



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA
Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-forestali
Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti,
Risorse Naturali ed Ambiente

Corso di laurea in Paesaggio, parchi e giardini

**IL VERDE PENSILE E LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE
NELL'AREA INDUSTRIALE DI VICENZA**

Relatore
Prof. Stefano Macolino

Laureando
Andrea Celadon

ANNO ACCADEMICO 2012-2013

INDICE

INTRODUZIONE.....Pag. 4

PRIMA PARTE

GLI EFFETTI DELL'URBANIZZAZIONE SUL TERRITORIO.....Pag. 7

1 URBANIZZAZIONE DEL TERRITORIO E IMPERMEABILIZZAZIONE DEL SUOLO..... Pag. 7

2 GLI EFFETTI DELL'URBANIZZAZIONE SULL'AMBIENTE E SUL PAESAGGIO.....Pag. 9

2.1 L'AUMENTO DELLE TEMPERATURE NELLE AREE URBANE

O ISOLE DI CALORE.....Pag. 9

2.2 LA PROGRESSIVA RIDUZIONE DELLA BIODIVERSITA' VEGETALE E ANIMALE.....Pag. 10

2.3 LE TRASFORMAZIONI DEL PAESAGGIO CAUSATE DELL'URBANIZZAZIONE.....Pag. 11

2.4 L'URBANIZZAZIONE DEL SUOLO E L'INQUINAMENTO DELLE

ACQUE METEORICHE.....Pag. 13

3 L'IMPERMEABILIZZAZIONE DEL SUOLO E IL FENOMENO DELLE ESONDAZIONI.....Pag. 16

3.1 GLI EFFETTI NEGATIVI PROVOCATI DALLE ESONDAZIONI.....Pag. 16

3.2 GLI EFFETTI DELLE ESONDAZIONI SULLA POPOLAZIONE COLPITA.....Pag. 18

PARTE SECONDA

LE AZIONI PER TRATTARE L'ECESSIVO DEFLUSSO DELLE ACQUE METEORICHE.....Pag. 20

1 I PRINCIPALI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICAPag. 20

1.1 GLI INTERVENTI INGEGNERISTICO-IDRAULICIPag. 20

1.2 GLI INTERVENTI ALTERNATIVI INTEGRATIVI PER IL RIASETTO DELL'AMBIENTE.....Pag. 22

1.3 IL CICLO IDROLOGICO IN UN TERRITORIO ANTROPIZZATO.....Pag. 23

2 IL VERDE PENSILE.....Pag. 26

2.1 LA PROGETTAZIONE DEL VERDE PENSILE.....Pag. 29

2.2 IL VERDE ESTENSIVO..... ..Pag. 34

PARTE TERZA

IL VERDE PENSILE NELLA ZONA INDUSTRIALE DI S. AGOSTINO A VICENZA COME SISTEMA INTEGRATIVO PER DIMINUIRE L'ECESSIVO DEFLUSSO IDRICO Pag. 39

1 ALCUNI ELEMENTI TEORICI: IL VOLUME DI RITENZIONE ED IL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO . Pag.39

2 RITARDO DEL CONFERIMENTO, RIDUZIONE DELL'ALTEZZA DI PICCO E RIDUZIONE

COMPLESSIVA DEI VOLUMI D'ACQUA CONFERITI. Pag. 41

2.1 PRESTAZIONI IDRICHE IN RELAZIONE A DIFFERENTI TECNOLOGIE. Pag. 46

3 UNA PROPOSTA SPECIFICA:	
3.1 L'INERBIMENTO DELLE COPERTURE NELLA ZONA INDUSTRIALE DI VICENZA.....	Pag. 47
3.2 CALCOLO DELLA SUPERFICIE COMPLESSIVA DELLE COPERTURE ESISTENTI NELLA ZONA INDUSTRIALE.....	Pag. 48
3.3 SUBSTRATO UTILIZZATO.....	Pag. 49
3.4 CALCOLO DEL DEFLUSSO SUPERFICIALE SENZA INERBIMENTO E DEL DEFLUSSO CON INERBIMENTO.....	Pag. 50
3.5 CALCOLO DELLA RIDUZIONE DEL VOLUME TOTALE DI ACQUE METEORICHE RECAPITANTI NEL FIUME RETRONE A SEGUITO DELL'INERBIMENTO.....	Pag. 52
3.6 INTERVENTI INTEGRATIVI PER LA RIDUZIONE DEL DEFLUSSO SUPERFICIALE.	Pag. 53
CONCLUSIONE.....	Pag. 54
BIBLIOGRAFIA.....	Pag. 56

INTRODUZIONE

La crescente urbanizzazione del territorio e il conseguente consumo dello stesso, oltre a ridurre la biodiversità vegetale e animale, hanno portato negli anni ad una progressiva impermeabilizzazione del suolo, limitando sempre più la naturale infiltrazione dell'acqua piovana nel sottosuolo.

Tale fenomeno ha avuto ripercussioni sul livello delle falde acquifere sotterranee che sono in costante abbassamento e ha modificato le condizioni climatiche locali, con un generale aumento delle temperature medie registrate, dovuto, tra l'altro, al mancato apporto di umidità proveniente da evapotraspirazione della vegetazione e dai terreni naturali sempre più rari.

Il deflusso superficiale delle acque meteoriche è aumentato di molto e i picchi estremi si fanno sempre più frequenti, causando molto spesso vere e proprie esondazioni, che provocano notevoli danni economici, oltre a gravi danni psicologici sulle popolazioni colpite.

Il deflusso superficiale, inoltre, ha gravi ripercussioni sulla qualità delle acque superficiali dei corsi d'acqua stessi, infatti, molto spesso accade, che gli inquinanti, depositati sulle superfici impermeabilizzate (tetti, piazzali, strade, ecc), vengano trascinati dalle piogge nei fiumi evitando gli impianti di depurazione tramite gli scaricatori di piena.

Nelle zone intensamente popolate, l'acqua piovana, infatti, già nel percorso attraverso l'atmosfera, si arricchisce di varie sostanze inquinanti quali cloruri, solfati, sodio, potassio, ammoniaca, calcio, magnesio e, in concentrazioni minori, anche piombo, zinco e IPA derivanti dai gas di scarico dell'attività industriale e artigianale, degli impianti di riscaldamento, del traffico, ecc.

Le politiche attuali, atte a contrastare il fenomeno delle esondazioni, tendono a privilegiare opere ingegneristico-idrauliche come l'innalzamento degli argini dei corsi d'acqua e la creazione di bacini di espansione che presentano costi estremamente pesanti e modificano strutturalmente l'assetto territoriale e paesaggistico del territorio.

Queste opere, che sono in netta contrapposizione con una gestione naturalistica dei corsi d'acqua, ormai sempre più canalizzati e ripuliti dalla vegetazione spontanea, costituiscono allo stato attuale una necessità immediata per ovviare al costante pericolo di inondazioni che si presentano sempre più spesso, ma non possono essere considerate come l'unica soluzione al problema in quanto, allontanano l'acqua in eccesso in maniera veloce, ma non riducono la quantità totale d'acqua riversata nelle acque superficiali.

Le politiche attuali dovrebbero offrire maggior spazio alla valutazione di interventi finalizzati alla riduzione puntuale dei volumi di acque meteoriche scaricate rispettando l'ambiente e la sua conformazione naturale migliorando così le condizioni di vita e di benessere dei cittadini.

Con il presente lavoro, si vuole dare un contributo affinché le politiche di salvaguardia del territorio percorrano sia le necessarie azioni atte alla realizzazione di opere idrauliche finalizzate alla riduzione nell'immediato dei volumi di acque meteoriche scaricate, prevedendo opere idrauliche, sia interventi con effetto a lungo termine, atti a ridurre la quantità di acqua che si riversa nei terreni superficiali.

A tal fine, si propone l'utilizzo del verde pensile come strumento in grado di produrre importanti benefici, quali tra gli altri, una significativa riduzione dei carichi idrici e lo spostamento temporale dei picchi di piena nelle reti di collettamento delle acque meteoriche.

Il territorio che verrà preso in considerazione è la zona industriale di S. Agostino a Vicenza e verrà ipotizzata la copertura di alcuni capannoni industriali con vegetazione e stimata la conseguente diminuzione del deflusso idrico delle acque meteoriche dovuto all'effettiva capacità di ritenzione della vegetazione.

Saranno inoltre trattati ulteriori sistemi atti alla riduzione dei carichi idraulici, come, ad esempio, il riutilizzo delle acque piovane o l'infiltrazione delle acque piovane con superfici semimpermeabili, pozzi perdenti o quant'altro e riportando i riferimenti normativi in materia, per lo sviluppo, anche tramite forme incentivanti, di una politica ambientale rispettosa dell'ambiente e del cittadino.

PRIMA PARTE

GLI EFFETTI DELL'URBANIZZAZIONE SUL TERRITORIO

1 URBANIZZAZIONE DEL TERRITORIO E IMPERMEABILIZZAZIONE DEL SUOLO

Dagli anni sessanta ad oggi, insieme ad un forte sviluppo economico, si è avuta una rapida ed incisiva affermazione degli interessi speculativi di trasformazione dei terreni agricoli in terreni edificabili sul territorio nazionale, come risultato una fortissima impennata edilizia con pochi precedenti ed una massiccia conversione urbana del suolo, a causa della quale milioni di ettari di superfici, in gran parte agricole, ma appartenenti anche ad altre categorie, sono scomparsi e divenuti aree “artificializzate” e impermeabilizzate a vario titolo (F.A.I., 2012). Quando si parla di superfici “artificializzate”, ci si riferisce a tutte quelle parti di suolo che perdono la propria caratteristica pedologica per essere asportate e divenire urbanizzate, cioè sostituite da edifici, spazi di pertinenza, parcheggi, aree di stoccaggio, strade e spazi accessori. Alcune stime danno un aumento tra il 1956 e il 2001 dell'ordine del 500% delle superfici artificializzate, anche in regioni con limitata attività economica, quale il Molise. Nonostante la crescita demografica in Italia sia rimasta pressoché immutata dal 1961 ad oggi, si è assistito ad una costante perdita di territorio naturale.

I motivi sono da imputare alla necessità della società attuale di spazi di azione maggiore rispetto al passato ed all'accentuata esigenza di spostamenti.

In secondo luogo va ricordato che la distribuzione sul territorio italiano dei nuovi insediamenti, sia residenziali che produttivi, è fortemente

agganciata agli interessi della proprietà fondiaria, questo comporta enormi difficoltà di conseguire una coerente logica di aggregazione spaziale delle aree residenziali o commerciali-produttive che potrebbero, tra l'altro, permettere anche di ottenere notevoli risparmi economici sia negli spostamenti che nell'erogazione di servizi.

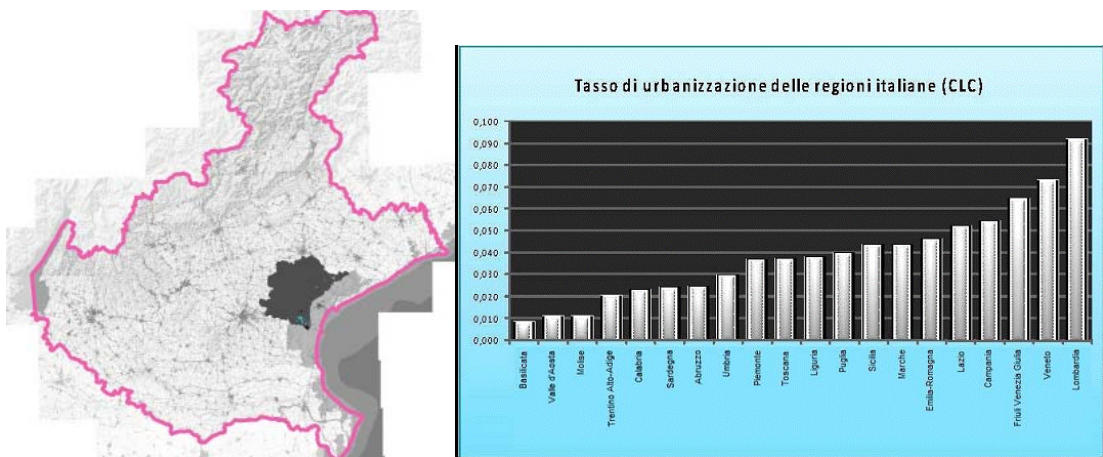


Fig. 1 Tasso di urbanizzazione delle regioni italiane

Fonte: Fondo Ambiente Italiano

La conseguenza è un'elevata dispersione territoriale anche a bassissima densità abitativa, che produce alto consumo di suolo a causa della realizzazione di spazi di scambio commerciale e del reticolo di viabilità necessario a connettere funzioni lontane. Questo genera una continua e inarrestabile fame di strade in un paese che, considerando solamente le provinciali, nazionali e autostrade, ad oggi conta quasi 200.000 Km di rete viaria (ISTAT 2005), se si aggiungesse il reticolo più denso, quello comunale, vicinale e rurale, questo dato risulterebbe almeno triplicato.

2 GLI EFFETTI DELL'URBANIZZAZIONE SULL'AMBIENTE E SUL PAESAGGIO

2.1 L'AUMENTO DELLE TEMPERATURE NELLE AREE URBANE O ISOLE DI CALORE

I processi d'evaporazione ed evapotraspirazione da parte delle piante e dei terreni contribuiscono ad abbassare la temperatura massima dell'ambiente circostante portando concreti vantaggi sia a microscala (singolo edificio), sia a macroscala, migliorando il benessere ambientale (Bantig, Doschi e Missios, 2005).

Più le superfici e i suoli degli insediamenti urbani sono impermeabilizzati e sigillati, maggiore è la sensazione di disagio percepita a causa del riscaldamento delle superfici e l'assenza di moti convettivi (D'Archivio, 2007).

Pertanto, l'aumento delle temperature all'interno delle aree urbane è da ricondurre ad una serie di concause che interagiscono tra loro, come la cementificazione e la diffusa asfaltatura, che fungono da accumulatori di calore e che prevalgono nettamente rispetto alle emissioni degli autoveicoli, degli impianti industriali e dei sistemi di riscaldamento e di aria condizionata ad uso domestico. Inoltre, le mura perimetrali degli edifici cittadini impediscono il movimento dell'aria con la medesima intensità che viene registrata nelle aree aperte fuori dalla città: la velocità del vento può essere inferiore anche del 30% rispetto a quella delle aree rurali limitrofe, limitando così il riciclo di aria al suolo e il relativo effetto refrigerante durante la stagione estiva (Oke et al., 1981).

Nelle zone urbane, inoltre, il rapporto tra superfici orizzontali e superfici verticali è più basso, ciò inibisce la dispersione di calore tramite irraggiamento.

Generalmente, l'effetto isola di calore è direttamente proporzionale all'estensione dell'area urbana, tanto da poter creare condizioni che portano a rilevare temperature mediamente superiori di 0,5 – 3°C rispetto a quelle delle campagne limitrofe (ARPA Piemonte, 2009). L'aumento delle temperature riguarda sia le minime invernali, che le massime estive; mentre nel primo caso la conseguenza è un minor numero di giorni di gelo e/o di ghiaccio, nel secondo caso può determinarsi una maggiore intensità delle onde di calore.

Secondo alcuni studi, nelle ultime stagioni estive le temperature delle grandi città italiane sono aumentate di 1,8 - 3,7 °C rispetto alle medie del trentennio di riferimento climatico 1961-1990, convenzionalmente fissate dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale; al contrario, nelle aree rurali circostanti, i valori si sono mantenuti pressoché stabili con le medie trentennali.

Pertanto, l'espansione dei grandi centri urbani e l'inglobamento di stazioni meteorologiche ufficiali in aree urbane, da zone originariamente a carattere periferico-rurale, potrebbe avere inciso sulla reale entità del riscaldamento globale (Repapis et al., 2007).

2.2 LA PROGRESSIVA RIDUZIONE DELLA BIODIVERSITA' VEGETALE E ANIMALE

La frammentazione degli ambienti naturali è attualmente considerata una tra le principali minacce di origine antropica alla diversità biologica (cfr., fra i tanti, Wilcove et al., 1986; Wilson, 1993; Dobson et al., 2004). La distruzione e la trasformazione degli ambienti naturali, la riduzione della superficie a terreno naturale sono componenti del processo di frammentazione e dell'aumento dell'isolamento che condizionano la dinamica e la connettività di determinate popolazioni di specie animali e

vegetali, fino ad alterare i parametri di comunità, le funzioni ecosistemiche e i processi ecologici.

2.3 LE TRASFORMAZIONI DEL PAESAGGIO CAUSATE

DALL'URBANIZZAZIONE

Già nella prima metà del 1900 si assiste, ai primi fenomeni di erosione dei paesaggi rurali e alle prime contaminazioni tra il paesaggio agrario ed urbano con l'espansione degli insediamenti urbani, la diffusione degli insediamenti industriali e lo sviluppo delle infrastrutture. Durante il periodo fascista, nella pianura veneta, si assiste ai primi processi di semplificazione dei paesaggi rurali e di abbandono dei campi, e quindi di degrado. La "battaglia del grano", ad esempio, ha dato avvio ai primi processi di semplificazione del paesaggio rurale quale conseguenza dei fenomeni di diffusione delle monoculture (grano), della contrazione delle altre coltivazioni, come il riso, la canapa, gli ortaggi, la frutta e la vite (Colucci, 2009).

E' dal secondo dopoguerra ad oggi che si assiste tuttavia al processo di disgregazione della forma del paesaggio rurale.

I principali fenomeni alla base delle trasformazioni del paesaggio sono:

- I processi di urbanizzazione del territorio con forme sempre più omologate al modello diffusivo e indifferente al consumo di suolo e alla perdita di valore territoriale, con esiti che portano non solo ad un diretto consumo di suolo, ma anche ad un enorme spreco dei territori localizzati in prossimità delle aree urbane diffuse;
- Lo sviluppo infrastrutturale, che implica una forte alterazione del paesaggio e della continuità agricola;

- I processi di meccanizzazione e le strategie di politica agraria, che vedono un progressivo processo di industrializzazione dei sistemi di produzione agricola;

- La regressione dell'agricoltura in ambiti montani e ambiti residuali.

L'esito di queste dinamiche sul territorio è la perdita della struttura del paesaggio, che, a sua volta, è riconducibile in primo luogo alla mancanza di una politica di gestione territoriale

Nell'evoluzione della produzione agraria il progresso tecnologico non è accompagnato da una politica di governo e di gestione delle risorse territoriali comuni come l'ambiente ed il paesaggio, fino agli anni '80, hanno prevalso logiche connesse al profitto di breve periodo e politiche di incentivazione prevalentemente rivolte alla singola azienda e/o produzioni e non a progetti di ampio respiro per ambiti territoriali e paesaggistici più estesi.

A partire dalla metà degli anni '80, a fronte del palesarsi di contraddizioni e di distorsioni nella gestione delle politiche agrarie, si assiste ad un processo culturale di rinnovamento che porta ad integrare i valori ambientali, culturali e paesaggistici nelle scelte e nelle politiche territoriali e di sviluppo (prima fra tutte la riforma delle politiche agricole comunitarie) e alla diffusione di iniziative sociali e culturali che dimostrano un processo di mutamento dei comportamenti, come il movimento Slow Food, i GAS ed altri. Queste iniziative hanno portato, da un lato, alla formazione di fenomeni di ricomposizione e riqualificazione di parti del paesaggio rurale e, dall'altro, ad una fase ancora aperta di profonda trasformazione dei processi produttivi e di ripensamento del ruolo dell'agricoltura (Legambiente, 2009).

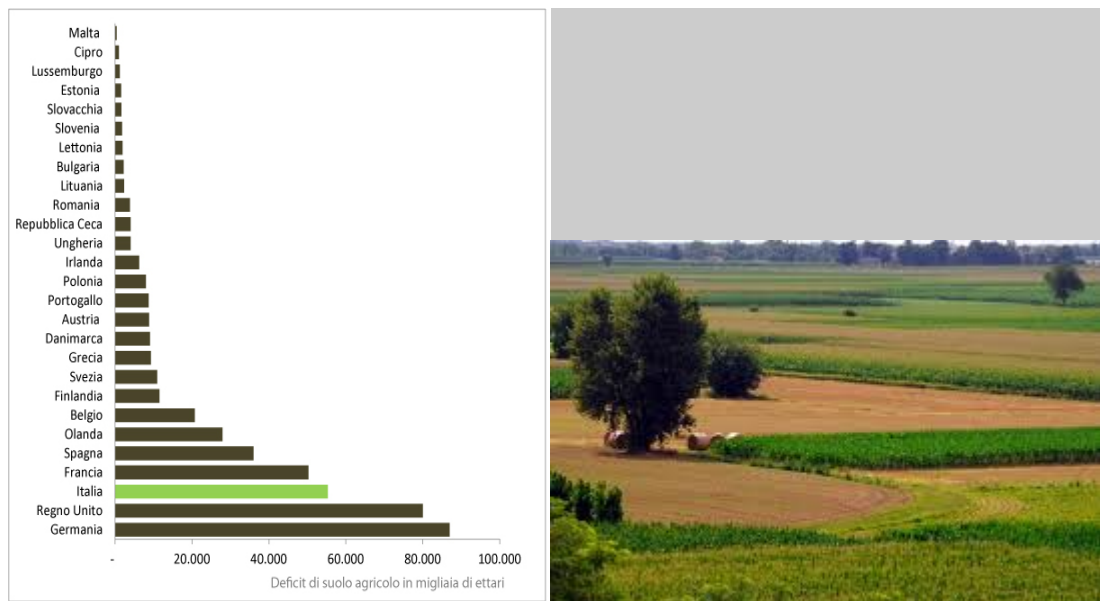


Fig. 2 Deficit di suolo agricolo in migliaia di ettari
 Fonte: elaborazione Mipaaf su dati SERI, 2011

2.4 L'URBANIZZAZIONE DEL SUOLO E L'INQUINAMENTO DELLE ACQUE

METEORICHE

Uno degli effetti dell'impermeabilizzazione del suolo è quello di aumentare l'inquinamento delle acque meteoriche, tra le cui cause vanno annoverate:

- le sostanze di cui la precipitazione si carica attraversando l'atmosfera durante gli eventi meteorici;
- le particelle, in genere molto piccole (<60µm), depositate in tempo asciutto sulle superfici del suolo e dei tetti (deposizione atmosferica in tempo asciutto);
- i rifiuti solidi e liquidi, costituiti da spazzatura, deiezioni animali, sversamenti accidentali di sostanze contaminanti, presenti, per le più svariate cause, sulle superfici dilavate;
- le emissioni del traffico veicolare consistenti in prodotti di combustione, residui dell'usura di pneumatici, lubrificanti, particelle derivanti dai consumi dei ferodi;

- i prodotti della corrosione di coperture e accessori (canali di gronda e tubi pluviali) in lamiera metallica;
- i prodotti di erosione generati dalla pioggia battente sulle pavimentazioni stradali, sui tetti e sul suolo a verde (Papiri, Barco, 2003).

I corpi idrici hanno una certa capacità di tollerare apporti di sostanze chimiche naturali e sintetiche e modificazioni delle condizioni fisiche e morfologiche, dei corpi idrici stessi, riuscendo molto spesso a recuperare le condizioni di naturalità autonomamente. Tuttavia, il superamento di certe soglie di alterazione, compromette queste capacità in modo irreversibile e si traduce in minore capacità di autodepurazione, diminuzione o alterazione della biodiversità locale e una generale minore disponibilità della risorsa, introducendo una condizione di pericolosità per la salute dell'uomo e delle specie animali e vegetali viventi (Barbano et al., 2010).

L'inquinamento delle acque proviene soprattutto dagli scarichi urbani e industriali, dai processi di percolazione, dai terreni agricoli e delle aziende zootecniche.

Gli scarichi urbani contengono materiali organici, composti inorganici disciolti e batteri nocivi che sono immessi negli impianti di depurazione, le acque di scarico una volta depurate saranno scaricate nell'ambiente.

I fertilizzanti chimici usati in agricoltura e i liquami prodotti dagli allevamenti, sono ricchi di sostanze organiche (contenenti soprattutto azoto e fosforo) che vanno a riversarsi nelle falde acquifere o nei corpi idrici superficiali provocando il fenomeno d'eutrofizzazione. Queste acque reflue possono dare origine ad una crescita eccessiva e disordinata di alghe che, al termine del loro ciclo vitale, si adagiano sul fondo del corpo idrico e subiscono una degradazione anaerobica con la formazione di prodotti fortemente nocivi.

Pur contenendo spesso organismi patogeni, i liquami di origine animale vengono scaricati a volte direttamente sul terreno e da qui sono trasportati dall'acqua piovana nei fiumi, nei laghi e nelle falde sotterranee. Le acque infette possono provocare gravi malattie e o la diffusione di epidemie.

L'uso costante di pesticidi (diserbanti, insetticidi, anticrittogamici) nei terreni agricoli rappresenta un pericolo potenziale per la fauna acquatica, per il bestiame che si abbevera nei corpi d'acqua inquinati, come pure, per la popolazione.

Gli scarichi industriali contengono una gran varietà di inquinanti, tra i quali ricordiamo: svariate sostanze chimiche organiche, petrolio e suoi derivati, metalli come Hg, As, Pb, Cr, ecc, sali minerali e composti chimici inorganici, sabbie e detriti, sostanze o scorie radioattive, la cui composizione varia secondo il tipo di processo produttivo.

Anche il calore liberato nei fiumi degli impianti industriali, dalle centrali elettriche e termoelettriche può essere considerato un inquinante, in quanto provoca alterazioni della temperatura che possono compromettere l'equilibrio ecologico degli ecosistemi acquatici e causare la morte degli organismi meno resistenti, potendo anche portare danni sull'intera catena alimentare.

Un'altra fonte d'inquinamento idrico è costituita dalle cosiddette piogge acide, che possono provocare la scomparsa di ogni forma di vita delle acque lacustri.

L'acidificazione degli ecosistemi acquatici, la riduzione dello strato di ozono ed il riscaldamento globale hanno prodotto l'aumento della radiazione ultravioletto, la quale può essere considerata come un inquinante per l'ambiente. Recenti studi hanno dimostrato che l'aumento della radiazione ultravioletto degli ultimi decenni produce una riduzione

della produttività del fitoplancton ed in particolare la radiazione UV-B interessa lo zooplancton (Severini, et al., 2006).

3 L'IMPERMEABILIZZAZIONE DEL SUOLO E IL FENOMENO DELLE ESONDAZIONI

Il fenomeno di urbanizzazione del suolo descritto nella prima parte ha prodotto una serie di cambiamenti sul clima, sulla biodiversità ed il paesaggio, ma in particolare l'impermeabilizzazione influisce sulla regimazione delle acque meteoriche e il loro deflusso. Nelle superfici impermeabilizzate il deflusso delle acque meteoriche, e reso molto più veloce ed immediato e notevoli sono gli effetti di ciò, come la mancata o parziale infiltrazione delle acque nel terreno pertanto viene a mancare la naturale ricarica delle falde sotterranee. I deflussi veloci dai terreni coltivati e dalle superfici impermeabilizzate portano ad un sovraccarico dei corsi d'acqua e, a peggiorare la situazione, incidono altri fattori come la morfologia e la litologia dei suoli, l'incuria e la scarsa manutenzione delle aste fluviali sempre più artificializzate (Martorana et al., 2011).

3.1 GLI EFFETTI NEGATIVI PROVOCATI DALLE ESONDAZIONI

Gli allagamenti da esondazione fluviali rappresentano una minaccia ricorrente per gran parte del territorio del nostro Paese. Dei circa 6 milioni di ettari di pianure della penisola, oltre un quarto ne sono interessati, causa degli allagamenti è principalmente lo stato di dissesto dei bacini idrografici, destinato ad aggravarsi in assenza di opportuni controlli sull'uso dei territori montani e collinari (Morano e Del Giudice, 2009).

I danni da allagamenti coinvolgono sia le risorse produttive che le risorse ambientali. I danni alle risorse produttive, direttamente monetizzabili, investono una molteplicità di beni variamente qualificati (colture e

produzioni agricole, abitazioni, industrie, infrastrutture). I danni all'ambiente, valutabili con criteri extracommerciali, si presentano di solito circoscritti alle risorse antropiche caratterizzate da valore storico, culturale e architettonico (monumenti, aree e reperti archeologici, musei). Di norma, non compaiono nelle valutazioni gli effetti che gli allagamenti determinano sulle risorse ambientali di tipo naturalistico (fauna, flora, paesaggio)

L'idea che alle risorse naturalistiche non derivi pregiudizio dagli allagamenti, se può trovare una qualche rispondenza nei confronti delle specie faunistiche e vegetazionali, nessun fondamento prospetta a riguardo del paesaggio, che va incontro a danni per lo stravolgimento e l'interruzione di funzioni ambientalistiche connesse all'uso del territorio e, talora, per le irreversibili modificazioni morfologiche che intervengono sull'assetto consolidato dei luoghi. In questi casi, il danno ambientale da allagamenti può raggiungere entità di non poco rilievo (De Francesco et al., 2002). Lo spargimento di materiale vario di coltri fangosi, di detriti e rottami, di relitti di animali e di piante dovute alle inondazioni, che impedisce le attività ricreative sul territorio (escursioni, campeggi, ecc.), può in realtà deprimere il valore d'uso del sito. Le modificazioni indotte da fenomeni di avulsione, erosione e sedimentazione, fermo restando le "riparazioni" che interverranno ad opera del dinamismo ecologico (Dajoz, 1972), incidono sulle esigenze di conservazione imposte dalla memoria storica, individuale e collettiva (Gottmann, 1993).



Fig. 3 Foto: esondazione città di Vicenza 2010

Va sottolineato però che, questi effetti degli allagamenti, vengono qui considerati i danni di tipo ambientalistico e non anche quelli che rientrano nella valutazione delle risorse produttive, pur presenti e sicuramente influenzate dall'evento in esame.

3.2 GLI EFFETTI DELLE ESONDAZIONI SULLA POPOLAZIONE COLPITA

Nonostante i disastri e le calamità naturali abbiano caratterizzato la storia dell'uomo sin dalle origini, la loro diffusione sta assumendo dimensioni sempre più preoccupanti. A causa dell'incessante progresso tecnologico e dei pesanti interventi antropici sull'ambiente, territori sempre più vasti si trovano oggi esposti alla minaccia di eventi catastrofici con un alto potenziale distruttivo. Secondo i dati pubblicati dall'International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (2002), nel periodo compreso fra il 1970 e il 1999, il numero di individui rimasti coinvolti in qualche disastro naturale è triplicato passando da 740 milioni negli anni Settanta, a quasi due miliardi di persone negli anni Novanta.

Se si prende in considerazione lo stesso arco di tempo, i danni economici sono aumentati addirittura di cinque volte raggiungendo la cifra di 629 miliardi di dollari negli anni Novanta (Sotgiu e Galati, 2008).

I danni sulla popolazione colpita dall'alluvione nel vicentino sono stati molteplici, si tratta di danni materiali che vanno dalle automobili, al mobilio ed agli elettrodomestici presenti nelle case e agli oggetti personali e ricordi irrimediabilmente perduti.

Gli allevamenti hanno subito perdite ingentissime si parla di alcune centinaia di migliaia di capi senza contare i tantissimi animali domestici che sono scomparsi.

Le attività produttive, insieme al danno materiale, hanno subito il fermo delle lavorazioni con pesanti ripercussioni economiche.

Non secondario è il danno psicologico subito dagli alluvionati, la tremenda impressione che il defluire dell'acqua non accenna neppure ad attenuare e l'impressione di avere vissuto un'esperienza ai confini della realtà, lungo il sottile confine che divide la solidità delle cose vissute dall'inconsistenza di un sogno.

Le strade e le piazze che si conoscono perfettamente, ma che in realtà nel momento dell'alluvione al suo massimo non si riconoscono per niente e la percezione è che tutto sia amaramente fuori luogo e anche tutto irrimediabile ("La Domenica di Vicenza", 2010).

Finita l'emergenza e dopo avere recuperato quanto possibile giunge il tempo di ripartire ci si mette di mezzo la burocrazia con tempi incredibili di attesa per i soldi che vengono stanziati.

SECONDA PARTE

LE AZIONI PER TRATTARE L'ECESSIVO DEFLUSSO DELLE ACQUE METEORICHE.

1 I PRINCIPALI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA

Per evitare il fenomeno delle esondazioni, descritto nella parte precedente di questo elaborato, vengono effettuati imponenti interventi ingegneristico- idraulici che prevedono sia azioni strutturali che azioni non strutturali e di buone norme di costruzione.

Esistono inoltre interventi alternativi che, se attuati contestualmente a quelli ingegneristico- idraulici, producono, nel lungo termine, un riassetto naturale dell'ambiente.

1.1 GLI INTERVENTI INGEGNERISTICO-IDRAULICI

Gli interventi ingegneristico- idraulici che prevedono sia azioni strutturali che azioni non strutturali e di buone norme di costruzione, si possono contraddistinguere in quattro tipi principali:

1. interventi di manutenzione ordinaria degli argini, quali rinforzi, risagomature, rialzi, ecc;
2. adeguamento degli alvei alle portate massime in base all'evento di progetto;
3. moderazione dei colmi di piena fino a ridurli a valori compatibili con lo stato attuale degli alvei;
4. una combinazione dei punti 2 e 3.

Le principali azioni non strutturali, applicabili ad ogni livello della rete idrografica, sono costituite da:

- ☐ aggiornamento della geometria dei corsi d'acqua e creazione di una banca dati degli argini;
- ☐ predisposizione di un sistema per la previsione e la gestione delle piene;
- ☐ manutenzione sistematica degli alvei e delle opere di difesa tale da mantenere inalterato il deflusso della piena, provvedendo anche agli sfalci della vegetazione spontanea pericolosa dal punto di vista idraulico;
- ☐ esclusione di potenziale antropizzazione di territori nei quali siano previste opere di mitigazione delle piene quali casse di espansione ed invasi, oppure la libera espansione delle acque dei corsi d'acqua.

Insieme a queste azioni, vengono ricordati tutti quei provvedimenti che costituiscono buona norma del costruire, quali:

- ☐ non impedire il deflusso delle acque, soprattutto quelle di piena e, se possibile, migliorare le condizioni esistenti del corso d'acqua;
- ☐ mantenere i volumi invasabili esistenti e promuoverne la creazione di nuovi, evitando la canalizzazione e tombinamenti soprattutto dei piccoli corsi d'acqua;
- ☐ eseguire la manutenzione periodica dei fossati nei centri urbani;
- ☐ prevedere per le nuove lottizzazioni un sistema di gestione delle acque integrato;
- ☐ non eseguire scavi, lavorazioni o impianti di colture nei pressi dei rilevati arginali
- ☐ localizzare i nuovi insediamenti abitativi in modo da non aggravare la situazione esistente di deflusso delle acque e favorire in questi la creazione di zone permeabili (Regione Veneto "Verso il nuovo PTRC-Relazione idraulica", 2013).

1.2 GLI INTERVENTI ALTERNATIVI INTEGRATIVI PER IL RIASSETTO DELL'AMBIENTE

Negli ultimi anni, la problematica della sigillazione e l'impermeabilizzazione dei suoli, descritta nei capitoli precedenti, è stata sempre più oggetto di discussione, per le riconosciute negative ripercussioni idrogeologiche.

Abbiamo analizzato nel paragrafo precedente quali interventi ingegneristico-idraulici vengono posti in essere per evitare il pericolo delle esondazioni e per evitare la pericolosità idraulica.

Esistono tuttavia interventi alternativi atti a produrre nel lungo tempo il riassetto dell'ambiente naturale e con il presente lavoro si dimostrerà successivamente come interventi alternativi a quelli ingegneristico-idraulici possano indurre a una corretta gestione delle acque meteoriche soprattutto se poste in essere in zone particolarmente urbanizzate.

L'efficacia di tali interventi va verificata nella misura in cui le varie componenti del ciclo dell'acqua e in particolare l'infiltrazione sotterranea (alimentazione delle falde acquifere), l'evapotraspirazione e il deflusso superficiale sono mantenuti o si avvicinano alla situazione antecedente all'urbanizzazione (Covelli, 2009).

Le azioni possono riguardare:

- riduzione delle superfici impermeabilizzate;
- sistema qualificato di educazione delle acque con infiltrazione sul posto delle acque meteoriche pulite;
- sistemi di raccolta delle acque meteoriche decentrato;
- riutilizzo delle acque meteoriche.

Il sistema che si andrà ad analizzare, per ridurre il deflusso delle acque meteoriche, riducendo di conseguenza i fenomeni negativi descritti, è l'inerbimento delle coperture nelle zone particolarmente urbanizzate.

1.3 IL CICLO IDROLOGICO IN UN TERRITORIO ANTROPIZZATO

In un territorio urbanizzato, l'acqua rappresenta al contempo una risorsa e un'insidia ed è indispensabile per tutte le attività antropiche, ma può essere causa delle peggiori catastrofi.

L'acqua utilizzata nelle aree urbane viene prelevata dal sottosuolo e gestita attraverso la rete idrica degli acquedotti che la distribuiscono, potabile, per tutti gli usi civili: domestici, industriali, agricoli, ecc. Per tutte queste funzioni l'acqua viene deviata dai suoi percorsi spontanei, raccolta e trattata, trasferita e sfruttata, quindi inquinata, allontanata, e infine depurata e re-immessa nei corsi che raggiungono il mare.

Nei territori antropizzati, oltre ad usare l'acqua, è necessario anche proteggersi da essa, ed in particolare, dalle acque meteoriche. Per attuare quest'azione di difesa l'uomo "chiude" le proprie costruzioni attraverso superfici impermeabili. Sia l'uso dell'acqua, che la difesa da essa, generano una serie di processi che ne alterano significativamente la naturale circolazione, dall'atmosfera al suolo e, viceversa, dal suolo all'atmosfera. Questa circolazione è definita come "ciclo idrogeologico" e, a scala planetaria, è regolata da un'equazione di bilancio.

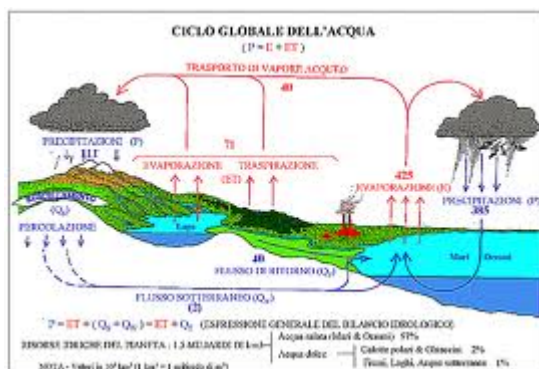


Fig. 4 Ciclo globale dell'acqua

Il ciclo idrologico descrive i continui scambi di massa idrica fra la terra, l'atmosfera, le acque superficiali, le acque sotterranee e gli organismi, comprendendo tutti i passaggi di fase dell'acqua (Catino, 2007). I principali processi che regolano la circolazione dell'acqua sono due, inversi fra loro: l'evaporazione e la condensazione.

L'evaporazione è il trasferimento dell'acqua dai corpi idrici superficiali (oceani, mari, laghi, ecc.) all'atmosfera, spostamento che implica il passaggio di stato dalla fase liquida a quella gassosa. Inversamente, la condensazione è il trasferimento dell'acqua dall'atmosfera al suolo e agli oceani per effetto delle precipitazioni (Giuliacchi et al., 2010). Nel momento in cui l'acqua raggiunge il suolo partecipa ad altri processi che sono essenzialmente determinati dalla morfologia dei territori e dalle caratteristiche dei terreni.

Raggiunta la superficie del suolo, l'acqua può percorrere tre vie: percolare sulla sua superficie (deflusso), penetrare nel terreno (infiltrazione) e ritornare nell'atmosfera sotto forma di vapore (evapotraspirazione).

Il deflusso superficiale (o scorrimento) include tutte le modalità con cui l'acqua si muove sulla superficie del suolo in pendenza verso il mare, torrenti, fiumi, laghi sono i corpi idrici recettori superficiali in cui l'acqua scorre per un certo intervallo di tempo: una parte del deflusso raggiunge il mare e una parte evapora lungo il tragitto (Rusconi, 2010).

L'infiltrazione è l'assorbimento d'acqua operato dal terreno può essere superficiale o profonda: quella superficiale favorisce l'approvvigionamento idrico della vegetazione e l'evaporazione diretta dal suolo, mentre l'infiltrazione profonda alimenta le falde, partecipa al deflusso sotterraneo delle acque ed è alla base della disponibilità idrica per gli usi civili. Infine l'evaporazione e la traspirazione vegetale trasferiscono all'atmosfera l'acqua trattenuta dagli strati superficiali del suolo, quella assorbita dalle

piante e l'acqua dei corpi idrici superficiali, secondo quantità proporzionali ai valori dei fattori atmosferici, quali la temperatura dell'aria, l'umidità relativa, la forza del vento, ecc.

In ciascuno di questi segmenti del ciclo idrologico l'acqua può permanere per intervalli di tempo differenti e queste variazioni presentano delle importanti ricadute per l'assetto dei territori e per la capacità di auto-depurazione dell'acqua stessa.

Dalla conoscenza dei movimenti spontanei dell'acqua sul suolo e nel suolo è possibile comprendere alcune problematiche proprie del ciclo idrologico dei territori antropizzati.

L'urbanizzazione, di cui si è parlato approfonditamente nella parte precedente è un processo strettamente legato all'artificializzazione del suolo, la cui principale ricaduta è l'impermeabilizzazione della sua superficie; nelle aree costruite, infatti, la maggior parte delle superfici orizzontali risulta compartimentata, incapace cioè di scambiare acqua e aria con l'atmosfera.

Mentre in un terreno di un'area naturale il 50% dell'acqua meteorica precipitata penetra nel suolo, di questa porzione il 25% è trattenuto dagli strati superficiali del terreno e un'eguale quantità si infiltra negli strati più profondi, andando ad alimentare le falde; il 40% subisce il passaggio di fase allo stato gassoso per effetto dell'evapotraspirazione e solo il 10% defluisce superficialmente verso un corpo idrico recettore.

Man mano che il suolo viene costruito e pavimentato il bilancio idrico si modifica, i volumi di deflusso aumentano mentre l'infiltrazione complessiva e l'evapotraspirazione diminuiscono.

Considerando le zone urbane densamente edificate il cui suolo è costituito quasi totalmente da superfici impermeabili, l'infiltrazione si riduce al 15%

del volume d'acqua precipitata, l'evapotraspirazione al 30%, laddove il deflusso superficiale rappresenta il 55%.

In sintesi: i volumi di deflusso di un'area urbana, le cui superfici costruite o pavimentate rappresentano più del 75% della superficie orizzontale totale, sono cinque volte superiori ai volumi di deflusso di un'area vegetata. A tale alterazione corrisponde una diminuzione dell'infiltrazione di $1/2$, soprattutto dell'infiltrazione profonda, e una riduzione dell'evapotraspirazione di $1/4$, non pari, quindi, alla quota di riduzione dell'infiltrazione.

Questo significa che l'impermeabilizzazione del suolo altera l'infiltrazione in modo maggiormente significativo rispetto all'evaporazione, dato che trova conferma nell'osservazione del ciclo idrologico naturale. (Verri, 2012).

2 IL VERDE PENSILE

Una soluzione al problema sopradescritto, naturale e sostenibile, è il verde pensile, modello che si lega strettamente al rispetto ambientale e al risparmio energetico. L'utilizzo dei tetti verdi ha una forte valenza di compensazione e mitigazione ambientale. Nel recente passato, si è sempre cercato di realizzare il verde sul tetto ma con impiego di materiali e tecniche inadeguate a garantire la durata dell'inverdimento e, soprattutto, la sicurezza contro le infiltrazioni d'acqua. Questa è la ragione per cui spesso, ancora oggi, il giardino pensile è visto con diffidenza, come origine di danni, di problemi e di eccessiva manutenzione. Negli anni '60 il forte desiderio di inverdire le superfici di copertura delle nostre case, non utilizzate e abbandonate al degrado più assoluto, la necessità di sopperire al verde mancante e spesso insufficiente delle città, ha fatto sì che, principalmente in Germania, si incominciasse ad affrontare la

problematica del verde pensile studiando materiali e sviluppando tecnologie che potessero rendere sicuro ed economico realizzare queste coperture. Le tecnologie si sono sviluppate a tal punto e con un tale successo che nel corso dei decenni successivi, fino ai giorni nostri, sono stati inverditi milioni di superfici altrimenti non utilizzate. Sono sorte aziende specializzate, diversi istituti universitari si sono attivi in quest'ambito con la ricerca e la promozione di corsi, sono nate associazioni in questo settore e pubblicate nuove riviste specializzate. L'opera di divulgazione, anche in Italia, si sta sviluppando e la sensibilità verso il verde pensile pian piano, cresce anche al sud del Paese.

A tal proposito, e per regolamentare il settore, nel 2007 è stata emanata la norma UNI 11235/2007 "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde".

La norma raccoglie tutte una serie di regole teoriche e pratiche per realizzare una copertura a verde nel migliore dei modi permettendo alle ditte produttrici dei materiali, ai progettisti ed esecutori di tetti verdi di avere una valida guida cui attenersi per ottenere degli standard di qualità superiori.

La norma UNI 11235/2007 differenzia e classifica gli elementi che andranno a comporre il tetto verde in: elementi primari, elementi secondari ed elementi accessori.

La norma classifica inoltre i giardini pensili in estensivo ed intensivo, intendendo per estensivo quel tipo di copertura a verde che non richiede un numero elevato di manutenzioni, con uno substrato che non supera i 15 cm e non prevede la fruizione del tetto stesso come un vero e proprio giardino. Il verde pensile intensivo invece, presenta uno spessore di substrato che va dai 15 ai 150 cm e richiede una manutenzione costante.

La norma citata distingue inoltre le varie tipologie di stratificazioni utilizzabili tra inverdimenti a tre strati con drenaggio in materiale sfuso e inverdimenti a tre strati con drenaggio in pannelli preformati che hanno ottimi risultati in termini di durevolezza nel tempo e di funzionamento del sistema di drenaggio.

Si riportano, di seguito, le ulteriori normative a cui fare riferimento in materia di giardini pensili:

UNI 11235/2007

Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde.

UNI 10838/1999

Edilizia-Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia.

UNI 8290-1/1981 - A122/1983

Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Classificazione e terminologia.

UNI 8290-2/1983

Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Analisi dei requisiti.

UNI 8290-3/1987

Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Analisi degli agenti.

UNI 11345/2010

Attività di controllo per le fasi di progetto, esecuzione e gestione delle coperture continue.

UNI EN ISO 10318/2005

Geosintetici – Termini e definizioni

D.M 14 Gennaio 2008

“Approvazione delle nuove tecniche per le costruzioni”

Circolare del 2 Febbraio 2009, n 617

Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni, di cui al D.M. 14 Gennaio 2008.

Fonte: Il verde pensile, Paolo Abram

2.1 LA PROGETTAZIONE DEL VERDE PENSILE

I fattori da tenere in considerazione per la progettazione del verde pensile sono molteplici e tra questi particolare attenzione bisogna porre a quelli relativi all'isolamento termico e risparmio energetico, all'elemento portante, all'impermeabilizzazione dello strato integrato, alla guaina antiradice, allo strato di accumulo e protezione meccanica, allo strato drenante, filtrante e colturale, alla composizione dello strato drenante, alla posa dello stesso, alla composizione dello strato filtrante e di quello colturale, all'irrigazione e all'impianto irriguo.

Per quanto riguarda l'ISOLAMENTO TERMICO E RISPARMIO ENERGETICO, è fondamentale tenere conto della sequenza dei materiali (strato drenante, teli impermeabilizzanti, vegetazione, ecc.) posizionati sulla soletta di cemento che permettono di avere un importantissimo vantaggio sulle spese per il riscaldamento ed il raffreddamento dell'abitazione. Sono ancora in corso studi relativi a questo tema che tengono conto dei pregi e degli eventuali punti negativi della copertura verde a seconda delle varie stagioni (Teemusk e Mander , 2009). Ad esempio, i benefici in estate sono sicuramente vantaggiosi in quanto l'ombreggiamento della copertura a verde, sulla soletta, determina sicuramente una riduzione del deflusso di calore del 60% (fonte Castellotti, 2010), ma in inverno il dubbio rimane. E' certo altresì che barriere più o meno alte come siepi o arbusti permettono sicuramente un vantaggio per la riduzione dell'inquinamento acustico.

Per ELEMENTO PORTANTE si intende la soletta e l'intero piano d'appoggio, (orizzontale o inclinato), su cui verrà progettata la copertura verde.

Per capire e calcolare se una struttura è in grado o meno di reggere una copertura a verde, si farà riferimento al peso di massima saturazione

d'acqua. Nelle tabelle successive sono riportati alcuni pesi relativi agli elementi che compongono la stratificazione della copertura a verde.

Tabella 1. peso elementi copertura a verde

ELEMENTO	PESO ASCIUTTO	MAX SATURAZIONE
Protezione meccanica	0,45 Kg/m ²	5,45 Kg/ m ²
Strato drenante	3,00 Kg/m ²	11,00 Kg/ m ²
Strato filtrante	0,20 Kg/ m ²	0,40 Kg/ m ²
Substrato	900 Kg/ m ²	1.350 Kg/ m ²

Fonte: Il verde pensile, Paolo Abram

Tabella 2. peso vegetazione copertura a verde

ELEMENTO	SPESSORE SUBSTRATO	PESO VEGETAZIONE
Perenni	Da 8 a 15 cm	Da 10 Kg/m ² a 15Kg/m ²
Tappeto erboso	25 cm	30 Kg/m ²
Perenni ed arbusti < 3mt	Da 15 a 40 cm	Da 20 a 30 Kg/m ²
Alberi fino a 10 mt	Da 40 a > 100 cm	Da 60 a 150 Kg/m ²

Fonte: Il verde pensile, Paolo Abram

Che si intenda realizzare un giardino pensile intensivo o estensivo è comunque fondamentale una buona e corretta IMPERMEABILIZZAZIONE della soletta in cemento.

L'impermeabilizzazione è formata da un insieme di materiali garantiti affinché l'acqua non penetri al di sotto dello strato di accumulo per il deflusso. Esistono tre tipi di tetto su cui è possibile creare un giardino pensile estensivo o intensivo, quali il tetto freddo, il tetto caldo e il tetto rovescio.

Nel primo caso si ha una copertura priva di elementi isolanti e priva di strato di ventilazione, nel secondo caso al copertura presenta invece uno strato isolante e, nel terzo caso, lo strato isolante sarà posato come ultimo

elemento di tenuta al di sopra, e pertanto l'impermeabilizzazione sarà a diretto contatto con l'isolante termico.

Tabella 3. tipologia di verde pensile in rapporto al tipo di copertura

Copertura	Tipologia di verde pensile
Tetto freddo non ventilato	Tutti gli interventi a verde pensile sono ammessi, nel limite di carico sopportabile
Tetto caldo non ventilato	Tutti gli interventi a verde pensile sono ammessi, nel limite di carico sopportabile
Tetto caldo ventilato	Solo estensivi leggeri
Tetto rovescio	Solo estensivi leggeri con specie con apparato radicale non troppo invasivo sempre nel limite di carico sopportabile. Attenzione all'elemento termoisolante!

Fonte: Il verde pensile, Paolo Abram

La membrana impermeabilizzante integrata (elemento di tenuta) dovrà essere resistente alle azioni meccaniche, flessibile, molto ben aderente, priva di sostanze tossiche per le piante, resistente ai vari prodotti che potrebbero venir utilizzati per mantenere il verde quali fertilizzanti e fitofarmaci, composta da materiali antiradice.

Le nuove membrane sono realizzate con bitumi distillati e resine ed elastomeri che ne garantiscono una maggiore elasticità.

E' opportuno che la soletta abbia una certa pendenza affinché garantisca il deflusso dell'acqua.

Tabella 4. pendenza della soletta

Pendenza	Inclinazione	Inclinazione	Pendenza
1%	~0,6°	1°	~ 1,7%
3%	~1,7°	3°	~ 5,2
10%	~5,7°	10°	~ 17,6

Per quanto riguarda la GUAINA ANTIRADICE, bisogna tener conto che le radici delle piante tendono ad essere molto aggressive nei confronti della membrana impermeabile. Per evitare che queste provochino danneggiamenti è opportuno stendere una speciale guaina antiradice al di sopra della membrana impermeabile. La guaina non deve presentare tossicità per le piante e, devono essere utilizzate, anche nel caso di tappeto erboso, piante erbacee e arbusti di piccole dimensioni.

Lo STRATO DI ACCUMULO E PROTEZIONE MECCANICA viene posato direttamente sopra lo strato antiradice o impermeabile integrato. Serve ad attutire i colpi dovuti a sollecitazioni meccaniche che avvengono sugli strati superiori evitando così danni all'impermeabilizzazione, anche nella fase di predisposizione del tetto verde. Tale strato svolge inoltre una funzione di accumulo di acqua nei momenti di stress idrico.

Lo STRATO DRENANTE, FILTRANTE E COLTURALE serve per creare un equilibrio in tutto il sistema permettendo una riduzione di acqua che arriva negli scarichi ma anche un ristagno idrico eccessivo sul tetto verde.

Lo strato drenante può essere composto da materiali di origine minerale e strati drenanti in plastica preformati in piastre o rotoli.

Fra i materiali naturali che vengono utilizzati vi sono l' argilla espansa, il pomice, la perlite, il lapillo vulcanico e la ghiaia.

Per quanto riguarda invece i materiali prefabbricati in materiale plastico, sono strutturati in modo che si creino degli spazi pieni e vuoti dove l'acqua possa defluire senza problemi e senza incontrare ostacoli fino agli scarichi.

Lo SPESSORE DELLO STATO DRENANTE presenta delle misure che variano sostanzialmente a seconda del tipo di impianto che verrà realizzato sul giardino pensile e generalmente si va da:

- 5-10 cm., nel caso di piante erbacee e tappezzanti;
- 10-20 cm., nel caso dei tappeti erbosi e piccoli arbusti;
- 20-30 cm., nel caso di alberi e grandi arbusti.

Nel caso di strati drenanti prefabbricati in plastica, lo spessore varia dai 2,5 cm ai 12 cm.

Tutti questi dati variano comunque in base a pendenza, spessore del substrato, vegetazione e dai vari eventi piovosi durante l'anno.

Lo STRATO COLTURALE comprende lo strato dove le piante verranno messe a dimora e dove radicheranno. Un buon rapporto di aria, sostanze nutritive e acqua costituisce un ottimo strato fertile su cui le piante possono svilupparsi. Normalmente vanno preferiti terricci alleggeriti con argilla espansa, pomice, lapillo vulcanico ecc., che oltre a ridurre il peso complessivo dello strato fertile aiutano una maggior radicazione e un maggior deflusso idrico. Lo strato fertile ha uno spessore che varia a seconda della portata della soletta, di conseguenza la scelta principale incide sulle specie vegetali.

La necessità o meno di avere un IMPIANTO DI IRRIGAZIONE più o meno complesso varia sicuramente dal tipo di verde pensile che si predispone, ma anche dal clima, dall'esposizione, dal tipo di vegetazione, dalla piovosità annua, ecc. Non vi è alcun dubbio riguardo all'aumento esponenziale dell'evapotraspirazione di un tetto coperto a verde rispetto a un giardino tradizionale. L'elevato irraggiamento fa aumentare le temperature e provoca una rapida diminuzione dell'umidità nel suolo (Palla et al., 2009).

2.2 IL VERDE PENSILE ESTENSIVO

Tenuto presente che il presente lavoro andrà ad analizzare nella terza parte l'inerbimento di una zona industriale nel vicentino, come sistema integrativo per diminuire l'eccessivo deflusso idrico, si ritiene opportuno porre particolare attenzione al verde pensile estensivo in quanto copertura più adeguata alle costruzioni presenti in una zona industriale. Necessita di una limitata manutenzione e sopporta bene la carenza d'acqua.

Normalmente quindi, questo tipo di verde pensile non richiederebbe un impianto di irrigazione, dato che comunque l'intero sistema è comunque ben adatto per resistere a periodi di siccità. Ma questo però può valere principalmente per i luoghi dove il sistema a verde pensile estensivo si è sviluppato principalmente, ovvero i paesi del nord Europa.

E' quindi opportuno valutare caso per caso la necessità, anche per questo inverdimento pensile, di provvedere alla predisposizione, in fase di realizzazione, di un impianto irriguo che può essere a goccia con tubazioni auto gocciolanti, con irrigatori statici o dinamici.

Per la REALIZZAZIONE DELLO STRATO VEGETALE è di fondamentale importanza tenere conto di alcuni fattori come: clima e microclima, sole ed ombra.

Questi fattori influiscono fortemente la progettazione di un giardino, poiché è evidente che le piante che verranno a interessare il progetto vivono meglio se hanno affinità con la regione e le manifestazioni atmosferiche che la caratterizzano. Infatti, le piante spontanee offrono una massima compatibilità nelle zone in cui vegetano, tuttavia, la maggiore parte delle specie vegetali sono in grado di tollerare condizioni ambientali anche diverse da quelle ottimali e possono, quindi, venire inserite in climi diversi previa però, un'attenta analisi ecologica. Nel

quadro climatico generale esistono poi delle variazioni locali raggruppabili sotto il nome di microclima. L'esposizione, l'ubicazione e l'altitudine, sono tra i fattori a cui maggiormente si deve prestare attenzione soprattutto nel caso della progettazione di una copertura a verde; infatti, un esempio, la temperatura nelle città può superare di diversi gradi quella delle campagne limitrofe, pertanto, molti giardini urbani presentano un microclima così favorevole, da offrire la possibilità di utilizzare essenze vegetali di tipo mediterraneo in climi meno favorevoli.

La quantità di SOLE E DI OMBRA, il momento in cui cade la luce nei diversi momenti del giorno determinano l'esposizione del giardino. Di fondamentale importanza è la sua determinazione al fine della scelta delle specie vegetali da utilizzare (Lepore, 2004).

I giardini pensili vivono talvolta in condizioni estreme, inondati di sole, battuti dal vento e talvolta in quelli urbani, soffrono di ombre provocate da edifici o grandi alberature che si trovano nelle loro vicinanze. Tuttavia, nella progettazione di una copertura a verde è importante verificare, inoltre, le tipologie di verde attuabile, al fine di identificare la funzione che la copertura deve soddisfare, quindi, l'eventuale stile da applicare e infine le essenze vegetali da utilizzare.

La natura, quando si progetta, dovrebbe essere un costante punto di riferimento sia in termini di rispetto sia come fonte d'ispirazione. Qualunque sia il luogo e lo stile che verrà adottato per progettare un giardino, ispirarsi alle condizioni naturali è il percorso migliore per ottenere una sistemazione equilibrata.

Nelle tabelle sono elencate le principali specie e varietà di erbacee ed erbacee perenni correntemente utilizzate per la realizzazione di inverdimenti estensivi a manutenzione ridotta o molto ridotta. I Sedum si prestano particolarmente in quanto piante dotate di resistenza al freddo e

alla siccità, buona autorigenerazione e auto semina, consentendo in questo modo di contenere i costi per l'approvvigionamento e per la posa (Lunholm et al., 2010).

Tabella 5. Specie di Sedum impiegate.

	Altezza	Colore	Periodo di fioritura
Sedum album L.	5-10	Bianco	6-8
Sedum cauticulum (Praeger)	10-15	Rosso	8-9
Sedum floriferum var. weihenstephaner Gold	10-15	Giallo oro	5-6
Sedum hybridum var. immergriunchen	10-15	Giallo	6-8
Sedum reflexum L.	10-15	Giallo	6-7
Sedum saxangulare	5-10	Giallo	6-7
Sedum spurium M. Bieb.	10-15	Rosso/bianco	7-8

Fonte: Il verde pensile, Paolo Abram



Tabella 6. Specie di piante pluriennali impiegate.

	Altezza	Colore	Periodo di fioritura
Achillea millefolium L.	40	Bianco	6-9
Allium schoenoprasum L.	20-40	Viola	6-8
Anthemis tinctoria L.	30-40	Giallo	6-9
Bromus erectus Huds.	30-40	Verde	6-10
Bromus tectorum L.	30-60	Verde	6-9
Campanula carpatica Jacq.	15-20	Blu chiaro	6-8
Carex flacca Schreb.	10-25	Marrone	5-6
Centaurea cyanus L.	30-50	Blu	6-10
Dianthus carthusianorum L.	40	Rosso	6-9
Dianthus deltoids L.	20-25	Rosso	6-9
Dianthus plumarius L.	25-30	Rosa/bianco	5-6
Echium vulgare L.	30-40	Blu	6-9

Festuca amethystina L.	25-40	Grigio blu	6-8
Hieracium pilo sella L.	10-15	Giallo	5-10
Lavandula angustifolia Mill.	40-60	Viola	6-7
Linaria vulgaris Mill.	20-60	Giallo	6-10
Origanum vulgare L.	30-40	Rosso/rosa	7-9
Potentilla neumanniana Rchb.	5-10	Giallo	3-4
Prunella vulgaris L.	10-15	Viola	6-8
Salvia pratensis L.	50	Viola	6-7
Sanguisorba minor Scop.	60-80	Rosa	7-9
Saponaria ocymoides L.	15-20	Rosa	5-7
Teucrium chamaedrys L.	10-20	Porpora	7-8
Thymus serpyllum auct. Non L.	5	Violetto	5-9
Thymus vulgaris L.	20-30	Lilla chiaro	7-9
Verbascum phoeniceum L.	30-50	Viola	5-6

Fonte: Il verde pensile, Paolo Abram



Attualmente alcune sperimentazioni stanno volgendo verso l'utilizzo di specie xerofite che sono prese da ecosistemi Mediterranei e che sono particolarmente aridi.

La peculiarità di questi ecosistemi sono: scarsa trattenuta idrica, minimo orizzonte suolo esplorabile e bassa fertilità.

Lo scopo della sperimentazione è quello di selezionare specie idonee nei vari ecosistemi Mediterranei e validare la loro adattabilità e performance agronomica in collocazione di verde pensile estensivo. Tali specie sono ricavate da:

1. Cave abbandonate:

- Scrophularia canina L.
- Satureja montana L.
- Euphorbia characias L.
- Calamintha nepeta L.
- Ruta chalepensis L.



2. Ambienti rocciosi:

- Lavandula stoechas L.
- Centratherus ruber

3. Garighe

- Euphorbia spinosa L.



4. Prati

- Scabiosa columbaria L.
- Imperata cilindrica L.
- Dianthus carthusianorum L.

5. Rocce litoranee

- Crithmum maritimum L.

6. Coste rocciose

- Ameria pungens Link
- Helichrysum italicum Roth
- Helichrysum italicum subsp.
Microphyllum



- Euphorbia pithyusa L.

7. Ambienti retro-dunali

Glaucium flavum Crantz

8. Dune

Otanthus maritimus L.



(Dipartimento di Biologia delle Piante Agrarie, Università di Pisa, 2012)

PARTE TERZA

IL VERDE PENSILE NELLA ZONA INDUSTRIALE DI S. AGOSTINO A VICENZA COME SISTEMA INTEGRATIVO PER DIMINUIRE L'ECESSIVO DEFLUSSO IDRICO.

Per comprendere come gli interventi integrativi a quelli ingegneristico-idraulici possano contribuire ad evitare il fenomeno delle esondazioni, è stata ipotizzata la copertura di alcuni capannoni industriali con vegetazione e stimata la conseguente diminuzione del deflusso idrico delle acque meteoriche dovuto alla capacità di ritenzione della vegetazione. Il territorio preso in considerazione è la zona industriale di S. Agostino a Vicenza.

1 ALCUNI ELEMENTI TEORICI:

IL VOLUME DI RITENZIONE ED IL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Come detto il tetto verde si colloca tra gli interventi tecnologici atti a contrastare l'impermeabilizzazione del suolo, con l'effetto di rallentare e attenuare i deflussi superficiali. Essi rappresentano una forma di gestione del ciclo idrogeologico urbano svincolata dalla pianificazione di interventi infrastrutturali alle reti drenanti, agli acquedotti o ai corpi fluviali, che richiedono investimenti economici ingenti da parte delle amministrazioni pubbliche. La loro efficacia è effettiva ed è tanto più significativa, in termini quantitativi, quanto maggiore è la loro diffusione. Fra le comuni pratiche di gestione dei deflussi urbani si annoverano le pavimentazioni permeabili, i bacini di infiltrazione, i drenaggi superficiali, i pozzi perdenti, le zone umide, e proprio all'interno di questo gruppo rientrano le coperture a verde in quanto costituiscono dei veri e propri "bacini sopraelevati" di raccolta dell'acqua piovana.

Sappiamo infatti che l'acqua rilasciata dalle coperture a verde è sempre inferiore all'acqua che fuoriesce dal sistema stesso. La differenza è dovuta ai meccanismi di evaporazione del terreno e la traspirazione delle piante presenti sul substrato. Questo volume d'acqua che viene sottratto al deflusso superficiale dal substrato è chiamato "volume di ritenzione" e si esprime attraverso un valore numerico chiamato coefficiente di deflusso α , che indica il rapporto fra la quantità d'acqua rilasciata (deflusso) e la quantità d'acqua captata dalla superficie stessa (pioggia); esso è un numero compreso fra 0 e 1 e più si avvicina a un valore prossimo a 0 più la superficie è permeabile.

Tabella 7. coefficienti di deflusso in rapporto al tipo di superficie.

Tipo di superficie	Coefficiente di deflusso α
Asfalto o piastre con fuga sigillata	0,85 – 0,90
Porfido con fuga sigillata	0,75 – 0,85
Porfido con fuga non sigillata	0,30 – 0,70
Impianti sportivi in materiale sintetico	0,60
Copertura inclinazione > 3°	0,90 – 1
Copertura inclinazione < 3°	0,80
Copertura con zavoratura in ghiaia	0,70
Copertura piana a verde semintensivo con strato colturale = 15 – 25 cm	0,30
Terra, cortile	0,10 – 0,20
Giardino, orto, area, verde	0 – 0,10

Fonte: Abram, "Giardini pensili"

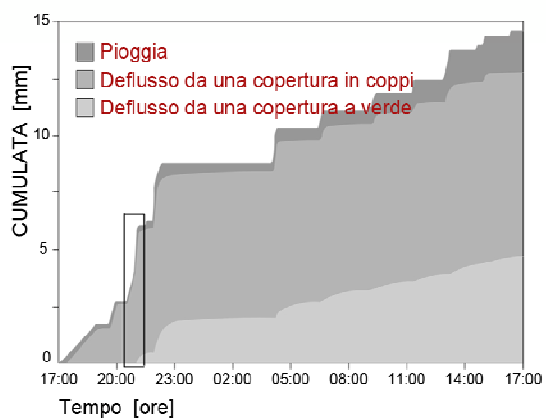
2 RITARDO DEL CONFERIMENTO, RIDUZIONE DELL'ALTEZZA DI PICCO E RIDUZIONE COMPLESSIVA DEI VOLUMI D'ACQUA CONFERITI

Nel complesso le coperture verdi esplicano tre funzioni molto importanti per quanto riguarda la regimazione idrica delle acque meteoriche in ambito urbano. La prima riguarda la capacità di accumulo del sistema a verde e la condizione di massima saturazione (cioè di completa imbibizione), precedente al rilascio dell'acqua in eccesso, viene raggiunta in un arco di tempo relativamente lungo: tale fenomeno si definisce "ritardo del conferimento" e in un contesto urbano costruito, dove la maggior parte delle superfici orizzontali convogliano rapidamente ingenti volumi d'acqua, produce il vantaggio di condurre l'acqua piovana verso i sistemi di drenaggio urbano in modo differito nel tempo.

Un'altra proprietà riguarda la cosiddetta "riduzione dell'altezza del picco" nella coperture a verde rispetto alle coperture impermeabilizzate il picco non solo viene conferito in ritardo, ma assume un valore significativamente inferiore. Da questo risulta che la copertura verde non partecipa alla generazione dei picchi di deflusso delle reti di drenaggio urbano durante il verificarsi degli eventi meteorici.

Infine emerge un'ultima proprietà: "la riduzione complessiva dei volumi d'acqua conferiti", cioè la quantità di acqua defluita dalla copertura a verde è significativamente inferiore a quella fuoriuscita da una copertura impermeabilizzata (E. Giacomello, 2012).

RITENZIONE IDRICA



DETEZIONE IDRICA

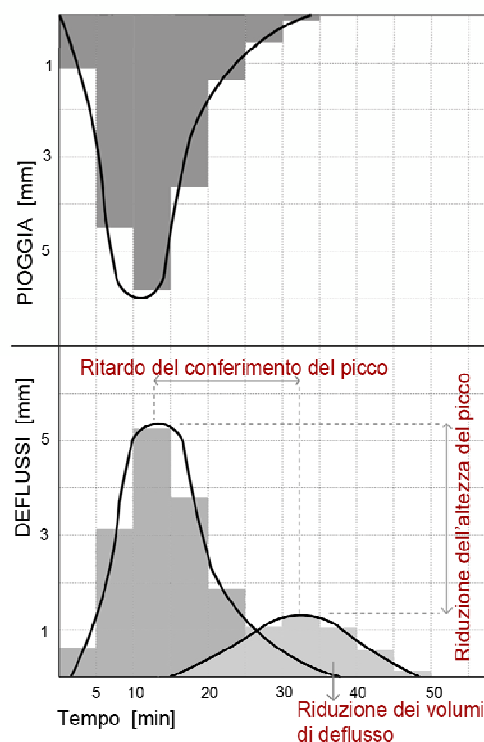


Fig. 5 coperture a verde e risorsa idrica

Fonte: E. Giacomello

Queste tre proprietà (il ritardo del conferimento del picco, la riduzione dell'altezza del picco e la riduzione dei volumi di deflusso), rese evidenti dal confronto delle curve di intensità delle due differenti tipologie di copertura, definiscono insieme la "detenzione idrica". A livello di scala urbana i benefici della detenzione idrica delle superfici si traducono nell'attenuazione dei picchi di portata alle reti di drenaggio e nel ritardo della risposta idrologica.

Tabella 8. differenze fra ritenzione idrica e detenzione idrica

	RITENZIONE IDRICA	DETEZIONE IDRICA
SCALA TEMPORALE INFLUENZA	Stagionale – annuale	Durata del singolo Evento meteorico
EFFETTI	Riduzione complessiva dei volumi di deflusso	-Riduzione dei volumi di deflusso - Riduzione dell'altezza del picco-ritardo del conferimento del picco
FATTORI INFLUENTI	-Evapotraspirazione - stratigrafia del sistema a verde	-Contenuto iniziale di umidità del substrato -Stratigrafia del sistema a verde

La capacità di regimazione idrica della copertura a verde si traduce in due differenti prestazioni, la prima è la ritenzione idrica che rappresenta l'attitudine a trattenere l'acqua, sottraendola al deflusso superficiale, nel medio/lungo termine. La seconda è la detenzione idrica che invece descrive la capacità di trattenere l'acqua nel breve termine i cui effetti sono, oltre alla riduzione dei deflussi, anche la riduzione dell'altezza dei picchi e il ritardo del loro conferimento (Lanza G. e Palla A., 2005).

Il valore della ritenzione dipende da numerosi fattori fra cui principalmente lo spessore e la composizione della stratigrafia del sistema a verde, la pendenza della copertura, ma anche l'andamento delle precipitazioni in rapporto ai fattori climatici complessivi: l'evapotraspirazione è infatti molto più intensa nelle stagioni calde e nei climi secchi.

Un substrato al pari di qualsiasi terreno, si definisce come un sistema trifasico, intendendo con il termine "fase" lo stato di aggregazione della

materia, quindi solido, liquido e gassoso. La compresenza delle tre fasi del terreno è una condizione indispensabile per la vita delle piante, infatti:

1. la fase solida assicura l'ancoraggio degli apparati radicali;
2. la fase liquida fornisce l'approvvigionamento nutritivo e idrico (le radici delle piante assorbono i minerali solo in soluzione);
3. la fase gassosa garantisce la respirazione radicale e la vita dei micro-organismi presenti.

Sulla base della definizione di substrato come sistema trifasico si evince che il rapporto equilibrato delle tre fasi è responsabile del successo della tecnologia, sia in termini di capacità agronomica (vale a dire di capacità di garantire la vita alla vegetazione che abbisogna di un substrato ben aerato, ma anche fertile), sia in termini di capacità drenante e di accumulo, in quanto è ancora il substrato il "principale gestore" dell'assorbimento e dell'allontanamento dell'acqua (Pisante M., 2010).

E' importante un certo bilanciamento delle tre fasi per determinare un giusto rapporto tra la capacità di accumulo idrico, di drenaggio sapendo che in un substrato (o terreno) l'attitudine a trattenere l'acqua è determinata dalla porosità: essa è il rapporto fra il volume degli spazi vuoti e il volume totale che il substrato occupa; per tale motivo si definisce la relazione fra la fase solida e le altre due fasi in percentuali: una porosità dell'80%, ad esempio, indica che l'80% di un volume di substrato è costituito da spazio libero e solo il 20% da materia solida. Lo spazio libero viene occupato dall'acqua o dall'aria in dipendenza dalla forza con cui il substrato è in grado di trattenere l'acqua.

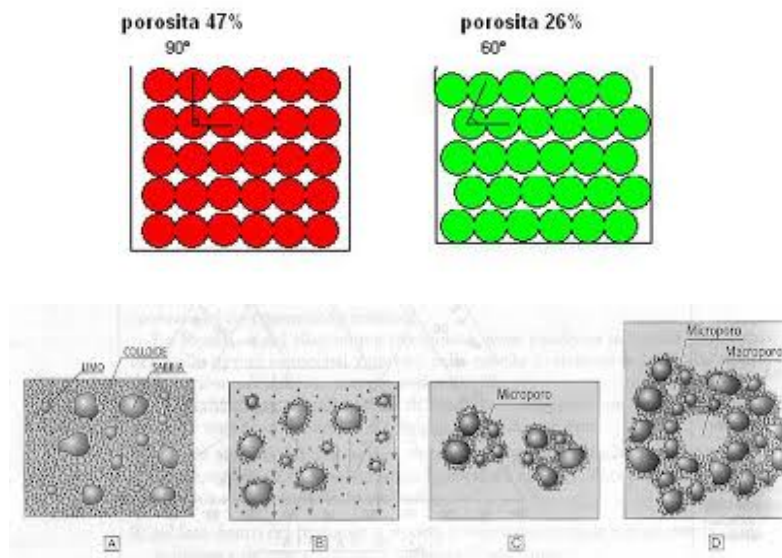


Fig. 6 porosità del terreno

A seconda della distribuzione e della percentuale dei macro e dei micro-pori è possibile definire quattro frazioni significative del contenuto d'acqua di un substrato. Questi intervalli, rappresentati schematicamente nella tabella 11 identificano l'acqua gravitazionale, capillare disponibile, capillare non disponibile e igroscopica:

1. l'acqua gravitazionale viene sottratta al substrato per effetto della forza di gravità. Essa scorre fra i macro-pori e perciò ha una permanenza limitata nel tempo. In una copertura a verde l'acqua gravitazionale è l'acqua che defluisce verso gli impianti di scarico e quindi rappresenta quella quota d'acqua captata durante gli eventi meteorici e rapidamente rilasciata;

2. l'acqua capillare disponibile è l'acqua trattenuta nei micro-pori del substrato e pertanto non sottratta dalla forza di gravità; nel momento in cui si interrompe la percolazione dell'acqua dal suolo, la parte trattenuta è costituita da questa frazione e il substrato si dice "alla capacità massima di accumulo", oppure "alla capacità di campo". L'acqua capillare disponibile si esaurisce solo per effetto dell'evaporazione del substrato e dell'assorbimento radicale. In una copertura a verde l'acqua capillare è

l'acqua di maggiore interesse in quanto facilmente disponibile per le piante; il ripristino di questa frazione è necessario per la vita delle piante e deve avvenire o per effetto delle piogge o avvalendosi di tecniche irrigue;

3. l'acqua capillare non disponibile è quel volume che si sottrae al substrato solo grazie all'evaporazione. La maggior parte delle piante, infatti, non è in grado di assimilare quest'acqua. In una copertura a verde l'acqua capillare non disponibile è quindi in parte inutilizzabile dalle piante;

4. l'acqua igroscopica è un volume infinitesimamente ridotto d'acqua che non si sottrae al terreno. In una copertura a verde questa condizione è difficilmente raggiungibile.

Ulteriormente: la forza con cui l'acqua viene trattenuta dalle particelle del suolo, che ne definisce complessivamente la capacità di ritenzione idrica, è il potenziale idrico. Tale forza è determinata in parte da una serie di forze e di tensioni dipendenti dalla composizione del suolo, quali l'imbibizione dei colloidi, la capillarità, l'osmosi e altri, che si determinano spontaneamente fra l'acqua e il substrato (Fugazza M., 2011).

2.1 PRESTAZIONI IDRICHE IN RELAZIONE A DIFFERENTI TECNOLOGIE

Le prestazioni idriche di una copertura a verde dipendono essenzialmente dalla capacità di ritenzione idrica operata dallo strato colturale e come descritto precedentemente dalla permeabilità della stessa, espressa sinteticamente attraverso il coefficiente di deflusso β , che fornisce i valori indicativi dei volumi d'acqua assorbiti dal sistema a verde e restituiti all'atmosfera per effetto dell'evapotraspirazione. La stessa capacità di ritenzione idrica riferita alla scala temporale dell' evento meteorico mette in luce ulteriori effetti virtuosi a favore del ciclo idrologico urbano e che complessivamente si possono descrivere come un rallentamento e una

diminuzione della risposta idrologica della copertura in termini temporali e quantitativi.

Il coefficiente di deflusso dipende, in primo luogo, dallo spessore dello strato colturale, e, aumentando lo spessore dello strato colturale, la ritenzione idrica della copertura aumenta in modo considerevole: un substrato di 30-40 centimetri garantisce una capacità di ritenzione idrica più che doppia (80% di acqua trattenuta e 20% rilasciata) rispetto a uno substrato di 8-10 centimetri (40% di acqua trattenuta e 60% rilasciata) (E. Giacomello, 2012).

3 UNA PROPOSTA SPECIFICA

3.1 L'INERBIMENTO DELLE COPERTURE NELLA ZONA INDUSTRIALE DI VICENZA

Con riferimento a quanto già menzionato, si riportano e si commentano di seguito i risultati che si potrebbero ottenere dall'inerbimento delle coperture degli edifici presenti nella zona industriale di Vicenza, ed in particolare, nel quartiere di S. Agostino.

L'area industriale di Vicenza Ovest, si sviluppa nella zona sud-ovest dell'abitato di Vicenza ed è un'area importante dal punto di vista economico. Le attività principali si sviluppano nel settore tessile-abbigliamento, metalmeccanico, (meccanico e siderurgico), manifatturiero, commercio e servizi.

Il quartiere di S. Agostino, a ridosso della zona industriale di Vicenza, è soggetto a frequenti esondazioni, sia per motivi geomorfologici e sia per la presenza del fiume Retrone che lo attraversa. Tutte le acque di scarico della zona residenziale e industriale e le acque meteoriche vanno a recapitare nel citato corso d'acqua il quale confluisce poi nel fiume Bacchiglione, in centro città.

Proprio perché si trova nel punto d'incontro dei due fiumi (Bacchiglione e Retrone), la città di Vicenza viene considerata una zona a rischio idrogeologico. Nel passato è stata infatti colpita da diverse alluvioni: quella del settembre 1882 e quella del 4 novembre 1966 e quella più recente di novembre 2010. Quest'ultima ha sommerso il 20% della superficie comunale provocando gravi danni e due vittime.

In data 11 novembre 2012 Vicenza ha rischiato una seconda alluvione, a distanza di soli due anni da quella terribile del 2010.

3.2 CALCOLO DELLA SUPERFICIE COMPLESSIVA DELLE COPERTURE ESISTENTI NELLA ZONA INDUSTRIALE

Per determinare la superficie complessiva e la tipologia di utilizzo delle superfici dell'area in esame si è proceduto utilizzando gli strumenti di misurazione in dotazione alla Carta Tecnica Regionale del Veneto dalla quale si è evinto che la superficie complessiva dell'area industriale di Vicenza è di 385 ha su una superficie complessiva del territorio comunale di 8052 ha.

La superficie complessiva delle coperture degli edifici esistenti corrisponde all'incirca al 55% della superficie totale (211.75 ha), la superficie costituita da piazzali, parcheggi e strade private e pubbliche corrisponde al 41% (157.85 ha) della superficie complessiva, mentre la superficie a terreno naturale non impermeabilizzate sono il 4% (15.4 ha) della superficie totale.

Secondo la normativa UNI 11235/2007 viene definita come piana una copertura continua orizzontale o sub orizzontale con pendenza fino al 5%. Le coperture piane sono normalmente oggetto di inverdimento pensile. Quasi tutti i capannoni industriali e moltissime abitazioni, anche di non recente costruzione, sono dotate di coperture piane. Per quanto attiene

alle tecniche del verde pensile, con valori superiori al 5% si inizia a parlare di coperture inclinate.

Pertanto, si ritiene a priori, che tutte le coperture della zona industriale possano essere potenzialmente inerbite.

3.3 SUBSTRATO UTILIZZATO

Per questo studio si è ipotizzato di considerare l'uso di una stratigrafia a verde estensivo con minime prestazioni idriche di regimazione e costituita da uno spessore totale di 15 centimetri. Tale stratigrafia, riportata è così caratterizzata:

- 1 lo strato colturale: costituito da un' inorganica di pietre vulcaniche di 10 centimetri di spessore, con scarsa capacità di accumulo idrico;
- 2 elemento filtrante: costituito da un foglio di propilene dello spessore di 0,6 millimetri;
- 3 elemento drenante e di accumulo idrico: costituito da un pannello preformato in polipropilene riciclato, dello spessore di 6 millimetri, caratterizzato da una capacità di accumulo idrico pari 4 litri al m
- 4 elemento di protezione meccanica: costituito da un tessuto di polipropilene riciclato di spessore pari a 5 mm.

Secondo una sperimentazione effettuata con camera della pioggia presso il laboratorio dell'azienda ZinCo GmbH in Germania, sono stati rilevati i seguenti dati:

- ritenzione idrica, descritta attraverso il coefficiente di deflusso $\varphi = 0.68$ della copertura, che definisce alla scala temporale annuale la riduzione dei deflussi e l'evapotraspirazione del sistema;
- detenzione idrica, cioè la riduzione e il ritardo dei picchi del deflusso durante il verificarsi di eventi intensi e ripetuti.

3.4 CALCOLO DEL DEFLUSSO SUPERFICIALE SENZA INERBIMENTO E DEL DEFLUSSO CON INERBIMENTO

La precipitazioni media annua nel periodo 01 gennaio 2002-31 dicembre 2012 è di 1.256 mm, dati misurati a Quinto Vicentino e forniti da ARPAV.

Tabella 9. uso del suolo nella zona industriale di Vicenza allo stato di fatto

Tipo di superficie	Superficie (ha)	Coefficiente di deflusso α	Volumi d'acqua (m ³)	Ritenzione annuale (m ³)	Totale deflusso (m ³)
coperture	211,75	0,95	2.659.580	- 132.979	2.526.601
Strade, piazze, parcheggi	157,85	0,85	1.982.596	- 297.389	1.685.207
Superfici permeabili: verde	15,40	0,10	193.424	- 19.342	174.082
totale	385,00		4.835.600	- 449.710	4.385.890

Tabella 10. coperture inerbite al 10% con coefficiente di deflusso $\alpha = 0,68$

Tipo di superficie	Superficie (ha)	Coefficiente di deflusso α	Volumi d'acqua (m ³)	Ritenzione annuale (m ³)	Totale deflusso (m ³)
Coperture inerbite	21,17	0,68	265.895	- 85.086	180.809
Coperture impermeabilizzate	190,58	0,95	2.393.685	- 119.684	2.274.001
Strade, piazze, parcheggi	157,85	0,85	1.982.596	- 297.389	1.685.207
Superfici permeabili: verde	15,40	0,10	193.424	- 19.342	174.082
	385		4.835.600	- 521.501	4.314.099

Tabella 11. coperture inerbite al 20% con coefficiente di deflusso $\alpha = 0,68$

Tipo di superficie	Superficie (ha)	Coefficiente di deflusso α	Volumi d'acqua (m ³)	Ritenzione annuale (m ³)	Totale deflusso (m ³)
Coperture inerbite	42,35	0,68	531.916	- 170.213	361.703
Coperture impermeabilizzate	169,40	0,95	2.127.664	- 106.383	2.021.281
Strade, piazze, parcheggi	157,85	0,85	1.982.596	- 297.389	1.685.207
Superfici permeabili: verde	15,40	0,10	193.424	- 19.342	174.082
			4.835.600	- 593.327	4.242.273

Tabella 12. coperture inerbite al 50% con coefficiente di deflusso $\alpha = 0,68$

Tipo di superficie	Superficie (ha)	Coefficiente di deflusso α	Volumi d'acqua (m ³)	Ritenzione annuale (m ³)	Totale deflusso (m ³)
Coperture inerbite	105,87	0,68	1.329.727	- 425.513	904.214
Coperture impermeabilizzate	105,87	0,95	1.329.727	- 66.486	1.263.241
Strade, piazze, parcheggi	157,85	0,85	1.982.596	- 297.389	1.685.207
Superfici permeabili: verde	15,40	0,10	193.424	- 19.342	174.082
			4.835.474	- 808.730	4.026.744

Tabella 13. coperture inerbite al 100% con coefficiente di deflusso $\alpha = 0,68$

Tipo di superficie	Superficie (ha)	Coefficiente di deflusso α	Volumi d'acqua (m ³)	Ritenzione annuale (m ³)	Totale deflusso (m ³)
Coperture inerbite	211,75	0,68	2.659.580	- 851.066	1.808.514
Coperture impermeabilizzate	-	-	-	-	-
Strade, piazze, parcheggi	157,85	0,85	1.982.596	- 297.389	1.685.207
Superfici permeabili: verde	15,40	0,10	193.424	- 19.342	174.082
			4.835.600	- 1.167.797	3.667.803

Tabella 14. percentuale di riduzione del deflusso totale rispetto allo stato di fatto.

Deflusso dallo stato di fatto (m ³)	Deflusso con coperture inerbite al:		Ritenzione annuale %
4.385.890	10%	4.314.099	1,64
4.385.890	20%	4.242.273	3,28
4.385.890	50%	4.026.744	8,2
4.385.890	100%	3.667.803	16,35

3.5 CALCOLO DELLA RIDUZIONE DEL VOLUME TOTALE DI ACQUE METEORICHE RECAPITANTI NEL FIUME RETRONE A SEGUITO DELL'INERBIMENTO.

La superficie complessiva delle coperture è di 211,75 ha e il volume totale del deflusso dallo stato di fatto, senza inerbimento, è 4.385.890 (m³). Il volume totale di riduzione del deflusso con inerbimento al 100% delle coperture è pari a 717.093 (m³).

Tabella 18) coperture inerbite e volume totale di riduzione del deflusso

Coperture inerbite	Volume totale del deflusso dallo stato di fatto (m ³)	% di riduzione deflusso	Volume totale di riduzione del deflusso (m ³)
10%	4.385.890	1,64	71.928
20%	4.385.890	3,28	143.857
50%	4.385.890	8,20	359.643
100%	4.385.890	16,35	717.093

3.6 INTERVENTI INTEGRATIVI PER LA RIDUZIONE DEL DEFLUSSO SUPERFICIALE

Altri interventi che possono risultare molto efficaci, per attuare la riduzione dei volumi di acqua di scorrimento superficiale, sono rappresentati dall'applicazione della disconnessione delle superfici impermeabilizzate, per esempio utilizzando pavimentazioni e parcheggi drenanti o sistemi combinati di infiltrazioni superficiali e drenaggi, pozzi perdenti, bacini di infiltrazione ecc., che consente un'infiltrazione naturale delle acque nel sottosuolo. Tali sistemi, tenuto conto che la zona industriale di Vicenza è caratterizzata da terreni a scarsa permeabilità con limi e argille prevalenti (classe di permeabilità 4a CTR Veneto), devono risultare compatibili per evitare eventuali rischi di sversamento/dilavamento di sostanze pericolose prodotte negli stabilimenti insediati nella zona.

Altro sistema per la riduzione del deflusso delle acque meteoriche è la raccolta in vasche di accumulo delle stesse e il loro riutilizzo per fasi produttive, lavaggi, irrigazioni prato, ecc.

A tal proposito, la ditta Kessel AG con sede a Lenting propone un metodo di calcolo per dimensionare le vasche di raccolta delle acque meteoriche:

$$ER=AA \times e \times hN$$

Dove: ER= apporto di acqua piovana (l/ anno)

AA= superficie di raccolta

hN = altezza delle precipitazioni

CONCLUSIONE

Con il presente lavoro, si è analizzato il fenomeno dell'eccessivo deflusso delle acque meteoriche superficiali, fenomeno che provoca notevoli danni economici in quanto principale causa delle inondazioni e che ha anche gravi ripercussioni sulla qualità delle acque superficiali.

Sono state riportate e commentate le principali tecniche ingegneristico-idrauliche atte ad evitare le esondazioni dei fiumi. Negli ultimi anni sono stati attuati interventi alternativi che, nel lungo periodo, consentono un riassetto dell'ambiente naturale con conseguente riduzione del deflusso delle acque meteoriche e tra questi rientra il verde pensile.

Si è cercato di approfondire quali potrebbero essere i benefici conseguiti se si sostituissero le coperture impermeabilizzate esistenti in una determinata area urbanizzata con delle coperture a verde pensile. A tal scopo, si è pensato di ipotizzare tali realizzazioni nell'area industriale di Vicenza.

Si è considerato inoltre, che la riqualificazione a verde di questa area che misura 385 ha, rispetto alla superficie complessiva del territorio comunale di 8052 ha, potrebbe avere importanti ricadute visto anche l'altissima percentuale di impermeabilizzazione del suolo, ben il 41% del suolo è costituito da strade e parcheggi e il restante 55% da coperture impermeabilizzate. Il presente lavoro si è concentrato sul calcolo della percentuale di ritenzione idrica annuale (o riduzione del deflusso) che si potrebbe ottenere se si convertisse le coperture impermeabilizzate esistenti in coperture a verde pensile e sul calcolo del volume totale di riduzione del deflusso di acque meteoriche recapitanti nel fiume Retrone. Per sviluppare la tesi si è attinto ad alcuni dati ottenuti da una sperimentazione effettuata dalla Prof.ssa Elena Giacomello nel 2011, in Germania, presso la ditta ZinCo GmbH. Utilizzando tali dati, ottenuti dalla sperimentazione e applicando il parametro alla realtà sopra descritta, si è

evinto che si potrebbe ottenere una ritenzione idrica annuale (o riduzione del deflusso) del 1,64% trasformando solamente il 10% delle coperture impermeabilizzate esistenti e riducendo il volume totale delle acque meteoriche defluite di 71.709 m³; questi risultati potrebbero essere moltiplicati per 10 se si trasformasse 100% delle coperture impermeabilizzate.

Si sono analizzate anche altre tecnologie per la riduzione del deflusso superficiale come l'infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo e/o il riutilizzo delle stesse previa raccolta tramite apposite vasche.

E' certamente azzardato affermare che queste tecnologie possano da sole risolvere i problemi delle esondazioni, ma se riportate su larga scala potrebbero dare un ottimo contributo alla sua risoluzione, inoltre porterebbero altri vantaggi quali ad esempio l'attenuazione del fenomeno delle isole di calore, l'abbattimento delle sostanze inquinanti presenti nell'atmosfera e la restituzione di un aspetto più naturale del paesaggio favorendo lo sviluppo della biodiversità oggi compromessa migliorando la qualità della vita e il benessere psico fisico delle persone che vivono l'ambiente.

Bibliografia:

Libri, saggi, tesi di ricerca e articoli.

Castellotti, F. 2003. Studio sperimentale degli effetti energetici di un green roof sugli edifici. Tesi di dottorato di ricerca in fisica termica. Università degli Studi di Padova.

Chiuppani, A. E. e Prest T. 2008. La progettazione del verde per il controllo microclimatico. Montefalcone: Edicom Edizioni.

Lee, H. 2007. The psychological and physiological stress relief effect of the green roof. In atti del convegno World Green Roof Congress. Minneapolis.

Robertson, C, 2006. A roof built-out analysis for the University of Cincinnati: quantifying the reduction of stormwater run-off. Tesi di Master of Community Planning. University of Cincinnati.

Shirley, C. 2003. The sustainability value of the green roof as a water recycling system in urban location. In atti del convegno World Green Roof Congress. Chicago

D'archivio S. 2007. Interazione animale-ambientale e criteri di progettazione degli edifici per l'allevamento ai fini della riduzione dello stress da caldo. Tesi di Dottorato Università di Bologna, Bologna.

Oke T. R. 1982. The energetic basis of the urban heat island. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 108(455), 1-24.

Repapis C. C., Philandras C. M., Kalabokas P. D., Zanis P., & Zerefos C. S. 2007. Is the last years abrupt warming in the National Observatory of Athens records a climate change manifestation. Global NEST Journal 9(2), 107-116.

Morano N., 2009. Danni da allagamenti a risorse ambientali. Una stima basata sulla Contingent Valuation. Pubblicazioni Ce. SET, (34).

Dajoz R., & Dajoz R. 1972. Précis d'écologie. Dunod.

Sotgiu I., & Galati D. 2008. La risposta psicologica ai disastri: una rassegna della letteratura. Milano: Franco Angeli.

Giuliaci M., Giuliaci A., & Corazzon P. (Eds.). 2010. Manuale di meteorologia. Alpha Test.

Giacomello E., 2012. Prove di coefficiente di deflusso e utilizzo dei dati. Milano: Francoangeli.

Martini F., Palma M. e DeVecchi E. 2005. I tetti verdi e la bioarchitettura. Trieste: Comune

Abram P. 2004. Giardini pensili. Coperture a verde e gestione delle acque meteoriche. Napoli: Sistemi Editoriali.

Pittalunga I., Schenone C., Palla A. e Lanza G. 2009. Le prestazioni acustiche del verde pensile: assorbimento sonoro di coperture di diversa configurazione. In Atti del seminario 2ª giornata di studio sull'acustica ambientale, 9. Arenzano (GE) Università degli Studi di Genova. Facoltà di Ingegneria.

Sanesi G. 2001. Le aree verdi e periurbane: Situazione attuale e prospettive nel medio termine. In Atti del convegno Realizzazione e gestione delle aree verdi e periurbane Firenze: Agenzia Regionale per lo Sviluppo del Settore Agricolo-forestale 17 ottobre

Benvenuti S. 2010. Ecosistemi come fonte di germoplasma per la biodiversità urbana. In Atti del seminario Orti e giardini senza terra per le città del futuro. 0-9. Pisa: Facoltà di Agraria 5 febbraio

Kessel . 2011 Impianti di recupero dell'acqua piovana <http://www.Kessel-italia.it/>

Abram P. 2012. Esperienze di applicazione diretta della norma UNI 11235/2007 e dell'indice R.I.E. a Bolzano. In Atti Costruire meglio? Per un rapporto tra edilizia e ambiente. Como: Fondazione Minoprio.

Billi R. 2012. Evoluzioni innovative nei sistemi di verde pensile. In Atti del seminario Le coperture a verde: aspetti innovativi e realizzazioni pratiche. Como: Fondazione Minoprio.

Banting D., Doshi H., Li j., Missios P. 2005. Report on the Environmental Benefit and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto. Toronto: Dept. of Architectural Scienze, Ryerson University.

Frangi P. 2012. La ricerca sul verde pensile in Italia. In Atti del seminario Le coperture a verde: aspetti innovativi e realizzazioni pratiche. Como: Fondazione Minoprio.

Lotto V. 2011. Guida pratica ai sistemi di copertura a verde. Abram P. Libera Università di Bolzano- Facoltà di Scienze e Tecnologie. Bolzano

Abram P., Salchegger H. 2006. Verde pensile in Italia e in Europa. Milano Il Verde Editoriale.

Provincia Autonoma di Bolzano. 2013. Gestione sostenibile delle acque meteoriche.

Harpo Group. 2013. Progettazione giardini pensili. Gestione delle acque meteoriche.

Palla A., e Lanza L.G., 2006. Il Verde Pensile e la Gestione delle acque meteoriche in ambiente urbano. In Atti del convegno IV Giornata di studio Acqua di Prima Pioggia "Gestione delle acque ed ambiente urbano sostenibile. Genova: Dipartimento Ingegneria Ambientale- Università di Genova. 24 novembre

Fanchino E. e Laddaga M., 2008. Tetti verdi e acqua per una riqualificazione ecocompatibile degli insediamenti industriali. Relatore Depaoli A., Correlatore Montacchini E. Facoltà di Architettura, Politecnico di Torino. Torino

Baldi A., Zitella P., RE-WATER: risparmiare acqua nell'industria si può e conviene. Subito. Studi di fattibilità ed alcuni esempi pratici, in "l'ambiente" n.2, marzo-aprile 2005, p.p. 15-19.

Verri G., 2011. La gestione delle acque meteoriche nelle aree urbanizzate. In Atti del convegno L'esperienza operativa della Provincia Autonoma di Bolzano 1-19. Gorizia: Università degli Studi di Udine, 5 novembre.

VanWoert N. D., Bradley Rowe D., Andersen J.A., Rugh C. L., Fernandez R. T. and Xiao L. 2005. Green roof stormwater retentions. Journal of Environmental Quality 34: 1036-1044

Lazzarin R. M., Castellotti F. and Busato F., 2005. Experimental measurements and numerical modelling of a green roof. *Energy and Building* N° 37 Todorovic B.

Villareal E. L. and Bengtsson L., 2004. Response of sedum-roof to individual rain events. *Ecological Engineering* N° 25 Mitsch W.J.

Getter K. L., Bradley Rowe D. and Andersen J. A ., 2007. Quantifying the effect of slope on extensive green roof stormwater retention. *Ecological Engineering* n° 31 Mitsch W.J.

Clark C., Adriaens P. and Talbot B., 2008. Green roof valuation: a probabilistic economic analysis of environmental benefits. *Environmental Science and Technology* N° 42 Iowa City Schnoor J.

Mentens J., Raes D. and Hermy M. 2006. Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21 st century? *Landscape and Urban Planning* N° 77 Xiang W. N. and Gobster P.

Fioretti R., Palla A., Lanza L.G. e Principi. 2010. Green roof energy water related performance in the Mediterranean climate. *Building and Environment*. N° 45 Chen Q.

Czemiel J.and Berndtsson J.C. 2010. Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. *Ecological Engineering* N° 36 Mitsch W.J.

Berghage R., Jarret A., Beattle D. ,Kelley K., Husain S., Rezai F., Long B., Negassi A. and R.Cameron. 2007. Quantifying evaporation and traspirational water losses from green roofs and green roff media capacity for neutralizing acid rain. The Pennsylvania State University

Internet

Plose One. 2013. Plants species and functional group combinations affect green roof ecosystem functions.
<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0009677>

Regione Veneto. 2013. Verso il nuovo PTRC. Relazione sulla sicurezza idraulica. Assessorato alle Politiche per il Territorio Segreteria Regionale Ambiente e Territorio Direzione Pianificazione Territoriale e Parchi.
http://www.ptrc.it/paesaggio/wp-content/uploads/2012/07/Bixio_Relazione_idraulica.pdf

Fondo Ambiente Italiano. 2012. Terra rubata. Viaggio nell'Italia che scompare. Le analisi e le proposte di FAI e WWF sul consumo del suolo.
http://www.fondoambiente.it/upload/oggetti/ConsumoSuolo_Dossier_fi_nale-1.pdf

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura, Ambientale. 2004. Frammentazione ambientale connettività reti ecologiche. Un contributo teorico e metodologico con particolare riferimento alla fauna selvatica.
<http://dau.ing.univaq.it/planeco/battisti.pdf>

Accademia Italiana di Scienze Forestali. 2012. Direttiva habitat e conservazione della biodiversità vegetale.

http://www.aisf.it/atticns/pdf/volume%201/09%20Biondi_et_al1.pdf

Nunatak. 2013. Gestione faunistica.

<http://www.nunatak.it/approfondimenti/capitoli/Bonesi%208%20Reti%20Oecologiche%202008.pdf>

Università degli Studi di Siena. 2013. Sviluppo di metodi per il monitoraggio di acque e sedimenti.

<http://www3.unisi.it/ricerca/dottorationweb/sc-chimiche/Ita/dottorandi/relazionipdf/XX/rel1aTassi.pdf>

Università degli Studi di Pavia. Inquinamento delle acque meteoriche di dilavamento. Il caso del bacino residenziale di Cascina Scala (Pavia).

http://www-3.unipv.it/webidra/02idraulicaUrbana/index_file/18.pdf

La Domenica di Vicenza. 2013. L'alluvione un anno dopo: pesante eredità.

http://www.ladomenicadivicenza.it/a_ITA_4428_1.html

Wikipedia. 2013. Isola di calore. Il caso Atene.

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

Regione del Veneto. 2013. Infrastruttura dei Dati Territoriali del Veneto.

<http://idt.regione.veneto.it/app/metacatalog/>

Google Planimeter. 2013. Measure areas instrument.

<http://acme.com/planimeter/>

Wikipedia. 2013. Storia dei fiumi di Vicenza. Alluvioni del Veneto.

<http://it.wikipedia.org/wiki/Vicenza>