Repository Istituzionale dei Prodotti della Ricerca del Politecnico di Bari

Recupero delle acque piovane per uso domestico nell'area mediterranea

This is a post print of the following article

Original Citation:
Recupero delle acque piovane per uso domestico nell'area mediterranea / Montalbano, C., Petruccioli, A., Piccinni, A.F., di Modugno, M.. - STAMPA. - 1:(2009).

Availability:
This version is available at http://hdl.handle.net/11589/23905 since:

Published version
DOI:

Publisher: Politecnico di Bari

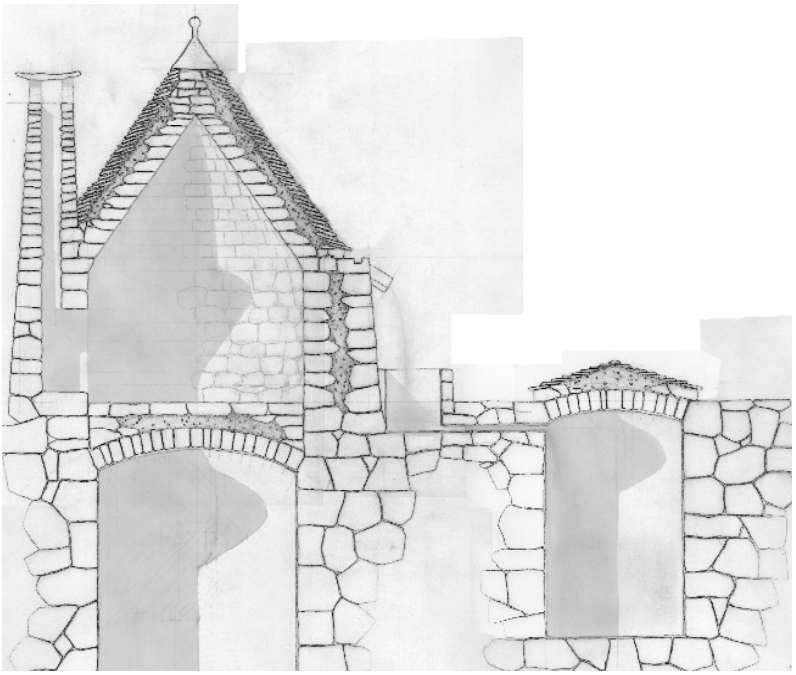
Terms of use:

(Article begins on next page)

07 September 2026

Recupero delle acque piovane

per uso domestico nell'area mediterranea



Politecnico di Bari
Dipartimento di Ingegneria Civile e dell'Architettura
Dipartimento di Ingegneria delle Acque e di Chimica

Responsabile Scientifico:
Prof. Ing. Alberto Ferruccio Piccinni

Coordinamento indagini storico architettoniche:
Prof. Arch. Attilio Petruccioli

Gruppo di ricerca:
Ing. Claudia Campana
Ing. Maria Di Modugno
Arch. Giuseppe Mazzone
Arch. Calogero Montalbano

Indice

Prefazione 2
Premessa 3
Introduzione 5

1. L'emergenza idrica 11
2. L'utilizzo delle acque meteoriche 16
3. Dimensionamento delle opere di raccolta delle acque di pioggia 19
3.1 Analisi dell'efficienza e della convenienza delle opere di raccolta 19
3.2 Valutazione dei costi 25

4. Struttura e forma dell'acqua nel territorio pugliese 28
4.1 Le modalità di scorrimento dell'acqua 28
4.2 Le tecniche di captazione dell'acqua 28
5. Le strutture masserizie 35
5.1 Gli archetipi 35
5.2 Individuazione dei complessi masserizi nel territorio pugliese 37
5.3 Casi studio 38
5.3.1 Masseria dell'Assunta (Altamura) 38
5.3.2 Masseria Nunziatella (Atamura) 40
5.3.3 Masseria Musacco (Turi) 41
5.3.4 Masseria Cerere (Locorotondo) 42
5.3.5 Masseria Losciale (Monopoli) 43
5.3.6 Masseria Sant'Eustachio (Giovinazzo) 45
5.3.7 Masseria Jasca (Altamura) 47
5.3.8 Masseria Viglione (Santeramo) 49
5.3.9 Masseria Cippano (Otranto) 51

6. I trulli e l'esperienza del microlitismo Mediterraneo 52
6.1 Gli elementi e le tecniche 54
6.2 La forma e la relazione con il sito 56
6.3 La struttura 57
6.4 Il comportamento climatico 57
6.5 L'aggregato urbano e l'economia dell'acqua 61
7. Analisi ed approfondimenti 64
Conclusione 69

Appendice: Quadro normativo in materia di recupero acque meteoriche 71
I. Generalitá 71
II. Normativa estera 72
Australia 72
Africa sub-sahariana 73
India 73
Francia 74
Germania 74
III. Normativa europea 74
Direttiva 2000/60/ce 74
Norme din 75
IV. Normativa italiana nazionale 75
Legge n. 319/76 76
Legge n. 36/94 76
d.lgs. n. 152/99 76
d.m. n. 185/03 78
d.lgs. n. 152/06 78
V. Normativa italiana regionale 78
Emilia romagna 79
Toscana 79
Umbria 80
Puglia 81

Bibliografia 83
Webgrafia 83

Prefazione

L'acqua è elemento estremamente mutevole capace di generare straordinari effetti nel paesaggio in cui scorre. Calma o agitata è sempre materia fondamentale per il disegno del paesaggio e delle città ed è straordinaria fonte di vita per tutti gli esseri viventi. La sua bellezza incontaminata e la sua forza primordiale sono state considerate con rispetto in molte culture ed ammirate e riverite in molte religioni e mitologie.

In nome dell'acqua, nel passato più remoto come nell'immediata contemporaneità, si sono combattute atroci battaglie e, con estrema probabilità, questo accadrà nel prossimo futuro in maniera ancora più cruenta.

Attualmente il bilancio dell'acqua è radicalmente cambiato rispetto al passato, anche a causa delle consistenti trasformazioni che l'acqua ha subito nel rapporto con il paesaggio costruito e con gli insediamenti. Gli elevati impatti ambientali derivanti da inondazioni e da lunghi periodi di siccità, l'emungimento incontrollato dell'acqua di falda, il suo costante inquinamento ad opera di innumerevoli sostanze chimiche e le sempre più repentine modificazioni del clima, riflettono non solo un errato approccio al modo di controllare le nostre risorse primarie, ma anche la necessità di un immediato ripensamento rispetto ai comportamenti e alle tecniche adottate sino ad oggi.

Eppure, nonostante tutto, l'acqua sebbene inquinata, sprecata, dissacrata in ogni modo, conserva le sue funzioni vitali.

Sono state queste le premesse che hanno condotto alla formulazione di una ricerca che, con il fine di indagare in modo multidisciplinare l'acqua e le sue variegate interazioni con l'uomo ha messo in campo esperienze disciplinari molto diverse tra loro, come quella dell'ingegneria delle acque e della progettazione architettonica e paesaggistica. Questo approccio interdisciplinare di conseguenza, ha agito su scale dimensionali estremamente diversificate che sono andate dallo studio degli ambiti territoriali estesi (attraverso analisi ambientali, geologiche, idrografiche, paesaggistiche e antropiche) all'individuazione di soluzioni tecniche, impiantistiche e architettoniche legate a singoli edifici o a parti di esso.

Si è appreso così come la cultura storica dell'acqua sia stata fondata intorno all'uso di tecniche sorprendenti, che testimoniano la capacità dell'uomo di raccogliere, trasportare e conservare la preziosa risorsa, ma anche di straordinarie architetture che rivelano un'inaspettata capacità di interazione con la risorsa idrica, sino a divenire veri e propri dispositivi meccanici, capaci di accoglierla e usarla con cura nei diversi cicli produttivi e sociali a cui è destinata.

La storia ci insegna, d'altra parte, come l'acqua, soprattuto in regioni particolarmente aride, debba essere educata, domata, concentrata e distribuita, e tutto questo richiede una forte organizzazione e coesione sociale. In tal senso, le tecniche idriche e costruttive e la stessa architettura, nel modificare la forma dei luoghi, assumono una precisa identità sociale, culturale e tecnica, e definiscono univocamente la specificità e i meccanismi di funzionamento del quel territorio.

La ricerca, in conclusione, tenta di ricostruire il legame con la tradizione e con le esperienze tecniche sviluppatesi sul territorio pugliese. In tale direzione, l'obiettivo è stato quello di comporre un quadro delle conoscenze che potesse accrescere la comprensione delle diverse tecniche adottate in passato, connesse alla captazione, distribuzione, conservazione e utilizzo dell'acqua.

Premessa

A. Petruccioli, C. Montalbano

Un nuovo approccio all'uso dell'acqua nelle città come nelle realtà rurali non può essere affidato esclusivamente a criteri ecologici ma deve indispensabilmente diventare un codice etico che porti a diversificare gli usi dell'acqua in rapporto alle diverse esigenze della quotidianità, riservando l'acqua potabile esclusivamente verso usi più pregiati. In questo la tecnologia contemporanea così come le esperienze del nostro passato possono dare un sostegno utilissimo allo sviluppo di nuovi impianti, così come alla strutturazione e alla diversificazione delle reti e al perfezionamento dei sistemi di captazione, adduzione, stoccaggio ed impiego delle diverse tipologie di risorsa idrica disponibili sul territorio.

Attualmente esistono alcuni esempi positivi nella gestione sostenibile dell'acqua, sviluppati in piccoli insediamenti ed in contesti rurali, ma sono certamente poche le esperienze portate avanti su progetti di grande scale, o in ambiti urbani densamente abitati. In molte di queste applicazioni, particolare interesse rivesteono le tecniche di recupero e gestione dell'acqua piovana per usi civili non potabili. Tra le soluzioni tecnico -impiantistiche adottate, le più significative sono:

- tetti giardino
- pacchetti drenanti per il suolo e per le coperture
- cisterne per lo stoccaggio dell'acqua piovana connesse ad impianti per gli scarichi dei WC e per l'irrigazione
- sistemi integrati di segmentazione dei flussi idrici

Queste soluzioni, nonostante tutto, quasi mai concomitanti, non hanno prodotto risultati apprezzabili nell'ambito dell'impiego e della diversificazione delle risorse idriche.

Nell'edilizia, in particolare, questi sistemi sono fondamentalmente legati all'ottimizzazione dell'acqua piovana che interferisce con il singolo edificio o, al limite, con un lotto edificatorio poco più ampio. La storia del nostro territorio ci insegna invece come tra insediamento e risorsa idrica piovana esista un rapporto direttamente proporzionale che vede al crescere del primo una sempre più estesa ramificazione dei sistemi di captazione del secondo.

Le strutture urbane più complesse e durature, che meglio hanno resistito al passaggio dei secoli e alle avversità climatiche, sono distinguibili, sul nostro territorio, come nell'intera regione mediterranea, per la maggiore organizzazione dello spazio urbano al fine di ottimizzare anche la raccolta e la distribuzione dell'acqua piovana ricadente sull'intero insediamento. A questo si è aggiunta la capacità di plasmare il territorio circostante (scavandolo, modellandolo, arginandolo con muretti a secco, realizzando solchi e canali artificiali nella pietra calcarea come nel terreno) affinché contribuisse a captare la maggiore risorsa idrica possibile per poi convogliarla verso i campi o verso l'agglomerato urbano.

Questo dimostra come le economie di scala a cui occorre riferirsi, per produrre risultati apprezzabili nel caso dell'ottimizzazione del recupero delle acque meteoriche, non siano legate ad un'applicazione tecnica alla scala dell'edificio o della piccola agglomerazione, quanto piuttosto al ripensamento della forma e della struttura dello spazio urbano nonché del territorio che lo circonda.

I binomi architettura/tecnologia, tradizione/innovazione, territorio/forma urbana, ci consentono pertanto di comprendere come, nel futuro prossimo, la via della sostenibilità passi necessariamente attraverso la comprensione dell'inscindibillità di tali legami.

Il presente studio vuole, quindi, dimostrare, attraverso la descrizione del territorio pugliese, dei suoi diversi comportamenti architettonici e delle diverse soluzioni di adattamento al territorio, tra cui lo sviluppo di specifiche tecniche di raccolta delle acque meteoriche, come sia

forte il legame che l'architettura definisce con contesti ambientali specifici e come, rispetto ad essi, riesca a sfruttare al massimo le risorse disponibili senza alterare gli equilibri ambientali locali. In tutto ciò l'innovazione tecnica e tecnologica non può che declinare, aggiornandoli, i caratteri già manifesti dell'architettura e del territorio, ma non ne può cancellare ne modificare la struttura di base, frutto di compromessi e di equilibri mai perfettamente noti alle singole discipline scientifiche.

L'inscindibile rapporto che lega architettura e territorio attraverso le diverse epoche storiche, evidenzia, d'altra parte, un forte vincolo. Ogni sistema antropico, sia esso una città, piuttosto che un villaggio o una contrada, possiede uno specifico limite di insediabilità (definibile nei termini di "limite del carico antropico" o "portanza"), variabile in base alle caratteristiche dello specifico ambito territoriale di appartenenza. Superato tale limite il sistema antropico in questione non è più in grado di far fronte autonomamente al proprio fabbisogno e le risorse rinnovabili (tra cui anche l'acqua) vengono consumate con una velocità superiore alla loro capacità di ricarica.

Questo concetto è certamente estraneo al modo di concepire la città contemporanea, in cui le materie prime e le risorse (compresa l'acqua) si spostano lungo reti extra-territoriali esattamente come le persone. In questo modo a-territoriale e globale di concepire le città non esiste un limite per la crescita urbana perché illimitate sono le risorse disponibili, seppure provenienti da altri luoghi.

Perdere di vista il rapporto di necessità con il luogo fisico da cui dipendiamo porta per conseguenza ad una errata concezione delle città, intese erroneamente come città globali e prive di differenze perché capaci di condividere le medesime risorse. In questo tipo di città i problemi non sono mai locali ma globali e le stesse risposte tecniche sono generali e standardizzate, prive di specificità e di capacità di adattamento al contesto locale, proprio perché non esiste un contesto specifico.

L'internazionalizzazione della cultura, delle tecniche, delle tecnologie e dei livelli di conoscenza in genere, hanno, invece, ragione di esistere nella capacità che esse posseggono di potenziare ed aggiornare le risposte di uno specifico contesto, producendo solo principi generali condivisibili in contesti diversi ma mai modelli comportamentali specifici da applicare indifferentemente in ogni luogo.

Introduzione

C. Montalbano, M. di Modugno

L'acqua in architettura è un elemento imprescindibile per l'organizzazione e la stessa sopravvivenza di un insediamento. Intorno al valore dell'acqua e, in particolare, della pioggia, l'uomo ha costruito grandi miti. La pioggia è sempre stata storicamente invocata con canti, danze e preghiere e la sua assenza ha seminato morte e povertà ma anche la sterilità dei suoli e la scomparsa di lussureggianti civiltà.
In condizioni climatiche estreme la ridotta disponibilità idrica ha costretto l'architettura, e lo stesso territorio, a strutturarsi in funzione dell'ottimizzazione delle risorse disponibili, applicando e perfezionando sino all'estremo la capacità dell'uomo di concentrare, drenare, raccogliere l'acqua, goccia dopo goccia, per poi impiegarla con la massima parsimonia.
Tutto questo appartiene ad una forma di educazione del territorio che non è possibile ridurre a semplice sommatoria di conoscenze tecniche. E' piuttosto riscontrabile una sedimentazione storica di esperienze locali e di influenze esterne che, in archi temporali estremamente prolungati, si trasformano progressivamente in forme architettoniche stabili ma anche in sapere costruttivo locale e in convenzioni sociali. Si producono, in tal senso, norme sociali che, in forma di legge orale o scritta, vincolano imprescindibilmente la vita di quelle società che si raggruppano in uno specifico territorio.
La storia dell'architettura ci propone innumerevoli esempi di tali tipi di organizzazione. Intorno al Mediterraneo si sono raccolte nei millenni numerose civiltà che hanno imparato a gestire rigorosamente l'atavico problema della disponibilità idrica per la produzione agricola e per il fabbisogno alimentare. Da qui la nascita e l'impiego di sofisticate tecniche di approvvigionamento idrico, frutto di uno straordinario adattamento al clima e alla struttura del territorio locale. Solo in quest'ottica si possono comprendere le splendide strutture idriche dei giardini pensili persiani; le ingegnose canalizzazioni dei paesaggi rupestri nelle gravine di Petra (Giordania); le imponenti canalizzazioni drenanti dell'Africa nord occidentale (foggara), della regione iranica (Kanat), della penisola iberica e della Sicilia; le dighe di imbrigliamento associate ai laghi di ritenuta della regione arabica (Mecca e Taif) e iranica (Isfahan); le cisterne a cielo aperto del Marocco e dell'Algeria; le grandi cisterne urbane geometriche della Tunisia (Kairouan); le straordinarie cisterne di deposito coperte a volta della regione iranica (ab-anbar); le cisterne coperte della Tunisia (Kairouan); i cisternoni sotterranei della regione anatolica (Istambul).

* * *

In questo panorama parte certamente rilevante ha assunto anche l'Italia meridionale e la Puglia in particolare. La sua peculiare posizione geografica, al centro del Mediterraneo, ha fatto sì che questa regione d'Italia agisse da fulcro degli interscambi culturali e commerciali del Mediterraneo ed ha consentito a questo territorio di agire da ricettore, punto di arrivo e di partenza, di conoscenze e soluzioni tecniche originalissime. Non stupisce pertanto come questa terra sia sempre stata un punto di passaggio obbligato tra il mediterraneo orientale e quello occidentale. Tutto questo ha lasciato profondi segni sul paesaggio pugliese, incidendo in modo sostanziale sull'organizzazione del territorio agricolo e urbano. Oggi questa stratificazione culturale si manifesta nella struttura geopolitica, nell'organizzazione fisica del territorio e soprattutto nelle molteplici identità architettoniche e tecniche che si sono venute a produrre a partire dallo sviluppo delle prime società semi stanziali.
I cacciatori raccoglitori del paleolitico, arrivarono in queste terre grazie all'abbassamento del livello del mare (in seguito alle glaciazioni), incidendo enormemente sulla cultura agropastorale che caratterizzerà la civiltà appennini-

ca pugliese. Le genti neolitiche rafforzarono la struttura agro-pastorale del territorio, fondata sulla presenza di piccolissimi villaggi a struttura parentelare di tipo semi-nomadico. Si incontrarono qui, provenendo da diversi luoghi del Mediterraneo, le grandi società dell'età dei metalli che favorirono una prima forte differenziazione socio economica del territorio, contribuendo ad abbattere all'interno delle comunità i vincoli di tipo parentelare e a favorire la sedentarizzazione dei primi insediamenti proto-urbani.

Più recentemente le dominazioni e le influenze si sarebbero moltiplicate a distanza di brevi periodi storici, sovrapponendo, di volta in volta, i segni della presenza greca a quelli della dominazione romana, ma anche quelli delle dominazioni longobarde, bizantine, saracene, berbere, normanne, sveve, aragonesi, angioine, borboniche e napoleoniche.

Tutte queste stratificazioni culturali hanno modificato localmente la forma dello spazio fisico delle nostre città ma non hanno mai messo in crisi la struttura profonda del territorio, delineatasi nelle sue linee generali sin dall'affermazione della civiltà appenninica e consolidatasi nel corso dei secoli grazie all'apporto di culture diverse che hanno interpretato il territorio, rafforzandone alcuni aspetti specifici.

Tutto questo bagaglio di culture, tradizioni e tecniche costruttive, ci consente oggi di osservare un legame del tutto particolare del territorio e dell'architettura con l'acqua. Un legame ricco di indicazioni per lo sviluppo di una cultura progettuale realmente sostenibile.

Splendidi esempi di questa capacità di adattamento al territorio sono, in Puglia, i sistemi di raccolta delle acque piovane dell'altopiano della Murgia, della Valle d'Itria e del Salento, zone caratterizzate da lunghi periodi di siccità e, in alcuni casi, da una caratterizzazione carsica del sottosuolo che limita notevolmente la capacità del terreno di trattenere l'acqua piovana. In tal modo l'agricoltore/costruttore pugliese impara ad utilizzare le pietre informi, ricavate dallo spetramento dei terreni brulli, per costruire muri a secco capaci di proteggere i campi dai venti dominanti ma anche per conservare l'umidità del terreno e limitare la perdita di quell'acqua presente nel suolo che, altrimenti, risalendo per capillarità in superficie, verrebbe dispersa per evapotraspirazione. Impiega ancora le pietre ricavate dallo spetramento dei campi, disponendole a tumulo, per realizzare camere di condensa (*specchie*), capaci di favorire l'accumulo di acqua condensando l'umidità dell'area e sfruttando la differenza di temperatura tra l'interno ed l'esterno della vasche di raccolta.

Questa cultura *microlitica*, giunge in puglia attraverso le lunghe tratte migratorie del mediterraneo, e vede la civiltà minoico micenea delle *tholos* legarsi a quella siciliana dei *dammusi* e quella sarda dei *nuraghi* e dei *pozzi nuragici*, per ricongiungersi ai fenomeni del microlitismo della Spagna meridionale. Dall'evoluzione di queste tecniche costruttive deriva anche il trullo, dove la funzione abitativa e quella dell'accumulo idrico, fino ad ora indipendenti, convivono in un unico organismo architettonico in cui, la grande vasca sotterranea di accumulo d'acqua, oltre a soddisfare il fabbisogno idrico locale, interviene nei processi di controllo climatico dell'organismo architettonico, attenuando in estate la temperatura interna rispetto a quella esterna e garantendone un buon raffrescamento.

In altro contesto, nell'ambito della murgia e del territorio salentino, si possono osservare ulteriori forme di adattamento al territorio, al clima e alla piovosità locale. Il territorio, prevalentemente carsico, presenta un'elevata quantità di *microcistrene*, piccole vasche intagliate sui banchi di pietra calcarea, opportunamente distribuite sul territorio e collegate tra loro, impiegate per raccogliere l'acqua di prima pioggia e indirizzarla verso cisterne più ampie.

Sull'arco jonico e sulla murgia nord orientale si può osservare invece un modello abitativo caratterizzato da piccolissimi insediamenti sparsi, fattorie rupestri con recinti fortificati, veri e

propri santuari rurali organizzati attorno alla riserva d'acqua che diviene oggetto di culto. In queste terre aride, in cui le piogge arrivano irruenti e abbondanti in alcuni momenti e sono completamente assenti per lunghi periodi, le conoscenze per la raccolta e la distribuzione delle acque sono determinanti per la vita di queste piccole comunità. A ridosso delle conformazioni orografiche più accidentate (gravine) la struttura organizzativa diviene più complessa. Confrontando la morfologia di questi insediamenti (Matera, Gravina, Laterza, Massafra, etc) con la rete di scorrimento delle acque, è possibile spiegare la struttura urbana di questi abitati. Le acque, dalle parti più elevate delle colline, si riversano oltre il ciglio dei valloni e vengono così imbrigliate lungo la loro caduta attraverso canali intagliati sui pianori che permettono di convogliare le piogge attraverso le superfici di displuvio del pendio e condurle in grandi cisterne che compongono le riserve comuni di acqua. Le intere vallate sono organizzate su più piani, con gradoni degradanti verso il fondo, seguendo un articolato sistema di regimazione e raccolta delle acque. Attraverso i canali incisi sui pianori calcarei si generano altri flussi che vengono deviati per irrigare i campi terrazzati e alimentare cisterne private intorno alle quali si organizzano gli spazi urbani. Così si alimentano le cisterne poste all'interno degli ipogei che si aprono su terrazzamenti sorretti da muretti a secco che strutturano il pendio. Lungo i terrazzi scorrono canali paralleli al ciglio della parete, che recuperano gli eccedenti idrici per irrigare i piccoli campi posti davanti alle grotte. Ogni piccolo gruppo insediativo si innesta su uno spazio semicircolare, aperto verso il cielo e protetto perimetralmente: è il luogo centrale delle attività sociali elementari, da cui si origina il vicinato. Tale aggregazione deriva anche dalla necessità di ridurre l'esposizione solare estiva e valorizzare quella invernale. La presenza degli orti contribuisce a ridurre il carico termico delle abitazioni e a controllare l'umidità dell'aria grazie all'evapotraspirazione delle piante. L'acqua delle cisterne comuni del vicinato induce una diminuzione della temperatura radiante e un raffrescamento indiretto dell'aria.

Altro esempio tipico del territorio pugliese e del suo rapporto esclusivo con l'acqua è dato dalle strutture masserizie. In Puglia l'abitato a masserie ha origini remote e nasce in molti casi in corrispondenza di territori particolarmente impervi, in corrispondenza dei quali la logica insediativa privilegia la formula di aggregati sociali elementari organizzati intorno a piccole attività produttive, inizialmente connesse alla tradizione economica, sociale e culturale della transumanza. Tali sistemi, genericamente divisi sul territorio pugliese in masserie da campo e masserie per pecore, costituiranno degli importanti baluardi territoriali per l'economia della Puglia medioevale e, in seguito per lo sviluppo intorno ad essi dei successivi insediamenti urbani dell'area garganica, della murgia e del salento. La struttura socio-economica della masseria rappresenta certamente il caso più equilibrato di sistema insediativo rurale permanente fondato sulla compresenza della funzione residenziale, produttiva e della vita associativa, ma è anche il riferimento più rappresentativo sul territorio pugliese del funzionamento di un microinsediamento sociale assolutamente autosufficiente dal punto di vista produttivo e dell'autonomia idrica.

Le masserie controllano un paesaggio piuttosto esteso e, rispetto ad esso, adottano strategie estremamente diversificate per il rifornimento idrico. L'acqua piovana viene indirizzata nei campi in cisterne, pozze, e piscine, attraverso il sapiente contributo dei muretti a secco, il controllo dei dislivelli del suolo e il sapiente uso di lievi depressioni del terreno. L'acqua che si riversa sulle aie viene canalizzata nelle vasche degli abbeveratoi destinati al bestiame e, in prossimità del recinto di delimitazione della masseria in ulteriori pozzi e cisterne per l'acqua potabile opportunamente alimentate attraverso gronde e canalizzazioni che raccolgono l'acqua

delle terrazze.
Particolarmente interessanti per struttura e articolazione sono le piscine, cisterne rurali semiipogee con abbeveratoi tipiche della Valle d'Itria come del Salento. Costruite in pietra calcarea, a forma di parallelepipedo con volta a botte e pavimentazione con pietre squadrate disposte a due spioventi. Vengono incassate nel terreno, negli avvallamenti e nelle lame, per raccogliere l'acqua piovana. Sono di varia dimensione, alcune delle quali imponenti, con due aperture laterali per l'acqua che vi defluisce dopo esser stata filtrata da una o due vasche di decantazione semichiuse e recintate con tufi o pietre. Queste strutture sono munite di grandi vasche (pile), scolpite nel mazzaro e legate alla bocca principale, mediante condutture scavate anch'esse nel mazzaro. La loro collocazione è strategica: lungo i tratturi, all'interno delle superfici coltivate o dei pascoli di ogni media e grande masseria.
In alcuni casi, è possibile trovare delle primordiali cisterne ottenute in aree a leggera depressione orografica e strutturate come enormi fosse interrate, rivestite in pietra e impermeabilizzate a calce (foggie) con funzione di cisterne di raccolta in cui confluiscono numerose canalizzazioni ottenute attraverso un attento lavoro di intaglio della superficie calcarea del territorio.
In altri casi si incontrano pozze e pozzelle superficiali, come quelle di Zollino e di Castrignano dei Greci e più in generale dell'area salentina, veri e propri pozzi drenanti con sezione tipicamente a campana, incassati nel terreno e rivestiti in pietra, impiegati per raccogliere l'acqua di prima pioggia e ridistribuirla gradualmente al terreno o per ricaricare le falde idriche superficiali .
Ma si trovano anche le pire della murgia del sud barese, tipiche costruzioni circolari in pietra, alte intorno ai due metri, che raccolgono le acque drenate dal un fitto reticolo di canalizzazioni, distese su un territorio molto più vasto. Questo estese canalizzazioni, che hanno il compito di ripartire in modo uniforme le acque di prima pioggia, a monte, dove l'acqua scorre più velocemente, sono realizzate in pietra, mentre a valle, dove la pressione e l'impeto delle acque rallenta, vengono realizzate attraverso dei veri e propri tracciati scavati nel terreno, opportunamente rinforzato sugli argini da piante idrofile.
Di fronte al progressivo essiccamento della regione puglia anche i romani presero alcuni drastici provvedimenti. Iniziarono a scavare profonde e larghe cisterne per la raccolta di acqua piovana. I romani, profondi conoscitori delle tecniche di edificazione degli acquedotti e dei serbatoi idrici, iniziarono in tal modo a costruire anche in puglia, grandi cisterne monumentali (tecnica probabilmente ereditata dagli etruschi) come quella di Ruvo, ma anche estesi acquedotti come quelli dell'arco jonico.
A tutto questo si associa una elevatissima quantità di tecniche e forme architettoniche frutto di specifiche esperienze locali e di adattamenti al territorio e a particolari caratterizzazioni del clima e dell'acqua.

* * *

Sono stati fin qui esposti interessanti esempi dei tentativi dell'uomo di recuperare e conservare le poche risorse idriche disponibili a testimonianza di una cultura, purtroppo parzialmente scomparsa, di sostenibilità attuata in un territorio da sempre afflitto dalla scarsità di una risorsa vitale per il sostentamento e lo sviluppo.
La riscoperta e la rivisitazione di tali sistemi di captazione e di raccolta delle acque meteoriche, in particolare di quelle provenienti dai tetti delle abitazioni consentirebbero di risparmiare sul consumo di acqua potabile destinando tali acque verso usi più pregiati.
Lo sviluppo demografico, la crescente urbanizzazione, il mutamento della abitudini della popolazione e il progresso tecnologico sembrano intaccare la sostenibilità della risorsa idrica: da un lato vi è, infatti, il prelievo indiscriminato per uso civile ed industriale dall'altro i mutamenti climatici in corso, che portano all'intensificarsi dei periodi di siccità. Tra i sistemi in

grado di offrire un immediato contributo alla soluzione dei problemi dello spreco, della penuria e dei crescenti costi dell'approvvigionamento idrico vi sono sicuramente quelli basati sul recupero e riciclo delle acque meteoriche. In tale contesto, la necessità di procedere alla riscoperta e al recupero delle antiche tecniche di raccolta e accumulo, nonché al possibile riadattamento delle antiche forme di bio-architettura urbana ai nuovi contesti residenziali nasce dalla sempre più preoccupante carenza di risorsa idrica, situazione che la Puglia ha sempre dovuto fronteggiare ma che, negli ultimi anni, è andata sempre più aggravandosi.

La necessità di risparmiare sul consumo di acqua potabile attraverso lo stoccaggio ed il successivo riutilizzo delle acque piovane ricadenti sulle coperture dei fabbricati si basa sul fatto che l'acqua potabile che ogni giorno consumiamo per usi igienici e alimentari rappresenta solo la minima parte dei consumi in ambito domestico; infatti, circa il 40% del consumo giornaliero di acqua potabile (scarico del WC, pulizia della casa, bucato e irrigazione del giardino) potrebbe essere sostituito con acqua "meno pregiata".

Negli ultimi decenni, l'utilizzo delle acque meteoriche ha avuto un notevole incremento soprattutto nelle aree rurali di molti paesi mediterranei (Africa, Asia) finalizzato alla sopravvivenza e al sostentamento. L'interesse per il suo uso è però cresciuto anche nelle aree urbane e più industrializzate dove, tra i suoi benefici, sono compresi anche il contributo nel controllo delle inondazioni e la riduzione della pressione sulle risorse idriche esistenti.

La tecnologia del riutilizzo delle acque meteoriche non è però applicabile con successo in ogni nazione ed anche a livello locale ci sono differenze nella possibile convenienza legata al suo utilizzo; i fattori da valutare sono i diversi inquinanti (a diverse concentrazioni) riscontrabili nelle acque che dipendono dalla qualità dell'aria, dall'utilizzo dei suoli, dall'urbanizzazione, e dalle caratteristiche locali delle piogge (quantità e distribuzione temporale).

1. L'EMERGENZA IDRICA

A. F. Piccinni, M. Di Modugno

Negli ultimi anni, gli studiosi hanno maturato la consolidata convinzione che ci si avvia verso un lungo periodo di pesante carenza di acque di quantità e qualità necessarie per la salvaguardia di tutti gli ecosistemi, compreso quello umano. Il primo responsabile della carenza idrica nel mondo, oltre i mutamenti climatici (effetto serra e desertificazione), è il degrado della qualità delle acque. In tutti i paesi del mondo, la cattiva gestione delle acque di scarico, contaminate con sostanze chimiche, comporta l'alterazione qualitativa delle riserve idriche già impoverite dallo sfruttamento, riducendo la capacità delle stesse di rigenerarsi.

L'incremento demografico rappresenta anch'esso una delle principali cause del "problema dell'acqua". Gli organismi internazionali indicano, infatti, la crescita demografica come una delle cause della crisi idrica. Nel 1700, con una popolazione mondiale complessiva di 700 milioni di abitanti, il consumo complessivo di acqua era di circa 110 miliardi di m^3, nel 1990 il consumo è stato di 40 volte superiore (Figura 1).

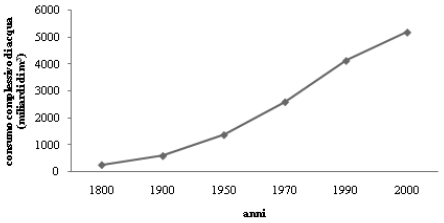


Figura 1: Evoluzione consumo idrico mondiale

Oltre al problema dell'aumento demografico bisognerebbe tenere conto anche degli squilibri dei consumi: le stime medie indicano un consumo di 350 litri d'acqua al giorno per una famiglia canadese, di 165 per una europea e di 20 litri per una famiglia africana.

A scala internazionale l'Italia rappresenta l'anello di congiunzione tra il Nord Europa, ricco di risorse idriche, ed il Sud del Mediterraneo, dove la carenza idrica è una costante. Essa si trova quindi nelle condizioni di avere, da un lato, una disponibilità idrica media procapite doppia rispetto ai paesi del Sud del Mediterraneo (1.250 m^3/ab×anno) e, dall'altro, quasi metà della disponibilità dei paesi occidentali europei (ove ammonta a 5.183 m^3/ab×anno) (World Resources Institute, 2000).

Secondo dati forniti dall'OCSE (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico) l'Italia rappresenta la nazione dell'Unione Europea che preleva la più grande quantità d'acqua di tutta la comunità (980 m^3/ab×anno) a fronte di una poco oculata gestione della risorsa stessa nei vari settori di impiego. L'Italia risulta, infatti, al primo posto come prelievi per usi domestici, ha uno dei peggiori indici di consumo di acque per unità di prodotto industriale ed ha il più alto consumo di acqua per ettaro irrigato. In riferimento al consumo domestico, per il quale si utilizza il 35% dell'acqua a disposizione, il consumo procapite è mediamente pari a 250 l/giorno con la ripartizione riporta nella figura seguente (Figura 2).

La rapida crescita dei consumi domestici in ter-

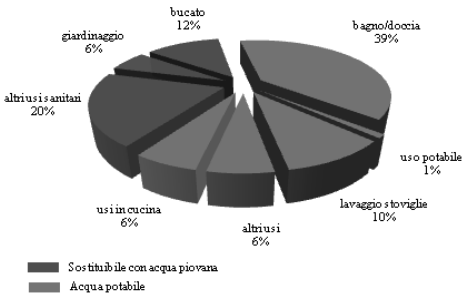


Figura 2: Consumo giornaliero procapite di acqua potabile in un'utenza domestica

mini di dotazione pro-capite nell'ultimo trentennio è da attribuire, principalmente, al progressivo miglioramento della qualità residenziale e della contemporanea adozione di "stili di vita" più idroesigenti.
Non va poi dimenticato che, ancora oggi, molte zone d'Italia soffrono, soprattutto nei mesi estivi, di gravi carenze idriche. Nel sud Italia, oltre metà della popolazione non ha acqua sufficiente per almeno un trimestre all'anno. Ciò avviene non solo per un semplice problema di disponibilità, ma anche per un uso poco razionale della risorsa. Basti pensare agli usi impropri di risorse pregiate, in particolare per sistemi irrigui poco efficienti, o allo spreco derivante dalle perdite degli acquedotti.
Va rilevata, pertanto, da un lato la ridotta propensione al risparmio in questo campo, frutto di una insufficiente sensibilità maturata nei cosiddetti anni del benessere, e dall'altro le basse tariffe (Tabella 1), le più basse di tutti i paesi occidentali, che non incentivano certo un consumo più attento.

NAZIONE	TARIFFA MEDIA (Euro/m^3)
ITALIA	0,90
GRECIA	0,98
SPAGNA	1,60
GRAN BRETAGNA	1,66
OLANDA	1,76
FINLANDIA	1,89
POLONIA	2,12
BELGIO	2,78
SVIZZERA	2,84
GERMANIA	3,46

Tariffe computate su un consumo medio annuo di 200 m^3

Tabella 1: Tariffe reali medie dei servizi idrici integrati nei paesi europei

Lo scarso valore monetario del bene è altresì causa di usi impropri (ad esempio l'innaffiamento dei giardini) e di limitato interesse alla manutenzione degli impianti interni e al controllo delle perdite.
Tra gli elementi essenziali per una gestione sostenibile della risorsa idrica vi è l'ottimizzazione dell'utilizzo dell'acqua nel settore agricolo, attraverso l'applicazione di moderne tecnologie, tecniche e metodi irrigui, il recupero delle acque piovane assieme all'applicazione di un sistema di tariffazione adeguato. Garantire un uso sostenibile delle risorse idriche è una necessità strategica ampiamente riconosciuta in Europa e uno degli obiettivi principali riportati nella importante Direttiva Quadro sulle Acque (WFD 2000/60/CE), secondo cui, una fornitura affidabile e la protezione delle risorse idriche tramite una corretta gestione sono indispensabili per sostenere tutti gli aspetti della vita umana e di quegli ecosistemi che dipendono da esse.
Nel contesto nazionale si inserisce la Puglia che da sempre, a causa delle condizioni climatiche avverse, è stata costretta a dover fronteggiare una carenza idrica permanente. Negli ultimi anni tale situazione è andata sempre più aggravandosi, come testimoniato dall'analisi dei dati gestionali raccolti per le principali fonti di approvvigionamento idrico della regione che, attualmente, sono soprattutto esterne al territorio.
L'approvvigionamento idrico della Puglia, garantito da un sistema acquedottistico sovraregionale costituito a partire dagli inizi del 1900, e sviluppato negli anni per far fronte alle crescenti richieste in termini di dotazioni idriche, è garantito in gran parte da fonti extra – regionali, in particolare per l'11% da acque sorgentizie, quasi totalmente provenienti dalla Campania (Caposele e Cassano Irpino) e per il 34% da acque superficiali provenienti dagli invasi siti in Basilicata (Pertusillo e Sinni) ed in Molise (Occhito, tra Molise e Puglia, diviso dal confine tra le due Regioni).
L'unica fonte di approvvigionamento endogena è rappresentata per il 55% da acque sotterranee, captate attraverso pozzi.
A fronte di specifici studi sui fabbisogni si è potuto rilevare che, della risorsa idrica a disposizione, circa il 37% viene impiegata ad uso potabile, il 53% ad uso irriguo ed il 10% ad uso industriale.
In riferimento al fabbisogno potabile della regione, questo è attualmente soddisfatto in

massima parte facendo ricorso a risorse idriche di derivazione extra–regionale. Infatti ben il 77% proviene dalle regioni limitrofe, mentre il rimanente 23% viene prelevato dalle falde idriche della Puglia.

In situazioni di crisi idrica, comunque, il quadro degli approvvigionamenti subisce sensibili variazioni generalmente con un maggiore ricorso alle acque sotterranee (Figura 3).

Negli ultimi 15 anni i prelievi dalle falde pugliesi hanno subito sensibili incrementi passando da una portata totale prelevata pari a 1.921 l/s nel 1986 a una pari a 4.025 l/s nel 2008. I maggiori incrementi di prelievo dalle falde si sono determinati a seguito delle crisi idriche e, al contrario, in anni di maggior disponibilità di risorsa idrica superficiale, il ricorso alle falde è stato più contenuto.

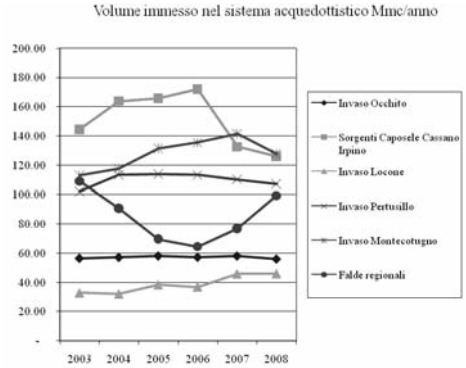


Figura 3: Andamento dei volumi idrici immessi al consumo per fonte di approvvigionamento

La situazione delle falde pugliesi si presenta sempre più critica a causa della cospicua entità delle portate emunte superiore al ravvenamento medio annuo dovuto agli apporti meteorici. A ciò è da aggiungersi il fatto che la maggior parte dei prelievi sono concentrati nei mesi estivi (più secchi) e in aree geografiche ben definite; questo provoca gravi problemi di salinità dell'acqua causati da danni all'interfaccia che potrebbero estendersi a tutta la fascia costiera interessata dalla falda.

Per gli acquiferi regionali, i risultati desunti dal bilancio idrogeologico relativi ai periodi 1940-1960 e 1985-2000 (Tabella 2) forniscono chiare indicazioni sulla sostenibilità dell'uso della risorsa idrica sotterranea su lungo periodo: i deflussi a mare hanno subito riduzioni sensibili e pari, mediamente, al 65% per l'acquifero murgiano e al 50% per quello salentino a fronte di una riduzione media delle precipitazioni dell'ordine del 15% e della ricarica del 20% .

Tali percentuali denotano le profonde modificazioni indotte negli acquiferi a seguito del perpetrarsi di processi naturali (cambiamenti climatici) ed antropici (sfruttamento intensivo). La conseguenza di tali modificazioni ha generato la riduzione, osservata in alcuni casi, dei carichi piezometrici nelle aree più interne, mentre le porzioni costiere degli acquiferi hanno visto aumentare gradualmente il contenuto salino delle acque di falda: la riduzione dei carichi piezometrici provoca l'inizio del processo di salinizzazione che avviene principalmente per espansione verso l'alto della zona di transizione; la riduzione del deflusso verso il mare innesca un processo di intrusione dalla costa.

Gli acquiferi costieri che maggiormente risentono del processo di intrusione marina e di salinizzazione indotta da un regime di sovrasfruttamento sono quelli del Gargano, Murgia e

Acquifero	RISULTATI SIMULAZIONI 1940-1960				RISULTATI SIMULAZIONI 1985-2000			VARIAZIONE TRA I DUE PERIODI			Emungimento totale (Mm^3)	Efflussi verso altri corpi idrici (Mm^3)	Efflussi a mare stimati periodo 1940-1960 (Mm^3)	Efflussi a mare stimati periodo 1985-2000 (Mm^3)	Variazione dell'efflusso a mare tra i due periodi (%)
	Superficie (Kmq)	Precipitazione (Mm^3)	Deflusso (Mm^3)	Ricarica (Mm^3)	Precipitazione (Mm^3)	Deflusso (Mm^3)	Ricarica (Mm^3)	Precipitazione (%)	Deflusso (%)	Ricarica (%)					
MURGIA	6,842	4,298	464	1,344	3,643	387	1,073	-15%	-17%	-20%	409	254	1.090	411	-62%
SALENTO	3,808	2664	327	976	2,357	276	773	-12%	-16%	-21%	443	252	1.229	582	-53%

Tabella 2: Raffronti degli elementi di bilancio relativi ai periodi 1940-1960 e 1985-2000 Per l'Acquifero della Murgia e l'Acquifero del Salento

Salento. Tale processo interessa anche la falda profonda del Salento, per la quale, la contaminazione salina risulta essere un fenomeno molto più preoccupante rispetto alle altre forme di inquinamento prodotte dalle attività antropiche. Sovrasfruttamento delle risorse idriche sotterranee significa il superamento di una data soglia di prelievo (Safe Yield) che comporta una progressiva diminuzione della riserva dinamica, regolatrice e geologica, immediatamente segnalata da un progressivo abbassamento della superficie piezometrica. Infatti, analisi delle sezioni termiche relative alla distribuzione del contenuto salino, ottenute grazie alle elaborazioni dei dati registrati negli anni 1995-1996, hanno evidenziato come gli spessori delle porzioni di acquifero in cui circolano acque dolci siano molto ridotti: già ad una profondità di 50 m sotto il livello mare tutta l'area centrale della penisola è permeata da acque a salinità superiore a 1 g/l. Tale situazione risultava decisamente migliore nel 1989. Di conseguenza, come dimostrato dagli studi[1], seguendo l'attuale tendenza estrattiva tutta la componente di acqua dolce potrebbe essere destinata a scomparire entro i prossimi 250 anni; tuttavia, già molto prima, la salinità delle acque sotterranee raggiungerebbe valori intollerabili per qualsiasi uso. A tal proposito, nell'area Salentina, la qualità delle acque di falda utilizzate a scopo potabile mostra tenori del cloro-ione sensibilmente elevati (talora superiore ai 250 mg/l[2]) ed in progressivo aumento. Tali valori risultano incompatibili non solo con i valori limite fissati dalla direttiva nazionale in riferimento alla qualità delle acque destinate al consumo umano ma anche con quelli fissati per l'utilizzo della acque in agricoltura. Si presume, infatti, che in tale settore, debbano essere utilizzate acque i cui requisiti di qualità siano superiori o almeno uguali a quelli fissati dalla direttiva sul riutilizzo delle acque reflue, in base alla quale, la concentrazione da non superare dello ione cloro è proprio pari a 250 mg/l[3].

Tale processo può essere arrestato solo riducendo le cause che lo determinano, ovvero riducendo i prelievi, non già per penalizzare le attività che della risorsa idrica sotterranea fanno uso, bensì in un'ottica di sostenibilità su lungo periodo dell'uso della risorsa stessa.

A fronte di tali considerazioni e nell'ottica del principio secondo cui l'acqua deve essere utilizzata in modo solidale e consapevole da parte dei soggetti coinvolti nel governo della risorsa idrica, nella considerazione che l'uso dell'acqua per il consumo umano è prioritario rispetto agli altri usi e che l'uso della risorsa deve essere razionalizzato ed ottimizzato per contribuire alle politiche di intervento sul territorio finalizzate ad assicurare la tutela dei corpi idrici, occorre programmare l'uso delle risorse idriche sulla base del principio di assicurare l'equilibrio tra risorse idriche disponibili e fabbisogni tra i diversi usi, compatibilmente con l'esigenza di assicurare le erogazioni idriche necessarie allo sviluppo sostenibile della regione.

A tal proposito il D.Lgs. 03/04/06 n.152 "Norme in materia ambientale" identifica il riciclo come uno degli strumenti per raggiungere gli obbiettivi fissati dello stesso (tra i quali prevenire e ridurre l'inquinamento e attuare il risanamento dei corpi idrici inquinati, perseguire usi sostenibili e durevoli delle risorse idriche, con priorità per quelle potabili) tanto è che già nell'art. 73 (finalità) al comma f) stabilisce che uno degli strumenti è "l'individuazione di misure tese alla conservazione, al riutilizzo ed al riciclo delle risorse idriche". A tal proposito lo stesso decreto fornisce indicazioni in riferimento al riuso delle acque reflue, all'art. 99, prescrivendo che " Il Ministro dell'ambiente e della

[1] Piano di Tutela delle Acque - Regione Puglia

[2] D.Lgs. n.31 del 2001"Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano"

[3] D.M. n.185 del 2003 "Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del D.Lgs. 11 maggio 1999, n.152"

tutela del territorio, …detta le norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue. Le regioni, …adottano norme e misure volte a favorire il riciclo dell'acqua e il riutilizzo delle acque reflue depurate". Il Ministero dell'Ambiente si è fatto promotore di una proposta di regolamento sull'utilizzo delle acque reflue, successivamente recepite nel decreto per il riutilizzo dei reflui (D.M. del 12/06/2003 n.185).

A livello regionale la delibera della giunta regionale del n.662/06, procede all'identificazione sull'intero territorio regionale degli impianti dotati di sistema di affinamento e stabilisce altresì che il gestore del Servizio Idrico Integrato (S.I.I.) debba farsi "carico dello scarico del refluo nelle ordinarie modalità previste dalla legge, e che debba farsi carico, nelle ipotesi di impianti di depurazione destinati non solo a depurare i reflui, ma anche ad affinarli, degli impianti di affinamento stessi, al fine di perseguire gli obiettivi di qualità fissati. Ovviamente essi incideranno sull'aliquota della tariffa relativa alle attività di depurazione". La stessa delibera stabilisce che "il titolare della rete di distribuzione fissa la tariffa relativa alla distribuzione dei reflui recuperati" essendo questi ultimi, come novellato dal D.M. 185/03, "conferiti dal titolare dell'impianto di recupero al titolare della rete di distribuzione, senza oneri a carico di quest'ultimo".

La normativa nazionale e regionale fornisce quindi utili indicazioni in riferimento al riutilizzo delle acque reflue depurate da riutilizzare nel settore irriguo ma sembra essere totalmente indifferente nei confronti dell'utilizzo delle acque meteoriche che, come le acque reflue depurate, potrebbero rappresentare una preziosa risorsa a fronte delle crisi idriche in atto.

2. L'UTILIZZO DELLE ACQUE METEORICHE

A. F. Piccinni, M. Di Modugno, C. Campana

La possibilità di riutilizzare le acque meteoriche appare particolarmente rilevante alla luce della criticità della risorsa acqua, che, come già detto, risulta spesso deteriorata sul piano qualitativo e/o carente sul piano quantitativo.

Circa la metà della popolazione del Mezzogiorno deve fronteggiare una più o meno accentuata scarsità di acqua potabile nei mesi estivi. Il riutilizzo delle acque meteoriche in ambito domestico può così avere due importanti effetti: da una parte rendere disponibili risorse idriche aggiuntive, con possibilità di liberare altre risorse di maggior qualità verso usi più nobili, dall'altra contrastare il fenomeno dell'inquinamento diffuso delle acque tipico delle aree urbanizzate e favorire il controllo dei deflussi delle acque meteoriche urbane, ossia la riduzione sia delle portate che dei picchi di portata verso i corpi idrici recettori.

Il termine "inquinamento diffuso" nasce nei primi anni '70 quando si è constatato che esistevano delle fonti di inquinamento diverse dalle sorgenti puntuali normalmente conosciute. Il problema è andato via via sempre più manifestandosi con l'adeguamento dei sistemi di trattamento delle acque reflue e con la constatazione che ciò non comportava un sostanziale miglioramento dei corsi d'acqua e dei fiumi.

Maggiori esigenze della qualità delle acque, dettate dalle normative europee e italiane (WFD 2000/60/CE, D.Lgs. 152/06), richiedono quindi un maggiore intervento sugli aspetti legati all'inquinamento diffuso che, d'altra parte, è normalmente più complesso e difficile rispetto alla gestione dell'inquinamento da fonti puntuali. D'altronde il processo di recupero delle acque meteoriche, se da un lato tende a favorire la riduzione del carico inquinante sversato nei corpi idrici recettori, attraverso la raccolta delle acque di pioggia prima che si innesti il processo di dilavamento delle sostanze inquinanti accumulatesi sulle superfici impermeabili, dall'altro evita, nel caso di fognature miste, il sovraccarico dei sistemi di depurazione in corrispondenza del verificarsi di un evento meteorico.

Inoltre, l'urbanizzazione, come si è detto, altera considerevolmente l'idrologia di un bacino: riducendo la permeabilità del suolo, si aumenta il volume delle acque di ruscellamento e nello stesso tempo si riduce il tempo di percorrenza delle stesse con forti ripercussioni in termini di flussi di piena. Ovviamente tali fenomeni sono influenzati da numerosi fattori legati alle caratteristiche delle piogge, dei terreni e delle superfici interessate. In aree in corso di urbanizzazione la progettazione quindi dovrà essere proiettata verso la limitazione nella conversione delle acque di pioggia in acque di *runoff*, con strutture in grado di raccogliere l'acqua o di favorirne l'infiltrazione.

Le potenzialità del recupero delle acque meteoriche sono altresì rilevanti se si considera che esiste una variegata possibilità di reimpiego in ambito domestico e che esistono ormai moderne esperienze consolidate di riutilizzo, almeno a livello internazionale.

I paesi nei quali il riutilizzo delle acque si è maggiormente sviluppato sono quelli dell'Europa centrale-settentrionale, oltre a tutti i paesi dove la risorsa idrica scarseggia. In Svizzera uno studio (Brühlmann, 2003), sulla convenienza economica dell'applicazione di serbatoi per il riutilizzo delle acque dai tetti, ha dimostrato come, questo, può essere vantaggioso solo nelle zone in cui la risorsa idrica scarseggia e quando gli utilizzi sono molteplici (water, giardino, lavatrice). E' stato inoltre valutato che l'investimento può essere recuperato in 10-20 anni.

Nella regione del Gansu, a nord della Cina, a causa del notevole incremento della popolazione e della necessità di disporre di acqua per l'ir-

rigazione si utilizza da tempo la tecnica dell'accumulo di acqua piovana in serbatoi per poi riutilizzarla in agricoltura o anche per usi domestici in analogia a quanto in uso in Puglia sino a 100 anni fa.
Uno studio sulla qualità di queste acque, compiuto nel 2003 (Zhua, 2004), ha messo in evidenza la possibilità di ottenere addirittura acqua potabile se queste provengono esclusivamente dai tetti ed escludendo dalla riserva le prime acque di pioggia, mentre le acque provenienti dalle strade sono utili unicamente per l'irrigazione. In ogni caso il programma governativo, che ha portato moltissime famiglie di quella regione a disporre di una cisterna di 20-50 m^3 di volume per i propri usi domestici, ha portato notevoli benefici.
In Puglia, tale pratica ha trovato largo sviluppo in passato quando gli abitanti di questa regione si sono ingegnati nel trovare le soluzioni più efficaci per sopperire ad una atavica scarsità di risorsa idrica. Nel Sud-Est barese si possono ritrovare e ammirare interessanti esempi dei tentativi dell'uomo di recuperare e conservare le poche risorse idriche disponibili a testimonianza di una cultura, purtroppo parzialmente scomparsa, di sostenibilità attuata in un territorio da sempre afflitto dalla scarsità di una risorsa vitale per il sostentamento e lo sviluppo; per ovviare a tale scarsità si diffuse largamente la realizzazione di cisterne, pozzi e fogge adibite alla raccolta dell'acqua piovana, compresa quella che scorreva lungo le strade. Tali acque venivano principalmente utilizzate per uso domestico, per il sostentamento degli animali e per le coltivazioni.
Oramai queste pratiche trovano in Italia e in Puglia un ridottissimo numero di applicazioni a causa di processi abbastanza evidenti, quali la scarsa disponibilità quantitativa, l'alto costo di realizzazione delle strutture di contenimento e la scarsa coscienza della necessità di pianificare e gestire le risorse idriche.
Tuttavia, come già detto, la grande risonanza legata al problema della salvaguardia ambientale e alla necessità di salvaguardare la risorsa idrica, ha promosso un "uso sostenibile" della risorsa idrica che si è tradotto, ad esempio, nella possibilità di sfruttare adeguatamente l'acqua piovana per risparmiare acqua potabile.
Le esperienze maturate in ambito nazionale e internazionale dimostrano che l'acqua piovana può essere utilizzata senza problemi sia nel settore pubblico che in quello privato, nel rispetto delle normative vigenti. Le moderne tecnologie assicurano un funzionamento affidabile e assolutamente igienico per impieghi fondamentali quali l'irrigazione, la pulizia, lo scarico dei WC e persino l'alimentazione di lavatrici. Per tali usi è preferenzialmente scelta l'acqua piovana raccolta dalle superfici di copertura degli abitati che viene quindi destinata ad un riutilizzo domestico (*domestic roofwater harvesting*).
Nel contesto italiano un approccio globale come quello tedesco ad esempio, secondo cui quasi la metà del consumo domestico giornaliero di acqua potabile può essere sostituito con acqua piovana, risulta essere difficilmente insinuabile negli usi quotidiani degli utenti, specialmente per quel che concerne l'impiego di acqua meteorica per la pulizia o l'alimentazione delle lavatrici. Più facilmente accettabile è il riuso dell'acqua piovana per il risciacquamento del WC, che rappresenta evidentemente un "uso meno pregiato" per il quale attualmente è impiegata acqua potabile a fronte del fatto che la tecnologia del riutilizzo delle acque meteoriche non è sempre applicabile con successo in ogni nazione, ed anche a livello locale, ci sono differenze nella possibile convenienza legata principalmente alle caratteristiche locali delle piogge (quantità e distribuzione temporale).
Si è condotto perciò uno studio finalizzato alla valutazione della convenienza ambientale ed economica in riferimento all'adozione di sistemi di recupero dell'acqua meteorica raccolta dai tetti in contesti, quale quello pugliese, sensibilmente penalizzati dalla scarsità dell'afflusso meteorico, considerata la non trascurabile incidenza dell'uso della risorsa idrica potabile per

WC all'interno del consumo idrico procapite complessivo (33% del consumo domestico giornaliero). Questa è infatti la sostanziale differenza con quei territori in cui l'apporto idrico risulta essere superiore al fabbisogno per gli usi plurimi prescelti (ad esempio irrigazione e scarico WC) e per tale ragione il dimensionamento delle vasche di raccolta si basa unicamente sul dato del fabbisogno piuttosto che su quello dell'afflusso meteorico. Dimensionare il serbatoio di raccolta sulla base del fabbisogno assicura quindi la totale convenienza del sistema dal punto di vista ambientale poiché certamente consente il risparmio di una buona percentuale di acqua potabile; inoltre dal punto di vista economico l'investimento diventa sicuramente conveniente in quei contesti in cui la tariffa dell'acqua potabile non è tanto bassa come lo è in Puglia. La stima sulla convenienza legata all'utilizzo delle acque meteoriche in ambito domestico mostra come queste, per le caratteristiche pluviometriche della Regione possano costituire solo una parziale sostituzione all'uso dell'acqua potabile che potrà, comunque, essere così indirizzata verso usi più pregiati. Riguardo il secondo aspetto è opportuno porre in evidenza che il principale ostacolo all'utilizzo delle stesse, almeno per quello che è stata l'esperienze di studio condotta in Puglia, è rappresentato dal costo necessario per la realizzazione delle opere di contenimento di tali acque. Se invece si assumesse che il recupero e il riutilizzo delle acque di pioggia rappresenti un sistema finalizzato non solo a preservare la risorsa idrica ma anche a consentire la riduzione dell'entità degli scarichi nei corpi idrici ricettori (in termini di portata e di sostanze inquinanti in essi sversati), rappresentando esso anche un beneficio ambientale, parte dei costi per la realizzazione di tali opere dovrebbero ricadere sulla collettività. Tale assunzione è in linea con la Direttiva 2000/60/CE che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque e che rappresenta una evoluzione della Direttiva 91/271/CE che è alla base del D.Lgs. 152/06, essa infatti all'art. 119 (Recupero dei costi relativi ai servizi idrici) al comma 1 recita: "Gli stati membri tengono conto del principio del recupero dei costi dei servizi idrici, compresi quelli ambientali e relativi alla risorsa,… secondo il principio "chi inquina paga"".

Questa breve premessa, che, come già detto, anticipa alcune delle conclusioni dello studio, è necessaria per giustificare lo spirito e l'impostazione dello stesso che, limitatamente all'area indagata, porta a riconoscere al recupero delle acque di pioggia più una valenza ambientale che non una valenza economica.

3. DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI RACCOLTA DELLE ACQUE DI PIOGGIA

A. F. Piccinni, M. Di Modugno, C. Campana

3.1 Analisi dell'efficienza e della convenienza delle opere di raccolta

L'intento della presente analisi è quello di studiare i criteri di dimensionamento delle vasche di raccolta delle acque piovane, captate dalle coperture degli edifici, in un contesto pluviometrico come quello pugliese ed indagare l'influenza delle diverse variabili in gioco sulla convenienza ambientale ed economica di tali sistemi.

A tal proposito, quindi, è importante in primis comprendere i caratteri idrografici che caratterizzano il territorio pugliese al fine di poter individuare l'area di studio che risulti essere quella più rappresentativa del contesto pluviometrico in esame. La Puglia, infatti, è caratterizzata da un clima tipicamente mediterraneo, con inverno mite e poco piovoso e stagione estiva calda e secca; appartiene dunque alle aree con climi marittimi temperati (o climi sub-tropicali ad estate secca). L'Appennino offre alla regione un certo riparo dai venti occidentali, mentre essa rimane esposta alle correnti atmosferiche provenienti dall'Adriatico e da Sud. Questo le conferisce una minore piovosità rispetto alle regioni del versante tirrenico ed è causa anche di frequenti passaggi bruschi tra tempi meteorologici diversi. I mesi estivi sono caratterizzati da siccità dovuta alle masse d'aria calda e secca tropicale che dominano sul bacino del Mediterraneo. I mesi invernali e autunnali presentano frequente nuvolosità e piogge relativamente abbondanti, recate in genere da venti sciroccali, avvicendate con periodi sereni e piuttosto freddi provocati da venti settentrionali e di Nord Est.

I giorni piovosi sono scarsi: il loro numero è compreso tra 60 e 80. Annualmente la regione riceve in media poco più di 600 mm di pioggia; la maggiore piovosità si osserva sul Gargano con 1.100-1.200 mm totali annui, interessato da piogge di tipo orografico a cui si aggiungono quelle d'origine frontale legate alla ciclogenesi del Mediterraneo orientale. La minore piovosità si osserva sul Tavoliere, con valori totali annui al di sotto dei 450 mm ed in una ristretta fascia costiera intorno a Taranto. Nel Subappennino dauno si avvicina a 900 mm annui e la maggior parte delle aree pianeggianti ha meno di 700 mm annui. In tutta la regione, le precipitazioni si concentrano, per oltre il 60%, nei mesi autunno-invernali, con massimi nel Salento dove raggiungono l'80%. Il ciclo annuo mostra un solo massimo di piovosità ben distinto in novembre o in dicembre, mentre il minimo quasi sempre ricade in luglio per tutta la regione. La stagione estiva è caratterizzata da una generale aridità su tutto il territorio: infatti, ad eccezione del Gargano e del Subappennino, dove si hanno precipitazioni di poco superiori a 50 mm, i valori sono inferiori a 30 mm; in alcuni anni i mesi estivi sono stati del tutto privi di pioggia. Succede, tuttavia, che non siano infrequenti i brevi ed intensi rovesci estivi con punte di 30-50 mm in pochi minuti. Elevata è, infine, la variabilità interannuale delle piogge: si può passare in una qualunque zona dai 300 mm di un anno ai 900-1.000 mm dell'anno seguente, come è accaduto a Bari nel 1913 (371 mm) e nel 1915 (1.095 mm).

Nella Figura 4 è riportata la mappa delle isoiete relative all'intero territorio regionale in riferimento alla quale è stata individuata l'area di studio: essa ricade nel comune di Ruvo di Puglia, piccola cittadina a Nord-Ovest di Bari, per la quale si è stimata, sulla base di 29 anni di osservazione (1976-2004), una pioggia media annua di 549 mm. Essa risulta sufficientemente rappresentativa in riferimento al regime pluviometrico caratteristico della Regione Puglia.

Pur volendo condurre l'indagine allo scopo di individuare la migliore soluzione di impianto per lotti di nuova edificazione, la scelta dell'area

di studio è ricaduta su una zone della piccola cittadina già edificata; ciò al fine di dedurre indici descrittivi realmente riscontrabili, quali la densità abitativa e la percentuale di superficie coperta.

L'area considerata, la cui estensione è pari a circa 15,22 ha, è costituita da edifici con copertura in parte a falde e in parte a lastrico solare, con superficie totale coperta di circa 5,71 ha (Figura 5).

Al fine di stabilire il numero dei residenti per ciascun edificio facente parte dell'area interessata, si è ipotizzato un edificio medio costituito da 3 piani e, per ogni 120 m^2 lordi di appartamento un numero di residenti pari a 3. A questo punto, nota l'estensione di ogni singolo edificio, è stato possibile determinare il numero complessivo di residenti in esso presenti.

L'analisi è stata svolta sulla scorta delle precipitazioni giornaliere, fornite dall'ufficio Idrografico della Regione Puglia, dal 1 gennaio 1976 al 31 dicembre del 2004.

Dall'analisi svolta sui residenti nell'area in considerazione, risulta che per ogni 100 m^2 di superficie coperta vi sono 7,5 residenti.

Il rapporto tra la superficie coperta e quella totale è invece pari a 0,375, ovvero per ogni ettaro di area edificata, comprensiva di strade, piazze, cortili, ecc., mediamente 0,375 ha costituiscono le coperture degli edifici

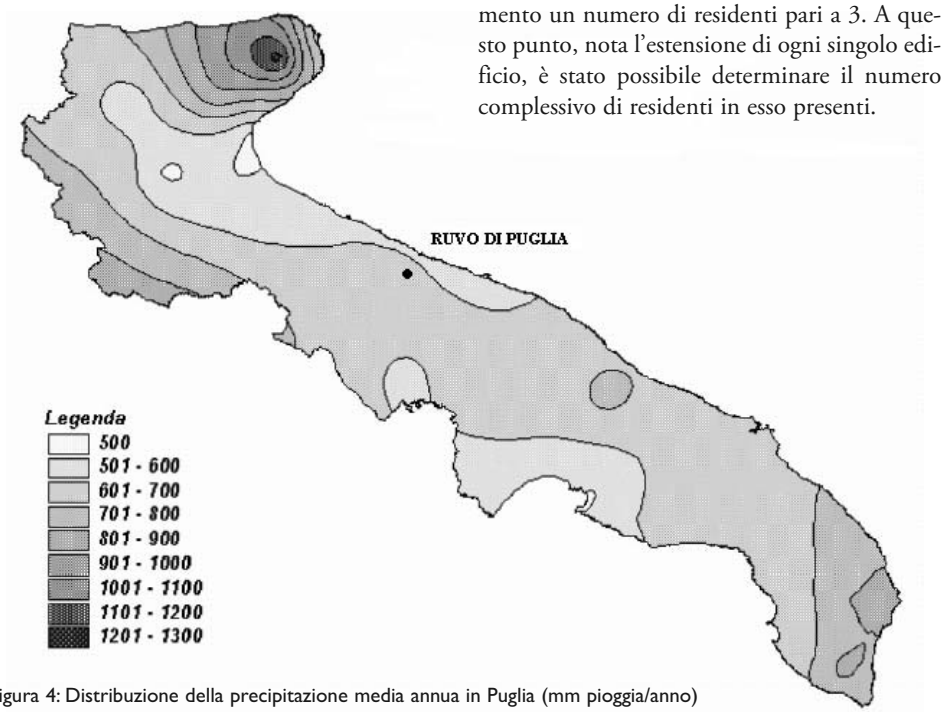


Figura 4: Distribuzione della precipitazione media annua in Puglia (mm pioggia/anno)

Figura 5: Localizzazione dell'area di studio

ricadenti nell'area.
I dati di pioggia giornalieri forniti dalla stazione pluviometrica di Ruvo di Puglia sono stati elaborati allo scopo di ricavare degli indici che esprimessero "l'efficacia" dei sistemi di recupero delle acque meteoriche. I due indici individuati esprimono rispettivamente "l'efficienza" e "la convenienza" dei sistemi, in quanto il primo è pari al rapporto tra il volume di pioggia effettivamente accumulabile tramite la vasca di raccolta nell'arco di un anno e il volume massimo cumulabile, ovvero l'afflusso totale annuo trasformato in deflusso, mentre il secondo è dato dal rapporto tra il volume di acqua meteorica riutilizzata nell'arco di un anno per il risciacquamento del WC e il volume totale richiesto per lo stesso uso. Evidentemente per entrambi le variabili, influenti sono il volume della vasca e l'ampiezza del bacino di raccolta dell'acqua piovana. L'analisi è dunque volta a determinare come tali indici varino al variare delle due grandezze.
La scala temporale di riferimento per effettuare bilanci di efficienza e convenienza è stata scelta pari all'anno, ovvero la simulazione dei cicli di svuotamento e riempimento della vasca di raccolta è a scala giornaliera ma le valutazioni sull'efficacia del sistema sono complessive e si riferiscono quindi all'intero anno.
Le elaborazioni sono state effettuate considerando l'anno medio, cioè quell'anno della serie storica considerata (1976-2004) il cui afflusso totale annuo si avvicina maggiormente alla precipitazione media annua stimata (549 mm). L'anno così individuato è il 1997 caratterizzato per l'appunto da una precipitazione totale pari a 548 mm di pioggia.
L'anno di riferimento considerato è l'anno medio, piuttosto che dell'anno di massimo o minimo afflusso, poiché l'intento dell'indagine è di simulare un funzionamento di impianto in condizioni ordinarie, pur riconoscendo che in periodi di piovosità non allineata sui valori medi, il comportamento può rivelarsi sensibilmente differente.
Il calcolo degli indici descritti è stato effettuato considerando vasche di raccolta con differenti volumetrie e, per ciascuna di queste, si è variata l'estensione dell'area servita dalla vasca. Per tale calcolo si è operato giornalmente come segue:

A: si è calcolato il volume di pioggia giornaliero massimo cumulabile ottenuto moltiplicando l'altezza di pioggia giornaliera per la superficie coperta SC (derivata dalla superficie totale del bacino servito (SB) tramite il fattore 0,375) e per il coefficiente d'afflusso $\varphi = 0{,}9$;

B: si è calcolato il volume disponibile nel serbatoio ad inizio giornata, dato dal volume disponibile ad inizio giornata nel giorno precedente (Bi-1) sommato al volume giornaliero erogato nel giorno precedente (E i-1), meno l'eventuale volume di pioggia accumulato sempre nel giorno precedente (Ci-1);

C: si è calcolato il volume giornaliero accumulato, prendendo il più piccolo valore tra il volume di pioggia giornaliero massimo cumulabile (Ai) e il volume disponibile nel serbatoio ad inizio giornata (Bi);

D: si è calcolato il volume di acqua totale presente nella vasca, e quindi riutilizzabile, somma del volume presente a inizio giornata e del volume accumulato (Ci)

E: si è calcolato il volume giornaliero erogato dal serbatoio, dato dal più piccolo valore tra il volume di acqua totale contenuta nel serbatoio (Di), e il consumo giornaliero per l'utilizzo dello sciacquone, relativo ai residenti nell'area considerata;

F: si è calcolato il volume giornaliero erogato dall'acquedotto per il solo utilizzo dello sciacquone, sottraendo dal consumo giornaliero per l'utilizzo dello sciacquone il volume giornaliero erogato dal serbatoio (Ei).

Nelle valutazioni appena esposte i risultati ottenuti risultano fortemente dipendenti:

- dal volume della vasca di raccolta delle acque meteoriche;
- dalla superficie del bacino servito, da cui si ricava la superficie coperta;
- dalla densità abitativa dell'area;
- dal consumo giornaliero procapite per il risciacquamento del WC

Mentre le prime due grandezze costituiscono le variabili indipendenti del problema, le successive due sono assunte come costanti; in particolare per la penultima si è adottato il valore ricavato in precedenza (7,5 abitanti ogni 100 m^2 di superficie coperta) e per l'ultima si è ipotizzato che il consumo per WC sia pari al 30% del consumo idrico domestico complessivo. Tale valore percentuale deriva da una sintesi delle numerose informazioni disponibili circa la distribuzione dei consumi giornalieri domestici.

Con un consumo idrico rilevato per il comune di Ruvo di Puglia, nell'anno 2007, pari a 137 l/ab×giorno, si ottiene dunque un consumo per WC pari a 41 l/ab×giorno.

Di seguito (Tabella 3) si riporta a titolo di esempio la simulazione effettuata per l'anno medio in corrispondenza di una vasca di 100 l a servizio di un'area di 300 m^2 (cui corrisponde una superficie coperta di 112,5 m^2):

Volume Vasca	*(mc)*	0,1
Superficie Bacino	*(ha)*	0,03
SC/SB		0,375
Superficie Coperta	*(ha)*	0,01125
	(mq)	112,5
Consumo Idrico	*(mc/ab/g)*	0,137
Consumo WC	*(%)*	30
Densità Abitanti	*(ab/100mq)*	7,5
Consumo WC	*giornaliero(mc)*	0,3457017
	annuo(mc)	126,18113
Coeff di deflusso		0,9

In questo caso si ottiene:

Efficienza vasca	12,25%
Convenienza vasca	5,38%
Frequenza giorni riempimento	23,56%

Eseguendo tale simulazione per differenti valori di volume della vasca e estensione bacino, è stato possibile diagrammare l'andamento tridimensionale dell'efficienza (Figura 6) e della convenienza (Figura 7) in funzione delle due variabili.

		A	B	C	D	E	F
Giorno	$h_{pioggia}$	$V_{max\ cum}$	$V_{disponibile}$	$V_{accumulato}$	$V_{acqua\ tot}$	$V_{erogato}$	$V_{acqedotto}$
	mm	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3
01/01/1997	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,35
02/01/1997	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,35
03/01/1997	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,35
04/01/1997	0,40	0,04	0,10	0,04	0,04	0,04	0,31
05/01/1997	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,35
06/01/1997	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,35
07/01/1997	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,35
08/01/1997	5,60	0,57	0,10	0,10	0,10	0,10	0,25
09/01/1997	0,20	0,02	0,10	0,02	0,02	0,02	0,33
10/01/1997	1,40	0,14	0,10	0,10	0,10	0,10	0,25
11/01/1997	10,80	1,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,25
12/01/1997	3,80	0,38	0,10	0,10	0,10	0,10	0,25
13/01/1997	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,35
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
TOTALI		**55,46475**		**6,79225**		**6,79225**	

Tabella 3: Risultati simulazione effettuata per una vasca di 100 l a servizio di un bacino di 300 m^2

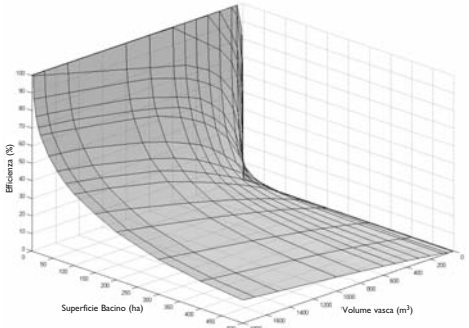


Figura 6: Andamento dell'efficienza per Ruvo di Puglia, anno 1997

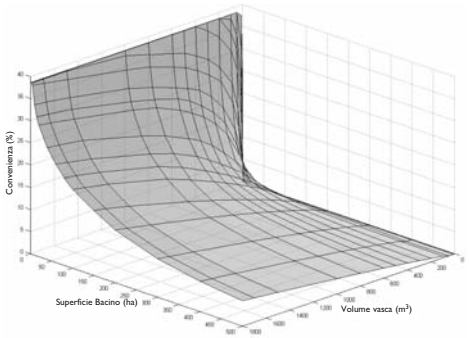


Figura 7: Andamento della convenienza per Ruvo di Puglia, anno 1997

È stato inoltre ricavato un abaco, tramite proiezione sul piano x-y delle intersezioni della superficie dell'efficienza con piani paralleli al piano x-y aventi differenti coordinate z, che

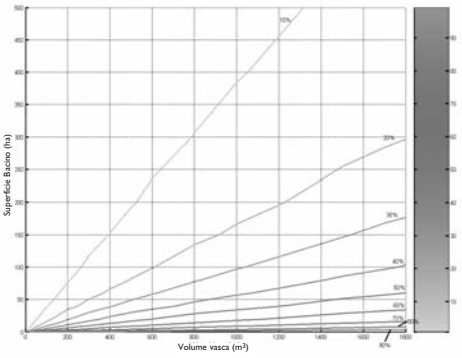


Figura 8: Abaco dell'efficienza per Ruvo di Puglia, anno 1997

indica il legame lineare esistente tra il volume della vasca e la superficie del bacino a parità di efficienza (Figura 8) e definisce le combinazioni volume-superficie ricadenti nei diversi range di efficienza.

Dai grafici riportati si evince che sia l'efficienza che la convenienza aumentano all'aumentare del volume della vasca e al diminuire della superficie del bacino servito (diminuzione delle utenze da servire). In particolare, se l'efficienza può raggiungere il 100%, la massima convenienza raggiungibile nel contesto in esame, cioè per il dato regime pluviometrico, è del 38,57%. Ciò significa che è possibile risparmiare, in termini di acqua potabile, al massimo il 38,57% del consumo idrico per WC, ovvero l'11,57% del consumo totale giornaliero procapite. Questa situazione si verifica facilmente, per quanto detto, abbinando grandi volumi di vasca di raccolta a piccole superfici servite.

Lo studio condotto ha permesso di valutare la massima convenienza, in termini di recupero e utilizzo delle acque meteoriche urbane, raggiungibile nel contesto in esame caratterizzato da un proprio tessuto urbano consolidato. Nello specifico, per tale area, la cui estensione complessiva è pari a 15 ha, risulterebbe possibile raggiungere la massima convenienza attraverso la realizzazione di una vasca di volume pari a 6.000 m^3, cui corrisponderebbe un'efficienza del sistema dell'88,96%; aumentare il volume della vasca, e quindi l'efficienza del sistema, risulterebbe superfluo poiché il risparmio idrico corrispondente risulterebbe invariato (Figura 9), a fronte di un incremento considerevole dei costi di costruzione dei sistemi di accumulo.

Con riferimento a lotti di estensione pari a 15 ha, dall'abaco in Figura 7 si può, ad esempio, dedurre che per ottenere un'efficienza del sistema maggiore del 70%, la vasca deve avere un volume maggiore di 1.700 m^3. Questo ordine di grandezza del volume della vasca di raccolta per una superficie di 15 ha è effettivamente confermato dai criteri di dimensionamento di tali vasche usualmente adottati nella pratica tecnica.

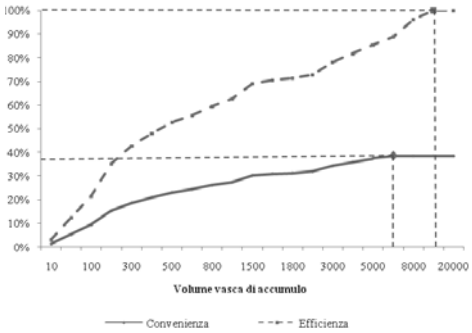


Figura 9: Andamento dell'efficienza e della convenienza per l'area di studio.

Questi criteri sono dettati dalla norma DIN 1989-1[3], la quale individua il volume di raccolta V_R tramite la formula seguente:

$$V_R=T_{SM}*V_{MC}/365$$

in cui:
V_{MC} è la massima quantità annua di acqua piovana teoricamente cumulabile (pari al totale della colonna A in Tabella 3);
T_{SM} è il tempo secco medio in giorni ovvero il tempo relativo alla riserva di sicurezza in caso di più giorni non piovosi consecutivi. Alcuni autori (Fanizzi, 2002) suggeriscono di calcolare questa quantità distribuendo il numero totale di giorni non piovosi nei 12 mesi:

$$T_{SM}=(365-N_p)/12$$

in cui N_p è il numero di giorni piovosi in un anno.

Sempre con riferimento all'anno medio per Ruvo di Puglia, N_P è risultato pari a 23,4 giorni, mentre 30 e 6,2 rappresentano rispettivamente il numero massimo e il numero medio di giorni non piovosi consecutivi.
Il volume derivante dalla metodologia descritta è di 1.779 m^3, che va però modificato per tener conto del fatto che i criteri di proporzionamento esposti sono concepiti per contesti in cui la piovosità media è notevolmente maggiore. Riferendosi ad esempio alle indicazioni rintracciabili nelle "Norme in materia di sostenibilità ambientale degli interventi urbanistici ed edilizi" della Regione Umbria, il volume della vasca deve essere dedotto considerando un volume specifico di 30 l/m^2, che per il caso in esame, significa complessivamente 1.688 m^3. Essendo tale quantità molto simile a quella precedentemente ricavata tramite la formulazione DIN si comprende che l'indicazione della Regione Umbria rispecchia i criteri DIN ed è quindi possibile eseguire una trasposizione del risultato dall'Umbria alla Puglia, basandosi sui relativi regimi pluviometrici medi. In definitiva, se in Umbria la precipitazione media annua è pari a 1.000 mm mentre quella di Ruvo di Puglia risulta pari a 550 mm, tramite una semplice proporzione si ricava che il volume meglio adattabile nel contesto in esame risulterebbe pari a circa 1.000 m^3.
Il riadattamento condotto della metodologia DIN, trova giustificazione nel fatto che nella sua applicazione molto spesso si sostituisce a V_{MC} il volume relativo al fabbisogno per gli usi prescelti, essendo questo minore di V_{MC}. Questo approccio non tiene però conto di applicazioni in condizioni di scarsità di afflusso meteorico, in cui non c'è convenienza a dimensionare la vasca di raccolta per coprire interamente il tempo secco medio.
Dall'elaborazioni dei dati pluviometrici dell'anno medio per Ruvo di Puglia, è emerso che una vasca di 1.000 m^3 a servizio di una superficie di 15 ha (Figura 10) realizza un'efficienza del 62,53% e una convenienza del 27,49% (corrispondente a un risparmio idrico dell'8,25%).

[3] Norma DIN 1989-1:2002-04 "Regenwassernutzungsanlagen - Teil 1: Planung, Ausfuhrung, Betrieb und Wartun" ("Sistemi di raccolta dell'acqua piovana - Parte 1: progetto, installazione, utilizzo e manutenzione")

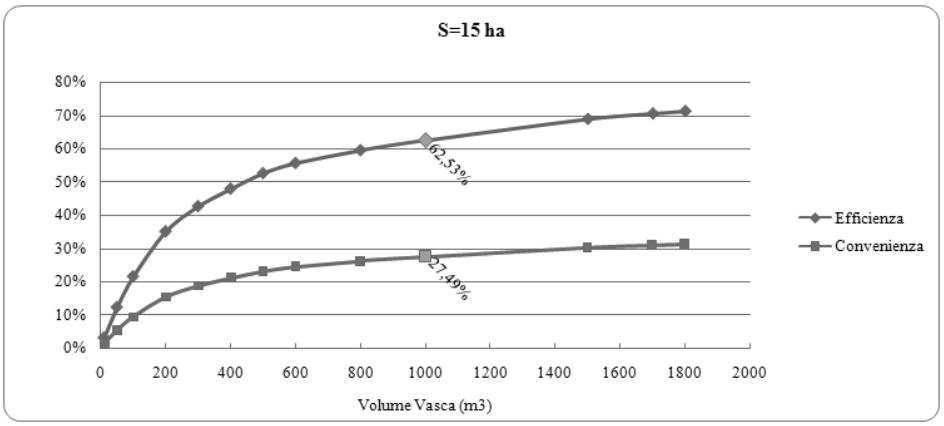


Figura 10: Andamenti di efficienza e convenienza al variare del volume per una superficie servita di 15 ha

A questo punto, assumendo che siano soddisfacenti gli indici descrittivi dell'efficacia del sistema di recupero delle acque piovane dalle superfici di copertura, realizzati con un volume di raccolta di 1.000 m^3, è opportuno procedere ad una valutazione dei costi per comprendere se sia più conveniente dal punto di vista economico realizzare un sistema concentrato o distribuito, cioè rispettivamente una sola vasca da 1.000 m^3 a servizio di tutta l'area di 15 ha o più vasche a servizio di sottoporzioni.
La valutazione di convenienza tra sistemi concentrati e distribuiti può essere a questo punto solo di tipo economico, perché, come dimostra l'abaco in Figura 8, comunque si divida un volume all'interno di una superficie (ad esempio se si distribuiscono volume e superficie in 4 o 16 sottosistemi realizzando rispettivamente 1 vasca da 250 m^3 per ogni quarto di superficie servita oppure 1 vasca da 62,5 m^3 per ogni sedicesimo di superficie servita) il valore di efficienza e di convenienza rimane invariato.

3.2 Valutazione dei costi

La valutazione dei costi per gli impianti di recupero delle acque di pioggia raccolta dai tetti dei fabbricati è stata eseguita sia ipotizzando la realizzazione di un'unica vasca da 1.000 m^3 a servizio di tutta l'area considerata pari a 15 ha [CASO1], sia ipotizzando che lo stesso volume fosse suddiviso in 4 sottoinsiemi (realizzando rispettivamente una vasca da 250 m^3 per ogni quarto di superficie servita (3,75 ha) [CASO4]) e in 16 sottoinsiemi (realizzando una vasca da 62,5 m^3 per ogni sedicesimo di superficie servita (0,9375 ha) [CASO16]).
I sistemi in questione sono composti da numerosi elementi per cui anche i costi globali sono composti da numerose voci. Nel doversi riferire a sistemi teorici, cioè non effettivamente corredati di progetto, si sono adottate alcune ipotesi e individuati metodi speditivi per la stima di alcune grandezze.
La prima ipotesi è quella di trascurare i costi di elementi quali grondaie, pluviali, filtri in linea, reti duali e serbatoi negli edifici, poiché questi possono essere considerati costi comuni nelle tre casistiche analizzate. Una seconda ipotesi consiste nel ritenere costante il costo della pompa necessaria per la distribuzione dell'acqua recuperata, non essendo prevedibile nei casi teorici la potenza necessaria che dipende dalle

condizioni geometriche della rete di distribuzione e comunque avrà un'incidenza modesta rispetto agli altri costi.
Inoltre per le vasche, supposte interrate, si è adottata una forma quadrata, potendo nella realtà invece variarne la geometria in funzione degli spazi a disposizione. Pertanto si è supposto di dover realizzare una vasca di 4 metri di altezza, con una distanza tra copertura e piano campagna pari ad 1 metro. Nella valutazione economica sono stati omessi dispositivi di scarico o di troppo pieno, per semplicità di calcolo, pur essendo questi necessari nella realtà ma di costo relativo esiguo.
Per il calcolo del ferro di armatura necessario per la realizzazione della vasca di contenimento delle acque di pioggia si è supposto di adottare 80 kg/m^3 di calcestruzzo, mentre per le reti di adduzione (convogliamento dell'acqua piovana dai tetti alla vasca) e distribuzione (condotte di ridistribuzione dell'acqua recuperata), si sono adottati rispettivamente tubi estrusi con miscela a base di policloruro di vinile non plastificato (PVC rigido) e tubazioni in polietilene ad alta densità.
Per la prima tipologia si è ipotizzato un diametro di 200 mm pur essendo noto che il dimensionamento di una rete di tal genere andrebbe eseguito secondo i criteri progettuali delle fogne bianche.

Per la lunghezza delle due reti si è effettuato il seguente calcolo approssimato, basato sull'ipotesi di coincidenza tra lunghezza stradale e lunghezza delle reti valutato sottraendo alla superficie complessiva del bacino la superficie coperta, decurtando all'area così ottenuta un'ulteriore aliquota, pari al 30%, per escludere l'area adibita a verde, le piazze, i cortili, al fine di ottenere così l'area stradale; il valore così ottenuto è stato linearizzato dividendo lo stesso per una larghezza media di una strada urbana pari circa a 5 m.
L'analisi economica effettuata considerando, come detto, in primis un'unica vasca di 1.000 m^3 a servizio dell'intera superficie [CASO1] consente di stimare un costo di realizzazione pari a circa 1.000.000 Euro, che si traduce in un costo per abitante pari a 251,5 Euro, essendo 4.219 la stima degli abitanti residenti nei 15 ha di superficie considerata.
I costi totali stimati per il [CASO 4] e per il [CASO16] sono invece, per ciascuna vasca, rispettivamente pari a 300.000 Euro e 70.000 Euro, ovvero maggiori dell'importo relativo al CASO1 diviso rispettivamente per 4 e 16.
Al fine di effettuare delle considerazioni sul rapporto esistente tra l'eventuale investimento iniziale e il risparmio annuo, si rende necessario far riferimento alle tariffe dell'acqua per "uso civile" adottate dal Gestore del Servizio Idrico Integrato in Puglia (AQP S.p.A.).
A decorrere dal 1° Gennaio 2003 le tariffe dei servizi di acquedotto, fognatura e depurazione sono state modificate come stabilito dalla Convenzione per la Gestione del Servizio Idrico Integrato A.T.O. Puglia. L'articolazione tariffaria è determinata in base al Metodo Normalizzato emanato con il Decreto Ministeriale per i Lavori Pubblici del 1 Agosto 1996, ai sensi della Legge 36/94. Con decorrenza 1° gennaio 2008, L'Acquedotto Pugliese S.p.A, in ottemperanza alla Convenzione ed in attuazione della Delibera dell'Amministratore Delegato n. 30398 del 17 novembre 2006, ha adottato per il 2008 la medesima articolazione tariffaria già applicata per il 2006 e il 2007, lasciando invariati gli importi al metro cubo (Figura 11).

Descrizione	fascia di consumo *[m^3/anno]*	costo (iva inclusa) *[€/m^3]*
Tariffa agevolata	0 – 73	0,46
Tariffa base	73,01 – 110	0,6
Prima fascia	110,01 – 146	0,99
Seconda fascia	146,01 – 256	1,49
Terza fascia	oltre 256	1,82

Figura 11: Articolazione tariffaria per il periodo 2006-2007

La fascia media di appartenenza dei moduli contrattuali delle utenze ruvesi è stata valutata dividendo il volume di acqua potabile letturato nell'anno 2007 per il numero di utenze; il valore ottenuto è di circa 215 m^3/anno; ne consegue che è ipotizzabile l'applicazione di una tariffa di seconda fascia. Pertanto il risparmio annuo in termini di risorse idrica non fatturata è pari a circa 26.000 Euro nel [CASO1], 6.500 e 2.000 Euro rispettivamente per il [CASO 4] e il [CASO16] per ciascuno dei gruppi di utenti. Non considerando l'attualizzazione dei recuperi annui, è possibile affermare che il numero minimo di anni (41 anni) in cui si recupera tale investimento si ottiene per il [CASO1].
Alla luce di tali valutazioni emerge con chiarezza che, in riferimento alla realizzazione delle opere di accumulo e utilizzo delle acque di pioggia, non esiste un vantaggio economico riscontrabile nell'immediato. Tale valutazione resta però suscettibile a variazioni a fronte dalla rimodulazione del nuovo Piano d'Ambito del SII che, recentemente approvato dall'ATO Puglia, prevede una modificazione significativa del sistema tariffario pugliese a fronte del recupero dei costi per i servizi di acquedotto, fognatura e depurazione. Tuttavia, è da sottolineare, che l'analisi di tali costi deve tener conto di ulteriori costi aggiuntivi, quali quelli ambientali e relativi alla risorsa, in coerenza con l'applicazione del principio del Recupero del Costo Pieno (*Full Recovery Cost*) proposto dalla WFD 2000/60/CE e dal D.Lgs.152/06.

4. STRUTTURA E FORMA DELL'ACQUA NEL TERRITORIO PUGLIESE

C. Montalbano; disegni: G. Mazzone

Il sistema pugliese risulta particolarmente sensibile dal punto di vista dell'insediabilità umana e della sua relazione con la risorsa idrica. In alcuni periodi dell'anno le piogge sono quasi totalmente assenti; mancano grandi fiumi e i torrenti, sempre di piccole dimensioni, non sono attivi se non nei periodi tipicamente invernali; il suolo è prevalentemente brullo e il sottosuolo, calcareo, assorbe come una spugna ogni residuo di acqua che non venga precedentemente disperso per evaporazione.

Queste condizioni hanno da sempre favorito uno sviluppo antropico fondato sul proliferarsi di piccoli insediamenti monofunzionali, legati ad uno specifico tipo di economia, nonché di controllo e uso del territorio. In quest'ottica assume fondamentale importanza, per tali insediamenti, lo sviluppo di opportuni sistemi di approvvigionamento di acqua potabile che possano garantire la sopravvivenza di queste piccole comunità.

4.1 Le modalità di scorrimento dell'acqua

Il problema principale dell'approvvigionamento dell'acqua potabile sul territorio pugliese è costituito, come detto, dalla particolare conformazione geologica del sottosuolo. Nella geomorfologia pugliese è infatti possibile individuare, in prevalenza, due differenti strati geologici: uno strato superficiale composto da affioramenti calcarei, ed uno più profondo, composto da sedimentazioni di calcareniti, argille, ghiaie e sabbie; il tutto associato ad un percorso dell'acqua segnato dal fenomeno del carsismo.

Considerando tali condizioni è possibile, pertanto, individuare tre differenti modalità di scorrimento delle acque:

- *1. Acque superficiali*: Si tratta di una circolazione idrica piuttosto ridotta dovuta sia alla scarsità di rilievi nella composizione orografica della Puglia, che alla permeabilità del terreno. Di conseguenza è possibile individuare sul territorio un numero esiguo di corsi d'acqua superficiali, per lo più effimeri (torrenti e rivoli) e prevalentemente tendenti all'impaludamento.

- *2. Falda profonda*: Nonostante la composizione geologica del basamento pugliese sia costituita da calcare del cretaceo (la cui caratteristica è l'impermeabilità), esso risulta caratterizzato da profonde fessurazioni. Ciò comporta una circolazione idrica di tipo carsico. L'assorbimento delle acque meteoriche da parte del suolo avviene tramite condotti, canali e gallerie sotterranee, fino al raggiungimento delle acque di intrusione marina. In condizioni statiche, la differente densità dei due tipi di acqua non permette la loro miscelazione. Di conseguenza le acque dolci si dispongono sopra quelle salate, con uno spessore della falda crescente con l'aumentare della distanza dalla costa.

- *3. Falde sospese:* Questi depositi di acqua si verificano quando lo strato di calcare del cretaceo viene coperto da terreni di tipo argilloso. Conseguentemente si creano falde acquifere a quote superiori rispetto a quelle carsiche, anche se, ovviamente, in termini quantitativi la loro consistenza risulta inferiore a quella delle falde profonde.

4.2 Le tecniche di captazione dell'acqua

Le fonti di approvvigionamento idrico risultano pertanto collocate, sul territorio pugliese, a profondità variabili in base alla struttura geologica dell'area specifica presa in considerazione. Questo ha consentito lo sviluppo, sin da epoche lontane, di variegate tipologie di sfruttamento della risorsa idrica, dipendenti dalle caratteristi-

che dei singoli ambiti territoriali. Le tecniche di captazione così sviluppate hanno consentito un forte sviluppo insediativo del territorio pugliese e sono riuscite ad integrarsi in modo sempre diverso nelle architetture che hanno storicamente caratterizzato questo territorio.
Tali tecniche, di seguito illustrate, vengono impiegate singolarmente o in maniera sistemica, in base alla complessità del sistema socio-economico che le ha prodotte, alla disponibilità della risorsa idrica ed al suo tipo d'impiego.

Pozzi superficiali: Raggiungono direttamente la falda freatica. La loro realizzazione può considerarsi come un'opera di "sottrazione di materiale" dal terreno. Raggiungono un diametro di circa un metro e sono caratterizzate da un andamento non costante lungo il loro sviluppo in profondità. Generalmente i pozzi procedono verso la falda assumendo una caratteristica forma a campana o a bottiglia che ne determina un progressivo aumento della sezione. Le pareti del pozzo sono spesso realizzate direttamente con terra opportunamente costipata piuttosto che in pietra; l'uso della pietra è limitato alla parte superiore del pozzo, per ottenere una maggiore stabilità in corrispondenza dello strato superficiale del terreno. La parte superiore, per ragioni di sicurezza, viene generalmente chiusa con una grossa pietra.

Cisterne o fogge (Figura 12 - 17): Di forma quadrangolare o circolare, sono impianti destinati alla raccolta delle acque meteoriche. Vengono realizzate in aree in cui non è possibile raggiungere la falda acquifera. Tra le due tipologie adottate, quadrangolare e circolare, risulta maggiormente utilizzata la seconda. La tipologia ad impianto quadrangolare non consente, infatti, una facile pulizia degli spigoli interni e genera pertanto un minore controllo igienico dell'acqua a causa del proliferarsi di alghe. Tali strutture, realizzate in pietra e impermeabilizzate internamente con intonaco idraulico, si sviluppano in profondità comprese tra i tre e i dieci metri, in base alle specifiche esigenze per le quali vengono realizzate ed al livello pluviometrico della zona. La copertura della cisterna è realizzata all'intradosso con volte a botte per gli esemplari a base quadrangolare, o a cupola ribassata per quelli a base circolare. L'estradosso presenta invece un andamento a falde spioventi coperte generalmente con chiancarelle. La collocazione di queste strutture sul territorio avviene in corrispondenza di avvallamenti e depressioni orografiche in cui è possibile favorire il ruscellamento dell'acqua piovana, intercettandola verso l'imboccatura della cisterna. Le fogge possono essere parzialmente o completamente interrate. Nel primo caso il muro che sostiene la copertura viene sopraelevato dal piano di campagna di circa un metro, un metro e mezzo, ed è caratterizzato dalla presenza di un foro che consente l'immissione delle acque drenate dal terreno circostante all'interno dell'impianto. L'acqua viene prima convogliata in un piccolo pozzo di decantazione e poi viene immessa all'interno della cisterna. Dal lato opposto dell'impianto è possibile trovare un meccanismo analogo destinato al troppo pieno, ovvero, all'evacuazione delle acque nel caso in cui esse eccedano la capacità della cisterna. L'acqua così raccolta viene resa disponibile attraverso meccanismi di risalita, disposti lateralmente alla cisterna, come pozzi semplici o con carrucola disposta all'apice della struttura. Nel caso di impianti pubblici collocati in spiazzi per la sosta del bestiame, il meccanismo di ripresa dell'acqua si completa con opportune canalizzazioni collegate ad abbeveratoi.

Neviere (Figura 18 - 21): Non si tratta di impianti per la raccolta delle acque, ma sono comunque legati ad essi. Nascono inizialmente dall'adattamento di strutture come grotte o fosse da destinare alla conservazione della neve e del ghiaccio anche in periodi diversi da quello invernale. Si tratta di strutture parzialmente interrate (come nel caso delle cisterne) e, in alcuni casi, completamente isolate dal terreno circostante attraverso la costruzione di una dop-

pia parete muraria. La forma assunta in sezione richiama un tronco di cono rovesciato. Tale forma fa si che, in seguito allo stipamento degli strati di ghiaccio, l'aumento della pressione sugli strati inferiori, ne faciliti il ritorno allo stato liquido. In tal senso, la forma particolare assunta dalla sezione della neviera sulla parte inferiore dell'impianto, consente di convogliare naturalmente l'eventuale acqua tornata allo stato liquido, verso il pozzo di raccolta disposto sul fondo dell'impianto e realizzato a vespaio, in maniera tale da consentire la dispersione dell'acqua nel terreno e ridurre al minimo il disciogliimento degli strati di ghiaccio superiori. L'isolamento della porzione di struttura disposta al di fuori del piano di calpestio avviene mediante il riporto di uno strato di argilla dello spessore di circa trenta centimetri, il cui andamento è interrotto unicamente in corrispondenza del foro praticato per lo stipamento della neve. La diposizione della stessa all'interno della neviera avviene per sovrapposizione di strati, di spessore compreso tra i venti e i trenta centimetri, separati da uno strato di paglia di circa dieci centimetri, ottenuto dalla frantumazione di spighe, in modo da facilitare il successivo prelievo del ghiaccio. Ben diversi sono, invece, gli stati utilizzati per rivestire il fondo e le pareti dell'impianti, nonché il materiale impiegato per comporre la copertura dell'intera pila di neve. Il fondo viene coperto con uno strato di fascine dello spessore di circa 10 centimetri; il rivestimento realizzato lungo le pareti a scarpa comporta sempre l'impiego di paglia, con la differenza, in questo caso, che essa è ottenuta solo dagli steli delle spighe. La copertura dell'intera pila di neve viene ottenuta, infine, attraverso la realizzazione di strati differenti, composti, procedendo dal basso verso l'alto, da uno strato abbondante di paglia, da sacchi di canapa, da uno strato di terra, da tavole in legno, da un abbondante strato di ramaglie di ginestre, da teloni e da un ultimo strato di tavole in legno. Il sistema così composto è in grado di garantire un isolamento del ghiaccio, in modo da permetterne una conservazione duratura. Spesso queste strutture sono corredate, nella parte terminale del corridoio di accesso, da nicchie per lo stipamento e la conservazione di prodotti, fungendo quindi da cella frigorifera.

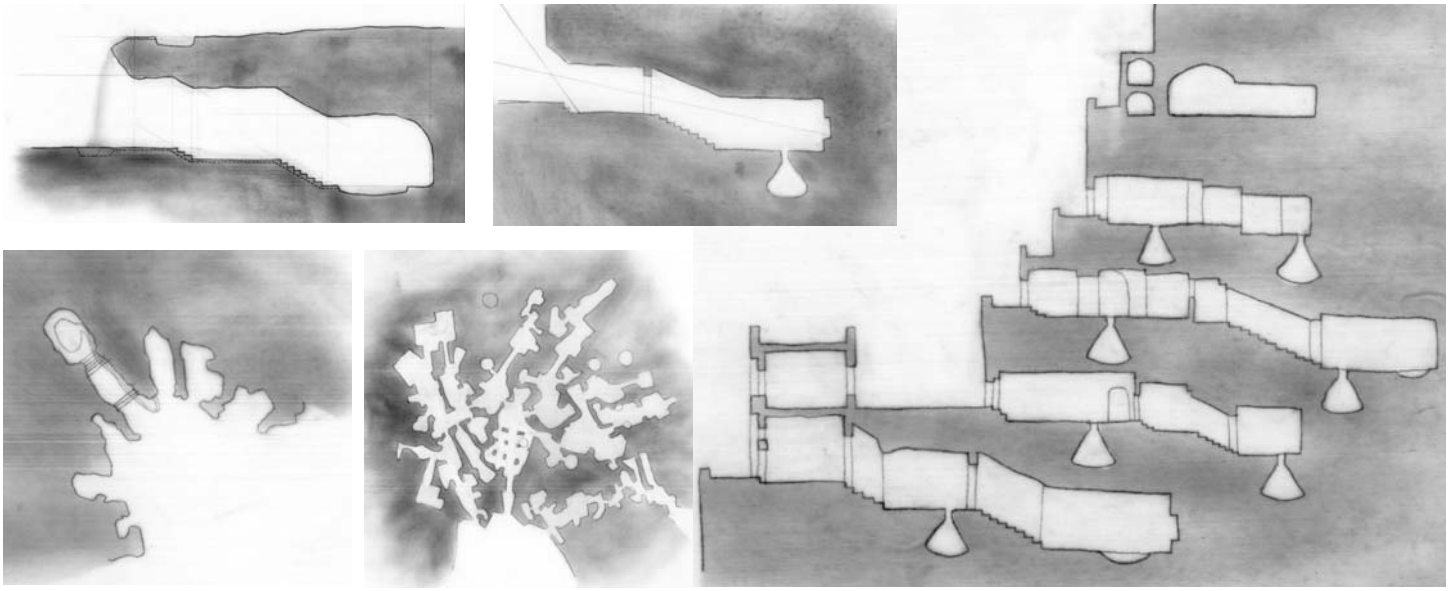


Figura 12 - 16: Impiego delle cisterne superficiali nell'architetura rupestre. La tecnica della cisterna intagliata nella roccia calcarea è riscontrabile, sul territorio pugliese, sin dal neolitico, ma raggiunge la sua massima complessità nella fase proto-medioevale, con lo sviluppo dell'architettura rupestre dell'arco jonico- materano. La distribuzione e l'utilizzo dell'acqua avviene secondo un rigoroso criterio di divisione della proprietà. Un complesso sistema di canali intagliati sul suolo e lungo le pareti calcaree di valloni e gravine consente di alimentare in serie un elevato numero di cisterne, disposte su quote diverse e, molto spesso, posizionate all'interno di grotte adibite a residenza o a bottega (acqua privata). Contestualmente, l'acqua piovana viene condotta nelle singole corti (*vicinie*), intorno alle quali si articolano le unità abitative che hanno diritto di utilizzo di questa riserva idrica (acqua pubblica o semi-pubblica).
Questo sistema di raccolta idrica incide ampiamente sui meccanismi microclimatici dell'architettura rupestre, facendo peraltro in modo che l'acqua non venga mai sprecata ma inpiegata ciclicamente passando da usi più pregiati ad altri, progressivamente meno puri.

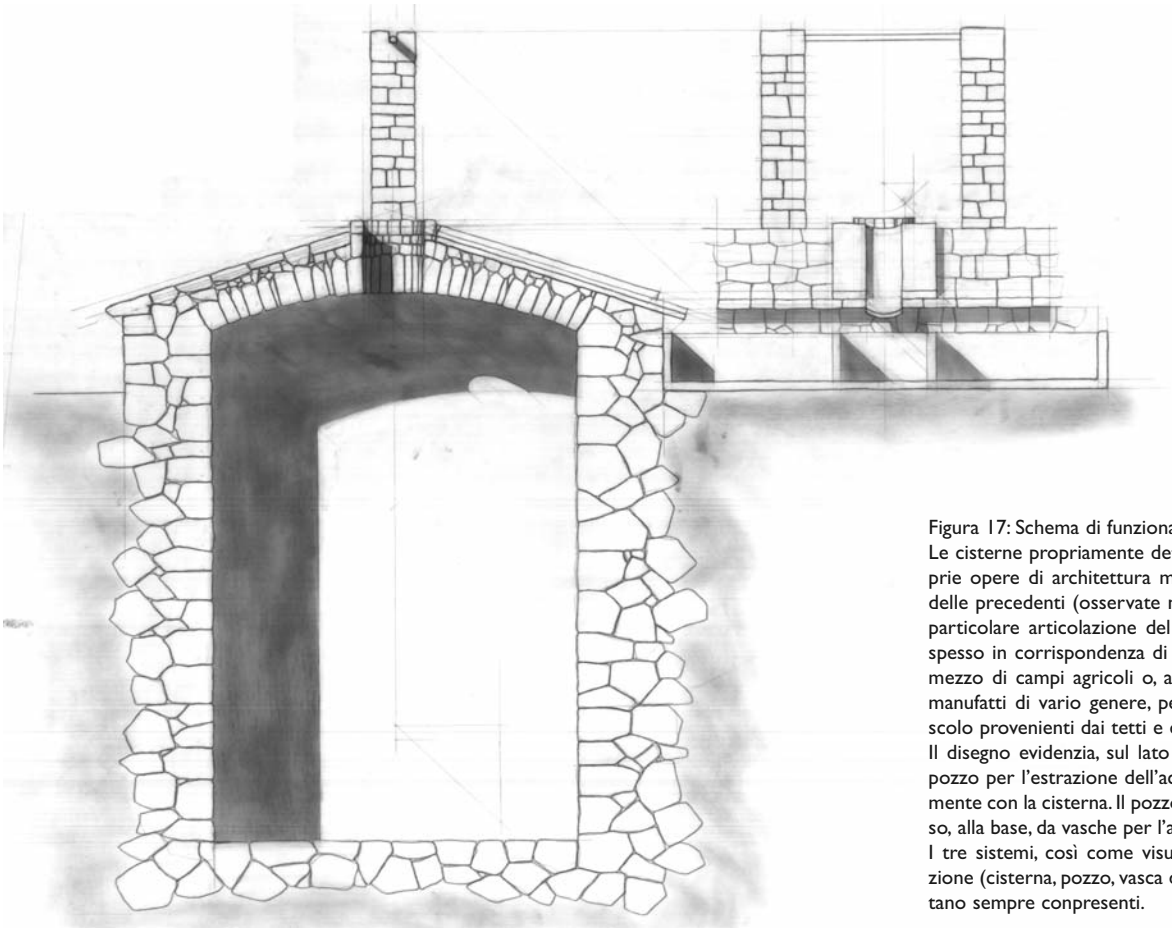


Figura 17: Schema di funzionamento di una cisterna.
Le cisterne propriamente dette sono delle vere e proprie opere di architettura ma sono legate, non meno delle precedenti (osservate nelle Figure 12-16) ad una particolare articolazione del paesaggio. Sono disposte spesso in corrispondenza di depressioni del suolo, nel mezzo di campi agricoli o, a ridosso di masserie e di manufatti di vario genere, per raccogliere le acque di scolo provenienti dai tetti e dai terrazzi.
Il disegno evidenzia, sul lato destro, la presenza di un pozzo per l'estrazione dell'acqua, comunicante direttamente con la cisterna. Il pozzo è corredato, molto spesso, alla base, da vasche per l'abbeveraggio del bestiame. I tre sistemi, così come visualizzati nella rappresentazione (cisterna, pozzo, vasca di abbeveraggio) non risultano sempre conpresenti.

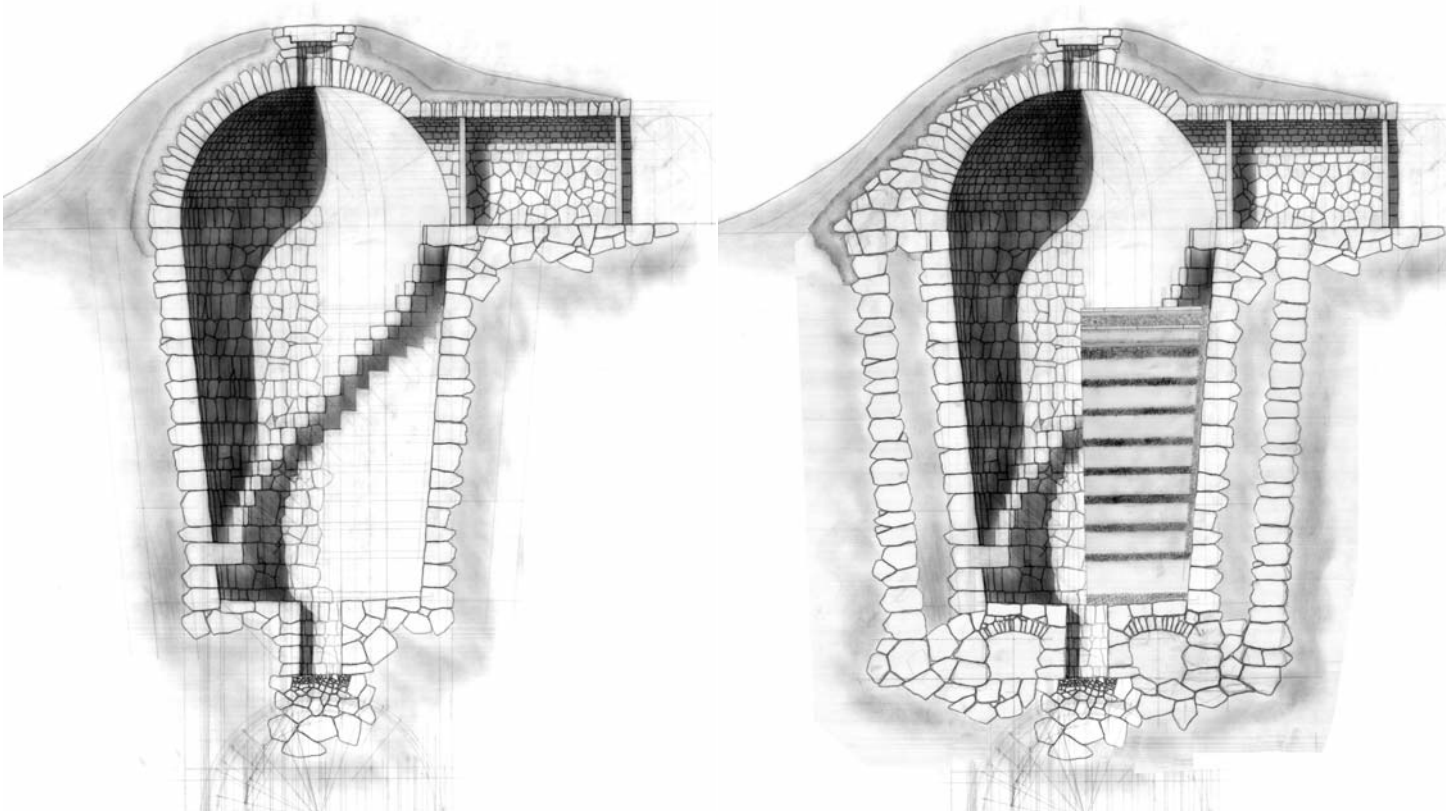


Figura 18 - 19: Schema di funzionamento di una neviera ipogea e sue possibili varianti costruttive. Il secondo schema conserva i medesimi caratteri formali e funzionali del primo sistema archietettonico ma evidenzia alcune differenze nel comportamento tecnico, tra cui, il potenziamento dell'isolamento dal terreno, attraverso l'impiego di un sistema murario a doppio paramento con camera d'aria, e l'introduzione di un piano di fondazione su vespaio che favorisce un più rapido smaltimento dell'acqua residuale, e incrementa l'isolamento rispetto all'umidità del terreno.

Figura 20: Schema di una struttura a tumulo (*specchia*). E' possibile ipotizzare che, in mancanza di una grotta o di una sorgente, fosse proprio la realizzazione del tumulo di sassi a consentire la protezione dall'evaporazione di una riserva idrica nonché la produzione di acqua tramite la condensazione della rugiada.

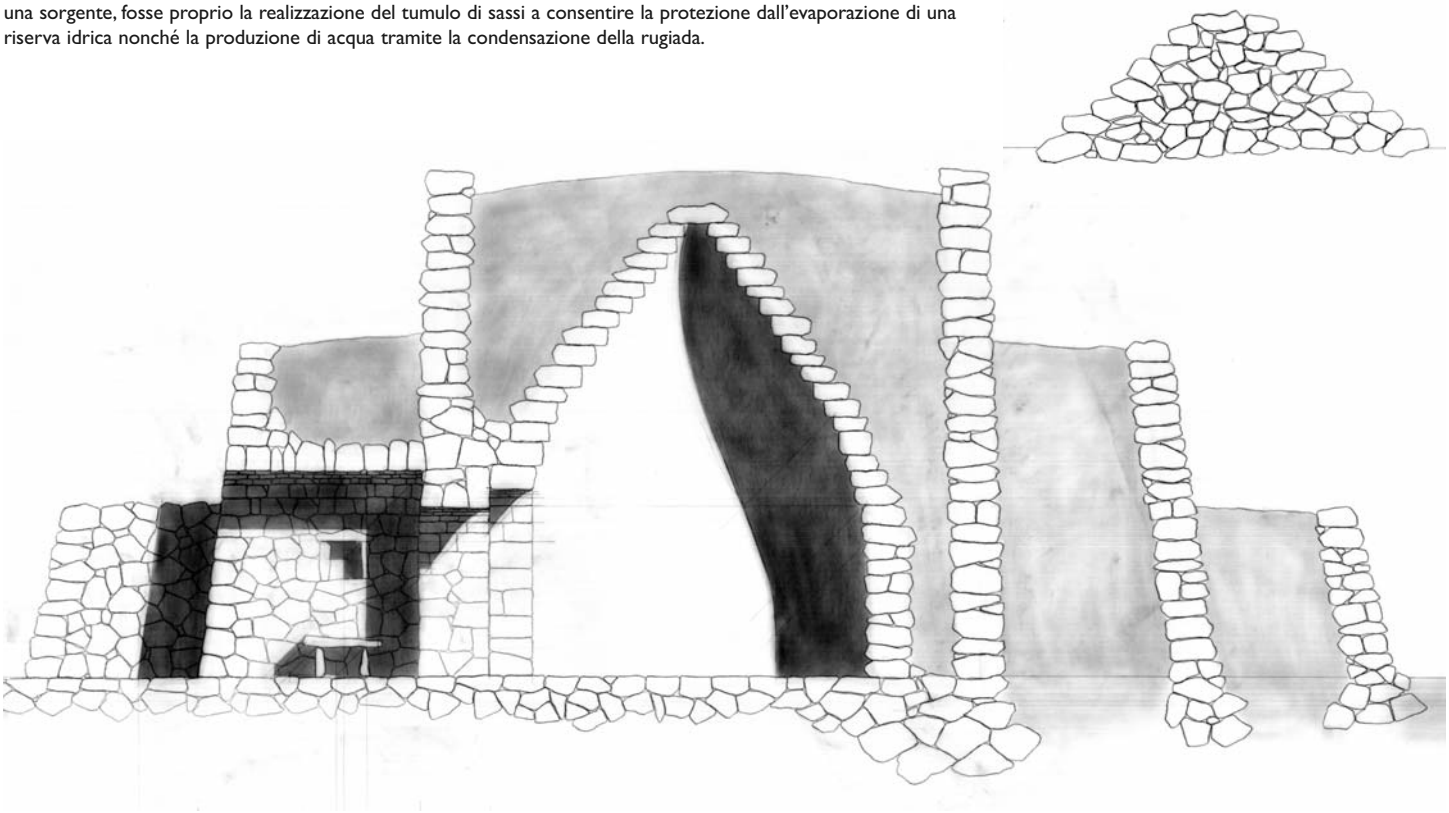


Figura 21: Schema di funzionamento di una neviera epigea. In questo tipo di struttura, l'isolamento termico è ottenuto attraverso il contributo della massa muraria e di grandi volumi di terra che simulano il comportamento di una struttura ipogea. Questa tipologia appare come un ibrido, quasi un punto di congiunzione tra strutture a tumulo, come le *specchie,* e tipologie a *tholos* più evolute, come i *trulli.*

5. LE STRUTTURE MASSERIZIE

C. Montalbano, G. Mazzone; disegni: G. Mazzone

Nell'analisi del contesto naturale in cui le masserie sono inserite, risulta fondamentale le relazione che lega uomo, ambiente e natura. Tale relazione va letta nell'ambito di un meccanismo di produzione di base, legato al sostentamento, che vede strettamente connessi tra loro l'individuo, il mondo agricolo e la produzione. Sotto questo punto di vista la distribuzione assunta dalle differenti strutture masserizie rispetto al territorio non risulta codificata secondo precisi canoni, quanto piuttosto in base alla condizione più idonea per consentire lo sfruttamento della superficie coltivata in funzione del tipo di coltura prodotta. Gli organismi antropici realizzati nel panorama dell'architettura rupestre, pertanto, assumono dei caratteri autonomi all'interno del territorio. Generalmente si tratta di porzioni di antichi casali che fanno riferimento ad un sistema produttivo su vasta scala, nei quali è possibile leggere la presenza di due elementi generatori: l'impianto destinato alla produzione (generalmente composto da un organismo di base di almeno due vani riservato all'abitazione del massaro, un recinto per il bestiame ed una serie di strutture ad esso annesse, legate alla lavorazione dei prodotti agricoli e alla rimessa degli attrezzi utili a tali lavorazioni) ed una chiesa (ultimo baluardo per l'incolumità degli abitanti dei casali, specie in impianti comprendenti un numero nutrito di braccianti). Da questo punto di vista è quindi possibile operare una duplice classificazione degli impianti masserizi, in base a:

- vocazione produttiva ed economica del territorio nonché all'organizzazione funzionale dello stesso complesso masserizio;
- sistema aggregativo adottato.

Nel primo caso (classificazione del sistema tipologico) è possibile distinguere l'impianto masserizio in base al tipo di produzione a cui è preposta la struttura stessa. Si parla in tal senso di masserie per pecore (destinate all'allevamento) e masserie da campo, divise a loro volta in quelle dedicate alla coltivazione estensiva di tipo cerealicolo e quelle più propriamente orientate alla coltivazione di ulivi e alla produzione olearia.
Nel secondo caso (classificazione basata sul sistema aggregativo) è possibile distinguere due differenti tipologie aggregative fondate su un'organizzazione a insediamento isolato o, piuttosto, ad insediamento a borgo. Tra essi, i secondi fanno direttamente riferimento agli impianti delle masserie regie, aziende agricole demaniali che, durante il periodo svevo angioino, sotto la gestione di alti funzionari della corona, erano destinate, nelle aree della Puglia, della Calabria e della Sicilia, alla produzione cerealicola e all'allevamento di bestiame. Il loro impianto di base comprende tre principali strutture: la Domus (la residenza permanente del conduttore dell'azienda agricola e dei suoi aiutanti); il Casalinum (l'insieme degli impianti sussidiari destinati al sostentamento dell'azienda) e il Curtis (comprendente sia le aree destinate all'allevamento di gallinacei e suini, che gli spazi in cui svolgere le attività diurne legate alla vita masserizia).

5.1 Gli archetipi

L'archetipo cui questi impianti fanno riferimento risale, molto probabilmente, agli insediamenti monastici. Naturalmente il criterio in base al quale si aggregano le differenti unità spaziali si differenzia in relazione alla nuova funzione dell'immobile, ma è comunque possibile rileggervi un'analoga strutturazione di base.
Altra matrice di riferimento è individuabile nel castello. Le strutture masserizie si caratterizzano, infatti, in base alle funzioni che sono destinate a svolgere, come centralità disposte a notevole distanza dai centri urbani. In tal senso l'edificio rurale masserizio costituisce un impor-

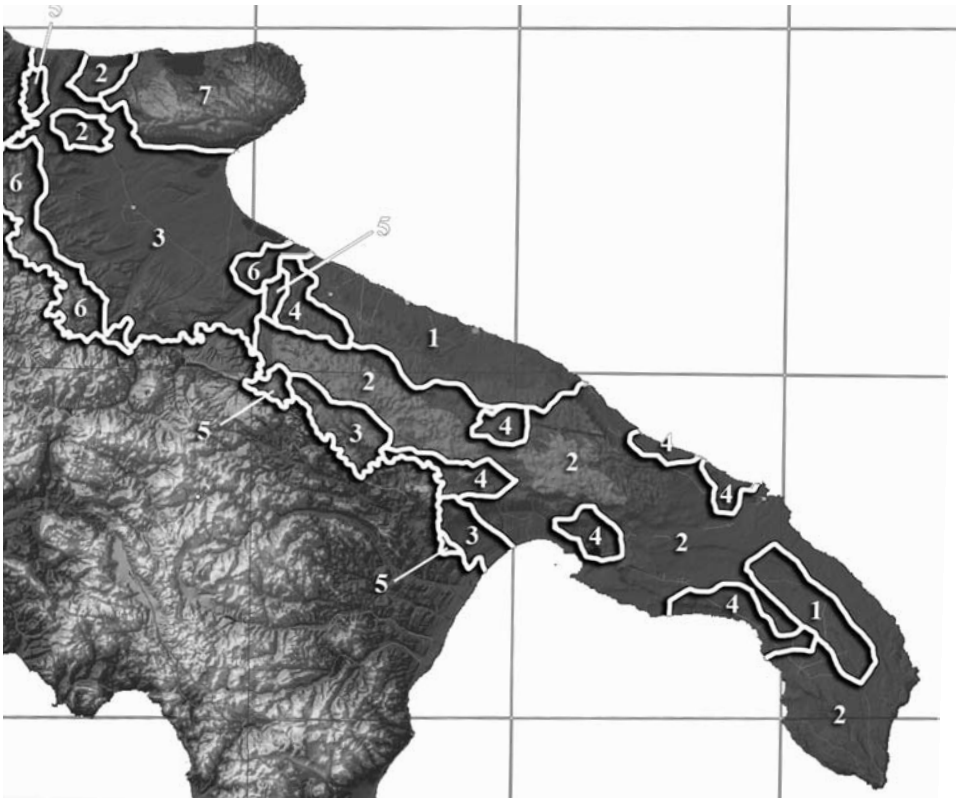
tante elemento di controllo economico e politico del territorio in cui insiste, sino a diventare un rilevante avamposto per la difesa dello stesso. Questa peculiarità ha favorito, soprattutto durante la fase delle invasioni saracene, la nascita di nuovi sistemi masserizi fortificati nonché la trasformazione di strutture produttive preesistenti in sistemi organizzati per l'avvistamento e la difesa del territorio. Gli elementi che consentono l'identificazione di tali impianti sono la torre, indispensabile per consentire l'avvistamento del nemico, e lo spiazzo, utilizzato per approntare un'opportuna difesa in caso di attacco.

5.2 Individuazione dei complessi masserizi nel territorio pugliese

Partendo dall'analisi delle principali caratteristiche di impianto dei complessi masserizi distribuiti sull'intero territorio regionale è possibile procedere ad una classificazione degli stessi in rapporto al carattere dominante riscontrato in specifici ambiti territoriali. La suddivisione di seguito riportata fa riferimento ad una differenzazione legata alla tipologia dei complessi masserizi e al loro specifico tipo di aggregazione (lineare, a corte aperta, chiusa, multipla, etc)

1. *Tipologia*: piccole masserie a corte
2. *Tipologia*: masserie a corte di grandezza media
3. *Tipologia*: masserie a corte
   Aggregazione: complessi masserizi a gruppo con corti aperte (tipici del territorio pugliese)
4. *Tipologia*: masserie a recinto con grandi corti rurali
   Aggregazione: complessi masserizi a corti multiple
5. *Tipologia*: masserie complesse accorpate
   Aggregazione: masserie di tipo complesso con assetto lineare o a blocco
6. *Tipologia*: masserie lineari composte
   Aggregazione: masserie unitarie a corpo semplice e corti composte
7. *Tipologia*: masserie unitarie a corpo semplice
   Aggregazione: masserie elementari e sub elementari

Figura 22: Classificazione dei complessi masserizi pugliesi



5.3 Casi studio

5.3.1 Masseria dell'Assunta (Altamura)

Sistema tipologico: masseria agricola

Sistema aggregativo: masseria isolata

Struttura: L'impianto è caratterizzato da un successione di cellule disposte in linea i cui setti murari portanti, disposti ortogonalmente allo sviluppo lineare del corpo di fabbrica, si manifestano in facciata attraverso la scansione regolare delle arcate disposte sul prospetto del piano terra.

Gestione delle risorse idriche: Il problema idrico è risolto mediante la raccolta delle acque meteoriche attraverso una serie di gronde che, impostate a diversi livelli, le convogliano nella cisterna interrata, posta in prossimità dell'ambiente secondario della masseria. Il progressivo degrado a cui è stata soggetta la struttura ha portato alla distruzione parziale delle gronde che correvano lungo il prospetto. Il sistema delle gronde è stato ripristinato in epoca moderna con un nuovo impianto che non ricalcava l'andamento del precedente. Tale impianto, d'altra parte, non convogliava più le acque verso il bocchettone d'ingresso della cisterna che, di conseguenza, non è più alimentata (soluzione probabilmente realizzata in seguito all'allacciamento della masseria alla rete idrica). Per di più, restauri recenti hanno comportato anche la scomparsa del secondo impianto di gronde, contribuendo definitivamente alla cancellazione del significato stesso della cisterna e del suo legame originario con la struttura masserizia e con la conformazione del territorio circostante.

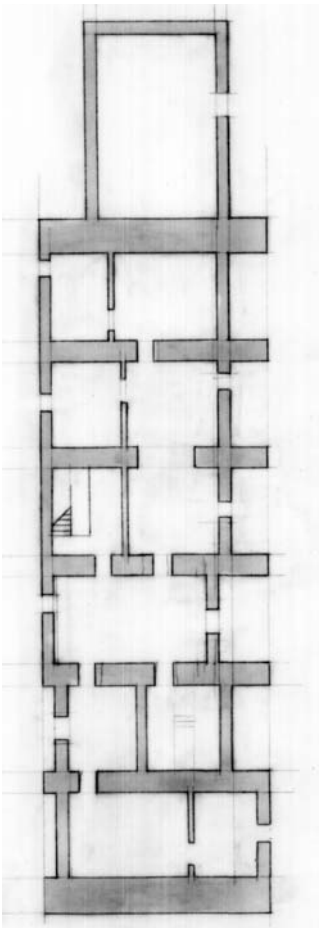


Figura 23: Masseria dell'Assunta - Planimetria primo livello

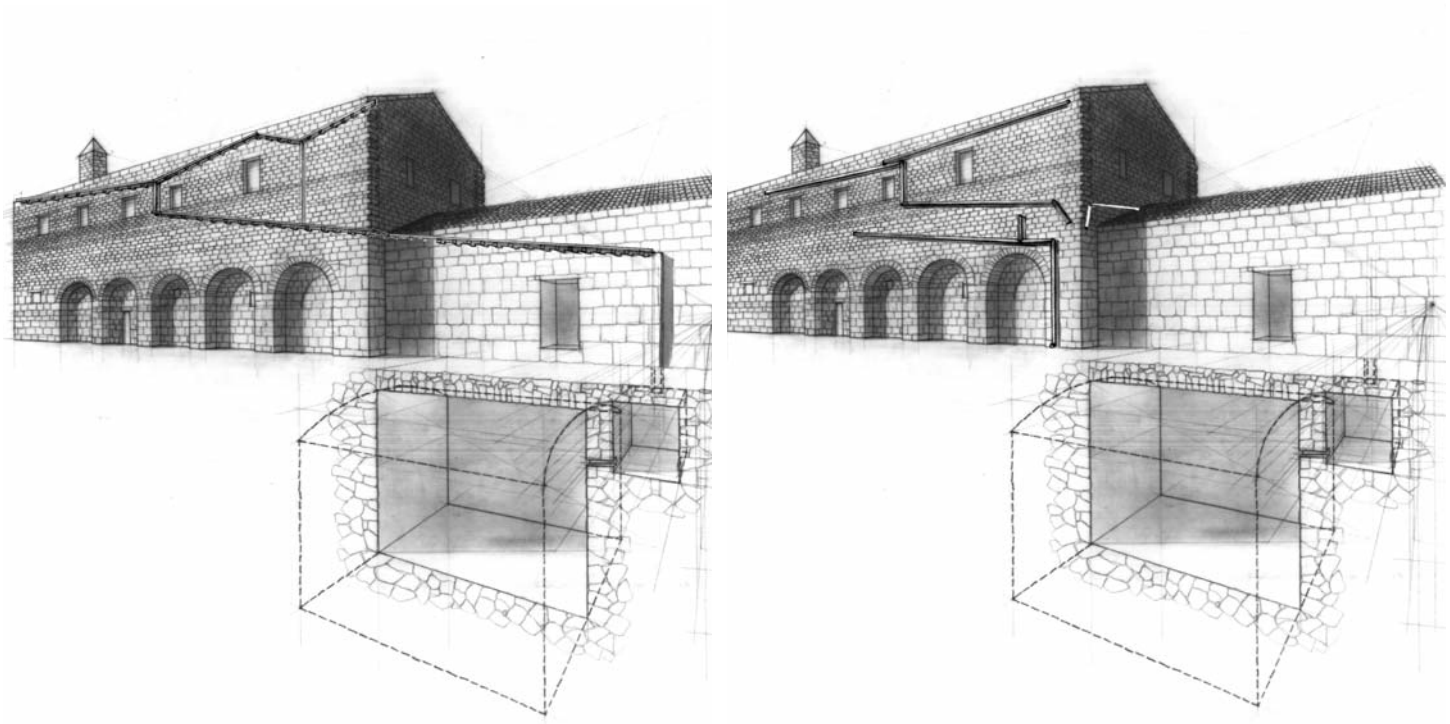


Figura 24 -25: Masseria dell'Assunta - Le due immagini illustrano l'andamento delle linee di gronda ed il sistema di alimentazione della cisterna posta nella parte terminale della masseria. Il secondo impianto, relativamente recente, non alimenta più la cisterna e disperde nel terreno le acque drenate dalle gronde. Questo processo, particolarmente diffuso sul territorio pugliese, è cusa primaria della non riconoscibilità di tali tecniche di accumuo e della loro progressiva cancellazione dalla memoria dei luoghi.

5.3.2 Masseria Nunziatella (Atamura)

Sistema tipologico: masseria agricola - masseria per ulivi

Sistema aggregativo: masseria isolata

Struttura: Il tipo aggregativo isolato giustifica la struttura planimetrica dell'impianto a cellule aggregate, ottenuta per sommatoria di volumi elementari in cui i differenti ambienti si sono sviluppati in funzione delle specifiche esigenze funzionali della masseria.

Gestione delle risorse idriche: Come per il caso precedente, anche qui il fabbisogno idrico è soddisfatto dalla raccolta delle acque meteoriche attraverso linee di gronda che indirizzano l'acqua in una cisterna collocata nelle immediate vicinanze dell'impianto. A differenza del caso precedete, però, il buono stato di conservazione permette ancora di leggere la complessa struttura originaria delle linee di gronda e delle falde, in grado di convogliare le acque provenienti dalle differenti quote dei tetti in un unico condotto di accesso alla cisterna.

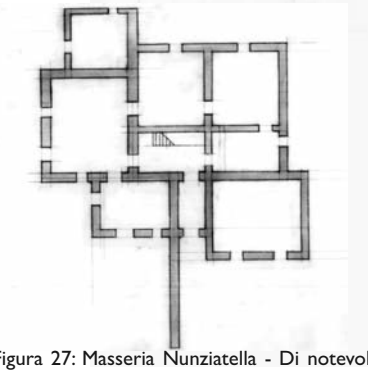


Figura 26: Masseria Nunziatella - Planimetria primo livello

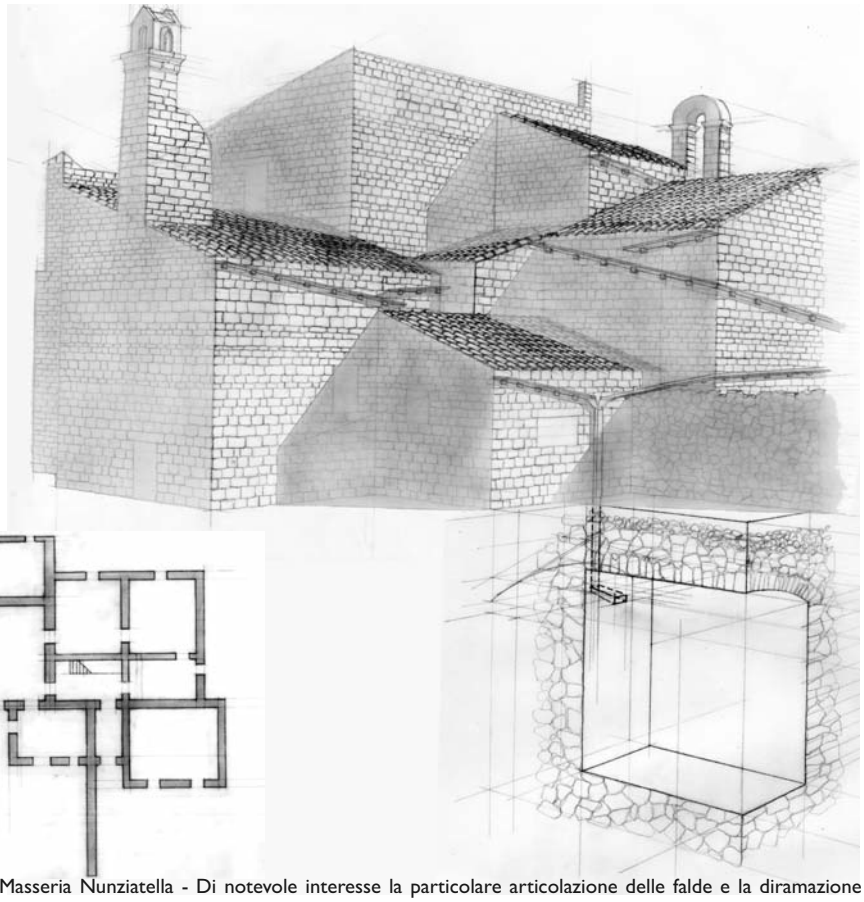


Figura 27: Masseria Nunziatella - Di notevole interesse la particolare articolazione delle falde e la diramazione assunta dalle linee di gronda per consentire all'acqua piovana di essere convogliata verso la cisterna

5.3.3 Masseria Musacco (Turi)

Sistema tipologico: masseria per pecore

Sistema aggregativo: masseria isolata

Struttura: Planimetricamente l'impianto presenta una struttura ben organizzata con un ampio cortile interno con pozzo. La presenza di caditoie inframmezzate da acroteri settecenteschi, rende evidente la funzione difensiva assunta nel tempo dalla struttura masserizia e la sua trasformazione in masseria fortificata.

Gestione delle risorse idriche: La riserva idrica è garantita da una cisterna adibita alla raccolta delle acque meteoriche drenate dai tetti e dal cortile lastricato. A differenza di altri impianti analizzati, la cisterna assume dimensioni e complessità costruttive notevoli e risulta accompagnata dalla presenza di un pozzo. L'estrema precisione nella costruzione dell'impianto e l'ampiezza della cisterna potrebbero essere stati determinati dalle esigenze difensive e dalla necessità di sopravvivere per lunghi periodi, barricati entro le mura della masseria, in caso di attacco nemico.

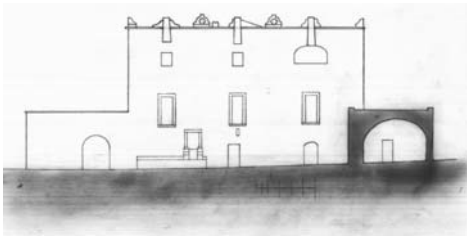


Figura 28: Masseria Musacco - Prospetto principale

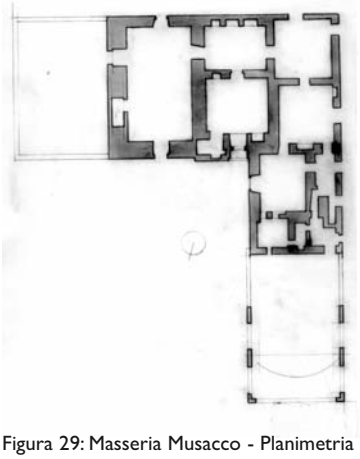


Figura 29: Masseria Musacco - Planimetria primo livello

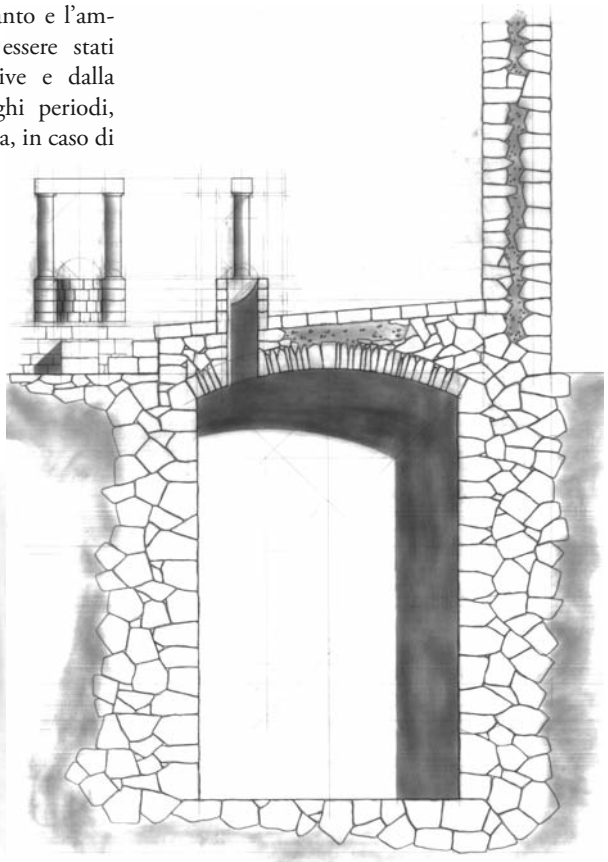


Figura 30: Masseria Musacco - Sezione della cisterna-pozzo

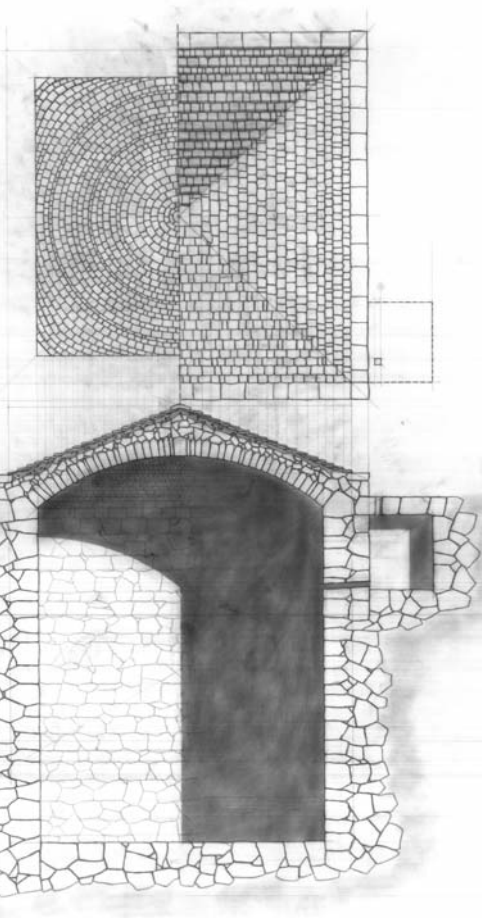
5.3.4 Masseria Cerere (Locorotondo)

Sistema tipologico: masseria per pecore

Sistema aggregativo: masseria isolata

Struttura: L'impianto è composto dall'aggregazione di più strutture a trullo. La sua destinazione a masseria per pecore è leggibile nella collocazione della cisterna all'esterno dell'aggregato, in corrispondenza dello spiazzo, destinato al bestiame.

Gestione delle risorse idriche: Ancora una volta la riserva idrica è composta da una cisterna parzialmente interrata. La cisterna, in questo caso, è realizzata su matrice quadrangolare, coperta nell'intradosso con una cupola che si raccorda negli angoli alla pianta quadrata attraverso dei pennacchi. Nell'estradosso l'impianto quadrato di base è evidenziato da una copertura a quattro spioventi realizzata in chiancarelle. L'alimentazione della cisterna, collocata in corrispondenza di una leggera depressione orografica, è garantita da linee di drenaggio (semplici solchi) realizzate sul terreno circostante.



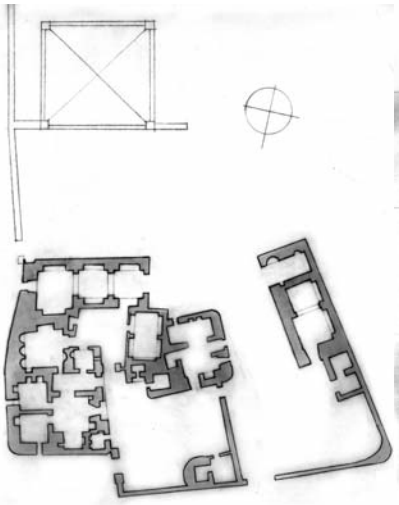


Figura 31: Masseria Cerere - Sezione dell'aggregato
Figura 32: Masseria Cerere - Planimetria primo livello
Figura 33: Masseria Cerere - Sezione e pianta della copertura della cisterna isolata

5.3.5 Masseria Losciale (Monopoli)

Sistema tipologico: masseria per ulivi

Sistema aggregativo: masseria borgo

Struttura: Planimetricamente è facilmente rintracciabile la matrice di base dell'impianto: una masseria borgo. L'impianto infatti si sviluppa tra due strade, presentando altrettanti fornici d'ingresso fortificati. I vari ambienti della produzione sono collocati in posizione centrale rispetto all'appezzamento di terra. Al termine della proprietà, alla quota più elevata e di maggior controllo dell'appezzamento, è collocata l'abitazione del proprietario, il cui piano terra ospita una serie di ambienti per il ricovero del bestiame e degli attrezzi da lavoro. A partire da esso si sviluppano due bracci, uno destinato ad ambienti sussidiari (quali il forno, la colombaia, le abitazioni dei braccianti, ecc...), e l'altro destinato alle piccole attività produttive (agrumeto, orto e vigneto).

Gestione delle risorse idriche: Risulta particolarmente interessante nell'impianto la conformazione dei tetti. Nonostante si tratti di tetti interamente piani, essi presentano quote differenti che, congiunte attraverso una leggera pendenza dei massetti di copertura, permettono di indirizzare le acque meteoriche nella cisterna collocata al di sotto della struttura abitativa e, soprattutto, verso le tre aree destinate ad agrumeto, orto e vigneto. Queste ultime, risultano disposte lungo piani terrazzati, in base ad una sequenza dettata dalle diverse esigenze idriche del coltivo. I tre diversi livelli terrazzati, posti su base drenante di pietrisco, presentano una lieve pendenza, in modo da sfruttare l'effetto di gravità per convogliare l'acqua dal punto più alto a quello più basso degli stessi terrazzamenti.

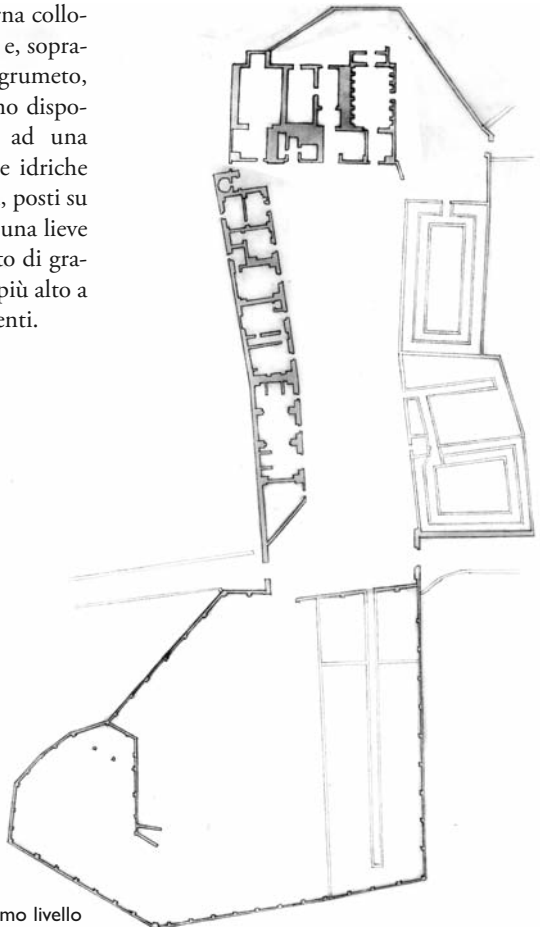


Figura 34: Masseria Losciale - Planimetria primo livello

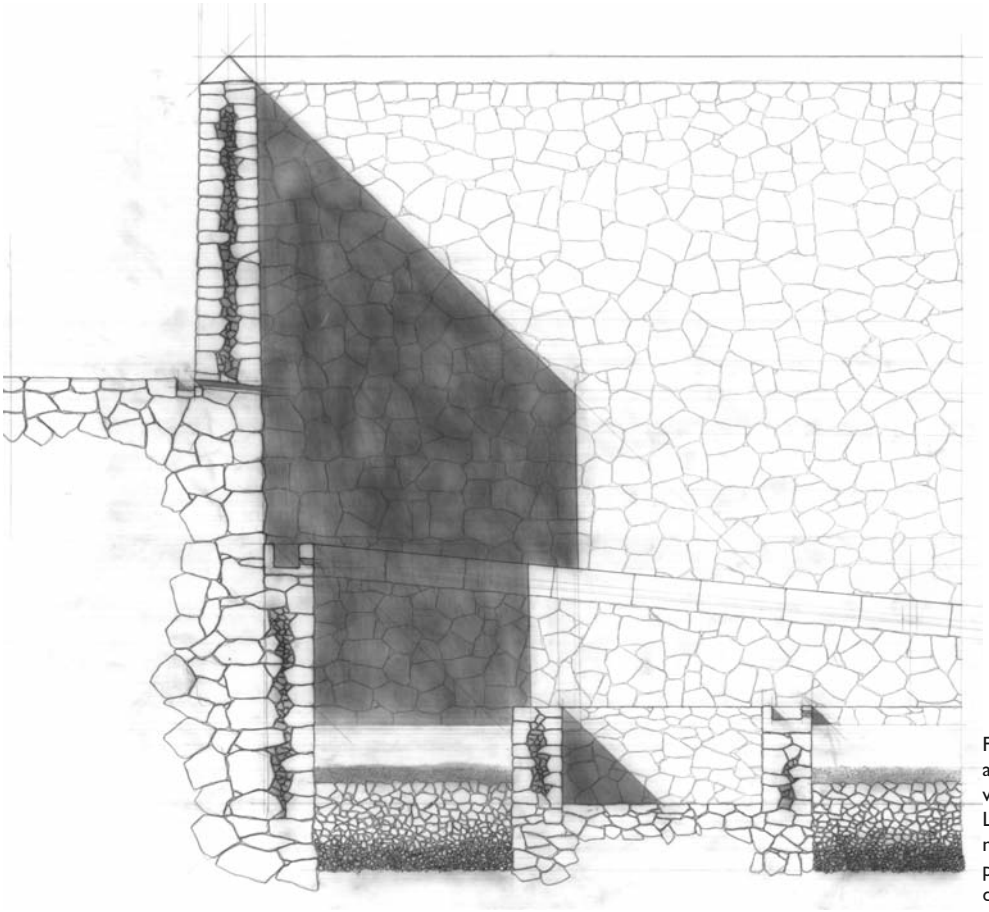


Figura 35: Masseria Losciale - Sistema di raccolta delle acque meteoriche nella piana coltivata ad agrumeto e vigneto.
La sezione evidenzia la composizione dello strato drenante del terreno e la presenza di una canalizzazione perimetrale che garantisce l'alimentazione simultanea dei diversi livelli del terrazzamento agricolo.

5.3.6 MASSERIA SANT'EUSTACHIO (GIOVINAZZO)

Sistema tipologico: masseria agricola

Sistema aggregativo: masseria borgo

Struttura: Le differenti fasi costruttive della masseria si evidenziano attraverso la presenza di tre volumi distinti, legati tra loro da un recinto dall'andamento irregolare che manifesta la sua realizzazione in fasi diverse. I corpi di fabbrica principali sono quelli della chiesa con torre, del complesso abitativo del massaro (il cui piano terra è destinato ad ambienti da lavoro e al ricovero degli attrezzi) e della stalla (che, probabilmente, data l'estrema vicinanza al volume della chiesa, era impiegata inizialmente in altro modo).

Gestione delle risorse idriche: La ricorse idrica, in questo caso, è garantita non da una cisterna, ma dallo scavo di un pozzo nell'area del complesso destinata ad orto. Questo dato evidenzia una particolare conformazione geologica del sito che ha favorito lo sviluppo di una consistente falda superficiale, raggiungibile attraverso la realizzazione di un pozzo e in grado di fornire una riserva idrica costante all'impianto masserizio. In casi come questo, il primo atto fondativo del sito è legato al rinvenimento di una rilevante riserva idrica intorno alla quale, solo in un secondo momento, si sviluppa la comunità/borgo della masseria.

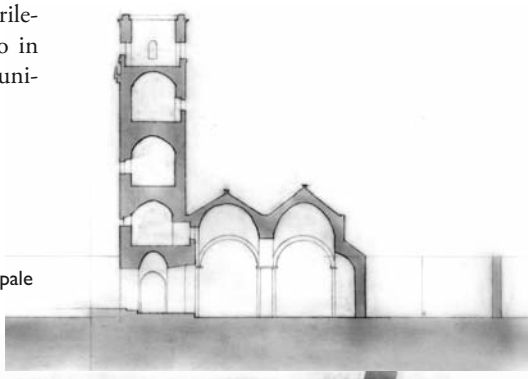


Figura 36: Masseria Sant'Eustachio - Sezione principale

Figura 37: Masseria Sant'Eustachio - Planimetria primo livello

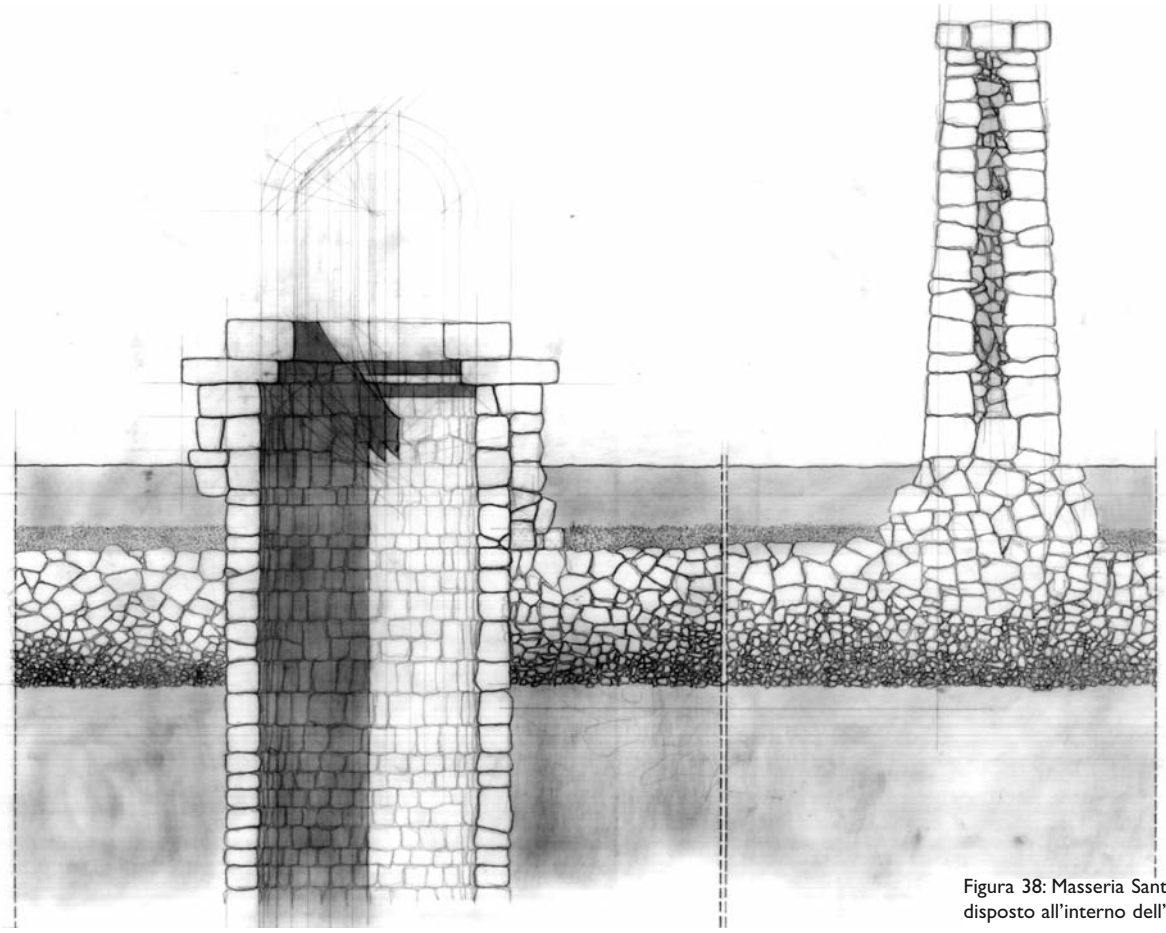


Figura 38: Masseria Sant'Eustachio - Sezione del pozzo disposto all'interno dell'orto

5.3.7 Masseria Jasca (Altamura)

Sistema tipologico: masseria agricola e per ulivi

Sistema aggregativo: masseria isolata

Struttura: L'impianto si presenta come risultato di una serie di ampliamenti ed adattamenti consecutivi iniziati a partire da un nucleo base del 1500. Questa situazione è facilmente leggibile sul prospetto esterno, dove le aperture e i differenti volumi si innestano gli uni sugli altri seguendo prevalentemente le esigenze funzionali del complesso e generando un apparente disordine nella composizione.

Gestione delle risorse idriche: L'impianto presenta un sistema di recupero delle acque meteoriche basato sullo sviluppo di una lunga sequenza di linee di gronda che, correndo lungo le varie superfici dell'edificio ed unificando le sue differenti quote ed aggetti, convogliano l'acqua nelle sottostanti cisterne. A differenza di altri esempi, in cui il progressivo degrado ha comportato la scomparsa dell'efficienza del sistema di raccolta delle acque meteoriche, in questo caso esso è stato preservato e, dove necessario, integrato con interventi successivi che, se da un lato hanno modificato il linguaggio utilizzato in facciata, dall'altro hanno permesso di mantenere inalterato il funzionamento del complesso.

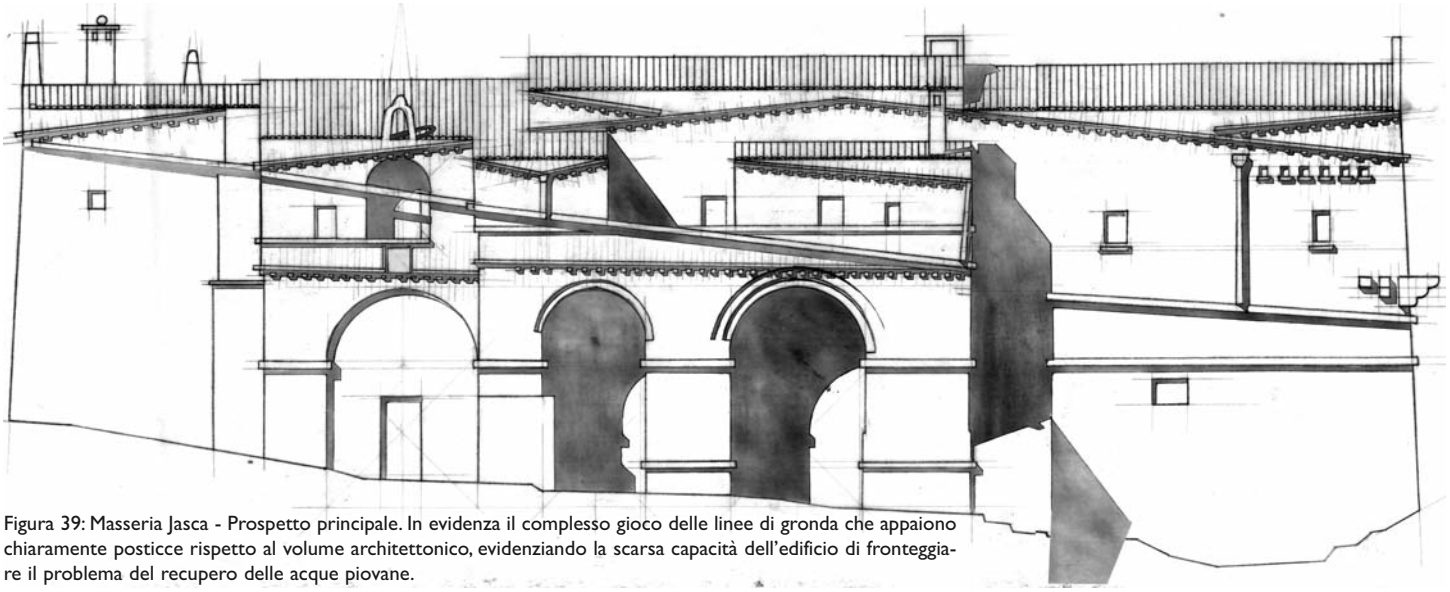


Figura 39: Masseria Jasca - Prospetto principale. In evidenza il complesso gioco delle linee di gronda che appaiono chiaramente posticce rispetto al volume architettonico, evidenziando la scarsa capacità dell'edificio di fronteggiare il problema del recupero delle acque piovane.

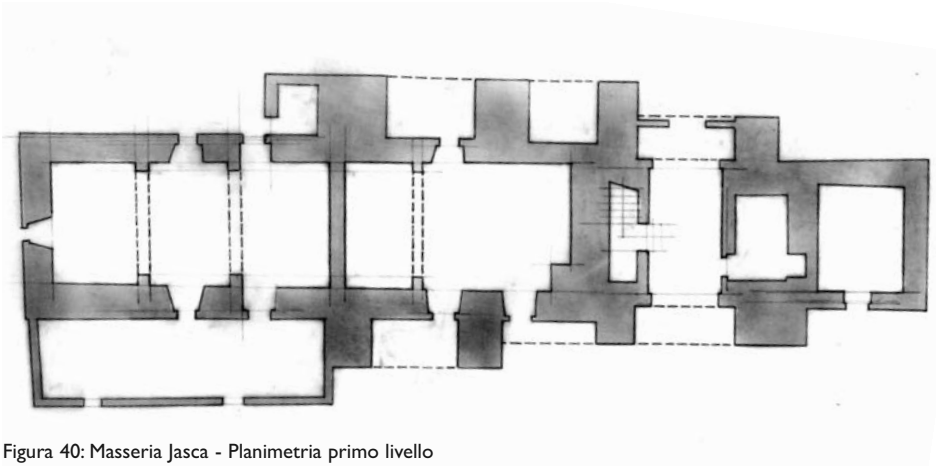
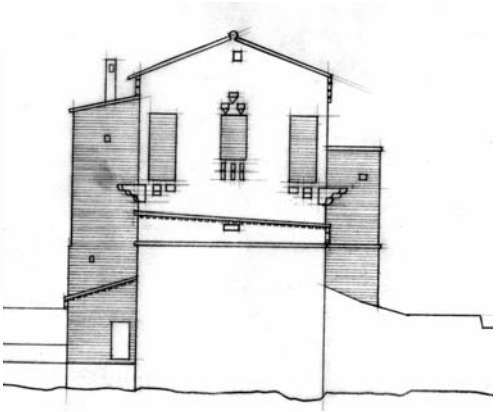
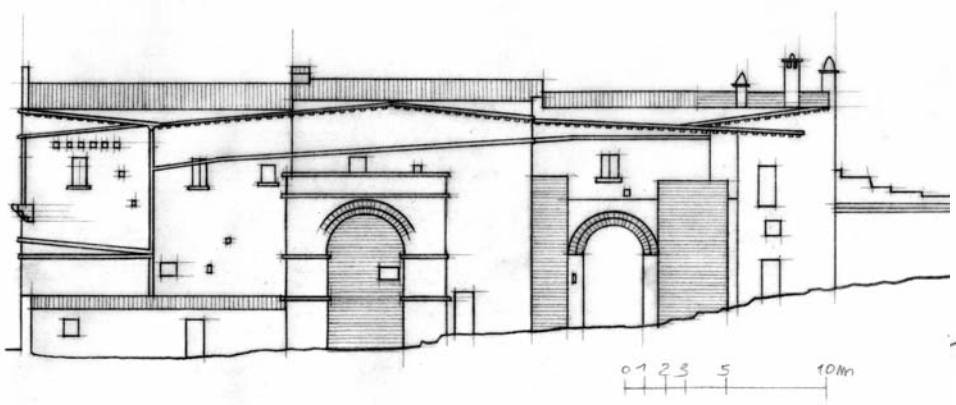


Figura 40: Masseria Jasca - Planimetria primo livello





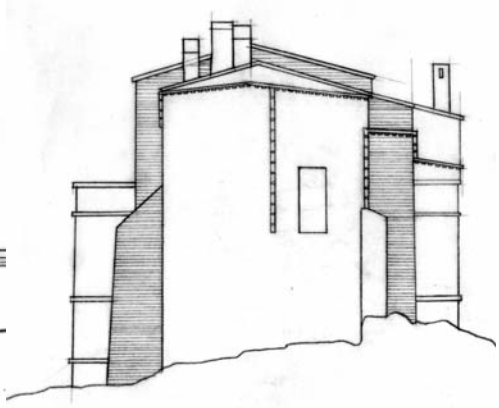


Figura 41 - 43: Masseria Jasca - Prospetti

5.3.8 MASSERIA VIGLIONE (SANTERAMO)

Sistema tipologico: masseria agricola

Sistema aggregativo: masseria borgo

Struttura: L'impianto presenta una planimetria molto regolare che manifesta chiaramente il proprio legame con la tipologia del monastero: un complesso che si sviluppa intorno ad un cortile centrale. L'aspetto attuale differisce da quello originario a causa della comparsa, in epoche successive, di nuove volumetrie, in particolar modo in corrispondenza dei due estremi dell'impianto. Una testimonianza del volume originari è facilmente riconoscibile nella presenza delle garitte collocate sul prospetto principale e che, originariamente, ne costituivano la conclusione.

Gestione delle risorse idriche: Anche in questo caso la riserva idrica proviene dalla raccolta delle acque meteoriche provenienti dalle coperture. Interessante risulta, d'altra parte, la scelta di posizionare le falde dei tetti trasversalmente rispetto alla facciata, in modo da rendere leggibile chiaramente il sistema strutturale sul prospetto principale e convogliare le acque meteoriche, attraverso montanti e doccioni, direttamente nella corte centrale.

Figura 44: Masseria Viglione - Planimetria primo livello

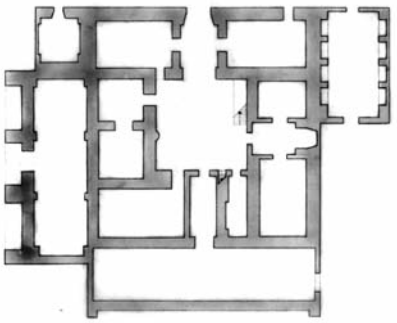
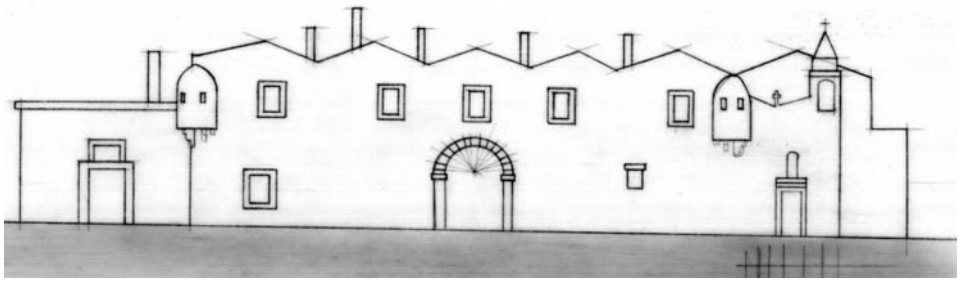
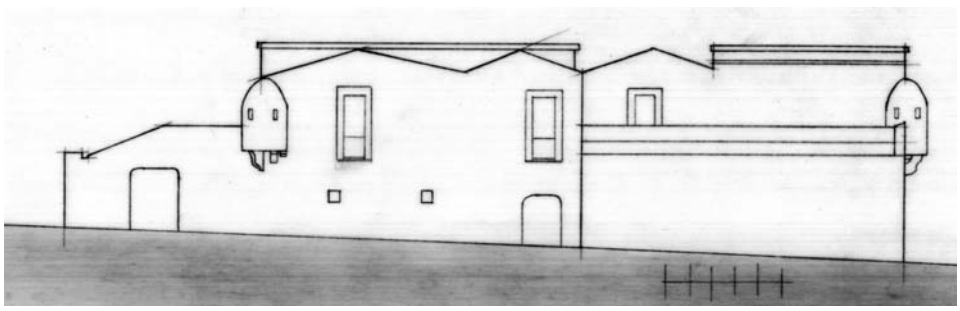


Figura 45 - 46: Masseria Viglione - Prospetto principale e laterale





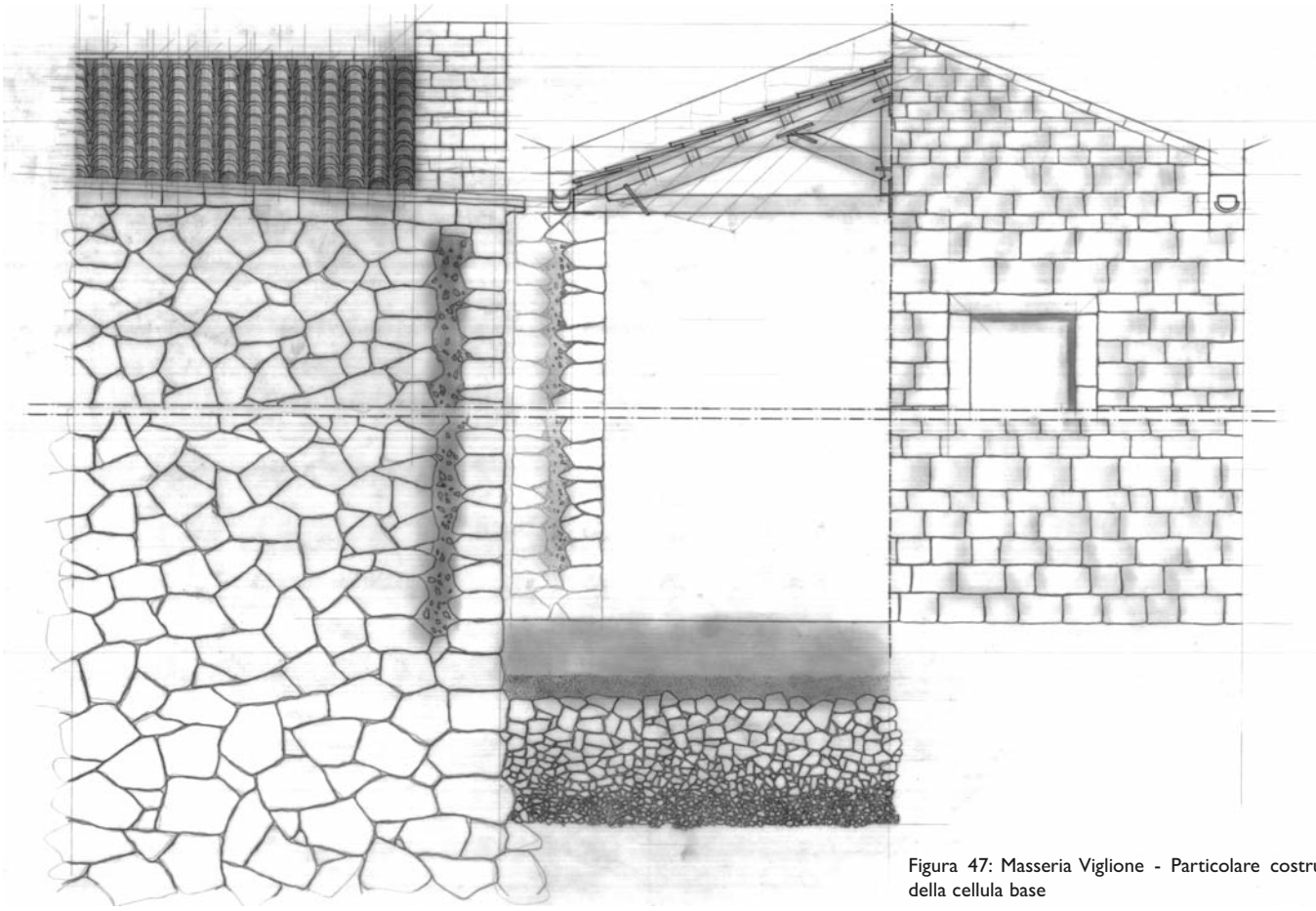


Figura 47: Masseria Viglione - Particolare costruttivo della cellula base

5.3.9 Masseria Cippano (Otranto)

Sistema tipologico: masseria per pecore

Sistema aggregativo: masseria isolata

Struttura: In questo caso l'intero impianto assume le caratteristiche di una masseria fortificata. La masseria, munita di un alto muro di recinzione, si sviluppa come un unico volume rettangolare con sviluppo a torre. L'accesso ai locali abitativi, disposti al secondo livello, avviene mediante una scala esterna che si sviluppa su due rampe. Al di sotto della scala si apre l'accesso ai vani disposti sul piano di calpestio, dedicati all'attività della masseria.

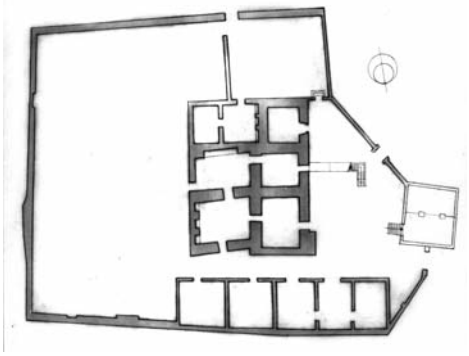


Figura 48: Masseria Cippano - Planimetria primo livello

Gestione delle risorse idriche: La destinazione dell'impianto a masseria per pecore comporta la collocazione della cisterna al di fuori del complesso abitativo e, in particolare, in prossimità del cancello d'ingresso. La cisterna assume anche la funzione di abbeveratoio, grazie ad una serie di canaline che collegano il foro per l'approvvigionamento idrico della cisterna agli abbeveratoi posti lungo i quattro lati della cisterna stessa.

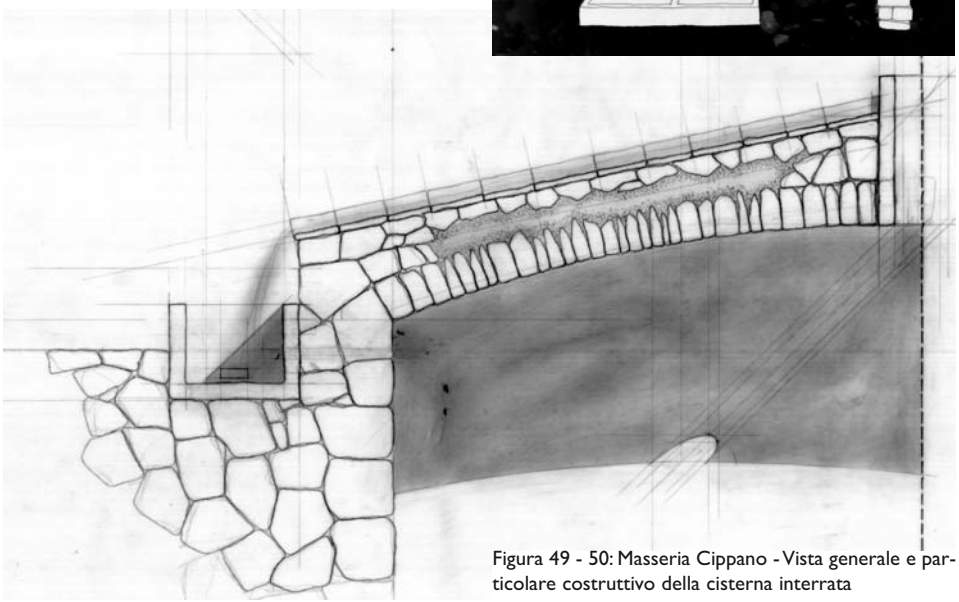


Figura 49 - 50: Masseria Cippano - Vista generale e particolare costruttivo della cisterna interrata

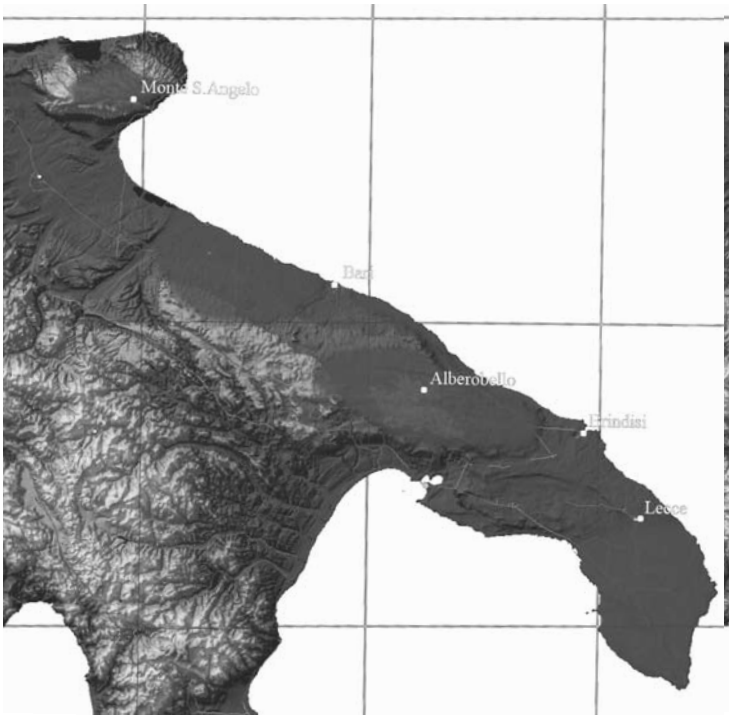
6. I TRULLI E L'ESPERIENZA DEL MICROLITISMO MEDITERRANEO

C. Montalbano; disegni: G. Mazzone

L'affinamento dei metodi di raccolta e distribuzione dell'acqua nella regione sub appenninica pugliese sono il risultato della declinazione, in chiave locale, di conoscenze tecniche diffuse nell'intero bacino Mediterraneo e legate al sostentamento di popolazioni residenti in territori prevalentemente aridi, caratterizzati dall'alternanza di periodi di piogge irruenti ed abbondanti con altri in cui esse risultano completamente assenti. Con il passare del tempo molte di queste conoscenze tecniche sono cadute nell'oblio e così è accaduto per molte strutture architettoniche da esse derivate. In tal senso, alcune strutture idriche come gli *abbeveratoi* e le *microcisterne* (semplici cavità intagliate nei pianori calcarei), sono divenuti poco riconoscibili; altri, come le *neviere* (grotte e fosse frequenti a partire dai 500m di quota, usate per la raccolta della neve invernale e per la conservazione dei cibi) risultano difficilmente individuabili sul territorio, ed infine, di altre strutture ancora, come le *specchie* e i *tumuli*, se n'è persa totalmente la memoria, tanto da poterne solo ipotizzare l'uso originario (probabilmente legato alla condensazione dell'umidità e alla raccolta della brina notturna).

In tutti questi manufatti sono comunque riconoscibili gli insegnamenti del microlitismo mediterraneo nonché della civiltà dell'agropastoralismo transumante che ha contribuito a caratterizzare così fortemente il territorio pugliese attraverso l'uso della tecnica dello spetramento del suolo e del suo terrazzamento, impiegando il pietrame così raccolto per la costruzione di *muretti a secco, recinti e jazzi*, ma anche per la realizzazione di sofisticate architetture come i *trulli* e i *pagliai*.

L'origine di tutti questi sviluppi tecnici è in realtà rinvenibile nella tecnica del cumulo. E' infatti possibile ipotizzare che, in mancanza di una grotta o di una sorgente, fosse proprio la realizzazione del cumulo di sassi a consentire la protezione (dall'evaporazione) di una riserva idrica nonché la produzione di acqua tramite la condensazione della rugiada. Questa tecnica, col tempo, potrebbe aver spinto a sviluppare strutture idriche più complesse i cui principi costruttivi sono stati, in seguito, trasferiti nella realizzazione dei trulli pugliesi. La struttura del trullo, realizzata interamente a secco, è infatti sempre accompagnata dalla realizzazione di una cisterna, anch'essa in pietra, posta in prossimità o immediatamente al di sotto del piano di fondazione, il cui compito è quello di garantire l'approvvigionamento idrico dell'abitazione e un innalzamento dell'umidità degli ambienti interni nei periodi più secchi dell'anno.



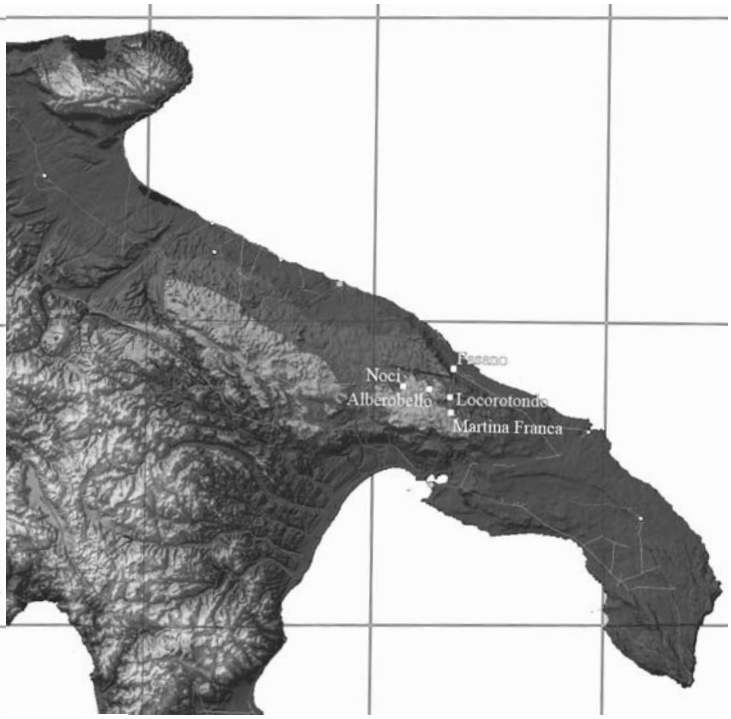


Figura 51: Pagina precedente. Esempio di agglomerazione a Trullo nel territorio pugliese. Il trullo domina un podere coltivato, cinto da mura in pietra, anch'esse poste a secco, in cui coltivate le piante e gli alberi più vulnerabili all'azione distruttiva dei venti.

Figura 52: Aree pugliesi in cui sono rintracciabili le costruzioni a trullo.

Figura 53: Individuazione delle aree in cui sono sorti villaggi a trulli in territorio pugliese.

6.1 Gli elementi e le tecniche

Tipologia tipica dell'altopiano delle Murge, il trullo costituisce una combinazione tra le strategie di protezione dagli agenti climatici attraverso l'uso dell'inerzia termica della massa muraria e le tecniche di raffrescamento per irradiamento e ventilazione. A livello ambientale il comportamento del trullo è approssimabile a quello di una struttura ipogea, e ben si adatta al clima mediterraneo temperato, caratterizzato da temperature medie annue comprese tra i 6 e i 24°C, con escursioni estive medie di 10-12°C e una bassa umidità relativa.

I materiali utilizzati da questa architettura sono prevalentemente quelli reperibili in loco: calcare stratificato e materiali incoerenti.

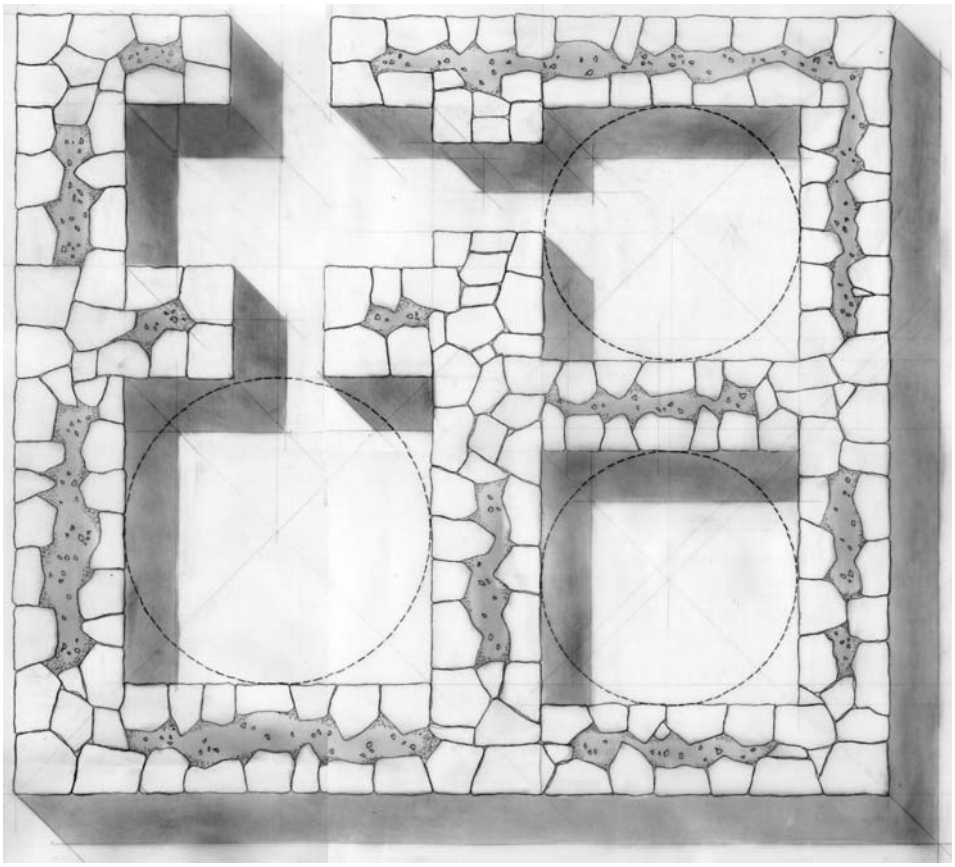
Questi materiali, originariamente sparsi sullo strato superficiale del terreno, hanno da sempre costituito un grosso ostacolo allo sviluppo delle attività agricole sul territorio murgiano. Un territorio brullo e pietroso come questo, ben si prestava inizialmente alla pratica dell'allevamento, il che giustificava pienamente l'origine pastorale e nomadica delle prime civiltà pugliesi. Solo in un secondo tempo, con l'affinamento delle tecniche agricole, iniziò la politica dello spietramento che portò a scoprire suoli fertili per l'agricoltura ma anche grandi accumuli di detriti pietrosi, di facile impiego per la costruzione e per la trasformazione del paesaggio murgiano.

La tecnica costruttiva con cui venivano edificati i trulli era dunque quella della pietra a secco, nella quale non era contemplato l'uso di malte e cementi (le malte venivano impiegate unicamente nelle cisterne interrate che accompagnavano ciascun trullo). In questo tipo di architetture lo scivolamento dei blocchi viene impedito dall'attrito generato dai materiali posti in opera, mentre l'effetto di ribaltamento è impedito dal mutuo contrasto delle pietra vicine. Nonostante l'utilizzo di tale tecnica costruttiva implichi l'assenza di continuità statica nella struttura, le esigenze di stabilità sono comunque raggiunte grazie all'esperienza del costruttore nel comporre piani di allettamento omogenei e giunti ridottissimi sui piani murari.

Infine, per completare il tutto e per garantire protezione e pulizia al muro, le pareti interne ed esterne del trullo venivano intonacate a calce.

Figura 54 - 55: Agglomerati di strutture a trullo del territorio pugliese

Figura 56: Planimetria esemplificativa di una struttura a trullo



6.2 La forma e la relazione con il sito

Planimetricamente i trulli non presentano una forma ripetibile con regolarità geometrica. Nonostante tutto è comunque possibile individuare, nel panorama murgiano, due distinte matrici planimetriche.

- Trulli ad impianto circolare: più antichi e frequenti, caratterizzati da una struttura tronco-conica;
- Trulli ad impianto quadrangolare: più rari, con un conseguente sviluppo altimetrico tronco-piramidale ed una copertura conoidica impostata su pennacchi angolari.

In entrambi i casi, l'impianto compatto e la copertura conica rappresentano un ottimo compromesso per la difesa dalle radiazioni e per i guadagni solari. Lo stesso uso dell'intonaco di calce, sulle pareti dei trulli, consente una protezione ottimale degli ambienti interni dalle correnti d'aria, sebbene, da questo punto di vista, una protezione maggiormente efficace si ottenga nei casi in cui tali sistemi si aggregano a formare un tessuto urbano compatto.

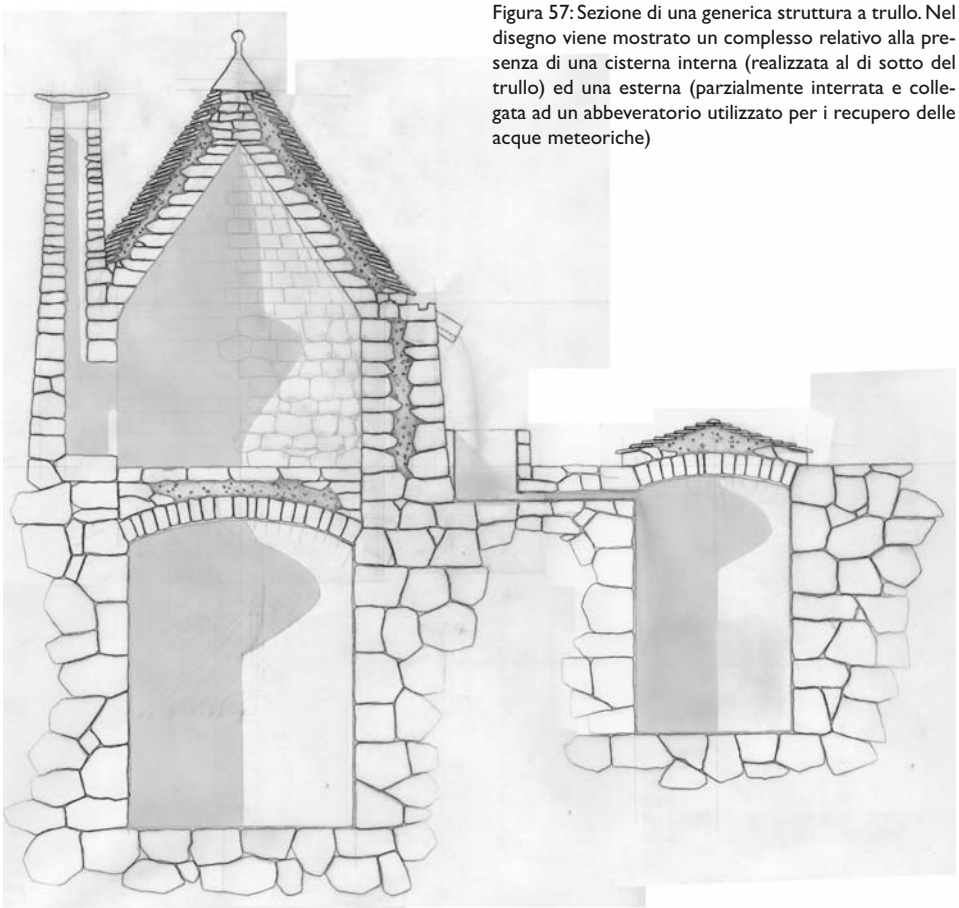


Figura 57: Sezione di una generica struttura a trullo. Nel disegno viene mostrato un complesso relativo alla presenza di una cisterna interna (realizzata al di sotto del trullo) ed una esterna (parzialmente interrata e collegata ad un abbeveratorio utilizzato per i recupero delle acque meteoriche)

6.3 La struttura

I trulli sono caratterizzati dall'impiego di una struttura a doppio involucro, composta da due muri indipendenti che differiscono tra loro nella funzione e nella pezzatura dei materiali impiegati (Figura 57). In tal senso, mentre la parete interna assume un ruolo prevalentemente statico, la parete esterna si occupa della protezione dall'acqua piovana e della sua raccolta.
Verticalmente la struttura è ulteriormente scomponibile in due porzioni: il basamento e la copertura, entrambe realizzate con chianche disposte senza l'uso di malte e cementi.
Il basamento è composto, sia per il volume esterno che per quello interno, dalle pietre di pezzatura maggiore e, tra queste, le più regolari vengono impiegate in corrispondenza delle aperture murarie o negli eventuali angoli della struttura esterna (nei casi di rifusione di più trulli in un unico impianto o nei trulli a matrice quadrangolare). Il paramento murario che compone il basamento raggiunge un forte spessore che varia da 1-1,5m fino a 2-2,5m e si sviluppa fino all'altezza dell'architrave del fornice di ingresso. Mentre il paramento murario interno viene innalzato perpendicolarmente alla direttrice planimetrica, quello esterno viene inclinato a scarpa in modo da migliorare la statica della struttura edilizia e, allo stesso tempo, facilitare l'allontanamento delle acque piovane.
La copertura presenta una caratteristica forma tronco-conica estradossata realizzata, nel volume interno, come una falsa volta, con filari disposti ad anello con un modesto aggetto l'uno rispetto all'altro. L'involucro esterno è ricoperto invece con pietre di pezzatura minore (chiancarelle), disposte secondo filari consecutivi, sovrapposti a giunti sfalsati e con un'inclinazione compresa tra i 15 e i 20 gradi, in modo da impedire la penetrazione dell'acqua piovana.
La giunzione tra il basamento e la copertura avviene, nel volume interno, sfruttando il sistema della mensola. Si genera in tal modo un profilo gradonato che, staticamente, contribuisce maggiormente alla stabilità della copertura rispetto ad un profilo liscio in cui il taglio obliquo dei conci determinerebbe un eccessivo indebolimento degli spigoli. Nella parte estera, la giunzione tra i due volumi avviene in corrispondenza della sporgenza del limite superiore del basamento rispetto ai primi filari di chiancarelle della copertura, in modo da convogliare l'acqua piovana in un incasso praticato nell'ultimo concio aggettante del volume esterno del basamento che funge da gronda. Tale incasso corre lungo l'intero perimetro della struttura con una leggera pendenza, in modo da dirigere l'acqua piovana in un doccione aggettante rispeto alla muratura, o in una canalina (esterna alla muratura o contenuta nel suo spessore) che, a sua volta, convoglia l'acqua nella cisterna collocata sotto il pavimento del trullo o esternamente ad esso, nelle sue immediate vicinanze.

6.4 Il comportamento climatico

Il sistema costruttivo prevede, nella fase di realizzazione delle fondazioni, la costruzione della cisterna in cui convogliare l'acqua piovana raccolta dalla copertura; tale cisterna, voltata a botte o coperta con cupola, viene realizzata in pietra e malta e può essere collocata sia sotto il pavimento della struttura a trullo (contribuendo il tal modo al sostegno della costruzione sovrastante), che esternamente ad essa (e comunque nelle sue immediate vicinanze). La presenza della cisterna consente sia l'approvvigionamento idrico del sistema edilizio, che l'umidificazione degli ambienti, consentendo un abbassamento della temperatura interna di circa 6-7 gradi rispetto a quella esterna.
Alla climatizzazione degli ambienti interni contribuisce anche il rivestimento in chiancarelle che compone il volume esterno della copertura: questo, infatti, di colore grigio scuro, tende ad assorbire il calore solare irradiandolo progressivamente verso gli ambienti interni.

Un ulteriore contributo alla climatizzazione degli ambienti interni è fornito dalla canna fumaria del focolare (quando presente) che, grazie alla ventilazione trasversale notturna, permette di espellere l'aria calda dagli ambienti interni e di immettere in essi aria fredda mediante apposite fessure collocate nella parte inferiore della porta, generando, in questo modo, un effetto camino (Figura 58). D'altra parte, se l'effetto risultante consente di ottenere un raffrescamento delle pareti interne durante il periodo estivo, nel periodo invernale la condensazione dell'umidità ne determina un conseguente raffreddamento, rendendo necessaria la creazione di moti convettivi dell'aria, mediante l'opportuna apertura di porte e finestre, in modo da favorire il prosciugamento delle pareti interne.

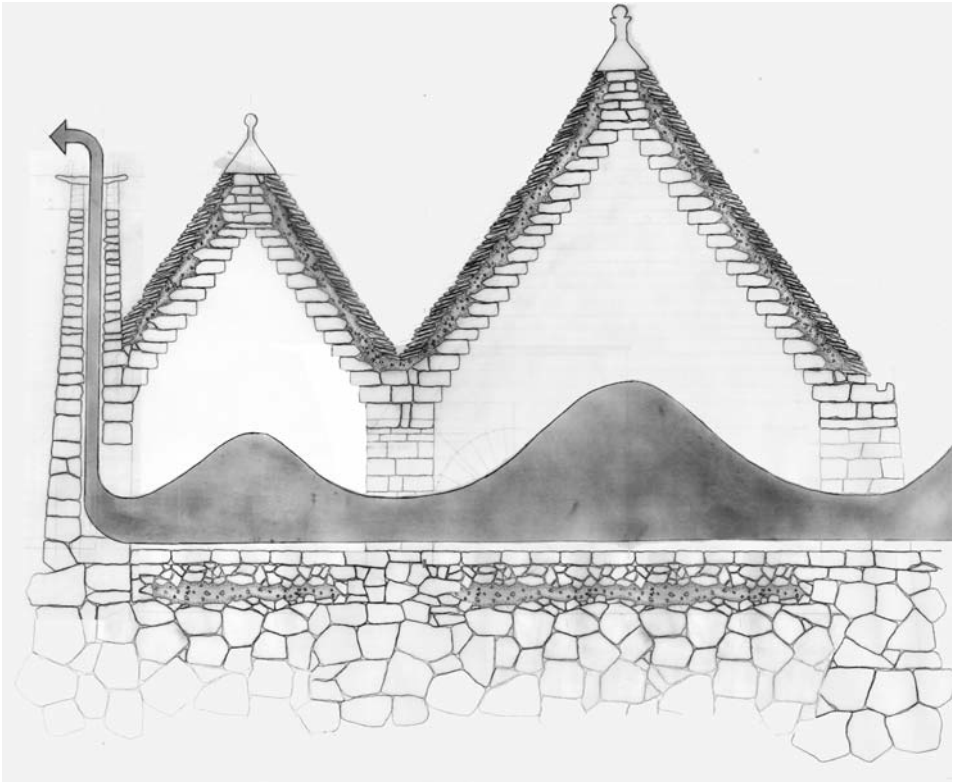


Figura 58: Schema dello spostamento dell'aria in una struttura a trullo grazie al contributo del camino.

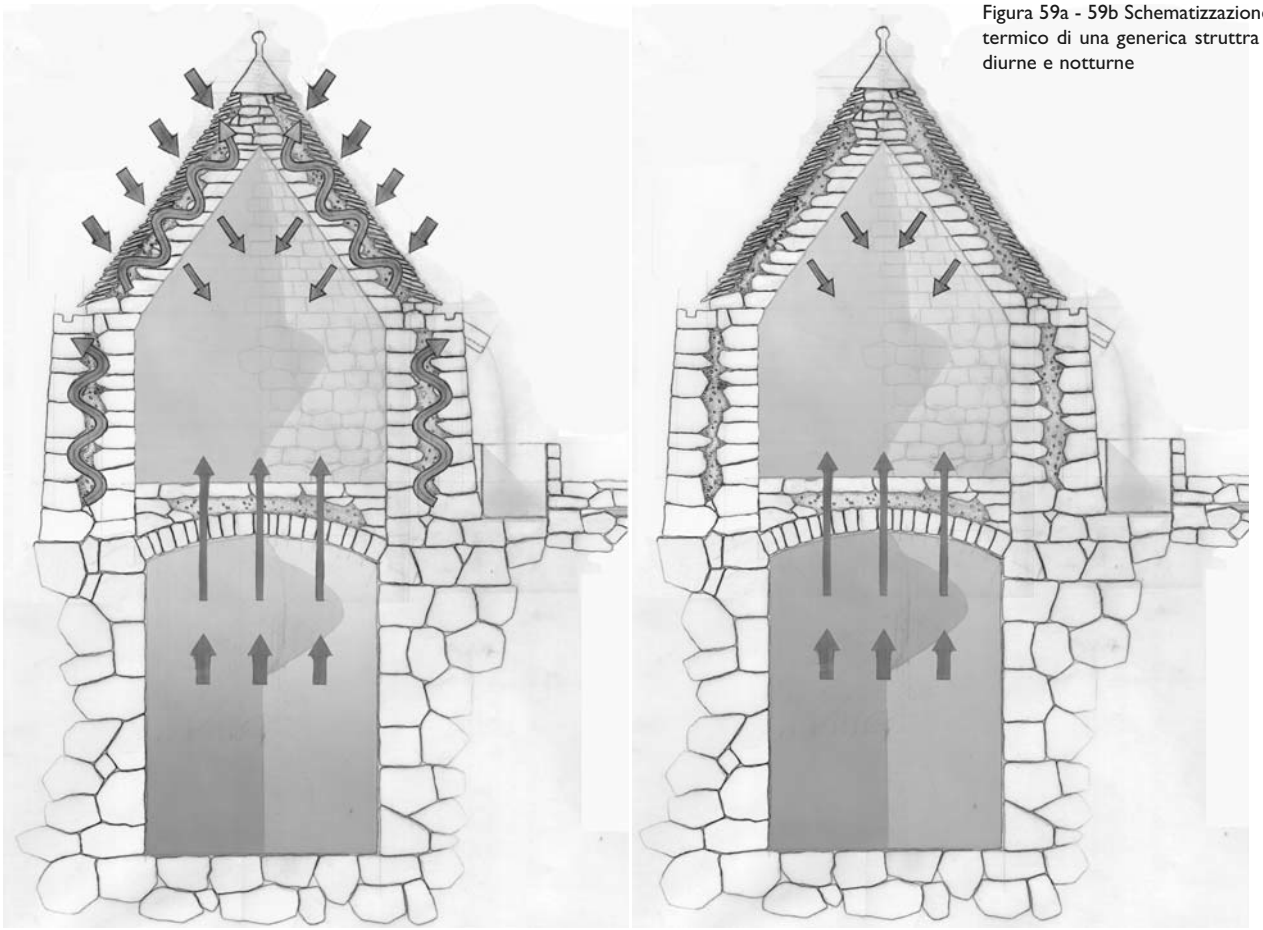
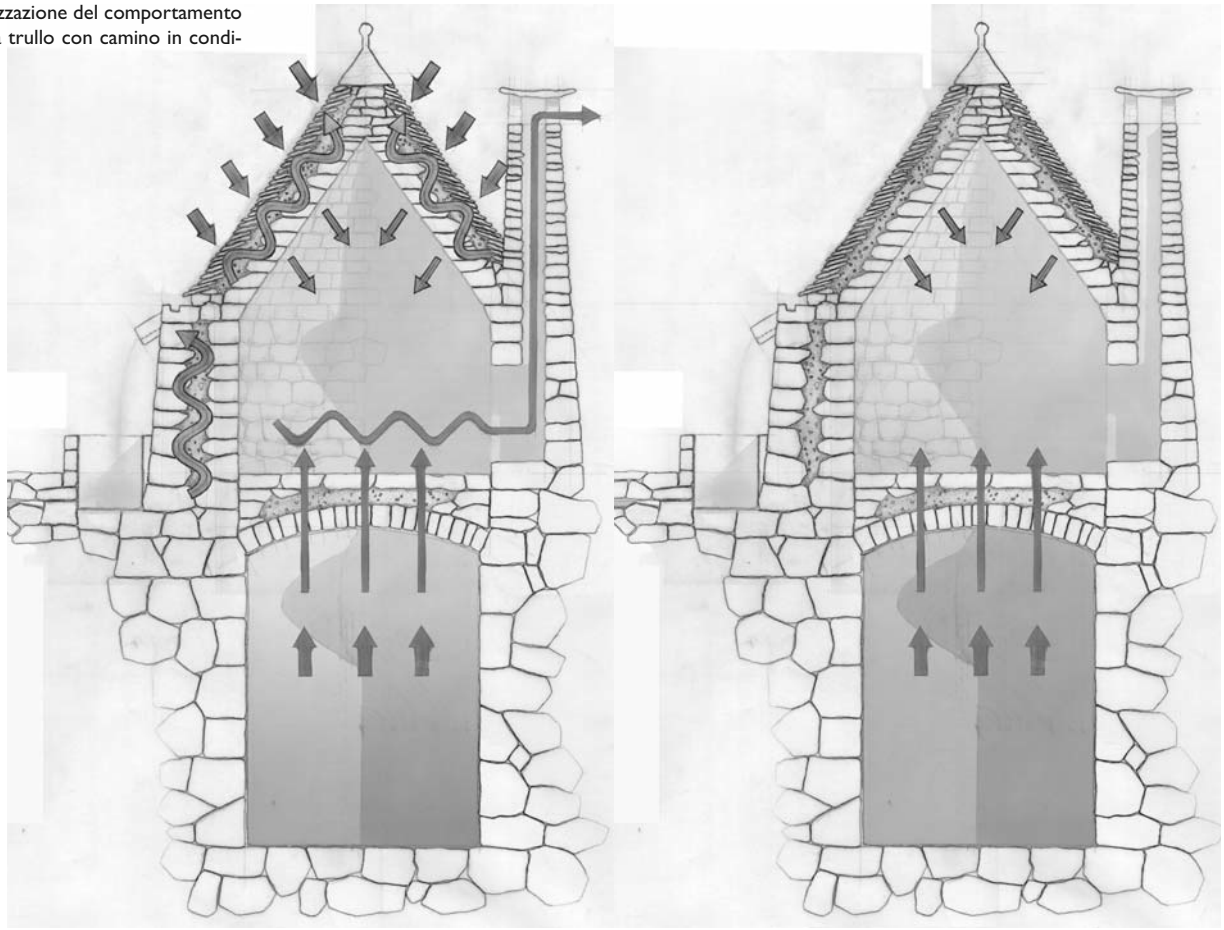


Figura 59a - 59b Schematizzazione del comportamento termico di una generica struttra a trullo in condizioni diurne e notturne

Figura 60a - 60b Schematizzazione del comportamento termico di una struttura a trullo con camino in condizioni diurne e notturne



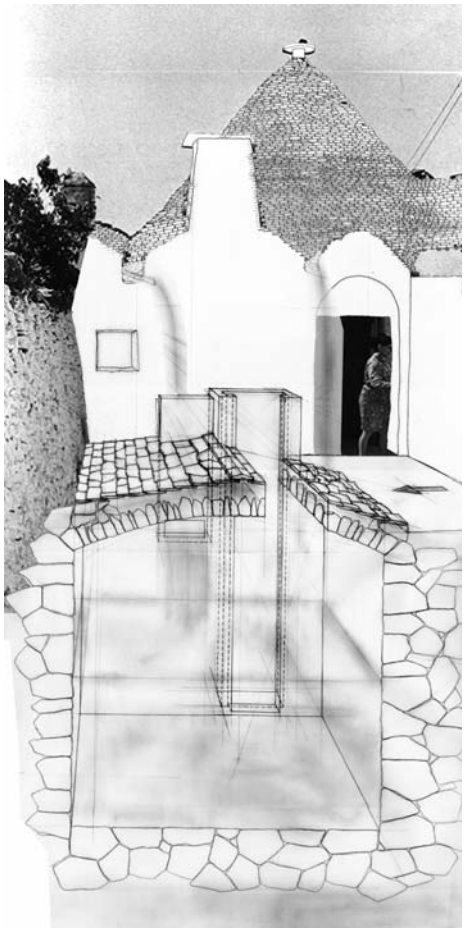
6.5 L'aggregato urbano e l'economia dell'acqua

Generalmente i trulli trovano la loro maggiore concentrazione nel panorama pugliese in una porzione di territorio compresa tra la Murgia ed il litorale jonico, ma non è raro trovarli anche al di fuori di questo ambito territoriale.
Dato che il trullo nasce come abitazione destinata al colono e al ricovero di attrezzature agricole, esso compare generalmente come una struttura isolata nel territorio. Nei casi di poderi più grandi esso si aggrega ad altri ambienti della stessa natura dando origine ad impianti più ampi in cui però non si assiste alla creazione di un vero e proprio sistema insediativo dal momento che tali sistemi aggregati appartengono spesso ad un unico nucleo familiare.
Ben diverso risulta il caso di trulli raggruppati a formare un insediamento urbano. La loro tipologia prevalente vede i trulli allineati lungo una strada o raggruppati attorno ad un crocevia o ad un pascolo demaniale.
Nel territorio pugliese sono molto rari i casi di villaggi imperniati sull'uso della tipologia a trullo, ma certamente la loro esistenza dimostra il raggiungimento di un punto di equilibrio elevatissimo tra l'organizzazione architettonica di un territorio e l'uso delle risorse locali. Tra i vari esempi, l'insediamento urbano più noto ma anche uno dei più interessanti dal punto di vista dei processi di controllo delle risorse idriche è Alberobello.
Il dato che rende questo insediamento un caso di sicuro interesse scientifico sta nel particolare perfezionamento delle tecniche idriche e nella loro perfetta integrazione con il tessuto architettonico.
Il comportamento di un sistema urbano a trulli si differenzia profondamente rispetto al comportamento assunto dall'organismo isolato. La strategia adottata da questo sistema urbano si fonda, in primo luogo, sul raggiungimento della massima densificazione orizzontale del sistema abitativo. Tale condizione consente una forte riduzione del consumo di suolo, soprattutto nei casi di sistemi come questi, in cui è possibile realizzare un solo piano abitato. L'effetto diretto di questa compressione dello spazio urbano si osserva nella riduzione delle sezioni stradali (nell'ordine dei 2-3 metri) e degli slarghi, garantendo pertanto una minore esposizione all'irraggiamento solare e un maggior controllo dei processi evaporativi (la forte differenza di temperatura tra le pareti soleggiate e quelle in ombra degli stessi percorsi urbani genera, in presenza di percorsi così contratti, moti convettivi verticali che allontanano le masse di aria calda producendo localmente un gradevole microclima). Ma certamente l'aspetto di maggior interesse sta nel fatto che l'intero organismo urbano si comporta come un'unica, immensa, superficie drenante che cattura ogni piccola goccia d'acqua e la immette in uno degli innumerevoli circuiti idrici della città (Figura 63).
Tali città assumono infatti l'aspetto di un'unica superficie litica che si muove, senza soluzione di continuità, a formare indifferentemente le coperture e le pareti delle abitazioni ma anche le superfici orizzontali di strade, vicoli, slarghi e piazze, imponendo alle acque meteoriche un percorso obbligato e labirintico che le imprigiona inesorabilmente.
In particolare, si potrebbero individuare almeno tre livelli di proprietà dell'acqua:

1) *L'acqua intercettata dalle coperture dei trulli*. Essa viene opportunamente veicolata verso le cisterne interne ai trulli stessi (trulli "ad acqua dentro") e assume carattere prevalentemente privato (Figura 57).
2) *L'acqua intercettata dagli slarghi* intorno ai quali si raccolgono i trulli di più nuclei familiari (a comporre una vicinia o vicinato) e dalle linee di drenaggio delle coperture comuni a trulli di famiglie diverse. Quest'acqua viene raccolta in una cisterna comune, più ampia delle precedenti, ed è posizionata solitamente al centro dello slargo (trulli "ad acqua fuori") dove viene messa a disposizione della

gente del vicinato. In questa condizione specifica, ai moti convettivi presenti all'interno della corte si associano i fenomeni di evapotraspirazione dell'acqua presente nelle cisterne sottostanti che produce un innalzamento dell'umidità relativa dell'aria e un forte miglioramento delle condizioni di benessere locale, soprattutto nei periodi di massima insolazione (Figura 61).

3) L'acqua intercettata dai vicoli e dai percorsi urbani principali. Quest'acqua, più sporca delle precedenti, viene indirizzata verso le grandi cisterne urbane (posizionate solitamente nei punti di massima depressione orografica e molto spesso al limite dell'insediamento) e viene messa a disposizione della popolazione locale, in particolar modo per l'alimentazione del bestiame (Figura 62).



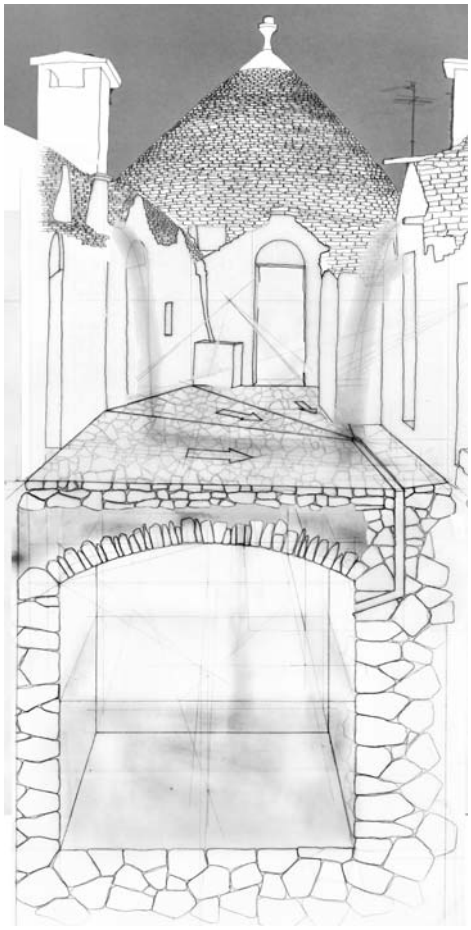


Figura 61 - 62: Esempi di cisterne urbane sotterranee in sistemi aggregati intorno ad una corte (sinistra) e lungo una strada (destra)

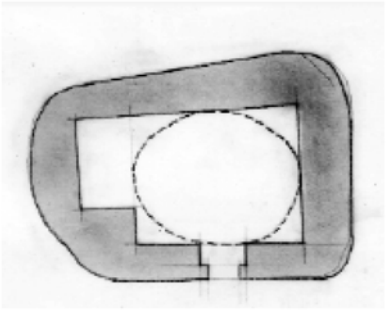
Figura 63: Pagina seguente. Alberobello. Individuazione dei percorsi idrici lungo le coperture di un aggregato urbano.

7. ANALISI ED APPROFONDIMENTI

A. F. Piccinni, M. Di Modugno; disegni: G. Mazzone

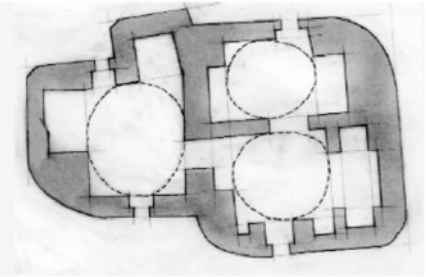
L'analisi sin qui svolta è stata condotta al fine di riuscire a valutare l'efficacia dei sistemi di recupero da inserire in contesti urbani contemporanei, progettati e organizzati certamente non nell'ottica di ottimizzare la raccolta e la distribuzione dell'acqua meteorica da impiegare per il soddisfacimento di una parte dei fabbisogni civili (colmati nella loro totalità dalle reti acquedottistiche). Questo ha portato a voler comparare i risultati sin qui ottenuti con quelli relativi ad un sistema urbano della tradizione consolidata del territorio pugliese. In particolare, tra le diverse tipologie di architettura rurale presenti in Puglia, si è scelto di analizzare il sistema a "trullo" e l'impianto urbano di Alberobello, valutando la convenienza e l'efficienza dei sistemi di recupero tradizionali nelle diverse forme di aggregazione urbana. La scala temporale di riferimento per effettuare bilanci di efficacia del sistema è ancora una volta l'anno idrologico medio che, per la stazione di Locorotondo, è risultato essere il 1997 con un afflusso totale annuo pari a 677 mm. I risultati delle elaborazioni sono sintetizzati nelle schede di seguito riportate (Scheda 1; Scheda 4).

Scheda 1: ***TRULLO ISOLATO***



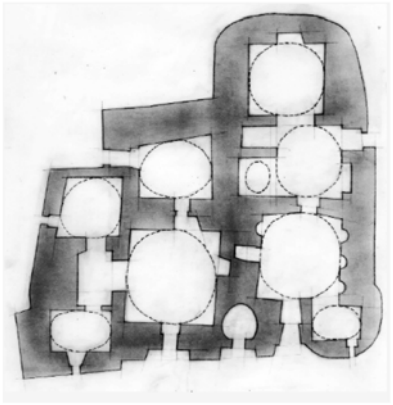
Volume Vasca	(mc)	44
Superficie Bacino	(ha)	0,004
SC/SB		1
Superficie Coperta	(ha)	0,004
	(mq)	44
Consumo Idrico	(mc/ab*g)	0,156
Consumo WC	(%)	30
Numero abitanti		1
Consumo WC	giornaliero (mc)	0,046
	annuo (mc)	17,029
Coefficiente di deflusso		0,9
Efficienza sistema accumulo		100%
Convenienza sistema di accumulo		99,87%
Frequenza giorni riempimento		100%

Scheda 2: ***TRULLO SEMI-ISOLATO AGGREGATO***



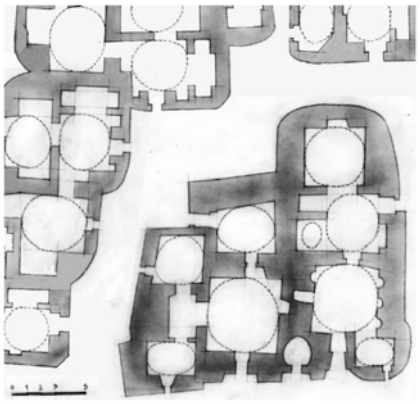
Volume Vasca	(mc)	130
Superficie Bacino	(ha)	0,013
SC/SB		1
Superficie Coperta	(ha)	0,013
	(mq)	130
Consumo Idrico	(mc/ab*g)	0,156
Consumo WC	(%)	30
Numero abitanti		4
Consumo WC	giornaliero(mc)	0,186
	annuo(mc)	68,117
Coefficiente di deflusso		0,9
Efficienza sistema di accumulo		100%
Convenienza sistema di accumulo		99,83%
Frequenza giorni riempimento		100%

Scheda 3: ***TRULLO ISOLATO AGGREGATO***



Volume Vasca	(mc)	377
Superficie Bacino	(ha)	0,032
SC/SB		1
Superficie Coperta	(ha)	0,032
	(mq)	321
Consumo Idrico	(mc/ab*g)	0,156
Consumo WC	(%)	30
Numero Abitanti		10
Consumo WC	giornaliero(mc)	0,466
	annuo(mc)	170,294
Coefficiente di deflusso		0,9
Efficienza sistema di accumulo		100%
Convenienza sistema di accumulo		99,83%
Frequenza giorni riempimento		100%

Scheda 4: ***TESSUTO URBANO SPONTANEO***



Volume Vasca	(mc)	673
Superficie Bacino	(ha)	0,059
SC/SB		1
Superficie Coperta	(ha)	0,059
	(mq)	599,56
Consumo Idrico	(mc/ab*g)	0,156
Consumo WC	(%)	30
Numero Abitanti		19
Consumo WC	giornaliero(mc)	0,886
	annuo(mc)	323,559
Coefficiente di deflusso		0,9
Efficienza sistema di accumulo		100%
Convenienza sistema di accumulo		99,37%
Frequenza giorni riempimento		100%

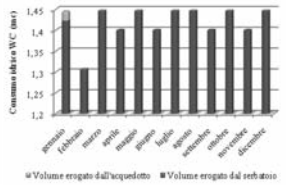
L'analisi dei dati mostra come l'architettura del passato, realizzata per soddisfare la totalità dei fabbisogni idrici domestici e non solo (agricoli), allo stato attuale, possa consentire in maniera ottimale il soddisfacimento dei consumi idrici per WC.

A questo punto si è valutata la risposta delle quattro strutture insediative nel caso in cui si considerasse un regime pluviometrico differente da quello in essere, ossia, nello specifico, quello proprio di Ruvo di Puglia. I risultati delle simulazioni (Scheda 5; Scheda 8) mostrano come la stessa struttura aggregativa del tessuto urbano, caratterizzata da uno specifico sistema di accumulo delle acque meteoriche, possa offrire un grado di efficienza differente. Questo porta ad affermare che, proprio come in passato e come già esposto in precedenza, occorrerebbe realizzare sistemi di accumulo delle acque meteoriche variabili a seconda del regime pluviometrico caratteristico dell'area in esame, al fine di consentire un recupero e quindi uno sfruttamento ottimale delle risorse idriche recuperate.

Scheda 5: ***TRULLO ISOLATO***

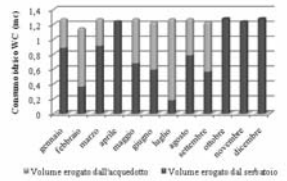
Alberobello

Volume Vasca	(mc)	44
Superficie Bacino	(ha)	0,004
SC/SB		
Superficie Coperta	(ha)	0,004
	(mq)	44
Consumo Idrico	(mc/ab*g)	0,156
Consumo WC	(%)	30
Numero abitanti		1
Consumo WC	giornaliero (mc)	0,046
	annuo (mc)	17,029
Coefficiente di deflusso		0,9
Efficienza vasca		100%
Convenienza vasca		99,87%
Frequenza giorni riempimento		100%



Ruvo di Puglia

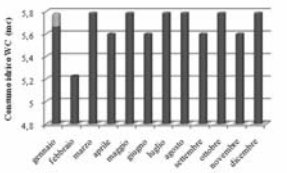
Volume Vasca	(mc)	44
Superficie Bacino	(ha)	0,004
SC/SB		
Superficie Coperta	(ha)	0,004
	(mq)	44
Consumo Idrico	(mc/ab*g)	0,137
Consumo WC	(%)	30
Numero abitanti	(ab)	1
Consumo WC	giornaliero(mc)	0,041
	annuo(mc)	15,001
Coeff di deflusso		0,9
Efficienza vasca		100%
Convenienza vasca		66,57%
Frequenza giorni riempimento		69,32%



Scheda 6: ***TRULLO SEMI ISOLATO AGGREGATO***

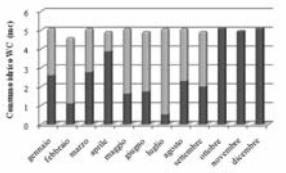
Alberobello

Volume Vasca	(mc)	130
Superficie Bacino	(ha)	0,013
SC/SB		
Superficie Coperta	(ha)	0,013
	(mq)	130
Consumo Idrico	(mc/ab*g)	0,156
Consumo WC	(%)	30
Numero abitanti		4
Consumo WC	giornaliero(mc)	0,186
	annuo(mc)	68,117
Coefficiente di deflusso		0,9
Efficienza vasca		100%
Convenienza vasca		99,83%
Frequenza giorni riempimento		100%



Ruvo di Puglia

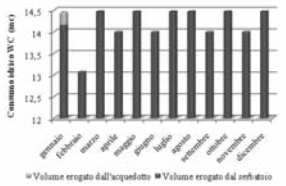
Volume Vasca	(mc)	130
Superficie Bacino	(ha)	0,013
SC/SB		
Superficie Coperta	(ha)	0,013
	(mq)	130
Consumo Idrico	(mc/ab*g)	0,137
Numero abitanti	(ab)	4
Consumo WC	giornaliero(mc)	0,164
	annuo(mc)	60,006
Coefficiente di deflusso		0,9
Efficienza vasca		100%
Convenienza vasca		56,33%
Frequenza giorni riempimento		60,27%



Scheda 7: ***TRULLO ISOLATO AGGREGATO***

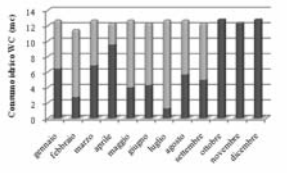
Alberobello

Volume Vasca	(mc)	377
Superficie Bacino	(ha)	0,032
SC/SB		
Superficie Coperta	(ha)	0,032
	(mq)	321
Consumo Idrico	(mc/ab*g)	0,156
Consumo WC	(%)	30
Numero Abitanti		10
Consumo WC	giornaliero(mc)	0,466
	annuo(mc)	170,294
Coefficiente di deflusso		0,9
Efficienza vasca		100%
Convenienza vasca		99,83%
Frequenza giorni riempimento		100%



Ruvo di Puglia

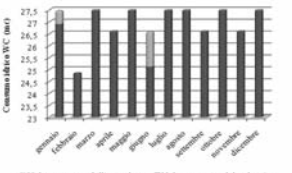
Volume Vasca	(mc)	377
Superficie Bacino	(ha)	0,032
SC/SB		
Superficie Coperta	(ha)	0,032
	(mq)	321
Consumo Idrico	(mc/ab*g)	0,137
Consumo WC	(%)	30
Numero abitanti	(ab)	10
Consumo WC	giornaliero(mc)	0,411
	annuo(mc)	150,015
Coefficiente di deflusso		0,9
Efficienza vasca		100%
Convenienza vasca		55,98%
Frequenza giorni riempimento		60%



Scheda 8: ***TESSUTO URBANO SPONTANEO***

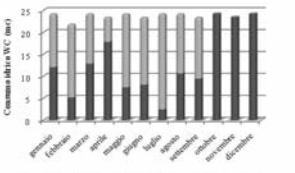
Alberobello

Volume Vasca	(mc)	671
Superficie Bacino	(ha)	0,059
SC/SB		
Superficie Coperta	(ha)	0,059
	(mq)	599,56
Consumo Idrico	(mc/ab*g)	0,156
Consumo WC	(%)	30
Numero Abitanti		19
Consumo WC	giornaliero(mc)	0,886
	annuo(mc)	323,559
Coefficiente di deflusso		0,9
Efficienza vasca		100%
Convenienza vasca		99,37%
Frequenza giorni riempimento		100%



Ruvo di Puglia

Volume Vasca	(mc)	671
Superficie Bacino	(ha)	0,059
SC/SB		
Superficie Coperta	(ha)	0,059
	(mq)	599,56
Consumo Idrico	(mc/ab*g)	0,137
Consumo WC	(%)	30
Numero abitanti	(ab)	19
Consumo WC	giornaliero(mc)	0,780
	annuo(mc)	285,028
Coefficiente di deflusso		0,9
Efficienza vasca		100%
Convenienza vasca		55,49%
Frequenza giorni riempimento		59,73%



Le esperienze del nostro passato così come la tecnologia contemporanea possono dare un sostegno utilissimo all'individuazione di nuovi forme e strutture dei nostri spazi urbani, nonchè dello stesso territorio che ci circonda, al fine di consentire il perfezionamento dei sistemi di captazione, drenaggio, stoccaggio ed impiego delle diverse tipologie di risorsa idrica disponibili sul territorio.

La capacità di organizzare lo spazio urbano al fine di ottimizzare la raccolta e la distribuzione dell'acqua piovana ricadente sull'intero agglomerato urbano ha spinto ad indagare come potrebbe evolversi il sistema urbano ruvese.

Come già detto in precedenza, l'area considerata, di estensione pari a 15 ha, è caratterizzata da una densità abitativa pari a 7,5 ab/100 m² per la quale la massima convenienza del sistema è ottenibile attraverso la realizzazione di una vasca di accumulo di volume pari a 6.000 m³.

In prima analisi si è proceduto ad una variazione della densità abitativa del sistema attraverso la quale, come si evince dalla tabella di sintesi di seguito riportata (Figura 64), è stato possibile osservare che, per raggiungere una convenienza del sistema pari al 72% occorrerebbe raggiungere una densità abitativa pari a 2 ab/100 m² di superficie coperta ossia sarebbe necessario passare dal tessuto urbano attuale, costituito da edifici a 3 piani (n. residenti pari a 4.219), ad una struttura a ville unifamiliari (n. residenti pari a 1.125). Questo consentirebbe quindi una maggiore capacità di utilizzo di risorsa idrica recuperata che, in tal modo, comporterebbe un incremento del risparmio di acqua potabile pari al 10% del consumo giornaliero procapite (Figura 65).

V=6.000 S_{imp}=15 ha				
Densità abitativa (ab/100 m²)	**Efficienza**	**Convenienza**	**Frequenza giorni riempimento**	**Risparmio consumo totale giornaliero**
7,5	89%	39%	44%	12%
5	78%	45%	50%	14%
3	67%	57%	61%	17%
2	62%	72%	75%	22%

Figura 64: Andamento dell'efficienza e della convenienza al variare della densità abitativa per l'abitato di Ruvo di Puglia.

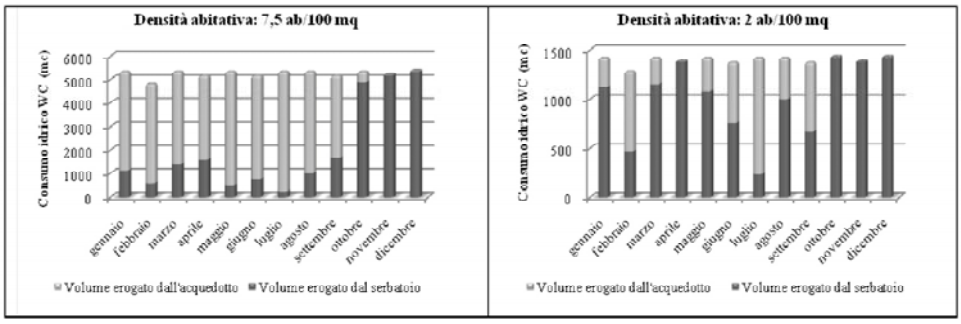


Figura 65: Confronto gradi di efficacia del sistema di accumulo e utilizzo delle acque meteoriche al variare della densità abitativa per Ruvo di Puglia.

Al fine di ottenere una maggiore ottimizzazione dell'efficacia del sistema di recupero delle acque meteoriche, si è ipotizzato, inoltre, un possibile riadattamento della struttura aggregativa tipica del tessuto urbano di Alberobello all'architettura urbana contemporanea di Ruvo di Puglia: in

particolare si è cercato di comprendere come una progettazione più compatta del tessuto urbano potesse incidere sul grado di efficienza e convenienza del sistema di accumulo e utilizzo delle acque meteoriche.

Proiettando la tessitura urbana tipica di Alberobello (caratterizzata da un tessuto urbano più compatto) al contesto ruvese, lasciando invariata l'estensione totale dell'area indagata (15 ha) e fissato il numero di residenti (3.400 ab), si è valutato come sia possibile incrementare il livello di convenienza del sistema del 13% con un relativo risparmio di risorsa idrica pari a circa 7.000 m^3/anno. Inoltre è importante sottolineare che la volumetria della vasca di accumulo, necessaria per il raggiungimento di tale livello di efficacia del sistema cui corrisponde, tra l'altro un'efficienza del 100%, è risultato pari a 2.000 m^3 di contro agli 11.000 m^3 ottenuti considerando l'attuale tessitura urbanistica. Questo comporta costi di realizzazione e tempi di recupero dell'investimento assolutamente più ridotti.

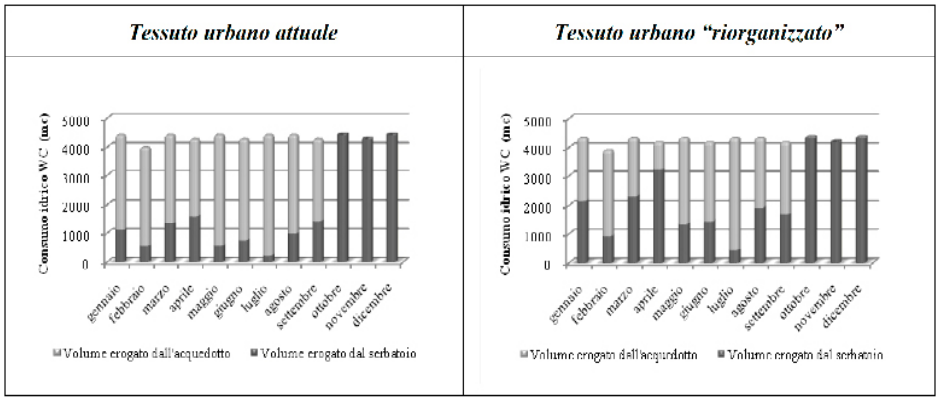


Figura 66: Confronto gradi di efficacia del sistema di accumulo e utilizzo delle acque meteoriche al variare della tessitura urbana per Ruvo di Puglia

Conclusione

A. F. Piccinni, A. Petruccioli

Il progresso che la ricerca ha compiuto nel settore delle scienze e delle tecnologie legate all'impiego e all'utilizzo delle risorse idriche nel corso del ventesimo secolo è certamente significativo. Numerosi sono d'altra parte i problemi irrisolti. In prima linea si registra l'inadeguatezza degli approvvigionamenti e l'uso improprio della risorsa idrica, in funzione soprattutto dei sempre più prolungati periodi di siccità che investono i territori mediterranei e della sempre più rilevante pressione demografica che agisce su di essi. A questi si sono aggiunti nel tempo problemi relativamente nuovi come la sempre più elevata contaminazione del suolo e il sovrasfruttamento delle risorse idriche sotterranee.

Il delicato rapporto tra clima, uomo e ambiente ha evidenziato, nella società contemporanea, l'assoluta necessità di controllare il consumo delle risorse idriche potabili e spinge a servirsi, per alcuni cicli di utilizzo, di sistemi di approvvigionamento alternativi, che non incidano sulla risorsa direttamente potabile. Tra i sistemi in grado di offrire un immediato contributo alla soluzione dei problemi dello spreco, della penuria e dei crescenti costi dell'approvvigionamento idrico vi sono certamente quelli basati sul recupero e sull'utilizzo delle acque meteoriche.

Del resto, in passato, le popolazioni dell'area mediterranea hanno vissuto anche grazie all'impiego delle acque meteoriche adoperandosi nel trovare le soluzioni più efficaci per sopperire all'atavica scarsità di risorsa idrica. Nel territorio pugliese, in particolare, si possono ritrovare e ammirare interessanti esempi dei tentativi dell'uomo di raccogliere e conservare le poche risorse idriche disponibili a testimonianza di una cultura della sostenibilità purtroppo parzialmente scomparsa.

La tecnica contemporanea legata all'utilizzo delle acque meteoriche non è, d'altra parte, applicabile sempre con successo ed anche a livello locale si possono osservare notevoli differenze in termini di convenienza. Lo studio condotto ha infatti evidenziato come, in un contesto pluviometrico tipico dell'area mediterranea quale quello pugliese, l'introduzione in edilizia di dispositivi di raccolta delle acque meteoriche abbia uno scarso rendimento globale, ossia costi di produzione piuttosto elevati a fronte di un'incidenza irrilevante sul risparmio di acqua potabile. Questo porta ad affermare che, facendo riferimento a tessuti urbani già consolidati, la raccolta e l'utilizzo delle acque meteoriche in ambito domestico assume prevalentemente una valenza ambientale in quanto consente il risparmio, seppur modesto, delle risorse idriche sotterranee, riducendo gli emungimenti delle acque di falda e favorendone una gestione indirizzata verso usi più pregiati.

I risultati raggiunti, d'altra parte, risultano fortemente dipendenti dallo scarso valore monetario della risorsa idrica nonché dalle modalità con cui sono pensati gli spazi urbani contemporanei.

Allo stato attuale il sistema di tariffazione pugliese, prevede la copertura dei soli costi finanziari. A tali costi dovrebbero però aggiungersi, in coerenza con l'applicazione del principio del Recupero del Costo Pieno (Full Recovery Cost) proposto dalla WFD 2000/60/CE e dal D.Lgs.152/06, i costi ambientali e i costi della risorsa: la Direttiva Quadro sulle Acque, perseguendo i criteri di disincentivazione dello spreco della risorsa, introduce, rispetto ai costi operativi, costi di deprezzamento e costi di uso del capitale (costi finanziari), dei costi aggiuntivi legati al peggioramento quali-quantitativo della risorsa a seguito alla presenza del servizio idrico (costi ambientali) e i costi di allocazione di una certa quota di risorsa ad un settore piuttosto che ad un altro (costi della risorsa). La copertura di tali ulteriori costi comporterebbe, quindi, la rimodulazione del sistema tariffario e quindi tempi

di recupero degli investimenti edilizi indubbiamente molto più ridotti.
Su un altro piano, lo studio del territorio pugliese e, in particolare, dell'organizzazione dei sistemi urbani del passato, particolarmente attenti al rapporto tra risorse e territorio, ha permesso di evidenziare come una organizzazione più attenta dello spazio urbano possa produrre risultati ben più rilevanti per la raccolta e l'impiego delle acque meteoriche. L'architettura storica dei nostri territori, infatti, ha dimostrato come una cultura tecnica e architettonica solo apparentemente arretrata abbia condotto alcune società a sviluppare soluzioni efficienti, capaci di soddisfare il proprio fabbisogno idrico senza giungere al depauperamento delle risorse idriche disponibili. L'edificio, come la città, erano intese come organismi che si adattavano al territorio al fine di captare quanta più acqua possibile; la stessa campagna circostante contribuiva, attraverso la sua riorganizzazione ad alimentare cisterne e grandi camere idriche ipogee utilizzate dall'intera collettività. La gerarchia delle risorse idriche, da quelle raccolte dal singolo edificio, a quella drenata dalle vie pedonali e dalle piazze urbane, a quella raccolta dai sentieri e dalle linee di drenaggio dei campi terrazzati, contribuiva a definire diverse gerarchie di impiego della risorsa idrica, riducendo al minimo la richiesta di acqua da destinare ad usi più pregiati.
Certamente, nel nostro tempo è anacronistico pensare di adottare le medesime tipologie e tecniche costruttive del passato ma il passato ci può indubbiamente aiutare ad assumere una diversa visione del rapporto intercorrente tra risorse, ambiente ed esigenze antropiche. Questo porta a dimostrare come non sia sufficiente operare solo sull'uso di tecniche innovative ma occorre, piuttosto, tornare a riflettere sulla forma e sulla struttura degli spazi urbani; occorre cercare di apprendere dall'esperienza locale, dall'adattamento al luogo (alle sue condizioni fisiche e climatiche) della forma urbana, dell'edificio e della tecnica, alla ricerca di un rinnovato connubio fra tradizione e innovazione, tra uomo e ambiente, tra bisogni e risorse disponibili.

APPENDICE 1:
QUADRO NORMATIVO IN MATERIA DI RECUPERO ACQUE METEORICHE

Generalità

La definizione originaria di "sviluppo sostenibile" è quella contenuta nel rapporto Brundtland del 1987 e ripresa dalla Conferenza mondiale sull'ambiente e lo sviluppo dell'ONU (*World Commission on Environment and Development*): « lo sviluppo sostenibile è uno sviluppo che soddisfa i bisogni del presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni »

Il concetto di sostenibilità così introdotto, si ritrova attualmente nella filosofia ispiratrice di ogni atto normativo che abbia lo scopo di promuovere e regolamentare usi appropriati delle risorse naturali e modalità costruttive o di pianificazione territoriale compatibili con l'ambiente. É cioè largamente condivisa l'esigenza di nuove forme di progettualità orientate alla sostenibilità; tra queste emergono quelle volte al riutilizzo della risorsa idrica a cui viene in genere attribuito un duplice scopo:

1. il risparmio idrico finalizzato a preservare la risorsa;
2. la riduzione dell'entità degli scarichi nei corpi idrici ricettori.

Con riferimento al contesto nazionale, infatti, nel documento del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio "Strategia d'azione ambientale per lo sviluppo sostenibile in Italia" (2002) «si ritiene prioritario puntare alla conservazione o ripristino di un regime idrico compatibile con la tutela degli ecosistemi, con gli usi ricreativi e con l'assetto del territorio. Ciò implica, in molte aree del Paese, arrivare a una minor sottrazione di portata dalla circolazione naturale con particolare riferimento alle risorse di buona ed elevata qualità. Va pertanto considerata prioritaria la riduzione dei fabbisogni, intesi come la quantità di risorsa (grezza) necessaria per soddisfare gli usi "dissipativi"; a tal fine occorre porre in essere interventi finalizzati al risparmio, riuso, riciclo».

In contesti esteri come quello tedesco, invece, l'attenzione è rivolta in modo più diretto alla limitazione della quantità di acqua meteorica scaricata, e in tal senso la normativa fornisce indicazioni tecniche per la realizzazione di sistemi atti allo scopo.

Gli strumenti legislativi, nazionali e non, sono più diffusamente riferiti al riutilizzo delle acque reflue in agricoltura; meno regolamentata è invece la questione del riutilizzo delle acque meteoriche in ambito civile e domestico. Ad esempio la prima normativa in materia di riuso irriguo delle acque reflue risale al 1918 quando lo Stato della California emanò il documento "Regulation Governing Use of Sewage for Irrigation Purposes" che portò, dopo numerose modifiche, nel 1975 alla stesura del "Wastewater Reclamation Criteria". Quest'ultimo ha rappresentato il documento principale cui numerosi paesi tra i quali Israele, Sud Africa, India e Italia hanno fatto riferimento nel tentativo di disciplinare l'uso delle acque reflue in agricoltura. Solo nel 1992 l'EPA (*Environmental Protection Agency*) statunitense emanò il documento "Guidelines for Water Reuse", la cui novità rispetto alle pubblicazioni precedenti riguardò la volontà di diffondere il concetto del riuso anche a settori diversi da quello agricolo, ovvero: urbano (irrigazione di campi da golf e parchi, alimentazione rete antincendio,ecc.); ambientale (zone umide, paludi, ricarica falde, ecc.); industriale; ricreativo (formazione di bacini idrici per attività di pesca, ecc.); civile (utilizzo potabile indiretto tramite ricarica degli acquiferi).

Ancora quindi non si abbracciava l'ipotesi di riuso dell'acqua piovana ma dell'acqua reflua, con crescente attenzione però agli usi plurimi.

Nello stesso 1992 è stata invece redatta in Germania una norma tecnica per le opere di sgravio delle fognature miste in cui è imposta l'attuazione in determinati casi di misure per ridurre alla fonte le acque meteoriche, quali il riutilizzo delle acque piovane (nell'ottica quin-

di dello scopo 2. di riutilizzo della risorsa idrica).
Per inquadrare compiutamente l'ambito legislativo in cui si inserisce la tematica del recupero delle acque piovane, di seguito si propone un percorso ricognitivo attraverso normative estere, europee, italiane nazionali e regionali in materia di riutilizzo della risorsa idrica, in particolare di quella di origine meteorica.

NORMATIVA ESTERA

In questa sezione non si pretende di esaminare l'intero complesso delle norme in materia di riuso di acque meteoriche vigenti nei paesi esteri europei ed extra-europei, ma solo di riferire quegli esempi di *rainwater harvesting legislation* che esprimono l'attenzione globale al problema.

Australia

In Australia alcuni stati hanno introdotto normative che impongono standard per le prestazioni di efficienza energetica ed idrica nelle abitazioni di nuova costruzione.
In New South Wales (NSW), è stato introdotto nel 2004 dal governo uno strumento che mira a far sì che le abitazioni usino meno acqua, producano meno emissioni di gas serra e siano più comode per chi vi abita. Tale misura di pianificazione, chiamata BASIX (*Building And Sustainability Index*), prevede che tutte le nuove abitazioni nel NSW debbano usare fino al 40% in meno di acqua potabile e produrre fino al 40% in meno di emissioni di gas serra rispetto alla media delle altre abitazioni.
Per conseguire questi risultati è imposto che le domande di nullaosta edilizio o di certificato di opera edile conforme per le nuove abitazioni siano depositate presso i Comuni assieme al Certificato BASIX; per ottenere un Certificato BASIX, occorre compilare un modello di valutazione. Ciò comporta il rispondere ad una serie di domande in merito alle dimensioni, all'ubicazione, ai materiali di costruzione, all'approvvigionamento idrico e agli infissi dell'abitazione. Per superare la valutazione del BASIX si può anche essere tenuti a rettificare aspetti del progetto. Il Certificato BASIX è dunque un elenco di impegni a dimostrazione del modo in cui l'abitazione adempirà ai requisiti imposti dal regolamento; gli impegni devono essere annotati sulle piante del progetto e il costruttore è tenuto per legge a costruire l'abitazione nel modo descritto (sono previste verifiche in varie fasi dei lavori di costruzione).
I traguardi imposti di riduzione fino al 40% nell'impiego di acqua potabile variano da una località all'altra del NSW perché il BASIX tiene conto di clima, tipo di suolo, piovosità e indici di evaporazione, nonché del tipo di costruzione.
Il BASIX incoraggia tra le caratteristiche progettuali, al fine di ridurre gli sprechi e conseguire un risparmio nella risorsa idrica, la predisposizione di:
- serbatoi dell'acqua piovana da usare in giardino, nel WC e/o in lavanderia;
- rose della doccia, rubinetti e doppi sciacquoni del water efficienti dal punto di vista dei consumi idrici;
- architettura di prato e giardino che richieda meno acqua;
- acque reflue da usare in giardino.

Dal 2006 anche in Queensland è richiesto per legge alle case di nuova costruzione di essere più sostenibili, assicurando un uso più efficiente di acqua ed energia. Lo stato ha incoraggiato i Comuni a considerare obbligatorio l'inserimento di sistemi di raccolta dell'acqua piovana nella costruzione delle nuove abitazioni.
Nella "Part 25 of the Queensland Development Code" (QDC) pubblicata in bozza nel 2005, sono fornite delle guidelines per gli standard minimi nell'installazione dei sistemi di raccolta delle acque ovvero *rainwater tanks*, definiti come vasche coperte per lo stoccaggio di acqua piovana proveniente dai tetti degli edifici. È demandato ai governi locali di decidere se le acque meteoriche devono essere destinate solo ad usi esterni od anche interni per WC e lavatrici.

Dal 1° Gennaio 2008 nuove parti del QDC introducono l'applicazione di nuove misure di risparmio idrico. Tra queste:
- riutilizzo delle acque grigie;
- installazione di reti duali nelle nuove costruzioni o adeguamento degli impianti idrici degli edifici esistenti in tal senso;
- utilizzo di risorsa idrica alternativa (acqua piovana o grigia) nelle nuove costruzioni commerciali e industriali.

Africa sub-sahariana

Hartung e Patschull (2001) hanno condotto un'analisi della legislazione in materia di acqua in 10 paesi dell'Africa Sub-Sahariana, con attenzione particolare a come questa si relaziona al domestic roofwater harvesting (*drwh*), cioè al recupero dell'acqua piovana dai tetti per uso domestico. Le leggi nazionali in materia di acqua di Botswana, Ethiopia, Kenya, Lesotho, Namibia, South Africa, Tanzania, Uganda, e Zambia rivelano che il *drwh* non rientra nelle strategie nazionali di gestione dell'acqua, ma è piuttosto legato a progetti speciali in questi paesi. Ad esempio numerose sono le associazioni che si sono formate nell'Africa orientale e meridionale. La prima di queste associazioni nazionali è stata la Kenya Rainwater Association, fondata nel 1995.
Il Sud Africa è l'unico paese dove il *drwh* è individuato come possibile approvvigionamento per le famiglie. Nella legislazione in materia di acque, introdotta nel 1997/1998, il Sud Africa ha cercato di incorporare le conoscenze disponibili circa le risorse idriche e il loro uso sostenibile. Nel "National Water Bill" (1998), l'acqua meteorica raccolta dai tetti è considerata una risorsa accessibile, anche se nel "Water Services Act" (1997) è riferito che nessuno può prelevare acqua da una fonte diversa dal fornitore del servizio idrico nominato dall'autorità competente.
Come si comprende quindi, in questi paesi uno dei problemi legislativi riguarda la proprietà della risorsa idrica.

India

L'approvvigionamento di acqua potabile è un problema permanente in India; l'utilizzo agricolo, l'inquinamento, l'espansione urbana e demografica e le applicazioni industriali esercitano pressioni notevoli sulla risorsa idrica. Le tecnologie idriche rappresentano una possibilità importante per affrontare questa situazione parallelamente alla critica alternanza tra pioggia monsonica e stagione secca ed è per questo che lo sforzo legislativo in materia di uso sostenibile dell'acqua risulta essere rilevante e meritevole di attenzione. Si riportano esempi di atti normativi emessi già diversi anni fa dai vari stati indiani.
Al fine di includere le strutture di recupero delle acque piovane nelle nuove costruzioni il "Kerala Municipality Building Rules" (1999) fu modificato appositamente da una notifica datata 12 Gennaio 2004, emanata dallo Stato del Kerala.
Nel territorio della capitale, New Delhi, dal Giugno 2001 il Ministro degli Affari Urbani e dell'Alleviazione della Povertà (Ministry of Urban Affairs and Poverty Alleviation) ha reso obbligatorio il recupero delle acque meteoriche in tutti i nuovi edifici con una superficie di copertura maggiore di 100 m^2 e in tutti i lotti in sviluppo con un'area maggiore di 1000 m^2.
Il Central Ground Water Authority, poi, ha reso obbligatori i sistemi di recupero nelle istituzioni e aree residenziali di zone specificate, con termine entro cui realizzarli Marzo 2002.
Attraverso un'ordinanza denominata "Tamilnadu Muncipal Laws ordinance", datata 19 Luglio 2003, anche lo Stato del Tamil Nadu, ha imposto il recupero delle acque meteoriche per tutti gli edifici, sia pubblici che privati. Il termine per costruire le relative strutture era Agosto 2003. In senso del tutto analogo si sono orientati molti altri stati e città dell'India quali Haryana, Rajasthan, Gujarat e Indore (Madhya Pradesh), Kanpur (Uttar Pradesh), Hyderabad (Andhra Pradesh).

Francia

Nel Dicembre 2006 è stato adottato dall'Assemblea Nazionale il progetto di legge sull'acqua e i luoghi acquatici che mira, conformemente alla WFD, a un buono stato ecologico delle acque entro il 2015 (legge n. 2006 1772). I deputati hanno in particolare adottato un emendamento che prevede di creare un credito d'imposta pari al 25% delle spese, al fine di incentivare i privati a installare dei sistemi di recupero delle acque pluviali. La lista delle attrezzature per i sistemi di recupero delle acque è stata fissata da un Decreto congiunto dei Ministeri dell'Ecologia, dell'Edilizia Abitativa, del Budget e della Sanità in data 4 Maggio 2007. Le attrezzature coinvolte sono quelle di recupero delle acque meteoriche raccolte dai tetti per utilizzi esclusivamente all'esterno delle abitazioni (innaffiamento giardini, lavaggio automobili, ecc.).

La Direzione Generale delle imposte, in un bollettino ufficiale del 3 Agosto 2007, sottolinea che è previsto un Decreto Ministeriale che precisi le condizioni nelle quali l'utilizzo delle acque raccolte può essere esteso ad usi interni all'abitazione, attualmente esclusi.

Germania

In Germania la normativa generale sulle acque è dettata a livello nazionale. Le norme tecniche di settore sono emanate dalla ATV (Ente Normatore Tedesco per i Sistemi Fognari e le Acque Reflue) riunitasi con la DVWK (Associazione Tedesca per l'Approvvigionamento Idrico e le Opere di Bonifica) sotto la sigla ATV-DVWK.

Nella norma tecnica ATV-DVWK-M153 "Raccomandazioni per il trattamento delle acque di pioggia", vengono date misure per una evacuazione ecologica delle acque meteoriche, come ad esempio la dispersione diretta delle acque dei tetti nel terreno, a segnalare la non pericolosità del carico inquinante.

Il principio ispiratore della norma tecnica ATV-DVWK-A128 "Normativa di indirizzo per il calcolo e la progettazione delle opere di sgravio delle fognature miste" è la minimizzazione degli afflussi di acque di pioggia nella fognatura. La norma determina, attraverso un percorso guidato, quale sia la percentuale di volume annuo di acqua che può essere scaricato sulla base dei dati inerenti il bacino e le precipitazioni; da questo valore si deriva il volume degli invasi presenti sul bacino. Viene posto, per motivi tecnico-economici, un limite superiore al volume specifico delle vasche di raccolta pari a 40 m^3/ha. Se dai calcoli risultasse invece necessario un volume superiore, la norma dice di attuare misure per ridurre alla fonte le acque meteoriche tra cui il riutilizzo delle acque meteoriche.

Il tema delle acque piovane entra anche nelle norme che determinano i contributi al servizio idrico. Ad esempio a livello locale, il "Regolamento per l'esazione di contributi e tasse relativi allo smaltimento di acque nere" della città di Eckernförde prevede, per chi realizza impianti fissi e approvati per il recupero delle acque piovane, una riduzione della tariffa.

NORMATIVA EUROPEA

Direttiva 2000/60/CE

La Direttiva Quadro sulle acque 2000/60/CE (WFD) istituisce gli indirizzi per l'azione comunitaria in materia di acque, affermando che la politica ambientale deve contribuire a perseguire gli obiettivi della salvaguardia, tutela e miglioramento della qualità dell'ambiente, dell'utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali che deve essere fondata sui principi della precauzione e dell'azione preventiva, sul principio della correzione, anzitutto alla fonte dei danni causati all'ambiente, nonché sul principio "chi inquina paga".

In linea con le iniziative esistenti volte ad attribuire maggior peso a strumenti di natura economica nell'ambito delle politiche ambientali, la Direttiva quadro promuove la tariffazione dei

servizi idrici quale mezzo per garantire un uso più sostenibile delle risorse idriche ed il recupero dei costi nell'ambito d'ogni specifico settore economico.
La Direttiva fissa inoltre specifici obiettivi ambientali per i corpi idrici superficiali e sotterranei ed estende il concetto di tutela a tutto l'ecosistema connesso con l'ambiente acquatico.
Con l'intento di realizzare gli obiettivi fissati, l'allegato VI, parte B, della Direttiva, presenta un elenco non limitativo di misure supplementari, ovvero provvedimenti studiati e messi in atto a complemento delle misure di base (che sono i requisiti minimi dei Programmi di misure istituiti dall'articolo 11, paragrafo 4); una voce dell'elenco fa riferimento al riutilizzo della risorsa idrica:
x) misure tese a favorire l'efficienza e il riutilizzo, tra le quali l'incentivazione delle tecnologie efficienti dal punto di vista idrico nell'industria e tecniche di irrigazione a basso consumo idrico.
Sebbene non si faccia specifico riferimento al riutilizzo dell'acqua meteorica, è già importante rilevare la presenza del concetto di riutilizzo in generale.

NORME DIN

Se a livello italiano non esiste una norma che regolamenti la progettazione e l'installazione di impianti per lo sfruttamento dell'acqua piovana, a livello europeo nel 2000 è apparsa la prima stesura della norma DIN 1989-1 che disciplina tecnicamente appunto, tali impianti.
La Norma DIN 1989-1:2002-04 "Regenwassernutzungsanlagen - Teil 1: Planung, Ausfuhrung, Betrieb und Wartun" ("Sistemi di raccolta dell'acqua piovana - Parte 1: progetto, installazione, utilizzo e manutenzione") è, in Europa, un ricorrente riferimento per la precisione e il dettaglio che la caratterizzano e per la sua possibile applicazione tanto a edifici di piccole dimensioni che a complessi importanti. La Norma analizza aspetti generali (protezione dal rumore, protezione al fuoco, sigillatura dei fori di passaggio degli impianti, problemi di congelamento, ubicazione), caratteristiche delle superfici di raccolta, trattamento delle acque (filtrazione, sedimentazione e trattamenti speciali), elementi accessori, caratteristiche dei sistemi di pompaggio, marcatura degli impianti, scarichi di troppo pieno e problematiche correlate, dimensionamento dei serbatoi, protezione dai fenomeni di riflusso, tipologie di impianto, loro utilizzo e manutenzione.
Cosicché gli elementi di impianto in commercio forniti dalle diverse case produttrici, sono in generale conformi a tale norma.
La norma DIN 1988, Parte 3, reca i criteri di dimensionamento delle condotte d'adduzione (rete duale) dell'acqua di servizio (diversa dall'acqua potabile) in corrispondenza dei punti di prelievo. Ai sensi della norma DIN 1988, Parte 4, e DIN 2403, i tubi devono essere contrassegnati chiaramente in base al tipo di liquido trasportato, in modo da escludere qualsiasi possibilità di confusione fra le condotte per l'acqua potabile e quelle per l'acqua di servizio. In corrispondenza dei punti di prelievo dell'acqua di servizio la norma DIN 4844 prevede l'apposizione di un cartello recante la dicitura "Acqua non potabile".

NORMATIVA ITALIANA NAZIONALE

Con l'emanazione del Decreto Legislativo 152/2006 sono state abrogate le leggi principali che caratterizzavano il quadro legislativo di riferimento per le politiche di tutela e di uso sostenibile delle risorse idriche in Italia. La normativa italiana in tema di acque è stata, fino all'emanazione del decreto, sostanzialmente articolata in base a tre disposizioni legislative:
a) Legge 10 maggio 1976, n. 319 (cosiddetta Legge Merli);
b) Legge 5 gennaio 1994, n. 36 (cosiddetta

Legge Galli);
c) Decreto Legislativo 11 maggio 1999, n. 152.

LEGGE N. 319/76

Le Legge Merli, sulla tutela delle acque dall'inquinamento, già abrogata dal D.Lgs. 152/99, aveva richiamato l'importanza di un corretto e razionale uso dell'acqua ai fini produttivi, irrigui, industriali e civili (art. 2 lettera d) per il conseguimento del risparmio idrico, rimandando però la regolamentazione alle necessarie norme tecniche.

La Delibera 4 Febbraio 1977 del Comitato Interministeriale per la Tutela delle Acque dall'Inquinamento (CITAI) "Criteri, metodologie e norme tecniche generali di cui all'art. 2, lettere b), d) ed e), della L. 10 maggio 1976, n. 319, recante norme per la tutela delle acque dall'inquinamento" considerava il riutilizzo dell'acqua reflua ai fini irrigui un sistema di scarico possibile, purché la pratica risultasse utile alla produzione agricola.

L'aspetto del recupero delle acque di pioggia non era invece contemplato; veniva di contro menzionata nell' "ALLEGATO 2 - Criteri generali per il corretto e razionale uso dell'acqua" la possibilità di attuazione di riciclo idrico in complessi industriali.

LEGGE N. 36/94

In Italia, nel 1994, la cosiddetta Legge Galli ha sancito ufficialmente la proprietà pubblica di tutte le acque superficiali e sotterranee del Paese e la priorità del consumo umano rispetto agli altri usi. All'art. 1 la Legge cita il concetto di sostenibilità della risorsa idrica sottolineando che qualsiasi uso delle acque è effettuato salvaguardando le aspettative ed i diritti delle generazioni future a fruire di un integro patrimonio ambientale (comma 2).

L'art. 5 riferisce che il risparmio della risorsa idrica è conseguito, in particolare, mediante la progressiva estensione di diverse misure tra cui installazione di reti duali nei nuovi insediamenti abitativi, commerciali e produttivi di rilevanti dimensioni; diffusione dei metodi e delle apparecchiature per il risparmio idrico domestico e nei settori industriale, terziario ed agricolo (comma 1, lettere b e d). Lo stesso articolo, al comma 6, demanda alle regioni l'adozione di programmi per attuare il risparmio idrico, prevedendo incentivi ed agevolazioni alle imprese che si dotino di impianti di riuso e di riciclo ovvero utilizzino acque reflue trattate. È importante notare che appare, come misura volta al risparmio idrico, l'adozione di reti duali.

Sempre senza particolare riferimento alle acque meteoriche, nella legge si ritrova anche un abbattimento dei canoni per le utenze industriali di acqua pubblica nel momento in cui il concessionario attui un riuso delle acque a ciclo chiuso reimpiegando le acque risultanti a valle del processo produttivo (art. 18 comma 1 lettera d). Al comma 3 dello stesso articolo è dichiarata l'istituzione di un fondo speciale per il finanziamento degli interventi relativi al risparmio idrico e al riuso delle acque reflue.

Unico riferimento alle acque piovane si ritrova nell'art. 28, commi 3 e 4:

3. La raccolta di acque piovane in invasi e cisterne al servizio di fondi agricoli o di singoli edifici è libera.

4. La raccolta di cui al comma 3 non richiede licenza o concessione di derivazione di acque; la realizzazione dei relativi manufatti è regolata dalle leggi in materia di edilizia, di costruzioni nelle zone sismiche, di dighe e sbarramenti e dalle altre leggi speciali.

D.LGS. N. 152/99

Il D.Lgs. n. 152/99, corretto ed integrato dal D.Lgs. n. 258 del 18 agosto 2000, recante le "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della Direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue e della Direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole", ha rappresentato in Italia il qua-

dro normativo di riferimento per le politiche sulle acque, riordinando ed aggiornando la normativa precedente, abrogando diverse leggi, tra cui la Legge 316/76.
Il decreto disciplina la tutela delle acque superficiali, sotterranee e marine dall'inquinamento attraverso l'individuazione di una serie di obiettivi, tra cui compare anche quello di un uso sostenibile e durevole della risorsa idrica (art. 1 comma 1 lettera c).
Il decreto considera il risparmio e il riutilizzo delle acque reflue gli strumenti con cui attuare una razionale e sostenibile gestione della risorsa idrica. Sono, ad esempio, indicate alcune modifiche al Regio Decreto 1775/33 (art. 23) atte a garantire un più razionale uso della risorsa attraverso l'obbligo a utilizzare risorse più appropriate per i diversi usi (non serve acqua potabile per lavare le strade o irrigare i giardini o per altri usi che non richiedono particolari qualità). Ovvero è stabilito che l'utilizzo di risorse qualificate (per uso potabile) può essere autorizzato per usi diversi, sempre che sia stata verificata l'impossibilità di riutilizzo di acque reflue o piovane.
All'art. 1 comma 2 lettere b e f, il decreto indica espressamente tra gli strumenti a disposizione per il raggiungimento degli obiettivi prefissati, oltre alla tutela integrata quali-quantitativa delle acque, l'individuazione di misure tese alla conservazione, al risparmio, al riutilizzo ed al riciclo delle risorse idriche.
Di particolare interesse è l'articolo 25, dal titolo "Risparmio idrico", di cui si riportano i primi tre commi:
1. Coloro che gestiscono o utilizzano la risorsa idrica adottano le misure necessarie all'eliminazione degli sprechi ed alla riduzione dei consumi e ad incrementare il riciclo ed il riutilizzo, anche mediante l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili.
2. Il comma 1 dell'articolo 5 della legge 5 gennaio 1994, n. 36, è sostituito dal seguente:
"1. Le Regioni prevedono norme e misure volte a favorire la riduzione dei consumi e l'eliminazione degli sprechi ed in particolare a:
a) migliorare la manutenzione delle reti di adduzione e di distribuzione di acque a qualsiasi uso destinate al fine di ridurre le perdite;
b) realizzare, in particolare nei nuovi insediamenti abitativi, commerciali e produttivi di rilevanti dimensioni, reti duali di adduzione al fine dell'utilizzo di acque meno pregiate per usi compatibili;
c) promuovere l'informazione e la diffusione di metodi e tecniche di risparmio idrico domestico e nei settori industriale, terziario ed agricolo;
d) installare contatori per il consumo dell'acqua in ogni singola unità abitativa nonché contatori differenziati per le attività produttive e del settore terziario esercitate nel contesto urbano;
e) realizzare nei nuovi insediamenti sistemi di collettamento differenziati per le acque piovane e per le acque reflue.".
3. All'articolo 5 della legge 5 gennaio 1994, n. 36 dopo il comma 1, è inserito il seguente:
"1-bis. Gli strumenti urbanistici, compatibilmente con l'assetto urbanistico e territoriale e con le risorse finanziarie disponibili, prevedono reti duali al fine dell'utilizzo di acque meno pregiate, nonché tecniche di risparmio della risorsa. Il comune rilascia la concessione edilizia se il progetto prevede l'installazione di contatori per ogni singola unità abitativa, nonché il collegamento a reti duali, ove già disponibili.".
Si rileva dunque una crescente attribuzione di importanza alle reti duali; in particolare il D.Lgs. 152/99 interagisce e completa la precedente Legge 36/94 introducendo esplicitamente negli strumenti di pianificazione urbanistica la previsione di reti duali per i complessi di nuova costruzione.
Nella stessa direzione agisce l' art. 26, dal titolo "Riutilizzo delle acque" che ai commi 1 e 2, sempre modificando la Legge Galli, stabilisce che allo scopo di incentivare il riutilizzo di acqua reflua o già usata nel ciclo produttivo, la tariffa per le utenze industriali è ridotta in funzione dell'utilizzo nel processo produttivo di acqua reflua o già usata e sollecita le Regioni ad

adottare norme e misure che favoriscano il riciclo delle acque e il riutilizzo delle acque reflue depurate, ad esempio, sono previsti incentivi e agevolazioni alle imprese che adottano impianti di riciclo o riutilizzo. Le norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue previste in questo articolo sono state successivamente stabilite col DM n. 185/2003.

D.M. n. 185/03

Il regolamento in questione stabilisce, ai sensi dell'articolo 6, comma 1, della legge 5 gennaio 1994, n. 36, come sostituito dall'articolo 26, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, e successive modifiche ed integrazioni, le norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue domestiche, urbane ed industriali attraverso la regolamentazione delle destinazioni d'uso e dei relativi requisiti di qualità, ai fini della tutela qualitativa e quantitativa delle risorse idriche, limitando il prelievo delle acque superficiali e sotterranee, riducendo l'impatto degli scarichi sui corpi idrici recettori e favorendo il risparmio idrico mediante l'utilizzo multiplo delle acque reflue (art. 1 comma 1).

Secondo l'articolo 3, le destinazioni d'uso ammissibili delle acque reflue recuperate, ovvero riqualificate in apposito impianto mediante adeguato trattamento depurativo al fine di renderle adatte alla distribuzione per specifici riutilizzi, sono le seguenti:

a) irriguo: per l'irrigazione di colture destinate sia alla produzione di alimenti per il consumo umano ed animale sia a fini non alimentari, nonché per l'irrigazione di aree destinate al verde o ad attività ricreative o sportive;

b) civile: per il lavaggio delle strade nei centri urbani; per l'alimentazione dei sistemi di riscaldamento o raffreddamento; per l'alimentazione di reti duali di adduzione, separate da quelle delle acque potabili, con esclusione dell'utilizzazione diretta di tale acqua negli edifici a uso civile, ad eccezione degli impianti di scarico nei servizi igienici;

c) industriale: come acqua antincendio, di processo, di lavaggio e per i cicli termici dei processi industriali, con l'esclusione degli usi che comportano un contatto tra le acque reflue recuperate e gli alimenti o i prodotti farmaceutici e cosmetici.

Il riutilizzo delle acque reflue è quindi liberamente consentito, previo trattamento di recupero volto ad assicurare il rispetto dei requisiti di qualità chimico-fisici e microbiologici riportati nella tabella dell'allegato al DM.

È da notare che alla lettera b dell'articolo 3 si fa esplicito riferimento alla possibilità di usare all'interno degli edifici per i WC acqua recuperata, escludendo invece qualsiasi altro uso domestico, ma che le acque meteoriche, intese come risorsa direttamente utilizzabile, non sono contemplate nell'ambito del decreto per assolvere alla stessa funzione.

D.Lgs. n. 152/06

Tale provvedimento, recante norme in materia ambientale, dà attuazione ad una delega conferita al Governo dalla Legge n. 308 del 2004 per il riordino, il coordinamento e l'integrazione della legislazione in materia ambientale.

In materia di acque, tale decreto, che recepisce la Direttiva 2000/60/CE, rappresenta un vero testo unico che disciplina sia la tutela quali-quantitativa delle acque dall'inquinamento (Decreto Legislativo 152/99) che l'organizzazione del servizio idrico integrato (Legge Galli). Riprende perciò essenzialmente le norme citate, confermando tutto quanto riportato precedentemente.

NORMATIVA ITALIANA REGIONALE

Anche in questo caso non si intende esaminare le norme in materia di riuso di acque meteoriche di tutte le regioni italiane, ma solo di riferire quegli esempi di regolamentazione edilizia regionale che, posti in essere già da tempo, possono segnare una strada da seguire anche per la Puglia, la quale si sta avviando solo ora al problema della gestione sostenibile della risorsa idrica.

EMILIA ROMAGNA

Tra i Regolamenti Edilizi regionali quello dell'Emilia Romagna (D.G.R. n. 593/1995, riveduto nel 2001 con D.G.R. n. 21/2001) appare molto attento alle problematiche di tipo energetico e ambientale; questo regolamento è da più parti visto come lo strumento attualmente più avanzato in fatto di disposizioni normative disponibili in Italia su questo argomento, a causa del rilievo dato alla progettazione e al controllo della fisica dell'edificio e degli aspetti ambientali.

Il Regolamento Edilizio tipo dell'Emilia Romagna è suddiviso in due sezioni: una prima contenente le disposizioni generali e le norme di carattere procedurale, una seconda contenente i requisiti delle opere edilizie, meglio specificati in due allegati che contengono rispettivamente i requisiti cogenti ed i requisiti volontari per le opere edilizie. Mentre i requisiti cogenti sono obbligatori per ottenere il titolo abilitativo all'intervento o il certificato di conformità edilizia, i requisiti volontari definiscono una qualità "aggiuntiva" del prodotto edilizio, la cui adozione può essere stimolata da sconti sugli oneri concessori, che possono arrivare fino ad una riduzione del 50% degli oneri di urbanizzazione.

Per quanto concerne il risparmio e riutilizzo delle risorse idriche, vengono proposti tre requisiti volontari:

R.V. 8.1 – Riduzione del consumo di acqua potabile. Con particolare riferimento alle situazioni in cui la fornitura di acqua potabile assume costi elevati o presenta carenze, ma anche in altre situazioni, il requisito incentiva l'impiego di dispositivi tecnici da applicare all'impianto idrico-sanitario per ridurre gli sprechi di acqua fornita dall'acquedotto. Si evidenzia nelle note anche l'importanza di sensibilizzare in proposito l'utenza con "manuali d'uso dell'alloggio" e con la contabilizzazione individuale dei consumi.

R.V. 8.2 – Recupero, per usi compatibili, delle acque meteoriche. Il requisito è convenzionalmente soddisfatto se vengono predisposti sistemi di captazione, filtro e accumulo delle acque meteoriche provenienti dalla copertura dell'edificio e se, con apposita rete duale, vengono consentiti usi compatibili delle acque meteoriche. Le verifiche comprendono la descrizione dettagliata dell'impianto, metodi di calcolo per il dimensionamento della vasca di accumulo, una soluzione conforme per la realizzazione del sistema di captazione, accumulo e filtro. Vista una certa variabilità di situazioni nel territorio regionale, il requisito valorizza anche il ruolo delle Aziende sanitarie locali e dell'ARPA per la definizione degli usi compatibili delle acque meteoriche.

R.V. 8.3 – Recupero, per usi compatibili, delle acque grigie. Il requisito introduce il risparmio di acqua potabile ottenuto tramite il riuso delle acque grigie provenienti dagli scarichi di lavabi, vasche, docce, lavatrici, previo idoneo trattamento e accumulo. La verifica progettuale consiste nella descrizione dettagliata dell'impianto idrico sanitario, nel corretto calcolo del dimensionamento della vasca di accumulo e nell'adozione di una soluzione conforme per la realizzazione dell'impianto di riuso delle acque grigie con rete duale. Anche in questo caso, il requisito valorizza il ruolo delle Aziende sanitarie locali per la definizione degli usi compatibili delle acque grigie e per la definizione delle tipologie di trattamenti igienizzanti.

TOSCANA

La Regione Toscana ha approvato con Delibera n. 322 del 28 Febbraio 2005 il documento di istruzioni tecniche denominato "Linee guida per la valutazione della qualità ambientale ed energetica degli edifici in Toscana" ai sensi dell'articolo 37, comma 3 della Legge regionale n.1 del 3 gennaio 2005 "Norme per il governo del territorio" con la quale si dispone la emanazione di appositi regolamenti e istruzioni tecniche, contenenti parametri di riferimento per i Comuni in materia di requisiti delle costruzioni per assicurare il benessere fisico delle perso-

ne, la salubrità degli immobili e del territorio, ed il contenimento energetico. Le linee guida fanno riferimento al sistema per la valutazione dell'ecosostenibilità degli edifici messo a punto presso ITACA (Istituto per la Trasparenza, l'Aggiornamento e la Certificazione degli Appalti). Il sistema di certificazione energetico-ambientale proposto è composto da una serie di schede di valutazione dei singoli requisiti, suddivisi in 7 aree tematiche, tra cui il risparmio di risorse, alle quali si assegna un punteggio. In base al punteggio finale ottenuto, i Comuni possono definire l'entità degli incentivi da applicare al progetto edilizio.

Da notare come la Regione abbia accompagnato alle linee guida anche un "Manuale per l'edilizia sostenibile", che raccoglie indicazioni e suggerimenti per affrontare le problematiche legate al costruire sostenibile e al risparmio energetico. Nella scheda 3.1 di tale manuale, dal titolo "Gestione acque meteoriche", è riferito che il riutilizzo delle acque meteoriche deve essere progettato in modo da garantire:

- una sufficiente disponibilità di acqua relativamente alla domanda giornaliera nei vari periodi dell'anno (sono forniti a tale scopo criteri di dimensionamento);
- un appropriato trattamento prima del riutilizzo.

In generale quest'ultima esigenza è soddisfatta se viene predisposto, oltre al sistema di captazione e accumulo delle acque meteoriche, anche un filtro. Nel manuale si ritrova che per i casi più comuni (raccolta di acqua dai tetti in zone non densamente popolate) sono sufficienti dei semplici filtri, mentre in casi particolari (zone ad alto inquinamento atmosferico, acqua raccolta da piazzali o strade, ecc) può essere necessario il ricorso a veri e propri sistemi di trattamento, quali ad esempio sistemi di fitodepurazione. Inoltre sono descritti i vari dispositivi da adottare negli schemi di riutilizzo delle acque meteoriche per civile abitazione, quali deviatori in linea, vari tipi di filtri, sistemi di fitodepurazione.

Umbria

La Giunta Regionale dell'Umbria ha adottato a Marzo 2008, su proposta dell'Assessorato all'Ambiente, il disegno di legge "Norme in materia di sostenibilità ambientale degli interventi urbanistici ed edilizi".

La normativa si propone di promuovere nuovi criteri progettuali orientati all'edilizia ecologica, allo sviluppo sostenibile ed alla tutela della salute umana, capaci di conciliare la salvaguardia delle risorse naturali con il confort abitativo.

Particolare attenzione è stata riservata alla salvaguardia della risorsa idrica, alla permeabilità dei suoli, alla tutela delle falde sotterranee da agenti inquinanti ed al miglioramento delle prestazioni energetiche dei fabbricati. Per il recupero dell'acqua piovana, e quindi il risparmio di quella potabile, è prevista la realizzazione di reti per la raccolta delle acque meteoriche, di sistemi di accumulo e di distribuzione, da utilizzarsi, ad esempio, per innaffiare aree verdi, per le reti antincendio, per il lavaggio di autovetture, per l'alimentazione degli scarichi dei WC e altri usi compatibili. Di seguito si riporta l'articolo 8 "Recupero dell'acqua piovana", che con un avanzato livello di dettaglio sancisce quanto appena riferito sinteticamente:

1. L'acqua piovana proveniente dalle coperture degli edifici è raccolta e riutilizzata sia per uso pubblico che privato al fine del razionale impiego delle risorse idriche, anche ai sensi di quanto disposto all'articolo 10 della legge regionale 24 febbraio 2006, n. 51.
2. L'acqua piovana raccolta è riutilizzata per i seguenti scopi:

a) manutenzione delle aree verdi pubbliche o private;
b) alimentazione integrativa delle reti antincendio;
c) autolavaggi, intesi sia come attività economica che uso privato;
d) usi domestici compatibili, previo parere della ASL, con particolare riferimento all'alimentazione delle reti duali che consentono, alternati-

vamente, l'utilizzo di acqua proveniente dalla rete idrica pubblica e quella piovana recuperata o attinta dai pozzi.
3. I piani attuativi relativi a nuovi insediamenti o alla ristrutturazione urbanistica di quelli esistenti, prevedono la realizzazione di apposite cisterne di raccolta dell'acqua piovana, della relativa rete di distribuzione e dei conseguenti punti di presa per il successivo riutilizzo, da ubicarsi all'interno dei lotti edificabili, ovvero al di sotto della rete stradale, dei parcheggi pubblici o delle aree verdi e comunque in siti orograficamente idonei. La quantità di acqua che tali cisterne devono raccogliere è definita applicando il dimensionamento di cui ai commi 5, 6 e 7.
4. Nella costruzione di nuovi edifici e negli interventi di ristrutturazione urbanistica di edifici esistenti, in assenza dei piani attuativi approvati con i requisiti di cui al comma 3, è obbligatorio il recupero delle acque piovane provenienti dalle coperture degli edifici per gli usi di cui al presente articolo, tramite la realizzazione di appositi sistemi di raccolta, filtraggio ed erogazione. Il comune, su richiesta motivata dell'interessato, può disporre la deroga dall'obbligo di cui al presente comma.
5. Il recupero delle acque piovane è obbligatorio quando si verificano entrambe le seguenti condizioni:
a) la superficie della copertura dell'edificio è superiore a cinquanta metri quadrati;
b) sono presenti aree verdi irrigabili pertinenziali all'edificio aventi superficie superiore a duecento metri quadrati;
6. In presenza di coperture con superficie fino a trecento metri quadrati, l'accumulo deve avere una capacità totale non inferiore a trenta litri per metro quadrato di dette coperture, con un minimo di tremila litri.
7. In presenza di superficie superiore a trecento metri quadrati, la capacità totale dell'accumulo è pari al minor valore tra il rapporto di trenta litri per metro quadrato di copertura e il rapporto di trenta litri per metro quadrato di area verde irrigabile pertinenziale; la vasca di accumulo deve comunque assicurare una capacità minima di novemila litri.
8. Le disposizioni di cui al presente articolo sono facoltative in caso di interventi di ampliamento e di ristrutturazione edilizia di edifici esistenti o di realizzazioni di edifici pertinenziali, con superficie della copertura inferiore a cinquanta metri quadrati, al servizio degli edifici principali.

PUGLIA

Gli atti di recepimento del D.Lgs. 152/99 da parte della Regione Puglia sono il Piano Direttore approvato con Decreto Commissariale n. 191 del 13 giugno 2002, a stralcio del Piano di Tutela delle Acque, e il successivo Piano di Tutela delle Acque definito e predisposto con Decreto Commissariale n. 209 del 19 dicembre 2005 e adottato con Deliberazione della Giunta Regionale n. 883 del 19 giugno 2007.
Il Piano Direttore si riferisce più volte al riutilizzo delle acque reflue per usi irrigui come ad una soluzione necessaria in una regione come la Puglia, in quanto consente:
il recupero di una risorsa idrica altrimenti dispersa;
la riduzione dell'impatto sull'ambiente derivante dal carico inquinante residuo veicolato dai reflui, ancorché trattati;
la riduzione del prelievo dalle risorse idriche sotterranee che rappresentano molto spesso l'unica fonte di approvvigionamento possibile per gli usi irrigui.
Il riutilizzo delle acque piovane è viceversa menzionato solo nei "Principi Generali" dell'APPENDICE A1 "Criteri per la disciplina delle acque meteoriche di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, di cui all'Art. 39 D. L.gs. 152/99 come novellato dal D. Lgs. 258/2000" in cui si sostiene che va favorito il riutilizzo delle acque meteoriche di dilavamento finalizzato alle necessità irrigue e domestiche. Anche nel Piano di Tutela delle Acque di forte

interesse risulta essere il riutilizzo delle acque reflue in agricoltura e, seppur con maggiori problemi applicativi, in campo industriale; ciò si è tradotto in una programmazione di interventi da cui è emerso che dei 182 impianti di depurazione pugliesi considerati, il 69% potrebbe avere una destinazione dei reflui in agricoltura, il 3% nell'uso industriale, il 5% in altri usi mentre per il 23% di questi non si ritiene conveniente alcuna utilizzazione.

A parte un programma di sensibilizzazione al risparmio idrico, nel Piano non si fa altro cenno ad azioni strutturate volte al risparmio idrico tramite recupero dell'acqua meteorica.

Nell'ottica della sostenibilità, la Regione Puglia ha infine approvato la Legge Regionale n. 13 del 10 giugno 2008 "Norme per l'abitare sostenibile", in cui promuove e incentiva la sostenibilità ambientale e il risparmio energetico sia nelle trasformazioni territoriali e urbane sia nella realizzazione delle opere edilizie, pubbliche e private, nel rispetto dei vincoli derivanti dall'ordinamento comunitario.

La Regione, dichiarando di provvedere all'incentivazione degli interventi di edilizia sostenibile nell'ambito dei propri piani e programmi, si rende promotrice di interventi di salvaguardia delle risorse idriche e approvazione delle linee guida per il risparmio idrico di cui all'articolo 5 "Risparmio idrico", di seguito riportato:

1.La Giunta regionale, ai fini della presente legge, individua i criteri e le modalità di salvaguardia delle risorse idriche e del loro uso razionale, in particolare attraverso:

a)la predisposizione di misure atte a verificare la qualità e l'efficienza delle reti di distribuzione anche attraverso il monitoraggio dei consumi;

b)l'individuazione di standard ottimali di riferimento per i consumi di acqua potabile e per gli scarichi immessi nella rete fognaria e i relativi sistemi di controllo;

c)la promozione dell'utilizzo di tecniche di depurazione naturale;

d)l'utilizzo di tecniche per il recupero delle acque piovane e grigie.

2.Negli interventi di nuova costruzione e di ristrutturazione degli edifici esistenti di cui alle lettere e) ed f) del comma 1 dell'articolo 3 del decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380 (Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia), è previsto, salvo motivata e circostanziata richiesta di esclusione specificamente assentita dal comune, l'utilizzo delle acque piovane per gli usi compatibili tramite la realizzazione di appositi sistemi di raccolta, filtraggio ed erogazione integrativi.

3.I criteri di cui al comma 1 sono definiti con apposito regolamento.

Dunque anche in Puglia si rende obbligatoria l'adozione di sistemi di recupero dell'acqua piovana per uso domestico negli edifici di nuova costruzione pur dovendo ancora seguire una più estesa regolamentazione tecnica.

BIBLIOGRAFIA

Acquedotto Pugliese S.p.A. - *Le tariffe AQP* 2008

Bortone G., Draghetti T., Cimatti E.- *Programma Regionale di conservazione e risparmio della risorsa acqua. Analisi e proposte versione 2004* – Regione Emilia Romagna,. Direzione Generale Ambiente e Difesa del Suolo e della Costa – Servizio Tutela e Risanamento Risorsa Acqua.

Brühlmann F.- *Utilizzare nel modo giusto le acque meteoriche. Possibilità e limiti Suggerimenti e lista di verifica.* Ufficio Federale dell'Ambiente, delle Foreste e del Paesaggio (UFAFP), Berna (CH), 2003.

Candelpergher C., Grossi G. - *Normativa ed applicazioni in materia di acque meteoriche: alcuni esempi all'estero* – FOLIUM – Ambiente e Sicurezza sul Lavoro, 3 (2005) 3-11

Fanizzi L. - *Gli impianti di raccolta idrica individuali* - "L'Ambiente", 4 (2002) Ed. Ranieri, Milano

Fanizzi L., Misceo S. - *Gli impianti urbani per lo sfruttamento dell'acqua meteorica di dilavamento* - "L'Ambiente", 1 (2008) Ed. Ranieri, Milano

Hartung H., Patschull C. - *Legal aspects of rain water harvesting in sub-Saharan Africa* - "10th International Conference on Rainwater Catchment Systems (IRCSA)", Mannheim, Germany, 10–14 September 2001

KESSEL - *Catalogo Impianti per lo sfruttamento dell'acqua piovana* - 2005

Quasco, Regione Emilia Romagna. - "Gestione sostenibile delle risorse idriche e regolamentazione urbanistico"- *Edilizia* - DEI Tipografia del Genio Civile, 2003

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio - *Strategia d'azione ambientale per lo sviluppo sostenibile in Italia* - Pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. 255 del 30 ottobre 2002, supplemento ordinario n. 205

Regione Puglia - *Progetto di Piano di Tutela delle Acque* - Adottato con Deliberazione di Giunta Regionale 19 giugno 2007 n. 883

Regione Puglia - *Listino prezzi regionale Anno 2008* - Pubblicato sul Bollettino Ufficiale della Regione Puglia del 1 luglio 2008 n. 104

Vianello G., Zamboni N. - *La normativa sull'utilizzo delle acque reflue in agricoltura* - Atti del Convegno "Riutilizzo irriguo di acque reflue depurate", Verona, 11 febbraio 2006

Zhua K.,*, Zhangb L., Hartc W., Liud M., Chene H.-. *Quality issues in harvested rainwater in arid and semi-arid Loess Plateau of northern China* - "Journal of Arid Environments" 57 (2004) 487–505

WEBGRAFIA

http://www.abr.fvg.it/studi-e-ricerche/uso-sostenibile-della-risorsa-idrica/raccolta-delle-acque-piovane/innovazioni-normative/norma-din-1989-1-2002-04

http://www.aquaer.it/aquaer/index.htm

http://www.aquavalor.fr/legislation.htm

http://www.basix.nsw.gov.au/information/about.jsp

http://www.dip.qld.gov.au/building/queensland-development-code.html

http://www.dip.qld.gov.au:80/sustainable-living/index.php

http://www.ecy.wa.gov/programs/wr/hq/rwh_rule.html

http://www.isaac.supsi.ch/

http://www.lavoripubblici.it/2007/dettaglio_notizia.php?agap=czo4OiJNekExTnc9PSI7

http://www.rainharvesting.com.au/regulation_and_rebates.asp

http://www.rainwaterharvesting.org/policy/legislation.htm

http://it.wikipedia.org/wiki/Sviluppo_sostenibile

© 2009 Politecnico di Bari

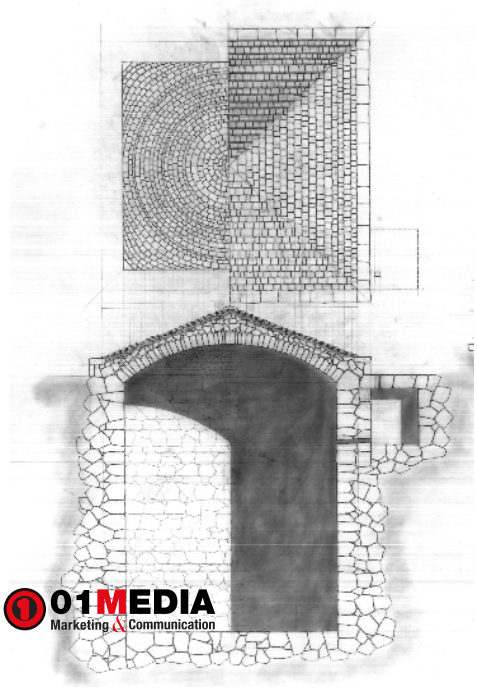
Progetto grafico
Graphic design
Calogero Montalbano

Grafica ed impaginazione
Graphic and lay-out
Calogero Montalbano

Composizione in Adobe Garamond e Gill Sans
Typographical composition in Adobe Garamond and Gill Sans

Stampato in 200 esemplari | *200 copies printed*

ISBN *978-88-90365-80-5*



01MEDIA
Marketing & Communication

ISBN 978-88-90365-80-5