L'ACQUA

ISSN 1125-1255 - Poste Italiane S.p.A. - Spedizione in abbonamento postale - D.L. 353/2003 (convertito in L. n. 46 del 27/02/04) art. 1 comma 1 - D.C.B. ROMA

RIVISTA BIMESTRALE DELL'ASSOCIAZIONE IDROTECNICA ITALIANA 3/2016 Maggio-Giugno

INDICE
CONTENTS

Calendario degli Appuntamenti/Agenda **4**

Memorie/Papers

Difesa Idraulica del Territorio/Hydraulic Land Protection

F. Federico, C. Cesali: **Flussi detritici ad alta velocità. Modellazione ed analisi critica di criteri empirici**/High Speed Granular Debris Flows. Modeling and Critical Analysis of Empirical Relationships **5**

Sistemi Acquedottistici/Water Supply Systems

S. Manfreda, L. Mita, S. F. Dal Sasso, F. R. Dibernardi, R. Ermini, M. V. Mininni, A. Bixio, A. Conte, M. Fiorentino: **La gestione delle risorse idriche nella Città dei Sassi (Matera)** /Water Resources Management in the City of Sassi (Matera) **39**

Sistemi Idroelettrici/Hydroelectric Systems

R. Balestra, I. Butera, R. Isola, M. Lombardi, N. Spina: **Impianti mini hydro nei condotti fognari. Primi risultati per l'installazione di una girante**/Mini Hydro Power Plants in Sewerage Collectors. Early Results about a Water Wheel Installed in a Sewerage Manhole **47**

Discussione/Discussion

R. Jappelli: **Complessità**/Complexity **59**

... In Breve/Short Notes

Recensione/Review

Voce Treccani sul Dissesto Idrogeologico di M. Veltri/About Floods and Landslides in Treccani Encyclopedia by M. Veltri. *A cura di A. Brath* **61**

Resoconto/Report

Convegno: Acque meteoriche urbane e gestione del Servizio Idrico Integrato/ Workshop: Urban Water Drainage and Management of Integrated Water Service. Firenze, 9 maggio 2016 **64**

Notiziari A.I.I. ed Enti Collaboratori/News from AII and Collaborating Institutions

A.I.I. - Associazione Idrotecnica Italiana/Italian Hydrotechnical Association **72**

Salvatore Manfreda, Leonardo Mita, Silvano F. Dal Sasso, Francesco R. Dibernardi, Ruggero Ermini, Maria V. Mininni, Antonio Bixio, Antonio Conte, Mauro Fiorentino*

LA GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE NELLA CITTÀ DEI SASSI (MATERA)

WATER RESOURCES MANAGEMENT IN THE CITY OF SASSI (MATERA)

Negli ultimi anni i Sassi di Matera sono passati da vergogna a orgoglio nazionale. L'insieme delle chiese rupestri, degli scavi nelle rocce, dei numerosi ipogei, cisterne e palombari sono un sistema architettonico, ingegneristico e paesaggistico unico al mondo riconosciuto dall'UNESCO. La gestione delle risorse idriche è un elemento che ha condizionato fortemente lo sviluppo e l'assetto complessivo dei Sassi di Matera. In particolare, la città antica presenta una serie di opere e di sistemi diffusi di accumulo che consentirono uno sviluppo urbano significativo in cui le acque piovane venivano parsimoniosamente raccolte e accumulate in sistemi di cisterne spesso connesse tra loro. Nella presente memoria si riportano le evidenze di tale sistema e alcuni esempi emblematici relativi al complesso sistema di gestione delle risorse idriche.
Parole chiave: Sassi, Matera, Gestione risorse idriche, Cisterne, Ipogei.

The Sassi of Matera are now considered a masterpiece of architecture and engineering, but it was a national shame for the level of degradation reached in the last century. Cave churches, excavations in the rocks, numerous hypogea, and cisterns are outstanding examples of an architectural system, unique engineering and landscape in the world that allowed the Sassi to be listed as World Heritage of Humanity by UNESCO. The management of water resources has strongly influenced the development and the overall structure of the Sassi. As a matter of fact, the ancient city is endowed with a number of storage systems that allowed a significant urban development in which rainwater were parsimoniously collected and accumulated in a system of tanks with different purposes and connections. The present paper depicts this system and provides a number of examples of the complex system of water management developed in this semiarid region.
Keywords: Sassi, Matera, Water Management, Rock Tanks, Hypoge.

1. INTRODUZIONE

La città della pietra, centro storico di Matera scavato a ridosso di una gravina di calcareniti, è stata abitata a partire dal Paleolitico antico: i reperti trovati nella Grotta dei Pipistrelli risalgono ad oltre 100.000 anni fa (alcuni reperti sono conservati nel Museo Ridola di Matera) e molte delle case ubicate in profondità nel calcare della gravina sono state abitate senza interruzione dall'età del bronzo (a parte lo sfollamento forzato negli anni cinquanta).

I Sassi di Matera (la prima definizione di Sasso come rione pietroso abitato si fa risalire al XIII sec.) sono un insediamento urbano derivante da diverse forme di civilizzazione ed antropizzazione succedutesi nel tempo. Si spazia dagli insediamenti preistorici dei villaggi trincerati del VII-VI millennio a.C., all'habitat della civiltà rupestre di matrice orientale (IX-XI sec.), che costituisce il substrato urbanistico dei Sassi, con i suoi camminamenti, canalizzazioni, cisterne; dalla civitas di matrice occidentale normanno-sveva (XI-XIII sec.), con le sue fortificazioni, alle successive espansioni rinascimentali (XV-XVI sec.) e sistemazioni urbane barocche (XVII-XVIII sec.); ed infine dal degrado igienico-sociale del XIX e della prima metà del XX secolo allo sfollamento disposto con legge nazionale negli anni cinquanta, fino al recupero iniziato a partire dalla legge del 1986.

I Sassi si compongono di tre elementi urbani fondamentali: il Sasso Barisano (1), rivolto a nord-est sull'orlo di una rupe, la Civita (2), fulcro della città vecchia, e il Sasso Caveoso (3), che guarda invece a sud-est. Le grotte-ca-

**Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo: Architettura, Ambiente, Patrimoni Culturali, Università degli Studi della Basilicata, Via Rocco Lazazzera SN, 75100 Matera – e-mail: salvatore.manfreda@unibas.it*

se (Sasso Caveoso) e case-grotte (Sasso Barisano) sono disposte lungo i versanti e scendono a gradoni sovrapposti in cui spesso ogni casa è il tetto dell'altra. Al centro sorge la Civita, sperone roccioso sulla cui sommità si trova la Cattedrale, e nucleo di espansione della futura città per motivi di difesa e vicinanza a terreni coltivabili (*Ridola*, 1906) (*Fig. 1*).
I Sassi si articolano in una successione verticale di livelli totalmente scavati e/o in parte scavati e costruiti, il cui numero dipende dalla originaria conformazione e altezza del pendio calcarenitico (dai tre nel Rione Malve ai sei o nove livelli nella Civita). Questa organizzazione a livelli sovrapposti è ottenuta integrando i terrazzi naturali con tagli verticali della roccia secondo le curve di livello. Qui "*grotte naturali, architetture ipogee, cisterne, enormi recinti trincerati, masserie, chiese e palazzi, si succedono e coesistono, scavati e costruiti nel tufo delle gravine*" scrive Pietro Laureano nel suo libro Giardini di pietra (*Laureano*, 1993).
Matera conserva l'antico sistema di gestione delle acque costituito da cisterne, pozzi, palombari (ovvero enormi cisterne d'acqua scavate nella roccia). Il sistema è in gran parte preservato e si trovano testimonianze sulla Murgia lungo i balzi scoscesi dei Sassi, nei vicinati, e nelle abitazioni. Questo sistema si è evoluto lentamente nel tempo in un continuo equilibrio con l'ambiente utilizzando quanto la stessa natura offriva per raccogliere, conservare e distribuire la risorsa idrica.
L'articolato sistema di raccolta delle acque si è tramandato per generazioni sino ai primi decenni del '900 con l'arrivo dell'Acquedotto del Sele. La peculiarità del sistema, l'intricata rete di canali a cielo aperto o sotterranei, la decantazione delle stesse acque attraverso vasche tra loro collegate, valsero fra l'altro alla città nel 1993 il riconoscimento di patrimonio mondiale dell'UNESCO. Il riconoscimento è motivato dallo straordinario ecosistema urbano capace di tramandare i modi di abitare dal lontano passato preistorico delle caverne fino alla modernità. Inoltre, i Sassi costituiscono anche un esempio di utilizzazione ottimale e sostenibile delle risorse naturali (acqua, suolo, energia).

Figura 1 - Impianto urbano del centro storico della città di Matera.

2. INQUADRAMENTO STORICO: LA RICERCA DELL'ACQUA

Matera ha più volte sofferto per la carenza d'acqua e i numerosi pozzi, cisterne e palombari ne sono chiara testimonianza. Non c'era abitazione che ne fosse priva e in caso di necessità avevano anche accesso a quella della corte o del vicinato gestita con oculatezza.
Per millenni la principale fonte di approvvigionamento per gli abitanti dell'epoca è stata il Gorgo o come la chiama il Verricelli (1595) in gergo dialettale "Jurio", una riserva naturale di acqua in un'ansa del torrente Gravina. La presenza di questo prezioso serbatoio naturale spiega l'intensa presenza di insediamenti temporanei e permanenti lungo le sponde della Gravina durante l'età paleolitica e neolitica.
Con la crescita della città, l'approvvigionamento di acqua potabile, prima dell'entrata in esercizio dell'Acquedotto del Sele nel 1927, fu principalmente assicurato dalle falde freatiche delle zone collinari che circondano "il Piano" (area immediatamente a monte del Sasso Barisano). Uno di questi acquiferi sotterranei fu captato in corrispondenza della collina del Castello Tramontano nella contrada delle Pigne e fu canalizzato in modo da creare una piccola fontana in corrispondenza del "Piano" (oggi la Piazza Vittorio Veneto – centro di Matera), privo ancora di abitazioni. Secondo Copeti (1982), l'opera di captazione e di canalizzazione dell'acqua fu realizzata nel Medioevo: su alcune pietre dell'antico canale della fontana vi era incisa la data del 1351 (data presumibile della realizzazione). La fontana era posta all'ingresso della città (*Fig. 2*) e secondo Verricelli (1595): *"nel entrare de la Città è una fontana abondante surgente con una conserva grandissima de acqua quale l'estate non si può bevere da chi non è usato che gli fa venire doglie et torcimento di ventre"*.
Col passare del tempo la condotta idrica e la stessa fonte subirono diversi interventi ed ampliamenti ma sempre insufficienti per soddisfare il fabbisogno della popolazione in continuo aumento. Nel 1565, l'acqua proveniente dalla collina sovrastante fu convogliata in un deposito chiamato "Palombaro" vicino la fontana che poi diverrà il "Palombaro Lungo". Questa "cattedrale dell'acqua" subì nel tempo numerose trasformazioni (utilizzando diverse

cantine, cisterne, il vecchio palombaro ed un profondo fosso) fino a divenire un unico ampio serbatoio ultimato nel 1848 e ampliato nel 1870. Esso presenta un volume pari a circa 3000m^3 ed è collegato ad altre cisterne che portano il sistema di accumulo a circa 5.000 m^3.
Se per l'acqua potabile si ricorreva alla Fontana, per gli altri usi domestici e non, si faceva ricorso a quella accumulata nei pozzi o nelle cisterne che, in caso di necessità, sostituiva la stessa acqua potabile. Le ricorrenti siccità però aggravavano la situazione igienico sanitaria che spesso esplodeva con manifestazioni di malattie che colpivano l'intera popolazione: il colera scoppiato nel 1866 con 881 vittime fu la chiara dimostrazione di una precarietà igienico-sanitaria vissuta dalla popolazione costretta a servirsi di acqua meteorica di pozzi e cisterne di incerta potabilità.
Quando anche i pozzi e le cisterne erano a secco non rimaneva che la "fontana bona", il Gorgo o lo Jurio, che forniva un contributo continuo e stabile, ma distante dalla città. Questa sorgente perenne *"li antiqui lo chiamarono fontana bona per essere ai tempi secchi nel fundo di quella una acqua sorgente che mai dissecca quale escie da vivi sassi*" (*Verricelli*, 1595).
Nel 1910, si cominciarono a realizzare opere strutturali di adduzione prima con un piccolo adduttore collegato alla captazione della collina in località Chiancalata di Matera e successivamente con l'opera strategica dell'acquedotto del Sele, realizzato principalmente a servizio della vicina Puglia, che raggiunse anche la città di Matera nel 1927. In coincidenza di tale evento la fontana perse la sua importanza come principale fonte cittadina di acqua potabile, ma rimane un emblema storico della città.

Figura 2 - La fontana ferdinandea in Piazza Vittorio Veneto.

3. ALCUNI ASPETTI DELLA MORFOLOGIA E DEL CLIMA

Il territorio materano ricade in una area semiarida del Mediterraneo in cui le disponibilità idriche sono fortemente limitate e intermittenti. Sebbene la Città dei Sassi sia attraversata dal torrente Gravina di Matera, questo non rappresenta una fonte di approvvigionamento sfruttabile sia per le difficoltà di accesso, essendo il torrente incassato in una forra con una profondità che in alcuni punti raggiunge i 200 m, sia perché lo stesso presenta un carattere tipicamente torrentizio con portate limitate e fortemente variabili.
Ancor oggi è possibile riconoscere una parte centrale, morfologicamente più elevata ed occupata dalla Civita, delimitata da due profondi canali naturali (denominati grabiglioni) terminanti sul ciglio della forra del Torrente Gravina di Matera. Su entrambi i versanti dei grabiglioni, che rappresentano antichi solchi d'erosione torrentizia, si sviluppano il Sasso Barisano a nord ed il Sasso Caveoso a sud. Entrambi i grabiglioni sono stati tombati in epoche recenti originando le attuali Via Fiorentini (nel Barisano) e Via Buozzi (nel Caveoso). A tal proposito si riportano le testimonianze fotografiche di *Figura 3*.

Figura 3 - Grabiglioni di via Fiorentini (A-B) e via Bruno Buozzi (C-D) confronto tra l'anno 1920 e 2000.

I Sassi si sviluppano assecondando l'acclività del versante destro della stretta e profonda forra del Torrente Gravina di Matera e seguendo il ciglio della forra per le modifiche apportate dall'uomo nel corso dei millenni. Questo singolare sviluppo ha originato un sistema di gradinate multiple, con pareti verticali o subverticali, allungate parallelamente al ciglio della forra e subordinatamente all'asse dei due grabiglioni.
L'intera area è caratterizzata dall'affioramento di depositi calcarenitici di età calabriana appartenenti alla Formazione delle Calcareniti di Gravina che poggiano su calcari stratificati del Cretaceo (Calcare di Altamura). Queste formazioni fanno parte del Gruppo dei Calcari delle Murge, e costituiscono il substrato dell'intera regione, affiorando solo sul fondovalle e su buona parte di entrambi i versanti della forra del torrente Gravina di Matera (*Boenzi et al.,* 1971).
La discontinua fessurazione di origine tettonica rende la formazione calcarenitica dei Sassi poco permeabile. Per-

ciò, le acque di pioggia, che localmente riescono ad infiltrarsi, hanno poca possibilità di movimento e con il tempo evaporano, depositando il $CaCO_3$ che occlude le eventuali fratture presenti. Questo è comprovato dall'assoluta assenza di manifestazioni sorgentizie nell'area dei Sassi, dal cospicuo ruscellamento superficiale che i terreni consentono e dalle centinaia di grotte che l'uomo ha scavato a quote diverse.
La piovosità media annuale stimata in base alle precipitazioni medie annuali del secolo scorso si attesta intorno ai 540mm/anno con una forte variabilità inter-annuale. L'istogramma ricostruito delle precipitazioni medie annuali nel periodo 1922-2014 (*Fig. 4*) mostra come le precipitazioni in numerosi anni si attestano attorno a valori estremamente bassi prossimi ai 400mm/anno.
Tale carenza idrica ha stimolato lo sviluppo di soluzioni e sistemi ingegnosi di accumulo dell'acqua piovana e di quella che si condensava con l'umidità notturna. Il risultato ha prodotto lo sviluppo dei Sassi che nascono su un sistema di terrazzamenti dai quali le acque piovane venivano convogliate e raccolte in sistemi di cisterne di piccole, medie e grandi dimensioni.

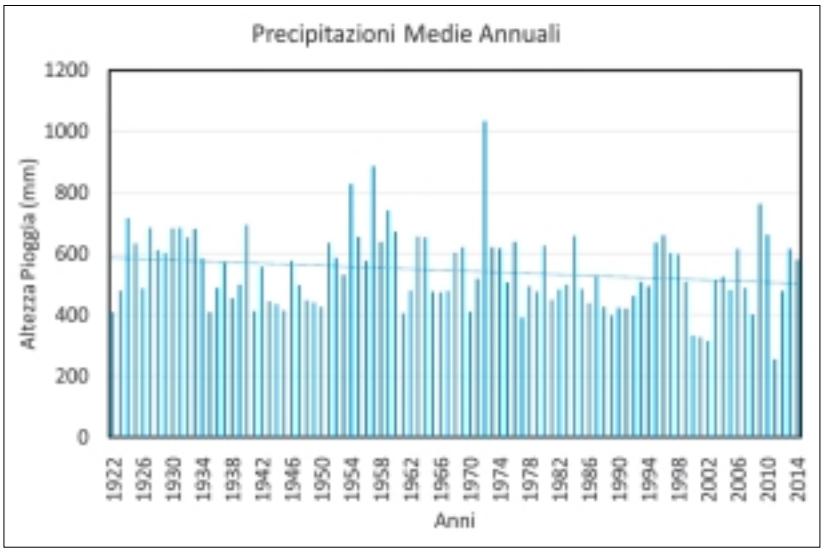

Figura 4 - Serie storica delle precipitazioni medie annuali a Matera; a titolo illustrativo è inserita una linea di che descrive la tendenza delle piogge registrate nel periodo 1922-2012.

Figura 5 - A) Vasca intagliata per la decantazione delle acque piovane; B) Vasca con canaletta di scolo.

4. L'IMPIANTO DI GESTIONE DELLE ACQUE

Il sottosuolo del centro storico di Matera è attraversato da un vero e proprio acquedotto scavato nella roccia, costituito da canalizzazioni, vasche di decantazione, cisterne e palombari. Il sistema di raccolta ha origine dalla collina del Castello Tramontano, e attraversa, dall'alto verso il basso, tutto il centro storico. Un'estesa rete di canalette intagliate nella roccia consentivano di convogliare l'acqua proveniente dai versanti e dai tetti all'interno delle grotte. Le acque canalizzate attraversavano vasche di decantazione che consentivano l'accumulo di acqua piovana chiarificata ai livelli inferiori.
Già in epoca preistorica, come testimonia Domenico Ridola, le grandi trincee rinvenute sull'altipiano di fronte alla Civita in località Murgia Timone e Murgecchia, presentavano singolari opere di escavazione, ovvero vasche di decantazione di diversa dimensione e profondità collegate a cisterne (*Fig. 5*).
Il sistema idrico utilizza in modo combinato la raccolta e la condensazione. Durante le piogge, terrazzamenti e sistemi di raccolta dell'acqua proteggevano i pendii dall'erosione e convogliavano per gravità le acque verso le cisterne attraverso canali al cui interno erano posti sacchi di juta che rallentavano la corsa dell'acqua permettendo anche un filtraggio della stessa. Inoltre, i Sassi sono stati creati molteplici piani ipogei sovrapposti con lunghe gallerie che attraversano trasversalmente il sottosuolo. Queste cavità funzionavano durante la notte come aspiratori di umidità atmosferica che condensa nella cisterna terminale degli ipogei durante la stagione di secca. Queste, infatti, risultano sempre piene anche se non collegate a canalette esterne.

La copertura dei tetti è il "prolungamento costruito" di questo sistema di raccolta delle acque. I tetti non hanno mai le falde che sporgono esternamente alle abitazioni, ma sono compresi nelle murature che permettono di convogliare l'acqua di pioggia tramite discendenti di terra cotta collegati a cisterne private o di vicinato (*Fig. 6*).
Le cisterne sono spesso collegate in serie con altre annesse ad abitazioni a valle mediante un canale per il troppopieno. L'ingegnoso sistema garantiva un livello stabile di risorsa all'interno delle cisterne e ogni abitazione aveva una propria autonomia idrica.

Figura 6 - L'impianto dei tetti per la raccolta e l'utilizzo dell'acqua piovana.

Figura 7 - Pianta (A) e alcuni particolari costruttivi (B e C) del Palombaro Lungo e del Palombaro del Sasso Caveoso (D).

strati, caratterizzati da diverse granulometrie, battuti e bagnati diverse volte.
Il numero complessivo di cisterne private è difficilmente quantificabile. Una valutazione è stata possibile mediante un rilievo di dettaglio di una porzione dei Sassi ancora libera e non restaurata. La *Figura 9* descrive la planimetria relativa ad uno dei terrazzamenti del Sasso Caveoso, posto in Via Casalnuovo, dove sono state rilevate tutte le cisterne private. Il rilievo ha confermato che le cisterne a campana piccole sono presenti in tutte le abitazioni ed in alcune strutture ipogee sono presenti più cisterne; spesso erano ubicate nei pressi dell'entrata delle abitazioni, proprio per permettere e facilitare il collegamento attraverso un'apposita canaletta proveniente dall'esterno. Tale rilievo ha consentito di valutare il numero medio di cisterne piccole presenti per singola abitazione fornendo una proiezione del numero totale di cisterne piccole presenti nei Sassi che si stima essere pari a circa 2039. Oltre alle cisterne di uso privato, sono presenti numerose cisterne di medie dimensioni a servizio di un vicinato di 4/6 abitazioni.

Comunemente, s'identificano due tipi di cisterne: la cisterna a campana piccola di tipo privato con volume di circa 5-15 m^3 e la cisterna a campana di vicinato con un volume di circa 30-80 m^3; a queste si aggiungono le grandi cisterne a servizio della città che costituivano il sistema interconnesso del Palombaro Lungo con un volume di circa 5000 m^3 ed il Palombaro del Sasso Caveoso di circa 1300m^3. In *Figura 7* si riportano alcune viste delle imponenti opere scavate.
Le cisterne private ad uso familiare erano presenti in quasi tutte le abitazioni dei Sassi all'ingresso delle abitazioni (e.g., *Fig. 8*). In alcuni casi, sono state rilevate anche più cisterne all'interno di una singola abitazione. Esse venivano impermeabilizzate mediante rivestimento in cocciopesto che è composto da frammenti di laterizi (tegole o mattoni) minutamente frantumati e malta fine a base di calce aerea che si posa in diversi

Figura 8 - Cisterna piccola ad uso domestico: A) Pianta e sezione di una abitazione dei Sassi; B) Canale di recupero delle acque; C) Canale di alimentazione; D) Imbocco della cisterna nella casa-grotta di Vico Solitario.

Figura 9 - Cisterne a campana nell'area del Sasso Caveoso.

Figura 10 - Censimento delle cisterne di medie e grandi dimensioni esistenti nei Sassi.

Figura 11 - A) Neviera ubicata in Vico Solitario; B) Neviera ubicata nel sito del Purgatorio Vecchio.

Queste cisterne sono comuni a più famiglie e sono collocate in un'area accessibile a tutti i membri del vicinato. Nella *Figura 10* si fornisce una mappatura delle circa 170 cisterne ad uso condiviso censite nei Sassi (fonte: Ufficio Sassi – censimento del 1973).

La Città dei Sassi presenta anche testimonianze di neviere, anch'esse strutture ipogee, in cui venivano prodotti e/o immagazzinati il ghiaccio e la neve prelevata dai tetti e dalle strade ammassandola all'interno dall'alto; ad intervalli si disponevano strati di paglia come isolante. Il ghiaccio prodotto dalla neve era conservato anche fino all'inverno successivo; era utilizzato ad uso domestico e/o venduto a rotoli. La neviera (*Fig. 11.B*), che si vede in, ubicata nel sito del Purgatorio Vecchio ha un'altezza di 4 metri ed una circonferenza di 3,50 metri. L'altra neviera riportata che si trova in Vico Solitario ha invece dimensioni maggiori (*Fig. 11.A*).

Un'ulteriore testimonianza di sistema di accumulo presente nelle aree agricole circostanti della Murgia Materana è la cisterna a tetto. Essa, all'apparenza può sembrare una casa semisepolta, in realtà è un ingegnoso sistema per carpire le infiltrazioni del sottosuolo e la condensa naturale dovuta alle differenze di temperatura. Sul tetto è presente il pozzo, dal quale l'acqua è fatta fluire in vasche per l'abbeveraggio degli animali (*Fig. 12*).

5. LA DISPONIBILITÀ IDRICA DEL SISTEMA DELLE CISTERNE

Al fine di valutare le disponibilità idriche legate al sistema integrato di cisterne presenti nella Città dei Sassi è stato simulato il comportamento delle singole cisterne per ricostruire la capacità di accumulo di risorsa idrica durante un anno idrologico medio. Le cisterne su cui sono stati redatti i bilanci idrici sono: la cisterna a campana di tipo piccolo con volume massimo di 10 m^3, una cisterna a campana di dimensioni medie con un volume di 50 m^3, il sistema del Palombaro Lungo che nel complesso presenta un volume di circa 5000m^3 ed il Palombaro del Caveoso di circa 1300 m^3.

Le simulazioni sono state eseguite con un volume iniziale pari a 50% del volume totale, ipotizzando una derivazione costante da ciascuna cisterna e tenendo conto degli sfiori. In tal modo, è stato ricostruito l'andamento dei volumi invasati su ciascuna tipologia di cisterna ed il volume derivabile complessivamente da ciascuno di questi sistemi di accumulo lavorando su una serie di precipitazioni giornaliere con un valore totale prossimo alla piovosità media annuale di 540mm/anno. Le fluttuazioni del volume accumulato relativamente alle cisterne dei quattro

Figura 12 - Esempio di cisterna a tetto sulla Murgia di Matera: vista esterna.

tipi considerati è riportate a titolo di esempio in *Figura 13*. Qui è possibile osservare una discreta stabilità nei volumi invasati ai due grandi serbatoi. I numerosi episodi di sfioro producono ricarica per le cisterne minori.
Il numero complessivo di cisterne private è stato determinato dai rilievi compiuti su aree campione del Sasso Caveoso: trattasi di circa 2039 cisterne a campana piccole mentre il numero complessivo di cisterne è pari a circa 2210 tenendo conto delle circa 170 cisterne di vicinato e dei due Palombari. Assunto per le cisterne piccole mediamente un volume di 10 m^3, le cisterne di vicinato 50 m^3; e infine i Palombari 5000 e 1300 m^3, è possibile stimare i volumi d'acqua mediamente derivabile dal sistema di cisterne integrato presente nei Sassi. La stima è riportata nella *Tabella I*. L'insieme delle piccole cisterne costituiva il più efficace sistema di accumulo di risorsa idrica con 116142 m^3 derivabili annualmente; il Palombaro Lungo garantiva circa 52600 m^3; e contributi inferiori ma non trascurabili erano garantiti dalle cisterne di vicinato e dal Palombaro piccolo.
Considerato il numero di persone servite (secondo l'ISTAT la popolazione residente era di circa 18000 abitanti nel 1927) e il numero di cisterne presenti nei Sassi è possibile stimare una dotazione idrica per abitante pari a circa 32 l/ab g.

TABELLA - Valutazione complessiva sulle disponibilità idriche legate al sistema di accumulo della città di Matera

Tipologia di Cisterna	Volume medio cisterna (m^3)	Volume Annuo sfruttabile (m^3)	N. Cisterne	Totale (m^3)
Campana piccola	10	56	2039	116142
Campana media di vicinato	50	189	170	32,242
Sistema di Cisterne del Palombaro Lungo	5000	52623	1	52623
Palombaro del Sasso Caveoso	1300	13640	1	13640
Totale	35190	66510	2211	214648

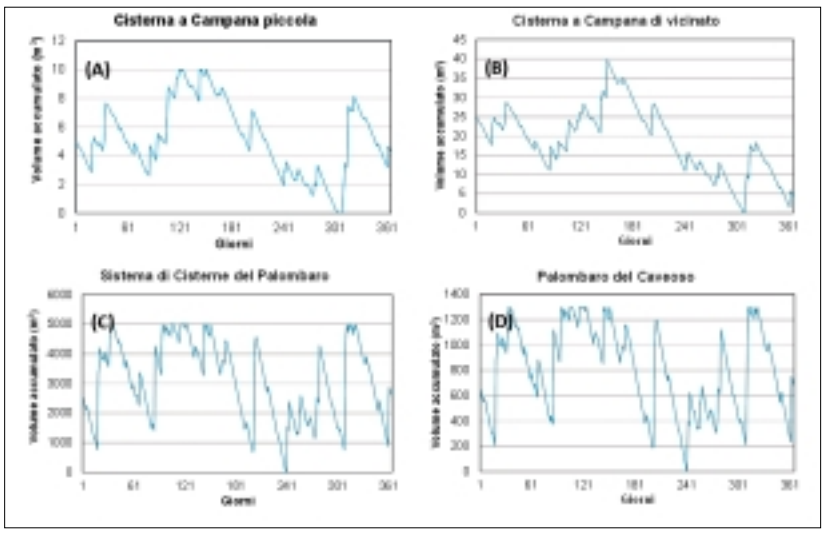

Figura 13 - Variazione di volume idrico simulato durante un anno medio nelle cisterne dei quattro tipi considerati.

6. CONCLUSIONI

I Sassi di Matera costituiscono un perfetto sistema di raccolta volto per imbrigliare l'acqua in ogni sua forma. I numerosi ipogei, le cisterne e i palombari sono parte integrante di questo sistema; nel centro storico permangono numerose tracce di questo impianto che rappresenta un mirabile esempio di adattamento dell'uomo a condizioni ambientali difficili. Lo sviluppo urbano della città antica è stato fortemente condizionato e legato al tema della gestione della risorsa idrica. Il sistema idrico di accumulo garantiva una disponibilità media annuale di oltre 210000m^3 di acqua che rappresentavano una disponibilità appena sufficiente per le esigenze sanitarie di

una popolazione di circa 18000 abitanti (con una dotazione idrica di poco superiore ai 30 l ab/g). Le limitazioni indotte dalle risorse contingentate sono state rapidamente superate con l'arrivo delle grandi infrastrutture che hanno avviato una nuova fase di modernizzazione e crescita di Matera. Oggi questo patrimonio rimane a memoria di un sistema di adattamento dell'uomo a condizioni fisiche e climatiche difficili che affascina per come la tecnica e l'ingegno hanno comunque trovato soluzioni al problema della gestione delle risorse idriche. Questo modello di città oggi potrebbe essere riconsiderato, alla luce delle nuove tecniche di gestione delle acque, per realizzare città più resilienti.

BIBLIOGRAFIA

Boenzi F., Radina B., Ricchetti G., Valduga A., 1971. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, Foglio 201: Matera. Min. Ind., Com. e Art. Serv. Geo. Naz., Ed. N. Tec. Graf., Roma.

Camerini V., Lionetti G., 1995. *Villaggi trincerati neolitici negli agri di Matera – Santeramo*, Laterza, Matera, Grafiche Paternoster.

Copeti A., 1982. *Notizie della città e di cittadini di Matera*, B.M.G., pp. 59-60.

Gattin G., 1912. *Efemeridi e cronache materane*, Matera, Tipografia Commerciale, 1912, p.74.

Laureano P., 1993. *Giardini di Pietra, i Sassi di Matera e la civiltà mediterranea*, Bollati Boringhieri, Torino.

Laureano P., 1999. Acqua e insediamenti umani: l'ecosistema dei Sassi di Matera, *Atti del I Forum 428 Internazionale "Iniziative europee per combattere la desertificazione nel bacino del Mediterraneo*", Matera luglio 1997, in Azioni italiane a sostegno della Convenzione delle Nazioni Unite per Combattere la Desertificazione, Ministero dell'Ambiente – UNCCD, ed. italiano e inglese.

Laureano P., 2012. *Iscrizione alla Lista del Patrimonio Mondiale, Comune di Matera, I Sassi e il 432 Parco delle chiese rupestri. Verso il Piano di gestione del sito UNESCO*, Matera.

Ridola D., 1906. *Le origini di Matera*, Unione cooperativa editrice, p.10.

Ridola D., 1926. *Le grandi trincee preistoriche di Matera: la ceramica e la civiltà di quel tempo*, p. 435 83. 436

Verricelli E., 1987. *Cronica de la Citta_ di Matera nel Regno di Napoli (1595 e 1596)*, a cura di Maria Moliterni, Camilla Motta, Mauro Padula, Matera, BMG, pp. 100-101.

Centro storico della città di Matera.