

*BOSCO COLTO. ATTRAVERSAMENTI 02.
RACCOLTI NELLA SELVA
PAUlab_Laboratorio di Progettazione Architettonica e
Urbana 3A prof. Marco Navarra
Borgo Santo Pietro – Caltagirone (CT)
9 aprile 2022*



Nature-based solution per il trattamento ed il recupero delle acque

Giuseppe Luigi CIRELLI

giuseppe.cirelli@unict.it



Università
di Catania

 **CSEI Catania**

GIFLUID



Cosa possiamo ancora fare?



SOIL MOISTURE RETENTION, GROUNDWATER RECHARGE



NATURAL AND CONSTRUCTED WETLANDS



REFORESTATION



RIPARIAN BUFFER STRIPS



URBAN GREEN SPACES AND GREEN BUILDINGS

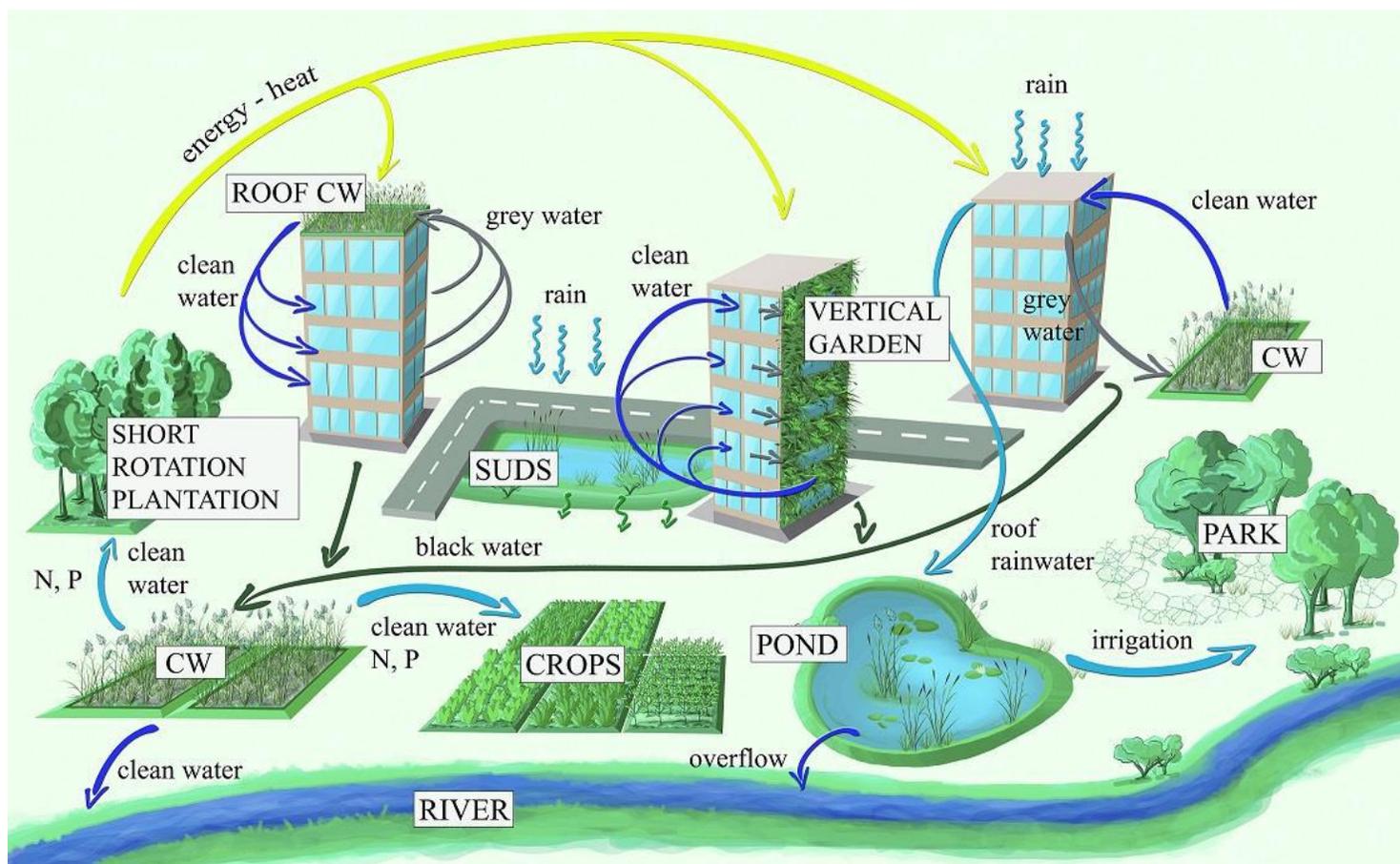


DRY TOILET

NBS usano o mimano processi naturali per rispondere a varie necessità, quali ad esempio la disponibilità idrica, il miglioramento della qualità delle acque, la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici

Infrastrutture verdi e blu e NBS per l'adattamento ai cambiamenti climatici e una nuova economia circolare

- Aree urbane e periurbane
- Insedimenti commerciali
- Insedimenti produttivi industriali e agro-alimentari



**IL NUOVO PARADIGMA PER LA
GESTIONE ECOLOGICA DELLE
ACQUE REFLUE:**





Le **Green-Blue Infrastructure** (infrastrutture verdi e blu) possono essere definite come una rete di spazi verdi e blu che sfruttano i servizi ecosistemici per fornire benefici sia alle persone che all'ambiente



Nell'ambito delle risorse idriche quali NBS possono aiutarci per una gestione sostenibile e integrata?



Can 'sponge cities' solve China's urban flooding problem?

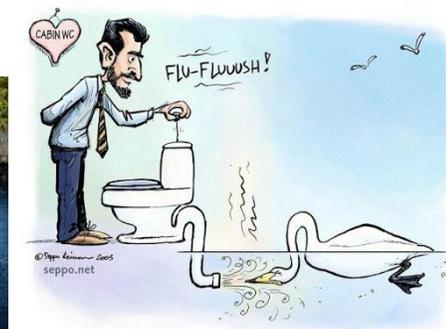
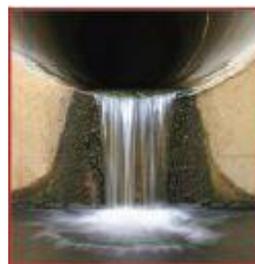
WADE SHEPARD JULY 28, 2016



Floods in cities across China this year have caused as much as US\$45 billion worth of damage. (Paul Gonzalez/flickr/cc)

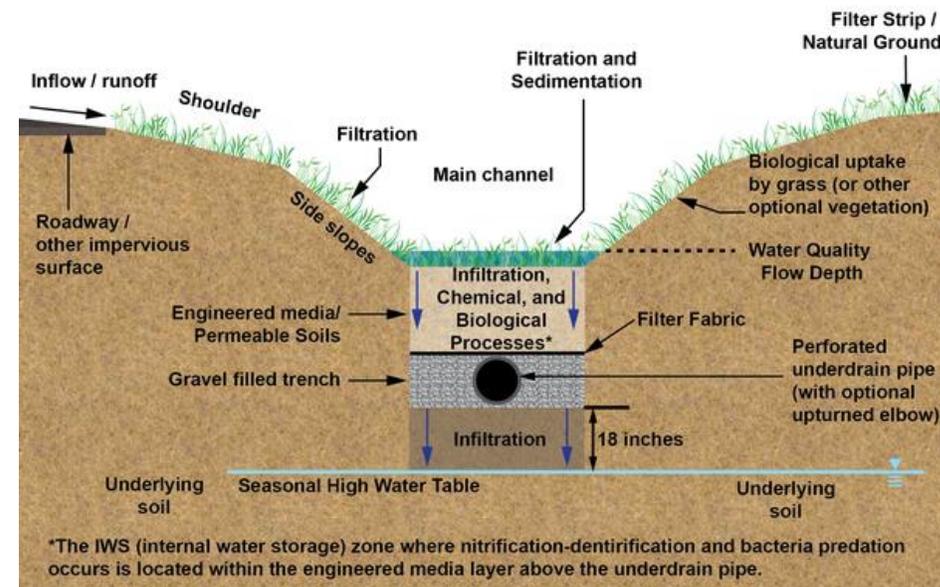
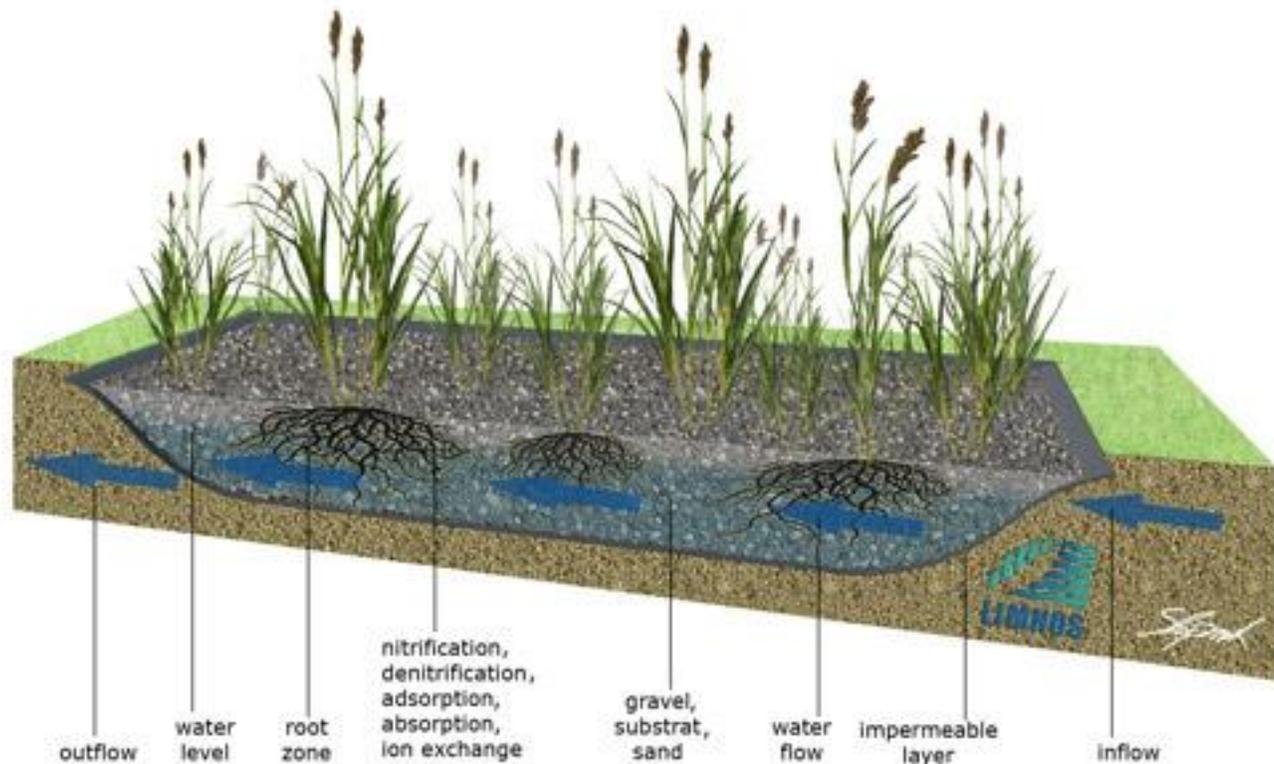
• RECUPERO DELLE ACQUE

• TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE



NBS per il trattamento delle acque

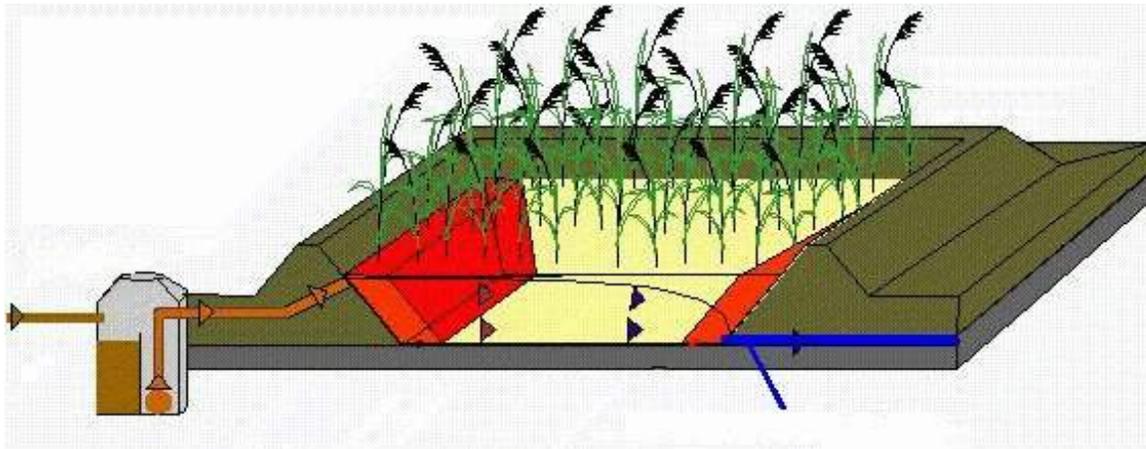
- **Fossati vegetati o «swales»:** Sistemi di pre-trattamento per la rimozione di alcuni inquinanti dalle acque da deflusso superficiale



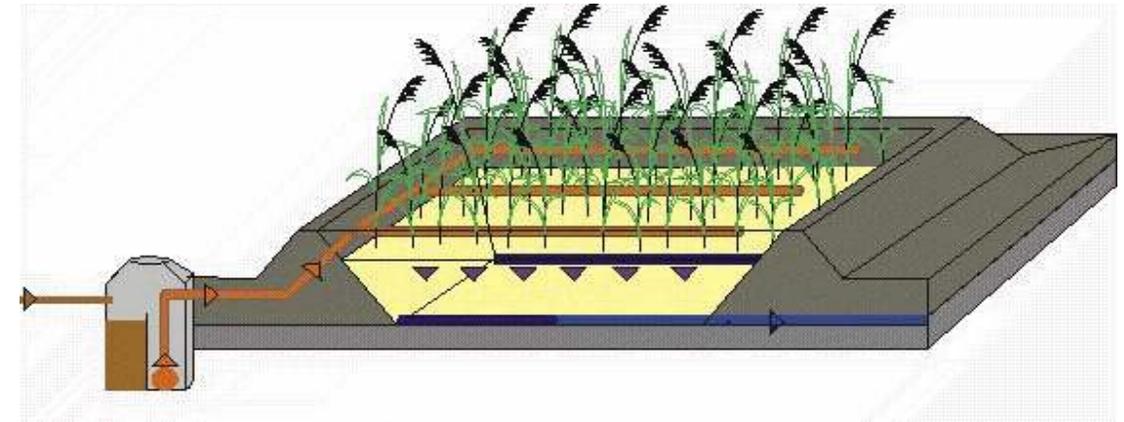
- **Impianti di fitodepurazione o «constructed wetlands»**

Ambienti controllati, i processi depurazione naturale caratteristici delle zone umide e ottenuti prevalentemente dall'azione combinata di: **suolo, vegetazione e microrganismi**

NBS per il trattamento delle acque

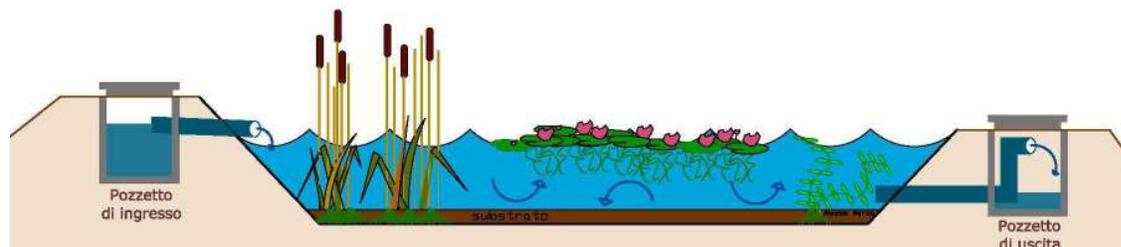


Sistema a flusso sommerso orizzontale (H-SSF)



Sistema a flusso sommerso verticale (V-SSF)

- **Impianti di fitodepurazione o «constructed wetlands»**

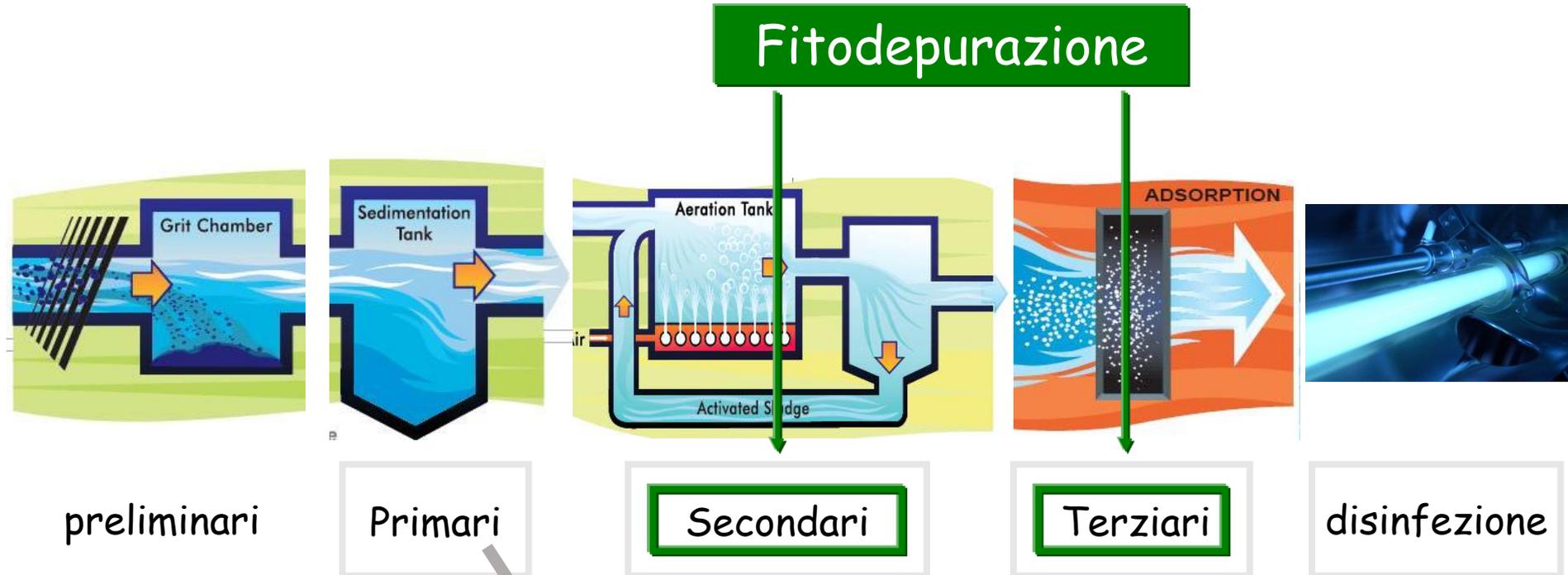


Progettazione:

- Idraulica
- Substrato filtrante
- Vegetazione

Impianti singoli o
combinati = multistadio

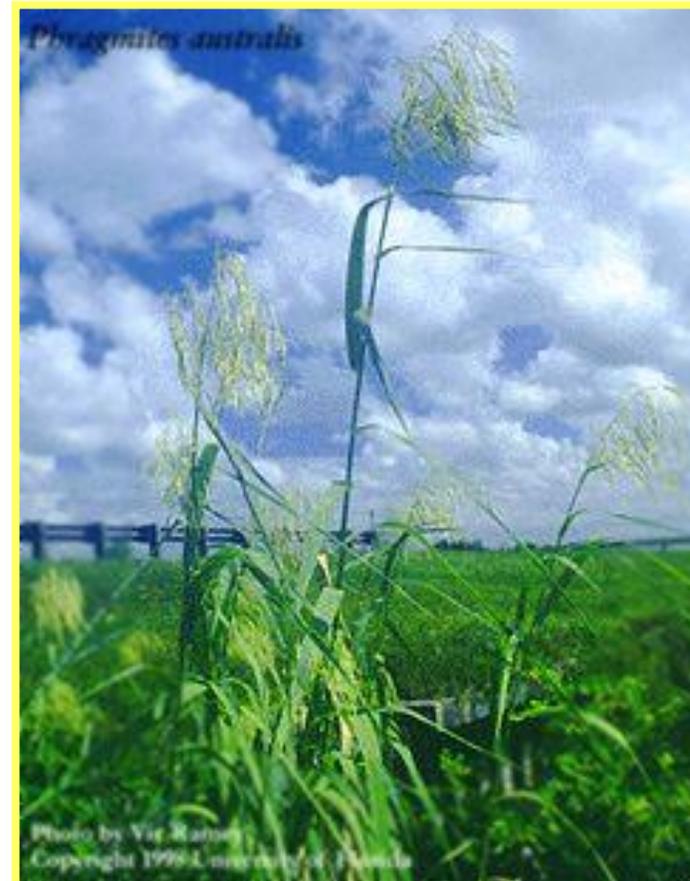
Trattamenti di depurazione delle acque reflue



Con i sistemi di fitodepurazione alla «francese» si assolve anche alla fase di trattamento primario

FITODEPURAZIONE

Negli impianti di fitodepurazione o "aree umide artificiali" ("constructed wetlands"), vengono riprodotti, in un ambiente controllato, i processi depurazione naturale caratteristici delle zone umide e ottenuti prevalentemente dall'azione combinata di: **suolo, microrganismi e vegetazione**



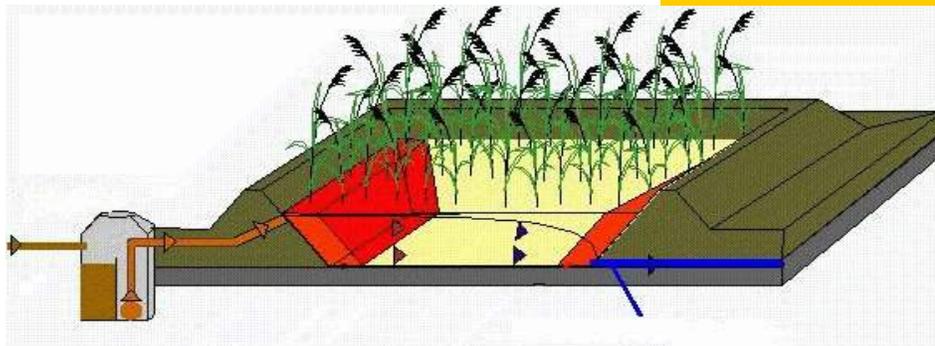
Classificazione dei sistemi di fitodepurazione in funzione del funzionamento idraulico

Flusso superficiale

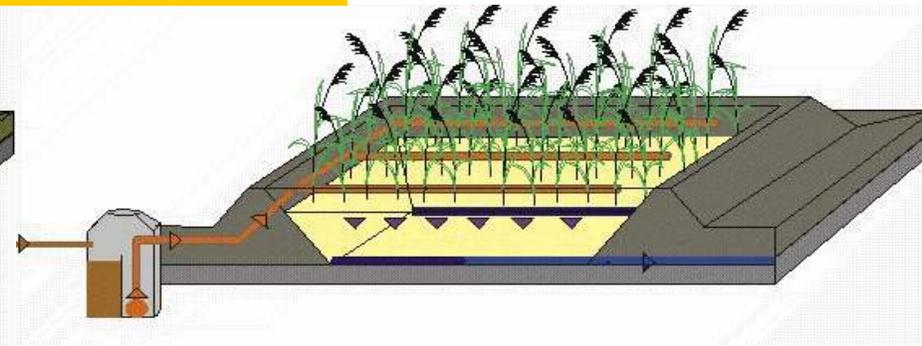


Sistema a flusso superficiale (FWS)

Flusso subsuperficiale



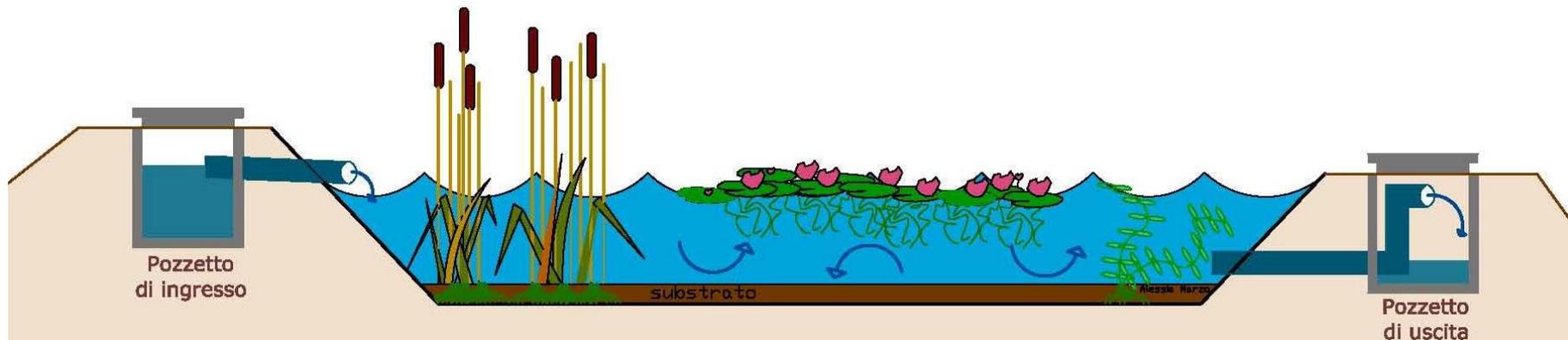
Sistema a flusso sommerso orizzontale (SFS-h)



Sistema a flusso sommerso verticale (SFS-v)

Sistema a flusso superficiale (FWS)

- Bacini di forma allungata e bassa profondità
- Utilizzati prevalentemente come trattamento terziario
- Prestazioni significativamente variabili con le stagioni (poco applicabile in climi rigidi)
- Problemi di impatto ambientale
- Superficie occupata (oltre 3-4 m²/AE per un trattamento terziario)
- Pochi esempi di applicazione in Europa e in Italia





Sistemi a flusso superficiale

■ impianti di fitodepurazione “in cascata” su terrazzamenti



Superficie
complessiva bacini
8.400 m²



Francia

•3 impianti di *fitodepurazione a flusso superficiale* raccolgono le acque reflue di un centro urbano e di un resort per poi riutilizzarle per l'irrigazione del campo da golf

(Fonte: Zachary Reicher, Vickie Poole, Ron Turco, Amanda Lopez and Jon Harbor, Purdue University Nov 2000)

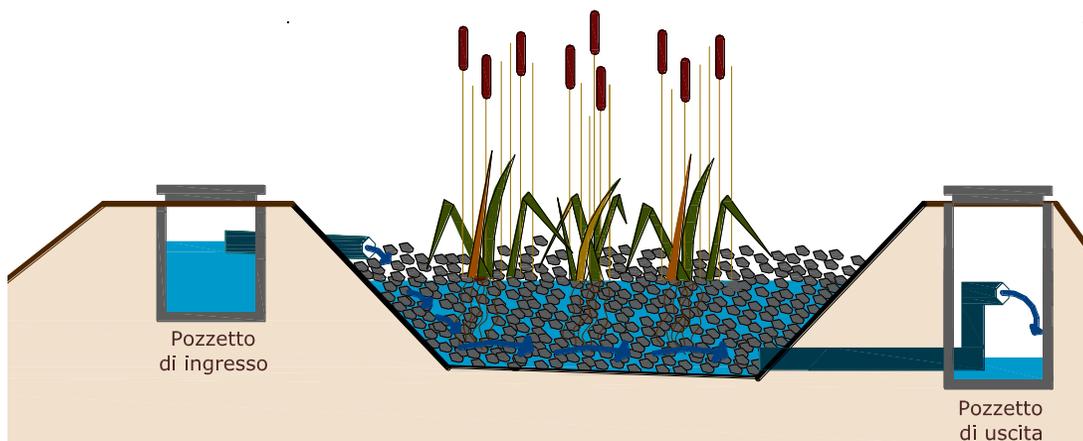


Sistema a flusso superficiale per il trattamento terziario (foto H. Brix)



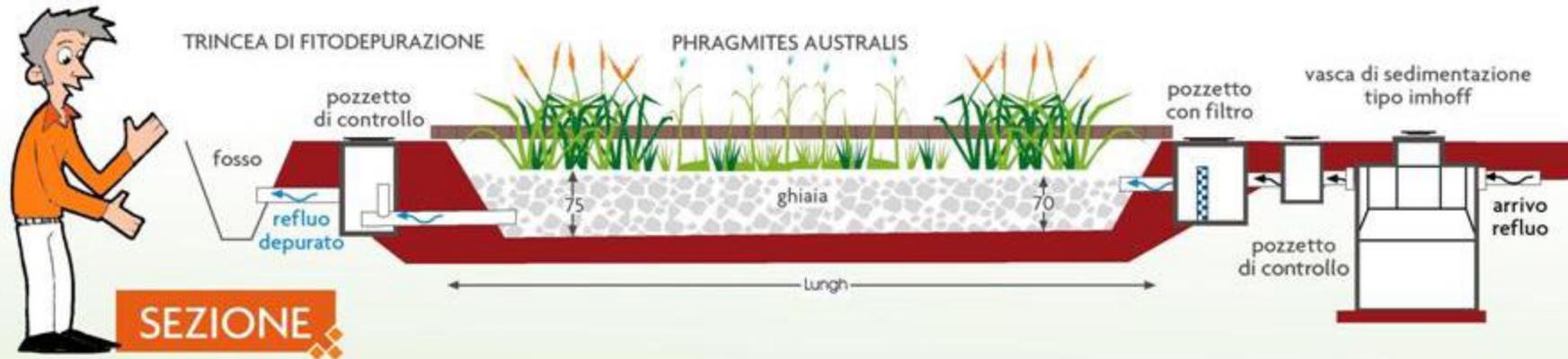
Ariel foto august 1999

Sistemi a flusso sub-superficiale orizzontale (H-SSF)



- bacini impermeabilizzati di forma rettangolare allungata e altezza intorno a 60 cm
- riempimento in materiale ghiaioso o misto ghiaioso-sabbioso
- il liquame viene fatto fluire orizzontalmente in continuo attraverso il terreno in cui sono radicate le macrofite (prevalentemente *Phragmites sp.*)
- funzionamento in condizioni di terreno saturo, ma con il livello idrico non affiorante
- trattamento secondario a servizio di piccole o piccolissime comunità (si consiglia di realizzare una sedimentazione primaria a monte !!!)
- Semplicità ed economia gestionale
- Presenta modeste perdite di carico
- Assenza di acqua libera (sviluppo di insetti modesto)
- Superficie occupata $\approx 4-5 \text{ m}^2/\text{AE}$ (trattamenti secondari) e $1-2 \text{ m}^2/\text{AE}$ (trattamenti terziari)
- Molto efficace nella rimozione di sostanza organica e SST, meno per la rimozione dei nutrienti
- Interessanti prestazioni nella riduzione della carica batterica
- Molto utilizzato in Europa, numerose applicazioni anche in Italia

IMPIANTO DI FITODEPURAZIONE A FLUSSO SUBSUPERFICIALE ORIZZONTALE



NB Il pozzetto con filtro non è necessario se la vasca di sedimentazione è stata ben dimensionata !

Tipologia di piante generalme

radicate emergenti



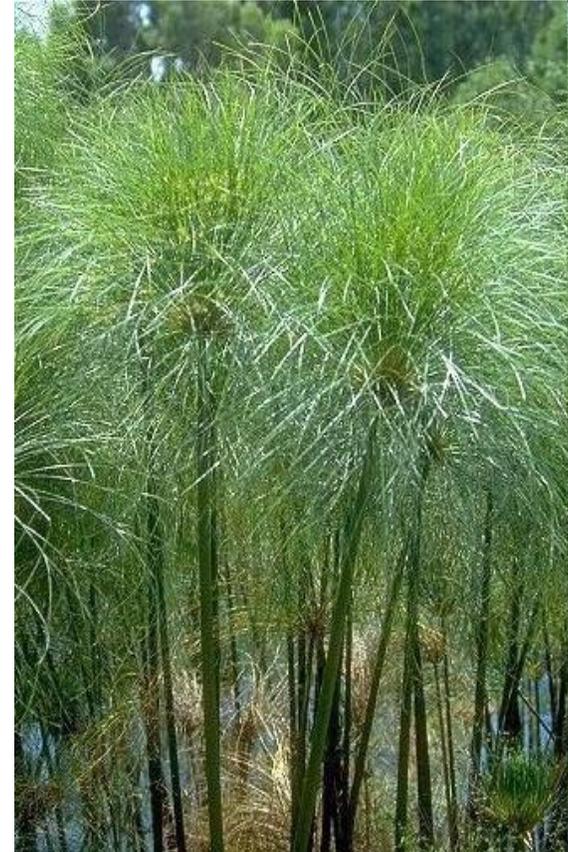
Mazza di tamburo

(*Typha latifolia*)



Cannuccia di palude

(*Phragmites australis*)



Papiro

(*Cyperus papyrus*)

Sistema a flusso subsuperficiale orizzontale - HSSF



(fonte IRIDRA)

Sistema H-SSF + FWS



(fonte G. Cooper)

Borgo Verde - Preganziol (Treviso)

- ✓ a.e.: 240
- ✓ Area superficiale sistemi H-SSF: 232 m²
- ✓ Quantitativo di acque grigie trattate, disponibili per il riutilizzo: 14,5 m³/giorno (circa 5.300 m³/anno)
- ✓ si è stimato un periodo di circa 9 anni come tempo di ammortamento dei costi di realizzazione e dei costi di manutenzione annui.

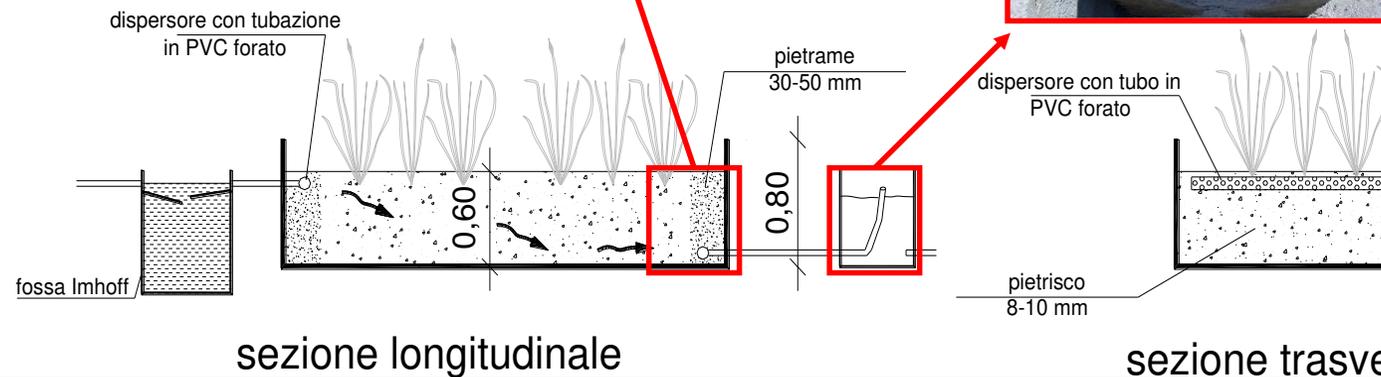
IN SINTESI ALCUNI DATI SIGNIFICATIVI DELL'INTERVENTO		
Costo dei trattamenti per le acque grigie (compreso trattamenti primari e sistemi di pompaggio ad esclusione di: fognature di raccolta e di addizione, depositi)	40.000,00	€
Costo di gestione annuo	400,00	€/anno
Acque grigie trattate	5400	mc/anno
Acque grigie trattate recuperabili per i WC	4380	mc/anno
Risparmio economico conseguibile con il solo riutilizzo nei WC delle acque grigie trattate (calcolato considerando un costo di 1,1 €/mc)	4818,00	€/anno



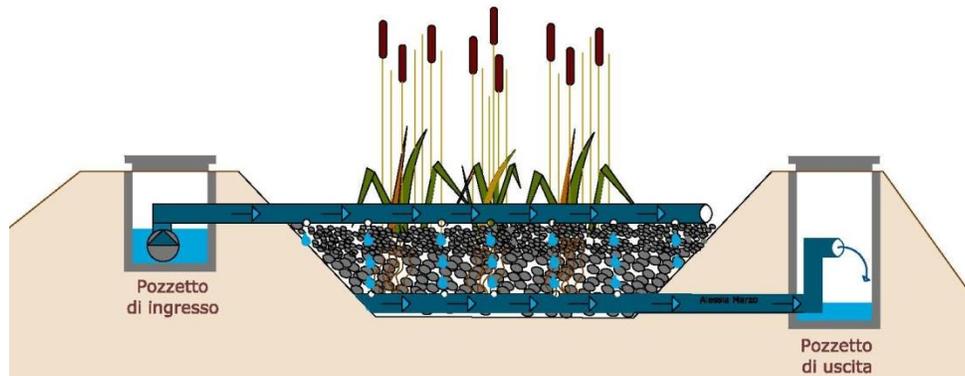
(fonte IRIDRA)

Singola abitazione - Catania

- ✓ a.e.: 4
- ✓ Area superficiale sistema H-SSF: 5 m²
- ✓ Quantitativo di acque grigie trattate, disponibili per il riutilizzo: 0,4 m³/giorno
- ✓ Vegetazione: *Cyperus papyrus*, *Canna indica*

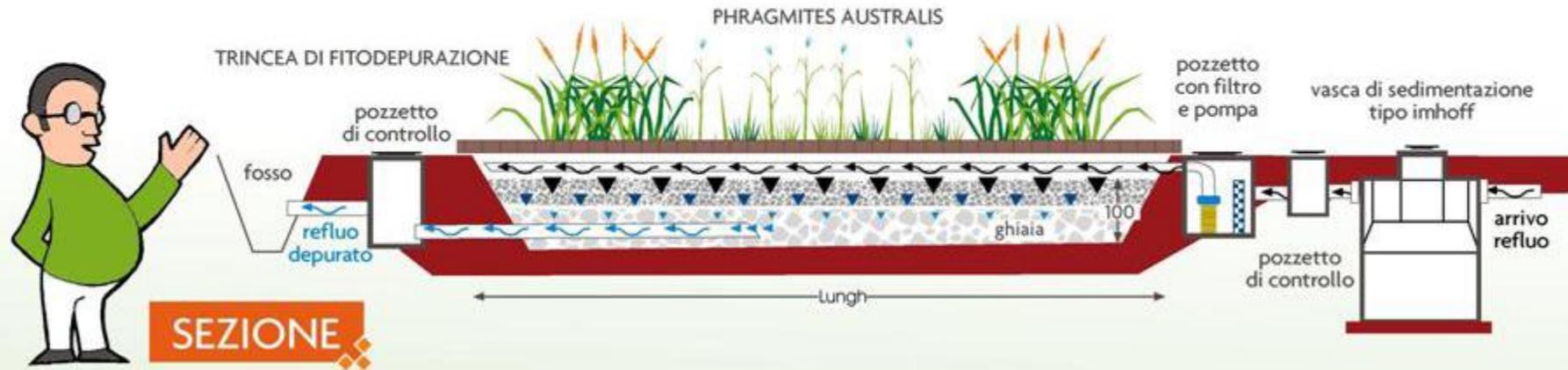


Sistemi a flusso sub-superficiale verticale (V-SSF)



- bacini impermeabilizzati di forma rettangolare e altezza variabile da 40 a oltre 80 cm
- riempimento in materiale ghiaioso e sabbioso, a volte con stratificazioni a granulometria variabile
- il liquame viene fatto fluire verticalmente attraverso il terreno in cui sono radicate le macrofite (prevalentemente *Phragmites*)
- funzionamento con cicli di riempimento-svuotamento in modo da migliorare al massimo l'aerazione del terreno
- usati efficacemente come trattamento secondario o terziario
- Sviluppati come alternativa al flusso orizzontale, allo scopo di migliorare l'aerazione del terreno, favorendo i processi aerobici
- Presentano rendimenti migliori rispetto al flusso orizzontale (riduzione fino al 50% delle superfici a parità di rendimento)
- Sono in grado di nitrificare efficacemente, e spesso utilizzato a questo scopo in accoppiamento ai sistemi orizzontali
- Perdite di carico maggiori dei sistemi orizzontali
- Distribuzione omogenea del liquame su tutta la superficie costituisce un problema idraulico non banale
- Necessaria una regolazione idraulica dell'uscita
- Le applicazioni sono ancora poche a causa delle difficoltà sopra evidenziate

IMPIANTO DI FITODEPURAZIONE A FLUSSO SUBSUPERFICIALE VERTICALE



Sistema a flusso subsuperficiale verticale - VSSF



Impianto a flusso sub-superficiale verticale WRc di Medmenham. Messa a dimora delle macrofite (Cooper et al., 1996)

Sistema a flusso subsuperficiale verticale - VSSF



*Impianto a flusso sub-superficiale verticale WRc di Medmenham a regime (luglio 1994)
(Cooper et al., 1996)*

Fitodepurazione – outdoor nei parchi



Sidwell Friends School, **Washington DC**

Sistemi outdoor per la fitodepurazione delle acque grigie (Docce, WC...)



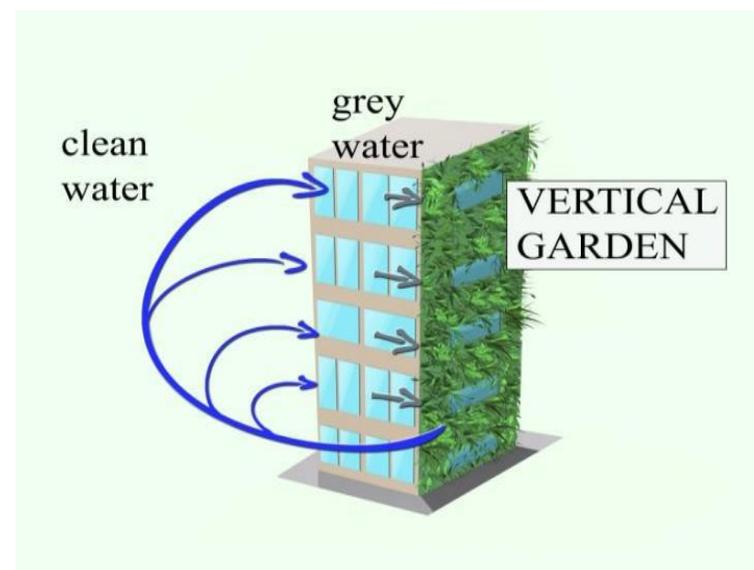
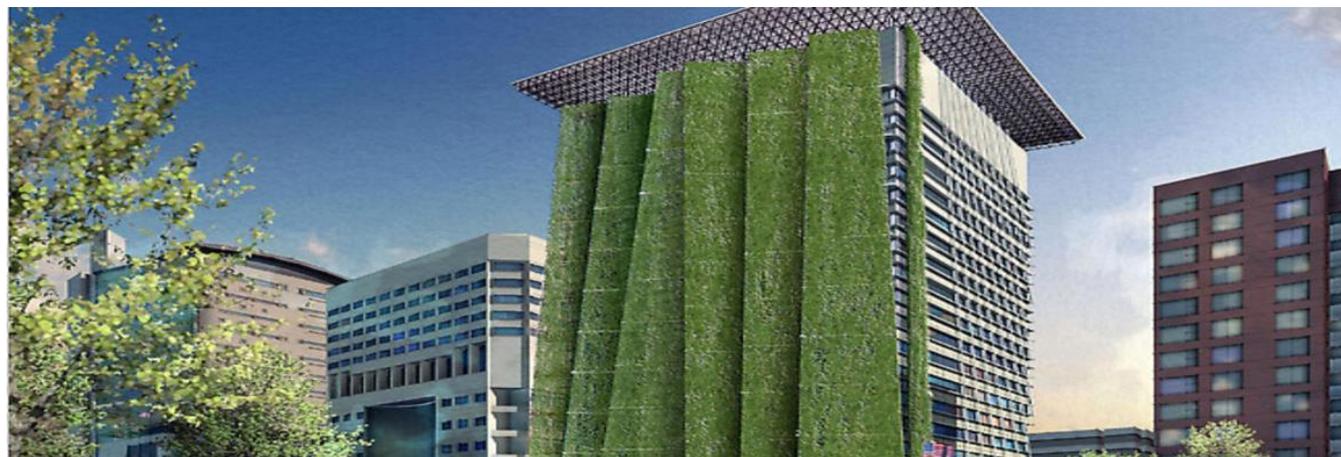
Fitodepurazione - indoor



San Francisco Public Utilities Commission: la "Living Machine", fitodepurazione indoor per il riciclo acque grigie nei WC e per l'irrigazione



Fitodepurazione – Pareti verdi



Hostel campus of the College of Engineering, Pune (India): impianto pilota



Fitodepurazione – Tetti verdi





UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA

DIPARTIMENTO DI

AGRICOLTURA, ALIMENTAZIONE E AMBIENTE



Sezione di
Idraulica e
Territorio



- Aperto nel 2011
- in soli sei mesi:
 - 1.700.000 visitatori
 - 200.000 pasti serviti

oggi

- ~300 impiegati (full time and part time)
- ~ 6.000 visitatori al giorno
- ~ 14.000 visitatori il sabato
- ~ più 16.000 visitatori domenica/ vacanze
- ~ 800 pasti serviti al giorno





UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA

DIPARTIMENTO DI

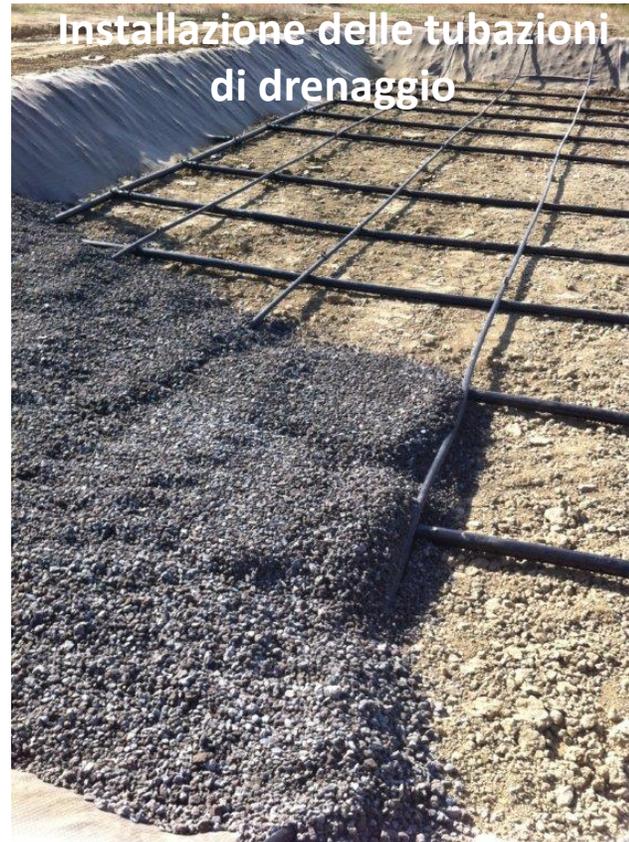
AGRICOLTURA, ALIMENTAZIONE E AMBIENTE

L'impianto dei trattamento dei reflui prodotti dall'IKEA Catania (SBR + CW)





Fase di costruzione letti..



Installazione delle tubazioni di drenaggio



Posa in opera del materiale di riempimento (strato principale)



Installazione delle tubazioni di distribuzione

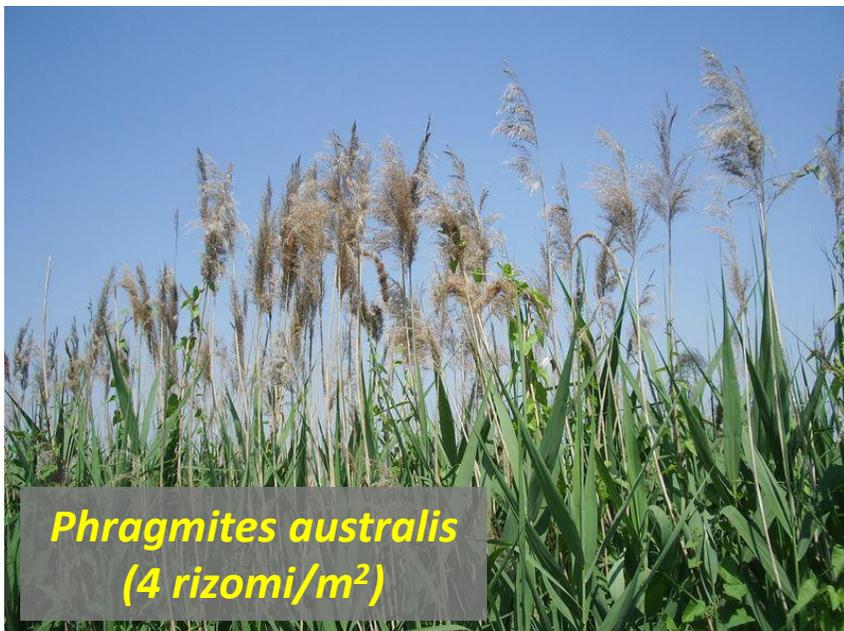


Fase di costruzione letti..





Macrofite piantumate



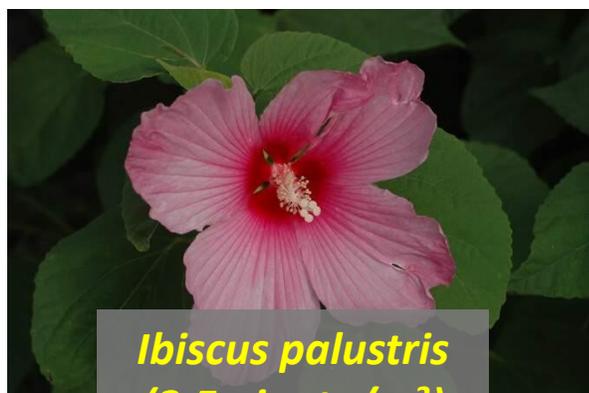
Phragmites australis
(4 rizomi/m²)



Cyperus papyrus
(2,5 piante/m²)



Canna indica
(2,5 piante/m²)



Hibiscus palustris
(2,5 piante/m²)



Iris pseudacorus
(2,5 piante/m²)



Impianto IKEA store di Catania



**Impianto sperimentale per il
trattamento delle acque da deflusso
stradale urbano**

CW

SBR





UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA

DIPARTIMENTO DI

AGRICOLTURA, ALIMENTAZIONE E AMBIENTE



watintech

IKEA Store di Catania – Area del parcheggio





Impianto pilota di fitodepurazione per il trattamento delle acque da deflusso stradale urbano (parceggio centro commerciale)



watintech

IKEA Store di Catania – Area del parcheggio



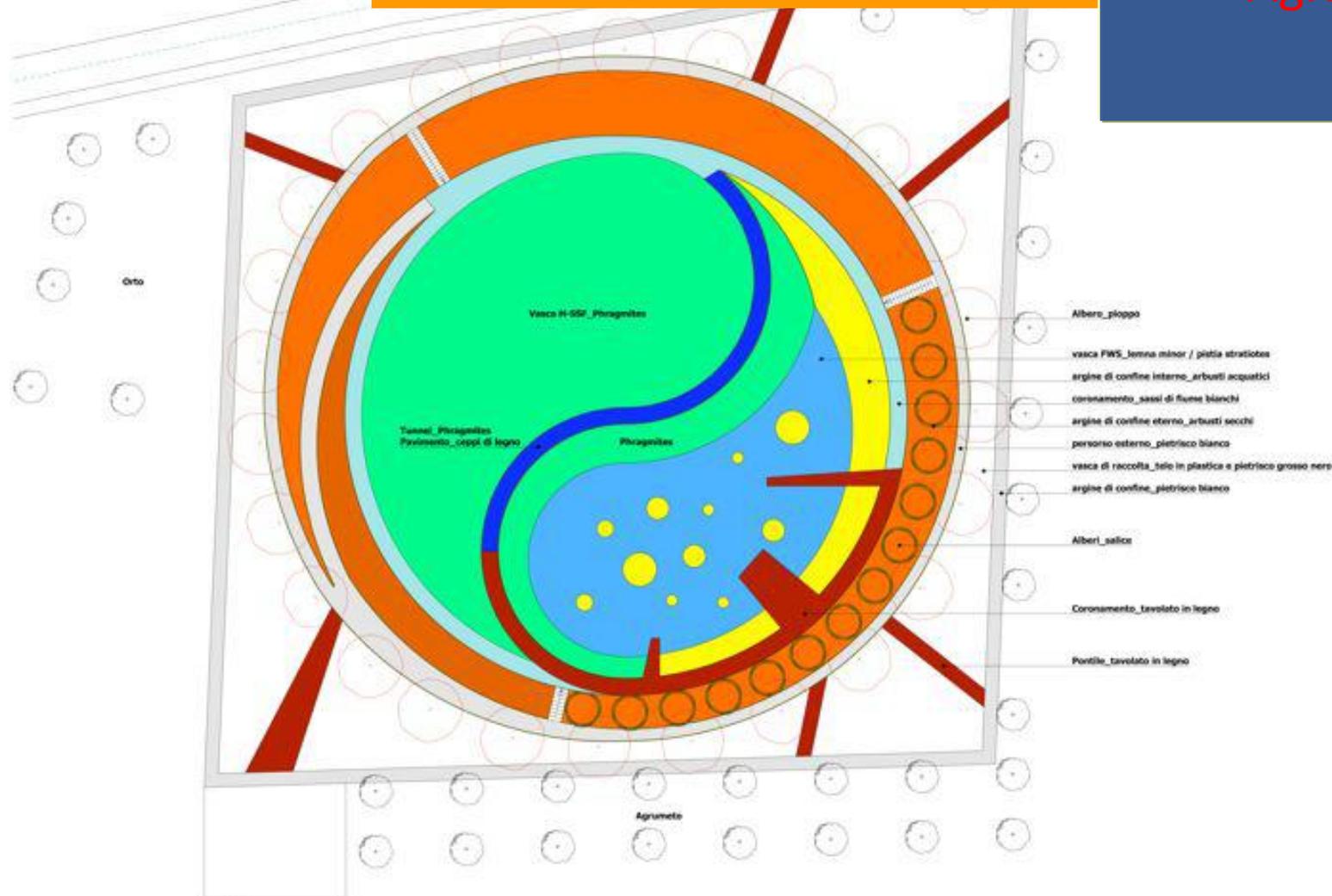


200 AE (circa 30 m³/giorno)

Agriturismo Valle dei Margi

Grammichele - CT

**Trattamento di acque
nere – servizi igienici,
cucine, centro benessere**



Progetto realizzato dal Prof. Marco Navarra e dal prof. Giuseppe Luigi Cirelli

Agriturismo Valle dei Margi





Cantina Marabino (Noto, SR)

**Trattamento di reflui
enologici – filiera
produttiva vitivinicola**



Reflui agroindustriali, tutte le potenzialità della fitodepurazione

La fitodepurazione naturale può costituire una soluzione efficiente e sostenibile per il trattamento delle acque reflue dei piccoli e medi insediamenti agro-industriali (cantine, oleifici, caseifici, ecc.), e degli insediamenti agro-rurali (allevamenti zootecnici, agriturismi, ecc.).

E' quanto sostengono gli studiosi che hanno preso parte al workshop che si è tenuto nei giorni scorsi a Noto, nell'azienda agricola Marabino, dove è stato anche inaugurato un impianto



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
European Regional Development Fund

**Green Infrastructures to
mitigate flood risks in Urban
and sub-urban areas and to
improve the quality of
rainwater discharges**

GIFLUID



Professor Giuseppe Cirelli

giuseppe.cirelli@unict.it

Department of Agriculture, Food and Environment (Di3A)



Natural Water Retention Measures (NWRM)



The NWRM are defined as “**multi-functional measures** that aim to protect and manage water resources and address water-related challenges by restoring or maintaining ecosystems as well as natural features and characteristics of water bodies using natural means and processes”.

(Source: “EU policy document on Natural Water Retention Measures”, WG PoM, 2014)

Main characteristics and functions

1

Retain water (runoff or river flows) beyond the existing capacity of systems, releasing it at a controlled rate, or infiltrating it to groundwater.

2

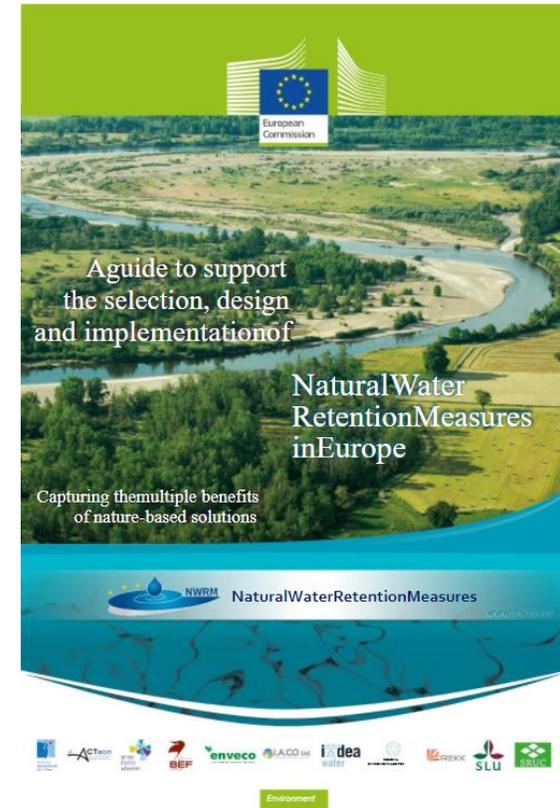
Use the retention capacity of soils and of aquatic ecosystems to provide other environmental and well-being improvements, such as water quality, biodiversity, amenity value or resilience and adaptation to climate change impacts.

3

Are usually applied at relatively ‘small scale’, in comparison to the size of the water catchment or territory in which they are implemented-

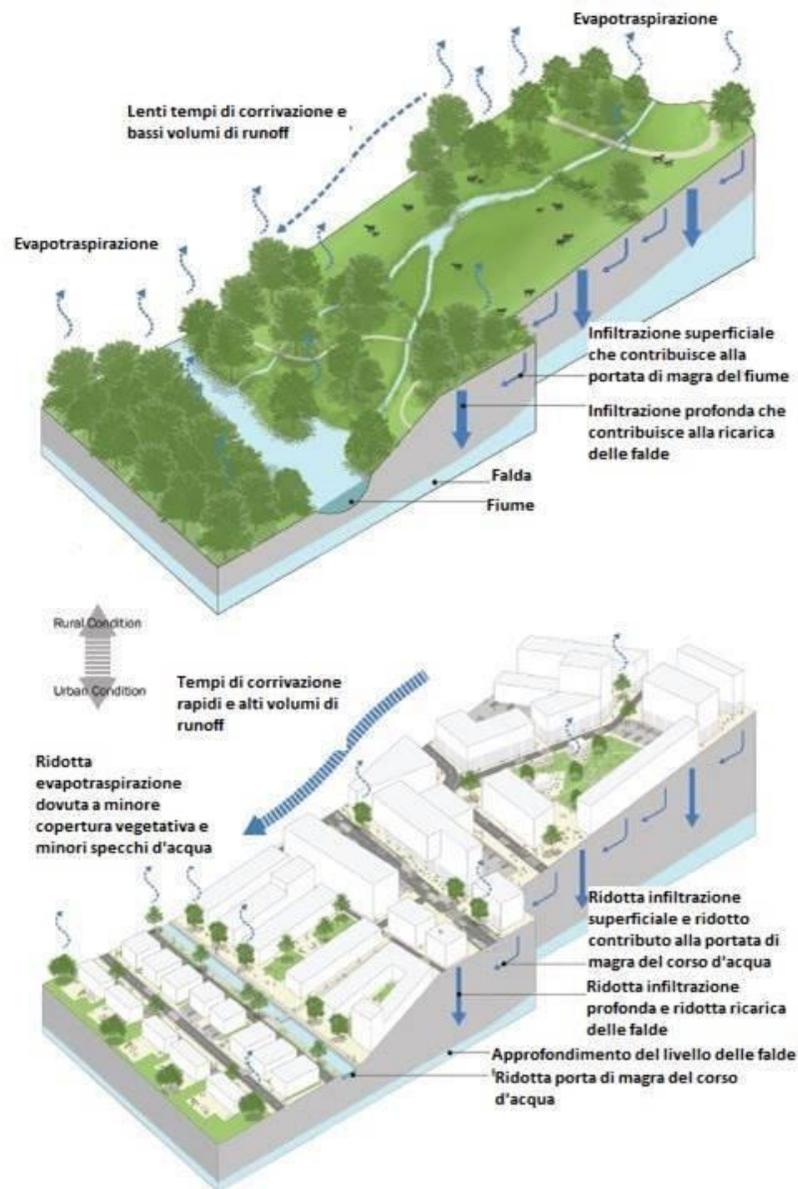
4

Emulate a natural process, although are not always ‘natural’ features themselves (as clearly illustrated by green roofs).



Come cambia il ciclo dell'acqua con diversi livelli di urbanizzazione





Hard Engineering:

Drenare, raccogliere e convogliare le acque **lontano** dalle aree urbanizzate in fognatura a prescindere dal loro **grado di inquinamento**



MANCATO RISPETTO DELLA INVARIANZA IDRAULICA



Alterazione del bilancio idrologico pre-urbanizzazione e **aggravamento della situazione a valle**



Allagamento superficiale

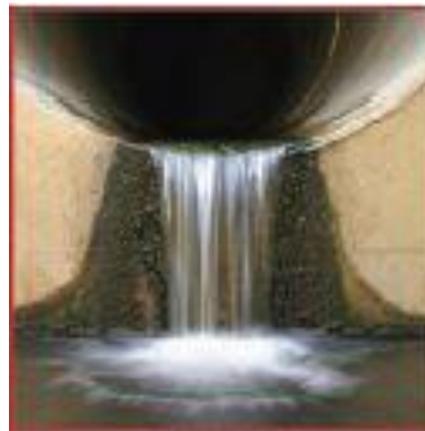


Allagamento aree fluviali

Problematiche legate ad hard-engineering



Allagamento delle fognature



Inquinamento

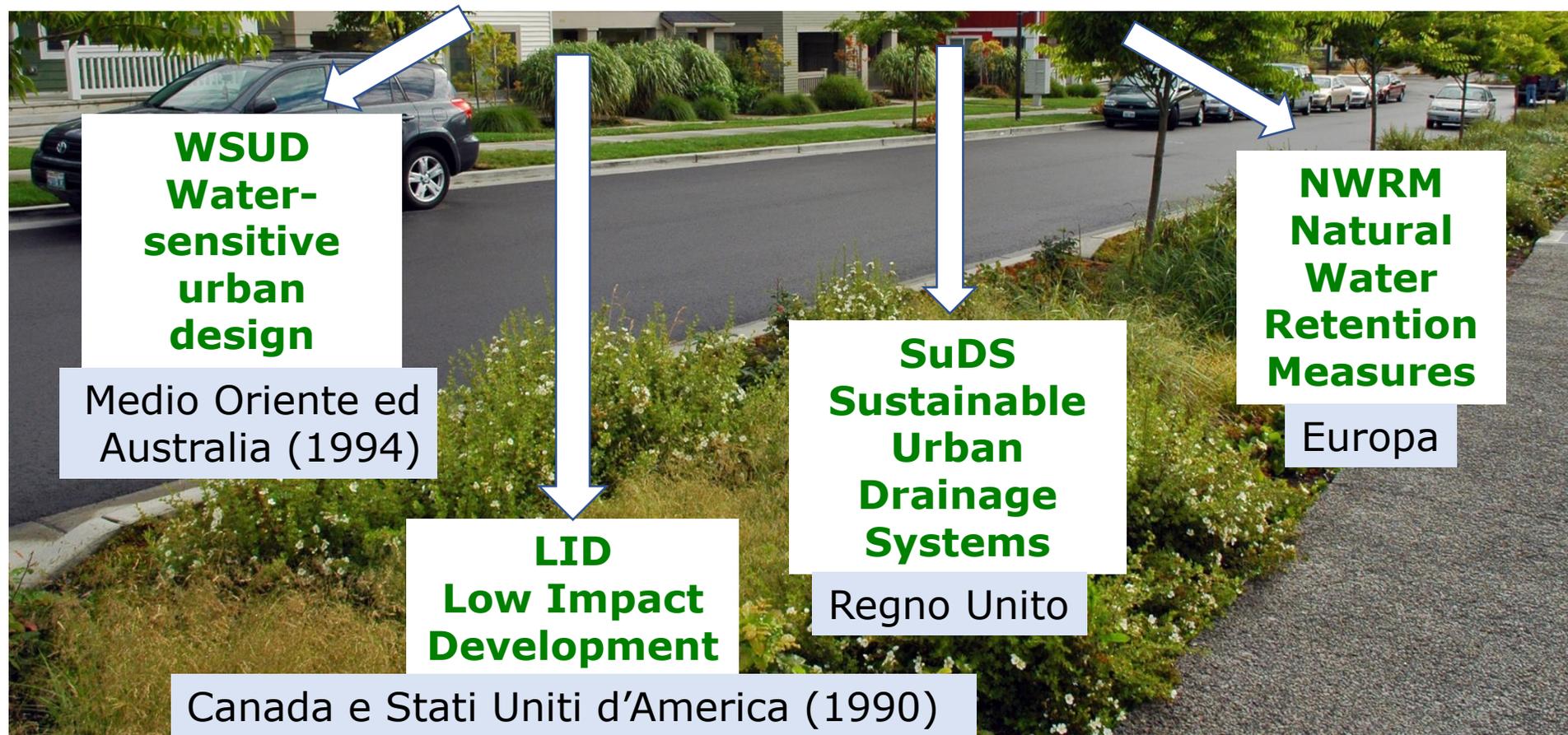


Erosione

(Giuseppe Luigi CIRELLI e Feliciana LICCIARDELLO, 2021)

Soft Engineering techniques

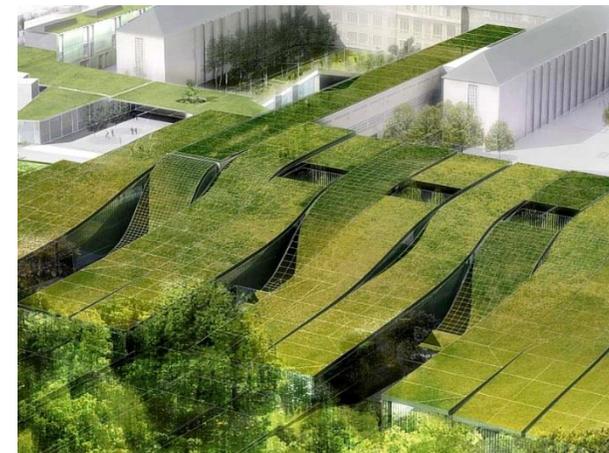
sono catalogate sotto diverse nomenclature



(Giuseppe Luigi CIRELLI e Feliciana LICCIARDELLO, 2021)

Infrastrutture verdi urbane

- sistemi che riducono il volume di drenaggio intercettando il *runoff* dai tetti per il successivo riuso o stoccaggio o evapotraspirazione (**tetti verdi**)
- sistemi di pre-trattamento per la rimozione di alcuni inquinanti (fossati vegetati o *swales*);
- sistemi di ritenzione, ritardano la velocità del *runoff* (**giardini pluviali, wetland**)
- sistemi di infiltrazione (**trincee di infiltrazione**)



(Giuseppe Luigi CIRELLI e Feliciana LICCIARDELLO, 2021)

I giardini pluviali

Per **bacino di ritenzione** si intende una depressione che raccoglie e rilascia lentamente le acque meteoriche che defluiscono da aree di drenaggio.

Questi sistemi permettono quindi un filtraggio e una depurazione del tutto naturale dell'acqua raccolta con ottime rimozioni dei principali inquinanti veicolati dalle acque di pioggia di dilavamento: SST:>90%, P tot >80%, N tot 50%, Metalli (zinco, piombo, cadmio) >90%.

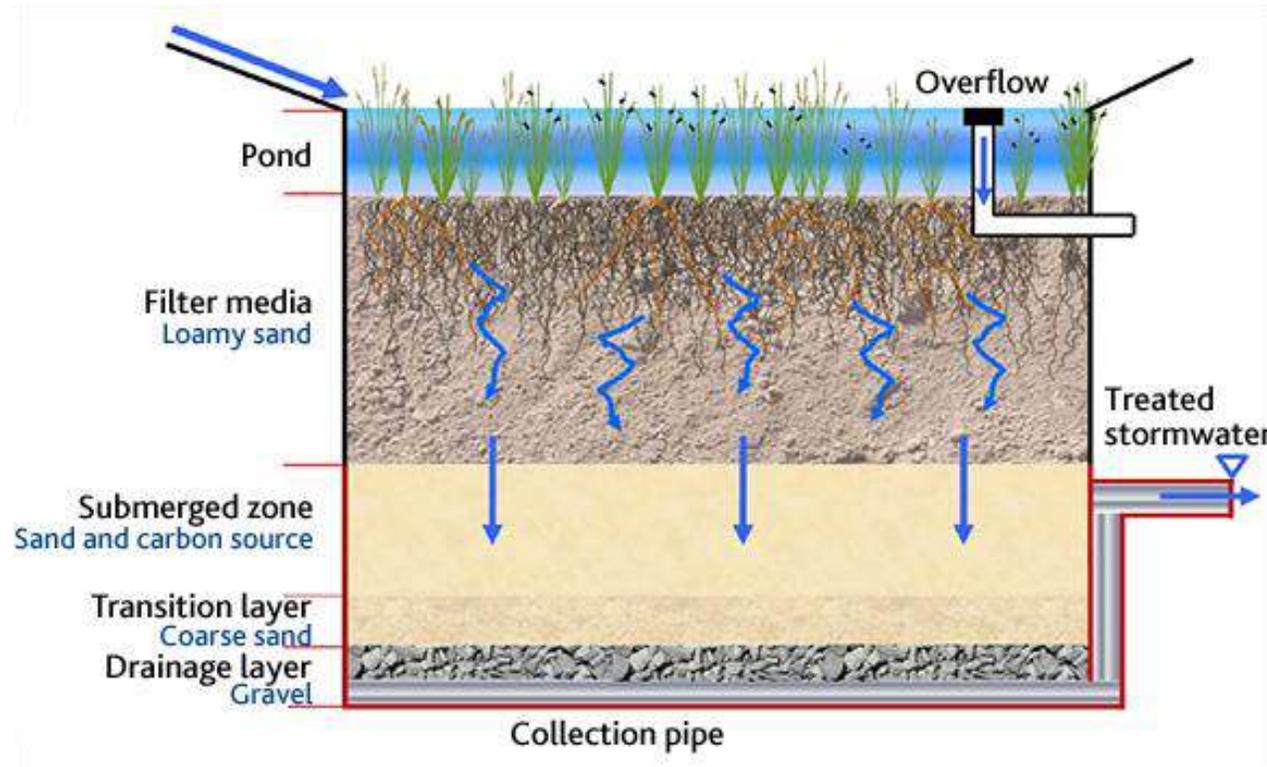
I **giardini pluviali** sono bacini di ritenzione a piccola scala costituiti da una depressione superficiale e da un substrato altamente poroso, che posa direttamente sul terreno *in loco* e in cui vengono messe a dimora specie vegetali.

Essi impiegano suolo, piante e microorganismi per favorire l'infiltrazione ed il trattamento biologico delle *storm water*.



(Giuseppe Luigi CIRELLI e Feliciana LICCIARDELLO, 2021)

Schema di un *giardino pluviale*



Il deflusso si infiltrano nel *giardino pluviale* dalla superficie per caduta e/o possono essere incanalate attraverso apposite tubazioni

Il mezzo poroso effettua l'azione filtrante e di risanamento, ad opera delle piante, dei microorganismi e del suolo.

La granulometria del suolo cresce dall'alto verso il basso.

Project overall objective

To develop and to promote practical tools which integrate the planning and design of **Green Urban Infrastructures (GUIs)** within Low Impact Development in critical urban and sub-urban area of Sicily and Malta

Implemented **GUIs** measures will be integrated in a GIS-based model that could be used to develop a masterplan for **GUIs** in identified catchments, in order to evaluate to what extent **GUIs** mitigate against climate change effects related to flooding increasing also rainwater discharge quality.

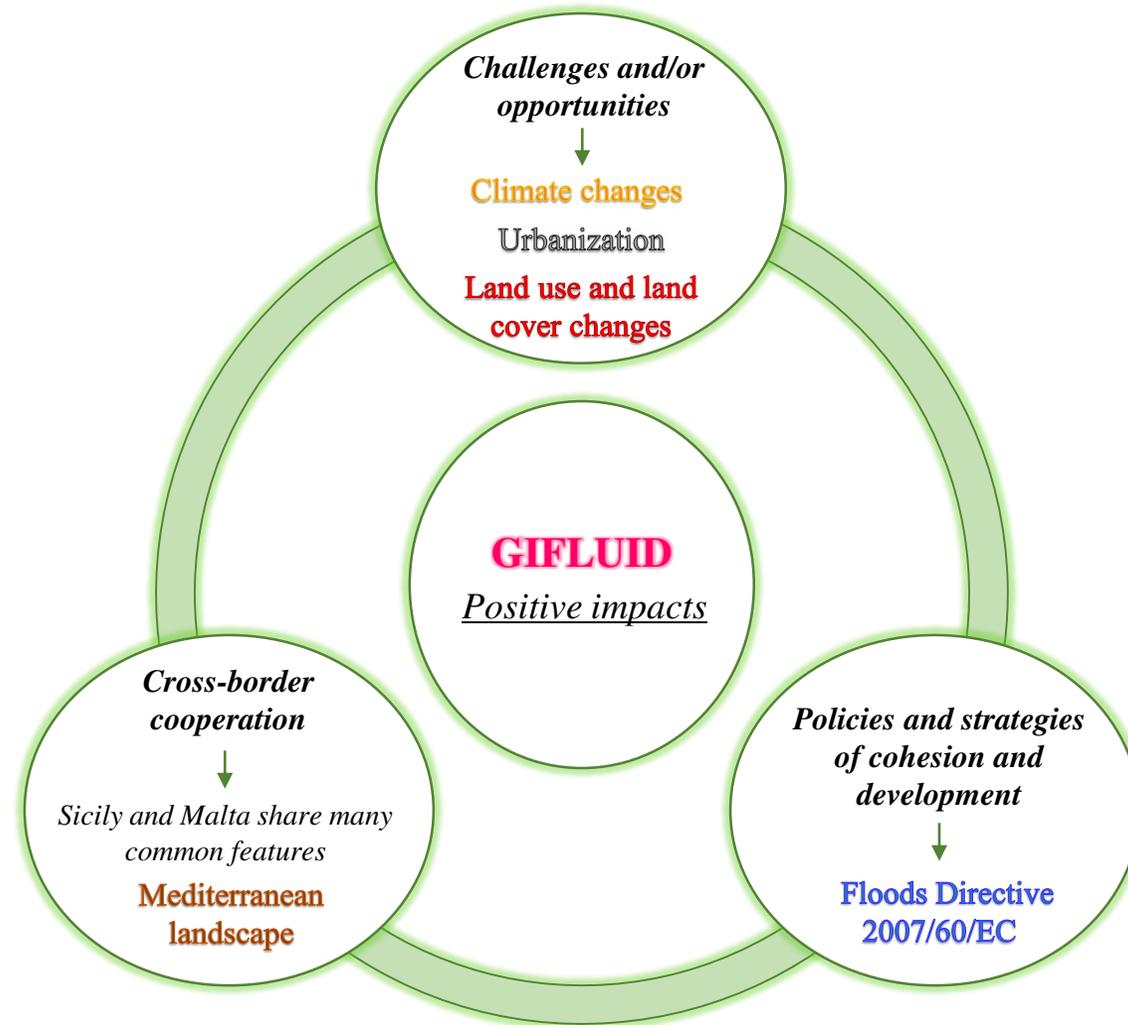


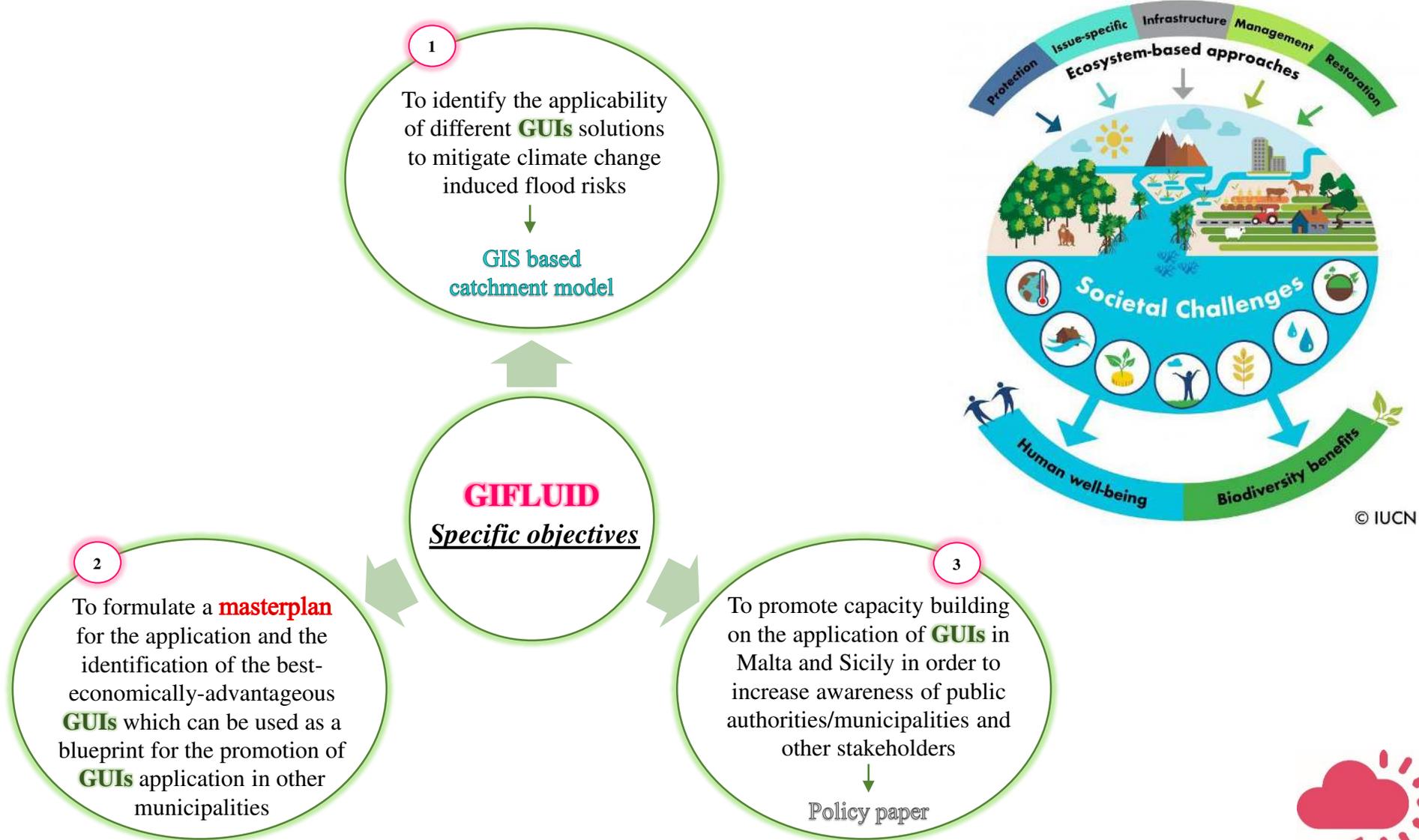


Project partners



PP1	Università degli Studi di Catania	UNICT	Resp: Giuseppe Luigi Cirelli
PP2	Energy and Water Agency	EWA	Resp: Manuel Sapiano
PP3	Comune di Aci Castello	ACI	Resp: Salvatore Passarello
PP4	Rabat Local Council	RLC	Resp: Anthony Bonello
PP5	Dipartimento Regionale Tecnico – Assessorato Regionale delle Infrastrutture e della Mobilità – Regione Siciliana	DRT	Resp: Salvatore LIZZIO





WP 3 – The use of porous pavement and rain garden to promote hydraulic best management practices

Target urban areas in Sicily

Installation of **porous pavement** in Aci Castello municipality



Installation of **rain garden** at the Department of Agriculture, Food and Environment – Di3A (University of Catania)



WP 4 – The role of Green Roofs to attenuate stormwater runoff and to mitigate environmental pollution

Target urban areas in Sicily

Installation of **green roof** at the Department of Agriculture, Food and Environment – Di3A (University of Catania)



WP 4 – The role of Green Roofs to attenuate stormwater runoff and to mitigate environmental pollution

Target urban areas in Malta

Installation of **Extensive Green Roof** at Ghajn National Water Conservation Centre



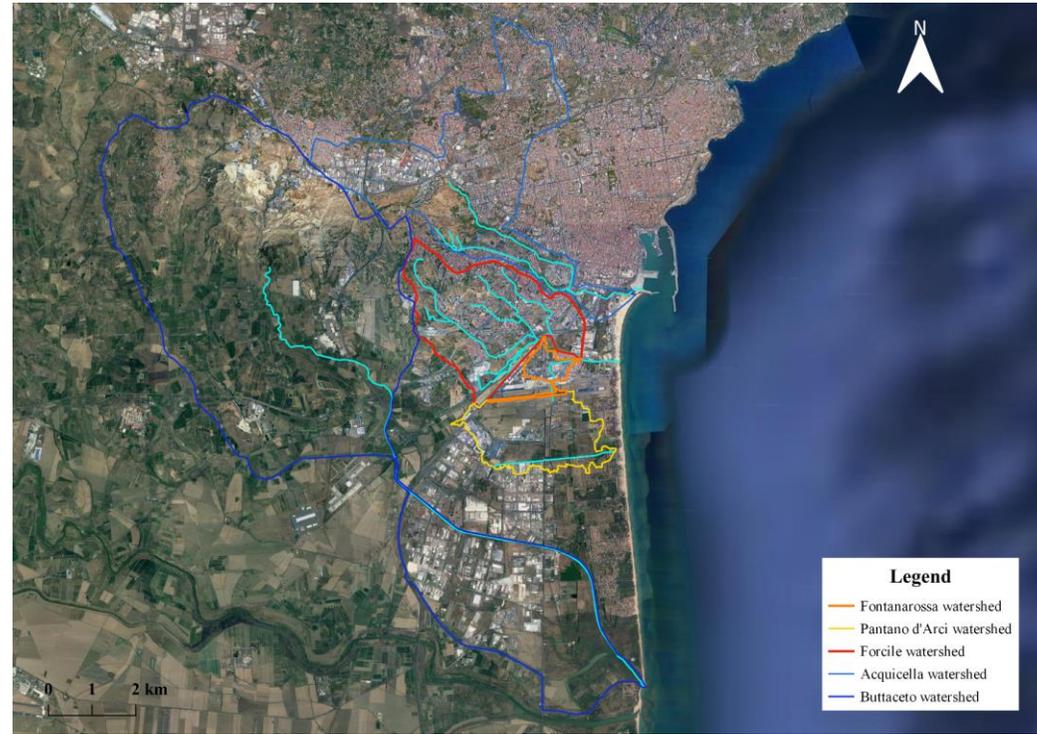
WP 5 – Realization of Masterplans of the proposed green technologies in targeted urban areas in Sicily and Malta

Target urban areas in Sicily

Catchments selected in Sicily to develop a **GIS based model** to assess flood risk



A hill between Aci Castello and Aci Catena



South part of Catania



Considerazioni finali

I sistemi di fitodepurazione:

- valida alternativa ai sistemi convenzionali, quando non vi siano problemi di disponibilità di spazio
- elevata efficienza nella rimozione di diversi inquinanti;
- elasticità di esercizio con carichi organici ed idraulici estremamente variabili;
- raggiungimento di obiettivi depurativi difficilmente “sostenibili” con i sistemi convenzionali (nel caso dei piccoli e medi insediamenti)
- ruolo strategico per il recupero di terreni marginali, aree degradate,..... e per il l’incremento della biodiversità



Seguiteci su **FACEBOOK**

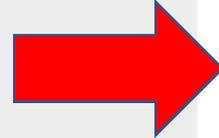
<https://www.facebook.com/cseicatania>

Seguiteci sul nostro sito:

<http://www.cseicatania.com/>

I quaderni CSEI (**scaricabili gratuitamente**)

<http://www.cseicatania.com/index.php?content=pagina&id=27>



Quaderni CSEI

[Vol. 1](#)

2010 "LINEE GUIDA PER LA GESTIONE SOSTENIBILE DELLE RISORSE IDRICHE IN AMBITO URBANO"

[Vol. 2](#)

2010 "IL RIUSO DELLE ACQUE REFLUE IN AGRICOLTURA"

[Vol. 3](#)

2010 "LINEE GUIDA PER IL TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE TRAMITE L'ACCUMULO IN SERBATOI"

[Vol. 4](#)

2010 "SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE PER L'UTILIZZAZIONE DELLE ACQUE REFLUE A SCOPO AGRICOLO IN SICILIA"

[Vol. 9](#)

2012 "Sistemi di depurazione naturali per il trattamento delle acque reflue agro-industriali"

[Vol. 10](#)

2012 "Progettazione e gestione dei sistemi di fitodepurazione per il trattamento delle acque reflue urbane di piccoli e medi insediamenti"

[Vol. 14](#)

2018 "Gestione sostenibile delle acque reflue"

[Vol. 16](#)

2018 "La gestione delle acque reflue enologiche"

[Vol. 17](#)

2020 "Infrastrutture verdi per la gestione delle acque: criteri e casi studio"

[Vol.18](#)

2021 "Le infrastrutture verdi per la gestione e la tutela delle risorse idriche"



– International Water Association Specialist group: *Wetland Systems for Water Pollution Control*

- *IWA Management Committee Specialist Group Wetland Systems for Water Pollution Control* <https://iwa-connect.org/group/wetland-systems-for-water-pollution-control/about>.

The International Water Association (IWA) is the leading network and global knowledge hub for all water professionals and anyone committed to the future of water.

With its legacy of over seventy years, it connects water professionals in more than 130 countries to find solutions to global water challenges as part of a broader sustainability agenda.

IWA also promotes and supports technological innovation and best practices through international frameworks and standards.

Become an IWA member !

<https://iwa-network.org/join/>

Domande ?
Dubbi ?
Curiosità ?

Grazie per la Vostra attenzione



L'attività di ricerca è stata svolta nell'ambito del progetto di ricerca GIFLUID



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
European Regional Development Fund

Thank you
for your attention!

Contact details: Professor Giuseppe Cirelli
(giuseppe.cirelli@unict.it)

Contact details, Website and Social channel
related to GIFLUID project:

info@gifluid.eu

www.gifluid.eu

Facebook: GiFluid (<https://www.facebook.com/GiFluid>)

Instagram: gi_fluid (https://instagram.com/gi_fluid?igshid=YmMyMTA2M2Y)