

Estratto da:

OPERA IPOGEA

Journal of Speleology in Artificial Cavities

1-2 / 2020



IX Convegno Nazionale di Speleologia in Cavità Artificiali (Palermo) - 20 Marzo 2020

A cura di C. Galeazzi & P. Madonia



Rivista della Società Speleologica Italiana

Commissione Nazionale Cavità Artificiali



ISSN 1970-9692



IX CONVEGNO NAZIONALE SPELEOLOGIA IN CAVITÀ ARTIFICIALI

(Palermo) - 20 Marzo 2020



ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA
Sezione di Palermo

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO



Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare



Federazione
Speleologica
Regionale Siciliana

HYPOGEEA



IX Convegno Nazionale di Speleologia in Cavità Artificiali

(Palermo) 20 Marzo 2020

SOCIETÀ SPELEOLOGICA ITALIANA (SSI)
COMMISSIONE NAZIONALE CAVITÀ ARTIFICIALI (CNCA)

Comitato organizzatore

Paolo Madonia (Presidente)

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Palermo; CNCA SSI

Carla Galeazzi

Egeria Centro Ricerche Sotterranee, Roma; Hypogea; CNCA SSI

Michele Betti

Commissione Nazionale Cavità Artificiali della Società Speleologica Italiana

Marcello Panzica La Manna

Società Speleologica Italiana

Elena Alma Volpini

Hypogea Ricerca e Valorizzazione Cavità Artificiali

Enti Promotori

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Università degli Studi di Palermo, Dip.di Scienze della Terra e del Mare

Società Italiana di Geologia Ambientale

Hypogea Ricerca e Valorizzazione Cavità Artificiali

Patrocini istituzionali

Federazione Speleologica Regionale Siciliana

Comitato Scientifico

Michele Betti

CNCA SSI

Roberto Bixio

Centro Studi Sotterranei, Genova; CNCA SSI

Vittoria Caloi

Egeria Centro Ricerche Sotterranee, Roma; CNCA SSI

Marianna Cangemi

Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare

Andrea De Pascale

Direttore Editoriale Opera Ipogea; Centro Studi Sotterranei, Genova; CNCA SSI

Sossio Del Prete

CNCA SSI

Carla Galeazzi

Egeria Centro Ricerche Sotterranee, Roma; Hypogea; CNCA SSI

Carlo Germani

Egeria Centro Ricerche Sotterranee, Roma; Hypogea; CNCA SSI

Giuliana Madonia

Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare

Massimo Mancini

Università degli Studi del Molise, Campobasso; CNCA SSI

Mario Parise

Università Aldo Moro, Dipartimento Scienze della Terra e Geoambientali, Bari

Stefano Saj

Direttore Responsabile Opera Ipogea; Centro Studi Sotterranei, Genova; CNCA SSI

Pietro Todaro

Società Italiana di Geologia Ambientale

Marco Vattano

Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare

- pag. 9 **Prefazione**
Carla Galeazzi, Paolo Madonia

OMAGGIO ALLA CITTÀ DI PALERMO E A SANTA ROSALIA SUA PATRONA

- pag. 13 **Le più antiche mappe geografiche del sottosuolo. Le incisioni dei rilievi delle grotte di Santa Rosalia a Palermo e a Santo Stefano Quisquina (Agrigento)**
The oldest underground geographical maps. The engravings of the maps of the caves of Santa Rosalia in Palermo and in Santo Stefano Quisquina (Agrigento province, Sicily, Italy)
Massimo Mancini, Paolo Forti

ANTICHE OPERE IDRAULICHE, SISTEMI DI RACCOLTA DELLE ACQUE METEORICHE

- pag. 29 **Attualità dei sistemi idrici ipogei di raccolta delle acque piovane**
Modernity of rain harvesting underground systems
Paolo Madonia, Marianna Cangemi, Ygor Oliveri
- pag. 35 **La pratica dei sistemi d'acqua sotterranei "ingruttati" nella Piana di Palermo e analisi della terminologia di riferimento**
The practice of the underground water systems *ingruttati* of the Piana di Palermo (Sicily, Italy) and analysis of reference terminology
Pietro Todaro
- pag. 45 **Il qanat di Villa Riso (Palermo, Sicilia)**
The Villa Riso *qanat* (Palermo, Sicily, Italy)
Giuseppe Avellone, Marco Vattano, Giuliana Madonia, Cipriano Di Maggio
- pag. 53 **Indagini preliminari sui sistemi di approvvigionamento idrico nell'area dell'Insula I di Capo Boeo (Marsala, Sicilia occidentale)**
Preliminary investigations on water supply systems in the *Insula I* area of Capo Boeo (Marsala, Western Sicily, Italy)
Laura Schepis, Pietro Valenti, Marco Vattano
- pag. 59 **Paolazzo: un acquedotto a tre strati (Noto - Canicattini Bagni, Siracusa)**
Paolazzo: a three layers aqueduct (Noto - Canicattini Bagni, Siracusa province, Italy)
Paolo Cultrera, Luciano Arena
- pag. 67 **Antiche strutture di trasporto idrico nel sottosuolo etneo (Catania, Sicilia)**
Ancient water pipes in Etna's underground (Catania province, Sicily, Italy)
Gaetano Giudice, Francesco Politano, Alfio Cariola

- pag. 75 **Indagini speleologiche preliminari sui sistemi di approvvigionamento idrico di acque meteoriche nell'area dell'ex ospedale psichiatrico di Agrigento (Sicilia)**
Preliminary speleological investigations on the water supply systems of rainwater in the area of the former psychiatric hospital in Agrigento (Sicily, Italy)
Giuseppe Lombardo, Giovanni Noto, Marco Interlandi, Elisabetta Agnello, Eugenio Vecchio, Giovanni Buscaglia
- pag. 83 **Roma: la valle del Velabro, il Tevere e il canale idraulico dei Tarquini prima della Cloaca Massima**
Rome: the Velabrum valley, the Tiber and the Tarquini's hydraulic canal before the Cloaca Maxima
Elisabetta Bianchi, Piero Bellotti
- pag. 91 **Sedici ponti-acquedotto romani appartenenti ai quattro acquedotti anienesi siti tra Galliciano nel Lazio, San Gregorio da Sassola e San Vittorino di Roma (Roma, Lazio)**
Sixteen Roman aqueduct-bridges belonging to the four Anienesi aqueducts located between Galliciano nel Lazio, San Gregorio da Sassola and San Vittorino di Roma (Roma province, Latium, Italy)
Luigi Casciotti
- pag. 101 **Sistema di drenaggio artificiale dei bacini vulcanici Albano e Turno (Lazio): analisi delle modificazioni nel corso dei secoli**
Artificial drainage system of the volcanic basin of Albano and Turno (Latium, Italy): analysis of the modifications of the hydraulic environment over the centuries
Carlo Germani, Carla Galeazzi, Vittoria Caloi, Sandro Galeazzi
- pag. 109 **Anagni (Frosinone, Lazio): antichi sistemi di captazione delle vene d'acqua sotterranee, loro canalizzazione e immagazzinamento**
Anagni (Frosinone province, Latium, Italy): ancient collection systems of underground water veins, their ducting and storage
Mara Abbate, Carla Galeazzi, Carlo Germani, Andreas Schatzmann, Elena Alma Volpini
- pag. 119 **L'approvvigionamento idrico nelle aree vulcaniche dei Monti Cimini (Viterbo, Lazio) nell'antichità: nuove acquisizioni**
Water supply in volcanic areas of Cimini Mountains (Viterbo province, Latium, Italy) during ancient times: new data
Andrea Sasso, Gabriele Trevi
- pag. 129 **Nuovi ritrovamenti e studio del tracciato dell'Acquedotto Augusteo che costeggia il versante occidentale della collina di Posillipo (Napoli, Campania)**
New discoveries and research of the route of the Augustan aqueduct that follows the western slopes of the Posillipo hill (Naples, Campania, Italy)
Mauro Palumbo, Mario Cristiano, Luigi De Santo, Marco Ruocco
- pag. 137 **Aqua Augusta Campaniae: il doppio speco di via Olivetti (Pozzuoli, Napoli)**
Aqua Augusta Campaniae: the twin channels in Olivetti road (Pozzuoli, Naples province, Italy)
Graziano Ferrari, Raffaella Lamagna, Elena Rognoni
-

- pag. 145 Parco delle terme di Baia (Bacoli, Napoli): le cisterne del settore dell' *Ambulatio***
Baia baths archaeological Park (Bacoli, Naples province, Italy): the water tanks in the *Ambulatio* sector
Graziano Ferrari, Daniele De Simone, Raffaella Lamagna, Elena Rognoni
- pag. 153 Le monumentali neviere del Materano (Basilicata)**
The majestic ice-houses in the Matera area (Basilicata, Italy)
Raffaele Paolicelli, Francesco Foschino, Angelo Fontana
- pag. 159 Il censimento degli antichi acquedotti della provincia di Bologna**
Ancient aqueducts in the Bologna province (Italy): preliminary list
Danilo Demaria
- pag. 169 Il sistema di intercettazione e accumulo delle acque meteoriche nell'abitato rupestre della morgia di Pietravalle a Salcito (Campobasso, Molise)**
The system of interception and accumulation of rainwater in the cave settlement of the morgia of Pietravalle in Salcito (Campobasso province, Molise, Italy)
Carlo Ebanista, Andrea Capozzi, Andrea Rivellino, Fernando Nobile, Massimo Mancini
- pag. 179 Opere idrauliche a scopo di bonifica nel territorio Salentino (Puglia)**
Hydraulic works for land reclamation in Salento (southern Apulia, Italy)
Marcello Lentini, Mario Parise, Francesco De Salve
- pag. 187 Acquedotti romani in Sardegna, sintesi delle conoscenze e prospettive esplorative**
Roman aqueducts in Sardinia (Italy), synthesis of knowledge and exploration perspectives
Pier Paolo Dore, Marco Mattana
- pag. 197 L'antico acquedotto della seicentesca Fonte Cesia in Todi**
The ancient aqueduct of the 1600's Fonte Cesia in Todi (Perugia province, Italy)
Maurizio Todini

MONITORAGGIO E PREVENZIONE, CENSIMENTI E CATALOGAZIONE

- pag. 207 Strumentazione geofisica in cavità artificiali per il monitoraggio sismico e per lo studio di precursori sismici**
Geophysics instrumentation in artificial cavities for seismic monitoring and for the study of seismic precursors
Paolo Casale, Adriano Nardi, Alessandro Pignatelli, Elena Spagnuolo, Gaetano De Luca, Giuseppe Di Carlo, Marco Tallini, Sandro Rao
- pag. 215 Individuazione di cavità attraverso tomografie elettriche e sismiche**
Cavity detection using seismic refraction and electrical resistivity tomographies
Alessandra Carollo, Patrizia Capizzi, Raffaele Martorana, Marco Vattano
- pag. 221 Applicazione di una procedura per la valutazione della suscettibilità a crolli di cavità artificiali**
Implementing a procedure for the assessment of the susceptibility to collapse in artificial cavities
Antonio Gioia, Mario Parise

- pag. 229 Modello geologico tridimensionale del sottosuolo e dello sviluppo delle cavità in un'area fortemente urbanizzata della Campania settentrionale**
3D geological underground model and artificial caves development in a northern Campania highly urbanized area (Italy)
Daniela Ruberti, Paolo Maria Guarino, Salvatore Losco, Marco Vigliotti
- pag. 237 Le cavità nel sottosuolo del territorio di Sant'Arpino (Caserta, Campania): catalogazione in ambiente GIS**
The underground cavities in the territory of Sant'Arpino (Caserta province, Campania, Italy): a GIS-based register
Marco Vigliotti, Luca Dell'Aversana, Daniela Ruberti
- pag. 245 Cavità artificiali nel centro storico di Ginosa (Taranto, Puglia) e relative problematiche di dissesto geo-idrologico**
Artificial cavities in the historical center of Ginosa (Taranto province, Apulia, Italy) and related geo-hazard issues
Mario Parise
- pag. 253 Cavità artificiali nel Parco di Portofino (Genova, Liguria): censimento e classificazione**
Artificial cavities in Portofino Park (Metropolitan City of Genoa, Liguria, Italy): inventory and classification
Francesco Faccini, Lara Fiorentini, Martino Terrone, Luigi Perasso, Stefano Saj
- pag. 263 Le cavità antropiche di Gravina in Puglia (Bari, Puglia): aspetti storici e geotecnici**
Historical and geotechnical aspects of the artificial caves in the urban settlement of Gravina in Puglia (Bari province, Apulia, Italy)
Alessandro Parisi, M. Dolores Fidelibus, Valeria Monno, Michele Parisi, Natale Parisi, Vito Specchio, Giuseppe Spilotro

OPERE INSEDIATIVE CIVILI, ESTRATTIVE, BELLICHE E DI TRANSITO

- pag. 275 Il complesso rupestre della Théotokos Kilise (Göreme, Cappadocia, Turchia)**
The Théotokos Kilise rupestrian complex (Göreme province, Cappadocia, Turkey)
Carmela Crescenzi
- pag. 285 Riscoperta di alcuni ipogei artificiali nel Comune di Sutera (Caltanissetta, Sicilia centrale)**
Re-discovery of some man-made cavities in the Sutera Municipality (Caltanissetta province, central Sicily, Italy)
Marco Vattano, Nino Pardi, Antonio Domante, Pietro Valenti, Giuliana Madonna
- pag. 293 Sistemi ipogei di Massa Martana (Perugia) in Umbria. Indagini preliminari**
Hypogeal systems at Massa Martana in Umbria (Perugia province, Italy). Preliminary investigations
Giulio Foschi, Gianluigi Guerriero Monaldi, Virgilio Pendola

- pag. 303 Insedimenti rupestri dell'Alto Crotonese (Calabria)**
Cave settlements in the "Alto Crotonese" (Crotona province, Calabria, Italy)
Felice Larocca, Francesco Breglia, Katia Rizzo
- pag. 311 Molarice, la miniera dimenticata (Schilpario, Bergamo)**
Molarice, the forgotten mine (Schilpario, Bergamo province, Italy)
Giovanni Belvederi, Maria Luisa Garberi, Guglielmo Sarigu
- pag. 321 Le latomie ipogee del Plemmirio (Siracusa, Sicilia sud-orientale)**
The hypogean Quarries of *Plemmirio*, (Siracusa, South-eastern Sicily, Italy)
Luciano Arena, Corrado Marziano
- pag. 329 Le cave di "ghiara" nella provincia di Catania: aggiornamenti su recenti rinvenimenti (Catania e Pedara, Sicilia)**
"Ghiara" quarries in Catania province: news on recent discoveries (Sicily, Italy)
Gaetano Giudice, Francesco Politano, Alfio Cariola
- pag. 337 Le gallerie della ferrovia dimenticata che collegava Sasso Marconi a Lagaro (Bologna) e il più importante sito strategico italiano della Seconda Guerra Mondiale**
The tunnels of the forgotten railway Sasso Marconi-Lagaro (Bologna province, Italy) and the most important Italian strategic site in the Second World War
Danilo Demaria
- pag. 347 The underground shelters of Kanlısivri Mevkii in Göreme (Cappadocia, Turkey)**
I rifugi sotterranei di Kanlısivri Mevkii in Göreme (Cappadocia, Turchia)
Pierre Lucas, Roberto Bixio
- pag. 357 Ritrovamento di un ricovero antiaereo dell'isola di Malta. Quadro comparativo con i ricoveri antiaerei di Napoli (Campania)**
New discovery and research of an air-raid shelter in Malta island. Comparison with the air-raid shelters of Naples (Campania, Italy)
Mauro Palumbo, Mario Cristiano, Serena Russo, Marco Ruocco
- pag. 365 I rifugi antiaerei di Porto Torres (Sassari, Sardegna)**
The Porto Torres air-raid shelters (Sassari province, Sardinia, Italy)
Pier Paolo Dore, Eleonora Dallochio
- pag. 373 Indice per autori**
-

OPERA IPOGEA

*Memorie della Commissione Nazionale Cavità Artificiali
www.operaiipogea.it*

Semestrale della Società Speleologica Italiana

Anno 22 - Numero 1/2 - Gennaio/Dicembre 2020

Autorizzazione del Tribunale di Bologna n. 7702 dell'11 ottobre 2006

Proprietario:

Società Speleologica Italiana

Direttore Responsabile:

Stefano Saj

Direttore Editoriale:

Andrea De Pascale

Comitato di Redazione:

*Michele Betti, Vittoria Caloi, Sossio Del Prete,
Carla Galeazzi, Carlo Germani, Mario Parise*

Sede della Redazione:

*c/o Andrea De Pascale - Corso Magenta, 29/2 - 16125 Genova
andreadepascale@libero.it*

Comitato Scientifico:

*Roberto Bixio, Elena Calandra, Franco Dell'Aquila, Carlo Ebanista,
Angelo Ferrari, Nakiş Karamağarali (TR), Aldo Messina, Roberto Nini, Mario Parise,
Mark Pearce (UK), Fabio Redi, Stefano Saj, Jérôme Triôlet (FR), Laurent Triôlet (FR)*

Recensioni:

*Roberto Bixio - Via Avio, 6/7 - 16151 Genova
roberto_bixio@yahoo.it*

Composizione e impaginazione:

Fausto Bianchi, Enrico Maria Sacchi

Foto di copertina:

Immagini tratte dagli articoli del presente numero doppio della rivista

Foto quarta di copertina:

Immagini tratte dagli articoli del presente numero doppio della rivista

La rivista viene inviata in omaggio ai soci sostenitori e ai gruppi associati alla SSI

Prezzo di copertina:

Euro 40,00

Tipografia:

A.G.E. s.r.l.

Via della Stazione, 41

61029 Urbino (PU)

Tel. 0722 328756

**Il contenuto e la forma degli articoli pubblicati impegnano esclusivamente gli autori.
Nessuna parte della presente pubblicazione può essere riprodotta in alcun modo
senza il consenso scritto degli autori.**

La pratica dei sistemi d'acqua sotterranei "ingruttati" nella Piana di Palermo e analisi della terminologia di riferimento

The practice of the underground water systems *ingruttati* of the Piana di Palermo (Sicily, Italy) and analysis of reference terminology

Pietro Todaro

Riassunto

L'autore illustra nell'articolo i risultati di una ricerca sui sistemi d'acqua sotterranei tradizionali del Palermitano, descrivendoli nella loro evoluzione storica, funzionalità idrogeologica e idraulica. In questo contesto, sono presentati gli schemi concettuali dei principali sistemi d'acqua riscontrati. Si tratta di pratiche poco documentate e codificate da una tecnica idraulica scritta, tramandate soprattutto dalle testimonianze orali dei *picuniaturi* (cavatori di pozzi) e dai *funtaneri* o *mastri d'acqua* (praticanti e gestori dell'acqua). Questi furono in grado di rivisitare e adattare all'ambiente climatico e geologico della Piana di Palermo le conoscenze tecniche che arrivarono in Sicilia dall'antica Persia attraverso gli sviluppi storici e il dominio di Romani e Arabi. Solo di recente con l'analisi comparativa dei dati idrogeologico-idraulici e delle indagini speleo-topografiche, sistematici e coordinati, è stato possibile studiare e approfondire il meccanismo di funzionamento e definire in dettaglio i diversi tipi di sistemi cunicolari presenti nel sottosuolo, spesso indicati "tout court" col termine suggestivo di *qanāt*.

Parole chiave: *qanāt*, *ingruttati*, *pozzi allaccianti*, *testa d'acqua*.

Abstract

The author illustrates in this article the results of a research on traditional underground water systems of Palermo, describing them in their historical evolution, hydrogeological and hydraulic functionality. In this context, the conceptual schemes of the main water systems are presented. These practices are poorly documented and codified by a written hydraulic technique, handed down mainly through the oral testimonies of *picuniaturi* (miners of wells) and by *funtaneri* or *water mastri* (practitioners and water managers). These were able to revisit and adapt to the climatic and geological environment of the Piana di Palermo the technical knowledge that arrived in Sicily from ancient Persia through the historical developments and domination of Romans and Arabs. Only recently with the comparative analysis of hydrogeological-hydraulic data and of the speleo-topographic surveys, systematic and coordinated, it has been possible to study and deepen the mechanism of operation and to define in detail the different types of water galleries present in the subsoil, often indicated "tout court" with the suggestive term of *qanāt*.

Keywords: *qanats*, *ingruttati*, "connected wells" (*pozzi allaccianti*), *head of water*.

Introduzione

L'articolo espone i risultati di una ricerca condotta negli ultimi quindici anni su vari sistemi cunicolari della tradizione rurale palermitana, realizzati prevalentemente per l'uso irriguo, e diffusi in tutta la Piana di Palermo con una continuità d'uso secolare, fino alla fine del XIX secolo, quando s'incominciarono a perfo-

rare i pozzi d'acqua e usare macchine idrauliche a vapore e pompe meccaniche (a stantuffo) per l'estrazione delle acque di falda. Comunemente noti come *qanāt*, ma che nella voce siciliana tramandataci dai vecchi *piccuneri* e *mastri d'acqua*, erano chiamati genericamente *ingruttati*. Modesto si è rivelato il contributo della ricerca bibliografica e ancor meno quello proveniente dagli archivi, trattandosi di opere minori spes-

so prive di una documentazione cartografica e iconografica. Legate a un'economia contadina, esse hanno lasciato poche tracce significative perfino negli archivi notarili. L'esigua letteratura siciliana che si è occupata dell'attingimento delle acque sotterranee con tali sistemi cunicolari è limitata ad alcune pubblicazioni della seconda metà del XIX secolo, prevalentemente di tipo agronomico-idraulico e sanitario. Le conoscenze dell'epoca non consentivano di affrontare le analisi anche dal punto di vista idrogeologico elemento questo che avrebbe portato a un miglioramento dell'efficienza e del rendimento di queste opere. La prima descrizione scientifica pervenuta è quella del Comte De Gasparin, un agronomo erudito francese del '700 che definì per la prima volta gli *ingruttati* col termine "puits en étages", tradotto in italiano con l'espressione poco felice di "pozzi a ripiano". In accordo con De Gasparin (Le Comte De Gasparin, 1843) gli autori siciliani del XIX secolo usarono per identificare queste architetture sotterranee il termine di "pozzi a ripiano". In particolare Ferdinando Alfonso Spagna (Ferdinando Alfonso Spagna, 1877), illustre agronomo palermitano del XIX secolo, li descrive così: "pozzi a ripiano per allacciare le vene idriche fluenti attraverso la roccia pliocenica e condurle sopra terra. Essi, a dir così, convertono l'acqua, latente in acqua corrente intercettandone il corso in date zone, dove la differenza di livello del suolo permette che, sviate dalla loro giacitura naturale, vengano fuori "motu proprio" e senza mano d'opera". Non codificati da fonti scritte, questi sistemi furono tramandati soprattutto attraverso la tradizione orale dei *piccuneri* (o *piccuniaturi*) cavatori di pietra, e dei *funtaneri* (o *mastri d'acqua*), antichi praticanti esperti nella costruzione e gestione delle opere idriche, che hanno probabilmente rivisitato le conoscenze tecniche che in Sicilia provenivano dall'antica Persia, attraverso gli sviluppi storici e le dominazioni romane e arabe. Che la tradizione di scavare pozzi e *ingruttati* sia stata fortemente radicata fin dal medioevo nel Palermitano è attestata da un vasto repertorio di termini in uso nel linguaggio orale siciliano per distinguere le diverse funzioni che essi assumevano nella costruzione e scavo. Ad esempio i pozzi seriali dei cunicoli erano chiamati "puzzi ri luci", "puzzi r'annittari", "sbucciatura" e "spiragghi" se erano destinati a svolgere una funzione di servizio durante lo scavo per far luce e ventilare i cunicoli e, dopo lo scavo, per la manutenzione e la pulizia. Una chiara distinzione funzionale dal comune termine "puzzu d'acqua", che era destinato solamente all'attingimento. La voce "puzzi ri jectari" era utilizzata invece per indicare un "butto" cioè un pozzo non più utilizzato e trasformato in discarica. Il "pozzo madre" il primo e principale pozzo di attingimento dell'*ingruttato* era chiamato *testa d'acqua* e il suo ampliamento per accrescerne la sezione drenante produttiva, era detto *scammaratu*. Solo di recente attraverso un'analisi di lettura incrociata dei dati, basata sulla comparazione tipologica, idrogeologica e idraulica di una vasta serie di sistemi cunicolari direttamente indagati con rilievi speleo-topografici e geologici e, in parte, acquisiti dagli studi e rilievi precedenti, si è approfondito il livello di conoscenza e di conseguenza si sono

potute distinguere alcune tipologie d'*ingruttati* differenti nella struttura e nelle caratteristiche idrauliche in rapporto alle condizioni idrogeologiche al contorno e al loro uso specifico. Nel testo del presente lavoro si riportano e illustrano alcuni schemi d'*ingruttati*, indicati in pianta e sezione (tab. 1), che rappresentano per le loro peculiarità funzionali e idraulico-idrogeologiche una nuova caratterizzazione e sistemazione tipologica che qui si propone e che mira a distinguere soprattutto i sistemi *qanāt* dai "pozzi allacciati", non di rado ritenute strutture equivalenti.

Lineamenti geografici e geologici della Piana di Palermo

La pianura di Palermo ha un'estensione areale di circa 100 km² ed è caratterizzata da una uniforme morfologia e da un basso gradiente topografico che varia gradualmente da pochi metri sul livello del mare lungo la costa a poco meno di 100 metri nella fascia pedemontana. Gli affioramenti geologici delle montagne che circondano la pianura sono rappresentati da rocce carbonatiche mesozoiche (Carnico-Lias) che ricoprono in eccesso le formazioni terziarie (Oligocene-Miocene) costituite da argille e quarzareniti (Flysch Numidico) affioranti in limitate aree della pianura. Su questi terreni che compongono il substrato di tutta la pianura, si sovrappone la formazione delle "Calcareniti di Palermo" del Pleistocene (Calabriano), con spessori variabili da pochi metri a circa 100 m (Piana dei Colli-Resuttana), a formare lo scheletro della pianura palermitana, in una gradinata di terrazzamenti marini sub-orizzontali (fig. 1). Per quanto riguarda la piovosità, sebbene la media annuale a Palermo sia di 580 mm (dato Osservatorio Astronomico di Palermo), un valore elevato rispetto alle aree aride del Medio Oriente, dove i sistemi di *qanāt* sono storicamente molto diffusi, i valori delle precipitazioni medie per i mesi di giugno, luglio e agosto, importanti per l'irrigazione, sono solo sui 10 mm, al pari del Sahara centrale. Secondo la classificazione di Koppen, il clima della pianura palermitana può essere definito come "estate temperata, secca e calda, inverno fresco e piovoso". Secondo uno studio climatologico effettuato dall'Unità Agro-meteorologica della Regione Siciliana-Assessorato Agricoltura e Foreste, su dati relativi un intervallo temporale di trent'anni, la classica definizione di "clima temperato-umido" avrebbe un valore solamente macroclimatico, utile a distinguere, il clima siciliano da quello del "Medioriente" o dall' "Europa centrale".

Lineamenti idrogeologici

La ricchezza delle risorse idriche della pianura palermitana è rappresentata dalle acque sotterranee contenute nel terrazzo calcarenitico pleistocenico, che racchiude una serie di falde freatiche alimentate direttamente dalle piogge che cadono sulla pianura e, in misura maggiore, dal contributo indiretto dei flussi

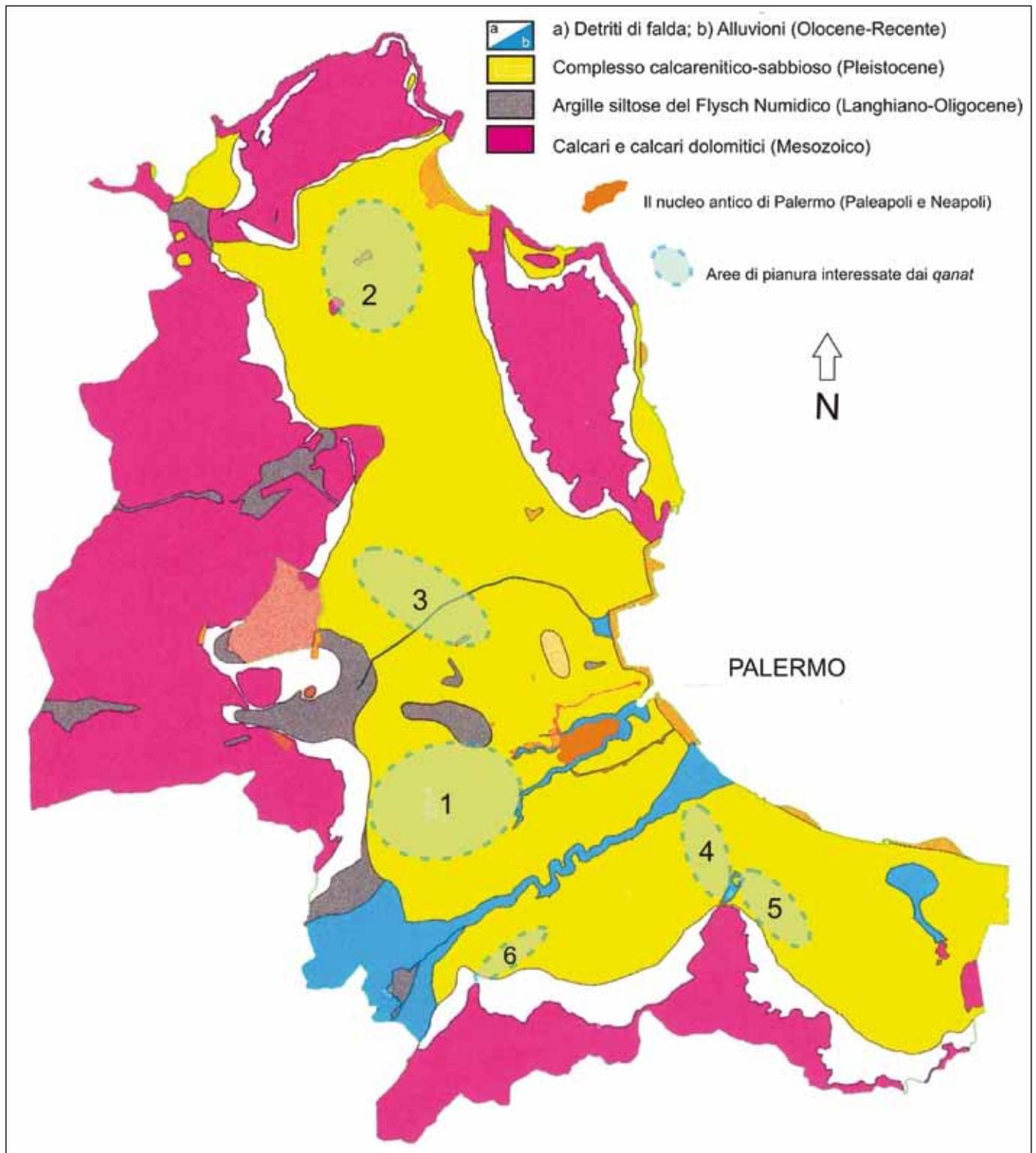


Fig. 1 – Carta geologica della piana di Palermo.

Fig. 1 – Geological map of the Palermo plain.

d'acqua sotterranei che traboccano dalle idrostrutture calcaree dei monti che la circondano (fig. 2). Questi costituiscono un enorme serbatoio e riserva, principalmente di tipo carsico, la cui potenzialità idrica media annua, è stata stimata pari a circa 50 milioni di metri cubi per anno (Regione Siciliana, Piano di Tutela delle acque, 2007). La favorevole struttura delle formazioni

calcareo-dolomitiche dei Monti di Palermo, costituite da intensi sistemi di discontinuità, è in grado di drenare le acque piovane di vari bacini sotterranei intercomunicanti, immagazzinarle in un acquifero profondo grazie alla presenza di un vasto e impermeabile substrato argillitico (Flysch Numidico), e riversarle lentamente nel terrazzo calcarenitico della stes-

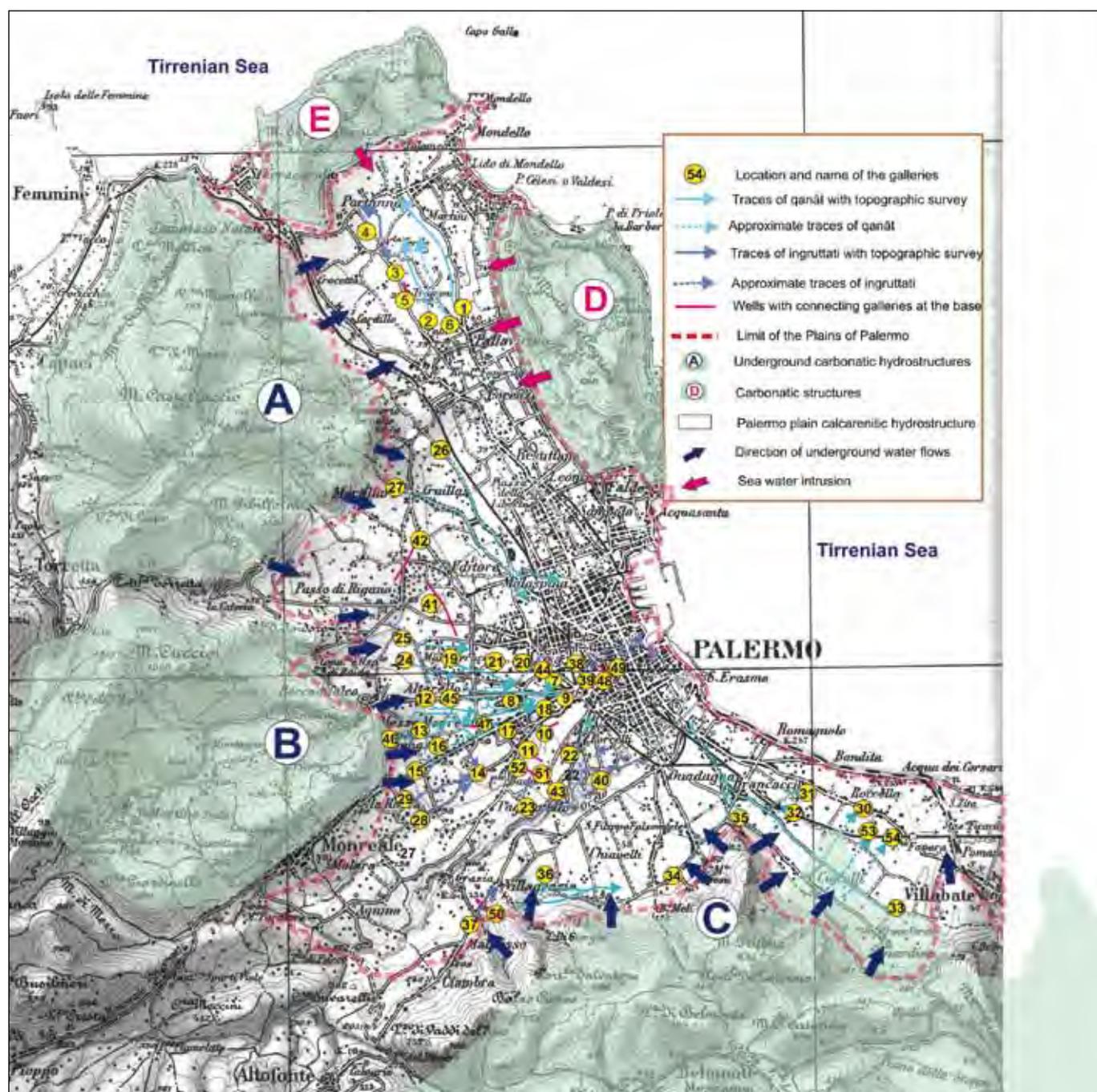


Fig. 2 – Carta dei sistemi d'acqua sotterranei tradizionali e schema idro-strutturale.

Fig. 2 – Map of traditional underground water systems and hydro-structural scheme.

sa pianura. Questa è caratterizzata pertanto da due falde acquifere: 1) una secondaria e superficiale che satura la formazione calcarenitica sabbiosa, riferibile al terrazzo pleistocenico, caratterizzato da una giacitura degli strati sub-orizzontale e una permeabilità idraulica per porosità, variabile 10^{-5} - 10^{-3} m/s ; 2) una principale, formata dalle rocce di substrato carbonatico (calcari e dolomie) che costituiscono un imponente idro-struttura altamente produttiva, in connessione con le catene montuose circostanti. Si tratta di rocce permeabili per cracking e morfologia carsica, con valori di permeabilità variabili di 10^{-1} - 10^{-3} m/s. Nella fig. 2 sono indicate con le lettere A, B, C, le principali idro-

strutture calcaree che forniscono il contributo idrico primario ai sistemi *qanāt* di Palermo. I corpi carbonatici D ed E (Monte Pellegrino e Monte Gallo) non costituiscono idro-strutture produttive per la pianura Nord di Palermo (Piana dei Colli): sono invece siti di intrusione marina a causa della loro struttura geologica che veicola flussi salmastri nell'entroterra.

Sistemi d'acqua tradizionali a Palermo

Sono di seguito illustrati, descritti e proposti con specifica terminologia, nella loro evoluzione e diffusio-

ne storica, gli schemi concettuali di funzionamento idraulico e idrogeologico dei principali sistemi idrici sotterranei, dai pozzi verticali con appendici cunicolari cieche ai sistemi *ingruttati*, rinvenuti e studiati in tutta la Piana di Palermo (Tab.1).

Pozzi a gallerie cieche

Nella lenta evoluzione dei pozzi d'acqua verticali, che hanno rappresentato il più antico metodo di sfruttamento delle falde freatiche come sorgenti artificiali sotterranee, una prima forma di miglioramento della loro efficienza e capacità idraulica si raggiunse con la creazione dei cosiddetti "pozzi a gallerie cieche". Essi erano realizzati scavando dal fondo del pozzo uno o due brevi tunnel ciechi, "a forbice" o opposti e paralleli, di lunghezza pari a 5-10m, orientati secondo l'esperienza dei *picuniaturi*, nella direzione delle "vene d'acqua", evidenziate da piccole sezioni di roccia in cui apparivano stillicidi a livello macroscopico (Tab. 1/c). Con questa tecnica la sezione generale di drenaggio del pozzo era ampliata, consentendo l'intercettazione di un flusso d'acqua maggiore nell'unità di tempo, aumentando così la portata e lo stoccaggio, riducendo inoltre gli effetti negativi delle fluttuazioni stagionali nella falda freatica. Alla base del pozzo si creava spesso un ampliamento come una piccola camera la cui forma geometrica era definita dalle caratteristiche litologiche della roccia, spesso con una sagoma in pianta sub-quadrata. Questo piccolo ambiente, noto con la voce dialettale *scammaratu*, aveva la funzione di aumentare ulteriormente lo stoccaggio e la disponibilità di acqua quotidiana.

Pozzi "allacciati"

All'inizio del XIX secolo con la diffusione delle 'ruote idrauliche' metalliche (ferro e ghisa), note come *noria* Gattaux, che rapidamente sostituirono la medievale *senia* (dall'etimo arabo <sanīya), descritta da Ugo Falcando (Falcando, 1723) si migliorò notevolmente lo sfruttamento delle acque sotterranee per due ragioni: 1) si rendeva possibile prelevare l'acqua a una profondità maggiore, fino a 20-30 m (contro i 10-12 m della *senia*), intercettando falde freatiche più profonde, fino allora inesplorate; 2) si migliorava la portata idraulica, aumentando il flusso d'acqua in superficie, fino a oltre 5 litri/s. Nello stesso periodo i *picuniaturi* di Palermo riuscirono a migliorare ulteriormente la produttività, scavando gallerie che collegavano diversi pozzi tra loro alla loro base, quando raggiungevano la falda idrica, e per tale motivo furono chiamati "pozzi allacciati", pozzi collegati (Tab. 1/d). In uno dei pozzi, considerato il "pozzo principale", veniva inserito il dispositivo della *noria* Gattaux, consentendo in questo modo maggiori e continui prelievi d'acqua nel tempo. Di conseguenza, nella pianura palermitana furono realizzate tenute agricole e coltivazioni del terreno sempre più estese e redditizie. Una coppia di cavalli (o di buoi) garantiva il movimento di rotazione della "ruo-

ta idraulica" senza interruzioni, giorno e notte. Per i dispositivi più piccoli, era sufficiente una sola bestia (spesso un asino). La grande diffusione di questi pozzi si ha alla fine del XIX secolo quando entrano in funzione le macchine a vapore e le pompe a stantuffo.

Qanāt ciechi o non emergenti

Il sistema idrico sotterraneo definito *qanāt* cieco o non emergente è una variante delle gallerie di drenaggio emergenti (*qanāt*), l'unica differenza consiste nello sbocco finale in un pozzo poco profondo (tab.1/b) anziché alla superficie del suolo. In questo caso l'acqua veniva estratta da sistemi a ruota idraulica (*senia*, *noria*) o più recentemente con una pompa idraulica. Generalmente i cunicoli sotterranei che abbiamo studiato non superano i 500 m di lunghezza (una distanza che era vincolata dai confini catastali del terreno) e si trovano in aree caratterizzate da una pendenza molto bassa (1-3%, più raramente 5-8%), dove la falda non era molto profonda (circa 10 m). Gallerie di questo tipo sono state trovate in varie parti della pianura palermitana come Piana dei Colli: Scalea I, Scalea II, Villa Raffo e nella pianura meridionale di Palermo (Olivuzza, Fossa della Garofala).

I qanāt

A differenza degli antichi acquedotti greci e romani che avevano la funzione di trasportare le acque superficiali di bacini lacustri o fluviali e sorgenti, fino al recapito e alla distribuzione finali, i sistemi *qanāt* sfruttano unicamente le acque sotterranee di falda che sono captate, drenate, raccolte e, allo stesso tempo, trasportate in superficie per gravità (tab.1/a). La loro funzione principale è stata l'irrigazione e in secondo luogo l'uso potabile, ma hanno avuto anche un uso energetico per movimentare i mulini ad acqua medievali lungo la valle del Papireto (Todaro *et al.*, 2020). In sintesi i *qanāt* si possono definire gallerie drenanti emergenti di pianura, in rapporto alla loro pendenza inferiore rispetto a quella del terreno e, pertanto, creano allo sbocco fonti artificiali, dette *scaturigini*. Lo stoccaggio dell'acqua del *qanāt* ai fini irrigui avveniva in una vasca, chiamato "gebbia" (<arabo = *Ġābyia*), bassi e poderosi serbatoi in muratura, di forma quadrata, che venivano collegati a un canale *saia* (<arabo = *saqiya*) di superficie. Le acque dei *qanāt* utilizzate ai fini potabili erano di norma raccolte in vasche interrate, di laminazione e distribuzione, coperte a *dammuso*¹, denominate *ricettacoli*. La lunghezza massima indicata dalle fonti scritte si aggirerebbe per la Piana di Palermo sui 2 Km (ad esempio il *qanāt* Di Maio dalla località Cruillas, raggiunge con lo sbocco Villa Santantimo-Isnello). La più alta densità di *qanāt* si ritrova nella parte occidentale della città, nelle zone di

¹ Copertura a volta, *dammuso* nella voce originaria siciliana.

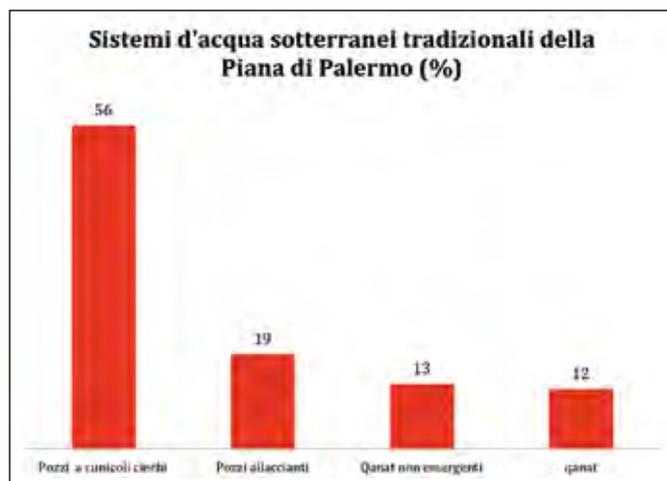


Fig. 3 – Distribuzione percentuale dei sistemi d'acqua tradizionali della piana di Palermo.

Fig. 3 – Percentage distribution of traditional water systems of the Palermo plain.

Mezzomonreale, Villa Tasca, Cuba e Olivuzza. Questi *qanāt* hanno uno sviluppo lineare, che varia da 500 a 1000 m, spesso articolato in diversi rami secondari e appendici, la cui profondità normalmente non supera i 20 m; tra questi il *qanāt* Scibene e il *qanāt* Danisinni. In località Casa Micciulla è ancora attivo il *qanāt* Gesuitico Alto realizzato all'inizio del XVI secolo, che si sviluppa su tre livelli di approfondimento e con diversi rami di produzione che ancora oggi possono superare i 30 litri/s. Le sue acque intercettate nella "testa d'acqua" di Case Micciulla, sono distribuite ai contadini della zona per irrigare i sopravvissuti agrumeti. A differenza dei moderni pozzi perforati, che a lungo termine possono esaurire irreversibilmente le riserve idriche, i *qanāt* rispettano gli equilibri naturali sfruttando le acque sotterranee con minori prelievi rispetto ai contributi meteorici annuali, e pertanto nei limiti stagionali di ricarica.

Per quanto riguarda la diffusione di questi caratteristici sistemi d'irrigazione, da un primo sondaggio statistico condotto su un campione di 100 casi esaminati (fig. 3), risulta che i "pozzi con gallerie cieche" siano i più diffusi (56%), a seguire i *pozzi allaccianti* (19%), *ingruttati* (13%), quindi i sistemi *qanāt*, la cui percentuale si è rivelata piuttosto modesta (12%).

Gallerie di drenaggio emergenti pedemontane

Le condizioni di deficit idrico estivo, dovute al particolare clima della Piana di Palermo, caratterizzato da inverni piovosi e lunghi periodi di siccità (maggio-settembre) e l'insufficienza delle sorgenti e dei bacini e corsi d'acqua perenni, utilizzabili per l'irrigazione (Wadi Abbas-Oreto incassato in una profonda valle,

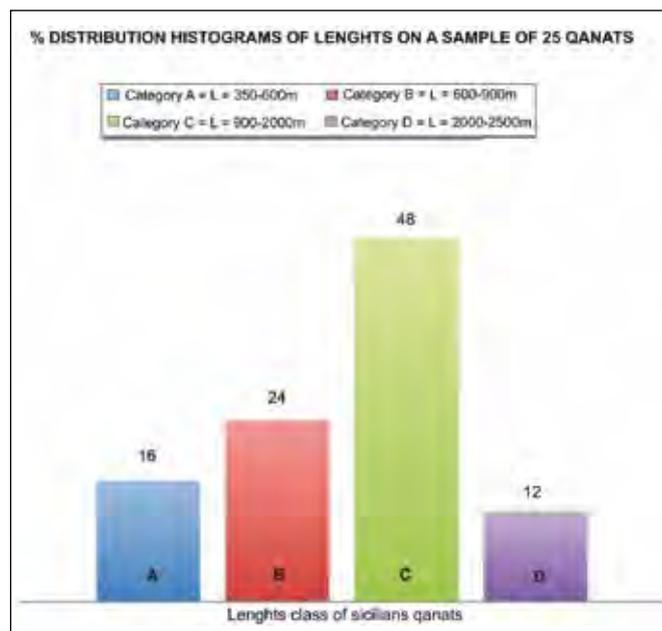


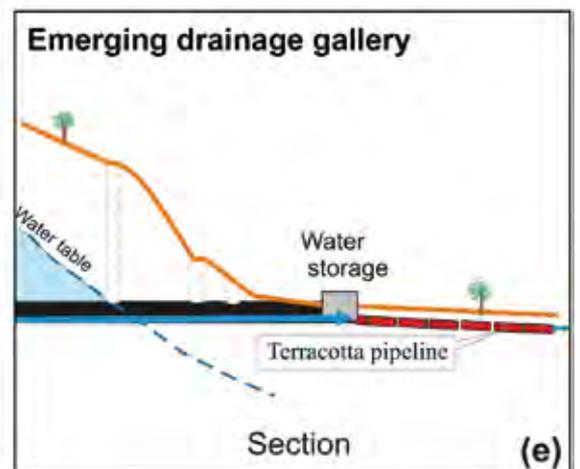
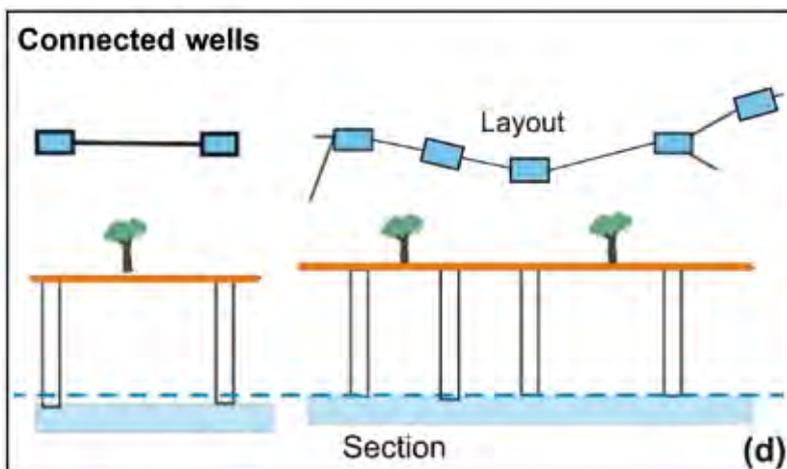
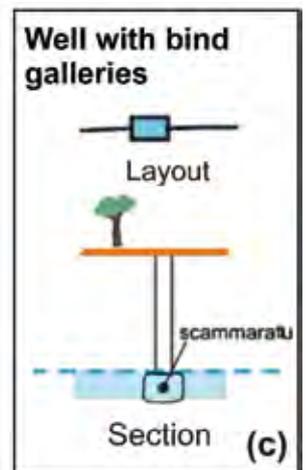
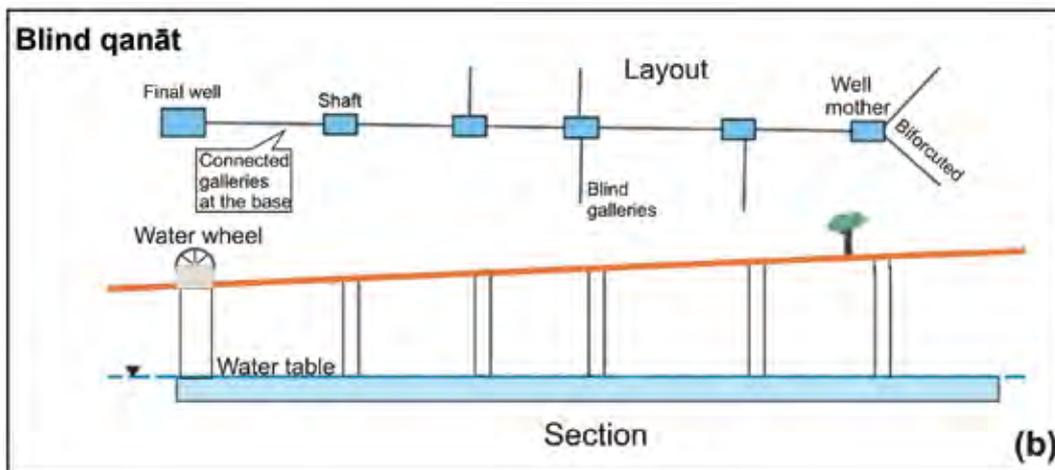
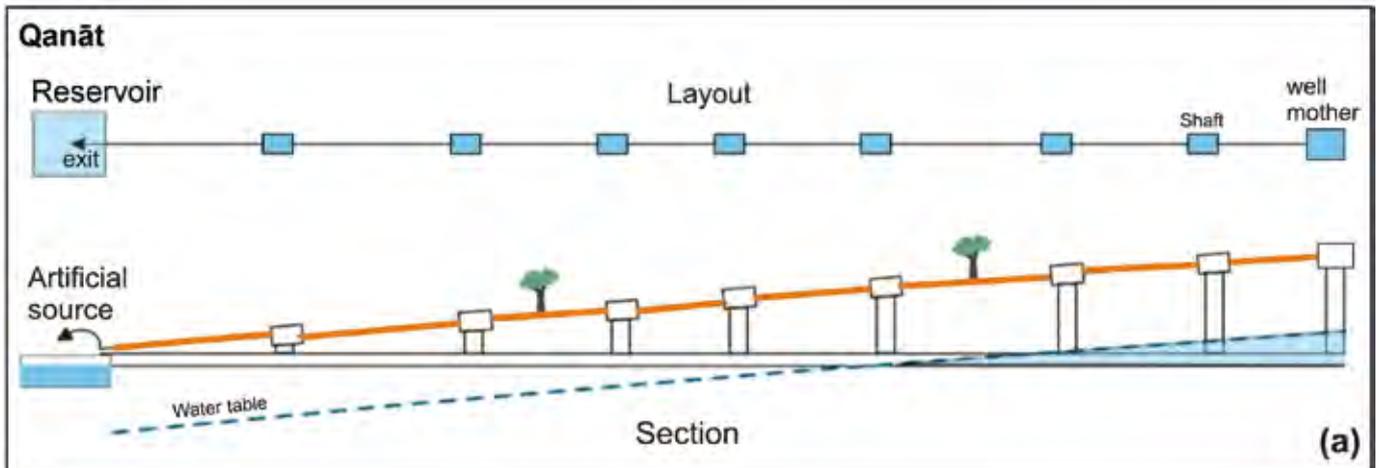
Fig. 4 – Distribuzione percentuale delle lunghezze dei qanāt di Palermo

Fig. 4 – Percentage distribution of Palermo qanāt lengths.

Wadi as-Shatawi-Kemonia e Wadi Rutah-Papireto, corsi a regime impulsivo, a lungo aridi), hanno fatto sì fin dall'antichità di rivolgere l'attenzione dei coloni verso lo sfruttamento delle acque che si manifestavano alle pendici dei monti, scavando cunicoli di emungimento per meglio intercettarle e portarle a giorno canalizzate (tab. 1/e).

Carta dei sistemi idrici sotterranei

Sulla mappa idro-strutturale schematica di fig. 2 sono riportati tutti i sistemi idrici finora individuati nella Piana di Palermo con i numeri di riferimento corrispondenti all'elenco descrittivo allegato (tab. 2). Come si può rilevare, finora sono stati catalogati n. 54 sistemi idrici, secondo le tipologie illustrate negli schemi riportati nella Tab.1., dove con la numerazione di riferimento sono indicati anche la lunghezza e la profondità dei cunicoli di emungimento e trasporto, fino al loro sbocco in superficie. La distribuzione percentuale cumulativa delle varie tipologie d'*ingruttati* in senso estensivo della locuzione è rappresentata in fig. 3, mentre in fig. 4 si osserva la distribuzione percentuale delle lunghezze dei cunicoli in funzione delle varie tipologie definite. In ultimo sembra opportuno osservare che la stragrande maggioranza dei *qanāt* si trova in un totale stato di abbandono, interrotti in più parti dalla costruzione di edifici e dalle opere infrastrutturali, spesso interrati e ostruiti come discariche.



Tab. 1 – Schemi idraulici concettuali delle tipologie di *ingruttati* della piana di Palermo.

Tab. 1 – Conceptual hydraulic schemes of the *ingruttati* typologies of the Palermo plain.

Nome storico o attuale ubicazione	Tipo del sistema d'acqua ingruttato	Lunghezza approssimata [m]	Profondità approssimata max (m)	N° di riferimento nella mappa
Scibene, Altarello di Baida.	Qanāt	735	8	26
Danisinni - Via Cappuccini.	Qanāt	1130	10	24
Sicchiaria, Due Teste d'acqua - Quattro Camere.	Qanāt	700	12	19
Gesuitico Alto di Case Micciulla.	Qanāt	1000	6-10	29
Corso Calatafimi basso.	Qanāt	–	5	30
Florio - Trasselli, Corso Calatafimi.	Qanāt	10	12	34
Florio-Airoidi, (Alliata-Saponara) - Corso Calatafimi.	Qanāt	550	12	37
Via San Nicola ai Colli.	Qanāt	900	15	6
Daniele - Fondo Uddo, Margifaraci.	Qanāt	–	-	16
Cappuccini-Olivuzza.	Qanāt	650	10	20
Gesuitico Basso alla Vignicella.	Qanāt	750	7-10	27
Santonocito - Via Pindemonte - Giardino del Boccone del Povero.	Qanāt	560	6	28
Acqua nuova di Benenati, Bova - Via Altarello di Baida.	Qanāt	735	10	25
Via Castelforte ai Colli.	Qanāt	1353	6	4
Bova (ex Amato), Cruillas - Villa Trabia.	Qanāt	2000	30	9
De Maio, Cruillas - Villa Isnello (Santantimo).	Qanāt	2000	30	11
Tornabene - Via Gaetano La Loggia.	Qanāt	780	8	32
Villa Maurigi - Villagrazia di Palermo.	Qanāt	1400	18	54
Floridia - Conte Federico, Roccella.	Qanāt	–	5	56
Urso a Ciaculli.	Qanāt	–	-	57
Cuba soprana di Villa Napoli.	Blind qanāt	–	8	31
Villa Tasca (Camastra).	Blind qanāt	–	8	41
Via Partanna Mondello - Cortile Sessa.	Blind qanāt	–	-	1
Scalea II ai Colli .	Blind qanāt	320	8-9	2
Scalea I ai Colli.	Blind qanāt	280	6,50-7	3
Baglio Mercadante - La Gumina ai Colli.	Blind qanāt	–	8	7
Villa Bonano - Via Cassaro Bonanno (Ciaculli).	Blind qanāt	2000	-	55
Via Maio (Pagliarelli).	Blind qanāt	–	-	42
Via Palmerino (Camastra).	Blind qanāt	–	-	43
Maredolce - La Favara - Brancaccio - San Ciro.	Blind qanāt	–	7	45
Spagnuolo (Villa Gallo) - Brancaccio - Maredolce.	Blind qanāt	–	-	51
Via Conte Federico (Brancaccio - Maredolce).	Blind qanāt	–	5	58
Naselli - Gela, Via Villagrazia di Palermo.	Blind qanāt	600	-	62
Pozzo a gradoni di Villa Briuccia - Barbera	Connecting wells (Step-wells)	–	22-24	10
Pozzo a gradoni Piazza Edison - Via della Libertà	Connecting wells (Step-wells)	–	20	12
Palazzo Zisa.	Connecting wells	80	9	17
Villa Sperlinga.	Connecting wells	–	20	13
Villa Raffo ai Colli.	Connecting wells	130	15	8

Torre Principe di Aci, Fossa della Garofala.	Connecting wells	130	12	36
Villa Forni, Fossa della Garofala.	Connecting wells	100	-	38
Pozzo Molone.	Connecting wells	-	-	61
Via Casalini (Uditore).	Connecting wells	-	20	14
Villa Turrisi, Passo di Rigano.	Connecting wells	1200	18	15
Pozzo "Macchina Vecchia", Fossa della Garofala.	Connecting wells	-	-	35
Pozzo Liguorini, Fossa della Garofala.	Connecting wells	-	-	39
Pozzo Alliata.	Connecting wells	-	50	60
Pozzo a gradoni di Villa Eleonora, Tommaso Natale	Connecting wells (Step-wells)	-	-	5
Favara piccola (Fawwarah al-seghira, Ayn al-Magnunah) alle Balate di Ciaculli.	Emerging drainage gallery	-	5	53
Aynbileli-Ambleri a Villa Naselli.	Emerging drainage gallery	-	5	63
Casa Scozzari, piazza Casuzze, Altarello di Baida.	Emerging drainage gallery	-	-	18
Campofranco - Guccia, Complesso del Gabriele.	Emerging drainage gallery	-	4	33
Ciaccio - Martines, Oreto river - Pagliarelli, Via G. Roccella - Via Porcelli.	Emerging drainage gallery	-	3	40
Ferreri, Oreto river, Santo Spirito - Piano Bonriposo, chiesa della Guadagna.	Emerging drainage gallery	-	3	44
Conti - Florio - Via Brancaccio.	Emerging drainage gallery	-	-	46
Conti - Lauriano - Porta Termini.	Emerging drainage gallery	-	-	48
Furceri - Via Brasca, San Giovanni dei Lebrosi.	Emerging drainage gallery	-	2-5	49
Bonanno - Corrao (Tortorici) - Via Brasca.	Emerging drainage gallery	-	-	50
Acqua Migliore (ex S.Chiara) - Via Parco, c.da Carruba.	Emerging drainage gallery	-	2-4	52
Papireto - al Macello, piazza Papireto.	Emerging drainage gallery	-	2-3	21
Papireto al Castello, Largo S. Rosalia.	Emerging drainage gallery	-	2-3	22
Papireto - alla Dogana, piazza Papireto.	Emerging drainage gallery	-	2-3	23
Corso della Scomunica.	Emerging drainage gallery	-	2-3	47
Gristina, Villagrazia di Palermo.	Emerging drainage gallery	240	2-5	59

Tab. 2 – Lista dei sistemi d'acqua storici *ingruttati* della Piana di Palermo.Tab. 2 – List of historic water systems *ingruttati* of the Piana di Palermo.

Bibliografia

- Alfonso Spagna F., 1877, *Trattato di idraulica agraria*, Palermo, pp. 251-270.
- Biancone V. & Tusa S., 1997, *I qanat dell'area centro-settentrionale della Piana di Palermo*, in *Archeologia e Territorio*, Palermo, pp. 375-389.
- Capitò M., 1884, *Acque dei corsi sotterranei*, Tipografia del giornale "Lo Statuto", pp. 27-29.
- Castiglia L., 1880, *Considerazioni sulle canalizzazioni sotterranee di Palermo*.
- De Gasparin, Comte de, 1843, *Cours d'agriculture*, Tome I, Paris, pp. 480-491.
- Lo Piccolo F., 1994, *Sorgenti e corsi d'acqua nelle contrade occidentali di Palermo*, Palermo, Accademia Nazionale di Scienze, Lettere e Arti, pp. 60-69.
- Maurici F., 2015, *Palermo araba*, Kalos, Palermo, pp. 95-107.
- Pasqualino M., 1885, *Vocabolario siciliano etimologico italiano, e latino*, Palermo, Reale Stamperia.
- Paternostro-Scichilone, 1885, *Relazione sul bonificazione di Palermo*, pp. 173-245.
- Pintacuda C., 1884, *Acque dei corsi sotterranei*, in *Lo Statuto*, pp. 103-113.
- Sammataro A., 2002, *La camera dello scirocco e il qanat di Villa Savagnone (Palermo)*, in *Qanat arte e cultura*, Istituto Statale d'Arte di Palermo, Palermo, pp. 94-102.
- Sammataro S., 2002, *Qanat Maurigi a Villagrazia*, in *Qanat e cultura*, Istituto Statale d'Arte di Palermo, Palermo, pp. 82-92.
- Sammataro S., 2002, *La sorgente Gristina*, in *Qanat e cultura*, Istituto Statale d'Arte di Palermo, Palermo, pp. 104-114.
- Seyyed Sajjadi S. M., 1982, *Qanat / Kariz – Storia, tecnica costruttiva ed evoluzione*, Istituto Italiano di Cultura, Sez. Archeologica, Tehran, pp. 1-172.
- Todaro P., 1986, *L'acqua dei qanat di Palermo*, in *Archeologia Viva*, V, n. 6, pp. 35-44.
- Todaro P., 1988, *Il sottosuolo di Palermo*, Flaccovio, pp. 25-36.
- Todaro P., 2000, *Palermo sotterranea*, in *Storia di Palermo*, Vol. 2, Edizioni Epos, Palermo, pp. 238-249.
- Todaro P., 2000, *The ingruttati in the plain of Palermo*, First Symposium on qanat, Yazd (Iran), pp. 44-70.
- Todaro P., 2002, *I qanat del palermitano*, in *Atti del Convegno Internazionale su metodologie per lo studio della scienza idraulica antica "In Binos Actus Lumina"*, Anno I, Agorà, pp. 7-19.
- Todaro P., 2002, *Guida di Palermo sotterranea*, Edizioni Epos, pp. 36-54.
- Todaro P., 2002, *Les systèmes hydrauliques à puits et galeries de Villa Raffo (Palermo)*, *The Mediterranean world environment and history*, E. Fouache, Elsevier, Université de Paris-Sorbonne, pp. 263-273.
- Todaro P., 2006, *Sistemi di captazione e gestione dell'acqua nella Piana di Palermo nel medioevo*, in *Proceedings of the International Workshop "Giardini Islamici"*, Palermo.
- Todaro P., Lofrano G., 2013, *Palermo's qanāts system: History, ecology and technology of an underground heritage*. In *Proceedings 1th IWA Workshop on Traditional Qanats Technologies*, Marrakech, Morocco.
- Todaro P., Lofrano G., 2013, *Water Collection Distribution Systems in the Palermo Plain during the Middle Ages*, *Water*, vol. 5, pp. 1662-1676.
- Todaro P., 2014, *Sistemi d'acqua tradizionali siciliani: qanat, ingruttati e pozzi allaccianti nella Piana di Palermo*, *Journal article: Geologia dell'Ambiente*, 4, pp. 19-28.
- Todaro P., 2020, *Qanats in the Palermo Plain*, *International Workshop Water and City, Hydraulic Systems, and Urban Structures*, L'oeil d'Or, Parigi.
- Todaro P., Barbera G., Castrorao Barba A., Bazan G., 2020, *Qanats and historical irrigated landscapes in Palermo's suburban area (Sicily)*, *European Journal of Post-Classical Archaeologies (PCA)*.
- Vinci C., 2018, *Il patrimonio "cavo". Architetture ipogee e spazio idraulico nella piana di Palermo*, in (Minutoli F. a cura di) *ReUSO 2018, L'intreccio dei saperi per rispettare il passato, interpretare il presente, salvaguardare il futuro - VI Convegno internazionale sulla documentazione, conservazione e recupero del patrimonio architettonico e sulla tutela paesaggistica*, Messina, Gangemi Editore Int., pp. 997-1004.

Fonti archivistiche

- Archivio Storico Napolitano - A.P., 1740, *Piante (Palermo)*, Cartella IX, n. 1.
- Biblioteca Historica Regni Siciliae, 1723, *Ioannis Baptistae Carusii*, Tomus I, (relazione di Ugo Falcando), Panormi, p. 408.

