

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

FACOLTA' DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA EDILE-ARCHITETTURA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E DEI MATERIALI

TESI DI LAUREA

in

Idraulica e Costruzioni Idrauliche Urbane

**RECUPERO E RIUSO DELLE ACQUE METEORICHE
ALL'INTERNO DELL'EDIFICIO**

CANDIDATO

RELATORE:

Giacomo Torlai

Chiar.mo Prof.

Marco Maglionico

Anno Accademico 2011/12

Sessione I

Indice

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E DEI MATERIALI	1
Introduzione	5
Capitolo 1. Analisi delle risorse idriche disponibili	7
1.1. Il ciclo idrologico	7
1.2. La distribuzione dell'acqua sul pianeta	9
1.3. Le risorse idriche in Italia	13
1.3.1. Il prelievo idrico totale.....	16
1.3.2. I prelievi di acqua ad uso potabile.....	19
1.3.3. L'acqua erogata.....	20
1.3.4. Acqua immessa in rete.....	21
1.3.5. La crisi idrica in Italia.....	22
Capitolo 2. Uso e risparmio dell'acqua in ambito civile	25
2.1. I consumi idrici domestici	25
2.2. Le tariffe del sistema idrico italiano	29
2.3. Tecnologie e comportamenti per il risparmio idrico	31
2.3.1. Dispositivi per la rubinetteria di lavabi e docce.....	32
2.3.2. Dispositivi per ridurre i consumi dello scarico del WC.....	36
2.3.3. Elettrodomestici a risparmio idrico.....	38
Capitolo 3. Sistemi di raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana	41
3.1. Cenni storici	41
3.2. Utilizzo dell'acqua piovana	43
3.3. Quadro normativo	46
3.4. Il sistema di raccolta e riuso dell'acqua piovana	48
3.4.1. La raccolta.....	50
3.4.2. Lo stoccaggio.....	56
3.4.3. La distribuzione.....	66
3.4.4. Il trattamento.....	68
3.4.5. Manutenzione.....	70
3.5. Dimensionamento del serbatoio secondo la norma E DIN 1989-1:2000-12	71
Capitolo 4. Valutazione dell'efficienza dei sistemi di raccolta e riuso dell'acqua piovana	77
4.1. Analisi casi di studio	77

4.1.1. Riutilizzo delle acque di pioggia in Germania: efficienza, dimensionamento, aspetti idrici e ambientali (<i>Herrmann, Schmida, 2000</i>)	77
4.1.2. Sistemi localizzati di riuso delle acque reflue e meteoriche in ambiente urbano (<i>Freni, 2007</i>)	83
4.1.3. Raccolta delle acque di pioggia e trattamento delle acque grigie: sistemi per l'applicazione domestica in Irlanda (<i>Li, Boyle, Reynolds, 2011</i>)	88
4.1.4. Una valutazione comparativa sull'uso di sistemi di raccolta dell'acqua piovana in edifici singoli e multipiano nell'area metropolitana di Barcellona (Spagna): esperienza sociale, risparmio di acqua potabile e costi economici (<i>Domènech, Saurí, 2010</i>)	91
4.1.5. Raccolta dell'acqua piovana nelle stazioni di servizio a Brasilia: potenziali risparmi di acqua potabile e analisi sulla fattibilità economica degli interventi (<i>Ghisi, Tavares, Rocha, 2009</i>)	98
4.1.6. Performance di sistemi di raccolta dell'acqua piovana nel Sud-Est degli Stati Uniti (<i>Jones, Hunt, 2009</i>)	104
4.1.7. Performance dei sistemi di raccolta dell'acqua piovana per uso domestico in Sicilia. (<i>A. Campisano, C. Modica, 2011</i>)	112
4.2. Il software SWMM (Storm Water Management Model)	117
4.3. Valutazione dell'efficienza su di una serie storica pluviometrica registrata a Bologna.	118
4.3.1. Esempi sull'utilizzo dei grafici	126
4.3.2. Valutazione dei benefici sul sistema di drenaggio urbano	127
4.3.3. Valutazione dell'efficienza dei sistemi di raccolta in quattro casi di studio nella provincia di Bologna mediante l'utilizzo di coefficienti adimensionali	129
Conclusioni	133
Bibliografia	135
Bibliografia Web	137

Introduzione

L'acqua è una risorsa soltanto in apparenza illimitata; le risorse idriche naturali infatti stanno diventando sempre più scarse, sia a causa del cambiamento climatico globale che dei comportamenti irresponsabili dell'uomo. L'abbondanza di sorgenti, corsi d'acqua, acquiferi e infrastrutture di distribuzione rende estremamente difficile la percezione di un bene in pericolo, il cui venir meno potrebbe non essere preceduto da segnali tali da scongiurare situazioni di emergenza improvvise.

In questo scenario il riutilizzo dell'acqua piovana -Rain Water Harvesting, abbreviato in RWH- può rappresentare una pratica interessante sia per quanto riguarda la riduzione dei consumi di acqua potabile che per la riduzione dei volumi scaricati in fognatura -*overflow*- durante gli eventi meteorici più significativi. Il presente documento affronta quindi questi aspetti, cercando di fornire un quadro generale sul tema della raccolta e del riutilizzo dell'acqua piovana in ambito civile.

Il primo capitolo descrive la distribuzione dell'acqua sul pianeta ed in particolare si andrà a considerare il quadro sulla distribuzione della risorsa in Italia, raccogliendo i dati reperibili sull'argomento al momento della redazione dell'elaborato. Dall'analisi di tali dati emerge che proprio i consumi civili sono quelli che nel corso dell'ultimo decennio hanno subito un aumento evidente, in una situazione di sostanziale stabilità dei consumi derivanti da usi agricoli e industriali. Il quadro generale ha inoltre evidenziato uno stato di pericoloso equilibrio tra prelievo e disponibilità della risorsa, destinato purtroppo, nel giro di un decennio, a pendere in favore del primo, con le conseguenze negative che ne derivano.

Nel secondo capitolo si analizza l'uso dell'acqua in ambito domestico vero e proprio, stimando le quantità che utilizziamo per le azioni quotidiane. Viene poi fornita una rassegna dei dispositivi tecnologici per ridurre i consumi i quali, se abbinati a comportamenti consapevoli da parte dell'utente, consentono di risparmiare una discreta quota dei consumi domestici totali. Il metodo certamente più efficace per risparmiare acqua potabile è sicuramente quello di raccogliere e riutilizzare, per quanto possibile, l'acqua piovana, una risorsa da troppo tempo trascurata ma che in passato era molto utilizzata.

Il terzo capitolo si occupa dei sistemi per la raccolta e il riutilizzo dell'acqua piovana che si possono trovare in commercio oggi in Italia, descrivendone la composizione e il funzionamento.

Infine, nel quarto capitolo si affronta il tema centrale del lavoro, ovvero lo stabilire un metodo per poter valutare l'efficienza di tali sistemi, avendo riscontrato alcune lacune in tal senso nel metodo di dimensionamento dell'impianto proposto dai produttori, anche in considerazione del fatto che in Italia non esiste ancora una normativa che regolamenti la progettazione e l'installazione degli impianti di raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana. In particolare, è stato costruito un modello concettuale per valutare l'efficacia del sistema, compiendo una certo numero di simulazioni che hanno consentito di studiare il comportamento del modello inserito nel contesto ambientale e pluviometrico della città di Bologna, in modo da poter trarre delle conclusioni sull'opportunità di puntare sulla realizzazione tali sistemi.

Capitolo 1. Analisi delle risorse idriche disponibili

1.1. Il ciclo idrologico



Figura 1.1- Il ciclo idrologico (<http://ga.water.usgs.gov>)

La distribuzione di acqua sulla Terra è governata da un complesso sistema di scambio di materia ed energia tra la superficie terrestre e l'atmosfera, chiamato ciclo idrologico. Questo ciclo non ha un preciso punto di partenza, ma possiamo immaginare che abbia inizio dal mare. Il sole, elemento fondamentale in quanto attiva il ciclo, riscalda l'acqua del mare e parte di essa evapora nell'aria. L'evaporazione avviene anche dalle acque dolci dei laghi e dei fiumi. A questo vapore si aggiunge quello prodotto per traspirazione dagli esseri viventi (soprattutto vegetali). Le correnti d'aria ascensionali sollevano il vapore in alto nell'atmosfera, dove la temperatura più bassa ne provoca la condensazione in goccioline microscopiche che formano le nuvole. I sistemi nuvolosi si spostano rapidamente, trasportati dai venti, coprendo circa il 40-50% della superficie terrestre. Le condizioni climatiche delle varie zone determinano

la precipitazione dell'acqua nelle varie forme (piogge, nevi, grandine etc.) e la morfologia del suolo determina l'accumulo ed il trasferimento delle acque sulla superficie della Terra, sul suolo e nel sottosuolo. La maggior parte delle precipitazioni cade direttamente nel mare, mentre una certa quantità di carattere nevoso può accumularsi nelle calotte glaciali o in ghiacciai, mentre la porzione che cade sulle terre emerse, a causa della gravità, fluisce come ruscellamento superficiale. Parte del ruscellamento superficiale raggiunge i fiumi e scorre verso i mari, mentre una parte di esso si accumula come acqua dolce in laghi e fiumi. Non tutta questa acqua scorre in corpi idrici superficiali, una gran parte infatti si infiltra in profondità nel terreno ed alimenta gli acquiferi, che immagazzinano enormi quantità di acqua dolce sotterranea per lunghi periodi di tempo. La frazione dell'acqua sotterranea che sta vicino alla superficie terrestre può filtrare nuovamente nei corpi idrici superficiali e scorrere verso il mare, oppure trovando nel suo viaggio vie d'uscita in superficie può emergere come sorgente. Nel tempo, tuttavia, quest' acqua continua a spostarsi, e parte di essa rifluisce nel mare, dal quale il ciclo si riattiva.

1.2. La distribuzione dell'acqua sul pianeta

La quantità complessiva di acqua presente sulla terra ha un valore finito, stimato in 1.386 milioni di Km^3 , di cui 1.351 milioni di acqua salata e 35 milioni di acqua dolce, corrispondenti rispettivamente al 97.5% e al 2.5% del totale.

Risorsa idrica (tipologia)	Disponibilità (%)	Volume d'acqua (Km^3)
Acque oceaniche	97,5	1.351.000.000
Acque dolci	2,5	35.000.000
<u>Totale acque</u>	100	1.386.000.000
Calotte polari e ghiacciai	69,5	24.400.000
Acque sotterranee	30,1	10.500.000
Acque superficiali	0,4	135.000
<u>Totale acque dolci</u>	100	35.035.000

Tabella 1.1-Volumi e disponibilità percentuali delle risorse idriche terrestri
(<http://ga.water.usgs.gov>)

Per quanto riguarda l'acqua dolce, il 69,5% (24,4 milioni di Km^3) non è disponibile all'uso immediato, in quanto immagazzinata nei ghiacciai e sottoforma di ghiaccio, neve, e permafrost; il 30,1 % (10,5 milioni di Km^3) è raccolta nel sottosuolo nelle falde (rinnovabili) e nei giacimenti (non rinnovabili). Solo lo 0,4 % (135.000 Km^3) è presente in superficie: nei laghi, nell'umidità del suolo, nelle paludi e nelle zone umide, nei fiumi, negli esseri viventi (piante e animali), ed è quindi direttamente disponibile all'uso.

Le piogge annuali garantiscono una quantità pro capite di acqua dolce di circa 7000 m^3 /persona, in teoria più che sufficienti per garantirne le esigenze, ma purtroppo non omogeneamente distribuiti nello spazio e nel tempo. Questa situazione, nel 2000, significava che per una popolazione mondiale stimata in 6 miliardi di persone il 16,3% avesse acqua in sovrabbondanza, il 16,7% in relativa sufficienza, il 34,7% fosse in condizioni di insufficienza, il 24,5% in condizioni di stress, e il 7,8% in condizioni di scarsità, avendo come valore di riferimento del buon accesso all'acqua i 20 litri/persona ad una distanza inferiore al km. Pur ammettendo idealmente invariata la qualità dell'acqua, non tenendo cioè in conto la perdita di qualità dell'acqua per inquinamento, a fronte di un volume complessivo costante delle risorse idriche rinnovabili, l'aumento

della popolazione porta inesorabilmente alla diminuzione del valore pro capite disponibile.

Un dato significativo per i paesi industrializzati: negli USA la disponibilità idrica rinnovabile per persona era valutata nel 1955 pari a quasi 15000 m³/anno, nel 1990 a circa 10000 m³/anno e per il 2055 è stimata in 7600 m³/anno, il che significa un valore dimezzato in un secolo.

Anni	Popolazione mondiale (miliardi)	Megalopoli (Città > 10 milioni di abitanti)	Volume di acqua potabile disponibile (m³)
1950	2,5	3	17000
2000	6,0	21	7100
2025	8,0	50	5100

Tabella 1.2-La situazione idrica nel mondo (Fanizzi, 2008)

Parallelamente alla diminuzione del valore pro capite di acqua dolce rinnovabile disponibile -in conseguenza delle dinamiche demografiche di aumento della domanda per esigenze crescenti di usi agricoli, industriali e civili- si verifica un aumento complessivo dei consumi. I consumi pro capite a livello mondiale erano stimati in 350 m³/persona nel 1900 e in 643 m³/persona nel 2000: in un secolo quindi, a fronte di un dimezzamento della disponibilità, si configura un raddoppio della domanda. L'aumento della popolazione e parallelamente della richiesta di acqua pro capite pone molti paesi nella condizione di water stress: annualmente i consumi superano la capacità naturale di rinnovo della risorsa, ossia il valore della precipitazione annua al netto dell'evaporazione a disposizione sotto forma di acqua superficiale e sotterranea (*Autorità di Bacino Regionale del Friuli Venezia Giulia, 2008*).

Nel presente elaborato ci si focalizzerà sui problemi riguardanti la gestione dell'acqua per usi civili, tralasciando le questioni legate all'uso irriguo (nel mondo circa il 70% dell'acqua consumata è usata per irrigazione) e industriale, i quali richiedono soluzioni che coinvolgono politiche economiche a livello almeno nazionale. Quest'acqua rappresenta una quota minore dei consumi idrici, ad esempio in Italia e negli altri paesi che usano molta acqua per l'irrigazione è circa il 20%, ma è quella che richiede la qualità migliore, qualità che in genere hanno solo le acque sotterranee o di sorgente, e comporta quindi maggiori costi per approvvigionamento, gestione e trattamenti.

Paese	Consumi civili (litri/abitanti·giorno)
Canada	751
Usa	564
Italia	381
Giappone	374
Colombia	343
Argentina	334
Grecia	326
Spagna	325
Azerbaigian	284
Israele	275
Francia	273
Austria	247
Cile	243
Kuwait	235
Turchia	219
Danimarca	207
Germania	193
Egitto	187
Brasile	177
Irlanda	177
India	131
Giordania	100
Tunisia	99
Cina	87
Bolivia	56
Yemen	36
Burkina Faso	21
Burundi	17

*Tabella 1.3- Consumi civili d'acqua in alcuni paesi del mondo
(Fonte: Geo Data Portal dell'UNEP <http://geodata.grid.unep.ch>)*

Secondo il database del Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente, il prelievo idrico annuo per usi civili in paesi emergenti come Cina e India è in costante aumento (tabella 1.3). Il consumo di acqua infatti, dalla metà degli anni '80 ad oggi, è quasi raddoppiato in Cina e in India è triplicato, raggiungendo rispettivamente 41 e 52 Km³. In questi paesi comunque la dotazione idrica civile pro capite è molto bassa se confrontata

con quella dei paesi europei, in quanto le condizioni di vita sono ancora molto povere e sussistono difficoltà di approvvigionamento. Se si immagina però di estendere il valore del consumo pro capite civile medio italiano alla Cina o all'India, per soddisfare tale richiesta sarebbero necessari volumi dell'ordine dei 150-200 Km^3 , il cui prelievo comporterebbe conflitti con altri usi, in particolare quello agricolo, e danni agli ecosistemi (Conte, 2008).

1.3. Le risorse idriche in Italia

Le conoscenze sulla disponibilità potenziale ed effettiva delle risorse e sugli usi plurimi delle stesse possono essere desunte dalla combinazione dei dati prodotti in occasione della Conferenza Nazionale sulle Acque del 1971 (aggiornati poi nel 1989), quelli prodotti dal rapporto elaborato dall'Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA) del CNR nel 1999, i dati pubblicati dalle Regioni nei Piani di Tutela delle Acque, quelli pubblicati dalle Autorità di Bacino e quelli direttamente raccolti dagli ex Uffici Idrografici, ora transitati alle Amministrazioni Regionali.

La Conferenza delle Acque nel 1989 valutava in 155 miliardi di m^3 /anno i deflussi superficiali totali, pari cioè agli afflussi meteorici al netto dell'evaporazione e delle perdite, e in 13 miliardi di m^3 /anno le risorse sotterranee. Il totale delle risorse rinnovabili in Italia ammonterebbe quindi a 168 miliardi di m^3 , corrispondenti ad oltre 2000 m^3 per abitante, un dato superiore a paesi come la Gran Bretagna e la Germania. La difficoltà di approvvigionamento è data dal regime idrologico dei corsi d'acqua italiani, tale da rendere tecnicamente impossibile l'uso di una quota rilevante del deflusso superficiale. Infatti, se si escludono i bacini alpini, gran parte delle precipitazioni sul resto d'Italia avvengono nel periodo che va da ottobre a marzo. Per utilizzare questo deflusso durante il corso dell'anno, e in particolare nel periodo estivo quando si concentrano gli usi irrigui, sarebbe necessario immagazzinarlo in enormi serbatoi, la cui realizzazione è tecnicamente impensabile. Questa caratteristica del clima italiano fa sì che la gran parte del deflusso superficiale sia inutilizzabile, rendendo l'effettiva disponibilità di risorse dell'ordine di poche decine di miliardi di m^3 , notevolmente inferiore a quella di paesi nordeuropei dove le precipitazioni hanno un andamento più continuo. Per far fronte a questa situazione, a partire dai primi anni del Novecento le politiche idriche nazionali hanno puntato a realizzare invasi o serbatoi che permettessero di regolare il deflusso, immagazzinandolo nei periodi piovosi per poterlo utilizzare in quelli aridi. Con le opere artificiali realizzate, e al meglio della loro efficienza, si può affermare che all'inizio del 2000 le risorse disponibili da deflussi superficiali ammontassero a circa 40 miliardi di m^3 , cui si aggiungono 12 miliardi di m^3 di acque sotterranee. Il totale delle risorse idriche disponibili in Italia ammonterebbe quindi a circa 52 miliardi di m^3 . In riferimento a tali valori va evidenziato che le precipitazioni nel

decennio 1994-2004 hanno subito decrementi intorno al 10% su tutto il territorio nazionale rispetto alle medie storiche precedentemente conosciute, mentre il deflusso superficiale naturale, nel corso dello stesso decennio, ha subito in media un decremento di circa il 20% (COVIRI, 2006). Le risorse non sono però distribuite equamente sul territorio: nell'Italia centro-settentrionale ad esempio si ha un elevato numero di precipitazioni con fenomeni intensi. Al contrario, nella zona meridionale ed insulare, le precipitazioni sono più scarse i periodi di siccità più prolungati. In particolare, negli ultimi anni, si è assistito ad un intensificarsi in tutta la penisola dell'alternanza tra precipitazioni intense e periodi di siccità, i quali hanno dato luogo anche a problemi di controllo delle piene e di dissesto idrogeologico. Ai grandi bacini del Nord, alimentati dai corsi d'acqua alpini e caratterizzati da un notevole apporto d'acqua, anche sotterranea, fanno da contrappunto corsi d'acqua territorialmente più circoscritti e dall'andamento più irregolare lungo l'arco appenninico e nel Mezzogiorno. Se nelle regioni centrali è ancora abbondante la circolazione di acque sotterranee, nel sud la falde utilizzabili sono invece assai scarse e confinate entro brevi tratti di pianura costiera, dove spesso subiscono fenomeni di ingressione salina. Se si volesse tracciare un quadro in termini numerici (tabella 1.4), al Nord, dove sono presenti risorse superficiali e sotterranee abbondanti e regolarmente disponibili, esse vengono utilizzate per il 65% rispetto alla disponibilità nazionale e per il 78% rispetto alla disponibilità locale; al Centro tale quota diminuisce e si ha un prelievo di circa il 15% rispetto alla disponibilità nazionale e del 52% rispetto alla disponibilità locale. Per il Sud e le Isole il prelievo è del 20% rispetto alla disponibilità nazionale e del 96% rispetto alla disponibilità locale. Nelle zone in questione, nel passato, si sono resi necessari imponenti investimenti per la realizzazione di trasferimenti idrici a livello interregionale e di invasi artificiali (CNEL, 2008).

Compartimenti idrografici	Disponibilità nell'area (milioni di m ³)	Risorse utilizzabili rispetto alla disponibilità nazionale(%)	Utilizzo rispetto alla disponibilità locale (%)
NORD (Bacino Po, Triveneto, Liguria)	33.925	65%	78%
CENTRO (Romagna, Marche, Toscana, Lazio, Abruzzo, Molise)	7.825	15%	52%
SUD - ISOLE (Puglia, Campania, Calabria, Lucania, Sicilia, Sardegna)	10.085	20%	96%
ITALIA	51.808	100%	-

Tabella 1.4- Ripartizione della disponibilità idrica per macroregioni e intensità di utilizzo rispetto alla disponibilità (Fonte: IRSA-CNR, 1999)

Analizzando i dati sulla quantità pro capite di acqua (tabella 1.5), emerge che i territori con maggiori disponibilità sono il Nord-est e l'Abruzzo/Molise, i quali si avvicinano ai 2000 m³/abitante·anno, dotazione di paesi come la Germania o la Gran Bretagna. Intorno ai 1200-1300 m³/abitante·anno si collocano le regioni del bacino del Po, la Calabria/Lucania e la Sardegna, dotata di una quantità di acqua superiore alla media in quanto scarsamente popolata. Il resto dell'Italia ha una disponibilità di risorse inferiore ai 500 m³/abitante·anno, pari a un quarto di quella dei paesi nordeuropei. I dati riportati in tabella non tengono però conto dei trasferimenti di acqua tra le regioni: la Puglia, una delle regioni più povere d'acqua, può contare su ingenti trasferimenti dalla Lucania, mentre parte delle risorse dell'Abruzzo vengono utilizzate nel Lazio. In conclusione, ogni cittadino italiano può contare su almeno 300-400 m³ all'anno, un valore non elevatissimo ma molto superiore alle disponibilità dei vicini paesi della sponda sud del Mediterraneo (Conte, 2008).

Compartimento idrografico	Risorse disponibili (milioni di m ³ /anno)	Risorse disponibili pro capite (m ³ /abitante·anno)
Bacino del Po	20.586	1.334
Nord-est	12.660	1.975
Liguria	679	377
Romagna-Marche	1.615	478
Toscana	983	275
Lazio-Umbria	2.525	437
Abruzzo-Molise	2.702	1.755
Puglia	848	220
Campania	2.166	400
Calabria-Lucania	3.109	1.180
Sicilia	1.889	388
Sardegna	2.058	1.298
ITALIA	51.819	921

Tabella 1.5- Risorse idriche disponibili in Italia per compartimento idrografico (Fonte: IRSA-CNR, 1999)

1.3.1. Il prelievo idrico totale

In Italia il prelievo idrico complessivo attuale (derivante da tutti gli usi) è di circa 44 miliardi m³/anno che, distribuito su una popolazione di 60.626.442 abitanti (al 1 gennaio 2011), si traduce in circa 757 m³ pro capite l'anno (oltre 2000 l/giorno). L'Italia si pone quindi al primo posto nella classifica europea dei prelievi idrici (la media UE è di 612 m³/anno cioè 1.677 l/giorno) ed al terzo posto in quella mondiale, dopo Canada e Stati Uniti (Fanizzi, 2008). La ripartizione negli usi della risorsa prelevata dipende strettamente dalle caratteristiche del sistema produttivo. In Europa gli usi idrici sono così ripartiti: 30% per agricoltura, 14% per scopi civili, 10% per l'industria e 46% per la produzione energetica. L'Italia si configura in una situazione abbastanza distante dalla media europea, così come gran parte dei paesi che si affacciano sul Mediterraneo, caratterizzati da un importante settore agricolo responsabile della maggior parte dei prelievi complessivi.

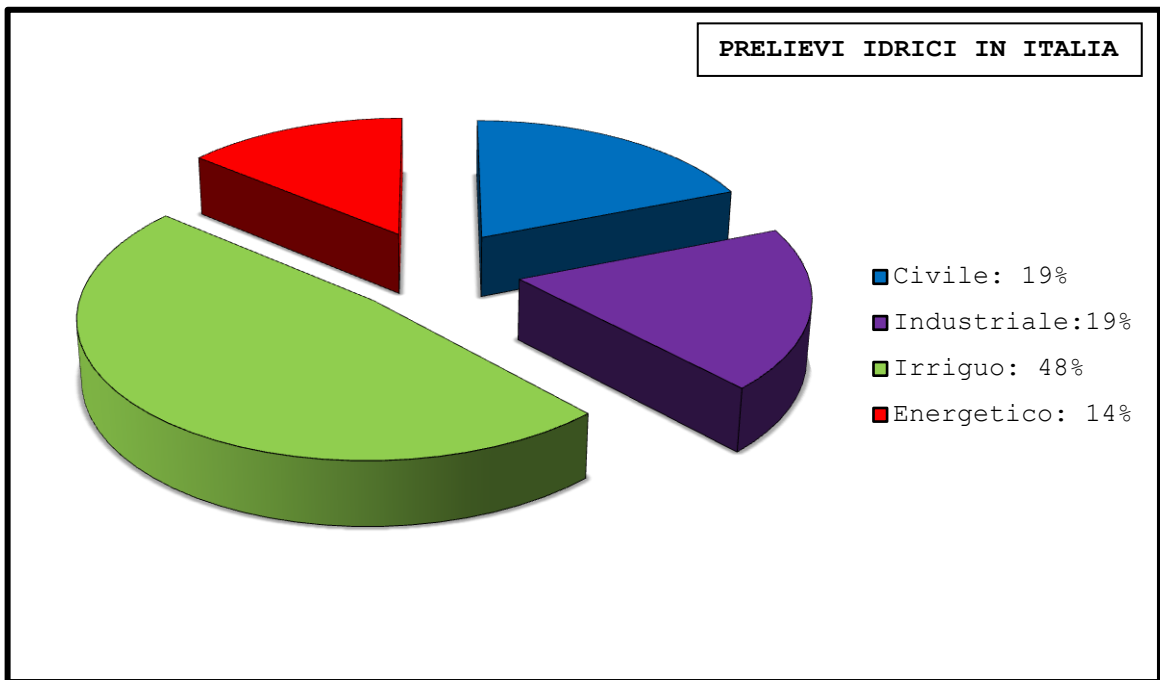


Figura 1.2- Ripartizione negli usi dei prelievi idrici in Italia (CNEL, 2008)

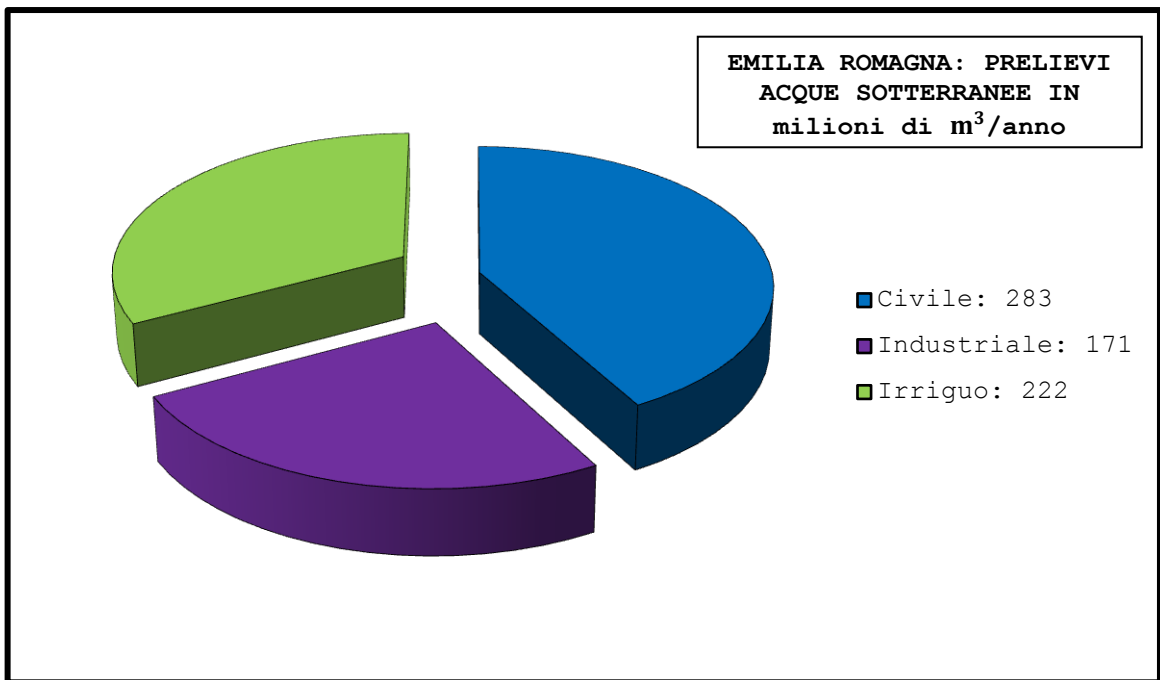


Figura 1.3- Ripartizione negli usi dei prelievi idrici in Emilia Romagna (Fonte: Maglionico, Tondelli, 2003 - Dati ARPA)

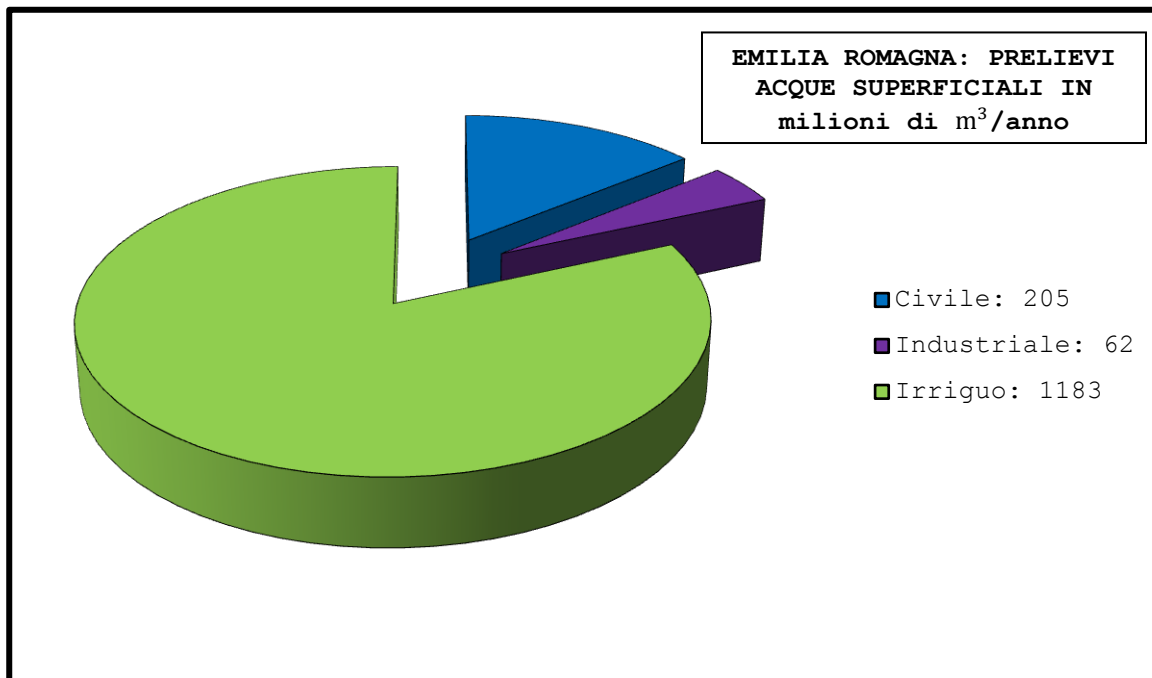


Figura 1.4- Ripartizione negli usi dei prelievi idrici in Emilia Romagna
(Fonte: Maglionico, Tondelli, 2003 - Dati ARPA)

Occorre precisare che negli usi irrigui vi è compresa anche una quota seppur molto piccola riservata all'uso zootecnico, mentre gli usi civili includono tutte le utenze che si approvvigionano attraverso le reti acquedottistiche: gli usi domestici innanzitutto, e in secondo luogo gli usi commerciali simili a quelli domestici come ristorazione, settore turistico, uffici, ecc.; infine gli usi artigianali e industriali serviti dagli acquedotti pubblici. Per gli usi industriali, distinti da quelli civili, si intendono quelli dotati di sistemi di approvvigionamento autonomo e vi possono rientrare anche le acque di raffreddamento degli impianti termoelettrici, che di solito però vengono computate a parte. Gli usi energetici poi possono includere quelli solamente termoelettrici o anche gli usi idroelettrici.

Dei circa 40 miliardi di metri cubi di risorse disponibili che utilizziamo, 8 miliardi di sono destinati ad usi civili.

	Civili	Industriali	Irrigui	Energia	TOTALE
Nord-ovest	2.268	3.520	8.193	1.863	15.844
Nord-est	1.453	1.648	5.277	2.538	10.915
Centro	1.618	1.482	970	72	4.142
Sud	1.803	879	3.506	36	6.223
Isole	798	457	2.191	-	3.447
ITALIA	7.940	7.986	20.136	4.509	40.571

Tabella 1.6- Prelievi idrici in Italia (milioni di m^3 /anno) (Fonte: IRSA-CNR 1999)

1.3.2. I prelievi di acqua ad uso potabile

Nel 1999 l'ISTAT ha avviato il Sistema delle Indagini sulle Acque (SIA) per aggiornare il censimento decennale sui servizi idrici, raccogliendo per la prima volta in Italia, a livello censuario, i dati sul prelievo dell'acqua potabile, pubblicati poi nel luglio del 2003. Dall'indagine è emerso che in Italia la quantità di acqua prelevata complessivamente dai corpi idrici per l'uso potabile nel 1999 è pari a 9.137.651 migliaia di metri cubi. Tale valore rappresenta il volume di acqua che alimenta gli acquedotti pubblici e in diversi casi direttamente le reti di distribuzione dell'acqua potabile dei comuni. Le acque sotterranee prelevate da pozzi e sorgenti sono pari a 7.898.627 migliaia di metri cubi (l'86,4% del totale di acqua prelevata). Il prelievo da fonti superficiali (corso d'acqua superficiale, lago naturale, bacino artificiale) è di 1.211.799 migliaia di metri cubi (il 13,3%), mentre le derivazioni da acque marine o salmastre superficiali sono pari a 27.225 migliaia di metri cubi (il restante 0,3%). Le acque sotterranee sono in genere di migliore qualità rispetto alle acque superficiali e costituiscono la fonte di acqua potabile più economica. Le acque superficiali, presentando parametri di qualità incompatibili con il consumo potabile, necessitano di un idoneo trattamento di potabilizzazione con costi elevati. Come si osserva nel grafico riportato in fig. 1.5, i prelievi da pozzi sono prevalenti rispetto alle altre fonti di approvvigionamento, raggiungendo il valore di 4.436.725 migliaia di metri cubi (il 48,6% del volume complessivamente prelevato). I prelievi da sorgenti sono pari a 3.461.902 migliaia di metri cubi (il 37,9% del totale), mentre per quanto riguarda i prelievi da acque superficiali sono maggiori quelli effettuati su bacini artificiali (8,1%), seguono poi quelli dai corsi d'acqua superficiali (4,8%) e dai laghi naturali (0,4%).

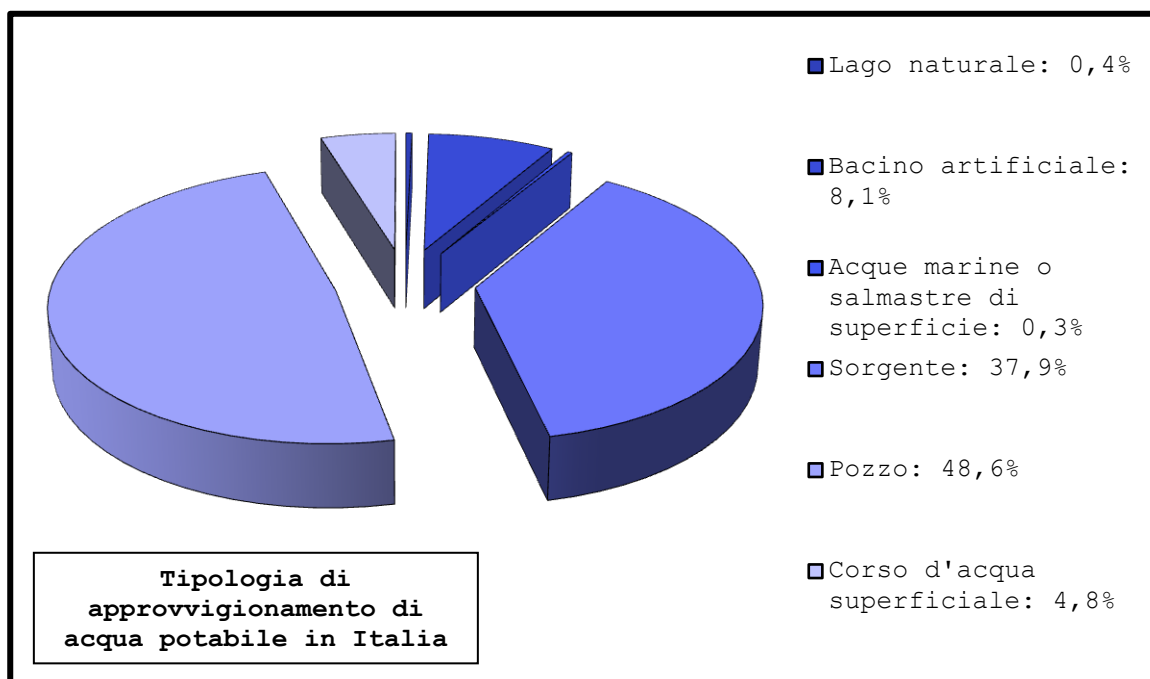


Figura 1.5- Acqua prelevata in Italia per uso potabile per tipologia di fonte nel 1999 (ISTAT, 2003)

1.3.3. L'acqua erogata

Nel 1999 l'acqua erogata in Italia, ovvero quella effettivamente consumata dagli utenti per i diversi tipi di usi, è pari a 5,61 miliardi di metri cubi (fig. 1.8). Il 32% è fornito nelle regioni del Nord Ovest, il 20% nell'Italia centrale, il 20% nel Meridione, il 19% nelle regioni del Nord Est ed il 10% nelle Isole. Il valore pro capite, calcolato sugli abitanti residenti nel 1999, è pari a 267 litri per abitante giorno (litri/ab·giorno). Le regioni dell'Italia settentrionale, che per ragioni climatiche ed orografiche hanno una maggiore disponibilità di risorse idriche rinnovabili, presentano un valore pro capite superiore a quello nazionale. Nel Nord Ovest l'acqua erogata pro capite è pari a 323 litri/ab·giorno, con valori massimi in Liguria (373 l/ab·giorno) e in Valle d'Aosta (364 litri/ab·giorno). Nel Nord Est il valore pro capite è pari a 268 litri/ab·giorno ma esiste una significativa variabilità tra le regioni: l'Emilia Romagna presenta il valore più basso (240 litri/ab·giorno), mentre il Friuli ed il Trentino quello più elevato (318 litri/ab·giorno). Al Centro l'acqua erogata pro capite è moderatamente più elevata (275 litri/ab·giorno) del valore nazionale grazie alla regione Lazio che registra un valore nettamente superiore (311 litri/ab·giorno), mentre le

altre regioni si collocano tutte su valori inferiori a quello nazionale. Il consumo pro capite assume i livelli più bassi nelle regioni meridionali (214 litri/ab·giorno) e in quelle insulari (236 litri/ab·giorno), con valori minimi in Puglia (157 litri/ab·giorno), Molise (218 litri/ab·giorno) e Campania (226 litri/ab·giorno). In molti comuni però il valore di acqua erogata non coincide con il consumo complessivo reale ma rappresenta un valore inferiore a questo: in generale le differenze possono essere ricondotte al fatto che non sempre vengono effettuate le misure relative ai consumi d'acqua per alcuni servizi pubblici (fontane, pulizia delle strade, scuole, ospedali, caserme, mercati). In alcuni casi la fatturazione dell'acqua non è legata ai consumi, in quanto può essere, ad esempio, di tipo forfettario. Se si considera l'acqua fatturata, che è quella effettivamente pagata dall'utenza, il totale ammonta a 5,69 miliardi di metri cubi, di cui 4,92 miliardi per utenze civili (87% del totale), 586 milioni di m³ per utenze produttive (10%) e 182 milioni di m³ per altri usi (3%). Nel totale di acqua fatturata per utenza e per ripartizione geografica, le regioni dell'Italia nord occidentale rappresentano il 32% del totale, quelle dell'Italia centrale e meridionale il 20%, le regioni dell'Italia nord orientale il 19% e le Isole il 10%. A livello nazionale, l'acqua fatturata per gli usi domestici è pari a 4,26 miliardi di metri cubi, per gli usi non domestici è di 575 milioni di metri cubi e per gli altri usi è di 91 milioni di metri cubi. La distribuzione delle incidenze dell'acqua fatturata a livello regionale evidenzia una prevalenza netta degli usi civili domestici su tutti gli altri.

1.3.4. Acqua immessa in rete

L'acqua immessa in rete è quella che alimenta la rete di distribuzione a partire dai serbatoi di raccolta. L'acqua immessa nelle reti di distribuzione nel 1999 è pari a 7,86 miliardi di metri cubi (ISTAT, 2003). Le regioni del Nord Ovest immettono in rete il 29% del totale, quelle del Centro il 20%, le regioni meridionali il 22%, le regioni del nord est il 18% e le Isole l'11%. Nell'Italia nord occidentale la Lombardia registra il valore più elevato (18% del totale nazionale) e la Valle d'Aosta il valore più basso (0,3%); nell'Italia centrale si segnala il Lazio con l'11% del totale nazionale. Il valore pro capite nazionale di acqua immessa in rete è pari a 373 litri/ab·giorno. La regione con il più alto valore pro capite di acqua immessa è la Valle d'Aosta, con 610 litri/ab·giorno, segue la Liguria con 460 litri/ab·giorno, il Friuli Venezia Giulia con 450 l/ab·giorno e il

Lazio con 445 litri/ab·giorno. Il valore più basso si riscontra in Umbria, con meno di 300 litri/ab·giorno di acqua immessa in rete.

Se si confrontano le statistiche dell'acqua immessa in rete con le statistiche dell'acqua erogata, risultano evidenti differenze nell'ordine di grandezza tra le due misure sia nel dato nazionale sia in ciascuna regione. Su tutto il territorio nazionale la differenza percentuale tra acqua erogata ed acqua immessa in rete è pari al -29%; essa risulta più rilevante per le regioni meridionali e per le Isole, laddove è pari al -37% e al -35%. Nelle regioni del Nord Est la differenza tra acqua erogata e acqua immessa in rete è del -27%, in quelle del Centro è del -28%, nelle regioni del Nord Ovest è del -21%. Le possibili cause di tale fenomeno sono riconducibili ad alcuni fattori:

_ esistenza di grandi quantità di acqua destinate ad usi pubblici che non vengono misurate e quindi contabilizzate nell'acqua erogata;

_ sfiori dei serbatoi, laddove l'acqua disponibile ne superi la capacità di contenimento in particolari periodi dell'anno o in particolari momenti della giornata;

_ furti e prelievi abusivi dalla rete;

- perdite nelle condotte.

Per quanto riguarda i consumi civili, si ha a disposizione un dato più aggiornato, prodotto da una indagine ISTAT riferita al 2005. Questi dati a differenza dei precedenti sono stati raccolti su base campionaria, ma sono comunque molto interessanti poiché confermano il fatto che i consumi di acqua per scopi civili sono l'unico settore che continua a essere in crescita, al contrario della quasi stabilità degli usi irrigui e industriali. Questo aumento ha portato i prelievi per uso civile a superare nel 2005 gli 8,7 miliardi di metri cubi.

1.3.5. La crisi idrica in Italia

Se una valutazione realistica delle risorse disponibili può essere solamente approssimata, non meno notevoli sono le incertezze che si incontrano nella stima dei fabbisogni futuri, sia per l'incompletezza dei dati descrittivi della situazione, sia per l'aleatorietà delle stime delle

proiezioni dei modelli di sviluppo socio-economico e sull'evoluzione demografica.

Considerato che le risorse disponibili ammontano a circa 52 miliardi di metri cubi, e che se ne utilizziamo ogni anno circa 40 miliardi, c'è un margine di una decina di miliardi di metri cubi di risorsa non utilizzata. La situazione sembrerebbe quindi buona, ma la già citata "Relazione annuale al Parlamento sullo stato dei servizi idrici" del 2006 indica un fabbisogno idrico complessivo dell'intera nazione, per l'inizio del XXI secolo, in 54,3 miliardi di m³/anno, superiore quindi alle risorse disponibili.

Ambito di utilizzo	Richiesta (%)	Volume (miliardi di m³/anno)
Civile	14%	7,6
Agricolo	49%	27
Industriale	25%	13,3
Energetico	12%	6,4
Totale	100%	54,3

Tabella 1.7- Fabbisogno idrico nazionale (COVIRI, 2006)

Le ormai frequenti situazioni di emergenza confermano come la gestione delle risorse idriche vada migliorata. Un primo problema è dovuto al fatto che la domanda si concentra nei mesi estivi: i dati di disponibilità e di consumi infatti sono annuali, ma gran parte dei consumi si concentra nei mesi della tarda primavera e dell'estate. La domanda irrigua, tipicamente, va da aprile a ottobre. A partire da ottobre comincia ad aumentare sensibilmente anche la domanda per usi. La mancanza di acqua in alcune zone d'Italia è legata appunto a questa concomitanza di picco di domanda. C'è poi un ulteriore aspetto da considerare: se il prelievo di 40 miliardi di m³ sembra teoricamente compatibile con la disponibilità dei 52 miliardi, non è altrettanto compatibile con la qualità delle acque dei fiumi e delle falde. La stima delle risorse utilizzabili infatti non tiene conto della necessità di mantenere una circolazione idrica naturale: nelle stagioni critiche, le portate di fiumi e falde tendono a essere quasi completamente sfruttate e non rimane un deflusso naturale sufficiente, non solo a mantenere vivo l'ecosistema nel caso dei corsi d'acqua, ma nemmeno a diluire gli inquinanti che seppur trattati dai depuratori è necessario scaricare. I dati relativi alla qualità di alcune stazioni campione nei principali fiumi italiani durante gli ultimi 10 anni, mostrano una

situazione mediocre a dimostrazione che il massiccio intervento infrastrutturale in termini di depurazione civile e industriale ha permesso di arrestare, ma non di invertire la tendenza al degrado qualitativo delle risorse idriche. Permangono quasi dappertutto condizioni di degrado dei corpi idrici, particolarmente critiche nei periodi di minore deflusso a dimostrazione che le infrastrutture di depurazione, seppur necessarie, non bastano a garantire una qualità accettabile delle risorse idriche superficiali. In pochissime stazioni lo stato delle acque rientra negli standard di qualità previsti per i pesci e la balneazione, mentre dal punto di vista biologico non si registrano quasi mai classi di qualità diverse dallo stato "inquinato". Da rilevare, inoltre, una crescente attenzione dell'opinione pubblica rispetto al problema della qualità delle acque e al suo impatto sull'ambiente e sulla salute umana, che sta portando ad una progressiva perdita di fiducia dei cittadini verso il consumo di acqua del rubinetto: secondo un'indagine dell'Istat il 50% degli italiani beve acqua minerale, con il risultato che la crisi di fiducia verso le acque non confezionate, viene pagata direttamente dai consumatori (Conte, 2008). Sarebbe necessario applicare un concetto di sviluppo sostenibile al governo delle risorse idriche, riducendo la domanda e le pressioni nei confronti delle risorse disponibili, incrementando l'efficienza negli usi, tenendo conto del valore ecologico e del valore economico dell'acqua.

Capitolo 2. Uso e risparmio dell'acqua in ambito civile

2.1. I consumi idrici domestici

Si considerano consumi domestici unicamente le utenze residenziali vere e proprie, che a livello medio nazionale ammontano a circa il 75% degli usi civili. Molti usi non residenziali però sono assimilabili ai domestici e sono le acque destinate a uffici, scuole, alberghi, ristoranti ecc. che svolgono le stesse funzioni per cui le usiamo nelle abitazioni, ma con differenze importanti in termini di quantità. I consumi d'acqua civili possono variare notevolmente secondo il clima, le condizioni sociali, le abitudini e la tipologia edilizia. Dai dati riportati in tabella 2.1 sui consumi domestici in alcune città europee, emerge una notevole variabilità tra le città ed inoltre appare chiaramente che non c'è corrispondenza tra consumi idrici e condizioni climatiche, ovvero non è detto che in condizioni climatiche più calde vi siano consumi idrici più elevati. Tra le città con i consumi più bassi vi sono quelle nordeuropee, in particolare quelle storicamente avanzate nella gestione dell'ambiente urbano come Hannover e Heidelberg, ma anche città dai climi caldi, come Barcellona e Saragozza. Nelle città italiane, i consumi domestici si collocano mediamente intorno ai 200 litri/(ab·giorno), anche se esistono diverse città che hanno consumi inferiori ai 170 litri/(ab·giorno), tra cui Bologna.

Città	Consumi idrici domestici (litri/ ab·giorno)	Città	Consumi idrici domestici (litri/ ab·giorno)
Bristol	294	Berlino	163
Parigi	287	Helsinki	162
Patrasso	285	Londra	159
Torino	243	Firenze	155
Roma	221	Bari	154
Stoccolma	210	Vienna	152
Lione	209	Bologna	149
Catania	214	Nicosia	143
Napoli	207	Madrid	140
Oslo	200	Turku	139
Genova	199	Praga	127
Verona	199	Hannover	125
Milano	191	Aarhus	120
Tampere	190	Copenaghen	119
Venezia	179	Barcellona	118
Aalborg	179	Anversa	108
Riga	176	Bruxelles	108
Goteborg	173	Saragozza	104
Palermo	169	Heidelberg	103

Tabella 2.1- Consumi idrici domestici in alcune città europee nel 2007 (Conte, 2008)

Purtroppo non esistono studi dettagliati sui consumi domestici in Italia. Ad esempio i consumi per la lavatrice nelle varie stime oscillano tra il 10 e il 26% del totale, quelli per lo scarico del WC tra il 16 e il 35%, quelli per il bagno e l'igiene personale tra il 28 e il 42% del totale. Ciò è dovuto sicuramente alla mancanza di studi aggiornati, ma anche alla notevole variabilità dei consumi individuali, che dipendono da molti fattori. In figura è riportata una stima dei consumi, elaborata a partire da un'analisi dei dati disponibili. Secondo tale stima, e considerando il consumo medio domestico della città di Bologna di 149 litri/(ab·giorno), ciascun cittadino utilizza ogni giorno circa 48 litri per l'igiene personale (una doccia, lavaggio mani, denti ecc.), 45 litri per lo scarico del WC (6-8 scarichi al giorno), 18 litri per la lavatrice, 22 per la cucina e la lavastoviglie, 16 litri tra la pulizia di casa, innaffiamento ed usi esterni. C'è da considerare che il dato sul consumo medio non tiene

conto delle perdite in rete che si aggirano intorno al 20-25% per la città di Bologna.

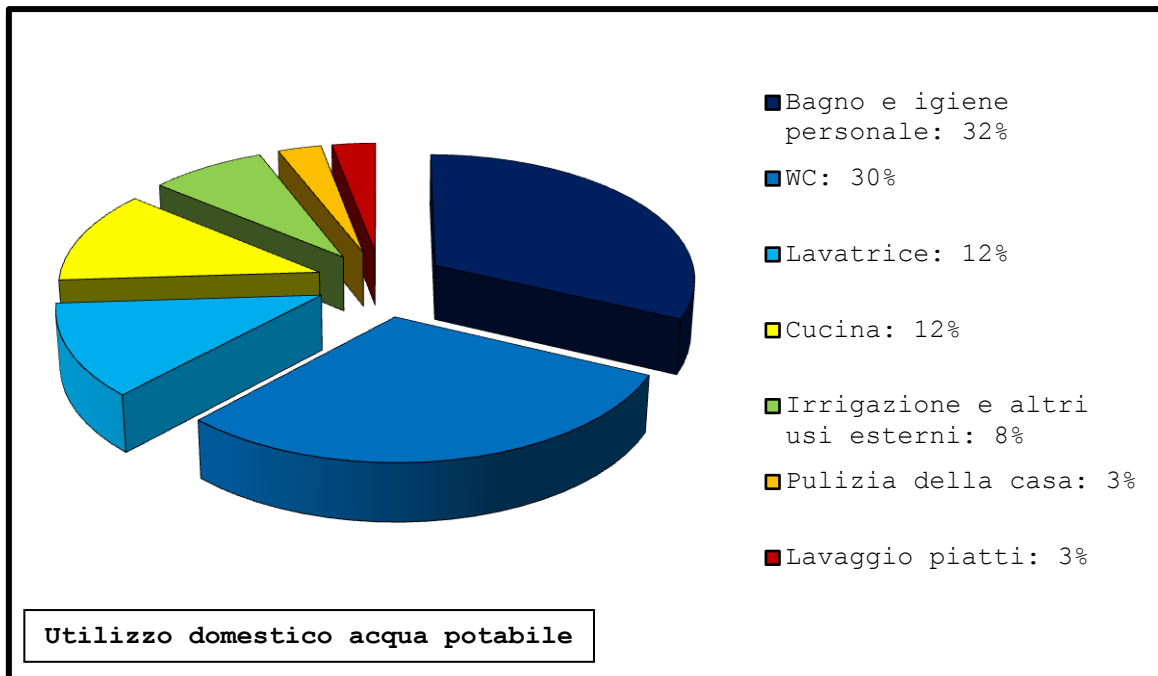


Figura 2.1- Percentuali relative all'utilizzo domestico dell'acqua (Conte, 2008)

Attualmente le abitazioni sono dotate di un unico sistema di distribuzione, il quale alimenta tutti i dispositivi con acqua potabile. La maggior parte dei consumi idrici però, come si è visto, riguarda usi per cui non sarebbe necessaria acqua potabile, basterebbe infatti un'acqua chiarificata, inodore, ma non necessariamente potabile. Gli usi che richiedono acqua potabile potrebbero essere limitati a lavatrice e igiene personale (32%), cucina alimentare (12%), lavastoviglie (3%), quindi meno della metà dei consumi domestici attuali.

Si riporta un breve elenco dei consumi derivanti dalle azioni quotidiane (Maglionico-Tondelli, 2003):

- _ bagno in vasca: 120 - 160 litri di acqua;
- _ doccia di 5 minuti: 75 - 90 litri;
- _ doccia di 3 minuti: 35 - 50 litri;
- _ scarico del WC: 9 - 16 litri;
- _ lavarsi le mani: 1,4 litri;

- _ lavarsi i denti lasciando scorrere l'acqua: 30 litri;
- _ lavarsi i denti senza lasciar scorrere l'acqua: 2 litri;
- _ bere e cucinare: 6 litri al giorno a persona;
- _ lavaggio piatti a mano: 20 litri;
- _ carico lavastoviglie: 30 - 40 litri;
- _ carico di lavatrice: 80 - 100 litri;
- _ lavaggio auto: 800 litri;
- _ condizionamento di un palazzo di 8 piani: 3.000.000 litri al giorno;
- _ rubinetto con una perdita: 5 litri al giorno.

Al consumo idrico derivante dalle azioni quotidiane si deve aggiungere quello necessario per la preparazione dei beni di consumo. Ad esempio per produrre un litro di birra servono 15 litri d'acqua, per un kg di carta fino a 100 litri di acqua e per un kg di plastica fino a 500 litri (*Maglionico-Tondelli, 2003*). Ai consumi si devono poi aggiungere le perdite derivanti da comportamenti inconsapevoli: da un rubinetto che gocciola al ritmo di 90 gocce al minuto fuoriescono circa 4.000 litri di acqua l'anno; un foro di un millimetro in una tubatura provoca, in un giorno, una perdita di 2.400 litri di acqua potabile; uno sciacquone che perde acqua nel water (anche in maniera impercettibile), può scaricare in un giorno oltre 2.000 litri di acqua.

Le recenti emergenze di siccità che hanno interessato il territorio nazionale (Emilia Romagna inclusa), e il frequente protrarsi di condizioni climatiche avverse che aggravano la situazione sul territorio nazionale, richiamano sempre più l'attenzione su come l'acqua venga impiegata nelle quotidiane e ben radicate abitudini domestiche, dentro e fuori casa.

2.2. Le tariffe del sistema idrico italiano

In Italia le tariffe per il servizio idrico sono tra le più basse d'Europa. A Berlino, dove l'acqua costa 4,30 euro al metro cubo, il consumo pro-capite giornaliero è di 163 litri; a Roma o a Torino invece, dove la tariffa varia tra i 0,78 ed i 0,81 euro al metro cubo, si superano tranquillamente i 220 litri al giorno per persona. A scala globale sono molto poche le zone in cui il prezzo dell'acqua è al di sotto della media nazionale italiana: solamente Buenos Aires (0,17 euro/m³), San Paolo (0,68), Atene, Hong Kong, Miami e poche altre grandi città, registrano tariffe del servizio idrico integrato (acqua potabile + fognatura + depurazione) comparabili con quelle italiane. Non mancano le differenze anche tra le città italiane nelle quali, a seconda delle caratteristiche geografiche del territorio e degli investimenti realizzati, vi sono scostamenti dalla tariffa media, da un minimo di 0,50 centesimi al metro cubo ad un massimo di 1,50 euro, quindi mediamente 1 €/m³. L'Osservatorio Prezzi e Tariffe di Cittadinanzattiva ha svolto uno studio sul servizio idrico integrato per uso domestico scomposto nelle voci: acquedotto, canone di fognatura, canone di depurazione e quota fissa (o ex nolo contatori), relativamente all'anno 2007.

Servizio	Tariffa media 2007	Tariffa media 2006	Variazione annua
Acquedotto	0,6 €/m ³	0,58 €/m ³	+3,5%
Fognatura	0,15 €/m ³	0,15 €/m ³	+0%
Depurazione	0,36 €/m ³	0,34 €/m ³	+6%
Quota fissa	17 €/anno	14 €/anno	+21%

Tabella 2.2- Tariffe medie applicate per singole voci - anno 2007 (Cittadinanza Attiva-Osservatorio prezzi e tariffe, 2008)

I dati sono riferiti ad una famiglia tipo di tre persone con un consumo annuo di 192 metri cubi di acqua e sono comprensivi di Iva al 10%. Dall'indagine effettuata si ricava un costo medio dell'acqua di 0,60 euro al metro cubo (+3.5% rispetto al 2006), seguito dal canone di depurazione con 0,36 euro al metro cubo (+6% rispetto al 2006), dal canone di fognatura con 0,15 (invariato rispetto al 2006). La quota fissa (o ex nolo contatore) ha un costo medio di 17 euro/annui (considerando utenze domestiche residenziali) con un aumento del 21% rispetto al 2006.

Reggio Emilia è la città dell'Emilia Romagna in cui l'acqua costa di più (328 euro annui), Piacenza quella in cui costa meno (217 euro). Per la città di Bologna in media si spendono, in un anno, 173 euro per l'acquedotto, 26 euro per la voce fognatura, 72 euro per la depurazione e 9 euro di quota fissa, con una spesa totale annua di 280 euro nel 2007 e un aumento annuo del 4%. In media una famiglia tipo emiliana spende annualmente per l'acqua 278 euro, contro i 229 euro spesi a livello nazionale.

2.3. Tecnologie e comportamenti per il risparmio idrico

Le possibilità di risparmiare acqua in ambito domestico sono legate principalmente a:

- _ pratiche tecnologiche
- _ pratiche comportamentali

Pratiche tecnologiche

Consistono essenzialmente in:

- a) impiego di dispositivi e componenti atti a ridurre i consumi delle apparecchiature idrosanitarie (vaso WC a ridotto consumo idrico, dispositivi di minor consumo degli sciacquoni, sciacquoni a basso flusso o a flusso differenziato, rubinetteria a basso consumo, riduttori di flusso, frangigetto, docce a flusso ridotto, riduttori di pressione, ecc.) e delle apparecchiature irrigue nei giardini privati o condominiali (irrigazione programmata con timer elettronico, microirrigazione, irrigazione a goccia, tecniche e pratiche del "Water Efficient Gardening", ecc.);
- b) impiego di lavatrici e lavastoviglie ad alta efficienza ("Classe A") che riducano il consumo idrico ed energetico;
- c) periodica manutenzione delle reti e delle apparecchiature idrosanitarie interne e condominiali;
- d) utilizzo di acqua meteorica, riutilizzo di "acque grigie" (acque di lavaggio della cucina e di lavanderia) e di acque reflue depurate per usi compatibili.

Pratiche comportamentali

I comportamenti per ridurre il consumo di acqua interessano vari aspetti dell'utilizzo della risorsa in ambito civile, e hanno lo scopo di migliorarne e ottimizzarne l'impiego senza modifiche sostanziali agli impianti. All'interno della abitazione tale risparmio si può ottenere utilizzando lavastoviglie e lavatrici a pieno carico (sempre che non abbiano programmi di controllo variabili a secondo delle quantità), scegliendo preferibilmente la doccia piuttosto che il bagno, tenendo chiuso il rubinetto dell'acqua durante alcune attività quotidiane, lavando frutta e verdura senza ricorrere all'acqua corrente. Gli utilizzi esterni possono essere ridotti con pratiche di irrigazione nelle ore migliori (primo mattino o sera) e nei giorni più freschi, o un minimo di accorgimento nel lavaggio delle auto.

La diffusione delle tecniche di risparmio e dei comportamenti elencati nei paragrafi precedenti va perseguita attraverso:

a) la sensibilizzazione degli utenti sulle opportunità di adottare le soluzioni tecnologiche disponibili per la riduzione dei consumi, attraverso campagne di educazione e di informazione da parte delle Regioni, delle Province e dei Comuni; programmi di contributi per interventi di risparmio idrico (installazione di dispositivi e componenti di risparmio idrico, impianti per utilizzo di acque reflue depurate per usi compatibili, impianti per la raccolta e l'utilizzo delle acque piovane per usi compatibili, installazione di contatori condominiali per ogni singolo utilizzatore); definizione di politiche tariffarie che incentivino il risparmio idrico; obbligatorietà dell'installazione dei dispositivi di risparmio idrico nelle nuove costruzioni o ristrutturazioni riguardanti gli impianti termoidraulici ed idrosanitari di edifici destinati ad utenze pubbliche (amministrazioni, scuole, ospedali, università, impianti sportivi, ecc.).

b) misure specifiche delle ATO (Ambito Territoriale Ottimale), individuate in rapporto alle diverse caratteristiche del territorio di competenza, quali:

_ progetti di interventi finalizzati al risparmio idrico effettuati direttamente dall'amministrazione comunale;

_ disposizioni regolamentari che richiedano l'introduzione nelle nuove costruzioni di apparecchi igienico sanitari a basso consumo idrico;

_ disposizioni normative inserite negli strumenti urbanistici che, in casi specifici, subordinino obbligatoriamente la realizzazione degli interventi edilizi, in particolare nelle nuove espansioni e nelle ristrutturazioni urbanistiche di significative dimensioni, alla realizzazione di reti duali di adduzione ai fini dell'utilizzo di acque meno pregiate e/o all'introduzione di tecnologie per la riduzione dei consumi idrici;

_ disposizioni normative inserite negli strumenti urbanistici che promuovano interventi per la riduzione dei consumi idrici attraverso incentivazioni (aumento del volume edificabile, riduzione degli oneri, ecc.).

2.3.1. Dispositivi per la rubinetteria di lavabi e docce

La rubinetteria per lavabi e docce che è presente nella maggior parte degli edifici, è stata progettata e installata in periodi in cui la tutela delle risorse idriche non era ancora percepita come un problema. In media da un

comune rubinetto di un lavandino escono circa 10-12 litri d'acqua al minuto. Lo stesso discorso vale anche per le docce, che utilizzano 15-18 o addirittura 20 litri al minuto. Esistono in commercio diversi dispositivi che consentono di limitare i consumi di acqua senza compromettere il comfort al quale si è abituati. Di seguito si descriveranno i dispositivi per ridurre il consumo dell'acqua reperibili in commercio e applicabili sia in ambito residenziale che in ambito pubblico, considerando che molti dei dispositivi descritti apporterebbero un notevole risparmio d'acqua se installati in uffici, scuole, alberghi, ospedali ecc.

_ *Limitatori di flusso*: sono dispositivi che permettono di regolare il flusso dell'acqua in funzione della necessità e della pressione. Si tratta di dispositivi meccanici dotati di una valvola di riduzione della portata, in modo che questa si mantenga costante indipendentemente dalla pressione nella rete di distribuzione, grazie ad un dispositivo interno a deformazione variabile. Il risparmio di acqua che si può ottenere dipende dalla regolazione del flusso massimo, che può essere generalmente modificato fino al 50%. Si tratta comunque di interventi che richiedono un utente esperto o l'intervento di un idraulico.

_ *Frangigetto / Frangiflusso*: spesso questo dispositivo viene chiamato limitatore di flusso come il precedente, ma funziona in modo diverso: mentre il primo riduce la portata dell'acqua in ingresso al rubinetto o alla doccia, il frangigetto agisce in uscita dal rubinetto miscelando aria e acqua con il risultato di avere un getto potente con molta meno acqua. Ha una forma cilindrica e si colloca all'estremità del rubinetto. E' costituito da un dispositivo a spirale che imprime all'acqua un movimento circolare aumentandone la velocità, ha poi un sistema di retine e fori che sfruttando la forza dell'acqua stessa la miscelano con aria. L'effetto di miscelazione acqua-aria produce un aumento di volume dell'acqua in modo che, con un flusso minore, si ottengano lo stesso effetto in uscita e lo stesso comfort. Sul mercato esistono molti modelli adattabili ai diversi tipi di rubinetteria (per lavandini, docce, cucina ecc.), che attualmente vengono realizzati con speciali resine autopulenti le quali impediscono l'incrostazione calcarea e la proliferazione batterica. Il loro prezzo sul mercato è basso (2-5 euro) e il montaggio è semplice. Consentono di ridurre il consumo dal 30 al 70%, ma l'efficacia può variare notevolmente da un

modello all'altro. I sistemi di rubinetteria più moderni li hanno incorporati dalla fabbricazione.



Figura 2.2- Esempi di frangigetto e installazione (www.iridra.com)
(www.arpaitalia.it)

A Castel San Pietro Terme, in provincia di Bologna, è stata eseguita una sperimentazione per misurare l'efficacia dei frangigetto nell'abbassamento del consumo idrico: nel corso del 2006 sono stati distribuiti gratuitamente oltre 14.000 riduttori per i rubinetti e 4.300 per la doccia, ritirati dal 32% delle famiglie del comune. La distribuzione dei riduttori è stata accompagnata da una campagna informativa ed educativa. L'obiettivo era quello di quantificare l'effettivo risparmio idrico conseguibile attraverso la distribuzione di riduttori di flusso alla cittadinanza. Dall'insieme delle utenze del comune di Castel San Pietro Terme sono stati estratti due campioni anonimi: uno rappresentativo di chi ha ritirato i riduttori di flusso e uno delle utenze che non li hanno ritirati. Per questi due campioni sono state effettuate letture mensili durante tutto il 2007. I dati hanno mostrato che le utenze prive di riduttori di flusso consumano mediamente sempre di più delle altre, con differenze più accentuate nel periodo estivo. Chi ha montato i riduttori di flusso consuma in media il

18% in meno di chi non li ha montati. Nel mese di luglio la differenza è arrivata fino al 34% (Alvisi - Scagliarini, 2008).

_ *Limitatori di pressione* : sono dispositivi che riducono la pressione dell'acqua. Sono utili perché evitano i bruschi cambiamenti di pressione nella rete. La loro installazione è raccomandabile nelle strutture alberghiere, dove si consuma molta acqua in determinate ore del giorno; nelle palestre dove la doccia è utilizzata contemporaneamente da più persone, in modo che nelle ore di minor consumo la pressione nella rubinetteria non sia eccessiva, causando oltre a malfunzionamenti anche un notevole spreco.

_ *Interruttori meccanici di flusso*: sono dispositivi che si chiudono e si aprono, semplicemente azionando una leva: hanno in pratica la stessa funzione di un rubinetto monocomando e sono raccomandati per le docce con due entrate d'acqua, dato che questi dispositivi permettono d'interrompere il flusso dell'acqua al momento di insaponarsi e di riattivare la doccia senza necessità di regolare nuovamente la temperatura. In questo modo si evita il corrispondente spreco d'acqua e di energia che si produce mentre si regolano di nuovo la temperatura e il flusso. Il risparmio che si può ottenere varia in funzione dell'utilizzo da parte dell'utente, tuttavia è possibile ipotizzare una riduzione del consumo d'acqua che varia dal 10 al 30%.

_ *Rubineti monocomando*: i sistemi di rubinetteria monocomando offrono importanti vantaggi, poiché permettono di regolare meglio e più velocemente il flusso dell'acqua e la sua temperatura evitando perdite considerevoli. Esistono, ad esempio, dei modelli che consentono di suddividere lo spazio di apertura della leva in due zone ben distinte: una zona di economia dove una lieve azione frenante ricorda che si è raggiunta un'erogazione di circa 5 litri/minuto, e continuando l'apertura si raggiunge invece la consueta erogazione d'acqua pari a circa 10 litri/minuto. Il risparmio ottenibile dipende dai dispositivi di cui il rubinetto è dotato, in generale è ipotizzabile un risparmio pari al 50%.

_ *Rubineti con temporizzatore*: i temporizzatori sono dei meccanismi che chiudono il flusso automaticamente, dopo un determinato periodo di tempo. Esistono rubinetti con temporizzatore sia per lavandini che per docce, che permettono di regolare il tempo di uscita dell'acqua da 5-7 secondi fino a

40-45 secondi. I risparmi d'acqua possono costituire una quota pari al 30-40% per le docce e al 20-30% per i lavandini.

_ *Rubinetti elettronici*: il flusso si interrompe automaticamente ogni volta che si ritirano le mani dal lavandino. Il flusso e la temperatura sono preregolati. Per la loro collocazione, è necessario che l'installazione elettrica arrivi fino al rubinetto, ma esistono anche dei modelli dotati di batteria. Questi dispositivi sono particolarmente indicati in servizi igienici di locali pubblici, nei quali l'utente tende a prestare meno attenzione agli sprechi; il loro prezzo è elevato, tuttavia consentono di risparmiare circa 40-50% del consumo dell'acqua.

_ *Rubinetti termostatici*: i rubinetti termostatici possiedono un preselettore di temperatura che mantiene l'acqua alla temperatura selezionata in modo che, quando si chiude e si riapre il rubinetto, l'acqua mantenga la stessa temperatura. Questi rubinetti, utilizzati soprattutto nelle docce, consentono di risparmiare non soltanto acqua ma anche energia. Si possono ottenere risparmi nel consumo d'acqua fino a 50%.

Dispositivi di risparmio	Risparmio atteso per punto di erogazione	Ordine di grandezza del costo (€)
Limitatori di flusso	30-40%	100
Frangigetto	30-70%	5
Doccia a basso consumo	50%	30
Limitatori di pressione	10-40%	n.d.
Rubinetti monocomando	30-40%	50
Rubinetti con temporizzatore	30-40%	200
Rubinetti elettronici	40-50%	n.d.
Rubinetti termostatici	50%	100

Tabella 2.3- Risparmi idrici con dispositivi applicabili alla rubinetteria (Conte, 2008)

2.3.2. Dispositivi per ridurre i consumi dello scarico del WC

Lo scarico del WC è la principale fonte di consumo domestico di acqua potabile, in media di oltre 50 litri al giorno pro capite, ovvero il 30% del consumo totale giornaliero di una utenza standard che non adotta dispositivi di risparmio della risorsa. Le cassette di risciacquo di tipo convenzionale scaricano dai 9 ai 16 litri per ogni scarico, e considerando

che in media ogni giorno si utilizza in media quattro volte, il risparmio ottenibile risulta significativo. Anche in ambito non residenziale i risparmi sono considerevoli, si stima infatti che l'uso del bagno negli uffici è di tre volte al giorno per le donne, mentre per l'uomo una volta il WC e due volte l'orinatoio (Vickers, 2001).

Una buona funzionalità dello scarico dipende sostanzialmente da tre aspetti: il vaso (meccanismo di flussaggio e forma), la velocità dell'acqua (e quindi la pressione), e la quantità d'acqua. Tanto peggiore è la prestazione del sistema per i primi due aspetti, tanto maggiore dovrà essere la quantità d'acqua necessaria a garantire lo scarico. Per quanto riguarda il vaso del WC, di grande efficacia sono i vasi a basso volume realizzati dalle aziende che producono ceramiche idrosanitarie; a fronte dell'ingente richiesta d'acqua per singolo scarico delle tazze tradizionali (mediamente 9-16 litri), i modelli a basso volume sono disegnati e realizzati con forme speciali che sfruttano al massimo la gettata ed il flusso dell'acqua, richiedendo mediamente 6 litri per scarico e, in alcuni casi speciali, addirittura soltanto 3,5 litri. Questi modelli permettono di rimuovere perfettamente il contenuto dello scarico ed assicurano il corretto ricambio di acqua nella tazza.

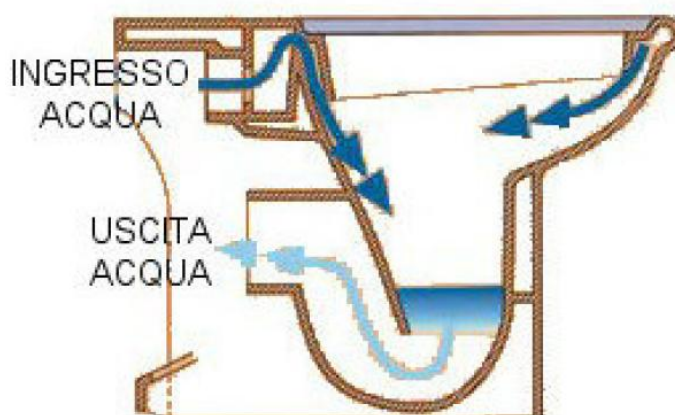


Figura 2.3- Esempio di vaso a basso consumo di acqua (Maglionico-Tondelli, 2003)

Nell'aspetto esteriore sono del tutto simili a quelli convenzionali e sono disponibili nella stessa varietà di stili, misure e colori. Purtroppo anche i vasi a basso volume, come quelli tradizionali, possono manifestare la tendenza a perdere acqua, in particolare quando operano con acque molto corrosive o quando le parti meccaniche della cassetta di risciacquo sono costituite da materiali di scarsa qualità. La velocità e la quantità

d'acqua necessarie all'allontanamento delle deiezioni dipendono dal tipo di sistema di risciacquo, che di norma avviene mediante cassette di risciacquo a gravità. Se le cassette di risciacquo sono poste immediatamente dietro il vaso dovranno contenere almeno 12-15 litri d'acqua che verrà completamente scaricata ad ogni uso, mentre se si posizionano in alto saranno più piccole (circa 9 litri) poiché l'altezza permette di aumentare la pressione dell'acqua (a 2 metri di quota si ottengono circa 0,2 atmosfere) e la velocità dello scarico. Il modo certamente più efficace per ottenere un consistente risparmio nell'uso del WC è quello di montare cassette di risciacquo a doppio tasto: con un tasto si scaricano 3-4 litri, mentre con l'altro si possono scaricare 6-9 litri. Questi dispositivi arrivano a determinare un risparmio idrico del 60%, anche se in genere si attestano su un risparmio compreso fra il 35 e il 50% a causa del loro non corretto utilizzo da parte degli utenti. In alternativa, esistono cassette di risciacquo, provviste di "tasto stop", ovvero della possibilità di interrompere il flusso a seconda delle necessità, sono funzionali ma richiedono uno sforzo di volontà maggiore da parte dell'utente. Livelli di risparmio idrico superiori possono essere raggiunti con dispositivi di scarico a pressione: tali sistemi, più complessi e costosi degli altri, sfruttano una pompa autoclave in modo da pulire il WC più efficientemente e con meno acqua. Nei servizi igienici a disposizione di strutture ad accesso pubblico, la scelta e il montaggio dei dispositivi sopra descritti può fornire risparmi idrici ed economici elevati.

2.3.3. Elettrodomestici a risparmio idrico

Tra i numerosi modelli esistenti in commercio è necessario individuare quelli che, in funzione dell'utilizzo previsto, garantiscano il minor consumo idrico. Da alcuni anni è stato introdotto a livello europeo l'obbligo dell'etichettatura energetica degli apparecchi (ECOLABEL), dove viene indicato il consumo in base a sette fasce, dalla A (basso consumo) alla F (alto consumo). Per ridurre il consumo di acqua ed energia, le lavatrici e le lavastoviglie dovrebbero sempre essere scelte di classe "A" o superiore: benché più costose, il risparmio di entrambe le risorse è notevole ed apprezzabile in poco tempo. Una lavatrice comune consuma per un lavaggio normale di 5-6 Kg di biancheria circa 100 litri di acqua; i modelli più efficienti permettono un consumo inferiore ai 12 litri per Kg di biancheria, quindi circa 60 litri per ogni lavaggio. Ciò consente di utilizzare anche una minore quantità di detersivo e ammorbidente, con un

ulteriore risparmio per l'utente e una riduzione dell'inquinamento da detersivi. In Australia, dove è in vigore una restrizione molto forte sull'uso domestico delle acque, sono disponibili modelli che consumano circa 35 litri per lavaggio. Analogamente, le lavastoviglie obsolete consumano circa 30-40 litri per ciclo, mentre i modelli più efficienti arrivano a consumi di 10-14 litri per ciclo, grazie a sistemi di ugelli e disposizione delle griglie che riducono l'acqua necessaria a disciogliere e rimuovere le particelle di sporco e alla possibilità di scegliere il tipo di lavaggio in funzione della quantità delle stoviglie e dello sporco. Ma come abbiamo visto nei dati sulla ripartizione dei consumi la lavastoviglie, almeno in Italia, non è una voce particolarmente significativa dei consumi domestici, mentre può essere molto importante per utenze non domestiche come bar e ristoranti. Per questi settori esistono lavastoviglie estremamente efficienti, che consumano poco più di 3 litri per ciclo. L'acquisto di macchine efficienti, deve comunque essere sempre abbinato a comportamenti consapevoli dell'utente.

Al termine di questa rassegna su tecnologie e comportamenti per risparmiare l'acqua è utile ipotizzare una stima del risparmio ottenibile, considerando una dotazione idrica di 200 litri/(ab·giorno).

	Consumo Ordinario (litri)	Consumo con frangigetto (litri)	Consumo con il massimo delle tecnologie di risparmio (litri)
Bagno e igiene personale	70	55	40
WC	54	54	30
Cucina (alimentare)	24	20	20
Lavatrice	24	24	12
Lavastoviglie	6	6	3
Cucina e lavabi (pulizia di casa)	6	6	6
Annaffiamento e altri usi esterni	16	16	16
TOTALE	200	181	127

Tabella 2.4- Risparmio idrico ottenibile (litri/giorno) (Conte, 2008)

Nella prima colonna vengono riportati i consumi ordinari stimati nel primo paragrafo di questo capitolo, nella seconda colonna sono riportati i consumi di una utenza che ha installato il frangigetto su tutti i rubinetti di casa, ma non nella doccia; mentre nella terza colonna sono riportati i

consumi di un utente che oltre ai frangigetto ha installato un soffione doccia a basso consumo, una cassetta WC a doppio tasto e ha acquistato lavatrice e lavastoviglie ad alta efficienza idrica. Nessuno dei due avrà effetti rilevanti sui consumi per la pulizia della casa, l'annaffiamento e altri usi esterni. Occorre ricordare inoltre che il risparmio dell'acqua significa anche risparmiare acqua calda e quindi energia per produrla, ottenendo così un doppio beneficio.

Capitolo 3. Sistemi di raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana

3.1. Cenni storici

Il recupero e il riciclaggio delle acque meteoriche è una pratica antica; resti archeologici testimoniano come la raccolta dell'acqua piovana risalga ad almeno 4000 anni fa, mentre esisterebbero fonti che collocano in Cina le prime cisterne addirittura 6000 anni fa. Nel Mar Mediterraneo, già 3000 anni fa erano conosciute le tecniche corrette per l'accumulo e la distribuzione dell'acqua. A Creta, nel Palazzo di Cnosso del 1700 a.C., era stato realizzato un articolato sistema di raccolta e distribuzione delle acque piovane. I Romani avevano poi accolto i segreti di tale tecnica applicandola anche alle residenze private. Al centro dell'atrio venivano costruite delle vasche aperte alimentate con l'acqua piovana ricadente dalle coperture il cui troppo pieno era collegato alle cisterne. In questi serbatoi sotterranei potevano essere stoccate al fresco, al buio e in ambiente protetto dalle contaminazioni, grosse riserve di acqua. La città di Pergamon, in Asia occidentale, è stata a lungo il centro dello sviluppo artistico e scientifico della Grecia antica. La sua forza non dipendeva solamente dalle capacità militari di difesa, ma anche, e soprattutto, dalla possibilità di resistere a lungo agli attacchi esterni sfruttando le riserve interne di viveri ed acqua. Quando l'accesso alle sorgenti e ai pozzi collocati nelle vicinanze degli insediamenti era impedito dall'assedio, veniva utilizzata l'acqua piovana proveniente dai tetti e da altre superfici, stoccata in un gran numero di cisterne di piccole e medie dimensioni, che sono state riportate alla luce dagli scavi archeologici. Un altro esempio delle tecniche antiche di riutilizzo delle acque piovane, è costituito dai ritrovamenti nella città di Masada, sorta su un imponente massiccio roccioso nel deserto ebraico a ovest del Mar Morto. Già nel 100 a.C. tale fortezza naturale era stata attrezzata con un sistema di grossi serbatoi per raccogliere le sporadiche ma intense precipitazioni. Il sistema di stoccaggio di Masada è unico nel suo genere per caratteristiche e dimensioni: complessivamente potevano essere stoccati 48.000 m³ di acqua. Le cisterne erano realizzate con roccia sedimentaria localmente reperibile, resistente ma abbastanza facile da lavorare. Di forma per lo più a

parallelepipedo, erano sigillate con una malta a base di calce, cenere e sabbia. Lungo le pareti erano fissate delle scale che servivano per le ispezioni di controllo e di pulizia. Anche altre grandi città del passato come Costantinopoli e Gerusalemme, soprattutto per disporre di riserve idriche ingenti nei periodi di assedio, avevano predisposto un sistema di stoccaggio dell'acqua piovana con una rete sotterranea di cisterne ricavata all'interno delle mura cittadine. Con la caduta dell'impero romano, però, gran parte della cultura e della tecnica del recupero andarono perdute.

3.2. Utilizzo dell'acqua piovana

In Italia, fino alla metà del Novecento, la pratica della raccolta della pioggia era diffusa in tutto il Sud del paese, come dimostrano i recenti studi sulle tecniche tradizionali per l'accumulo di acque meteoriche svolte nella città di Matera, eppure sembra che questa grande esperienza sia andata rapidamente perduta. Alla fine degli anni '70 dopo la realizzazione del sistema acquedottistico nazionale, le antiche cisterne vennero abbandonate e con loro il sapere che ne permetteva l'uso. Certamente oggi non potremmo rinunciare alle risorse idriche messe a disposizione dal sistema di accumulo centralizzato, tuttavia è altrettanto evidente che è necessario dotarsi anche di capacità di accumulo diffuso, realizzando nuovi volumi e soprattutto recuperandone le conoscenze per la costruzione e la gestione.

L'importanza della raccolta dell'acqua piovana per far fronte a parte dei consumi domestici è ormai ampiamente riconosciuta in tutto il mondo. In Australia, negli U.S.A., in Germania e Inghilterra vi sono, ormai da tempo, numerose strutture pubbliche o associazioni private che promuovono e diffondono la cultura e la tecnica della raccolta della pioggia, e molte imprese impegnate con successo nel settore. In Italia, invece, solo recentemente si sono registrate le prime esperienze e cominciano a prendere forma politiche che favoriscono la raccolta delle acque meteoriche.

In base alle valutazioni svolte sui consumi idrici domestici, si può affermare che circa il 50% del fabbisogno giornaliero di acqua può essere fornito da acqua non potabile.

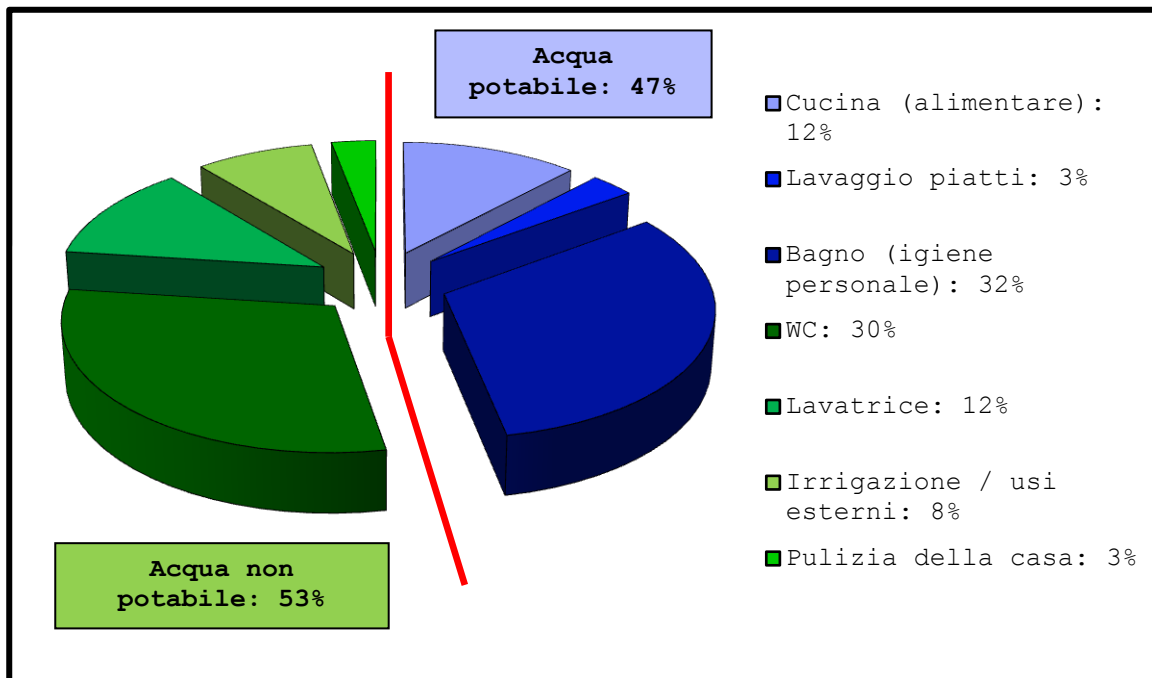


Figura 3.1- Percentuali di utilizzo acqua potabile

Nel caso specifico del bucato gli impianti di sfruttamento dell'acqua piovana assicurano la necessaria purezza batteriologica, dato che lo standard di qualità normalmente richiesto alle acque (DPR 8 giugno 1982, n. 470 e sue succ. mod. ed int.) per essere idonee alla balneazione, pratica che comporta il contatto diretto dei microrganismi patogeni presenti nelle acque con l'uomo, è di 100 MPN di Coliformi fecali per 100 ml d'acqua (Fanizzi, 2008). L'acqua piovana inoltre è "dolce", al contrario di quella erogata dall'acquedotto che è relativamente "dura" (min = 2,5 °F Grosseto ÷ max = 40,5 °F Reggio Emilia). Di conseguenza sono molto minori i depositi calcarei nelle condutture e sulle resistenze elettriche delle lavatrici e, nelle pulizie domestiche e nel bucato, si può risparmiare sull'uso dei detersivi (minima inibizione del potere detergente dei tensioattivi da parte degli ioni calcio e magnesio). Ne consegue una sensibile riduzione dei costi di riparazione e/o sostituzione degli elementi elettromeccanici, un risparmio sui consumi di elettricità e di prodotti detergenti (Fanizzi, 2008).

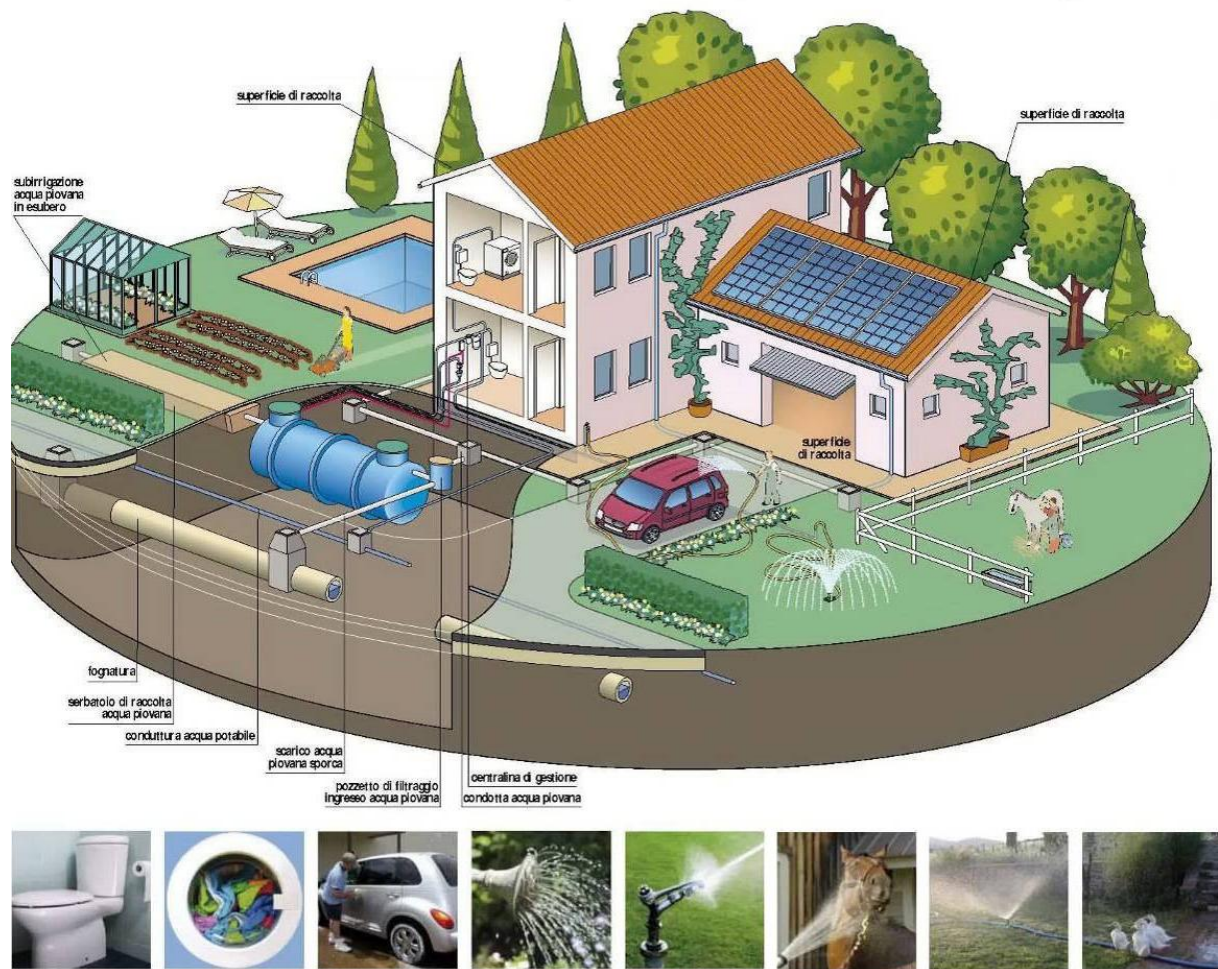


Figura 3.2- Possibili riutilizzi dell'acqua piovana (www.vemar.net)

3.3. Quadro normativo

Per quanto riguarda la normativa nazionale vigente in materia, l'accumulo di acque piovane in invasi e cisterne al servizio di fondi agricoli o di singoli edifici ad uso civile od industriale è libera e non richiede licenza o concessione di derivazione d'acqua, pur rimanendo la realizzazione dei relativi manufatti regolata dalle leggi in materia di edilizia, di costruzioni nelle zone sismiche, di dighe e sbarramenti e da altre leggi speciali (comma 4, art. 96, D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152).

Ciò premesso, va evidenziato che, ad oggi, non esiste una norma italiana che regolamenti la progettazione e l'installazione di impianti per lo sfruttamento dell'acqua piovana. A livello europeo solo nel dicembre del 2000 è apparsa, in Germania, la norma E DIN 1989-1, che disciplina tecnicamente gli impianti per lo sfruttamento dell'acqua piovana (progettazione, esecuzione, attività e manutenzione). E' una norma completa, ossia in un'unica elaborazione si segue lo sviluppo del sistema dal progetto alla posa in opera, definendo misure da mantenere e verifiche da eseguire. Questa norma è divisa in quattro sezioni: la prima fornisce indicazioni sulla progettazione, installazione e manutenzione dell'intero impianto. Per quanto riguarda la progettazione si pone in primo piano la sicurezza e la funzionalità dell'impianto, facendo specifica richiesta, ad esempio di facilità di manutenzione e della garanzia che l'acqua potabile non venga per nessun motivo in contatto con quella piovana. Altrettanto importanti sono i vincoli qualitativi sulle superfici di raccolta. La seconda parte è interamente dedicata ai filtri e fornisce la loro classificazione e i criteri di verifica del funzionamento e dell'efficienza. La terza parte reca invece tutte le disposizioni riguardanti i serbatoi, dai materiali per la loro realizzazione alle condizioni di installazione (cisterne pedonabili, carrabili ecc.). Sono inoltre elencate le verifiche che i serbatoi devono soddisfare per poter essere introdotti nel progetto, specialmente per quel che riguarda le prescrizioni di impermeabilità. La quarta ed ultima parte riguarda gli accessori per la conduzione ed il monitoraggio dell'impianto (*Acqua. Sistemi e dispositivi per il risparmio e il riuso*, 2002). Il sistema di intercettazione, raccolta ed evacuazione (composto da superfici di raccolta, bocchettoni, canali di gronda, doccioni, pluviali, pozzetti, caditoie, collettori differenziati ed opere di drenaggio) è regolamentato dalle norme UNI EN 12053-3 e UNI 9184. La norma DIN 1988, infine,

disciplina il dimensionamento delle condotte di adduzione (rete duale) dell'acqua di servizio (diversa dall'acqua potabile), in corrispondenza dei punti di prelievo (che devono prevedere l'apposizione di specifici cartelli recanti la dicitura "acqua non potabile", secondo le norme E DIN 4844 ed ISO 3864) ed il colore con il quale queste devono essere chiaramente contrassegnate (nello specifico, il verde RAL 6032 è la cromaticità da assegnare alle tubazioni di convogliamento del fluido acqua secondo la norma UNI 5634- 97) (Fanizzi, 2008).

3.4. Il sistema di raccolta e riuso dell'acqua piovana

Un moderno sistema di raccolta della pioggia si basa fundamentalmente su tre elementi:

- il sistema di intercettazione, ovvero la rete che raccoglie le acque dalla superficie drenata e le filtra prima di immetterle nella cisterna;
- il serbatoio;
- il sistema di sollevamento e distribuzione delle acque per gli usi previsti.

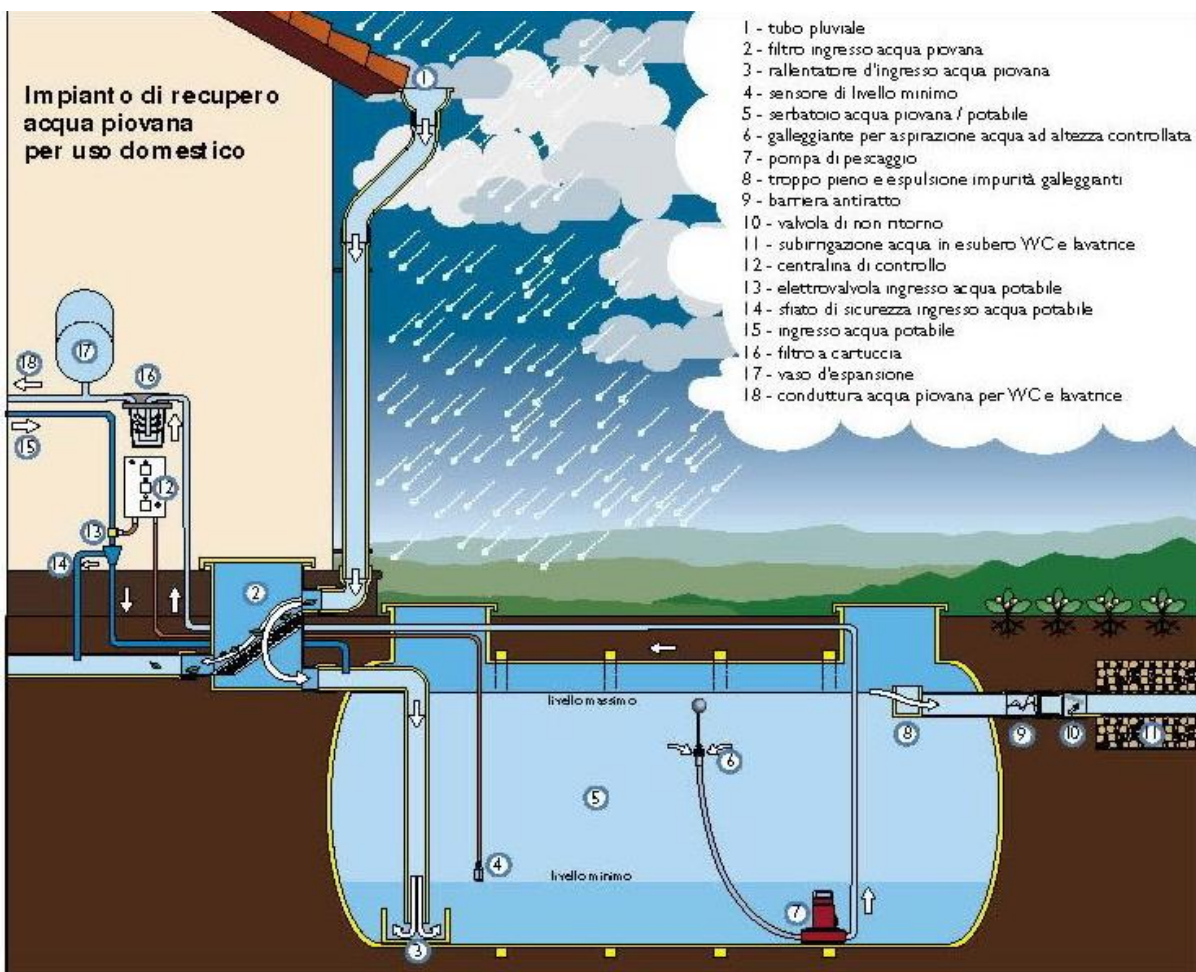


Figura 3.3- Impianto di recupero dell'acqua piovana per uso domestico della Vemar (www.vemar.net)

Il sistema di intercettazione, la cui funzione è quella di selezione-filtrazione delle acque destinate allo stoccaggio negli appositi serbatoi, è costituito dalla superficie di raccolta (ovvero il tetto) su cui scorre l'acqua piovana, dalle grondaie e dai discendenti che portano l'acqua dal

tetto al serbatoio, dai deviatori delle acque di prima pioggia e dai filtri. Il sistema di distribuzione, invece, è a tutti gli effetti un impianto idraulico che serve a prelevare l'acqua dal serbatoio e a distribuirla agli apparecchi che la utilizzano, che devono quindi essere allacciati ad un doppio impianto che permetta il prelievo differenziato in relazione ai consumi e alla disponibilità delle riserve. Per evitare pericoli di contaminazione, tubazioni e terminali dell'impianto di riciclaggio devono essere marchiati in modo chiaro e nei punti di prelievo (rubinetti, ecc.) deve essere esposta in modo ben visibile la scritta "acqua non potabile".



Figura 3.4- Adesivo di avvertimento Kessel "ACQUA NON POTABILE" per informare che i tubi sono condotte di acqua non potabile. Cartello di avvertimento Kessel "ACQUA NON POTABILE" per l'identificazione dei punti di prelievo. Cartello di avvertimento Kessel "Non effettuare collegamenti con la rete dell'acqua potabile (norma DIN 1988)" da apporre nelle vicinanze del contatore dell'acqua (www.iridra.com) (Workman, 2006)

3.4.1. La raccolta

Tutte le superfici impermeabili non sottoposte al transito degli autoveicoli sono adatte come aree di raccolta: tetti, terrazzi, balconi, marciapiedi. Il calcolo delle sezioni di canali di gronda, bocchettoni, pluviali, pozzetti di drenaggio, caditoie e tubazioni di raccolta deve tener conto dei dati climatologici, ovvero quantità e durata delle piogge e dei dati geometrici, ovvero la sommatoria delle superfici che possono ricevere le precipitazioni. I materiali e i componenti devono uniformarsi alle corrispondenti norme di prodotto e devono resistere all'azione chimica degli inquinanti atmosferici ed alle azioni meccaniche degli agenti atmosferici quali grandine, vento, le precipitazioni nevose se abbondanti, ecc.

Tra le innovazioni tese a risolvere il frequente problema dell'intasamento delle grondaie e dei pluviali, causato da accumuli di foglie e altri residui che cadono sulle coperture, vanno segnalate particolari grondaie predisposte per la raccolta dell'acqua fornite di sistemi che in pratica chiudono la parte superiore della grondaia stessa. L'acqua passa attraverso delle pilette con griglia, oppure da feritoie lungo tutta la lunghezza del canale oppure attraverso reti che fanno corpo unico con il canale stesso.



Figura 3.5- Grondaie predisposte al pre-filtraggio dell'acqua da corpi grossolani (Freni, Mannina, Torregrossa, Viviani, 2007)

Nella fase di raccolta è necessario adottare accorgimenti per quanto riguarda le acque di prima pioggia, ovvero le acque di scorrimento superficiale defluite nei primi istanti di un evento di precipitazione; quest'acqua infatti, nota con il nome di *first flush*, è caratterizzate da elevate concentrazioni di sostanze inquinanti. Di norma sono considerate acque di prima pioggia quelle corrispondenti, nella prima parte di un

evento meteorico, ad una precipitazione di 2,5 - 5 mm di acqua. Le fonti di agenti contaminanti dell'acqua raccolta possono essere: sostanze presenti in atmosfera che si associano all'acqua nel corso della pioggia (ad esempio le piogge acide); sostanze rilasciate dai materiali che compongono i sistemi di raccolta e/o stoccaggio delle acque (ad esempio piombo nelle converse, idrocarburi e polimeri nelle guaine impermeabili, polveri e frammenti dalle tegole, coppi, lastre, ecc.); parassiti, batteri e virus derivati dallo sterco di uccelli ed animali che hanno accesso alla copertura e alle superfici di raccolta. All'interno dell'impianto di raccolta dell'acqua piovana, il problema viene risolto con l'installazione nel pluviale di un *deviatore di acque di prima pioggia* detto anche *firstflush diverter*, la cui funzione in sostanza è quella di ridurre il picco inquinante trattenendo la prima parte dell'evento meteorico.

Di deviatori ne esistono di diverse tipologie, ad esempio il *roof washer*, tubo pluviale cieco ad una estremità che si affianca a quello che collega i canali di gronda al serbatoio di accumulo. La configurazione dei due tubi è tale che l'acqua proveniente dal tetto potrà affluire al serbatoio solamente nell'istante in cui il *roof washer* sarà completamente pieno. Una variante che si può trovare in commercio è il *roof washer* con valvola a sfera, studiato in modo che una volta riempito lo spazio per l'acqua di prima pioggia, la valvola a sfera galleggiando ostruisce il passaggio dell'acqua che fluirà quindi verso il serbatoio di raccolta.

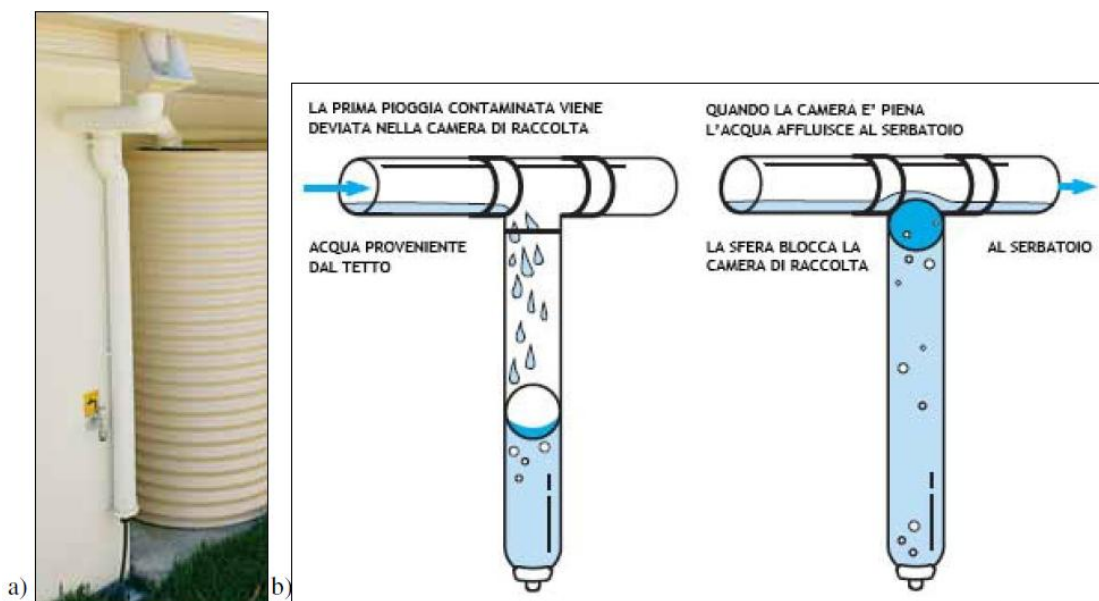


Figura 3.6- a) Roof washer; b) Roof washer con valvola a sfera
(www.rainharvesting.com)

Esistono poi dei deviatori con funzionamento manuale o automatico che vengono installati sul tratto terminale dei pluviali e ne ostruiscono la sezione, provocando la deviazione dell'acqua meteorica verso uno scarico o verso il serbatoio. Occorre comunque tenere presente che la qualità delle acque di prima pioggia risulta fortemente dipendente dalla specificità del sito in esame e in particolare dalle caratteristiche idrologiche, climatiche e morfologiche della zona (frequenza e intensità delle manifestazioni piovose, tipo di superficie, ecc.).

Il passo successivo consiste nella filtrazione dell'acqua meteorica. Il sistema di filtrazione assume un'importanza particolare nell'economia dell'intera linea tecnologica in quanto ad esso è richiesto di evitare l'immissione nel serbatoio di detriti e corpi estranei raccolti dall'acqua piovana nel suo percorso che, sedimentando, porterebbero ad un deterioramento della qualità dell'acqua ed al rischio d'intasamento delle condotte e del sistema di pompaggio e di pressurizzazione. L'importanza di tale sistema è dimostrata anche dal fatto che un'intera sezione della normativa E DIN 1989 sia ad esso dedicata.

Il filtro ubicato comunque a monte dell'accumulo, può essere:

- _ installato in punti diversi dell'impianto (sui pluviali, fuori terra, interrato, integrato al serbatoio, ecc.);
- _ concepito secondo diversi principi di intercettazione del materiale;
- _ dotato di dispositivi automatici di risciacquo per eliminare il materiale intercettato che, stratificandosi, ne diminuirebbe l'efficienza.

Per i piccoli impianti, nei quali la raccolta delle acque piovane avviene da uno o da pochi pluviali, si inserisce il filtro sulla tubazione del pluviale mediante la sostituzione di un breve tratto dello stesso. Esso è costituito da un involucro avente la stessa sezione della tubazione facilmente raccordabile e asportabile per la periodica manutenzione, e da un elemento di intercettazione interno costituito in genere da una griglia metallica (con fori di diametro inferiore anche ai 2 decimi di millimetro) sagomata a tronco di cono, rastremata verso il basso e capace di trattenere residui di vario genere (muschi, licheni, foglie, sabbie, polveri, ecc.). La porzione d'acqua che penetra attraverso il filtro viene deviata esternamente al pluviale e inviata allo stoccaggio mentre i residui intercettati e dilavati dalla rimanente acqua vengono convogliati verso il sistema di smaltimento. Esistono poi i filtri centrifughi, in cui si sfrutta la velocità in ingresso dell'acqua (immessa tangenzialmente nella

camera filtrante) intercettando e separando eventuali corpi sospesi attraverso una griglia periferica sulla quale viene proiettato il liquido in entrata; l'acqua filtrata si raccoglie nell'intercapedine perimetrale e viene quindi convogliata verso il serbatoio.

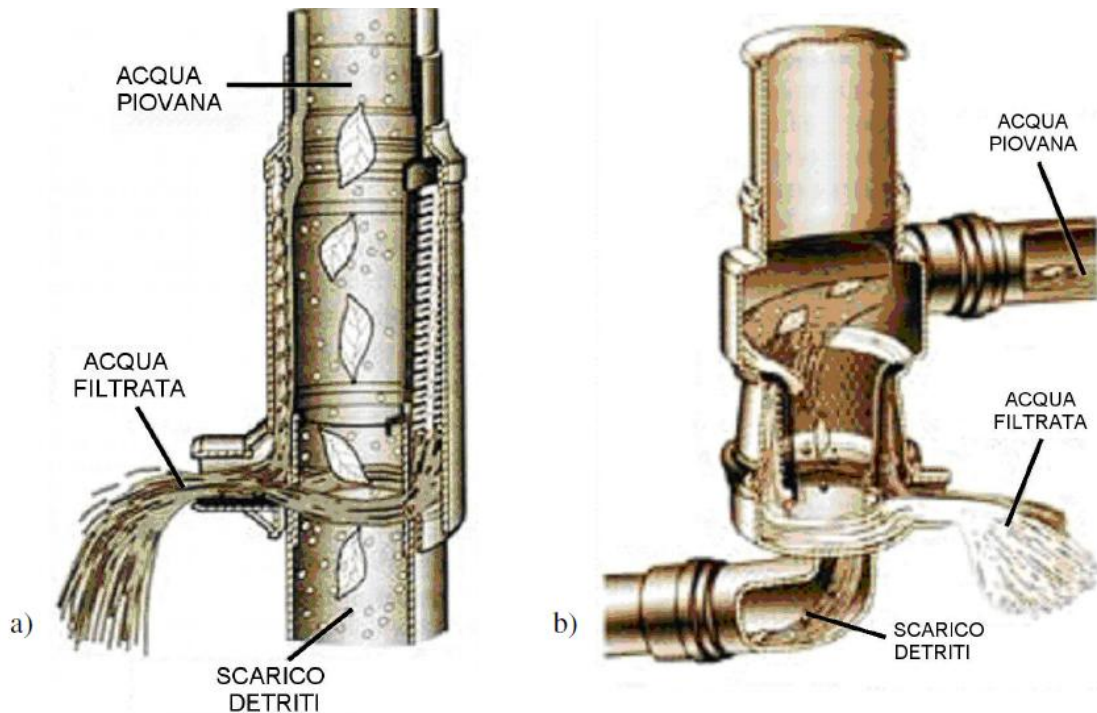


Figura 3.7- a) Filtro integrato con il pluviale; b) Filtro centrifugo (Maglionico-Tondelli, 2003)

Altra tipologia di filtri sono i cosiddetti filtri a camera, nei quali l'acqua viene fatta passare attraverso un pozzetto contenente materiale inerte di diversa granulometria, che funziona da trappola per i corpi grossolani. L'interno del pozzetto è suddiviso in camere (2 o 3) dotate di cestelli o tasche estraibili, ciascuno dei quali deve essere riempito con ghiaia di granulometria decrescente nel senso di scorrimento delle acque (ad esempio: \varnothing 80-35 mm. / 35-25 mm. / 25-15 mm). Il funzionamento prevede che, nonostante entrata e uscita dell'acqua siano poste sullo stesso livello, il liquido effettui un percorso obbligato tale da passare attraverso tutte le camere e permettere che le sostanze sospese rimangano intrappolate nei miscugli di materiale filtrante. In caso di ostruzione del filtro o di afflussi d'acqua eccezionali un foro di troppo pieno provvede a smaltire l'eccesso di liquido nell'impianto di scarico o in un pozzo perdente. Esistono infine i filtri a gravità: questa tipologia di

dispositivi, da installare sia in superficie che interrati e in alcuni casi all'interno del serbatoio di stoccaggio, funzionano a caduta e provvedono alla cattura del materiale indesiderato mediante filtri in tessuto. L'acqua passando sul filtro percola in gran parte nella zona sottostante, depositando le impurità sulle maglie del setaccio; la quota restante d'acqua, proprio perché impedita a filtrare dalla presenza dei residui intercettati, produce un effetto di dilavamento su questi ultimi trascinandoli verso lo scarico di evacuazione collegato al sistema fognario.

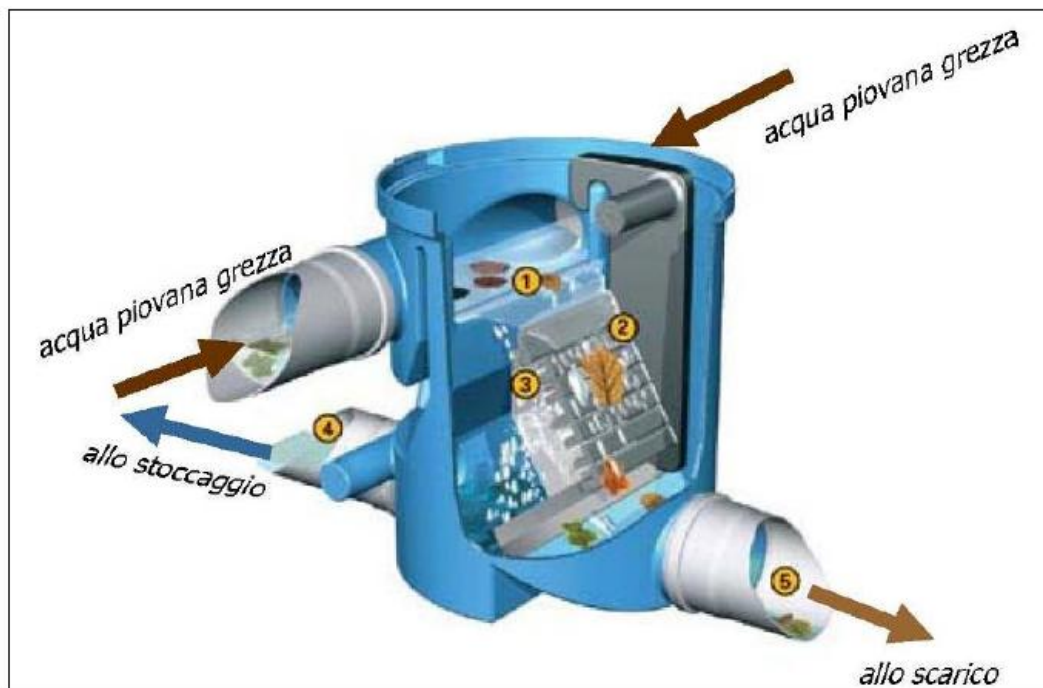


Figura 3.8- Filtro da interro prodotto dalla Speidel, costruito in polietilene lineare nero ad alta densità (riciclabile). Retino in acciaio inox a maglia stretta 0,26 mm. Fornito con pozzetto telescopico (Workman, 2006)

Ovviamente l'efficienza del sistema dipende in gran parte dalla pulizia periodica del filtro a cui si può accedere attraverso il coperchio del chiusino. Per ovviare a questo problema alcuni modelli (*filtri autopulenti*) sono dotati di unità di contro-lavaggio, ovvero di un dispositivo simile ad un irrigatore a braccia rotanti che, azionato manualmente, provvede a ripulire il filtro con un getto d'acqua di rete spruzzata in senso opposto a quello di caduta.

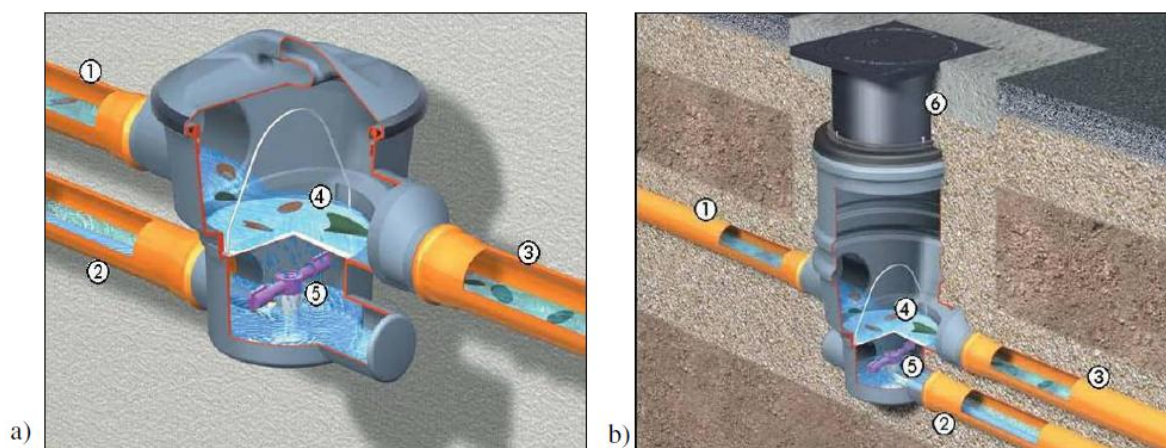


Figura 3.9- a) filtro autopulente prodotto dalla Kessel; b) esempio di installazione interrata

Legenda: 1) Entrata acqua piovana; 2)Acqua piovana filtrata alla cisterna;
3)Acqua piovana residua o contenente corpi sospesi inviata alla dispersione o alla rete fognaria; 4)Cartuccia filtrante; 5)Unità di controlavaggio; 6) Chiusino telescopico regolabile in altezza.

3.4.2. Lo stoccaggio

Lo stoccaggio dell'acqua avviene per mezzo di serbatoi appositamente progettati per la raccolta dell'acqua piovana. La gamma di serbatoi varia a seconda del materiale, della forma, della capienza e della sua collocazione. La posizione del serbatoio determina il tipo di sotto-sistema di distribuzione (con o senza pompa) e quindi anche gli utilizzi, i costi complessivi di installazione e manutenzione, la forma (compatta per interno, resistente per interramento) e i materiali impiegati. Le alternative riguardo alla collocazione del serbatoio possono essere: fuori terra, all'interno dell'edificio (cantina, garage) e interrato.

I serbatoi fuori terra sono preferiti in genere per l'accumulo di acqua destinata ad irrigazione (orto, giardino, ecc.) oppure al lavaggio di automobili e simili, in cui la distribuzione del liquido avviene per gravità senza l'uso di pompe; si tratta in genere di cisterne verticali (ad esempio da addossare al fabbricato in adiacenza o coincidenza con la discesa dei pluviali) o di cisterne appiattite da ubicare su tetti piani (ad esempio sulla copertura di autorimesse o locali simili).



Figura 3.10- a) serbatoio fuori terra in polietilene da 750 litri, posizionato sulla copertura di un boxgarage, l'utilizzo dell'acqua avviene per gravità.

Prodotto dalla SPEIDEL (www.et-studio.it);

b) serbatoio per minimo ingombro; c) serbatoio per uso irriguo (Workman, 2006)

Quando posizionato all'interno dell'edificio, il serbatoio viene solitamente dislocato in locali posti a livello del suolo o interrati (autorimesse, cantine, ecc.); la scelta di solito è motivata dalla facilità di installazione, dalla indisponibilità di spazi all'aperto, da difficoltà per l'interramento (terreno roccioso, falde superficiali, ecc.), dalla necessità di non manomettere sistemazioni esterne complesse e/o danneggiare gli apparati radicali di piantumazioni di pregio e/o per contenere i costi. Lo sviluppo dei serbatoi è in genere verticale per diminuire lo spazio d'ingombro e la dimensione è di solito ridotta per consentire la facile introduzione nei vani interni; per aumentare la capienza è tuttavia possibile affiancarne più di uno in parallelo.

Il posizionamento entro terra, anche se più oneroso, consente di eliminare ingombri in vista non sempre compatibili con le esigenze funzionali ed estetiche dell'edificio e consente l'installazione di manufatti anche di grande capienza. Ogni serbatoio è dotato di un *passo d'uomo* ossia di un sistema di accesso al serbatoio stesso, costituito da un condotto sulla parte superiore dell'involucro, completato da un chiusino stagno, per poter eseguire operazioni di manutenzione e controllo. Per evitare aperture indesiderate da parte di estranei o bambini è conveniente utilizzare chiusini dotati di serratura.

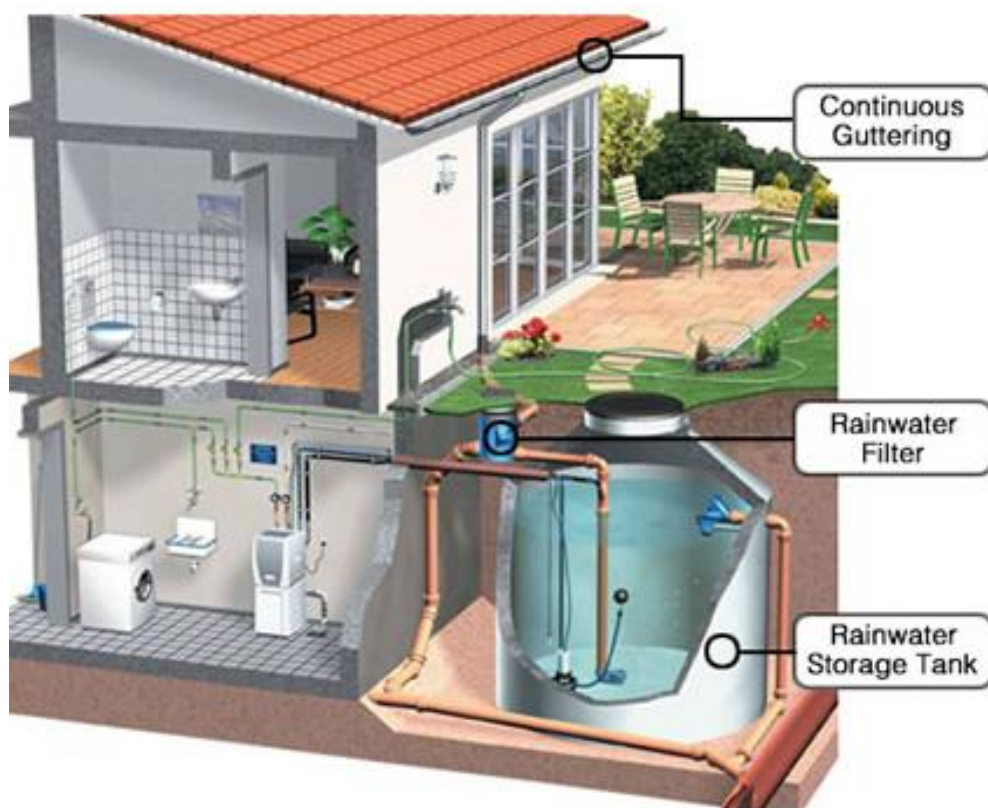


Figura 3.11- Esempio di sistema con serbatoio interrato (www.genitronsviluppo.com)



Figura 3.12- Serbatoio da interno. Capacità di 1500 litri, aumentabili collegando più serbatoi in serie, realizzato in PE riciclabile ed indeformabile con un peso di 85 kg. Prodotto dalla Speidel e distribuito da Inderst - Marleno (BZ) (www.inderst.it)



Figura 3.13- Esempio di sistema con serbatoio interrato (www.archiexpo.it)

L'immissione delle acque nel serbatoio, una volta filtrate, deve avvenire attraverso un tubo di calma ovvero una tubazione verticale alta quanto il serbatoio stesso e dotata di un raccordo terminale inferiore piegato verso l'alto, in modo da non creare turbolenze che potrebbero mettere in sospensione eventuali stratificazioni di alghe o altro materiale depositato sul fondo. Il serbatoio dovrà poi essere dotato di un *tropo pieno* che consenta di immettere l'acqua nel sistema di scarico una volta raggiunto il livello massimo di capacità del serbatoio, e che dovrà essere sifonato per evitare il ritorno di odori sgradevole dal sistema di smaltimento. L'uscita del *tropo pieno*, può essere sfruttata in vario modo: collegata alla fognatura, collegata in un pozzo disperdente, mandata in dispersione tramite sub-irrigazione superficiale, scarico sul terreno, recapitata in una fossetta di confine, recapitata in acque superficiali, recapitata ad alimentare lagunaggi naturali e/o artificiali.

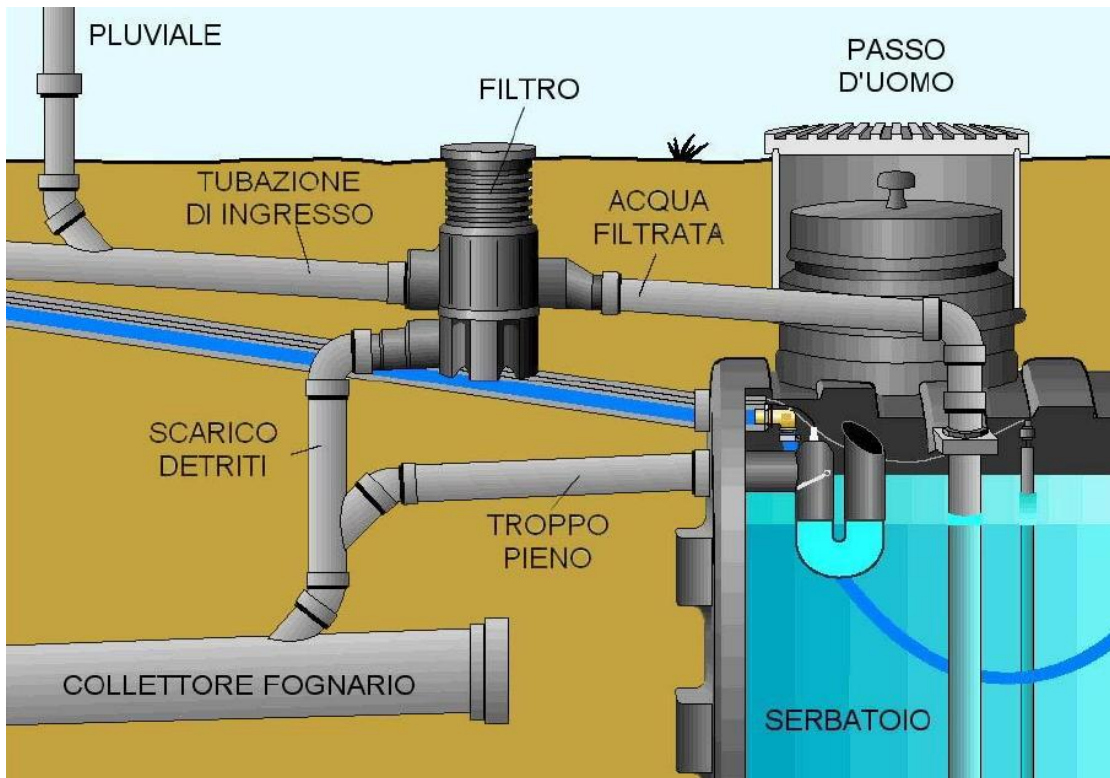


Figura 3.14- Schema dei collegamenti di un serbatoio di accumulo dell'acqua piovana (Maglionico-Tondelli, 2003)



Figura 3.15- Schema di un possibile sistema di smaltimento dell'acqua piovana in eccesso (Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio (UFAPF), 2000)

Infine, il serbatoio dovrà essere dotato di una valvola di non ritorno, elemento di fondamentale importanza per evitare la contaminazione delle acque stoccate nel serbatoio. Questa valvola è costituita da uno speciale dispositivo dotato di saracinesca a chiusura automatica (azionabile manualmente in casi di emergenza o di manutenzione) che impedisce il riflusso di acque provenienti dal sistema di smaltimento. Normalmente la valvola è corredata da filtro a grata che blocca l'accesso al serbatoio e alle altre componenti a monte di esso, ad animali e insetti che potrebbero risalire dai sottosistemi di scarico e smaltimento.

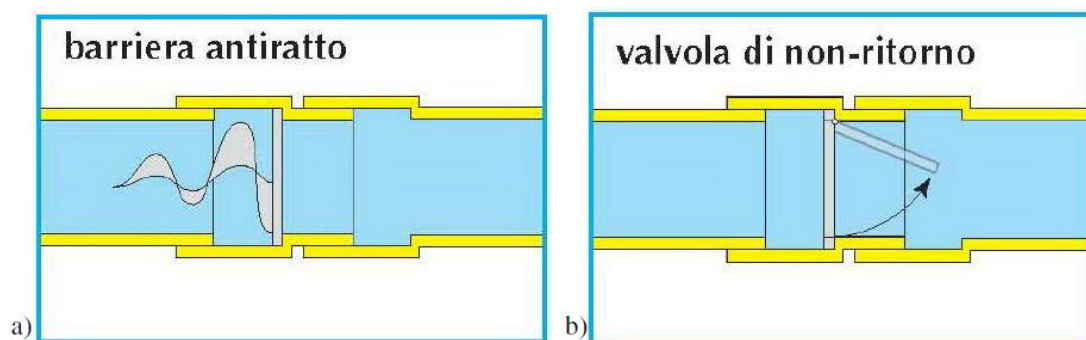


Figura 3.16- a) barriera antiratto; b) valvola di non ritorno (www.vemar.net)

I materiali comunemente utilizzati per la realizzazione dei serbatoi sono il polietilene ad alta densità, il calcestruzzo e la vetroresina. Il polietilene è un materiale plastico molto comune, riciclabile e compatibile con le normative che riguardano lo stoccaggio dell'acqua destinata al consumo umano; consente di ottenere manufatti leggeri e resistenti agli sbalzi di temperatura ed agli agenti atmosferici. È caratterizzato da una resistenza alla corrosione e alle correnti vaganti, superfici lisce e facilmente lavabili, facilità di movimentazione ed installazione. Esistono diverse forme di serbatoi in polietilene in commercio (ad asse verticale, ad asse orizzontale, a campana), e capacità d'accumulo che vanno dai 500 ai 15.000 litri. In Europa sono prevalentemente di fabbricazione tedesca.

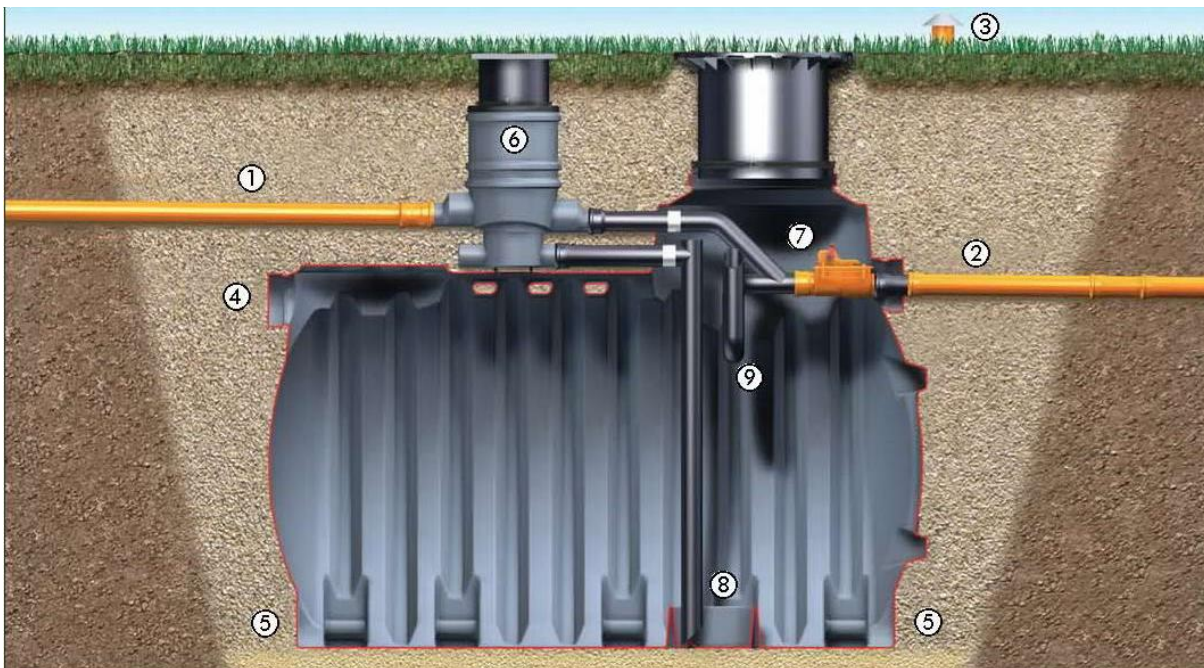


Figura 3.17- Serbatoio in polietilene per acqua piovana Kessel Aqabase® Comfort. Profondità di interramento: 50 cm / 100 cm. Volume utile 3000, 4500 o 6000 litri. Legenda: 1) entrata acqua piovana; 2) uscita rete fognaria/dispersione; 3) Aerazione; 4) superficie da forare per l'aerazione; 5) Collegamento superficie da perforare; 6) filtro per acqua piovana; 7) chiusura antiriflusso; 8) ferma getto; 9) sifone troppo pieno (www.inderst.it)

La sagomatura dell'involucro prevede quasi sempre la presenza di corrugazioni, costolature e pieghe, le quali funzionano da rinforzo della carenatura. Sul fondo del manufatto possono essere ricavati intagli o incastri dove è possibile infilare le "forchette" degli elevatori e facilitarne lo spostamento. Per successive integrazioni con altri serbatoi di stoccaggio è possibile ricorrere al posizionamento in parallelo: la posa in opera prevede l'affiancamento delle cisterne, collegate alla base da tubazioni di raccordo che consentono l'immissione e l'estrazione contemporanea dell'acqua da tutti i serbatoi evitando le conseguenze negative derivate da fenomeni di stagnazione o svuotamento.

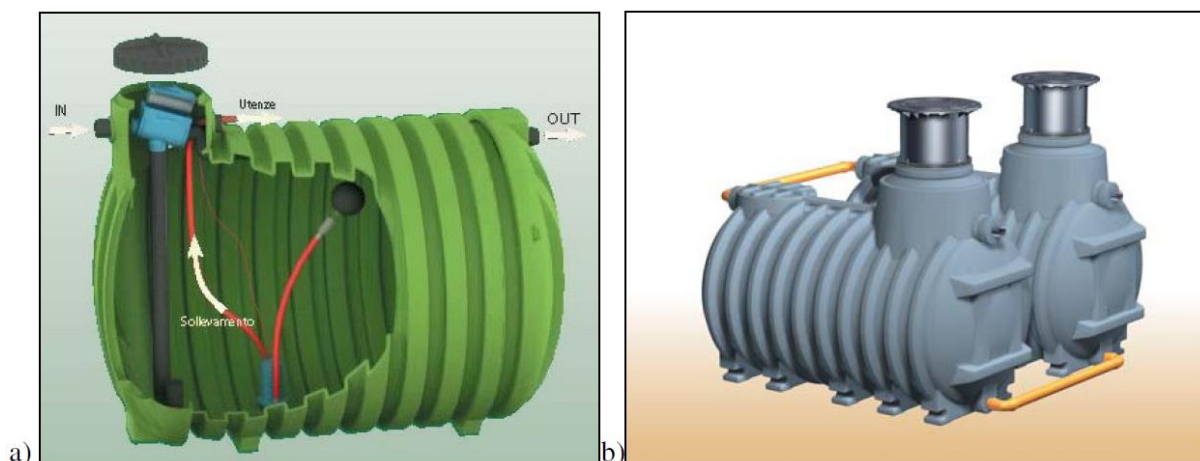


Figura 3.18- a) serbatoio in polietilene con litro interno al serbatoio e pompa autoadescante, prodotto dalla Planiplastic Ecologia (www.planiplastic.it)
b) volume utile maggiore con il posizionamento in parallelo di più serbatoi (www.inderst.it)

Le cisterne di accumulo possono essere realizzate anche in calcestruzzo. Il calcestruzzo è buon materiale per realizzare i serbatoi: è composto da materie prime naturali (ghiaia, sabbia e cemento), è durevole nel tempo, sopporta la pressione del terreno, della falda e del transito di veicoli ed ha costi vantaggiosi. La gamma standard di pezzi monolitici offre vasche da 1,1 a 8,3 m³ di capacità. Si possono raggiungere volumi maggiori posando vasche in parallelo oppure utilizzando grandi vasche, con anche di 1000 m³ di volume utile, le quali si possono ulteriormente ampliare su più linee a servizio ad esempio di grandi centri sportivi, vivai e serre, aree residenziali e parchi annessi (www.pozzolineutra.com). Il vantaggio di questi serbatoi è che sono poco costosi, ma la loro posa in opera è più complessa e di conseguenza più onerosa. Nel caso di nuova costruzione si potrebbe prevedere di integrare il serbatoio ad esempio nel patio o nella cantina dell'abitazione.



Figura 3.19- Serbatoio in calcestruzzo (Workman, 2006)



Figura 3.20- Installazione di una cisterna da 8,3 m³

Alcune ditte propongono serbatoi in vetroresina (PRFV- Resina Poliesteri Rinforzata con Fibre di Vetro), un materiale composito termoindurente, dove le fibre di vetro assicurano l'alta resistenza meccanica e la resina poliesteri la parte chimico resistente. E' un materiale dalle altissime prestazioni: resistente, leggero e atossico, inattaccabile dalla corrosione, resistente a raggi UV e facilmente riparabile. Questi serbatoi sono realizzati in monoblocco e vengono poi rinforzati con anelli scatolari direttamente saldati sul cilindro che ne garantiscono la massima resistenza all'implosione rendendoli perfettamente interrabili e pedonabili. Possono raggiungere capacità elevate di 60.000-70.000 litri. Tra le tipologie di serbatoi analizzati sono i più costosi.



Figura 3.21- Serbatoio in vetroresina prodotto dalla Vemar e sua installazione
(www.vemar.net)

Infine, i serbatoi possono essere in acciaio. Realizzati in lamiera ondulata ad elevata resistenza, con spessore minimo di 2,5 mm atto a sopportare carichi veicolari, sono leggeri ma molto robusti e facili da trasportare e porre in opera. Vengono protetti dalla corrosione attraverso un processo di zincatura, come previsto dalla normativa. Sono, in genere, serbatoi di tipo modulare con diametri variabili da DN 2000 mm a DN 3000 mm, per lunghezze da 4 metri a 15 metri; volumetrie variabili da 20 a 100 m³ moltiplicabili ulteriormente sfruttando il sistema modulare e affiancandoli in linea, su più file o secondo le esigenze e collegandoli con flange o adeguato sistema di giunzione elastica. I prezzi variano da 9.500 euro per un serbatoio da 20 m³ e diametro di 2,00 m a 27.600 euro per un serbatoio da 100 m³ e diametro di 3,00 m.



Figura 3.22- Serbatoi in acciaio per lo stoccaggio dell'acqua piovana
(www.euroambiente.info)

3.4.3. La distribuzione

L'acqua filtrata e adeguatamente stoccata è pronta quindi per essere prelevata e riutilizzata. Come si è visto in precedenza gli impieghi possibili sono essenzialmente di due tipi: domestici e irrigui. Nel caso di semplice uso irriguo, per il prelievo dell'acqua dal serbatoio basterà installare una pompa di portata e prevalenza adeguata, che potrà essere immersa nel serbatoio o esterna. Dovrà essere dotata di un sistema di prelievo a profondità costante, rispetto al livello di acqua presente nel serbatoio. Un apposito galleggiante collegato al tubo flessibile di pescaggio (provvisto anch'esso di filtro), fa sì che esso avvenga sempre ad una profondità costante impostata, ad esempio a -10 cm dalla superficie, indipendentemente dal livello di fluido presente all'interno del serbatoio. Qualora il pescaggio risultasse troppo vicino al fondo, zona in cui si possono accumulare delle impurità, l'apposito galleggiante di attivazione/disattivazione della pompa provvederebbe a staccarla impedendone il pescaggio fino a che non si incrementa il livello della cisterna ovviando al problema. Questi doverosi accorgimenti servono sia a garantire la massima qualità dei fluidi prelevati che a preservare pompe e impianti idraulici da fastidiosi, frequenti e onerosi interventi di manutenzione e riparazione. Nei casi in cui si voglia utilizzare l'acqua stoccata anche per gli usi domestici, bisogna utilizzare qualche accorgimento in più nella realizzazione del sistema di distribuzione. Molte aziende propongono in questi casi l'utilizzo di centraline di comando a gestione automatica. La centralina ha il compito di fornire alle utenze ad essa collegate un approvvigionamento idrico costante anche in periodi di lunga siccità mediante la gestione automatica del circuito idraulico tradizionale e quello di recupero senza alcun tipo di spreco. A tale scopo, va innanzitutto determinato il volume minimo sotto il quale la scorta non dovrà mai scendere in modo da garantire un simultaneo e prolungato emungimento da parte delle utenze collegate. A garanzia di tale volume, viene installato un sensore di livello all'interno della cisterna che, al calare delle acque meteoriche sotto la quantità desiderata, apre l'elettrovalvola del circuito di acqua potabile andandola a recapitare, mediante una pompa sommersa oppure esterna, dentro la cisterna. Va fatto notare che il serbatoio verrà reintegrato con la rete idrica tradizionale esclusivamente fino al raggiungimento e mantenimento del livello richiesto (quello appunto determinato dal sensore) in modo da non vanificare il successivo evento meteorico.

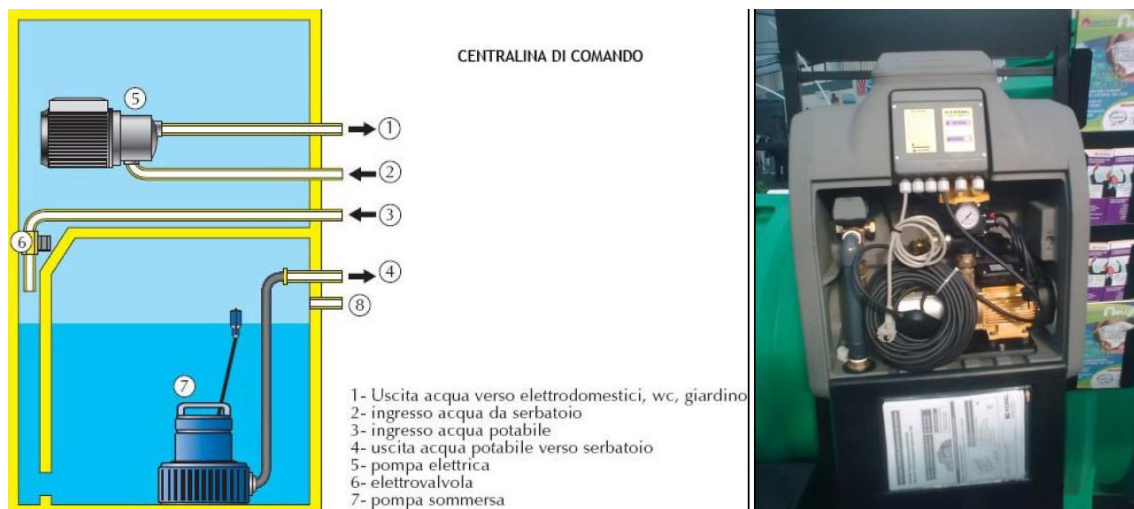


Figura 3.23- La pompa elettrica (5) preleva i liquidi dentro la cisterna per poi redistribuirli in pressione a tutte le utenze collegate alla centralina (wc, lavatrici, impianti d'irrigazione, ecc). Il circuito idrico tradizionale (3), utilizzato per reintegrare la scorta minima, è separato da un elettrovalvola (6) in modo da non farlo mai entrare direttamente in contatto con quello di recupero. La pompa sommersa (7) provvede ad inviare l'acqua potabile alla cisterna (www.vemar.net)

In rispetto delle norme sanitarie italiane, la rete idraulica tradizionale e quella di recupero devono essere totalmente separate senza entrare mai in contatto diretto. Tale garanzia all'interno della centralina viene fornita dall'elettrovalvola che separa fisicamente i due circuiti senza mai farli entrare in diretto contatto (www.vemar.net).

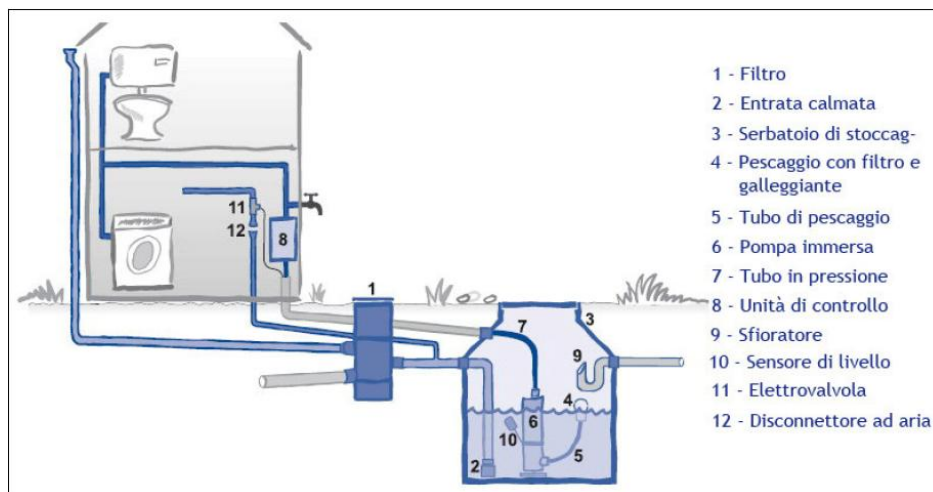


Figura 3.24- Schema di un impianto con pompa sommersa (www.rainharvesting.co.uk)

3.4.4. Il trattamento

Prima di raggiungere le utenze finali, l'acqua raccolta nella cisterna deve essere trattata, al fine di eliminare qualsiasi rischio in fase di utilizzo per la salute dell'uomo. Il trattamento consiste in genere in processi di filtrazione e disinfezione. In una prima fase si procede alla filtrazione per rimuovere gli eventuali solidi sospesi, mediante filtri a cartuccia, a sabbia, a carbone attivo o a membrana. Successivamente per eliminare gli eventuali microrganismi presenti, si procede alla fase di disinfezione che di solito si esegue con un debatterizzatore a raggi ultravioletti (U.V.), oppure attraverso trattamenti chimici a base di cloro o ozono. Un sistema di trattamento tipico è composto da due filtri in linea, uno a cartuccia da 5 micron seguito da un filtro a carbone da 3 micron seguiti dal debatterizzatore a luce ultravioletta. Il sistema di disinfezione va posto dopo l'autoclave o dopo la pompa. È importante sottolineare che le cartucce dei filtri devono essere sostituite regolarmente. In caso contrario, i filtri stessi potrebbero causare la proliferazione dei batteri. Il filtro da 5 micron rimuove meccanicamente le particelle in sospensione e la polvere, mentre quello da 3 micron intrappola meccanicamente particelle microscopiche; le molecole organiche più piccole vengono assorbite dal carbone attivo presente nel filtro stesso. Nei casi di flusso di acqua maggiore, per ottenere un'adeguata filtrazione, i filtri possono essere disposti in parallelo, ovvero si impilano due filtri da 5 micron in un'unica cartuccia seguita da due filtri da 3 micron a carbone attivo in un'altra cartuccia (Krishna, 2005). Anche il debatterizzatore a raggi ultravioletti (UV) dovrà essere adeguato al volume d'acqua da trattare. Utilizzando particolari materiali a base di quarzo le lampade UV sono in grado di generare l'esatta lunghezza d'onda della luce UV necessaria per la disinfezione. Un sistema di alimentazione appositamente studiato e controlli elettronici gestiscono e controllano queste lampade per la migliore performance. Il sistema usa la tecnologia di queste lampade UV all'interno di camere di disinfezione in acciaio inossidabile appositamente progettate: questo assicura che l'energia UV sia effettivamente distribuita quando l'acqua passa attraverso l'unità. Il risultato è che ogni organismo nocivo presente nell'acqua viene sottoposto a una dose letale di energia UV. Si ottiene, quindi, un'efficace distruzione degli organismi pericolosi che possono essere presenti nell'acqua piovana che dilava la superficie di raccolta, e che possono sopravvivere fino alla vasca di accumulo e superare la filtrazione. I raggi UV non hanno alcuna conseguenza sul sapore,

sull'odore e sulla limpidezza dell'acqua e nessuna sostanza residua o prodotto chimico deve essere aggiunto all'acqua. E' un sistema facilmente installabile nella linea idrica di un'abitazione e le lampade necessitano di sostituzione solo dopo più di un anno di utilizzo; il sistema richiede inoltre meno energia di una normale lampada da abitazione (www.iseagroup.com).



Figura 3.25- Sistema tipico di trattamento: filtro a cartuccia da 5 micron; filtro a carbone attivo da 3 micron; debatterizzatore a luce ultravioletta (Krishna, 2005)
Figura 3.26- Debatterizzatore a raggi ultravioletti (www.rainharvesting.co.uk)

3.4.5. Manutenzione

Gli impianti di raccolta dell'acqua piovana non possono e non devono essere considerati come macchine autonome e autosufficienti. Pochi e semplici accorgimenti sono sufficienti a garantirne una lunga e affidabile durata. Occorre pulire il filtro una volta al mese, rimuovendo il coperchio e sfilandolo tramite le apposite maniglie, in modo da eliminare ogni eventuale detrito depositato sulle griglie, mediante spugne o spazzole in nylon. Per quanto riguarda il serbatoio, bisogna controllare la superficie dell'acqua che deve risultare leggermente opalescente. Qualora si trovino corpi solidi presenti all'interno, è necessario rimuoverli immediatamente e contattare un manutentore. E' buona norma ogni 2-3 mesi controllare la trasparenza dell'acqua in uscita. Se dovesse risultare troppo opalescente alla vista, significa che si sono accumulati troppi fanghi all'interno del serbatoio e devono essere ridotti, intervenendo tramite una ditta di autospurgo autorizzata. Bisogna svuotare ogni 1 o 2 anni il serbatoio e pulirlo completamente (spurgo dei sedimenti sul fondo). Infine, occorre rimuovere periodicamente la pompa per pulirne i filtri d'aspirazione; controllare lo stato delle guarnizioni e verificarne il buon funzionamento.

3.5. Dimensionamento del serbatoio secondo la norma E DIN 1989-1:2000-12

La progettazione di un sistema di raccolta consiste nella stima della quantità di acqua ottenibile in funzione delle superfici di raccolta a disposizione e del volume necessario a immagazzinarle, che dipende dalla distribuzione media delle piogge e dalle variazioni d'uso nei diversi periodi. Occorre tener conto dei periodi con piogge scarse o assenti e da questo punto di vista è evidente che i paesi mediterranei, dove in estate possono verificarsi periodi di 60-80 giorni senza precipitazioni, sono svantaggiati rispetto a paesi del centro e Nord Europa. In pratica, a parità di consumi idrici, un sistema di raccolta della pioggia in Italia richiede una cisterna di accumulo molto più grande di quella necessaria in paesi che hanno una distribuzione delle piogge più regolare. E' possibile in questi casi realizzare una cisterna di determinate dimensioni, in grado di fornire acqua per usi non potabili per 8-10 mesi e, quando non piove per lunghi periodi, rifornire la cisterna con acqua dell'acquedotto.

Facendo riferimento alla norma **E DIN 1989-1: 2000-12**, il dimensionamento dei serbatoio per l'acqua piovana dipende sostanzialmente da due fattori:

- _ *l'apporto netto d'acqua piovana*, commisurato cioè all'intensità di precipitazione, alla superficie ricevente (per tetti inclinati, si considera solo la proiezione orizzontale) ed al coefficiente di deflusso;
- _ *il fabbisogno d'acqua di servizio*, in funzione della tipologia d'utenza, del numero degli utenti e della specificità dei servizi d'uso richiesti. La quantità di acqua piovana disponibile deve essere sfruttata il più possibile per ridurre al minimo l'integrazione con acqua potabile.

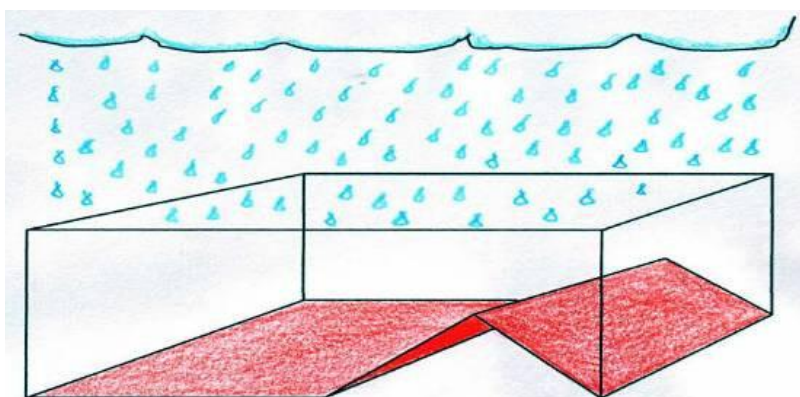


Figura 3.27- Proiezione orizzontale del tetto a falde inclinate (Fanizzi, 2008)

Tipologia dello scarico	Fabbisogno idrico annuo (litri/anno · utente)
Tazza igienica domestica	8.760
Tazza igienica in uffici	4.380
Tazza igienica in scuole	2.190
Orinatoio	730
Lavatrice	3.650
Pulizie	730

Tabella 3.1- Fabbisogno annuo di acqua per gli usi non potabili (Fanizzi, 2008)

Tipologia irrigazione	Fabbisogno idrico annuo (litri/anno · m²)
Irrigazione orto	60
Impianti sportivi (periodo vegetativo)	200
Aree verdi con terreno leggero (giardino)	200
Aree verdi con terreno pesante	150

Tabella 3.2- Fabbisogno annuo di acqua per l'irrigazione (Fanizzi, 2008)

La **massima quantità annua di acqua piovana teoricamente cumulabile**, viene calcolata secondo la seguente formula:

$$V = \varphi \cdot S \cdot P \cdot \eta$$

dove:

V: volume massimo di acqua piovana cumulabile [litri/anno]

S: sommatoria delle superfici di raccolta delle precipitazioni, in proiezione orizzontale [m²]

φ: coefficiente di deflusso [%]

P: quantità annua delle precipitazioni [mm o litri/m²]

η: efficacia del filtro -occorre impiegare le indicazioni fornite dal produttore riguardanti la frazione del flusso d'acqua effettivamente utilizzabile a valle dell'intercettazione del filtro- [%].

Il coefficiente di deflusso considera la differenza tra l'entità delle precipitazioni che cade sulle superfici del sistema di raccolta e la quantità d'acqua che effettivamente affluisce verso il sistema di accumulo; dipende da orientamento, pendenza, allineamento e natura della superficie di captazione, i suoi valori sono riportati in tabella (Norma E DIN 1989-1:2000-12).

Tipologia e natura delle superficie esposte alla pioggia	Valore del coefficiente di deflusso ϕ (%)
Tetti inclinati con tegole, ondulati plastici, fogli plastici o metallici;	90-100
Tetti piani ricoperti di materiale plastico od in lamiera metallica.	
Tetti piani con rivestimento in lastre di cemento o similamente lastricati;	80
Tetti piani rivestiti in asfalto	
Tetti piani con rivestimento in ghiaia	60
Tetti a verde intensivo	30
Tetti a verde estensivo	50

Tabella 3.3- Coefficiente di deflusso associato a vari tipi di superficie (Fanizzi, 2008)

Successivamente occorre calcolare il **fabbisogno medio annuo**, utilizzando valori medi oppure mediante delle schede fornite dalle ditte produttrici di impianti, che in funzione del numero di utenti, del tipo di apparecchi utilizzati e dell'uso irriguo previsto consentono di stabilire il quantitativo di acqua di servizio medio annuo.

Azione	Fabbisogno di acqua (litri/abitante · giorno)	n° di abitanti	periodo (gg)	Fabbisogno di acqua (litri/anno)
Risciacquo WC	24	4	365	35.040
Lavatrice	10	4	365	14.600
Pulizie	2	4	365	2.920
<i>Sommatoria fabbisogno annuo (litri/anno)</i>				52.560

Uso irriguo	Fabbisogno annuo specifico (litri /m ²)	superficie (m ²)	Fabbisogno di acqua (litri/anno)
Orto	60	100	6.000
Aree verdi con terreno leggero (giardino)	200	200	40.000
<i>Somma del fabbisogno annuo di acqua (litri/anno)</i>			46.000
<i>Fabbisogno totale annuo (litri/anno)</i>			98.560

Tabella 3.4- Modello di scheda utilizzata dai fornitori di impianti per stimare il fabbisogno idrico annuo (www.inderst.it)

A questo punto si calcola il **tempo secco medio**, ovvero la quantità di settimane o giorni durante i quali si può verificare assenza di precipitazioni meteoriche. Tale valore può essere desunto dall'analisi dei dati di pioggia o valutato mediante la seguente espressione (Fanizzi, 2008)

$$T_{SM} = \frac{(365 - F)}{12}$$

dove:

T_{SM} : tempo secco medio [d];

F : frequenza di pioggia, rappresentata dal numero di giorni piovosi in un anno [d].

La determinazione analitica, del **volume di stoccaggio** è data, infine, dalla seguente equazione:

$$V_R = T_{SM} \cdot \frac{\text{Fabbisogno medio annuo}^*}{365}$$

dove:

V_R = Volume idrico di riserva [litri].

T_{SM} = tempo secco medio [d]

* Se si ottiene che l'apporto annuo di acqua piovana V è superiore al fabbisogno totale annuo, per il calcolo del volume del serbatoio si

considera quest'ultimo dato, altrimenti si usa il valore medio tra il volume annuo di acqua piovana V cumulabile e il fabbisogno totale annuo.

Esempio di calcolo

Ad esemplificazione di quanto definito si riporta un'applicazione numerica, utilizzando il modello fornito dalle norme tecniche sopra citate.

Si applica il metodo di calcolo al caso di una abitazione monofamiliare con tetto piano di 250 m² di superficie di captazione, in coppi, situata a Bologna, con un afflusso medio annuo di 795 mm. Si considera un nucleo familiare composto da 4 persone ed avente un'area scoperta pertinenziale, a verde, di 200 m², di cui 50 m² destinati ad orto ed la restante parte a giardino.

Calcolo dell'apporto annuo di acqua piovana (massima quantità di acqua teoricamente cumulabile):

$$V = \varphi \cdot S \cdot P \cdot \eta = 0,9 \cdot 200 \cdot 795 \cdot 0,95 = 135.945 \text{ litri/anno}$$

Calcolo del fabbisogno annuo d'acqua di servizio:

_ tazza igienica domestica:

8.760 litri/anno ad utenza · 4 utenze = 35.040 litri/anno

_ lavatrice:

3.650 litri/anno ad utenza · 4 utenze = 14.600 litri/anno

_ pulizie:

730 litri/anno ad utenza · 4 utenze = 2.920 litri/anno

_ irrigazione orto:

(60 litri/anno · m²) · 50 m² = 3.000 litri/anno

- irrigazione giardino:

(200 litri/anno · m²) · 150 m² = 30.000 litri/anno

Fabbisogno annuo acqua di servizio = 85.560 litri/anno

Poiché l'apporto annuo d'acqua piovana (169.931 litri) è superiore al fabbisogno idrico necessario (85.560 litri), per i calcoli successivi, come valore di V , si considera il fabbisogno. Il tempo secco che si considera è

di 24 giorni, che è il dato medio per Bologna con un periodo di ritorno di un anno.

Calcolo del volume necessario alla riserva idrica:

$$V_R = T_{SM} \cdot \frac{V_{MC}}{365} = 24 \cdot \frac{85.560}{365} = 11.173 \text{ litri}$$

La grandezza ottimale della cisterna, da destinare all'accumulo dell'acqua piovana è quindi di 11,5 m³.

Il metodo appena illustrato non appare del tutto soddisfacente, infatti non approfondisce alcuni aspetti che occorre tenere in considerazione quando si progetta un nuovo impianto. Non consente, infatti, di determinare l'efficienza del sistema, un parametro importante nell'ottica di valutare la convenienza della realizzazione di un impianto di raccolta di acqua piovana. Inoltre, la valutazione del fabbisogno idrico non parte da un'analisi dei consumi realistica, ma da valori prefissati i quali possono discostarsi anche di molto dai consumi reali.

Capitolo 4. Valutazione dell'efficienza dei sistemi di raccolta e riuso dell'acqua piovana

4.1. Analisi casi di studio

4.1.1. Riutilizzo delle acque di pioggia in Germania: efficienza, dimensionamento, aspetti idrici e ambientali (Herrmann, Schmida, 2000)

Lo studio affronta due questioni principali:

- _ valutare gli effetti positivi derivanti dall'utilizzo dei sistemi di raccolta dell'acqua piovana sul sistema di drenaggio urbano
- _ quantificare il risparmio idrico per gli utenti che utilizzano tali sistemi.

Per il primo aspetto di indagine sono state condotte delle simulazioni, tramite il software RWIN, sulla base dei valori di 10 anni di precipitazione (1981-1990) e per una serie di volumi di stoccaggio, di dimensioni del tetto e di stime sui consumi idrici. Sono stati in seguito calcolati l'efficienza del sistema, la frequenza e volumi degli eventi di overflow e l'effetto di ulteriori volumi di ritenzione all'interno di serbatoi.

Per quanto riguarda la seconda questione sono stati analizzati due casi di studio tipici: una abitazione unifamiliare ed un edificio a quattro piani a Bochum, in Germania. Nella tipologia di sistemi di raccolta presi in considerazione nello studio non vengono considerati i deviatori delle acque di prima pioggia poiché ritenuti di scarsa efficienza all'aumentare del flusso e inefficienti nel tempo a causa di problemi di intasamento dovuto ai pollini e ad altre particelle. Nello specifico vengono esaminati i risultati relativi ad un sistema classico a deviazione totale del deflusso del tetto e ad un sistema che preveda nel serbatoio un volume di ritenzione aggiuntivo la cui funzione non è quella di soddisfare la domanda degli utenti, ma solo di tamponare i flussi di picco scaricati in fognatura durante gli eventi meteorici. La media dei consumi pro capite per abitazione viene assunta tra i 100 e i 145 litri/giorno.

Si costruiscono i diagrammi che mettono in relazione l'efficienza del sistema con una serie di valori di consumo, volumi di stoccaggio e superfici del tetto.

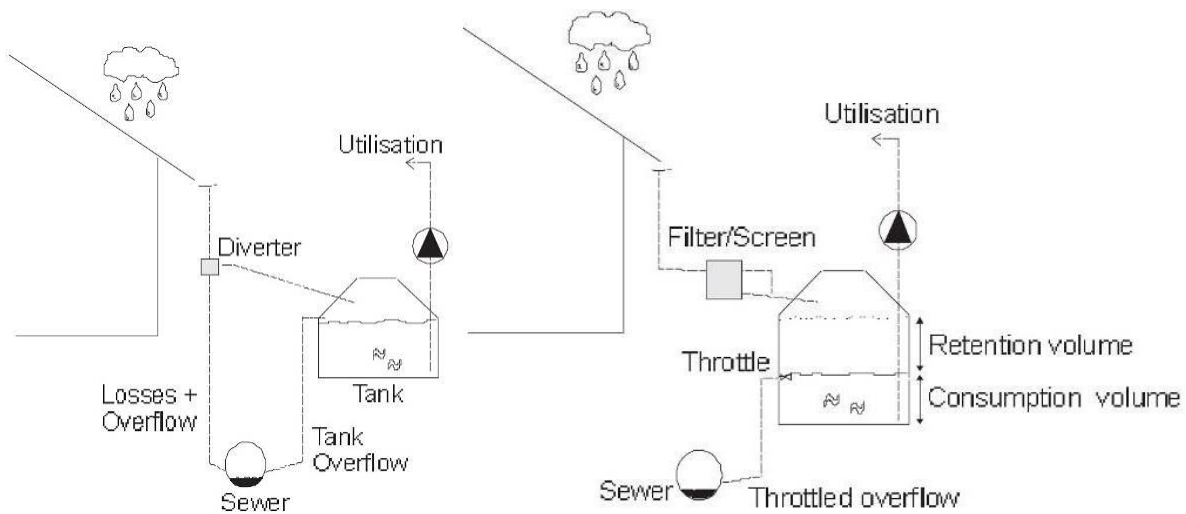


Figura 4.1- a) Sistema di raccolta delle acque piovane a deviazione totale; b) sistema di raccolta con volume di ritenzione aggiuntivo (Herrmann, Schmida, 2000)

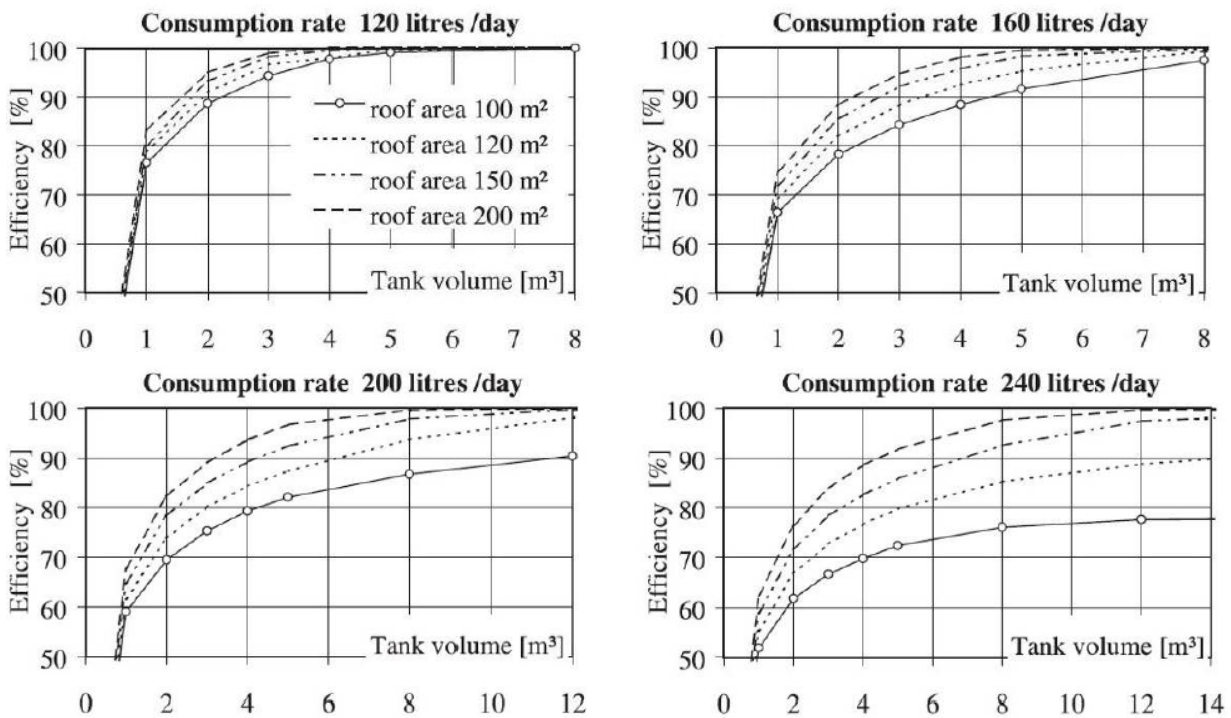


Figura 4.2- Relazioni tra efficienza del sistema e volumi di stoccaggio al variare delle quote di consumo e della superficie di captazione (Herrmann, Schmida, 2000)

I diagrammi vengono poi riassunti in un unico grafico, nel quale si ricava l'efficienza in funzione dei consumi specifici -ovvero rapportati all'area del tetto- al variare dei volumi di stoccaggio specifici -cioè rapportati anch'essi all'area del tetto-. L'efficienza è intesa come percentuale di acqua di servizio fornita dalla raccolta dell'acqua piovana.

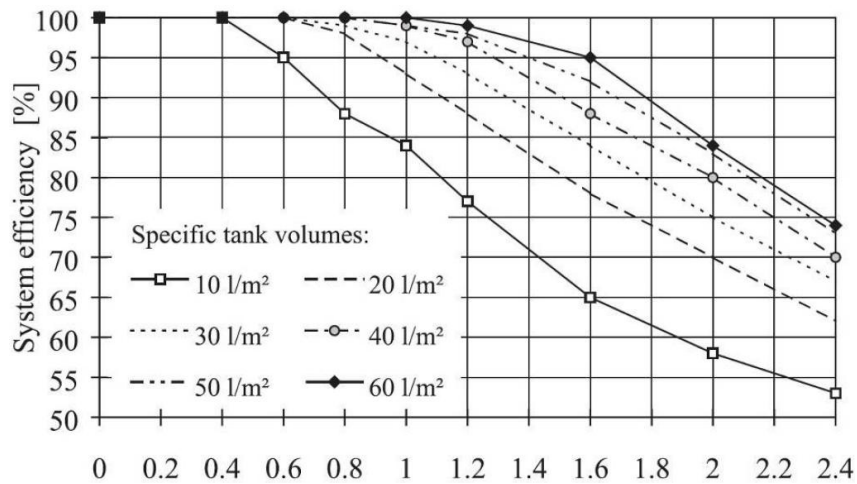


Figura 4.3- Relazioni tra efficienza del sistema e consumi specifici al variare dei volumi di stoccaggio (Herrmann, Schmida, 2000)

Si ottiene quindi che il risparmio di acqua potabile per una famiglia di quattro persone è stimato tra il 30% e il 60% utilizzando serbatoi da 4-6 m³. Nello studio vengono inoltre analizzati frequenza e volumi degli eventi di overflow (scarico in fognatura) ed in particolare vengono esaminati i deflussi durante gli undici eventi di pioggia più intensi verificatisi durante i dieci anni della modellazione, osservando significative riduzioni dei volumi scaricati in fognatura quando si adottano sistemi per la raccolta dell'acqua piovana.

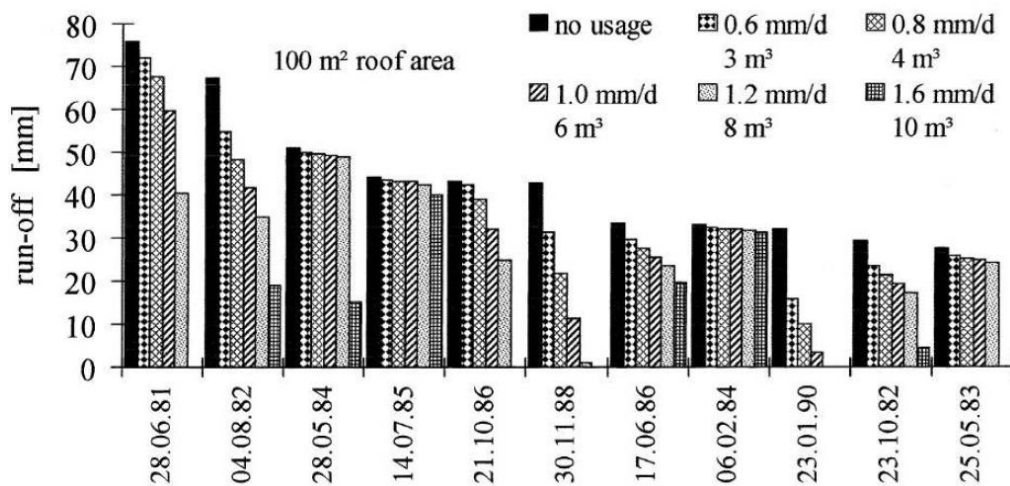


Figura 4.4- Riduzione del deflusso durante undici eventi meteorici (1976-1986), in relazione ai consumi specifici a al volume del serbatoio (Herrmann, Schmida, 2000) Per quanto riguarda l'uso di un volume di ritenzione aggiuntivo, viene analizzato il deflusso durante il più violento evento meteorico del periodo della modellazione, per un'area di 200 m² e un consumo specifico di 1 mm/d

con un serbatoio di 6 m³. Il grafico del livello dell'acqua nel serbatoio mostra gli effetti del volume di 6 m³ nel deflusso dell'acqua. L'aggiunta di un volume aggiuntivo di 9,5 m³ riduce lo scarico in fognatura a zero.

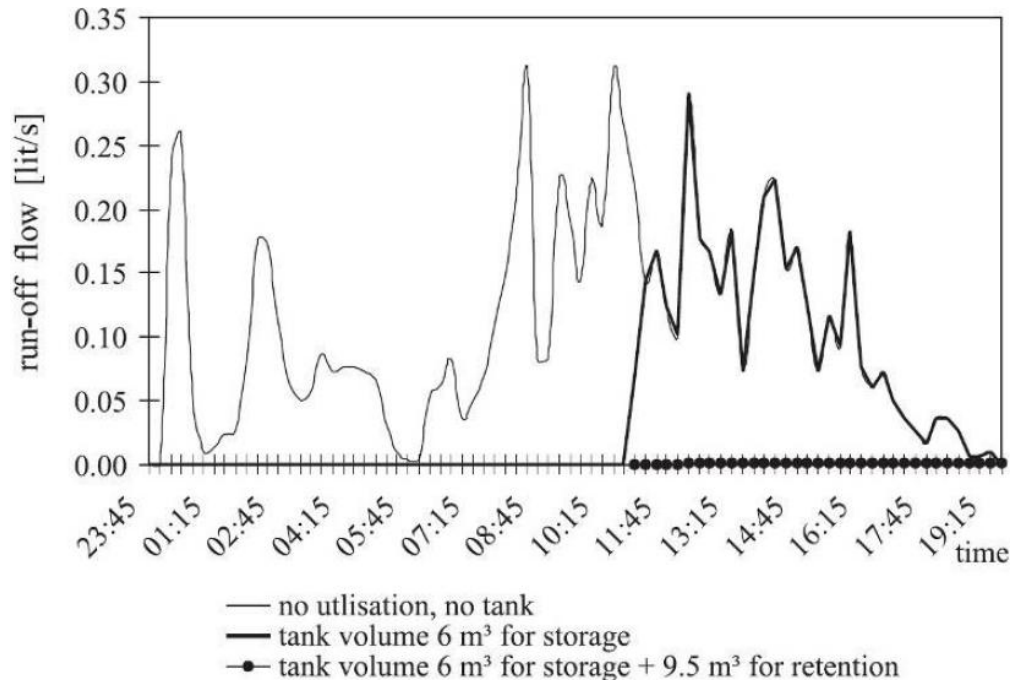


Figura 4.5- Deflusso durante il più violento evento meteorico del periodo della modellazione, per un'area di 200 m² e un consumo specifico di 1mm/d (Herrmann, Schmida, 2000)

Il risparmio idrico per gli utenti è stato calcolato valutando il bilancio idrico annuale per una abitazione unifamiliare e per un edificio a più piani, negli anni dal 1976 al 1986. Il serbatoio di stoccaggio di acqua piovana in entrambi i casi è stato dotato del volume di ritenzione aggiuntivo, e come riutilizzi possibili si considerano quelli relativi al risciacquo del WC, all'innaffiamento del giardino e alla lavatrice nel caso di casa unifamiliare; nell'edificio a più piani invece si considera il solo risciacquo del WC. I parametri utilizzati sono riassunti nelle seguenti tabelle:

Area tetto	150 m ²
Numero di persone	4
Consumo di acqua di servizio	160 litri/giorno=1,1 mm/giorno
Volume del serbatoio	6 m ³
Volume di ritenzione aggiuntivo	15 m ³
Periodo della modellazione	1976-1986 (11 anni)
Efficienza	98%

Tabella 4.1- Parametri idrologici nel caso di studio di una casa unifamiliare (Herrmann, Schmida, 2000)

Area tetto	320 m ²
Numero di persone	24
Consumo di acqua di servizio	480 litri/giorno=1,5 mm/giorno (solo risciacquo WC)
Volume del serbatoio	14 m ³
Volume di ritenzione aggiuntivo	35 m ³
Periodo della modellazione	1976-1986 (11 anni)
Efficienza	91%

Tabella 4.2- Parametri idrologici del caso di studio di un edificio a quattro piani (Herrmann, Schmida, 2000)

In fig. 4.6 sono riportati i valori annuali per l'abitazione unifamiliare, dai quali si trae che il consumo di acqua piovana rimane stabile nel tempo, i volumi di scarico di troppo pieno variano a seconda delle precipitazioni annuali, mentre i volumi di acqua potabile da reintegrare sono trascurabili.

In fig. 4.7 viene riportato il bilancio per l'edificio a quattro piani. Si può riscontrare come la percentuale di consumo di acqua piovana sia più elevata, mentre i volumi di *overflow* siano ridotti. Il reintegro di acqua potabile è di circa il 10% del consumo di acqua di servizio ed aumenta negli anni meno piovosi. I risultati ottenuti in questa prima esperienza hanno mostrato che nei casi esaminati, i sistemi per la raccolta ed il riutilizzo dell'acqua piovana sono efficaci nel ridurre i consumi di acqua potabile, mentre per quanto riguarda l'aspetto del drenaggio urbano la caratterizzazione degli eventi di *overflow* indica che l'utilizzo di tali sistemi è efficace quando applicati ad edifici a più piani e quartieri densamente popolati. Infatti nei casi di un elevato consumo specifico di acqua si riduce sensibilmente la quantità d'acqua scaricata in fognatura e in alcune condizioni si azzerava completamente tale valore.

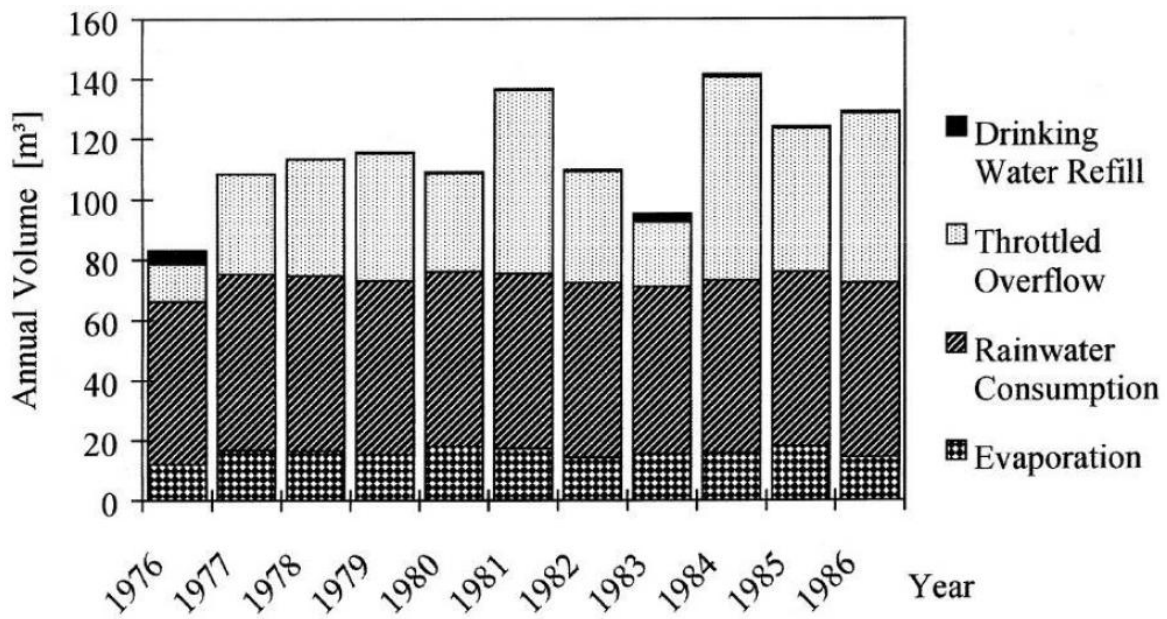


Figura 4.6- Bilancio idrico per una casa unifamiliare a Bochum (Herrmann, Schmida, 2000)

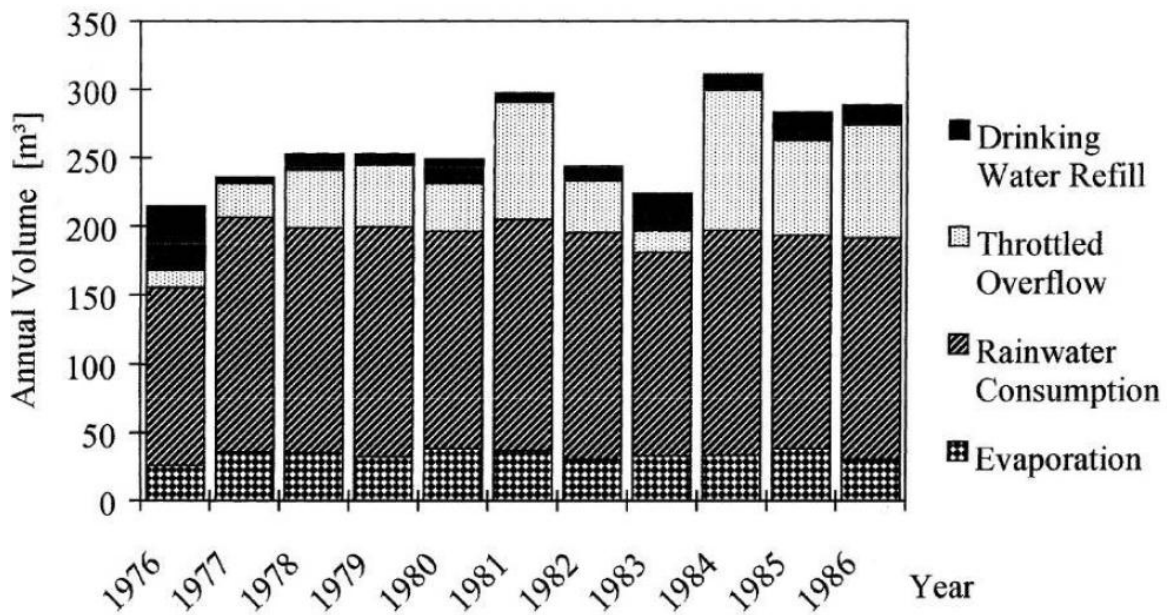


Figura 4.7- Bilancio idrico per un edificio a quattro piani a Bochum (Herrmann, Schmida, 2000)

4.1.2. Sistemi localizzati di riuso delle acque reflue e meteoriche in ambiente urbano (Freni, 2007)

Questo studio, effettuato in Italia ad opera del Dipartimento di Ingegneria Idraulica ed Applicazioni Ambientali dell'Università di Palermo, ha due obiettivi principali:

- _ stimare il potenziale risparmio di acqua potabile mediante l'utilizzo di un sistema di raccolta dell'acqua piovana
- _ valutare gli effetti positivi nella gestione del drenaggio urbano.

Lo studio è basato su una simulazione a lungo termine, svolta utilizzando i dati di pioggia registrati a Palermo, in area urbana, per 12 anni. Utilizzando un modello concettuale semplificato che rappresenta il sistema di raccolta, sono stati rilevati i dati riguardo alla riduzione della domanda residenziale di acqua dolce (efficienza nel riuso dell'acqua) e alla riduzione dei deflussi piovosi da consegnare alla rete fognaria (efficienza nello scarico fognario). In figura sono rappresentati il sistema di raccolta e lo schema del modello adottato nello studio. Nello schema si vede come i primi volumi di deflusso meteorico sono intercettati dalla vasca di prima pioggia e avviati alla fognatura. Quando il serbatoio per il riuso è pieno, i volumi in eccesso vengono sfiorati in fognatura.

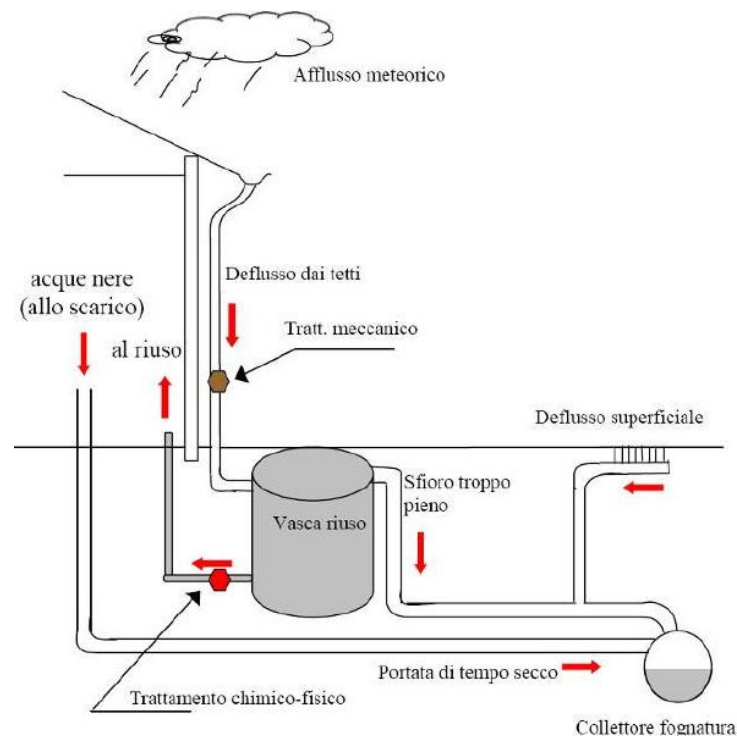


Figura 4.8- Impianto di raccolta dell'acqua piovana adottato per lo studio effettuato a Palermo (Freni, 2007)

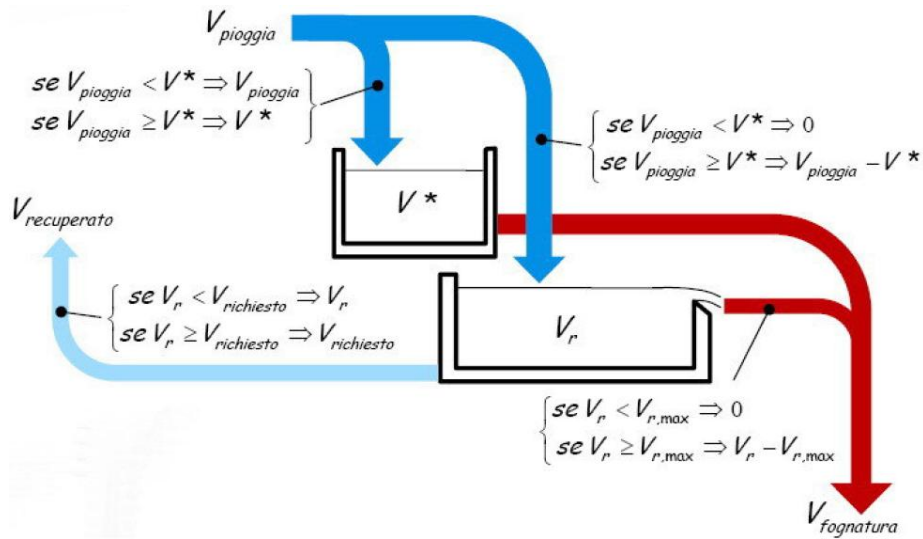


Figura 4.9- Schematizzazione del modello adottato nello studio effettuato a Palermo (Freni, 2007)

I dati sulle precipitazioni fanno riferimento agli anni dal 1993 al 2004. Le condizioni meteorologiche di Palermo sono tipicamente mediterranee con estate secca e calda e pioggia da ottobre ad aprile. La media annua delle precipitazioni è di circa 600 mm, per cui il clima locale non può essere considerato arido. Tuttavia, il più lungo periodo secco è mediamente di 64 giorni e, per questo motivo, l'area può essere sottoposta a periodiche siccità che possono essere attenuate riutilizzando l'acqua piovana.

Densità abitativa (ab/ha)	Domanda di acqua da riuso (litri/(ab·giorno))		
	10-30	30-40	40-60
100-200	1-6	3-8	4-12
200-300	2-9	6-12	8-18
300-600	3-18	9-24	12-36

Tabella 4.3- Valutazione della Domanda specifica $D=d \cdot p$ ($m^3/ha \cdot$ giorno) in funzione della densità di popolazione e della domanda di acqua da riuso (Freni, 2007)

I parametri di riferimento utilizzati nello studio sono la densità abitativa e la domanda di acqua per riuso (d). La densità abitativa è stata divisa in tre classi, così come la domanda di acqua, come mostrato in tabella. I riusi possibili considerati per l'acqua piovana sono il risciacquo del WC, il giardinaggio e il pre-lavaggio in lavatrice. Moltiplicando la domanda di acqua piovana per la densità abitativa, si ottiene la domanda di acqua piovana per area (D), ovvero la domanda

specificata, che è il principale parametro utilizzato nei grafici ottenuti nello studio.

Le diverse configurazioni analizzate sono state confrontate con due tipi di efficienze:

_ η_{reuse} : l'efficienza nel riuso, definita come il rapporto tra l'acqua piovana richiesta dall'utente e l'acqua di pioggia fornita; questo valore è pari a 1 se tutti i volumi di acqua piovana richiesti sono forniti all'utente.

_ η_{sewer} : l'efficienza nella riduzione dei deflussi meteorici in fognatura, definita come il rapporto tra i volumi di acqua piovana forniti per il riuso e il volume totale dei deflussi meteorici; questo valore è pari a 1 se tutti i deflussi meteorici su un'area specifica sono conservati per il riuso e non vi è scarico in fognatura di acqua piovana.

L'analisi dell'efficienza è stata effettuata con una simulazione a lungo termine, a partire dai dati di pioggia già citati e supponendo costante la domanda di acqua piovana per l'intero periodo analizzato. Inizialmente è stata considerata una configurazione senza separazione delle acque di prima pioggia, con l'obiettivo di massimizzare l'efficienza di riutilizzo delle acque piovane.

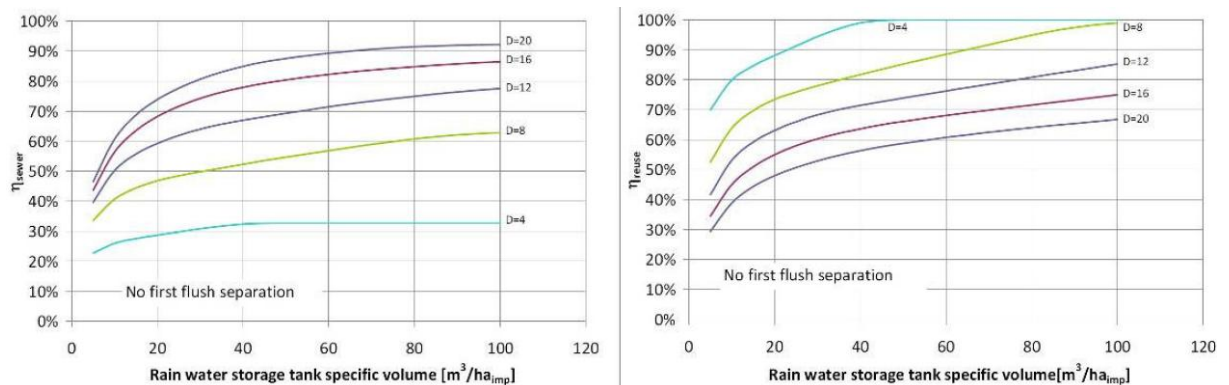


Figura 4.10- Efficienza nel riuso di acqua piovana e nella riduzione degli scarichi in fognatura senza separazione delle acque di prima pioggia in funzione della domanda specifica D [$m^3/ha \cdot giorno$] (Freni, 2007)

Per ottenere un'alta efficienza di riuso con un incremento della domanda specifica, il volume del serbatoio di raccolta deve crescere di conseguenza; dualmente, fissando il volume del serbatoio, l'efficienza di riuso η_{reuse} cala rapidamente se la domanda specifica cresce. Viceversa,

fissando il volume del serbatoio di stoccaggio, l'efficienza dei deflussi in fognatura aumenta rapidamente se la domanda specifica cresce; ciò può essere facilmente giustificato dal fatto che aumentando la richiesta di acqua piovana il serbatoio si svuota rapidamente. Il riutilizzo della prima parte degli eventi di pioggia però può dare alcuni problemi connessi con gli inquinanti dilavati; per questo motivo, la separazione di tali volumi di acqua è necessaria. La fig. 4.11 mostra i risultati ottenuti utilizzando un serbatoio per la separazione delle acque di prima pioggia di volume pari a $20 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{imp}}$. In questo caso, l'efficienza nel riuso diminuisce rapidamente, in quanto parte dell'acqua piovana non è più disponibile per il riutilizzo e perché gli eventi di pioggia caratterizzati da volumi inferiori a quello di separazione della prima pioggia non verranno più utilizzati per riempire il serbatoio di stoccaggio delle acque piovane. L'efficienza per la fognatura, al contrario, aumenta progressivamente in quanto una certa quantità di pioggia non verrà scaricata nella rete fognaria.

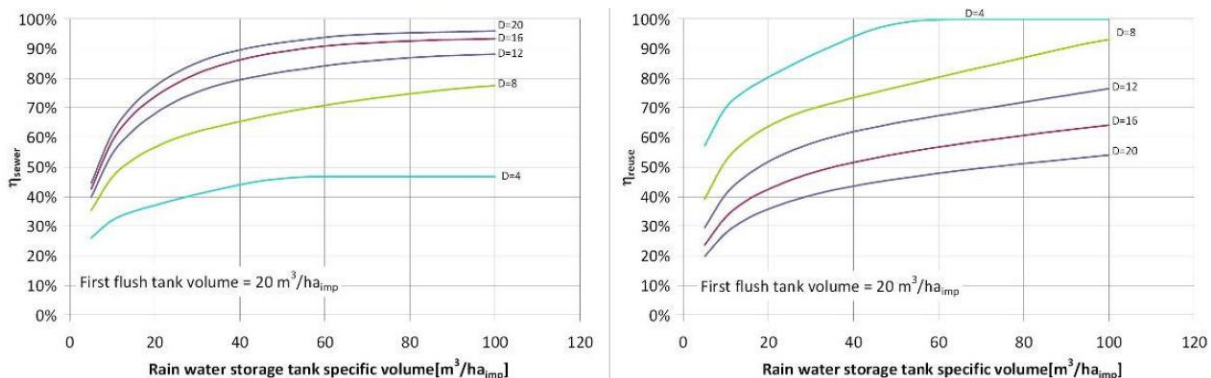


Figura 4.11- Efficienza nel riuso di acqua piovana e nella riduzione degli scarichi in fognatura con serbatoio di raccolta delle acque di prima pioggia di $20 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{imp}}$ in funzione della domanda specifica D [$\text{m}^3/\text{ha}\cdot\text{giorno}$] (Freni, 2007)

La fig.4.12 mostra il caso in cui il volume del serbatoio di raccolta delle acque di prima pioggia sia pari a $100 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{imp}}$. In questo caso la domanda specifica ha una notevole influenza nell'efficienza nel riuso, infatti all'aumentare della domanda specifica l'efficienza cala rapidamente, mentre non ha praticamente nessuna influenza nell'efficienza dello scarico in fognatura.

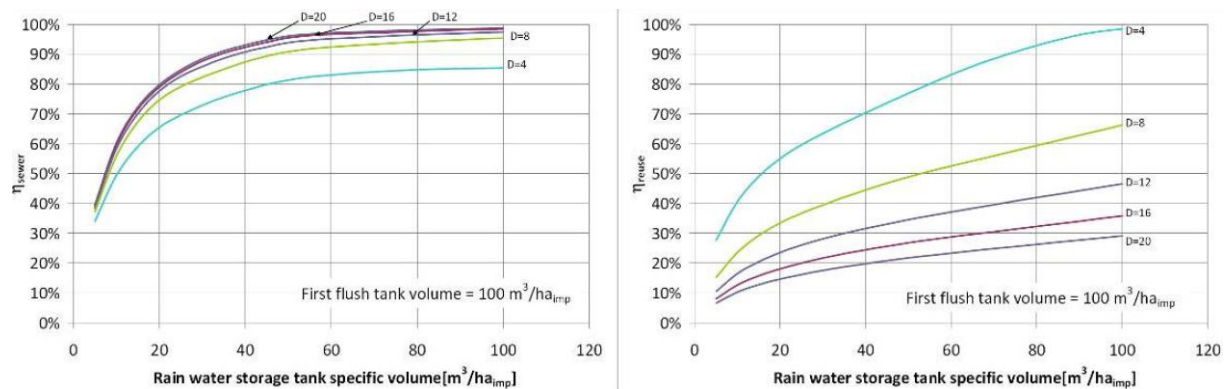


Figura 4.12- Efficienza nel riuso di acqua piovana e nella riduzione degli scarichi in fognatura con serbatoio di raccolta delle acque di prima pioggia di $100 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{imp}}$ in funzione della domanda specifica D [$\text{m}^3/\text{ha}\cdot\text{giorno}$] (Freni, 2007)

Dallo svolgimento di tale studio è emerso chiaramente che l'efficienza nel riutilizzo dell'acqua piovana dipende fortemente dal rapporto tra

- _ disponibilità di superfici impermeabili
- _ domanda di acqua piovana
- _ densità di popolazione;

quando la combinazione di questi fattori è troppo sbilanciata da un eccesso di richieste o ridotta disponibilità di deflusso, sono necessari serbatoi di raccolta troppo grandi. Per quanto riguarda il risparmio di acqua potabile si possono ottenere dei significativi risultati, ma i volumi specifici richiesti sono elevati se la domanda specifica cresce. Tuttavia, a scala locale, tali volumi sono paragonabili ai volumi di serbatoi già adottati dalla popolazione per conservare l'acqua potabile nei periodi di distribuzione intermittente. Infine, il riutilizzo dell'acqua piovana produce sicuri benefici ambientali poiché può ridurre notevolmente i deflussi scaricati in fognatura in tempo di pioggia e quindi i volumi e la frequenza degli overflow del sistema fognario. Lo studio è stato basato sui dati della città di Palermo (Italia) ed i risultati possono variare in funzione del luogo. Tuttavia, esso dimostra che in determinate condizioni i vantaggi sono significativi, soprattutto in una zona del Mediterraneo che, in futuro, potrà essere notevolmente influenzata dai cambiamenti climatici.

4.1.3. Raccolta delle acque di pioggia e trattamento delle acque grigie: sistemi per l'applicazione domestica in Irlanda (Li, Boyle, Reynolds, 2011)

Lo studio si svolge appunto in Irlanda, paese relativamente ricco di acqua grazie alla grande abbondanza di piogge, ma che nel futuro potrebbe ritrovarsi in condizioni di scarsità specialmente nelle aree urbane. Il consumo di acqua pro capite in Irlanda è infatti uno dei più alti in Europa, e la domanda è in continua crescita in quanto collegata all'aumento di qualità della vita. Il riuso delle acque di pioggia a scala edilizia e il trattamento delle acque grigie può sopperire, secondo lo studio, al 94% del fabbisogno domestico irlandese. Nel 2006 i consumi di acqua per uso domestico sono stati circa il 60% del totale, mentre il settore agricolo, commerciale e industriale si sono spartiti il restante 40% (Environmental Protection Agency, 2006).

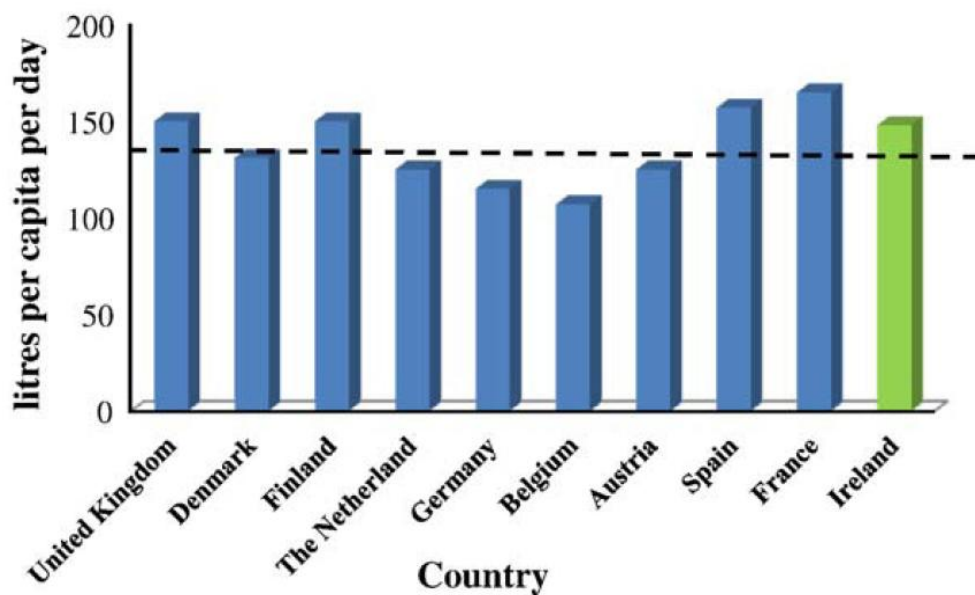


Figura 4.13- Consumo domestico giornaliero pro capite in alcuni paesi europei nel 2006 (Environment Agency, 2008)

In una tipica abitazione, il consumo di acqua per scarico del WC, igiene personale, lavatrice e lavastoviglie è di gran lunga maggiore di quello per bere e cucinare.

I mutamenti climatici in atto suggeriscono un futuro caratterizzato da estati più calde e secche, e da inverni più lunghi e più piovosi. Le stime sulla crescita affermano che la popolazione potrebbe incrementare di circa

500.000 unità in 10 anni circa portando così la popolazione da 4,5 a 5 milioni di persone.

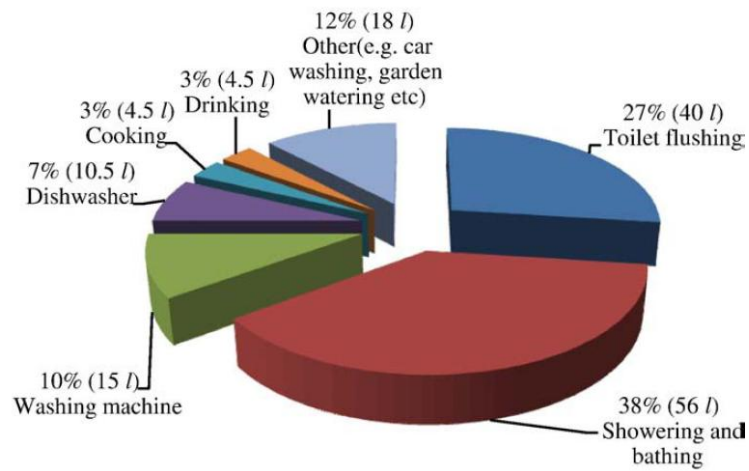


Figura 4.14- Utilizzo pro capite giornaliero di acqua potabile (Environmental Protection Agency, 2006)

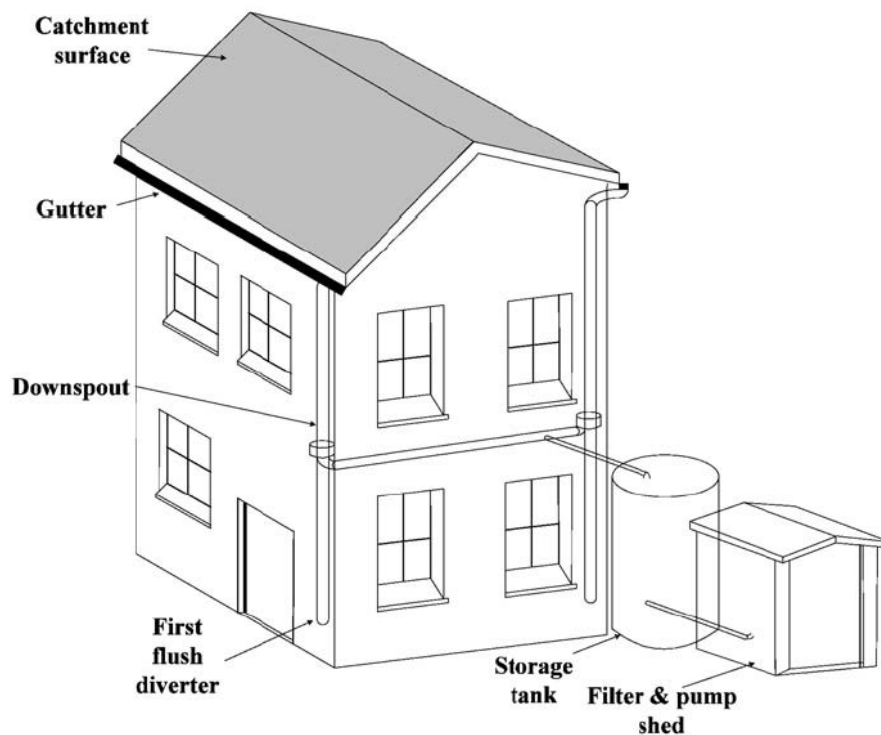


Figura 4.15- Tipico sistema di raccolta e stoccaggio di acqua piovana (Li, Boyle, Reynolds, 2011)

Il costo di realizzazione di un sistema del genere è ancora abbastanza alto, e il tempo di ritorno dell'investimento può andare dai 7 ai 20 anni,

anche se l'incremento dei prezzi dell'acqua erogata dai sistemi tradizionali potrebbe far diminuire la lunghezza di questo periodo.

L'aspetto più interessante dello studio svolto in Irlanda è quello del trattamento delle acque grigie. Per acque grigie si intendono in questo caso quelle che derivano da operazioni di lavaggio e quindi includono doccia, lavandino, lavabo, lavatrice, lavastoviglie. Le acque grigie sono circa il 50-80% del totale dell'acqua scaricata in fognatura dall'abitazione, e il loro riutilizzo potrebbe rappresentare la più grossa parte di risparmio idrico a livello dell'abitazione, nonché il loro trattamento può sgravare la rete acquedottistica mantenendone così un alto livello qualitativo. Le acque grigie sono molto più inquinate di quelle di pioggia, e contengono residui di detersivi e saponi, possono quindi essere usate per lo scarico del WC o per usi esterni all'abitazione come il lavaggio della macchina o l'irrigazione. Provenendo dall'attività dell'uomo questo tipo di acque è sempre presente in abbondanza.

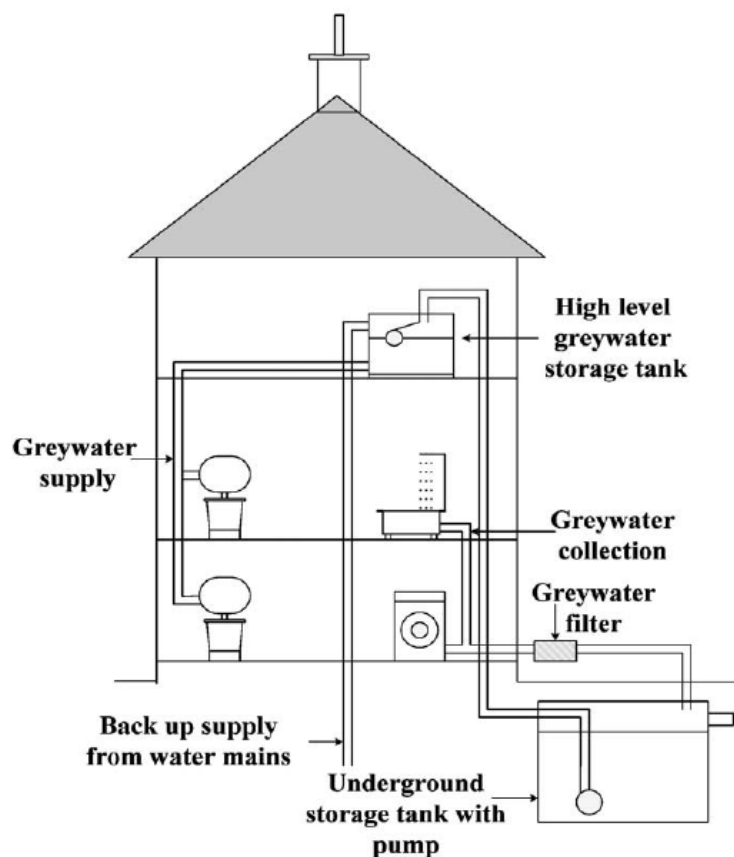


Figura 4.16- Tipico sistema di trattamento domestico delle acque grigie
(Li, Boyle, Reynolds, 2011)

4.1.4. Una valutazione comparativa sull'uso di sistemi di raccolta dell'acqua piovana in edifici singoli e multipiano nell'area metropolitana di Barcellona (Spagna): esperienza sociale, risparmio di acqua potabile e costi economici (*Domènech, Saurí, 2010*)

Paradossalmente l'acqua viene considerata, in Spagna, come un rischio più che come una risorsa. Lo scetticismo a proposito dell'uso di tecnologie di raccolta dell'acqua piovana è infatti ancora prevalente, anche nelle zone caratterizzate da lunghi periodi di siccità. Alcune regioni comunque, come l'area metropolitana di Barcellona, hanno iniziato a promuovere il riuso dell'acqua piovana con specifici regolamenti e incentivi. In Catalogna, ad esempio, alcune municipalità hanno approvato regolamenti di risparmio che richiedono agli edifici di nuova costruzione con una certa area pertinenziale a giardino di prevedere un impianto di raccolta dell'acqua piovana. Lo studio vuole valutare l'efficienza dell'uso di queste tecnologie nei due principali tipi di abitazione di Barcellona (abitazione unifamiliare ed edificio multipiano), analizzando abitudini e consumi attuali e percepiti, risparmio di acqua potabile e costi economici. Nonostante le basse quantità di precipitazione e la loro grande variabilità nel corso dell'anno, i bilanci giornalieri mostrano come la quantità di acqua per lo scarico del WC richiesta da una abitazione monofamiliare possa essere soddisfatta da un piccolo serbatoio. Le acque di pioggia potrebbero inoltre sopperire al 60% del fabbisogno per quanto riguarda l'irrigazione di orti e giardini sia in abitazioni monofamiliare che in condomini. Il principale problema riscontrato è il fatto che investimenti di questo genere abbiano tempi di ritorno molto lunghi, anche se i benefici per l'ambiente e per la società sarebbero apprezzati notevolmente da tutti i cittadini.

L'area di studio è quella di Sant Cugat del Vallès, un sobborgo di Barcellona che nel 2002 ha emanato un regolamento che obbligava la costruzione di un sistema di raccolta dell'acqua di pioggia in tutte le abitazioni con un verde pertinenziale di almeno 300 m², e dava incentivi a chi lo avesse costruito volontariamente anche senza esserne obbligato. Otto anni dopo altri 40 comuni della Catalogna sarebbero stati dotati di una legislazione simile. Sant Cugat del Vallès è caratterizzato da un regime di pioggia scarso e poco costante, da un consumo di acqua pro capite di 161 litri/ab·giorno (*EMA -Entitat del Medi Ambient-, 2009*), e da una costante crescita demografica (dai 30.000 abitanti del 1980 ai 75.000 del 2009).

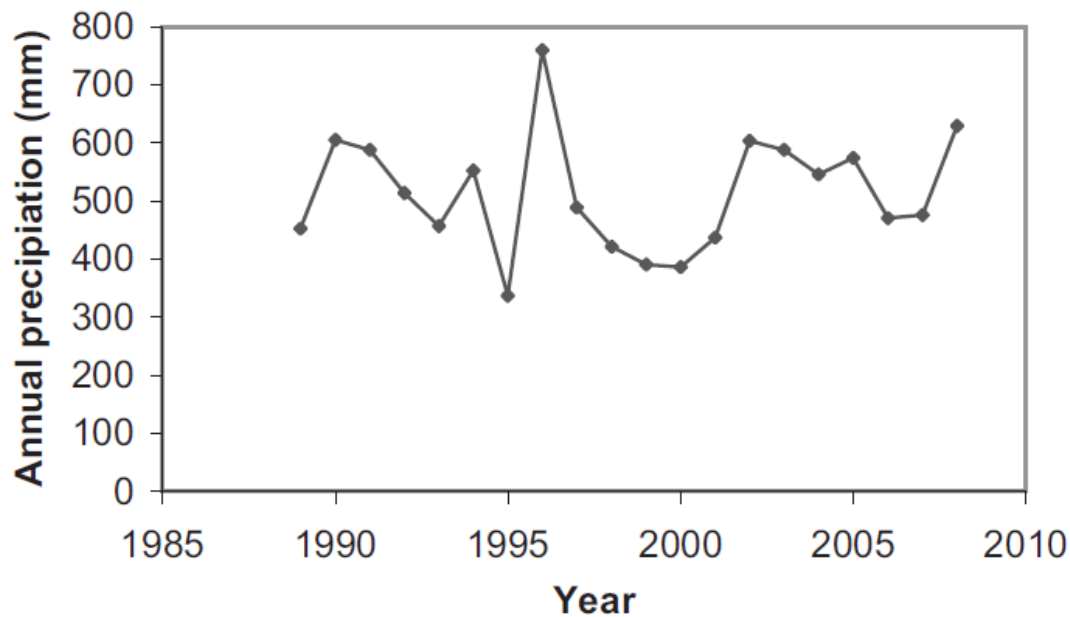


Figura 4.17- Precipitazioni annuali a Sant Cugat del Vallès, 1989-2008
(Domènech, Saurí, 2010)

In questa cittadina ci sono zone sia ad alta che a bassa densità abitativa. L'area a bassa densità, costituita principalmente da abitazioni unifamiliari isolate, occupa i due terzi del territorio urbano; i due terzi della popolazione invece risiedono in un terzo del territorio che consiste in zone ad alta densità abitativa e in edifici multipiano. L'efficienza del sistema è definita come la percentuale di acqua potabile rimpiazzata da acque di pioggia in rapporto alla domanda totale. A Sant Cugat del Vallès il risparmio idrico è stato calcolato attraverso un software utilizzando valori giornalieri di pioggia per una serie di 20 anni (1989 - 2008); il software è inoltre in grado di determinare le dimensioni migliori per il serbatoio dati una serie di parametri di progetto. La capacità del serbatoio più indicata è quella per la quale il risparmio idrico cresce di una quantità inferiore all'1% se si aumenta la capienza del serbatoio di 1000 litri. Nel calcolo del bilancio economico, al risparmio dell'acqua vanno sempre aggiunti i benefici ambientali e sociali portati da queste abitudini.

Variable	Single family house	Multi-family building
Rooftop catchment area	107 m ²	625 m ²
Run-off coefficient	0.85	0.85
Number of residents (IDESCAT, 2001)	3	42 (14 flats–5 storeys)
Toilet demand (Domene <i>et al.</i> , 2004)	27 LCD	30 LCD
Laundry demand (Domene <i>et al.</i> , 2004)	16 LCD	16 LCD
Garden size	200 m ²	300 m ²
Garden demand (Domene, 2002) ^a	Winter = 46 l/day Spring = 146 l/day Summer = 529 l/day Autumn = 23 l/day	Winter = 69 l/day Spring = 219 l/day Summer = 793 l/day Autumn = 34 l/day

^a A standard garden with 30% of grass and 35% of shrubs is taken as a reference.

Tabella 4.4- Principali caratteristiche di una abitazione monofamiliare e di un edificio multipiano a Sant Cugat del Vallès (Domènech, Saurí, 2010)

Item	Single family building (€)	Multi-family building (€)
5 m ³ tank		2872
10 m ³ tank		4466
15 m ³ tank		6554
20 m ³ tank		7714
30 m ³ tank		10,150
40 m ³ tank		12,470
50 m ³ tank	12,644	
Installation	700	
Pump (garden)	750	750
Pump (toilet/laundry)	750	2000
Piping (toilet/laundry)	300	1200
Filter	400	400
Maintenance (€/year)	50	300
Cost of electricity(€/kwh)		0.1

Tabella 4.5- Sommatoria dei costi di capitalizzazione e di manutenzione di sistemi di raccolta dell'acqua piovana in edifici di nuova costruzione (Domènech, Saurí, 2010)

La raccolta dell'acqua attraverso la superficie di captazione del tetto a Sant Cugat del Vallès potrebbe potenzialmente coprire il 16% della domanda totale di acqua della città, considerando un coefficiente di deflusso pari a 0,8. Questa percentuale ricade nel range calcolato in altri studi: in Giordania il risparmio stimato è compreso tra lo 0,27% e il 19,7% a seconda del governatorato (Abdulla, Al-Shareef, 2009); nel Brasile sud-orientale si ha una media del 41% con valori limite 12%-79% a seconda della città

studiata (Ghisi, Lapolli Bressan, Martini, 2007). Una analisi più dettagliata del risparmio idrico prodotto dalla raccolta dell'acqua di pioggia ha mostrato che l'efficienza dei sistemi dipende anche dall'uso dell'acqua e dal tipo di abitazione considerato. La regolamentazione locale promuove la raccolta soprattutto per scopi irrigui, ma permette anche l'utilizzo per altre situazioni nelle quali non è richiesta la potabilità dell'acqua.

Nelle abitazioni monofamiliari l'acqua di pioggia viene prevalentemente usata per l'irrigazione, ma a volte si sfrutta anche per lo scarico del WC, lo riempimento di piscine o per il lavaggio dell'automobile. Negli edifici multipiano invece si considera solo un uso irriguo. Il modello idraulico mostra che la capacità del serbatoio che massimizza l'efficienza nelle abitazioni monofamiliari è di 22 m^3 , dimensione tramite la quale si può coprire il 61,7% del fabbisogno irriguo e risparmiare quindi $42 \text{ m}^3/\text{anno}$. Negli edifici multipiano si può raccogliere più acqua grazie alla maggiore superficie di captazione: un serbatoio di 70 m^3 potrebbe coprire completamente il fabbisogno irriguo di un parco comunale di 300 m^2 , ma le dimensioni in questo caso sarebbero troppo elevate. La capacità che massimizza l'efficienza è stata stimata in 45 m^3 ; questa misura permette di ricoprire il 94% del fabbisogno annuale per irrigazione e di risparmiare ogni anno 97 m^3 di acqua potabile.

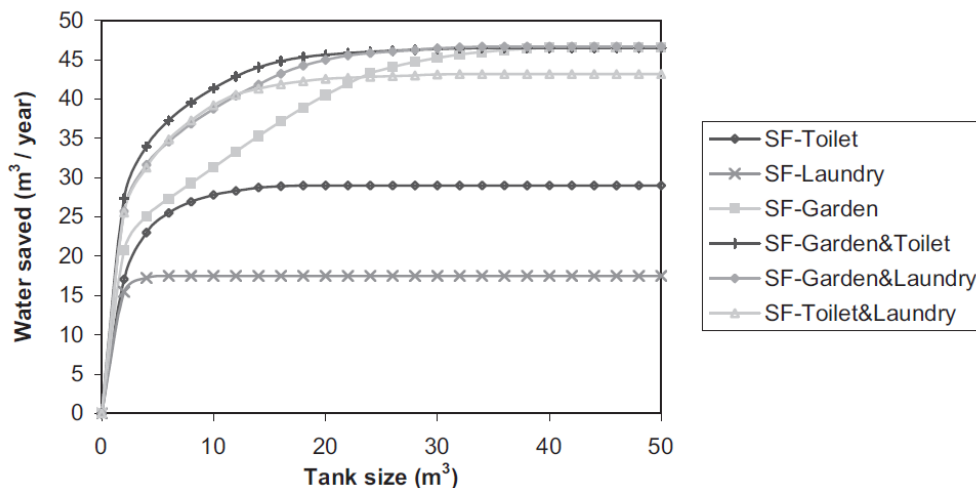


Figura 4.18- Volume di acqua risparmiato per anno in una abitazione monofamiliare a Sant Cugat del Vallès (Domènech, Saurí, 2010)

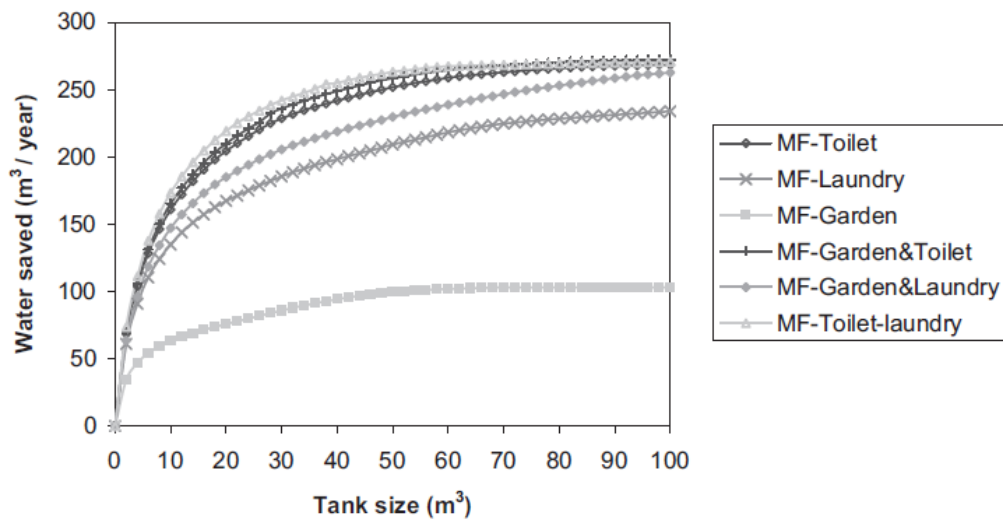


Figura 4.19- Volume di acqua risparmiato per anno in un edificio multipiano a Sant Cugat del Vallès (Domènech, Saurí, 2010)

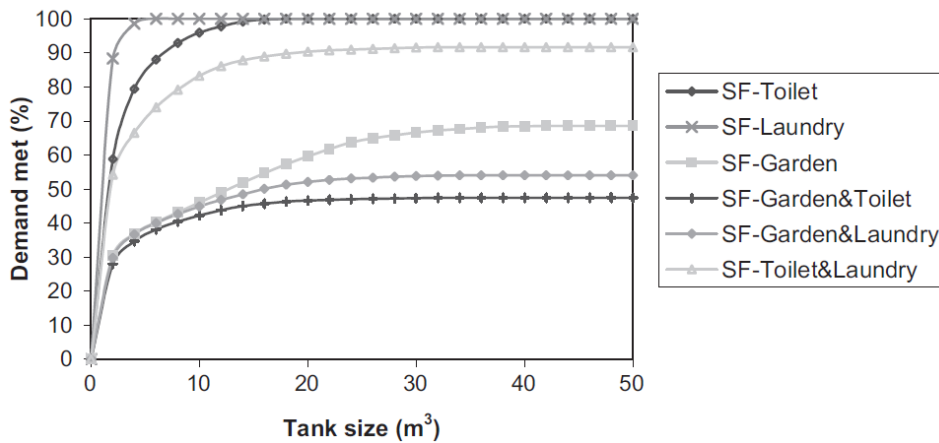


Figura 4.20- Percentuale di soddisfacimento della domanda per una serie di usi in una abitazione monofamiliare a Sant Cugat del Vallès (Domènech, Saurí, 2010)

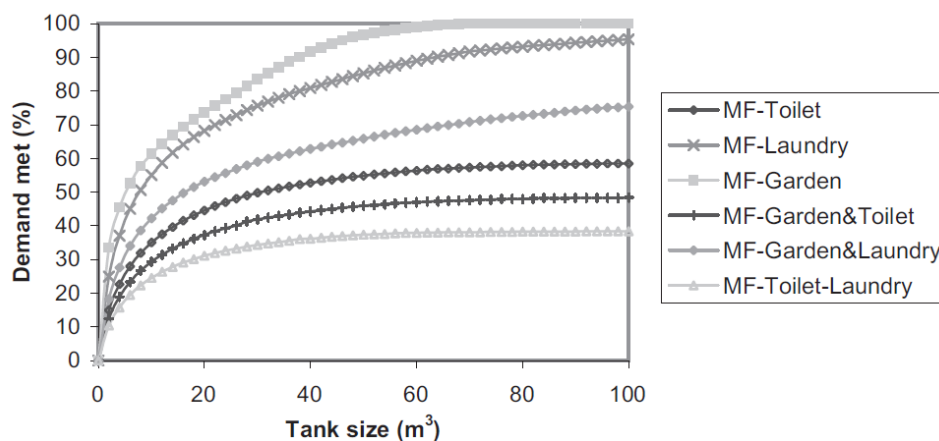


Figura 4.21- Percentuale di soddisfacimento della domanda per una serie di usi in un edificio multipiano a Sant Cugat del Vallès (Domènech, Saurí, 2010)

Una funzione particolarmente redditizia per l'acqua piovana nelle abitazioni monofamiliare è lo scarico del WC: il modello idraulico di simulazione mostra come un serbatoio di 17 m³ possa coprire completamente la domanda di acqua. E' interessante notare come anche un serbatoio di dimensioni ridotte possa ricoprire una parte significativa della domanda (Fig. 4.20). Il volume che massimizza l'efficienza del sistema è di 11 m³, e permette di coprire il 97,9 % della domanda. L'acqua piovana sarebbe inoltre molto indicata per il lavaggio della biancheria in quanto contiene pochi minerali, tuttavia nessun utente residente a Sant Cugat del Vallès l'ha utilizzata per questo scopo. In una abitazione monofamiliare un serbatoio di 6 m³ potrebbe coprire completamente la domanda di acqua per lavanderia, risparmiando 17,5 m³/anno. Si possono ottenere importanti risparmi anche utilizzando l'acqua raccolta sia per la lavanderia che per lo scarico del WC: un serbatoio di 13 m³ potrebbe coprire l' 80% del fabbisogno di questi due usi. Negli edifici multipiano la superficie di captazione pro capite si riduce da 36 m² a 15 m² e quindi il risparmio pro capite è inferiore a quello ottenuto nelle abitazioni monofamiliari. All'opposto, il volume totale accumulato è di gran lunga maggiore: l'uso dell'acqua raccolta per lo scarico del WC potrebbe far risparmiare 225 m³/anno o il 48 % della domanda di acqua per lo scarico, con le dimensioni più efficienti del serbatoio, che è di 26 m³. Uno studio effettuato in un'area con 1100 appartamenti a Ringadesen (Svezia) stimava un risparmio del 44% -utilizzando il doppio pulsante per lo scarico- con una superficie di captazione di 20000 m², un serbatoio di 20 m³ e una precipitazione di 479 mm/anno. Nonostante la percentuale di risparmio a Sant Cugat e a Ringadesen sia comparabile, il volume di acqua riutilizzata in Svezia è molto maggiore in quanto la domanda di acqua è più consistente e la superficie di captazione più estesa. Il riutilizzo dell'acqua per la lavanderia offre un consistente risparmio per gli edifici multipiano a Sant Cugat: il modello di simulazione mostra come la dimensione che massimizza l'efficienza sia di 35 m³, garantendo un risparmio idrico di 193 m³/anno e ricoprendo il 73% della domanda. Negli edifici multipiano la raccolta di acqua ha raggiunto il massimo livello di risparmio quando è stata impiegata per usi vari: l'uso misto per irrigazione e lavanderia massimizza infatti la quantità di risparmio in queste abitazioni. La dimensione ottimale del serbatoio è di 31 m³, che permette di coprire il 59,9% della domanda per irrigazione e lavanderia, risparmiando 207,3 m³/anno.

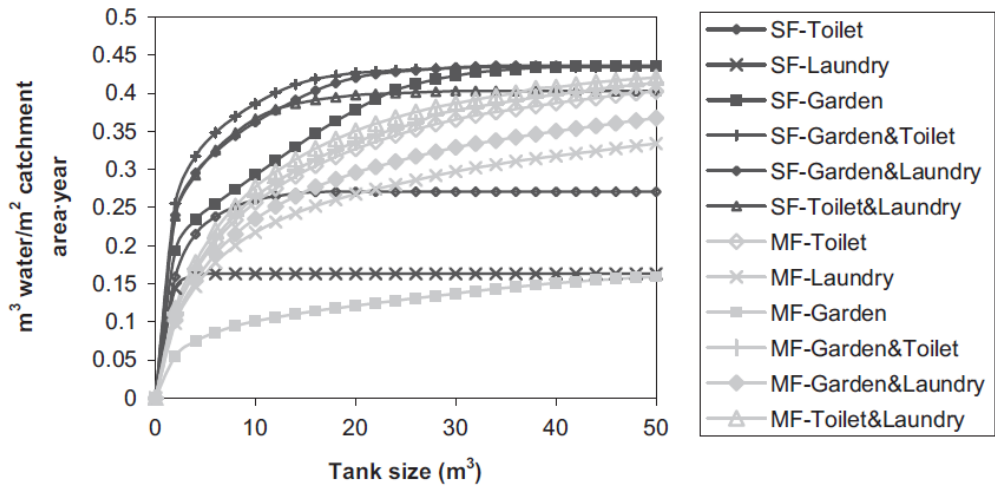


Figura 4.22- Volume di acqua raccolta e riutilizzata per metro quadro di superficie di raccolta per serie di utilizzi in una singola famiglia e per edifici plurifamiliari (Domènech, Saurí, 2010)

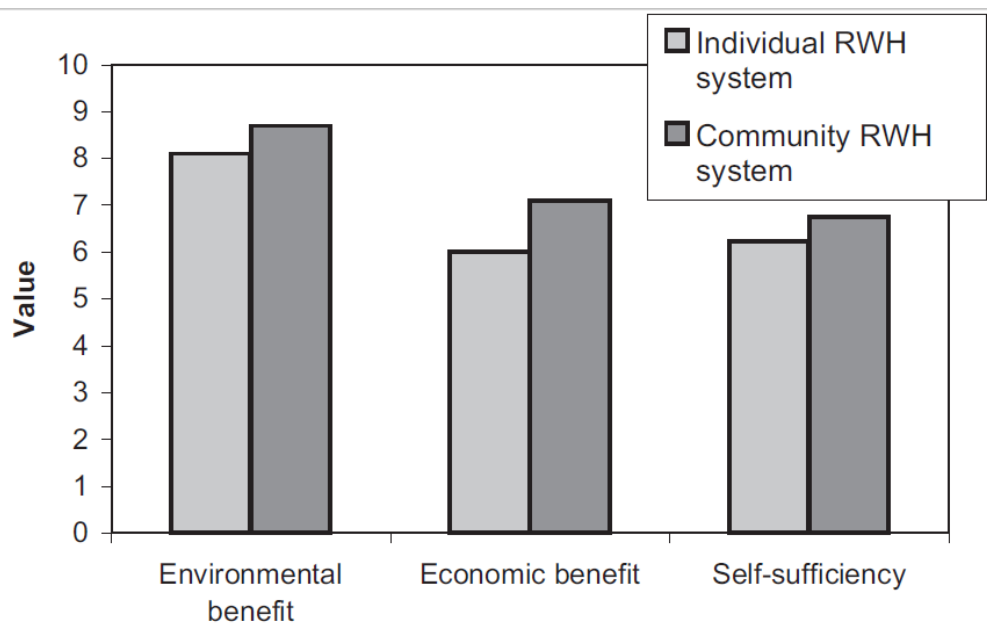


Figura 4.23- Benefici associati alla raccolta di acqua piovana per sistemi di raccolta individuali o comunitari (Domènech, Saurí, 2010)

4.1.5. Raccolta dell'acqua piovana nelle stazioni di servizio a Brasilia: potenziali risparmi di acqua potabile e analisi sulla fattibilità economica degli interventi (Ghisi, Tavares, Rocha, 2009)

L'obiettivo di questo studio è quello di valutare il potenziale risparmio di acqua potabile riutilizzando l'acqua di pioggia per il lavaggio delle automobili nelle stazioni di servizio e distributori di carburante nella città di Brasilia. Sono stati utilizzati dati di pioggia misurati da due diverse stazioni meteorologiche, così come diverse superfici di captazione, capacità dei serbatoi, numero di lavaggi e domanda di acqua potabile e di acqua piovana.



Figura 4.24- Mappa del Brasile, collocazione della capitale Brasilia (Ghisi, Tavares, Rocha, 2009)

La quantità media di pioggia annuale è di 1552 mm, mentre quella mensile varia dai 9 mm di giugno ai 249 mm di dicembre.

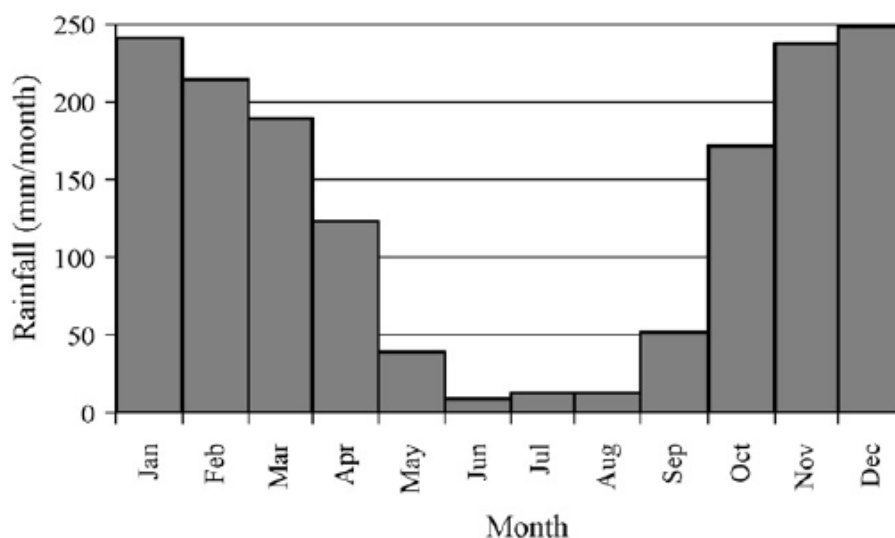


Figura 4.25- Piovosità mensile media a Brasilia dal 1961 al 1990
(Ghisi, Tavares, Rocha, 2009)

Le simulazioni vengono eseguite tramite il software Neptune; i dati di input sono la quantità di pioggia giornaliera, l'area del tetto, la capacità del serbatoio e la domanda giornaliera di acqua. L'acqua che scorre quotidianamente sulla superficie di raccolta in seguito ad un evento meteorico viene convogliata al serbatoio. Se si supera la capacità del serbatoio significa che la domanda che ci si prefiggeva di soddisfare con quelle dimensioni è stata coperta, e l'overflow viene scaricato in fognatura. Dal momento che esistono diverse tipologie e dimensioni di stazioni di servizio a Brasilia, si considerano 3 misure diverse di superfici di captazione: 350, 550 e 750 m².

Volume di acqua utilizzato per lavare una vettura (L)	Numero di vetture lavate giornalmente	Domanda di acqua giornaliera
150	15	2250
	30	4500
	45	6750
250	15	3750
	30	7500
	45	11250

Tabella 4.6- Domanda di acqua considerata per la simulazione con software
(Ghisi, Tavares, Rocha, 2009)

Per quanto riguarda le capacità del serbatoio, si considerano quelle dai 1000 ai 100000 litri, con incrementi di 1000 litri. Per capienza ideale del

serbatoio si considera quella che incrementata di 1000 litri produce un aumento di risparmio inferiore allo 0,5%.

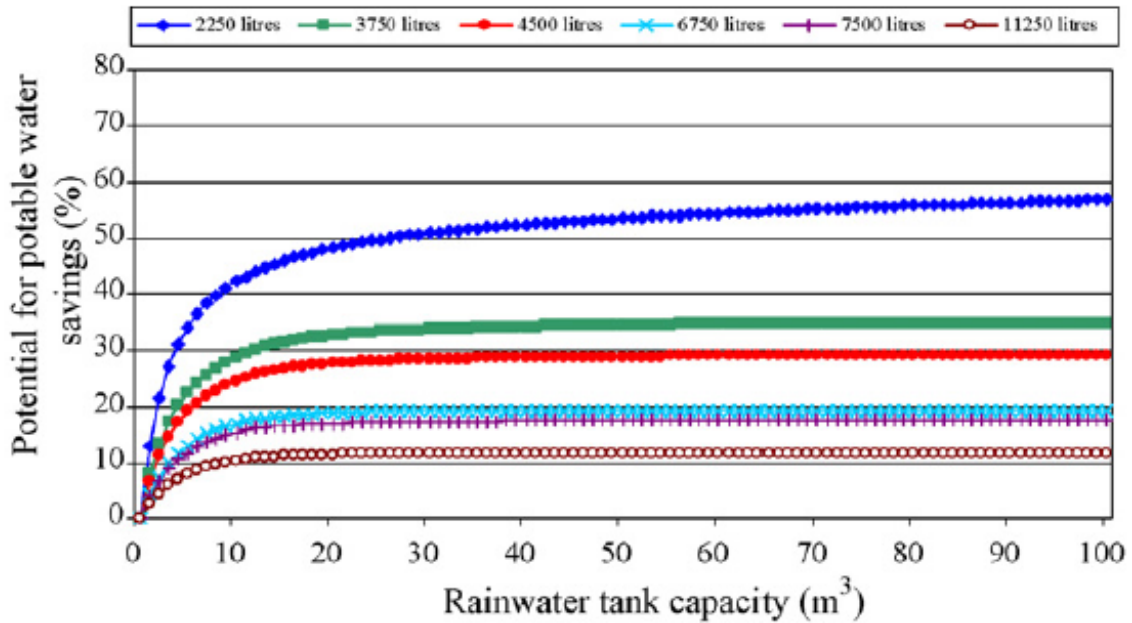


Figura 4.26- Risparmio potenziale di acqua potabile per differente domanda giornaliera e superficie di captazione di 350 m². (Ghisi, Tavares, Rocha, 2009)

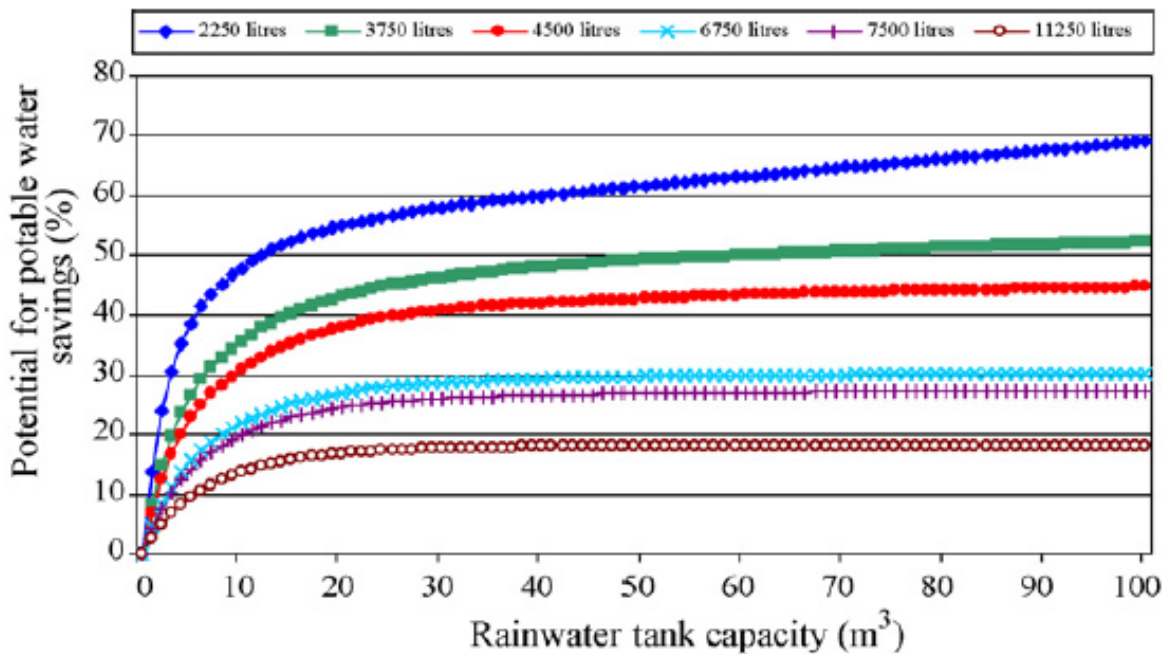


Figura 4.27- Risparmio potenziale di acqua potabile per differente domanda giornaliera e superficie di captazione di 550 m². (Ghisi, Tavares, Rocha, 2009)

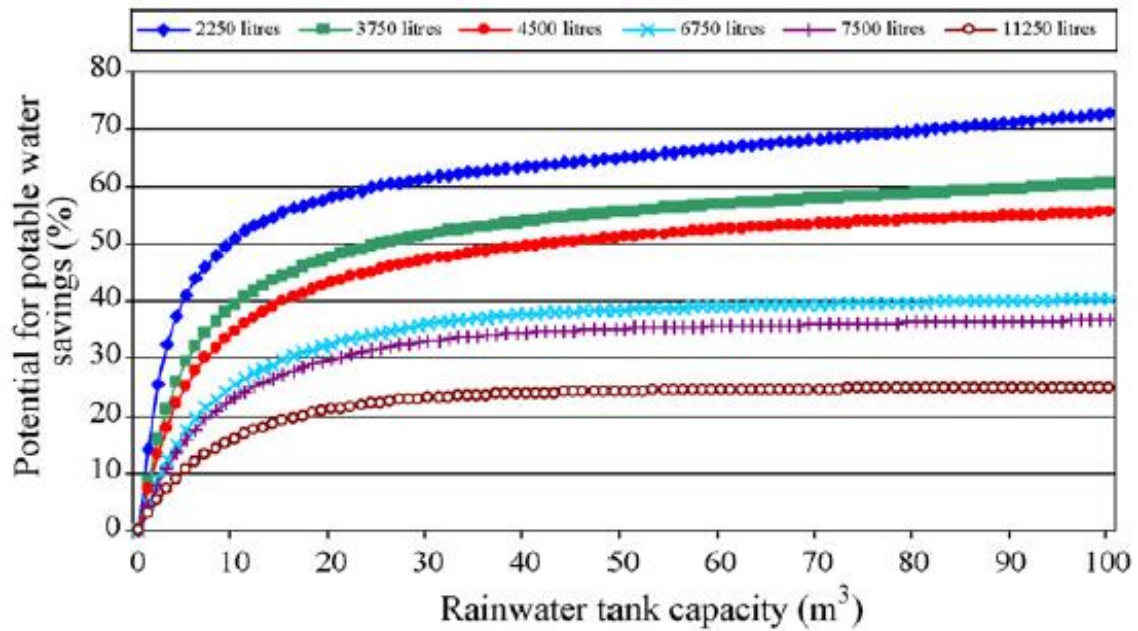


Figura 4.28- Risparmio potenziale di acqua potabile per differente domanda giornaliera e superficie di captazione di 750 m². (Ghisi, Tavares, Rocha, 2009)

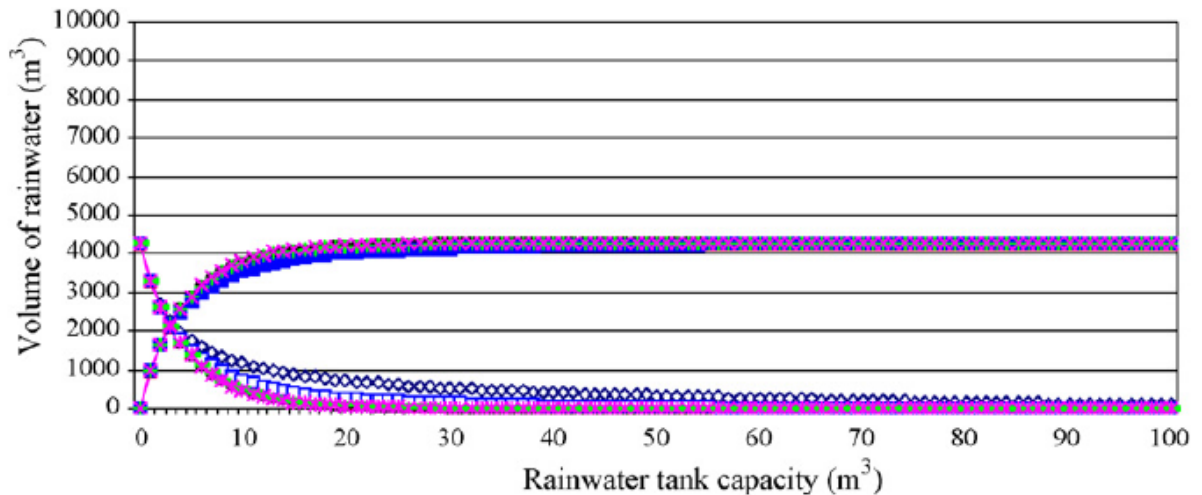
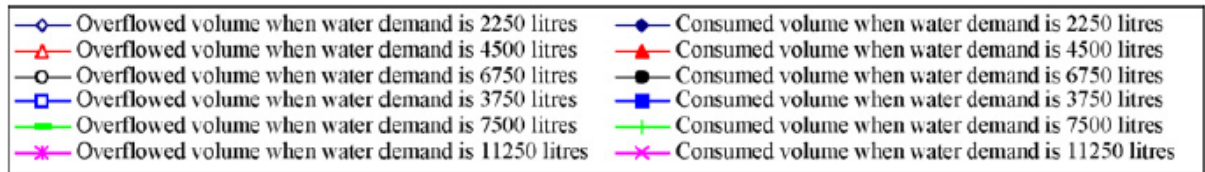


Figura 4.29- Volume di acqua di pioggia consumata e scaricata in fognatura (overflow) per diverse quantità di domanda e superficie di captazione di 350 m². (Ghisi, Tavares, Rocha, 2009)

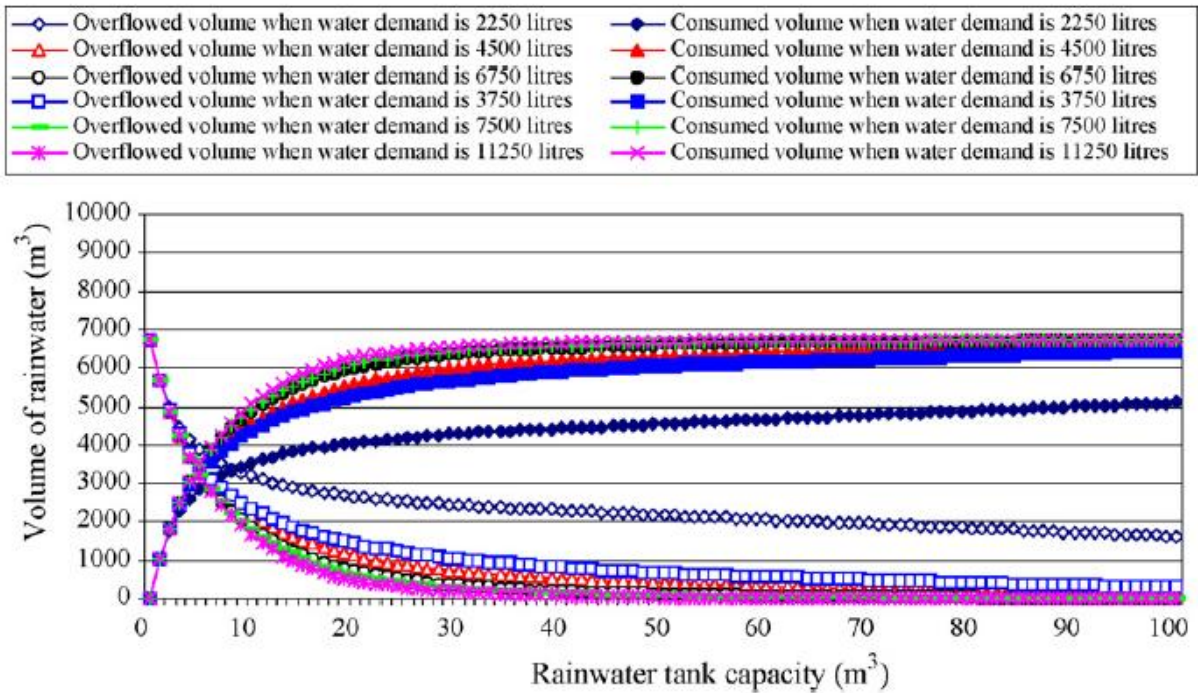


Figura 4.30- Volume di acqua di pioggia consumata e scaricata in fognatura (overflow) per diverse quantità di domanda e superficie di captazione di 550 m². (Ghisi, Tavares, Rocha, 2009)

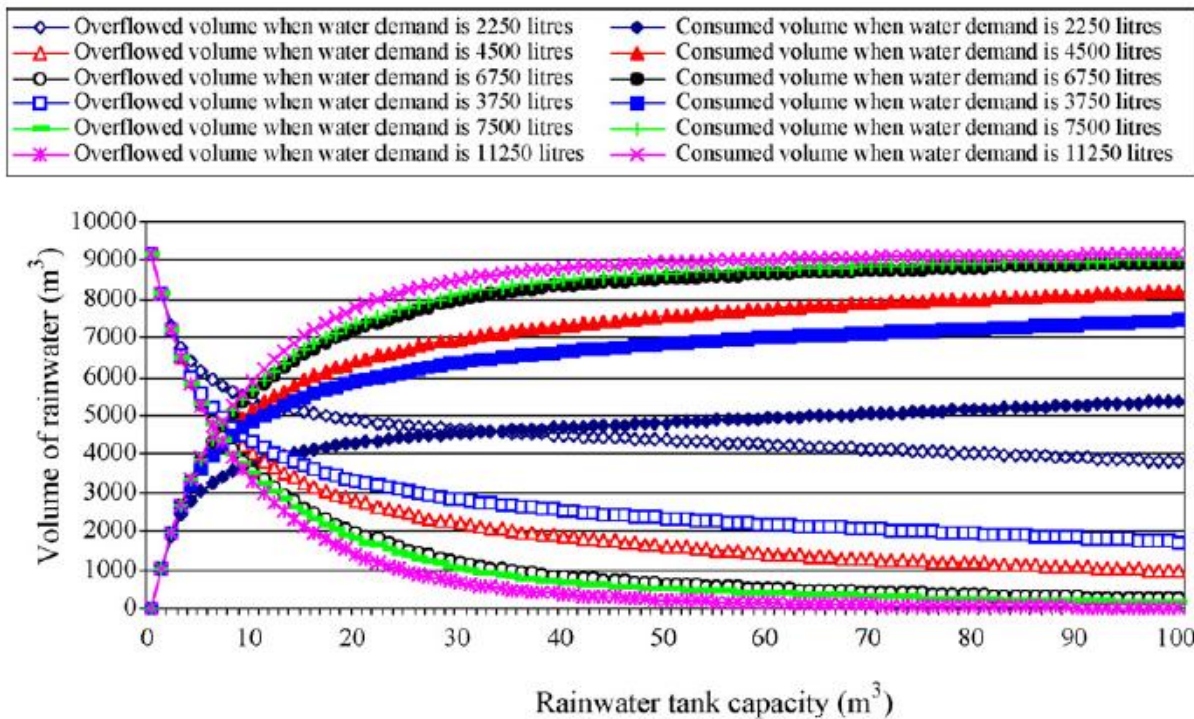


Figura 4.31- Volume di acqua di pioggia consumata e scaricata in fognatura (overflow) per diverse quantità di domanda e superficie di captazione di 750 m². (Ghisi, Tavares, Rocha, 2009)

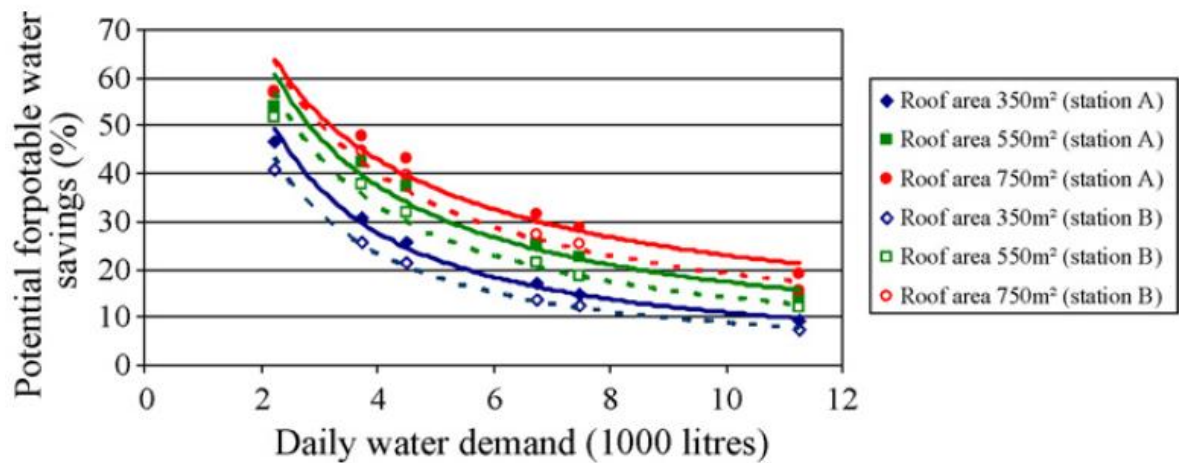


Figura 4.32- Variazione del risparmio potenziale di acqua potabile in funzione della domanda giornaliera per ciascuna superficie di captazione.
(Ghisi, Tavares, Rocha, 2009)

E' stato osservato che la media del risparmio di acqua potabile riutilizzando l'acqua piovana è del 32,7% , ma può variare dal 9,2% al 57,2%. La principale conclusione ottenuta da questo studio è che riutilizzare le acque di pioggia per il lavaggio dei veicoli è un investimento possibile e conveniente nella maggior parte dei casi.

4.1.6. Performance di sistemi di raccolta dell'acqua piovana nel Sud-Est degli Stati Uniti (Jones, Hunt, 2009)

Le sviluppate regioni umide del Sud-Est degli Stati Uniti sono state caratterizzate da recenti episodi di scarsità idrica, grandi deflussi superficiali dovuti ad eventi meteorici importanti ed infine da un incremento della domanda di acqua; questi fenomeni hanno generato interesse per i sistemi di raccolta dell'acqua piovana. Per valutare l'efficienza di questi sistemi è stato condotto uno studio di monitoraggio in tre cisterne nel North Carolina e su altri serbatoi di dimensioni ridotte, utilizzando poi un modello digitale ed un software per effettuare delle simulazioni. I risultati del monitoraggio mostrano come i sistemi di raccolta siano sottoutilizzati, fatto che probabilmente deriva dalla bassa stima e percezione a proposito del tema dei sistemi di raccolta. Dal momento che il progetto del sistema di raccolta richiede la contemporaneità di diversi fattori in conflitto tra loro -riduzione del volume di deflusso, sufficiente riserva d'acqua e minimizzazione dei costi- è abbastanza difficile riuscire a stabilire le dimensioni del serbatoio. Inoltre coesistono molte variabili nel problema, come le dimensioni e la configurazione del sistema, la quantità di acqua effettivamente richiesta e i suoi usi; per questo motivo occorre effettuare una simulazione sul lungo periodo, e valutare come una specifica configurazione di sistema sia in grado di svolgere la sua funzione.

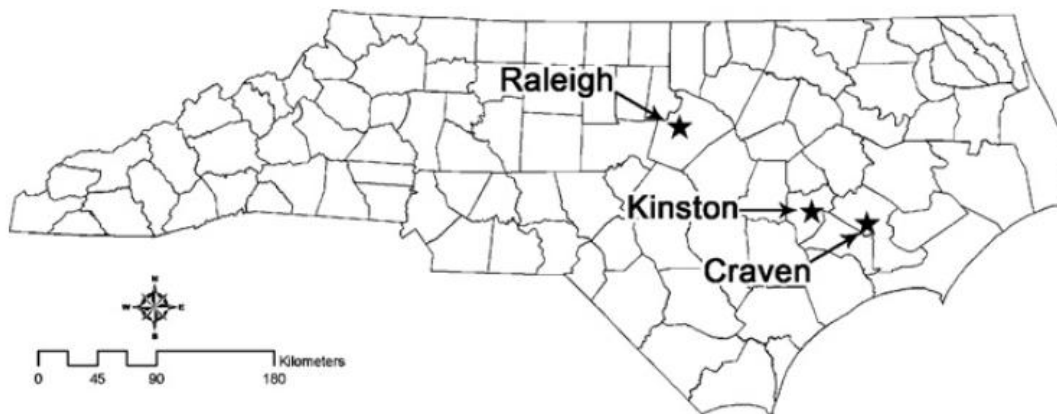


Figura 4.33- Collocazione delle stazioni di monitoraggio (Jones, Hunt, 2009)

Le tre stazioni di monitoraggio sono state collocate in North Carolina e si trovano a Raleigh, Kinston e nella Craven County.

In ognuna di queste stazioni la quantità di pioggia è stata monitorata con una precisione di 0.25 mm.

A Raleigh, una cisterna da 5300 l (1400 gal) ha raccolto l'acqua proveniente da una superficie di captazione (il tetto) di 204 m², mettendola poi a disposizione per lo scarico dei WC di un centro di ricerche naturali. La cisterna di accumulo dell'acqua costituiva la fonte primaria di approvvigionamento del sistema collegato allo scarico dei WC, mentre l'acqua dell'acquedotto veniva utilizzata unicamente quando il serbatoio era vuoto. Ciò non è mai accaduto durante il periodo di studio.

A Craven County, una superficie di captazione di 167 m² ha convogliato l'acqua piovana ad una cisterna di 11350 l (3000 gal); quest'acqua è stata utilizzata per irrigare i giardini intorno all'infrastruttura. Non è stato redatto un programma formale per l'irrigazione, quindi l'acqua della cisterna è stata prelevata quando i cittadini ne hanno avuto la necessità.

A Kinston, una cisterna di 19680 l (5200 gal) ha raccolto l'acqua proveniente da una superficie di captazione (tetto) di 406 m², acqua che è stata utilizzato per il lavaggio di autovetture in una stazione di servizio.

I serbatoi monitorati durante lo studio rappresentano i tipi e le dimensioni maggiormente utilizzate nel North Carolina.



Figura 4.34- Sistema di raccolta dell'acqua piovana a Raleigh (Jones, Hunt, 2009)



Figura 4.35- Sistema di raccolta dell'acqua piovana a Craven County (Jones, Hunt, 2009)



Figura 4.36- di raccolta dell'acqua piovana a Kinston (Jones, Hunt, 2009)

	Craven	Raleigh	Kinston
Capacità della cisterna	11350 l	5300 l	19680 l
Superficie di raccolta	167 m ²	204 m ²	406 m ²
Piuvosità media annuale	137 cm	116 cm	128 cm
Utilizzo dell'acqua	Irrigazione	Scarico WC	Lavaggio vetture

Tabella 4.7- Dati relativi alle stazioni di monitoraggio. La quantità media di pioggia annuale (1971-2000) è stata registrata dalle stazioni meteorologiche situate in prossimità delle cisterne. (Jones, Hunt, 2009)

Per l'analisi dei diversi modelli sin è utilizzato un software basato sulle serie pluviometriche storiche, il cui obiettivo è stato quello di simulare le performance di un sistema di raccolta di acqua piovana al fine di determinare un bilanciamento ottimizzato tra superficie di raccolta, capacità del serbatoio e utilizzo dell'acqua. Il modello ha utilizzato una serie di *loop* (cicli) per valutare il bilancio idrico (acqua effettivamente utilizzata sottratta a quella fluiva all'interno della cisterna). Il periodo della simulazione è stato limitato a 30 anni per le serie giornaliere ed a 15 anni per le serie orarie.

In conseguenza dei precedenti periodi di scarsità idrica e in seguito all'accresciuta consapevolezza del problema idrico molti proprietari del Nord Carolina hanno sviluppato un interesse nell'installazione di piccole botti da 208 l o similari per la raccolta dell'acqua piovana. Una serie di simulazioni attraverso l'utilizzo del suddetto software è stata condotta per stabilire l'efficacia di questi contenitori relativamente piccoli in relazione al bilancio idrico. Simulazioni orarie per queste analisi sono state condotte dal 1990 al 2005 nella località di Raileigh, Nord Carolina. Durante la valutazione la superficie di captazione è stata variata dai 10 m² ai 50 m², con incrementi di 10 m². La simulazione è stata effettuata considerando anche l'acqua per irrigazione, tramite il posizionamento di un irrigatore destinato ad innaffiare aree di 10 o 20 m². Per questa valutazione, il contenitore di acqua è stato considerato arbitrariamente in grado di ridurre effettivamente il volume di deflusso quando più del 50% del suddetto volume veniva raccolto nel serbatoio ed effettivamente copriva il fabbisogno di acqua per irrigare quando più del 75% di domanda d'acqua era garantito dalla cisterna.

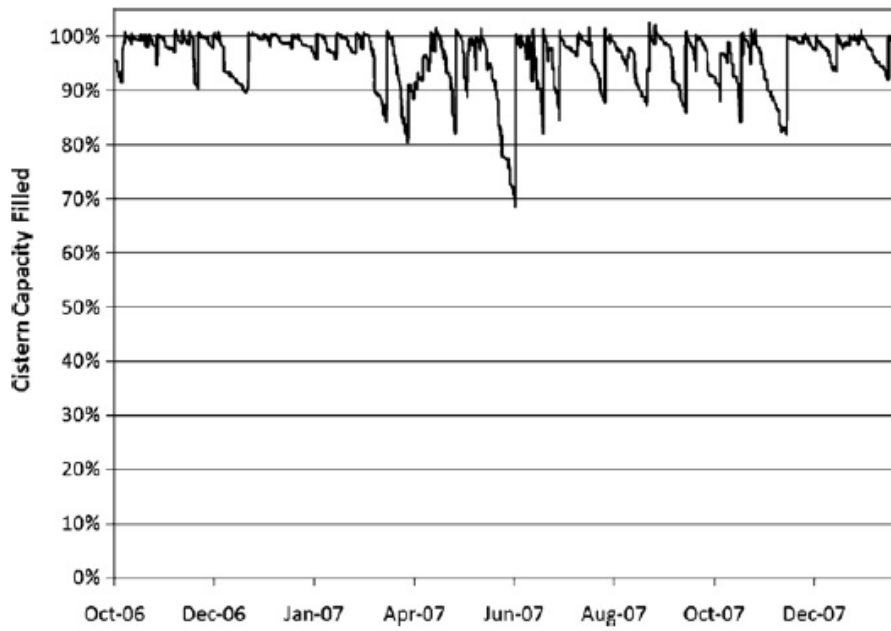


Figura 4.37- Percentuale della capacità della cisterna riempita con acqua meteorica a Raleigh. (Jones, Hunt, 2009)

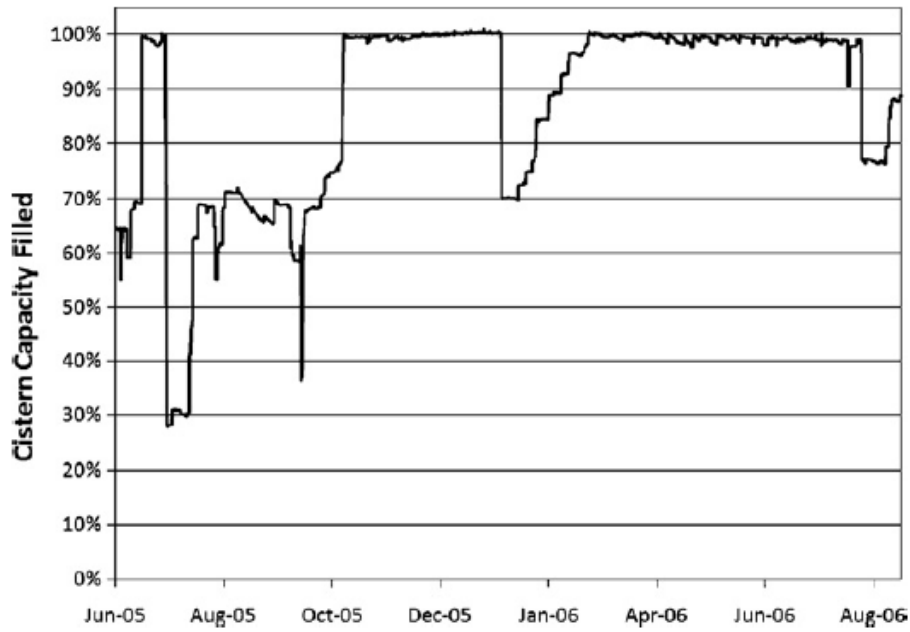


Figura 4.38- Percentuale della capacità della cisterna riempita con acqua meteorica a Craven County. (Jones, Hunt, 2009)

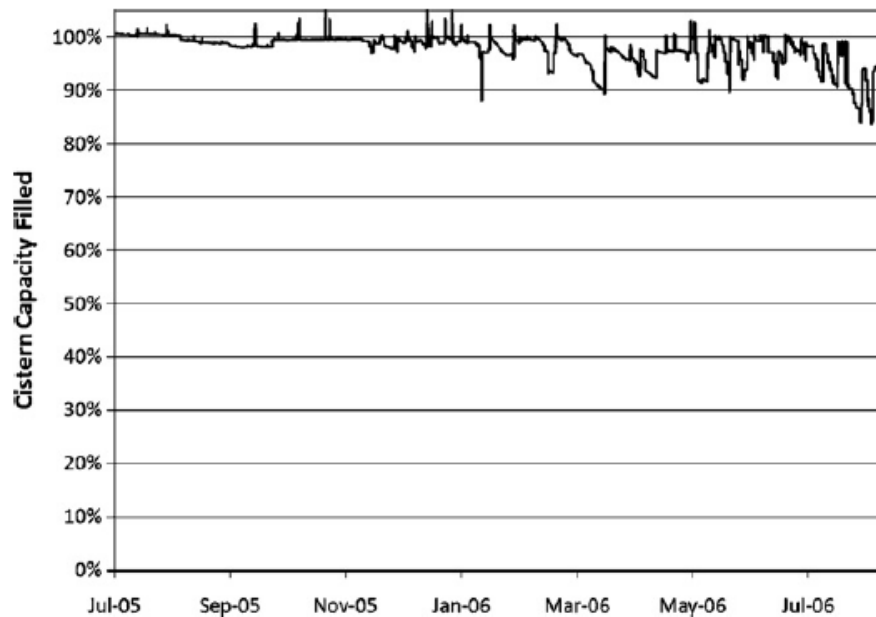


Figura 4.39- Percentuale della capacità della cisterna riempita con acqua meteorica a Kinston. (Jones, Hunt, 2009)

Tra le cisterne considerate nello studio, l'uso più consistente è stato riscontrato in quella di Raleigh. Dal momento che la cisterna serviva unicamente il WC della struttura il suo livello è rimasto sempre abbondante. Durante tutto il monitoraggio il livello idrico è sceso sotto all'80% della capacità massima in una unica occasione; anche durante un periodo di intensa siccità nel 2007 il serbatoio ha sempre fornito una adeguata quantità d'acqua. Mentre l'approvvigionamento dell'acqua ha beneficiato della situazione, lo stesso non si può dire della capacità del sistema di raccolta di ridurre il deflusso dalla superficie di captazione: i principali eventi meteorici (anche inferiori ad 1 cm totale di pioggia) hanno quasi sempre generato *overflow*.

Basandosi sui risultati della simulazione, i barili standard da 208 l non sono stati in grado di coprire la domanda di acqua per irrigare in nessuno degli scenari esaminati. Data la relativamente elevata domanda di acqua e la scarsa capacità di questi serbatoi, questi ultimi sono spesso risultati asciutti. Il risparmio annuale garantito da questi dispositivi si attesta così intono ai 10 \$, cifra che non consiglia un investimento in questo senso. E' stato poi analizzato l'uso di cisterne più capienti, con un' area di irrigazione di 10 m² e 20 m² di superficie di captazione. Aumentando il volume di stoccaggio, è aumentata la disponibilità di acqua ed è diminuita

la quantità di pioggia scaricata in fognatura durante gli eventi meteorici. Nonostante la soddisfazione della domanda per acqua da irrigazione, meno del 65% dell'acqua scaricata dal tetto viene raccolta dalla cisterna indicando che solo un aumento della domanda gioverebbe a diminuire il deflusso.

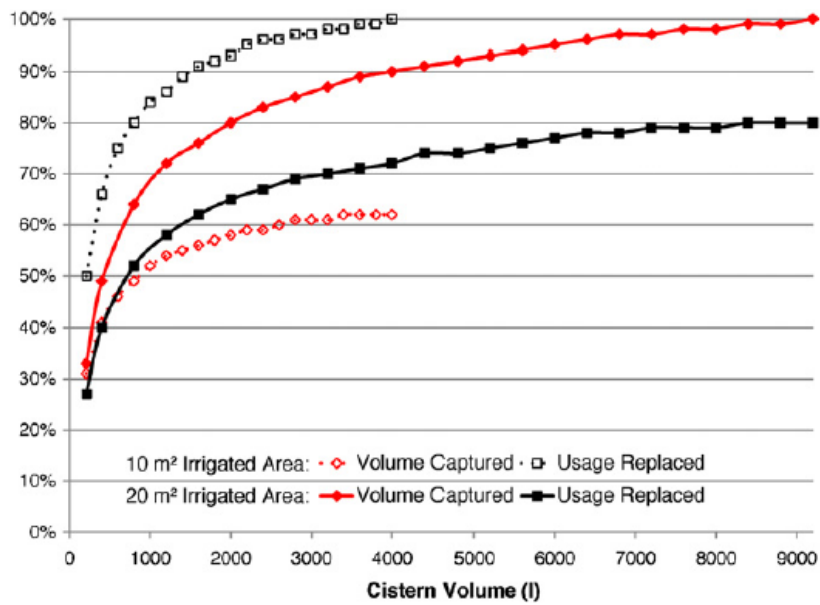


Figura 4.40- Performance di cisterne con volumi maggiori di 208 l, con una superficie di captazione di 20 m² e superfici da irrigare di 10 e 20 m². (Jones, Hunt, 2009)

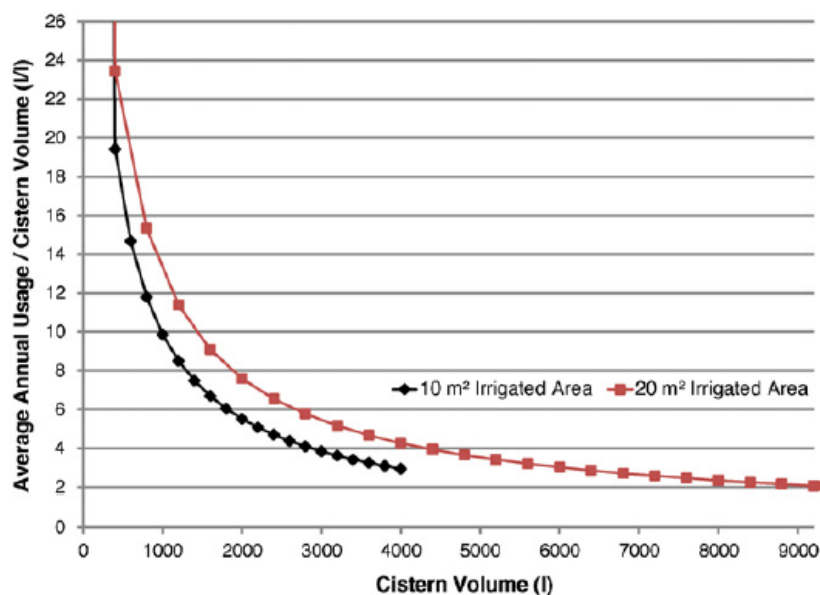


Figura 4.41- Media di utilizzo annuale per unità di volume della cisterna, utilizzo irriguo. (Jones, Hunt, 2009)

I risultati dello studio si possono riassumere con due considerazioni: la prima è che gli utenti devono essere bene informati e cercare di capire bene i meccanismi che regolano il funzionamento dei sistemi di raccolta, in modo da massimizzare i guadagni e diminuire gli sprechi, sia economici che ambientali. La seconda considerazione è che se si vogliono ottenere consistenti vantaggi per il riutilizzo dell'acqua e la riduzione dei volumi scaricati in fognatura è meglio evitare i serbatoi di ridotte dimensioni.

4.1.7. Performance dei sistemi di raccolta dell'acqua piovana per uso domestico in Sicilia. (A. Campisano, C. Modica, 2011)

Questa pubblicazione si propone di analizzare un sistema di raccolta dell'acqua piovana a scala regionale. I dati sono stati reperiti da un totale di 17 stazioni situate in diverse parti della Sicilia, in modo da coprire tutto il territorio regionale. Per quanto riguarda le simulazioni e la successiva analisi dei dati è stato utilizzato un nuovo parametro adimensionale, mentre il modello di calcolo è di tipo regressivo e permette di ricavare la performance di risparmio utilizzando dati giornalieri servendosi di un algoritmo del tipo *yeld after spillage* (YAS), il quale governa il comportamento del serbatoio.

Il tipico schema di un sistema di raccolta e riuso dell'acqua piovana è basato sullo stoccaggio temporaneo di acqua proveniente dal tetto o da una qualsiasi superficie di captazione in un serbatoio, dopodiché gli usi compatibili con l'acqua piovana verranno soddisfatti per quanto possibile dall'acqua presente nel serbatoio e solamente quando questa sarà esaurita subentrerà l'approvvigionamento dall'acquedotto. Per le simulazioni in esame è stato considerato come unico ambito di riuso dell'acqua lo scarico del WC, assunto costante, in quanto voce principale di riutilizzo di acqua non potabile.

L'algoritmo YAS considera la resa attuale come il minimo valore tra il volume dell'acqua stoccata nel precedente intervallo temporale e la domanda nello stadio temporale attuale. La quantità attuale di acqua nel serbatoio è quindi ottenuta aggiungendo il deflusso dalle superfici di captazione e sottraendo la resa attuale al volume di acqua immagazzinato nel precedente intervallo temporale, con ogni eccesso di acqua (compatibilmente con le dimensioni del sistema di stoccaggio) scaricato come *overflow* in fognatura. Si andranno a considerare quindi diverse combinazioni di quantità di domanda da riuso, capacità del serbatoio, superfici di captazione e quantità di precipitazione. Per farlo, si introducono due parametri adimensionali: la frazione di domanda d e la frazione di stoccaggio s .

$$d = \text{frazione di domanda} = \frac{D}{A \cdot R}$$

Dove D rappresenta la domanda di acqua misurata in m^3 , A rappresenta la superficie di captazione misurata in m^2 e R è la quantità di pioggia totale, misurata in metri.

$$s = \text{frazione di stoccaggio} = \frac{S}{A \cdot R}$$

Dove S rappresenta la capacità del serbatoio, espressa in m^3 .

In questi due parametri adimensionali le informazioni riguardanti la quantità di pioggia sono limitate al valore R , il quale dà indicazioni unicamente su di un periodo annuale. Per meglio descrivere l'andamento della piovosità durante l'anno si introduce un ulteriore parametro:

$$s_m = \text{frazione di stoccaggio modificata} = \frac{S}{D \cdot \frac{n_D}{n_R}}$$

Dove n_D rappresenta il numero di giorni secchi, mentre n_R quello di giorni piovosi in un anno. Dal momento che $\frac{n_D}{n_R}$ può essere considerato come il numero medio di giorni piovosi in un anno, il parametro adimensionale s_m permetterà di relazionare la capacità di stoccaggio disponibile alla domanda di acqua richiesta.

La performance del sistema di raccolta si descrive valutando l'efficienza del risparmio annuale W_s (*water saving*) e il volume annuale scaricato in fognatura O_D .

$$W_s = \frac{\Sigma Y}{\Sigma D} \cdot 100 = \left(1 - \frac{\Sigma M}{\Sigma D}\right) \cdot 100$$

Dove Y rappresenta il volume di acqua prelevato dal serbatoio mentre M è il volume fornito dall'acquedotto.

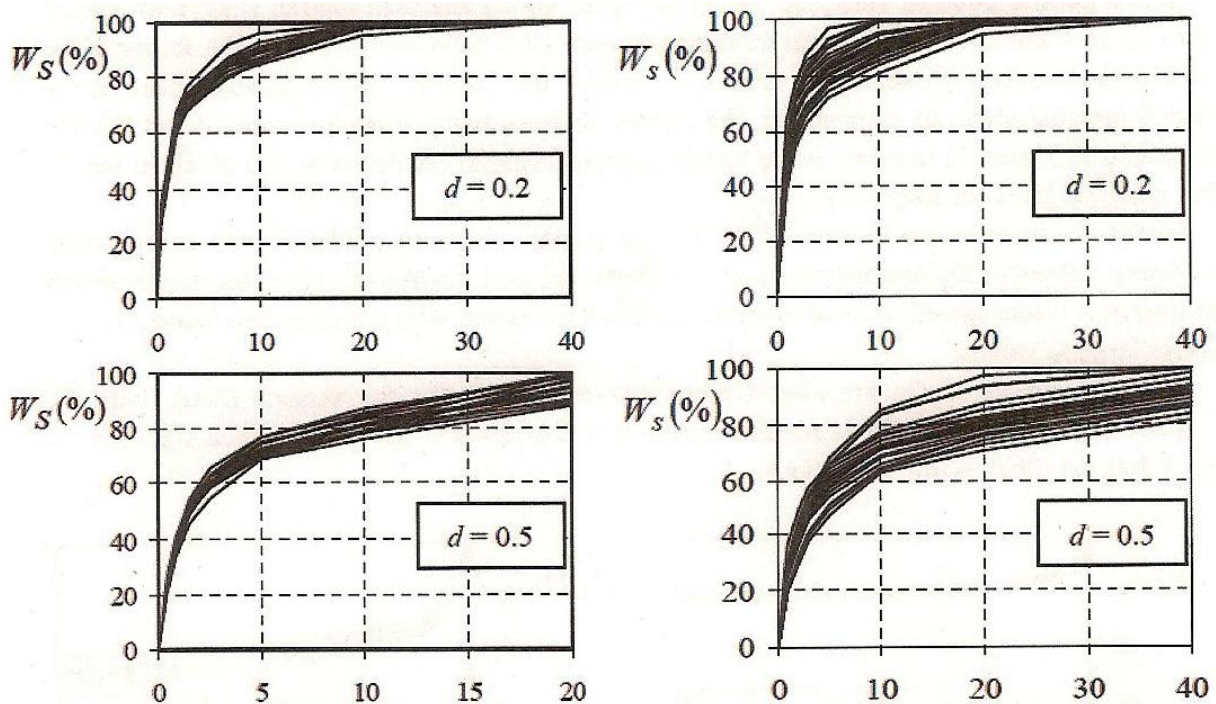
$$O_D = \frac{\Sigma Q_D}{\Sigma A \cdot R} \cdot 100$$

Dove Q_D rappresenta il volume scaricato in fognatura come *overflow* dal serbatoio.

W_S sarà uguale a zero (0%) quando si utilizzerà solamente acqua fornita dall'acquedotto ($M = D$), mentre raggiungerà il massimo valore (100%) quando si utilizzerà unicamente acqua stoccata nel serbatoio ($M = 0$).

Lo studio sulle prospettive di risparmio di acqua potabile è stato svolto in Sicilia. L'isola è la più estesa regione italiana con una superficie di 25.711 Km² ed una popolazione di circa 5 milioni di abitanti, principalmente localizzata nelle zone costiere. Il clima è tipicamente mediterraneo, caratterizzato da una quantità di pioggia annuale di circa 720 mm, concentrati in gran parte nei mesi da ottobre a marzo.

I dati sulla quantità di pioggia provengono da 17 stazioni meteorologiche distribuite sul territorio, e si prendono in considerazione un totale di 25 annualità di pioggia al fine di evitare inaccuratezze date da serie di dati troppo brevi. I risultati delle simulazioni vengono riportati in grafici adimensionali.



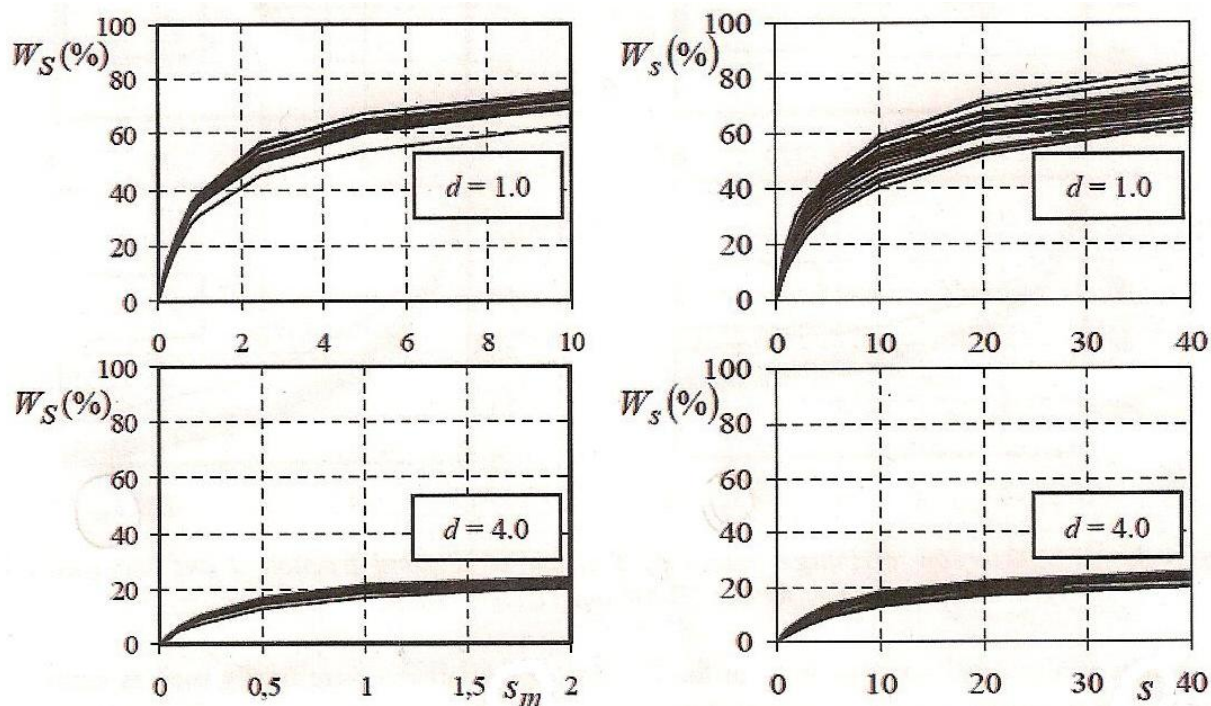


Figura 4.42- Valori di risparmio di acqua (water saving) in percentuale per le 17 stazioni meteorologiche esaminate in funzione della frazione di domanda d e nella prima colonna della frazione di stoccaggio modificata s_m , nella seconda della frazione di stoccaggio s . (A. Campisano, C. Modica, 2011)

Come ci si aspettava, i valori di W_s aumentano sia all'aumentare della capacità del serbatoio, che compare al numeratore sia in s che in s_m , che al diminuire della domanda D , che compare al denominatore dei suddetti coefficienti.

Dualmente, per quanto riguarda il comportamento di *overflow*, l'andamento delle curve mostra come ad un aumento della frazione di stoccaggio modificata, cioè ad un aumento della capacità del serbatoio, la percentuale di scarico in fognatura diminuisca. Inoltre i grafici mostrano come l'*overflow* diminuisca all'aumentare della domanda D , riducendosi a zero dove il valore della frazione di domanda d è massimo ($d = 4.0$) e le dimensioni del serbatoio sono elevate.

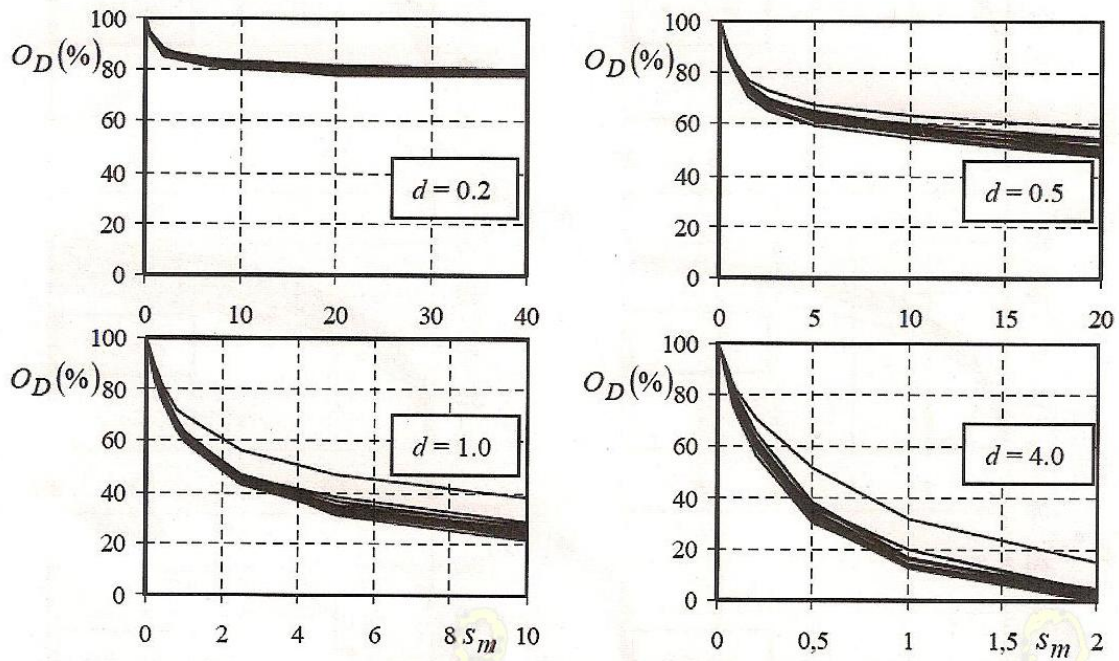


Figura 4.43- Valori di scarico in fognatura (overflow) in percentuale, in funzione della frazione di domanda d e del fattore di stoccaggio modificato s_m per le 17 stazioni meteorologiche prese in considerazione. (A. Campisano, C. Modica, 2011)

4.2. Il software SWMM (Storm Water Management Model)

Il software utilizzato per lo studio è EPA Storm Water Management Model (SWMM), prodotto e sviluppato dal Water Supply and Water Resources Division dell'Environmental Protection Agency (US-EPA). SWMM è stato concepito nel 1971 e nel corso degli anni ha subito continui sviluppi e miglioramenti fino ad arrivare alla più recente versione 5.0. SWMM è un software complesso in grado di simulare il movimento della precipitazione meteorica e degli inquinanti da essa trasportati dalla superficie di un bacino o di una superficie di captazione alla rete dei canali e condotte che costituiscono il sistema di drenaggio urbano. Tale programma è stato concepito per modellare in termini qualitativi e quantitativi tutti i processi che si innescano nel ciclo idrologico. Il suo utilizzo è molto flessibile e di fatto tale programma, benché sia nato prevalentemente come software di modellazione per reti di fognature urbane, può essere tranquillamente applicato anche nel caso di superfici di captazione collegate ad un sistema di distribuzione e scarico dell'acqua. SWMM offre la possibilità di effettuare calcoli e simulazioni di tipo idraulico - grazie alla risoluzione e integrazione numerica in forma completa delle equazioni di De Saint Venant- su una rete di canali, serbatoi di raccolta, condotte, pompe e deviazioni per trattamento sollecitate da fenomeni meteorici sia di breve durata (eventi singoli) che sul lungo termine. Il software è in grado di tracciare e monitorare la quantità e la qualità del deflusso generato da ogni porzione di superficie di captazione restituendo come output l'entità del flusso, la sua qualità e quantità in ciascuna tubazione, canale o serbatoio in successive iterazioni temporali. Gli output possono essere visualizzati anche sottoforma di grafici.

Le precipitazioni in SWMM vengono definite attraverso l'attribuzione dei Rain Gages, i quali forniscono i dati di pioggia che interessano le varie aree in precisi intervalli temporali. Questi possono essere inseriti manualmente in SWMM attraverso appositi editor, oppure possono essere caricati da un file di testo esterno. Le principali proprietà in input dei Rain Gages comprendono informazioni relative all'intensità o al volume della pioggia e l'intervallo di registrazione dei dati (ogni ora, 30 minuti, 15 minuti, ecc.).

4.3. Valutazione dell'efficienza su di una serie storica pluviometrica registrata a Bologna.

Si sono effettuate simulazioni a lungo termine, le quali hanno consentito di quantificare numericamente il funzionamento idraulico e l'efficienza del sistema di raccolta dell'acqua piovana. Sono stati inseriti come dati di input le quantità di pioggia caduta a Bologna, ottenute analizzando delle serie storiche pluviometriche. Il software è stato sviluppato per la valutazione di reti a scala urbana, per questo motivo nella schematizzazione dell'impianto di raccolta e riuso si sono compiute alcune necessarie semplificazioni. Il modello utilizzato è molto semplice ed è costituito da:

_ un serbatoio di stoccaggio, nel quale è convogliato il deflusso originato dalla superficie di raccolta,

_ la superficie di captazione (il tetto), rappresentato nel programma attraverso una tubazione;

_ la pompa, che rappresenta il prelievo degli utenti supposto costante e calibrato in modo da coprire i consumi derivanti dagli usi compatibili con l'acqua piovana;

_ la valvola di troppo pieno, la quale consente di valutare i volumi di scarico in fognatura in funzione degli eventi di pioggia, della capacità del serbatoio e del prelievo della pompa.

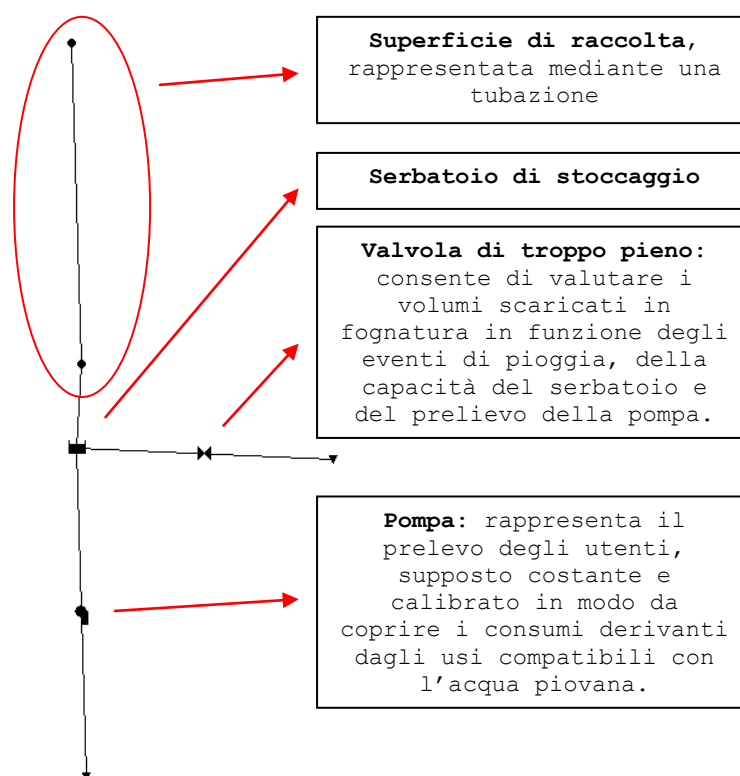
Nell'analisi si è deciso di non adottare una vasca di prima pioggia, ma un semplice deviatore di prima pioggia, trascurando il volume d'acqua trattenuto poichè di modesta entità.

L'efficienza del sistema dipende da una serie di fattori:

_ le condizioni meteorologiche, che rappresentano volumi, intensità e frequenza delle precipitazioni;

_ il numero di utenti e quindi la domanda idrica da soddisfare;

_ l'entità delle superfici di raccolta



Per quanto riguarda i riusi compatibili con l'utilizzo di acqua piovana, sono stati considerati il risciacquo del WC, la lavatrice, le pulizie e l'irrigazione. Stimando un consumo idrico domestico totale di 120 litri/(ab·giorno), ottenuto dal dato ufficiale per la città di Bologna di 149 litri/(ab·giorno) a cui sono state sottratte le perdite in rete, pari al 20-25%, e considerando le percentuali sulla ripartizione dei consumi domestici riportate nel capitolo 2, ovvero 30% del totale per l'uso del WC, 12% per la lavatrice, 3% per le pulizie, 8% per l'irriguo e altri usi esterni, si perviene al valore di 63,6 litri/(ab·giorno), valore che può essere teoricamente fornito utilizzando i sistemi per la raccolta dell'acqua piovana.

Consumo pro-capite totale	120 litri/(ab·giorno)
Risciacquo WC	36 litri/(ab·giorno)
Lavatrice	14,4 litri/(ab·giorno)
Pulizie	3,6 litri/(ab·giorno)
Irrigazione e altri usi esterni	9,6 litri/(ab·giorno)
Totale consumo da riuso	63,6 litri/(ab·giorno)

Tabella 4.8- Quota consumo pro-capite che può essere potenzialmente coperta dal riutilizzo dell'acqua piovana. (Jones, Hunt, 2009)

Per quanto riguarda il numero di utenze si è scelto di analizzare quattro casi tipici, prendendo così in considerazione sia edifici monofamiliari/villette che edifici plurifamiliari/multipiano. Se si vuole esprimere il valore di 63,6 litri/(ab·giorno) in lps (litri per secondo) occorre dividere per 86400, ottenendo così un consumo pro capite da riuso giornaliero di 0,000736 lps.

Numero di utenti	Consumo totale da riuso (litri/giorno)	Consumo totale da riuso(lps - litri per secondo)
3	190	0,0022
6	382	0,0044
15	954	0,011
24	1526	0,0176

Tabella 4.9- Consumo totale da riuso per numero di utenti analizzato nello studio

I dati di pioggia sono stati reperiti dall'Archivio Pluviometrico dell'Autorità di Bacino del fiume Reno, e si riferiscono al periodo compreso tra il 01/01/1934 ed il 31/12/2010. Dall'analisi dei dati, condotta su un totale di 77 annualità, risulta un'altezza di pioggia media annua di 776 mm, mentre il tempo secco medio con periodo di ritorno di un anno è di 22 giorni.

Per ogni quota di consumo sono state condotte diverse simulazioni, variando alternativamente l'area della superficie di raccolta e il volume del serbatoio di stoccaggio in funzione della domanda. Si è raccolto come dato in uscita il numero medio di ore di funzionamento della pompa, computato nei 77 anni del periodo considerato. Dal rapporto tra il numero di ore di funzionamento della pompa e il numero totale di ore dei 77 anni si è ottenuta l'efficienza del sistema, che si può definire in altri termini come il rapporto tra l'acqua piovana fornita agli utenti e la domanda da riuso.

I risultati delle simulazioni vengono mostrati mediante quattro grafici, ciascuno dei quali rappresentativo di una ampia serie di casi di studio.

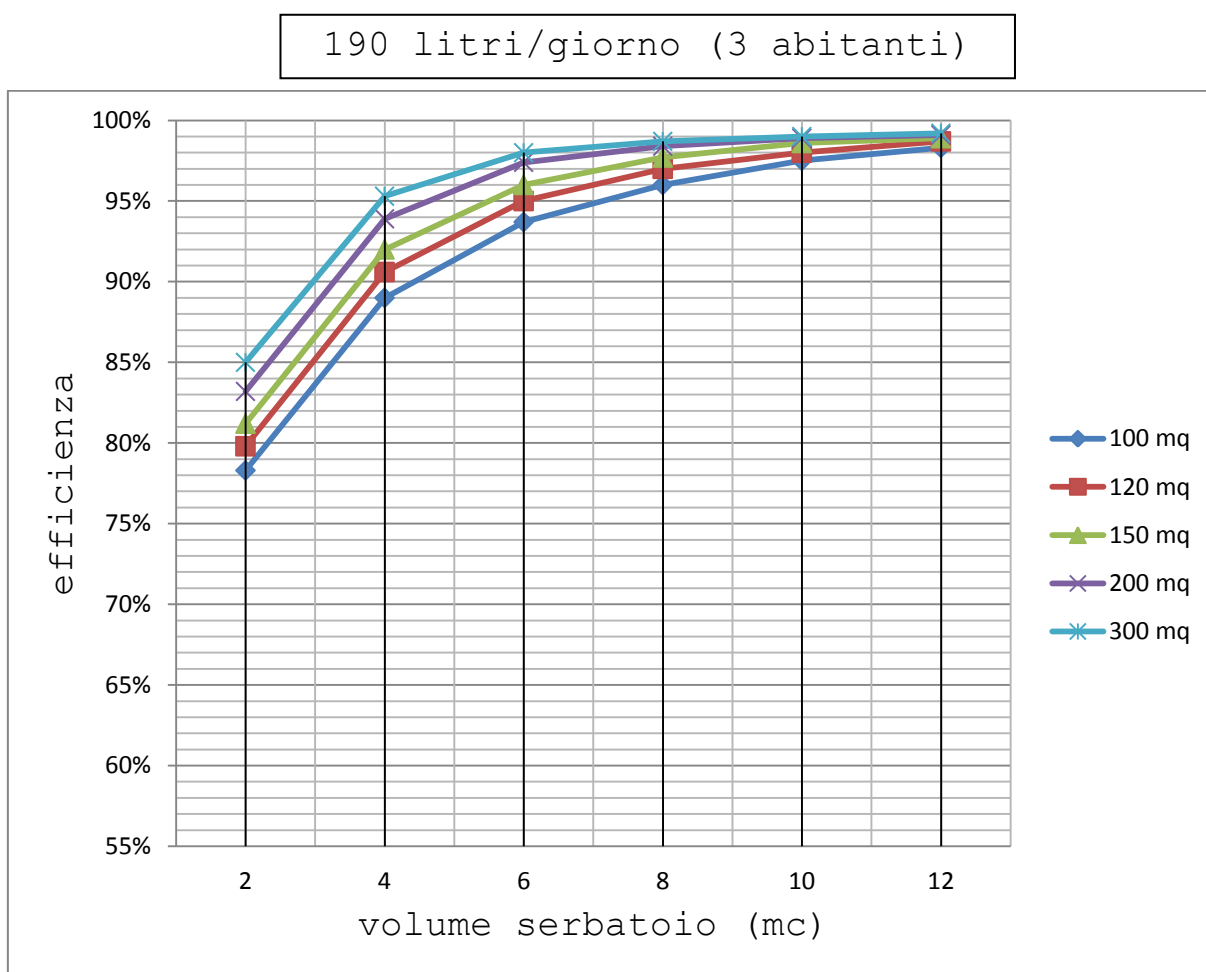


Figura 4.44- Relazione tra il volume del serbatoio e l'efficienza del sistema, per un consumo da riuso pari a 190 litri/giorno, corrispondente a tre abitanti, e per diverse superfici di raccolta.

Dall'analisi dei grafici si ha la possibilità di valutare l'andamento dell'efficienza al variare del volume del serbatoio, delle superfici di raccolta e delle quote di consumo. Per quanto riguarda la quota di consumo di 190 litri/giorno si osserva ad esempio che per ottenere un'efficienza del 95%, avendo a disposizione una superficie di raccolta di 300 m², è sufficiente disporre di un serbatoio di raccolta di 4 m³, mentre avendo a disposizione una superficie di 120 m² è necessario un serbatoio di 6 m³. Dal punto di vista economico il costo del sistema dipende in pratica esclusivamente dal costo del serbatoio; risulta quindi poco conveniente dimensionare un impianto nel caso si disponga di una superficie di captazione ridotta, poiché bisognerebbe prevedere un serbatoio di dimensioni molto elevate.

382 litri/giorno (6 abitanti)

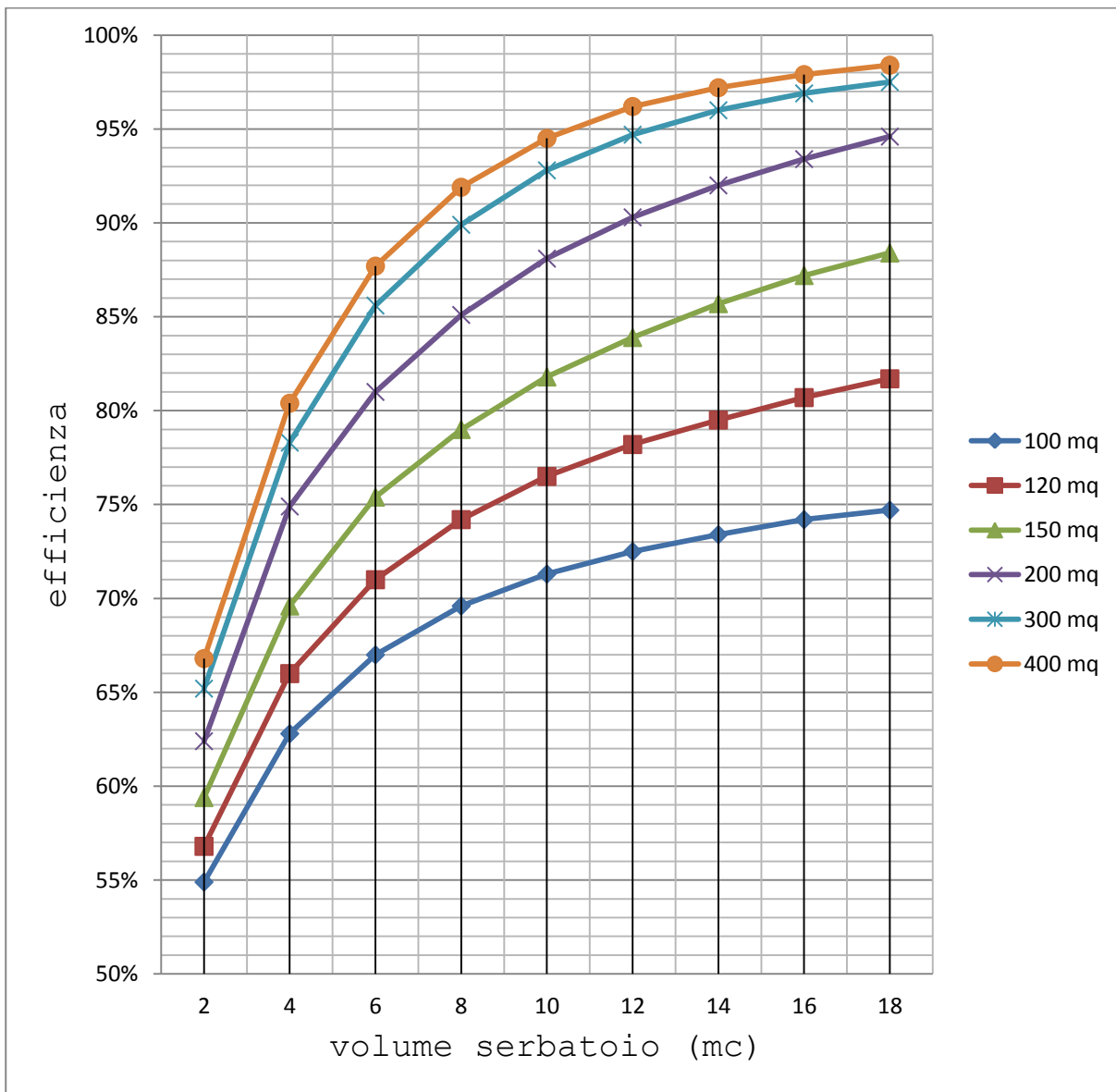


Figura 4.45- Relazione tra il volume del serbatoio e l'efficienza del sistema, per un consumo da riuso pari a 382 litri/giorno, corrispondente a sei abitanti, e per diverse superfici di raccolta.

L'andamento dei grafici evidenzia come a parità di efficienza, all'aumentare delle quote di consumo i volumi di stoccaggio richiesti siano sempre maggiori. Nel caso del valore di consumo di 382 litri/giorno si ottengono valori di efficienza accettabili con serbatoi di dimensioni ridotte, mentre all'aumentare del numero degli utenti si ottengono efficienze sempre minori a parità del volume del serbatoio.

954 litri/giorno (15 abitanti)

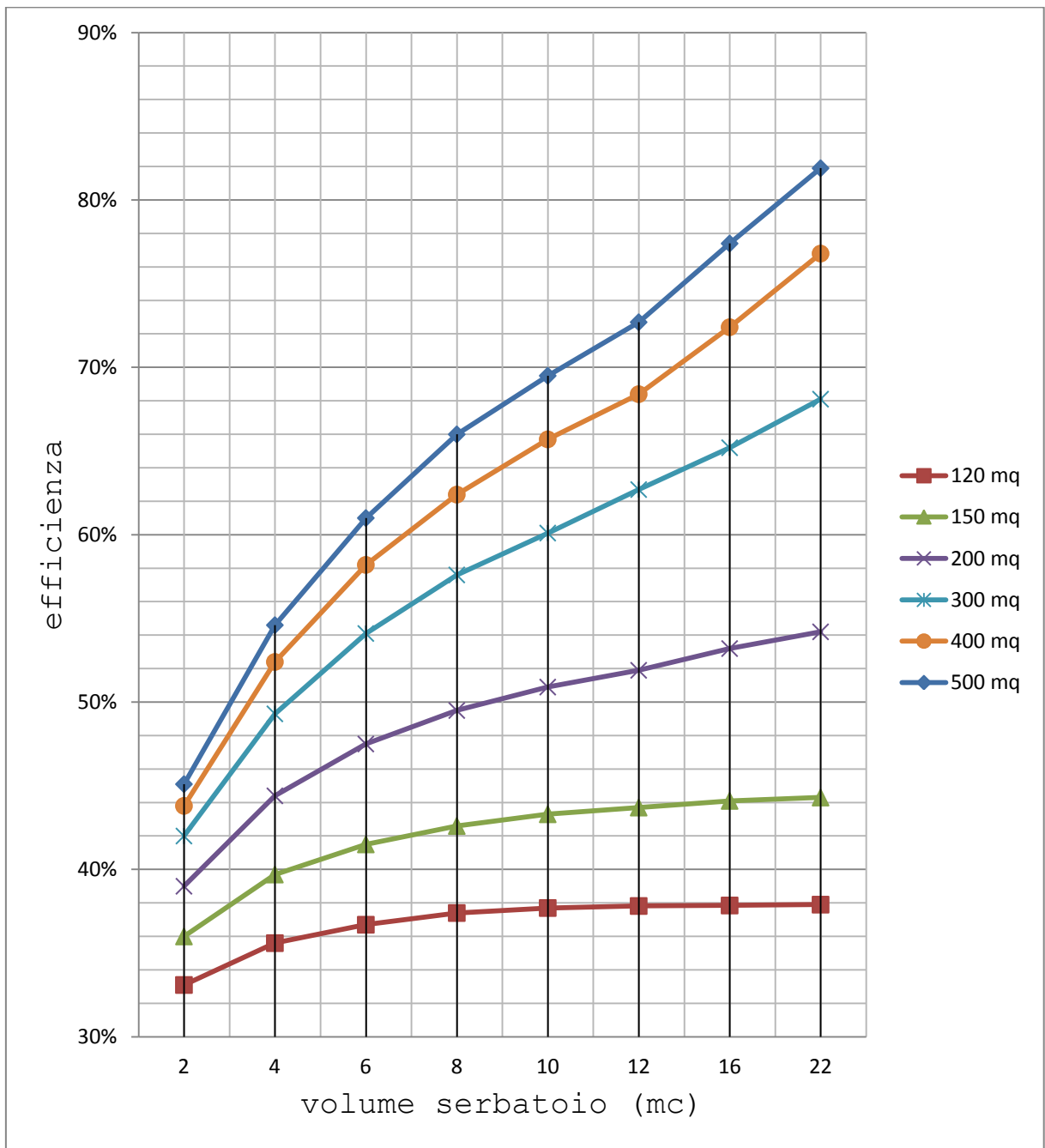


Figura 4.46- Relazione tra il volume del serbatoio e l'efficienza del sistema, per un consumo da riuso pari a 954 litri/giorno, corrispondente a quindici abitanti, e per diverse superfici di raccolta.

1526 litri/giorno (24 abitanti)

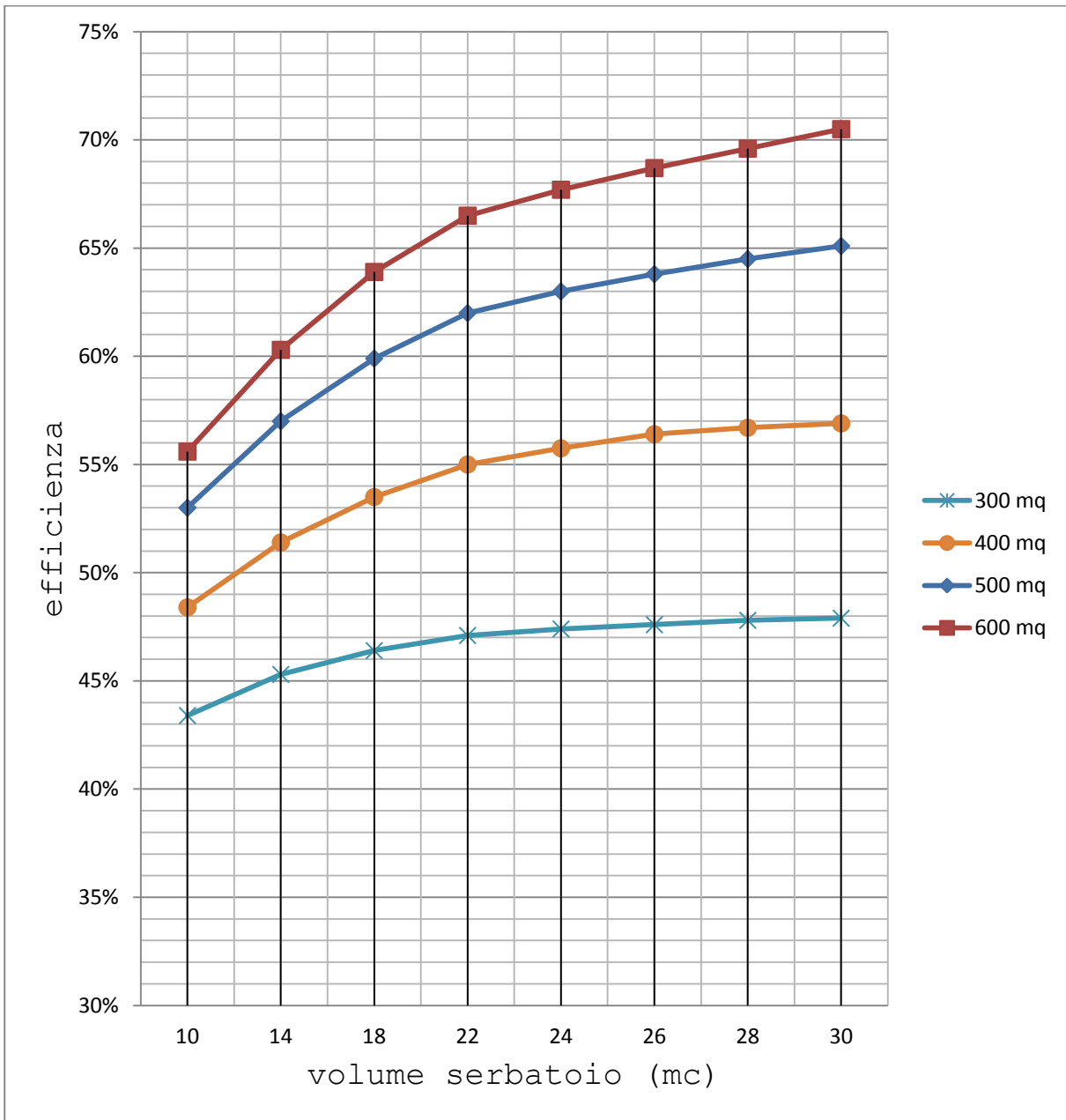


Figura 4.47- Relazione tra il volume del serbatoio e l'efficienza del sistema, per un consumo da riuso pari a 1526 litri/giorno, corrispondente a ventiquattro abitanti, e per diverse superfici di raccolta.

Può risultare utile il rappresentare gli andamenti di tutte le simulazioni in un unico grafico. Per farlo si utilizzano grandezze specifiche, cioè rapportate alla superficie di captazione: si avrà quindi un consumo specifico (cioè il consumo / area del tetto), ed un volume specifico del serbatoio (cioè volume / area del tetto).

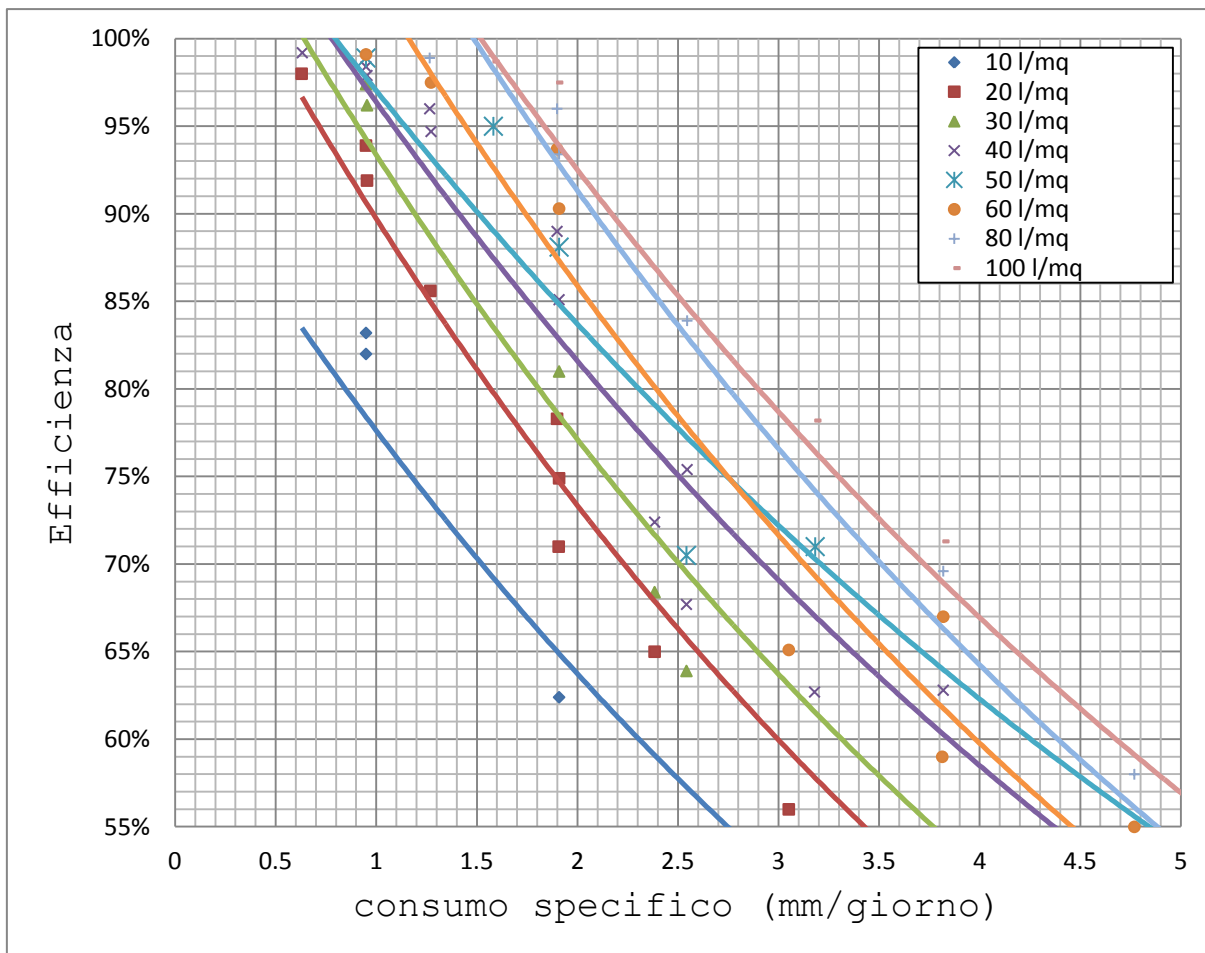


Figura 4.48- Relazione tra l'efficienza del sistema e il consumo specifico al variare dei volumi specifici del serbatoio.

A titolo esemplificativo si consideri un volume specifico di 10 l/m², che corrisponde ad esempio ad un serbatoio di 2 m³ e ad una superficie di captazione di 200 m²: si può notare come l'efficienza del sistema cali rapidamente all'aumentare del consumo specifico.

4.3.1. Esempi sull'utilizzo dei grafici

ESEMPIO 1

Si consideri il caso di una abitazione bifamiliare, con una superficie di captazione (in questo caso unicamente il tetto) pari a 300 m², in cui vivono sei persone.

Come prima operazione si determinano i consumi che possono essere teoricamente soddisfatti dall'apporto di acqua piovana.

$$\text{consumo da riuso} = 6 ab \cdot 63,6 \frac{\text{litri}}{ab \cdot \text{giorno}} = 382 \frac{\text{litri}}{\text{giorno}} = 139.430 \frac{\text{litri}}{\text{anno}} = 0,382 \frac{\text{m}^3}{\text{giorno}}$$

$$\text{consumo specifico} = \frac{0,382 \text{ m}^3/\text{giorno}}{300 \text{ m}^2} = 0,0013 \frac{\text{m}}{\text{giorno}} = 1,3 \frac{\text{mm}}{\text{giorno}}$$

Utilizzando lo schema di calcolo del volume del serbatoio previsto dalla norma E DIN 1989-1: 2000-12, e assumendo un tempo secco medio di 22 giorni, è possibile determinare le dimensioni del volume di stoccaggio.

Massima quantità annua di acqua piovana teoricamente cumulabile:

$$V = \varphi \cdot S \cdot P \cdot \eta = 0,9 \cdot 300 \cdot 776 \cdot 0,95 = 199.044 \text{ litri/anno}$$

Volume della riserva idrica (dato che il fabbisogno medio annuo è inferiore al volume teorico cumulabile, per il dimensionamento si utilizza il valore del fabbisogno):

$$V_R = T_{SM} \cdot \frac{\text{Fabbisogno medio annuo}^*}{365} = 22 \cdot \frac{139.430}{365} = 8.404 \text{ litri} = 8,4 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume specifico serbatoio} = \frac{8,4 \text{ m}^3}{300 \text{ m}^2} = \frac{8400 \text{ litri}}{300 \text{ m}^2} = 0,028 \text{ m} = 28 \frac{\text{litri}}{\text{m}^2}$$

Riportando tali valori sul grafico si ottiene un'efficienza dell'85%.

ESEMPIO 2

Si consideri ora un edificio a quattro piani, con una densità abitativa di sei abitanti per piano, quindi un totale di 24 abitanti, ed una superficie di raccolta di 350 m². In questo caso si ottiene:

$$\text{consumo da riuso} = 24 ab \cdot 63,6 \frac{\text{litri}}{ab \cdot \text{giorno}} = 1526 \frac{\text{litri}}{\text{giorno}} = 556.990 \frac{\text{litri}}{\text{anno}} = 1,526 \frac{\text{m}^3}{\text{giorno}}$$

$$\text{consumo specifico} = \frac{1,526 \text{ m}^3/\text{giorno}}{350 \text{ m}^2} = 0,0044 \frac{\text{m}}{\text{giorno}} = 4,4 \frac{\text{mm}}{\text{giorno}}$$

Massima quantità annua di acqua piovana teoricamente cumulabile:

$$V = \varphi \cdot S \cdot P \cdot \eta = 0,9 \cdot 350 \cdot 776 \cdot 0,95 = 232.218 \text{ litri/anno}$$

Volume della riserva idrica (dato che il fabbisogno medio annuo è superiore al volume teorico cumulabile, per il dimensionamento si utilizza un valore medio):

$$V_R = T_{SM} \cdot \frac{\text{Fabbisogno medio annuo}^*}{365} = 22 \cdot \frac{394.604}{365} = 23.784 \text{ litri} = 23,8 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume specifico serbatoio} = \frac{23,8 \text{ m}^3}{350 \text{ m}^2} = \frac{23.784 \text{ litri}}{350 \text{ m}^2} = 68 \frac{\text{litri}}{\text{m}^2}$$

Riportando tali valori sul grafico si ottiene un'efficienza di poco superiore al 50 %.

Effettuando questo semplice calcolo si può osservare come nel primo caso l'installazione di un sistema per la raccolta dell'acqua piovana possa coprire una quota consistente dei consumi riuscendo a soddisfarli con acqua non potabile, nel secondo caso invece questa quota si abbassa drasticamente.

4.3.2. Valutazione dei benefici sul sistema di drenaggio urbano

Per valutare l'impatto dei sistemi di raccolta dell'acqua piovana sul drenaggio urbano e l'efficienza nella riduzione della quantità dei deflussi meteorici in fognatura, occorre fare riferimento alle percentuali di *overflow*, ovvero di scarico in fognatura durante gli eventi meteorici, calcolate come il rapporto tra il volume versato in fognatura e il volume totale disponibile nei 76 anni. I risultati ottenuti attraverso le varie simulazioni in riferimento a questo aspetto sono riassunti nel grafico di figura 4.47.

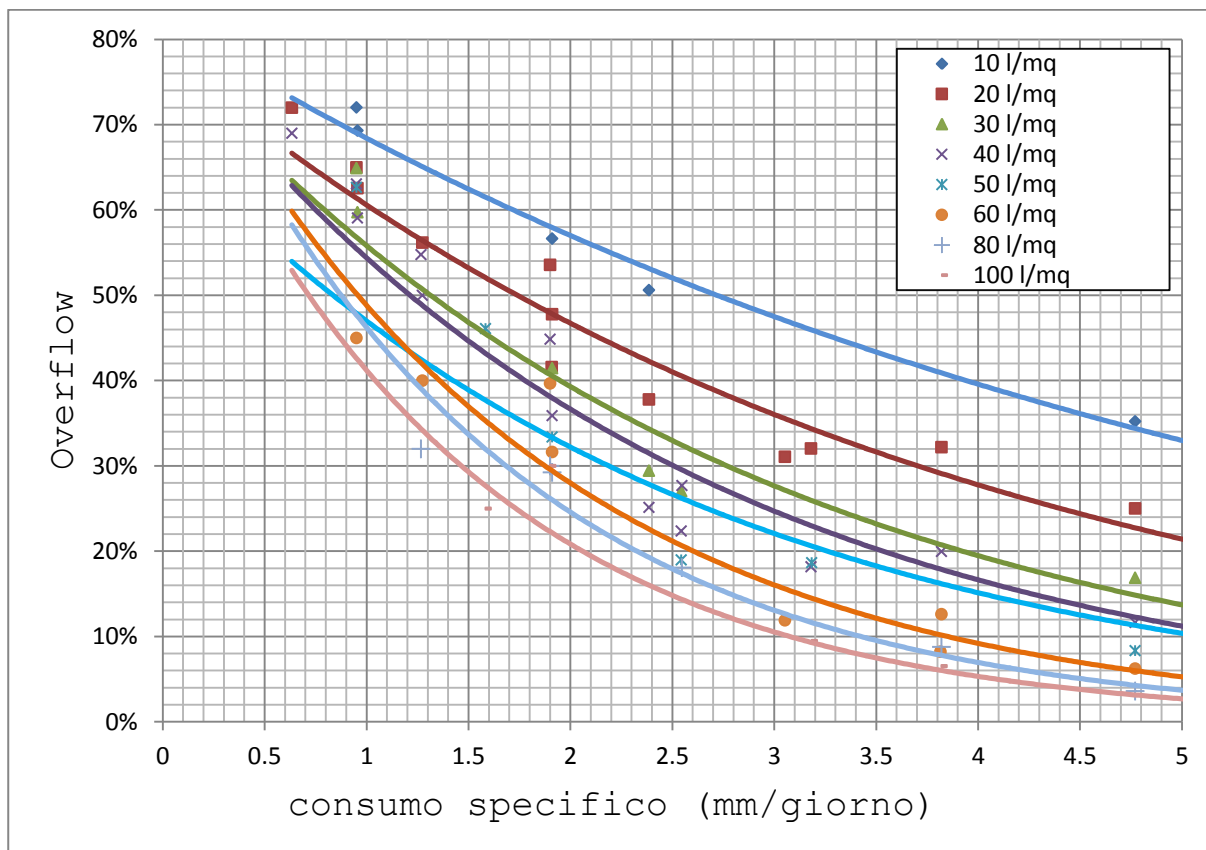


Figura 4.49- Relazione tra la percentuale di overflow e il consumo specifico al variare dei volumi specifici del serbatoio.

Se si considerano nuovamente i casi visti nel precedente paragrafo, si può osservare come per la villetta bifamiliare con un consumo specifico di 1,3 mm/giorno e un volume specifico del serbatoio di 28 litri/m² la percentuale di overflow sia circa del 50 %; ciò significa che si riducono i deflussi meteorici della superficie in esame della metà.

Nel caso dell'edificio multipiano, per il quale si considera un consumo specifico più elevato, 4,4 mm/giorno, ed un volume specifico del serbatoio di 68 litri/m², la percentuale di overflow è inferiore al 10%. Si ottiene quindi in questo caso una notevole diminuzione della quantità di acqua scaricata in fognatura, in quanto consumi maggiori e serbatoi più grandi causano scarichi molto più modesti.

4.3.3. Valutazione dell'efficienza dei sistemi di raccolta in quattro casi di studio nella provincia di Bologna mediante l'utilizzo di coefficienti adimensionali

Si utilizzano i coefficienti adimensionali definiti nello studio "Performance dei sistemi di raccolta dell'acqua piovana per uso domestico in Sicilia" (A. Campisano, C. Modica, 2011), per poter confrontare l'efficienza dei suddetti sistemi a scala regionale in sette località dell'Emilia Romagna.

I due parametri adimensionali utilizzati sono la frazione di domanda d e la frazione di stoccaggio s .

$$d = \text{frazione di domanda} = \frac{D}{A \cdot R}$$

Dove D rappresenta la domanda di acqua misurata in m^3 , A rappresenta la superficie di captazione misurata in m^2 e R è l'altezza di pioggia totale, misurata in metri.

$$s = \text{frazione di stoccaggio} = \frac{S}{A \cdot R}$$

Dove S rappresenta la capacità del serbatoio, espressa in m^3 .

Per quanto riguarda i riusi compatibili con l'acqua piovana, sono stati considerati il risciacquo del WC, la lavatrice, le pulizie e l'irrigazione, considerando il valore di valore di 63,6 litri/(ab·giorno), valore che può essere teoricamente fornito utilizzando i sistemi per la raccolta dell'acqua piovana.

La performance del sistema di raccolta si descriverà valutando l'efficienza del risparmio annuale W_s (water saving), calcolata come rapporto tra il numero di ore di funzionamento della pompa e le ore totali delle annualità di pioggia considerate. W_s sarà uguale a zero (0%) quando si utilizzerà solamente acqua fornita dall'acquedotto, mentre raggiungerà il massimo valore (100%) quando si utilizzerà unicamente acqua stoccata nel serbatoio. Le simulazioni sono state condotte, laddove la reperibilità dei dati lo ha consentito, su un totale di 77 annualità.

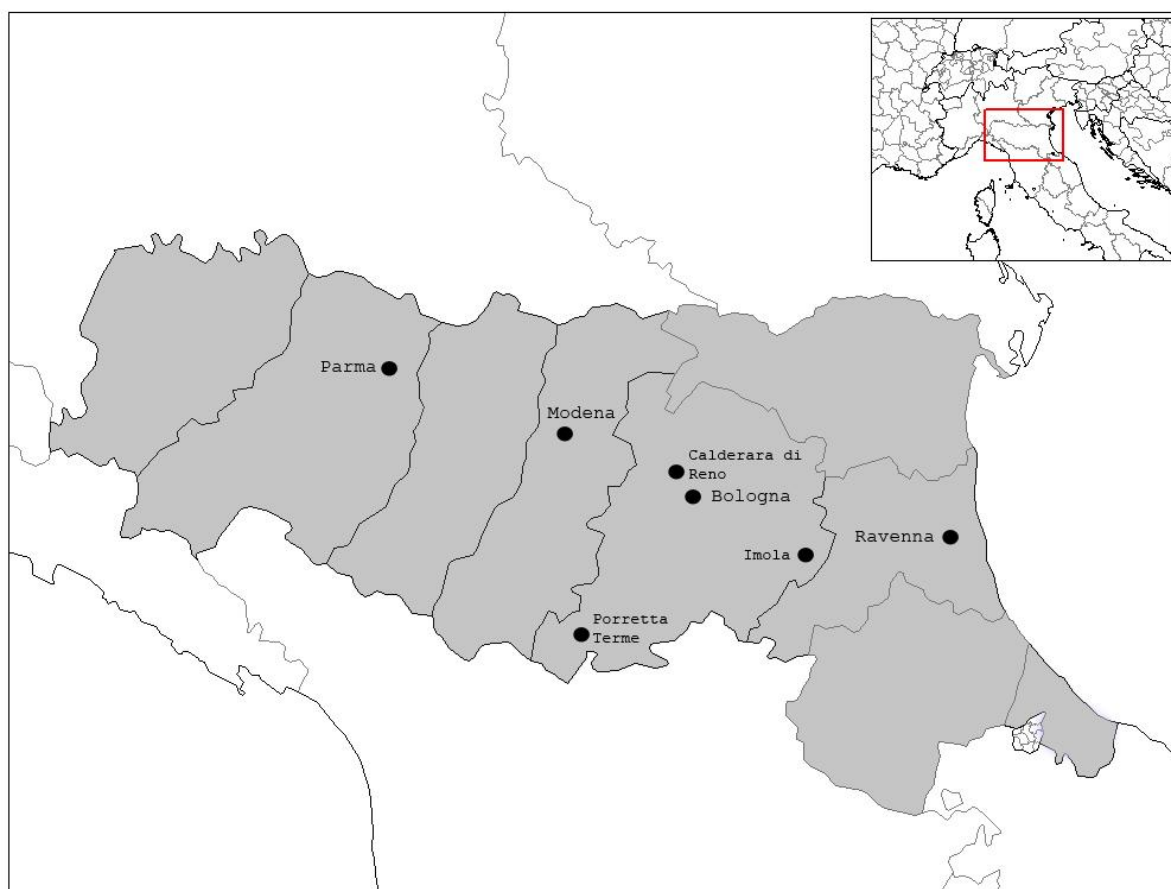


Figura 4.50- Collocazione delle località per le quali sono stati analizzati i dati di pioggia e l'efficienza dei sistemi di raccolta.

Località di riferimento - Stazione Meteorologica	Altitudine (metri s. l. d. m.)	Altezza di pioggia media annua (mm)
Bologna	54	776
Imola	47	797
Calderara di Reno	30	721
Porretta Terme	349	1227
Ravenna	4	665
Parma	57	797
Modena	34	728

La modellazione idraulica è stata effettuata considerando due valori di domanda specifica d : 1 e 4.

Come ci si poteva attendere, il valore dell'efficienza cresce all'aumentare della frazione di stoccaggio s , mentre decresce all'aumentare della frazione di domanda d .

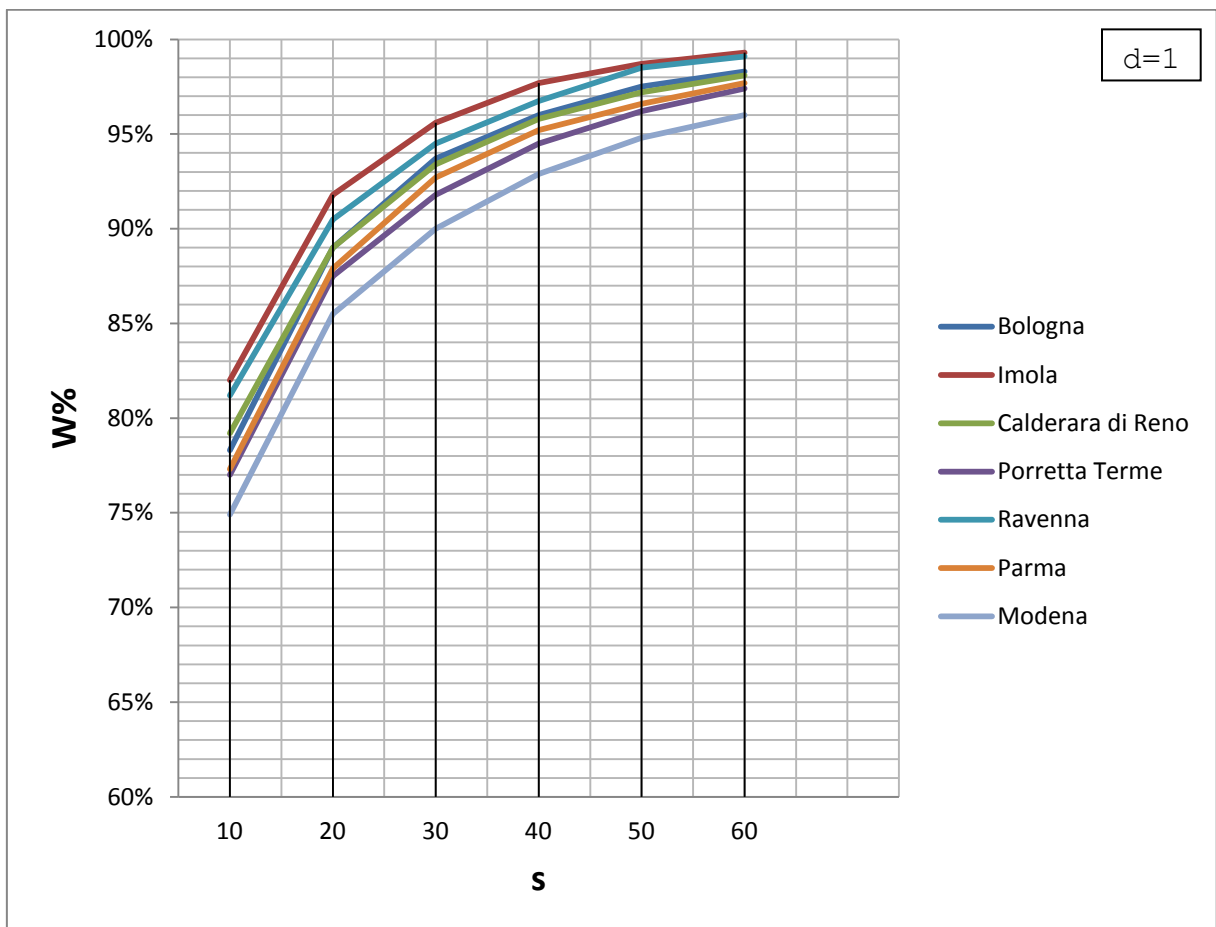


Figura 4.51- Efficienza dei sistemi di raccolta per le località selezionate, data la domanda specifica $d=1$.

Come si può osservare dal grafico, le curve che mettono in relazione la frazione di stoccaggio e l'efficienza sono particolarmente pendenti. Ciò significa che per questo valore di domanda specifica, un aumento del volume del serbatoio può generare un significativo incremento dell'efficienza del sistema di raccolta dell'acqua, e può quindi considerarsi un buon investimento.

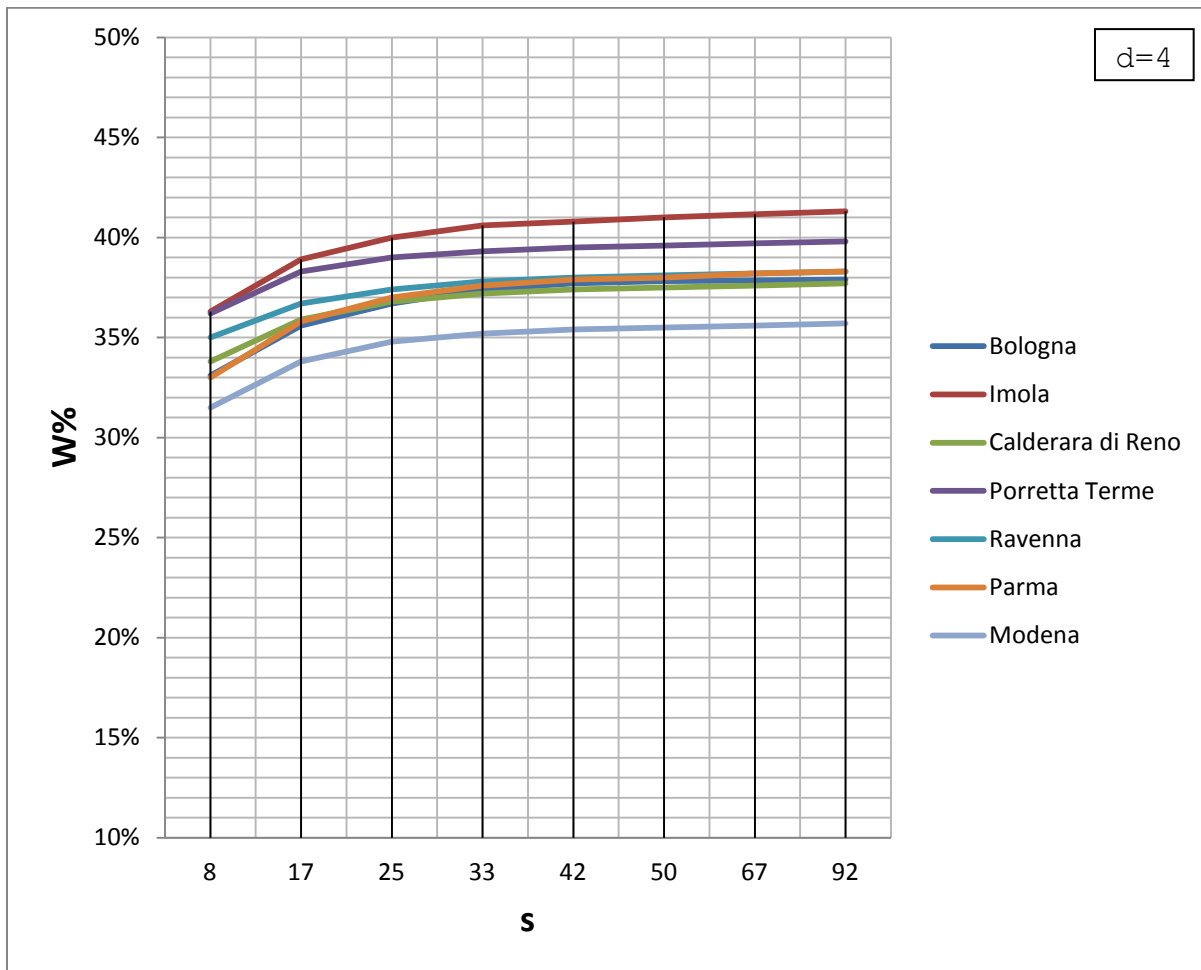


Figura 4.52- Efficienza dei sistemi di raccolta per le località selezionate, data la domanda specifica $d=4$.

In questo caso, le curve che mettono in relazione la frazione di stoccaggio e l'efficienza sono sdraiate.

Ciò significa che per questo valore di domanda specifica, un aumento del volume del serbatoio non genererà un significativo incremento dell'efficienza del sistema di raccolta dell'acqua.

Conclusioni

Il presente lavoro ha illustrato l'applicazione di più modelli di calcolo per la valutazione dei potenziali benefici derivanti dall'utilizzo di sistemi di raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana nel contesto degli usi residenziali.

Motivato dalla continua crescita di domanda idrica e dalla riduzione delle risorse utilizzabili a causa dei cambiamenti climatici e dei comportamenti umani, lo studio si è rivolto alla valutazione dei benefici nel riuso dell'acqua piovana nei confronti sia del risparmio di acqua potabile ottenibile dagli utenti, sia nella riduzione dei deflussi meteorici scaricati in fognatura. Entrambi gli aspetti possono fornire vantaggi economici, connessi con la riduzione dei costi per l'approvvigionamento idrico e per la riduzione dei danni provocati dalle sempre più frequenti inondazioni dovute ad eventi meteorici di breve durata ma di grande intensità.

Nelle simulazioni effettuate attraverso il software SWMM, sono stati analizzati alcuni casi tipici, utilizzando come dati ambientali di input le serie pluviometriche riferite ad un totale di 77 annualità, registrate a Bologna dal 1934 al 2010. I risultati ottenuti sono stati rappresentati sottoforma di grafici, i quali risultano molto utili per osservare l'andamento effettivo dell'efficienza al variare delle condizioni in esame, e stabilire l'opportunità di realizzare o meno un impianto di raccolta e riutilizzo dell'acqua piovana.

L'efficienza nel riutilizzo dell'acqua piovana dipende essenzialmente dal rapporto tra la disponibilità di superfici di raccolta, numero di utenti e conseguente domanda da riuso da soddisfare; quando la combinazione di questi fattori è troppo sbilanciata da un eccesso di richieste o ridotta disponibilità di superfici sono necessari serbatoi di stoccaggio di dimensioni troppo elevate, i quali fanno lievitare eccessivamente il costo dell'impianto dato che il serbatoio è la componente senz'altro più onerosa del sistema. D'altro canto, proprio nel caso di impianti di dimensioni più elevate, migliorano le prestazioni del sistema nei confronti del drenaggio urbano, riducendo sensibilmente i volumi e la frequenza degli *overflow*.

Mediante l'utilizzo di coefficienti adimensionali, si sono potuti mettere a confronto valori di efficienza dei sistemi di raccolta facenti riferimento a diverse località dell'Emilia Romagna. I risultati mostrano come la zona geografica influenzi in modo consistente il dimensionamento dei serbatoi, e quindi come i suddetti grafici siano di fondamentale utilità nella funzione di abachi di dimensionamento. I grafici risultano utili anche per valutare l'efficacia della realizzazione di un certo sistema e come la variazione di uno dei parametri in gioco (ad esempio le dimensioni del serbatoio) possa influenzare in maniera sostanziale l'efficienza dell'impianto di raccolta.

Si rende necessario valutare caso per caso l'opportunità o meno di realizzare tali impianti, anche in considerazione del fatto che fino ad oggi il prezzo dell'acqua potabile è stato molto ridotto, ma le previsioni future portano molti studiosi ad affermare che la riduzione di disponibilità della risorsa sarà sempre più evidente.

Bibliografia

A. Campisano, C. Modica, (2011). *Performance of rooftop rain water harvesting systems for domestic use in Sicily*. Venezia.

Abdulla, Al-Shareef, (2009). *Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan*. Elsevier (www.sciencedirect.com).

Alvisi C., Scagliarini M., (2008). *Progetto " Non c'è acqua da perdere a Castel San Pietro Terme"*. Provincia di Bologna, Settore Ambiente.

Autorità di Bacino Regionale del Friuli Venezia Giulia - Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università degli Studi di Udine, (2008). *Studio conoscitivo "Gestione sostenibile della risorsa idrica nelle aree urbanizzate"*. Udine.

Cittadinanza Attiva - Osservatorio prezzi e tariffe, (2008). *Il servizio idrico integrato*.

CNEL, Consiglio Nazionale dell'Economia e del Lavoro, (2008). *Osservazioni e proposte su "Tutela delle risorse idriche"*. Assemblea, 5 giugno 2008, Roma.

Conte, G., (2008). *Nuvole e sciacquoni*. Edizioni Ambiente.

COVIRI, Comitato per la Vigilanza delle Opere Idriche, (2006). *Relazione Annuale al Parlamento sullo stato dei servizi Idrici 2005*. Ministero dell'Ambiente, Roma

Domènech, Saurí, (2010). *A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multimultifamily buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): social experience, drinking water savings and economic costs*. Journal of Cleaner Production . Elsevier (www.sciencedirect.com).

EMA, Entitat del Medi Ambient, (2009). *Dades ambientals metropolitanas*.

Environment Agency, (2008). *International Comparisons of Domestic Per Capita Consumption in Water and the Environment*.

Environmental Protection Agency, (2006). *Drinking Water Quality in EPA Viewpoints*.

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

Freni, G., Mannina G., Torregrossa M., Viviani G., (2007). *Sistemi localizzati di riuso delle acque reflue e meteoriche in ambiente urbano*. V Giornata di studio sul drenaggio, urbano sostenibile, riuso e risparmio acque reflue e meteoriche, 13 Dicembre 2007, Genova.

Ghisi, Lapolli Bressan, Martini, (2007). *Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil*. Elsevier (www.sciencedirect.com).

Ghisi, Tavares, Rocha. (2009). *Rainwater harvesting in petrol stations in Brasilia: Potential for potable water savings and investment feasibility analysis*. Elsevier (www.sciencedirect.com).

Herrmann T., Schmida. U., (2000). *Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects*. Urban Water, Volume 1, Issue 4, December 2000, Pages 307-316.

ISTAT, (2003). *La distribuzione dell'acqua potabile in Italia - Anno 1999*. 10 luglio 2003.

Jones, Hunt, (2009). *Performance of rainwater harvesting systems in the southeastern United States*. Elsevier (www.sciencedirect.com).

Krishna H. J., (2005). *The Texas Manual on Rainwater Harvesting*. Austin, Texas Water Development Board, Third Edition, Austin, Texas

Li, Boyle, Reynolds, (2011). *Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland*. Elsevier (www.sciencedirect.com).

Maglionico M., Tondelli S., (2003). *Gestione sostenibile delle risorse idriche e regolazione urbanistico edilizia*. DEI-Tipografia del Genio Civile, Roma.

Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio (UFAPF), (2000). *Quale trattamento per le acque meteoriche ?*. Berna.

Vickers, (2001). *Handbook of water conservation*. Amherst, Massachusetts, WaterPlow Press.

AA. VV., (2002). *Acqua. Sistemi e dispositivi per il risparmio e il riutilizzo*. EdicomEdizioni.

Workman G., (2006). *The Rainwater Tank Design & Installation Handbook - HB230*. Australian Rainwater Industry Development Group (ARID), National Plumbing, Conference Cairns, Australia.

Bibliografia Web

<http://ga.water.usgs.gov>

www.archiexpo.it

www.arpaitalia.it

www.et-studio.it

www.euroambiente.info

www.genitronsviluppo.com

www.inderst.it

www.iridra.com

www.iseagroup.com

www.planiplastic.it

www.pozzolineutra.com

www.rainharvesting.co.uk

www.rainharvesting.com

www.vemar.net