



## Università degli Studi di Messina Dipartimento di Fisica

**Preg.mo**  
**ENTE DI SVILUPPO AGRICOLO**  
**Via Libertà 203**  
**90143 Palermo**

Messina 20 Maggio 2010

Prof. Salvatore Magazù  
Dipartimento di Fisica dell'Università di Messina  
C.da Papardo Sperone S. Agata  
98166 Messina  
Tel: 090-6765025;  
Fax: 090-395004  
Mail: [smagazu@unime.it](mailto:smagazu@unime.it)

**Oggetto: Rendicontazione scientifica, tecnica e amministrativa sullo stato di avanzamento del Programma di Ricerca - Dipartimento di Fisica dell'Università di Messina ed ESA - per la realizzazione di un progetto di ricerca finalizzato allo studio delle applicazioni di bioprotettori naturali in ambito agricolo per contrastare i processi di desertificazione.**

**Preg.<sup>mo</sup> Ente,**

Nella mia qualità di responsabile scientifico del progetto di ricerca in oggetto, si rappresenta che il progetto di ricerca è stato indirizzato, conformemente al programma di ricerca proposto, alla comprensione dei meccanismi chimico-fisici di base coinvolti nei processi di bioprotezione e alla caratterizzazione delle interazioni fondamentali biostruttura/bioprotettore.

La ricerca in questa seconda fase si è indirizzata su due linee direttrici: è in corso un censimento delle aziende agricole interessate al tema della ricerca proposta, congiuntamente alla creazione di un data-base, e, in parallelo, si è passati allo studio delle interazioni e delle trasformazioni strutturali di bioprotettori in relazione alla morfologia nanostrutturale di tali sistemi interagenti con "strutture biomolecolari complesse" ed alla integrità e funzionalità cellulare.

Questa fase, successiva a quella iniziale, è stata indirizzata dunque agli aspetti dei sistemi ternari e in riferimento agli aspetti bioprotettivi: in particolare è stata portata a compimento e in particolare la caratterizzazione dinamica del sistema "soluto-solvente-biostruttura" mediante esperimenti di realizzati presso il Dipartimento di Fisica ed esperimenti di spettroscopia Infrarossa, Raman e di scattering quasi-elastico di neutroni (QENS) presso alcune Facilities europee, come previsto nella sezione Attività proposta del progetto, al fine di determinare, questa volta, le modificazioni indotte sulle biostrutture, dalla presenza di soluti sulle proprietà dinamiche dell'acqua. In questo riferimento una buona parte della ricerca è stata svolta in sinergia con istituti di ricerca francesi. Il principale obiettivo dell'attività svolta è stato quello estendere la conoscenza sulle risposte delle piante alla disidratazione, fornendo una più ampia prospettiva all'utilizzo delle informazioni ottenute fino ad oggi. Dai risultati conseguiti sono stati solo parzialmente delucidati i meccanismi di tolleranza all'essiccazione nelle "piante della resurrezione" e nelle piante che sopportano la siccità e i meccanismi usati nei semi della maggior parte delle piante superiori e il loro ruolo nel proteggere i tessuti vegetali. I risultati preliminari conseguiti nella prima fase sono stati pressochè integralmente

confermati anche a questo stadio della ricerca; tuttavia molteplici nuovi aspetti di fondamentale rilevanza per gli aspetti applicativi sono emersi.

Il progetto ha sinora ottenuto eccellenti risultati scientifici. Le evidenze sperimentali conducono alla conclusione che la mobilità dell'acqua nell'intorno dei disaccaridi risulta significativamente ridotta rispetto all'acqua nella fase massiva, come si evince dall'andamento della larghezza di banda traslazionale dell'acqua pura e dell'acqua in presenza dei disaccaridi, che risulta avere valori maggiori in assenza dei disaccaridi, così rivelando il rallentamento nella dinamica.

Lo studio dei meccanismi molecolari responsabili delle molteplici funzioni del trealosio è molto importante per un impiego ottimale delle sue numerose potenzialità.

A tal fine è stato realizzato uno studio sistematico dei meccanismi molecolari che determinano l'efficacia bioprotettiva del trealosio e le sue potenzialità nel conferire protensività all'attività di proteine, antiossidanti e micelle, utilizzando diverse e complementari tecniche spettroscopiche, quali la diffusione di luce laser, l'assorbimento infrarosso, lo scattering di neutroni e di luce di sincrotrone.

Più in particolare, esperimenti realizzati mediante scattering di luce hanno mostrato un marcato effetto destrutturante indotto dalla presenza del disaccaride sul network tetraedrico delle molecole di acqua, che comporta l'inibizione dei processi di cristallizzazione. L'esistenza del punto isobestico nello spettro isotropo dell'acqua pura, interpretato in termini di due classi competitive di oscillatori OH con un'opposta dipendenza dalla temperatura, ha suggerito la decomposizione dello spettro in un contributo "open" e uno "closed". Il primo contributo è attribuito a vibrazioni O-H all'interno della struttura tetraedrica delle molecole di acqua, che originano zone a bassa densità, mentre il secondo corrisponde alle vibrazioni O-H delle molecole coinvolte in legami incompleti o cosiddetti distorti. I risultati ottenuti studiando soluzioni acquose di disaccaridi sono consistenti con l'ipotesi di un effetto destrutturante indotto dalla presenza dei disaccaridi sulla struttura tetraedrica dell'acqua (Fig. 3). Infatti per una stessa concentrazione l'area integrata del contributo "open" assume valori decrescenti secondo la sequenza sucrosio, maltosio, trealosio, evidenziando di fatto un più marcato effetto destrutturante del trealosio rispetto agli altri disaccaridi.

Alla luce dei risultati fin qui ottenuti, si può ipotizzare che il ruolo dei disaccaridi sia quello di fornire alle molecole di acqua una struttura che consenta ai gruppi OH dei disaccaridi di sistemarsi in disposizioni spaziali non compatibili con quelli del ghiaccio. Di conseguenza, la percentuale di acqua che potrebbe congelare diminuisce, ostacolando di fatto il processo di cristallizzazione. Significativi risultati sono stati altresì ottenuti mediante scattering elastico di neutroni su soluzioni acquose di disaccaridi (trealosio, maltosio e sucrosio) in funzione della temperatura e della concentrazione.

La diminuzione nell'intensità elastica, per temperature superiori alla temperatura di transizione dinamica, che può essere attribuita all'eccitazione di nuovi gradi di libertà, risulta molto meno pronunciata nel caso della miscela trealosio/acqua rispetto alle altre miscele investigate. Dai risultati risulta evidente che la soluzione trealosio/H<sub>2</sub>O mostra una più marcata resistenza strutturale ai cambiamenti di temperatura rispetto alle soluzioni maltosio/H<sub>2</sub>O e sucrosio/H<sub>2</sub>O. Una caratteristica molto importante evidenziata mediante scattering inelastico di neutroni riguarda la regione spettrale dei modi vibrazionali di bending, in cui il profilo dell'intensità del trealosio appare più "strutturato". Tale risultato prova che il trealosio, oltre a modificare significativamente le proprietà strutturali e dinamiche dell'acqua, forma con essa un'unica entità avente un carattere più rigido in grado di proteggere maggiormente.

Per seguire questa parte della ricerca previste dal progetto, sono state sostenute delle spese per realizzare degli esperimenti funzionali alla realizzazione del progetto. Gli esiti della ricerca sono di grande rilevanza scientifica per l'ottimizzazione dei bioprotettori in ambienti vulnerabili, quali quelli che si manifestano nei processi di desertificazione, e saranno a breve sottoposti al vaglio della comunità scientifica internazionale su una rivista internazionale ad elevato impact factor.

Si intende adesso, in accordo alle linee programmatiche previste dal progetto, proseguire l'attività di ricerca procedere all'identificazione di indicatori per la prevenzione, al fine di mettere a punto dei protocolli di prevenzione che impediscano degrading, indicatori per il monitoraggio, per la descrizione dello stato delle risorse naturali, e indicatori per la mitigazione, per valutare la necessità e l'efficacia degli interventi di mitigazione per alleviare gli effetti della desertificazione. Particolare attenzione è stata rivolta allo studio del grado di stabilità dei sistemi investigati unitamente alle modificazioni che intervengono su scala nanoscopica su biostrutture sottoposte a stress termici. Le conoscenze acquisite hanno consentito di riconoscere i meccanismi molecolari responsabili dell'efficacia bioprotettiva, conoscenze che integrate con quelle chimico-biologiche sono servite a formulare un protocollo di bioprotezione.

La caratterizzazione termodinamica dei solidi polimorfi di disaccaridi omologhi (trealosio, maltosio e sucrosio) e delle trasformazioni indotte da fattori quali temperatura e contenuto d'acqua, verificando la loro reversibilità, è stata anche realizzata. È stato fornito un diagramma di fase completo che evidenzia le trasformazioni tra una forma e l'altra. Inoltre sono stati realizzati e ottimizzati sistemi self-assemblying, quali sistemi modello ideali sia per evidenziare la correlazione tra interazioni molecolari in sistemi biomimetici (e.g. membrane) e funzionalità, sia quali vettori per bioprotettori. A tal fine è stato approntato un sistema di micelle inverse di lecitina, di-octil sulfosuccinato di sodio e alcuni polisorbati, entro cui sono stati confinati disaccaridi, polioli e peptidi. Lo studio è stato basato sulla determinazione delle proprietà termodinamiche e di trasporto di tali aggregati micellari e di cristalli liquidi, contenenti disaccaridi, e di alcuni tensioattivi biocompatibili. Da un confronto con i risultati ottenuti per i sistemi binari acqua/disaccaride, sono stati determinati gli effetti dovuti ad interazioni all'interfaccia e a segregazione in ambienti confinati, conoscenze necessarie per la messa a punto di una tecnologia per la bioconservazione.

Si è dato avvio anche all'assemblamento di alcuni contributi relativi a una pubblicazione degli esiti di tale ricerca su un volume prestigioso divulgativo fornito di codice ISBN.

Se ne include, nel seguito, un brevissimo, ancora ampiamente preliminare, stralcio.

..... “omissis”

L'acqua è stata considerata per molti secoli un “elemento” assieme alla terra, all'aria e al fuoco; il filosofo greco Talete (ca. 640-546 a.C.) la scelse addirittura come *arché* (elemento base che costituisce tutte le sostanze). L'acqua circondava la Terra, permeava l'atmosfera sotto forma di vapore, gocciolava attraverso il sottosuolo e senza di essa la vita era impossibile. Per di più Talete immaginava che la Terra fosse un disco piatto, sormontato da un emisfero di cielo e galleggiante su un oceano infinito di acqua.

Come elemento della vita quotidiana, l'acqua è così familiare che ne si dimentica spesso l'importanza. Deve alle sue proprietà fisiche e chimiche, molto particolari, il suo ruolo fondamentale sia nella biosfera che nella litosfera che modella continuamente. Senza l'acqua, la Terra non sarebbe altro che un astro morto, simile alla luna.

Benché sia apparentemente inesauribile, è tuttavia distribuita in modo molto diverso tra le regioni del mondo.

La superficie della Terra è coperta per il 71% di acqua; di questa, però, più del 97% è salata, presente nei mari e negli oceani. Riferendoci solo all'acqua dolce, circa il 3% del totale, emerge che di questa il 68,9% si trova appunto nei ghiacciai e nelle nevi perenni, il 29,9% nelle falde sotterranee, lo 0,9% nell'umidità suolo/aria e lo 0,3% in superficie, di cui la maggior parte nei laghi.

In altre parole, l'acqua dolce superficiale (laghi e fiumi) rappresenta lo 0,008% dell'acqua totale presente sul nostro pianeta!

Fin dai tempi più remoti, l'uomo ha dovuto risolvere il problema dell'alimentazione in acqua, effettuando dei lavori idraulici quando le risorse di acqua erano insufficienti o troppo irregolari.

Attualmente il problema dell'acqua è lontano dall'essere risolto.

Benché essa sia una risorsa rinnovabile, le cui riserve sono continuamente reintegrate attraverso un grande ciclo naturale, in molte zone della Terra scarseggia.

In altre, invece, è abbondante, ma la qualità viene continuamente peggiorata dall'inquinamento e dall'incuria dell'uomo, e la disponibilità di acqua dolce proveniente da fiumi e sottosuolo si fa progressivamente sempre più inadeguata.

Il problema idrico rappresenta ancora, sul piano delle risorse, la preoccupazione maggiore di numerosi stati, e non solo di quelli installati nelle regioni più aride: si ricercano continuamente nuove sorgenti di acqua potabile anche nella maggior parte dei paesi europei.

La richiesta dell'industria si affianca a quelle dell'agricoltura, della consumazione domestica e della produzione di energia, al servizio di un'umanità in piena esplosione demografica. La disponibilità idrica più elevata è in America latina mentre quella più ridotta è nell'Africa del Nord e nel vicino Oriente.

Pochi di noi hanno un'idea precisa della quantità d'acqua che consumiamo ogni giorno, ma non dobbiamo pensare che sia solo l'utilizzo sconsiderato o esagerato dell'acqua domestica a prosciugare i fiumi.

Anche la produzione dei beni di consumo concorre allo spreco d'acqua. Per coltivare un chilo di riso sono necessari da duemila a cinquemila litri d'acqua, per un chilo di farina ne servono mille; undicimila litri per produrre cibo in quantità sufficiente a nutrire il bestiame e produrre un hamburger da duecento grammi. Per la confezione da un chilo di zucchero sono serviti circa tremila litri d'acqua per produrlo e il barattolo da un chilo di caffè tocca la cifra record di ventimila litri.

Da dove arriva tutta quest'acqua? L'acqua che serve per irrigare i campi proviene dai fiumi oppure è pompata direttamente dal sottosuolo, inoltre, visto che i fiumi si stanno prosciugando, è molto probabile che un giorno l'acqua per le coltivazioni non sarà più disponibile. La cosiddetta "impronta idrica" che i paesi d'Occidente lasciano sul panorama mondiale è destinata a diventare una questione di grande importanza. Ogni volta che indossiamo una maglietta di cotone pakistano, mangiamo riso thailandese o sorseggiamo una tazza di caffè proveniente dall'America Centrale, influenziamo l'idrologia di quelle regioni. Gli economisti definiscono "acqua virtuale" quella utilizzata per coltivare e produrre beni di consumo (il primo ad utilizzare il termine "acqua virtuale" fu Tony Allan, della School of Oriental and African Studies di Londra).

Secondo questa terminologia, ogni tonnellata di grano porta virtualmente con sé tutte le tonnellate d'acqua utilizzate per coltivarla.

Ciò significa che circa un decimo dell'acqua utilizzata per le coltivazioni confluisce nel commercio internazionale di "acqua virtuale".

Al giorno d'oggi, il bisogno effettivo di acqua, valutato "in media mondiale" a 500 metri cubi di acqua all'anno per abitante, può addirittura superare 1000 metri cubi nei paesi ad alto livello di sviluppo tecnico.

Si prevede che tra meno di un secolo queste cifre raddoppieranno.

È significativo il fatto che l'utilizzazione dell'acqua per l'agricoltura è più elevata rispetto all'utilizzazione totale dell'acqua nei paesi a basso reddito (91%), rispetto ai paesi ad alto reddito (39%).

Il peso del consumo idrico nell'industria è quindi rilevante soprattutto nei paesi industrializzati. In questo caso, il problema non è tanto relativo alla dimensione quantitativa (scarsità) quanto alla sua dimensione qualitativa (inquinamento): la maggior parte dell'acqua prelevata viene riciclata all'interno del sistema idrologico, ma più dell'85% di questa ritorna alla natura inquinata.

Eppure non abbiamo ancora capito, né riconosciuto, che le disponibilità di acqua non sono infinite, e che i mutamenti dell'ambiente dovuti all'uomo sono di tale portata ed avvengono così rapidamente che il meccanismo con il quale la natura stessa provvede a fornire e depurare l'acqua rischia di diventare insufficiente.

È necessaria una nuova consapevolezza del fatto che la rarità crescente delle risorse di acqua dolce ed il cattivo uso che ne viene ancora fatto, minacciano gravemente le possibilità di uno sviluppo sostenibile del nostro pianeta.

Questo lavoro ha lo scopo di ripercorrere le vicende della situazione idrica in Sicilia attraverso il paragone con ciò che accade nel mondo considerando in particolare i grandi fiumi che stanno lentamente scomparendo a causa dello sfruttamento dissennato da parte dell'uomo. La situazione siciliana si iscrive in un più generale deterioramento che riguarda, in particolare, zone del nostro paese che tradizionalmente hanno sempre convissuto con il problema della mancanza dell'acqua. Nella fase attuale questo problema è aggravato da due tipi di fenomeni: da un lato dal disordine delle precipitazioni causato dall'effetto serra, dalla desertificazione dell'area mediterranea, dalla mancanza di una politica di rimboschimento e di difesa del suolo; dall'altro dal processo di privatizzazione che renderà sempre più costoso il problema dell'approvvigionamento idrico dal momento in cui da un servizio pubblico, magari mal gestito, rivolto agli utenti, si passerà ad imprese private che perseguiranno il fine unico di realizzare il maggiore profitto possibile.

## Capitolo 1:

### In Sicilia come in Inghilterra si prosciugano i fiumi

L'Inghilterra ha a disposizione meno acqua procapite dell'Afghanistan ma finora non ha sofferto carenze d'acqua perché non doveva irrigare i campi: ci pensava la pioggia. Ma estati più calde, siccità più lunghe e maggiore richiesta per l'irrigazione ed uso domestico, hanno causato un aumento della domanda d'acqua

Il fiume Kennet scorre nello Wiltshire, la regione inglese capitale oltre che dei monumenti megalitici britannici anche dei cropcircles, i grandi simboli astrali disegnati nei campi di orzo e grano. È alimentato da sorgenti che sgorgano dalle colline di calcare fine che formano la gran parte della regione. Ma se il livello di acqua nelle colline scende troppo, l'afflusso si interrompe. Ed è proprio questo che è successo. La compagnia idrica locale ha pompato ogni giorno dalle colline milioni di litri d'acqua per rifornire l'agglomerato urbano di Swindon. Nei corsi d'acqua dell'Inghilterra prosperavano crescioni d'acqua e ranuncoli, gamberi di acqua dolce, trote scure e salmoni, lontre e pavoncelli. Ora il fiume Kennet si secca a fine estate e il suo letto, sul quale i pesci depongono le uova, si riempie di fango ed alghe. Ma questo è solo uno dei tanti piccoli fiumi che sono in secca per gran parte dell'estate a causa del fatto che le compagnie idriche sottraggono acqua alle colline. La Thames Water, la compagnia che distribuisce l'acqua a Londra, vuole spendere settecento milioni di sterline per costruire un bacino gigantesco, sarà la più grande struttura artificiale d'Inghilterra e raccoglierà l'acqua delle piene invernali del Tamigi per rimetterla nel fiume d'estate.

Anche nel cuore arido del Kent la compagnia idrica locale sostiene che l'unica soluzione consiste nel costruire un unico gigantesco bacino. Costerà milioni di sterline e le sue acque saranno prelevate dal sempre più esiguo Stour.

Sono passati più di vent'anni da quando fu costruito l'ultimo grande bacino artificiale in Inghilterra.

Coloro che si battono contro la nuova diga affermano che Londra perde circa il 30% della sua fornitura idrica a causa delle falle nelle condutture: circa 1.000.000 m<sup>3</sup>/anno.

“La Thames Water dovrebbe migliorare l'efficienza del servizio, non di promuovere dighe grandiose” dice il leader del gruppo Friend of Earth, Tony Juniper.

Ma cambiamo scenario e passiamo dalla fredda e nebbiosa Inghilterra alla calda e profumata Sicilia. Il discorso non varia di molto.

In Sicilia non sono presenti i corsi d'acqua veramente ragguardevoli, in quanto la sua struttura morfologica ha, nel corso dei secoli, creato vari fiumi ma piccoli e limitati di bacino. Questa stessa struttura determina però una diversità tra i fiumi che si gettano sul Tirreno e quelli che si gettano sul Mar d'Africa.

I primi brevi e tumultuosi, i secondi più lunghi e più lenti.

Quelli che si gettano sullo Ionio e che nascono dai Peloritani e dall' Etna sono simili a quelli del Tirreno, mentre quelli che nascono dai ripiani Iblei sono simili a quelli del Mar d'Africa.

La fiumara (termine con il quale, specialmente nell'[Italia](#) meridionale, si definiscono corsi d'acqua dal corso essenzialmente breve, caratterizzati da un letto assai largo e ciottoloso, impetuosi e copiosi di acque durante l'inverno e l'autunno e da una scarsissima portata d'acqua per il resto dell'anno) si presenta in tutta la catena montuosa a nord e al di là delle Madonie.

I corsi d'acqua sono numerosi con decorso breve (sotto i 20-30 km) e bacino trascurabile. Il San Leonardo, che sfocia a Termini Imerese è lungo 43 km ed ha un bacino di 522 km<sup>2</sup>;

i Torto lungo 50 km con 421 km<sup>2</sup>;

il Fiume Grande lungo 32 km con 344 km<sup>2</sup>;

il Pollina lungo 30 km con 395 km<sup>2</sup>;

l' Eleutero lungo 30 km con 200 km<sup>2</sup>;

l'Oreto lungo 19 km con 111 km<sup>2</sup>.

Ad oriente troviamo l'Alcantara, che scorrendo tra l'Etna e la catena settentrionale arriva a 48 km di lunghezza e 570 km<sup>2</sup> di bacino.

Tutti i fiumi, a differenza dell'Alcantara alimentato da grandi sorgenti, presentano variazioni di portata durante l'anno: le acque cominciano a salire in ottobre, poi a dicembre fino a raggiungere punte massime in gennaio o febbraio e si abbassano poi in aprile fino a deprimersi in maggio e asciugarsi in estate.

Durante il periodo delle piogge si assiste alle piene, a volte disastrose.

I fiumi veri e propri si sviluppano maggiormente a sud della catena settentrionale che corona il golfo di Castellamare, soprattutto al centro dell'altopiano interno.

Il più lungo è il Salso (112 km).

Il Platani, lungo 84 km, ha un bacino di 1785 km<sup>2</sup> soltanto grazie ai suoi molti affluenti.

La Sicilia dispone di un sistema di Infrastrutture idriche (dighe, canali) costruite nell'immediato dopoguerra sotto la pressione di un movimento popolare per la riforma agraria che si proponeva non solo di creare una piccola e media proprietà contadina, ma anche di aumentare la produttività dell'agricoltura siciliana attraverso l'irrigazione.

Negli ultimi anni, però, si sta affrontando quella che è una vera e propria emergenza idrica per l'isola che spesso costringe le amministrazioni locali a razionare l'erogazione giornaliera dell'acqua nei mesi estivi.

La causa della mancanza dell'acqua va attribuita, oltre che alla scarsa piovosità, anche alla cattiva gestione dell'intero ciclo dell'acqua.

La vergognosa situazione del sistema idrico siciliano può essere emblematicamente racchiusa in questo paradosso: da una parte l'impossibilità di poter fornire l'erogazione giornaliera nei periodi estivi; dall'altra le grosse quantità di acqua che finiscono a mare nei periodi piovosi. Gli invasi presenti nell'isola sono in numero sufficiente e possono contenere volumi d'acqua in grado di garantire ampiamente tutte le esigenze, anche se le strutture versano in cattivo stato a causa dell'assenza di qualsiasi manutenzione. Le reti degli acquedotti hanno bisogno di investimenti per l'ammodernamento e la manutenzione al fine di limitare la perdita di acqua. Tali perdite non sono sempre imputabili all'invecchiamento delle tubazioni, ma più spesso agli allacci abusivi. Il tutto è "gestito" da un sistema di potere che ha prodotto lucrosi affari per alcuni e fortune politiche per altri.

## Capitolo 2:

Gli Arabi in Sicilia come gli Inglesi nella Valle dell'Indo: grandi opere d'irrigazione.

Quando nel XIX secolo, gli ingegneri britannici visitarono la valle dell'Indo, si accorsero che era molto simile a quella del Nilo, ma tre volte più grande. Il fiume, decisero gli ingegneri, era in grado di irrigare la vasta pianura desertica che attraversava: un'area di terreno fertile ma non toccata dalle piogge.

La valle dell'Indo vantava una lunga tradizione indigena di irrigazione dei terreni vicini alle sponde del fiume.

La civiltà di Harappa aveva prosperato in questo modo cinquemila anni prima, incanalando il flusso provocato dai monsoni estivi lungo le sponde del fiume e attraverso i campi coltivati. La pratica di edificare dighe temporanee di terra per costringere il fiume e i suoi affluenti a straripare sui campi proseguì fino all'Ottocento poi, gli inglesi stabilirono che si poteva fare di meglio. Decisero di intrappolare in modo permanente le acque delle piene estive grazie a dighe imponenti, in modo tale da poter irrigare in ogni stagione ed ottenere così due o tre raccolti all'anno. Non erano spinti solo da sogni di splendore imperiale, ma anche da prospettive di guadagno.

La prima e più grande opera da realizzare era la trasformazione dello stato sikh del Punjab. Dopo avere inviato l'esercito a soggiogare gli abitanti, gli ingegneri costruirono una serie di sbarramenti lungo il fiume ed i suoi tributari, e tracciarono centinaia di chilometri di canali attraverso la pianura.

Il canale più grande, il Lower Chenab, aveva una portata sei volte superiore a quella del Tamigi. Gli inglesi popolarono la zona con agricoltori provenienti dall'India centrale e punteggiarono la pianura di villaggi. Al centro del Punjab costruirono una nuova capitale con una pianta simile alla bandiera britannica che chiamarono Lyllpur. Fu un grande successo poiché trasformò una provincia arretrata in una delle più produttive dell'impero indiano.

Così nel 1932 si spinsero a sud attraverso il deserto del Sid, che chiamavano "la valle infelice" e finirono per creare quella che oggi è l'area irrigata più vasta del pianeta.

Quando il sole tramontò sull'Impero Britannico, l'India possedeva un ottavo dei campi adeguatamente irrigati di tutto il mondo lungo l'Indo.

In Sicilia furono gli arabi ad introdurre la pratica irrigua rivelandosi, oltre che abili agricoltori, anzitutto abilissimi ingegneri idraulici.

La presenza degli arabi in Sicilia si è protratta per oltre quattro secoli: iniziò a partire dallo sbarco a [Mazara del Vallo](#) nell'[827](#) e terminò con la caduta di [Noto](#) nel [1091](#).

Già a partire dal [VII secolo](#) l'isola aveva subito molte incursioni [musulmane](#).

Gli [Arabi](#) si erano stabiliti sulla sponda [africana](#) del [Mar Mediterraneo](#), avevano già conquistato parte della [Spagna](#) e le isole di [Malta](#) e [Pantelleria](#).

La Sicilia era ritenuta strategica per il controllo del [Mediterraneo](#) a discapito dei rivali [Bizantini](#).

Una volta conquistata, l'isola rifiorì, sia economicamente che culturalmente e godette di un periodo lungo di pace e prosperità.

Vennero introdotte tecniche innovative nell'agricoltura, dove, abolita la monocoltura del grano che risaliva al tardo impero, si passò alla varietà delle coltivazioni.

I musulmani introdussero diverse colture: canna da zucchero, cotone, zafferano, canapa, lino, henné, e papiro, zucche, cetrioli e melanzane, cocomeri, meloni, palme da dattero, arance e limoni.

Vennero edificati numerosi fabbricati rurali, e soprattutto venne creato un adeguato sistema di raccolta, sollevamento e distribuzione delle acque per soddisfare sia il fabbisogno irriguo che quello delle città e dei numerosi parchi e giardini.

Nel commercio la Sicilia fu inserita in un'estesa rete marittima, divenendo il punto nevralgico degli scambi mediterranei.

Di rilevante importanza e interesse, risulta la scoperta di numerosi *qanat* nel sottosuolo delle campagne, oggi urbanizzate, e nella città di Palermo.

I qanat, sono delle gallerie sotterranee che consentono di effettuare la captazione delle risorse idriche disponibili con tecniche che talvolta hanno remotissime origini.

Queste gallerie sotterranee sono diffuse in diverse aree geografiche nelle quali prevale la caratteristica climatica comune della forte aridità.

In ciascuna di queste aree, a seconda del tipo di risorsa idrica disponibile in relazione alle caratteristiche del bacino idrico, i cunicoli captano l'acqua con tecniche diverse che richiedono l'applicazione di principi fisici differenti.

I qanat di tipo persiano, da un pozzo principale di rinvenimento della falda, trasportano l'acqua fino al punto di utilizzazione, coprendo distanze talvolta lunghissime.

La galleria sotterranea procede lungo il sottosuolo con una pendenza minima, tale da assicurare un lento e costante movimento del liquido senza causare l'erosione delle pareti e del fondo del manufatto.

In tal modo l'acqua mantiene la purezza e la temperatura della falda.

Il cunicolo sotterraneo comunica con la superficie attraverso pozzetti verticali equidistanti.

Tali pozzetti seriali, oltre a consentire il prelevamento dell'acqua, venivano praticati al momento della realizzazione della galleria per consentire l'estrazione in superficie della notevole mole di materiale dello scavo.

In prossimità del punto di utilizzo (un'oasi, una fonte, un giardino) il cunicolo affiora dal sottosuolo con pendenza raccordata, fornendo un deflusso perpetuo e costante.

Queste splendide opere, di elevato livello ingegneristico, sono ancora oggi perfettamente conservate e funzionanti, laddove il fenomeno di espansione urbana non ha sconquassato il sottosuolo con le fondazioni dei palazzi o con i sottopassaggi stradali.

Si rileva la presenza di due tipi differenti di pozzetti che, lungo il corso del qanat, collegano il cunicolo sotterraneo con la superficie.

Il primo tipo possiede sezione circolare o quadra, con diametro e/o lato generalmente non superiore al metro.

I volumi d'acqua sollevabili in questo caso sono ridotti e possono soddisfare i fabbisogni domestici.

Il secondo tipo di pozzi possiede sezione rettangolare delle dimensioni di metri 1 x 2;

In corrispondenza di tali pozzi il fondo del qanat è notevolmente ribassato. Questi pozzi a sezione rettangolare si riscontrano con meno frequenza lungo i percorsi del qanat. Tracce della presenza araba sono ancora leggibili nella Conca d'Oro e nella limitrofa piana di Bagheria.

..... continua...

**Prof. Salvatore Magazù**

