

INDICE

	Pagina
Abstract	3
Introduzione	4
Obiettivi	7
Capitolo 1: Superfici impermeabili e permeabili	8
1.1 Differenze tra pavimentazione tradizionale e permeabile	11
Capitolo 2: Applicazioni	12
Capitolo 3: La permeabilità	13
Capitolo 4: Progettare e realizzare una pavimentazione permeabile (PP)	15
4.1 Lo strato superficiale	17
4.2 La base	18
4.3 Livello di separazione e ulteriore filtro per la qualità dell'acqua	18
Capitolo 5: Categorie di superfici permeabili	19
5.1 Presentazione di alcune tipologie e vetrina di prodotti	19
1.Masselli porosi/calcestruzzo modulare permeabile	19
2.Masselli con fughe inerbite/con ghiaia	19
3.Eco-Stone	20
4.Grigliati in calcestruzzo inerbite/con ghiaia	20
5.Grigliati plastici inerbite/con ghiaia	21
6.Calcestruzzo drenante	22
7.Asfalto poroso	22
8.Sterrato e sterrato inerbite	23
5.2 Valutazione di diverse pavimentazioni permeabili	23
5.3 Asfalto e calcestruzzo drenanti a confronto	24
Capitolo 6: Gestione e manutenzione	25
6.1 Limiti	26
Capitolo 7: Vita effettiva di una pavimentazione permeabile	27
Capitolo 8: Inquinanti	32
Capitolo 9: Innovazione e consapevolezza per una attenta gestione delle acque meteoriche	34
Capitolo 10: Associazioni di sistemi	38
10.1 Ammendanti	39
10.2 Giardini pluviali – Rain Gardens	39
10.3 Pozzi aridi	39

10.4	Depressioni inerbite	40
10.5	Trincee d'infiltrazione	41
10.6	Gli alberi	42
10.7	Immagazzinare l'acqua	43
10.7.1	I pozzi di Venezia	44
Capitolo 11: Costi		46
Conclusioni		49
Bibliografia		51
Sitografia		53
Immagini		54

ABSTRACT

Mentre l'impermeabilità del territorio assume le vesti della separazione, del distacco e dell'indifferenza tra una parte ed un'altra, tra la superficie esterna ed il suolo sottostante, le superfici permeabili esercitano la capacità di mettere in comunicazione il dentro con il fuori, di non essere ostacolo ma passaggio, tenendo connesse le parti che compongono l'intero sistema Terra. Questi sistemi di drenaggio sostenibile riescono a filtrare l'acqua e depurarla da certi quantitativi e tipologie di inquinanti che può contenere e possono essere chiamati SUDS, LID, BMP o WSUD, a seconda della parte del globo in cui ci si trova. Il sottoinsieme che viene considerato in questo lavoro è quello delle superfici carrabili e pedonali permeabili, le quali devono essere progettate, realizzate e gestite con cura ed attenzione affinché siano efficaci. I materiali principali che compongono le diverse tipologie sono sabbia, ghiaia, conglomerati, acqua, terra e a volte piante. Esse tutelano i cicli naturali e contribuiscono perchè questi siano mantenuti in ambito urbano, per riequilibrare l'idrologia di un territorio; migliorano e mitigano il microclima e quelli vegetati anche l'estetica della città e la qualità della vita degli abitanti; riducono il rischio idraulico e potenziano la componente ecologica del paesaggio.

While the impermeability of the territory takes on the guise of separation, of detachment and indifference between parts, between the outer surface and the underlying soil, permeable surfaces have by themselves the natural ability to connect the inside with the outside, acting not as barrier but as a carrier, connecting the parts constituting the whole Earth system. These sustainable drainage systems manage to filter the water and clean it from certain types and amounts of pollutants that it may contain, and they are called SUDS, LID, BMP or WSUD, depending on which part of the globe you are. The subset of systems considered in this analysis is that of *permeable pedestrian and vehicular areas*, which have to be designed, constructed and maintained with care and attention in order to be effective. The most important materials that constitute the different system typologies are sand, gravel, conglomerates, water, compost and, in certain cases plants. They protect natural cycles and help to maintain them in urban areas, to rebalance the hydrology of an area. They improve and mitigate the microclimate and the aesthetics of the city and, when including plants, also the quality of life of the inhabitants. They reduce the hydrological risk and enhance the ecological component of the landscape.

INTRODUZIONE

Nel momento di pensare ad un argomento per la mia tesi di laurea triennale ho scelto di approfondire la tematica riguardante i sistemi sostenibili di drenaggio in ambiente urbano (Sustainable Urban Drainage System, SUDS) concentrandomi sulla gestione in-situ delle acque meteoriche che, nello specifico, ricadono su superfici pedonali e carrabili come marciapiedi, piste ciclabili, parcheggi, aree di sosta o di transito, pavimentazioni, vialetti e patio di spazi pubblici e privati a grande e piccola scala.

L'acqua mi dà sempre l'idea di qualcosa che scroscia e scivola, che rinfresca e disseta come solo questo liquido trasparente, senza odore né sapore sa fare. L'acqua si sente nello sciabordio delle onde che giungono a riva, nello scrosciare tra i sassi di un torrente, nel picchietto delle gocce, più piano o più forte, che battono sul tetto, sul piazzale o sulla strada. Un pomeriggio di febbraio mi son trovato a parlare di acqua e i miei interlocutori capovolsero la mia rilassante visione così: «Ogni anno io e mia moglie andiamo in un parco naturale in cui ci siano ruscelli, cascate e laghi: per riconciliarci e ritrovare la pace con l'acqua.» Con queste poche parole mi hanno fatto capire quanto la stessa acqua che io piacevolmente sento battere sulle tegole e riempire le grondaie, a distanza di pochi chilometri o addirittura di solo qualche metro, possa diventare un vero incubo.- «Oggi piove e per il momento piano, così io sto tranquilla, ma sempre all'erta e se la pioggia si fa più forte comincio a guardare in strada sperando che i tombini continuino a ricevere l'acqua. Se le previsioni dicono che sono previste forti piogge o temporali allora comincia la paura dell'allagamento. Chi ci ripagherà del tempo, delle fatiche, della rabbia, della frustrazione e della disperazione...? Vorremmo solo poter vivere serenamente in casa nostra, senza l'angoscia che ti prende sentendo piovere forte e che se arriva l'acquazzone diventa panico».

Paura di un pericolo che in questi ultimi anni si è dimostrato effettivo e distruttivo, a volte mortale. Esondazioni, inondazioni, allagamenti: quantità di acqua impreviste in luoghi non predisposti ad accoglierle, o, in altre parole, alterazione del ciclo idrologico.

Il punto di rottura del ciclo dell'acqua si individua nell'immensa barriera che si inserisce nel suo percorso nel momento in cui cade dal cielo su una superficie impermeabile. La forte o totale assenza di infiltrazione, porta a più risvolti negativi.

Le falde acquifere sottostanti perdono la diretta fonte di approvvigionamento, rischiando così di essere destinate all'esaurimento. La mancanza d'acqua per le aree verdi nell'ecosistema complesso o semplificato come quello strettamente cittadino, popolate da specie di flora e

fauna, di dimensioni ampie o ristrette che siano, provoca nell'immediato una certa difficoltà di crescita per la vegetazione e il peggioramento del microclima urbano e del clima in generale; le piante infatti, svolgono il gratuito e silenzioso compito di raffreddare la Terra, ossigenare l'aria, trattenere le polveri e migliorare la qualità della vita di tutti. Senza acqua, non c'è vita, ma quando c'è troppa acqua, è comunque un problema: richiede l'obbligata e forzata gestione di quei quantitativi da parte dell'uomo.

Questa è la situazione raggiunta dopo anni di politiche assenti o permissive nei confronti del consumo di territorio.

L'Italia è diventata una Repubblica fondata sul cemento. Il nostro Paese ha cavalcato negli ultimi decenni un'urbanizzazione estesa, veloce e talvolta violenta. Un vero e proprio cancro che avanza alla velocità di oltre 100 Km² all'anno, 30 ettari al giorno, 200 mq al minuto. Dal 1950 ad oggi, un'area grande quanto il Trentino Alto Adige e la Campania è stata seppellita sotto il cemento (Finiguerra 2010). Sono 4.500 gli ettari di terreno agricolo e rurale che ogni anno vanno perduti nel Veneto a causa dell'impermeabilizzazione del suolo. Nell'Unione Europea, gli ettari perduti ogni giorno sono addirittura 250 e la Commissione Europea spende 38 miliardi all'anno a causa del degrado del suolo. In Italia la percentuale di terreno impermeabilizzato raggiunge il 57% e a farne le spese sono i migliori suoli dal punto di vista agronomico e paesaggistico. La continua sottrazione di suolo agricolo determina degli alti costi sostenuti da tutta la collettività: in Italia ogni mese 7 persone perdono la vita a causa di dissesti idrogeologici, 800 milioni di euro all'anno vengono invece spesi per interventi di recupero, 1 miliardo di euro è stanziato dalla Protezione Civile. Se a questi costi si vanno poi ad aggiungere i valori non stimabili economicamente legati al suolo, come ad esempio quello paesaggistico, ci si rende conto di come sia ormai necessaria una maggiore sensibilità e attenzione a questo fenomeno (Veneto Agricoltura, 2012).

Il suolo non è solamente la superficie su cui ci muoviamo, ma è anche la terra che ci fa vivere. Manca ancora una percezione globale del fenomeno e c'è poca consapevolezza sul fatto che il suolo sia una risorsa esauribile (Aldo Scarpa, 2009).

Nelle aree urbanizzate la maggior parte dell'acqua di pioggia scorre superficialmente (runoff), non si infiltra, raggiunge depressioni, tombini, tubazioni di scarico e canali scolmatori in un moto-da-luogo, giungendo mete il più delle volte lontane e nel frattempo sporcandosi, inquinandosi con polveri sottili, residui di metalli pesanti, olii e qualsiasi altra sostanza che trascina con sé nel percorso: una risorsa preziosa che va sprecata. Nel momento in cui quantità d'acqua molto elevate si accumulano in tempi rapidi, come nei recenti e sempre più

frequenti acquazzoni primaverili-estivi e autunnali, parte l'allerta. Nelle aree a rischio, in cui negli anni è stato minato l'equilibrio idrogeologico del territorio o in cui la manutenzione e la portata dei sistemi di deflusso delle acque meteoriche non soddisfano le necessità, ci troviamo spesso impotenti ad arginare disastri come l'allagamento di aree della città di Mestre nel settembre 2007, della pianura vicentino-padovana nell'ottobre 2010, della Liguria nell'ottobre 2011 e di tanti altri, con ingentissimi danni a livello economico, sociale e ambientale.

E' per tutti questi molteplici motivi che si rende necessario ed urgente, oggi, porre attenzione al modo in cui si interviene, si lavora, si costruisce. L'obiettivo per uno sviluppo a basso impatto, dev'essere quello di pensare, progettare e mantenere facendo lavoro di squadra, seguendo delle pratiche di gestione integrata¹ che si propongono di unire conoscenze, competenze e abilità diverse, aprendosi ad una visione complessiva e profonda dello spazio e del tempo.



Immagine 1 - L'effetto di precipitazioni intense su un'area urbana come la rete di fognatura velocemente saturata (settembre 2012)

1 Integrated Management Practices (IMP)

OBIETTIVI

Il macro-settore che accoglie l'argomento di questa tesi, le superfici permeabili in ambito urbano, è la progettazione del paesaggio.

La curiosità e l'interesse verso un tipo di approccio metodologico che abbia come mezzo e come fine il miglioramento e la protezione della risorsa acqua e con essa la qualità della vita nei centri urbani, mi hanno portato a ricercare, confrontare e conoscere le pavimentazioni permeabili.

La quantità del materiale inerente a questo argomento che si può trovare, è vasta ed in continuo aggiornamento e si riferisce soprattutto ad esperienze, studi e progetti realizzati all'estero, specialmente Stati Uniti, Australia e nord Europa.

In Italia invece, seppur gli allagamenti, l'inquinamento delle acque, la scarsità della risorsa, l'instabilità del territorio ed altre problematiche legate alla rottura dell'equilibrio idrologico siano sotto gli occhi da tutti, manca ancora la conoscenza riguardo queste soluzioni capaci di contribuire fortemente al miglioramento del sistema, complici sicuramente la scarsa cultura per l'ambiente che il nostro Paese (ri)conosce e la frammentazione di norme e regolamentazioni delle singole amministrazioni relative alla materia, difficilmente approcciabili da un "comune" cittadino o piccola ditta di costruzioni ignorante in materia di leggi, commi e articoli che spesso non offrono suggerimenti e possibilità.

L'obiettivo di questo lavoro è stato analizzare diverse soluzioni per superfici pedonali e carrabili permeabili, capirne il funzionamento, le problematiche connesse e i punti forza per favorirne la diffusione e l'applicazione; far conoscere la straordinaria opportunità che le pavimentazioni permeabili e l'associazione di più sistemi di drenaggio sostenibile possono apportare, proponendo diverse possibilità per aiutare a scegliere quella più adatta, aggiungendo consigli ed attenzioni utili, fornendo un materiale in lingua italiana.

CAPITOLO 1: SUPERFICI IMPERMEABILI E PERMEABILI

Permeabile: dal latino *permeabilis*, aggettivo verbale di *permeare* 'passare', 'attraversare'. Con superficie permeabile dunque ci si riferisce ad un'area limitata nello spazio che abbia l'intrinseca capacità di lasciar passare qualcosa, che può essere l'aria, o più comunemente l'acqua. La terra stessa, a seconda della tessitura che la caratterizza, ha una certa permeabilità. Nel momento in cui viene ricoperta, totalmente o parzialmente, da qualche materiale, è quest'ultimo che si assume la capacità di lasciar passare l'acqua.

In un territorio urbanizzato, quali sono le aree impermeabili che invece potrebbero essere permeabili? Se prendessimo in considerazione una foresta, escludendo le eventuali formazioni rocciose, non riusciremmo a trovarvi nulla che non sia permeabile. Se invece considerassimo una città vista dall'alto, noteremmo subito che la quasi totalità della superficie naturale è ricoperta, o in proiezione occupata, da tetti, strade, piazze, piazzali, parcheggi.

Le superfici convenzionali e i tetti sono chiamate “superfici impenetrabili” (*impervious surfaces*) perché non permettono alla pioggia di penetrare nel suolo. Però in ogni caso raccolgono l'acqua di pioggia, la fanno giungere negli scarichi e nelle tubature, divise o combinate con il sistema fognario. Nel caso di grandi eventi piovosi, l'eccessivo ruscellamento superficiale può contribuire al traboccamento delle acque nere presenti nelle fognature, ad allagamenti localizzati, all'erosione di fiumi e canali. Per ridurre questi effetti bisogna partire, anche nel proprio giardino, dalla riduzione della quantità delle aree pavimentate, scegliendo tipologie di pavimentazioni permeabili per marciapiedi, vialetti, passi carrai e patio che facciano penetrare l'acqua nel terreno sottostante (Seattle Public Utilities, 2009).



Immagine 2 - Superfici impermeabili e permeabili alternate

Il vasto e complesso sistema in cui è inserita la problematica dell'impermeabilità delle superfici è quello del ciclo idrologico naturale. Ciclo dell'acqua che si è trovato sconvolto ed occluso dagli effetti dell'aumento demografico e dello sviluppo economico. Per poter oggi recuperare quelle funzionalità di un ambiente naturale che nel tempo sono state fortemente compromesse, è necessario assumere sia una visione complessiva del territorio e della problematica, sia lavorare sulle piccole singole parti che insieme compongono o influenzano il tutto. La definizione di una strategia che unifichi delle prese di posizione su macro-aree regionali o cittadine fino alle scelte che riguardano il piccolo giardino privato, è la via per la corretta gestione delle acque meteoriche e per la pianificazione di un territorio che renda concreti i principi per uno sviluppo a basso impatto.

La gestione sostenibile in-situ delle acque meteoriche è l'idea di partenza che accomuna i sistemi di drenaggio urbano sostenibile (SUDS²) nella terminologia anglofona, la progettazione urbana sensibile all'acqua (WSUD³) nella definizione australiana, lo sviluppo a basso impatto (LID⁴) in quella statunitense.

Tutte abbracciano il concetto della ricerca di una direzione congiunta nella gestione di un territorio e della sua idrologia e in particolare del ciclo dell'acqua in ambiente urbano. Questa include la raccolta e/o il trattamento delle acque meteoriche e delle acque reflue per potenziare le scorte (solitamente non potabili). Nella progettazione urbana sensibile all'acqua, le pavimentazioni permeabili sono comunemente usate come una componente di una serie di trattamenti e come una misura di controllo delle fonti capace di ridurre il flusso delle acque meteoriche e il carico di inquinanti (Pezzaniti et al. 2008).

Diversi sono gli studi e le sperimentazioni effettuate sui risultati relativi a quantità e qualità dell'acqua che invece di scorrere al di sopra di superfici impervie, incontra aree in cui può percolare in profondità. Come sostengono anche Ball e Rankin (2010) il deflusso delle acque piovane urbane è il mezzo di trasporto per molti contaminanti provenienti da fonti antropiche e varie sono le alternative disponibili per il trattamento di queste sostanze. Una delle tecnologie suggerite per questo scopo è l'uso di superfici permeabili per ridurre le aree impenetrabili all'interno dell'idrografia urbana. Un'area permeabile quindi apporta, come già introdotto, molti effetti benefici per l'ambiente. I risultati di un loro programma di monitoraggio effettuato per valutare l'efficacia di una superficie stradale permeabile per gestire la quantità e la qualità del deflusso delle acque piovane hanno dimostrato che l'impenetrabilità si è ridotta dal 45% riferito alla superficie stradale prima della ricostruzione

2 Sustainable Urban Drainage Systems

3 Water Sensitive Urban Design

4 Low Impact Development

a meno del 5% dopo la conversione permeabile della strada. Inoltre, tale sperimentazione ha riscontrato che era necessaria una intensità di pioggia superiore a 20 mm/h per provocare ruscellamento. Infine, la qualità del deflusso superficiale è risultata ai livelli inferiori rispetto il deflusso da superfici stradali tradizionali.

Lo studio di Brattebo e Booth (2003) dell'Università di Washington ha esaminato l'efficacia a lungo termine di pavimentazione permeabile come alternativa al tradizionale asfalto impermeabile in un parcheggio. Quattro sistemi disponibili in commercio di pavimentazione permeabili sono stati valutati dopo 6 anni di utilizzo del parcheggio. I parametri osservati sono stati: la durata strutturale, la capacità di infiltrazione e la qualità delle acque che percolano attraverso il materiale. Tutti e quattro i sistemi di pavimentazione permeabile non hanno mostrato segni importanti di usura. Praticamente sempre l'acqua piovana si è infiltrata con quasi nessun deflusso superficiale.

In sintesi, quantità e qualità dell'acqua sono i parametri di riferimento per esprimere l'efficacia di una superficie drenante.

La *quantità* dell'acqua che riesce ad infiltrarsi dipende da molteplici fattori, che incidono sull'efficienza con peso differente a seconda dei casi:

- dall'intensità della precipitazione (quantità/tempo, mm/h)
- dalla quantità d'acqua che effettivamente perviene alla superficie
- dal tipo di materiali che costituiscono gli strati permeabili
- dal substrato sottostante (sabbioso, argilloso, compatto, etc.)
- dalla capacità di invaso sotterraneo: macro/micro porosità
- dalla profondità della falda acquifera
- dall'intervallo tra eventi piovosi
- dalla manutenzione e stato di pulizia della superficie esterna

La *qualità* dell'acqua dopo che è percolata attraverso la superficie, dipende da:

- la qualità dell'acqua iniziale
- dove essa scorre e con cosa si contamina nei tratti di ruscellamento prima di infiltrarsi
- la qualità e pulizia iniziale dei materiali utilizzati nell'opera
- la capacità di depurazione meccanica e di fitodepurazione
- il fattore tempo
- la manutenzione/pulizia della superficie esterna

1.1 Differenze tra pavimentazione tradizionale e permeabile



Immagine 3 - Calcestruzzo drenante

Le pavimentazioni convenzionali progettate per essere usate dal traffico veicolare tipicamente consistono di un sottofondo, uno o più strati sovrapposti di materiale compattato e la superficie di copertura. Questa solitamente deve evitare l'entrata dell'acqua al fine di proteggere l'integrità delle parti sottostanti.

Al contrario, le pavimentazioni permeabili hanno obiettivi e requisiti di progettazione abbastanza differenti. Gli spazi di giunzione superficiali adiacenti tra una unità ed un'altra

non vengono chiusi ma anzi hanno lo scopo di far filtrare l'acqua verso gli strati sottostanti. Essa passa attraverso i vuoti presenti nella ghiaia e viene drenata verso il basso. La pavimentazione perciò compie la doppia funzione di supportare il carico veicolare e drenare l'acqua. Anche gli inquinanti presenti si infiltrano nella pavimentazione e la maggioranza di essi viene intrappolata all'interno degli strati (Pezzaniti et al. 2008).



Immagine 4 - L'acqua scorre sulle superfici impermeabili andando a invadere gli spazi adiacenti

CAPITOLO 2: APPLICAZIONI

Nel complesso, la maggioranza delle superfici oggi comunemente impermeabili potrebbe ipoteticamente essere permeabile o comunque rallentare i flussi dell'acqua di pioggia e delocalizzarne i volumi.

A partire dai tetti verdi, così chiamati quei tetti su cui vengono posati una serie di strati impermeabili, di strutture drenanti e per ultimo viene messo un substrato di coltivazione su cui si fanno crescere alcune specie vegetali che vanno a creare una copertura verde sulla sommità degli edifici, fronte all'avanguardia dell'architettura sostenibile. Anche le strade e soprattutto le autostrade vengono talvolta ricoperte da uno strato di asfalto drenante, per migliorare le prestazioni delle autovetture e tentare di garantire più sicurezza. Ed inoltre parcheggi, passi carrai, piazze, piazzali, marciapiedi, piste ciclo-pedonali, accessi a residenze private, vialetti, patio, possono essere realizzati garantendo attraverso essi la ricezione e la trasmissione dell'acqua, ma sempre considerando le condizioni e le misure appropriate per ogni caso e tipologia di intervento.



Immagine 5 - PP in grigliato in calcestruzzo inerbato. L'ombra degli alberi nelle ore centrali della giornata permette la sopravvivenza del cotico anche d'estate.

CAPITOLO 3: LA PERMEABILITA'

Il Coefficiente di Permeabilità medio annuo (Cp) di una pavimentazione è la percentuale (%) di acqua piovana che, in un anno, filtra attraverso il pavimento e gli strati sottostanti.

Cp dipende da:

- *fattori locali*:

permeabilità del terreno naturale di fondo;

durata e intensità di pioggia;

temperatura.

- *scelte progettuali*:

permeabilità degli strati di posa (pavimentazione e granulometria inerti);

materiale di riempimento dei fori (ghiaia o erba);

pendenza della pavimentazione.

	Coeff. di PERMEABILITÀ :	motivo :
Pioggia intensa	Basso	La pioggia imbibisce il terreno e poi scorre in superficie.
Forte Pendenza terreno	Basso	L'acqua scorre in superficie e si infila meno nel terreno.
Estesa Copertura erbosa	Alto	L'erba trattiene la pioggia e ne rallenta il deflusso.
Pavimento + terreno molto permeabili	Alto	L'acqua filtra più facilmente nel terreno.
Forti piogge + basse temperature	Basso	Minore evaporazione, maggior scorrimento in superficie.
Forti piogge + alte temperature	Alto	Maggiore evaporazione, minor scorrimento in superficie.

Tabella 1 - Coefficienti di permeabilità a seconda di diverse condizioni (fonte: Senini, note tecniche sui pavimenti drenanti)

La permeabilità è quindi la quantità di acqua meteorica che si infila (non considerando l'acqua che evapora, che staziona sulla vegetazione, che viene evapotraspirata, etc.), è complementare alla quantità di acqua che scorre con ruscellamento superficiale. Quest'ultima è definita dal coefficiente di Deflusso medio annuo (Cd), che viene valutato dai Piani di Assetto del Territorio. $Cd + Cp = 100\%$.

Un Coefficiente di Permeabilità del 60-70% può essere raggiunto da molte versioni di pavimenti drenanti in masselli o blocchetti, se installati con le procedure e i materiali adeguati. Valore che è da considerarsi ottimo, ricordando che difficilmente un terreno naturale riesce a drenare, senza allagarsi, tutta l'acqua che può provenire da violenti nubifragi o temporali.

La tabella di seguito mostra dei coefficienti di Permeabilità medi riferiti a pavimentazioni permeabili in masselli o blocchetti in relazione a vari terreni naturali di sottofondo.

		Coefficienti di PERMEABILITÀ Cp dei DRENANTI SENINI validi in gran parte dell'alta Italia		
TERRENO NATURALE SOTTOSTANTE		Pendenza del pavimento	precipitazione media annua	
Permeabilità K	Tipo di terreno		< 1250 mm/anno	1250–2000 mm/anno
Elevata ($k > 10^{-4}$ m/s)	Ghiaia, ghiaia sabbiosa ben assortita	< 3,5 %	71 %	67 %
		3,5 – 10 %	70 %	65 %
		10 – 35 %	59 %	52 %
Buona ($k = 10^{-7}-10^{-4}$ m/s)	Sabbia, terreno senza passante a 0,075 mm	< 3,5 %	68 %	63 %
		3,5 – 10 %	67 %	61 %
		10 – 35 %	56 %	58 %
Mediocre ($k < 10^{-7}$ m/s)	Argilla limosa, argilla sabbiosa, terreno o con più del 5% di passante a 0,075 mm	< 3,5 %	62 %	55 %
		3,5 – 10 %	61 %	53 %
		10 – 35 %	50 %	40 %

POSA : riempimento dei fori con aggregati, strati di posa di adeguata granulometria.

Tabella 2 - (Fonte: Senini, note tecniche sui pavimenti drenanti)

La permeabilità dei terreni e dei materiali può essere rappresentata anche dal coefficiente “k” che misura la velocità con cui l'acqua lo attraversa, espressa in metri/sec o litri/sec/m2.

PERMEABILITÀ “k” dei TERRENI NATURALI		mm/h	l/s/ha	m/s							
Classif. (1)	terreni										
Molto perm. $k > 10^{-4}$ m/s	Ghiaia media	360 - 3600	1000-10000	$10^{-4} - 10^{-3}$							
	Ghiaia sabbiosa ben assortita (2)	36 - 360	100 -1000	$10^{-5} - 10^{-4}$							
	GRIGLIATI e MASSELLI DRENANTI ben posati (3)	36 - 360	100 -1000	$10^{-5} - 10^{-4}$							
Mediam perm. $k = 10^{-7}-10^{-4}$ m/s	Sabbia ben assortita (2)	3,6 - 360	10 - 1000	$10^{-6} - 10^{-4}$							
	Terr.con passante a 0,075 = 0 % (4)	122	339	$3,5 * 10^{-5}$							
	Sabbia poco assortita (2)	0,300 - 3,6	1 - 10	$10^{-7} - 10^{-6}$							
Poco perm. $k < 10^{-7}$ m/s	Terr.con passante a 0,075 = 5 % (4)	0,850	2,4	$2,5 * 10^{-7}$							
	Argilla sabbiosa o limosa (2)	0,003 - 3,6	0,01 - 10	$10^{-9} - 10^{-6}$							
Conversioni : mm/h = 2,78 l/s/ha l/s/ha = 10^{-7} m/s mm/h = $2,78 * 10^{-7}$ m/s					10^{-9}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}

Tabella 3 - Fonti (1): Classificazione della carta della permeabilità dei suoli della provincia di Padova. (2): The precast concrete paving & kerb association. (3): Research at the BRRC on Concrete Pavements Blocks, Anne Beeldens, 2006. (4): AASHTO Design Manual. (Fonte Senini)

L'obiettivo primo di un'opera qual è una pavimentazione drenante è, come suggerisce il nome, ottenere la maggiore permeabilità possibile. L'insieme costituito dalla pavimentazione + gli strati di posa viene realizzato puntando quindi alla massima efficienza ottenibile: per questo si ottengono valori che possono superare quelli dei terreni naturali, in grado di far infiltrare e accumulare senza difficoltà quantitativi di piogge consistenti.

CAPITOLO 4: PROGETTARE E REALIZZARE UNA PP

Le tre fasi importanti per avere un sistema funzionante sono: la progettazione e la pianificazione del lavoro, l'installazione o costruzione, la gestione nel tempo e la manutenzione.

Ovviamente le differenze tra i materiali reperibili, le modalità di manipolazione e posizionamento, di realizzazione e gestione, possono ripercuotersi sulla performance della pavimentazione permeabile.

Il manuale “LID⁵ guida tecnica per la regione Puget Sound⁶” presenta delle linee guida che non sono un optional per i procedimenti che portano alla realizzazione di un sistema permeabile che abbia successo.

1. Appropriata e specifica progettazione

Una corretta preparazione del sito e dei diversi strati, dell'impianto di drenaggio sotterraneo (se previsto), sono essenziali per adeguati processi di infiltrazione, stoccaggio e rilascio dell'acqua, come anche per l'integrità strutturale. Evitare il compattamento del suolo durante i lavori e l'eventuale eccessiva presenza di particelle fini.

2. Imprenditori e costruttori qualificati

Coloro che eseguono i lavori devono conoscere ed avere esperienza con i prodotti e i fornitori devono attenersi alle specificità richieste per i materiali. Se non è garantita l'esperienza, l'imprenditore dovrebbe impegnare un consulente qualificato che segua la produzione, la manipolazione dei materiali e l'esecuzione delle operazioni (U.S. Army Corps of Engineers, 2003). La sostituzione di materiali o la mancata precisione nelle tecniche di installazione potrebbero generare problemi sulle prestazioni idrologiche, come ad esempio usando strumenti e macchine adatte ad altri tipi di interventi: una gittata di calcestruzzo permeabile ha una macroporosità da mantenere e non va quindi gestita come se fosse calcestruzzo tradizionale.

3. Controllo dell'erosione e dei sedimenti

L'erosione e l'introduzione di sedimenti provenienti da spazi circostanti dovrebbe essere strettamente controllata sia durante che dopo la costruzione, per ridurre l'ostruzione degli spazi vuoti dei vari strati sotterranei e superficiali. Un tessuto che faccia da filtro tra lo strato più basso e il materiale di base è utile per prevenire l'ascesa di particelle fini. Evitar

5 LID: Low Impact Development, sviluppo a basso impatto

6 La regione Puget Sound è una parte interna della costa pacifica caratterizzata da numerose insenature, nello stato di Washington, con città principale Seattle.

equipaggiamenti e strumenti infangati. Direzionare i flussi di zone potenzialmente ricche di sedimenti verso altre aree come bacini e depressioni di sedimentazione dove i detriti si possano accumulare.

4. Valutazione del sito

Quando si considera un'area per realizzarvi un sistema di drenaggio naturale, come ogni volta che si inizia un lavoro di progettazione del paesaggio, bisogna informarsi sulle caratteristiche del sito, dal clima (temperature, precipitazioni totali e loro distribuzione, ventosità, etc.) alla tessitura del terreno, nel nostro caso determinando, ove possibile, il tasso di infiltrazione. Queste considerazioni sono importanti perchè permettono di valutare le cause di possibili problematiche e di cercarvi preventivamente la soluzione più adatta. Utile è un campionamento del terreno sottostante e adiacente alla zona in questione per definirne tessitura e struttura.

Una tipica installazione con una superficie permeabile, vista in sezione, si presenta con: lo strato superficiale esterno (la pavimentazione); lo strato di pareggiamento e il corpo di aggregati (la base); uno o più livelli di separazione; il terreno naturale.

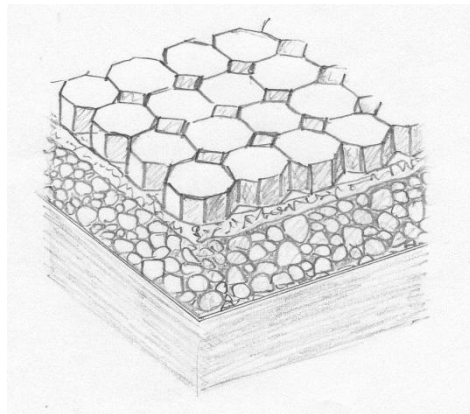


Immagine 6 - Gli strati che compongono una tipica PP (qui: Eco-stone)

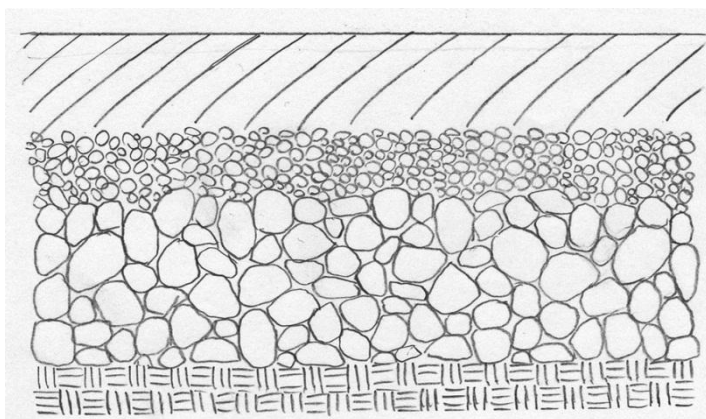


Immagine 7 - Una PP (asfalto o calcestruzzo drenanti) in sezione

I dati qui di seguito presentati sono stati tratti dal manuale LID 2005 e si riferiscono per lo più alle esperienze provate nella regione del Puget Sound nello stato di Washington, nella costa nord-ovest degli Stati Uniti ⁷.

4.1 Lo strato superficiale

È la parte di una pavimentazione permeabile visibile dall'esterno, la sua superficie. Può essere di diversi materiali, colori, scabrezze, accessibilità, a seconda delle necessità, della tipologia o delle preferenze del committente.

È lo strato che più si usura a causa del passaggio di persone e veicoli, sottoposto alla ricezione di elementi estranei e alla diretta azione degli agenti atmosferici, quali sole, vento, acqua liquida, neve, ghiaccio. Esso deve rispondere positivamente alle compressioni ed alle tensioni dovute ai carichi sovrastanti con elasticità e resistenza, e, al contempo, mantenere un'adeguata porosità: spazi vuoti interni che non devono essere ridotti seppur gli strati ricevano localizzate pressioni anche consistenti. È la superficie che deve permettere all'acqua che scorre superficialmente di trovare micro canali disponibili al cui interno defluire. Inizialmente ha alti tassi di infiltrazione, poi con il tempo è soggetta ad occlusioni da parte di particelle e residui che vanno a bloccare i vuoti e a ridurre se non impedire il passaggio dell'acqua. È il più delicato dei livelli, perciò richiede una manutenzione costante nel tempo.



Immagine 8 - Riempimento con substrato di grigliato plastico MODI' Garden Grid

⁷ Seattle, la città di riferimento, ha 600 000 abitanti. Il clima è marittimo, con inverni umidi ed estati secche, nuvoloso molti giorni l'anno. Precipitazioni annuali totali 900 mm ca., prevalenti in inverno. Temperature medie: 2-4°C di notte in inverno, 23 °C di giorno d'estate. Min assoluta -18°C (1950), max assoluta +39°C (2009).

4.2 La base

E' la parte centrale al di sotto dello strato superficiale. È formata solitamente da uno strato di pareggiamento/allettamento di sabbia da piani sovrapposti di ghiaia e pietrisco di diverse pezzature che garantiscono una solida base per la pavimentazione.

Deve avere un'alta permeabilità per far sì che l'acqua percoli in profondità e si disperda lateralmente, può avere la funzione di convogliarla verso tubi di drenaggio sotterraneo ma anche può essere una riserva che immagazzina l'acqua temporaneamente, utile sia per rallentare le velocità di deflusso che nel caso in cui la pavimentazione preveda la crescita di un tappeto erboso. La presenza di vuoti può variare dal 20 al 40% (WSDOT 2003; Cahill et al. 2003) e la base può raggiungere una profondità complessiva che va dai 45 fino ai 90 cm (Cahill et al. 2003).

4.3 Livello di separazione e ulteriore filtro per la qualità dell'acqua

Il livello di separazione consiste in un tessuto non-tessuto geotessile⁸. Esso funziona da filtro bloccando particelle fini e inquinanti che percolano dall'alto verso il basso trasportati dall'acqua o funge da barriera per evitare che le particelle fini del sottosuolo migrino verso l'alto, verso la base di aggregati. È compreso tra lo strato di allettamento/pareggiamento sabbioso e il corpo di aggregati o tra la base e il terreno esistente. Ma il trattamento per la qualità dell'acqua può consistere anche in uno strato di suolo ammendato, che sia alto almeno 45 cm e unisca compost, sfagno, torba ed altri materiali organici che provvedono ad una elevata capacità di scambio cationico (C.S.C.) > 5 meq/100 g di suolo secco⁹ (Ecology, 2001).

8 *Geotessile*, tessuti non-tessuti (senza ordine di tessitura) di fibre artificiali per ingegneria civile con funzioni di drenaggio e filtraggio, separazione, rinforzo e protezione.

9 E' la quantità di cationi scambiabili, espressa in milliequivalenti per 100 grammi (meq/100g), che un materiale, detto scambiatore, dotato di proprietà di adsorbimento, può trattenere per scambio ionico.

CAPITOLO 5: CATEGORIE DI SUPERFICI PERMEABILI

Vi sono diverse tipologie:

1. Masselli porosi/calcestruzzo modulare permeabile
2. Masselli con fughe inerbite/con ghiaia
3. Eco-Stone
4. Grigliati in calcestruzzo inerbiti/con ghiaia
5. Grigliati plastici inerbiti/con ghiaia
6. Calcestruzzo drenante
7. Asfalto poroso
8. Sterrato e sterrato inerbito

5.1 PRESENTAZIONE DI ALCUNE TIPOLOGIE E VETRINA DI PRODOTTI

1. Masselli porosi

Triotto Filtrante è un massello autobloccante della Paver, in calcestruzzo di spessore 8 cm con una macroporosità controllata. La pavimentazione viene posata su un letto di sabbioncino di 3-5 cm, poi battuta con piastra vibrante e cosparsa in superficie di sabbia fine (0/2 mm). Permeabilità da 2,44 a 5,0 l/sec*mq.



2. Masselli permeabili con fughe inerbite/con ghiaia

Viene presa in considerazione la tipologia Rosa Cometa (azienda Senini): spessore 12 cm, dimensioni 33 x 33 cm, percentuale di foratura 24%. Adatto anche a traffico pesante : mezzi pesanti a più di 30 km/h, aree di stoccaggio e movimentazione.



Le fughe larghe e gli spazi possono essere riempiti di aggregati (o sabbia) o di terriccio per insediarvi un tappeto erboso. Nel primo caso la ghiaia di riempimento ha una granulometria di 2/8 mm. Lo strato di pareggiamento sottostante ha uno spessore di 5-7 cm di sabbia (2/8 mm) alluvionale, non calcarea e umida. La base (compattata e livellata) di ghiaie e sabbie 4/50 mm dev'essere profonda a seconda del carico che deve supportare. Nel caso del tappeto erboso, una soluzione di miscela di riempimento è 50% sabbia, 30% torba e 20% terriccio. Lo strato sottostante con sabbia 0/8 mm e quello di base con sabbie e ghiaie 0/32 mm. In ambo i casi, strato di geotessuto in poliestere o polipropilene se necessario (Senini.it 2012).

3. Eco-stone

È un tipo di pavimentazione di calcestruzzo ad alta densità con uno schema integrato di aperture riempite di ghiaia che permettono l'infiltrazione. Quando compattata, la pavimentazione si autoincestra e trasferisce i carichi verticali che riceve alle circostanti superfici, distribuendo le forze attraverso il materiale più fine presente nei giunti (Pentec Environmental, 2000). Gli Eco-Stone vengono posati su una lettiera livellata solitamente di sabbia o ghiaio, disposta su uno strato di aggregati. Correttamente installati e mantenuti sono in grado di supportare il peso anche di grossi veicoli se a bassa velocità ed hanno una durata di circa 20-25 anni (Smith, 2000). Applicazioni: per parcheggi, accessi, marciapiedi.



4. Grigliati in calcestruzzo

Petra Garden è un modello Paver di grigliati autobloccanti in calcestruzzo, 32 x 50 cm, con una superficie filtrante del 30 % sul totale. Viene posta in opera a secco su idoneo sottofondo di pietrisco. Prima della compattazione, se si vuole insediare un tappeto erboso, coprire di materiale di riempimento le aperture ed irrigare per permetterne la distribuzione.



Lunix dell'azienda Ferrari BK ha un design basato sul cerchio come schema geometrico. Disponibile in quattro differenti moduli permette di creare pattern diversi. Partire da dei cerchi come disegno di base permette di avere una buona copertura a verde che, volendo, va a naturalizzare la pavimentazione, con una copertura fino oltre il 50% da erba.



Lastre drenanti a griglia di calcestruzzo, tipologia Nido d'Ape di Senini, spessore 10 cm, dimensioni 50 x 50 cm, percentuale di foratura 56 %, finitura "Quarzo", colore Grigio, prodotti solo con inerti naturali. Adatto a Traffico medio : veicoli lenti fino a 35 q.li, parcheggi di autoveicoli, traffico occasionale.

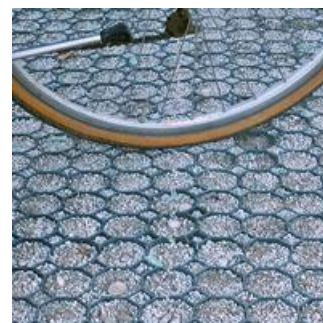
Le possibilità di riempimento con ghiaia o terriccio sono uguali a quelle precedentemente riportate per i masselli.



I pavimenti su cui viene effettuato un ulteriore trattamento per avere la superficie “fotocatalitica” sono in grado, in presenza di luce, di decomporre e abbattere al suolo, sotto forma di sali non nocivi, gli inquinanti presenti nell’aria (in particolare gli ossidi di Azoto e le polveri sottili). L’efficacia dell’attività fotocatalitica dipende da molti fattori e la certificazione di “fotocatalitici” viene assegnata a seguito di prove di laboratorio (senini.it).

5. Grigliati plastici

Sono delle griglie di plastica modulari, con celle aperte solitamente di forma alveolare o circolare, alte 3-5 cm, a volte con un tessuto geotessile attaccato per fusione sulla superficie basale della griglia. Presentano una certa flessibilità ed alcuni modelli permettono il taglio del materiale per modellarne i confini e adattarlo alla superficie interessata. Utili per vialetti, accessi, parcheggi, superfici varie esterne, soprattutto in ambito residenziale-privato, per usi non intensivi nel caso di elevati carichi (da evitare in parcheggi di parchi, centri commerciali, etc.) e solo con basse velocità dei mezzi. Le celle possono essere riempite con varie tipologie di ghiaia (lavata) o con un substrato di coltivazione su cui far crescere un tappeto erboso.



MODI' Garden Grid di Claudioforesi è un sistema modulare in plastica riciclabile, molto resistente. Facile da installare e sostituire, con un design particolare. 1 m² = 3 moduli; carico supportato: 187 ton/m² certificato. I due lati sono diversi e la scelta su che parte tenere superiormente dipende dall’uso che se ne vuole fare: per una nuova installazione con tappeto erboso, si può posare come in figura a lato sfruttando piccoli canali che favoriscono la crescita orizzontale dei rizomi e l'aumento di accestimenti, oltre che immagazzinare l'acqua fino a 1,5 l/m².



Salvaverde di Geoplast è in polietilene ad alta densità riciclato, leggero (4 kg/m²) e di poco ingombro. La capacità di carico pubblicizzata raggiunge le 350 ton/m² e 1 m² si ottiene con 3 o 4 pezzi a seconda della tipologia.



6. Calcestruzzo drenante

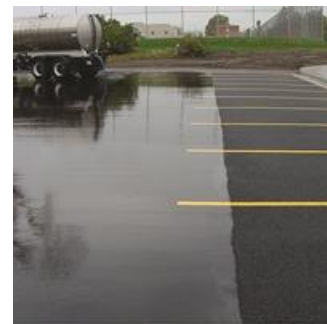
Il mix è composto da un aggregato grossolano lavato, cemento idraulico, acqua, additivi aggiuntivi opzionali, che vanno a formare una superficie con una rete di pori, sia per leggere, che per medie e resistenti installazioni. Gli accorgimenti sono gli stessi per l'asfalto drenante. Correttamente posto e gestito, può avere una vita utile comparabile o migliore al calcestruzzo tradizionale. Lo strato superficiale di effettivo calcestruzzo poroso dovrebbe avere uno spazio vuoto interno dal 15 al 25% e una profondità di circa 10 cm per i parcheggi e dai 15 ai 30 cm per le strade. In Florida, Georgia e, nella regione del Puget Sound a Seattle e Olympia il calcestruzzo permeabile è usato estensivamente per la gestione delle acque di precipitazione.



7. Asfalto poroso

Propriamente installato e mantenuto, l'asfalto drenante ha una vita di servizio che è uguale o maggiore rispetto a quella dell'asfalto convenzionale (Cahill, 2003).

Diversamente da quest'ultimo, le particelle più fini sono ridotte, lasciando una rete di pori che permette all'acqua di infiltrarsi. Può essere usato per applicazioni che debbano supportare leggere o medie sollecitazioni, come strade residenziali di accesso, passi carrai, parcheggi, marciapiedi, piste ciclabili, etc.; ma si può anche usare, con particolari additivi che aumentano la forza dei legami, in caso di forti sollecitazioni come le piste degli aeroporti o di alto carico d'uso come le autostrade (Hossain et al. 1992).



Pavimentazioni in asfalto poroso hanno dimostrato di mitigare l'effetto isola di calore urbana. In parcheggi, strade e autostrade, la temperatura notturna superficiale si è rivelata più bassa rispetto alle pavimentazioni impermeabili (Jesse Willoughby, 2009), contribuendo così al miglioramento del microclima urbano.

Ricordarsi di evitare compattamenti del sottosuolo durante i lavori. Stabilizzare l'area, controllare l'erosione ed evitare l'accesso di sedimenti non desiderati. Lo strato di aggregato grossolano dovrebbe essere di ghiaia ordinaria e ghiaia grossa da 1 a 6 cm uniformemente graduata, lavata accuratamente e pressata. Sopra di questo è utile, per distribuire i carichi più uniformemente, uno strato di ghiaia da 3-4 cm con una piccola percentuale di aggregato fino come stabilizzante.

Lo strato superficiale di effettivo asfalto drenante dovrebbe avere uno spazio vuoto totale di

circa il 16% rispetto al 2-3% dell'asfalto convenzionale (Diniz, 1980) e dovrebbe essere alto dai 5 ai 10 cm sia per i lotti a parcheggio che per le strade residenziali di accesso.

L'acqua negli strati sottostanti non dovrebbe permettere la saturazione del sistema. Per assicurare che la superficie asfaltata non sia saturata da eccessivi quantitativi d'acqua nei livelli inferiori, può risultare utile prevedere lateralmente un troppopieno, in modo da far defluire l'acqua in eccesso esternamente alla pavimentazione, possibilmente in un altro tipo di sistema di drenaggio naturale, come trincee d'infiltrazione, depressioni inerbite, giardini pluviali (rain gardens), etc. Considerazioni naturalmente valide anche per i precedenti sistemi elencati.



Immagine 9 - Confronto tra asfalto drenante (sullo sfondo) e tradizionale (in primo piano)

8. Sterrato

La superficie viene realizzata con ghiaia di granulometria uniforme senza leganti. Adatto per parcheggi, piste ciclabili o pedonali, cortili, stradine. Sterrato inerbito: la superficie è costituita da uno strato di terreno organico mescolato con ghiaia senza leganti. La superficie viene seminata a prato prima del costipamento. La percentuale a verde raggiunge il 30%. (Provincia autonoma di Bolzano, 2008). Sono indicati per spazi in cui si intervenire il più possibile in modo naturale.

5.2 Valutazione di diverse pavimentazioni permeabili

Negli U.S.A., per il 46% dei casi identificati, in cui la qualità dell'acqua degli estuari dei fiumi è risultata inquinata, la causa è stata attribuita al ruscellamento superficiale successivo alle precipitazioni (USEPA 1996). Nel 2000, il runoff è stato inserito tra le prime fonti di

inquinamento di stagni, laghi, bacini e fiumi (USEPA 2000). Con questa premessa, Bean e colleghi (2007) hanno avviato una sperimentazione su quattro siti con pavimentazione permeabile in North Carolina misurando la riduzione del runoff e valutandone gli impatti sulla qualità dell'acqua.

Le tipologie di pavimentazione scelte sono state: calcestruzzo permeabile, grigliati in calcestruzzo e masselli porosi (2), monitorati da 10 a 26 mesi. I dati raccolti indicano che una pavimentazione permeabile non solo può ridurre lo scorrimento superficiale, ma anche eliminarlo interamente con certi parametri di precipitazioni, intensità, condizioni e progettualità.

L'eccellenza sull'azzeramento del runoff è stata ottenuta dai masselli di calcestruzzo permeabile che hanno sempre infiltrato tutti i quantitativi d'acqua ricevuti nel corso della sperimentazione; una grande efficacia, che è stata giustificata con: la presenza di un substrato originario sabbioso e quindi un sottosuolo ben drenante, esser stata progettata con un buon strato di base che avesse un elevato volume di stoccaggio, l'avere una superficie libera da particelle fini. Per quanto riguarda la qualità dell'acqua, una sostanziosa percentuale degli inquinanti totali è stata trattenuta all'interno degli strati e quindi rispetto ai quantitativi presenti nel runoff, l'acqua in uscita da una pavimentazione permeabile risulta nel complesso più pulita rispetto a quella che si muove solo con ruscellamento superficiale. L'ideale è poter disporre di un altro trattamento, da poter accompagnare a questi sistemi di drenaggio, affinché si riduca ancor di più il carico di inquinanti che potrebbero danneggiare le falde e i corsi d'acqua (Bean et al 2007).

5.3 Asfalto e calcestruzzo drenanti a confronto

In uno studio condotto nel 2007 negli Stati Uniti (Welker et al. 2012) sono state comparate due pavimentazioni realizzate una in asfalto permeabile affianco ad un'altra in calcestruzzo poroso. Essendo vicine, il carico dei veicoli, le precipitazioni e la quantità di inquinanti ricevuti sono stati pressoché gli stessi. Le valutazioni hanno riguardato la qualità dell'acqua, il mantenimento e la durabilità del prodotto, la percezione da parte dei fruitori del parcheggio. Undici parametri sono stati analizzati per 19 eventi piovosi nell'arco di un anno: pH, conduttività, solidi sospesi totali, cloruri, azoto, fosforo, rame, piombo, cadmio, cromo e zinco. Dal punto di vista della qualità dell'acqua i materiali riscontrati nei campionamenti sono risultati quasi identici; l'unico parametro statisticamente differente è stato il pH (il calcestruzzo ha in partenza un pH minore dell'asfalto). Dopo due anni la superficie ha continuato ad avere un buono stato di conservazione anche se sono state osservate evidenti otturazioni. Le percezioni espresse dal pubblico fruitore dello spazio sono state positive.

CAPITOLO 6: GESTIONE E MANUTENZIONE

La gestione di una pavimentazione drenante include accorgimenti sia nel momento della realizzazione che negli anni seguenti. Qui di seguito, sono riportati vari suggerimenti utili, sia in generale che nello specifico, per alcune tipologie.

Ruscellamenti superficiali diretti su una pavimentazione permeabile provenienti da aree adiacenti non sono consigliati. Essendo superfici che possono presentare già delle difficoltà nella gestione di grossi quantitativi, bisogna porre attenzione se le condizioni del sito richiedono che una di queste riceva flussi anche da aree adiacenti. Particolari provvedimenti dovrebbero essere presi per assicurare che eccessivi sedimenti non siano diretti al sistema di drenaggio in questione o che flussi aggiuntivi non eccedano oltre la capacità idraulica (LID manual, 2005).

Anche durante la posa della superficie permeabile l'erosione e l'introduzione di sedimenti estranei va strettamente limitata, ricoprendo il suolo esposto con compost e pacciamatura, piantumando le aree limitrofe al più presto.

Assicurarsi che i materiali in uso abbiano avuto un buon lavaggio iniziale, siano essi ciottoli, ghiaia, ghiaino o sabbia, per mantenere tutti gli spazi vuoti potenzialmente ricavabili una volta avvenuta l'installazione, liberi da impurità. Ciò vale sia per le giunzioni o i pori superficiali, sia per la lettiera, in modo da evitare sedimenti liberi già in partenza.

Mantenere le aree verdi circostanti in adeguate condizioni.

Mantenere pulita la superficie della pavimentazione permeabile per garantire la capacità di infiltrazione, seguendo i consigli che i progettisti e le ditte di riferimento consigliano per il prodotto scelto.

Per asfalto o calcestruzzo permeabile:

pulire le superfici non solo spazzando ma aspirando, o insieme lavando ad alta pressione ed aspirando. Le attrezzature che forniscono i migliori risultati sono i macchinari per la pulizia stradale che riescano a garantire degli specifici requisiti: il lavaggio della pavimentazione utilizzando alte pressioni che vanno a scalzare i sedimenti accumulati e l'aspirazione di questi ultimi, liberando così le porosità superficiali del materiale. Un lavaggio a pressione manuale può comunque considerarsi efficiente per piccoli lotti ad uso non intensivo.

Nel tempo riparazioni di piccole dimensioni (crepe, buchi) possono essere eseguite con materiali convenzionali se l'analogo permeabile è difficilmente reperibile o troppo costoso: se sono interventi contenuti non andranno ad incidere sulla capacità di infiltrazione complessiva.

Per grigliati plastici con ghiaia:

rimuovere i sedimenti e tenere pulita la superficie. Rimpiazzare per quanto possibile la ghiaia se molto contaminata da altri residui. Sostituire i moduli danneggiati quando più parti sono rotte o danneggiate. Aggiungere della ghiaia lavata e della stessa pezzatura al bisogno, ad esempio se si creano punti vuoti.

6.1 Limiti

Usare materiali per pavimentazioni permeabili non è raccomandato dove:

- eccessivo sedimento è depositato sulla superficie (cortili di cantieri o ditte di costruzione e limitrofi);
- in aree adiacenti ad altre più ripide che sono sorgente di sedimenti;
- in stazioni di servizio, aree di sosta di camion, piazzali di industrie chimiche, tutte le aree in cui c'è movimentazione di materiali pericolosi che possano disperdersi nell'ambiente o in cui potrebbero verificarsi fuoriuscite di quantità concentrate di inquinanti;
- in siti in cui la falda rimane stagionalmente molto alta e quindi può saturare il terreno in prossimità della superficie e all'interno della sezione della pavimentazione;
- in presenza di suoli che possono diventare instabili se saturi;
- se non si riesce a garantire una manutenzione ad intervalli appropriati;
- in aree in cui in inverno si utilizza molta sabbia grezza a favore del movimento dei veicoli;
- nel caso ci sia solamente solida roccia impermeabile senza la possibilità di un adeguato strato intermedio permeabile.
- con pendenze massime: 5% per l'asfalto permeabile, 6% per calcestruzzo permeabile; 10% per Eco-Stone; 6% per grigliati plastici, in caso ci sia traffico veicolare.



Immagine 10 - Una scelta progettuale scorretta nel tempo fa emergere problematiche evidenti

CAPITOLO 7: VITA EFFETTIVA DI UNA PAVIMENTAZIONE PERMEABILE

Tutte le cose e tutti i luoghi sono destinati nel tempo a sporcarsi. I sistemi di drenaggio naturale, realizzati in ambienti all'aria aperta, hanno il più delle volte grandi superfici che costituiscono esse stesse spazio esterno essendo elementi della città e del paesaggio e devono confrontare nel tempo due processi interdipendenti: l'intrinseca efficienza come capacità di infiltrazione e depurazione, con la manutenzione e lo stato di pulizia delle parti di cui tali sistemi sono costituiti.

La manutenzione è importante perché può potenzialmente restituire la capacità di infiltrazione, dopo che questa è stata ridotta a causa di danni e intasamenti.

Per una installazione con pavimentazione permeabile, soggetta ad un inevitabile accumulo di sedimenti, si tratta di esaminare la sua 'vita effettiva' (o durata di vita utile). E' quello che hanno fatto nel loro studio gli australiani Pezzaniti, Beecham e Kandasamy (2008), sviluppando una sperimentazione parallelamente sia in laboratorio che sul campo, con lo scopo di aumentare le conoscenze riguardo la conduttività idraulica a lungo termine di una PP¹⁰, per valutarne la vita effettiva e quantificare il livello di sedimentazione e ritenzione degli inquinanti, oltre che cercare un riscontro derivante dalla pulizia delle superfici.

La 'vita effettiva' si riferisce al numero di anni prima che le capacità idrauliche scendano al di sotto di un livello inaccettabile. Alcuni produttori pubblicizzano una durata utile di 20-25 anni per questi sistemi e varie sperimentazioni confermano un intervallo di utilità che va dai 15 ai 20 o più anni (Pratt et al. 1995; Suarman et al. 1999). Certo è che nel tempo l'efficienza decresce velocemente: le osservazioni su campo di Borgward (1997) sulla capacità d'infiltrazione di sistemi con fori di drenaggio (masselli Eco-Stone o con celle angolari aperte) hanno mostrato una diminuzione del 50% della porosità del sistema nei primi 5 anni e dopo 6 anni l'infiltrazione si è ridotta a circa 1 mm/h. Bisogna ricordare comunque che le prestazioni dipendono da molteplici condizioni.

Dierkes et al. (2002) rilevarono che i sedimenti portati dal vento possono ostruire questi sistemi e spiegarono l'importanza di avere una pre-filtrazione del runoff in aree soggette all'accumulo di sedimenti fini.

Pezzaniti et al (2008) hanno valutato 3 tipi di pavimentazioni permeabili: masselli a fughe larghe (PP1), masselli drenanti ad incastro (PP2), grigliato inerbito (PP3). La metodologia di

studio ha previsto il monitoraggio per tre mesi di 4 siti ad Adelaide ed, in laboratorio, la simulazione delle precipitazioni medie per 35 anni di tempo, considerando anche il variare dei solidi sospesi presenti abitualmente nell'acqua. Non è stato possibile simulare nei test in laboratorio il ruolo del vento come mezzo di trasporto di particelle e ciò può spiegare alcune delle differenze tra i risultati sperimentali e quelli delle simulazioni.

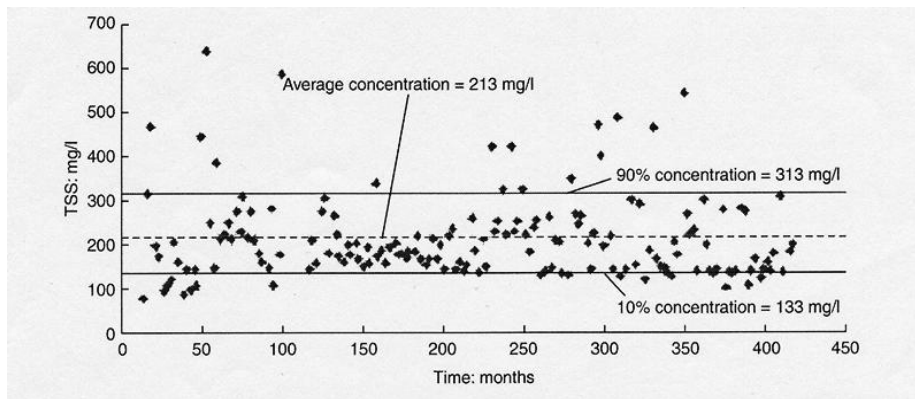


Immagine 11

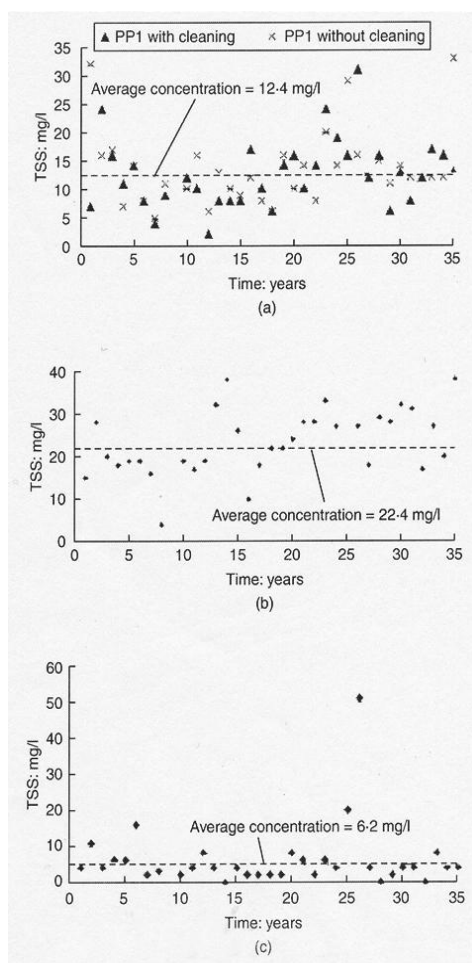


Immagine 12

Le immagini 11 e 12 mostrano rispettivamente la concentrazione totale dei solidi sospesi nel flusso in entrata e poi in uscita dalle PP.

In immagine 12 i grafici si riferiscono in ordine alle PP1 (masselli a fughe larghe), PP2 (masselli ad incastro), PP3 (grigliato inerbito). Si può notare che in uscita la concentrazione è diminuita di un ordine di grandezza, da 213 mg/l medi a 12 – 22 – 6 ca mg/l, ridottissima per l'inerbito. La scarsa efficacia della pulizia che si denota viene attribuita al fatto che i masselli della PP1 avevano delle aperture larghe 6 mm e quindi – seppur garanti di un'alta conducibilità idrica – portavano i sedimenti ad entrare ed accumularsi sul fondo delle aperture fermati dal geotessuto e qui non raggiungibili dalle spazzolatrici che potrebbero aver avuto un effetto utile di pulizia solo nei pori dei primi millimetri superficiali.

La ritenzione media dei sedimenti su 35 anni simulati si è aggirata attorno al 94%, più alta per l'inerbito.

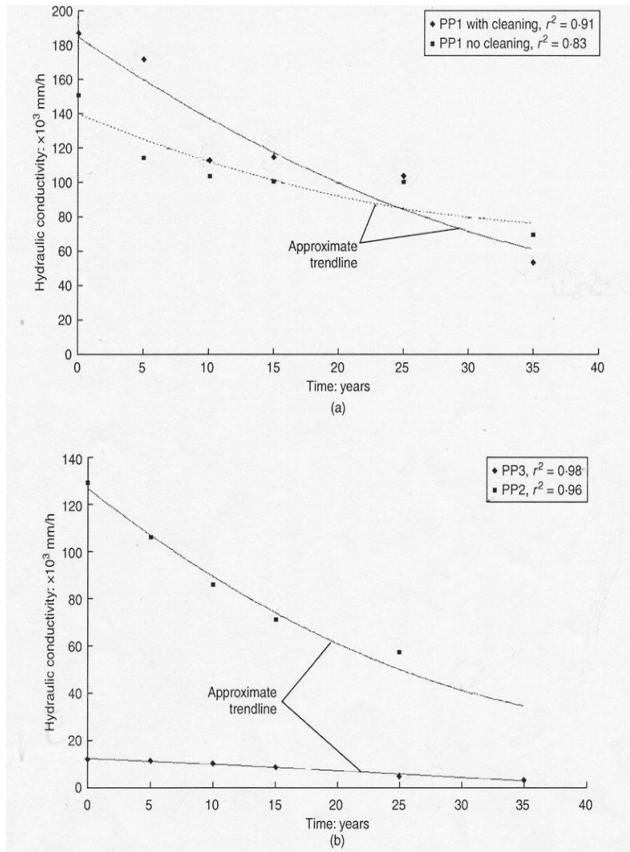


Immagine 13

I cambiamenti della conduttività idraulica nel tempo sono mostrati in immagine 13. Il declino complessivo è risultato forte, con una riduzione media del 59% per i masselli a fughe larghe, del 68% per i masselli ad incastro e del 75% per il grigliato inerbito. Il trend è rimasto simile per le prime, mentre per l'inerbito la conduttività è scesa un ordine di magnitudo più basso. Ciò si crede sia stato dovuto al tipo di materiali usati per gli stati ma anche, vien da pensare, alla crescita e infittimento della vegetazione assieme all'accumulo di sedimenti e alla compressione del substrato. Ciò non preclude comunque che l'acqua non si infiltri, ma che questo avvenga più lentamente.

Nel grafico che segue (Imm. 14) sono rappresentati i risultati dei test condotti con le osservazioni sul campo sui 4 siti "reali" in Adelaide. In uno dei 4 il tasso di infiltrazione è stato eccezionalmente alto e non è stato riportato (grazie ad un suolo naturale sabbioso e un basso livello di sedimenti nell'area del runoff). Negli altri casi monitorati l'intasamento è stato alto e quindi la capacità di infiltrazione è decresciuta notevolmente. Intorno ai primi due mesi di test la capacità di infiltrazione è scesa dal 23 all'8% di quella iniziale, raggiungendo nel tempo valori minimi.

Il blocco è stato causato dal riempimento degli spazi vuoti da un mix di sedimenti, sabbia grossolana e materia organica che differiscono dagli altri sedimenti relativamente fini che sono stati trattenuti dallo strato di geotessile nei test di laboratorio. Nel caso del grigliato inerbito, i residui più grandi rimangono in maggioranza intrappolati dalla matrice erbosa e vengono rimossi con la falciatura dell'erba e la sua conseguente asportazione.

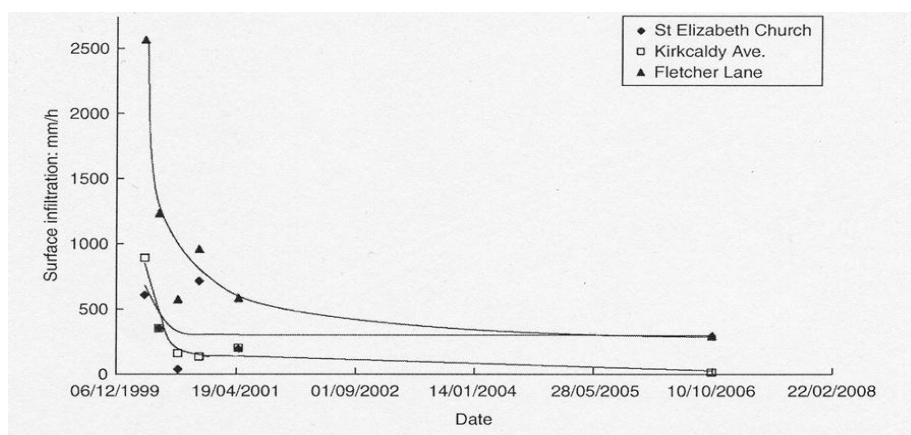


Immagine 14

L'accumulazione dei sedimenti si divide in due livelli. Uno è l'orizzonte superficiale che accumula le particelle più grezze; il secondo a livello dello strato geotessile la cui ostruzione avviene lentamente se il progetto e la messa in opera sono stati eseguiti con rigore. Per questo è fondamentale la manutenzione anti-bloccaggio e la prevenzione, intercettando i sedimenti prima del loro arrivo su una superficie permeabile (Pezzaniti et al. 2008).

Due professori di *Water Resources Engineering* dell'Università di Guelph in Ontario (Gerrits e James, 2004) hanno valutato la possibilità di recuperare la capacità d'infiltrazione. Questa decresce nel tempo e con l'aumento del traffico d'uso, a causa dell'intasamento delle celle di drenaggio esterno (EDC), ovvero le parti più superficiali, con particelle fini (limo e argilla), materia organica e solventi derivabili da automobili (principalmente olio e grasso). Presso l'università è stata studiata un'installazione di due pavimentazioni permeabili presenti in un lotto di parcheggio. I risultati hanno evidenziato che la capacità di infiltrazione può essere significativamente ristabilita rimuovendo 10-20 mm di materiale dallo strato EDC¹¹, una profondità che può essere raggiunta con le più moderne tecniche di lavaggio delle strade. Un sistema testato presentava una pavimentazione in UNI Eco-Stone®, cioè i masselli di calcestruzzo ad incastro con ampie celle angolari aperte.

Al termine dello studio viene sottolineato che è necessario rendere minimo l'accumulo di sedimenti fini negli interstizi superficiali, prevedendo un controllo e una manutenzione periodica. La frequenza di questa, dipenderà dal traffico giornaliero medio a cui l'area è soggetta, come anche al tipo di destinazione d'uso dello spazio stesso e di quello adiacente. Nel caso specifico della suddetta sperimentazione, il parcheggio era ombreggiato da alcune

11 EDC: External Drainage Cells

conifere; Gerrit e James invitano esplicitamente ad utilizzare specie vegetali nelle aiuole e lungo i confini dei parcheggi, preferendo le conifere, la cui utilità deriva anche dalla caduta progressiva degli aghi che lasciano una maggiore capacità di infiltrazione all'acqua nelle celle di drenaggio, piuttosto che l'accumulo di altri tipi foglie che maggiormente occluderebbero anche temporaneamente i fori.

La crescita di qualsiasi tipo di vegetazione anche all'interno dell'EDC non dovrebbe comunque essere scoraggiata per gli effetti benefici che apporta all'ambiente.

L'auspicio è che siano numerose le sperimentazioni per ottenere migliori stime degli impianti nel loro complesso, affinché possa diminuire la variabilità spaziale dei test a piccola scala.

CAPITOLO 8: INQUINANTI

Nelle città, oltre che in qualsiasi altra area edificata dall'uomo, è quindi evidente che è bene fare la scelta ottimale quando si va a realizzare o sistemare una superficie. Ma queste aree urbanizzate sono anche quelle solitamente più inquinate, che presentano, soprattutto nel Nord Italia (considerando il nostro Paese), il forte problema dell'inquinamento.

Le polveri sottili derivanti dall'uso di mezzi di trasporto a motore, i residui di metalli pesanti, oli, gomme e qualsiasi altro elemento inquinante derivante dalle fonti più disparate, sono presenti non solo nei gas di scarico, o mossi dal vento e dallo spostamento di masse d'aria, ma anche sulle superfici su cui nel tempo si adagiano e depositano. Alcune di queste sostanze, sopra certi livelli, sono tossiche e pericolose sia per la salute dell'uomo direttamente o indirettamente, sia per quella dell'ambiente. L'acqua infatti tra le sue funzionalità possiede anche quella di lavare: le precipitazioni dilavano gli inquinanti, trasportandoli con sé ed alzando quindi i livelli di soluti pericolosi più o meno disciolti nei bacini di invaso, nelle falde, nei fiumi, fino al mare. Acqua nel tempo sempre più inquinata, con sostanze tossiche che compromettono la vita di interi ecosistemi. Tra i vari elementi, la tossicità risulta solo per alcuni e solo sopra determinate concentrazioni.

In vari studi sono stati scoperti tossici i campioni derivanti sia da piccoli bacini di raccolta da strade e zone industriali (Maltby et al. 1995; Pitt et al. 1995; Marsalek et al. 1999) che in grandi canali e fiumi urbani (Bay et al. 1997; Jirik et al. 1998; Riveles and Gersberg 1999; Schiff et al. 2002).

Un esempio proviene dalla città americana di Seattle, le cui acque uscenti e la vita di fiumi e bacini sono stati significativamente danneggiati dagli impatti negativi derivanti dal deflusso delle acque meteoriche. L'amministrazione di Seattle ha presentato dei Sistemi di Drenaggio Naturale¹² come approccio alternativo alla gestione dei flussi, per garantire alti livelli di protezione ambientale nella ricezione dell'acqua e un costo più basso rispetto a quello che si sostiene per il miglioramento delle strade tradizionali e delle attuali reti di drenaggio. La progettazione di un sistema di drenaggio naturale fa leva su una tecnologia che enfatizzi l'infiltrazione e decentralizzi i trattamenti per ridurre il volume totale dei flussi superficiali che poi raggiungono i sistemi di canalizzazione come fossati e ruscelli. Lo scopo è di avvicinarsi il più possibile alle capacità idrologiche delle foreste naturali che esistevano prima dello sviluppo urbano, così da creare una stabile ed equilibrata rete d'acqua pulita (Seattle

12 Natural Drainage Systems (NDS)

Public Utilities, 2009).

Già nel 1995 Pratt e colleghi condussero uno studio su 4 vasche di raccolta a Nottingham (UK). Queste raccoglievano l'acqua proveniente da pavimentazioni permeabili in masselli di calcestruzzo con strati basali con vari tipi di aggregati. Il monitoraggio era incentrato sulla quantità e qualità dell'acqua che, partendo dalle superfici, percolava attraverso le pavimentazioni. È stato valutato che l'acqua uscente da questi sistemi aveva valori più bassi di Solidi Sospesi e Piombo e tutte le concentrazioni degli altri inquinanti, nel complesso, erano significativamente più basse rispetto al runoff da pavimentazioni tradizionali.

L'effettivo intrappolamento dei sedimenti negli strati ha minimizzato gli inquinanti in uscita. È stato inoltre stimato che il processo potesse continuare per 15-20 anni.

Partendo dalla certezza che lo scorrimento superficiale è una fonte di importanti quantitativi di sostanze tossiche per gli ecosistemi acquatici (Heaney et al. 1999), gli studiosi di un progetto di ricerca sull'acqua della costa meridionale della California (Greenstein et al. 2003) si sono domandati quali siano gli effetti dell'intensità della precipitazione, della sua durata e dell'intervallo tra un tal evento meteorologico e il successivo, simulando eventi piovosi applicati a parcheggi. Gli obiettivi del progetto da loro intrapreso erano: considerare le diversità dei periodi antecedenti la precipitazione; quale effetto può avere l'intensità d'uso del parcheggio; l'utilità delle ordinarie procedure di pulizia e manutenzione del sito; l'influenza dell'intensità e della durata delle precipitazioni sulla qualità del runoff in superficie.

I risultati di questo studio hanno dimostrato che il runoff proveniente dai parcheggi è una considerevole fonte di tossicità per le acque bianche urbane¹³ dato che tutti i campioni analizzati dalle simulazioni di questo progetto sono risultati essere positivi a questo aspetto. Non ci si riferisce quindi semplicemente ad elementi inquinanti, ma, più pericolosamente, anche tossici. Le concentrazioni dei metalli disciolti e il grado di tossicità del runoff sono stati trovati maggiori che in campioni da canali di deflusso (dai dati di Tiefenthaler et al. 2003).

La tossicità è cresciuta rapidamente durante il primo mese di prove, ma poi è decresciuta fino ai livelli che aveva la superficie prima di essere sottoposta a lavaggio a pressione all'inizio della sperimentazione. Ciò è il contrario di quanto era stato osservato in altri studi; in ogni caso, altre ricerche hanno trovato che il periodo antecedente può avere una positiva, negativa o nulla correlazione con la qualità dell'acqua (Barrett et al. 1995, Lee et al. 2002). Nel complesso è vero che i costituenti tossici si accumulano molto rapidamente raggiungendo un livello massimo anche in meno di 30 giorni (Heaney et al. 1999) e che quindi sarebbe utile,

13 Acque bianche: meteoriche di dilavamento + di lavaggio delle strade + di raffreddamento da attività industriali

per i trattamenti con lo scopo di ridurre la quantità di elementi tossici depositati, eseguire lavaggi accurati più spesso che mensilmente.

Anche il vento e la vicinanza o meno a siti che possano rivelarsi fonti di particolari inquinanti è da tenere in considerazione: la deposizione aerea è implicata come importante fonte che può portare cadmio, rame e piombo (Davis et al. 2001).

In un'altra sperimentazione che ha analizzato la qualità dell'acqua dopo che questa è percolata attraverso 4 differenti sistemi di pavimentazioni permeabili, sono stati riscontrati livelli significativamente più bassi di rame e zinco rispetto al deflusso superficiale diretto dalla zona asfaltata. Residui di olio motore sono stati rilevati nel 89% dei campioni dal deflusso proveniente dall'asfalto, ma in nessun campione di acqua infiltrata attraverso la pavimentazione permeabile, come anche nessun residuo di piombo (Brattebo et. Al 2003).

Chiaro è quindi che l'acqua che viene drenata da un sistema di filtrazione che può essere una pavimentazione, è in parte o del tutto più pulita rispetto alla stessa acqua se scorresse solo in superficie prima di raggiungere un corpo idrico.

Il problema certo va affrontato non solo a valle, ma anche a monte, attuando a livello globale misure che riducano i livelli di inquinamento atmosferico.

Cercando invece di intervenire su bassa scala ma in modo diffuso, si incontrano punti di vista divergenti per quanto riguarda la pericolosità che può derivare dal passaggio di acque che trasportino inquinanti solidi o in soluzione, dalla superficie, alla falda acquifera sottostante, provocandone il conseguente danneggiamento.

Come già evidenziato, già da tempo è infatti chiaro che il runoff proveniente da strade e specificatamente da posteggi per auto, presenti alti livelli di contaminanti e sia tossico in particolare per gli organismi marini e di acqua dolce (Maltby et al. 1995; Pitt et al. 1995; Greenstein et al. 2003). Più precisamente le più probabili cause della tossicità del runoff sono il rame e lo zinco, ma soprattutto quest'ultimo, le cui particelle provengono dai freni, dall'olio motore e dai pneumatici dei veicoli (Greenstein et. Al 2003; Davis et al. 2001).

Ci si imbatte quindi su una questione: è corretto utilizzare pavimentazioni permeabili per superfici su cui ci sia il movimento o la sosta di veicoli, come strade, passi carrai e parcheggi, con il rischio che l'acqua, che assume inquinanti, percoli in profondità nella falda e poi continui il suo ciclo?

Nella Regione Veneto dal 2009 è vigente il Piano di Tutela delle Acque, che all'art. 39 disciplina la raccolta, la gestione e il trattamento delle acque meteoriche, in diverse situazioni

e provenienti da diverse superfici. Nelle norme tecniche di attuazione vengono suddivisi i vari casi. In sintesi, per strade pubbliche e private, piazzali a servizio di autofficine, autolavaggi e impianti di depurazione di estensione inferiore ai 2000 m², parcheggi per autoveicoli e piazzali inferiori a 5000 m², le acque meteoriche di dilavamento e le acque di lavaggio, convogliate in condotte ad esse riservate, possono essere recapitate in corpo idrico superficiale o sul suolo [...]. Negli altri casi che interessano superfici di dimensioni maggiori o qualora potesse esserci dilavamento di sostanze pericolose che verrebbero intercettate dall'acqua di prima pioggia, è obbligatorio lo stoccaggio ed il trattamento.

In ogni caso per evitare che giungano inquinanti negli strati sottostanti e nella falda viene espressa l'utilità di disporre di un sistema connesso di sedimentazione e/o disoleatura prima di rilasciare l'acqua nel terreno o nei corpi idrici superficiali.

Queste linee guida devono essere rispettate a livello regionale, sebbene ci possano essere ulteriori indicazioni e restrizioni in ambiti comunali o per aree più estese, come il piano che attualmente sta per essere predisposto per il territorio della gronda lagunare veneziana.

La chiave di volta che regge la possibilità o meno di realizzare una PP senza ulteriori sistemi di trattamento delle acque è avere la certezza che questo tipo di installazioni riescano ad evitare che possibili sostanze estranee giungano con l'acqua ad inquinare il sottosuolo e le falde. Secondo i dati reperibili in letteratura, alcuni dei quali presentati precedentemente in questo capitolo, la depurazione inter-situ avviene ed è dovuta alla capacità del suolo di trattenere e scambiare cationi e anioni, a una filtrazione meccanica esercitata da sabbie e ghiaie e, a seconda dei casi, anche grazie alla presenza delle piante.

CAPITOLO 9: INNOVAZIONE E CONSAPEVOLEZZA PER UNA ATTENTA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE

I sistemi tradizionali di gestione delle acque meteoriche in aree urbanizzate comprendono sia una rete di canalizzazioni (fossi e canali di bonifica), sia le reti fognarie bianche o miste (nel caso in cui raccolgano insieme reflui e acque di pioggia).

Le portate che i sistemi di raccolta ricevono dipendono dal *tempo di corrivazione*, quello impiegato da una goccia che cade al suolo per raggiungere il punto di drenaggio più vicino e dal *coefficiente di afflusso*, che indica quanta pioggia effettivamente arriva ai canali o nei tombini, quindi in relazione a quella che invece si infiltra.

Le aree urbane sono caratterizzate da tempi di corrivazione bassi (la pioggia scorre veloce su tetti, strade e altre superfici pavimentate) e coefficienti di afflusso alti (9/10 di quello che piove raggiunge la fognatura¹⁴).

L'arrivo di grandi quantità d'acqua, aumenta la probabilità di fenomeni come gli allagamenti (Linee guida per il Veneto, 2009).

Per limitare tali spiacevoli, dannose e pericolose situazioni, bisogna non solo mantenere l'efficienza della rete di drenaggio ma anche intervenire su nuovi fronti, come quelli rappresentati dai SUDS e dal LID: gestire localmente con un controllo distribuito utilizzando sistemi dove possibile flessibili, basati su processi meccanico-naturali come le PP e la fitodepurazione, esercitata dall'instaurarsi di processi biochimici tra piante, substrato e microrganismi.

I flussi di ruscellamento superficiale vanno quindi interrotti, scollegando le zone impervie dalle reti di drenaggio, utilizzando queste ultime per certi casi e livelli, favorendo il direzionamento dell'acqua in aree permeabili e/o con alta capacità di invaso, quando possibile vegetate. Così facendo si allungano i tempi di corrivazione ritardando o evitando saturazioni dei sistemi, si favorisce l'infiltrazione dell'acqua nel terreno e se ne filtrano gli inquinanti.

Nell'ambito trattato, le acque si possono differenziare in base alla qualità a seconda dell'area di caduta:

1. Aree di dilavamento dei tetti e superfici di copertura (non calpestabili)
2. Acque provenienti da superfici verdi o calpestabili, ma non carrabili
3. Acque di dilavamento di strade e parcheggi

Le problematiche più critiche riguardano la gestione dell'ultimo gruppo per la presenza di

¹⁴ Il coefficiente di deflusso ha un valore adimensionale compreso fra 0 e 1, 0.9 per le superfici impermeabili

inquinanti derivanti dai mezzi a motore, sebbene non sia da escludere che su tetti o marciapiedi vi siano sostanze tossiche e polveri sottili trasportate per via aerea e ivi depositate. Ma come già visto e provato da diverse sperimentazioni condotte da Università estere ed altri Centri di studio, la filtrazione, la sedimentazione, l'accumulo, la cattura e la fitodepurazione possono rispondere positivamente a questo problema. Non a caso le tecniche per una miglior gestione a basso impatto sono largamente utilizzate e diffuse proprio in questi anni in molteplici Paesi e in grandi città, sostenute e promosse prima di tutto da Università e Pubbliche Amministrazioni.

Le acque di dilavamento dei tetti e le superfici di copertura possono essere valutate come le migliori perché completamente accumulabili e riutilizzabili per usi domestici secondari quali per usi non potabili in casa (ad esempio per il W.C.) e per l'irrigazione dei giardini.

Anche per piccoli piazzali di residenze private, patio, vialetti, è utile, vantaggioso e rispettoso nei confronti della risorsa, provvedere a un sistema di detenzione, dal semplice serbatoio alla cisterna, per raccogliere l'acqua piovana e poi riutilizzarla.

Se si ritiene necessario, un semplice trattamento di filtraggio può essere effettuato con griglie per i sedimenti più grossolani, con filtri a sabbia o geotessuto.

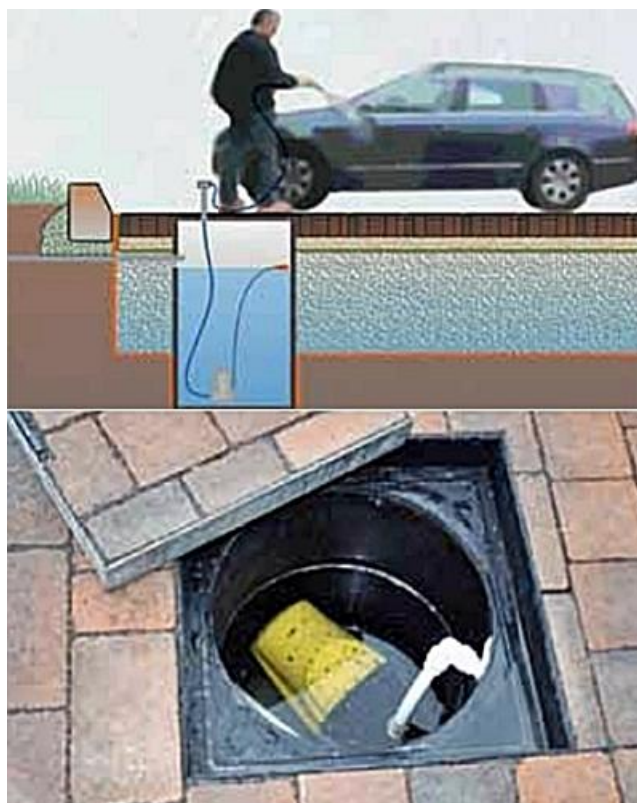


Immagine 15 - L'acqua che s'infiltra nella PP può essere raccolta in un serbatoio sotterraneo e riutilizzata per vari scopi

CAPITOLO 10: ASSOCIAZIONI DI SISTEMI

Varie tipologie di pavimentazioni permeabili eventualmente associate a diversi sistemi di drenaggio sostenibile, possono essere considerate la tecnologia vincente per uno sviluppo che rispetti le necessità ambientali che ricadono nell'assetto urbano, anche nel momento di sostituire superfici convenzionali impermeabili, per ottenere un controllo dei volumi in-situ, ovvero lì dove si originano, prevenendo, ritardando e/o diminuendo il runoff ed alla fine garantendo più acqua e più pulita alle falde e un regime idrico migliore per i corsi d'acqua.

I sistemi di gestione sostenibile delle acque di pioggia in ambiente urbano inducono a riconoscere la natura non solo come insieme di oggetti estetici ma anche come strumento, elemento vivo e funzionale per la qualità della vita dell'uomo, il quale ormai non è più cullato da una natura che è madre, ma deve riconciliarsi con essa e prendersene cura. Una forzatura necessaria, tradotta in manutenzione e gestione degli spazi verdi, che sembrerebbe apportare maggiori costi e problemi a cui sopperire, ma che in realtà non fa spendere alle amministrazioni più di quello che già esce dalle loro casse. Ingenti sono le spese infatti per realizzare fognature e impianti di depurazione e pompaggio sempre più grandi e complessi e per rispondere economicamente ai rimborsi in seguito a danni, col bisogno di controllare gli eventi piovosi di grande portata che vanno a scontrarsi con l'assetto urbano concentrato e non disponibile ad accoglierli.

L'idea che si propone a tutti i settori coinvolti nella gestione del territorio e che si invita a prendere in considerazione per una pianificazione ed una progettazione che vogliano conciliare le naturali necessità dell'ambiente con la domanda di sviluppo, è quella di ragionare semplicemente considerando il ciclo dell'acqua.

Un efficace, effettivo ed oggi necessario recupero di acqua, acqua pulita, con il ripristino dell'intero ciclo idrologico per ora compromesso.

Nei riguardi delle acque meteoriche, le pratiche per una gestione migliore puntano a: contenerne i deflussi; favorirne l'infiltrazione e quindi l'arricchimento delle falde sotto le città o dei corpi idrici superficiali; raccogliere, conservare, depurare e riutilizzare questa risorsa preziosa, senza che venga inquinata e quindi sprecata.

Nella maggior parte dei Sistemi, le piante svolgono un ruolo fondamentale: ossigenano l'aria, mitigano il clima, migliorano l'estetica dell'ambiente e la qualità della vita ed inoltre assorbono, metabolizzano ed inattivano gli inquinanti.

Tra le altre Integrated Management Practices ce ne sono alcune che possono essere associate ad una superficie permeabile, realizzandole adiacenti, in modo che il runoff in eccesso che la PP non riesce a gestire, possa andare in un altro di questi sistemi o, in casi di elevato carico di inquinanti, più tipologie si possono collegare per un doppio trattamento dell'acqua.



Immagine 16 - Realizzazioni di diversi SUDS in ambiente urbano

10.1 Ammendanti

Come premessa è utile definire l'utilità degli ammendanti (soil amendments), usati a volte già nel substrato di coltivazione per il tappeto erboso nel caso di grigliati inerbiti. Si tratta di substrati organici come compost e torba che vengono apportati in determinate percentuali: migliorano la fertilità del terreno, aumentano la sua capacità di scambio e cattura di elementi e particelle e la presenza di microrganismi (di conseguenza la filtrazione dell'acqua), agiscono sulla struttura aumentandone la permeabilità. Sono utilizzati in tutte le BMPs che richiedano la presenza di un buon materiale di coltivazione.

10.2 Giardini pluviali – Rain gardens

I giardini pluviali (rain gardens) consideranti anche nella più ampia categoria dei bacini di

bioritenzione (bioretention) sono delle depressioni del terreno vegetate. Vengono opportunamente progettate e realizzate: la buca dello scavo accoglie vari substrati e materiali inerti per favorire l'infiltrazione e la detenzione dell'acqua; all'interno vengono piantate varie specie vegetali che non solo approfittano dell'acqua per crescere ma anche svolgono un importante processo di fitodepurazione del suolo e dell'acqua dagli inquinanti presenti. Le piante utilizzate, che devono riuscire a sopportare periodi di siccità ed altri di abbondante umidità, sono soprattutto erbacee perenni dalle ornamentali fioriture, espressione di un valore estetico positivo per il paesaggio.

10.3 Pozzi aridi

I pozzi aridi (dry wells) sono semplicemente delle buche, di forma cilindrica, scavate nel terreno, verso cui viene convogliata l'acqua proveniente dai pluviali di un edificio o da aree pavimentate. Questi “pozzi” sono generalmente riempiti di sassi o ghiaia e quindi una buona parte del volume complessivo è vuota e riempita d'aria, cioè spazio occupabile dall'acqua. Si potrebbero anche studiare delle tipologie che sovrappongono diversi strati di inerti a precise granulometrie inserendo anche degli strati di sabbia, che ha maggiore potere filtrante e quindi depurativo per l'acqua. Alcuni sono realizzati con veri e propri cilindri di calcestruzzo che vengono interrati verticalmente e presentano una serie di buchi lateralmente e sulla base. La funzione dei pozzi aridi è quella di accumulare velocemente acqua e rilasciarla poi più lentamente nel terreno circostante. Nel caso in cui ci sia una precipitazione intensa, un dispositivo di troppopieno garantisce che i volumi in eccesso non gestibili vengano direzionati in un altro sistema.

10.4 Depressioni inerbite

Le depressioni inerbite (grassed swales) sono una sorta di lunghe conche poco profonde, delle depressioni lineari con una profondità minima, determinata solo dall'inclinazione convergente verso il centro dei due lati. L'acqua, grazie all'inclinazione del terreno, scorre verso il centro e lì si infiltra o viene evapotraspirata dalla vegetazione erbacea.

Una tipologia di depressione inerbita è quella risultante dal considerarla come un 'prato fiorito', ovvero quel tipo di associazione vegetale con specie erbacee spontanee locali che vengono tagliate solo una volta all'anno, a fine agosto, quando i semi sono ormai maturi e caduti a terra e non come un ordinato tappeto erboso. Il 'prato fiorito' è importante perchè è una nicchia ecologica ricca di biodiversità, con molte specie di flora e fauna e, avendo delle piante sviluppate, permette una maggiore evapotraspirazione nel momento in cui è necessario disperdere l'acqua che arriva dagli eventi piovosi consistenti. Quindi, i lati poco pendenti della

conca a triangolo rovesciato vanno mantenuti ordinariamente, tenendo l'erba bassa e libera da ostacoli, in modo che l'acqua proveniente dalle superfici vicine scorra; la fascia centrale invece, si lascia alla vegetazione spontanea che va tagliata una volta all'anno (due se si ritiene necessario). Lo scavo centrale va gestito con tutti gli accorgimenti tipici dei LID, ovvero con substrati ben drenanti.

10.5 Trincee d'infiltrazione

Le trincee d'infiltrazione (infiltration trenches) sono fossi poco profondi scavati e riempiti e riempiti con ghiaia, sassi e sabbie grossolane. Raccolgono il deflusso delle acque meteoriche, lo filtrano e poi lo fanno percolare nel terreno. Solitamente la trincea è rivestita con un tessuto geotessile in modo per prevenire la migrazione del suolo nel materiale di riempimento e per fungere al contrario da filtro aggiuntivo per l'acqua.



Immagine 17 - siti che si sarebbero potuti realizzare diversamente seguendo i principi delle BMPs

10.6 Gli alberi

Quando si realizzano delle aree pavimentate ed in mezzo ci sono degli alberi, in piazze, piazzali, marciapiedi, spesso per motivi di spazio, si tende ad accerchiare la base dell'albero con la pavimentazione, giungendo il più possibile vicini al suo colletto. La base dell'albero è quindi chiusa e circondata da superfici il più delle volte impenetrabili dall'acqua. Ma gli alberi non vivono forse anche di acqua? E quante volte si seccano a causa della sua mancanza, in estati siccitose, circondati dal calore del cemento e stressati dall'inquinamento, con le falde

acquifere sottostanti molto ridotte per l'impermeabilità dell'ambiente urbano?

Gli alberi sono quelle piante superiori che più hanno un'influenza benefica per le città, assorbendo CO₂ e producendo ossigeno, grazie al trattenimento delle polveri sottili su peli e scabrosità delle pagine fogliari, con la traspirazione che rinfresca e umidifica lo spazio attorno. Tutte le strade cittadine dovrebbero essere dei viali alberati e tutte le auto dei parcheggi dovrebbero poter contare di stare all'ombra nelle torride giornate estive. Aria più pulita, ambiente più fresco, meno aria condizionata appena si sale in auto, quindi meno consumo di energia,... Tantissime sono le opportunità che le piante ci possono offrire, ma riescono a farlo solo se sono in salute.



Immagine 18 - esempi di corretta realizzazione dei SUDS

Tornando agli alberi circondati dalle pavimentazioni, un tipo di intervento usato oggi nelle città è quello di predisporre una griglia in metallo o in plastiche resistenti intorno alla base, in modo da garantire la presenza della pavimentazione e al tempo stesso di far filtrare l'acqua. Ciò non basta, se, al momento dell'impianto, non viene fatto uno scavo profondo e il materiale di riempimento non viene considerato come uno dei fattori più importanti per la sopravvivenza e la crescita della pianta. Non possiamo riempire la buca con il terreno che c'era prima se è un terreno povero, argilloso e magari pieno di residui di asfalto o altri materiali di scarto. Il substrato di coltivazione dev'essere drenante, ricco di compost e

terriccio fertile. Inoltre, perché non far arrivare lì più acqua oltre alla poca che cade vicina, direzionando quella delle aree circostanti verso la base della pianta? Se noi predisponessimo una leggera inclinazione della superficie, potremmo far scorrere l'acqua verso l'albero la quale non solo va a beneficio della pianta ma anche viene filtrata e quindi pulita e poi percola in profondità. L'albero può crescere bene -ed è quello che noi vogliamo che succeda- se gli sono date le giuste opportunità per farlo.

L'idea viene chiamata da alcuni “filtri contenitori alberati” (tree box filters) e sono appunto delle strutture al cui interno vengono piantati alberi o arbusti, riempite di substrati fertili e ben drenanti che permettono l'infiltrazione, la filtrazione e la detenzione dell'acqua che ivi viene direzionata.

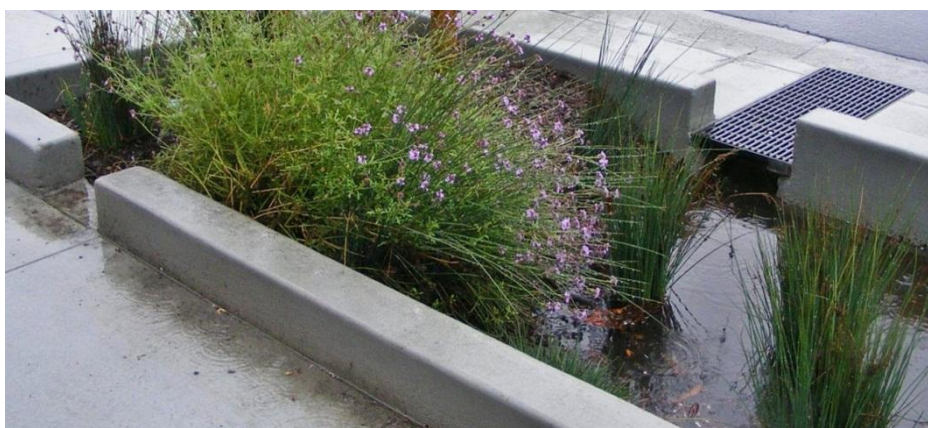


Immagine 19 - Un'apertura nel cordolo di limitazione di un'aiuola permette all'acqua di entrarvi all'interno

10.7 Immagazzinare l'acqua

Tornando all'importanza dell'acqua pulita come risorsa primaria da non sprecare ed anzi conservare quando possibile, la maggior parte di questi sistemi, come si è visto, fanno sì che l'acqua di pioggia non venga incanalata nelle condotte fognarie ma ritorni al terreno in modo da essere mantenuta utile per l'ambiente.

I modi di vivere dell'uomo molte volte richiedono l'uso di acqua per svariati motivi e per alcuni dei quali non è necessario che sia potabile. Serbatoi per raccogliere e conservare l'acqua di pioggia possono essere posizionati al di sotto di superfici permeabili o impermeabili e ricevere l'acqua direttamente da esse o dopo che è passata attraverso un altro sistema di filtrazione e drenaggio. L'uso di botti e cisterne sotterranee ha il vantaggio di ridurre il volume dei deflussi e immagazzinare l'acqua per vari scopi, in primis per l'irrigazione di giardini e aree verdi, predisponendo una pompa ed un impianto di irrigazione.

10.7.1 I pozzi di Venezia

Un antico esempio locale è quello dei pozzi veneziani. Venezia «è *in aqua et non ha aqua*»¹⁵, ha da sempre avuto la necessità di fornirsi di acqua potabile. Per un periodo un metodo fu quello di portare acqua dal fiume Brenta e Sile caricandola sui *burchi* (imbarcazioni veneziane) e poi immagazzinandola in serbatoi. Ma ancor più interessante è che nella città lagunare sono disseminati tantissimi pozzi, la cui parte visibile è detta *vera da pozzo*, in pietra d'Istria bianca più o meno decorata, rialzata da uno o due scalini.



Immagine 20 – pozzo in Campo San Marziale – Venezia

Presenti nei *campi* o nelle *corti* più ampie, questi pozzi non sono artesiani, bensì hanno sotto di loro una cisterna. L'area, di pianta rettangolare o quadrata, veniva scavata per una profondità di cinque o sei metri, rivestita di uno spesso strato di argilla impermeabile (la *crea*) e riempita con strati di sabbia di fiume di diversa finezza, che svolgevano la funzione di filtro. In alcuni casi, per poter raggiungere la profondità necessaria, si ricorse alla sopraelevazione di parte o dell'intero campo: si può vedere in piazzetta dei Leoncini, affianco alla Basilica di San Marco. L'acqua piovana veniva raccolta facendola giungere, per inclinazione della pavimentazione, a due o quattro tombini. Lì sotto passando attraverso la sabbia veniva filtrata e quindi entrava nella canna del pozzo, posta al centro, da cui si tirava su con dei secchi su un sistema a carrucola che poggiava sulla *vera*. La costruzione di un pozzo era molto costosa e complessa e di estrema utilità pubblica; grande lustro ottenevano le famiglie nobili che decidevano di donare dei pozzi alla città, coprendone le spese, iniziative che la stessa Repubblica Serenissima incoraggiava. Spesso le vere hanno iscrizioni o bassorilievi riferiti alla famiglia donatrice. Nel 1322 è documentato un decreto del Maggior Consiglio di far costruire cinquanta pozzi, ai quali nel 1424 se ne aggiunsero altri trenta. Nel settecento si contavano 157 pozzi pubblici, ai quali bisognava aggiungere quelli privati, che nel complesso potevano raggiungere qualche migliaio.

15 Marin Sanudo, storico veneziano del 1500

Gli inquinanti che possono essere raccolti dall'acqua piovana che scorre in superficie oggi sono di certo molto più pericolosi dello sporco che veniva filtrato dalla sabbia nei pozzi veneziani. Sebbene non sia acqua utilizzata a fini domestico-alimentari, nei casi in cui sia utile un pretrattamento o una filtrazione aggiuntiva a quella che già effettuano i sistemi naturali di drenaggio presentati, si può considerare l'installazione di vasche per trattare l'acqua di prima pioggia, disoleatori per rimuovere oli e grassi, separatori idrodinamici, etc. Nelle due tabelle che seguono sono confrontate diverse metodologie valutando l'efficienza di rimozione di elementi estranei, il bisogno di manutenzione e il valore estetico-ambientale.

Tipo di trattamento	Efficienza di rimozione %					
	TSS	TN	Batteri	Metalli		Idrocarb.
				Totali	Disciolti	
Fognature	10-30	/	/	5-10	10-20	0
Trincee filtr.	60-90	20-50	70-80	70-80	20-35	70-80
Canali veg.	75-90	30-50	60-70	40-60	15-25	60-70
Canali inerbiti	10-40	10-35	30-40	50-60	15-25	30-40
Strisce filtranti	50-60	20-30	30-40	40-50	10-20	30-40
Aree di rit. veg.	60-90	30-50	70-80	50-70	20-30	60-70
Stagni	70-80	30-40	70-80	50-60	10-20	40-50
Wetland	70-95	30-50	75-95	40-75	15-40	50-85

Tabella 4

Tipo di trattamento	Richiesta di manutenzione	Pregio ambientale ed estetico
Canali di scolo/ Fognature	Da bassa a moderata Ingenti investimenti nel caso debbano essere sostituiti	Nessuno
Trincee filtranti	moderata Rischio di intasamento	Si inseriscono senza problemi in ambiente urbano, ma non offrono nuovi habitat per flora e fauna
Canali filtranti vegetati	modesta Rischio di intasamento	Nel caso di sistemi asciutti si inseriscono bene in ambiente urbano e offrono un buon impatto visivo
Canali inerbiti	Più onerosa rispetto a sistemi di trasporto convenzionali	Buon impatto visivo In base alla scelta delle piante si possono ricreare habitat naturali
Strisce filtranti	Da modesta a elevata	Buon inserimento ambientale in ambito urbano
Aree di ritenzione vegetate	Modesta	Notevole pregio ambientale ed estetico

Tabella 5

Tratte da Review of the Use of BMPs stormwater in Europe, Middlesex University, modificato da Linee guida per una gestione del verde, Comune di Firenze - IRIDRA

CAPITOLO 11: COSTI

Come abbiamo visto, lo scorrimento superficiale dell'acqua di pioggia in ambiente urbano contiene significative concentrazioni di sedimenti sospesi: da qui nasce la percezione che le pavimentazioni permeabili progettate per permettere l'infiltrazione tendano ad occludersi velocemente con il risultato di alti costi di manutenzione e sostituzione (Pezzaniti et al. 2008). Allo stesso tempo, i metodi tradizionali di gestione dei flussi e della progettazione delle strade, hanno dimostrato di essere inefficaci nei momenti critici, considerando anche che i quantitativi d'acqua da gestire saranno sempre maggiori. Tubazioni e fossati da allargare, apparecchiature idrauliche da ingrandire, bacini di depurazione da ampliare sempre di più, stimando gli impatti che il corrente sviluppo urbano e industriale stanno creando e causeranno in futuro sul ciclo idrologico di un territorio, se non sceglie di invertire la rotta.



Immagine 21 - SEA Street, Seattle

Iniziare a gestire in modo sostenibile l'acqua dall'istante in cui tocca una superficie, far sì che si infiltri, delocalizzarne i quantitativi (e permettere che gli inquinanti siano trattenuti), è generalmente vista come la più efficace strategia per raggiungere dei risultati a lungo termine.

Le tabelle che seguono riportano un'analisi dei costi di tre progetti realizzati a Seattle. SEA Street è una via di un quartiere residenziale che è stata trasformata radicalmente: la carreggiata è stata ridotta, l'asse stradale reso sinuoso per intercettare il runoff e farlo giungere in bacini di bioritenzione. Cascade è la rivisitazione in chiave naturalistico-ingegneristica di un collettore per le acque piovane fianco strada. Broadview Green Grid è una serie di vie parallele sulle quali si è intervenuti come per la SEA street.

I numeri riportati evidenziano una minore spesa con riduzioni anche consistenti rispetto ai costi da sostenere per la realizzazione di una strada carrabile o per un collettore tradizionali e vengono evidenziati anche i benefici che queste opere apportano alla collettività e all'ambiente.



Immagine 22 - NW 110 th Street Cascade, Seattle

In tabella 6 e 7: analisi dei costi che confronta i Sistemi di Drenaggio Naturale e quelli tradizionali (Seattle Public Utilities, 2009).

Street Type	<i>Local street</i> SEA Street	<i>Local street</i> Traditional
Community Benefits	<ul style="list-style-type: none"> ▪ one sidewalk per block ▪ new street paving ▪ traffic calming ▪ high neighborhood aesthetic 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ two sidewalks per block ▪ new street paving ▪ no traffic calming ▪ no neighborhood aesthetic
Ecological Benefits	<ul style="list-style-type: none"> ▪ high protection for aquatic biota ▪ mimics natural process ▪ bio-remediate pollutants 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ high protection from flooding ▪ some water quality
% impervious area	35%	35%
Cost per block (330 linear feet)	\$325,000	\$425,000

Tabella 4

Collector street Cascade	Collector street Traditional	Broadview Green Grid
<ul style="list-style-type: none"> ▪ no street improvement ▪ moderate neighborhood aesthetic 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ no street improvement ▪ no neighborhood aesthetic 	15 block area <ul style="list-style-type: none"> ▪ both 'SEA Street' and 'Cascade' types ▪ one sidewalk per block ▪ new paving ▪ high neighborhood aesthetic ▪ high water quality & aquatic biota protection ▪ some flood protection ▪ excellent monitoring opportunity
<ul style="list-style-type: none"> ▪ high water quality protection ▪ some flood protection 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ high protection from flooding ▪ some water quality 	
35%	35%	35%
\$285,000	\$520,400	Average per block: \$280,000

Tabella 5

Nella tabella 8 è invece riportata una stima dei costi sia per la realizzazione che per la gestione per diverse tipologie di sistemi sostenibili e nella tabella 9 il confronto riguardo vari aspetti, tra questi e i sistemi tradizionali, da una pubblicazione edita da un gruppo di comuni toscani tra cui Firenze.

	Realizzazione	Gestione (annuale)
Trincee filtranti	60-90 €/m ²	2 – 3 €/m ²
Canali filtranti vegetati	50-90 €/m	2 €/m ²
Canali inerbiti	15-20 €/m	2 €/m ²
Strisce filtranti	15-20 €/m	2 €/m ²
Aree di ritenzione vegetate	50-80 €/m ²	2 – 3 €/m ²
Pavimenti permeabili	150 – 200 €/m ²	0,3 – 1,5 €/m ²

Tabella 6

Tabella 9: Ipotesi i costi di realizzazione e gestione annuale di alcune tipologie di SUDS da Linee guida per una gestione del verde, Comune di Firenze – IRIDRA.

	Sistemi Tradizionali	BMPs
Costi di realizzazione	possono ritenersi sostanzialmente equivalenti; in molti casi in realtà con le BMPs si riesce a ridurre l'adozione di grossi diametri nelle fognature di raccolta, con costi complessivi minori.	
Controllo degli allagamenti su scala locale	Sì	Sì
Controllo dell'erosione e delle piene a valle	No	Sì
Possibilità di riuso dell'acqua	No	Sì
Rimozione degli inquinanti	Bassa	Elevata
Miglioramento del tessuto urbano	No	Sì

Tabella 7

CONCLUSIONI

La necessità globale che sta emergendo in questo tempo è condotta dal bisogno di intendere lo sviluppo non più come crescita incondizionata continua, ma come realizzazione e gestione nel rispetto dei diritti e delle esigenze che l'ambiente, soggetto ospitante, richiede. Questa convinzione traspare con forza dall'impegno e dalla volontà di cambiare, che città e intere regioni estere stanno dimostrando in una adeguata pianificazione e nelle scelte di interventi a lungo termine che siano ecologicamente sostenibili.

Il nostro Paese ha una grande fortuna per la bellezza dei paesaggi che abbraccia e per i caratteri intrinseci che essi rivelano (come la fertilità della Pianura Padana) ma ancora troppi cittadini dimostrano poco buon senso nel conservarli e proteggerli.

Localmente, sebbene amministrazioni ed enti cerchino di impegnarsi sul fronte ambientale (ma comunque non di certo ai livelli comparabili degli equivalenti esteri), non garantiscono la facile accessibilità alle informazioni, che risultano frammentate e sparse, tra siti internet di consorzi, enti, centri, regioni, province, comuni, etc. e difficilmente recuperabili nei meandri di leggi, ordinanze e normative, che cambiano nel tempo e con tempi lunghi di lievitazione.

La mancanza, che interessa anche questa tematica, di una efficace comunicazione con i cittadini, ostacola la conoscenza di tali possibilità e, ingenuamente forse, una cosa che non si conosce difficilmente la si capisce, la si realizza o cura come essa richiederebbe.

Le decisioni che si prendono, siano quelle riguardanti le piastre per un'area del nostro giardino, il modo di riqualificare una via, costruire un parcheggio o realizzare un nuovo quartiere cittadino, devono confrontarsi non solo con i nostri gusti o bisogni, ma anche con quelli dello spazio che andremo a modificare, ipotizzando gli sviluppi futuri che un intervento può avere.

Riguardo il mio oggetto di studio, le superfici permeabili applicabili all'ambito urbano per aree carrabili e pedonali, considerate nel macro tema dei sistemi di drenaggio sostenibile per uno sviluppo a basso impatto, moltissimi articoli scientifici sono stati scritti e pubblicati dall'anno 2000 in poi, in riviste tecniche a piccola o grande diffusione, manuali voluti da amministrazioni pubbliche, ricerche di università, opuscoli e presentazioni informative di ditte e studi di progettazione. Per questa ricchezza di materiale la fase di documentazione e di ricerca inerente alla tematica affrontata, non si è dimostrata una "prima" fase, bensì una costante nell'intero arco temporale che mi ha visto coinvolto in questo lavoro. Sebbene la limitazione possa essere ancora per qualcuno costituita dalla lingua inglese, usata nella maggioranza delle pubblicazioni, gran parte di questo vasto materiale è oggi, grazie al web, a disposizione di tutti.

Il preoccupante aumento della frequenza di fenomeni come gli allagamenti e l'erosione del suolo, l'alternanza di periodi siccitosi e molto piovosi, l'effetto "isola di calore urbana" e l'inquinamento atmosferico ci fanno comprendere che gli equilibri dei cicli naturali si stanno modificando, anche, è chiaro, a causa dell'impatto dello sviluppo dell'uomo. Ritornare a far funzionare una città come l'ambiente naturale che era presente in precedenza, è molto difficile, aggravato dal fatto che l'urbanizzazione del nostro territorio sembra inarrestabile. Realizzare superfici permeabili e sistemi SUDS non è difficile né più costoso e potrebbero essere facilmente inseriti anche nei nostri contesti cittadini senza grandi modifiche dell'esistente: ristabilire degli spazi e delle possibilità per l'acqua, potrebbe risolvere i ricorrenti problemi che si verificano quando piove e recuperare un certo equilibrio idrologico. La criticità maggiore affrontata è stato il problema degli inquinanti. Mentre diversi studi esteri confermano che le pavimentazioni, grazie alle loro stratificazioni di inerti e/o l'azione della fitodepurazione per i sistemi vegetati, riescono a filtrare ed inattivare la maggior parte degli inquinanti, le normative e le conoscenze presenti qui in Italia non sembrano aver acquisito quella sicurezza. Spesso infatti, dalle notizie qui da noi disponibili, non è ben chiaro se effettivamente per l'acqua proveniente da aree su cui sostano o passano veicoli si ritenga sufficiente un trattamento di questo tipo o se sia necessario affiancarlo a vasche per il trattamento dell'acqua di prima pioggia, disoleatori, etc. E' auspicabile che nel futuro prossimo si riescano a chiarire queste questioni.

Ho scelto, nell'impaginazione del lavoro, di inserirvi molteplici immagini. Questo perchè ritengo che le fotografie permettano l'immediato inquadramento del soggetto, della situazione, del momento, comunicandolo direttamente e con facilità. In questo caso riescono a trasmettere appieno la concretezza di ciò di cui si sta parlando: le potenzialità di una superficie permeabile e la sua efficacia rispetto ad una impermeabile. Le foto dei sistemi realizzati in varie città del mondo dimostrano come dietro le parole ci sia la possibilità vera di pensare in modo diverso da quello tradizionale, di scegliere di costruire lo spazio urbano sostenibilmente. Vedere che questi "Sistemi di Drenaggio Urbano Sostenibile" esistono concretamente, ci trasmette anche che conviverci, gestirli nel tempo, migliorarne le problematiche e potenziarne le possibilità sono cose reali.

Come l'acqua quando trova il suo percorso bloccato da una superficie impermeabile cerca lo spazio su cui infiltrarsi, scorrere ed espandersi, così tutti noi, dovremmo superare le barriere della non-conoscenza e del disinteresse adoperandoci per far sì che le giuste scelte si facciano spazio e conquistino terreno, conoscendole, attuandole e così automaticamente aiutando la loro diffusione. Scegliere: con la consapevolezza dell'importanza di far crescere anche una rinnovata cultura per l'ambiente.

BIBLIOGRAFIA

Andersen C. T., Foster I. D. L., Pratt C. J., *The role of urban surfaces (permeable pavements) in regulating drainage and evaporation: development of a laboratory simulation experiment*, Hydrological Processes. 13, 597±609 1999

Ball James and Rankin Kate, *The hydrological performance of a permeable pavement*, Taylor & Francis Ltd., vol. 7, no. 2, pp. 79-90, 2010

Bean E.Z., Hunt W.F., Bidelspach D.A., *Evaluation of four permeable pavement sites in Eastern North Carolina for runoff reduction and water quality impacts*, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 2007

Beecham S., Myers B., *Structural and design aspects of porous and permeable block pavement*, Journal of the Australian Ceramic Society, 43, pp. 74-81, 2007

Borgwardt S. *Performance and fields of application for permeable paving systems. Concrete Plant and Precasting technology*, No.2, 100-105, 1997

Brattebo B.O., Booth D.B., *Long-term stormwater quantity and quality performance of permeable pavement systems*, Water Research, vol. 37, Is. 18, pp. 4369-4376, 2003

Calcestruzzi Italcementi Group, *i.idro DRAIN il calcestruzzo drenante*, scheda tecnica, 2012

Carraro M., *Linee guida per gli interventi di prevenzione dagli allagamenti e mitigazione degli effetti*, Venezia, 2009

City of Seattle, *Seattle's Natural Drainage Systems, a low-impact development approach to stormwater management*, 2007

Comune di Firenze, *Linee guida per un regolamento del verde - Migliori pratiche per la gestione sostenibile delle acque in aree urbane*

Conte D., *Il pericolo acqua*, La Pagina di Campalto, 2012

Dierkes C., Angelis G., Kandasamy J, Kuhlmann I. *Pollution retention capability and maintenance of permeable pavements*. Proceedings of 9th international conference on urban drainage, 2002

Dougherty M., Hein M., Lebleu C., *Evaluation of stormwater quality through pervious concrete pavement*, American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting 2011, Volume 7, Pages 5353-5363, 2011

Fassman E. A., Blackbourn S. D., *Road runoff water-quality mitigation by permeable modular concrete pavers*, Journal of Irrigation and Drainage Engineering 137, 720-729, 2011

Finiguerra D., *Terra un bene comune da preservare*, in www.domenicofiniguerra.it, 2010

Gerrits C. e James W., *Restoration of infiltration capacity of permeable pavers*, 2004

Greenstein D., Tiefenthaler L., Bay S., *Toxicity of Parking Lot Runoff After Application of Simulated Rainfall*, 2003

- Interpave, *Paving for rain, meeting the new rules for paving around the home*, 2010
- Perocco G., Salvadori A., *Civiltà di Venezia, volume I*, Venezia, La stamperia di Venezia, 1977.
- Pezzaniti D., Beecham S., Kandasamy J., *Influence of clogging on the effective life of permeable pavements*, in Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Water Management, 2008
- Pratt C. J., Mantle J. D. G., Schofield P. A. *UK research into the performance of permeable pavement, reservoir structures in controlling stormwater discharge quantity and quality*. Proceedings of Novatech 95, Second International Conference of Innovative Technologies in Urban Storm Drainage, Lyon, 337-344, 1995
- Provincia autonoma di Bolzano, Agenzia provinciale per l'ambiente, *Linee guida per la gestione sostenibile delle acque meteoriche*, 2008
- Regione Veneto, *Piano di tutela delle acque - norme tecniche di attuazione*, 2009
- Scarpa A., *Veneto: l'urbanizzazione e il consumo di suolo locale*, assemblea WWF Veneto, 11 ottobre 2009
- Seattle Public Utilities, *Reducing Pavement & Permeable Paving Options*, 2009
- Seattle Public Utilities, *Rain Wise – Managing Storm Water at Home*, 2009
- Suarman M., Argue J. R., Pezzaniti D. *Lifespan of Permeable/Permeable Paving Systems in 'Source Control' Technology: First Results*. Urban Water Resources Centre, Adelaide, internal report, 1999
- Valkman R. *Lifespan of permeable/permeable paving systems*. Urban water Resources centre, Adelaide, internal report, 1999
- Veneto Agricoltura, *Consumo del suolo, più programmazione*, relazione dal convegno promosso dalla Commissione Europea sulla fragilità del territorio e la sottrazione del suolo all'agricoltura, suolo come bene pubblico, Legnaro - Pd, 08 giugno 2012
- Washington State University Pierce County Extension – Puget Sound Action Team, *Low Impact Development, technical guidance manual for Puget Sound*, 2005
- Welker A.L., Barbis J.D., Jeffers P.A., *A side-by-side comparison of pervious concrete and porous asphalt*, Journal of the American Water Resources Association, Volume 48, Issue 4, Pages 809-819, August 2012

SITOGRAFIA

<http://www.svrdesign.com/blog/category/news/water-news/>

http://www.svrdesign.com/docs/SvR_APWA_Green_Pavement_Alternatives.pdf

<http://www.seattle.gov/util/>

<http://www.psp.wa.gov/stormwater.php>

http://www.psparchives.com/our_work/stormwater/lid.htm

<http://www.susdrain.org/>

<http://www.wsud.org/>

<http://www.biocycle.net/2012/03/recycled-organics-make-splash-in-green-infrastructure/>

<http://hpi-green.com/tag/pervious-concrete/>

<http://www.llpelling.com/2011/10/linn-mar-stadium-why-pay-more/>

<http://www.alanizpaving.com>

<http://www.commissarioallagamenti.veneto.it/menu4/linee-guida-1>

<http://www.venetoagricoltura.org/basic.php?ID=4010>

<http://www.regione.veneto.it/Ambiente+e+Territorio/Ambiente/Acqua+e+difesa+del+suolo/Acqua/Ciclo-Acqua/Pianificazione+Regionale/Piano+di+Tutele+delle+Acque.htm>

<http://www.claudioforesi.it/Grigliaticarrabili/tabid/190/language/it-IT/Default.aspx>

<http://www.paver.it/paverlife/drenanti.aspx>

http://www.senini.it/drenanti_quarzo.php

http://www.senini.it/area_tecnica_pavimenti_drenanti.php

<http://www.ferraribk.it/linux-highlights.html>

<http://www.geoplast.it/ita/verde/salvaverde/>

http://it.wikipedia.org/wiki/Pozzo_%28Venezia%29

<http://www.provincia.bz.it/agenzia-ambiente/acqua/gestione-sostenibile-acque.asp>

IMMAGINI

- 1 - L'effetto di precipitazioni intense su un'area urbana con la rete di fognatura velocemente saturata, settembre 2012 (Daniele Conte)
- 2 - Superfici impermeabili e permeabili alternate (Daniele Conte)
- 3 - Calcestruzzo drenante (www.hpigreen.com)
- 4 - L'acqua scorre sulle superfici impermeabili andando a invadere gli spazi adiacenti (Daniele Conte)
- 5 - PP grigliato in calcestruzzo inerbato. L'ombra degli alberi nelle ore centrali della giornata permette la sopravvivenza del cotico anche d'estate (Daniele Conte)
- 6 - Gli strati che compongono una tipica PP (qui: Eco-stone) (Daniele Conte)
- 7 - Una PP (asfalto o calcestruzzo drenanti) in sezione (Daniele Conte)
- 8 - Riempimento, con substrato, di grigliato plastico MODI' Garden Grid (Claudio Foresi S.r.l.)
- 9 - Confronto tra asfalto drenante (sullo sfondo) e tradizionale (in primo piano) (Lake Country Forest Preserve, www.LCFPD.org)
- 10 - Una scelta progettuale scorretta nel tempo fa emergere problematiche evidenti (Daniele Conte)
- 11, 12, 13, 14 - (Pezzaniti D., Beecham S., Kandasamy J., *Influence of clogging on the effective life of permeable pavements*)
- 15 - L'acqua che s'infiltra nella PP può essere raccolta in un serbatoio sotterraneo e riutilizzata per vari scopi (Interpave, www.paving.org.uk)
- 16 - Realizzazioni di diversi SUDS in ambiente urbano (www.biocycle.net; www.svrdesign.com)
- 17 - Siti che si sarebbero potuti realizzare diversamente seguendo i principi delle BMPs (Daniele Conte)
- 18 - Esempi di corretta realizzazione dei SUDS (hpigreen.com; chesbay program-WashingtonDC; asla.org)
- 19 - Un'apertura nel cordolo di limitazione di un'aiuola permette all'acqua di entrarvi all'interno (www.bellecci.com)
- 20 - pozzo in Campo San Marziale, Venezia (Pietro Salvador)
- 21 - SEA Street, Seattle (Seattle Public Utilities)
- 22 - NW 110 th Street Cascade, Seattle (Seattle Public Utilities)

RINGRAZIAMENTI

Vorrei qui ringraziare alcune persone che mi hanno sostenuto o aiutato in questo ultimo periodo di studi.

Grazie a Pietro, Marta, Anna, Ste, Lau, Fra, Gian, Ross, Enrico, Kekka, Marco, Martina, Michel, Beli, Vero, Giada, Fede, Lisa, Patty, Chiara e a tutti gli altri amici del gruppo Assisi e di Campalto che, in diversi modi, hanno dato energia alla mia corsa.

Grazie a Lucia, Davide, mamma e papà per essere la mia famiglia.

Grazie a voi e a Gabriele anche per l'aiuto nella revisione di questa tesi.

Grazie a Teo (anche per le corse!), Mattia, Ale, Ali, Davide, Simo, Luca e con loro ai compagni della mia "classe" di PPG e Grazie anche ad Ale, Luca, Filippo, Bianca, Fabio e tutti gli altri, per questi tre anni di Università splendidi passati insieme.

Grazie ai miei coinquilini Ale e Vale che mi hanno supportato e sopportato e con cui mi sono sentito a casa. Grazie per i gavettoni tra terrazzi e le partite a tennis.

Grazie a Fabrizio Zabeo e Mara per la loro testimonianza sul pericolo acqua e per avermi fatto capire che rispetto ai problemi che capitano agli altri non dobbiamo rimanere indifferenti, quando tutti ne siamo comunque indirettamente coinvolti.

Grazie alla professoressa Lucia Bortolini per la fiducia e la disponibilità dimostrate.