetto, vuol dire che esso non fa propriamente parte di quella cultura, ma è sicuramente importato da un'altra lingua.

Secondo Wang Guowei, rinomato storico nonché scrittore e poeta cinese, le karez del Xinjiang non sono nient'altro che l'evoluzione dei *jingqu* 井渠 nati durante la dinastia Han nell'attuale regione dello Shaanxi. Nelle storie della dinastia Han si dice che in quella regione ci fosse una forte carenza d'acqua e la terra fosse estremamente arida. Il popolo chiese quindi all'imperatore Wudi di deviare il corso del fiume Luo, ma dal momento che il terreno era troppo friabile e difficile da lavorare, Wudi ordinò agli schiavi di scavare diversi pozzi profondi un *zhang*⁵⁷ e di unirli successivamente sotto terra attraverso dei tunnel. Nacquero così i *jingqu*. Per sostenere la sua teoria Wang Guowei, cita inoltre il libro sull'agricoltura redatto durante la dinastia Yuan (1279 d.C. – 1368 d.C.) da Wang Zhen, nel quale è presente una dettagliata descrizione di questa tecnica di irrigazione. Anche Lu Rong nel suo *Shuyuan Zaji*, risalente alla dinastia Ming (1368 d.C. – 1644 d.C.) descrive brevemente i *jingqu* affermando di averli visti e utilizzati a Xi'an (Yi Ge 弋戈). Ma questo sistema di irrigazione come è arrivato nella regione del Xinjiang? Secondo Wang Guowei i *jingqu* sono arrivati nel bacino di Turfan durante la dinastia Han, grazie alla presenza in Xinjiang del generale cinese Li Guang, inviato da Wudi per controllare i territori appena conquistati. Stando alle descrizioni presenti presso il museo delle karez a Turfan⁵⁸, il passaggio dai *jingqu* alle karez si ha durante la dinastia Qing, quando Lin Zexu arrivò in Xinjiang per occuparsi della gestione agricola del territorio e successivamente con Zuo Zongtang che ordinò la costruzione di 185 qanate a Turfan.

2.3 Bacino di Turfan

Il bacino di Turfan, secondo il geografo americano Ellsworth Huntington⁵⁹ è diventato famoso grazie alle missioni archeologiche, conosciute come le missioni tedesche a Turfan, compiute da Albert von Le Coq e Albert Grünwedel all'inizio del Ventesimo secolo, tra il 1902 e il 1914. Le missioni furono in tutto quattro e, alla fine di esse da Turfan, vennero portati via migliaia di importanti documenti e opere d'arte che attualmente si trovano al museo di arte orientale *Museum für Asiatische Kunst* di Dahlem, quartiere di Berlino appartenente al distretto di Steglitz-Zehlendorf. La prima missione si tenne da novembre 1902 a marzo 1903 e venne guidata da Grünwedel accompagnato dai ricercatori Georg Huth e Bartus. Venne interamente finanziata dal museo *Königliche Museum für Völkerkunde* di Berlino (36000 Marchi) e alla fine di essa gli archeologi tornarono con 59 casse piene di

⁵⁷ Zhang 丈: unità di misura cinese equivalente a 3.3 m.

⁵⁸ *Tulufan kanrjing leyuan* 吐鲁番坎儿井乐园, visitato dalla sottoscritta in data 12 giugno 2017.

⁵⁹ Ellsworth HUNTINGTON, 1907, *The depression of Turfan, in Central Asia*, *The Geographical Journal*, 30 (3).

dipinti, statue, manoscritti e oggetti di forma zoologica. La seconda missione iniziò nel novembre 1904 e terminò nell'agosto 1905, venne condotta da Le Coq insieme a Bartus. Il *Kaiser* Guglielmo II donò loro 32000 marchi, ottennero inoltre 10000 marchi da donazioni private. Dal momento che l'imperatore elargì molto denaro questa missione prese il nome di "prima missione Prussiana a Turfan". La terza missione nient'altro fu che la continuazione della seconda, nel dicembre 1905, Gründwedel e il ricercatore Pohrt raggiunsero gli altri due archeologi e insieme, seguendo il tragitto Turfan—Ürümqi—Hami—Tuyoq, tornarono in Prussia con ben 118 casse contenenti dipinti parietali provenienti da numerose grotte buddhiste (tra le quali le grotte di Bezeklik) e ingenti testi buddhisti. Durante la quarta missione vennero riportate in patria altre 156 casse contenenti documenti in sanscrito e in lingua saka. Anche quest'ultima missione, che durò da giugno 1913 a febbraio 1914 venne finanziata dallo Stato, per un totale di 60000 marchi. Durante queste quattro spedizioni, i tedeschi riportarono a casa un gran numero di opere preziosissime che inizialmente custodirono nel padiglione indiano del museo etnologico di Berlino, nel 1963 vennero poi trasferite nel museo di arte indiana a Dalhem ed infine nel 1992 vennero allocate nel museo di arte orientale. Durante la Seconda Guerra Mondiale, il museo etnografico venne bombardato ben sette volte, quindi molte opere d'arte vennero distrutte e perse per sempre, altre opere vennero invece depredate dai Russi nel 1945 quando entrarono a Berlino.

Descrizione geografica del bacino di Turfan

Il bacino di Turfan, situato nella parte orientale della regione del Xinjiang, si estende da est a ovest per circa 500 km, da nord a sud da 60 a 100 km. L'area totale misura 53500 km², le montagne occupano il 14% del territorio, mentre le pianure solo l'8%, il restante è formato da deserto⁶⁰. A partire dagli anni Ottanta del ventesimo secolo diventò oggetto di numerosi studi, successivamente alla scoperta di giacimenti petroliferi, ancora non utilizzati; ciononostante le ricerche in campo geologico sono tutt'ora scarse e difficili da condurre. Esistono diverse teorie sulla periodizzazione e lo sviluppo del medesimo bacino, sulla sua conformazione tettonica e sul sottosuolo, ma Secondo Shao (Shao, Stattegger, Li, & Haupt, 1999) il Tian Shan è una porzione distale della catena dell'Himalaya nata attraverso movimenti orogenici dovuti alla collisione tra la zolla Indiana e quella Euroasiatica durante l'era cenozoica che ha permesso inoltre la formazione del bacino di Turfan grazie al

⁶⁰ Haakon LEIN & SHEN Yuling, 2006, *The disappearance of the Karez of Turfan*, Acta Geographica- Trondheim, Serie A, Nr 15, Geografisk institutt, NTNU, Trondheim, pp. 2-3.

sovrascorrimento, ossia la sovrapposizione delle unità tettoniche⁶¹. È dunque un bacino intermontano, interamente circondato da catene montuose: è delimitato a nord-ovest dalla catena del Tian Shan, più nello specifico dai monti Bogda; a est dai monti Karlik (facenti parte della catena del Tian Shan); a sud dalla parte settentrionale dei monti Kuruktag. Il bacino è diviso orizzontalmente in due sezioni dai monti Qoltang, al nord dei quali si trovano le città di Turfan e Hami, mentre a sud c'è il lago Ayding. Questo lago si trova 155 m sotto il livello del mare, è quindi la seconda depressione più profonda al mondo dopo il mar Morto. Da nord a sud il bacino può essere diviso, a livello geomorfologico, come segue:

- 1) I monti Bogda (altitudine di 3500-4000 m s.l.m.);
- 2) Il deserto del Gobi a piede monte (altitudine di 600-1200m s.l.m.);
- 3) I coni alluvionali e pianura (altitudine di 600 m s.l.m.);
- 4) Le montagne fiammeggianti (altitudine di 300-500 m s.l.m.);
- 5) Il deserto del Gobi e coni alluvionali (altitudine di 100-500 m s.l.m.), dove si concentrano gli insediamenti e le colture;
- 6) Il lago Aiding (altitudine di -155 m s.l.m.);
- 7) Le montagne Jueluotag (altitudine di 600-1500 m s.l.m.), facenti parte della catena montuosa Kuruktag.

Alcuni geografi preferiscono chiamarlo bacino Turfan-Hami, prendendo il nome delle due principali città presenti e suddividendolo poi in due: bacino di Turfan a ovest che si estende per circa 30000 km² e bacino di Hami, nella parte più orientale che si estende per circa 20000 km². I fiumi del bacino hanno origine presso la catena montuosa del Tian Shan e sono riforniti dallo scioglimento dei ghiacciai e della neve ed inoltre dalle scarse piogge. Secondo le statistiche del centro per la conservazione dell'acqua di Turfan (Turfan district water conservancy bureau, 2001), le risorse idriche disponibili sono circa 11.7X10⁸ m³. In estate l'acqua disponibile è superiore rispetto all'inverno in quanto le temperature molto alte che caratterizzano la quasi interezza del bacino, agevolano lo scioglimento dei ghiacciai e della neve. Le temperature in realtà variano molto a seconda che ci si trovi presso le montagne piuttosto che nel deserto del Gobi, presso il quale ci sono gli insediamenti principali, diventati al giorno d'oggi vere e proprie città. In generale si può dire che il bacino sia caratterizzato da un clima estremamente arido, considerato desertico, nel quale le precipitazioni annue non superano i 13 mm (piove circa 12 giorni l'anno), mentre la possibile evaporazione media annua può raggiungere i 3000 mm.

⁶¹ SHAO Lei, Karl STATTEGGER, LI Wenhui, Bernd J. HAUPT, 1999, *Depositional style and subsidence history of the Turpan Basin (NW China)*, *Sedimentary Geology*, 128 (1-2), pp. 159-160.

Il clima e la struttura geomorfologica che caratterizzano il bacino, fanno sì che esso venga intensamente coltivato e riconosciuto a livello mondiale soprattutto per la frutta prodotta (come ad esempio per i meloni di Hami, o per le diverse tipologie di uva proveniente da Turfan), così come per il cotone e la seta di alta qualità. Il sottosuolo del bacino è inoltre molto ricco di petrolio, uranio e gas naturali, la cui estrazione e lavorazione sembra essere fondamentale per lo sviluppo, sia da un punto di vista sociale che economico, dell'intera area⁶² e soprattutto degli insediamenti umani principali, come le cosiddette città-oasi, situate nella parte settentrionale del bacino tra le quali le più famose e importanti sono certamente Turfan e Hami.

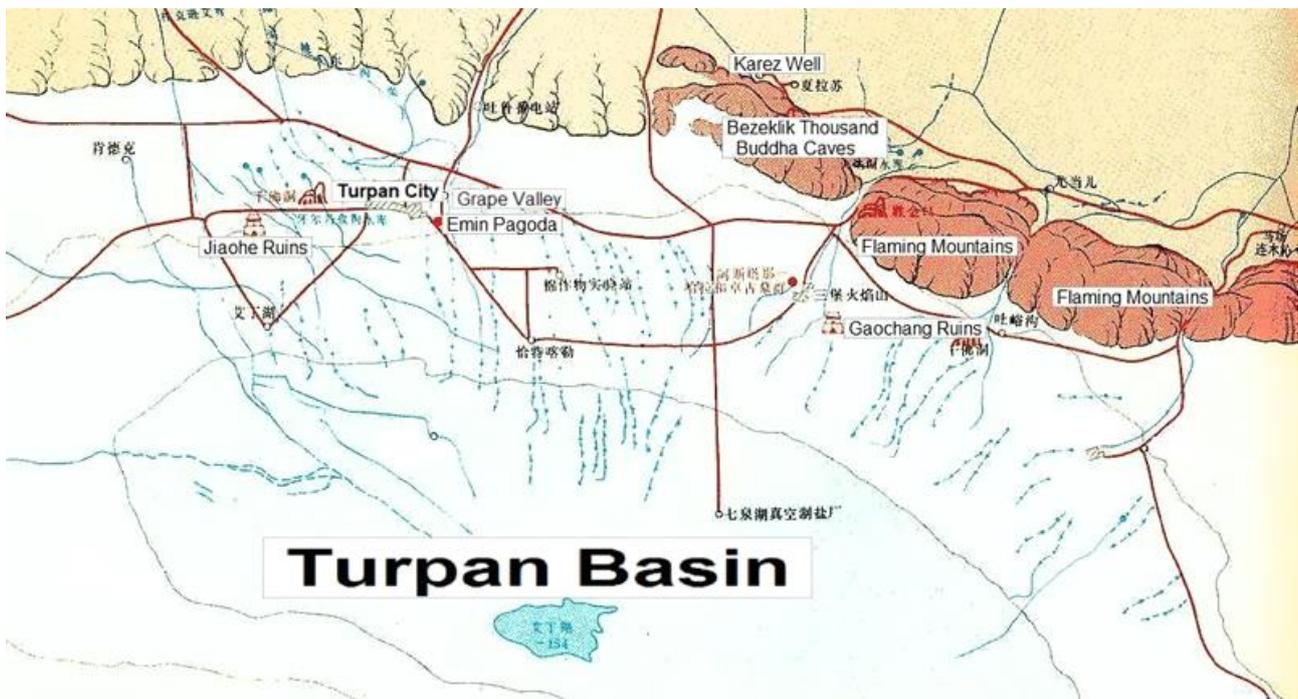


Figura 14 Bacino di Turfan

2.4 Turfan

Turfan è una città oasi che si trova nella parte orientale della Regione Autonoma Uigura del Xinjiang. A circa 180 km dalla capitale Ürümqi e al centro del Bacino di Turfan. Turfan è delimitata a nord dalla catena del Tian Shan, più nello specifico dai monti Bogda, e a sud dai monti Qoltag. Turfan è caratterizzata da un clima desertico, con estati estremamente calde e aride e inverni brevi e relativamente freddi. La temperatura media giornaliera estiva è di 32.2 °C, il mese più caldo è luglio quando le temperature raggiungono anche i 45°C e nel 2015 e 2016 la temperatura media è stata di 38 °C, rendendo Turfan la città più calda dell'intera RPC; in inverno le temperature medie sono di -5 °C, mese più freddo è

⁶² <https://www.britannica.com/place/Turfan-Depression>

gennaio quando le temperature arrivano a toccare i $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ⁶³. Ha un'area di 67.563 km^2 e secondo l'Annuario Statistico del Xinjiang dell'anno 2016⁶⁴, la popolazione di Turfan, conta 65 milioni di persone, mentre all'inizio del ventesimo secolo Huntington stimò che la popolazione di Turfan fosse circa di 50.000 persone. Sempre secondo le statistiche del 2016, la maggior parte delle persone sono di etnia uigura (71.9%), ci sono poi gli Han (21.7%) concentrati soprattutto nel centro urbano di Turfan, e il restante 6.4% è composto da altre etnie cinesi quali Hui, mongoli, kazaki etc.

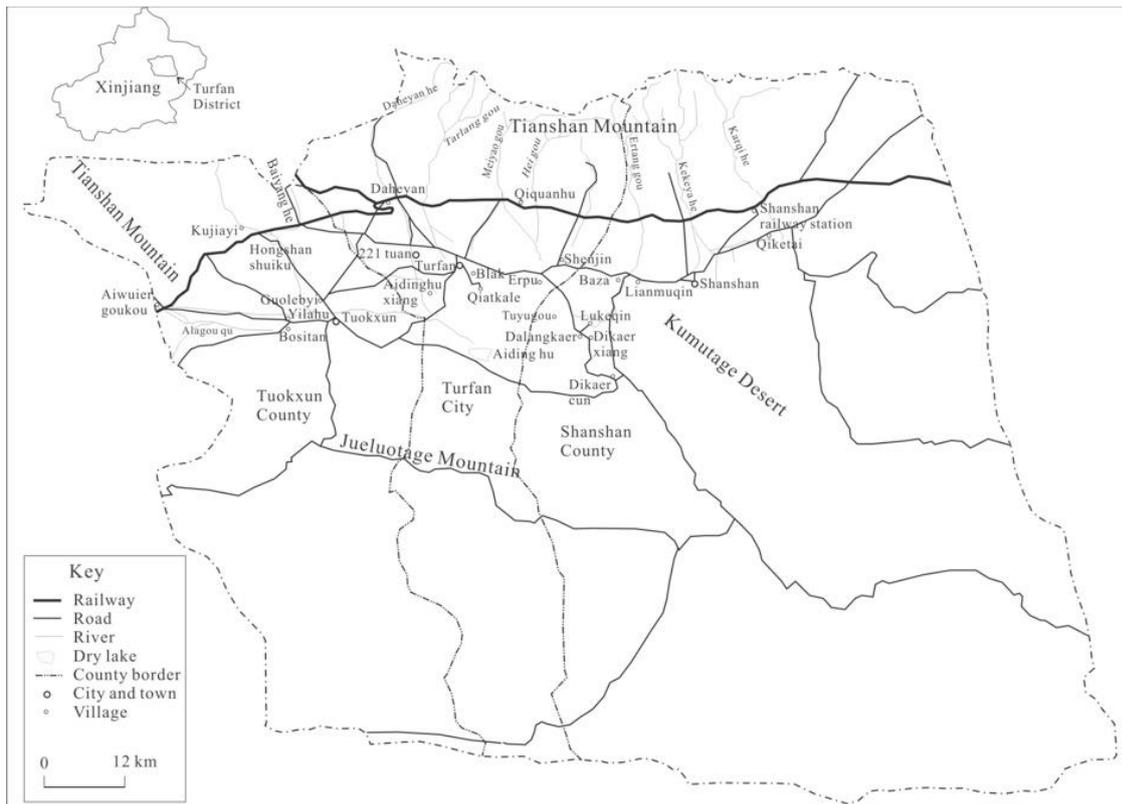


Figura 15 Mappa della città-prefettura di Turfan.

A livello amministrativo dal 2015 è considerata una città-prefettura⁶⁵ e per renderla tale il centro urbano di Turfan, è stata rinominato distretto di Gaochang, mentre le zone più rurali sono state inglobate nelle contee di Toksun e di Piqan (Shanshan). Le città-prefettura cinesi sono città di medie o grandi dimensioni, con una popolazione non rurale che supera i 250.000 cittadini e la cui produzione industriale deve superare 2 miliardi di RMB⁶⁶. Il settore terziario deve essere relativamente avanzato, il valore produttivo deve superare quello del settore primario e deve essere minimo il 35% del PIL⁶⁷. Citando Shohrat Zakir, presidente della Regione Autonoma del Xinjiang

⁶³ <https://www.worldweatheronline.com/turpan-weather-averages/xinjiang/cn.aspx>

⁶⁴ Xinjiang Statistical Yearbook 2016.

⁶⁵ http://news.xinhuanet.com/legal/2015-04/13/c_127680850.htm

⁶⁶ www.finanze-mercato.ilsole24ore.com, consultato il giorno 23 luglio 2017 quando $1\text{€} = 7.8922\text{¥}$.

⁶⁷ <http://www.china.org.cn/english/Political/28842.htm>, VI. *The Local Administrative System*.

Turfan è diventata una città-prefettura con lo scopo di aumentare le costruzioni urbane e la loro gestione e incoraggiare lo sviluppo⁶⁸.

Storia di Turfan

Turfan è da sempre il cuore della medesima oasi e soprattutto un importante centro per gli scambi tra Oriente e Occidente. L'attuale nome venne adottato alla fine del Medioevo cinese, ma venne riconosciuta in tutto il mondo con questo nome solo nella seconda parte della dinastia Yuan⁶⁹. Prima ancora che il commercio ebbe inizio, Turfan era già un centro abitato molto vivace, tanto è che i primi resti archeologici risalgono alla Preistoria: durante una spedizione archeologica condotta dalla squadra di ricerca del Xinjiang nel 1992, ai piedi delle Montagne Fiammeggianti, nell'attuale villaggio Shanshan, vennero ritrovate 34 tombe, contenenti 27 mummie. Grazie allo studio condotto su di esse, in particolare su operazioni chirurgiche presenti sui corpi, gli archeologi arrivarono alla conclusione che la gente di Turfan durante il terzo secolo a.C. aveva rapporti con i Paesi attualmente considerati appartenenti all'Asia Centrale⁷⁰ e al Medio Oriente. Altri indizi fondamentali che definiscono con certezza le influenze medio orientali sono gli oggetti ritrovati all'interno di diverse tombe databili secondo secolo a.C., rinvenute nel 2004 sempre nei pressi del villaggio Shanshan. Particolare attenzione merita l'arpa cinese *konghou* ritrovata in una delle tombe, poiché questa tipologia di strumento musicale era presente anche in Egitto in tombe risalenti al 3000 a.C. Si può quindi affermare con certezza, che prima dell'arrivo degli Han Occidentali in Xinjiang, Turfan aveva molti più rapporti con i Paesi dell'Asia Centrale e del Medio Oriente piuttosto che con le prime dinastie Cinesi (Dinastia Xia, dinastia Shang e dinastia Zhou)⁷¹. Turfan, chiamata al tempo regno Gushi (conosciuto anche come Jushi e Cheshi), venne conquistato dagli Han nel 107 a.C. e divenne uno dei trentasei regni dei Territori Occidentali. Nel 60 a.C. gli Han suddivisero il regno Gushi in due regni più piccoli: il regno a nord aveva come capitale Jimsar, a sud invece la capitale era Jiaohe. Durante il periodo Han il controllo di Turfan è caratterizzato dal susseguirsi di cinesi, Xiongnu e non mancarono nemmeno brevi periodi di indipendenza. Con la caduta degli Han nel 220 d.C., la regione decise di pagare tributi agli imperatori cinesi, in cambio di una maggiore

⁶⁸ <http://www.china-embassy.org/eng/zt/Xinjiang/t1254666.htm>

⁶⁹ Denis SINOR, 1997, *Inner Asia*, Routledge Curzon (Taylor & Francis group), p. 121.

⁷⁰ In base alla ripartizione del mondo effettuata dall'ONU, l'Asia Centrale è una delle diverse macroregioni in cui è suddiviso il continente asiatico. Essa include cinque Stati: Kazakistan, Kirghizistan, Tagikistan, Turkmenistan e Uzbekistan. Secondo la definizione data dall'Unione Sovietica, l'Asia Centrale escludeva il Kazakistan. Mentre stando alla definizione dell'UNESCO, oltre ai cinque Paesi sopra citati, la medesima macroregione comprende anche Mongolia, la Cina occidentale, il nord-est dell'Iran, Afghanistan, Pakistan occidentale, parte della Russia e la parte settentrionale dell'India. In questo caso si prende come valida la definizione dell'ONU.

⁷¹ LIN Meicun 林梅村, 2006, *Sichouzhilu Kaogu Shiwujiang 丝绸之路考古十五讲 Discussione su quindici scavi archeologici lungo la via della seta*, Beijing daxue chubanshe 北京大学出版社, pp. 278-281.

indipendenza. In questo periodo la capitale del regno riunito divenne Jiaohe e stando a quanto rinvenuto nelle tombe, soprattutto nella tomba M16 appartenente al re, è chiaro che nonostante la sempre forte presenza cinese, l'influenza maggiore nella vita di tutti i giorni proveniva dalla tribù degli Xiongnu e dei Sogdiani⁷². Dal 487 d.C. al 541 d.C., il regno di Turfan venne governato da famiglie provenienti da tribù turche, conosciute ai cinesi come la confederazione Tiele, originatasi successivamente alla disgregazione degli Xiongnu. Alla fine del sesto secolo la confederazione Tiele, venne sconfitta dalla confederazione Rouran, che a sua volta venne completamente distrutta dall'Impero Göktürk, considerato il primo Khanato della storia. A causa di una guerra civile successivamente la morte del khan dei Gokturk, dal quinto al settimo secolo l'intero bacino di Turfan venne suddiviso in due diversi khanati, uno turco occidentale e l'altro turco orientale⁷³. Obiettivo fondamentale della dinastia Tang, ed in particolare dell'imperatore Taizong, fu riconquistare questa zona e annetterla in via definitiva all'impero cinese; ciò avvenne nel 640 d.C. e l'intera regione venne soprannominata Xizhou (西州). Sia Jiaohe che Gaochang, un'altra importante città-oasi presente nel bacino, divennero delle sub-prefetture controllate dall'impero cinese, anche se non mancarono brevi periodi di controlli tibetani e turchi. Per resistere alla rivolta di An Lushan (755 d.C. – 763 d.C.) i Tang dovettero richiamare tutto l'esercito a loro disposizione, lasciando così scoperti i nuovi territori (bacino di Turfan compreso). Della situazione ne approfittarono in un primo momento i Tibetani che nel 792 conquistarono il bacino, e successivamente alcune tribù uigure che, dopo essere state cacciate dalle steppe mongole da parte dei kirghisi, nel 840 si trasferirono nella parte nord-orientale del Xinjiang e qui vi fondarono il regno di Qocho⁷⁴ e come capitale scelsero la sopra citata città-oasi Gaochang⁷⁵. Il regno Qocho occupava, Gaochang, l'attuale città di Turfan, Kumul (Hami) e Kucha e restò in vita fino alla fine del XII secolo, diventando così il regno più duraturo dell'intera regione: nel 1209 il regno di Qocho si sottopose autonomamente all'emergente impero mongolo, che assicurò di non interferire con l'autorità locale fino alla seconda metà del 1300 quando i territori vennero ufficialmente inglobati nella dinastia Yuan. Anche come vassalli, gli uiguri furono fondamentali per lo sviluppo della dinastia mongola, sia da un punto di vista militare che culturale, poiché provvidero all'impero con numerosi ufficiali e soprattutto un sistema di scrittura⁷⁶. Con la morte di Gengis Khan (1227), i territori del Xinjiang facenti parte dell'impero cinese, vennero suddivisi in quattro *ulus* (equivalente a

⁷² *Ibidem*, pp. 281-282.

⁷³ *Ibidem*, pp. 283-284.

⁷⁴ Accettabili sono anche i nomi Chotscho, Khocho o Qočo. Il nome utilizzato nel testo è la traduzione del termine in lingua uigura classica قۇچۇ.

⁷⁵ LIN, *Discussione su quindici...*, cit., pp. 284-285.

⁷⁶ MILLWARD, *Eurasian crossroads...*, cit., pp. 46-47.

dire khanato) donati ai quattro diversi figli dell'imperatore defunto. Il regno di Qocho, da questo momento chiamato Uyghuristan, però non venne ceduto a nessuno dei figli, ma venne reso uno stato indipendente (lo stesso avvenne per la città di Khotan) poiché fin da subito disposto a sottomettersi volontariamente all'impero mongolo e soprattutto per la continua fedeltà mostrata. Negli anni Quaranta del dodicesimo secolo però uno dei quattro ulus venne diviso in due stati più piccoli a causa di questioni religiose e ciò influì anche sul futuro dell'Uyghuristan, in quanto venne conquistato dai cristiani insieme ai buddhisti e nestoriani, annesso alla Zungaria e rinominato Moghulistan. Una cinquantina di anni dopo, l'Islam fece il suo ingresso nella regione e venne a crearsi un impero islamico che già era presente nelle zone limitrofe. Con l'avvento della dinastia Ming (1368- 1644), Turfan diventò un centro fondamentale per gli scambi tra Oriente e Occidente e proprio per ingraziarsi i sovrani della zona, l'imperatore Yongle, decise di offrire loro continui doni in cambio di cavalli, giada e seta, considerati dalla storiografia cinese un vero e proprio sistema tributario (Rossabi, 1972). Attorno al 1460 i Ming cercarono di stabilire ad Hami un avamposto militare per controbilanciare il crescente potere del Moghulistan, risultato fu che fino alla metà del sedicesimo secolo le due fazioni si scontrarono ininterrottamente per il controllo di Turfan senza mai raggiungere però un risultato definitivo. Ciononostante i rapporti commerciali tra l'impero e il Moghulistan non si interruppero mai e anzi all'inizio del 1500 i contatti divennero più frequenti e produttivi, fino a diventare di routine⁷⁷. L'islam prese in via definitiva il posto del buddhismo e del manicheismo a Turfan, a partire dal XVI secolo, quando i regnanti vennero affiancati e consigliati dai Naqshbandi, affiliati di una delle confraternite mistiche islamiche Sufi. Nel 1640, quando alcune tribù mongole, con l'appoggio dei Tibetani, cercarono di riconquistare il Xinjiang e ricostruire un nuovo impero mongolo, incentrato però sul buddhismo tibetano, nel 1696 l'imperatore Kangxi, della dinastia Qing (1644-1911), si scatenò contro queste tribù e successivamente l'imperatore Qianlong, sfruttando problemi di successione in Zungaria, occupò la regione nel 1755, inizialmente decise di suddividere la stessa in quattro confederazioni ma alla fine preferì adottare una "soluzione finale" (Perdue, 1996), sterminando l'intera popolazione. Nel 1864, la popolazione Hui, fino ad allora fedele servitrice dell'Impero cinese in Xinjiang, si ribellò e riportò l'indipendenza, la quale però durò solo tredici anni, i Qing infatti, inviarono il comandante Zuo Zongtang in Xinjiang con il compito di riunificare la regione in via definitiva all'Impero cinese. Egli, nell'arco di tre mesi riconquistò le città principali, Turfan compresa, senza nemmeno il bisogno di combattere, in quanto i dissidenti scapparono

⁷⁷ *Ibidem*, pp. 72-76.

prima dell'arrivo dei Qing. Dal 1877 in poi Turfan, così come l'intera regione, salvo brevi tentativi di indipendenza, restò nelle mani dell'attuale RPC⁷⁸.

2.5 Sistema idrico di Turfan

Le prime civiltà presenti nell'oasi di Turfan, come testimoniano i numerosi reperti archeologici attualmente conservati presso il museo cittadino⁷⁹, furono tribù nomadi provenienti dalle steppe mongole e dagli altopiani dell'Asia Centrale; nel momento in cui queste tribù decisero di costruire insediamenti permanenti, basando la loro vita sui prodotti ottenuti attraverso l'agricoltura e l'allevamento, un sistema di irrigazione e prelievo delle acque stabile e funzionante divenne di fondamentale importanza. Come sottolinea il geografo Huntington, durante gli Han la quantità d'acqua presente nel bacino era maggiore rispetto a quella attuale: alcuni fiumi, che in passato furono fondamentali per gli abitanti del luogo, si sono ritirati o sono diminuiti in lunghezza e portata; inoltre a causa del riscaldamento globale la desertificazione sta attaccando l'oasi sia ad est che a ovest. I cambiamenti climatici così come le condizioni idrologiche sempre in mutamento hanno fatto sì che le persone si spostassero dai vecchi insediamenti e si raggruppassero tutti presso l'attuale città di Turfan, dove attualmente sembrano esserci condizioni favorevoli per vivere grazie soprattutto alla presenza di karez ancora funzionanti⁸⁰.

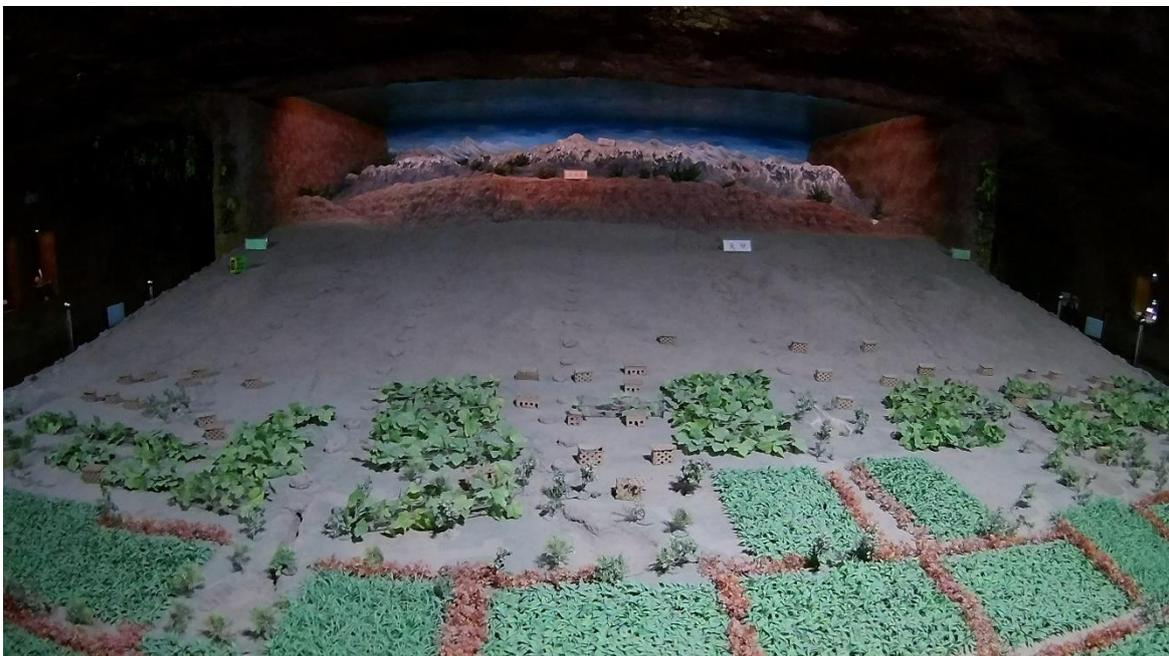


Figura 16 Riproduzione dell'intero sistema delle karez nell'oasi di Turfan (Karez Folk Custom Garden)

⁷⁸ *Ibidem*, pp.124-130.

⁷⁹ Tulufan Bowuguan 吐鲁番博物馆 Museo di Turfan visitato dalla sottoscritta in data 10 giugno 2017.

⁸⁰ Arnaud BERTRAND, 2010, *The Hydraulic Systems in Turfan (Xinjiang)*, The Silk Road 8, Università Sorbona, Parigi, p.31.

Sistemi idrici nelle città antiche di Jiaohe 交河 e Gaochang 高昌

Prima della nascita dell'attuale Turfan, i centri urbani principali nel bacino erano le città di Jiaohe e Gaochang (abbandonate in via definitiva tra il XV e il XVI secolo d.C.)⁸¹. Jiaohe letteralmente significa tra i fiumi poiché nella parte nord della città il fiume si spaccava in due e si ricongiungeva solo a sud di essa. Le scoperte archeologiche mostrano che a Jiaohe c'erano tre diversi sistemi di irrigazione: pozzi, sistemi di irrigazione sottoterra che si congiungevano poi a canali aperti e diversi tipi di canali ancora poco chiaro come funzionassero. Stando ai ritrovamenti archeologici i pozzi furono il sistema di irrigazione principale della città: essi vennero costruiti per la prima volta dalle popolazioni locali all'inizio del primo secolo a.C. e furono fondamentali durante gli assedi per procurarsi acqua pulita e prontamente spendibile. L'acqua dei fiumi non utilizzata per irrigare andava ad alimentare le falde acquifere presenti sotto la città stessa e, in caso di attacchi nemici o carenza idrica, la si poteva raccogliere attraverso pozzi verticali profondi dai 20 ai 25 m che andavano ad intercettare la falda. Caratteristica di questi pozzi è che la loro bocca era sottoterra e tappata, per proteggere l'acqua dalle elevate temperature in superficie. Un esempio di questi pozzi venne ritrovato durante la spedizione archeologica guidata da Li Xiao nel 1994 (Li Xiao 李肖, 1999). Nonostante le caratteristiche geografiche di Jiaohe siano ben diverse rispetto a quelle di Gaochang, anche in questa seconda città vennero ritrovati pozzi profondi che intercettano la falda, oltre ad una serie di canali in superficie che coprono l'intera area e che probabilmente trasportavano acqua sufficiente per irrigare sia all'interno che all'esterno delle mura cittadine. A quanto pare questi canali vennero fatti costruire dagli Han per supportare la guarnigione militare che stazionò in loco e ricevevano acqua da un canale primario chiamato *manshui*, il quale aveva origine presso la gola di Xinxing situata 20 *li*⁸² a nord della città (Trombert, 2008). Nel XV e XVI secolo entrambe le città vennero abbandonate, i motivi potrebbero essere la distruzione totale di Jiaohe durante le guerre tra cinesi e musulmani, e soprattutto l'annientamento dei canali in superficie di Gaochang e dei pozzi a Jiaohe. I cambiamenti climatici e l'avanzare del deserto da sud sono altre possibili cause, in quanto hanno aumentato la salinizzazione del suolo e delle acque. L'introduzione delle karez a Turfan ha evitato che anche questa città venisse abbandonata per i motivi sopra citati e tutt'ora continua a svolgere lo stesso ruolo di primaria importanza⁸³.

⁸¹ *Ibidem*, pp. 32-36.

⁸² *Li* 里, è un'unità di misura di lunghezza utilizzata nella RPC, nota anche come "miglio cinese". Il valore del *li* è variato molto nei secoli, solo nel XX secolo è stato approssimato a circa 500 m.

⁸³ BERTRAND, *The Hydraulic Systems...*, cit., pp. 36-37.

Sistema delle Karez

Nelle regioni con forte scarsità idrica, come Turfan, la mente umana dovette trovare soluzioni alternative rispetto al classico utilizzo delle acque in superficie, vennero quindi inventati sistemi di prelievo delle acque sotterranee, come ad esempio le karez. Esse non sono un semplice sistema di irrigazione che conduce l'acqua dalle montagne ai villaggi attraverso canali sotterranei, ma nel contempo raccolgono acqua dalla falda acquifera che viene intercettata dal tunnel lungo il tragitto e ciò porta due vantaggi: utilizzando la pendenza naturale l'acqua scorre solamente per gravità; la falda acquifera consente una presenza costante di acqua tutto l'anno, a prescindere dalle precipitazioni e dal livello delle acque in superficie. Turfan possiede uno dei più sviluppati sistemi idrici attraverso karez del mondo, con tunnel sotterranei lunghi in totale 5.000 km e pozzi verticali profondi in totale più di 3.000 km, in grado di irrigare un'area più vasta di 500.000 *mu*. Il sistema delle karez è considerato uno dei più grandi esempi di ingegneria della storia cinese, insieme alla Grande Muraglia e al Gran Canale imperiale Jing-Hang, tant'è che questo sistema viene considerato da molti studiosi cinesi la Grande Muraglia sotterranea.

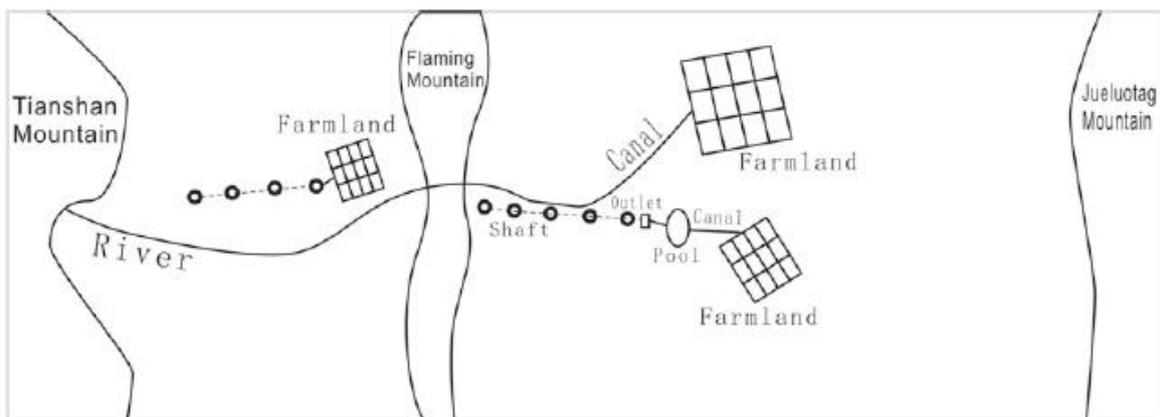


Figura 17 Schema delle karez di Turfan (Lein & Shen, 2006)

Come già discusso ad inizio del secondo capitolo del presente elaborato, la nascita delle karez viene fatta risalire alle prime fasi della storia umana, esistono però opinioni controverse riguardo l'introduzione di questa tecnica irrigua nell'oasi di Turfan: una teoria afferma che esse siano nate in Medio Oriente più di 3000 anni fa, e sfruttando la Via della Seta i persiani le abbiano introdotte in Cina; una seconda teoria vuole che le karez siano state inventate a Turfan dai locali per riuscire a gestire le condizioni fisiche, topografiche e idrologiche del luogo; terza teoria sostiene che le karez siano l'evoluzione dei pozzi utilizzati dagli Han lungo il bacino del Fiume Giallo.

Per costruire le karez servono condizioni geologiche e idrologiche particolari, e Turfan sembra rispecchiare alla perfezione un esempio in cui queste condizioni sono presenti: il suolo è calcareo-argilloso con una coesione eccezionale e molta solidità dovuta alla carenza idrica e alle elevate temperature che stabilizzano la falda acquifera, inoltre questa tipologia di suolo ha un'alta capacità di ritenzione idrica, raccoglie grandi quantitativi di acqua e li trattiene per tempi lunghi, andando ad immagazzinarli direttamente nella falda. Una volta che l'acqua lascia le montagne, una gran quantità filtra nel deserto del Gobi, in cui sono presenti spessi sedimenti di materiale grezzo. Nella parte settentrionale del deserto del Gobi le falde acquifere si abbassano di circa 110-150 metri presso il piede montano, di circa 20-30 metri nei pressi delle Montagne Fiammeggianti. In questo luogo si crea una sorta di riserva sotterranea e l'acqua contenuta può proseguire il suo corso solo attraverso tre gole (Bertrand, 2010):

- 1) Gola di Toyuk
- 2) Gola di Shengjinkou
- 3) Gola di Turfan

L'acqua che riesce a filtrare attraverso le gole diventa la fonte principale che va a nutrire le karez, e una volta superate si crea una discesa naturale che va da 900 m s.l.m. fino a -154 m s.l.m. (Lago Ayding), in questo modo l'acqua scorre sottoterra solo grazie alla gravità senza bisogno di sistemi di supporto.

La Xinjiang Water Conservancy Bureau e la Xinjiang Hydraulic Engineering Society ritengono che esistono tre tipi di karez, classificabili in base alle condizioni idro-geologiche e di ricarica, ossia il modo in cui intercettano la falda acquifera. Il primo tipo di karez raccoglie le acque dalle falde acquifere direttamente a monte, dove si crea un piccolo deposito d'acqua; nel secondo tipo rientrano le karez che raccolgono acqua proveniente da falde acquifere o da ruscelli lungo il versante che hanno quindi consistenti disponibilità idriche; il terzo tipo comprende invece le karez che sfruttano l'acqua proveniente da falde acquifere normali, esse vengono utilizzate solo per irrigare i campi in quanto la loro disponibilità idrica è inferiore rispetto agli altri due tipi. In base ai ritrovamenti finora a

nostra disposizione, la seconda tipologia descritta è stata la più utilizzata nel bacino di Turfan (Hu, 2012).

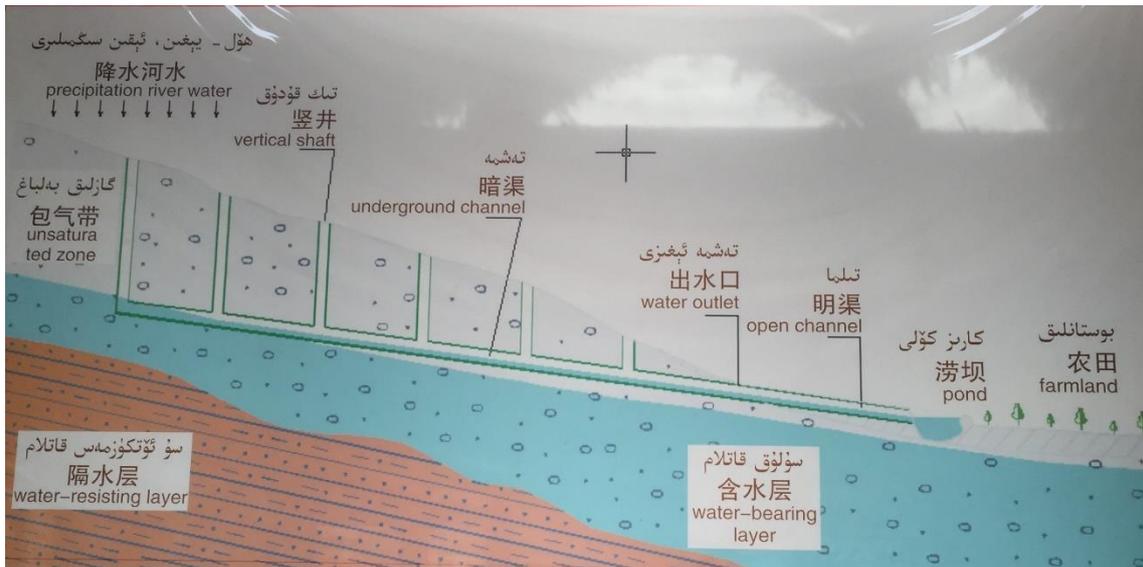


Figura 18 Schema della sezione orizzontale di una karez (Karez Paradise Museum, Turfan)

Il sistema delle karez viene costruito in zone montuose o collinari in modo che, attraverso una naturale inclinazione, la galleria orizzontale da cui è composto riesca ad attingere all'acqua proveniente da monte e dalla falda acquifera intercettata lungo la discesa. All'inizio del sistema viene costruito un pozzo madre, fonte principale di acqua per il sistema e lungo il tragitto vengono scavati, a distanze regolari, una serie di pozzi di aerazione, indispensabili sia per costruire e ripulire il tunnel, sia per fornire aria fresca, utile per il deflusso e la rigenerazione dell'acqua stessa⁸⁴. La distanza tra un pozzo e l'altro varia a seconda che ci si trovi all'inizio o alla fine del sistema: a Turfan nella parte alta i pozzi vengono scavati ogni 30-70 m, mentre nella parte bassa ogni 10-20 m. Allo stesso modo varia anche la profondità del pozzo, che deve andare ad intercettare il tunnel in ogni punto del percorso: si trovano pozzi profondi un paio di metri presso l'oasi e altri profondi più di 100 m verso la montagna. Il tunnel in cui scorre l'acqua è largo dai 50 agli 80 cm e alto 1.2-1.8 m, in questo modo può ospitare almeno un operaio durante i lavori di realizzazione o manodopera⁸⁵. La lunghezza del tunnel sotterraneo varia normalmente da 3 a 5 km, a Turfan esistono però un paio di karez che misurano 10 km, e la sua pendenza dipende dalle condizioni del suolo e solitamente è inferiore rispetto alla pendenza in superficie. Prima di raggiungere l'oasi e di trasformarsi in un canale aperto, la karez termina con un bacino di

⁸⁴ Stefano DE ANGELI, Stefano FINOCCHI, 2006, *Il sistema delle foggaras in Algeria tra epoca antica e moderna*, Roma, pp. 166- 168.

⁸⁵ Shalamu ABUDU, Sevinc Yeliz CEVIK, Salim BAWAZIR, James Philip KING, CUI Chunliang, 2011, *Vitality of ancient karez systems in arid lands: a case study in Turpan region of China*, Water History, p 6.

raccolta, *telemai* in lingua uigura e *longkou* in lingua cinese, utile per immagazzinare acqua durante la notte e anche per misurarla e dividerla tra i diversi utenti⁸⁶.

Nome karez	Karez Say	Karez Kuyun
Lunghezza totale (m)	6200	5000
Lunghezza canale in superficie (m)	100	100
Profondità pozzo madre (m)	52	50
Portata massima (l/s)	69	35
Capacità bacino di raccolta (m ³)	1080	930
Numero pozzi di areazione	340	210

Tabella 1 Esempi di due karez presenti a Turfan (Abudu, Cevik, Bawazir, King, & Cui, 2011)

Per costruire le karez servivano operai esperti, i cosiddetti *moqanni*, i quali potevano utilizzare solo una zappa e una vanga dal manico corto. Un argano veniva installato all'ingresso del pozzo e i *moqanni* che lavoravano in superficie, con l'aiuto di questo strumento, issavano secchi pieni di sedimenti riempiti da un *moqanni* che lavorava sottoterra e che aveva il compito di scavare il pozzo. A volte in superficie ci si avvaleva dell'aiuto di una mucca per muovere l'argano, soprattutto quando i pozzi raggiungevano importanti profondità. I sedimenti contenuti nel secchio venivano poi accumulati tutt'attorno alla bocca del pozzo per ripararla da possibili inondazioni, inoltre veniva coperta per prevenire infiltrazioni di sabbia all'interno del tunnel e possibili ghiacciate durante i freddi inverni⁸⁷.

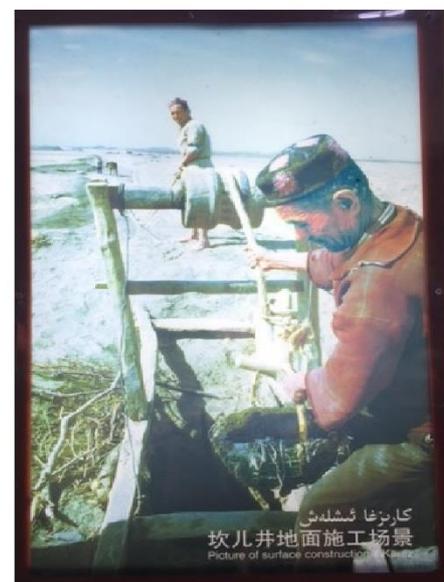


Figura 19 Strumenti utilizzati per la costruzione dei pozzi di areazione (Karez Paradise Museum)

⁸⁶ LEIN & SHEN, 2006, *The disappearance...*, cit., pp.4-8.

⁸⁷ WenJun HU, JieBin ZHANG, YongQiang LIU, 2012, *The qanats of Xinjiang: historical development, characteristics and modern implications for environmental protection*, Journal of Arid Land, p.217.

Al giorno d'oggi, in caso ci sia necessità di rinnovare vecchie karez o costruirne di nuove, si utilizzano mezzi più moderni, quali trattori per rimuovere i detriti, ed è sempre più comune impiegare migranti provenienti da altre regioni cinesi (Gansu, Sichuan, Henan) per condurre i faticosi lavori. Riportando l'intervista fatta dai ricercatori Lein e Shen (Lein & Shen, 2006) ad un team di otto lavoratori provenienti dal Gansu impiegati per l'espansione di una karez nel villaggio di Baza a Turfan

Il lavoro ha inizio ad ottobre e termina a metà primavera, giusto in tempo per poter far rientro a casa e raccogliere i prodotti agricoli. Lavorano otto ore al giorno, quattro in superficie e quattro sottoterra, e sono in grado di scavare 1-2 metri al giorno. Il villaggio che li chiama a prestare lavoro, provvede loro tutto l'equipaggiamento così come gli attrezzi necessari. Vivono in una grotta scavata all'inizio dei lavori e guadagnano 5000 RMB a lavoro terminato⁸⁸.

2.6 Karez e qualità dell'acqua

Le karez sono fin dall'antichità la fonte principale a cui attingono gli abitanti di Turfan per bere, per irrigare e per abbeverare il bestiame poiché la qualità della loro acqua è di un ottimo livello. Dal momento che lungo le karez l'acqua scorre sottoterra e quindi non viene inquinata da elementi esterni, gli unici fattori che possono interferire con la qualità e la sostenibilità dell'acqua sono gli eccessi di sedimenti e di sabbia che possono accumularsi lungo il tunnel se non li si ripulisce periodicamente. Non è possibile evitare questi problemi ma è fondamentale la manutenzione poiché l'acqua fresca che scorre dalla montagna all'oasi riesce a mantenere un basso livello di salinizzazione del suolo, fondamentale per evitare la progressiva desertificazione delle oasi (Haeri, 2003) e per garantire gli effetti positivi che essa ha sulla qualità dei raccolti: in Iran ad esempio si è riusciti a dimostrare che i campi irrigati con l'acqua delle karez erano di migliore qualità rispetto a quelli irrigati con sistemi più moderni (Abudu, Cevik, Bawazir, King, & Cui, 2011). A Turfan l'acqua proveniente dalle karez rispetta le richieste del China Sanitary Standard for Drinking Water e quindi è considerata potabile ed è possibile berla direttamente dal *longkou*. La seguente tabella (Tabella 2) mostra i parametri dell'acqua della karez Mehim Haji il cui *longkou* si trova nella sala principale del Museo delle karez a Turfan⁸⁹.

⁸⁸ LEIN & SHEN, 2006, *The disappearance...*, cit., pp. 4-5.

⁸⁹ Tulufan kanrjing leyuan 吐鲁番坎儿井乐园 Karez Paradise, visitato dalla candidate in data 12 giugno 2017.

Parametri	Unità di misura	Valori misurati	Valori ideali
Colore	Scala Hazen	0	5
Odore	--	Inodore	--
Sapore	--	Insapore	--
Torbidità	FNU	< 3	5
Valore PH	--	8.0	6.0-8-5
Durezza	Mg/l	91.9	300
Ferro	Mg/l	< 0.03	0.3
Cloruro	Mg/l	12.5	250
Residuo fisso	Mg/l	204	500
Rame	Mg/l	< 0.01	0.05
Manganese	Mg/l	0.02	0.1
Solfato	Mg/l	44.4	200
Nitrato	Mg/l	20	50
Fluoruro	Mg/l	0.22	1.0
Mercurio	Mg/l	0.0001	0.0001
Cadmio	Mg/l	0.01	0.01
Arsenico	Mg/l	0.007	0.05
Cianuro	Mg/l	< 0.004	0.05
Piombo	Mg/l	0.01	0.05
Zinco	Mg/l	< 0.04	5
Cromo	Mg/l	0.004	0.05

Tabella 2 I dati fanno riferimento all'indagine condotta in data 27 giugno 2006.

La funzione principale delle karez di Turfan resta comunque trasportare acqua all'oasi per l'agricoltura e questo lavoro deve essere conforme al principio di utilizzare l'acqua a propria disposizione nel migliore dei modi. Per far ciò i contadini sono disposti a collaborare e selezionare colture complementari in base alla quantità d'acqua di cui hanno bisogno. Inoltre la stagionalità dei raccolti aiuta a massimizzare l'utilizzo delle risorse idriche e soprattutto fa sì che i contadini abbiano di che nutrirsi durante l'anno. Si può dunque affermare che attraverso le karez si adotta un sistema di coltivazione sostenibile fondamentale per risparmiare sull'utilizzo dell'acqua, così come per migliorare la struttura e la qualità del suolo. A Turfan ad esempio le karez servono in primo luogo ad irrigare i vigneti, che iniziano a richiedere acqua a marzo, l'acqua in eccesso viene utilizzata per le colture di cotone, farina e meloni durante l'estate; in autunno invece l'acqua è utilizzata per ripulire i suoli dalle ingenti quantità di sale che si sono accumulate durante la stagione estiva; in inverno il flusso delle karez viene deviato verso gli alberi e gli arbusti che circondano l'oasi, i quali hanno il compito di combattere la desertificazione⁹⁰. Le karez inoltre non vengono utilizzate solo per le produzioni agricole, ma la loro acqua serve anche per i frutteti,

⁹⁰ LEIN & SHEN, 2006, *The disappearance...*, cit., pp. 14-15.

per i community gardens e, in piccolissima parte, per orti privati di gente abbiente (Wessels & Hoogeveen, 2002).

2.7 Status attuale delle karez

Basandoci sui dati forniti dalla terza indagine sui beni culturali⁹¹ condotta dal governo cinese nel 2007, dopo aver analizzato 1108 karez, solo 278 contengono ancora acqua. Si estendono per un totale di 4000 km e trasportano 210 milioni di m³ di acqua, riuscendo ad irrigare 132000 *mu* di terreno, circa l'8% del totale dei campi da irrigare⁹². Il declino dell'utilizzo delle karez è fatto risalire alla seconda metà del ventesimo secolo: nel 1957 le karez funzionanti erano 1237, fornivano 562 milioni di m³ di acqua sufficienti ad irrigare 320000 *mu*. Nel 2002 però il numero delle karez utilizzabili era 404, con una resa annua di solo 232 milioni m³ e 132000 *mu* irrigabili (Maimaiti Abuduwati 买买提·阿布都瓦依提, 2014). Dagli anni Cinquanta fino al 2004, 1170 karez si sono asciugate e il loro approvvigionamento idrico è diminuito di 381.4 milioni di m³, in questo modo circa 190 *mu* di campi non sono più irrigabili attraverso karez. La percentuale di aree irrigate tramite karez a Turfan è passata da più del 70% durante gli anni Cinquanta a meno del 20% nel 2009, quando nella zona se ne contarono solo 238 funzionanti⁹³. I dati più recenti, raccolti nel 2014, indicano che ogni anno si prosciugano circa 20/30 karez; quindi, se non si interviene, nell'arco di 25 non sarà più possibile utilizzare questi sistemi irrigui (Abudu, Sheng, Cui, & Guan, 2014).

⁹¹ *Disanci quanguo wenwu pucha* 第三次全国文物普查 terza indagine sui beni culturali, http://www.gov.cn/zwgk/2007-04/10/content_577444.htm.

⁹² *Tulufan diqu disanci quanguo wenwu pucha kanerjing diaocha ciliao* 吐鲁番地区第三次全国文物普查坎儿井调查资料.

⁹³ HU, ZHANG, LIU, 2012, *The qanats of Xinjiang...*, cit., pp. 217-218.

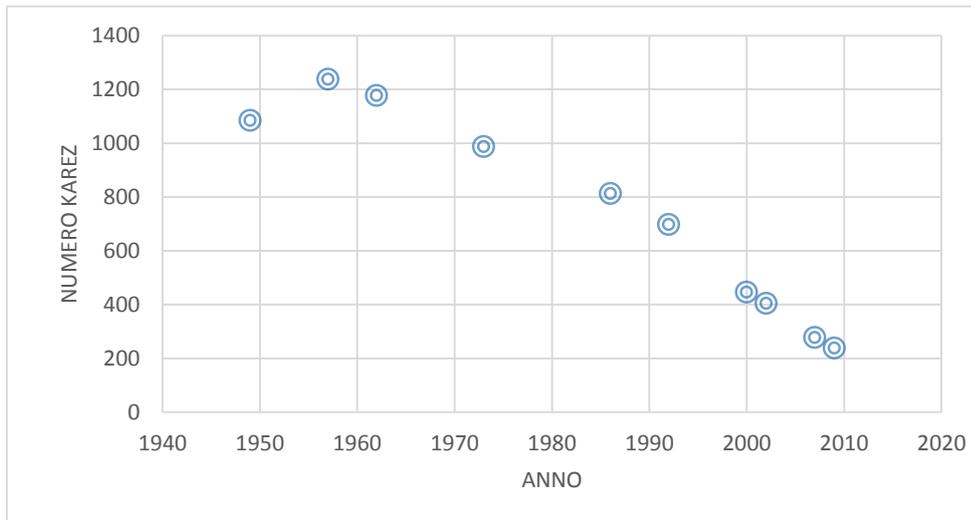


Grafico 1 Numero di karez utilizzabili a Turfan dal 1949 al 2009 (Turfan District Water Concervancy Bureau)

L'utilizzo delle karez è diminuito negli anni per diverse ragioni, tra le quali la riduzione delle precipitazioni in montagna e/o il declino naturale dei fiumi che influenzano la quantità d'acqua presente sottoterra. Escludendo le cause naturali che non possono essere controllate, la causa principale del declino è sicuramente l'intervento umano che sta modificando l'ambiente attraverso la costruzione di ampi bacini idrici, progetti di deviazione delle acque e pompe per sollevamento delle acque reflue. A partire dagli anni Sessanta de secolo scorso sono stati costruiti numerosi bacini artificiali presso le sorgenti in montagna, dai quali nascono canali aperti che scorrono fino a valle per portare acqua nelle zone coltivabili. In questo modo, però, tutta l'acqua proveniente dallo scioglimento dei ghiacciai va a raccogliersi nelle dighe e le karez non hanno più di che nutrirsi e si asciugano in tempi molto veloci. Risale allo stesso periodo anche l'introduzione dei pozzi a tubo utilizzati per pompare in superficie l'acqua presente nel sottosuolo. Stando ai dati forniti dal Turfan District Water Concervancy Bureau tra il 1985 e il 2000 sono stati installati circa 1500 nuovi pozzi nel distretto di Turfan, per un totale di 5101 pozzi, suddivisi come segue: 1908 nella città di Turfan, 1729 nella contea di Shanshan e 1464 nella contea di Tuoksun. Questi pozzi non servono solo per uso domestico o agricolo, ma sono fondamentali anche per l'estrazione di petrolio nei numerosi giacimenti presenti nel bacino e controllati dal governo centrale. Ai problemi sopra citati vanno sicuramente aggiunti la rapida crescita della popolazione e l'ampiamiento delle zone coltivabili che hanno fatto sì che la domanda di acqua crescesse a dismisura. Tutto ciò ha portato in primo luogo al declino delle falde acquifere, in questo modo le karez non riescono più a captare la loro acqua e trasportarla fino all'oasi. Secondo Guan (Guan, Zhang, & Gopur, 2008), in alcune zone del bacino di Turfan, la falda acquifera è ceduta fino a 25 m nell'arco di dieci anni e questo è esattamente un esempio del paradosso

di Jevons, secondo il quale i miglioramenti tecnologici che aumentano l'efficienza di una risorsa possono fare aumentare il consumo di quella risorsa, anziché diminuirlo: le nuove tecnologie utilizzate per aumentare la quantità d'acqua utilizzabile, hanno aumentato il consumo di quella che è una risorsa limitata, soprattutto nelle zone aride come Turfan.

A contribuire al declino dell'utilizzo delle karez ci sono inoltre fattori socio-economici: secondo i dati forniti da Cenesta (2003) il numero sempre inferiore di *moqanni* è uno di questi. Le nuove generazioni preferiscono infatti trasferirsi nei centri urbani e trovare lavori in questi ambienti, tralasciando il lavoro agricolo. Così facendo la manutenzione delle karez viene trascurata e il sistema non può più essere utilizzato e viene quindi abbandonato. Nonostante il numero di karez stia diminuendo molto velocemente a Turfan, esse contribuiscono all'irrigazione agricola per oltre il 30%.

Karez e pozzi a confronto

Differenza fondamentale tra le karez e i pozzi è la sostenibilità delle due tecniche. L'acqua trasportata dalle karez è una risorsa rinnovabile in quanto la portata disponibile è dettata dal livello delle falde acquifere; i pozzi invece estraggono acqua dal sottosuolo in base alla richiesta, senza tener conto del ravvenamento delle falde e ciò porta ad uno sfruttamento eccessivo dell'acqua sotterranea (English, *Karezes and lifeworlds in Iranian plateau villages*, 1998). Da un punto di vista di sostenibilità le karez sono un sistema migliore rispetto ai pozzi poiché rispettano il ciclo naturale di rigenerazione della materia prima; da un punto di vista economico però, la capacità dei pozzi di andare in profondità ad estrarre acqua dalle falde al bisogno, rende questo sistema molto attraente e negli ultimi anni riceve sempre più consensi. Attualmente le karez a Turfan non sono sufficienti a colmare la sempre crescente domanda di acqua causata soprattutto dall'aumento della popolazione e dallo sviluppo agricolo, ma se si continua ad utilizzare i pozzi l'acqua rischia di diventare una risorsa non solo limitata ma anche non rinnovabile. In alcune aree nel Mediterraneo vengono utilizzate in contemporanea sia le karez che i pozzi, e un sistema non limita l'altro, ma in altre aree, come ad esempio Turfan, i pozzi hanno distrutto e stanno distruggendo le karez, in quanto abbassano la falda acquifera e la prosciugano⁹⁴.

⁹⁴ ABUDU, CEVIK, BAWAZIR, KING, CUI, 2011, *Vitality of ancient karez systems...*, cit., pp. 10-11.

	Karez	Pozzi
Vantaggi	Scorrimento costante di acqua pulita	Scorrimento adattabile in base all'acqua necessaria
Problemi	Prosciugamento	Costi acqua eccessivi; prosciugamento delle falde
Stagionalità	Annuale	Annuale; carenza d'acqua a metà estate
Controllo	Controllate da contadini o istituzioni locali	Controllate da contadini o istituzioni locali
Accessibilità	Sistema non accessibile	Aperti, ma con rigide regolamentazioni
Così sistema	Costose da costruire ma durature; manutenzione offerta dai locali; utilizzo dell'acqua gratuito	Economici da installare ma necessitano di operai esperti; utilizzo dell'acqua sempre più costoso
Altri usi	Uso domestico e potabile; mantiene la vegetazione naturale (in inverno)	Uso domestico e potabile

Tabella 3 Comparazione tra karez e pozzi (Lein & Shen, 2006)

2.8 Implicazioni economiche

Al giorno d'oggi le karez rendono vivibile l'oasi, ma non potranno continuare a far ciò in futuro: la richiesta d'acqua aumenta incessantemente, vengono scavati ogni anno un gran numero di pozzi che sfiniscono la falda acquifera. Le autorità locali sono consapevoli della progressiva estinzione delle karez e per questo motivo stanno cercando di adottare soluzioni in grado di sottolinearne l'importanza storica e culturale svolta da questa tecnica irrigua, come ad esempio la costruzione di due musei specifici situati a pochi chilometri dal centro della città, nel villaggio di Ximen, nel borgo di Ya'er. Dalla loro inaugurazione, nel 2000, sono diventati i luoghi turistici più visitati a Turfan con un contributo all'economia locale annuo di 20 milioni di RMB (Abudu, Cevik, Bawazir, King, & Cui, 2011).

Nonostante la diminuzione del numero di karez utilizzabili, esse sono tutt'ora in grado di irrigare circa il 30% dei campi, poiché i contadini sono consapevoli che, anche se la costruzione delle karez costa 8-9 volte più dei pozzi e richiede molto tempo, considerando la durata di entrambi i sistemi, le karez a lungo termine sono molto più economiche e più durature. Facendo un paragone tra costi e benefici dei due sistemi, si evince inoltre che i profitti dei contadini che utilizzano le karez sono il 30% più alti rispetto a quelli che utilizzano i pozzi, in quanto l'acqua che utilizzano viene tassata dal governo centrale⁹⁵.

L'analisi condotta da Lein and Shen (2006) in diversi villaggi mette in luce la questione del prezzo dell'acqua. L'acqua per irrigare i campi a Turfan non è gratuita: l'acqua proveniente dalle pompe è pagata in base al consumo orario e dipende dal prezzo dell'elettricità; il prezzo dell'acqua delle karez dipende invece dai costi di manutenzione e riparazione dell'intero sistema. I contadini intervistati, preferiscono utilizzare l'acqua

⁹⁵ <http://www.cenesta.org/en/>

proveniente dalla karez, nonostante la sua disponibilità sia costantemente in bilico, perché i costi restano inferiori rispetto a quelli necessari per coprire il consumo elettrico delle pompe. Facendo una media il costo dell'acqua per irrigare un mu attraverso le karez è di circa 1–1.5 RMB, mentre l'equivalente attraverso le pompe è di 10 RMB. Se i contadini utilizzassero solo acqua provenienti dalle pompe, che vale circa 15RMB all'ora, spenderebbero mensilmente più di 500 RMB, che equivale a un terzo del loro stipendio.

2.9 Implicazioni sociali e culturali

L'evoluzione storica delle oasi come Turfan va di pari passo con l'evoluzione del controllo delle acque. L'aumento demografico del bacino ha fatto sì che i vecchi insediamenti, a partire dal XV secolo non fossero più adeguati, poiché i sistemi idrici utilizzati si mostrarono inadatti a supportare un crescente numero di persone e campi da irrigare. L'introduzione delle karez a Turfan, prendendo per vero che sia avvenuta nel XVIII secolo, è stata un'intelligente risposta umana al bisogno di nuove tecniche irrigue, tant'è che un detto locale afferma che “senza le karez non ci sarebbe Turfan” poiché solo questo sistema può salvare l'oasi da una completa desertificazione⁹⁶.

Nella maggior parte dei casi il sistema delle karez non è solo un sistema di irrigazione, ma è parte integrante della storia, della cultura e della società che lo utilizza. A partire dal XVIII secolo, l'importanza delle persone all'interno della comunità veniva definita in base alla quantità d'acqua proveniente dalle karez che esse potevano utilizzare e al luogo in cui sorgeva la loro dimora: più vicina era al *longkou* più prestigioso era il loro status sociale, in quanto l'acqua all'inizio del corso è più pulita e fresca. È chiaro dunque che a Turfan, così come in Iran e negli altri Paesi del bacino mediterraneo, le karez non furono importanti solo da un punto di vista materiale ma anche da un punto di vista sociale poiché involontariamente organizzarono queste comunità secondo un rigido ordine gerarchico. Le karez sono inoltre parte integrante della cultura e dei credo religiosi, in quanto rendono possibile la vita nelle oasi, trasportando quello che viene considerato il bene più prezioso, l'acqua. Come risultato, le karez, svolgono un ruolo fondamentale nelle cerimonie e nei riti locali, tanto è che in Iran un gran numero di matrimoni si svolge nei pressi del pozzo madre o dei *longkou* e gli sposi durante la cerimonia bevono l'acqua che scorre lungo i tunnel sotterranei⁹⁷.

⁹⁶ BERTRAND, *The Hydraulic Systems...*, cit., pp. 36-37.

⁹⁷ <http://surfiran.com/tangible-intangible-heritage-qanat/>



Figura 20 Karez tutt'ora attiva presso la Grape Valley a Turfan (葡萄沟 visitato dalla sottoscritta il 13 giugno 2017)

Capitolo 3

3.1 L'ecosistema e i suoi servizi

Nonostante ecologia ed economia siano vocaboli con una radice comune (*oikos*= cosa), storicamente hanno avuto due sviluppi differenti, contrapponendosi a volte dal momento che esiste l'idea che la difesa dell'ambiente costituisca un freno per lo sviluppo economico. Per creare un dialogo e un'integrazione tra ecologia ed economia è fondamentale trovare metodologie di studio e linguaggi compatibili; questo può succedere partendo dalla scelta dell'unità di studio più idonea per valutare le pressioni antropiche sull'ambiente naturale: questa unità che per gli ecologi è da tempo l'ecosistema, recentemente è stata scelta anche dagli economisti ambientali. Si tratta di un livello organizzativo molto complesso ma che vale la pena studiare in quanto, salvaguardarne l'integrità, o la salute, porterebbe una stabilità economica ed ecologica di medio-lungo periodo ⁹⁸. Un ecosistema è una combinazione complessa e dinamica di piante, animali, microrganismi e dell'ambiente naturale, che insieme costituiscono un sistema unico di elementi interdipendenti. Proprio a causa della complessità data dal grande numero di relazioni e interazioni esistenti tra gli organismi che popolano qualsiasi ecosistema, non è facile né valutare, né prevedere il comportamento di un ecosistema nel suo complesso ma è possibile, tuttavia, quantificarne i servizi resi, che vanno sotto il nome servizi ecosistemici.

3.2 Una definizione di servizi ecosistemici

I servizi ecosistemici, dall'inglese *ecosystem services*, sono, secondo la definizione data dal Millennium Ecosystem Assessment (MA 2005), "i benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano". Per definire un beneficio come servizio ecosistemico devono sussistere tre condizioni necessarie: la prima afferma che il servizio deve emergere dall'ambiente naturale; la seconda deve incrementare lo stato di benessere umano; terza il servizio è un prodotto finito della natura che viene usato direttamente dal genere umano (Boyd & Banzhaf, 2007). Il MA fu condotto sotto gli auspici delle Nazioni Unite (ONU) e in particolare dello United Nations Environmental Programme (UNEP) con l'obiettivo di analizzare, con robuste basi scientifiche multidisciplinari, l'evoluzione degli ecosistemi del

⁹⁸ Carlo GIUPPONI, Silvana GALASSI, Davide PETTENELLA, 2013, *Definizione del metodo per la classificazione e quantificazione dei servizi ecosistemici in Italia*, Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, <http://www.minambiente.it/biblioteca/definizione-del-metodo-la-classificazione-e-quantificazione-dei-servizi-ecosistemici>

pianeta dovuta soprattutto alle attività umane, i relativi impatti sulle condizioni di benessere e identificare strategie di intervento per uno sviluppo sostenibile⁹⁹. La definizione di servizio ecosistemico (SE) fornitaci dal MA, è il risultato della somma delle definizioni di Daily (Daily, 1997) e Costanza (Costanza, et al., 1997):

Ecosystem services are the conditions and processes through which natural ecosystems, and the species that make them up, sustain and fulfill human life. They maintain biodiversity and the production of ecosystem goods, such as seafood, forage timber, biomass fuels, natural fiber, and many pharmaceuticals, industrial products, and their precursors (Daily, 1997).

Ecosystem goods (such as food) and services (such as waste assimilation) represent the benefits human populations derive, directly or indirectly, from ecosystem functions (Costanza, et al., 1997).

La definizione del MA segue la teoria di Costanza per quanto riguarda l'inclusione sia degli ecosistemi naturali che modificati dall'uomo nella categorie delle fonti dei servizi ecosistemici; segue invece la teoria di Daily nell'utilizzo del termine "servizio" per indicare i benefici sia tangibili che intangibili che l'essere umano può ottenere dall'ecosistema, i quali se separati vengono considerati rispettivamente beni e servizi¹⁰⁰.

Il concetto di servizio ecosistemico è relativamente recente, venne usato per la prima volta alla fine degli anni Sessanta, solo con l'inizio del nuovo millennio però divenne argomento di interesse globale. I servizi ecosistemici sono stati classificati in diversi modi: a seconda della loro funzione (Lobo 2001; de Groot et al. 2002); a seconda della loro organizzazione (Norberg 1999); in modo descrittivo (Moberg & Folke 1999). Nonostante esistono molte classificazioni dei servizi ecosistemici, è opportuno rispettare quanto proposto dal MA, in quanto è il riferimento più consolidato a livello internazionale. Si possono distinguere quattro diverse macro categorie:

- 1) Servizi di approvvigionamento (*provisioning services*), che forniscono i beni veri e propri, quali cibo, acqua, legname e fibra;
- 2) Servizi di regolazione (*regulating services*), che regolano il clima e le precipitazioni, l'acqua (ad es. le inondazioni), i rifiuti e la diffusione delle malattie;
- 3) Servizi culturali (*cultural services*), relativi alla bellezza, all'ispirazione e allo svago che contribuiscono al nostro benessere spirituale;

⁹⁹ *Ibidem*.

¹⁰⁰ Millennium Ecosystem Assessment Board, 2003, *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*, Island Press, Washington D.C., pp. 53-56.

- 4) Servizi di supporto (*supporting services*), che comprendono la formazione del suolo, la fotosintesi e il ciclo nutritivo alla base della crescita e della produzione.

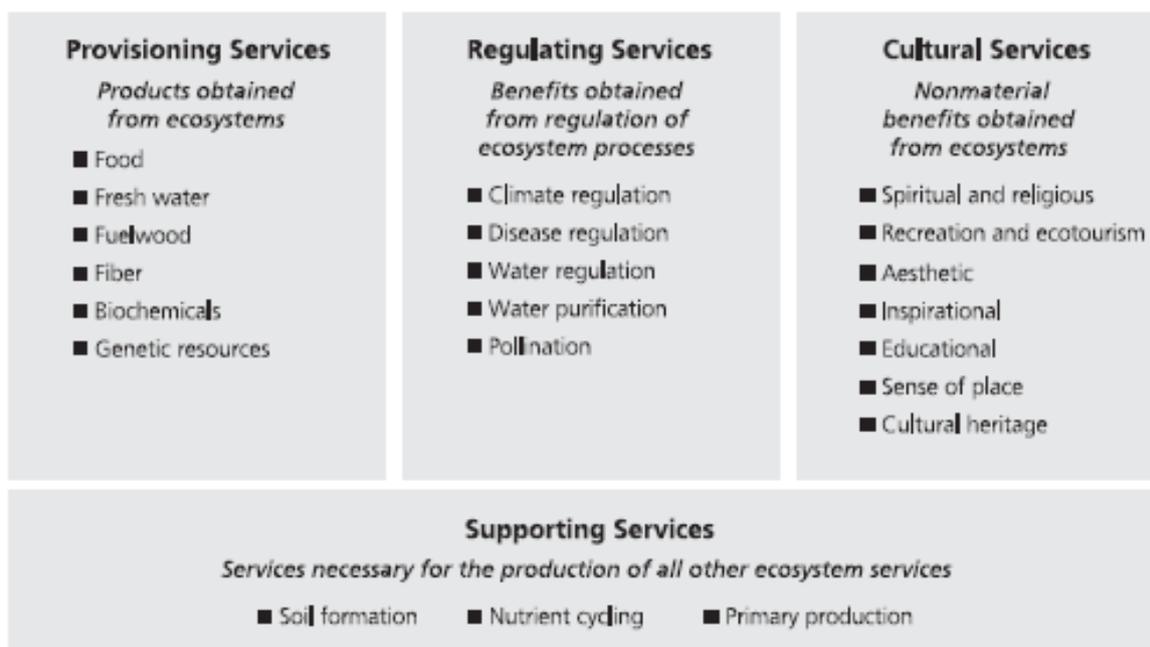


Figura 21 Servizi ecosistemici (Millennium Ecosystem Assessment Board, 2003).

Servizi di approvvigionamento

Essi sono i prodotti diretti che si ottengono dagli ecosistemi, il cui utilizzo da parte del genere umano è aumentato in modo esponenziale a partire dalla seconda metà del Ventesimo secolo, più velocemente rispetto all'aumento della popolazione ma in maniera più lenta rispetto alla crescita economica; tanto è vero che nella maggior parte delle situazioni il loro utilizzo è considerato insostenibile. La popolazione mondiale è raddoppiata tra il 1960 e il 2003 (da 3 miliardi a 6 miliardi), e l'economia mondiale è aumentata di circa sei volte. Durante questo periodo la produzione di cibo è aumentata di due volte e mezzo, l'utilizzo di acqua è raddoppiato, così come la raccolta di legname è triplicata¹⁰¹.

I servizi di approvvigionamento includono:

- **Cibo e fibre.** Fanno parte di questa categoria tutti i prodotti alimentari di origine animale e vegetale, così come materiali quali legno, iuta, canapa, seta, e altri prodotti che derivano direttamente dall'ecosistema.
- **Combustibile.** Legno, letame, e altre sostanze biologiche che servono come fonte di energia.

¹⁰¹ Millennium Ecosystem Assessment Board, 2005, *Ecosystems and Human Well-being: synthesis*, Island Press, Washington D.C., cit., pp. 39-40.

- Risorse genetiche. Sono i geni e le informazioni genetiche utilizzate per allevare animali e piante, e le biotecnologie.
- Sostanze chimiche, farmaci naturali. Molti farmaci, biocidi e additivi alimentari, e materiali biologici creati dallo stesso ecosistema.
- Risorse ornamentali. Prodotti animali come pellame e conchiglie, e fiori che vengono usati come ornamenti. Il loro valore può essere anche di tipo culturale, per questo motivo essi sono un esempio di collegamento tra due categorie di servizi ecosistemici.
- Acqua dolce. Anche essa è un esempio di collegamento tra due categorie di servizi ecosistemici, in questo caso tra servizi di approvvigionamento e di regolazione.

Servizi di regolazione

Essi sono i benefici ottenuti dai processi di regolazione dell'ecosistema. L'essere umano ne ha alterato il funzionamento andando a modificare e non rispettare le capacità dell'ecosistema che offre questi servizi. La maggior parte dei cambiamenti nella qualità dei servizi di regolazione sono involontariamente il risultato delle azioni necessarie per incrementare l'offerta dei servizi di approvvigionamento ¹⁰². I principali servizi di regolazione sono:

- Conservazione della qualità dell'aria. Gli ecosistemi contribuiscono allo stesso tempo ad inserire ed estrarre dall'atmosfera le sostanze chimiche, andando in questo modo ad influenzare la qualità dell'aria.
- Regolazione del clima. Gli ecosistemi influenzano il clima sia a livello locale che globale. Ad esempio su scala locale, cambiamenti per quanto riguarda la copertura del suolo, possono avere ricadute sulle temperature e sulle precipitazioni; su scala globale invece gli ecosistemi giocano un ruolo di primaria importanza per il clima emettendo o sequestrando gas serra.
- Regolazione dell'acqua. La tempistica e l'entità del deflusso, delle inondazioni così come la ricarica delle falde acquifere sono fortemente influenzate dai cambiamenti della copertura del suolo.
- Controllo erosione. La copertura vegetativa è fondamentale per quanto riguarda la ritenzione idrica del terreno e per prevenire le frane.
- Potabilizzazione dell'acqua e trattamento dei rifiuti. Gli ecosistemi possono inquinare le acque potabili, ma possono anche aiutare a filtrare e decomporre rifiuti organici presenti negli ecosistemi stessi.

¹⁰² *Ibidem*, p.42.

- Regolazione delle malattie umane. I cambiamenti a livello di ecosistema influiscono direttamente sugli agenti patogeni e possono alterare i vettori che trasmettono le malattie.
- Controllo biologico. I parassiti e le malattie che colpiscono le colture e il bestiame sono influenzati dai cambiamenti ecosistemici.
- Impollinazione. Gli ecosistemi, e i loro mutamenti, modificano il numero, la distribuzione e l'efficacia degli impollinatori.
- Protezione dalle tempeste. Gli ecosistemi costieri, come la barriera corallina, sono in grado di ridurre i danni causati dagli uragani o dalle onde giganti.

Servizi culturali

I servizi culturali sono i benefici immateriali che le persone ottengono direttamente dall'ecosistema sotto forma di benessere spirituale, sviluppo cognitivo, riflessione, svago ed esperienza estetica. Le diverse culture esistenti altro non sono che il prodotto dell'ecosistema in cui nascono e si sviluppano, i cambiamenti dello stesso hanno quindi conseguenze dirette sull'identità culturale e sulla stabilità sociale. Nonostante l'utilizzo dei servizi ecosistemici culturali continui ad aumentare, la capacità degli ecosistemi di fornire benefici a livello culturale ha conosciuto una fase di stallo a partire dal secolo scorso, dovuta ai cambiamenti dell'ecosistema e ai cambiamenti sociali, in grado di ridurre la capacità dell'uomo di riconoscere e usufruire dei benefici stessi¹⁰³. Esempi di servizi ecosistemici culturali sono:

- Diversità culturale. Essa è direttamente influenzata dalla diversità degli ecosistemi.
- Valori spirituali e religiosi. Esistono molte religioni infatti che sviluppano credo strettamente connessi con l'ecosistema e i suoi componenti.
- Sistema di conoscenza. Esso viene direttamente influenzato dall'ecosistema in cui si sviluppa, sia esso tradizionale o formale.
- Valore educativo. Gli ecosistemi, i loro componenti e i processi, forniscono le basi per l'educazione formale e informale in molte società.
- Ispirazione. Gli ecosistemi sono ricche fonti di ispirazione per l'arte, architettura, folklore, simbolismo...
- Valori estetici. I valori estetici e la bellezza sono insiti nell'ecosistema stesso.
- Relazioni sociali. Esse vengono influenzate dagli ecosistemi, società sedentarie, ad esempio, hanno relazioni completamente diverse rispetto a quelle che si instaurano all'interno di società nomadi.

¹⁰³ *Ibidem*, p.46.

- Senso di appartenenza al luogo.
- Ricchezza del patrimonio culturale. Alcune società si impegnano nel mantenimento dei luoghi storicamente importanti o delle specie culturalmente significative presenti all'interno del loro ecosistema, poiché sono in grado di riconoscerne la ricchezza culturale.
- Spasso ed eco—turismo. Le persone, quando scelgono dove trascorrere il loro tempo libero, valutano le caratteristiche sia naturali che culturali dei luoghi di loro interesse.

Servizi di supporto

I servizi di supporto sono necessari per la produzione di tutte le altre tipologie di servizi ecosistemici. Sono diversi rispetto agli altri in quanto il loro impatto sul genere umano può essere indiretto o può verificarsi in un futuro prossimo, mentre le altre categorie hanno effetti diretti e immediati¹⁰⁴. I servizi di supporto includono:

- Formazione del terreno. I servizi di approvvigionamento dipendono in gran parte dalla fertilità del suolo, la formazione del terreno contribuisce quindi al benessere umano indirettamente.
- Fotosintesi. Essa producendo ossigeno consente la vita di numerosi organismi.
- Produzione primaria. Ossia l'assimilazione o accumulazione di energia e nutrienti da parte degli organismi.
- Ciclo dell'acqua. Se all'interno dell'ecosistema, esso è fondamentale per gli organismi viventi.

3.3 Servizi ecosistemici culturali

Attraverso i secoli, le società si sono evolute in base all'ambiente in cui si trovavano modificando la cultura umana, la quale, essendo fortemente influenzata dagli ecosistemi e i loro cambiamenti, ha avuto pesanti ricadute sull'identità culturale e sulla stabilità sociale. Allo stesso tempo però, il genere umano ha da sempre influenzato e plasmato l'ambiente per permettere la presenza di alcuni servizi in grado di assicurare un certo livello di benessere. Queste interazioni hanno creato, e continuano a farlo, un indistruttibile sistema di valori culturali legati alla comprensione dei luoghi, dei paesaggi e delle specie presenti in un determinato ecosistema da parte del genere umano. I benefici che derivano da un ecosistema, inteso come insieme di valori e significati comprensibili e visibili solo attraverso la collaborazione tra uomo e natura, prendono il nome di servizi ecosistemici culturali.

¹⁰⁴ Millennium Ecosystem Assessment Board, 2003, *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*, cit., p. 59.

Stando alla definizione fornita dal Millenium Ecosystem Assessment, i servizi ecosistemici culturali sono i benefici immateriali che le persone ottengono dall'ecosistema sotto forma di arricchimento spirituale, sviluppo cognitivo, riflessione, svago ed esperienze estetiche. Attraverso questa tipologia di servizio siamo in grado di valutare l'ecosistema come componente fondamentale per arricchire e migliorare il benessere dell'uomo¹⁰⁵.

I servizi culturali attualmente risultano essere la categoria di servizi ecosistemici più problematica e discussa in quanto il concetto di "culturale" è poco definito: successivamente alle ricerche più recenti si preferisce indicare come culturale la collocazione geografica del servizio ecosistemico, partendo quindi dall'idea che i servizi culturali siano comprensibili solo attraverso una collocazione geografica culturale precisa che deve essere presa in considerazione nel momento in cui si vuole comprendere l'ecosistema stesso e se ne vogliono misurare i benefici. Si potrebbe dunque affermare che la cultura viene in questo caso intesa come l'espressione della vita che rispecchia la storia e i valori comunitari, così come le pratiche materiali e simboliche presenti in un determinato ecosistema¹⁰⁶.

¹⁰⁵ Millennium Ecosystem Assessment Board, 2005, *Ecosystems and Human Well-being: synthesis*, cit., p. 46.

¹⁰⁶ Robert FISH, Andrew CHURCH, Michael WINTER, 2016, *Conceptualising cultural ecosystem services: A novel framework for research and critical engagement*, Ecosystem Services, vol.21, cit., pp. 210-211.

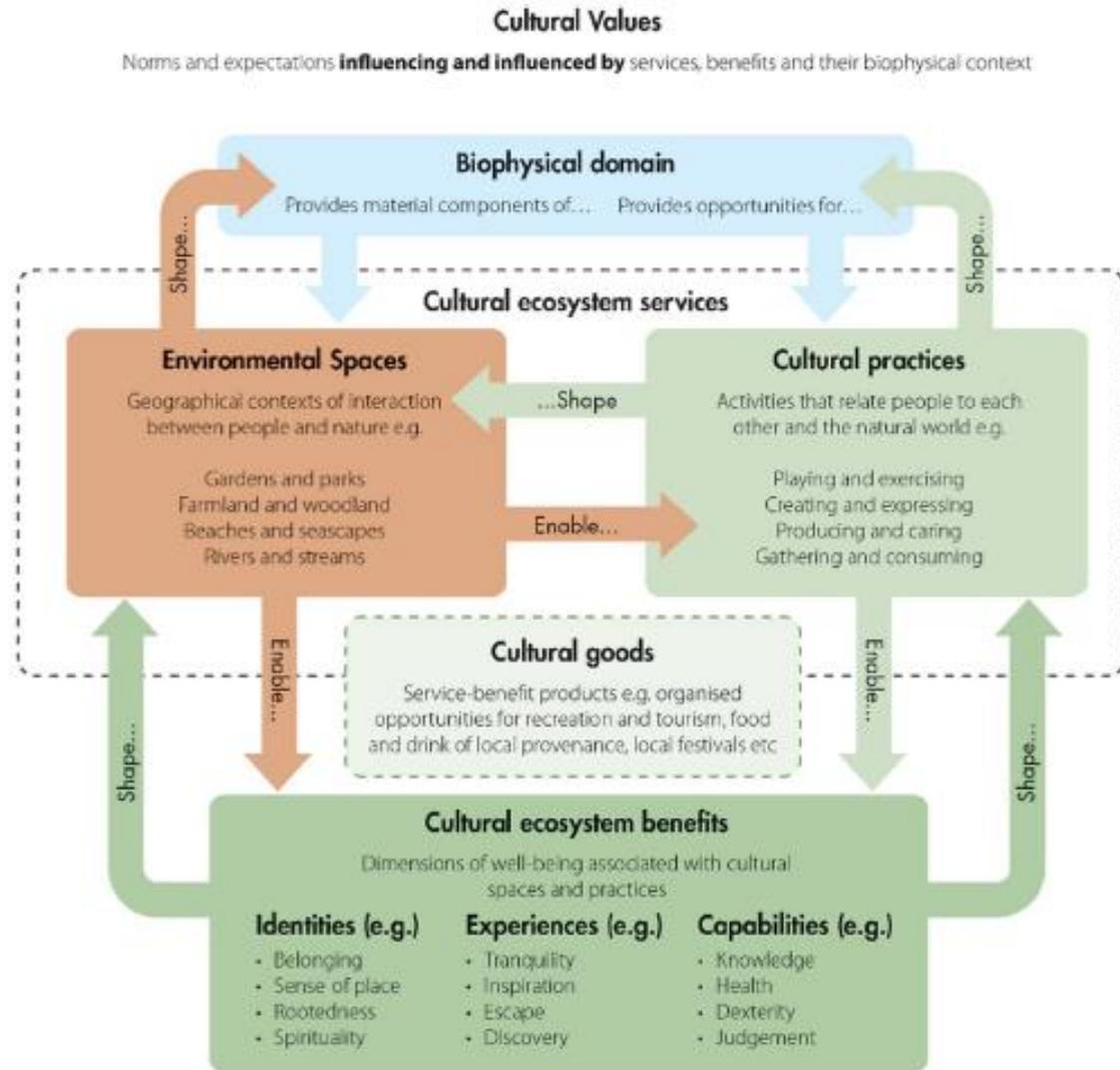


Figura 22 Struttura schematica dei servizi ecosistemici culturali (Fish, Church, & Winter, 2016).

Le alterazioni o i pesanti cambiamenti degli ecosistemi a opera del genere umano, siano essi positivi o negativi, possono acquisire un significato culturale, basti pensare ai paesaggi pastorali inglesi, ai terrazzamenti in Portogallo, soprattutto se questi riguardano intere regioni dal momento che vanno a contraddistinguerle dalle altre e diventano altamente caratterizzanti del luogo, tanto da attirare solitamente un gran numero di turisti. Alcuni esempi sono la regione dello Champagne in Francia, caratterizzata da immense distese di vigneti, così come la zona della Franciacorta e quella del Chianti in Italia, la regione autonoma cinese del Guangxi, caratterizzata invece dalle risaie a terrazza. I paesaggi culturali come quelli sopra citati, sono complesse espressioni socioeconomiche degli ecosistemi che si sono co-evoluti sotto l'influenza di fattori biofisici e umani, seguendo gli sviluppi culturali, sociali ma anche tecnologici. In diversi Paesi infatti, le tecniche tradizionali in settori quali agricoltura, silvicoltura, viticoltura, hanno contribuito

allo sviluppo di una vasta gamma di sistemi di coltivazione, produzione e irrigazione autoctoni e differenziati¹⁰⁷, la cui gestione è basata su conoscenze ecologiche tradizionali, pratiche socioculturali, credo religiosi e collaborazione tra i componenti della società.

Ciononostante, l'importanza dei servizi culturali, e i valori ad essi legati, tante volte non vengono tenuti in considerazione durante i lavori di pianificazione e gestione del paesaggio. Le forme moderne di gestione dell'ecosistema, paragonate alle tecniche tradizionali sopra citate, hanno effetti negativi sull'aspetto culturale, poiché diminuendo la diversità ambientale, alterando il funzionamento idrico, intensificando l'utilizzo della terra, vanno a modificare la struttura sociale, le funzioni ecosistemiche e i valori culturali. Ed è proprio per proteggere i rimanenti paesaggi culturali tradizionali, che l'UNESCO nel 1972, istituì una commissione internazionale chiamata *World Heritage Convention*, con lo scopo di riconoscere e salvaguardare il valore del patrimonio culturale e naturale. Una delle sottocategorie dei servizi culturali è infatti il patrimonio culturale (*cultural Heritage*), inteso come eredità di tipo fisico o immateriale lasciata dalle generazioni passate, preservata nel presente, e donata alle generazioni future per far sì che esse ne traggano vantaggio¹⁰⁸. Nella convenzione originaria dell'UNESCO, per patrimonio culturale si intendevano solo i manufatti e l'ambiente antropizzato; questo concetto venne successivamente ampliato anche alle pratiche, miti, conoscenze e capacità definiti come patrimonio culturale intangibile. Dal momento che le diverse culture hanno ovviamente diverse eredità culturali associate per forza di cose alle caratteristiche dell'ecosistema stesso in cui si sono sviluppate, il Millennium Ecosystem Assessment, ha deciso di inserirlo nelle categorie dei servizi ecosistemici; studiare perciò il patrimonio culturale come servizio ecosistemico richiede di tenere in considerazione sia i contesti culturali che ecologici: l'eredità culturale è infatti strettamente connessa con le relazioni storiche tra le società e gli stessi ecosistemi. Seguì l'esempio dell'UNESCO anche la FAO, che nel 2002, durante il Summit internazionale sullo sviluppo sostenibile (World Summit on Sustainable Development, WSSD Johannesburg, Sud Africa), in risposta al trend globale di indebolire i sistemi agricoli tradizionali puntando su un modello di sviluppo globale, lanciò un'iniziativa chiamata *Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS)*¹⁰⁹.

¹⁰⁷ Rudolf DE GROOT, Agnes VAN DE BERG, Bas AMELUNG, 2005, *Cultural and amenity services, Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends: Findings of the Condition and Trends Working Group*, 1, p. 461.

¹⁰⁸ Terry DANIEL et al., 2012, *Contributions of cultural services to ecosystem services agenda*, PNAS, vol. 109 (3), pp.8813-8815.

¹⁰⁹ <http://www.fao.org/giahs/en/>

3.4 Karez come servizio ecosistemico culturale

Il sistema irriguo delle karez è ad oggi considerato una reliquia del passato unica nel suo genere, in quanto non solo ha permesso la vita in territori desertici caratterizzati da condizioni climatiche e fisiche estreme, ma anche perché rappresenta un servizio ecosistemico culturale di grande valore, poiché va a definire il paesaggio, diversificandolo da altre zone, la società, dettandone la struttura sociale, e infine la cultura, arricchendola di leggende, tradizioni e riti. Le karez risultano quindi essere parte del patrimonio culturale, sia esso tangibile o intangibile, delle società in cui vengono utilizzate: la costruzione delle karez va infatti a definire l'ecosistema che prende il nome di paesaggio a karez, caratterizzato dal susseguirsi di crateri distanziati in modo costante l'uno dall'altro, che sfociano poi in corsi d'acqua regolari e ben ordinati; inoltre la tecnica di costruzione, tramandata di generazione in generazione, e soggetta a lievi modifiche nel corso dei secoli, è considerata conoscenza indigena non ripetibile altrove, e per questo non dissociabile dall'ecosistema stesso.

I primi tentativi volti al riconoscimento dell'importanza culturale delle karez vennero condotti nella Repubblica Islamica dell'Iran, madrepatria di questa tecnica. Il Governo dell'Iran ha infatti presentato all'UNESCO una dettagliata proposta per la creazione a Yazd del International Center on Qanats and Historic Hydraulic Structures (ICQHS), approvata durante la XXXII sessione della Conferenza generale dell'UNESCO (2003). Il centro venne costruito sotto le direttive del direttore generale dell'UNESCO e del ministro dell'energia iraniano e venne inaugurato il 26 marzo 2005. L'ICQHS ha come obiettivo principale far conoscere il sistema delle karez in tutto il mondo non solo sottolineandone l'innovazione da un punto di vista tecnologico e ingegneristico ma soprattutto riconoscendone l'importanza storico-culturale. Altra missione, strettamente connessa con la prima, è promuovere la ricerca e lo sviluppo attraverso la cooperazione internazionale per ristrutturare le karez in Iran, riconosciute come tecnica indigena portatrice di valori culturali sia in campo materiale che spirituale¹¹⁰, in quanto hanno garantito per secoli un utilizzo sostenibile dell'acqua, in zone caratterizzate dalla scarsità idrica, consentendo lo sviluppo di società che ovviamente per i motivi sopra citati riconoscono il valore religioso dell'acqua e delle karez (Six & Van Schaik, 2015).

Seguì l'esempio dell'ICQHS anche la FAO che nel 2014, attraverso l'opera del GIAHS, riconobbe le karez di Kashan, in Iran, come un sistema agricolo di importanza culturale in quanto rivoluzionarono l'ecosistema sia da un punto di vista naturale che socio-culturale (Globally Important Agricultural Heritage System, 2014). Nell'oasi di Kashan, il 75%

¹¹⁰ <http://icqhs.org/>

dell'acqua necessaria per l'agricoltura deriva tutt'ora dalle karez e circa 20000 agricoltori dipendono da questo sistema. È chiaro quindi che senza la costruzione delle karez, Kashan non sarebbe altro che un deserto inospitale per il genere umano. Da un punto di vista socio-culturale le karez determinano ancora oggi la struttura della società poiché il quantitativo d'acqua proveniente dalle stesse utilizzabile da ogni contadino è direttamente proporzionale alla percentuale posseduta dal contadino stesso, determinata a sua volta dall'area coltivabile da irrigare. La distribuzione è nelle mani del *Sartagh* e del *Mirrab* del luogo, figure rispettate dall'intera società che, misurando l'acqua presente nel bacino di raccolta, la suddividono ai contadini. Queste due figure si occupano inoltre dei costi e dei lavori di mantenimento delle karez: raccolgono periodicamente il denaro necessario per comprare i materiali ed invitano i giovani a svolgere i lavori a titolo gratuito guidati dallo spirito di salvaguardare l'oasi. La società è altamente consapevole dell'importanza del lavoro svolto dalle karez a tal punto da costruire credo culturali ad esse dedicati. Le karez vengono viste come membri della comunità, e nel momento in cui una di esse si prosciuga è come se fosse deceduto un abitante del luogo: vengono organizzati riti funebri e vengono appuntati stendardi lungo il corso della karez ¹¹¹. La GIAHS, oltre a riconoscerne l'importanza agricola, è ben consapevole anche della ricchezza culturale del sistema, e per questo motivo da un paio d'anni sta cercando di sensibilizzare l'opinione pubblica attraverso collaborazioni mondiali, convegni con ospiti internazionali e anche attraverso l'introduzione di un programma di laurea internazionale presso la Scientific-Vocational University di Taft, in provincia di Yazd, riguardante i diversi aspetti delle karez.

Ultima opera volta al riconoscimento del valore culturale della karez in ordine di tempo è stata condotta dall'UNESCO che nel 2016, inserì le karez dell'Iran nella lista dei beni culturali da proteggere. Il progetto che prende il nome di *The Persian Qanat*, prevede la tutela iniziale di 11 siti, presenti in diverse città dell'Iran, e mira in futuro ad espandersi anche in altri Paesi, quali Pakistan, Marocco, Iraq. Nella descrizione presentata dal Governo dell'Iran all'UNESCO per inserire le karez nella lista, si legge:

Qanat (karez) construction as a cultural tradition has led to the formation of human settlements and creation of unique landscapes during the last three thousand years. The structure which is the masterpiece of human creative ingenuity at interaction with environment is considered as a tangible human heritage due to its remarkable technology and architecture. Additionally, because of its cultural role in communities it also includes various aspects of the intangible heritage as an exceptional witness of living civilization and culture. As an important historical structure, karez has been

¹¹¹ GIAHS, 2014, *Qanat Irrigated Agricultural Heritage Systems of Kashan*, Repubblica islamica dell'Iran, p. 14.

acknowledged as an intangible human heritage due to its direct link with live traditions, beliefs, and artistic-literary monuments in different areas¹¹².

Le karez vengono in primo luogo presentate come un patrimonio culturale, tangibile in quanto la loro costruzione ha plasmato l'architettura del luogo, intangibile poiché da secoli svolgono un ruolo culturale all'interno delle società. L'UNESCO, così come la FAO, è consapevole che in Iran l'acqua sia stato l'elemento principale nella decisione del luogo degli insediamenti e delle attività umane, e dal momento che le karez svolgono un ruolo fondamentale per quanto riguarda l'approvvigionamento idrico, ad esse viene affidato un ruolo di vitale importanza nella nascita della società iraniana e per questo motivo hanno un forte valore sacrale, sono al centro di numerosi riti e cerimonie indigene. Allo stesso tempo sono anche l'argomento principale di opere letterarie, poemi, miti persiani e aneddoti¹¹³. Il metodo di costruzione delle karez fa inoltre parte delle cosiddette conoscenze indigene (*indigenous knowledge*) tramandate da generazione in generazione, e viene considerato una delle maggiori opere ingegneristiche del genere umano: costruite più di 1000 anni fa, sono tutt'ora funzionanti e consentono un utilizzo sostenibile delle risorse naturali in quanto perfettamente in armonia ed equilibrio con il ciclo vitale dell'acqua. Una così forte dipendenza dalle karez, fa sì che la società dell'Iran cerchi in qualsiasi modo di preservare la tecnica e tramandarla alle generazioni future. Per le ragioni sopra descritte, l'UNESCO, durante la 40° sessione del World Heritage Committee tenutasi ad Istanbul lo scorso anno (Luglio 2016), decise di accettare la richiesta del governo iraniano e inserire le 11 karez presentate nel progetto tra i siti di patrimonio dell'umanità¹¹⁴. I criteri di selezione validati per la tutela sono il (iii) e il (iv) che citano: i risultati tecnologici e sociali delle karez hanno svolto un ruolo fondamentale nella creazione delle civiltà (iii); le karez sono un esempio eccezionale che illustra lo sviluppo dell'occupazione umana dei territori aridi e semi-aridi attraverso la costruzione di insediamenti duraturi che ne hanno plasmato l'architettura¹¹⁵. Attualmente gli undici siti sono sotto monitoraggio da parte di enti governativi iraniani¹¹⁶, organizzazioni non governative (ONG) e da uno steering committee delegato dall'UNESCO. La gestione delle undici karez resta comunque sotto la supervisione tradizionale del consiglio delle karez, poiché la gestione stessa contribuisce al valore del sistema ed è

¹¹² Iranian Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism Organization (ICHHTO), 2015, *Nomination of the Persian Qanat for inscription on the World Heritage list*, Teheran, p. 66.

¹¹³ *Ibidem*, pp.67-70.

¹¹⁴ <http://whc.unesco.org/en/list/1506>

¹¹⁵ <http://whc.unesco.org/en/criteria/>

¹¹⁶ Tra i quali i principali sono: Heritage culturale e Turismo (ICHHTO), Risorse naturali, Agricoltura, Energia, Sviluppo urbani, Portazione e gestione dell'ambiente.

essenziale per garantirne il funzionamento così come per tramandare la conoscenza alle generazioni future¹¹⁷.

Gli enti sopra citati hanno come obiettivo quello di affrontare l'argomento della conservazione karez in modo olistico, considerando la loro importanza dal punto di vista agricolo, ecologico, sociale e culturale. Nonostante alcuni si focalizzino soprattutto sul valore culturale della struttura, tutti gli enti riconoscono l'importanza di mantenerle in vita assicurandone il normale funzionamento e la gestione locale attraverso interventi che non modifichino la struttura sociale così come l'architettura del luogo, per garantire la dinamicità dell'ecosistema. Tra i programmi dei tre progetti sopra descritti, vengono presentati anche piani di tipo turistico, che hanno l'obiettivo di incentivare la conoscenza delle karez e ottenere un sempre maggiore interesse. Essi non vanno ad interrompere il funzionamento delle karez ma le mostrano in azione e soprattutto illustrano i risultati finali: un esempio sono i roseti di Kashan la cui vita è possibile grazie all'acqua proveniente dalle karez¹¹⁸. La FAO nel suo report parla ad esempio di eco-turismo, proponendo la costruzione di un sito turistico attorno alle karez attive, in modo che esse possano continuare a fornire acqua nonostante la presenza dei turisti ai quali viene data la possibilità di percorrere il tunnel sotterraneo attraverso percorsi secondari, assistere a spettacoli e celebrazioni presso la foce delle karez e prendere parte a tour con guide esperte¹¹⁹.

3.5 Caso studio: le karez di Turfan

Con il supporto della World Bank che stanziò 100 milioni di dollari, Turfan nel 2010 decise di procedere con il progetto volto alla conservazione dell'acqua, denominato *Xinjiang Turfan Water Conservation Project*¹²⁰. La World Bank propose di costruire tre riserve di piccole-medie dimensioni in grado di immagazzinare l'acqua originatasi dallo scioglimento dei ghiacciai per mitigare il rischio di inondazione e per garantire un supporto idrico costante e sufficiente sia per l'uso agricolo che industriale; altro obiettivo fu salvaguardare l'abbassamento della falda acquifera attraverso l'utilizzo di sistemi di irrigazione sostenibili in grado di gestire il livello di evapotraspirazione. Nel progetto si parla anche della conservazione delle karez, considerate patrimonio culturale da preservare solo per fini turistici, non riconoscendone il valore ecosistemico: c'è consapevolezza dell'importanza storica svolta da questo sistema, ma la World Bank ritiene che esso, a causa

¹¹⁷ UNESCO, 2017, *Convention Concerning The Protection of the World Cultural And Natural Heritage*, 41° sessione, Cracovia (Polonia), <http://whc.unesco.org/archive/2017/whc17-41com-8B-Add-en.pdf>, pp. 16-17.

¹¹⁸ GIAHS, 2014, *Qanat Irrigated Agricultural Heritage...*, cit., pp.15-17.

¹¹⁹ *Ibidem*, pp.17-19.

¹²⁰ Per consultare la versione completa del progetto si consultino i documenti presenti nel sito della World Bank <http://projects.worldbank.org/P111163/xinjiang-turfan-water-conservation-project?lang=en>

dell'aumento della popolazione, dell'area coltivabile così come lo sviluppo industriale, non sia più in grado di fornire un sufficiente approvvigionamento idrico e sia quindi preferibile adottare soluzioni alternative razionali e sostenibili non ancora individuate.

As the most ancient water diversion project, Karez has irreplaceable ecological and humane values. Turpan City is a national tourism resort attracting each year thousands upon thousands tourists both at home and abroad to see such a great water conservancy project. Preservation of Karez is preservation of history, and, of course, implementation of the project activities for preservation of Karez will not only protect the historical and cultural resources, but also protect local tourism resources¹²¹.

L'obiettivo è preservare la karez di Wudaolin attraverso la prevenzione delle fuoriuscite d'acqua presso il bacino di raccolta e rinforzando le banchine dei canali aperti, la galleria sotterranea e i condotti di areazione¹²². La karez di Wudaolin si trova nella municipalità di Ya'er nella città di Turfan e vanta una storia di più di 700 anni. La karez ha una galleria lunga 2.695 km intervallata da 104 pozzi verticali di areazione, il canale aperto misura 0.118 km, l'acqua massima trasportata che viene raccolta nel bacino è 1000 m³ e il suo flusso medio annuo è di 0.014 m³/s. Stando a quanto scritto nel report della World Bank, questa karez svolge tutt'ora la funzione di approvvigionamento idrico per uso sia personale che agricolo¹²³, ma esso non viene preso in considerazione in nessuna parte del progetto. Il progetto di conservazione della karez, iniziato nel giugno 2010 e portato a termine due anni dopo, costò alla World Bank 0.52 milioni di dollari. Inserire questo lavoro nel più grande piano di gestione e conservazione dell'acqua a Turfan, secondo l'organizzazione ha un grosso valore simbolico, e deve fare da apripista per la raccolta fondi volta alla ricostruzione di altre karez con lo scopo di sottolinearne l'importanza storico—culturale.

La karez di Wudaolin è attualmente visitabile dai turisti così come è visitabile anche la karez Miyim Haji che si trova nel museo chiamato *Karez Paradise*, inaugurato nel 1993 dalla Karez Study Society che attraverso costanti ricerche, interviste e attività accademiche è riuscita a dar vita ad un progetto volto alla conservazione delle karez come bene culturale ben inserito nell'ecosistema. Il museo presenta al piano terra una serie di foto e descrizioni relative alla costruzione del sistema così come vengono brevemente illustrati gli attuali lavori relativi alla conservazione dell'opera. Scendendo le scale i turisti hanno modo di percorrere il canale sotterraneo delle karez ed osservare da vicino il funzionamento del

¹²¹ Environmental Expert Panel of World Bank Loan Funded Project Management Office of Turpan Prefecture Water Resources Bureau, 2009, *World Bank Loan Funded Turpan Water Conservation Project in Xinjiang: Executive Summary of the Overall EIA Report*, pp. 12-13.

¹²² *Ibidem*, pp. 24-26.

¹²³ Environmental Expert Group of Turfan Prefecture PMO, 2009, *Environmental Management Plan*, pp.25-26.

sistema¹²⁴. Il museo illustra, oltre che agli aspetti tecnico—scientifici, anche l'importanza socio—culturale svolta dalle karez. La Karez Study Society, così come la GIAHS e l'ICQHS in Iran, ha quindi come obiettivo il riconoscimento del sistema idrico come servizio ecosistemico culturale e per questo motivo, all'interno del polo mostra non solo il funzionamento ma anche quelli che sono i risultati strettamente connessi all'utilizzo: alla fine del percorso è infatti visitabile un grande vigneto irrigato attraverso le karez e nel quale tutt'ora vengono impiegati lavoratori locali.



Figura 23 Sezione longitudinale della karez Miyim Haji, presso il museo Karez Paradise.

La Karez Study Society, appoggiata dal governo locale nel 2006, definì un regolamento per la protezione delle karez, suddiviso in 36 ordinanze¹²⁵, ma nonostante i tentativi condotti, le karez di Turfan si stanno prosciugando molto velocemente, ad una velocità media di 20 tunnel all'anno¹²⁶. Con la scomparsa delle karez a Turfan, scompaiono anche le conoscenze indigene necessarie per la costruzione, così come le tradizioni locali strettamente connesse a questo sistema che consentì la nascita della civiltà in un ecosistema così fragile.

¹²⁴ Il Karez Paradise è stato visitato dalla candidata il giorno 12 giugno 2017.

¹²⁵ Xinjiang Weiwuer Zizhiqu Dishijie Renmin Daibiao Dahui Changwu Weiyuanhui gonggao di 33 hao 新疆维吾尔自治区第十届人民代表大会常务委员会公告第 33 号, Xinjiang Weiwuer Zizhiqu Kanjing Baohu Tiaoli 新疆维吾尔自治区坎儿井保护条例 *Ordinanze per la conservazione delle karez di Turfan.*

¹²⁶ Li & Zhang, 2013, *Influence Factors for Karez Abandonment and Its Environmental Effects in Turpan Basin of Xinjiang Autonomous Region over Last 60 Years*, Bulletin of Soil and Water Conservation, vol.33(5), cit., pp. 239-244.

infatti le politiche di sviluppo dell'ovest avviate dal Governo Cinese nel 2009 volte ad un aumento del benessere economico dell'intera regione, attraverso uno sfruttamento intensivo e alla costruzione di nuove aziende, essi stanno cercando una via per mantenere il sistema in vita e proteggerlo dai cambiamenti e dalle modernizzazioni¹²⁸, un esempio è sicuramente il gruppo della Karez Study Society. Ciononostante, il Governo sembra disposto a ristrutturarne solo alcune, non ancora del tutto prosciugate, solo per fini turistici. Inoltre, il libro bianco pubblicato nel 2014 relativo alle strategie di gestione dell'acqua a Turfan, non menziona le karez nonostante l'obiettivo sia quello di utilizzare in modo sostenibile l'acqua e ridurre gli sprechi¹²⁹. Questo vuol dire che da parte di Pechino non sembra esserci la minima idea di ripristinare il reale funzionamento delle karez, reinserendole nel ciclo ecosistemico che per secoli è rimasto in vita grazie al loro lavoro di approvvigionamento; a quanto pare il futuro delle karez di Turfan, salvo nuove direttive, sarà definito solamente a livello di bene culturale tangibile, visibile ma non utilizzabile e il valore intangibile verrà lentamente abbandonato o sarà presente solamente all'interno dei musei. Il punto di vista dei locali, che propongono di trovare un punto d'incontro tra un utilizzo sostenibile della risorsa idrica e l'utilizzo delle strutture sociali e cultura tradizionale, non viene preso in considerazione dal Governo Centrale. Le 36 ordinanze proposte dal governo locale relative alla gestione e conservazione delle karez fino ad ora non sono state prese in considerazione dalle manovre di Pechino.

I progetti di riabilitazione portati avanti in Iran mostrano un esempio ben riuscito di come la cooperazione tra le popolazioni locali e gli enti statali e mondiali sia fondamentale per la buona realizzazione di un progetto così strettamente legato all'ambiente e alla società. In Xinjiang la cooperazione tra gli uiguri e il Governo Centrale non sarà sicuramente facile da raggiungere, anche a causa delle tensioni che ci sono state in passato e tutt'ora presenti, ma al momento questa sembra essere l'unica soluzione possibile per mantenere in vita un ecosistema così fragile.

¹²⁸ <http://www.nytimes.com/2010/05/29/world/asia/29china.html?mcubz=3>

¹²⁹ Tulufan diqu shuiliju, 2015, 吐鲁番地区水利局大会发言材料, Turpan Water Conservation Plenary Session Speech, <http://www.xjst.gov.cn/shuilihuiyi2015/jlfy04.htm>.

Conclusioni

La risorsa idrica è da sempre la forza motrice che guida la nascita e lo sviluppo delle società umane, civiltà antiche si sono infatti stanziare e evolute lungo corsi d'acqua. Attualmente però, a causa di un uso improprio, l'acqua si è trasformata in una risorsa limitata ed esauribile. Dal momento che il settore agricolo, secondo le statistiche delle Nazioni Unite, utilizza il 70% dell'acqua, è bene adottare soluzioni sostenibili in grado di limitare i danni all'ecosistema. In alcune zone del Pianeta, come ad esempio l'Europa, la scarsità idrica è un problema recente; nelle zone aride o semi-aride invece le civiltà hanno fin da subito dovuto attivare l'ingegno e elaborare tecniche irrigue alternative. Queste tecniche vengono denominate tecniche tradizionali, in quanto fanno parte di quel repertorio di pratiche e conoscenze antiche che riguardano non solo l'ambiente ecologico ma anche quello socio-economico e culturale. Il funzionamento principale dei sistemi tradizionali è basato sulla solida coesione tra società, cultura ed economia. La loro efficacia dipende dall'interazione tra diversi fattori attentamente considerati: estetica e valori etici completano l'interazione tra gli aspetti ambientali, produttivi, tecnologici e sociali. Comprendere l'uso delle tecniche tradizionali e il loro successo in termini di sostenibilità ambientale ed efficienza a lungo termine, è fondamentale non solo a salvaguardia di una estesa eredità culturale ma come un nuovo paradigma sopra cui la moderna riproposizione delle tecniche tradizionali deve essere fondata, poiché permisero alle società di mantenere equilibrati gli ecosistemi e di creare opere tecniche, artistiche e architettoniche apprezzate in tutto il mondo.

Nel presente elaborato ho analizzato le qanate dell'oasi di Turfan, meglio conosciute come *karez*. Queste sono dei tunnel sotterranei che trasportano l'acqua proveniente sia dallo scioglimento dei ghiacciai e presente all'interno della falda acquifera, da monte a valle, sfruttando solamente la pendenza naturale del suolo. Dalla mia analisi emerge che le karez abbiano permesso la fioritura dell'oasi, rendendola vivibile e adatta al genere umano consentendo l'agricoltura e l'allevamento poiché hanno modificando l'architettura dell'oasi, hanno permesso l'approvvigionamento idrico in zone dove l'acqua di superficie non è presente. La karez, prima dello sbocco in superficie termina con una vasca di raccolta che serve per misurare la quantità d'acqua e per gestire la suddivisione per le abitazioni all'interno del villaggio; una volta uscita dal villaggio, l'acqua delle karez viene ripartita in canalizzazioni a cielo aperto che percorrono tutta la zona coltivata dell'oasi. L'acqua concessa dalla natura agli abitanti delle oasi è quindi una merce di scambio importantissima,

paragonabile al sistema monetario delle economie contemporanee: attraverso la ripartizione dell'eredità, i matrimoni o per compravendita le quote dell'acqua continuano a frammentarsi o riunificarsi, andando così a creare una trama "idrogeneologica" che registra il succedersi delle generazioni, i legami e le proprietà familiari. Attraverso questo sistema complesso di interrelazioni, le karez vanno a definire la struttura sociale delle comunità dell'oasi, ad esempio chi ha diritto a percentuali maggiori di acqua, direttamente proporzionate alle quantità possedute di terreni da irrigare, ha un ruolo primario all'interno della società. Le karez sono inoltre parte integrante della cultura e dei credo religiosi, in quanto rendono possibile la vita nelle oasi trasportando quello che viene considerato il bene più prezioso, l'acqua. Sono il soggetto di poemi, canzoni, ballate tipiche delle zone dove vengono utilizzate e ospitano numerosi riti e cerimonie.

Nonostante a livello ingegneristico le karez attualmente stiano cadendo in disuso nella maggior parte dei Paesi dove una volta venivano abitualmente usate, gli abitanti ne riconoscono tutt'ora l'importante valore socio-culturale e per questo motivo cercano di attirare l'interesse mondiale su questo sistema. Alcune tra le più importanti organizzazioni mondiali, governative e non, a inizio anni Duemila decisero di dare ascolto a queste piccole società delle oasi, e analizzare le karez in maniera olistica, sia dal punto di vista ingegneristico, ecologico, sociale che culturale. A partire dagli studi condotti nella Repubblica Islamica dell'Iran, madrepatria delle karez, si iniziò a valutare i benefici materiali e immateriali offerti all'ecosistema dalla medesima tecnica irrigua: si decise di inserire le karez nel più ampio gruppo dei servizi ecosistemici, intesi come "i benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano" (Millennium Ecosystem Assessment Board, 2003). Nonostante esistano quattro diverse categorie di servizi ecosistemici (di approvvigionamento, di regolazione, culturali, di supporto), nel presente elaborato ho preso in considerazione solo quelli culturali. Essi sono i benefici immateriali che le persone ottengono direttamente dall'ecosistema sotto forma di benessere spirituale, sviluppo cognitivo, riflessione, svago ed esperienza estetica. Le diverse culture esistenti altro non sono che il prodotto dell'ecosistema in cui nascono e si sviluppano, i cambiamenti dello stesso hanno quindi conseguenze dirette sull'identità culturale e sulla stabilità sociale.

L'esempio descritto nel presente elaborato, relativo alla Repubblica Islamica dell'Iran, mostra come la collaborazione tra la società e le organizzazioni locali e mondiali, abbia portato al riconoscimento e alla conservazione delle karez come patrimonio culturale, inteso sia come patrimonio tangibile che intangibile. È stato infatti riconosciuto il cosiddetto "paesaggio a karez", caratterizzato da un susseguirsi costante di crateri lungo la discesa dell'acqua a valle, e dalla creazione di corsi d'acqua ben ordinati all'interno del villaggio così come presso i campi da irrigare; la tecnica di costruzione viene inoltre definita come

conoscenza indigena (*indigenous knowledge*) unica nel suo genere ed irripetibile altrove poiché strettamente connessa all'ecosistema stesso; la società stessa fa parte del patrimonio culturale poiché si è sviluppata nei secoli solamente grazie a questo sistema di approvvigionamento idrico, il quale ne ha anche modificato la struttura sociale così come i credo e le tradizioni. Le organizzazioni, quali ad esempio FAO e UNESCO, hanno come obiettivo salvaguardare non solo il sistema in sé ma l'intero ecosistema che sopravvive e si sviluppa grazie ad esso. Attraverso la nascita di musei e la sponsorizzazione del cosiddetto eco-turismo, cercano di attirare l'interesse mondiale per raccogliere sempre maggiori consensi, in questo modo sperano di riuscire a riabilitare un sempre maggiore numero di karez che si stanno prosciugando e andare infine a ricreare il delicato equilibrio all'interno dell'oasi che si stava distruggendo a causa dei numerosi e invasivi interventi di modernizzazione.

A Turfan la situazione è invece ben distante da quella iraniana sopra descritta. Per questioni politiche la cooperazione tra il Governo di Pechino e gli abitanti è difficile da raggiungere e molto complessa. Gli uiguri, che sono attualmente la maggioranza della popolazione della regione del Xinjiang nonché abitanti storici del luogo, sono ben consapevoli dell'importanza svolta dalle karez da diversi punti di vista, e attraverso la Karez Study Society chiedono al Governo il riconoscimento e la conservazione del sistema. La Karez Study Society all'inizio degli anni Novanta, creò anche il museo *Karez Paradise* con l'intento di spiegare al pubblico non solo il funzionamento del sistema ma anche l'importanza socio-culturale da esso svolto in passato e che tutt'ora potrebbe continuare se non fosse che le karez a Turfan vanno asciugandosi ad una velocità media di venti all'anno, non solo per cause naturali ma anche per progetti di modernizzazione e sviluppo economico condotti e supportati da Pechino (*xibudakaifa* 西部大开发). È chiara quindi la differenza tra le idee "periferiche" in seno agli uiguri e quelle più autoritarie provenienti dai funzionari governativi che attualmente sembrano aver la meglio. Nel loro più complesso sistema di sviluppo economico della regione del Xinjiang, centro nevralgico in passato della Via della Seta e in un futuro prossimo del progetto denominato *One Belt One Road*, esistono progetti di riabilitazione delle karez che hanno però il solo scopo di attirare un numero sempre maggior di turisti creando attorno ad esse teatrini che presentano in modo folkloristico la tradizione e la cultura uigura, esattamente come avviene nel *Karez Folk Custom Garden*. Il governo ha costruito attorno ad una karez un'area scenica che ospita un hotel di lusso, un ristorante con cucina tipica, un'area shopping con prodotti locali a prezzi elevati e un piccolo museo nel quale viene brevemente spiegata la storia delle karez del Xinjiang. Sempre su questa linea la World Bank nel 2010 ha stanziato circa mezzo milione di dollari per riabilitare una karez che prossimamente sarà visitabile dai turisti così come

attualmente lo sono quelle presenti all'interno dei musei sopra citati. È stato interessante notare come all'interno delle bozze del progetto della World Bank ci sia stato un tentativo di riabilitare la karez studiata per reinserirla nel contesto ecosistemico e non solo a livello turistico. La World Bank ha però deciso di scartare questa opzione in quanto considerata troppo costosa e poco utile nella visione complessiva del progetto *Xinjiang Turfan Water Conservation Project*.

Options		1. Water Engineering Structure Protection Option (Traditional Pre-cast Concrete Pipe Protection Structure Option)	2. Cultural Relics Unit Protection (Recommended) Anchor Rod and Grid Cable Concrete Spray Structure
Construction of Main Structures	Construction Methods	① Extend and dredge the water collection section of the culvert; ② line and reinforce the culvert, use new technology and measures to protect the culvert, so as to reduce future maintenance and ensure long-lasting effective protection of the culvert. Lining of culvert uses city gate shaped pre-cast concrete pipes to support, beneath the pipes is concrete base underlay, with width of 1m and thickness of 0.2m; Thickness of the city gate-shaped pre-cast concrete pipe wall is 0.10m, each pipe is 0.4m in length. In order to ensure safety and stability of the concrete pipes, double reinforced steel cable is arranged. For the convenience of construction, the city gate shaped concrete pipes will be pre-cast in two parts. ③ Reinforce the shaft wells that have collapsed or are in the danger of collapse to ensure safety and normal water diversion; Cover the openings of the shafts to protect against wind and sandstorm by using pre-cast concrete slabs. ④ Reinforce the outlet part of the culvert to protect against outlet collapse and prevent losses of people's life and property. ⑤ Line the opening channel part to prevent seepage; ⑥ Reinforce the pond part of the Karez and the banks that have landslide problem.	① Use lining and reinforcement to the whole culvert of the Karez. Use anchor rod and cable concrete spray supporting method to protect the culvert. The anchor rod is of $\phi 20$ type, to be installed in the shape of plum blossom, with a spacing of 0.8m. The plastic grids with sprayed concrete will be used to protect the weathered rock surface. The bottom of the culvert will be pre-cast concrete U-shaped canal with discharge capacity as required, and concrete will be filled along the both banks of the canal. ② Reinforce the shaft wells that have collapsed or are in the danger of collapse to ensure safety and normal water diversion; Cover the openings of the shafts to protect against wind and sandstorm by using pre-cast concrete slabs. ③ Reinforce the outlet part of the culvert to protect against outlet collapse and prevent losses of people's life and property. ④ Line the opening channel part to prevent seepage; ⑤ Reinforce the outlet part of the culvert to protect against outlet collapse and prevent losses of people's life and property.
	Construction Condition	Pre-cast concrete is heavy and relatively difficult for transportation and convey (especially convey in the culvert of the Karez), making the construction complicated and resulting in more labor input.	Avoid manual convey of big volume pre-cast concrete, making construction easier with less labor work needed.
	Adaptability	The rigid concrete structure results in poor adaptability to deformation of the tunnel.	Geo-grids with sprayed concrete will be used for protection, which is good to adapt to deformation.
	Land Occupation	2.215 hm ²	1.437 hm ²
	Investment	6.10 million yuan	3.50 million yuan
	Spoil	4700m ³	4636m ³
	Environmental Impacts	Impact on Karez Landscape	While meeting the structural requirement of the Karez, the appearance of the culvert will be totally changed.
Water and Soil Erosion		Bigger volume of construction work, with more land occupied and more spoil and thus bigger water and soil erosion.	Smaller volume of construction work, with less land occupied and less spoil and thus smaller water and soil erosion.
Other Impacts		More construction workers, with more wastewater and rubbish produced, resulting in bigger unfavorable environmental impacts.	Less construction workers, with less wastewater and rubbish produced, resulting in smaller unfavorable environmental impacts.

Tabella 4 Analisi delle due possibili alternative riguardanti la ricostruzione della karez di Wudaolin (parte del progetto della World Bank).

Anche l'ordinanza sulla protezione delle karez di Turfan, proposta dalla Karez Study Society e approvata nel 2006 dal governo locale, non sembra finora aver portato risultati positivi. Non solo perché in nessuno dei trentasei articoli si parla della conservazione delle karez come conoscenza indigena o pratica tradizionale, ma anche perché la protezione deve

essere messa in atto “rispettando le direttive nazionali riguardanti la crescita economica” (art.5), per la quale vengono presi in considerazione sistemi moderni che permettono di ottenere l’acqua necessaria in breve tempo, non rispettando il suo ciclo vitale e rovinando la sostenibilità ecosistemica. La protezione delle karez è dunque un’ordinanza secondaria che non deve interferire con lo sviluppo imposto dal governo centrale; da quando è stata implementata infatti si sono prosciugate 200 karez, ad una velocità di circa venti karez all’anno.

La scomparsa delle karez è un chiaro esempio di come la tradizione non abbia più spazio nella Cina moderna¹³⁰ e si trovi costretta a lasciare il posto alla modernizzazione, il più delle volte, forzata. La questione delle karez è ancora più complessa dal momento che il dialogo tra il Governo Centrale e la minoranza uigura non è mai stato facile, e la tensione tra i due è sempre molto alta, per questioni socio—politiche. Con la scomparsa delle karez a Turfan, scompare anche l’insieme delle conoscenze indigene che ha reso possibile la fioritura dell’oasi e sebbene nei musei si possa conservare la karez come bene tangibile, va perso il suo valore olistico in grado di creare un forte legame tra società e storia così come sviluppare un senso di appartenenza al luogo ben radicato in ognuno degli abitanti. L’esempio delle karez a Turfan, è solo uno dei tanti rintracciabili in tutto il globo terrestre. La modernizzazione forzata dei Paesi in via di sviluppo è spesso in contrasto con la tradizione millenaria, ma di questo i governi se ne dimenticano il più delle volte perché offuscati dall’idea di arricchirsi e migliorare lo status economico del Paese. La conservazione delle conoscenze indigene, così come dei beni culturali è fondamentale perché ha arricchito, e continua a farlo, la società nella quale essi si sono sviluppati, sono parte integrante della cultura e non replicabili altrove. Sono segni tangibili e intangibili che hanno modificato l’ecosistema, plasmandone l’architettura e arricchendo l’essere umano. Valutare quindi i sistemi tradizionali come servizio ecosistemico culturale è di fondamentale importanza per non rovinare il precario equilibrio creatosi attraverso i secoli tra uomo e natura. Monetizzare il proprio patrimonio culturale è utile per diffondere la conoscenza, ma è sbagliato rinchiuderlo in un museo allontanandolo dal suo contesto ecosistemico e valutandolo come una labile memoria culturale. L’esempio della Repubblica Islamica d’Iran, ci aiuta a capire come dovrebbero procedere gli altri Paesi: i musei hanno attirato l’attenzione di numerose organizzazioni, le quali, studiando poi nel profondo il sistema, hanno capito che il valore era comprensibile solo prendendo in considerazione il contesto nel suo intero. Sono riuscite a reinserire il sistema delle karez nell’ecosistema iraniano mantenendo intatte, o andando a

¹³⁰ Esempi più conosciuti sono ad esempio gli Hutong di Pechino, i villaggi tibetani nello Yunnan rasi al suolo per costruire delle dighe, la prefettura uigura di Kashgar.

ricostruire quando necessario, la struttura sociale, il bagaglio culturale, le conoscenze indigene così come il capitale umano. Così facendo, si sono resi conto che le karez non portano benefici solo quando vengono considerate un servizio ecosistemico culturale, ma hanno ridato vita ad un ciclo naturale sostenibile e duraturo nel tempo. L'esempio presentato in questo elaborato ha preso come riferimento il sistema delle karez, ma i concetti espressi si adattano anche ad una valutazione più generica riguardante diversi sistemi tradizionali. I benefici che essi portano una volta reinseriti nel ciclo ecosistemico, sono sì difficili da quantificare poiché sono per lo più immateriali, ma ciononostante consentono il buon funzionamento della catena nel suo complesso e riavvicinano l'uomo alla natura. Le tecniche tradizionali, nate attraverso la profonda conoscenza e rispetto della natura da parte dell'uomo, acquistano valore solo se studiate all'interno dell'ecosistema che hanno plasmato e, allo stesso tempo, al quale si sono adattate. È quindi un legame indissolubile che arricchisce sia la natura che l'essere umano, in termini di conoscenze indigene, valori culturali e capitale umano, i quali a loro volta facilitano la creazione del benessere personale, sociale ed economico.

Bibliografia

- Millennium Ecosystem Assessment Board. (2003). *Ecosystem and Human Well-being: A framework for Assessment*. Washington D.C.: Island Press. Tratto il giorno 2017 Agosto
- Abdullamu, Y., & Yibulayimu, R. (2014). Gudai Kanerjing Celiang Fangfa Chubu Tanjiu 古代坎儿井测量方法初步探究 Esplorare i metodi di misurazione della antiche karez. *Keji Chuangxin 科技创新 Scientific and Technological Innovation*, p. 194-196.
- Abudu, S., Sheng, Z., Cui, C., & Guan, D. (2014, Gennaio 17). *The Karez System in China's Xinjiang Region*. Tratto il giorno febbraio 2017 da Middle East Institute: www.mei.edu
- Adeel, Z., Schuster, B., & Bigas, H. (2008). *What Makes Traditional Technologies Tick? A Review of Traditional Approaches for Water Management in Drylands*. Canada: The United Nations University.
- Aghazadeh, S. (2013). Sustainable Water Use of Qanat Based on Economy and Culture. *Recent Advances in Energy, Environment and Development*, 144-147.
- Bertrand, A. (2010). The Hydraulic System in Turfan (Xinjiang). *The silk road*. Parigi: Università Sorbona.
- Bolouhari, S. (s.d.). Learning from the Past in Today's Architectural Design. *Lavoro per ricerca di dottorato presso Sapienza Università di Roma*.
- Boydb, J., & Banzhaf, S. (2007). What are ecosystem services? The need for standardized. *Ecological Economics*, 616-626. Tratto il giorno settembre 2017 da <https://www.journals.elsevier.com/ecological-economics>
- Bureau, T. P. (2009). *World Bank Loan Funded Turpan Water Conservation Project in Xinjiang: Executive Summary of the Overall EIA Report*.
- Cancelliere, G. (2014). Acqua: scarsità, conflitti e sostenibilità. *Ecoscienza*, 28-29.
- Carlo Giupponi, S. G. (2013). *Definizione del metodo per la classificazione e quantificazione dei servizi ecosistemici in Italia*. Tratto da Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare: <http://www.minambiente.it/biblioteca/definizione-del-metodo-la-classificazione-e-quantificazione-dei-servizi-ecosistemici>
- Chen Xinlin 陈新林. (2012). Tulufan Shui Ziyuan Guanli Yanjiu 吐鲁番水资源管理研究 Studio sulla gestione dell'acqua a Turfan. *Hetian Shifan Zhuanke Xuexiao Xuebao 和田师范专科学校学报*, p. 13-15.
- Costanza, R., d'Arge, R., Groot, R. d., Farberk, S., Grasso, M., Hannon, B., . . . Belt, M. v. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260. Tratto il giorno Agosto 2017 da <https://groups.nceas.ucsb.edu/ma-eco-tradeoffs/documents/valuation-reprints-and-resources/Costanza%20et%20al%20-%20The%20value%20of%20the%20world%20ecosystem%20services%20and%20natural%20capital.pdf/view>
- Cressey, G. B. (1958). Qanats, Karez and Foggaras. *Geographical Review*, 48(1), 27-44.

- Daily, G. C. (1997). Introduction: What are ecosystem services? *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*, 1-10. Tratto il giorno Agosto 2017
- Daniel, T. (2012). Contributions of cultural services to ecosystem services agenda. *PNAS*, 109(3).
- De Angeli, S., & Finocchi, S. (2006). Il sistema delle foggaras in Algeria tra epoca antica e moderna. *Tecnica idraulica antica. Le opere di captazione: dighe, cunicoli, esautori, ieri e oggi*, 165-179.
- De Groot, R., Van De Bass, A., & Amellung, B. (2005). Cultural and Amenity Services. *Ecosystems and Human well-being: Current State and Trends. Findings the condition and Trends Working Group*.
- Di Yuanjing 翟源静. (2011). Xinjiang Kanerjing Gongchengzhong de Jisi Huodong 新疆坎儿井工程中的祭祀活动 Attività sacrificali nelle karez dello Xinjiang. *Yunnan Shifandaxue Xuebao 云南师范大学学报*, p. 67-73.
- Di Yuanjing 翟源静, & Liu Pang 刘兵. (2010). Xinjiang Kanerjing Gongchengzhong de Wenhua Chongtu jiqi Xiaojie 新疆坎儿井工程中的文化冲突及其消解 Difficoltà e soluzioni culturali del sistema ingegneristico delle akrez. *gongcheng yanjiu 工程研究 —— 跨学科视野中的工程 JOURNAL OF ENGINEERING STUDIES*, 2(1), 31-37. Tratto da www.cnki.net
- English, P. W. (1968). The Origini and Spread of Qanats in the Old World. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 112(3), 170-181. Tratto il giorno Dicembre 2016 da <http://www.jstor.org/stable/986162>
- English, P. W. (1998). Karezes and lifeworlds in Iranian plateau villages. *Yale for environmental sciences bulletin*(103), p. 187-205. Tratto il giorno Marzo 2017
- Fish, R., Church, A., & Winter, M. (2016). Conceptualising cultural ecosystem services: A novel framework for research and critical engagement. *Ecosystem Services*, 21, 208-217. Tratto il giorno Settembre 2017 da www.elsevier.com/locate/ecoser
- Gahrman, F. (1958). *The Right of Use and Economics of Irrigation Water in Iran*. Tratto il giorno Gennaio 2017
- Globally Important Agricultural Heritage System. (2014). *Qanat Irrigated Agricultural Heritage Systems of Kashan, Isfahan Province*. Repubblica islamica dell'Iran. Tratto da ftp://ftp.fao.org/sd/sda/GIAHS/final_qanats_proposal.pdf
- Goblot, H. (1979). *Les Qanats; une technique d'acquisition de l'eau*. Paris: Mouton.
- Gofur, N., Wang Li 王力, Liu Jiangang 刘建刚, & Deng Jun 邓俊. (2017). 19shiji Zhongye Yilai Xinjiang Kanerjing de Biaoyan Yanjiu 19 世纪中叶以来新疆坎儿井的演变研究 Studio sull'evoluzione delle karez del Xinjiang a partire da metà 19° secolo. *Zhongguo Shuili Shuidian Kexue Yanjiu Xuebao 中国水利水电科学研究院学报 Journal of China Institute of Water Resources and Hydropower Research*, 15(1), 70-74.
- Groot, R. D., Berg, A. V., & Amelung, B. (s.d.).
- Guan, D., Zhang, S., & Gopur, N. (2008). Protection and sustainable utilization of water resources in Xinjiang karezes. *Water Resources Protection*, 24(5), 94-98. Tratto il giorno Febbraio 2017
- Haeri. (2003). *Kariz: an eternal friendly system for harvesting groundwater*. Tratto il giorno Giugno 2017 da UN Climate change: <http://newsroom.unfccc.int/>

- Hu, W. J. (2012). "The qanats of Xinjiang: historical development, characteristics and modern implications for environmental protection". *Journal of Arid Land*, 4(2), 221-220.
- Huntington, E. (1907). The depression of Turfan in Central Asia. *The Geographical Journal*, 30(3).
- Iranian Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism Organization. (2015). *Nomination of the Persian Qanat for Inscription on the World Heritage list*. Theran.
- Jacobs, A. (2016). In a Parched Corner of Xinjiang, Ancient Water Tunnels Are Running Dry. *New York Times*.
- Keeley, B. (2007). Human Capital: How What you know shapes your life. *OECD Insight*.
Tratto da
<http://www.oecd.org/insights/humancapitalhowwhatyouknowshapesyourlife.htm>
- Laureano, P. (2012). Water catchment tunnels: qanat, foggaras, falaj. An ecosystem vision. *IWA Specialized Conference on Water&Wastewater (Technologies in Ancient Civilizations)*, (p. 1-13). Istanbul. Tratto il giorno Ottobre 2016
- Lein, H., & Shen, Y. (2006). *The disappearance of the karez of Turfan*. Trondheim: Acta Geographica.
- Li Xiao 李肖. (1999). Jiaohe guchengjing diancha baogao 交河故城井调查报告 Ricerca riguardante i pozzi presso Jiaohe. In X. Y. 解耀华, *Jiaohe gucheng baohu he yanjiu 交河故城保护和研究 Ricerca e conservazione delle antiche rovine di Jiaohe* (p. 308-317). Urumqi: Xinjiang Renmin.
- Lodhi, S., & Mikulecky, P. (2010). Management of Indigenous Knowledge for Developing Countries. *Communication and Management in Technological Innovation and Academic Globalization*, 94-98.
- LOUKI, A., SLIMA, Z. B., GHAOUCH, F. E., LABARAN, R., RAFFELLI, G., PELI, M., . . . BARONTINI, S. (2015). *Tecniche di irrigazione in condizioni di scarsità idrica*. Tratto da https://barontini.files.wordpress.com/2016/04/2016_barontini_et_al_at_unibs_tr_tecniche_irrigue_pub_e_poster.pdf
- Maimaiti Abuduwati 买买提·阿布都瓦依提. (2014). cong wenhuayichan jiaodu baohu tulufan shuiwenhuayichan- kanerjing 从文化遗产管理角度保护吐鲁番水文化遗产——坎儿井 Proteggere la cultura acquatica di Turfan considerandola un bene culturale. *dixia shui 地下水 acque sotterranee*, 36(2), p. 133-134. Tratto il giorno Aprile 2017
- Millenium Ecosystem Assessment Board. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: synthesis*. Washington D.C.: Island Press.
- Millward, J. A. (2007). *Eurasian Crossroads: A History of Xinjiang*. Ne York: Columbia Press University.
- Mol, L., & Sternberg, T. (2012). *Changing Deserts: Integrating People and their Environment*. Cambridge: The White Horse Press.
- Nagasawa, T., Yamamoto, T., & Jalaldin, A. (2006). Problems of the irrigation system in the Turpan Basin of China. *Sustainable Irrigation Management, Technologies and Policies*, 96, 37-44.

- Nasiri, F., & Mafakheri, M. S. (2015). *Qanat water supply systems: a revisit of sustainability perspectives*. Environmental Systems Research. Springer Open Journal. doi:10.1186/s40068-015-0039-9
- Perdue, P. (1996). Military Mobilization in Seventeenth and Eighteenth-Century China, Russia, and Mongolia. *Modern Asian Studies*, 30(4), p. 757-793. Tratto da [//www.jstor.org/stable/312949](http://www.jstor.org/stable/312949)
- Prefecture, E. E. (2009). *Environmental Management Plan*.
- Rahman, M. (1981). Ecology of Karez Irrigation: A case study of Pakistan. *GeoJournal*, 10-11.
- Rossabi, M. (1972). Ming China and Turfan, 1406–1517. *Central Asiatic Journal*, 16(3), 206-225.
- Salih, A. (2006). Qanats a Unique Groundwater Management Tool in Arid Regions: The Case of Bam Region in Iran. *International Symposium on Groundwater Sustainability (ISGWAS)*, (p. 79-87). Alicante.
- Shao, L., Stattegger, K., Li, W., & Haupt, B. J. (1999). Depositional style and subsidence history of the Turpan Basin (NW China). *Sedimentary Geology*, 128(1-2), 155-169. Tratto il giorno Luglio 2017
- Six, D., & Van Schaik, H. (2015). Exploring the values of the ethico—religious framework for the restoration of the Qanats. In A. A. Yazdi, & A. Bahri, *Proceedings of Second IWA: Workshop on Evolution of Qanat and Relevant Hydraulic Technologies* (p. 181-190). Yazd, Iran.
- Taghavi-Jeloudar, M., Han, M., Davoudi, M., & Kim, M. (2013). *Review of Ancient Wisdom of Qanat, and Suggestions*. Environmental Engineering Research. Tratto il giorno Dicembre 2016 da <http://www.eer.or.kr>
- The World Bank. (2013). *Design of ET-based Water Rights Administration System For Turpan Prefecture of Xinjiang China*. Washington DC.
- Trombert, É. (2008). The Karez Concept in Ancient Chinese Sources Myth or Reality? *T'oung Pao*, 94(1/3), 115-150. Tratto il giorno Dicembre 13, 2016 da <http://www.jstor.org/stable/40376350>
- UNCCD. (2005). *Promotion of Traditional Knowledge: A Compilation of UNCDD Documents and Reports from 1997-2003*. (p. 1-156). Bonn, Germania: Secretariat of the United Nations Convention to Combat Desertification. Tratto da www.unccd.it
- UNESCO. (2017). *Convention Concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage*. Cracovia (Polonia). Tratto da <http://whc.unesco.org/archive/2017/whc17-41com-8B-Add-en.pdf>
- Wang, W., Zhou, Y., Sun, X., & Wang, W. (2014). Desarrollo de la recarga artificial de acuíferos en China. *Boletín Geológico y Minero*, 125(2), p. 227-233.
- Wessels, & Hoogeveen. (2002, Settembre). *Renovation of Qanats in Syria*. Tratto il giorno Maggio 2017 da Water History: <http://www.waterhistory.org/histories/qanatrenovation/renovation.pdf>
- Wessels, J. (s.d.). Qanat rehabilitation as a viable tool for collective action for social development and conflict resolution in rural communities in arid areas.
- Wittfogel, K. A. (1968). *Il Dispotismo Orientale*. Firenze: Vallecchi.

- Xue, X., Liao, J., Hsing, Y., Huang, C., & Liu, F. (2015). Policies, Land Use, and Water Resource Management in an Arid Oasis Ecosystem. *Environmental Management*, 1036-1051.
- Yi Ge 弋戈. (s.d.). Cong Jingqu dao Kanerjing 从井渠道坎儿井 Dai pozzi alle karez. 34-35. Tratto da www.cnki.net
- Yuling, S., & Lein, H. (2010). Treating water as an economic good: policies and practices in irrigation agriculture in Xinjiang. *The Geographical Journal*, 176(2), 124-137. Tratto da <http://www.jstor.org/stable/40835638>
- Zhang, L. &. (2013). Influence Factors for Karez Abandonment and Its Environmental Effects in Turpan Basin of Xinjiang Autonomous Region over Last 60 Years. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 33(5).
- Zhao Li 赵丽, Song Heping 宋和平, Zhao Yiqin 赵以琴, & Liu Peng 刘兵. (2009). Tulufan Pengdi Kanerjing de Jiazhi jiqi Baohu 吐鲁番盆地坎儿井的价值及其保护 Valore e conservazione delle karez presso la depressione di Turfan. *Shuili Jingji 水利经济 Journal of Economics of Water Resources*, 27(5), p. 14-16. Tratto da www.cnki.net

Sitografia

- Agenzia europea dell'ambiente (2016) *Acqua e Agricoltura: prospettive ed esigenze*,
<https://www.eea.europa.eu/it/articles/acqua-e-agricoltura-prospettive-ed-esigenze>
- Agricoltura e turismo, *Agricoltura sostenibile*, <http://www.idaic.it/agricoltura-sostenibile.html>
- Cenesta: Centre for Sustainable Development and Environment,
<http://www.cenesta.org/en/>
- China's Political System, VI. *The Local Administrative System*,
<http://www.china.org.cn/english/Political/28842.htm>
- Embassy of the PRC in the USA (2015), *China's Xinjiang sets up third prefecture-level city*,
<http://www.china-embassy.org/eng/zt/Xinjiang/t1254666.htm>
- Encyclopedia Britannica, *Turfan Depression*, <https://www.britannica.com/place/Turfan-Depression>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, *Land and Water*, www.fao.org
- FAO, *Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS)*,
<http://www.fao.org/giahs/en/>
- Knoema (2014), *Xinjiang - Total Population (year-end)*,
<https://knoema.com/atlas/China/Xinjiang/Total-Population>
- La Stampa (2017), *Resilienza idrica per un mondo assetato*,
<http://www.lastampa.it/2017/05/13/scienza/ambiente/inchiesta/resilienza-idrica-per-un-mondo-assetato-mfDPp6Faeq266hfr6xKrgL/pagina.html>
- The New York Times (2010), *China Announces Development Plan for Restive Xinjiang Region*,
<http://www.nytimes.com/2010/05/29/world/asia/29china.html?mcubz=3>
- The New York Times (2016), *In a Parched Corner of Xinjiang, Ancient Water Tunnels Are Running Dry*, <https://nyti.ms/2cRdISd>
- Surfiran, *Culture and Qanat: Tangible and intangible heritage of qanat*,
<http://surfiran.com/tangible-intangible-heritage-qanat/>
- Tulufan diqu shuiliju 吐鲁番地区水利局大会发言材料 (2015), *Turpan Water Conservation Plenary Session Speech*, <http://www.xjslt.gov.cn/shuilihuiyi2015/jlfy04.htm>
- United Nations Water, *Water Scarcity*, www.unwater.org/statistics/
- UNCCD: The United Nations Convention to Combat Desertification, 2005, *Promotion of Traditional Knowledge: A Compilation of UNCCD Documents and Reports from 1997 - 2003*, www.unccd.int
- UNESCO, *International Center on Qanats and Historic Hydraulic Structures (ICQHS)*,
<http://icqhs.org/>
- UNESCO (2016), *World Heritage Convention: The Persian Qanat*,
<http://whc.unesco.org/en/list/1506>
- WaFS, *La scarsità idrica*, <http://www.waterandfoodsecurity.org/scheda.php?id=12>
- Water History, *Qanats*, <http://waterhistory.org/histories/qanats/>
- World Bank (2010), *Xinjiang Turfan Water Conservation Project*,
<http://projects.worldbank.org/P111163/xinjiang-turfan-water-conservation-project?lang=en>

World Weather Online, *Turpan Current weather report*,

<https://www.worldweatheronline.com/turpan-weather-averages/xinjiang/cn.aspx>

WWF, *Junggar Basin semi-desert*, <https://www.worldwildlife.org/ecoregions/pa1317>

Xinhua Net, 吐鲁番撤地设市 新疆首个撤销地区建制设立的地级市,

http://news.xinhuanet.com/legal/2015-04/13/c_127680850.htm

Zhonghua Renmin Gongheguozhongyin Renmin Zhengfu 中华人民共和国中英人民政府,

Disanci quanguo wenwu pucha 第三次全国文物普查, http://www.gov.cn/zwgk/2007-04/10/content_577444.htm