Corso di formazione per la specializzazione di
Tecnici dell'orticoltura in serra sostenibile
Gela (CL) - 17 gennaio 2014

La fitodepurazione per il trattamento ed il riuso delle acque reflue in agricoltura

Prof. Giuseppe Luigi CIRELLI
Università di Catania

giuseppe.cirelli@unict.it

Sustainable sanitation (Ingegneria sanitaria sostenibile)

- Riduzione dei consumi idrici
- Reti di fognatura separate (con trattamento delle acque di prima pioggia)
- Separazione alla fonte della sostanza organica di origine fecale (acque nere e acque grigie)
- Riuso acqua e recupero di sostanze fertilizzanti

- Soluzioni flessibili e adattabili a diverse situazioni economiche e sociali

- Tecnologie a basso costo e a basso impatto ambientale

Sustainable sanitation (Ingegneria sanitaria sostenibile)

TRATTARE E "RIUSARE"

LE ACQUE REFLUE IL PIU' VICINO POSSIBILE AL PUNTO DI ORIGINE

Impianti decentralizzati

"Privilegiare i piccoli impianti ai grandi impianti"

Superficie occupate e consumi di energia di alcuni sistemi di depurazione

	Superficie (m^2/AE)	Consumi energetici [kWh/(AE anno)]
TRATTAMENTI PRELIMINARI	**0,005÷0,01**	**0÷1,8**
Fossa settica a monte di un trattamento secondario	0,1÷0,3	0
Fossa settica come trattamento a sé stante	0,8÷1,2	0
Fossa Imhoff a monte di un trattamento secondario	0,08÷0,1	0
Fossa Imhoff come trattamento a sé stante	0,2÷0,6	0
DEPURAZIONE CON SISTEMI NATURALI		
Subirrigazione in terreni drenanti	5÷12	0÷1,10[1]
Subdispersione a goccia	4÷10	5,5÷11,0
Subdispersione drenata	7÷15	0÷1,10[1]
Filtrazione lenta intermittente senza ricircolo	2÷4	0÷1,10[2]
Filtrazione lenta intermittente con ricircolo	1÷2	3÷7
Fitodepurazione verticale (secondario) Fitodepurazione verticale (terziario)	2÷3 0,7÷1	0÷1,10[2] 0÷1,10[2]
Fitodepurazione subsuperficiale orizzontale (secondario) Fitodepurazione subsuperficiale orizzontale (terziario)	4÷5 0,7÷1	0 0
Fitodepurazione superficiale (secondario) Fitodepurazione superficiale (terziario)	2÷3 0,5÷1	0 0
Evapotraspirazione	15÷50	0
Stagno facoltativo (secondario) Stagno facoltativo (terziario)	5÷60 2÷6	0÷1,10[3] 0
Stagno aerobico (affinamento)	2÷4	0
Stagno anaerobico	0,2÷0,4	0
Stagno aerato aerobico-anaerobico Stagno aerato aerobico	0,6÷0,8 0,5÷0,7	20-40 30÷60
DEPURAZIONE CON SISTEMI IMPIANTISTICI		
Filtro percolatore classico a basso carico	0,22÷0,40	0÷1,8[2]
Dischi biologici	0,20÷0,35	0,35÷0,7
Filtro biologico aerato (BAF)	0,15÷0,20	55÷80
Percolatore sommerso aerato (SAF)	0,16÷0,22	55÷80
MBBR	0,16÷0,20	35÷70
Fanghi attivi ad aeraz. prol. (a flusso continuo e SBR)	0,22÷0,30	55÷80
Fanghi attivi MBR	0,18÷0,25	70÷120
Trattamento chimico	0,13÷0,16	1÷1,8
Filtrazione rapida	0,001÷0,002	1,3÷2

SITUAZIONE IN ITALIA

Il *D.Lgs. 152/99* -allegato 5 (aggiornato con D.Lgs 152/2006) prescrive :

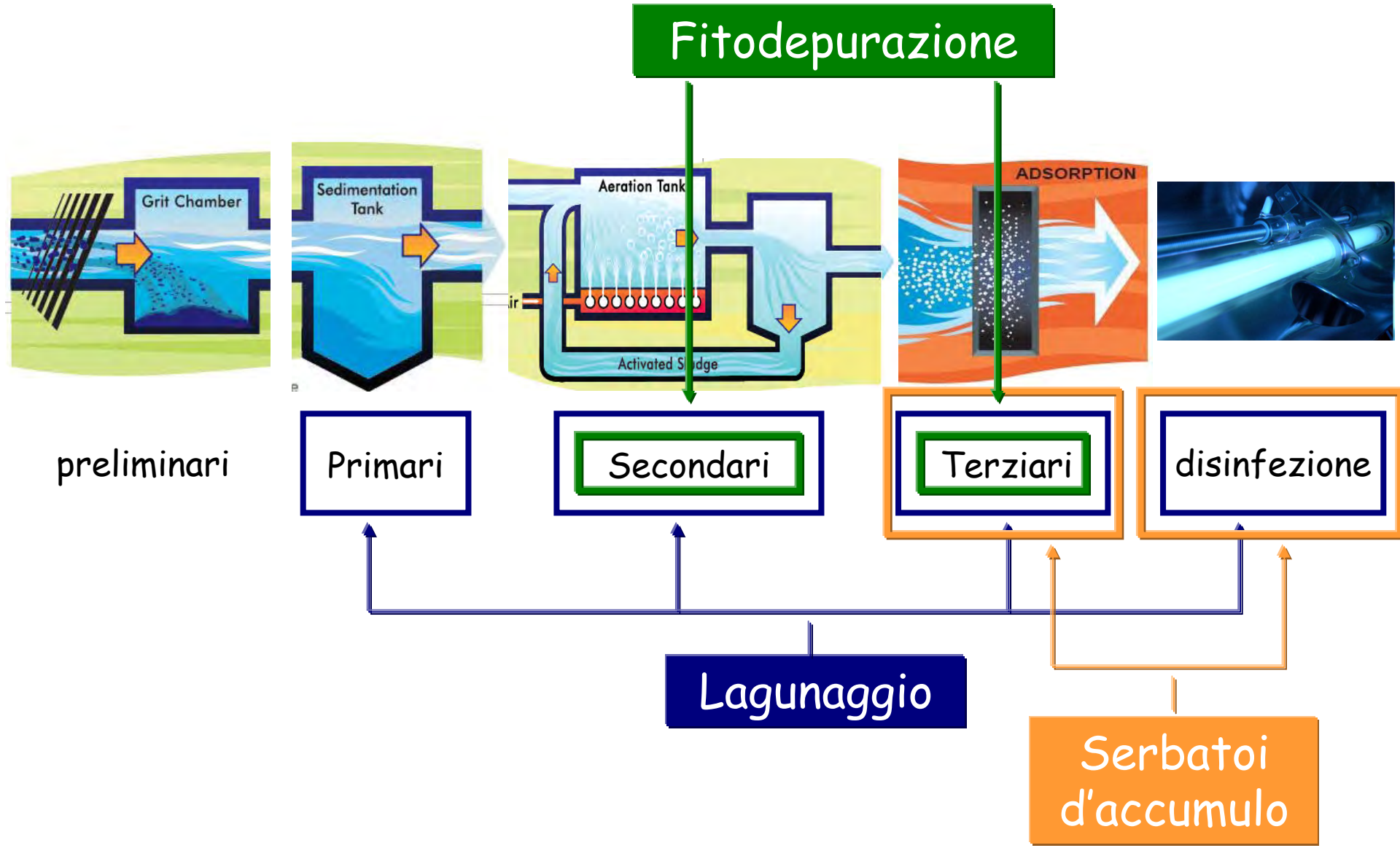
“Per tutti gli insediamenti con popolazione equivalente tra 50 e 2000 AE si ritiene auspicabile il ricorso a tecnologie di depurazione naturale quali il *lagunaggio* o la *fitodepurazione*……”

inoltre

“….Tali trattamenti si prestano, per gli insediamenti di maggiori dimensione con popolazione equivalente compresa tra i 2000 e i 25000 AE, anche a soluzioni integrate con impianti a fanghi attivi o a biomassa adesa, a valle del trattamento, con funzione di affinamento.”

Particolare interesse applicativo hanno alcune *tecnologie di trattamento naturali* delle acque reflue

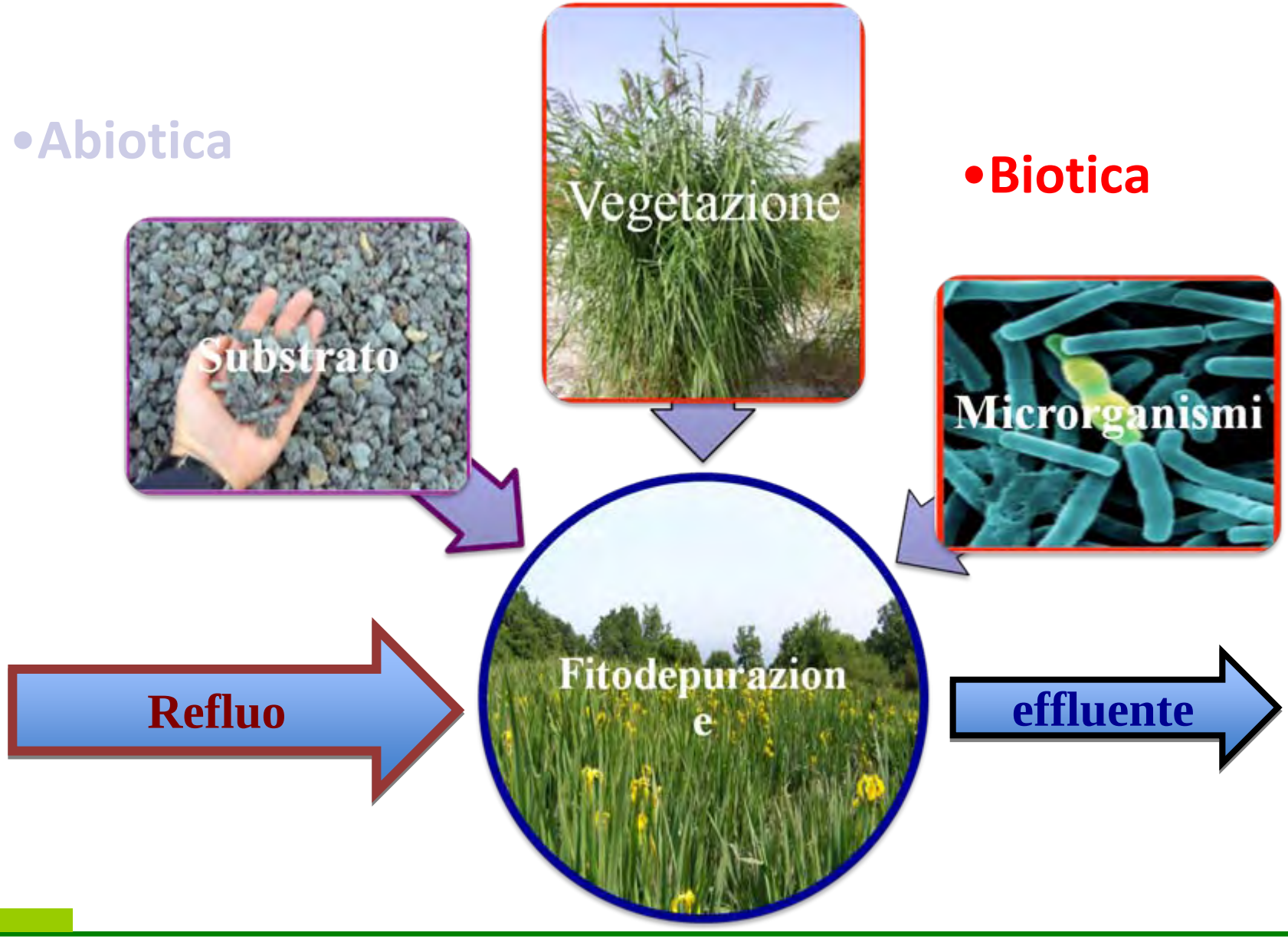
Trattamenti di depurazione delle acque reflue



Mezé (France) 25.000 AE

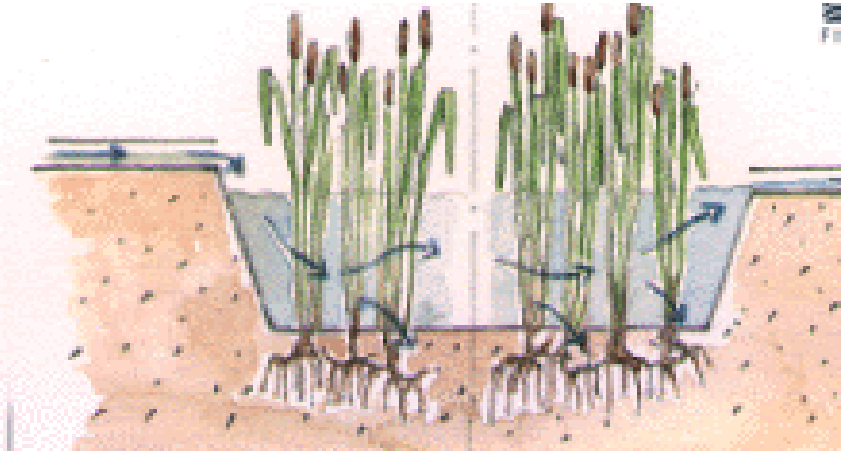
FITODEPURAZIONE

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, vegetazione e microrganismi***


•Abiotica
Vegetazione
•Biotica
Substrato
Microrganismi
Refluo
Fitodepurazione
effluente

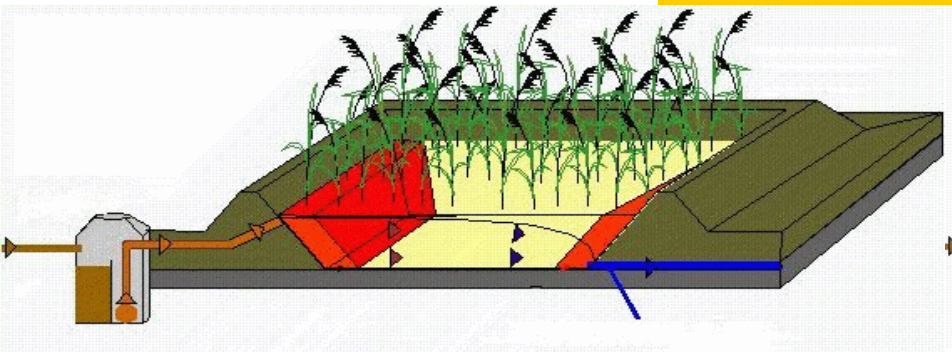
Classificazione dei sistemi di fitodepurazione in funzione del funzionamento idraulico

Flusso superficiale

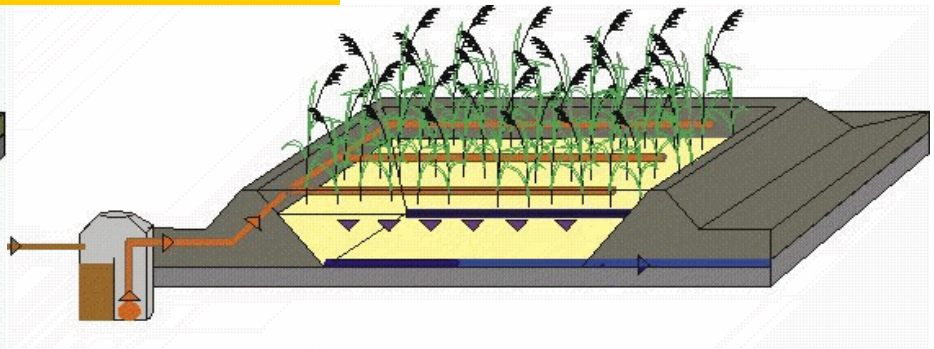


Sistema a flusso superficiale (FWS)

Flusso subsuperficiale



Sistema a flusso sommerso orizzontale (SFS-h)



Sistema a flusso sommerso verticale (SFS-v)

Classificazione dei sistemi di fitodepurazione: macrofite

galleggianti

Giacinto d'acqua
(*Eichornia crassipes*)

radicate emergenti

Papiro
(*Cyperus papyrus*)

radicate sommerse

Peste d'acqua maggiore
(*Hydrocharitaceae*)

Specie igrofile con valenza estetica

Felce

Schoenoplectus
(Giunco da corde)

Lithrum salicaria
(salcerella)

Botomus umbellaus
(Giunco fiorito)

Caltha palustris
(Farferugine)

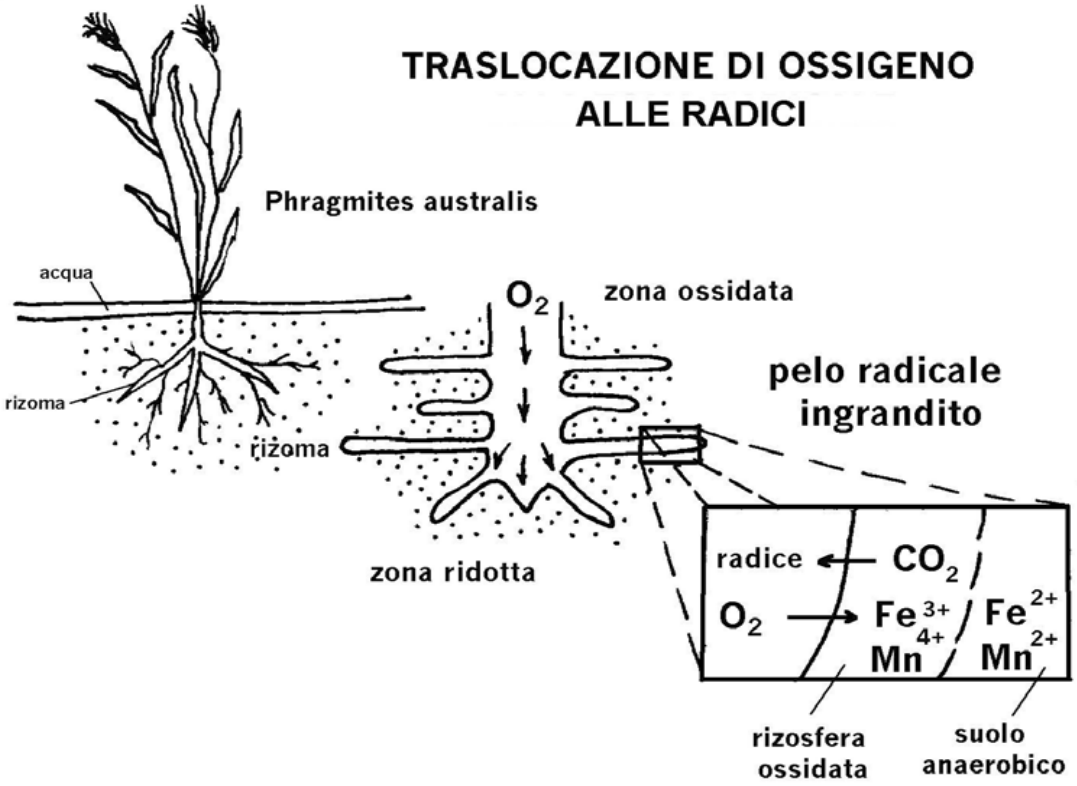
Eupatorium cannabinum
(Canapa d'acqua)

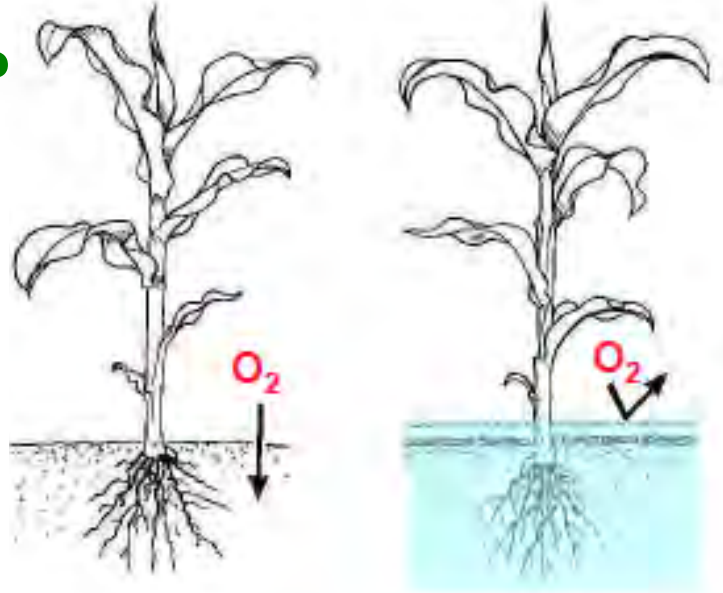
Iris pseudacorus
(Iris giallo)

Carex elata
(Carice spondicola)

Macrofite caratteristiche

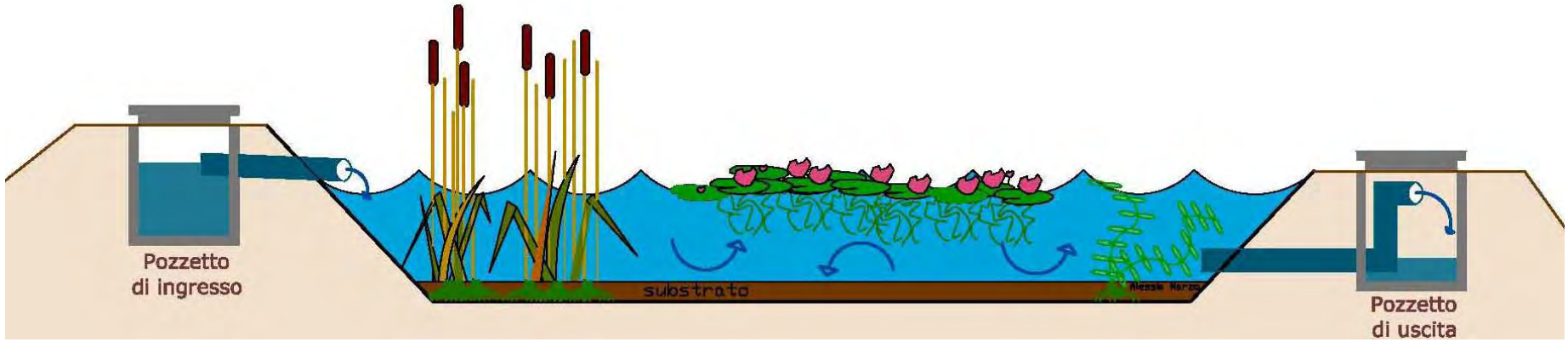
Che cos'è una pianta da aree umide?





Sistema a flusso superficiale (FWS)

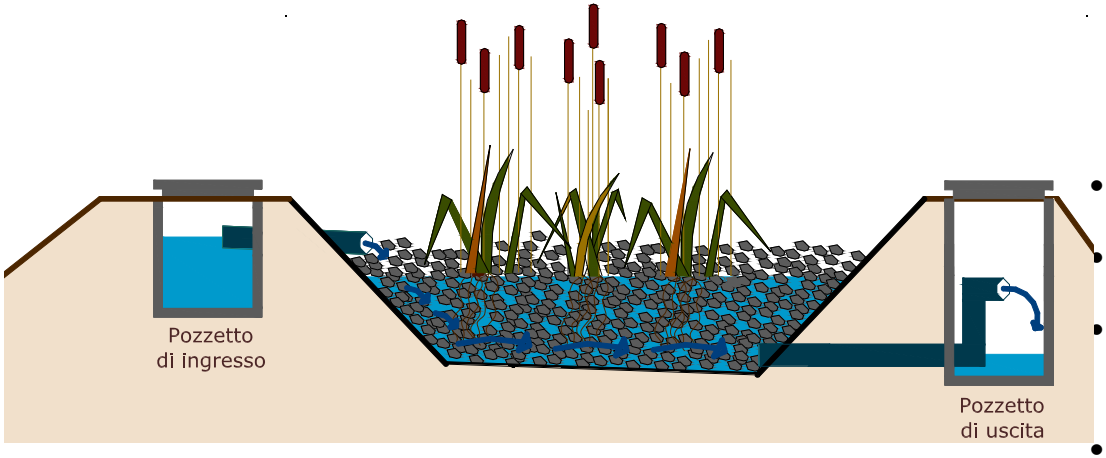
- Bacini di forma allungata e bassa profondità
- Utilizzati prevalentemente come <u>trattamento terziario</u>
- Prestazioni significativamente variabili con le stagioni (poco applicabile in climi rigidi)
- Problemi di impatto ambientale
- Superficie occupata (oltre 3-4 m^2/AE per un trattamento terziario)
- Pochi esempi di applicazione in Europa e in Italia



Sistemi a flusso superficiale

Sistema H-SSF + FWS
(fonte G. Cooper)

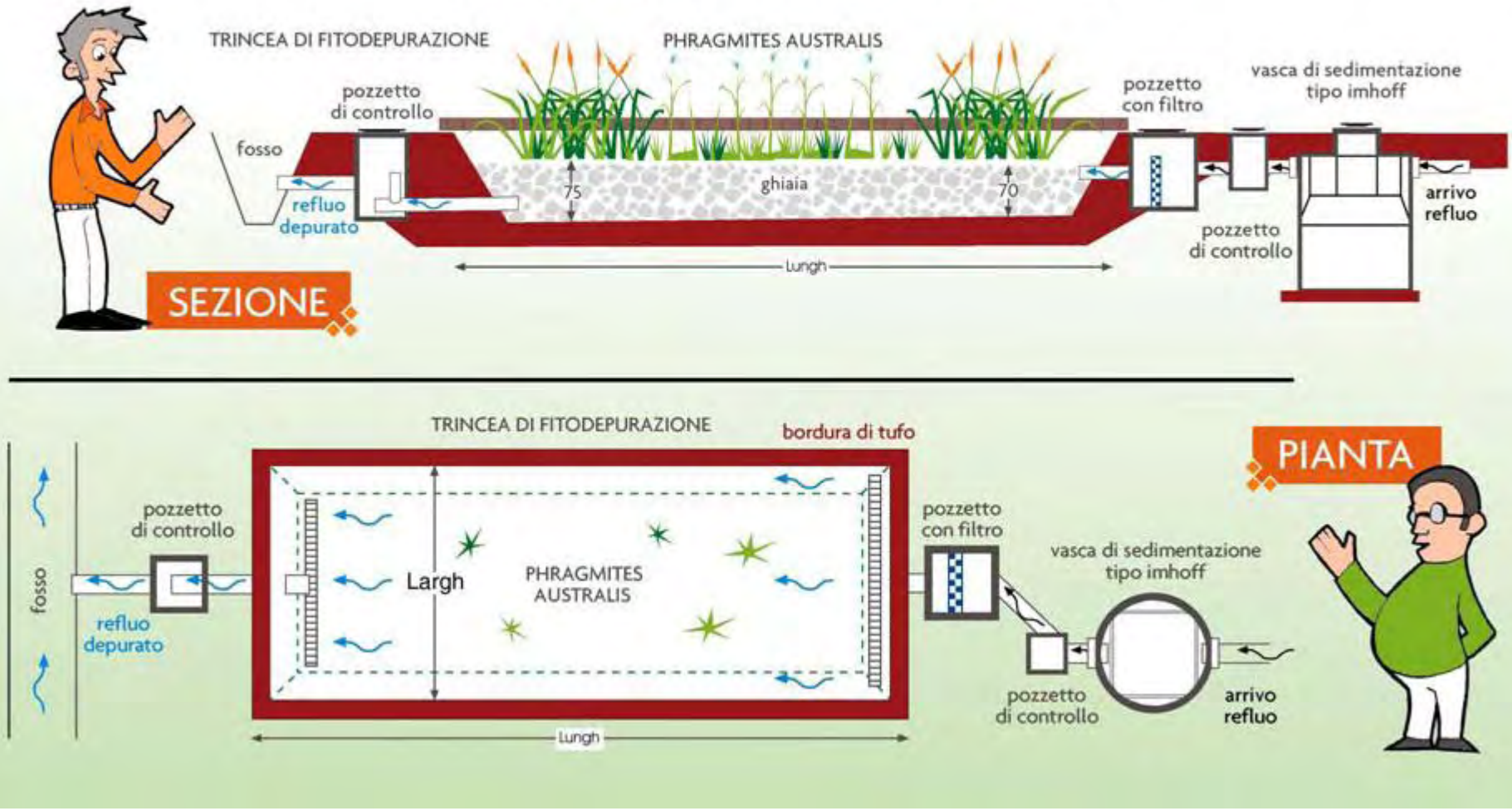
Sistemi a flusso sub-superficiale orizzontale (H-SSF)



- 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
- <u>trattamento secondario</u> 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 ≈ 4-5 m^2/AE (trattamenti secondari) e 1-2 m^2/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

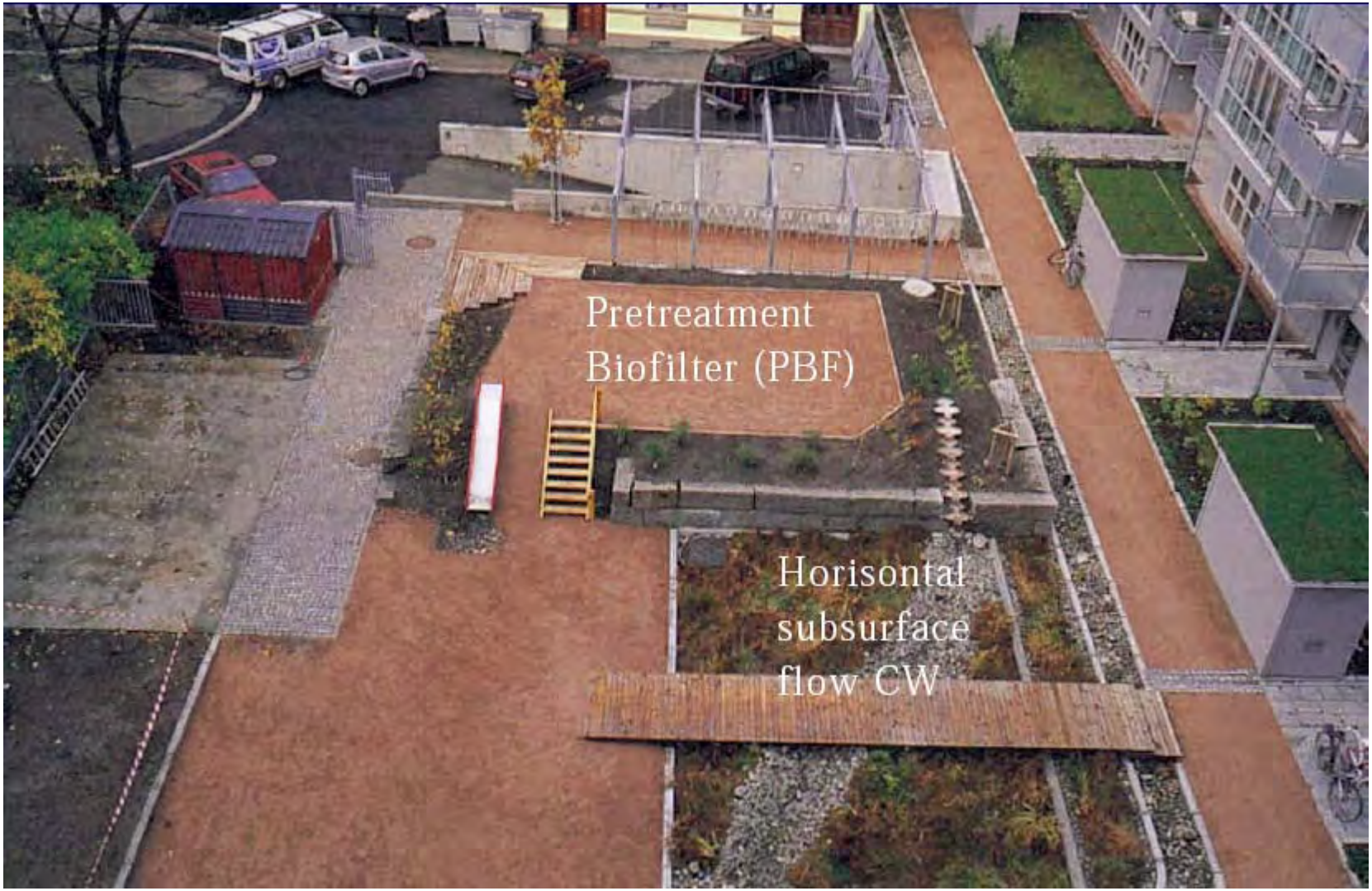
IMPIANTO DI FITODEPURAZIONE A FLUSSO SUBSUPERFICIALE ORIZZONTALE



(fonte Artec Ambiente srl)

Sistema a flusso subsuperficiale orizzontale - HSSF
(fonte IRIDRA)

Impianto di fitodepurazione per il trattamento delle acque grigie (Oslo, Norvegia)



(fonte Hans Brix)

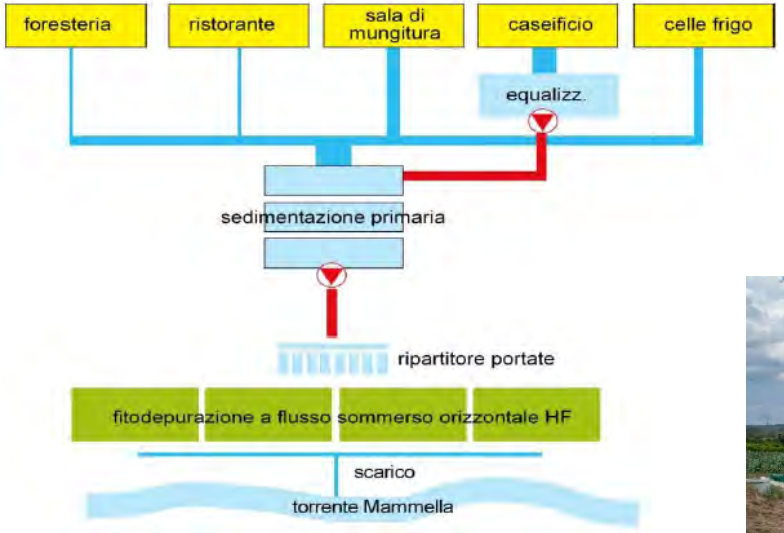
Alcuni esempi……

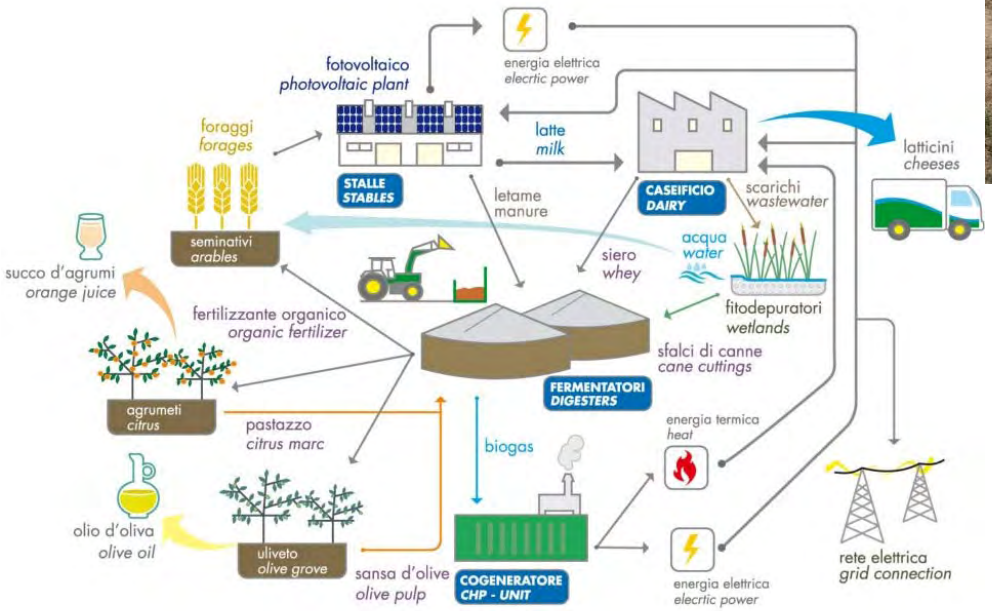
Carpaneto Piacentino (PC) – Reflui caseari

Impianto a servizio del caseificio "Santa Vittoria" (capacità lavorativa 20.000 t/anno latte) per il trattamento di reflui prodotti nella produzione di Parmigiano Reggiano (10,5 m^3/giorno) e Grana Padano (70 m^3/giorno)

- ✓ 4 letti H-SSF (2+2 in parallelo) + 1 letto V-SSF
- ✓ Area superficiale sistemi H-SSF: 2.700 m^2
- ✓ Area superficiale sistema V-SSF: 750 m^2

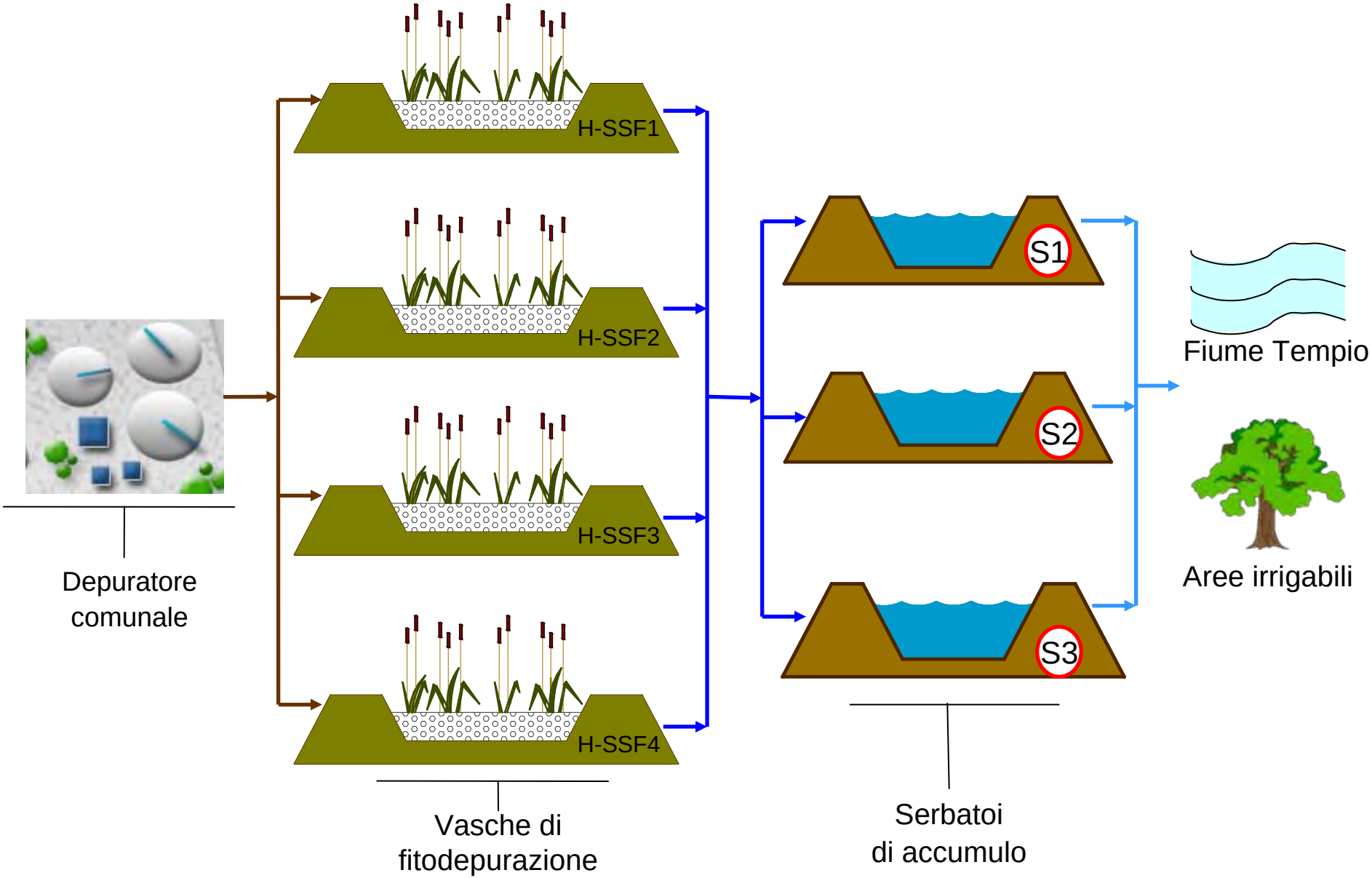
Fattoria della Piana (RC) – Reflui zootecnici - caseari





- ✓ a.e.: 1.500
- ✓ Portata trattata: 100 m^3/giorno
- ✓ Area superficiale sistemi H-SSF: 2.280 m^2

Schema sistema di affinamento di S.Michele di Ganzaria



Fase di realizzazione: messa a dimora delle piante

Gestione della vegetazione

Inondazione del letto

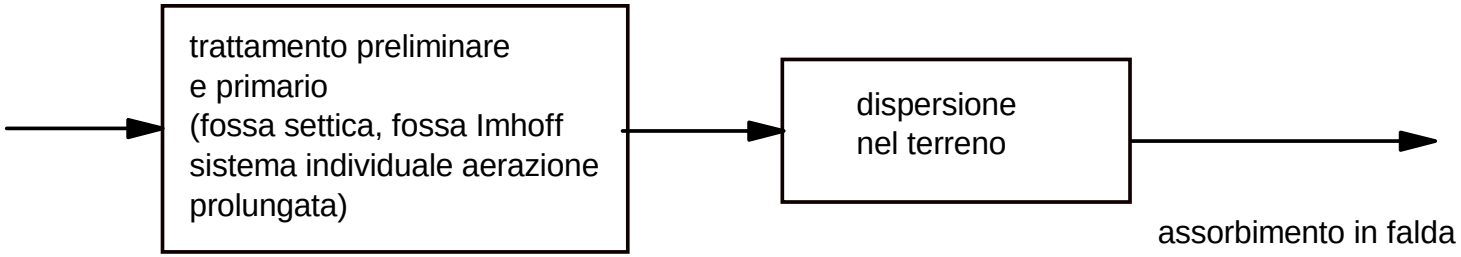
stimolare la crescita delle macrofite

evitare la propagazione di infestanti

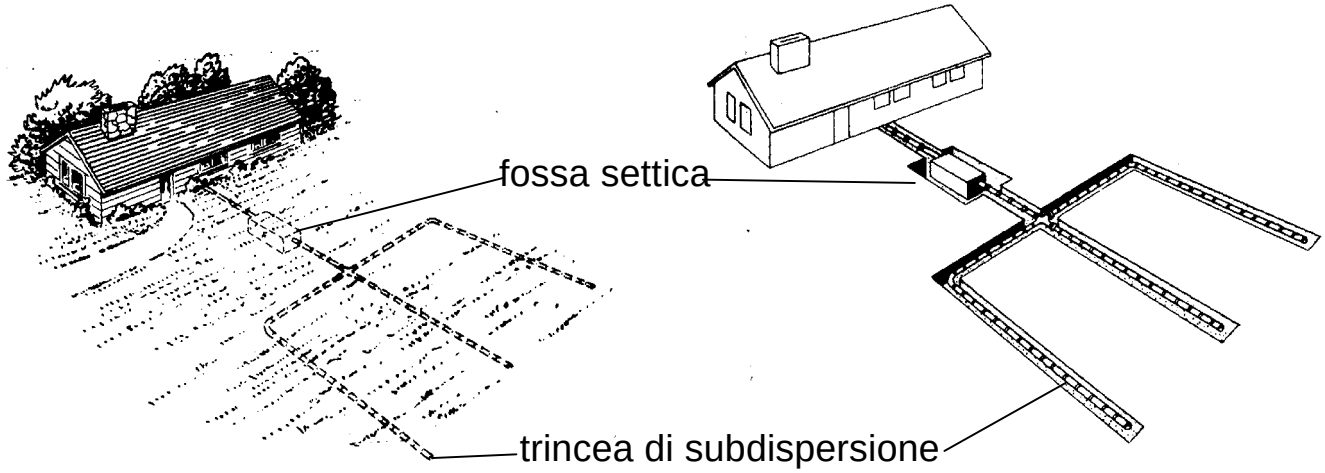
Sviluppo della vegetazione

Sistema di fitodepurazione di Corleone (PA) per l'irrigazione di una pista ciclabile

Valle dei Margi - Schema sistema di trattamento e smaltimento (stato di fatto)

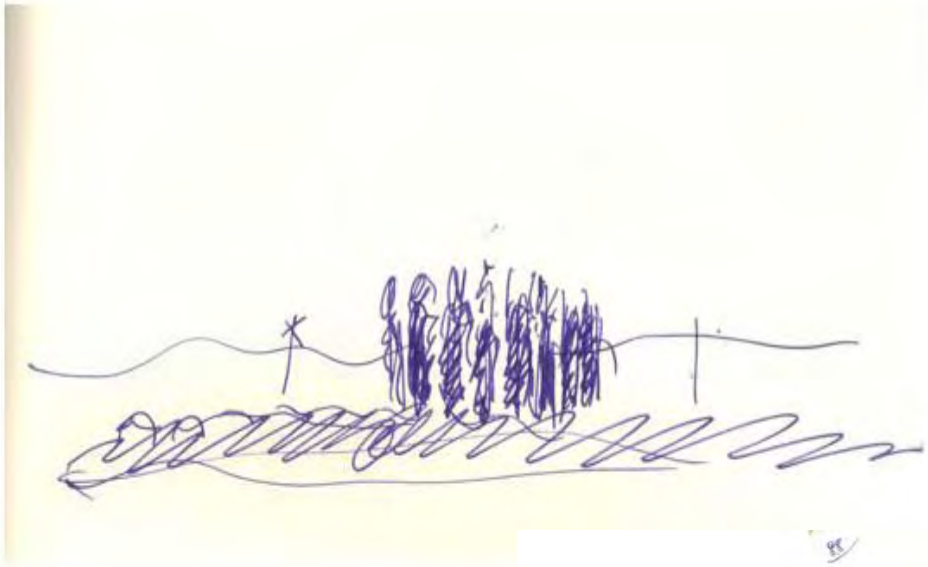


Dispersione nel terreno quale sistema di trattamento e nel contempo di **smaltimento finale.**



Sistema di subirrigazione nel terreno con trincee drenanti per insediamenti isolati.

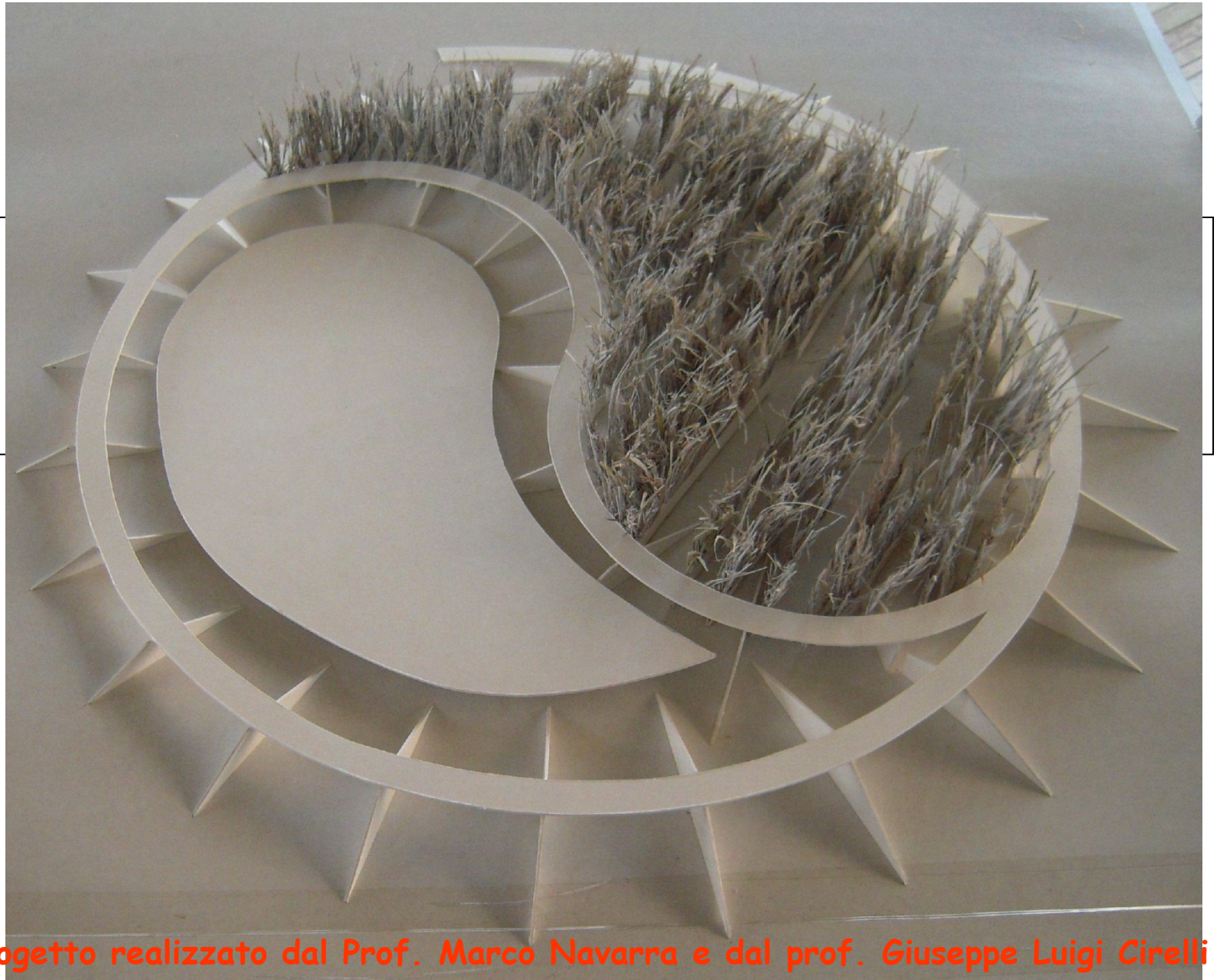
Azienda Agrituristica Valle dei Margi – Grammichele (CT)



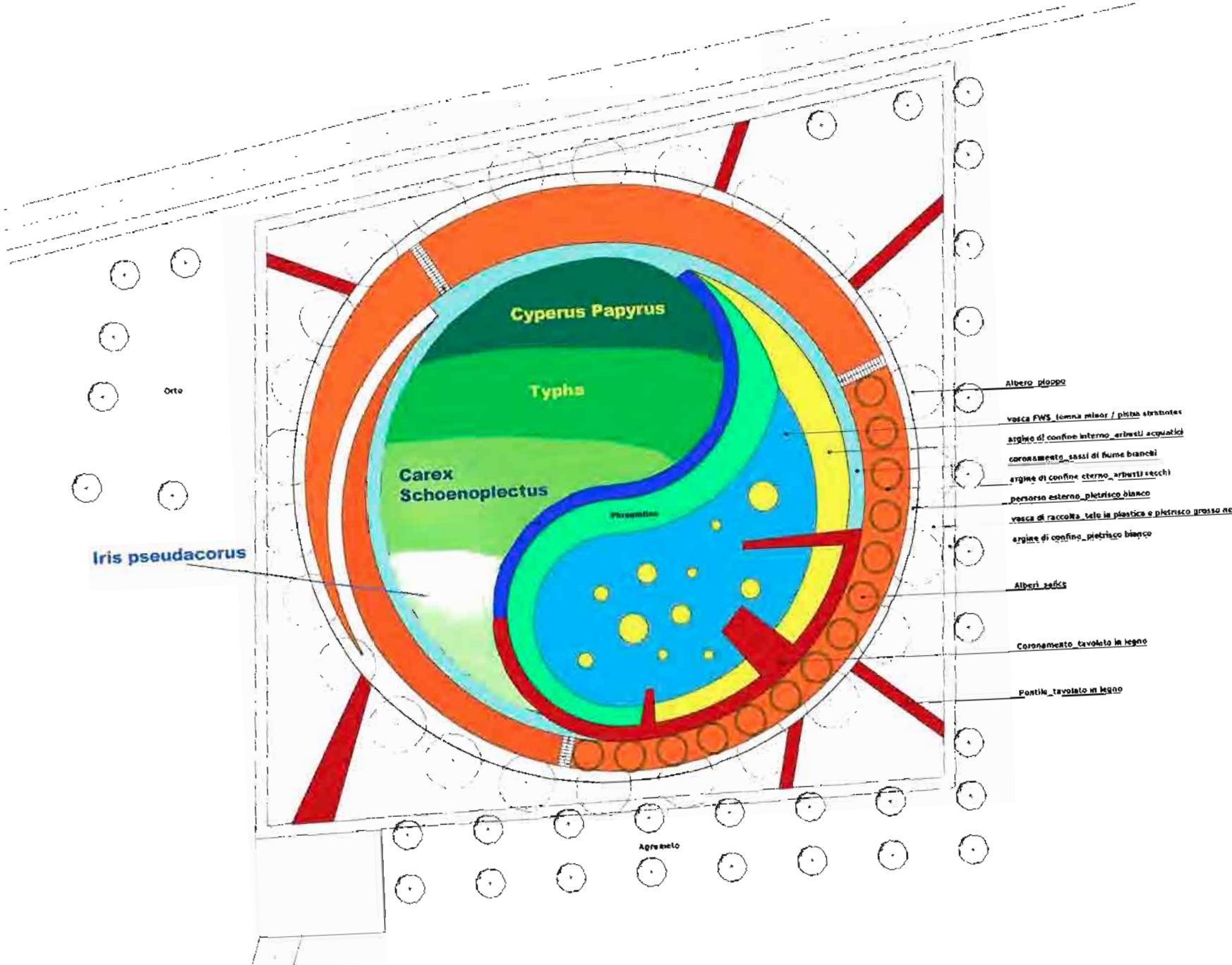
……la "cerchiatura" del quadrato !!!!

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

Impianto di fitodepurazione -*Valle dei Margi*, Grammichele



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


Cyperus Papyrus
Typha
Carex
Schoenoplectus
Iris pseudacorus
Orto
Agrumeto
Albero_pioppo
vasca FWS_lemna minor / pistia stratiotes
argine di confine interno_arbusti acquatici
coronamento_sassi di fiume bianchi
argine di confine esterno_arbusti secchi
_percorso esterno_pietrisco bianco
vasca di raccolta_telo in plastica e pietrisco grosso ne
argine di confine_pietrisco bianco
_Alberi zafiCS
Coronamento_tavolato in legno
Pontile_tavolato in legno

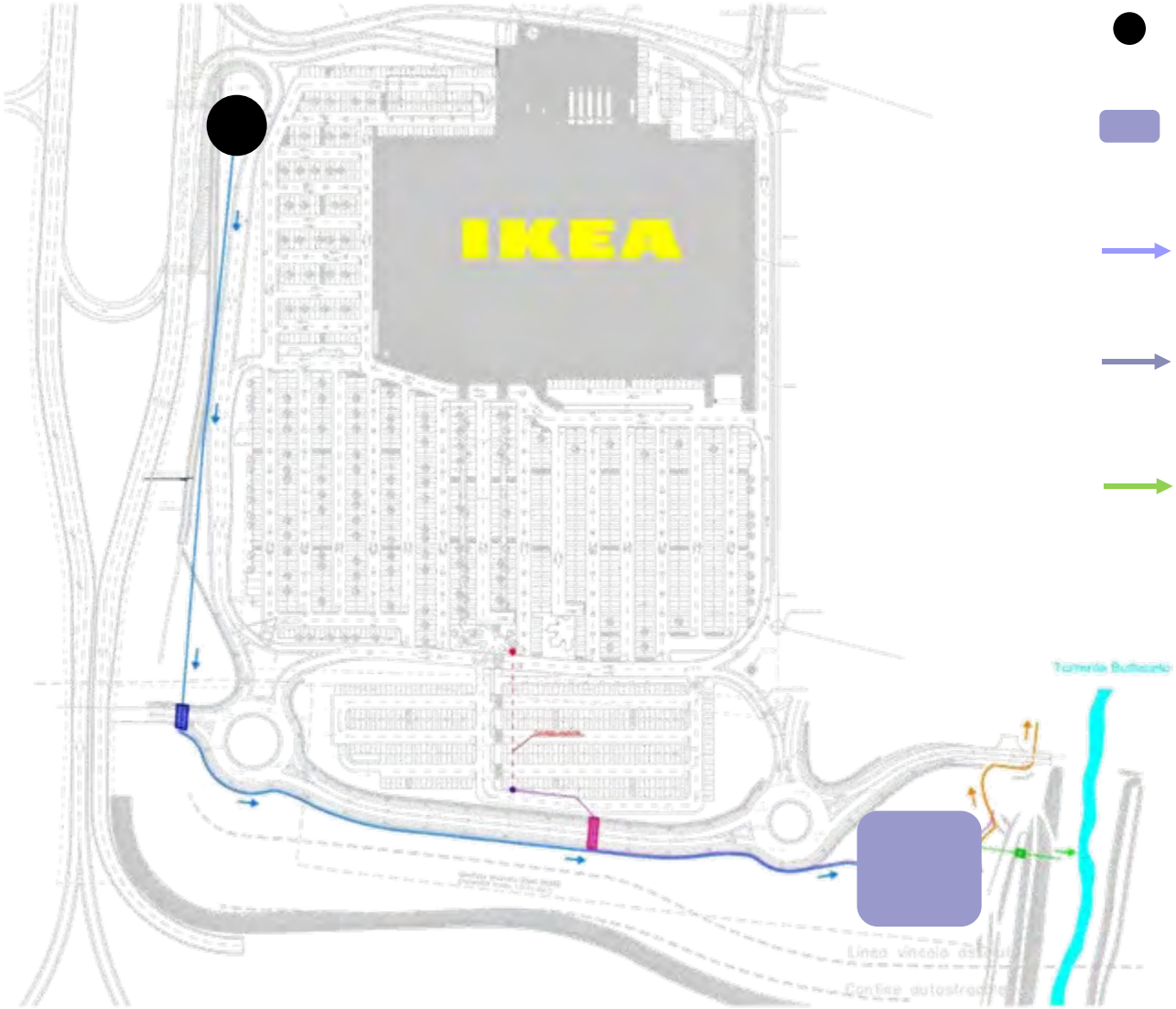
Agriturismo Valle dei Margi – Impianto di fitodepurazione H-SSF+FWS

Agriturismo Valle dei Margi – Impianto di fitodepurazione H-SSF+FWS

Noto (SR) - Cantina Marabino : Cantiere impianto di fitodepurazione

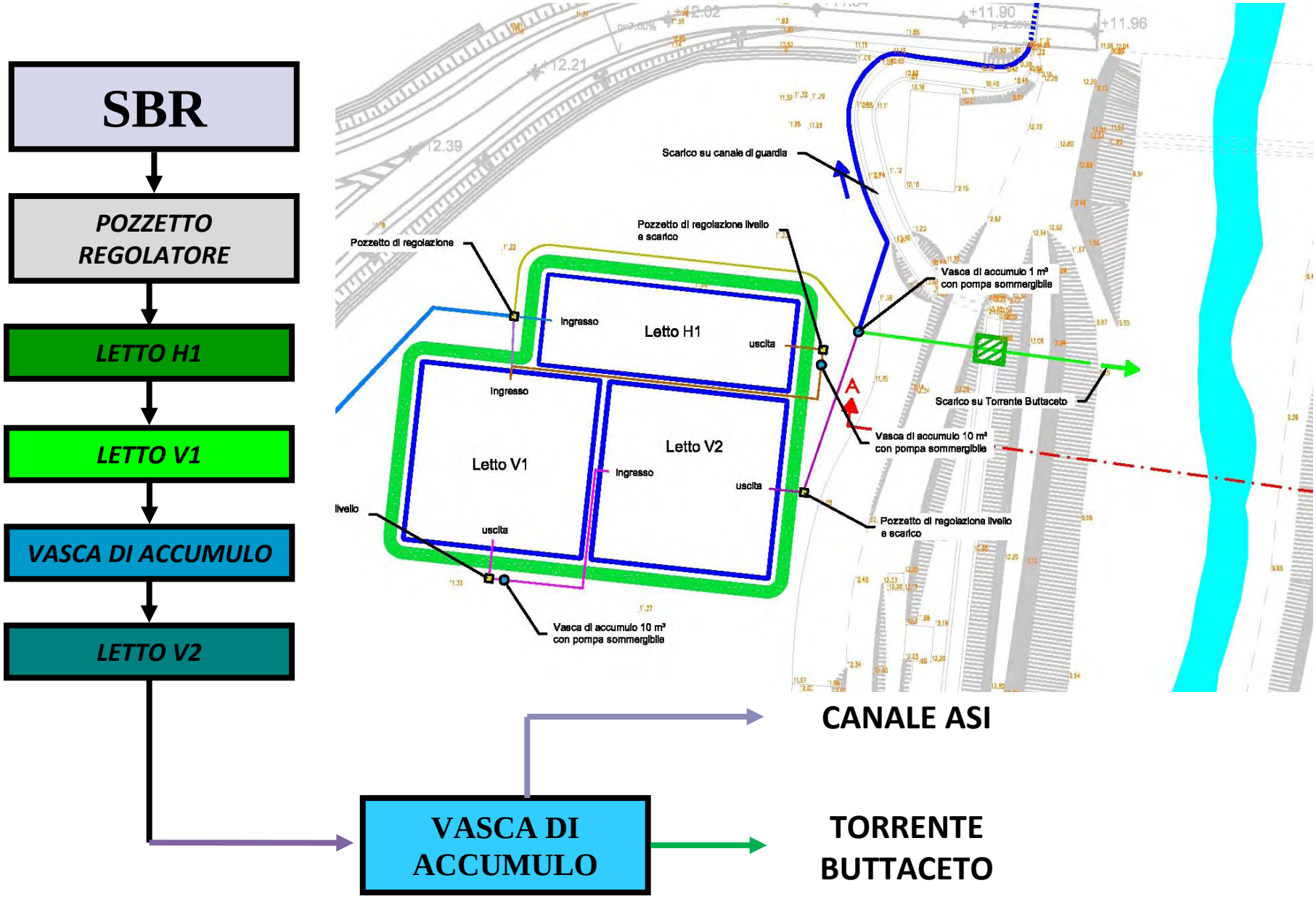
IKEA Store di Catania - Proposta progettuale impianto trattamento terziario reflui

Il progetto prevede la realizzazione di un sistema di fitodepurazione a H-SSF per l'affinamento delle acque reflue provenienti dall'impianto di depurazione esistente.

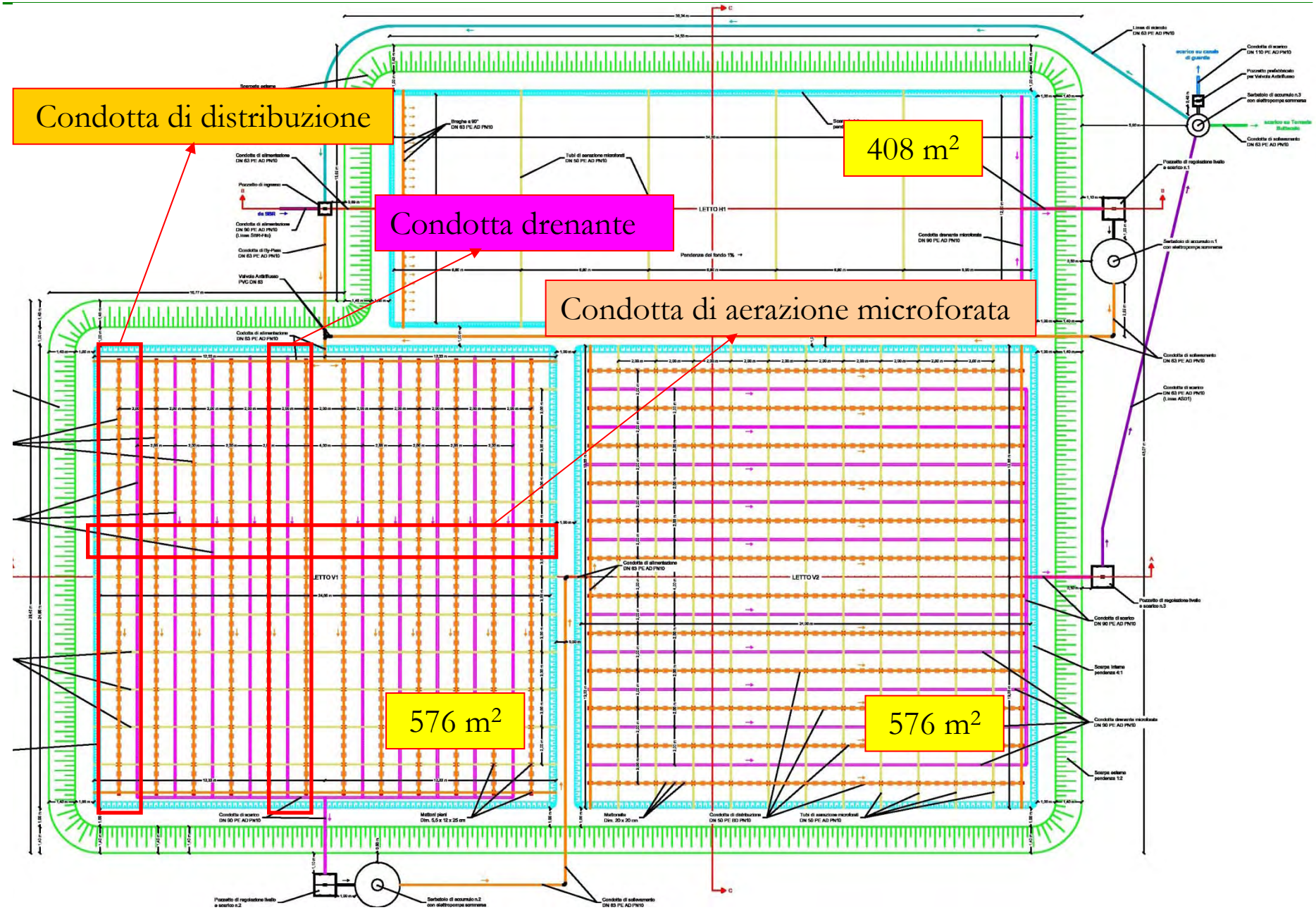


- Impianto SBR
- Area di intervento Letti di fitodepurazione
- Condotta di alimentazione
- Condotta di scarico su canale ASI
- Condotta di sollevamento su Torrente Buttaceto

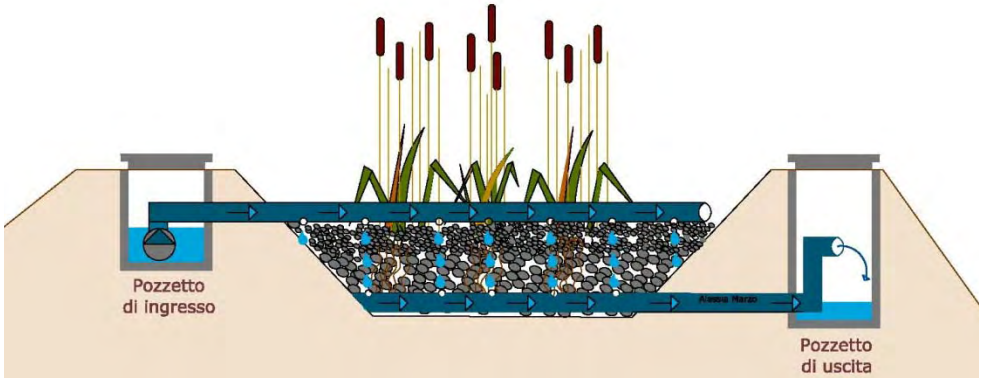
IKEA Store di Catania – Progetto sistema di fitodepurazione



IKEA Store di Catania – Progetto di fitodepurazione



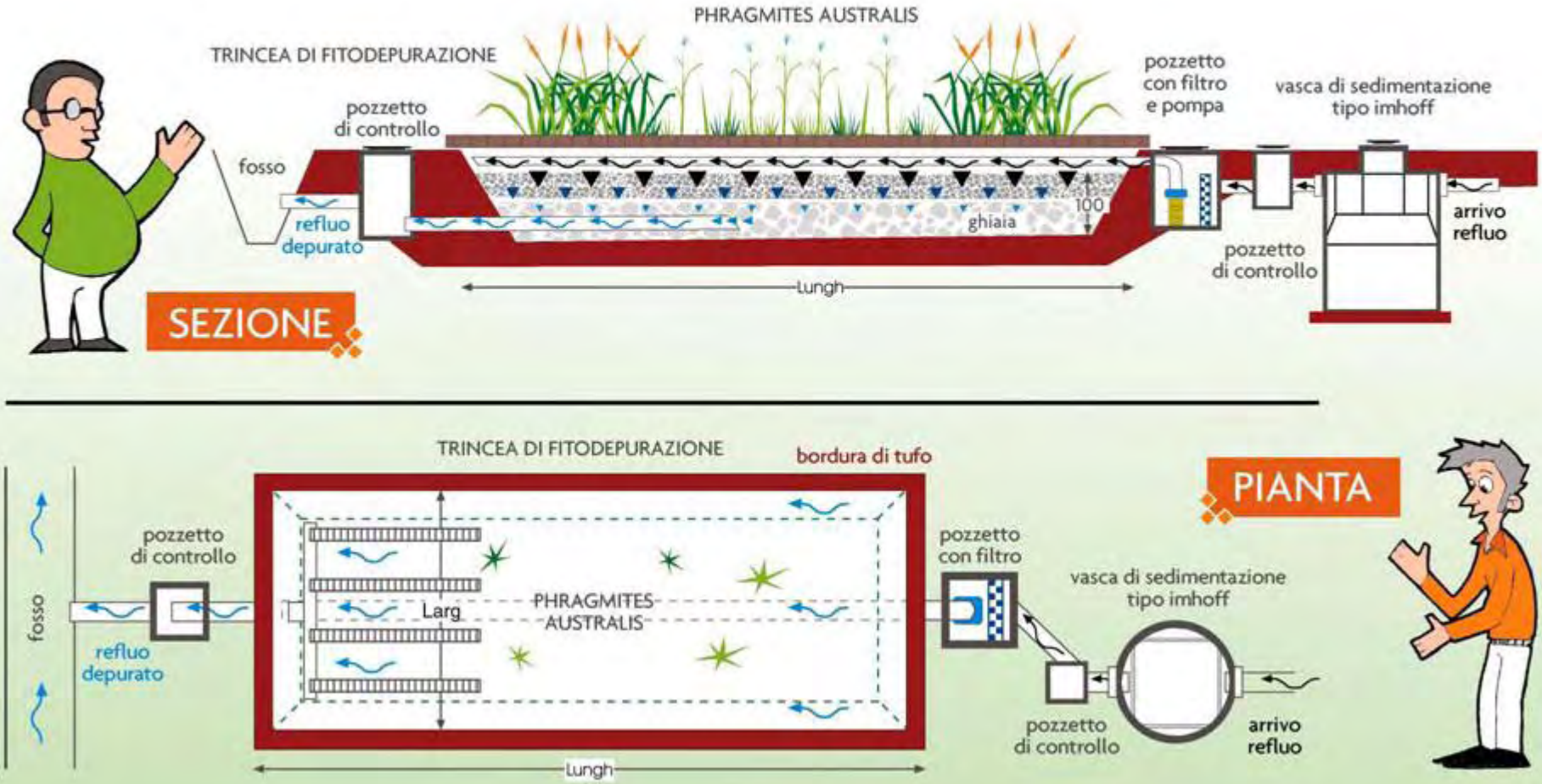
Sistemi a flusso sub-superficiale verticale (V-SSF)



- 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



(fonte Artec Ambiente srl)

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

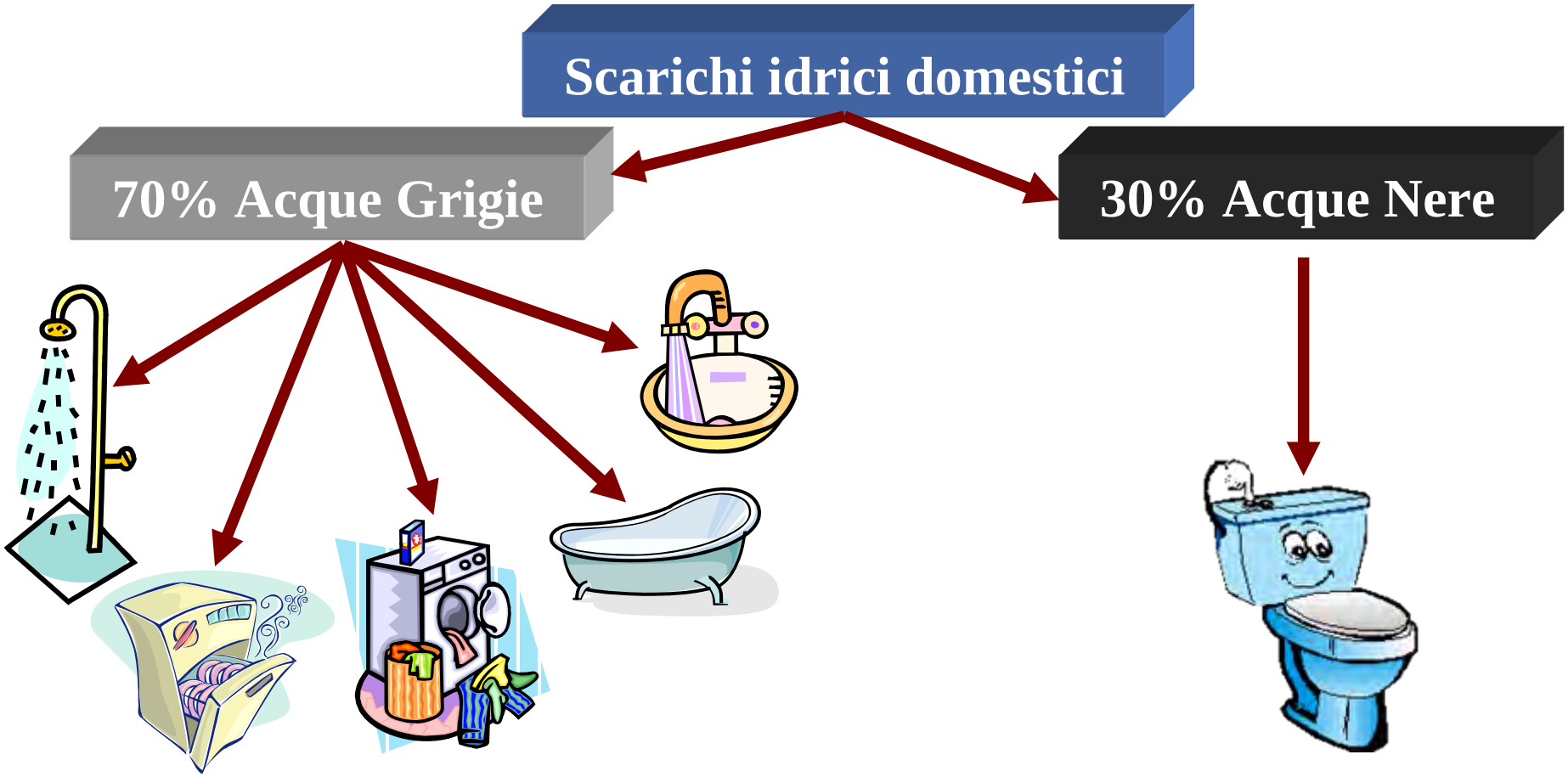
Impianto a flusso sub-superficiale verticale WRc di Medmenham a regime (luglio 1994) (Cooper et al., 1996)

Vertical flow system

(fonte IRIDRA)

TRATTAMENTO ACQUE GRIGIE

Acque grigie – Acque nere



Le acque grigie contengono la parte minore e più biodegradabile del carico organico complessivo, pochissimo azoto e un basso livello di carica patogena.

Sono facilmente depurabili e immediatamente disponibili per essere riutilizzate per molti usi, quali l'irrigazione, le cassette dei WC, l'antincendio, il lavaggio pavimentazioni.

Borgo Verde - Preganziol (Treviso)

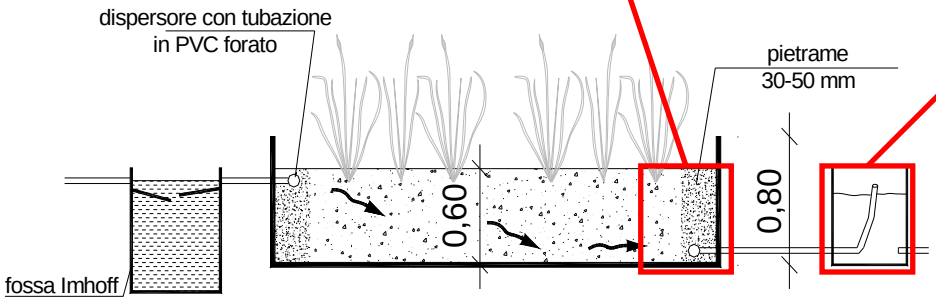
- ✓ a.e.: 240
- ✓ Area superficiale sistemi H-SSF: 232 m^2
- ✓ Quantitativo di acque grigie trattate, disponibili per il riutilizzo: 14,5 m^3/giorno (circa 5.300 m^3/anno)
- ✓ si è stimato un periodo di circa 9 anni come tempo di ammortamento dei costi di realizzazione e dei costi di manutenzione annui.

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

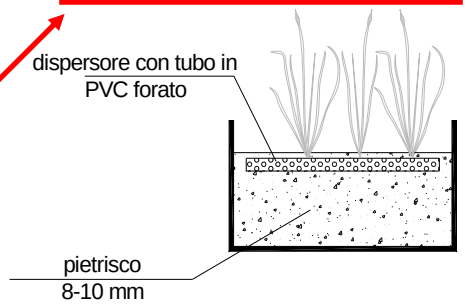
(fonte IRIDRA)

Singola abitazione - Catania

- ✓ a.e.: 4
- ✓ Area superficiale sistema H-SSF: 5 m^2
- ✓ Quantitativo di acque grigie trattate, disponibili per il riutilizzo: 0,4 m^3/giorno
- ✓ Vegetazione: *Cyperus papyrus*, *Canna indica*



sezione longitudinale



sezione trasversale

INTERESSE APPLICATIVO DEI *SISTEMI NATURALI*

- Relativa facilità di realizzazione anche da imprese locali
- Assenza (quasi sempre) di apparecchiature elettro-meccaniche
- Produzione di fanghi molto modesta
- Semplicità ed economicità di gestione e manutenzione
- Affidabilità nel rendimento ed elevata efficienza nella rimozione di alcuni inquinanti
- Ottima capacità “buffer” per assorbire punte di carico idraulico ed organico
- Buon inserimento ambientale
- Possibilità di recupero di aree marginali

La fitodepurazione per la riqualificazione e recupero del paesaggio e dell'ambiente

- I sistemi di fitodepurazione, oltre che tutelare e migliorare la qualità delle acque, rivestono l'importante ruolo ambientale di rinaturalizzazione, determinante nel costituire habitat ideali per la fauna acquatica e l'avifauna, accrescendo la **biodiversità** ed incrementando le specie presenti.

Sweetwater Wetland (Tucson, Arizona)

- Trattamento terziario di acque reflue (ricarica degli acquiferi)
- E’ costituito da diversi stagni circondato da tife, salici, pioppi, eucalipti
- bird-watchers: 250 varietà di uccelli (itteri, falchi, aironi, colibrì…)
- Numerose specie di animali stanziali e di passaggio (es:linci)

Wakodahatchee Wetlands (Palm Beach, Florida)

- 56 acri per il trattamento terziario di acque reflue (ricarica degli acquiferi)
- Più di 140 diverse specie di uccelli
- tra gli animali: tartarughe, rane, lontre, alligatori, iguane…

Wakodahatcee Wetlands - Palm Beach County, Florida

Nel 1996 circa 20 ettari di vasche di infiltrazione sono state convertite in sistemi FWS

Dopo 3 anni si contavano già 174 specie di uccelli di cui 13 strettamente dipendenti dalla wetland.

(fonte Hans Brix)

Wakodahatcee Wetlands - Palm Beach County, Florida

(fonte Hans Brix)

Oregon Garden, (vicino Silverston)

- trattamento terziario acque reflue
- portata: circa 3 m^3 al giorno
- superficie: 7 ha
- Numerose specie spontanee

Ca’ Mezzo di Codevigo (Padova)

- superficie di circa 30 ha, di cui 10 ha di specchio liquido, 10 ha sommergibili con presenza di canneto, e 10 ha emersi con varie essenze arboree autoctone
- Il bacino è dotato di passerelle, osservatori naturalistici, e di un centro operativo.
- presenza di varie specie ornitologiche che nidificano nell’area.

Beijing, China

- superficie di circa 8 ha, di cui 2 ha di specchio liquido
- più di 300 specie di piante
- Photo: Beijing Tsinghua Urban Planning & Design Institute

Tel Aviv, Israele

- trattamento acque grigie di un centro commerciale

Portland, Oregon

- trattamento deflusso superficiale

Photo by Kevin Robert Perry

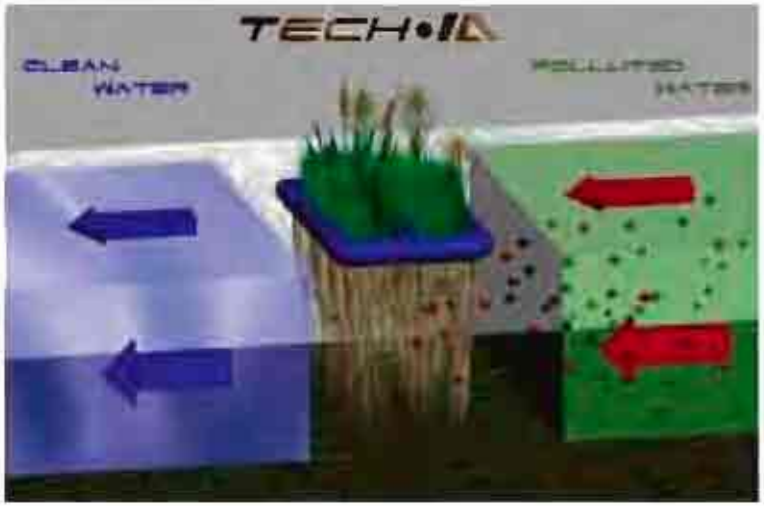
Toronto, Canada

- sei contenitori in polistirene riempiti con plastica riciclata
- piantumati con diverse specie prelevate dalle rive del vicino fiume Don Valley

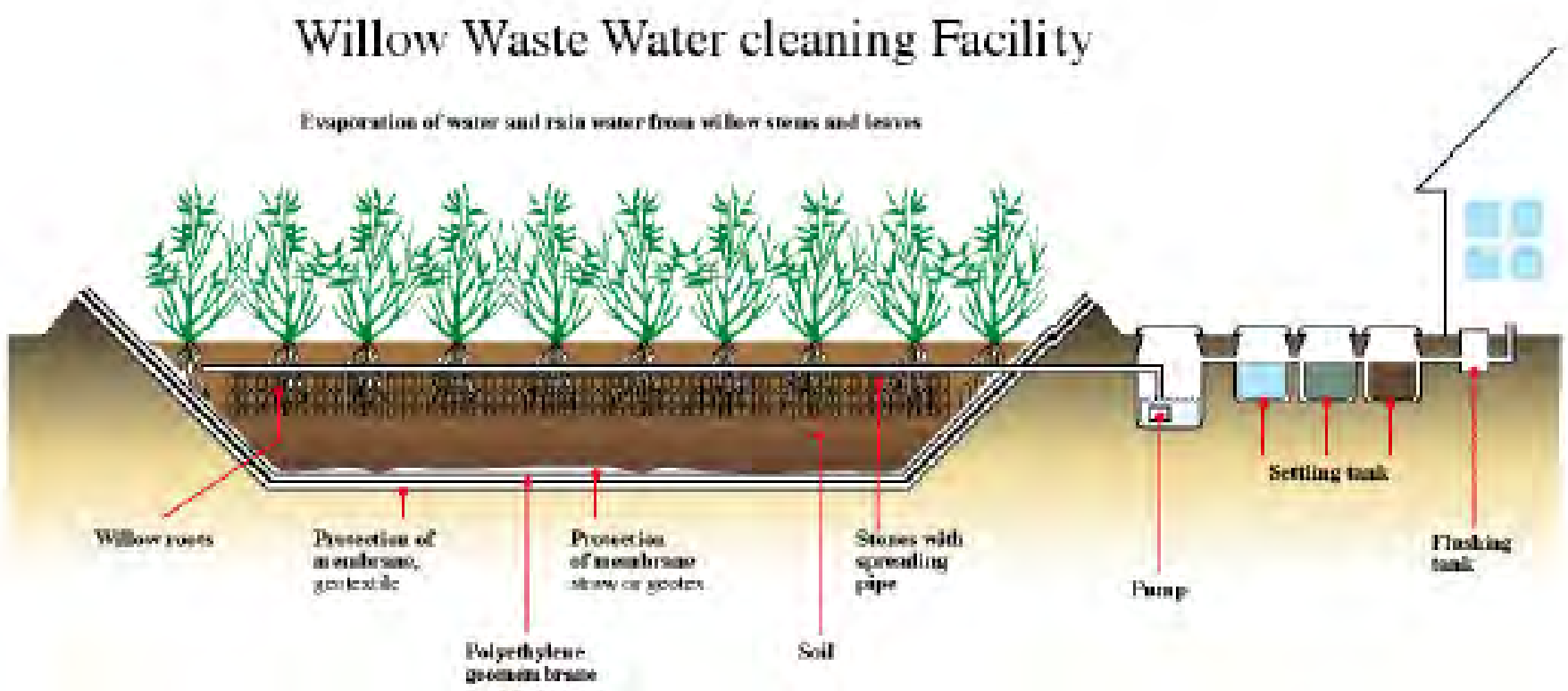
Elevated Wetlands

(Neil Hadley e Noel Harding)

"isole" fitodepuranti



Impianti di fitodepurazione “a scarico zero”



(fonte Hans Brix)

Impianti di fitodepurazione “a scarico zero”

(fonte Hans Brix)

Considerazioni finali

I sistemi di fitodepurazione:

- rappresentano una valida alternativa ai sistemi convenzionali, quando non vi siano problemi di disponibilità di spazio

- hanno una elevata efficienza nella rimozione di diversi inquinanti;

- consentono il raggiungimento di obiettivi depurativi difficilmente "sostenibili" con i sistemi convenzionali (nel caso dei piccoli e medi insediamenti)

- svolgono un ruolo strategico per il recupero di terreni marginali, aree degradate,..... e per il l'incremento della biodiversità

CSEI Catania

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CATANIA
DiGeSA
Dipartimento di Gestione
dei Sistemi Agroalimentari e Ambientali

giuseppe.cirelli@unict.it
info@cseicatania.com