Criteri di progettazione,
realizzazione e gestione

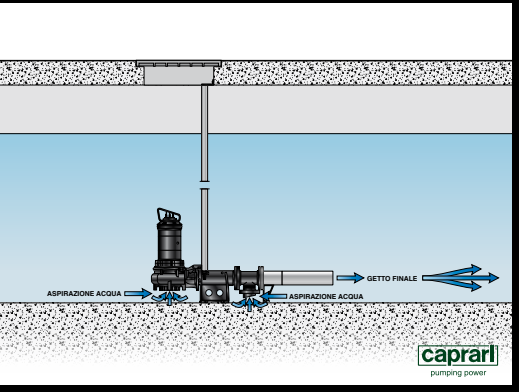
VASCHE DI PRIMA PIOGGIA e VASCHE DI LAMINAZIONE

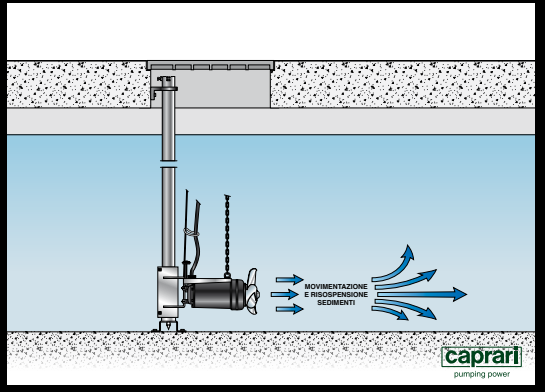
nell'ambito dei **sistemi fognari**

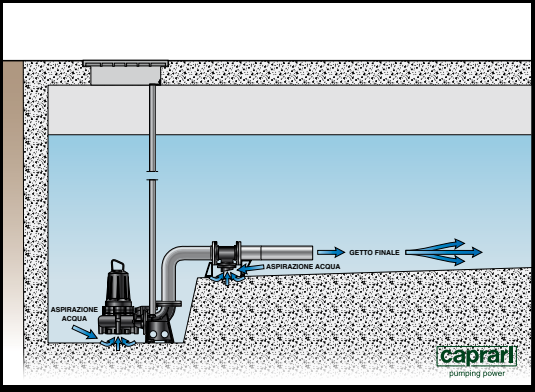
ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA
DELLE STRUTTURE, DEI TRASPORTI, DELLE ACQUE,
DEL RILEVAMENTO, DEL TERRITORIO

caprari
pumping power

caprari
pumping power


ASPIRAZIONE ACQUA
GETTO FINALE
ASPIRAZIONE ACQUA
caprari
pumping power


MOVIMENTAZIONE
E RISOSPENSIONE
SEDIMENTI
caprari
pumping power


GETTO FINALE
ASPIRAZIONE ACQUA
ASPIRAZIONE
ACQUA
caprari
pumping power

Criteri di progettazione,
realizzazione e gestione

VASCHE DI PRIMA PIOGGIA
e VASCHE DI LAMINAZIONE
nell'ambito dei sistemi fognari

caprari
pumping power

Il presente documento è stato redatto tramite una collaborazione tra Caprari S.p.A. e il DISTART (Dipartimento di Ingegneria delle Strutture, dei Trasporti, delle Acque, del Rilevamento e del Territorio) della Facoltà di Ingegneria di Bologna a seguito di una convenzione di ricerca con responsabile scientifico Ing. Marco Maglionico.

Rimane inteso che le competenze degli argomenti scientifico e normativi sono da attribuirsi al DISTART, mentre la progettazione e costruzione delle apparecchiature elettromeccaniche ed elettroniche alla Caprari S.p.A.

Referente Caprari: **Mauro Salvarani, specialista reflue e drenaggio**
Tel. 059 897742
m.salvarani@caprari.it

SOMMARIO

Questo documento ha l'obiettivo di affrontare le problematiche legate allo smaltimento delle acque meteoriche e in particolare focalizzare l'attenzione sugli invasi che si rende necessario progettare a servizio dei sistemi fognari.
Il documento è stato suddiviso in diversi capitoli ognuno dei quali ha inteso descrivere alcuni aspetti salienti che i progettisti devono affrontare: aspetti normativi, dimensionamento, tipologia di manufatti, aspetti gestionali.
Evidentemente non vuole essere un documento completo su tutti gli aspetti sopra ricordati, ma intende fornire alcuni spunti progettuali e porre l'attenzione su aspetti che spesso vengono trascurati.
Si rimanda quindi a testi scientifici specializzati la trattazione dei diversi criteri di dimensionamento esistenti nella letteratura scientifica e i particolari costruttivi che i manufatti possono richiedere.

INDICE

Capitolo 1 1

La gestione delle acque meteoriche in ambito urbano: problemi idraulici ed ambientali 1

1 INTRODUZIONE 1

Capitolo 2 3

Sintesi della normativa nazionale e regionale per il controllo quali-quantitativo delle acque meteoriche 3

1 INQUADRAMENTO LEGISLATIVO NAZIONALE 3
2 INQUADRAMENTO LEGISLATIVO REGIONALE 4
2.1 Normativa nella Regione Emilia-Romagna 5
2.2 Normativa nella Regione Lombardia 10
2.2.1 Riduzione delle portate meteoriche drenate 11
2.2.2 Scaricatori di piena, vasche di accumulo e portate meteoriche da sottoporre a trattamento 12
2.2.3 Limitazione delle portate meteoriche recapitate nei ricettori tramite le vasche di laminazione 13
2.3 Normativa nella Regione Piemonte 14
3 IL CONTROLLO QUANTITATIVO DEI DEFLUSSI 16

Capitolo 3 19

Tipologie e caratteristiche degli invasi per il controllo quali-quantitativo delle acque meteoriche 19

1 INTRODUZIONE 19
1.1 Invasi 19
2 TIPOLOGIA COSTRUTTIVE DEGLI INVASI 21
2.1 Invasi a cielo aperto 21
2.1.1 Bacini di raccolta permanenti 23
2.1.2 Bacini di raccolta non permanenti 31
2.2 Invasi chiusi interrati 34

Capitolo 4 47
Vasche di Laminazione 47

Capitolo 5 53
Vasche di Prima Pioggia 53

Capitolo 6 57
Funzionamento e pulizia delle vasche mediante gruppi idro-eiettori e elettromiscelatori 57

1 INTRODUZIONE 57
1.1 Sistema di svuotamento 57
1.2 Sistema di pulizia automatico 58
1.3 Sistemi di automazione, telecontrollo e logiche di funzionamento 60
1.4 Scelta delle apparecchiature di pulizia 64
1.5 Analisi dei costi energetici 67

BIBLIOGRAFIA 71

CAPRARI NEL CICLO INTEGRATO DELL'ACQUA 75

CAPITOLO 1

La gestione delle acque meteoriche in ambito urbano: problemi idraulici ed ambientali

1 INTRODUZIONE

L'impermeabilizzazione del territorio, a seguito della realizzazione di nuovi insediamenti abitativi o industriali, ha messo in evidenza diverse problematiche connesse con lo smaltimento delle acque meteoriche da tali aree. In particolare si possono avere gravi conseguenze sia idraulico-quantitative, sia ambientali-qualitative: dall'insufficienza delle reti di fognatura esistenti e dei corsi d'acqua ricettori, alla necessità di trattare la frazione più inquinata delle acque meteoriche e di ridurre i volumi idrici ed i carichi inquinanti sversati nei corsi d'acqua attraverso gli scaricatori di piena. L'urbanizzazione produce essenzialmente tre tipi di alterazioni:

- per la minore infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo e per i contemporanei diffusi prelievi di acqua di falda, si produce una modifica nel bilancio idrologico delle acque superficiali e sotterranee;
- per la maggiore impermeabilizzazione e per la maggiore velocità dei deflussi superficiali, durante le piogge, aumentano le portate idrauliche consegnate ai ricettori, aggravando quindi i problemi connessi al controllo delle esondazioni;
- la qualità delle acque meteoriche che percorrendo i bacini urbani si deteriora a tal punto che il problema del trattamento delle acque meteoriche assume un'importanza analoga a quella del trattamento degli scarichi dei reflui civili ed industriali.

Queste conseguenze possono essere controllate inserendo nelle reti di collettamento degli invasi con la funzione di accumulare provvisoriamente una parte dei volumi idrici derivanti dagli eventi meteorici, per inviarli successivamente alla depurazione o per restituirli alla rete a valle o al ricettore finale con portata ridotta e con essi compatibile.
Gli invasi si possono distinguere in due tipologie principali: le vasche di *"prima pioggia"*, finalizzate alla riduzione del carico inquinante sversato nel ricettore, e le *vasche volano o di laminazione*, finalizzate alla laminazione delle onde di piena ed alla conseguente riduzione della portata massima rilasciata.

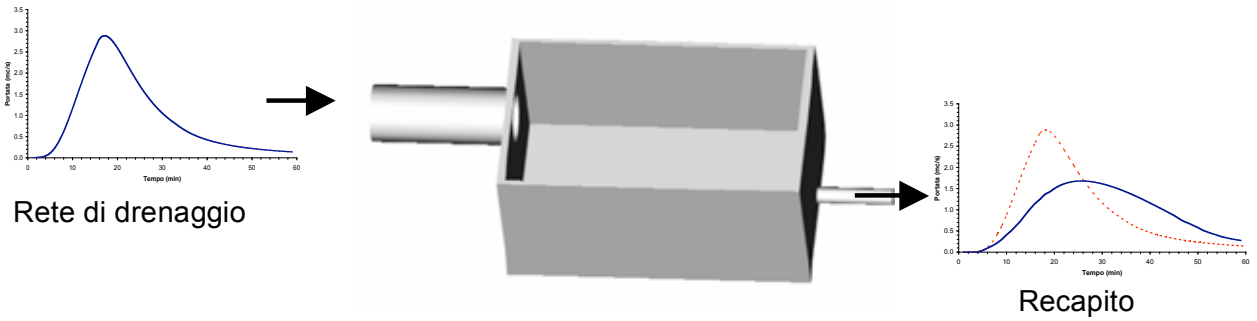


Figura 1.1 - *Schema semplificato di funzionamento di una vasca di laminazione*

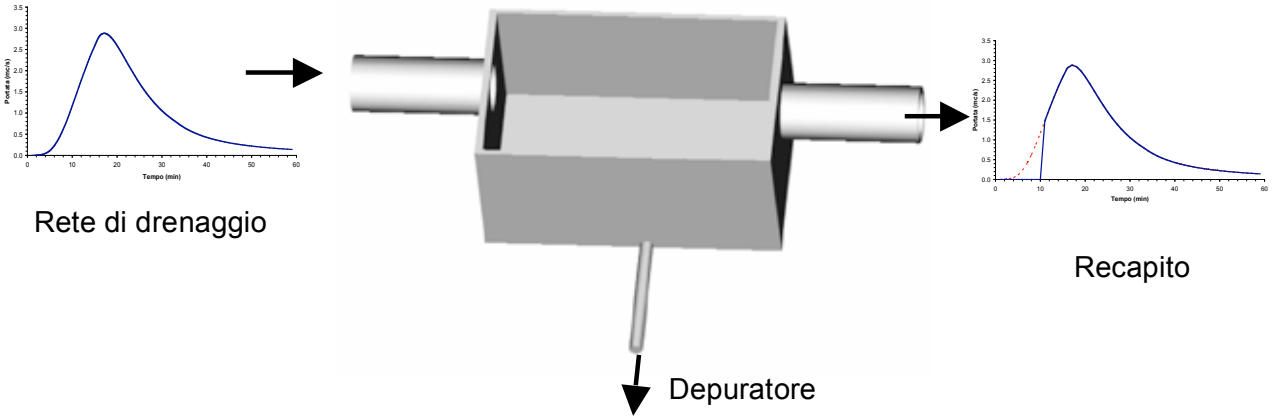


Figura 1.2 - *Schema semplificato di funzionamento di una vasca di "prima pioggia"*

Negli ultimi anni si è sviluppata una progressiva diversificazione delle tipologie costruttive degli invasi, in funzione delle diverse problematiche che essi devono affrontare e, soprattutto, per l'esigenza di rendere sempre più efficiente e meno onerosa la gestione.
Inoltre viene dato rilievo sempre maggiore all'inserimento paesaggistico-ambientale, tenuto conto della notevole importanza delle vasche in termini di superfici occupate e di possibili impatti negativi in caso di non corretta progettazione e gestione: cattivi odori, scarsa igiene, elevato rischio di esondazione nella zona circostante, pericolo di infiltrazione d'acqua inquinata nel sottosuolo e nelle falde.
In linea generale le vasche di prima pioggia sono dei manufatti di dimensioni contenute, impermeabilizzati e talvolta coperti, dotati di sistemi di manutenzione e gestione automatici. Le vasche di laminazione invece hanno di solito dimensioni molto maggiori, ma costruttivamente possono essere più semplici: fra quelle esistenti il caso più frequente è costituito da depressioni naturali o artificiali del suolo, opportunamente sagomate e dotate di manufatti di immissione e di svuotamento.
Esistono esempi di vasche di laminazione costituite da veri e propri laghetti inseriti all'interno di aree verdi pubbliche: durante gli eventi meteorici più intensi il sistema fognario cittadino adduce ai suddetti laghetti le portate bianche esuberanti la capacità del sistema, producendo un temporaneo aumento della superficie dello specchio d'acqua e del volume invasato. A evento terminato il laghetto torna entro la superficie usualmente occupata e con semplici operazioni di pulizia delle sponde, provvisoriamente sommerse, si ripristina la situazione precedente. Tuttavia, sempre più frequentemente, a causa di vincoli di tipo urbanistico o per le caratteristiche di qualità delle acque da invasare (in particolare nel caso di reti fognarie miste), vengono adottate per le vasche volano tipologie costruttive più complesse e costose, simili a quelle di solito usate per le vasche di prima pioggia.
Nei capitoli che seguono saranno descritti questi manufatti prendendo in considerazione sia gli aspetti normativi sia gli aspetti progettuali e gestionali.

CAPITOLO 2

Sintesi della normativa nazionale e regionale per il controllo quali-quantitativo delle acque meteoriche

1 INQUADRAMENTO LEGISLATIVO NAZIONALE

Il riferimento legislativo a livello nazionale riguardante gli aspetti qualitativi delle acque reflue e di drenaggio è costituito dal Decreto Legislativo n. 152 del 3 aprile 2006 "Norme in materia ambientale". In particolare per quanto riguarda gli aspetti sulle acque meteoriche di "prima pioggia" occorre far riferimento all'art. 113.

ART. 113
(acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia)

1. Ai fini della prevenzione di rischi idraulici ed ambientali, le regioni, previo parere del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, disciplinano e attuano:
   a) le forme di controllo degli scarichi di acque meteoriche di dilavamento provenienti da reti fognarie separate;
   b) i casi in cui può essere richiesto che le immissioni delle acque meteoriche di dilavamento, effettuate tramite altre condotte separate, siano sottoposte a particolari prescrizioni, ivi compresa l'eventuale autorizzazione.
2. Le acque meteoriche non disciplinate ai sensi del comma 1 non sono soggette a vincoli o prescrizioni derivanti dalla parte terza del presente decreto.
3. Le regioni disciplinano altresì i casi in cui può essere richiesto che le acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne siano convogliate e opportunamente trattate in impianti di depurazione per particolari condizioni nelle quali, in relazione alle attività svolte, vi sia il rischio di dilavamento da superfici impermeabili scoperte di sostanze pericolose o di sostanze che creano pregiudizio per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici.
4. E' comunque vietato lo scarico o l'immissione diretta di acque meteoriche nelle acque sotterranee.

Successivamente il decreto legislativo del 16 gennaio 2008 n. 4, ha introdotto delle disposizioni correttive ed integrative per il decreto legislativo del 3 aprile 2006 n. 152. Questo decreto tenta in particolare di fare chiarezza su alcune questioni della III parte del D.Lgs 152/06, in materia di "difesa del suolo e lotta alla desertificazione, tutela delle acque dall'inquinamento e gestione delle risorse idriche".

Occorre ricordare che in Italia la prima normativa che si è occupata di controllo qualitativo degli scarichi fu la Legge ordinaria del Parlamento n° 319 del 10/05/1976 *"Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento"* (Legge Merli) che poneva dei valori limite delle concentrazioni allo scarico, senza comunque entrare nel merito del controllo delle acque meteoriche.
Con il recepimento della Direttiva 91/271/CE del 21 maggio 1991 concernente il trattamento delle acque reflue urbane attraverso il Decreto Legislativo 11 maggio 1999, n. 152, recante: *"Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole"*, a seguito delle disposizioni correttive ed integrative di cui al decreto legislativo 18 agosto 2000, n. 258, tutti gli scarichi sono disciplinati in modo da rispettare adeguati obiettivi di qualità nei corpi idrici. Sia la Legge Merli che la 152/99 e la 258/00 risultano orientate in particolare al controllo degli effluenti dagli impianti di trattamento dei reflui, e solo nelle normative più recenti si trovano indicazioni intese ad affrontare anche gli aspetti connessi agli inquinanti originati dal dilavamento delle superfici cittadine da parte delle acque di prima pioggia. In particolare l'art. 39 del D.Lgs. 152/99, già citava quanto ricordato per l'art. 113 del D.Lgs. 152/06.

A seguito della redazione dei Piani di Tutela delle Acque, redatti dalle Regioni in accordo con il D.Lgs. 152/99 e successive modifiche ed integrazioni per il raggiungimento degli obiettivi di qualità nei corpi idrici, sono stati emanati regolamenti specifici anche per il controllo delle acque di "prima pioggia". Nei paragrafi che seguono si è cercato di dare un quadro sintetico di alcuni regolamenti Regionali che affrontano il tema delle acque di prima pioggia.

2 INQUADRAMENTO LEGISLATIVO REGIONALE

Il primo regolamento regionale che ha affrontato il tema delle acque di prima pioggia è stata la Legge Regionale della Lombardia 27 maggio 1985 n° 62 "Disciplina degli scarichi degli insediamenti civili e delle pubbliche fognature. Tutela delle acque sotterranee dall'inquinamento" dove viene riportata per la prima volta la definizione di acque di prima pioggia e un'altra serie di parametri che consentono al progettista di dimensionare i dispositivi degli impianti per il trattamento delle acque meteoriche. In particolare si definisce *"acqua di prima pioggia quella corrispondente ad una precipitazione di 5 mm per ogni evento meteorico, uniformemente distribuito sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio. Al fine del calcolo delle portate si stabilisce che tale valore si verifichi in 15 minuti. I coefficienti di afflusso alla rete si considerano pari a 1 per le superfici lastricate od impermeabilizzate e pari a 0.3 per quelle permeabili di qualsiasi tipo fatta eccezione per le superfici coltivate che restano escluse dal computo".*
Le successive Leggi Regionali, anche a valle dei Piani di Tutela, hanno spesso ripreso la medesima definizione.

2.1 Normativa nella Regione Emilia-Romagna

Il recepimento della normativa nazionale è stato compiuto nella Regione Emilia-Romagna attraverso la delibera della Giunta regionale 14 febbraio 2005 n. 286 "Direttiva concernente indirizzi per la gestione delle acque di prima pioggia e di lavaggio da aree esterne – Art. 39 D.Lgs. 11 maggio 1999 n. 152 come sostituito dall'art. 113 del D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152 "Norme in materia ambientale"". Successivamente la Regione ha emanato le Linee Guida di indirizzo per la gestione delle acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia in attuazione della Deliberazione G.R. N. 286 mediante Delibera di Giunta Regionale N. 1860 del 18 Dicembre 2006.

La Regione Emilia Romagna ha approvato il Piano di Tutela delle acque con Delibera n. 40 del 21 dicembre 2005, quale strumento regionale volto al raggiungimento degli obiettivi di qualità delle acque interne e costiere della Regione, come prevede il D.Lgs. 152/99 e la Direttiva europea 2000/60 (Direttiva Quadro sulle Acque).
La Relazione generale del Piano di Tutela delle Acque (PTA), individua esplicitamente nel carico inquinante delle acque di prima pioggia veicolato nei corpi idrici superficiali attraverso le reti fognarie (unitarie e separate) uno dei principali fattori responsabili della compromissione dei livelli di qualità delle acque superficiali.
Il programma di misure previsto dal PTA per il conseguimento degli obiettivi di qualità ambientale dei corpi idrici superficiali individua, fra l'insieme delle misure obbligatorie, l'adozione di specifici sistemi di gestione delle acque di prima pioggia derivanti dalle reti fognarie degli agglomerati di consistenza superiore a 20.000 Abitanti Equivalenti che consentano di ridurre il carico sversato nei corsi d'acqua del 25% e del 50%, rispettivamente alle scadenze temporali del 2008 e del 2016 (per gli agglomerati ricadenti nella fascia compresa nei dieci kilometri dalla costa le percentuali predette sono aumentate del 20% per la salvaguardia della qualità delle acque marino-costiere per usi di balneazione).
Le Norme di attuazione del PTA all'art. 28 "Acque di prima pioggia e di lavaggio da aree esterne", prevedono espressamente che entro tre mesi dalla data di adozione del PTA la Giunta regionale provveda, attraverso specifica direttiva, alla definizione delle forme di controllo e della disciplina degli scarichi delle acque di prima pioggia e dette Norme devono avere a riferimento sia le acque di prima pioggia derivanti dalle reti fognarie di tipo unitario e separato, sia le disposizioni relative alle medesime acque provenienti dalle aree esterne degli insediamenti produttivi e commerciali che per le attività che vi si svolgono possono creare pregiudizio per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici superficiali.
E' stata quindi emanata la Deliberazione della Giunta Regionale Emilia Romagna 14 febbraio 2005, n° 286 già citata in precedenza.
Tale Delibera fornisce indirizzi circa le forme di controllo ed i criteri di gestione delle acque meteoriche di dilavamento provenienti dalle reti fognarie e delle acque di prima pioggia e di lavaggio da aree esterne degli insediamenti; la direttiva è rivolta sia alle Province ed ai Comuni in quanto titolari delle funzioni autorizzative in materia di scarichi di acque reflue, sia agli organismi tecnici deputati alla predisposizione, valutazione, realizzazione degli interventi per la gestione delle acque meteoriche di dilavamento e delle acque di prima pioggia.
In particolare nella delibera si considera acqua di prima pioggia i primi 2,5 – 5 mm di acqua meteorica di dilavamento uniformemente distribuita su tutta la superficie scolante servita dal sistema di drenaggio. Per il calcolo delle relative portate si assume che tale valore si verifichi in un periodo di tempo di 15 minuti; i coefficienti di afflusso alla rete si considerano pari ad 1 per le superfici lastricate od impermeabilizzate.
Restano escluse dal computo suddetto le superfici eventualmente coltivate.
A fronte di tali parametri e della prassi progettuale consolidata si ritiene che il volume di "acque di prima pioggia" da contenere e/o da assoggettare all'eventuale trattamento, di norma, sia compreso nei valori di 25 – 50 m^3 per ettaro, da riferirsi alla parte di superficie contribuente in ogni punto di scarico effettivamente soggetta ad emissione (ad esempio la superficie pavimentata soggetta a traffico veicolare). Il parametro più elevato di 50 m^3 per ettaro si applica, alle superfici contribuenti comprese in aree a destinazione produttiva/commerciale.

Al fine di dare attuazione alle misure per la gestione di tali acque si avranno a riferimento i seguenti elementi di valutazione:

a) individuazione degli scolmatori/scaricatori di piena a più forte e significativo impatto rispetto alle esigenze di protezione del corpo ricettore. A questo fine si dovrà adottare, di norma, un percorso di valutazione articolato nelle seguenti fasi:
   - definizione della superficie del bacino scolante afferente alla rete fognaria sottesa dallo scaricatore;
   - valutazione delle caratteristiche proprie del bacino che possono influenzare i fattori di carico inquinante delle acque meteoriche di dilavamento raccolte (aree fortemente urbanizzate, rete stradale ad elevate densità di traffico, presenza significativa di insediamenti commerciali/industriali, ecc.);
   - prima individuazione degli "scaricatori a forte e significativo impatto": quelli che nel loro insieme consentono di controllare almeno il 40-50 % della superficie servita dalla rete, compresi quelli in testa agli impianti di trattamento.

Nel caso debbano essere garantite esigenze specifiche legate alla salvaguardia di particolari corpi idrici può risultare utile eseguire simulazioni numeriche circa il comportamento quali-quantitativo degli scaricatori di piena e dei corpi ricettori, con l'ausilio di modelli di calcolo atti a rappresentare la generazione ed il trasporto del carico inquinante dalla superficie scolante nonché l'ingresso e la sua evoluzione nel corpo idrico ricettore.

b) Dispositivi efficaci per garantire la funzionalità degli scaricatori in coerenza con le esigenze di tutela dei corpi idrici ricettori. Sulla base delle valutazioni precedenti, l'esigenza è quella di dimensionare adeguate "vasche di accumulo" delle acque di prima pioggia. L'esperienza condotta soprattutto in altri Paesi, evidenzia come mediante "vasche di prima pioggia" di volume relativamente modesto, possano realizzarsi notevoli miglioramenti della situazione dei corpi idrici ricettori, indotta dagli eventi meteorici in un arco temporale di medio periodo. Il sistema di alimentazione delle vasche dovrà essere realizzato in modo da escludere le stesse a riempimento avvenuto, per evitare la diluizione delle prime acque invasate; le acque di seconda pioggia eccedenti saranno direttamente sversate nei recapiti. Ad evento meteorico esaurito, le acque accumulate saranno immesse in rete fognaria con modalità di svuotamento che assicurino il rispetto di portate coerenti ai normali rapporti di diluizione della rete e comunque con quelle che possono essere inviate all'impianto di trattamento. Lo svuotamento delle vasche, di norma, dovrà avvenire nell'ambito delle 48 – 72 ore successive all'ultimo evento piovoso.

Per i sistemi di drenaggio unitari le portate di supero da recapitare nei ricettori finali, in periodo di pioggia, sono definite sulla base delle esigenze idrauliche e ambientali del ricettore, in accordo con gli obiettivi di qualità dei corpi idrici definiti dal Piano di Tutela delle Acque (PTA), di cui all'art. 44 del decreto. Fermo restando che nella progettazione di detti sistemi i parametri di riferimento, per quanto possibile, dovranno essere validati da studi specifici, la normale prassi progettuale e le normative del settore (seppure differenti nei diversi Paesi) prevedono generalmente che le portate nere diluite siano commisurate a 3÷5 volte le portate nere medie. Al fine di evitare lo sfioro degli scolmatori delle reti unitarie in condizioni di tempo secco, il valore della portata di sfioro dovrà comunque essere maggiore almeno del 30 % della portata massima.
Sulla base delle predette considerazioni le portate di soglia devono essere definite avendo a riferimento i seguenti coefficienti:
a) maggiore o uguale a 3 per gli scaricatori/scolmatori posizionati lungo la rete fognaria;
b) compreso nell'intervallo 2÷4 per gli scaricatori ubicati in testa agli impianti di trattamento.
Ai fini della gestione delle acque meteoriche di dilavamento le reti fognarie di tipo unitario possono essere dotate di vasche di accumulo delle acque di prima pioggia. Qualora le caratteristiche tecnico-costruttive e le modalità gestionali del sistema fognario lo consentano, può prevedersi l'utilizzazione spinta della capacità di invaso delle canalizzazioni fognarie mediante tecnologie di controllo in tempo reale, consentendo in tal modo di trattenere temporaneamente e poi immettere verso il trattamento ulteriori portate di acqua di prima pioggia, evitandone lo scarico.

L'adozione di sistemi di drenaggio separati risulta favorevole per gli impianti di trattamento, in quanto le portate nere convogliate presentano carichi organici più elevati e costanti; nel contempo, dal punto di vista ambientale, l'inquinamento determinato dal dilavamento delle superfici stradali e di quelle impermeabili destinate ai diversi usi può richiedere di dotare la rete bianca di apposite vasche di accumulo delle acque di prima pioggia, del tutto analoghe a quelle delle reti unitarie, poste in corrispondenza dei manufatti di scarico nei ricettori finali.
In termini generali non sono da trascurare gli elementi di criticità legati a questi sistemi, quali:

- la permanenza, anche residuale di collegamenti di scarichi di acque nere nei collettori bianchi;
- la permanenza di caditoie stradali o altre acque di drenaggio nelle condotte nere;
- la necessità che la separazione delle reti sia presente a partire dagli impianti interni delle proprietà private.

Al fine di contenere gli effetti legati agli elementi di criticità suddetti, ove tecnicamente possibile, si rende necessario dotare le condotte adibite alla raccolta delle "acque bianche" di deviatori di flusso/scolmatori di magra con recapito nella condotta delle acque nere, che consentano, anche in condizione di tempo secco, la raccolta e il trattamento delle eventuali acque reflue in esse convogliate.
La decisione di realizzare sistemi unitari o sistemi separati deve discendere comunque da accurate valutazioni che dimostrino la presenza di vantaggi ambientali decisivi e preponderanti.
Tenuto conto che l'inquinamento delle acque meteoriche è causato principalmente dal dilavamento delle superfici viarie e non dalle superfici coperte dei fabbricati e degli insediamenti abitativi (tetti), sia in presenza di sistemi unitari che separati, un'ulteriore azione da privilegiare, ove possibile, è quella della separazione delle acque meteoriche a monte delle reti fognarie vere e proprie, incentivando tale sistema soprattutto nelle aree di nuova urbanizzazione ove gli impianti interni sono da realizzare ex-novo. In tali casi le acque meteoriche raccolte dai tetti, o da altre superfici impermeabili scoperte non suscettibili di essere inquinate con sostanze pericolose, sono raccolte e convogliate con brevi reti esclusivamente pluviali aventi recapito su suoli permeabili o in vicini corpi ricettori superficiali ovvero recuperate per usi non pregiati. Con tale separazione a monte delle reti fognarie si possono ottenere notevoli vantaggi sia idraulici che ambientali.

Per la necessità di privilegiare soluzioni che consentano di ridurre a "monte" le portate meteoriche circolanti nelle reti fognarie attraverso la raccolta delle acque meteoriche non suscettibili di essere contaminate ed il loro smaltimento sul suolo/strati superficiali del sottosuolo ovvero, in subordine, nei corsi d'acqua superficiali, si forniscono i seguenti criteri di indirizzo:

- nelle aree a *destinazione residenziale* (non ancora urbanizzate) per le quali non è configurabile un'apprezzabile contaminazione delle acque meteoriche, si dovrà prevedere, ove possibile, in relazione alle caratteristiche del suolo o in subordine della rete idrografica, il completo smaltimento in loco delle acque dei tetti e delle superfici impermeabilizzate non suscettibili di dilavamento da sostanze pericolose. Ove non si verifichino tali condizioni, si dovrà prevedere lo smaltimento delle portate meteoriche attraverso la fognatura; qualora la stessa recapiti nella rete fognaria (pubblica) dell'agglomerato si dovrà considerare un contributo di portata meteorica eventualmente limitato, mediante l'adozione di "vasche di laminazione", ad un valore tale da non richiedere la ricostruzione della rete fognaria e, in ogni caso, contenuto entro il limite massimo definito dal gestore del servizio idrico integrato. Qualora la fognatura asservita alle predette aree abbia recapito nei corsi d'acqua superficiali, ai fini dell'adozione degli interventi atti a contenere l'entità delle portate meteoriche scaricate entro valori compatibili con la capacità idraulica dei recettori, si applicano le disposizioni impartite dalle competenti Autorità di Bacino, attraverso la normativa attuativa dei Piani di Bacino, ovvero dagli enti competenti a seconda della natura/tipologia dei corpi idrici superficiali interessati. Gli interventi suddetti dovranno essere integrati per quanto possibile con interventi di tipo "diffuso" distribuiti che privilegiano l'adozione di sistemi atti a favorire l'infiltrazione nel suolo delle acque meteoriche quali pavimentazioni drenanti o tubazioni drenanti. I medesimi criteri possono trovare applicazione anche nelle aree urbanizzate non ancora dotate di rete fognaria.
- Nelle aree a *destinazione produttiva/commerciale* si dovranno prevedere i seguenti interventi:
  – separazione da parte dei titolari degli insediamenti delle acque di prima pioggia

derivanti dalle superfici suscettibili di essere contaminate ed immissione delle stesse nella fognatura nera aziendale, secondo le modalità indicate ai successivi punti;
– smaltimento diretto in loco, ove possibile in relazione alle caratteristiche del suolo o in subordine della rete idrografica, delle acque di seconda pioggia di cui al punto precedente nonché delle acque meteoriche dalle coperture dei fabbricati e dalle superfici impermeabili non suscettibili di essere contaminate. Qualora le condizioni suddette non si verifichino dovrà prevedersi lo smaltimento delle acque meteoriche tramite fognatura.

Le azioni di contenimento del carico inquinante veicolato dalle acque di prima pioggia dovranno essere inserite all'interno di uno specifico Piano di indirizzo contenente le linee di intervento per la localizzazione ed il dimensionamento delle vasche di prima pioggia dei principali agglomerati urbani sottesi ai diversi sistemi di drenaggio, sia di tipo separato che unitari. In relazione alle condizioni morfologiche/orografiche del territorio, dette linee dovranno privilegiare criteri di intervento che evitino la proliferazione delle vasche di prima pioggia nelle diverse realtà territoriali, ottimizzando la localizzazione ed il dimensionamento delle stesse tenendo conto anche degli aspetti gestionali. Il Piano di indirizzo, oltre ad individuare le linee di intervento per i sistemi esistenti, compresi i relativi piani di manutenzione, per i nuovi sistemi di drenaggio, connessi anche alle aree di nuova espansione residenziale o produttiva/commerciale, indica i livelli di prestazione che devono essere garantiti, nel rispetto delle disposizioni contenute nel presente provvedimento. Il Piano indica e quantifica gli interventi prioritari necessari per conseguire gli obiettivi prefissati e in particolare nel caso di reti fognarie unitarie i programmi specifici di ricondizionamento degli scolmatori di piena che presentano soglie di sfioro delle acque difformi dai parametri di funzionamento richiamati in precedenza.

In linea generale le acque meteoriche e di dilavamento non sono considerate "scarico", tuttavia qualora l'acqua meteorica vada a "lavare", anche in modo discontinuo, un'area destinata ad attività commerciali o di produzione di beni nonché le relative pertinenze (piazzali, parcheggi, ecc.) trasportando con sé i "residui", anche passivi, di tale attività, la stessa acqua perde la sua natura di acqua meteorica per caratterizzarsi come "acqua di scarico", da assoggettare alla disciplina degli scarichi. Sulla base dei dati della comune esperienza, ai fini di individuare le possibili casistiche per le quali il dilavamento delle superfici esterne operato dalle acque meteoriche può costituire un fattore di inquinamento, occorre riferirsi ai seguenti criteri generali:

a) l'inquinamento potrebbe derivare dallo svolgimento delle fasi di attività all'aperto quali lo stoccaggio/accumulo o la movimentazione di materie prime, di scarti/rifiuti ovvero l'esecuzione di particolari lavorazioni che non possono essere svolte di norma in ambienti chiusi (ad esempio l'autodemolizione);
b) la presenza di sostanze pericolose potrebbe derivare dalle operazioni di spillamento, dagli sfiati e dalle condense di alcune installazioni o impianti che non possono essere raccolti puntualmente;
c) le acque inquinate hanno origine dal passaggio delle acque meteoriche su aree dedicate allo svolgimento di operazioni per loro natura tipicamente "sporcanti" ovvero su aree dedicate al deposito di materie prime o rifiuti.

Il divieto di scarico delle acque meteoriche nelle acque sotterranee stabilito dall'art. 39, comma 4 del D.Lgs. 152/99 è da riferirsi in linea generale agli scarichi diretti. Nel contempo non si può prescindere dal complesso sistema di interazioni che caratterizza la matrice "sottosuolo – falde idriche sotterranee". A fronte dell'elevato carico inquinante che caratterizza le acque meteoriche di dilavamento, per prevenire i possibili rischi di inquinamento delle matrici suddette, si ritiene di esplicitare il divieto di cui trattasi sulla base dei seguenti criteri operativi:

a) in linea generale il divieto di scarico delle acque meteoriche nelle acque sotterranee si configura anche per lo scarico nel sottosuolo ogni qualvolta viene meno in maniera significativa la "naturale protezione" della zona filtro costituita dal suolo e dallo strato di sottosuolo (non saturo) che separa il piano campagna dal livello piezometrico della/e falda/e acquifera/e presenti in una determinata area;
b) rientra nel divieto di cui alla precedente lettera a) lo scarico di acque meteoriche di dilavamento

mediante "pozzo perdente o pozzo assorbente";

c) il divieto è da ritenersi esteso anche alle "acque meteoriche di dilavamento scaricate dalle fognature separate o dalle altre condotte separate".

I sistemi diretti di ricarica/ravvenamento delle acque sotterranee realizzati attraverso pozzi perdenti/ di iniezione o sistemi di dispersione posizionati in bacini di cava o aree di cava dimesse, si configurano a tutti gli effetti come "impianti di ricarica artificiale delle falde acquifere". L'uso delle acque meteoriche di dilavamento raccolte e stoccate a tale scopo per alimentare detti impianti è vietato ai sensi dall'art. 39, comma 4 del D.Lgs. 152/99. Nella realizzazione di detti impianti devono essere attentamente valutati gli effetti indotti sulle falde interessate (quella superficiale in via diretta ed indirettamente su quelle sottostanti), le modalità tecniche utilizzate e le caratteristiche delle acque immesse che non potranno essere significativamente diverse da quelle del corpo idrico oggetto della ricarica.

Inoltre la Normativa nei casi in cui le acque meteoriche di dilavamento o di lavaggio delle aree esterne degli stabilimenti/insediamenti richiamati siano recapitate in corpo idrico superficiale o sul suolo tramite condotta dedicata, possono essere distinte due casistiche-tipo a seconda delle attività che si svolgono sulle superfici interessate ovvero agli usi previsti.
In particolare si ha il caso in cui si può ritenere che l'inquinamento legato alle acque di prima pioggia sia esaurito nell'arco di tempo definito per la valutazione delle acque di prima pioggia stesse.
In questo ambito trovano applicazione le seguenti disposizioni:
lo scarico delle acque meteoriche di dilavamento in corpo idrico superficiale o sul suolo è consentito a condizione che le acque di prima pioggia o di lavaggio, attraverso l'installazione di appositi dispositivi (deviatori di flusso, vasche di accumulo), siano convogliate nella fognatura aziendale delle acque reflue (industriali o domestiche) a servizio dello stabilimento/insediamento, il cui recapito avvenga nella rete fognaria dell'agglomerato.
Nel caso di un sistema di trattamento delle acque reflue aziendali non adeguato per tipologia e/o capacità depurativa/idraulica a trattare le acque di prima pioggia o di lavaggio di cui sopra, la gestione delle acque di prima pioggia e di lavaggio deve necessariamente prevedere la loro raccolta in idonei sistemi di accumulo (vasche di prima pioggia). Ad evento meteorico esaurito deve essere garantito il loro successivo svuotamento nell'ambito, di norma, delle 48 - 72 ore successive.
Lo scarico in corpo idrico superficiale delle acque di prima pioggia o di lavaggio raccolte in vasche di accumulo è ammesso previo adeguato trattamento e di norma è da ritenersi coerente l'adozione di sistemi sedimentazione e disoleatura, dimensionati in relazione ai volumi da smaltire.

Nel caso in cui il dilavamento delle superfici scoperte, in relazione alle attività che in esse si svolgono o agli usi previsti, non si esaurisce con le acque di prima pioggia bensì si protrae nell'arco di tempo in cui permangono gli eventi piovosi (a titolo esemplificativo rientrano in questo ambito particolari lavorazioni che per loro natura non possono essere svolte di norma in ambienti chiusi o per le quali non è fattibile realizzare interventi di protezione dalle acque di pioggia ovvero le operazioni per loro natura tipicamente "sporcanti" (ad esempio l'autodemolizione)).
Per queste casistiche trovano applicazione le seguenti disposizioni:

- le acque meteoriche di dilavamento si qualificano a tutti gli effetti come "acque di scarico" da assoggettare alla disciplina ed al regime autorizzativo previsto dal decreto. A questo fine tali acque sono definite come "acque reflue di dilavamento".
- Per il recapito in corpo idrico superficiale e sul suolo detta qualificazione comporta il rilascio dell'autorizzazione allo scarico ai sensi del decreto da parte dell'Autorità competente; ne consegue che tali acque dovranno essere sottoposte a trattamenti adeguati che consentano il rispetto dei valori limite di emissione previsti per le acque reflue industriali alle quali, di fatto, sono riconducibili per natura e per processo di formazione dello scarico.

Quanto contenuto nel DGR 286/05 ha trovato nelle Linee Guida 1860/06 alcuni indirizzi applicativi che descrivono in dettaglio le modalità di dimensionamento dei manufatti.

2.2 Normativa nella Regione Lombardia

Nella Regione Lombardia, per il controllo della qualità delle acque di dilavamento, si fa riferimento al Regolamento Regionale n. 4 del 24-3-2006 "Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26".
In tale documento si introduce la definizione di "evento meteorico" come una o più precipitazioni atmosferiche, anche tra loro temporalmente distanziate, di altezza complessiva di almeno 5 mm, che si verifichi o che si susseguano a distanza di almeno 96 ore da un analogo precedente evento. Ed in particolare si definisce "acque di prima pioggia" quelle corrispondenti, nella prima parte di ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di raccolta delle acque meteoriche.
La formazione, il convogliamento, la separazione, la raccolta, il trattamento e lo scarico delle acque di prima pioggia sono soggetti alle disposizioni del Regolamento Regionale n. 4 del 24-3-2006 qualora tali acque provengano:

a) da superfici scolanti di estensione superiore a 2.000 m^2, calcolata escludendo le coperture e le aree a verde, costituenti pertinenze di edifici ed installazioni in cui si svolgono le seguenti attività :
   1) industria petrolifera;
   2) industrie chimiche;
   3) trattamento e rivestimento dei metalli;
   4) concia e tintura delle pelli e del cuoio;
   5) produzione della pasta carta, della carta e del cartone;
   6) produzione di pneumatici;
   7) aziende tessili che eseguono stampa, tintura e finissaggio di fibre tessili;
   8) produzione di calcestruzzo;
   9) aree intermodali;
   10) autofficine;
   11) carrozzerie;

b) dalle superfici scolanti costituenti pertinenza di edifici ed installazioni in cui sono svolte le attività di deposito di rifiuti, centro di raccolta e/o trasformazione degli stessi, deposito di rottami e deposito di veicoli destinati alla demolizione;
c) dalle superfici scolanti destinate al carico e alla distribuzione dei carburanti ed operazioni connesse e complementari nei punti di vendita delle stazioni di servizio per autoveicoli;
d) dalle superfici scolanti specificamente o anche saltuariamente destinate al deposito, al carico, allo scarico, al travaso e alla movimentazione in genere delle sostanze di cui alle tabelle 3/A e 5 dell'allegato 5 al D.Lgs. 152/1999.

Le acque di prima pioggia e le acque di lavaggio, che siano da recapitare in corpo d'acqua superficiale ovvero sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo, devono essere avviate ad apposite vasche di raccolta a perfetta tenuta, dimensionate in modo da trattenere complessivamente non meno di 50 m^3 per ettaro di superficie scolante (vasche di prima pioggia).

Alle acque meteoriche di dilavamento deve essere destinata una apposita rete di raccolta e convogliamento, munita di un sistema di alimentazione delle vasche di prima pioggia che le escluda automaticamente a riempimento avvenuto; la rete deve essere dimensionata sulla base degli eventi meteorici di breve durata e di elevata intensità caratteristici di ogni zona, e comunque quanto meno assumendo che l'evento si verifichi in quindici minuti e che il coefficiente di afflusso alla rete sia pari ad 1 per la superficie scolante e a 0,3 per quelle permeabili di qualsiasi tipo ad esse contigue, escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo.
Le acque meteoriche di dilavamento provenienti da superfici contaminate da idrocarburi di origine minerale, in alternativa alla separazione delle acque di prima pioggia possono essere sottoposte a trattamento in impianti con funzionamento in continuo, progettati sulla base della portata massima

stimata in connessione agli eventi meteorici detti in precedenza.

Ulteriori indicazioni sono poi contenute nel D.G.R. 21 giugno 2006 - n. 8/2772 "Direttiva per l'accertamento dell'inquinamento delle acque di seconda pioggia in attuazione dell'art. 14, c. 2, R.R. n. 4/2006" e nel D.D.G. 18 luglio 2007 - n. 8056 "Indicazioni per l'attuazione di disposizioni concernenti lo smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, di cui al regolamento regionale 24 marzo 2006, n. 4".

Altre indicazioni sulla gestione delle acque meteoriche in Lombardia sono contenute negli "Allegati tecnici alla delibera D.C.R. VII/0402 di approvazione del piano regionale di risanamento delle acque settori funzionali pubblici servizi acquedotto, fognatura, collettamento e depurazione" del Luglio 2003.

2.2.1 Riduzione delle portate meteoriche drenate

Occorre privilegiare le soluzioni atte a ridurre "a monte" le portate meteoriche circolanti nelle reti, siano esse unitarie o separate, prevedendo una raccolta separata delle acque meteoriche non suscettibili di essere contaminate ed il loro smaltimento sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo e, solo in via subordinata, in corsi d'acqua superficiali. Per le aree di ampliamento (area urbanizzata non ancora fognata) e di espansione (area non ancora urbanizzata e non fognata), attualmente caratterizzate da una circolazione delle acque meteoriche di tipo naturale, è necessario quindi confermare lo smaltimento diretto sul suolo o, in subordine, in corsi d'acqua superficiali, senza sostanziali aggravi per le pubbliche fognature situate a valle. Un'analoga riduzione delle portate meteoriche drenate è auspicabile anche per le aree già attualmente servite da pubbliche fognature.

Nelle aree di ampliamento e di espansione residenziale, in cui non è configurabile un'apprezzabile contaminazione delle acque meteoriche, deve essere previsto, ovunque possibile in relazione alle caratteristiche del suolo o, in subordine, della rete idrografica, il totale smaltimento in loco delle acque dei tetti e delle superfici impermeabilizzate. Ove non si verifichino tali condizioni, si deve prevedere lo smaltimento delle portate meteoriche tramite fognatura; nel caso in cui questa debba afferire alle pubbliche fognature di valle, sì dovrà considerare un contributo di portata meteorica che deve essere limitato, eventualmente mediante l'adozione di vasche volano, ad un valore tale da non richiedere la ricostruzione delle fognature stesse e, in ogni caso, contenuto entro il limite massimo di 20 l/s per ogni ettaro di superficie scolante impermeabile.

Nelle aree di ampliamento e di espansione industriale devono essere previsti i seguenti interventi:

- separazione, da parte dei privati, delle acque di prima pioggia provenienti dalle superfici suscettibili di essere contaminate ed immissione delle stesse nella rete nera pubblica con portata pari a 1 l/sha; la separazione potrebbe non essere richiesta nel caso in cui, data l'impossibilità di smaltimento locale delle acque meteoriche, venisse realizzata una fognatura pubblica di tipo unitario;
- smaltimento diretto, ovunque possibile in relazione alle caratteristiche del suolo o, in subordine, della rete idrografica, delle acque eccedenti le prime piogge, nonché di tutte le acque meteoriche provenienti dalle coperture dei fabbricati e dalle superfici private e pubbliche non suscettibili di essere contaminate.

Ove non si verifichino tali condizioni si deve prevedere lo smaltimento delle acque meteoriche tramite fognatura; nel caso in cui questa debba afferire alle pubbliche fognature di valle, si dovrà considerare un contributo di portata meteorica che deve essere limitato, eventualmente mediante l'adozione di vasche volano, ad un valore tale da non richiedere la ricostruzione delle fognature stesse e, in ogni caso, contenuto entro il limite massimo di 20 l/s per ogni ettaro di superficie scolante impermeabile.

2.2.2 Scaricatori di piena, vasche di accumulo e portate meteoriche da sottoporre a trattamento

Nel caso di sistemi di fognatura unitari, la portata nera diluita da addurre direttamente alla depurazione senza preventiva raccolta in vasche di accumulo viene assunta pari al più elevato dei valori derivanti dai seguenti criteri:

a) apporto pro capite di 750 litri per abitante equivalente al giorno, uniformemente distribuito nelle 24 ore. Il valore viene incrementato a 1.000 litri quando le acque sfiorate non vengono avviate alle vasche di pioggia e sono recapitate in laghi, ovvero sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo;
b) rapporto di diluizione pari a 2 rispetto alla portata nera, calcolata come media giornaliera per quanto attiene gli apporti civili e come media su 12 ore per quanto attiene gli scarichi industriali (salvo presenza di significativi complessi che lavorino su più turni giornalieri). Nel caso gli apporti industriali in termini di abitanti equivalenti, superino il 50% del totale, tale rapporto viene incrementato a 2,5.

Tutte le reti di fognatura unitarie debbono inoltre essere dotate di vasche di accumulo a perfetta tenuta per evitare infiltrazioni nel suolo, da costruire in corrispondenza degli scaricatori di piena, onde trattenere l'aliquota di seguito precisata delle acque sfiorate (di quelle, cioè, che eccedono la portata nera diluita indicata alle lettere a) e b).

Il dimensionamento delle vasche di accumulo per le acque di pioggia nel caso di fognature unitarie si differenzia in funzione della classe del ricettore delle acque sfiorate:

- corsi d'acqua di classe A e B, laghi (scarico diretto) o suolo/strati superficiali del sottosuolo: si considera un volume per ettaro di superficie impermeabile effettivamente drenata (è da considerare pari al prodotto dell'effettiva area scolante per il coefficiente d'assorbimento medio ponderale) pari a 50 m3/ha;
- corsi d'acqua di classe C e D: si considera un volume per ettaro di superficie impermeabile effettivamente drenata pari a 25 m3/ha.

Le vasche vanno realizzate possibilmente in corrispondenza di tutti gli scaricatori di rete ed in ogni caso presso lo scaricatore in testa all'impianto di depurazione e gli scaricatori che consentono comunque di controllare complessivamente almeno il 50% della superficie servita dalla rete, nel caso di recapito in corsi d'acqua di classe C e D ed almeno l'80%, nel caso di recapito in corsi d'acqua di classe A e B o diretto in laghi.
Il sistema di alimentazione delle vasche dovrà essere realizzato in modo da escludere le stesse a riempimento avvenuto, ad evitare la diluizione delle prime acque invasate; le acque eccedenti saranno direttamente sversate nei recapiti. Ad evento meteorico esaurito, le acque accumulate saranno immesse in fognatura con modalità di svuotamento che assicurino nelle canalizzazioni il rispetto delle portate indicate alle lett. a) e b) e comunque di quelle che possono essere avviate direttamente all'impianto di depurazione.
Anche per le reti di fognatura destinate esclusivamente alle acque meteoriche (fognature bianche) dovrà prevedersi l'adozione di scaricatori di piena e di vasche di accumulo in corrispondenza degli stessi.
Durante l'evento meteorico gli scaricatori dovranno consentire di avviare alla rete nera una portata meteorica pari a 1 l/sha. Le vasche di pioggia saranno dimensionate secondo le indicazioni precedenti relative al recapito in corsi d'acqua di classe C e D.
Anche in questo caso il sistema di alimentazione delle vasche dovrà essere realizzato in modo da escludere le stesse a riempimento avvenuto. Ad evento meteorico esaurito, le acque accumulate saranno immesse nelle fognature nere, con portata pari a 1 l/sha.

Gli scaricatori di piena e le vasche di accumulo non sono da prevedere nei seguenti casi:

- reti di fognatura bianca a servizio di aree di ampliamento e di espansione residenziale, per le quali non è configurabile un'apprezzabile contaminazione delle acque meteoriche che richieda la separazione delle acque di prima pioggia e il loro invio alla depurazione;
- reti di fognatura bianca a servizio di aree di ampliamento e di espansione industriale.

In questo caso, sebbene da non prevedere nella progettazione della rete pubblica, gli scaricatori di piena, per separare le acque di prima pioggia provenienti dalle aree degli insediamenti suscettibili di essere contaminate, e le relative vasche di accumulo devono essere realizzati da parte dei privati; le acque di prima pioggia da avviare alla depurazione vengono immesse nella rete nera pubblica con il valore di portata sopracitato di 1 l/sha.
Le vasche di accumulo non sono inoltre richieste nel caso di reti sia unitarie che meteoriche a servizio di centri con popolazione inferiore a 500 abitanti equivalenti, purché il corpo idrico ricettore non sia interessato da scarichi di altri centri per una distanza di almeno 1 km a monte ed a valle rispettivamente del primo e dell'ultimo scaricatore delle reti interessate.
Ai criteri sopra indicati potrà farsi deroga solo per reti esistenti per le quali sia dimostrata l'impossibilità di adeguamento.

2.2.3 Limitazione delle portate meteoriche recapitate nei ricettori tramite le vasche di laminazione

La critica situazione idraulica di molti corsi d'acqua della Lombardia, inadeguati a ricevere le portate meteoriche urbane ed extraurbane, impone precise scelte atte a ridurre, ove possibile, le portate meteoriche derivanti sia dalle esistenti aree scolanti, sia dalle aree di futura urbanizzazione.
In particolare occorre prevedere l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate meteoriche scaricate entro valori compatibili con la capacità idraulica dei ricettori e comunque entro i seguenti limiti:

- 20 l/s per ogni ettaro di superficie scolante impermeabile, relativamente alle aree di ampliamento e di espansione residenziali e industriali;
- 40 l/s per ogni ettaro di superficie scolante impermeabile, relativamente alle aree già dotate di pubbliche fognature.

Tali limiti sono da adottare per tutte le aree fognate non ricadenti nelle sottoelencate zone del territorio regionale, sia per le reti unitarie, sia per quelle destinate esclusivamente alle acque meteoriche:

- aree situate a nord dell'allineamento pedemontano individuato da tracciati della strada provinciale Sesto Calende-Varese, della strada statale n. 342 tra Varese e Como, della strada statale n. 639 tra Como, Lecco e Caprino Bergamasco, della strada statale n. 342 tra Caprino Bergamasco e Bergamo, dell'autostrada A4 tra Bergamo, Brescia e Peschiera del Garda;
- aree direttamente gravitanti su laghi o sui fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Cherio, Oglio, Mella, Chiese e Mincio;
- aree situate nel settore collinare dell'Oltrepò pavese.

I suddetti limiti possono non essere adottati per i nuclei urbani aventi una superficie servita da fognatura inferiore a 10 ha, purché i recapiti della fognatura e/o dei relativi scaricatori di piena siano posti ad una distanza non inferiore ad 1 km lungo il ricettore da analoghi scarichi di centri urbani limitrofi.
Ai fini dell'equilibrio idrologico sotterraneo le vasche volano potranno avere fondo disperdente, ovunque possibile, in relazione alle caratteristiche del suolo ed alla natura delle acque da invasare.
In tali casi le vasche dovranno essere suddivise in almeno due settori (oltre all'eventuale settore destinato all'accumulo delle acque di prima pioggia qualora si preveda di unificare in un unico manufatto entrambe le funzioni di accumulo delle acque di prima pioggia e di laminazione delle piene): il primo settore, interessato con elevata frequenza dalle portate in arrivo, completamente impermeabile e commisurato ad almeno 50 m^3/ha di superficie scolante impermeabile; gli ulteriori settori, commisurati complessivamente al volume residuo necessario, con fondo permeabile e interessati dall'invaso solo dopo il completo riempimento del primo settore.

2.3 Normativa nella Regione Piemonte

Nella Regione Piemonte il 24 febbraio 2006 è entrato in vigore il regolamento regionale 1/R del 20 febbraio 2006 recante la disciplina delle acque meteoriche di dilavamento e delle acque di lavaggio di aree esterne, pubblicato sul BURP n. 8 del 23 febbraio 2006.
Tale provvedimento è stato emanato in attuazione della legge regionale 29 dicembre 2000, n. 61 che demanda la materia ad un regolamento della Giunta regionale al fine di dare attuazione all'articolo 39 del decreto legislativo 11 maggio 1999 n. 152.

Successivamente ci sono stati alcuni aggiornamenti tramite il Regolamento Regionale 7/R del 2 Agosto 2006 "Modifiche al regolamento regionale 20 febbraio 2006, n. 1/R".
Le modifiche consistono essenzialmente nella sostituzione dell'art. 7 del regolamento regionale 20 febbraio 2006 n. 1/R, riguardante l'ambito di applicazione. La formazione, il convogliamento, la separazione, la raccolta, il trattamento e l'immissione nel recapito finale delle acque di prima pioggia e di lavaggio sono soggetti alle disposizioni di tale regolamento qualora provengano dalle superfici scolanti di insediamenti ed installazioni quali impianti stradali e lacuali di distribuzione di carburanti, stabilimenti di lavorazione di oli minerali, centri di raccolta, deposito e trattamento di veicoli fuori uso, depositi di rifiuti, centri intermodali e tutte le attività di cui all'Allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59.
Ulteriori considerazioni sono inserite all'allegato A, relativamente al "Piano di Prevenzione e di Gestione" ed alle "Linee Guida per la Redazione del Piano di Prevenzione e di Gestione".
I contenuti minimi del Piano di prevenzione e di gestione dovranno essere:

1. la planimetria dell'insediamento in scala idonea e relativi schemi grafici che riportino:
   1.1. l'indicazione delle superfici scolanti con specificazione della relativa destinazione d'uso;
   1.2. le reti interne di raccolta e allontanamento verso il corpo ricettore delle acque di prima pioggia o di lavaggio provenienti dalle superfici scolanti;
   1.3. le eventuali opere di stoccaggio delle acque di prima pioggia e di lavaggio;
   1.4. i sistemi e gli impianti di trattamento utilizzati per la rimozione delle sostanze inquinanti presenti nelle acque di prima pioggia o di lavaggio;
   1.5. la rappresentazione del punto di immissione nel corpo ricettore prescelto, nonché dei punti di controllo dell'immissione.

2. Una relazione tecnica che illustri:
   2.1. le attività svolte nell'insediamento e le eventuali normative settoriali concorrenti nelle finalità del presente regolamento;
   2.2. le principali caratteristiche delle superfici scolanti;
   2.3. la potenziale caratterizzazione delle acque di prima pioggia e di lavaggio;
   2.4. il volume annuale e l'origine di approvvigionamento delle acque di lavaggio;
   2.5. il volume annuale presunto di acque di prima pioggia e di lavaggio da raccogliere ed allontanare;
   2.6. le modalità di raccolta, allontanamento, eventuale stoccaggio e trattamento previste;
   2.7. la valutazione dei rendimenti di rimozione degli inquinanti caratteristici conseguibili con la tipologia di trattamento adottata;
   2.8. le considerazioni tecniche che hanno portato all'individuazione del recapito prescelto e dei sistemi di trattamento adottati;
   2.9. le caratteristiche dei punti di controllo e di immissione nel recapito prescelto.

3. Un disciplinare delle operazioni di prevenzione e gestione contenente informazioni relative a:
   3.1. frequenza e modalità delle operazioni di pulizia e di lavaggio delle superfici scolanti;
   3.2. procedure adottate per la prevenzione dell'inquinamento delle acque di prima pioggia e di lavaggio;
   3.3. procedure di intervento e di eventuale trattamento in caso di sversamenti accidentali;
   3.4. modalità di formazione ed informazione del personale addetto;

Le Linee Guida per la redazione del Piano di prevenzione e di gestione contengono i criteri generali di gestione delle superfici scolanti e dei sistemi di raccolta, convogliamento, stoccaggio e trattamento.
Le superfici scolanti, da rendere impermeabili ove interessate da operazioni dalle quali possa derivare un rischio di inquinamento, sono gestite in modo tale da mantenere senza soluzione di continuità condizioni tali da limitare la contaminazione delle acque di prima pioggia e di lavaggio, provvedendo alla loro pulizia con idonea frequenza.
In caso di versamenti accidentali, la pulizia delle superfici interessate è tempestivamente eseguita a secco o con idonei materiali inerti assorbenti in relazione alla tipologia di materiali sversati; i materiali residui derivati dalle predette operazioni sono smaltiti in conformità alla vigente normativa.
Le acque meteoriche di dilavamento e di lavaggio sono destinate ad una rete di raccolta e convogliamento, munita di un sistema di alimentazione ai successivi trattamenti, che escluda automaticamente le acque di seconda pioggia; tale rete è di norma dimensionata assumendo un coefficiente di afflusso pari a uno per tutte le superfici scolanti.
Le acque di prima pioggia sono di norma accumulate in appositi manufatti dimensionati per contenere un volume, da avviare a successivo trattamento, non inferiore a 50 m^3 per ettaro di superficie scolante.
Le acque di prima pioggia e di lavaggio stoccate nelle vasche di accumulo sono avviate gradualmente ai sistemi di trattamento normalmente in un arco di tempo compreso tra le 48 e le 60 ore successive al termine dell'ultimo evento di pioggia.

3 IL CONTROLLO QUANTITATIVO DEI DEFLUSSI

Come detto in precedenza l'impermeabilizzazione del territorio, a seguito della realizzazione di nuovi insediamenti abitativi o industriali, ha messo in evidenza diverse problematiche connesse con lo smaltimento delle acque meteoriche da tali aree.
In particolare i corpi idrici ricettori, normalmente costituiti da corsi d'acqua superficiali, sono soggetti ad incrementi di portata spesso inaccettabili per le loro caratteristiche di officiosità idraulica.

Per cercare di porre rimedio a tali problematiche molte Autorità di Bacino hanno emanato delle norme atte a contenere gli eccessi di portata in funzione della capacità ricettiva dei corsi d'acqua. Ossia tali norme cercano di far sì che la portata proveniente da un nuovo insediamento non sia superiore a quella che proveniva da esso prima che fosse realizzata l'urbanizzazione.
Tali provvedimenti mirano ad invasare parte della portata in bacini di laminazione, costruiti normalmente all'interno delle zone che si vanno ad urbanizzare.
Tali opere sono dotate di una bocca di uscita tarata in modo tale che la portata che vi fuoriesce non sia mai superiore ad un valore voluto, compatibile con le caratteristiche del corpo idrico. Le portate in eccesso, rispetto a tale limite, vengono pertanto trattenute all'interno delle vasche e smaltite gradualmente. In tal modo si riesce a ridurre il picco di portata ossia a "laminare" l'onda di piena che altrimenti sarebbe inviata al ricettore.
Tali manufatti sono quindi caratterizzati da una tubazione in ingresso, costituita dall'ultimo collettore della rete fognaria per la raccolta delle acque meteoriche dell'area interessata dall'intervento, e da una tubazione in uscita, collegata direttamente con il ricettore.
Il progetto di queste opere avviene individuando il volume necessario ad accumulare gli eccessi di portata, ossia il problema viene affrontato facendo ricorso all'equazione di continuità risolta in funzione della portata massima in ingresso e della portata massima smaltibile nel corpo idrico.
Tale soluzione può essere ottenuta in modo analitico, ma per semplificare la progettazione, la maggior parte delle Autorità di Bacino hanno imposto dei volumi specifici (ossia in funzione dell'area che si va ad urbanizzare) con cui individuare il volume necessario alla vasca di laminazione.

In alternativa a tali opere, dispendiose e spesso di grande impatto, possono essere adottati degli interventi di tipo "diffuso" ossia distribuiti sull'intera area urbanizzata, note come tecniche di Best Management Practices (BMP). Tra questi occorre ricordare tutti quegli interventi atti a favorire l'infiltrazione nel suolo quali pavimentazione drenanti o tubazioni drenanti, o interventi di laminazione diffusi, quali invasi in linea in tubazioni opportunamente sovradimensionate.

A livello nazionale non esiste una normativa specifica riguardante il dimensionamento degli invasi di laminazione; le uniche norme in materia sono quelle emanate dalle varie Autorità di Bacino presenti sul territorio. Tali norme, per definire il volume da assegnare alle vasche, introducono il concetto di "invarianza idraulica" nelle trasformazioni del territorio. Esso, citando ad esempio il Piano stralcio per il rischio idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli (art. 9, comma 1), viene così definito: *"Per trasformazione del territorio ad invarianza idraulica si intende la trasformazione di un'area che non provochi un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa".*
In altre parole lo scopo è quello di far sì che la portata proveniente da un nuovo insediamento non sia superiore a quella che proveniva da esso prima che fosse realizzata l'urbanizzazione.
Per semplificare la progettazione e soprattutto la pianificazione degli interventi urbanistici, la maggior parte delle Autorità di Bacino hanno imposto dei volumi specifici (ossia in funzione dell'area che si va ad urbanizzare) con cui individuare il volume minimo necessario alla vasca di laminazione.
Ad esempio, in Emilia Romagna, l'Autorità di Bacino del Reno individua in 500 m^3 per ogni ettaro di superficie territoriale urbanizzata ad esclusione del verde compatto; mentre l'Autorità Interregionale di Bacino Marecchia-Conca in 350 m3 per ogni ettaro di superficie impermeabilizzata.
L'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli, invece, per la determinazione del volume specifico minimo, adotta la seguente relazione:

$$w = w^0 \cdot \left[\frac{\varphi}{\varphi^0}\right]^{\frac{1}{1-n}} - 15 \cdot I - w^0 \cdot P$$

dove:
w^0 50 m³/ha;
φ coefficiente di deflusso dopo la trasformazione;
φ^0 coefficiente di deflusso prima della trasformazione;
I frazione dell'area che viene trasformata;
P frazione dell'area che resta inalterata;
n 0.48 esponente della curva di possibilità pluviometrica.

Il volume così ricavato è espresso in m³/ha e deve essere moltiplicato per l'area totale dell'intervento, a prescindere dalla quota P che viene lasciata inalterata.

Per la Regione Veneto è interessante riportare quanto contenuto nell'Allegato A D.G.R. n. 1322 del 10 Maggio 2006 in cui in relazione all'applicazione del principio dell'invarianza idraulica si dovrà fare riferimento alle curve di possibilità climatica con tempo di ritorno pari a 50 anni. I coefficienti di deflusso, ove non determinati analiticamente, andranno convenzionalmente assunti pari a 0,1 per le aree agricole, 0,2 per le superfici permeabili (aree verdi), 0,6 per le superfici semi-permeabili (grigliati drenanti con sottostante materasso ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato, …) e pari a 0,9 per le superfici impermeabili (tetti, terrazze, strade, piazzali, ...).

Dovranno quindi essere definiti i contributi specifici delle singole aree oggetto di trasformazione dell'uso del suolo e confrontati con quelli della situazione antecedente, valutati con i rispettivi parametri anche in relazione alla relativa estensione superficiale.
Il volume da destinare a laminazione delle piene sarà quello necessario a garantire che la portata di efflusso rimanga costante.
Andranno pertanto predisposti nelle aree in trasformazione volumi che devono essere riempiti man mano che si verifica deflusso dalle aree stesse garantendone l'effettiva invarianza del picco di piena.
Viene inoltre introdotta una classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici.
Tale classificazione consente di definire soglie dimensionali in base alle quali si applicano considerazioni differenziate in relazione all'effetto atteso dell'intervento.
La classificazione è riportata nella seguente tabella.

Classe di Intervento	**Definizione**
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici di estensione inferiore a 0,1 ha
Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 0,1 e 1 ha
Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con Imp<0,3
Marcata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici superiori a 10 ha con Imp>0,3

Nelle varie classi andranno adottati i seguenti criteri:

- nel caso di trascurabile impermeabilizzazione potenziale, è sufficiente adottare buoni criteri costruttivi per ridurre le superfici impermeabili, quali le superfici dei parcheggi;
- nel caso di modesta impermeabilizzazione, oltre al dimensionamento dei volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione delle piene è opportuno che le luci di scarico non eccedano le dimensioni di un tubo di diametro 200 mm e che i tiranti idrici ammessi nell'invaso non eccedano il metro;
- nel caso di significativa impermeabilizzazione, andranno dimensionati i tiranti idrici ammessi nell'invaso e le luci di scarico in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione;
- nel caso di marcata impermeabilizzazione, è richiesta la presentazione di uno studio di dettaglio molto approfondito.

In caso di terreni ad elevata capacità di accettazione delle piogge (coefficiente di filtrazione maggiore di 10^{-3} m/s e frazione limosa inferiore al 5%), in presenza di falda freatica sufficientemente profonda e di regola in caso di piccole superfici impermeabilizzate, è possibile realizzare sistemi di infiltrazione facilitata in cui convogliare i deflussi in eccesso prodotti dall'impermeabilizzazione. Questi sistemi, che fungono da dispositivi di reimmissione in falda, possono essere realizzati, a titolo esemplificativo, sotto forma di vasche o condotte disperdenti posizionati negli strati superficiali del sottosuolo in cui sia consentito l'accumulo di un battente idraulico che favorisca l'infiltrazione e la dispersione nel terreno. I parametri assunti alla base del dimensionamento dovranno essere desunti da prove sperimentali. Tuttavia le misure compensative andranno di norma individuate in volumi di invaso per la laminazione di almeno il 50% degli aumenti di portata.
Qualora si voglia aumentare la percentuale di portata attribuita all'infiltrazione, fino ad una incidenza massima del 75%, il progettista dovrà documentare, attraverso appositi elaborati progettuali e calcoli idraulici, la funzionalità del sistema a smaltire gli eccessi di portata prodotti dalle superfici impermeabilizzate rispetto alle condizioni antecedenti la trasformazione, almeno per un tempo di ritorno di 100 anni nei territori di collina e montagna e di 200 anni nei territori di pianura.
Qualora le condizioni del suolo lo consentano e nel caso in cui non sia prevista una canalizzazione e/o scarico delle acque verso un corpo ricettore, ma i deflussi vengano dispersi sul terreno, non è necessario prevedere dispositivi di invarianza idraulica in quanto si può supporre ragionevolmente che la laminazione delle portate in eccesso avvenga direttamente sul terreno.
Nei casi in cui lo scarico delle acque meteoriche giunga direttamente al mare o ad altro corpo idrico il cui livello non risulti influenzato dagli apporti meteorici, l'invarianza idraulica delle trasformazioni delle superfici è implicitamente garantita a prescindere dalla realizzazione di dispositivi di laminazione.
Altre considerazioni e criteri di dimensionamento analitici degli invasi saranno esposte nei capitoli successivi.

CAPITOLO 3

Tipologie e caratteristiche degli invasi per il controllo quali-quantitativo delle acque meteoriche

1 INTRODUZIONE

Come in parte già descritto nel primo capitolo i provvedimenti più comunemente adottati per la risoluzione o riduzione delle problematiche idraulico-ambientali legate alle precipitazioni possono essere suddivisi in tre categorie:

Interventi localizzati: consistono nella realizzazione di invasi che hanno la funzione di accumulare provvisoriamente una parte dei volumi idrici derivanti dagli eventi meteorici, per inviarli successivamente alla depurazione (vasche di prima pioggia) o per restituirli alla rete a valle e al ricettore con portata con essi compatibile (vasche volano).

Interventi diffusi: sono distribuiti sull'intera area urbanizzata e vengono solitamente indicati con l'acronimo BMP (Best Management Practices) o SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems). Ne esistono di svariate tipologie, ma l'obiettivo è circa lo stesso per tutte, ovvero favorire l'infiltrazione nel suolo della precipitazione.

Interventi non strutturali: non comportano la realizzazione di manufatti o strutture; hanno lo scopo di sfruttare al meglio la rete di drenaggio esistente, massimizzandone la capacità d'invaso, o di ridurre gli inquinanti che entrano in fognatura.

Nelle più recenti urbanizzazioni, soprattutto negli Stati Uniti e in alcuni Paesi europei, si è assistito spesso alla combinazione di questi interventi, i quali hanno mostrato buoni risultati purché correttamente gestiti e mantenuti. In Italia, gli interventi di tipo diffuso e quelli non strutturali sono poco utilizzati e il controllo quali-quantitativo degli scarichi è nella maggior parte dei casi affidato agli invasi.

1.1 Invasi

Gli invasi costituiscono sicuramente il mezzo più efficace per assicurare la protezione idraulica ed ambientale del territorio urbano ed extraurbano.

Dal punto di vista della destinazione se ne distinguono due tipologie:

Vasche volano (o di laminazione): calcolate e realizzate in funzione degli eventi meteorici massimi, permettono la laminazione delle portate di piena così da ridurre il pericolo di allagamenti superficiali, dovuti a insufficienza dei condotti o del corso d'acqua ricettore.

Vasche di prima pioggia: trattengono, escludendola dallo scarico, una notevole percentuale

degli inquinanti veicolati dalle acque meteoriche, soprattutto quelle relative all'inizio dell'evento, permettendone il successivo invio all'impianto di depurazione o il loro trattamento in situ.
Mentre l'aspetto idraulico è legato alle precipitazioni più intense e più rare, con la conseguente necessità di determinare statisticamente l'evento critico adeguato per il progetto degli invasi, l'aspetto ambientale dipende dalla durata del tempo secco che precede l'evento pluviometrico e dalla frequenza e intensità degli eventi stessi.
Tutte queste considerazioni, è bene ricordarlo, valgono sia per i sistemi fognari unitari che per quelli separati.
Per quanto riguarda la localizzazione rispetto alla rete fognaria, entrambe le tipologie di vasche possono essere realizzate in linea o fuori linea; nella pratica, però, le notevoli dimensioni delle vasche volano implicano quasi sempre una loro ubicazione separata dalla rete.
Vasche *in linea:* l'invaso è costituito da un collettore di sezione maggiorata rispetto a quella normale della fognatura. Per portate inferiori al valore prefissato la corrente percorre il collettore e fuoriesce senza invasare; per portate superiori la corrente si allarga ed ha inizio l'invaso. La dinamica di tutto il processo dipende dalle caratteristiche idrauliche del dispositivo di uscita che, dunque, deve essere accuratamente progettato.
Vasche *fuori linea:* l'invaso, ricavato in derivazione rispetto ai collettori fognari, viene interessato dalla corrente solo nel momento in cui la portata supera il limite prefissato e sfiora da un apposito manufatto di separazione (scaricatore di piena). In questo caso, quindi, la dinamica dell'invaso è legata alle caratteristiche idrauliche sia del manufatto di separazione, sia della bocca di uscita.

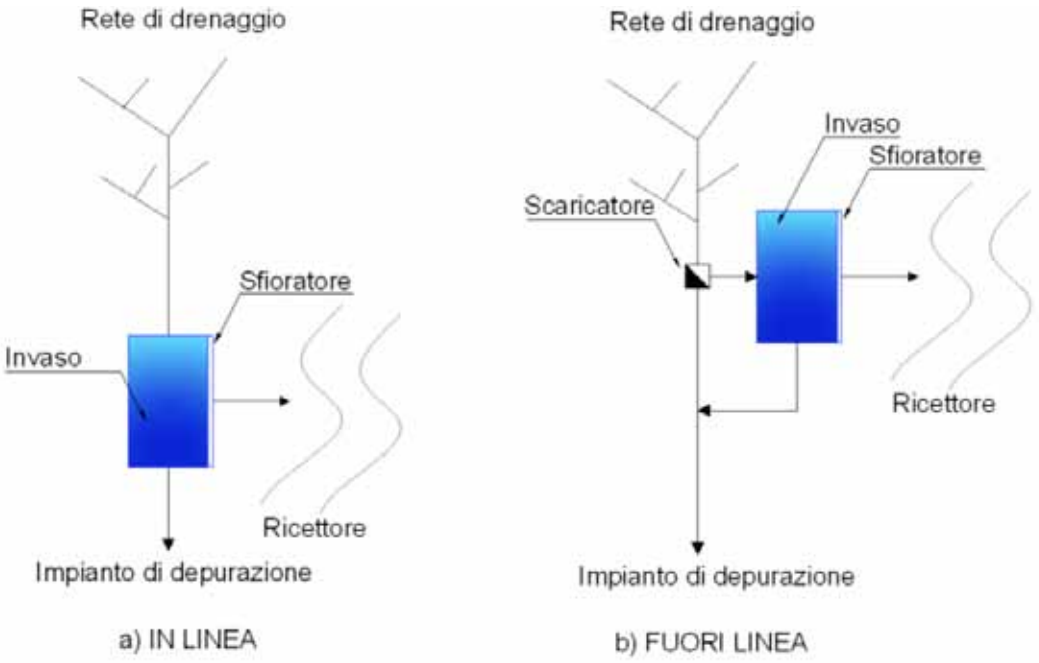


Figura 3.1 - *Schemi di invasi in linea e fuori linea*

Dal punto di vista dell'efficacia gli invasi fuori linea risultano migliori, in quanto consentono di separare in modo efficace i deflussi di base, che proseguono indisturbati lungo la rete, da quelli che sfiorano nell'invaso.
In questi ultimi anni si è assistito ad una progressiva diversificazione delle tipologie costruttive degli invasi, in funzione delle problematiche che sono chiamati a risolvere e, soprattutto, per l'esigenza di rendere sempre più efficiente e meno onerosa la gestione.
I principali limiti dei bacini di accumulo, quali interventi per il controllo degli scarichi in tempo di pioggia, si hanno negli investimenti economici richiesti con la loro realizzazione. L'inserimento paesaggistico-ambientale di queste opere può essere estremamente importante, tenuto conto delle ampie superfici necessarie (in particolar modo per le vasche di laminazione) e dei possibili impatti negativi in caso di non corretta progettazione e gestione: cattivi odori, scarsa igiene, pericolo di esondazione nelle zone limitrofe, possibile infiltrazione in falda di acqua inquinata.

2 TIPOLOGIA COSTRUTTIVE DEGLI INVASI

Le tipologie costruttive degli invasi, sia quelli di laminazione, sia quelli di prima pioggia, si sono andate sempre più diversificando, con il principale obiettivo di rendere la gestione più efficiente e meno onerosa. Un'attenta considerazione delle esigenze gestionali è infatti decisiva per procedere ad una corretta progettazione: la diffusione degli invasi ha messo in evidenza l'importanza di una gestione automatizzata e affidabile, atta a garantire il mantenimento delle caratteristiche igieniche ottimali mediante operazioni di rimozione del materiale sedimentato e di lavaggio e pulizia a seguito di ciascun ciclo di riempimento-svuotamento. Da questa necessità derivano notevoli conseguenze nei riguardi dell'impostazione progettuale degli invasi:

- l'invaso deve essere suddiviso in più comparti, caratterizzati da diverse frequenze di entrata in funzione, in modo da facilitare le operazioni di pulizia alla parte di infrastruttura effettivamente interessata dall'evento;
- la dimensione e la geometria di ciascun comparto, o camera, in cui viene suddiviso l'invaso sono correlate con il sistema di lavaggio prescelto (quest'ultimo è opportuno che sia automatizzato);
- in alcuni casi, ad esempio quando l'invaso è molto prossimo ad aree abitate, può essere necessario prevederne la copertura e la deodorizzazione, che si ottiene mediante aspirazione dell'aria presente nei comparti coperti, mantenuti quindi in leggera depressione, con trattamento e allontanamento della stessa attraverso appositi camini.

L'attuale tecnica costruttiva affronta queste problematiche attraverso molteplici accorgimenti: impermeabilizzazione completa o parziale, copertura e mascheramento, predisposizione di aree di espansione dell'invaso per far fronte a eventi meteorici particolarmente gravosi, controllo accurato del funzionamento dei manufatti, sistemazione a verde pubblico attrezzato delle aree limitrofe, ecc. In linea generale le vasche di prima pioggia sono dei manufatti di dimensioni contenute, sempre impermeabilizzati e talvolta coperti, dotati di sistemi di manutenzione automatici.
Le vasche volano hanno di solito dimensioni molto maggiori, ma costruttivamente possono essere più semplici: fra quelle esistenti il caso più frequente è costituito da depressioni naturali o artificiali del suolo, opportunamente sagomate e dotate di manufatti di immissione e di svuotamento. Tuttavia, sempre più di frequente, a causa di vincoli di tipo urbanistico (scarsa disponibilità di spazio nelle aree densamente urbanizzate) o per le caratteristiche delle acque da invasare (soprattutto nel caso di reti fognarie miste), vengono adottate anche per le vasche volano tipologie costruttive più complesse e costose, simili a quelle usate per le vasche di prima pioggia.
Infine è piuttosto diffusa l'esigenza di realizzare manufatti in grado di assolvere entrambe le funzioni, ovvero invasare provvisoriamente le acque di prima pioggia per poi inviarle alla depurazione e laminare l'onda di piena da consegnare al recapito finale quando questo presenta una limitata ricettività idraulica [Paoletti et al., 1997].
Nei paragrafi seguenti vengono analizzate le soluzioni costruttive per gli invasi più usate, distinguendo, per semplicità di esposizione, fra:

- invasi a cielo aperto;
- invasi chiusi interrati.

2.1 Invasi a cielo aperto

Gli invasi a cielo aperto possono essere suddivisi in due categorie principali:

- bacini di raccolta *permanenti*;
- bacini di raccolta non *permanenti*.

I bacini di raccolta *permanenti*, o bacini umidi ("wet ponds" nella terminologia anglosassone), sono costituiti da uno specchio d'acqua permanente abbinato ad un'area di detenzione temporanea per le acque di pioggia. Spesso essi si presentano come dei veri e propri laghetti inseriti all'interno di aree verdi pubbliche (figura 3.2): durante gli eventi meteorici più intensi il sistema fognario cittadino adduce ai suddetti laghetti le portate bianche eccedenti la capacità del sistema, producendo un

temporaneo aumento della superficie dello specchio d'acqua e del volume invasato. A evento terminato il laghetto torna entro la superficie usualmente occupata e, mediante operazioni di pulizia delle sponde provvisoriamente sommerse, si ripristina la situazione precedente.

Figura 3.2 - *Bacino di raccolta permanente all'interno di un'area verde pubblica*

La zona permanentemente allagata ha la funzione di accrescere la capacità di rimozione di molti inquinanti, cosicché questo tipo di bacini comporta notevoli benefici non solo dal punto di vista quantitativo (laminazione delle portate di picco), ma anche sotto l'aspetto della qualità.
Essendo spesso di aspetto gradevole, i bacini umidi possono essere realizzati sia in aree visibili che in luoghi nascosti: non provocano disturbo all'habitat locale e possono costituire un punto strategico in cui stabilire degli spazi ricreativi. Tuttavia la loro estensione non gli permette di adattarsi ad aree sviluppate di piccole dimensioni; in tal senso può succedere che l'ambiente originale venga allagato, con conseguenti problemi di odori molesti, fioriture algali e putrefazione di residui se le zone umide non sono soggette ad un'adeguata manutenzione.

I dispositivi di raccolta *non permanenti*, o bacini asciutti ("dry ponds" nella terminologia anglosassone), invece, non prevedono aree permanentemente allagate (figura 3.3): essi contengono una certa quantità d'acqua proveniente da un evento meteorico e la rilasciano attraverso un dispositivo di sbocco in un periodo di tempo stabilito.

Figura 3.3 - *Bacino di raccolta non permanente*

Preferibilmente questi bacini vanno scelti per servire piccole aree, incorporandoli nel progetto di sviluppo globale che cerchi di inserirli dal principio, visto che non è facile reperire ampie zone che possano accoglierli e nelle quali predisporre un accesso agevole per le attrezzature di manutenzione e pulizia.

2.1.1 Bacini di raccolta permanenti

I bacini umidi sono strutture di controllo delle acque meteoriche che provvedono sia alla laminazione delle portate di picco che al trattamento qualitativo dei deflussi contaminati. Hanno trovato larga applicazione negli Stati Uniti, dove sono impiegati già da circa un ventennio, mentre in Italia il ricorso a questo tipo di soluzione sta prendendo piede solo di recente. Tipici esempi di bacini umidi e una sezione schematica sono riportati nelle seguenti figure.

Figura 3.4 - *Esempio di bacino umido*

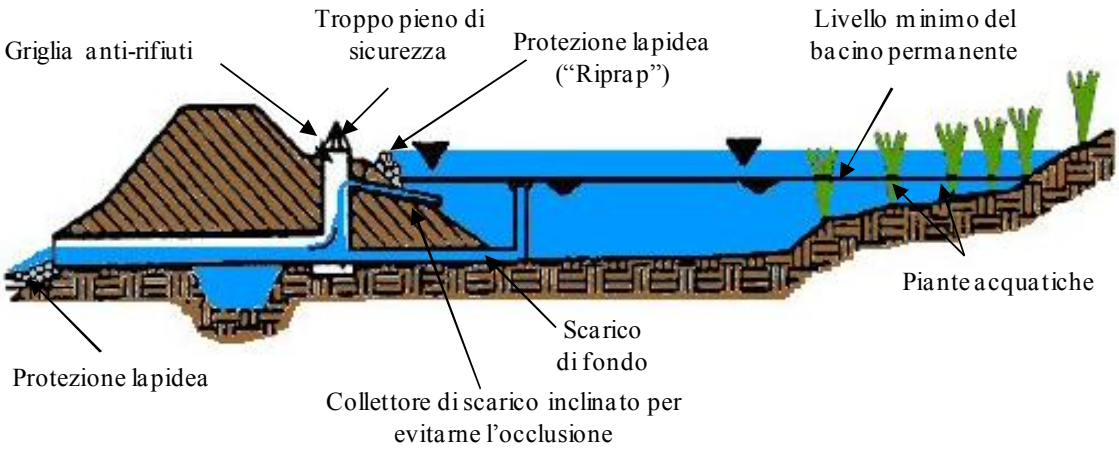


Figura 3.5 - *Sezione schematica di un bacino umido [Maryland Department of the Environment, 2000]*

Un bacino umido è costituito da uno specchio d'acqua permanente verso il quale sono diretti i deflussi meteorici: l'acqua invasata viene trattenuta e trattata nel bacino finché non viene sostituita da quella relativa al successivo evento di pioggia (tale meccanismo è chiamato "plug flow").
I naturali processi fisici, biologici e chimici che avvengono nell'invaso contribuiscono ad un notevole abbattimento dei carichi inquinanti: la sedimentazione rimuove i solidi sospesi (sedimenti, materia organica, ecc.), mentre le sostanze disciolte (metalli, nutrienti, ecc.) vengono rimosse attraverso meccanismi di decomposizione batterica e assorbimento ad opera delle piante acquatiche e delle alghe.
Diverse modifiche possono essere apportate allo schema di base di un bacino di raccolta permanente, soprattutto per incrementare la capacità di rimozione degli inquinanti. La prima consiste nel realizzare un bacino di sedimentazione (nella letteratura scientifica in lingua inglese:

"sediment forebay"), inteso come una sezione di bacino, separata dalla parte principale per mezzo di una parete o di un argine, che riceve le acque meteoriche in arrivo e contribuisce a catturare i sedimenti, evitando così che entrino nella vasca principale.

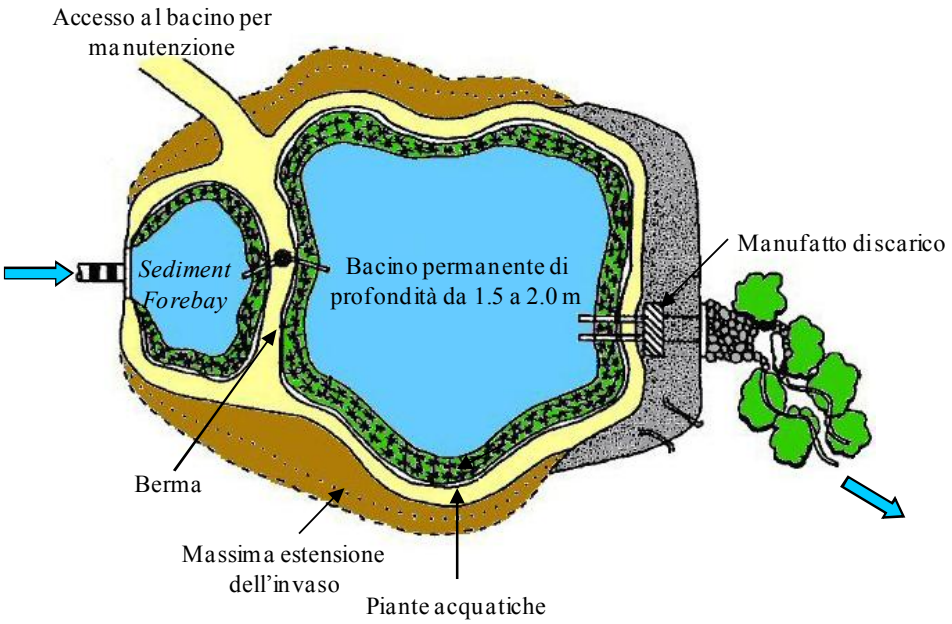


Figura 3.6 - *Esempio di bacino umido dotato di un bacino di sedimentazione ("sediment forebay") [Schueler, 1987]*

In questo modo vengono notevolmente semplificate le operazioni di manutenzione, infatti è molto più semplice e meno costoso procedere alla pulizia di questo piccolo bacino piuttosto che dell'invaso principale.

Una seconda modifica consiste nella realizzazione di basse sporgenze lungo il bordo dello specchio d'acqua permanente. Esse hanno un duplice scopo: da un lato sono usate per favorire la crescita di piante acquatiche, che catturano i sedimenti e assorbono i nutrienti per via biologica, dall'altro svolgono una funzione di sicurezza e provvedono un facile accesso all'invaso per la manutenzione.

Figura 3.7 - *Piante acquatiche ai bordi del bacino [California Stormwater Best Management Practice Handbooks, 1993]*

Ulteriori interventi possono essere eseguiti per migliorare l'aspetto estetico dei bacini umidi: percorsi pedonali, fontane, alberatura, basse pendenze delle sponde in modo che non occorra una recinzione, ecc. (figura 3.8).

Figura 3.8 - *Percorso pedonale e alberatura [Georgia Stormwater Management Manual, 2001]*

Le principali limitazioni che possono precludere l'impiego dei bacini di raccolta permanenti sono le seguenti:

- se non correttamente progettati si possono creare condizioni anossiche vicino al fondo, con il conseguente rilascio di nutrienti e metalli dai sedimenti depositati;
- possibilità di contaminazione della falda sotterranea a causa dell'infiltrazione di acqua contaminata;
- impossibilità di realizzare questi bacini dove le precipitazioni sono insufficienti per mantenere uno specchio d'acqua permanente, o dove il terreno è altamente permeabile (conducibilità idraulica $K>10^{-5}$ cm/s);
- la necessità di estese superfici può precluderne l'utilizzo in aree altamente urbanizzate;
- affinché l'opera si mantenga efficiente occorrono frequenti operazioni di manutenzione, soprattutto per rimuovere il materiale accumulatosi nel bacino di sedimentazione e, più raramente, nella vasca principale.

Criteri di progetto

Nella pratica statunitense il volume di laminazione viene calcolato in base al principio dell'invarianza idraulica, considerando eventi meteorici con tempi di ritorno dai 2 ai 10 anni, e in modo che l'evento centennale non provochi esondazione, ma fuoriesca in sicurezza attraverso lo sfioratore d'emergenza. Nella figura 3.9 è mostrata una sezione di bacino con l'indicazione dei livelli idrici relativi alle varie precipitazioni aventi diverso tempo di ritorno (TR).
Un altro aspetto di fondamentale importanza, soprattutto dal punto di vista qualitativo, è la determinazione del volume dell'invaso permanente. Da esso, infatti, dipende il tempo di residenza idraulico, ovvero il tempo in cui l'acqua resta all'interno del bacino, il quale influenza notevolmente la capacità di rimozione degli inquinanti: più a lungo l'acqua resta all'interno del bacino e maggiore sarà l'efficienza dei processi di sedimentazione e di decomposizione biologica.
La profondità dello specchio d'acqua permanente non deve essere né troppo piccola, altrimenti si avrebbe la risospensione del materiale depositato, né troppo grande, onde evitare l'instaurarsi di condizioni anossiche sul fondo [Northern Virginia Planning District Commission (NVPDC), 1992]. Alcuni studi hanno mostrato che la profondità ottimale varia fra 1 e 3 metri, dato un tempo di residenza idraulico di 2 settimane [Hartigan, 1988].

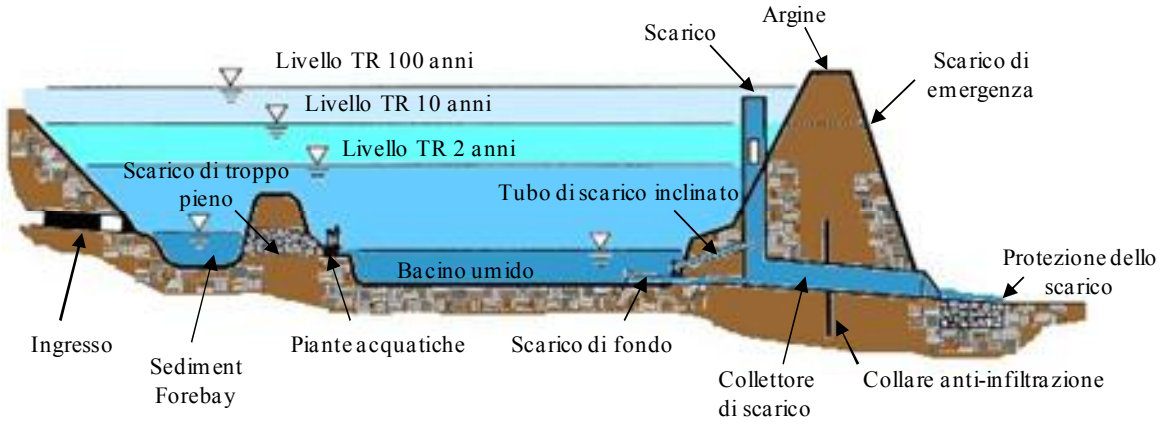


Figura 3.9 - *Sezione di bacino umido e livelli idrici significativi [CWP, 2000]*

Altri importanti elementi che devono essere attentamente considerati in fase di progettazione sono il rapporto lunghezza-larghezza del bacino e la pendenza delle sponde. In generale è opportuno avere un rapporto lunghezza-larghezza maggiore di 2:1, in modo che l'acqua compia un percorso abbastanza lungo prima di uscire; esso può essere ulteriormente allungato inserendo nell'invaso diaframmi o isolotti. Una pendenza delle sponde inferiore a 3:1 permette un facile accesso per la manutenzione ed anche lo stabilirsi di piante acquatiche.
Infine, per quanto riguarda gli argini, essendo essi in terra, bisogna prevenire fenomeni di sifonamento dovuti all'infiltrazione, introducendo appositi dispositivi (drenaggi, taglioni, ecc.); inoltre è opportuno aumentarne l'altezza di un 5% per tenere conto del graduale abbassamento dovuto al costipamento del terreno [SEWRPC, 1991]. Le sponde degli argini possono essere protette dall'erosione coprendole con vegetazione o massi rocciosi gettati alla rinfusa ("rip rap" nella letteratura scientifica in lingua inglese).

Figura 3.10 - *Protezione delle sponde con massi rocciosi ("rip rap") [Geofabrics, 2005]*

Manufatti di ingresso e di uscita

Una rappresentazione schematica dei dispositivi di uscita da un bacino umido è riportata nella seguente figura.

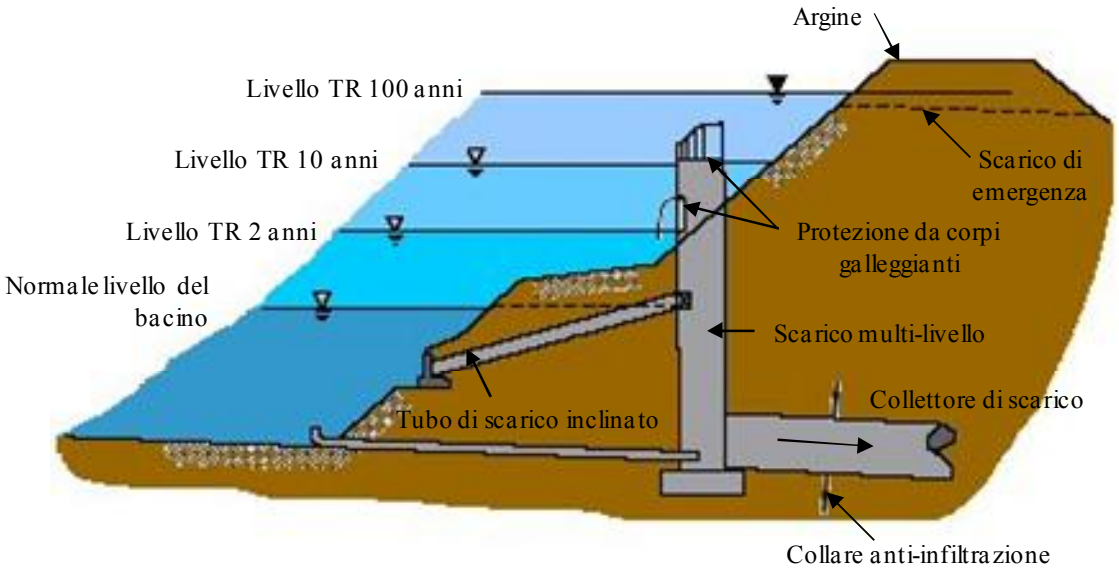


Figura 3.11 - *Tipica struttura dei manufatti di uscita da un bacino umido [Georgia Stormwater Management Manual, 2001]*

Gli elementi principali sono una struttura verticale, collegata alla base mediante una connessione impermeabile, e un collettore orizzontale, comunicante con quello verticale e posto sotto l'argine, che convoglia la portata verso l'uscita. È opportuno che la struttura verticale sia realizzata vicino o addirittura all'interno dell'argine e non al centro della vasca, questo per garantire un facile accesso per la manutenzione e per motivi di sicurezza ed estetici [Schueler, 1987].

Figura 3.12 - *Struttura di uscita posta in prossimità dell'argine [Pitt, 2004]*

Quando, a causa di un evento meteorico, il livello nel bacino sale al di sopra del livello permanente, una certa portata inizia ad uscire attraverso un tubo in contropendenza collegato alla struttura verticale (figura 3.11).
La contropendenza serve per scaricare acqua da una certa profondità e non dalla superficie, allo scopo di evitare che i materiali galleggianti eventualmente presenti ostruiscano il tubo.

Qualora il livello nell'invaso continui a salire, il collettore verticale è dotato di luci di scarico poste a quote diverse (figura 3.13), così da aumentare la portata in uscita; ciascuna di esse viene protetta mediante una griglia per impedire l'ingresso di materiale e sporcizia (figura 3.14).

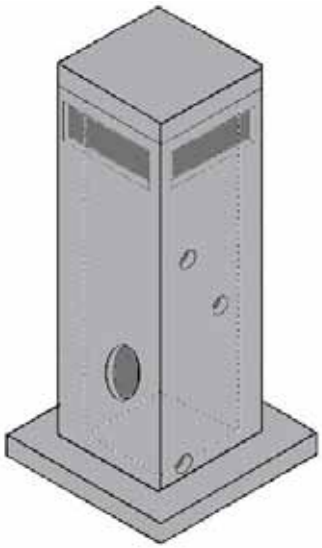
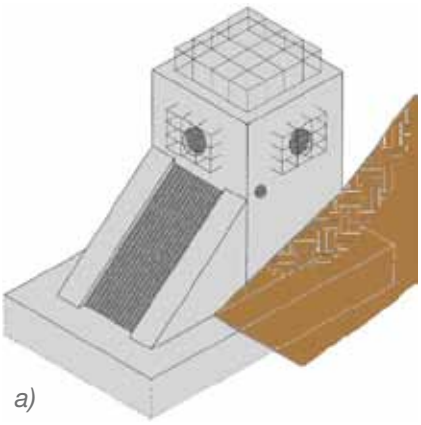


Figura 3.13 - *Dettaglio schematico della struttura verticale di uscita con la presenza di scarichi a diverse quote [Georgia Stormwater Management Manual, 2001]*



a)

b)

Figura 3.14 - *Protezione delle luci di scarico mediante griglie: a) schema [VDCR, 1999]; b) esempio [Jones et al., 2006]*

Inoltre bisogna sempre prevedere uno sfioratore di emergenza. Esso viene dimensionato in modo che possa smaltire in sicurezza la portata generata dall'evento critico di progetto (in genere quello con tempo di ritorno pari a 100 anni), senza che gli argini vengano sommersi e quindi danneggiati. Infine, per quanto riguarda i dispositivi di uscita, occorre realizzare uno scarico di fondo che permetta di svuotare completamente la vasca (per esempio quando questa deve essere liberata dai sedimenti depositati sul fondo). Esso è dotato, alla sua estremità di valle, di una valvola regolabile che normalmente risulta chiusa (figura 3.15).

Figura 3.15 - *Esempi di valvole di sezionamento per il condotto di scarico*

I punti di ingresso e di uscita sono zone molto sensibili dal punto di vista dell'erosione, a causa delle elevate velocità che si possono instaurare. È quindi necessario predisporre manufatti che permettano di dissipare l'energia della corrente, quali massi rocciosi (figura 3.16) o piccoli bacini di calma in cui si verifichi un risalto idraulico. Inoltre è buona regola che l'orifizio di ingresso non sia completamente sommerso rispetto al livello dello specchio d'acqua permanente (figura 3.17).

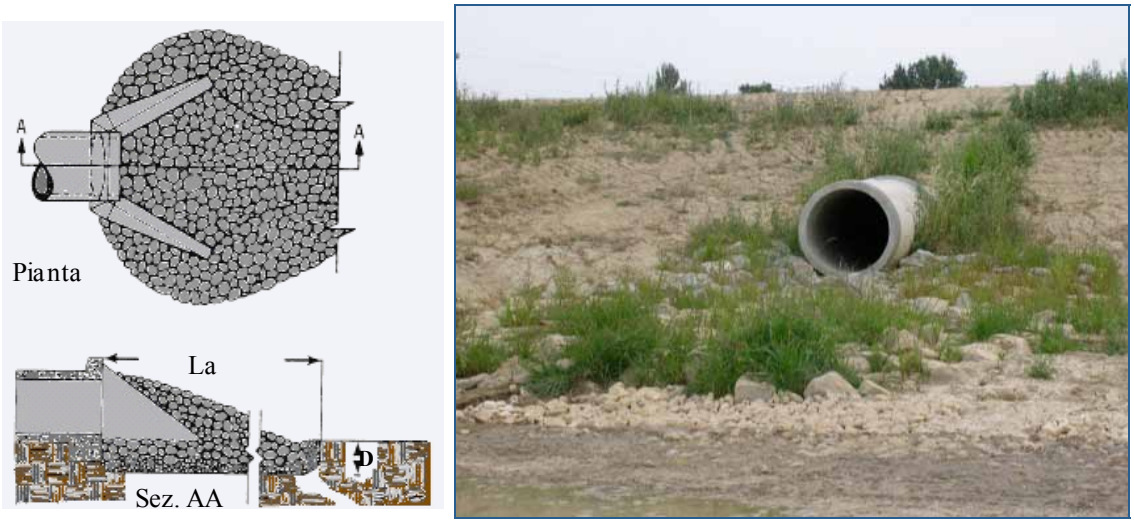


Figura 3.16 - *Protezione del punto di uscita mediante massi rocciosi [Georgia Stormwater Management Manual, 2001];*

Figura 3.17 - *Esempi di punti di ingresso e uscita da un invaso*

Efficienza di rimozione degli inquinanti

Come precedentemente accennato, in un bacino di raccolta permanente, i principali meccanismi di rimozione degli inquinanti sono la sedimentazione, la decomposizione batterica e l'assorbimento ad opera di alghe e piante acquatiche. Nella seguente tabella sono riportati i tipici tassi di rimozione di alcune sostanze.

Parametro	**Tasso di rimozione**
Solidi sospesi totali	50÷90%
Fosforo totale	30÷90%
Azoto totale	50÷70%
Metalli	40÷80%
Batteri	60÷90%

Tabella 3.1 - *Tipici tassi di rimozione dei principali parametri [Schueler, 1992]*

La notevole ampiezza degli intervalli di variazione è dovuta al fatto che l'efficacia del trattamento dipende dal tempo di residenza idraulico, in particolare aumenta con quest'ultimo.
Alcuni studi effettuati negli Stati Uniti hanno mostrato che più del 90% dell'azione di trattamento avviene nel lasso temporale fra due eventi meteorici e che circa i due terzi delle sostanze presenti (escluso il fosforo) vengono rimosse nelle prime 24 ore [Maryland Department of the Environment, 2000].

Manutenzione

La manutenzione di un bacino di raccolta permanente è fondamentale non solo per un suo corretto funzionamento, ma anche per prevenire la formazione di cattivi odori ed insetti e per non dar luogo ad un'eccessiva fioritura algale.
Le operazioni di manutenzione possono essere distinte in frequenti e saltuarie. Fra le operazioni frequenti quelle principali sono:

- ispezioni;
- controllo della vegetazione;
- rimozione della sporcizia;
- controllo dei componenti meccanici.

Accurate *ispezioni* dovrebbero essere condotte dopo eventi meteorici di rilevante importanza, per controllare se si sono verificate ostruzioni nei dispositivi di ingresso e uscita, erosione eccessiva delle sponde, danni agli argini, ecc.
Il *controllo della vegetazione* consiste essenzialmente nella falciatura dell'erba, nella rimozione di piante morte o indesiderate e nel ripristino della vegetazione stessa qualora venga danneggiata.
La *rimozione della sporcizia* deve essere particolarmente accurata in prossimità delle luci di ingresso e di uscita per garantirne un perfetto funzionamento.
Il *controllo delle componenti meccaniche* riguarda valvole ed eventuali impianti di sollevamento, i quali, se trovati non funzionanti, devono essere immediatamente riparati o sostituiti.
Fra le operazioni saltuarie si ricordano:

- rimozione dei sedimenti,
- manutenzione o sostituzione dei dispositivi di uscita.

Se è presente un bacino di sedimentazione a monte dell'invaso principale, esso deve essere liberato dal materiale accumulatosi sul fondo ogni 5÷7 anni e, in ogni caso, quando la profondità si è ridotta al 75% del valore di progetto. Il bacino primario necessita invece di interventi molto meno frequenti, in genere ogni 15÷25 anni.
Alcuni studi [NVPDC, 1992] hanno mostrato che, di solito, gli inquinanti presenti nel materiale

rimosso non eccedono i limiti di tossicità e perciò esso può essere stoccato in sicurezza in un'area prossima all'invaso. In questo modo viene evitato il trasporto in discarica, con un conseguente beneficio economico. Tuttavia, prima di procedere con questa soluzione, occorre effettuare analisi chimiche per accertare che il materiale non sia effettivamente pericoloso.
I costi annuali di manutenzione (ispezioni, controllo della vegetazione, rimozione dei sedimenti, riparazioni dei dispositivi di ingresso ed uscita) sono stimabili in circa il 3÷5% del costo di costruzione [Schueler, 1992]. In particolare le spese per la rimozione dei sedimenti possono essere ridotte di oltre il 50% se il loro stoccaggio avviene in un'area prossima al bacino.

2.1.2 Bacini di raccolta non permanenti

I bacini di raccolta non permanenti provvedono principalmente alla laminazione delle portate di piena, mentre risultano meno efficaci dei bacini umidi nella rimozione dei carichi inquinanti veicolati dalle acque meteoriche. Tuttavia, poiché non c'è uno specchio d'acqua permanente da mantenere, i costi di costruzione e di manutenzione risultano notevolmente ridotti ed inoltre non sussistono restrizioni sulla natura dei terreni, sull'estensione del bacino sotteso e sull'entità delle precipitazioni. Nelle seguenti figure sono riportati alcuni esempi e una tipica sezione trasversale di un bacino asciutto.

Figura 3.18 - *Esempi di bacini asciutti*

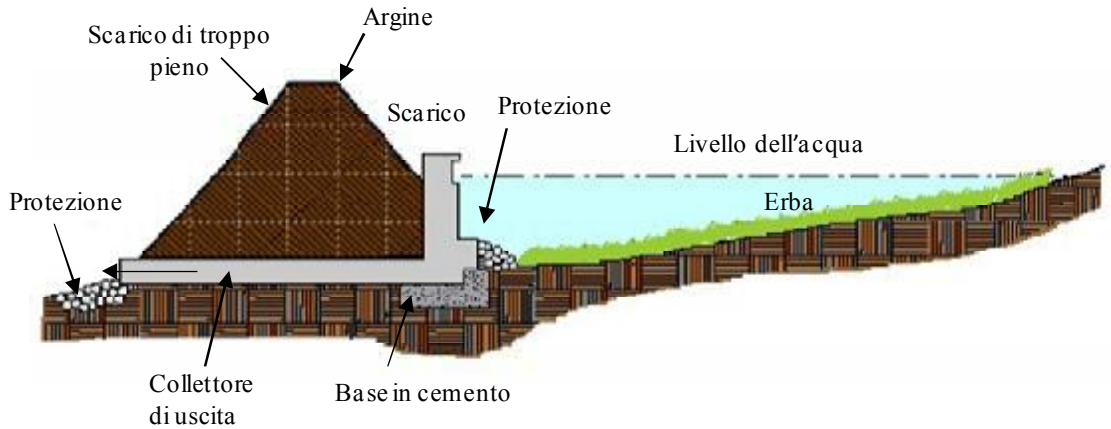


Figura 3.19 - *Sezione schematica di un bacino asciutto [NVPDC, 2002]*

I bacini asciutti presentano in genere un aspetto estetico poco gradevole; inoltre, se non regolarmente mantenuti, possono dar luogo a cattivi odori, sviluppo di insetti ed accumulo di sporcizia.
Come nel caso dei bacini umidi sono richieste ampie superfici, rendendo quindi difficile un loro inserimento in un contesto fortemente urbanizzato; a ciò si aggiunge l'ulteriore esigenza di situarli in luoghi poco visibili o di mascherarli in maniera adeguata.
Inoltre, come sopra ricordato, i bacini di raccolta non permanenti garantiscono solo un modesto trattamento qualitativo delle acque. Per ovviare a questo problema è possibile abbinare a tali bacini altri dispositivi, come ad esempio canali inerbiti o altre BMP.

Criteri di progetto

Allo scopo di rimuovere preventivamente i sedimenti di maggiori dimensioni, affinché non entrino nell'invaso, è possibile realizzare anche in questo caso un piccolo bacino di sedimentazione.

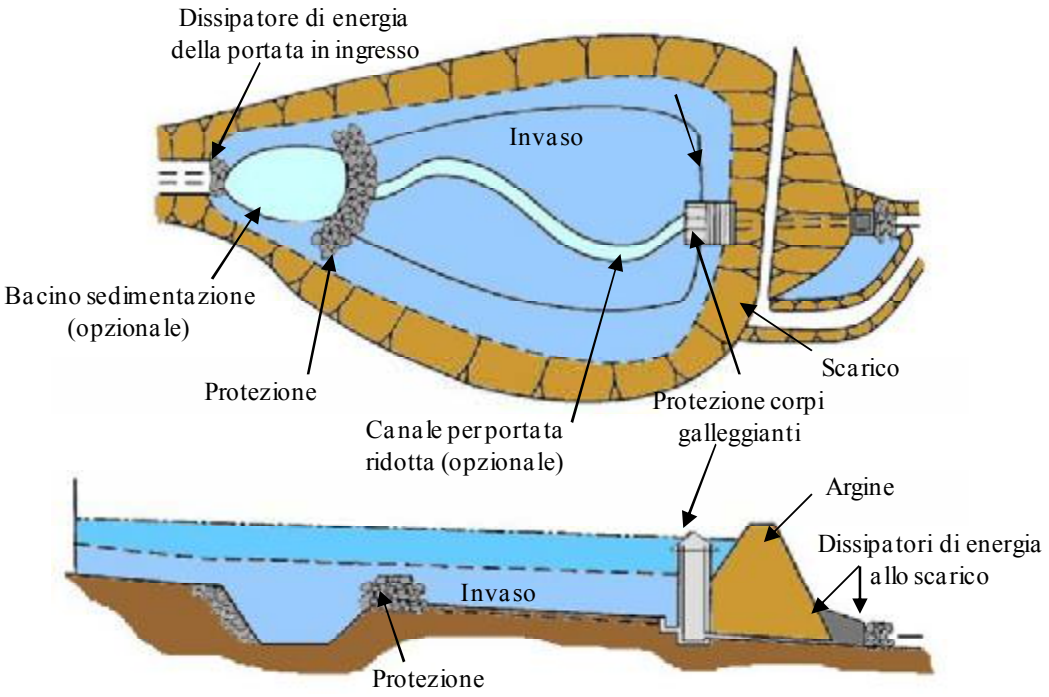


Figura 3.20 - *Pianta e sezione di un bacino asciutto con indicazione delle componenti fondamentali [New Jersey Stormwater BMP's Manual, 2004]*

Per convogliare basse portate attraverso il bacino si realizzano piccoli canali rivestiti che collegano i punti di ingresso con il punto di uscita.
Analogamente ai bacini umidi, la pendenza delle sponde non deve essere maggiore di 3:1 per permettere il transito di falciatrici e altri macchinari; la pendenza del fondo deve essere non inferiore al 2÷4% in direzione dello sbocco, in modo da garantire adeguate velocità di scorrimento.
Le sponde e il fondo sono ricoperti di erba; per migliorare l'aspetto estetico si possono inoltre disporre alberi e cespugli intorno all'invaso, ma non all'interno, poiché foglie e rami caduti potrebbero creare problemi di intasamento nei dispositivi di uscita.
Per quanto riguarda le caratteristiche costruttive degli eventuali argini e la loro protezione nei confronti dei fenomeni erosivi valgono le stesse considerazioni fatte per i bacini umidi.
Infine, anche dal punto di vista dei manufatti di ingresso e di uscita, si adottano le stesse soluzioni viste nel paragrafo precedente per i bacini umidi ed indicate schematicamente nella seguente figura.

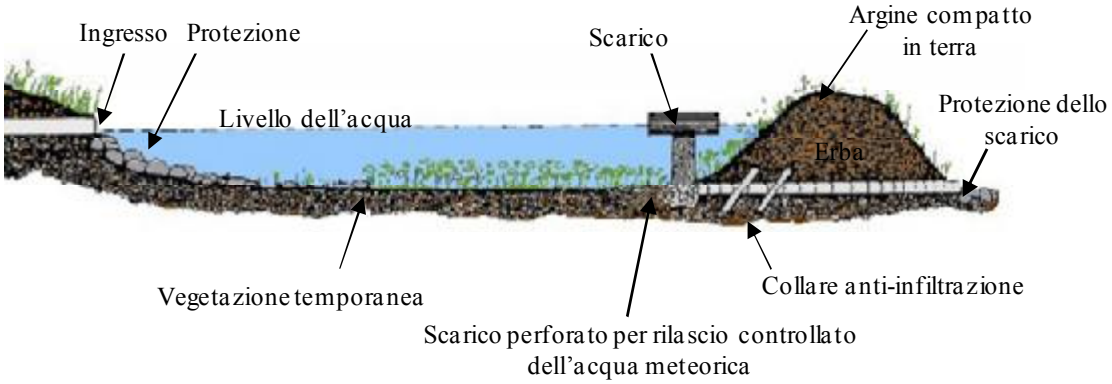


Figura 3.21 - *Sezione di bacino asciutto con indicazione dei dispositivi di ingresso ed uscita [North Carolina Stormwater Management Guidance Manual, 1998]*

Efficienza di rimozione degli inquinanti

Nei bacini di raccolta non permanenti la rimozione degli inquinanti avviene solo tramite la sedimentazione, infatti, non essendo presente uno specchio d'acqua permanente, non avvengono i processi di assorbimento ad opera di alghe e piante acquatiche. È per questo motivo che il tasso di abbattimento dei solidi disciolti (in particolare azoto e fosforo) è piuttosto ridotto, come si vede dalla seguente tabella.

Parametro	**Tasso di rimozione**
Solidi sospesi totali	61%
Fosforo totale	19%
Azoto totale	31%
Metalli	26÷54%

Tabella 3.2 - *Tipici tassi di rimozione dei principali parametri [Schueler, 1997]*

Ovviamente i dati riportati rappresentano dei valori medi, in quanto l'efficacia di un bacino asciutto varia notevolmente da caso a caso ed è comunque strettamente legata allo stato di manutenzione dello stesso.

Manutenzione

Le operazioni di manutenzione sono del tutto simili a quelle necessarie per i bacini umidi e risultano altrettanto importanti.
I costi di manutenzione, secondo recenti stime, oscillano fra il 3 e il 5% del costo di costruzione.

2.2 Invasi chiusi interrati

Una delle principali limitazioni degli invasi a cielo aperto, come visto nel paragrafo precedente, risiede nel fatto che essi occupano estese porzioni di territorio e quindi risultano di difficile inserimento in contesti altamente urbanizzati (aree di parcheggio, centri commerciali, zone industriali, ecc.), dove si ha scarsa disponibilità di spazio ed un elevato costo dei terreni. D'altra parte tali aree, poiché inducono una forte impermeabilizzazione del territorio, sono proprio quelle che necessitano maggiormente di interventi strutturali per il controllo quantitativo delle portate meteoriche. In questi casi, dunque, il ricorso agli invasi sotterranei è l'unica soluzione praticabile.
È altresì evidente che i serbatoi interrati comportano costi nettamente superiori rispetto ai bacini a cielo aperto, in quanto occorre sia uno scavo più profondo, sia la realizzazione di una vera e propria opera strutturale. Questo incremento di costo viene però compensato dal fatto che lo spazio sovrastante può essere sfruttato per parcheggi (figura 3.22) o altri scopi, massimizzando così le potenzialità economiche dell'area.

Figura 3.22 - *Invaso realizzato al di sotto di un'area di parcheggio*

Dal punto di vista costruttivo un invaso sotterraneo si può realizzare essenzialmente in due modi:
- mediante una vasca in calcestruzzo armato di forma generalmente rettangolare (figura 3.23);

Figura 3.23 - *Vasca in calcestruzzo in fase di costruzione [Concrete Technology Corporation]*

- mediante una serie di tubi di grande diametro in acciaio o alluminio, in materiale plastico o in calcestruzzo (figura 3.24).

Figura 3.24 - *Esempio di invaso ottenuto mediante tubi di grande diametro [Contech Construction Products Inc., 2003]*

Una volta determinato il volume da assegnare all'invaso, la scelta dell'una o dell'altra tipologia costruttiva dipende da vari fattori: conformazione e caratteristiche fisiche dell'area oggetto di intervento, costo dei materiali, costo delle operazioni di scavo, regolamenti locali, ecc..
In generale con le vasche in cemento armato, per la loro sezione rettangolare e per il fatto che forniscono un volume continuo, si ottiene un maggiore volume d'invaso per unità di area scavata rispetto a quello ottenibile con tubi circolari di grande diametro. Ciò è dovuto anche al fatto che i tubi devono essere reciprocamente distanziati di una quantità minima, per ragioni di integrità strutturale. D'altra parte i sistemi di tubi hanno una maggiore flessibilità di impiego e perciò si utilizzano laddove le caratteristiche dello spazio disponibile non consentono l'inserimento di una vasca.
Un'ultima considerazione, prima di procedere con l'analisi delle principali tipologie costruttive, deve essere fatta riguardo agli aspetti qualitativi. A differenza degli invasi a cielo aperto, soprattutto quelli dotati di uno specchio d'acqua permanente, i serbatoi di laminazione interrati non provvedono alla riduzione dei carichi inquinanti veicolati dalle acque meteoriche. Dunque, per non dar luogo a forti stati di inquinamento nel corpo idrico ricettore durante gli eventi di pioggia, è necessario abbinare alla vasca volano appositi sistemi per il trattamento qualitativo delle acque.
Il sistema più efficace consiste nel realizzare una vasca di prima pioggia, a monte dell'invaso di laminazione, tale da trattenere la prima frazione dell'evento meteorico (caratterizzata dai massimi carichi inquinanti) e da inviarla successivamente alla depurazione. Una volta riempita essa non viene più interessata dalle acque successive (per evitare rimescolamento) e, tramite un ripartitore, inizia l'invaso nella vasca volano (figura 3.25).

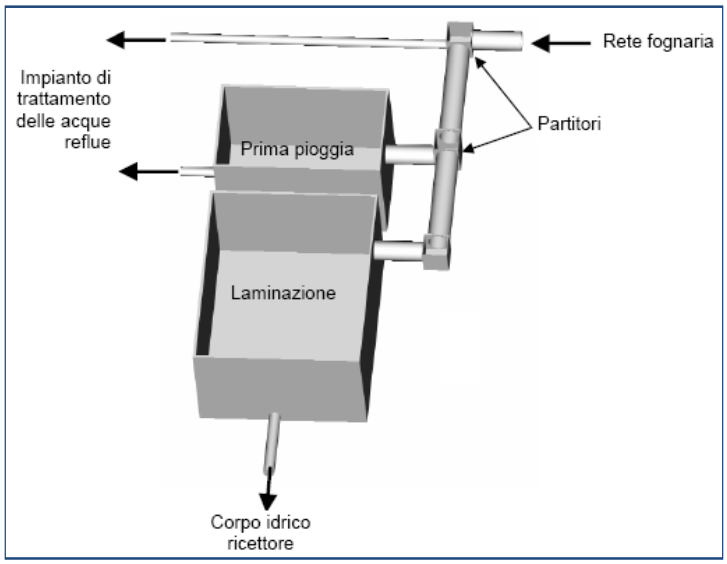


Figura 3.25 - *Vasca di prima pioggia abbinata ad un invaso di laminazione*

Le principali operazioni e lavorazioni strutturali per l'esecuzione di una vasca interrata in conglomerato cementizio armato possono riassumersi come segue:

- realizzazione di un primo sbanco di circa 50 cm;
- realizzazione di paratie lungo i quattro lati perimetrali ed eventualmente anche a metà del lato lungo in direzione ortogonale a questo;
- scavo di sbancamento sino alla quota di imposta dello strato drenante;
- realizzazione dello strato drenante per l'eliminazione delle sotto pressioni idrauliche;
- realizzazione della platea di fondazione;
- realizzazione dei pilastri per il sostegno del solaio;
- costruzione di rifodera e dei muri perimetrali in c.a. sulla testa delle paratie sino all'intradosso del solaio;
- realizzazione dell'impalcato mediante travi (eventualmente in spessore di solaio) e predalles (o altri tipi di solaio);
- realizzazione della sovrastruttura stradale.

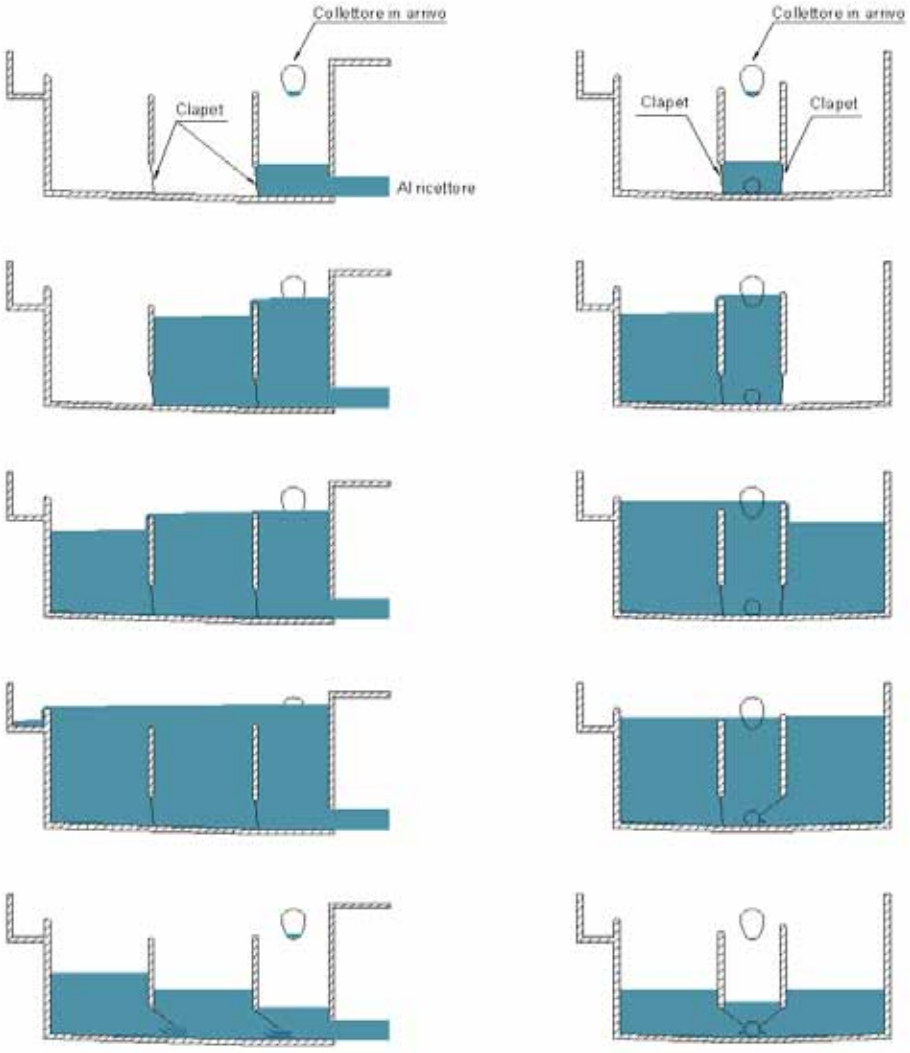
Figura 3.26 - *Vasca in calcestruzzo in fase di costruzione: in particolare si notano i pilastri di sostegno e le travi dell'impalcato*

Quelle appena elencate sono le fasi costruttive usuali, che vengono di volta in volta adattate sulla base di esigenze specifiche e delle condizioni effettivamente presenti in sito.
Se il livello idrico della falda è poco al di sotto del piano di campagna e quindi interseca la vasca, si possono avere problemi di galleggiamento, per cui è opportuno realizzare una platea di spessore consistente.

a) b)

Figura 3.27 - *Esempio di vasca costituita da più comparti [Concrete Technology Corporation]*

I muri perimetrali vengono schematizzati o come muri di sostegno (e quindi come travi a mensola), qualora la lunghezza sia molto maggiore dell'altezza, o come piastre, quando le due dimensioni sono simili fra loro. I carichi su di essi agenti sono la spinta del terreno e la spinta dell'acqua invasata, entrambe rappresentabili mediante diagrammi di tensione triangolari.
L'impalcato viene invece dimensionato considerando, oltre al peso proprio degli elementi strutturali, il peso della sovrastruttura stradale e i carichi accidentali.
Particolare attenzione deve essere posta nelle riprese di getto e, più in generale, in tutti collegamenti, i quali devono essere accuratamente impermeabilizzati, per esempio utilizzando dei "waterstop".
La massima altezza interna netta, in genere, non dovrebbe superare i 5÷6 metri.
La capacità di ritenzione di una vasca volano può essere concentrata in un unico manufatto oppure suddivisa in diversi comparti. Si ricorre alla prima soluzione solo quando i volumi in gioco sono relativamente piccoli.
Se il volume supera i 400÷500 m^3 sarebbe opportuno realizzare invasi multicamera: in questo modo, infatti, gli eventi più frequenti interessano solo una parte della vasca, mentre solo per eventi pluviometrici più rilevanti vengono via via interessati gli altri comparti. Lo scopo è quello di razionalizzare le operazioni di pulizia e manutenzione, che devono essere frequenti nel comparto più spesso invasato, mentre possono essere più diradate negli altri comparti.



a) Vasche in serie *b) Vasche in parallelo*

Figura 3.28 - *Invasi multicamera: (a) con vasche in serie; (b) con vasche in parallelo (Paoletti et al., 1997)*

Il numero ottimale di comparti discende da considerazioni economico-funzionali: occorre individuare un compromesso ottimale fra i costi di realizzazione (più comparti comportano un costo più elevato) e i costi di gestione (più comparti consentono una gestione più economica ed efficiente). È altresì opportuno che i singoli comparti siano il più possibile uguali, per evidenti ragioni di semplicità costruttiva e di omogeneità delle infrastrutture di manutenzione automatizzata.
Le vasche multicamera sono dotate di una precamera d'ingresso, talvolta direttamente collegata all'opera di svuotamento (bocca a battente o impianto di sollevamento): quando il volume da invasare eccede quello della precamera d'ingresso si attiva lo sfioro verso la prima camera, e così via.

Si possono distinguere vasche multicamera *in serie*, in cui il riempimento e lo svuotamento di ciascuna camera avviene attraverso la camera precedente (figura 3.28a) e vasche multicamera *in parallelo*, in cui il riempimento e lo svuotamento di ciascuna camera avviene per tutte attraverso la precamera d'ingresso (figura 3.28b).

Nel caso di vasche che prevedono lo svuotamento a gravità è importante il dimensionamento della precamera d'ingresso: si dimostra che più piccolo è il suo volume e minore risulta il volume dell'intera opera. Ciò è dovuto al fatto che, con la precamera d'ingresso piccola, in essa si raggiunge rapidamente la condizione di carico massimo sulla bocca a battente regolante il deflusso dalla vasca e di conseguenza la portata uscente si mantiene pari al valore massimo ammissibile.
Lo svuotamento di ogni camera avviene in genere attraverso valvole di non ritorno (Clapet). Le dimensioni minime delle bocche regolanti lo svuotamento di ciascun comparto non possono comunque scendere al di sotto di 20÷25 cm, sia in larghezza che in altezza, per evitare il rischio di intasamento.

Sistemi di lavaggio e pulizia degli invasi

La manutenzione programmata degli invasi è indispensabile per ottenere una reale efficacia e mantenere in efficienza le vasche di raccolta delle acque meteoriche, in particolare proprio per le vasche di prima pioggia che raccolgono la parte più carica di sostanze solide e di inquinanti di varia natura.
La naturale tendenza a sedimentare del materiale trasportato durante gli eventi meteorici sul fondo riduce progressivamente l'efficienza delle vasche stesse (riduzione dei volumi utili, intasamento delle apparecchiature elettromeccaniche installate) e la frazione organica è la causa principale dello sviluppo di processi di trasformazione con formazione di gas e di cattivi odori.
Risulta quindi indispensabile la presenza di un sistema di pulizia che garantisca la rimozione dei depositi durante ogni ciclo di riempimento-svuotamento dell'invaso.
I principali sistemi di lavaggio delle vasche in cemento armato possono essere ricondotti essenzialmente a tre tipologie principali:

- paratoie di spurgo;
- scarichi a basculla;
- getti ad alta pressione.

La scelta del sistema più idoneo è funzione delle dimensioni e della geometria costruttiva delle vasche oltre a rispondere a requisiti di:

- semplicità di installazione;
- ingombri contenuti;
- ridotta manutenzione;
- impianto modulare per consentire di attrezzare vasche con diverse conformazioni geometriche;
- funzionamento programmabile sulla logica della variazione di livello in vasca;
- possibilità di monitoraggio degli stati di funzionamento e controllo a distanza.

I dettagli di funzionamento per le singole tipologie sono riassunti nel seguito:

Paratoie di spurgo: una parte delle acque in arrivo dal sistema di collettamento a monte viene invasata in un piccolo bacino di accumulo separato dall'invaso principale e collegato ad esso tramite

una paratoia. Questa è asservita ad un sensore di livello che ne comanda l'apertura non appena si è esaurito lo svuotamento del comparto: l'apertura istantanea della paratoia genera un'onda a fronte ripido che percorre rapidamente l'intera superficie del comparto, trascinando con sé il materiale sedimentato.

Figura 3.29 - *Particolare del bacino di accumulo per le acque di lavaggio*

a)

b)

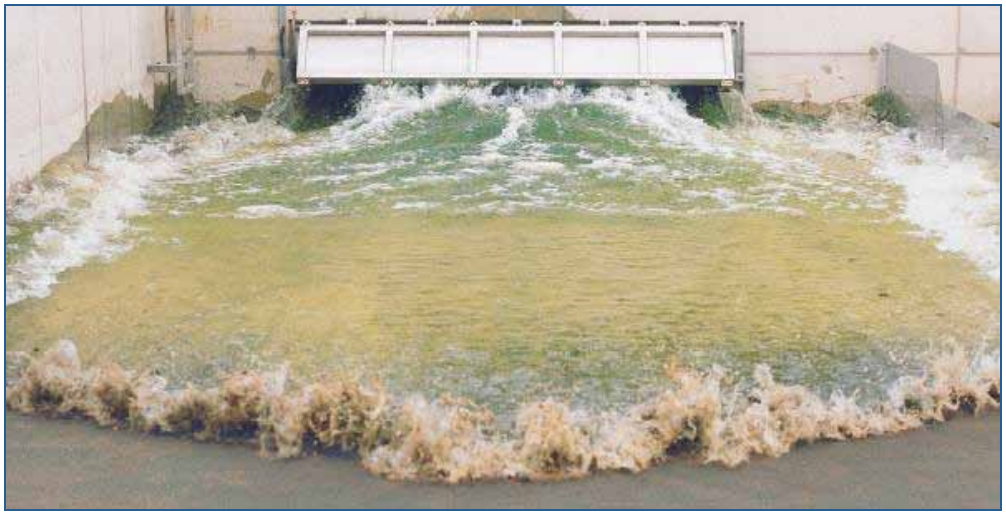


Figura 3.30 - *Vasca dotata di dispositivo Hydroself™ [Steinhardt®] e vista in funzione*

La paratoia è azionata da un sistema idraulico a circuito chiuso asservito ad un galleggiante; dunque non occorrono fonti di energia esterne, a meno che non si desideri installare anche un dispositivo di azionamento elettrico. Può essere impiegato anche in vasche di notevole lunghezza (fino a 250 m), infatti è sufficiente dimensionare correttamente il volume di acqua di lavaggio.

Scarichi a bascula, usati nel Nord America dai primi anni '90, sono dei recipienti cilindrici posizionati sulla parete posteriore della vasca in corrispondenza della massima altezza d'acqua in progetto: il recipiente si riempie fino a una data profondità e quindi ruota attorno ad un asse centrale, facendo traboccare l'acqua nella vasca e dando luogo alla corrente di scarico (figura 3.31).

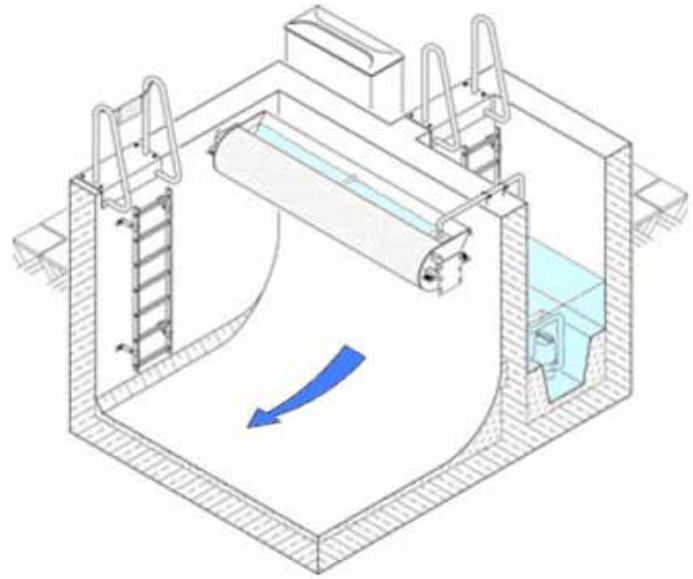


Figura 3.31 - *Schema di scarico a bascula [GNA, 1996]*

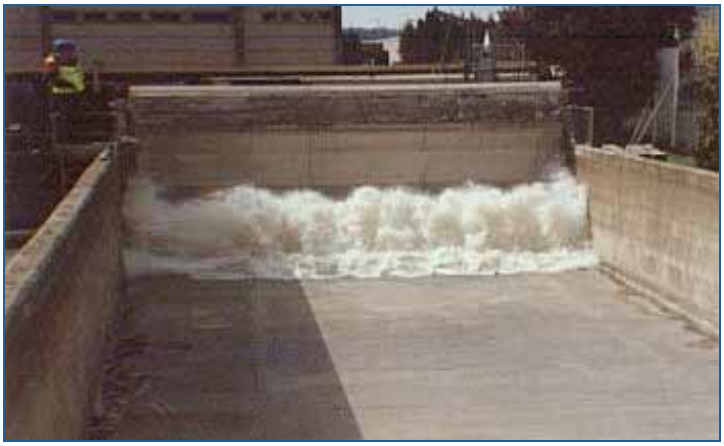
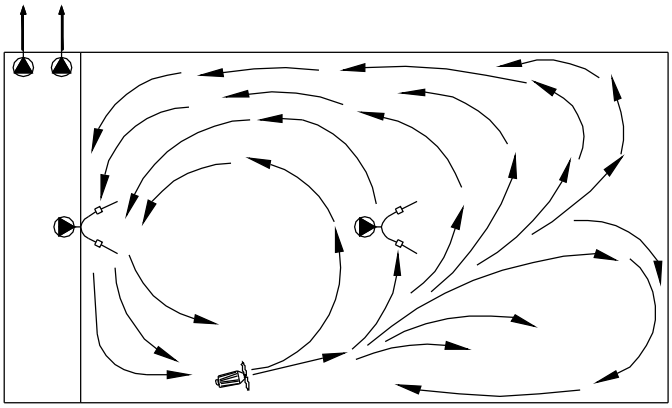


Figura 3.32 - *Vasca dotata di dispositivo Tipping Bucket™ in funzione [Copa®]*

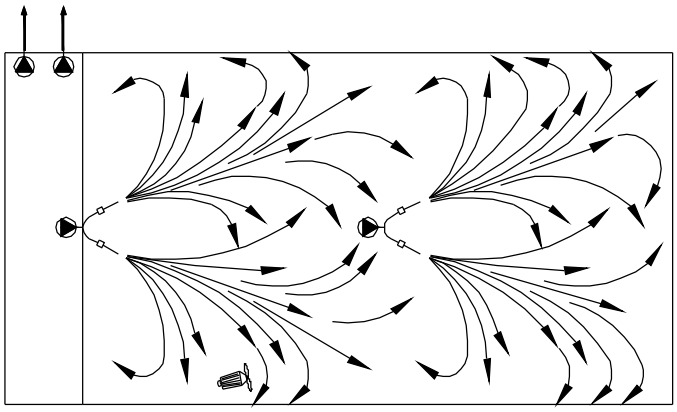
Una unità è sufficiente per serbatoi fino a 56 m di lunghezza e 16 m di larghezza. All'estremità opposta della vasca occorre realizzare un dispositivo di raccolta dell'acqua di lavaggio con un volume superiore di almeno il 20% rispetto a quello del recipiente basculante, affinché non si crei un'onda di ritorno.

Movimentazione e flussaggio con elettromiscelatori (mixer) e gruppi composti da elettropompa sommergibile + idro-eiettore.
La movimentazione dell'acqua viene generata dall'elettromiscelatore già durante la fase di riempimento, non appena si raggiunge in vasca il livello minimo di funzionamento.
L'elettromiscelatore continua a funzionare senza interruzione fino al raggiungimento dello stesso livello durante la fase di svuotamento. Questo consente di tenere in sospensione i solidi presenti e di riprendere in sospensione i solidi sedimentati durante la prima fase di riempimento che possono così fuoriuscire assieme alle acque di lavaggio ed essere inviati all'impianto di depurazione.
La pulizia finale viene effettuata dal gruppo pompa + idro-eiettore. Il flusso primario di acqua aspirato dalla pompa passa attraverso l'ugello "Venturi" nel tubo convogliatore/eiettore creando

una depressione che richiama un flusso secondario, la sovrapposizione dei due flussi (primario e secondario) costituisce il getto in uscita dall'idro-eiettore.
Quando l'idro-eiettore non è più coperto dall'acqua funziona solo con il flusso primario per terminare la pulizia del fondo vasca.
Nelle vasche di ridotte dimensioni entrambe le funzioni possono essere espletate dal gruppo pompa + idro-eiettore.
Nel caso fosse necessario ossigenare l'acqua è possibile usare lo stesso sistema invertito. Il flusso primario passa attraverso l'ugello "Venturi" creando una depressione che richiama dell'aria attraverso una apposita tubazione di aspirazione comunicante con l'atmosfera.
Il funzionamento è automatico e viene gestito dall'apparecchiatura di comando e protezione e/o centralina di telecontrollo tramite un sensore di livello.



Movimentazione e risospensione



Flussaggio

Figura 3.33 - *Schema di funzionamento con sistema misto mixer con gruppi idro-eiettori*

Gli idro-eiettori possono essere del tipo acqua-acqua (W-W) (Figura 3.34 – Figura 3.36) o del tipo acqua-aria (W-A) (Figura 3.35 – Figura 3.37).

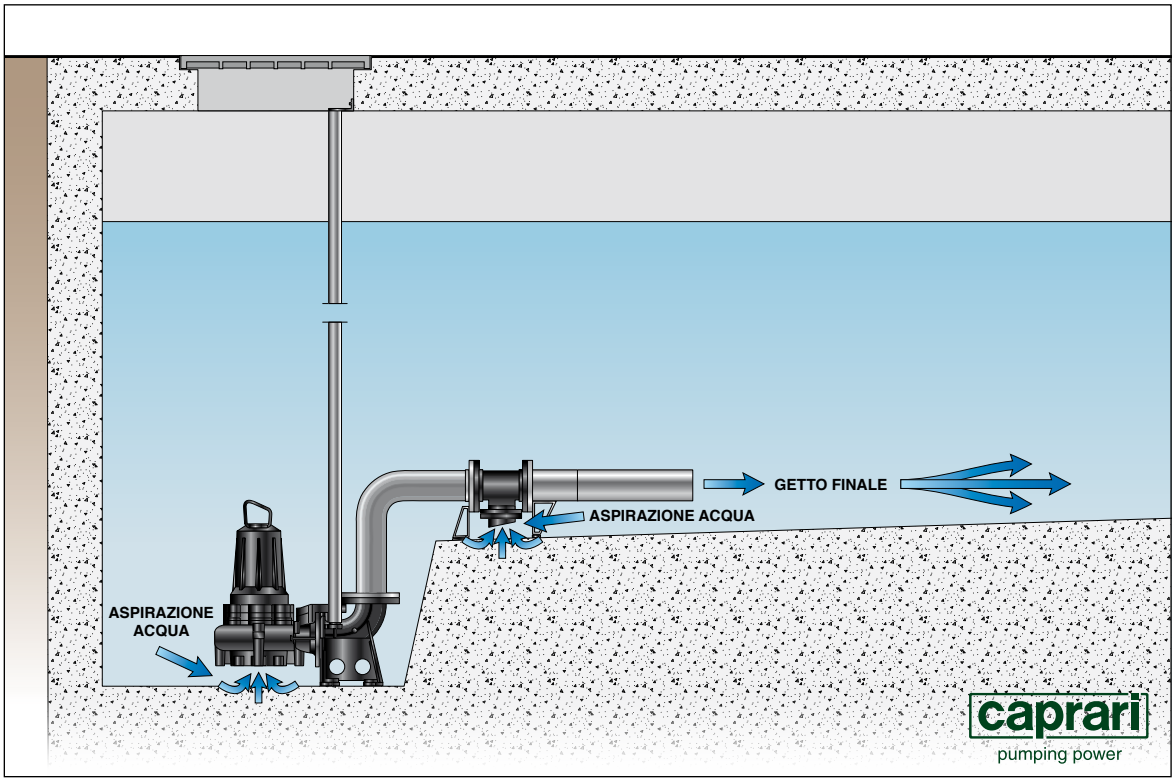


Figura 3.34 - ***Gruppo idro-eiettore W-W*** *(acqua-acqua), per installazione estraibile nel canale di raccolta (flussaggio finale)*

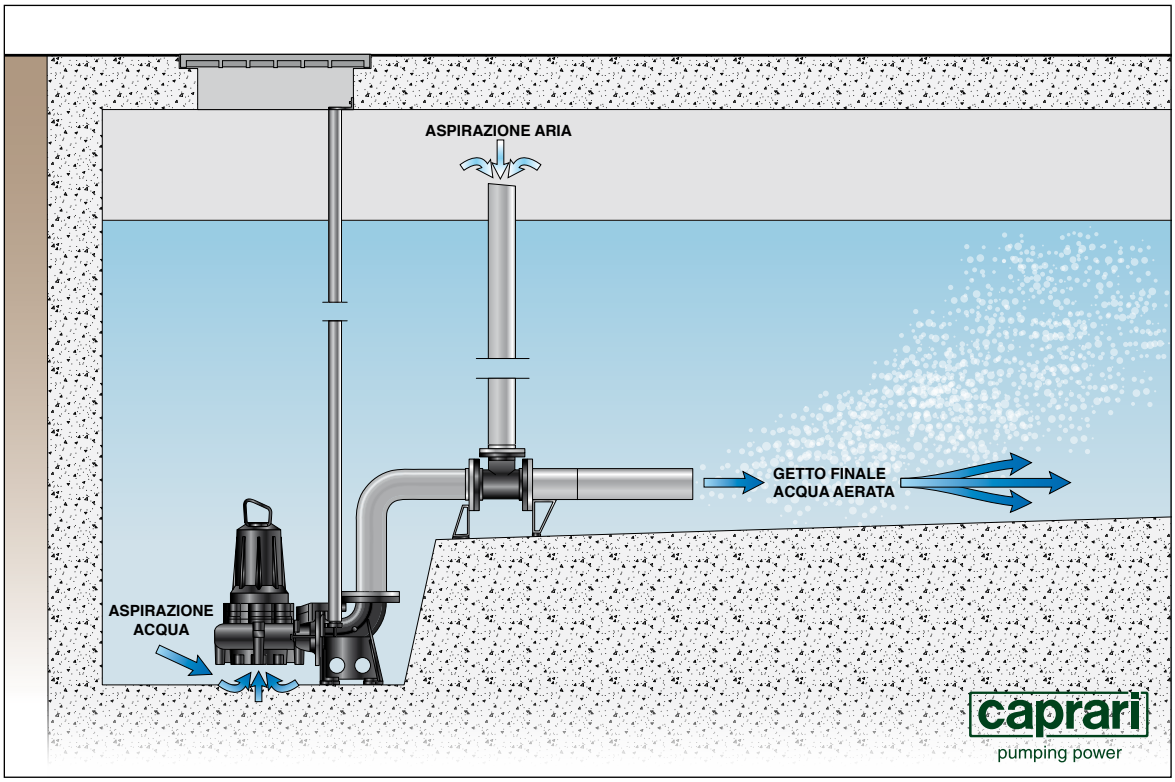


Figura 3.35 - ***Gruppo idro-eiettore W-A*** *(acqua-aria), per installazione estraibile nel canale di raccolta (flussaggio finale)*

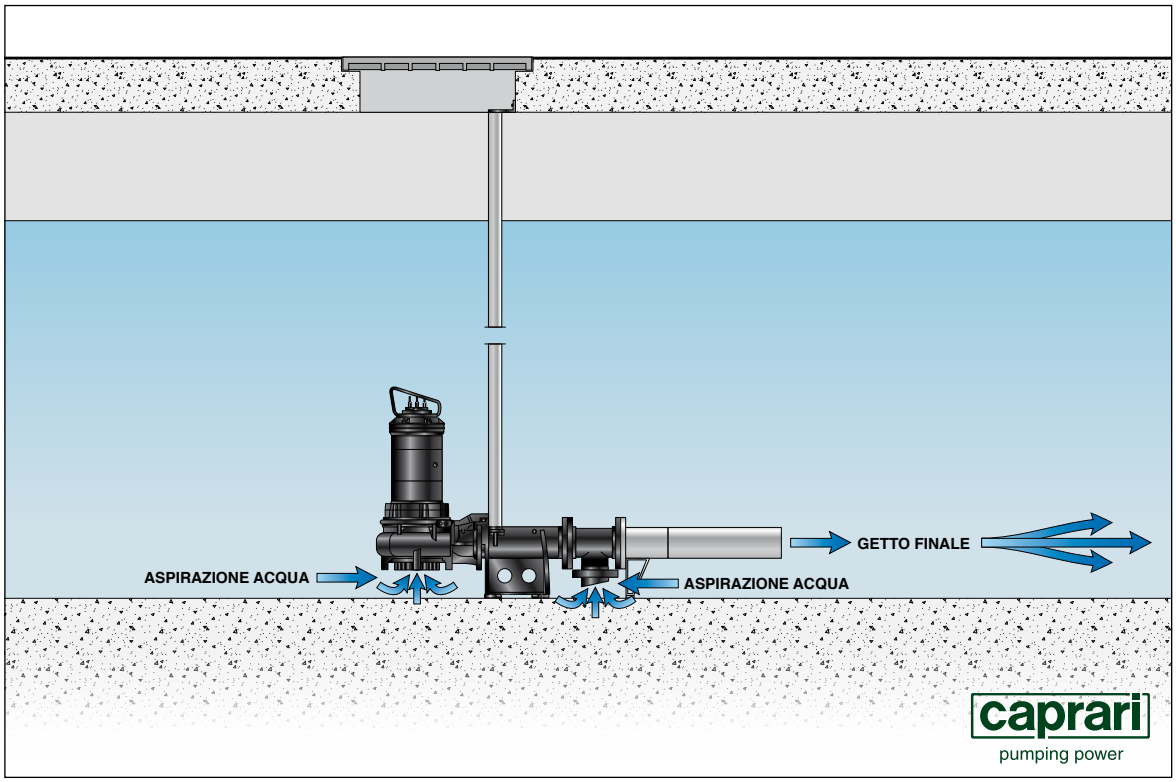


Figura 3.36 - ***Gruppo idro-eiettore W-W*** *(acqua-acqua), per installazione estraibile a centro vasca o per installazione in vasche senza canale di raccolta (flussaggio finale)*

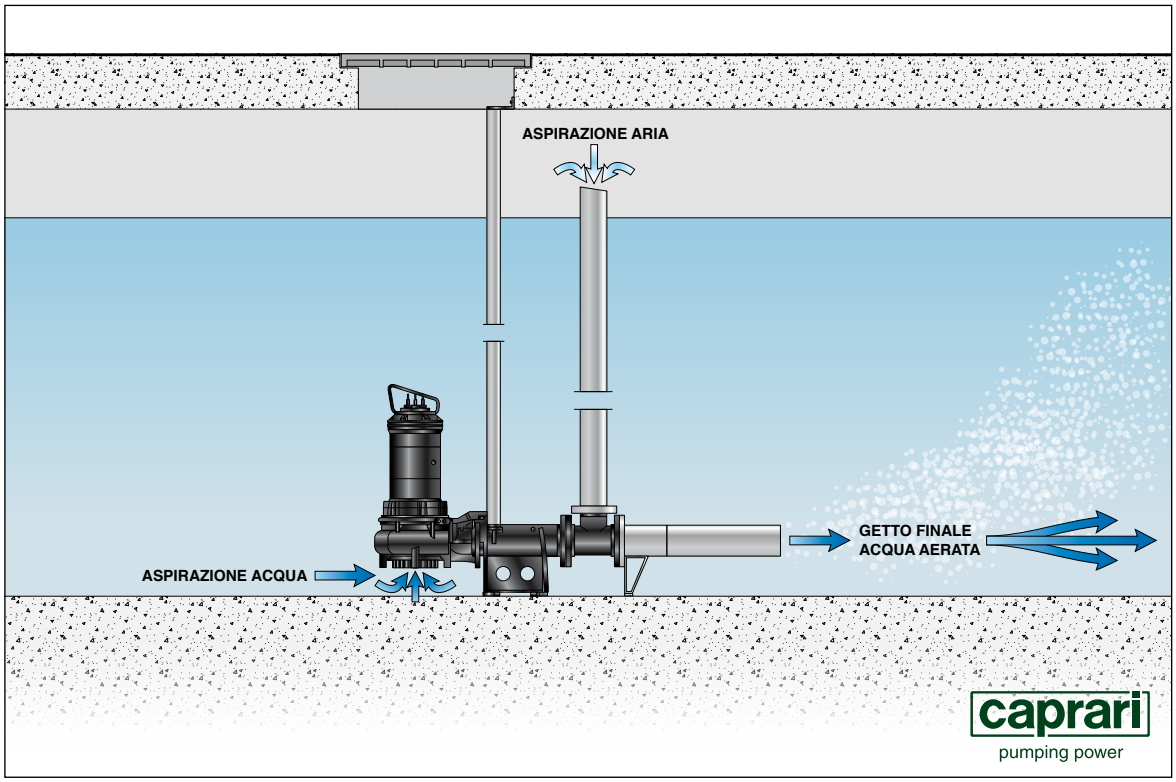


Figura 3.37 - ***Gruppo idro-eiettore W-A*** *(acqua-aria), per installazione estraibile a centro vasca o per installazione in vasche senza canale di raccolta (flussaggio finale)*

I gruppi idro-eiettori rappresentati nelle figure precedenti possono essere installati anche in vasche aperte utilizzando le stesse attrezzature, escluso i tubi guida.

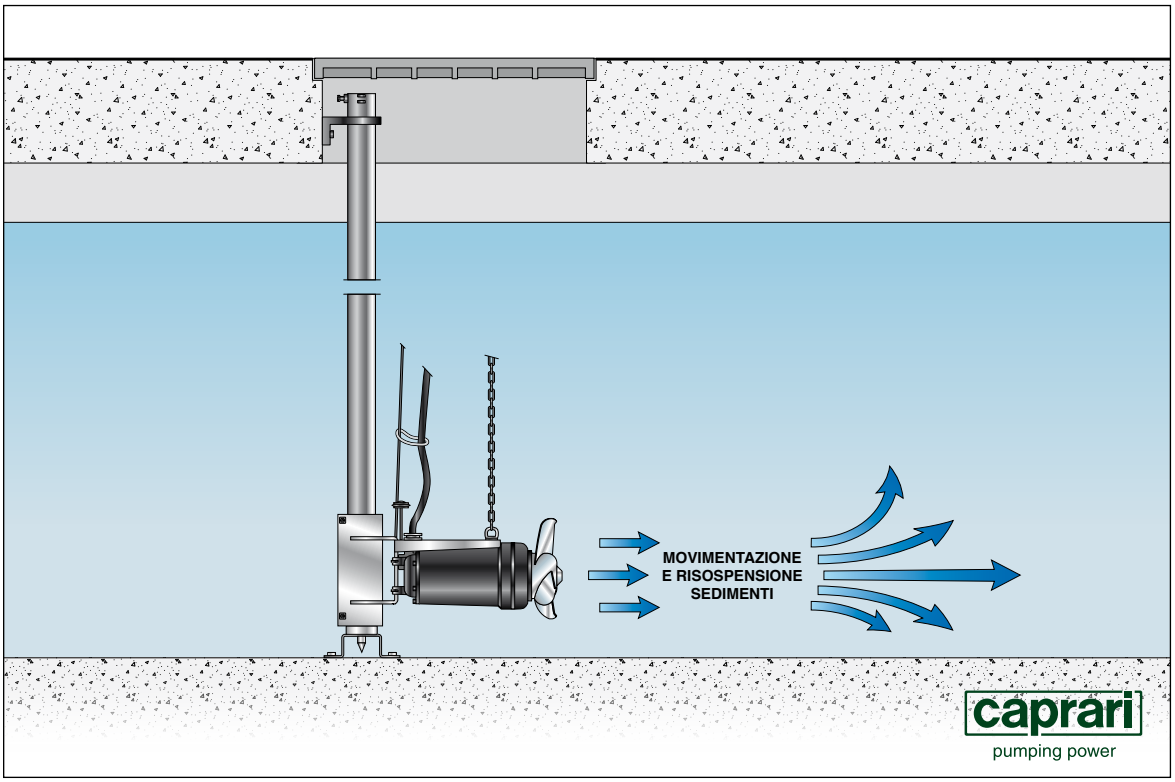


Figura 3.38 - ***Elettromiscelatore*** *per installazione estraibile con vasca chiusa (movimentazione e risospensione)*

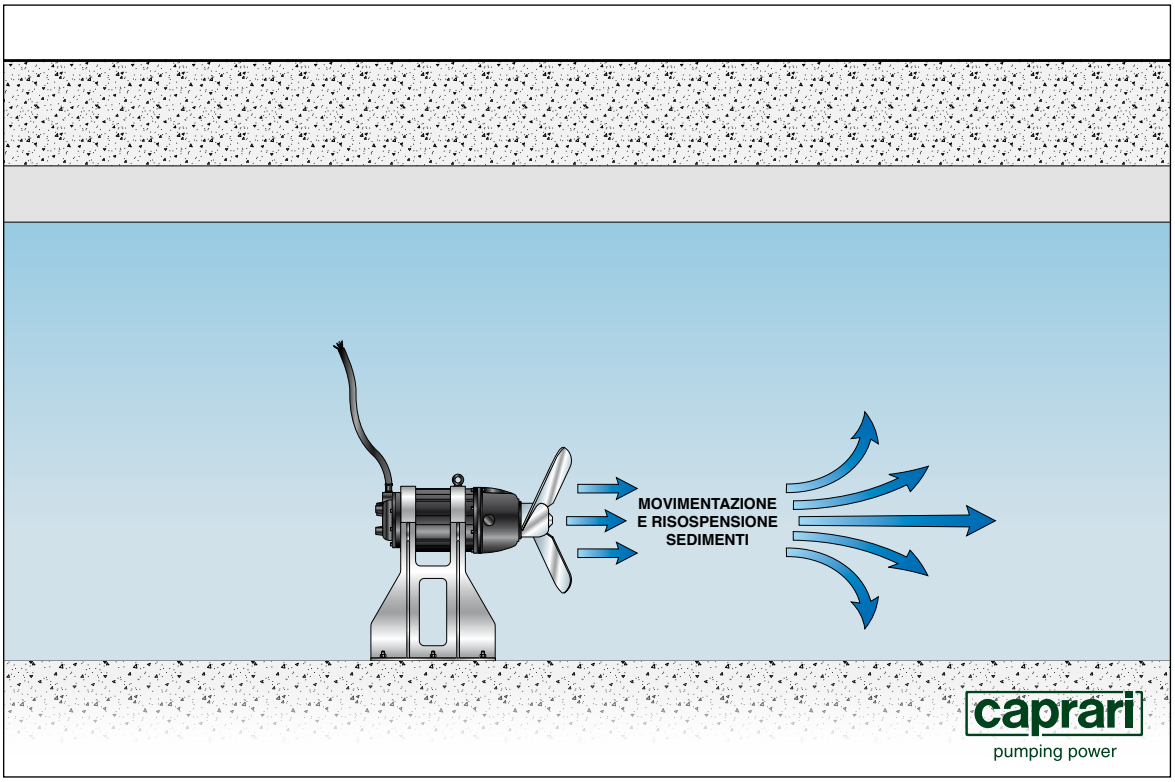


Figura 3.39 - ***Elettromiscelatore*** *per installazione fissa con vasca aperta (movimentazione e risospensione)*

Gli idro-eiettori acqua-aria sono particolarmente adatti per le vasche a geometria lunga e stretta in quanto il getto può raggiungere distanze notevoli.
Inoltre gli idro-eiettori acqua-aria presentano, rispetto agli idro-eiettori acqua-acqua, il grande vantaggio di mantenere le condizioni aerobiche nella vasca e di favorire la riduzione del tasso di sedimentazione grazie alle bolle d'aria che fissano le particelle solide.

In generale gli idro-eiettori, rispetto ai sistemi di pulizia a cacciata, presentano il vantaggio che nel sistema di valle non immettono un flusso particolarmente carico di sedimenti, ma grazie al mantenimento dei sedimenti in sospensione consentono di avere la concentrazione dei solidi nella portata in uscita dall'invaso sufficientemente costante garantendo così minori rischi di intasamenti nei collettori di valle.

CAPITOLO 4

Vasche di laminazione

Per progettare un invaso di laminazione in modo rigoroso, senza ricorrere alle formulazioni semplificate viste nel Capitolo 2, occorre fare riferimento alle equazioni che consentono di descrivere il fenomeno della laminazione e quindi il funzionamento idraulico di una vasca volano.
I fattori che influiscono nel processo di laminazione sono tre: il volume della vasca, la sua geometria e le caratteristiche della bocca di scarico.
Solitamente la geometria della vasca e le caratteristiche della bocca di scarico vengono definite a priori, salvo successivi affinamenti, quindi l'unica incognita rimane il volume che è necessario assegnare alla vasca per ridurre la portata massima in uscita al valore $Q_{u,max}$ comunque inferiore al valore della portata massima entrante $Q_{u,max}$.
La laminazione è governata da tre equazioni fondamentali:

1) l'equazione di continuità della vasca:

$$Q_e(t) - Q_u(t) = \frac{dW(t)}{dt}$$

dove:

- $Q_e(t)$ portata entrante nella vasca, variabile nel tempo, dipendente dall'evento pluviometrico e dalle caratteristiche del bacino e della rete drenante;
- $Q_u(t)$ portata in uscita dalla vasca, variabile nel tempo e dipendente dalle caratteristiche dello scarico;
- $W(t)$ volume invasato nella vasca all'istante t.

2) l'equazione che rappresenta il legame, esclusivamente geometrico, esistente tra il volume invasato nella vasca e livello idrico nella stessa:

$$W(t) = W(h(t))$$

3) l'equazione che rappresenta il legame tra portata in uscita e il tempo. Nei manufatti di scarico fissi essa dipende dal tempo attraverso il livello idrico $h(t)$:

$$Q_u(t) = Q_u(t, h(t))$$

La risoluzione del sistema di equazioni viene spesso affrontata con metodi che si basano su ipotesi semplificative sull'andamento di $Q_e(t)$ e sulle leggi di efflusso attraverso lo scarico, con lo scopo comunque di determinare il volume da assegnare alla vasca affinché la portata in uscita possa essere limitata a $Q_{u,max}$.
Tra questi metodi semplificati si ricordano quelli:

- basati sul metodo dell'invaso (Moriggi e Zampaglione (1978); Paoletti e Rege Gianas (1979); Gottardi e Maglionico (2008));
- basati sul metodo cinematico (Alfonsi e Orsi (1987); Gottardi e Maglionico (2006));
- basati su ietogrammi sintetici (Modica, 1996).

I metodi di Moriggi e Zampaglione (1978), Paoletti e Rege Gianas (1979) e di Alfonsi e Orsi (1987) partono da alcune ipotesi di base, ossia che la vasca all'istante iniziale sia vuota e che l'andamento delle piogge (ietogramma) e la portata in uscita dalla vasca rimangano costanti. I metodi di Maglionico e Gottardi (2006 e 2008) rimuovono alcune di queste ipotesi e in particolare considerano il dimensionamento dell'invaso con portata in uscita non costante. Il metodo proposto da Modica (1996) cerca di rimuovere ulteriori ipotesi e considera una portata in uscita costante e un'intensità di pioggia variabile o una portata di uscita variabile e intensità di pioggia sia costante sia variabile.
Ad ogni modo, è ormai piuttosto comunemente accettata l'opinione che questi metodi pratici sottostimano il volume necessario per il corretto dimensionamento dell'invaso. I metodi sopra citati sono tutti legati dal limite di non tener conto di un rischio di eventi ravvicinati, dovuto dall'uso della curva di possibilità pluviometrica che, come è noto, non fornisce alcuna informazione sulle piogge antecedenti e seguenti a quelle di durata prefissata. Si ritiene che qualora si decidesse di utilizzare le metodologie sopra ricordate, al fine di una maggior cautela, sarebbe opportuno aumentare il volume ottenuto del 20 - 30%.

Per risolvere questa approssimazione è possibile ricorrere a metodi dettagliati, con l'adozione di modelli di simulazione dinamici. Questi permettono di valutare il comportamento reale della vasca e del dispositivo di uscita, attraverso la simulazione di eventi reali o mediante l'impiego di serie storiche di piogge.
Per il dettaglio dei metodi di calcolo si rimanda comunque ai testi ed alle pubblicazioni citate in bibliografia (AA.VV, Sistemi di Fognatura, 1997), qui si ricorda semplicemente come sia possibile individuare il volume da assegnare all'invaso noti l'idrogramma delle portate e la portata massima smaltibile (Figura 4.1).

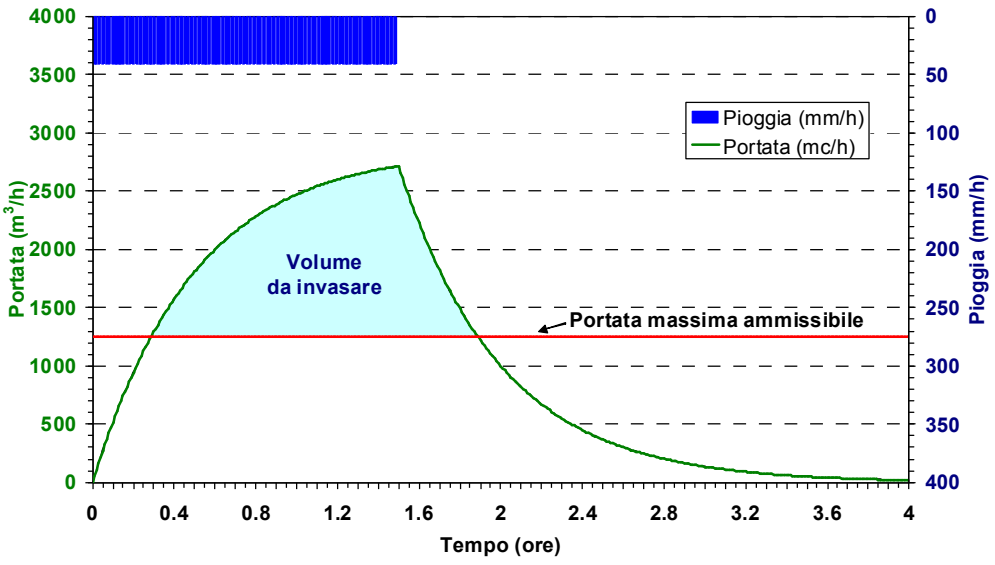


Figura 4.1 - *Grafico che evidenzia il volume da assegnare all'invaso noto l'idrogramma in ingresso e la portata massima ammissibile in uscita costante*

Occorre quindi ricordare che, mentre per quanto riguarda il dimensionamento dei collettori della rete sono molto importanti le intensità di pioggia, e quindi le portate massime, per quanto riguarda le vasche di laminazione assume un'importanza preponderante il volume di pioggia di un evento meteorico. Ne consegue che gli eventi di pioggia che sono critici in termini di portata defluita, non lo sono in genere per quanto concerne i volumi invasati in vasca: in particolare la durata di pioggia che risulta critica per una vasca è superiore a quella critica per la rete di deflusso.
Nel grafico seguente si può infatti verificare come al variare della durata dell'evento pluviometrico vari la sua intensità e di conseguenza l'idrogramma ed il corrispondente volume da assegnare alla vasca di laminazione.

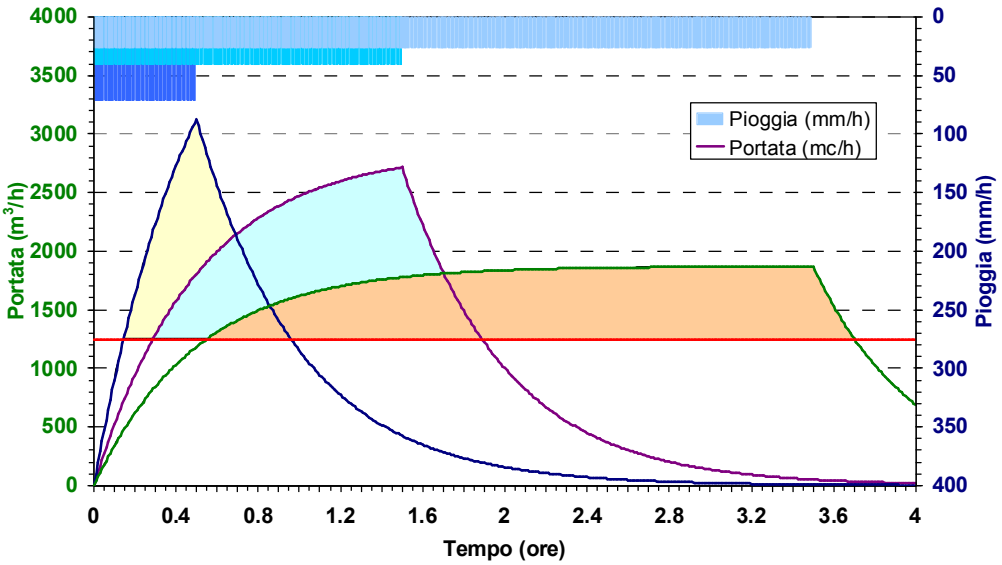


Figura 4.2 - *Grafico che evidenzia come varia il volume dell'invaso al variare della pioggia di progetto*

Da queste considerazioni risulta evidente che i metodi basati o sul metodo dell'invaso o sul metodo cinematico per prima cosa devono individuare la durata dell'evento pluviometrico critico, e successivamente il volume dell'invaso.
Ad esempio il metodo di Moriggi-Zampaglione propone le seguenti equazioni:

$$t_v = \frac{1}{C} \cdot \left[\frac{Q_{u\,\max}}{\varphi \cdot n \cdot a \cdot A} \right]^{\frac{1}{n-1}}$$

dove:

t_v tempo critico della vasca;
C coefficiente legato al rapporto di laminazione m e all'esponente n della curva di possibilità pluviometrica dato da:

$$C = \frac{0.165 \cdot n}{1/m + 0.01} - \frac{1/m - 0.1}{1/m + 0.01} + 0.5$$

$Q_{u\,\max}$ portata massima scaricabile;
φ coefficiente di afflusso;
n, a coefficienti della curva di possibilità pluviometrica;
A area totale;
m rapporto di laminazione (rapporto tra la portata di progetto in arrivo all'interno della vasca e la massima portata che può essere restituita).

Ed il volume dell'invaso si ottiene da:

$$W = \varphi \cdot a \cdot A \cdot t_v^n \cdot [\, 0.95 - (1/m)^{2/3} \,]^{3/2}$$

Considerare però la portata in uscita costante significa individuare la minima capacità di invaso necessaria per conseguire la desiderata laminazione. Infatti se si osserva il grafico successivo in cui l'idrogramma in uscita è dato da uno scarico a gravità il volume che deve essere contenuto all'interno dell'invaso aumenta notevolmente. E' quindi evidente che riuscire a garantire la portata in uscita dall'invaso costante significa anche avere i volumi minimi dell'invaso stesso.

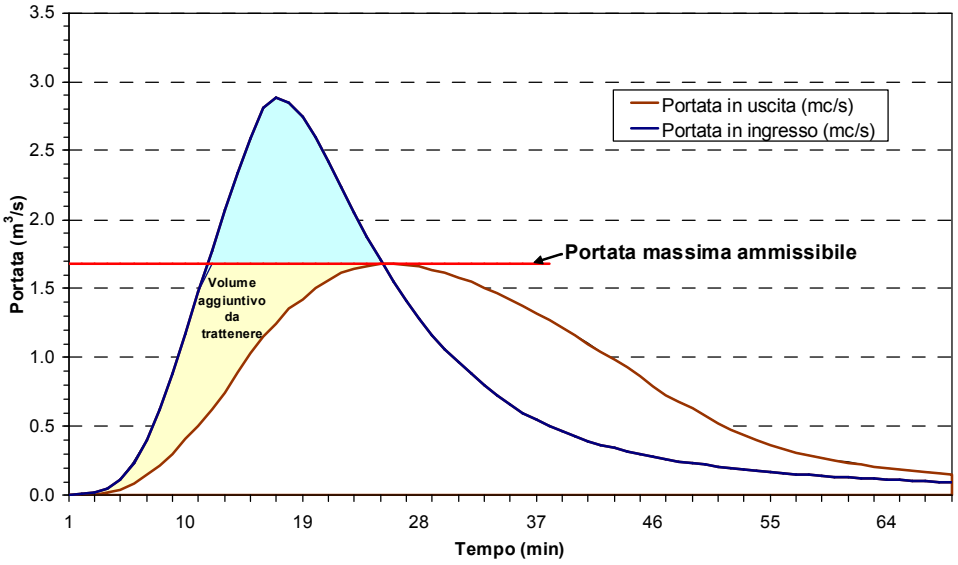


Figura 4.3 - *Grafico che evidenzia come varia il volume dell'invaso considerando un idrogramma in uscita non costante*

L'organo di scarico degli invasi è pertanto uno degli elementi più importanti dell'invaso stesso. Nel caso di efflusso a gravità, con dimensione della bocca di uscita costante, la portata è definibile dalla seguente equazione:

$$Q = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

dove:

Q portata uscente;
μ coefficiente di efflusso;
A area della bocca di efflusso;
h carico idraulico sulla bocca di efflusso.

Il coefficiente d'efflusso μ dipende dalla contrazione che la vena effluente subisce nell'attraversamento della bocca; esso è quindi legato alla geometria della bocca stessa e alla quota del pelo libero, e quindi al carico h.
La luce A non deve mai essere inferiore a una dimensione minima, dell'ordine di 20 - 25 cm, necessaria per evitare rischi di intasamento.
Per avvicinarsi al funzionamento di portata in uscita costante, nel caso di scarichi a gravità, spesso si ricorre a dispositivi come le *bocche a battente a luce variabile*, in cui le bocche di uscita sono dotate di paratoie regolabili, il cui grado di apertura è comandato, mediante galleggiante o segnale elettrico, dal livello idrico nell'invaso: all'aumentare del carico h, si riduce automaticamente la luce d'efflusso efficace A, in modo da mantenere approssimativamente costante la portata. La sagoma geometrica della paratoia è studiata dai costruttori in modo da ottimizzare il funzionamento in fase di parzializzazione.
Oppure si possono adottare dei dispositivi come le bocche a vortice (*hydrobrake*) che intervengo sul coefficiente di efflusso, riducendone il valore all'aumentare della portata, pur mantenendo la geometria del dispositivo fissa.

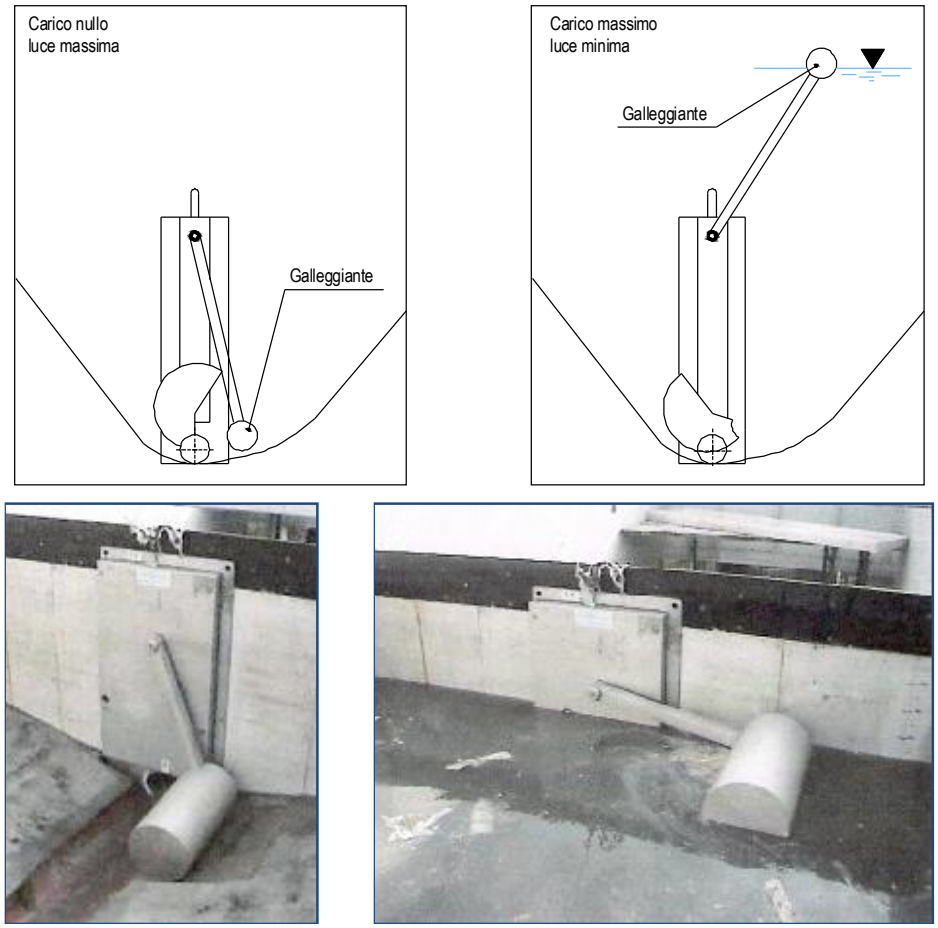


Figura 4.4 - *Bocca a battente a luce variabile con paratoia regolata da un galleggiante [Steinhardt®]*

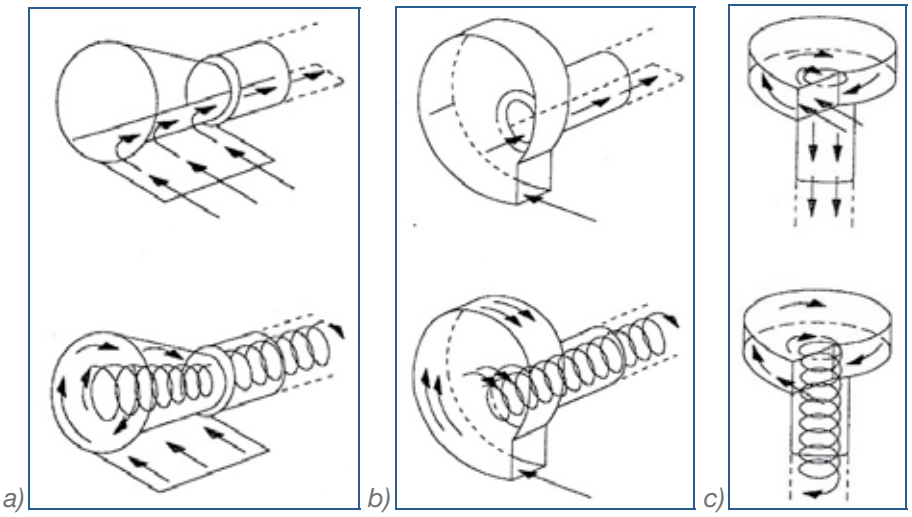


Figura 4.5 - *Tipi di bocche a vortice (hydrobrake) a due vie: a) a ciclone, b) centrifuga verticale, c) centrifuga orizzontale [WRC, 1990]*

CAPITOLO 5

Vasche di Prima Pioggia

Il funzionamento di una vasca di "prima pioggia" è tale per cui una volta riempita, entra in funzione uno sfioratore di superficie, per cui tutte le acque da quel momento in poi possono essere immesse direttamente nel corpo idrico ricettore o nell'eventuale vasca di laminazione a monte del ricettore stesso.
Le acque accumulate nella vasca di prima pioggia vengono gradualmente inviate alla rete fognaria nera e quindi veicolate verso l'impianto di trattamento.
Per il dimensionamento delle vasche si deve fare riferimento agli aspetti di qualità delle acque. In linea generale possono essere dimensionate secondo due metodi:

- criteri che non tengono conto in modo diretto delle caratteristiche del corpo idrico ricettore;
- criteri che analizzano in modo integrato il sistema fognario e il corpo idrico ricettore.

Nel primo metodo il volume viene stabilito in maniera tale che una determinata parte dell'evento meteorico venga trattenuta.
Le normative di alcuni paesi europei prevedono invece di dimensionare le vasche di prima pioggia in modo da impedire che più di 7-10 eventi meteorici nell'arco di un anno diano luogo a scarico nei corpi idrici ricettori.
Il secondo metodo, più dettagliato, è quello dell'UPM inglese (acronimo di *Urban Pollution Management*), che impiega modelli di calcolo dinamici, con diversi gradi di semplificazione. In sostanza, si tratta di effettuare delle simulazioni del comportamento della rete di drenaggio e del corpo idrico ricettore sottoposti a serie storiche pluviometriche.
Ricorrendo quindi a strumenti di simulazione dinamica del sistema di drenaggio si possono ottenere sia l'idrogramma che il pollutogramma (andamento della concentrazione degli inquinanti nel tempo) in ingresso all'invaso e quindi diventa possibile verificarne il funzionamento e l'efficacia in modo ottimale: una volta noti l'idrogramma e l'andamento della concentrazione degli inquinanti, derivanti dalla simulazione dinamica del sistema di drenaggio, occorre trattenere nell'invaso la quota parte di acqua caratterizzata da concentrazioni non compatibili con le caratteristiche del ricettore (Figura 5.1).

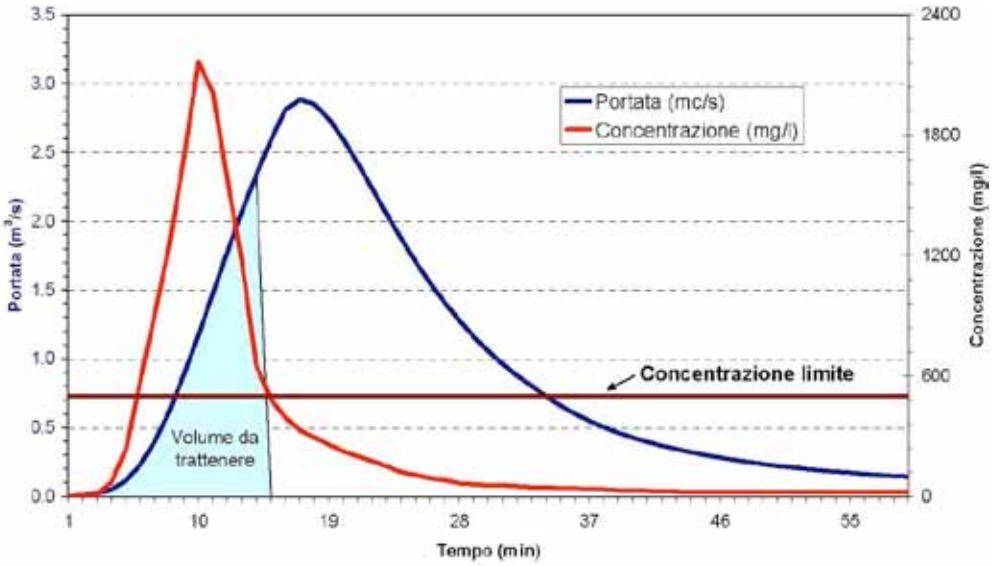


Figura 5.1 - *Schema di idrogramma e pollutogramma per individuare il volume da assegnare alla vasca di prima pioggia*

L'efficacia del funzionamento delle vasche di prima pioggia non dipende solo dal volume assegnato, ma anche dallo schema adottato, ossia come la vasca viene collocata rispetto al sistema fognario. Nella Figura 5.2 si riportano alcune tipologie di schemi a cui è possibile fare riferimento.

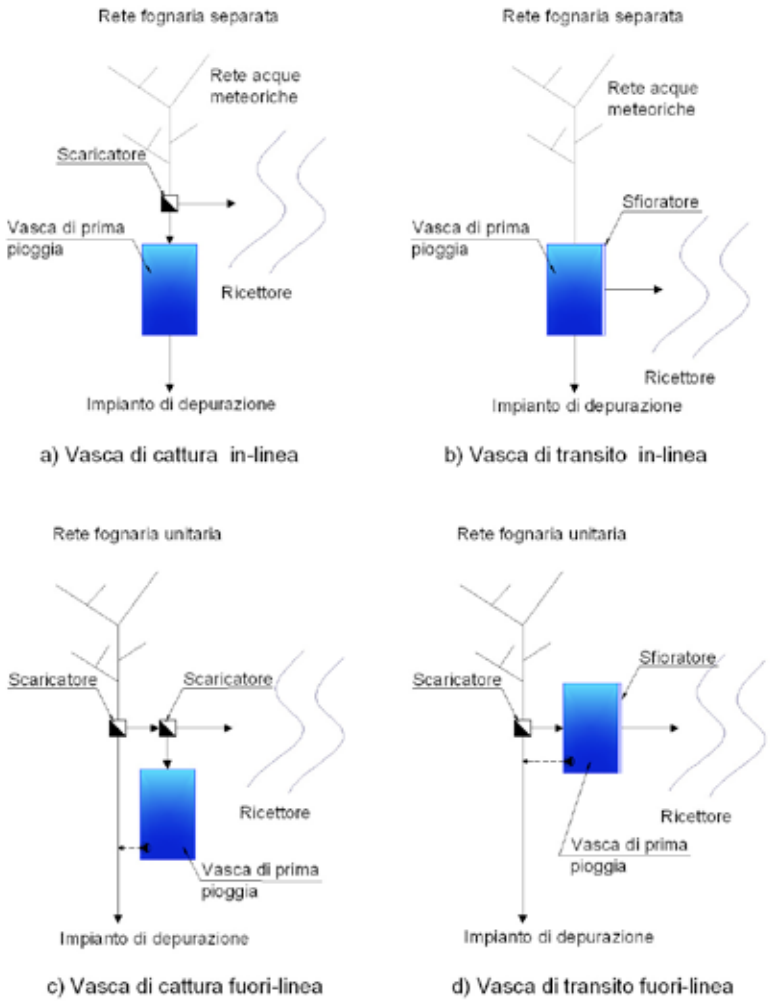


Figura 5.2 - *Schemi di possibili collegamenti della vasca di prima pioggia nella rete*

Viene infatti dimostrato come per le vasche di "cattura" che una volta riempite non sono più interessate dalle acque successive, ma vengono by-passate tramite uno scaricatore, il funzionamento sia tale da garantire una protezione maggiore del ricettore in quanto non si ha il rimescolamento delle acque accumulatesi all'interno della vasca stessa.
In generale questi manufatti sono realizzati adottando degli invasi costruiti in opera o prefabbricati che possono essere dei semplici invasi (Figura 5.3), qualora le acque di prima pioggia siano effettivamente recapitate ad un impianto di depurazione o dei sistemi di trattamento veri e propri (sedimentazione e disoleazione) qualora il recapito sia un corpo idrico (Figura 5.4).
Come evidenziato nel primo capitolo il volume di questi manufatti è circa un decimo rispetto agli invasi di laminazione e pertanto molto spesso si ricorre ad invasi prefabbricati che per raggiungere i volumi necessari possono anche essere assemblati tra loro.

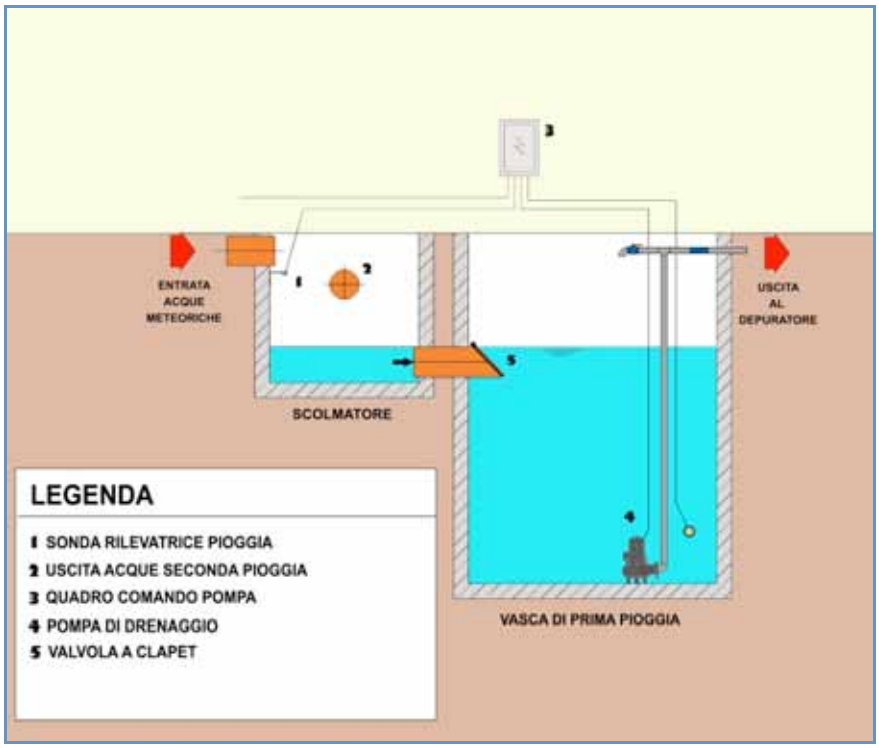


Figura 5.3 - *Esempio di vasca di prima pioggia prefabbricata con by-pass iniziale*

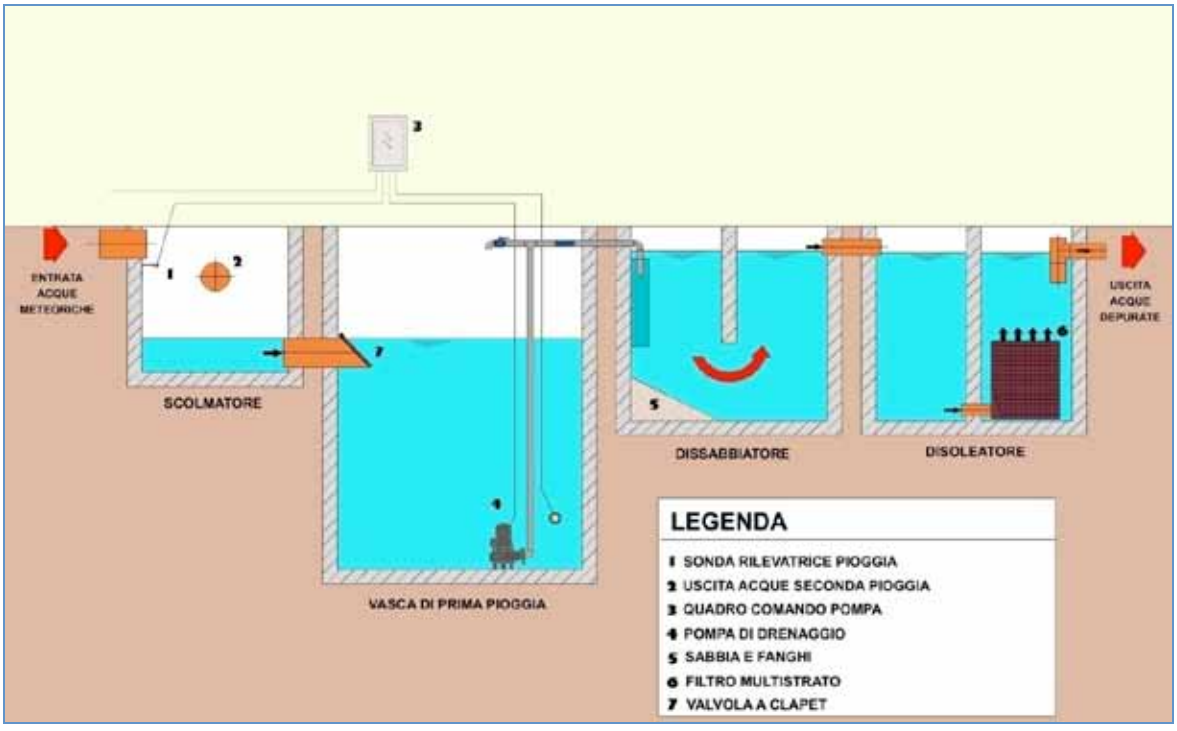


Figura 5.4 - *Esempio di vasca di prima pioggia prefabbricata con trattamenti di sedimentazione e disoleazione*

CAPITOLO 6

Funzionamento e pulizia delle vasche mediante gruppi idro-eiettori e elettromiscelatori

1 INTRODUZIONE

Le dimensioni e le forme costruttive dei manufatti destinati alla raccolta delle acque meteoriche richiedono delle appropriate configurazioni dei sistemi di svuotamento e di pulizia con diverse soluzioni di:

- installazione;
- apparecchiature elettromeccaniche;
- logiche di funzionamento.

1.1 Sistema di svuotamento

Usualmente vengono utilizzate delle elettropompe sommergibili con idrauliche a canali o vortice e con installazione su piede di accoppiamento automatico per facilitare l'estrazione e il riposizionamento delle stesse in occasione di manutenzioni programmate.
Lo svuotamento degli invasi è legato alla tipologia degli stessi e alle caratteristiche del recapito di valle. Per le vasche di prima pioggia, il cui compito è trattenere la parte più inquinata delle acque di dilavamento, lo svuotamento deve avvenire entro un determinato periodo di tempo successivo all'ultimo evento piovoso ed è regolamentato dalle Normative Regionali.
Ad esempio la Normativa della Regione Emilia-Romagna prevede lo svuotamento delle vasche di prima pioggia entro un arco di tempo compreso tra le 48 e 72 ore successive alla fine dell'evento pluviometrico. Questa scelta serve per evitare l'attivazione degli eventuali scaricatori di piena presenti a valle nella rete e per non creare sovraccarichi all'impianto di depurazione con l'immissione di acque meteoriche troppo diluite.

Figura 6.1 - *Elettropompe Caprari Serie K+ su basamento*

Nel caso invece di vasche di laminazione, il cui obiettivo è contenere i picchi di portata, lo svuotamento può essere continuo, ma con valori di portata prefissati in funzione delle caratteristiche del recapito. In questo caso i tempi di svuotamento non sono definibili a priori, ma sono necessariamente legati alle dimensioni del manufatto ed alla portata massima in uscita.

1.2 Sistema di pulizia automatico

L'economia della gestione e manutenzione delle vasche di raccolta è direttamente influenzata dal volume di sedimenti che si depositano e vengono trattenuti sulle pareti e sul fondo dopo ogni ciclo di funzionamento (evento meteorico). Occorre, infatti, tenere in considerazione che la quantità di materiale dilavato dalle superfici urbane è proporzionale al tempo secco che precede l'evento pluviometrico (raggiunge valori medi di circa 10 kg per ogni ettaro di superficie al giorno) e all'intensità e durata dell'evento pluviometrico stesso. Tale quantità di materiale può essere interamente dilavata dall'evento meteorico e veicolata verso gli invasi presenti nel sistema di drenaggio.

Le operazioni manuali di rimozione dello strato di sedimenti possono creare notevoli disagi al personale addetto agli impianti per ragioni ambientali e di sicurezza. Inoltre i composti organici combinati all'umidità presente e alle alte temperature, soprattutto dei periodi estivi, provocano una rapida formazione di muffe e batteri, generando gas e odori sgradevoli.
La necessità di attrezzare le vasche con sistemi elettromeccanici di pulizia diventa quindi indispensabile per rinnovare l'efficienza dell'invaso alla fine di ogni ciclo di funzionamento.

Le fasi principali che caratterizzano un **sistema di pulizia** completo con gruppi idro-eiettori e elettromiscelatori si possono identificare in:

- **Movimentazione e risospensione**
  L'avviamento di questa fase inizia durante il riempimento, quando si raggiunge un volume d'acqua tale da rendere necessaria una forte circolazione per tenere in sospensione tutte le particelle che possono aderire alle pareti e al fondo della vasca. Il segnale di consenso all'avviamento viene trasmesso da un sensore di livello all'apparecchiatura di comando e rimane sempre attivo anche durante la successiva fase di svuotamento per terminare poco prima o in corrispondenza del successivo livello di avviamento per il comando dell'intervento di "flussaggio".
  Si deve inoltre tenere presente che negli invasi che raccolgono acque meteoriche di dilavamento di aree urbane la dimensione caratteristica delle particelle solide trasportate è d_{50} = 150 – 300 μm (che corrisponde alla dimensione della maglia del setaccio che consente il passaggio del 50% del materiale) salvo la presenza di corpi grossolani (stracci, rami, foglie, ecc.) che comunque possono entrare nel sistema di drenaggio.

  Le apparecchiature utilizzabili sono: elettromiscelatori; gruppi idro-eiettori.

  L'utilizzo di elettromiscelatori garantisce sempre valori superiori di portata (movimentazione) e spinta (risospensione) rispetto a quelli ottenibili con altre apparecchiature elettromeccaniche a getto d'acqua, ottenendo inoltre un consistente risparmio energetico.
  In particolare la spinta risulta la caratteristica determinante per il sollevamento e il distacco delle incrostazioni di sedimenti.
  Il limite di funzionamento degli elettromiscelatori è dovuto al minimo battente di acqua necessario per evitare l'insorgere di fenomeni di cavitazione, oltre al quale è indispensabile fermarli.

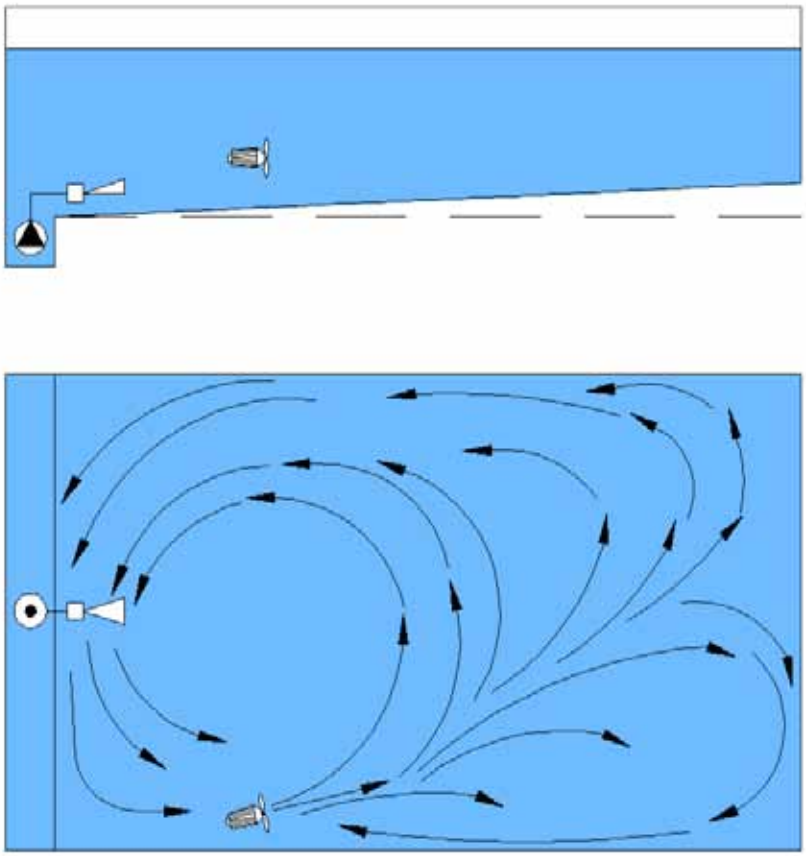


Figura 6.2 - *Rappresentazione della movimentazione e risospensione realizzata tramite elettromiscelatori*

- **Flussaggio**
  La fase di "flussaggio" viene comandata sempre dallo stesso sensore di livello; in questa fase viene garantita la raccolta dei sedimenti che tendono a depositarsi sul fondo della vasca e il loro trasporto verso il canale di raccolta dove sono installate le elettropompe di svuotamento.

  Le apparecchiature che possono essere utilizzate sono: gruppi idro-eiettori.

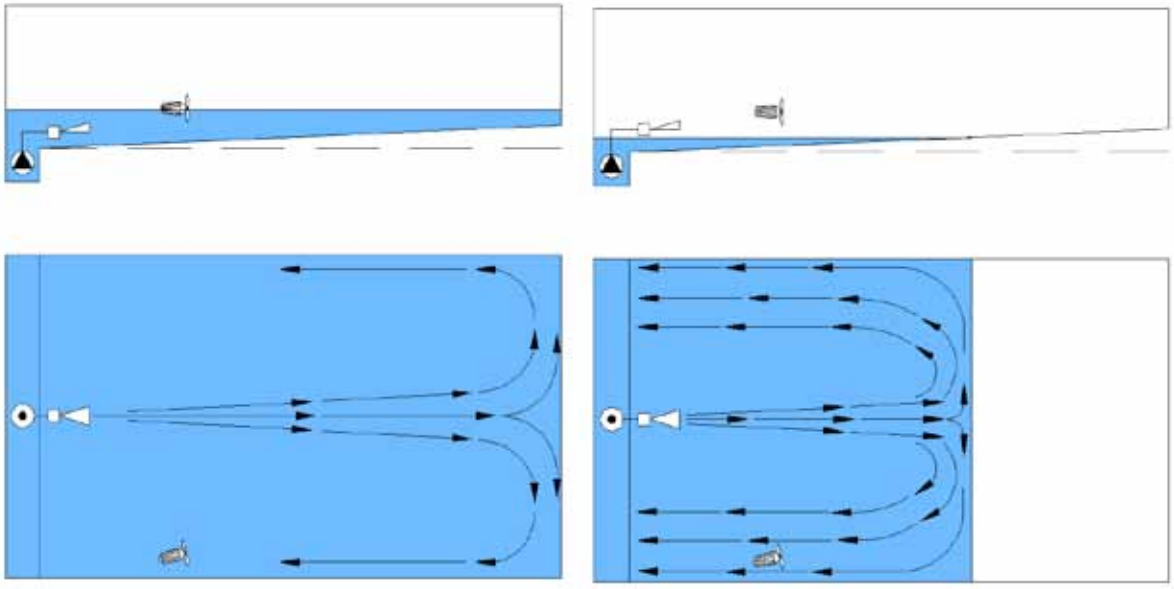


Figura 6.3 - *Rappresentazione del flussaggio con diversi livelli d'acqua in vasca*

Durante il graduale ritiro dell'acqua per opera delle elettropompe di svuotamento, la gittata diminuisce e per effetto dell'impatto con il piano inclinato del fondo vasca la gittata si allarga. Questo fenomeno contribuisce anche a raccogliere i sedimenti residui nelle zone ai lati della vasca per trasportarli, con il riflusso generato dal piano inclinato del fondo vasca, verso il canale di raccolta dove sono posizionate le elettropompe di svuotamento.
Il getto sfrutta il basso tirante idrico in vasca e scorrendo sulla superficie dell'acqua raggiunge la massima distanza.
In questo caso l'idro-eiettore risulta lo strumento più efficace per la possibilità di funzionare anche totalmente scoperto e consente di produrre un getto d'acqua di pulizia fino al completo svuotamento della vasca.

1.3 Sistemi di automazione, telecontrollo e logiche di funzionamento

Dopo ogni periodo di lavoro occorre riportare la vasca di raccolta alle condizioni iniziali per mantenere inalterata la stessa funzionalità al successivo intervento.
Nasce quindi la necessità di controllare in modo costante l'efficienza delle vasche e le logiche di funzionamento di tutte le attrezzature installate, soprattutto in considerazione della imprevedibilità dell'inizio dell'evento pluviometrico.
Il numero degli impianti, la loro distribuzione sul territorio, e l'esigenza di garantire una continuità di funzionamento degli stessi, rendono necessario un'automazione locale abbinata ad una gestione centralizzata per il monitoraggio e controllo di tutte le funzioni.
Inoltre le vasche di prima pioggia, per soddisfare le logiche di svuotamento che le normative impongono, dovranno essere dotate di tecnologie idonee. Diventa quindi necessario controllare o meglio telecontrollare diversi dispositivi all'interno degli invasi quali, paratoie, impianti di sollevamento, ecc..

Ad esempio alcune normative impongono lo svuotamento, non solo entro un tempo prefissato, ma esso deve iniziare solo ad evento pluviometrico terminato (anche se questo dipende dal recapito) e ciò comporta l'installazione nell'invaso di strumentazione dedicata.
Nel caso di una vasca di prima pioggia completa potranno essere previsti i seguenti dispositivi:

- pompe di svuotamento della vasca di prima pioggia;
- elettromiscelatori per la movimentazione e la risospensione delle particelle sedimentabili;
- gruppi idro-eiettori per il flussaggio finale della vasca di prima pioggia;
- eventuale paratoia automatica di sezionamento della vasca di prima pioggia;
- sensore di livello posto nella vasca prima pioggia;
- eventuale sensore di livello per il monitoraggio del pozzetto partitore di ingresso alla vasca e di troppo pieno.

L'adozione di sistemi di automazione consente una gestione ottimale della vasca permettendo ad esempio:

- nel caso in cui l'evento atmosferico sia di limitato volume, tale da non riempire completamente la vasca di prima pioggia, la possibilità che la vasca rimanga parzialmente piena può essere evitata; infatti, una volta acquisita l'indicazione di fine evento si provvederà comunque ad attuare la sequenza di svuotamento a prescindere dal livello in vasca;
- nel caso in cui il sistema si trovi in una fase intermedia della sequenza di scarico e si ripresenti nuovamente l'evento atmosferico, il sistema si arresta e, cessato l'evento, si può riprendere la sequenza di svuotamento.

Il controllo di un invaso mediante la telegestione consente di ottenere vantaggi economici e funzionali sull'intero sistema:

Funzionalità:

- automazione locale e controllo a distanza degli impianti;
- verifica in continuo delle caratteristiche di funzionamento di progetto;
- monitoraggio continuo;
- gestione ed invio automatico degli allarmi;
- modifica delle impostazioni;
- registrazione su database dei dati storici.

Economia di esercizio:

- minore frequenza e ridotti tempi di impiego del personale incaricato alla gestione/ manutenzione degli impianti;
- riduzione dei costi operativi (numero di addetti, trasporti, ecc.);
- riduzione dei disservizi (migliore e più attenta prevenzione);
- automatizzazione della raccolta dati.

Controllo:

- visione sull'unità centrale di controllo dello stato di funzionamento di tutte le apparecchiature installate sugli impianti periferici;
- verifica, confronto ed eventuale modifica di tutti i parametri di funzionamento eseguibili dall'operatore in locale tramite apposita tastiera e display presenti sull'unità installata;
- attivazione automatica in caso di emergenza o disservizi con trasmissione all'unità centrale di controllo attraverso una linea telefonica a commutazione o dedicata, GSM, radio, fibra ottica, ecc. o segnalazione diretta al personale incaricato a mezzo SMS;
- programmazione degli interventi.

Figura 6.4 - *Esempio di quadri di telecontrollo: l'Universal Remote Management (URM)*

I sistemi di Telecontrollo possono essere dotati di funzionalità Web Server, che si basano sull'utilizzo delle reti telefoniche, Internet e Intranet. Dotati di interfacce Ethernet e protocollo TCP/IP, possono essere collegate in reti LAN o WAN e quindi, mediante l'utilizzo di un browser, essere accessibili da un qualsiasi PC, palmare o telefono cellulare GSM/GPRS/UMTS connesso alla rete.
Il software residente sul Web Server gestisce i collegamenti con le stazioni remote divenendo una vera e propria Sala Controllo di ciascun impianto, in quanto è possibile collegarsi in tempo reale con le varie postazioni URM distribuite sul territorio. Inoltre questi sistemi possono essere dotati di messaggistica telefonica SMS che consente di attivare in qualsiasi momento il servizio dei manutentori.

Si riporta un esempio di come un invaso per la raccolta delle acque di prima pioggia potrebbe funzionare evidenziando anche le apparecchiature necessarie.

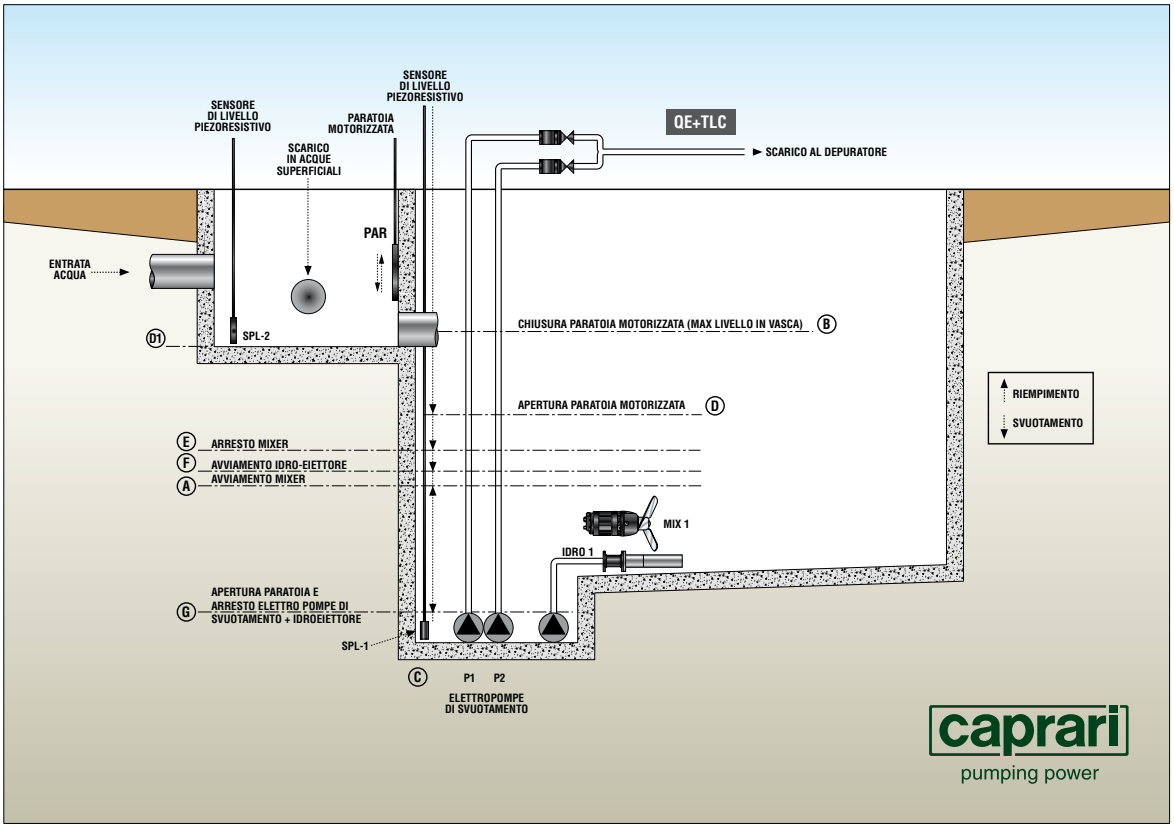


Figura 6.5 - *Schema di vasca di prima pioggia e apparecchiature installate*

Q.E. + TLC	Quadro elettrico di avviamento e protezione, completo di Centralina di Telecontrollo;
P1/P2	Elettropompe sommergibili di svuotamento;
MIX 1	Elettromiscelatore sommergibile per la fase di "Movimentazione e Risospensione" delle sostanze sedimentabili;
IDRO 1	Gruppo idro-eiettore per la fase di "Flussaggio" e pulizia finale del fondo vasca;
SLP 1	Sensore di livello (installazione in vasca);
PAR	Paratoia motorizzata;
SLP 2	Sensore di livello per la segnalazione di inizio/fine evento piovoso (installazione nel pozzetto partitore).

Durante il periodo di tempo che precede l'evento pluviometrico la vasca di prima pioggia si presenta vuota con i collettori in ingresso e di sfioro aperti e tutte le apparecchiature elettromeccaniche ferme.
L'evento pluviometrico determina l'inizio dell'afflusso in vasca, tramite il pozzetto partitore, delle acque di prima pioggia e si possono così suddividere le azioni nelle seguenti fasi:

A) Al raggiungimento di una soglia di livello prefissata, il sensore **SLP 1** dà il consenso all'avviamento del mixer **MIX 1** che inizia la fase di "Movimentazione e Risospensione" per evitare la sedimentazione delle particelle solide presenti nelle acque di dilavamento.

B) La vasca di prima pioggia si riempie completamente e il sensore di livello **SLP 1** da il segnale per la chiusura della paratoia motorizzata **PAR** che impedisce l'ingresso di altre acque. Il segnale di fine evento di pioggia è trasmesso da **SLP 2** e il sistema, entro il tempo prefissato, provvede ad attivare lo svuotamento della vasca di prima pioggia.

C) Avviamento dell'elettropompa di svuotamento **P1** o **P2** (il sistema prevede in automatico l'alternanza di avviamento delle elettropompe dopo ogni ciclo di lavoro).

D) Apertura della paratoia motorizzata **PAR** per lo svuotamento del pozzetto di monte (soglia di livello rilevata dal sensore **SLP 1**).

D1) Chiusura della paratoia motorizzata **PAR** (soglia di livello rilevata dal sensore **SLP 2**).

E) Fine della fase di "Movimentazione e Risospensione" con arresto del funzionamento del Mixer **MIX 1** (soglia di livello rilevata dal sensore **SLP 1** corrispondente alla quota minima di sommergenza di funzionamento).

F) Avviamento del gruppo idro-eiettore **IDRO 1** (soglia di livello rilevata dal sensore **SLP 1**).

G) Apertura della paratoia motorizzata **PAR** (soglia di livello rilevata dal sensore **SLP 1**) e arresto comune per l'elettropompa di svuotamento e del gruppo idro-eiettore **IDRO 1** (soglia di livello rilevata dal sensore **SLP 1**).

La procedura di automazione sopra descritta è idonea anche nel caso di eventi piovosi di modesta entità che possono provocare solo un parziale riempimento della vasca di prima pioggia. In particolare, qualora non si raggiunga il livello massimo in vasca e il sensore di livello **SLP 1** non rilevi variazioni di livello per un tempo prefissato (ad esempio qualche ora) parte comunque la sequenza descritta in precedenza e l'attivazione del Mixer **MIX 1** o del gruppo idro-eiettore **IDRO 1** che sarà legata al livello raggiunto in vasca.

Analogamente è previsto il blocco delle operazioni di svuotamento, con il ripristino iniziale delle stesse, qualora avvenga un nuovo evento pluviometrico mentre il sistema si trova in fase di svuotamento. In tal caso la paratoia **PAR** chiusa, farà in modo che se si verifica una ripresa dell'evento pluviometrico il sensore **SLP 2** lo possa segnalare attivando immediatamente l'apertura

della paratoia **PAR** e la conseguente interruzione delle operazioni di svuotamento. Al successivo raggiungimento del livello massimo in vasca riparte la sequenza descritta in precedenza.

La necessità di attivare lo svuotamento della vasca di prima pioggia solo ad evento pluviometrico terminato nasce evidentemente nel caso di sistemi fognari misti, ossia dotati di scaricatori di piena, che sversano le acque miste in corpi idrici senza farle transitare attraverso il depuratore. Nel caso di sistemi separati, ossia con due reti distinte, una per la raccolta delle acque reflue e una per la raccolta delle acque meteoriche, tale esigenza viene meno in quanto le acque di prima pioggia, accumulate nella vasca, potranno essere inviate alla rete nera e quindi all'impianto di depurazione, senza rischio che siano sversate nell'ambiente attraverso gli scaricatori di piena di valle. Indipendentemente dagli aspetti generali descritti, occorre comunque attenersi ai regolamenti che le Regioni o gli Enti Gestori prescriveranno caso per caso.

Nel caso di vasche di laminazione, il cui scopo è di restituire a valle del sistema una portata ridotta rispetta a quella che entra nell'invaso, non occorre attendere la fine dell'evento pluviometrico per attivare la procedura precedentemente descritta.
Di fatto non è necessaria la paratoia motorizzata o un sistema a galleggiante che chiude l'invaso, così come non serve il sensore di livello nel pozzetto di ingresso.
Pertanto rispetto alla sequenza di funzionamento sopra descritta per una vasca di prima pioggia, in una vasca di laminazione, mancheranno le fasi B) e D), e la fase C) inizia immediatamente appena si inizia a riempire l'invaso.

1.4 Scelta delle apparecchiature di pulizia

L'attuale tendenza costruttiva degli invasi artificiali impiegati nelle reti di drenaggio prevede generalmente l'utilizzo di vasche realizzate in calcestruzzo.
Le vasche a forma rettangolare sono quelle maggiormente usate e le dimensioni possono ovviamente variare in funzione dei vincoli urbanistici del territorio all'interno del quale è prevista la loro collocazione.
Solo successivamente alla definizione progettuale della geometria della vasca può essere scelto il sistema di pulizia.
In fase di progettazione la scelta e la definizione del sistema di pulizia automatica è sempre condizionata dalle forme e dalle dimensioni geometriche delle vasche stesse che impongono quantità, grandezza e disposizione delle apparecchiature da installare per realizzare la completa copertura dell'intera superficie della vasca.
Come già evidenziato nei paragrafi precedenti l'installazione combinata di elettromiscelatori + idro-eiettori può risultare la soluzione più efficace.

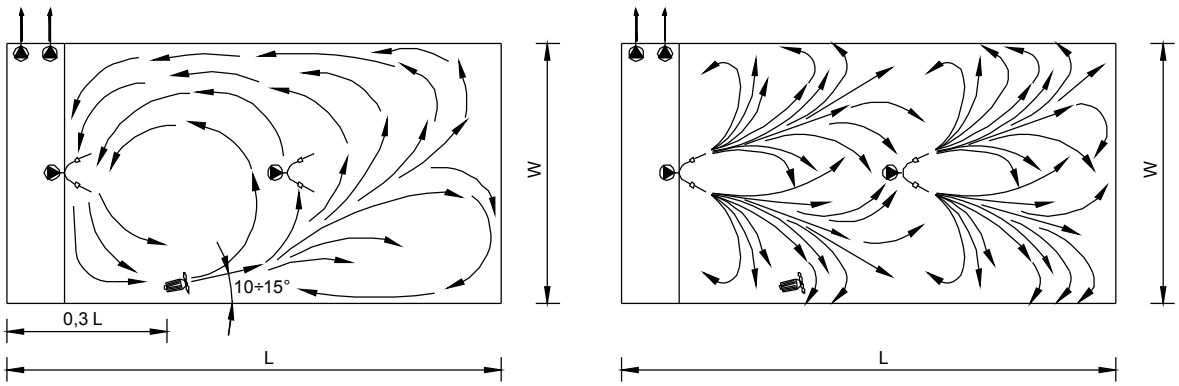


Figura 6.6 - *Schema planimetrico per il posizionamento dell'elettromiscelatore e degli idro-eiettori*

In funzione del tipo di idro-eiettore e della geometria della vasca dovranno essere posizionati gli idro-eiettori per coprire l'intera lunghezza L della vasca. Il numero di apparecchi da disporre lungo la larghezza W della vasca è legato all'influenza di ciascun idro-eiettore considerando che questa è pari a circa 20°.

Nelle tabelle che seguono è stato definito, per ogni apparecchio, la dimensione della vasca che è possibile coprire con un singolo apparecchio.

Tabella 6.1 - *Caratteristiche dei **gruppi idro-eiettori W-W** (acqua/acqua)*

Elettropompa Tipo	**Q** (l/s)	**H** (m)	**Potenza nominale** (kW)	**DN Pompa** (mm)	**DN Tubo Eiettore** (mm)	**Max Dimensioni Vasca L x W** (m)
KCM100HA + 001861N1 *	30	3.4	1.8	100	1x85	10x5
KCM150LD + 004061N1	37	5.2	4	150	1x85	15x7
KCM150LD + 006562N1 *	37	5.2	6.5	150	1x85	15x7
KCM150LG + 006542N1/P	48	9.2	6.5	150	1x85	18x10
KCM150LG + 006542N1/P **	53	8.4	6.5	150	2x85	20x20
KCM200PG + 009062N1/R **	85	7.0	9	200	2x85	18x20
KCM200PG + 009062N1	50	9.5	9	200	1x85	23x13
KCM200PG + 009062N1/R	50	9.5	9	200	1x85	23x13
KCD200NG + 018042N1 **	108	11.3	18	200	2x85	25x25
KCD200NG + 018042N1/R **	108	11.3	18	200	2x85	25x25

(*) Elettropompe per funzionamento in continuo con motore a secco non raffreddato dal liquido circostante
(**) Gruppi composti da n. 1 elettropompa + n. 2 idro-eiettori
(R) Elettropompe con mantello per il raffreddamento forzato del motore elettrico

In generale la scelta tra idro-eiettore acqua/aria o idro-eiettori acqua/acqua è legata alla geometria della vasca in quanto è consigliato l'uso di idro-eiettori acqua/acqua per vasche in cui il rapporto $L/W < 2$ mentre gli idro-eiettori acqua/aria negli altri casi. Occorre poi considerare che gli idro-eiettori acqua/aria presentano, rispetto agli idro-eiettori acqua-acqua, il grande vantaggio di mantenere le condizioni aerobiche nella vasca e favorire la riduzione del tasso di sedimentazione grazie alle bolle d'aria che fissano le particelle solide.

Tabella 6.2 - *Caratteristiche dei **gruppi idro-eiettori W-A** (acqua/aria)*

Elettropompa Tipo	Q (l/s)	H (m)	Potenza nominale (kW)	DN Pompa (mm)	DN Tubo Eiettore (mm)	Max Dimensioni Vasca L x W (m)
KCM100HL + 002241N1	22.5	6	2.2	100	1x85	10x4
KCM100HD + 003541N1	27	8.5	3.5	100	1x85	13x4
KCM080HD + 003541N1 *	20	5	3.5	80	1x85	13x4
KCM100HA + 005141N1	30	11	5.1	100	1x85	20x6
KCM080HA + 005141N1 *	22	6.3	5.1	80	1x85	15x5
KCM150LG + 006542N1/P	48	9.2	6.5	150	1x85	20x6
KCM150LG + 006562N1 *	33	4.3	6.5	150	1x85	20x6
KCM150LD + 008542N1/P	54	11.5	8.5	150	1x85	25x8
KCM150LD + 006562N1 *	37	5.2	8.5	150	1x85	25x8
KCM150LA + 011242N1/P	60	14	11.2	150	1x85	30x10
KCM200PG + 009062N1/R	55	9	9	200	1x85	30x10
KCM150NL + 014042N1	61	14.5	14	150	1x85	35x10
KCM150NL + 014042N1/R	61	14.5	14	150	1x85	35x10

(*) Elettropompe per funzionamento in continuo con motore a secco non raffreddato dal liquido circostante
(R) Elettropompe con mantello per il raffreddamento forzato del motore elettrico

Occorre comunque precisare che la lunghezza del getto prodotto da un idro-eiettore è anche funzione della pendenza del fondo della vasca e quindi del rapporto tra altezza d'acqua (A) e altezza massima del fondo vasca (B). Risulta, infatti, che la lunghezza massima del getto si ottiene quando il rapporto A/B è pari a circa 0.9.
Il rapporto A/B rappresenta pertanto un parametro molto importante per definire l'attacco/stacco degli idro-eiettori.

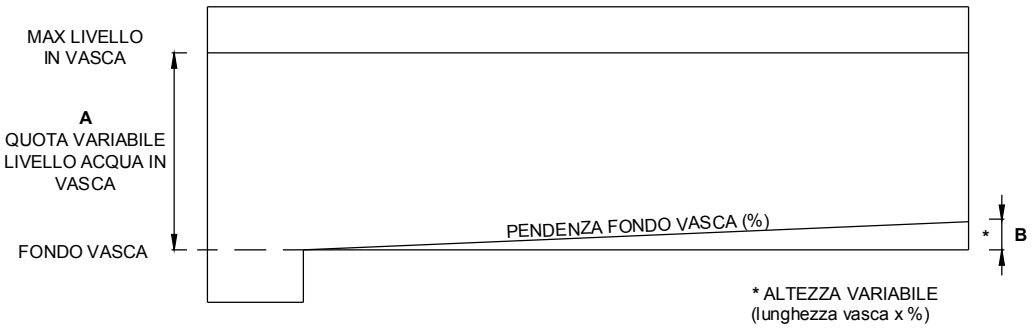


Figura 6.7 - *Sezione tipo di una vasca in cui posizionare gli idro-eiettori*

Nella prima fase di movimentazione e risospensione potranno essere adottati degli elettromiscelatori le cui caratteristiche, in relazione al getto prodotto, sono sintetizzate nella tabella successiva.
La scelta dell'istante di attivazione o spegnimento dell'elettromiscelatore sarà funzione del livello dell'acqua nella vasca, ossia della sommergenza minima che consente l'avvio dell'elettromiscelatore, desumibile sempre dalla tabella successiva.

Tabella 6.3 - *Caratteristiche degli **elettromiscelatori***

Mixer Tipo	Q (l/s)	Velocità motore (giri/min)	Velocità elica (giri/min)	Pale (n.)	Ø Pala (mm)	Minima sommergenza * (mm)	Lunghezza max flusso (m)	Max Dimensioni Vasca LxW (m)
CMDY-1,5-6-80	163	955	955	3	290	232	16	16x12
CMDY-2,2-6-80	232	940	940	3	330	264	20	20x15
CMRY-2,2-4-80	354	1420	323	2	445	356	24	24x17
CMRY-3,0-4-80	406	1420	323	2	460	368	27	27x20
CMRY-4,0-4-80	555	1405	320	2	515	412	30	30x25
CMRY-5,5-4-100	601	1430	326	2	535	428	36	36x30
CMRY-7,5-4-100	784	1440	328	2	585	468	42	46x35

* Per "minima sommergenza" si intende la minima quota del livello del liquido in vasca, misurato dal punto più alto della pala.

1.5 Analisi dei costi energetici

L'adozione di sistemi elettromeccanici per lo svuotamento e la gestione degli invasi comporta necessariamente dei costi energetici. Al fine di valutare come questi possono incidere nel costo annuale di una vasca di prima pioggia si è provveduto a simulare il comportamento di un'ipotetica vasca sottoposta a eventi pluviometrici reali. Si sono infatti considerati 16 anni di dati pluviometrici, in continuo, registrati a Bologna dal 1990 al 2005 disponibili con intervallo temporale di 15 minuti la cui altezza di pioggia media è pari a 795 mm.

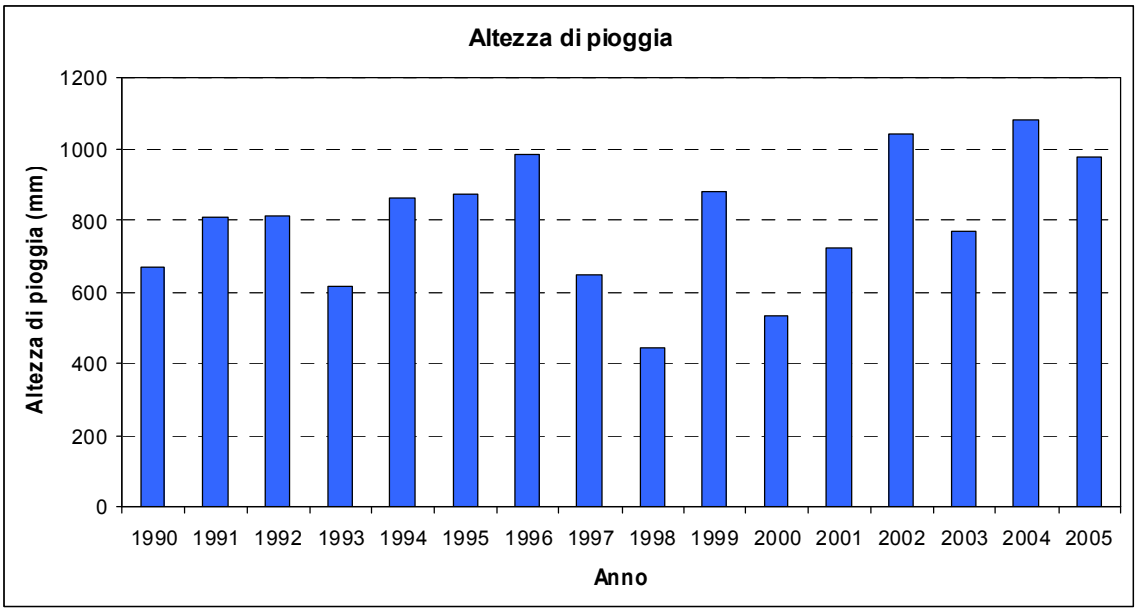


Figura 6.8 - *Riassunto dell'altezza di pioggia annuale per la serie storica pluviometrica utilizzata nelle simulazioni*

Si è ipotizzato di avere una vasca di prima pioggia a valle di una superficie urbana avente estensione pari a 105 ettari. Tale vasca, dimensionata mediante un volume specifico di 50 m^3/ha, presenta un volume complessivo pari a 5250 m^3.

La logica di funzionamento della vasca di prima pioggia è tale che essa, dalla fine del deflusso nel condotto in arrivo alla vasca, si deve svuotare in un periodo compreso tra le 48 e le 72 ore. Al termine di tale periodo la vasca dovrà essere nuovamente vuota per accogliere un eventuale ulteriore evento pluviometrico.
Per lo svuotamento si adotta una pompa che entra in funzione al termine del deflusso in ingresso in vasca e la portata della pompa è calcolata per svuotare l'intera vasca (5250 m3) nel periodo di tempo prefissato (48-72 ore). Anche qualora la vasca non si riempia completamente la vasca dovrà comunque essere svuotata.
Per la pulizia della vasca si è ipotizzato di adottare:

Gruppo idro-eiettore, installato nel canale di raccolta, composto da:
n° 1 Elettropompa **KCM150LG + 006542N1** P2 = 6,5 kW con doppio eiettore "acqua/acqua"

Gruppo idro-eiettore, installato al centro della vasca, composto da:
n° 1 Elettropompa **KCM200PG + 009062N1/R** P2 = 9,0 kW con doppio eiettore "acqua/acqua"

n° 1 Elettromiscelatore **CMRY-4.0-4-80** P2 = 4,0 kW

Il funzionamento è tale per cui, durante la fase di riempimento della vasca, quando il livello è al di sopra di 1,0 metro si attiva l'elettromiscelatore. Durante lo svuotamento della vasca, quando il livello scende al di sotto di 1,0 metro si stacca l'elettromiscelatore e si attivano i gruppi idro-eiettori. Il gruppo idro-eiettore installato al centro della vasca si dovrà disattivare in fase di svuotamento al raggiungimento del livello di circa 40 cm misurato nel punto di installazione del gruppo.

Simulando il comportamento del bacino e della vasca di prima pioggia inserita mediante il codice di calcolo SWMM 5.0 si ottengono i risultati riportati nella tabella seguente espressi come valori medi annui sull'intero periodo di simulazione di 16 anni.

Tempo di svuotamento prefissato (ore)	48	60	72
Portata di svuotamento (l/s)	30.39	24.30	20.26
Durata media annua di funzionamento della pompa di svuotamento (ore)	1262	1522	1765
Durata media annua di funzionamento del gruppo idro-eiettore di flussaggio di valle (ore)	590	609	631
Durata media annua di funzionamento del gruppo idro-eiettore di flussaggio al centro vasca (ore)	367	383	403
Durata media annua di funzionamento dell'elettromiscelatore di movimentazione e risospensione (ore)	4056	4301	4525

Evidentemente aumentando la durata di svuotamento da 48 a 72 ore aumenta di conseguenza anche la durata di funzionamento delle varie apparecchiature.

Considerando un costo del kWh pari a 0,15 Euro si ottengono i seguenti bilanci economici per le elettropompe di pulizia delle vasche:

			Tempo massimo di svuotamento		
			48 ore	60 ore	72 ore
	Potenza assorbita (kW)	Costo (Euro/ kWh)	Spesa annua (Euro)	Spesa annua (Euro)	Spesa annua (Euro)
Pompa di flussaggio di valle	7.15	0.15	632.78	653.15	676.75
Pompa di flussaggio al centro vasca	9.9	0.15	545.00	568.76	598.46
Elettromiscelatore di movimentazione e risospensione	4.4	0.15	2676.96	2838.66	2986.50

I risultati ottenuti evidenziano che annualmente il costo energetico varia tra circa 3855 Euro, nel caso di svuotamento in 48 ore e 4262 Euro, nel caso di svuotamento in 72 ore. Tale costo anche se indicativo, evidenzia che l'uso di queste apparecchiature appare assolutamente compatibile con l'importante funzione che esse svolgono.

La stessa vasca può essere attrezzata con i soli gruppi idro-eiettore che consentono di soddisfare sia la fase di miscelazione, sia quella di flussaggio previsti dalla funzione di pulizia.
In questo caso le tabelle riportate in precedenza e riguardanti i tempi di lavoro e bilanci economici assumeranno i seguenti valori:

Tempo di svuotamento prefissato (ore)	48	60	72
Portata di svuotamento (l/s)	30.39	24.30	20.26
Durata media annua di funzionamento della pompa di svuotamento (ore)	1262	1522	1765
Durata media annua di funzionamento del gruppo idro-eiettore di flussaggio di valle e miscelazione (ore)	4646	4910	5156
Durata media annua di funzionamento del gruppo idro-eiettore di flussaggio al centro vasca e miscelazione (ore)	4423	4684	4928

			Tempo massimo di svuotamento		
			48 ore	60 ore	72 ore
	Potenza assorbita (kW)	Costo (Euro/ kWh)	Spesa annua (Euro)	Spesa annua (Euro)	Spesa annua (Euro)
Pompa di flussaggio di valle	7.15	0.15	4982.84	5265.98	5529.81
Pompa di flussaggio al centro vasca	9.9	0.15	6568.16	6955.74	7318.08

Mettendo quindi a confronto le due soluzioni si ottiene la seguente tabella comparativa:

	Costo energetico complessivo		
	Tempo massimo di svuotamento		
	48 ore	60 ore	72 ore
	Spesa annua (Euro)	Spesa annua (Euro)	Spesa annua (Euro)
Sistema con gruppi idro-eiettore + elettromiscelatore	3854.74	4060.57	4261.71
Sistema con gruppi idro-eiettore	11550.99	12221.72	12847.89

Risulta quindi evidente che con l'adozione di un sistema misto (elettromiscelatori con gruppi idro-eiettori) si ottiene una sensibile riduzione della potenza assorbita complessiva e di conseguenza si hanno minori costi energetici di gestione.

BIBLIOGRAFIA

ALFONSI G., ORSI E. (1987) – Proporzionamento delle vasche di laminazione per reti fognarie sulla base del metodo cinematico – Idrotecnica, n. 2.

CENTER FOR WATERSHED PROTECTION (CWP) (2000) – National Pollutant Removal Performance Database for Stormwater Best Management Practices.

CONTECH CONSTRUCTION PRODUCTS Inc. (2003) – *Stormwater Management Solutions* – U.S.A.

COPA LIMITED (2004) – *Stormwater Management* – United Kingdom.

EPA NATIONAL POLLUTANT DISCHARGE ELIMINATION SYSTEM (2002) – *Dry Extended Detention Pond* – Post-Construction Storm Water Management in New Development & Redevelopment.

EPA NATIONAL POLLUTANT DISCHARGE ELIMINATION SYSTEM (2002) – *Wet Ponds* – Post-Construction Storm Water Management in New Development & Redevelopment.

GEOFABRICS (2005) - Designing rock & rip-rap structures with geotextiles

GEORGIA DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT (2001) – *Georgia Stormwater Management Manual* – Volume 2 (Technical Handbook).

GOTTARDI G., M. MAGLIONICO (2006) - Analisi del metodo cinematico per il dimensionamento degli invasi di laminazione a servizio delle reti di drenaggio urbano; XXX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, 10-15 Settembre 2006, Roma.

GOTTARDI G., M. MAGLIONICO (2008) - Analisi del metodo dell'invaso per il dimensionamento delle vasche di laminazione a servizio delle reti di drenaggio urbano. XXXI Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Perugia, 9-12 settembre 2008.

GRANDE, NOVAC & ASSOCIATES INC. (GNA) (1996) – *CSO Equipment Information* – Montreal, Canada.

HARTIGAN J. P. (1988) – *Basis for Design of Wet Detention Basin BMPs* – In "Design of Urban Runoff Quality Control", American Society of Engineers.

JONES J.E., J. GUO, B. R. URBONAS, R. PITTINGER (2006) - Safety at Urban Stormwater Ponds.

MARYLAND DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT (MDE) (2000) – *Storm Water Design Manual* – Sediment and Storm Water Administration.

MODICA C. (1996) – *Il dimensionamento delle vasche volano per piogge di intensità variabile e per diversi dispositivi di scarico* – Atti del XXV Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Torino, 16-18 settembre, vol. 3.

MORIGGI S., ZAMPAGLIONE D. (1978) – Proporzionamento delle vasche di laminazione a servizio delle reti fognarie – Ingegneria Ambientale, n. 5.

NEW JERSEY DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION (2004) – *New Jersey Stormwater Best Management Practices Manual.*

NORTH CAROLINA DEPARTMENT OF ENVIRONMENT AND NATURAL RESOURCES (NCDENR) (1998) – *Stormwater Management Guidance Manual and BMP's* – Division of Water Quality.

NORTHERN VIRGINIA PLANNING DISTRICT COMMISSION (NVPDC) (1992) – *Northern Virginia BMP Handbook* – Engineers and Surveyors Institute.

PAOLETTI A., FLOREALE G., SANFILIPPO U. (1997) – *Invasi* – Capitolo 18 in "Sistemi di fognatura: manuale di progettazione" (Centro Studi Deflussi Urbani), ed. Hoepli, Milano.

PAOLETTI A., REGE GIANAS F. (1979) – Il *dimensionamento delle vasche volano nelle fognature* – Ingegneria Sanitaria, n. 1.

PITT R. (2004) - Temporary Ponds for Construction Site Sediment Control.

REGIONE EMILIA ROMAGNA, AUTORITÀ DEI BACINI REGIONALI ROMAGNOLI (2003) – Piano stralcio per il rischio idrogeologico. Direttiva di norme tecniche relative alle valutazioni idrologiche ed idrauliche.

SCHUELER T. R. (1987) – Controlling Urban Runoff: A Practical Manual for Planning and Designing Urban Best Management Practices – Metropolitan Washington Council of Governments.

SCHUELER T. R. (1992) – *A Current Assessment of Urban Best Management Practices* – Metropolitan Washington Council of Governments.

SCHUELER T. R. (1997) – Influence of Ground Water on Performance of Storm Water Ponds in Florida – Watershed Protection Techniques.

SOUTHEASTERN WISCONSIN REGIONAL PLANNING COMMISSION (SEWRPC) (1991) – *Costs of Urban Non-point Source Water Pollution Control Measures* – Technical Report No. 31.

STEINHARDT (1999) – *Hydroself flushing system* – Germany.

STEINHARDT (1999) – *Hydroslide discharge regulators* – Germany.

VERNI MARCO (2005) - Analisi comparativa dei metodi per il dimensionamento delle vasche di laminazione nei sistemi fognari – Tesi di Laurea – Facoltà di Ingegneria, Università di Bologna – DISTART.

VIRGINIA DEPARTMENT OF CONSERVATION AND RECREATION (VDCR) (1999) – *Virginia Stormwater Management Handbook.*

WATER RESEARCH CENTRE (WRC) (1990) – *Sewerage Rehabilitation Manual* – Water Authorities Association, Swindon (U.K.), pp. II/199-201.

ZOLI ALESSANDRO (2006) - Analisi dei criteri di progettazione e gestione degli invasi per la laminazione delle portate a servizio dei sistemi di drenaggio urbano – Tesi di Laurea – Facoltà di Ingegneria, Università di Bologna – DISTART.

CAPRARI NEL CICLO INTEGRATO DELL'ACQUA

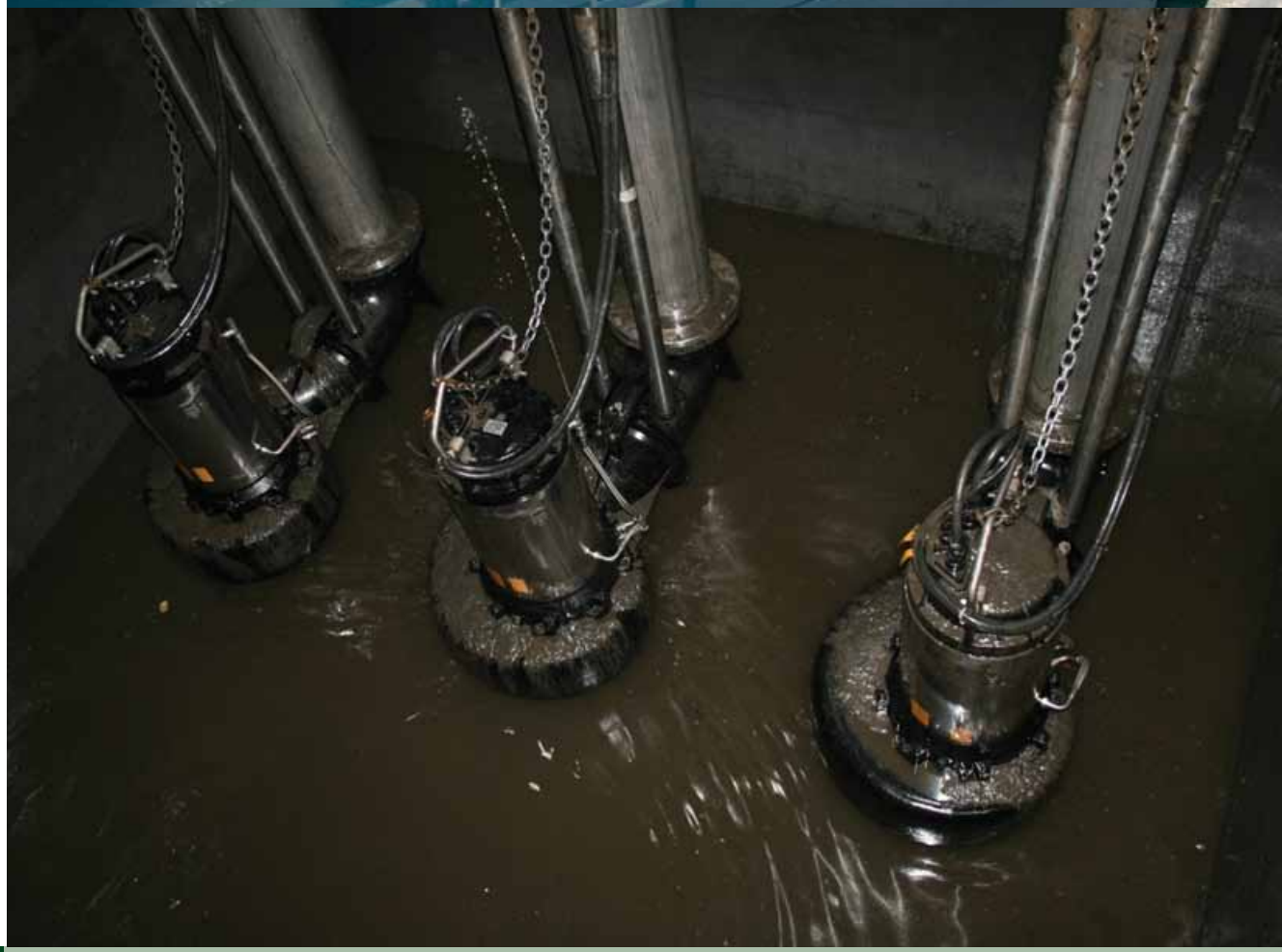
caprari

pumping power

IMPIANTO DI IRRIGAZIONE

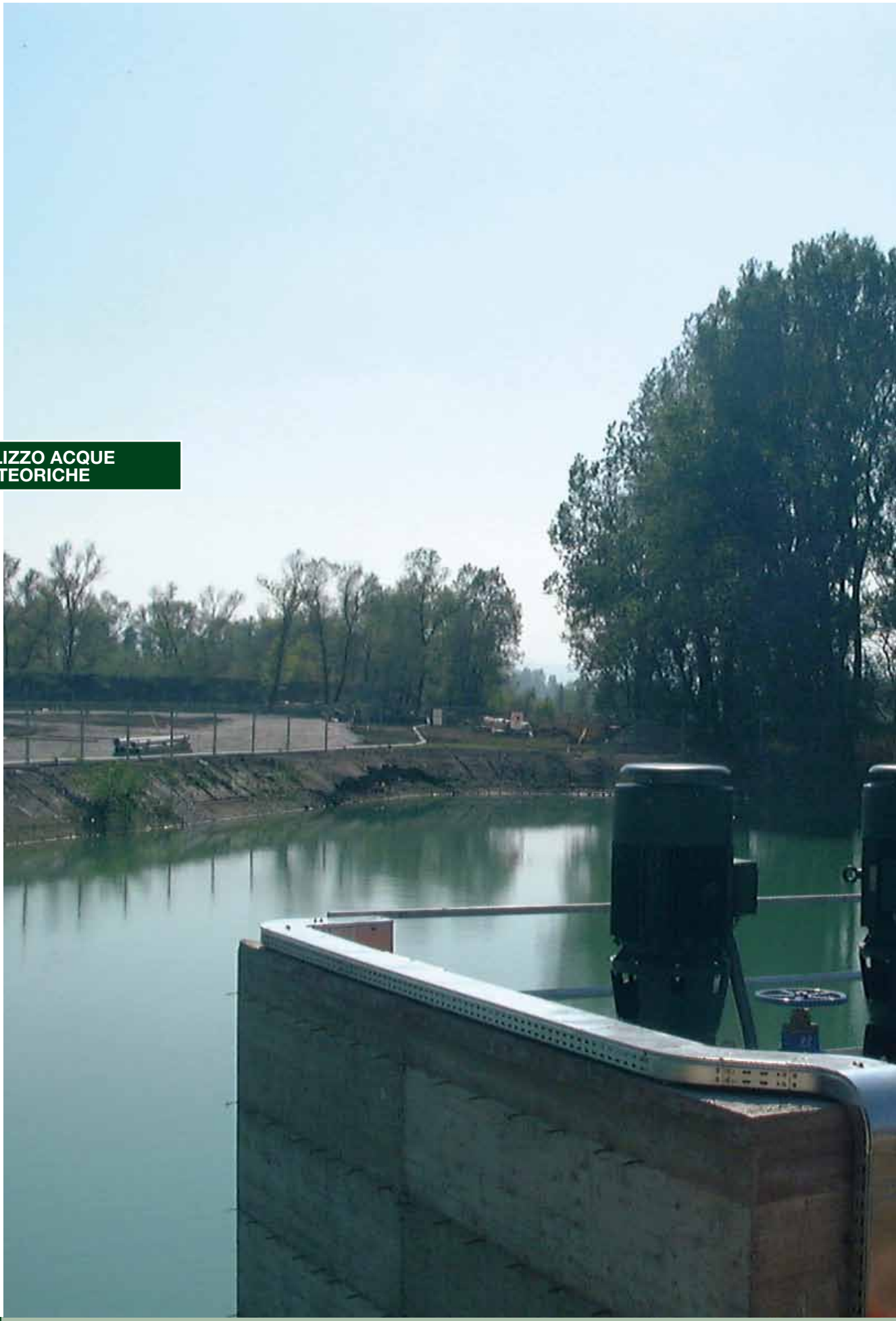
ACQUEDOTTISTICA

TRATTAMENTO ACQUE



TRATTAMENTO ACQUE

RIUTILIZZO ACQUE METEORICHE



IMPIANTO INDUSTRIALE ZUCCHERIFICIO

ACCIAIERIA

INNEVAMENTO

caprari

pumping power

FSC
www.fsc.org
MISTO
Carta
da fonti gestite in
maniera responsabile
FSC® C043116

Criteri di progettazione, realizzazione e gestione **VASCHE DI PRIMA PIOGGIA** e **VASCHE DI LAMINAZIONE** nell'ambito dei **sistemi fognari**

caprari
pumping power

caprari.com