



Laboratorio
ENEA
Ambiente

Approcci e tecnologie per la gestione sostenibile delle acque reflue

Ing. Luigi Petta, Ph.D.

ENEA - Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile

SSPT-USER-R4R

Resp. LEA - Laboratorio ENEA Ambiente



Milano, 28 Novembre 2016



ASSOLOMBARDA
Confindustria Milano Monza e Brianza

Laboratorio ENEA per l'Ambiente - LEA



- Laboratorio afferente al **Tecnopolo ENEA** all'interno della Rete Alta Tecnologia Emilia-Romagna.



- Laboratorio multidisciplinare, strutturato in tre distinti gruppi di lavoro: **TIGRI, MIA, LEI**



LAERTE
Energia



LEA
Ambiente



CROSS-TEC
ICT



Tracciabilità

**Gestione Risorsa Idrica
(TIGRI)**

**LCA ed Ecodesign
(LEI)**

**Inquinamento Atmosferico
(MIA)**



- Crescente stress sulle risorse idriche disponibili a livello mondiale dovuto ad una **domanda sempre crescente di acqua** per gli usi civili e produttivi (incremento demografico, standard di vita crescenti, inadeguata gestione acque reflue).
 - ✓ a livello mondiale circa 750 milioni di persone non hanno accesso a fonti idriche sicure (UNESCO, 2015)
 - ✓ con l'attuale trend, la domanda mondiale supererà le risorse utilizzabili del 40% entro il 2030 (ONU, 2013)
 - ✓ al 2012, circa 2,5 miliardi di persone nei PVS non possono contare su una adeguata gestione delle acque reflue (WHO ed Unicef, 2014)
- **Italia è soggetta a rischio di stress idrico medio-alto** (OCSE, 2013), con una situazione non omogenea e presenza di aree caratterizzate da scarsità d'acqua ed altre con stress idrico crescente (obsolescenza infrastrutture, fenomeni di contaminazione delle risorse sotterranee e superficiali, cambiamento climatico).



Necessario lo sviluppo di soluzioni innovative per un utilizzo più efficace della risorsa idrica, in tutte le fasi dei processi produttivi che comportano impiego di acqua, favorendo approcci finalizzati al **riutilizzo**, al **recupero** ed al **riciclo**, minimizzando la produzione di flussi di rifiuto da inviare a smaltimento finale.

Drivers per la gestione sostenibile della risorsa idrica

1. **Trattamenti depurativi acque reflue**
2. **Valorizzazione energetica scarti**
3. **Risparmio e riutilizzo idrico**
4. **Ottimizzazione cicli produttivi**

Esperienze ENEA-LEA

Approcci depurativi in ottica di economia circolare, **biotecnologie di processo** innovative (sperimentazione, progettazione, sviluppo, messa a punto) per il recupero di materia

Sviluppo di filiere e processi innovativi per la **valorizzazione energetica** di effluenti e matrici organiche di scarto

Sviluppo di **buone pratiche** in ambito urbano, edilizio, produttivo (agricoltura e industria), inclusa gestione acque meteoriche

Monitoraggio, diagnosi, modellazione ai fini della **razionalizzazione dei cicli produttivi**

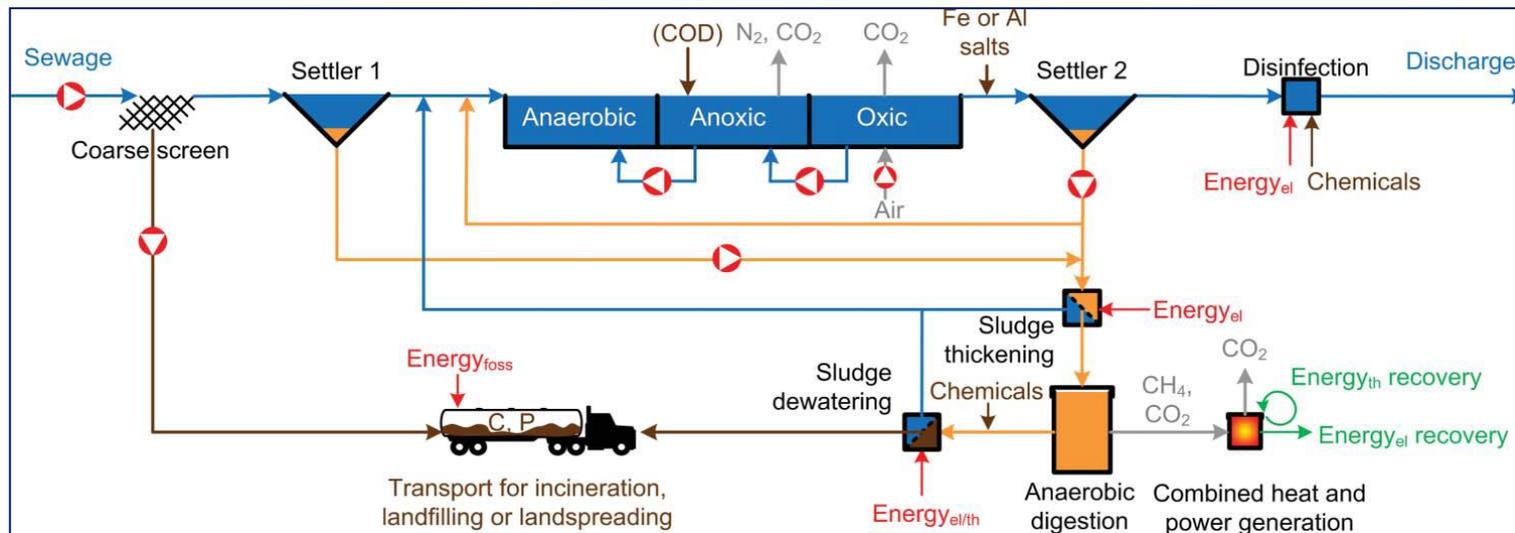
1. Trattamenti depurativi acque reflue



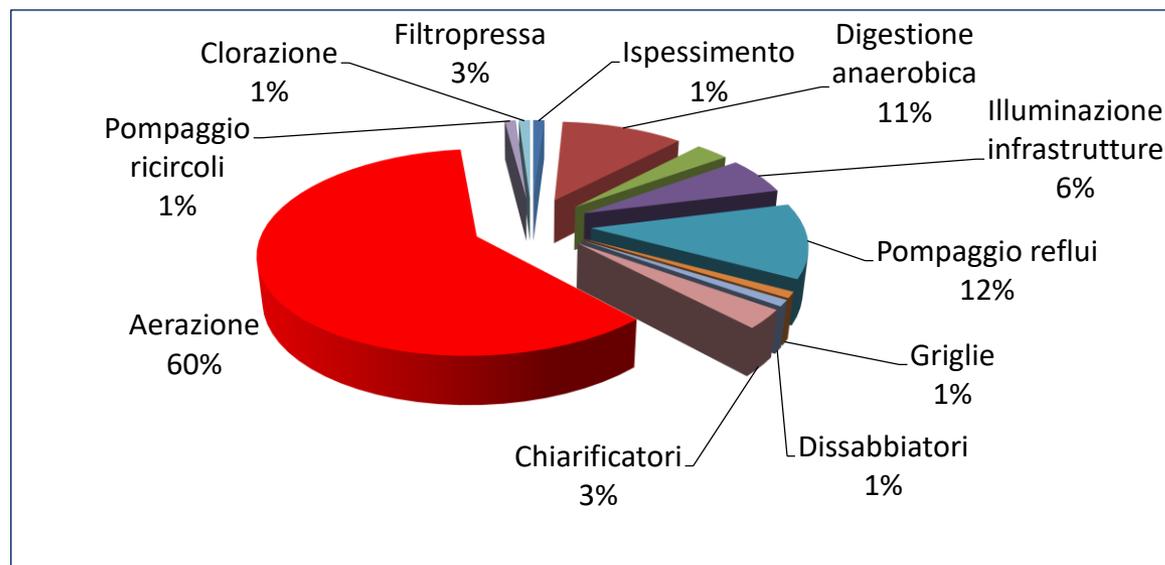
I processi depurativi convenzionali (centralizzati, a fanghi attivi) non sono sostenibili nel medio-lungo periodo:

- **Elevati costi energetici**
 - ✓ il settore depurativo copre l'**1-3% dei consumi energetici nazionali** nei paesi ad elevata industrializzazione;
 - ✓ in Italia, il consumo elettrico specifico di **58 kWh/AE/anno** (target di consumo 20-30 kWh/AE/anno), per un costo totale in bolletta di oltre 300 Mln/anno;
 - ✓ potenziale di conversione energetica mediante digestione sottoutilizzato (< 50%).
- **Elevati costi gestionali**
 - ✓ costo smaltimento fanghi, scarsamente stabilizzati e disidratati.
- **Elevato impatto ambientale**
 - ✓ ossidazione di C, N per via biologica (fanghi attivi) con emissione di gas serra in atmosfera (CO_2 , N_2O , CH_4);
 - ✓ nessun recupero di elementi nutrienti (N, P, K), inviati a smaltimento come rifiuto nei fanghi di supero (discarica, incenerimento);
 - ✓ riutilizzo idrico raramente applicato.

1. Trattamenti depurativi acque reflue



Cicli di utilizzo di acqua, energia, materia in impianti a fanghi attivi convenzionali (Verstraete et al., 2011)



Ripartizione dei consumi energetici in un tipico impianto depurazione (Menendez, 2010)

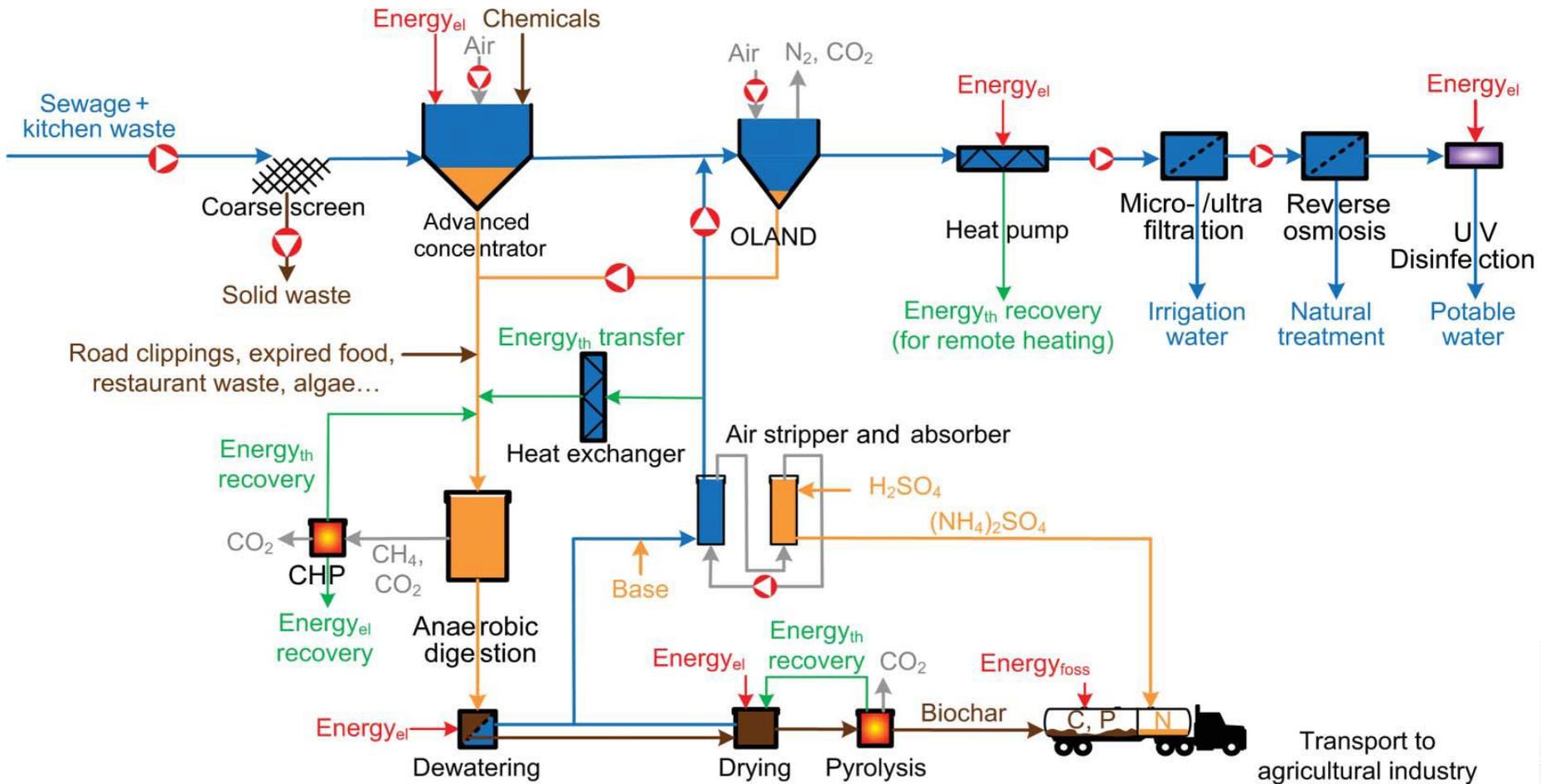
1. Trattamenti depurativi acque reflue



Indispensabile l'introduzione di nuovi approcci di gestione della risorsa idrica, basati su un cambio di paradigma di tipo **Urban/Sewer Mining**:

- **Nuovi approcci di trattamento**, basati su:
 - ✓ Concentrazione reflui all'origine (fattore 5-10 con fognature separate, controllo acque parassite, impiego trituratori)
 - ✓ Trattamenti primari di concentrazione (concentrazioni di COD fino a 20 maggiori mediante separazione spinta (UF/RO) di reflui non stabilizzati)
- **Recupero di risorse non convenzionali**: risorsa idrica (riutilizzo), nutrienti (N, P), energia (digestione anaerobica, recupero energia termica a bassa entalpia)
- **Sistemi di co-digestione** di reflui concentrati, fanghi, e frazione organica dei rifiuti (scarti alimentari, reflui di cucina)
 - ✓ negli USA, l'industria alimentare assorbe il 15% dei consumi elettrici nazionali, mentre circa il 20% del cibo viene inviato a rifiuto!
- **Integrazione di sistemi di produzione di energie rinnovabili** (es. eolico, solare)

1. Trattamenti depurativi acque reflue



Approccio ZeroWasteWater (Verstraete et al., 2011)

1. Trattamenti depurativi acque reflue



Esperienze ENEA-LEA



Laboratorio
ENEA
Ambiente

Sviluppo e messa a punto di **processi depurativi innovativi** finalizzati a garantire la **rimozione/recupero nutrienti da flussi concentrati di origine civile e produttiva** (surnatanti linea fanghi, effluenti zootecnici, digestati agricoli) ed al **risparmio energetico**, mediante:

- ✓ Processi nitro-denitro in fanghi attivi tradizionali ed in configurazione SBR (anche in accoppiamento con processi MBR)
- ✓ Processi di denitrificazione via nitrito
- ✓ Processo Sharon-Anammox
- ✓ Precipitazione struvite
- ✓ Processo ANANOX®
- ✓ Processi per l'accumulo biologico del P mediante PHA (Dephanox®, *Lampropedia hyalina*)

1. Trattamenti depurativi acque reflue

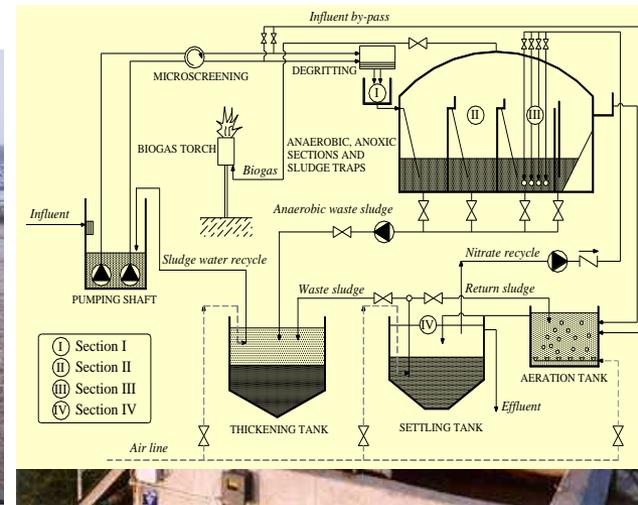
Tecnologie di processo in scala reale per la rimozione/recupero dei nutrienti (N, P)



Impianto SBR di Funo di Argelato (BO)



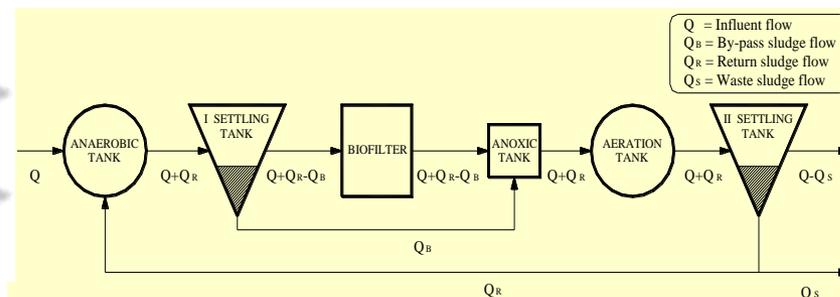
Impianto SBR c/o Allevamento S. Anna (MO)



Impianto ANANOX di Biancolina (BO)

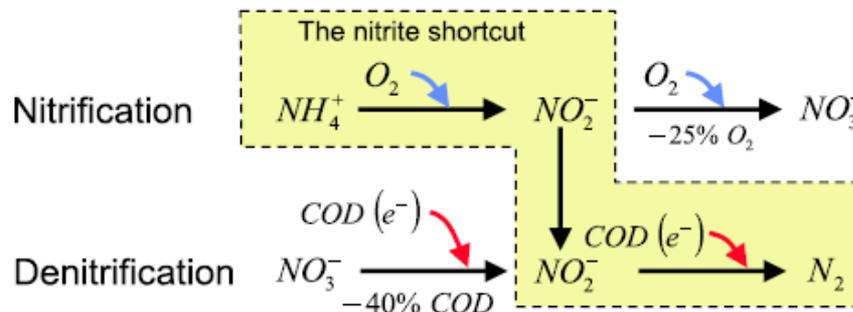


The DEPHANOX Process

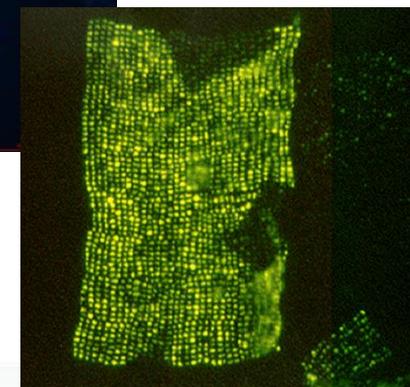
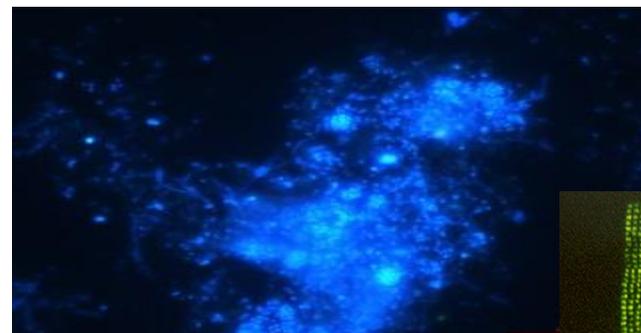


1. Trattamenti depurativi acque reflue

Studio di processi innovativi per la rimozione/accumulo nutrienti (N, P)



Sperimentazione processo DyMANOx per rimozione N da percolato di discarica



Selezione di precursori per produzione di biopolimeri e fertilizzanti (es. PHA, PHB)



2. Valorizzazione energetica matrici organiche



Esperienze ENEA-LEA



Sviluppo e messa a punto di **processi innovativi** per la **valorizzazione energetica di matrici organiche di scarto** (effluenti, sottoprodotti, rifiuti)

- Processi di digestione anaerobica in differenti configurazioni e condizioni di processo (T), operanti su differenti matrici organiche:
 - ✓ **Processi CSTR**
 - ✓ **Processi UASB**
 - ✓ **Processi Ibridi e dry**
- Ottimizzazione **filiera di produzione del biometano** con integrazione in sistemi di tipo Power-to-Gas
- Studio e sviluppo di **sistemi di pre-trattamento** atti ad incrementare i rendimenti di conversione energetica di matrici organiche: idrolisi acida, pretrattamenti chimici, biologici, meccanici
- **Microbial Fuel Cell**

2. Valorizzazione energetica matrici organiche

Digestione anaerobica matrici organiche



Impianto Digestione Anaerobica in piena scala con trattamento enzimatico



Conversione impianto DA per trattamento reflui lavorazione agroindustria (Ferrara)



Impianto UASB per prove di trattabilità di scarti dell'industria agro-alimentare (borlande di vinaccia, reflui lavorazione frutta)



Anaerobic Membrane Bioreactor (Progetto Aquafit 4use)

2. Valorizzazione energetica matrici organiche



- **Progetto GoBioM – Ottimizzazione tecnologica filiera biometano**
- **Partners:** CRPA (Coordinamento + Diffusione), ENEA-LEA, CIRI-EA BOLOGNA, LEAP PIACENZA, TERRAQUATEC FERRARA
- **Durata:** 2 anni (Kick-off 27/06/2016)
- **Budget totale:** 1.309.268 €
- **Topic:** ottimizzazione della sostenibilità economica ed ambientale della filiera di produzione di bio-metano in Emilia-Romagna. Monitoraggio e raccolta informazioni tecnico-economiche relative alla disponibilità di biomasse e alla localizzazione degli impianti di digestione anaerobica sul territorio regionale. Sviluppo su scala pilota di sistemi volti ad incrementare la biodegradabilità delle matrici organiche tipicamente utilizzate nella filiera di produzione di bio-metano; ottimizzazione della fase di purificazione del biogas.



2. Valorizzazione energetica matrici organiche



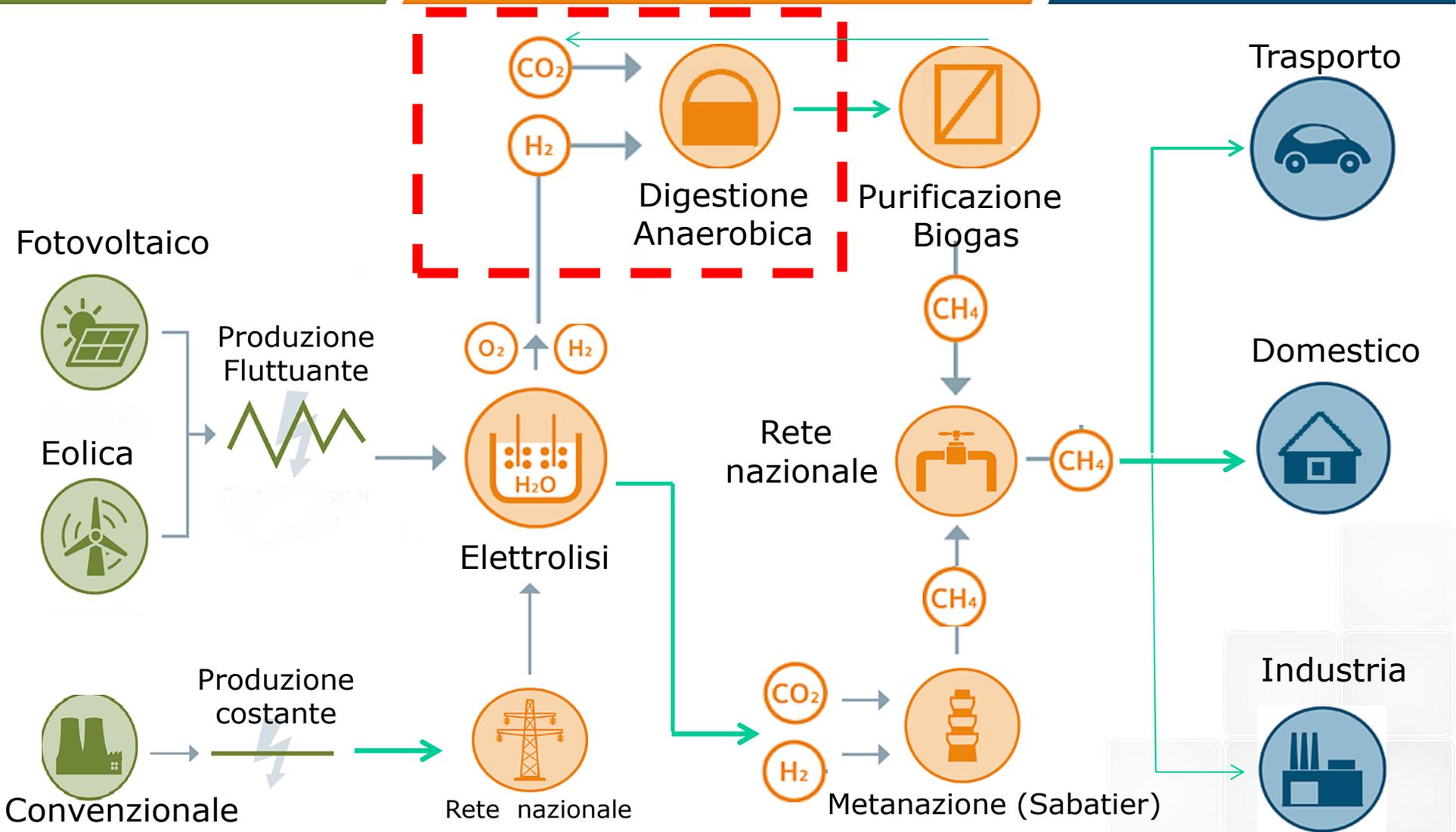
- **Progetto +GAS** – Sviluppo di sistemi P2G per lo stoccaggio dei picchi di energia elettrica da fonte rinnovabile in forma di biometano
- **Partners:** ENEA-CrossTec (Coordinamento + Diffusione), ENEA-LEA, CRPA
- **Durata:** 2 anni (Kick-off 30/06/2016)
- **Budget totale:** 560.866 €
- **Topic:** Messa a punto di una filiera per l'accumulo di energia rinnovabile in forma di biometano, mediante: produzione di idrogeno da sistemi fotovoltaico; sua alimentazione ad un reattore metanigeno che impiega la cavitazione idrodinamica come sistema di dissoluzione del gas nella fase acquosa e colture microbiche selezionate in grado di utilizzare H_2 e CO_2 per la produzione di CH_4 ; sistema di upgrading in biometano con recupero di CO_2 (da impiegare per metanazione chimica ovvero per colture algali).



PRODUZIONE

CONVERSIONE / STOCCAGGIO

UTILIZZO



3. Ottimizzazione cicli idrici produttivi



Esperienze ENEA-LEA



Diagnosi del ciclo idrico delle linee di trattamento e produzione, finalizzata al risparmio di materia e di energia:

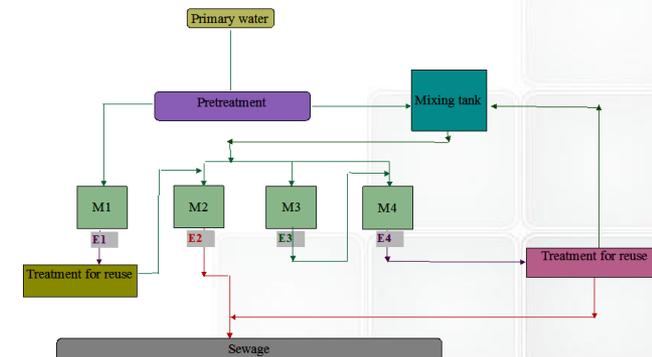
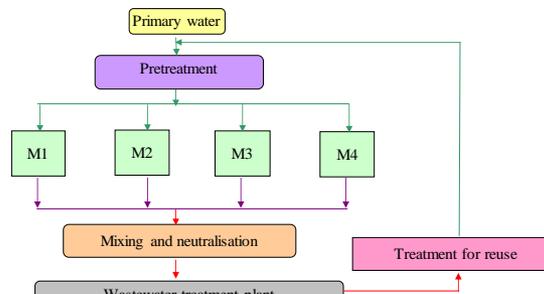
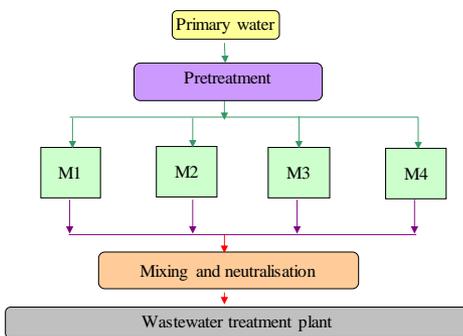
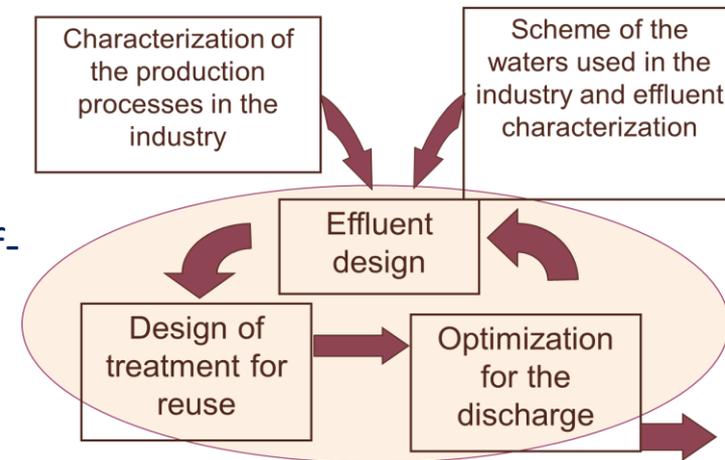
- ✓ **Settore Industriale** (Agroindustria, Tessile, Farmaceutico):
 - ✓ valorizzazione energetica di sottoprodotti/rifiuti;
 - ✓ ottimizzazione cicli idrici aziendali per consentire risparmio di risorsa idrica e materie prime;
 - ✓ miglioramento della sostenibilità del processo;
 - ✓ razionalizzazione della linea depurativa (risparmio energetico, miglioramento della sostenibilità ambientale).

- ✓ **Impianti di depurazione municipali:**
 - ✓ diagnosi e modellazione linea trattamento acque e fanghi per interventi di recupero di materia (sewer mining);
 - ✓ risparmio energetico;
 - ✓ riduzione produzione fanghi;
 - ✓ riutilizzo idrico.

3. Ottimizzazione cicli idrici produttivi

Approccio metodologico

- Caratterizzazione fonti acqua primaria e secondaria;
- Selezione tecnologie di trattamento;
- Valutazione trattabilità effluenti (es. filtrabilità)
- Prove a scala pilota;
- Test di riutilizzabilità degli effluenti trattati;
- Valutazioni di biodegradabilità e tossicità (in particolare per il residuo inviato al trattamento end-of-pipe e dei concentrati separati);
- Definizione di scenari di riuso;
- Selezione scenario ottimale (valutazioni tecnico-economiche comparative con lo *Scenario 0* rappresentato dal riuso dell'attuale flusso end-of-pipe).



3. Ottimizzazione cicli idrici produttivi

Progetto LIFE **BATTLE** – Best Available Techniques in the Textile Industry

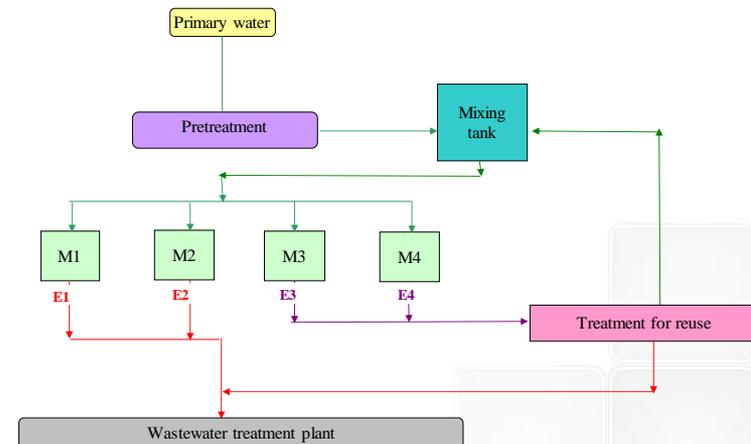
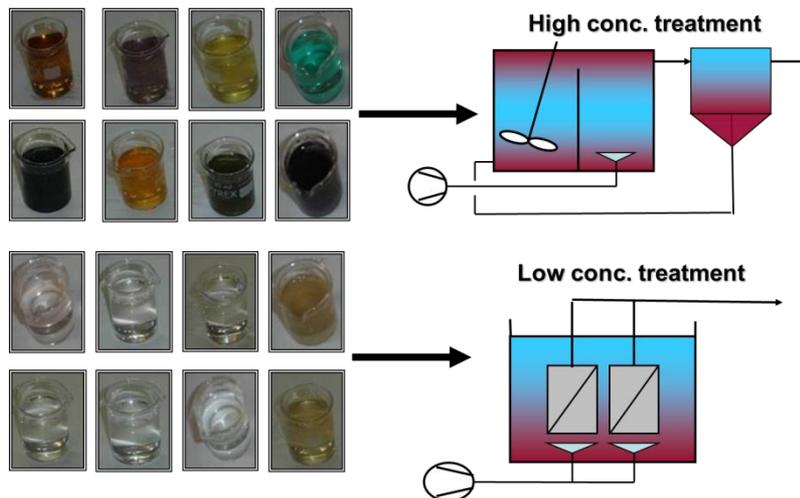
Valutazione e caratterizzazione dei flussi in uscita dai processi produttivi di una tintostamperia lombarda, normalmente miscelati e poi inviati a trattamento depurativo.



Suddivisione dei flussi in base al trattamento depurativo previsto.

F1: Flussi concentrati all'impianto esistente

F2: Flussi meno concentrati (basso carico organico, basso contenuto di colore) al trattamento di separazione mediante membrane UF per rimozione particolato e colloidali.



3. Ottimizzazione cicli idrici produttivi



Impianto pilota BATTLE

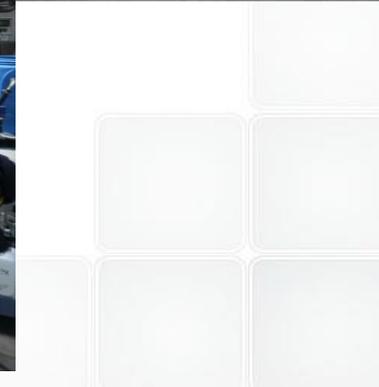
processo di filtrazione UF con membrana Zenon Zee-Weed applicato ai flussi meno concentrati



Progetto Aquafit4Use (FP7)

Implementazione di trattamento e riutilizzo reflui in 2 tintostamperie slovene.

Tecnologia di trattamento MBR pilota testato direttamente nella linea produttiva aziendale per la rimozione del carico organico e del colore (parzialmente) nei flussi selezionati per il riuso.



4. Risparmio e Riutilizzo idrico



Esperienze ENEA-LEA

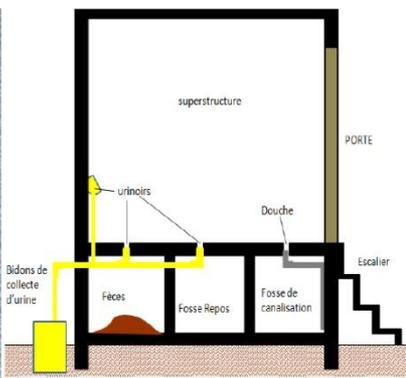


Studio e sviluppo di processi per trattamenti secondari e terziari finalizzati al **riutilizzo idrico**:

- ✓ progettazione di linee di trattamento finalizzate al **riutilizzo idrico in paesi in via di sviluppo**
- ✓ **sistemi di trattamento naturale** (fitodepurazione) per il trattamento depurativo ed il riutilizzo di reflui municipali, gestione acque meteoriche (prima e seconda pioggia)
- ✓ **processi a membrana** in differenti configurazioni (MBR, MBBR, AMBBR, filtrazione terziaria)
- ✓ impiego di differenti **tecnologie di filtrazione** (mesh filtration, MF, UF, NF, OI) in accoppiamento con sistemi di disinfezione

4. Risparmio e Riutilizzo idrico

Riutilizzo reflui municipali e gestione acque meteoriche



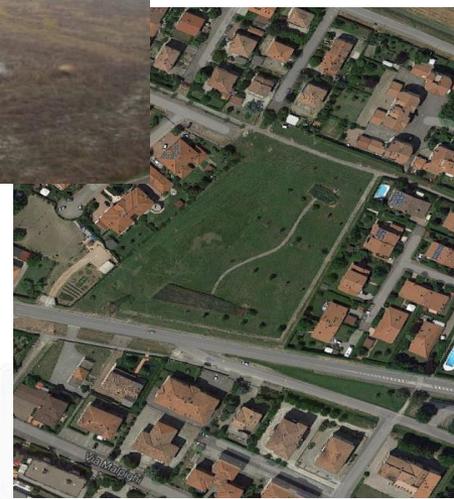
Riutilizzo idrico in paesi in via di sviluppo (Progetto SWIM – Sustain Water MED)



Progetto AQUASAVE - Bologna



Sistema integrato di S. Giovanni in Persiceto (Bo)



4. Risparmio e Riutilizzo idrico

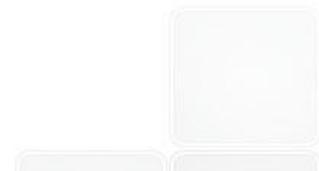


- **Progetto GST4Water** - Green-Smart Technology per l'utilizzo sostenibile della risorsa idrica negli edifici e in ambito urbano
- **Partners:** T&A Tech Terra&Acqua UniFE (Coordinatore), CIRI-EA UniBO, CIRI-EC UniBO, ENEA-LEA, MechLay UniFE
- **Durata** : 2 anni (Kick-off 01/04/2016)
- **Budget totale:** 1.354.109 €
- **Topic:** l'utilizzo sostenibile e consapevole della risorsa idrica ed il suo monitoraggio mediante la messa a punto di soluzioni hardware e software, atte a favorire l'uso consapevole della risorsa idrica a livello di singolo utente ed il riutilizzo delle acque grigie e meteoriche all'interno degli edifici. Applicazione di soluzioni "smart" per il monitoraggio in tempo reale dei consumi basate su tecnologie ICT e soluzioni "green" per il recupero e riuso delle acque.



Grazie per l'attenzione!

luigi.petta@enea.it



RETE ALTA TECNOLOGIA
EMILIA-ROMAGNA
HIGH TECHNOLOGY NETWORK



Laboratorio
ENEA
Ambiente