



L'EX "Sir" fa... H₂O

Progetto a cura di:

Eliana Barra
Giacomo Bernardi
Marco Catterin

Introduzione

Il progetto prende forma intorno al paraboloide, sito di archeologia industriale, denominato "Ex-Sir".

L'idea potrebbe essere inglobata nel più ampio progetto "*Parco delle Arti*" previsto dal POC di Darsena approvato nel febbraio 2015.

L'idea di base è di rivalorizzare tale sito rivestendolo di una tripla valenza: funzionale, culturale/ricreativa ed estetica, in un'ottica il più possibile sostenibile e improntata al risparmio e riutilizzo della risorsa acqua, tema sempre più cogente in vista degli attuali cambiamenti climatici.

Funzionale perchè ospiterà un vero e proprio impianto di depurazione che, grazie all'uso di tecnologie green come la fitodepurazione, sarà perfettamente integrato nel paesaggio ed andrà ad alimentare gli "Orti Urbani Condivisi" previsti sul lotto, oltre che il parco tematico "Il Giardino delle Farfalle" e il verde pubblico.

La componente culturale/ricreativa è data dalla possibilità di informare e sensibilizzare la cittadinanza sui temi ambientali collegati al recupero e riutilizzo dell'acqua, delle energie pulite e dell'ecologia tramite un'esperienza sensoriale, oltre che prettamente didattica come l'organizzazione di workshops, per i quali è stata adibita una piccola area, la "Piazzetta Acca2o".

A rendere tutto ancora più affascinante, i giochi d'acqua piovana che corrono tutt'attorno al visitatore.

Fitodepurazione

L'impianto porterà il pubblico a riflettere sulla gestione sostenibile dei reflui urbani, sul recupero del rifiuto liquido e sulle tecnologie ecocompatibili.

Gli "Orti urbani condivisi"

All'esterno della struttura saranno presenti degli spazi adibiti a ecologia metropolitana, essa si esprime come rimedio al consumismo dell'agricoltura intensiva, educa alla gestione naturale della terra, costituendo inoltre un punto d'incontro che risponde all'esigenza di "fare comunità".

Il Giardino delle Farfalle

Una vera e propria installazione d'arte vivente dove, sistemando diverse specie di piante erbacee ed aromatiche viene ricreato l'habitat per i Lepidotteri.

Il giardino fa da cornice al parco giochi a tema energetico dove i bambini saranno i protagonisti nella produzione di energia.



Buddleja davidii o albero delle farfalle, origine cinese ma naturalizzata anche al Nord Italia; frequentemente utilizzata in parchi e giardini.

Piazzetta Acca2o e bar

Spazio dedicato a mostre, attività didattiche e convegni a tema ambientale.

Il chiosco previsto all'interno di quest'area darà la possibilità al pubblico di assaporare le verdure e i frutti coltivati negli orti condivisi.

Giochi d'acqua e lavanderie condivise

L'acqua piovana raccolta dal tetto del padiglione, nel suo moto di discesa darà origine a spettacolari cascate e giunta al suolo scorrerà in canali il cui fondo è rivestito da materiali ceramici arricchiti in biossido di titanio dove, così depurata e filtrata, sarà disponibile per i vari usi e in particolare verrà inviata al vano della lavanderie condivise previste al piano terra dell'immobile antistante.

Le lavanderie condivise nascono dall'idea di poter utilizzare due strutture sfitte presenti al piano terra del residence "Edilizia Residenziale Agevolata". L'opera porterà plurimi vantaggi: agli utenti in quanto avranno più spazio abitativo, più sicurezza e meno rumore in casa, e anche all'ambiente attraverso l'utilizzo sostenibile della risorsa acqua, dosaggio automatico dei detersivi e programmi ecologici dedicati.

Progetto architettonico e materiali

Il progetto architettonico prevede lo smantellamento dei laterizi perimetrali e il solo mantenimento dei pilastri e degli archi portanti. La copertura del paraboloide viene prevista con lastre di vetro che coprono la parte del giardino botanico, mentre la restante parte del soffitto sarà rivestito di lastre di grès porcellanato.

Le piastrelle di porcellana sono realizzate inserendo nell'impasto del titanio. Il materiale che ne esce è autopulente, assorbe la CO₂, è molto resistente ed è in grado di assumere le forme della luce e dell'aria. Anche i canali per lo scorrimento dell'acqua piovana raccolta dall' ex-Sir sono previsti in eco porcellana, lo stesso materiale adottato per il padiglione Vanke ad EXPO 2015. ⁽⁴⁾

Le ceramiche bioattive adottate sono un'innovativa tipologia di prodotti eco-compatibili, sono in grado di generare una serie di processi virtuosi, in particolare reazioni di tipo chimico e biologico capaci di attenuare batteri e di abbattere gli agenti inquinanti. I processi avvengono grazie alla particolare natura dei materiali e dei trattamenti a cui sono stati sottoposti, senza alcuna necessità di alimentazione elettrica, energetica o del rinnovo dei composti necessari a sostenere nel tempo la reazione.

Il vetro da esterni scelto per la copertura del paraboloide è PilkingtonPlanar. ⁽²⁾

L'ottima stabilità chimica del materiale garantisce una lunga durata nel tempo, ha una bassa inerzia termica, resistente a trazione e compressione (Cagnacci 2010 - 2011), inoltre favorisce l'effetto serra utile per il microclima del parco botanico.

I flussi d'acqua in uscita dal sistema di fitodepurazione saranno a vista, è stato scelto del vetro calpestabile spesso 20 millimetri. La trasparenza, l'ottima stabilità chimica e termica, l'isolamento elettrico e termico lo rende un materiale adatto alle esigenze di progetto.

La trasparenza visiva della passerella in vetro è il risultato dello sfruttamento intelligente delle caratteristiche tecniche di questo materiale. La struttura permette il continuo accesso del pubblico e la visione del flusso dell'acqua (Cagnacci 2010 - 2011).

Il giardino delle farfalle verrà arredato con legno composito (WPC), materiale che lega il moderno design al rispetto dell'ambiente senza incidenze nella qualità del materiale. È un materiale eco-compatibile dotato di resistenza all'abrasione, al fuoco (classe M3), agli agenti atmosferici, ai raggi UV, all'attecchimento di funghi e muffe, inoltre è resistente allo scivolamento con calpestio a piedi scalzi (normativa DIN 51097 cat. C). ⁽³⁾

Per le fioriere è stato scelto un legno di pino trattato in autoclave a classe di livello 4. Il legno imbevuto in autoclave non richiede alcuna manutenzione, questo perché l'impregnante garantisce di per sé una lunga durata nel tempo. Esso si dimostra efficace sia contro gli agenti atmosferici sia contro l'attacco di muffe e insetti. ⁽⁴⁾

Bibliografia e link ai siti dei costruttori

- Cagnacci E. (2010 - 2011) "Il vetro strutturale", lezioni del Corso di Progetto e Riabilitazione Strutturale I, Università degli Studi di Firenze, pag. 9 - 19.
- (1)<http://www.casalgrandepadana.it/index.cfm/1,868,2958,0,html/PERCORSI-IN-CERAMICA-31#.Vgrbz5f-U4U>
- (2)<http://www.pilkington.com/europe/italy/italian/products/bp/bybenefit/glasssystems/planar/default.htm>
- (3)<http://www.ngwood-decking.com/legno-composito-per-esterni.php>
- (4) <http://www.regnodellelegno.it/Illegnoautoclave>

Calcolo dei volumi idrici disponibili

Acque piovane

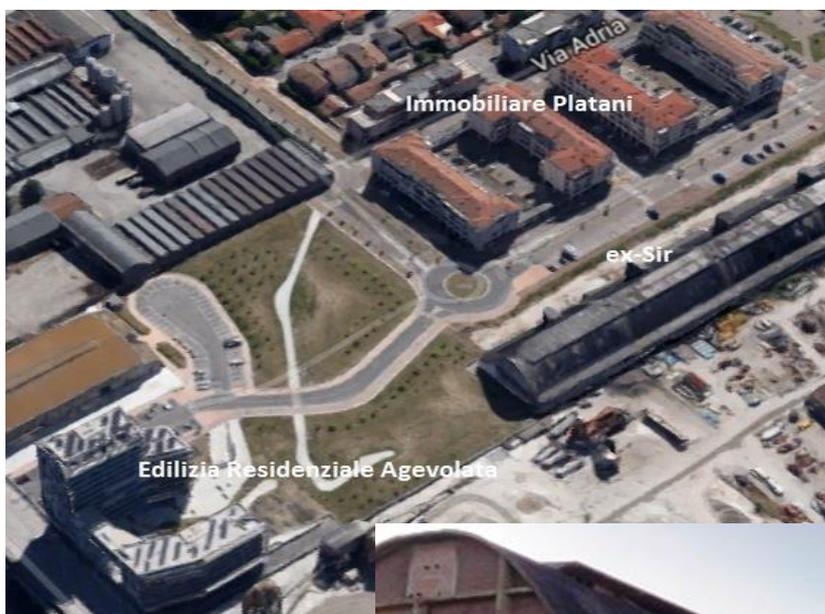
Per il calcolo delle acque piovane che si possono raccogliere annualmente sono stati analizzati i millimetri di pioggia (**Tabella 1**) e i giorni piovosi annui (**Tabella 2**). La ricerca per essere più attendibile si basa su uno storico di 8 anni consecutivi per i quali si è riuscito a trovare tali valori.

Tabella 1: Database del servizio idrometeorologico di Arpa 2004-2011.

PRECIPITAZIONI in mm												
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
2004	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	34,80	33,40	52,20	39,60	57,80	77,20	59,80	89,20
2005	7,80	54,60	18,40	103,00	33,20	15,40	17,60	81,20	125,20	171,00	105,60	50,00
2006	10,60	28,40	53,20	69,80	60,00	13,20	8,00	65,00	102,40	15,60	20,80	6,20
2007	16,00	33,20	113,80	6,80	60,20	36,00	10,40	139,80	41,00	124,20	13,60	41,60
2008	25,80	21,60	80,60	53,00	66,20	35,80	40,40	6,40	47,20	22,00	77,00	70,40
2009	54,00	36,60	60,00	37,40	15,00	28,00	11,80	13,00	10,00	127,40	26,00	83,80
2010	96,80	81,60	82,80	74,80	101,60	41,20	21,80	86,00	66,00	67,00	103,80	48,00
2011	33,00	40,00	94,20	15,00	30,60	39,40	43,00	0,00	27,20	29,80	8,60	27,00
Media	34,86	42,29	71,86	51,40	50,20	30,30	25,65	53,88	59,60	79,28	51,90	52,03

Tabella 2: Elaborazioni Barra su dati Arpa, giorni piovosi per mese 2004-2011.

	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre	tot GdP/anno
2004	11	11	10	16	16	6	4	5	7	16	11	16	129
2005	1	9	9	10	9	5	11	11	12	12	7	18	114
2006	7	7	11	13	8	5	4	15	9	7	8	8	102
2007	6	11	14	2	8	4	7	11	8	13	9	10	103
2008	11	4	14	16	11	12	6	1	14	7	13	18	127
2009	13	12	11	13	9	10	3	5	4	13	14	15	122
2010	14	15	8	10	16	8	3	6	12	11	18	10	131
2011	11	7	13	10	8	10	7	0	3	8	6	9	92
media	9,25	9,5	11,25	11,25	10,625	7,5	5,625	6,75	8,625	10,875	10,75	13	115



L'area d'interesse è il sub comparto 10 presente nella Darsena della città di Ravenna (**Fotografia 1**), in particolare la raccolta delle acque piovane interessa in particolare l'ex-Sir (**Fotografia 2**).

Fotografia 2: Catterin (2015), vista a lunga distanza di via Giovanna Bosi Maramotti.



Fotografia 1: Elaborazioni Catterin su immagine di Google maps (2015), fotografia satellitare del subcomparto 10.

Piovosità media annua e dimensionamento opere

Dall'analisi del regime pluviometrico della Darsena emerge che su quest'area cadono annualmente 603,25 mm di pioggia con un massimo in marzo (71,86 mm) e uno in ottobre (79,28mm) mentre in luglio e gennaio queste quantità si dimezzano.

L'area in studio registra tra i valori più bassi di piovosità tenendo conto della macroarea cui appartiene: piovosità media Pianura Padana = 700-1200 mm annui.

I volumi d'acqua piovana che in media ogni anno cadono su quest'area sono:

$$m^3 = 0,603 \text{ m} \times 48580 \text{ m}^2 = 29294 \text{ m}^3/\text{anno}.$$

Volumi Massimi Cumulabili

$$VMC = I \cdot S \cdot \varphi$$

$$VMC \text{ sigarone } m^3 = 0,603 \text{ m} \times 5055 \text{ m}^2 \cdot 0,30_1 = 2829 \text{ m}^3/\text{anno}$$

φ : coefficiente che rende conto della geometria delle superfici dei tetti in funzione della tipologia e della natura delle aree esposte (ricavato dalla Norma EN DIN 1989-1:2000-12).

Totale acque bianche effettivamente recuperabili: 2829 m³/anno.

In questo modo abbiamo conteggiato esclusivamente i volumi sul tetto non considerando quelli che cadono su prato, parcheggio e strade.

Acque reflue: calcoli e discussione su “Edilizia Residenziale Agevolata”

La stima del recupero delle acque nere nel subcomparto 10 tiene conto dell'immobile di Residenza Agevolata allo stato dell'arte legato al sopraluogo effettuato dallo staff nel luglio 2015, in **tabella 3** vengono riportati i calcoli e le cifre del recupero.

Tabella 3. Elaborazioni Catterin 2015.

	Densità abitativa	Acqua utilizzata a persona	Tot. Acqua utilizzata annualmente	Totale annuale
Unità abitative: 60	2.21 ₁	60.7 m ³ /anno ₂	8048.82 m ³ /anno	8048.48
Unità commerciali: 2	2.21 ₁	60.7 m ³ /anno ₂	0 m ³ /anno ₃	m ³ /anno

₁: componenti medi per famiglia, fonte UrbiStat AdminStat 2013

₂: uso di acqua domestico per il capoluogo di Ravenna, dato ISTAT 2011

₃: 0 m³/anno di acque reflue perché sfitti.

Bibliografia

- Antonellini M. (2015) Professore associato, Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Alma Mater Studiorum Bologna; comunicazione personale.
- Dinelli E. (2015) Professore ordinario, Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Alma Mater Studiorum Bologna; comunicazione personale.

Impianto di depurazione

Caratteristiche del refluo

Tabella 1: Barra (2015), riassunto dei dati riguardanti le acque nere.

*dato di natura statistica ricavato dai calcoli del capitolo precedente

Abitanti equivalenti	Dotazione idrica giornaliera	Carico organico	Carico idraulico
132*	167 l*	377mg/l BOD ₅	21m ³ /giorno

Schema dei trattamenti

1. Degrassatore;
2. Vasca Imhoff;
3. Trattamento ossidativo a flora adesa;
4. Fitodepurazione H-SSF;
5. Grigliatura fine a pulizia manuale.

Il refluo in uscita dall'immobile di edilizia agevolata denominato "il Mosaico" ha già subito i trattamenti (1) e (2) ed arriva al vano tecnico predisposto nel padiglione dell'Ex-Sir dove verrà sottoposto ai seguenti processi:

Trattamento ossidativo a flora adesa (3): realizzato tramite un rotore biologico; la macchina RCBR di Eco-Sistemi s.r.l di Rovereto, consiste in un modulo autoinstallante di dimensioni molto contenute.

In questo sistema, oggetti plastici detti "carriers (trasportatori) biologici", vengono messi a contatto con le acque reflue da depurare e sviluppano autonomamente un biofilm batterico in grado di ossidare la sostanza organica presente nel refluo con costi energetici molto ridotti ¹.



Particolare interno della macchina RCBR, i carriers sono tappi di bottiglia usati.

Al fine di completare la depurazione e consentire la nitrificazione/denitrificazione, nonché l'abbattimento dei microrganismi patogeni, il refluo viene immesso in un letto fitodepurante (4) a flusso sommerso orizzontale, progettato secondo i criteri del manuale ISPRA Fitodepurazione ², contenente le principali linee guida tratte dalle esperienze europee e americane.

Il letto consiste in una vasca contenente materiale inerte di varia granulometria ma adeguata a costituire il supporto per le radici delle macrofite emergenti. Il flusso del refluo rimane costantemente al di sotto della superficie del medium di riempimento e scorre in senso orizzontale grazie ad una leggera pendenza del fondo (Figura 1). Il flusso è continuo e l'ambiente è saturo.

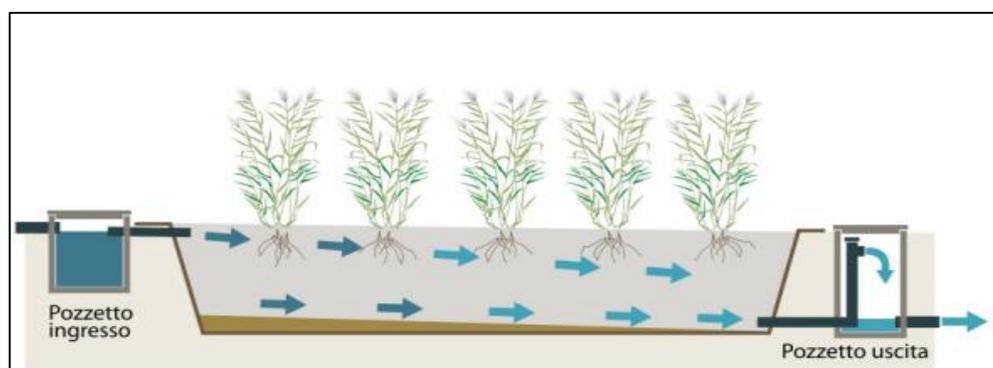


Figura 1: Rappresentazione schematica di un impianto a flusso sommerso orizzontale.

I contributi della vegetazione nel processo depurativo possono essere ricondotti sia allo sviluppo di un'efficiente popolazione microbica aerobica nella rizosfera, sia all'azione di pompaggio di ossigeno atmosferico dalla parte emersa fino all'apparato radicale e quindi alla porzione di suolo circostante (**Figura 2**).

Questo comporta una migliore ossidazione del refluo e la creazione di un'alternanza di zone aerobiche e anaerobiche con conseguente sviluppo di diverse famiglie di microrganismi specializzati, nonché la scomparsa pressoché totale dei patogeni (90-99%) particolarmente sensibili ai rapidi cambiamenti nel tenore di ossigeno disciolto (Chierici,1994; Vismara et Pajardi,1998).

Il rilascio di antibiotici, a livello radicale, è un altro processo che contribuisce alla eliminazione della flora batterica patogena (Brix,1993a)

I sistemi a flusso sommerso garantiscono la continuità del processo degradativo in quanto viene assicurata una buona protezione termica dei liquami durante la stagione invernale, questo viene permesso dalla lettiera, la quale si forma sul medium di riempimento; anch'esso possiede un certo potere depurativo in quanto fornisce il sostegno per i biofilm batterici operanti la degradazione della materia organica costituendo di fatto un sistema a biomassa adesa.

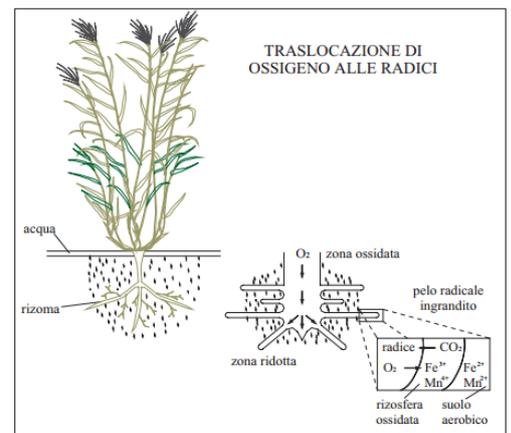


Figura 2: *Phragmites australis* o cannuccia di palude, ricopre il ruolo di *pompa di ossigeno*; i questa elofita ha la caratteristica di trasportare l'ossigeno atmosferico fino in profondità nel medium di riempimento grazie ai suoi lunghi rizomi, creando microzone ossidate che vengono colonizzate da batteri aerobici; effetto Venturi- da Brix (1993b), modificato.

Geometria e medium di riempimento

La sezione iniziale della vasca fitodepurante è preceduta da un pozzetto di controllo della portata in ingresso, il cui livello va mantenuto costantemente 10-15 cm al di sotto della superficie libera delle ghiaie per evitare la comparsa di cattivi odori e di insetti. Il settore iniziale della vasca fitodepurante ha dimensioni tali da consentire una dispersione il più possibile omogenea all'interno del letto ed evitare l'ostruzione del medium (Pergetti,1994).

Per consentire un adeguato sviluppo radicale serve un'altezza di circa 1 - 0.8 metri e una pendenza del letto compresa tra l'1 e il 5% che facilita lo scorrimento del refluo verso la tubazione d'uscita.

Il fondo è opportunamente impermeabilizzato con telo in PVC onde evitare fenomeni di percolamento e inquinamento indotto.

Il medium di riempimento è costituito principalmente da:

1. pietrisco (50-100 mm) in cui sono alloggiati le tubature forate in PVC con elementi a T per favorire la dispersione omogenea del refluo in ingresso.
2. ghiaia (4-8 mm) che costituisce la maggior parte del riempimento del letto.
3. pietrisco (50-100 mm) dove, sul fondo della vasca, sono alloggiati le tubature per il drenaggio dell'effluente seguito da un pozzetto di ispezione per il campionamento e la regolazione della portata in uscita.

Determinazione della superficie per la rimozione del BOD₅

I criteri più conservativi fanno riferimento a superfici definite per abitante equivalente, indipendentemente dalla portata e dalla concentrazione degli inquinanti oltre che dal tipo di medium.

In letteratura (Cooper, 1993; Green, 1997) viene suggerito il valore di 1m² per ab.equivalente, se il letto fitodepurante viene utilizzato come trattamento terziario, caso nel quale ricade anche il medesimo progetto.

Una formulazione più analitica, (Kickuth,1983) porta a una superficie minore, ma nello studio viene considerato cautelativo utilizzare un valore di circa 150m².

Calcolo della superficie per la fitodepurazione:

$$As = KQ (\ln BOD_{in} - \ln BOD_{us}) = 5,2 * 21mc/giorno * (\ln 57 - \ln 20) = 114,66 \text{ m}^2$$

Leggenda: As = m²; K= fattore di conversione che in condizioni di esercizio rientranti nella norma e temperatura non inferiore a 8° è pari a 5,2; Q= portata media acque reflue per giorno (m³/giorno); BOD_{in,us}= concentrazione in entrata/uscita.

Scelta della vegetazione

La scelta delle piante è ricaduta su specie a elevato potere ossigenante e alcune specie a valenza estetica, tutte tipicamente utilizzate in fitodepurazione e adatte a vivere alle condizioni di progetto, con ciclo di vita per lo più perenne. Di seguito vengono riportati i nomi e le immagini di quelle scelte.



Phragmites australis



Typha latifolia



Juncus effusus



Schoenoplectus lacustris



Carex elata



Butomus umbellatus



Iris pseudacorus



Lobelia cardinalis



Lythrum salicaria



Canna indica L.



Lysimachia vulgaris



Mentha aquatica



Thalia dealbata

La piantumazione avviene con una densità di 4 rizomi/m² sulla parte iniziale della vasca per le piante della pagina precedente, mentre per le piante a valenza estetica la densità di piantumazione è di 6 piantine m².

Calcolo dei rendimenti depurativi

L'obiettivo prefissato è raggiungere il valore di 20 mg/l secondo quanto previsto dal *D.Lgs. 185/2003* al fine di poter riutilizzare l'acqua depurata a scopi irrigui.

Tabella 2: Barra (2015), tabella dei rendimenti depurativi.

Trattamento	Rendimento depurativo	BOD5 ingresso	BOD5 uscita
Vasca Imhoff	20-30% ¹	377 mg/l	282 mg/l
RCBR	80-95% ²	282 mg/l	57 mg/l
Fitodepurazione	60-70% ³	57 mg/l	20mg/l

(1) Cooper et al.,1996

(2) Arpa ER - www.arpa.emr.it/cms3/documenti/_cerca_doc/acqua/ra/ra_sintesisinormativascaricoreflue.pdf

(3) (per tempi di residenza di almeno 1,5 giorni)

EPA - http://water.epa.gov/type/wetlands/restore/upload/2003_07_01_wetlands_pdf_sub.pdf

Destinazione d'uso delle acque reflue

Secondo la letteratura (Borin M. 2003) non sussistono particolari problemi sanitari per l'utilizzo a scopo irriguo di un'acqua con tali caratteristiche, neanche per colture orticole alimentari, che appartiene anzi, alla classe di qualità "a" secondo la tabella proposta da Giardini et al. nel 1993: "acque che non richiedono particolari accorgimenti per l'uso irriguo".

Ferma restando la necessità di analisi batteriologiche per confermare questo presupposto, tale acqua potrà quindi essere utilizzata per irrigare gli orti condivisi previsti dal progetto, il giardino delle farfalle e il verde delle aree pubbliche.

Depurazione acque piovane

Le acque meteoriche provenienti dall'evaporazione delle acque marine, al momento di formazione della goccia, sono pressochè pure; nel loro moto di discesa, però, possono inglobare composti come NO_x, SO_x, CO, PM_x e altri contaminanti eventualmente presenti sulle superfici su cui si deposita.

L'acqua che viene raccolta dal tetto del padiglione, scende all'interno della struttura lungo i pilastri impermeabilizzati da una struttura di vetro, dando l'idea di una cascata.

Dopo la raccolta (vedere capitolo precedente per i volumi), l'acqua piovana scorre su particolari materiali ceramici arricchiti in TiO₂ che, grazie all'effetto Honda-Fujishima e al forte irraggiamento solare dei canali predisposti alla raccolta (in cui sono alloggiati anche elementi filtranti autopulenti), effettuano la purificazione delle acque con debole carico di contaminazione tramite la formazione di specie altamente reattive dell'ossigeno (fotocatalisi eterogenea). Queste ultime reagiscono con i composti citati in precedenza per formare NO₃, CaCO₃ nell'ordine dei ppb (Bianchi C.L.2015).

La formazione di queste specie reattive previene anche dalla formazione di funghi e batteri, il potere disinfettante è 3 volte maggiore della clorazione e 1.5 l'ozonazione (Shalini Chaturvedi 2012).

Grazie alle proprietà del TiO₂, i materiali conservano nel tempo le proprie caratteristiche (stabilità chimica e termica, buone proprietà meccaniche).

Costi dell'impianto di depurazione reflui

Tipologia di Costi	Fanghi attivi	Fitodepurazione
1) Costi d'impianto		
- Acquisto aree	si	si
- Realizzazione	si	si
- Avvio impianto	si	si
2) Costi di gestione ordinaria		
- Manutenzione tecnica e programmata delle componenti edili	si	No
- Smaltimento dei fanghi di supero	si	No
- Manutenzione dell'area verde	si	si
- Analisi di laboratorio dei principali parametri di inquinamento	si	si
- Manutenzione tecnica e programmata delle componenti elettromeccaniche	si	Minima eventuale
- Smaltimento dei fanghi primari	Eventuale	si
- Consumo di energia elettrica	si	Minima eventuale
- Controllo delle erbe infestanti nel processo depurativo	No	si
- Sfalcio delle macrofite	No	si
3) Costi di gestione straordinaria		
- Rigenerazione del substrato di riempimento alla perdita della funzionalità	No	si
- Sostituzione delle componenti elettromeccaniche	si	Minima eventuale
- Pulizia delle componenti soggette ad intasamento	si	si

	50 a.e.	100 a.e.	250 a.e.	500 a.e.	1000 a.e.	2000 a.e.
tipologia						
Fanghi attivi	273.72	179.31	120.51	106.73	81.47	80.05
Fitodepurazione HF	260.05	234.05	203.78	183.26	164.93	148.44
Fitodepurazione VF	299.55	201.42	140.48	107.42	98.38	79.53

Tab. 16 - Confronto tra i **costi di costruzione** per diverse tipologie impiantistiche e diverse dimensioni (a.e.= abitante equivalente) espresse in euro/m² (Ceccon et al., 1999)

	50 a.e.	100 a.e.	250 a.e.	500 a.e.	1000 a.e.	2000 a.e.
tipologia						
Fanghi attivi	76.95	43.83	26.98	16.84	13.58	11.53
Fitodepurazione HF	22.31	12.24	5.76	3.32	1.98	1.21
Fitodepurazione VF	30.21	17.66	9.18	4.91	3.56	2.78

Tab. 17 - Confronto tra i **costi di gestione** per diverse tipologie impiantistiche e diverse dimensioni (ae= abitante equivalente) espresse in euro/m²/anno (Ceccon et al., 1999)

Tabelle tratte da "Manuale di Fitodepurazione Reggio Emilia" Romagnolli.

Per quanto riguarda il rotore biologico RCBR il prezzo è di 21000 euro secondo il listino prezzi disponibile sul sito del costruttore, mentre per la gestione sono sufficienti dalle 6-10 ore mensili.

Bibliografia

1. www.rcbr-water.com/rcbr_i.html

2. http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/manuali-lineeguida/Manuale_81_2012.pdf

(Borin M. 2003) –, Fitodepurazione – Soluzioni per il trattamento dei reflui con le piante. Bologna: Ed agricole - Il Sole24Ore, 2003.)

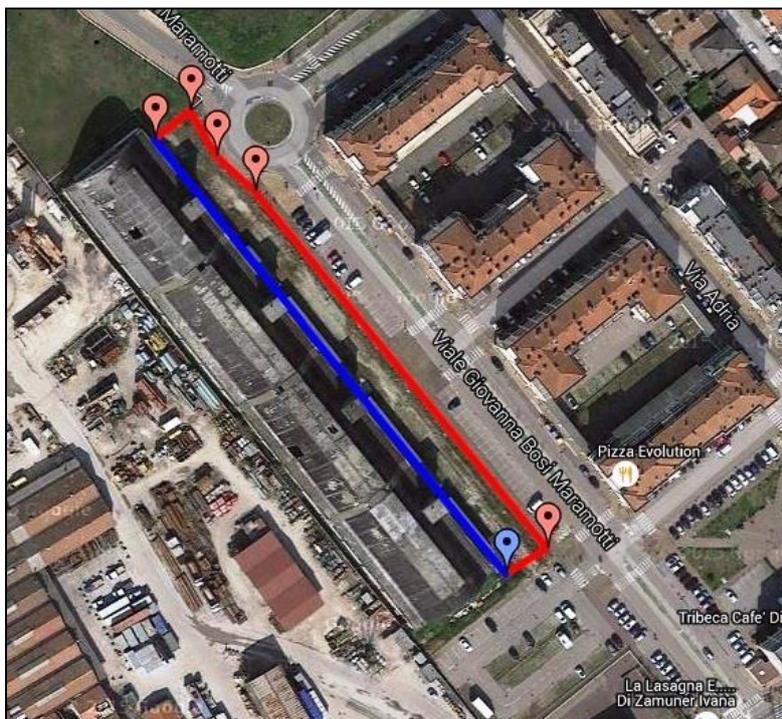
In ordine di citazione:

- Chierici E.(1994); Principi di funzionamento e aspetti gestionali di un sistema a flusso subsuperficiale con piante radicate. In *"Piccoli impianti di depurazione"* XLI Corso di aggiornamento di Ingegneria Sanitaria - Ambientale, Politecnico di Milano, ANDIS, Milano.
- Vismara R. e Pajardi S. (1998); Fitodepurazione con macrofite. *Biologi Italiani*.
- Brix H.(1993a); Wastewater Treatment in Constructed Wetlands: System Design, Removal Process, and Treatment Performance. In Moshiri G.A.(ed): *Constructed Wetland for water quality improvement*.
- Brix H.(1993b); Macrophyte - Mediated Oxygen Transfer in Wetlands : Transport Mechanisms and Rates. In Moshiri G.A.(ed): *Constructed Wetland for water quality improvement*.
- Pergetti M. (1994); Criteri progettuali e costruttivi di un sistema a flusso subsuperficiale per piccole comunità.
- In *"Piccoli impianti di depurazione"* XLI Corso di aggiornamento di Ingegneria Sanitaria - Ambientale, Politecnico di Milano, ANDIS, Milano.
- Cooper P.F. (1993); The Use of Reed Bed System To Treat Domestic Sewage: The European Design and Operation Guidelines for Reed Bed Treatment System. In Moshiri G.A.(ed): *Constructed Wetland for water quality improvement*.
- Giardini L., Borin M.(1993); La qualità delle acque per l'irrigazione. *L'inform. Agr.*, XLIX .
- Shalini Chaturvedi (2012); articolo su " *Materials Science Forum* : " *Environmental Application of Photocatalysis*"- <http://www.researchgate.net/publication/272638481>
- Bianchi C.L. (2014); Photocatalytic degradation of dyes in water with micro-sized TiO₂ as powder or coated on porcelain-grès tiles.

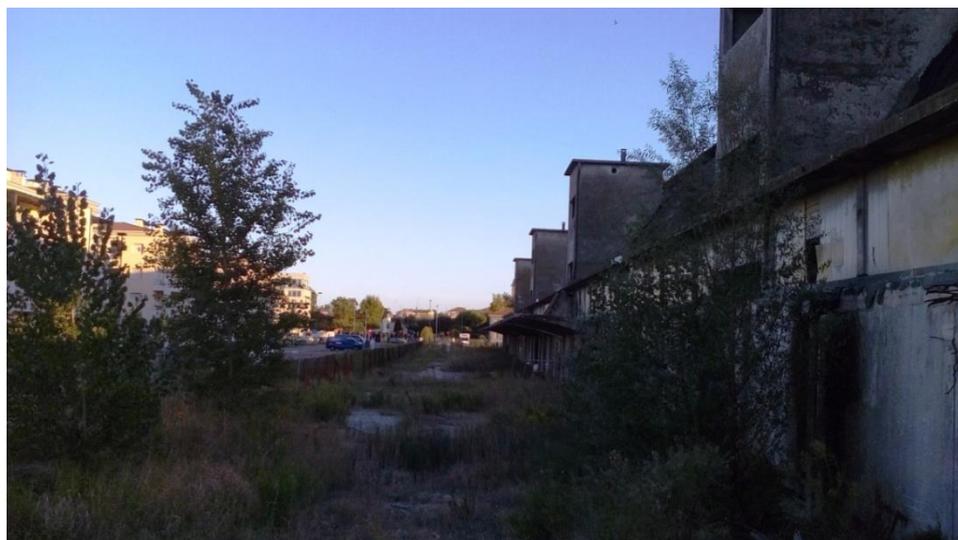
Riutilizzo delle acque nere

Introduzione

Il tipo di riqualificazione proposto per le acque nere nel subcomparto 10 è destinarle all'irrigazione di zone verdi residenziali assieme ad una zona di 2515 m² creata ad hoc all'interno del perimetro dell'ex-Sir nella quale sono previsti dei lotti per la pratica dell'**agricoltura urbana** (*Fotografie 1 e 2*).



Fotografia 1: Elaborazioni Catterin su immagine di ACME Planimeter (2015), vista dall'alto dell'area dedicata all'agricoltura urbana.



Fotografia 2: Catterin (2015), dettaglio per la posizione dell'agricoltura urbana nel lotto 10.

Utile per capire quali specie vegetali coltivare negli orti, è effettuare lo studio della stratigrafia del suolo sia per verificare la presenza di eventuali inquinanti sia per stimare il grado di fertilità del terreno.

La gestione dei punti d'irrigazione è di rilevante importanza per una buona gestione dell'orto, questi si evidenziano per la presenza di pozzetti rialzati con 2 o 3 rubinetti in modo tale da essere fruibile da più di un assegnatario a titolo indipendente. La principale erogazione dell'acqua negli orti è totalmente gratuita ed infinita

in quando si tratta di acqua riciclata dai reflui domestici, ma nel caso in cui fosse necessario un temporaneo allacciamento all'acquedotto questa volumetria verrebbe conteggiata e fatta pagare in modo forfettario a tutti gli assegnatari.

L'intera area destinata all'ecologia metropolitana sarà delimitata da una recinzione a maglie di ferro, scelta in modo tale da garantire un'adeguata insolazione e ventilazione naturale degli orti. Per la gestione dei rifiuti verdi e dei residui organici si provvederà al classico smaltimento come organizzato dal gestore dei servizi (HERA).

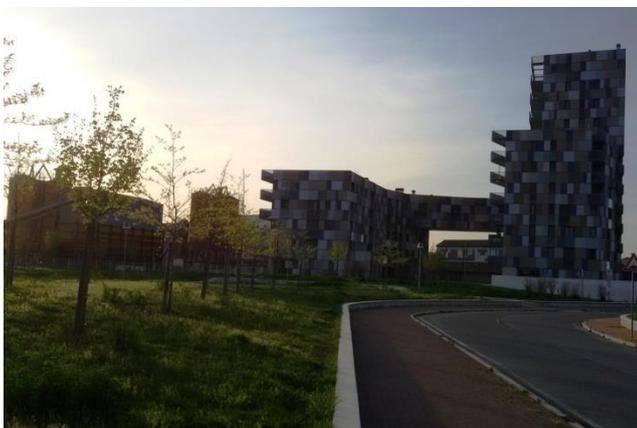
All'interno dell'ex-Sir, in un'area già prestabilita, il gestore provvederà ad assegnare degli spazi ove ricoverare gli attrezzi, collocare i servizi igienici e un punto di primo soccorso con acqua potabile (Prosdocimi G.G.).

Nel progetto presentato il destino delle acque trattate e riutilizzabili è in parte convogliato all'agricoltura urbana, in parte destinato al giardino delle farfalle, ma per la maggior quantità al verde pubblico già presente e consolidato in viale Giovanna Bosi Maramotti (**Fotografia 3**).

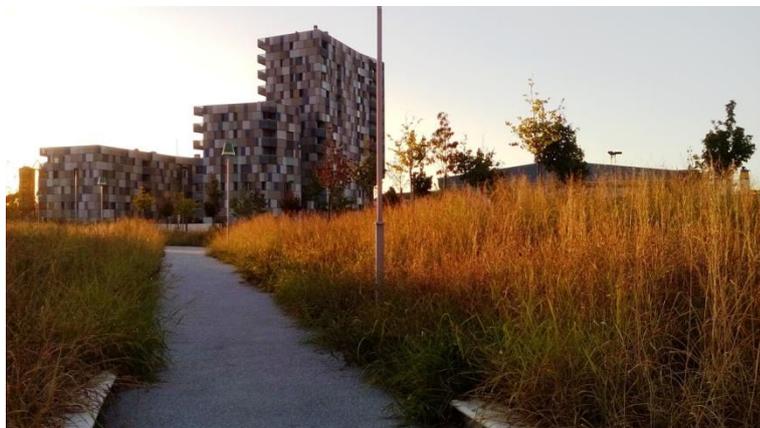


Fotografia 3: Catterin (2015), veduta dell'immobile Platani e dell'ex-Sir, e inquadramento del verde pubblico.

Il verde pubblico è per lo più prato alberato nel quale il progetto prevede una subirrigazione. È stata scelta questa tipologia di irrigazione per massimizzare la sicurezza degli utenti, per evitare problemi di zone d'ombra dovute ad ostacoli naturali, per azzerare l'effetto dell'evaporazione. La quantità d'acqua prevista nei parchi viene quantificata da calcoli che tengono in considerazione la struttura del terreno: substrato limoso-sabbioso (Servizio geologico, sismico e dei suoli, cartografia geologica dell'Emilia Romagna 2015) oltre al tipo di tappeto erboso presente, quindi la capacità di infiltrazione (Pecchioli S.2002-2003).



Fotografia 4 (sx): Catterin (luglio 2015), dettaglio del parco presente alla sinistra di viale Giovanna Bosi Maramotti direzione Residenze Popolari.



Fotografia 5 (dx): Catterin (settembre 2015), dettaglio del parco presente alla destra di viale Giovanna Bosi Maramotti direzione Residenze Popolari.

È stato calcolato il fabbisogno irriguo giornaliero di un orto generico (litri al metro quadro), sulla base dell'andamento climatico nella città di Ravenna (2011). I valori dei mesi che interessano l'irrigazione sono riportati in **tabella 1**:

Tabella 1. Elaborazioni dati sull'irrigazione a Ravenna, Catterin (2015).

*Dati precipitazioni medie mensili a Ravenna, anno 2011, ARPA EMILA-ROMAGNA.

**Dati dalla Tabella 6 (Fabbisogno idrico di un orto) Orsini F. "Manuale: L'orto urbano sostenibile, l'orto e l'acqua", Ed. Horticity S.r.l. pag 26-30.

Si tenga conto che l'acqua viene raccolta tutto l'anno, mentre l'utilizzo è limitato alla stagione estiva, in particolare da aprile ad agosto. Dalla **tabella 1** si evince come i mesi critici che richiedono l'irrigazione siano

MESE	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE
PIOGGIA (mm)	51.40*	50.20*	30.30*	25.65*	53.88*	59.60*
PIOGGIA (litri /m ² giorno)	1.71	1.62	1.01	0.83	1.73	1.98
FABBISOGNO (litri /m ² giorno)	0.5**	1.5**	2**	5**	3.5**	0.5**
IRRIGAZIONE NECESSARIA	-----	-----	0.99	4.17	1.77	-----
ECESSO	1.21	0.12	-----	-----	-----	1.48

giugno, luglio ed agosto, con la punta massima di 4.17 litri/m² giornalieri a

luglio da destinare all'irrigazione.

Tabella 2. Elaborazioni dati sull'irrigazione degli orti, Catterin (2015).

Mese	Irrigazione necessaria (litri /m ² giorno)	Area totale (m ²)	Giorni nel mese	Totale in litri	Totale in m ³
Giugno	0.99	2515 ₁	30	74695.50	74.69
Luglio	4.17	2515 ₁	31	325114.05	325.11
Agosto	1.77	2515 ₁	31	137998.05	137.99

1: Per mezzo del programma ACME Planimeter.

Osservando i dati calcolati in **tabella 2** si può vedere come il volume di acqua utilizzato per l'**irrigazione degli orti** limitatamente alla stagione necessaria, sia indiscutibilmente compatibile con la disponibilità di acqua recuperata, in quanto il totale teoricamente richiesto raggiunge appena i **537.79 m³** su un totale a disposizione di 8048.48 m³.

Con l'acqua riciclata attraverso la fitodepurazione verranno irrigate anche le piante presenti nel parco interattivo all'interno del paraboloide. Il meccanismo prevede un innaffiamento goccia a goccia per ogni singola fioriera presente nel padiglione.

Bibliografia

- Antonellini M. (2015) Professore associato, Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Alma Mater Studiorum Bologna; comunicazione personale.
- Dinelli E. (2015) Professore ordinario, Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Alma Mater Studiorum Bologna; comunicazione personale.
- Masin R. (2015) Ricercatore universitario confermato, Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e Ambiente Università degli Studi di Padova ; comunicazione personale.
- Prosdocimi G.G. "Manuale: L'orto urbano sostenibile, prefazione", Ed. Horticity S.r.l.; pag. 5-8.
- Pecchioli S. (2002/2003), "La progettazione di un impianto di irrigazione", Facoltà di Agraria-Università di Pisa; pag. 4-25.

Riutilizzo acque piovane

Introduzione

Dopo i trattamenti di depurazione le acque piovane sono destinate alle lavanderie condivise, si tratta di locali sfitti presenti nell'immobile di Residenza Agevolata che ospiteranno lavatrici e asciugatrici.

Al fine del risparmio energetico è prevista la conversione di energia solare in energia elettrica attraverso la tecnologia del fotovoltaico, queste stringhe di pannelli vengono predisposti nel tetto dell'ex-Sir (**Fotografia 1**). Andranno ad alimentare i locali lavanderia, le utenze previste per l'agricoltura urbana e il bar interno all'ex- Sir. Gli impianti per il risparmio energetico si allineano al "pacchetto 20 20 20" contenuto nella Direttiva 2009/29/CE, e alla Legge regionale 26/2004, "Disciplina della programmazione energetica territoriale ed altre disposizioni in materia di energia".



Fotografia 1: Catterin (2015), con le frecce nere viene indicato dove è previsto il posizionamento dei pannelli fotovoltaici.

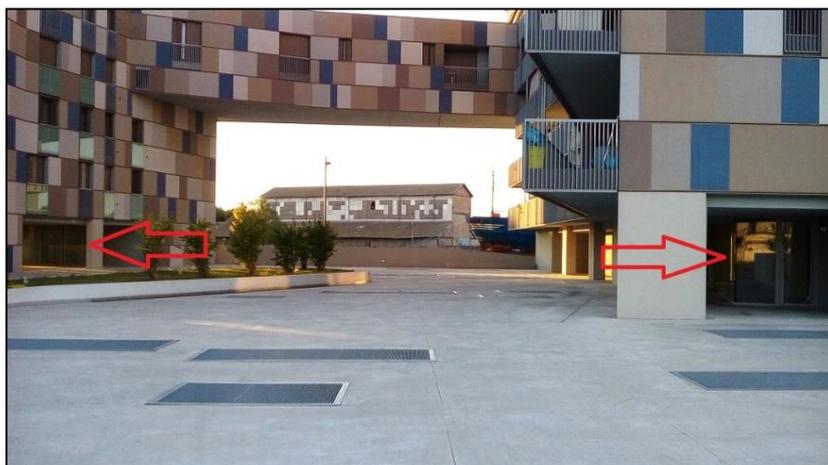
Dimensionamento, consumi e valutazioni economiche

Tabella 1: consumi delle lavatrici scelte, valori calcolati attraverso i dati forniti dal produttore: <http://www.bosch.com> Catterin (2015).

	Consumo di acqua per lavaggio	Consumo di acqua a persona	Consumo acqua per nucleo familiare	Consumo di acqua per l'immobile
Lavatrice Bosch Avantixx6	43 litri	18.40 litri/giorno	40.66 litri/giorno	2'439.60 litri/giorno

Nel complesso immobiliare abbiamo 60 utenze abitative che attraverso **le lavatrici consumeranno 2'439.60 litri/giorno di acqua**, valore ampiamente coperto attraverso il recupero delle acque meteoriche.

Dai valori trovati nel sito <http://www.mieleprofessionalclick.it/lavanderiecondominiali/> si prevedono 15 lavatrici e 7 asciugatrici, gli apparecchi verranno posizionati dove sono presenti due spazi commerciali sfitti al piano terra (**Fotografia 2**).



Fotografia 2: Catterin (2015), con le frecce rosse sono indicate le utenze sfitte nell'immobile di Residenza Agevolata dove si prevedono le lavanderie condivise.

Tabella 2: costi e consumi energetici delle tecnologie presenti Catterin (2015).

Modello	Classe energetica	Numero di cicli	Costo (euro)	Costo totale (euro)	Energia consumata (kW/anno)
Lavatrice Bosch Avantix6 ₃	A+++	220	400 – 500 ₁ cad.	10'000 – 13'000	135
Asciugatrice Bosch Logixx8 ₃	A++	160	400 – 800 ₁ cad.		258
Rotore Biologico RCBR	Non disponibile	Continuo	21'000 ₂ cad	21'000	725 ₄
			TOTALE:	31'000-34'000	1'118

₁ : <http://www.trovaprezzi.it>

₂ : <http://www.rcbr-water.com>

₃ : <http://www.bosch-home.com>

₄ : (Aldrovandi A. 2009)

Chiaramente nella spesa preventivata non è incluso la manodopera necessaria per l'installazione dell'impianto e la messa in attività dell'opera, in quanto una sua stima risulta difficoltosa e azzardata.

Impianto fotovoltaico

La copertura dell'edificio permette di applicare i pannelli con un orientamento ottimale: direzione sud e inclinazione di 30°.

La valutazione della risorsa solare disponibile è effettuata prendendo come riferimento il valore della radiazione solare annua incidente a Ravenna, per una superficie orientata a sud con una inclinazione di 30° a base orizzontale, è pari a: 1423 kWh/annui (1), applicando il coefficiente correttivo di 1.13 (Dall'O' G.) il valore della radiazione solare sul piano considerato è uguale a $1423 \times 1.13 = 1607.99$ kWh/m² anno.

Tabella 3: dati dell'impianto fotovoltaico. Catterin (2015)

Superficie disponibile	Campo fotovoltaico	Costo (euro)	Energia max prodotta
1317 m ²	160 kW (8m ² per 1 kWp ₁)	180'000 (1'100 €/kW ₁)	167'918 kWh/anno ₂

₁: <http://www.fotovoltaiconorditalia.it/idee/costo-kit-fotovoltaico-kilowatt>

₂ : <http://www.brillautomation.it>

L'energia massima producibile su base annua senza interruzioni di servizio è stata calcolata per generici moduli fotovoltaici in silicio monocristallino da 180Wp. Pertanto la produzione di energia elettrica nell'intero anno copre ampiamente quella dei consumi dichiarati dal costruttore BOSCH, dando modo di alimentare anche l'illuminazione e i locali dei rotori biologici dell'impianto di depurazione.

L'installazione dei pannelli non crea impatti paesaggistico-ambientali rilevanti. La manutenzione ordinaria viene data in concessione agli installatori con contratto rinnovabile periodicamente, inoltre viene stipulata una polizza assicurativa contro furto e danni naturali.

L'impianto funziona in modo autonomo senza richiedere interventi operativi, periodicamente occorre una verifica del buon funzionamento che si stima in circa il 2,5% del costo dell'impianto.

Richiederà uno sforzo iniziale d'investimento possibilmente da spartire su più fronti: comune e gestore dei servizi. È considerazione indubbia che il sostegno alla produzione energetica da fonti naturali sia un beneficio per tutta la collettività: il comune avrà destinato l'ex-Sir ad un uso sostenibile e nel rispetto dell'ambiente, potrà usufruire dell'energia elettrica sovrapprodotta dall'impianto fotovoltaico per ripagare la spesa iniziale; il gestore dei servizi attraverso l'impianto può guadagnare i Titoli di Efficienza Energetica, chiamati anche "certificati bianchi".

Attraverso il servizio del Gestore dei Servizi Energetici (GSE) è possibile il "ritiro dedicato" il quale permette ai produttori la vendita dell'energia elettrica immessa in rete, meccanismo che consiste nella cessione dell'energia al GSE il quale provvede a remunerarla attraverso un prezzo minimo garantito, per il fotovoltaico nell'anno 2015 è di 0.039 €/kW. (<http://www.gse.it/it/Ritiro%20e%20scambio/Ritiro%20dedicato/Pages/default.aspx>).

Se dall'energia prodotta togliamo l'energia spesa dalle lavanderie e quella dell'impianto di depurazione, a grandi linee si possono cedere al GSE circa 166'000 kWh/anno di energia che equivalgono a 6'500 € anno, in linea teorica in 27.5 anni permetteranno di ammortizzare la spesa iniziale, ma nel frattempo si avranno notevoli abbattimenti nelle emissioni di CO₂.

Bibliografia e siti

- Aldovandi A. (2009) "Ottimizzazione dei processi degradativi di reflui ad elevato carico organico a fini di recupero energetico", dottorato di ricerca in Ingegneria Idraulica, Scienze e Tecnologie dell'Acqua, pag. 30.
- Agenzia delle Entrate (gennaio 2015) "Le agevolazioni fiscali per il risparmio energetico".
- Barbolini F. (2014) Tesi di dottorato: "Teoria e pratica dell'architettura solare. Morfologia, rendimento, strategia progettuale", pag. 105-119.
- Dall'Ò G. dispense del Corso Architettura e impianti, Politecnico di Milano: "Impianti solari termici e fotovoltaici", pag 5-2.
- (1) <http://www.infopannellisolari.com/dati/provincia.php?codice=73>),

Giardino delle Farfalle

All'interno del padiglione ex-Sir è stato previsto un parco tematico perfettamente integrato con l'impianto di fitodepurazione dal quale vengono tratte le acque per l'approvvigionamento del giardino. In testa allo stabile viene previsto un punto ricreativo a scopo ristoro per i visitatori.

All'interno del parco saranno presenti delle giostre basate sul "Energy Generating Playground", una parte dedicata ai bambini nella quale grazie al solo movimento del corpo si renderanno fonte di energia. In particolare l'energia cinetica sviluppata dalle giostre viene catturata e accumulata in batterie, per il principio della dinamo da bicicletta, l'energia elettrica immagazzinata verrà utilizzata per l'illuminazione serale. I bambini e i loro accompagnatori potranno vedere quanta energia stanno producendo grazie a dei dispositivi a led che con il cambio di intensità di colore segnaleranno i watts prodotti istantaneamente. L'energia prodotta diventa sostenibile, gli utenti se ne renderanno conto attraverso lavagne interattive che spiegheranno il funzionamento delle giostre. Si prevedono altalena, scivolo a rullo, un'aerial merry-go-round, una zip-line (Ananya et Knowlton 2010).

<http://ecosistemaurbano.com/portfolio/energy-carousel/> <http://www.coroflot.com/ananyatantia/Energy-Generating-Playground>

Non si riesce a stimare economicamente il valore delle strutture per il parco tematico in quanto sono ancora tutti prototipi che non hanno un valido mercato e confezionati a richiesta (**Figure 1,2,3**).

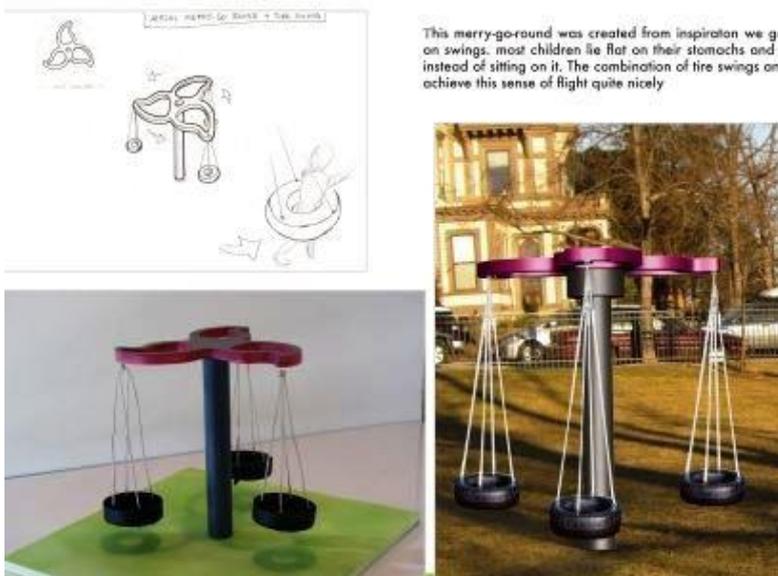


Figura 2: Ananya et Knowlton (2010) Aerial merry-go-round.



Figura 1: Ananya et Knowlton (2010) Standing see saw.



Figura 3: Ananya et Knowlton (2010) Zipline.

Il parco avrà una passerella pedonale (**Fotografia 1**), il visitatore potrà essere abbracciato dalla flora piantumata e accarezzato dalle farfalle del vivaio (**Fotografia 2**), avrà anche modo di poter sostare in spazi adatti (**Fotografia 3**) per far godere la testa dei profumi che le narici assaporano.

Il chiosco previsto all'interno del complesso avrà la possibilità di far assaporare al pubblico le verdure e i frutti coltivati negli orti condivisi, la passeggiata all'interno del giardino permetterà di ascoltare la melodia dello sfarfallio dei lepidotteri, l'odore dei fiori condito dai colori che la vegetazione regala faranno frizzare i sensi del visitatore.



Fotografia 2: Catterin (2015) esempio di parco con passerella, Biodiversity park EXPO Milano.



Fotografia 1: Barra (2010) piedistallo per la creazione dell'habitat dei lepidotteri, orto botanico di Amsterdam.



Fotografia 3: Catterin (2015) esempio di spazi sosta immersi nel verde, Padiglione Brasile Expo Milano.