GST4Water

GREEN SMART TECHNOLOGY FOR WATER

Ravenna, 17 maggio 2017

Un progetto di ricerca per l'uso consapevole dell'acqua

www.gst4water.it

www.ravenna2017.it

Fare i conti con l'ambiente

Rifiuti acqua energia

Ravenna 2017

17·18·19 maggio

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA
- EX LABORE FRUCTUS -

ENEA
Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

GST4Water

GREEN SMART TECHNOLOGY FOR WATER

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020

UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale

RegioneEmilia-Romagna

GSTLWater

POR-FESR 2014-2020

ASSE 1 Ricerca e Innovazione

Azione 1.2.2 Supporto alla realizzazione di progetti complessi di attività di ricerca e sviluppo su poche aree tematiche di rilievo e all'applicazione di soluzioni tecnologiche funzionali alla realizzazione della strategia di S3

Bando per progetti di ricerca industriale strategica rivolti agli ambiti prioritari della Strategia di Specializzazione Intelligente

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020

UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale

RegioneEmilia-Romagna

GST4Water

Green-Smart Technology per l'utilizzo sostenibile della risorsa idrica negli edifici e in ambito urbano (GST4Water)

MechLav
Laboratorio per la Meccanica Avanzata

(UNIFE)

Laboratorio ENEA Ambiente

Terra & Acqua Tech

(UNIFE)

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
CENTRO INTERDIPARTIMENTALE
DI RICERCA INDUSTRIALE ENERGIA E AMBIENTE

(UNIBO)

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
CENTRO INTERDIPARTIMENTALE
DI RICERCA INDUSTRIALE EDILIZIA E COSTRUZIONI

(UNIBO)

Costo ammesso	€ 1.354.109,77	Contributo regionale	€ 976.951,86

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020

UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale

RegioneEmilia-Romagna

GSTLWater

CADF S.p.A.

"L'Acquedotto del Delta"

Xeoy

PISCINE SO.GE.SE

StaRplast

stampaggio rotazionale materie plastiche

VerdeAlto srl

Sistemi e Tecnologie per verde pensile

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020

UNIONE EUROPEA

Fondo europeo di sviluppo regionale

RegioneEmilia-Romagna

CSTLWater

OR1

Tecnologie per il monitoraggio in tempo reale dei consumi idrici indoor e outdoor

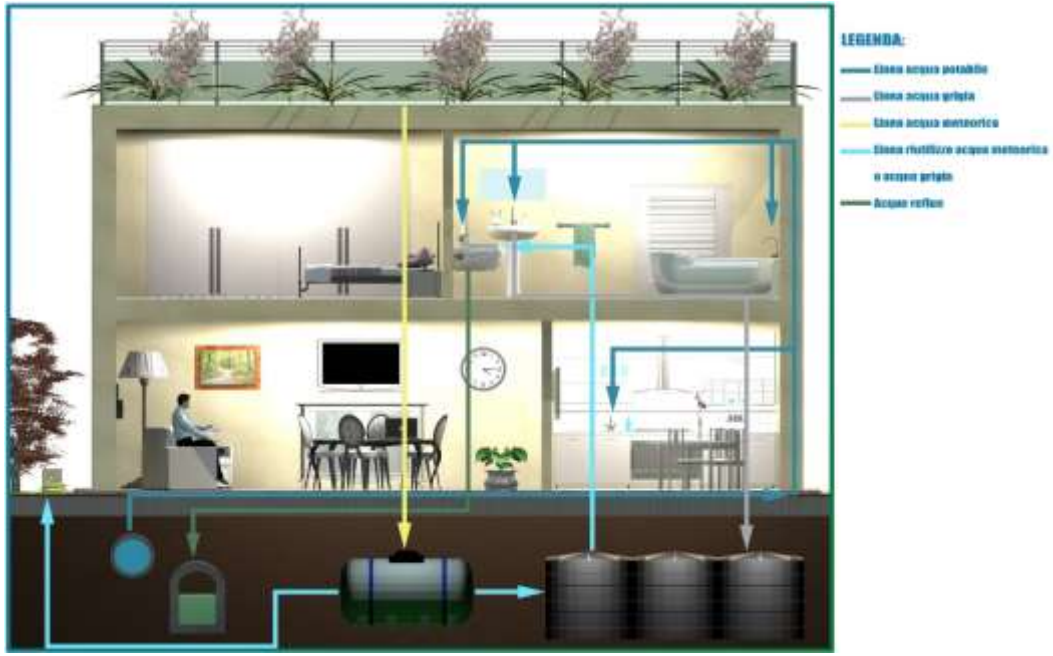
OR2

Piattaforma per l'elaborazione e la comunicazione dei consumi idrici ai gestori e agli utenti

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
Regione Emilia-Romagna

OR3 - Sistemi per la gestione, il recupero e il riuso delle acque meteoriche e grigie a scala di edificio

Gli obiettivi sono di favorire la **riduzione dei consumi idrici attraverso il recupero delle acque meteoriche e grigie** ed il loro riutilizzo a fini non potabili (WC, irrigazione, ecc.) e **ottimizzare la gestione delle acque meteoriche attraverso "tecnologie verdi"** incrementando la resilienza urbana nei confronti di eventi pluviometrici estremi.



Tetto verde sperimentale presso la Scuola di Ingegneria e Architettura a Bologna.

I prodotti saranno degli strumenti software in grado di:

- **Progettare i serbatoi** per l'accumulo delle acque meteoriche e grigie;
- **Ricostruire la risposta idrologica** di coperture verdi per valutarne l'efficacia nella laminazione delle portate di piena.

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
Regione Emilia-Romagna

OR4 - Strumenti per la valutazione della sostenibilità economico-ambientale dei sistemi idrici urbani

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
Regione Emilia-Romagna

OR1

Tecnologie per il monitoraggio in tempo reale dei consumi idrici indoor e outdoor

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
Regione Emilia-Romagna

Obiettivi OR1

L'obiettivo fondamentale dell'OR1 è quello di realizzare una piattaforma di raccolta dati che superi i fortissimi limiti delle soluzioni proprietarie proposte dal mercato:

- Costi
- Scalabilità
- Servizi aggiuntivi

COTS Hardware

Moderni sistemi **Single-Board Computer (SBC)** sono disponibili a prezzi (~100€) che ne permettono l'utilizzo su larga scala.

SBC montano sistemi operativi completi (es. Linux), supportano numerosi bus di comunicazione e offrono:

- modelli di programmazione **di alto livello**
- facilità di integrazione
- **riuso di componenti** software esistenti

Esempi di SBC: BeagleBone Black, Arduino, Raspberry Pi

COTS Software

Recenti evoluzioni nel mondo Internet (es. mobile, Web, IoT) e numerosi componenti software Open Source permettono di velocizzare significativamente la realizzazione di applicazioni:

- piattaforme di sviluppo
- strumenti di management
- librerie per gestione bus di comunicazione
- interfacce e architetture di comunicazione Web-based
- soluzioni per la sicurezza

Il contatore outdoor

Contatore Sensus iPERL

Trasmissione dati:
- Protocollo open source Open Metering Standard (OMS) basato su Wireless M-Bus, modalità T1
- $\Delta t \geq 15$min

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
Regione Emilia-Romagna

La contabilizzazione indoor

Contatori iTron

Trasmissione dati:
- Protocollo open source Open Metering Standard (OMS) basato su Wireless M-Bus, modalità C2
- $\Delta t \geq 5$min

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
Regione Emilia-Romagna

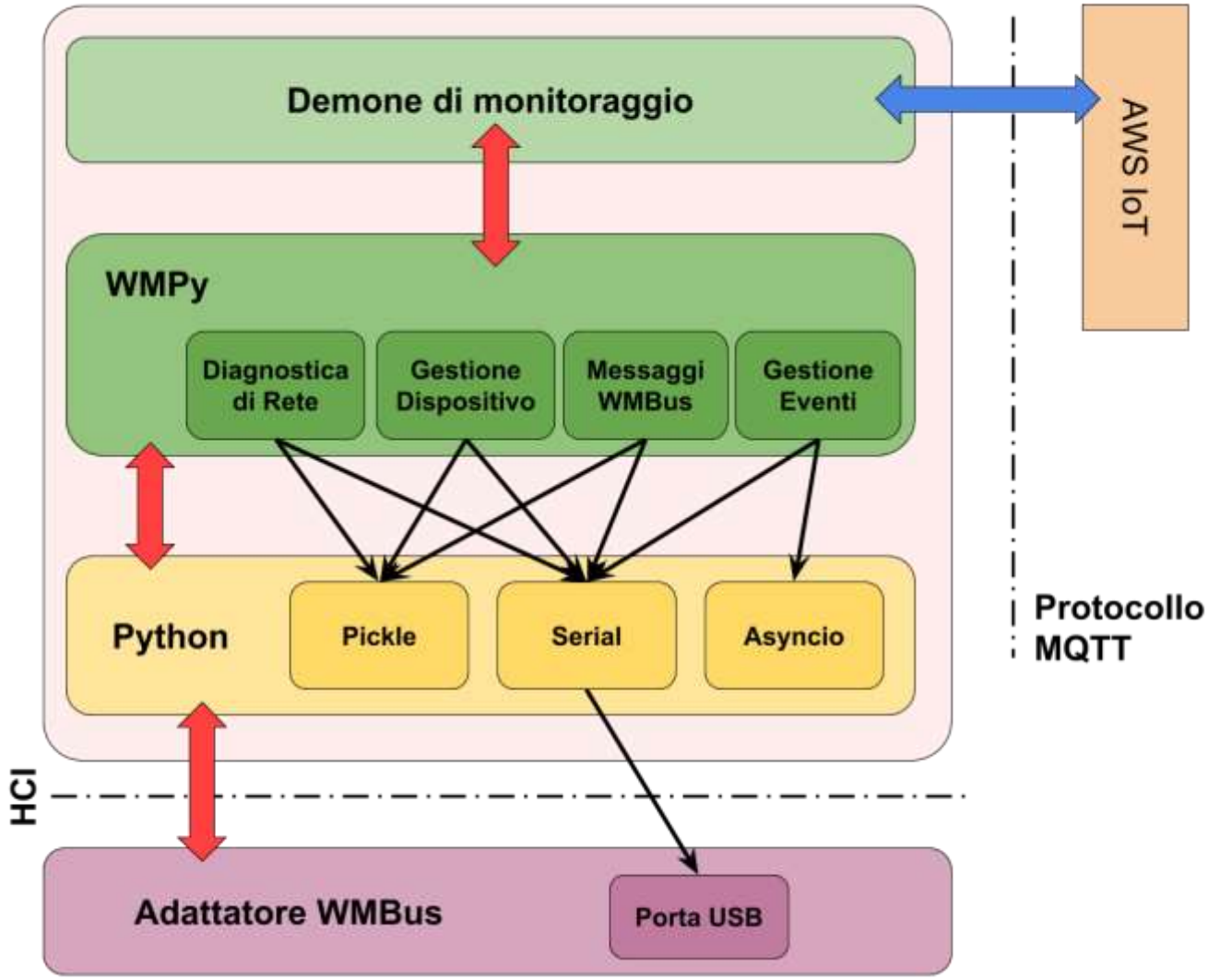
Il kit di monitoraggio

Kit:
Receiver WMBus + Raspberry Pi

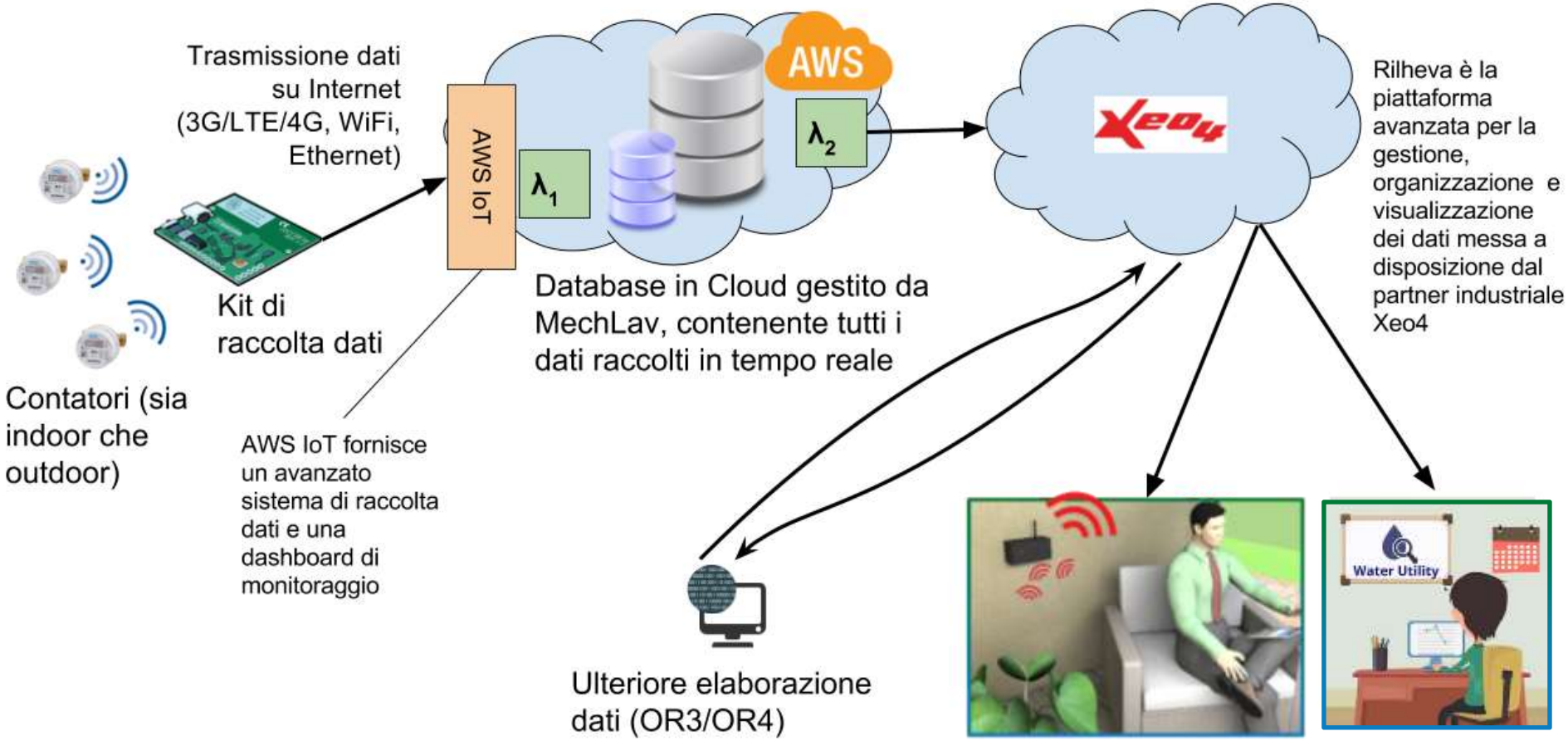
Il cuore del prodotto è costituito da un kit di monitoraggio a basso costo, di piccole dimensioni, facile da montare e con grande autonomia energetica in grado di acquisire le informazioni inerenti i consumi idrici provenienti sia dal contatore posto a monte di ciascuna utenza sia dai singoli apparecchi sanitari e trasmettere queste informazioni alla piattaforma Cloud.

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

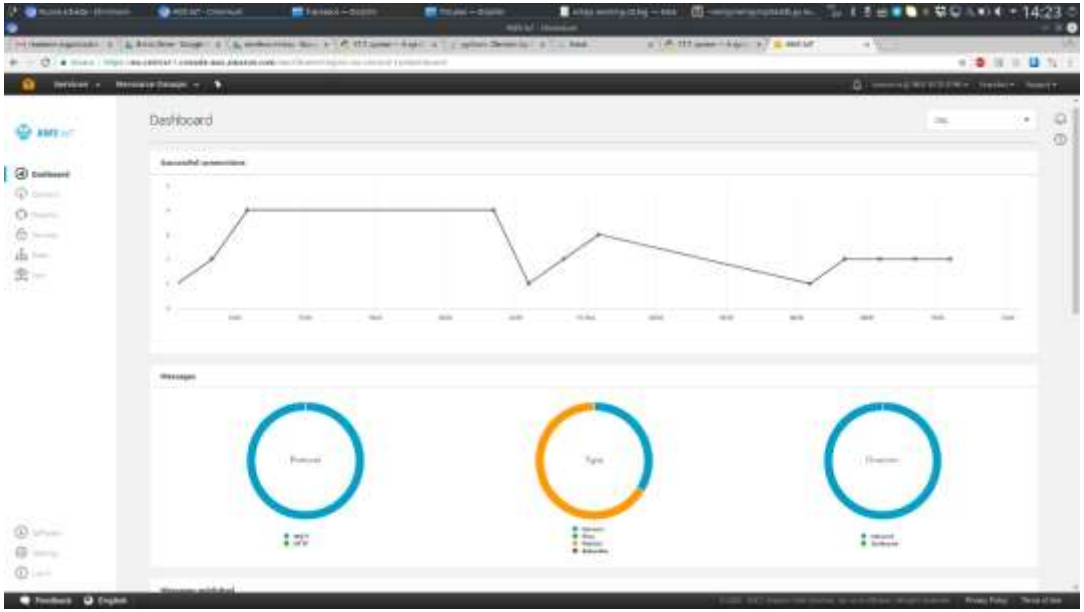
Kit di monitoraggio: Architettura SW

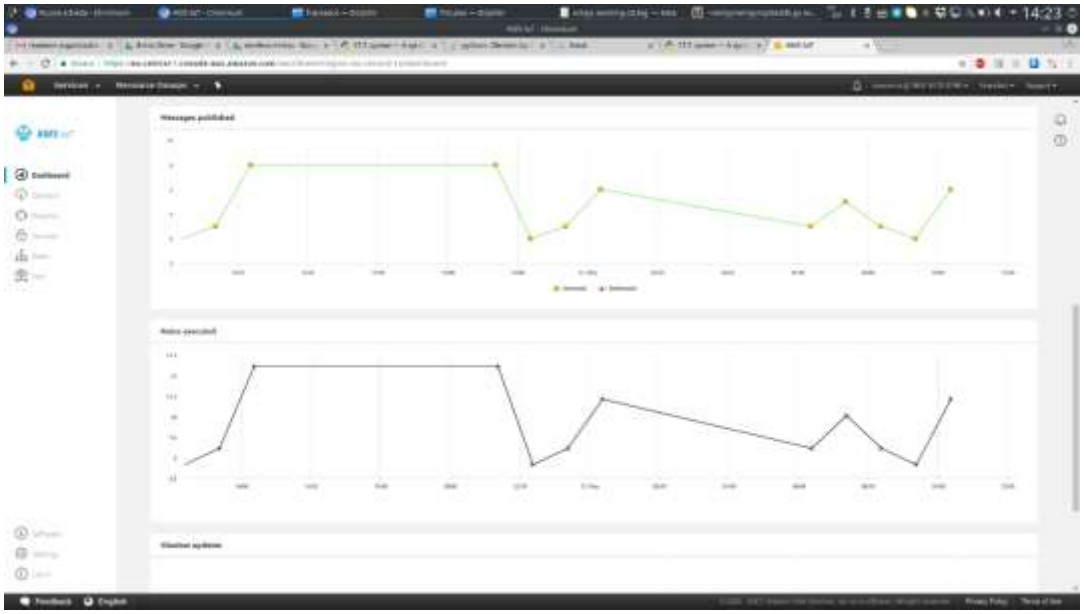


Raccolta dati nel Cloud



AWS IoT



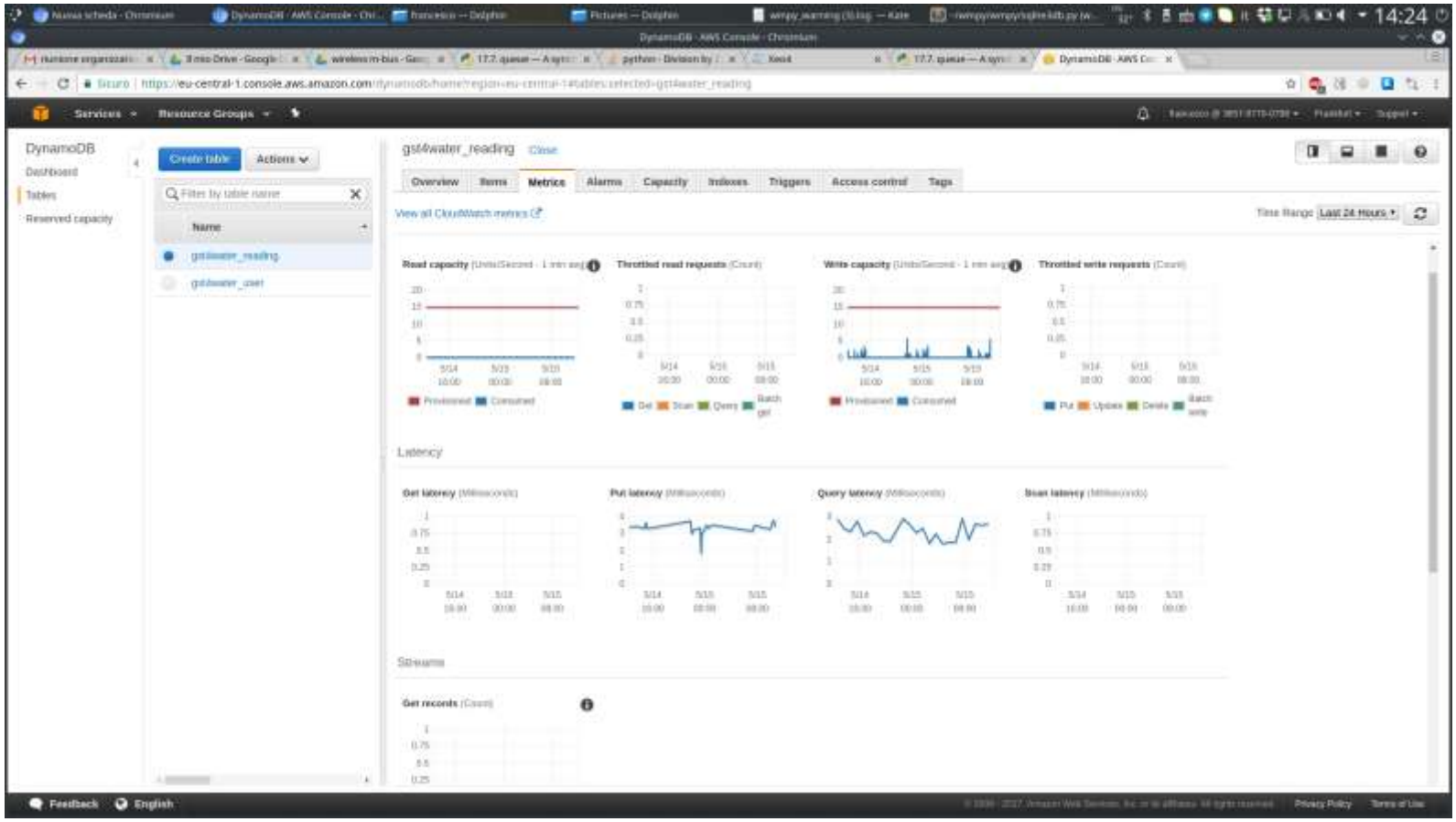


AWS IoT è la piattaforma di Amazon (leader mondiale del mercato Cloud) per la realizzazione di applicazioni di tipo Internet-of-Things

Offre un sistema di raccolta dati tramite diversi protocolli e una dashboard di monitoraggio avanzata

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

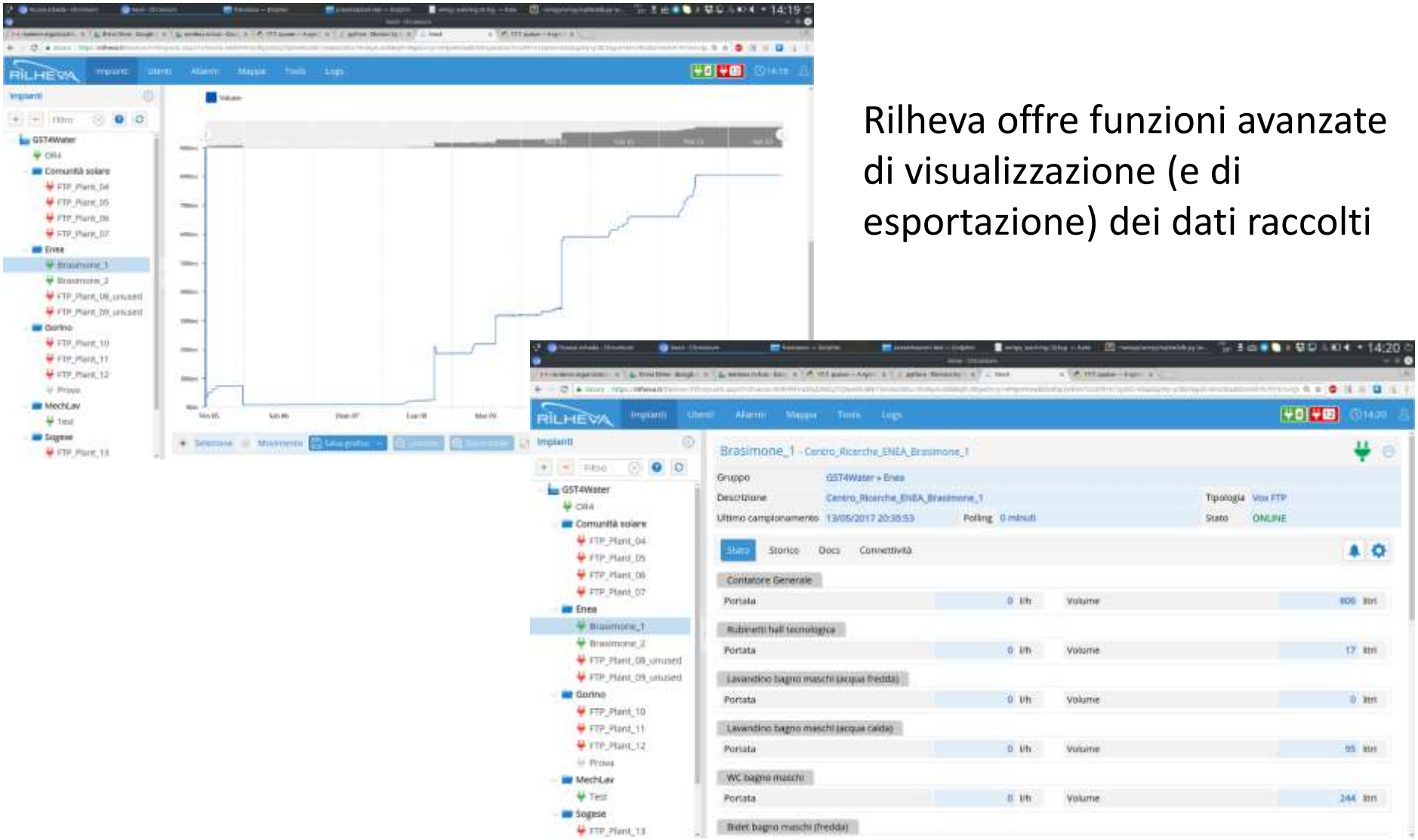
AWS: Dynamo DB



Anche DynamoDB offre una dashboard che rende facile la visualizzazione di metriche sui dati

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Rilheva



Rilheva offre funzioni avanzate di visualizzazione (e di esportazione) dei dati raccolti

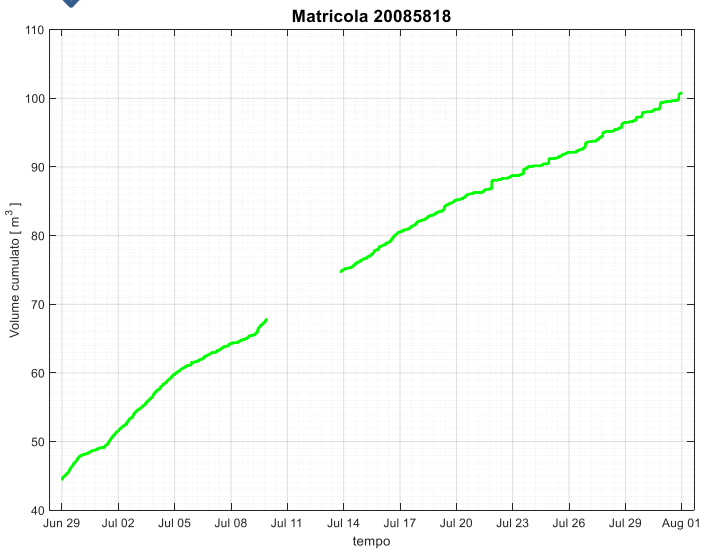
POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

OR2

Piattaforma per l'elaborazione e la comunicazione dei consumi idrici ai gestori e agli utenti

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

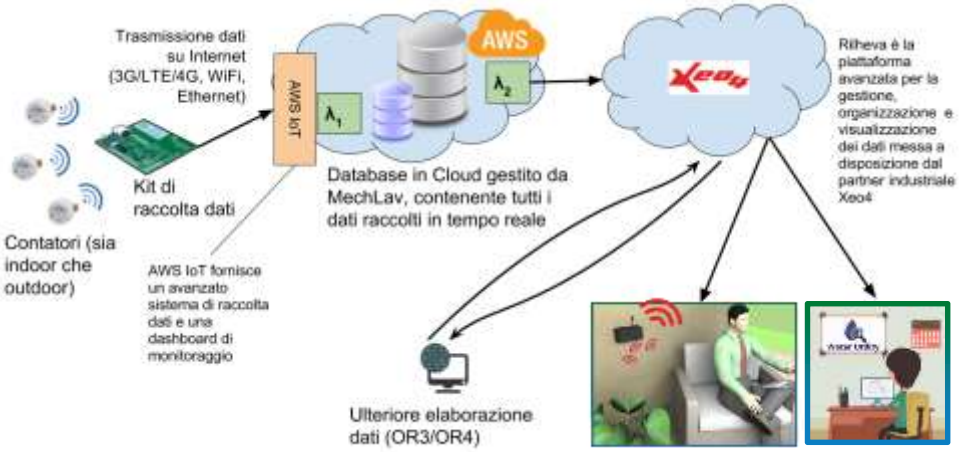
L'elaborazione dei dati



Il sistema di archiviazione ed elaborazione dei dati dovrà essere in grado di identificare la presenza di dati errati o mancanti, caratterizzare i valori medi dei consumi a diverse scale temporali (giornaliera, mensile, semestrale) da utilizzarsi per scopi diversi, dall'informazione dell'utente alla gestione amministrativa (bolletta), fornire segnalazioni di possibili perdite nella rete idrica interna all'edificio, e infine fornire una visione comparativa dei consumi dell'utente rispetto a quelli della comunità in cui è inserito.

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Per l'ente gestore

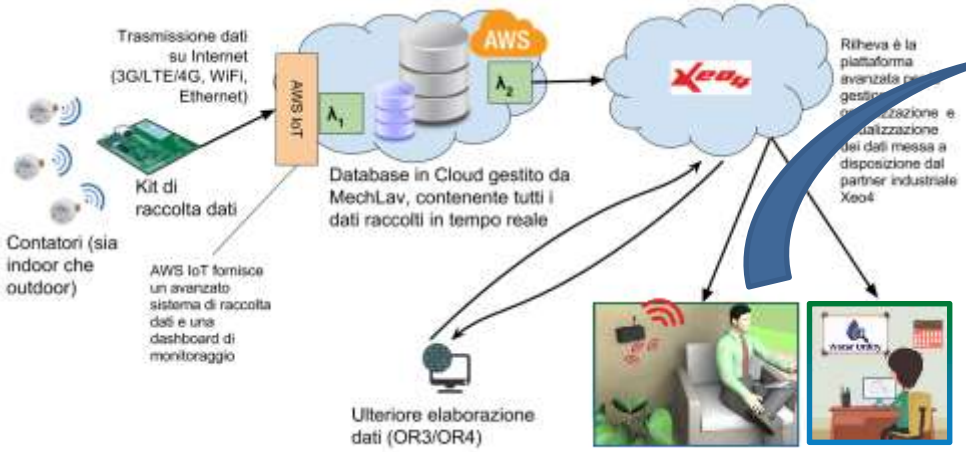


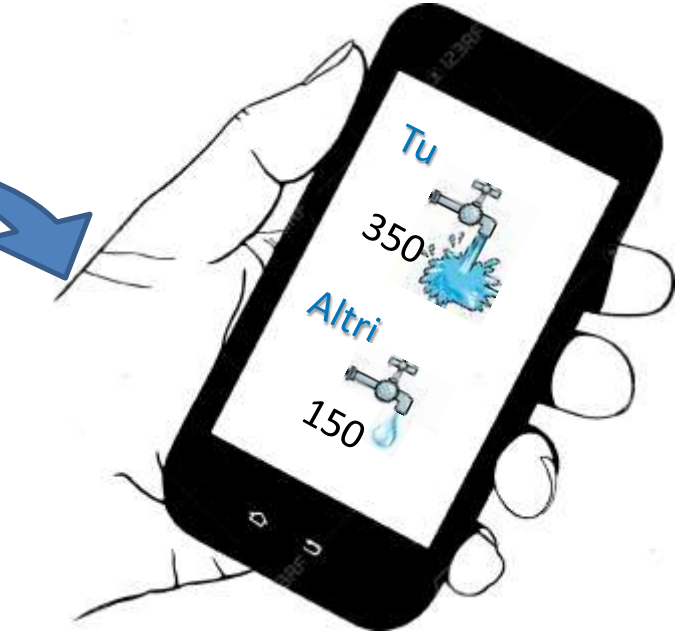
Le informazioni restituite al gestore serviranno a:

- ✓ quantificare i consumi complessivi di ciascuna utenza su opportune scale temporali, ad esempio giornaliera o mensile da utilizzarsi per il computo della bolletta
- ✓ definire il bilancio idrico a livello di distretto per la stima ed identificazione della formazione di perdite

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Per l'utente



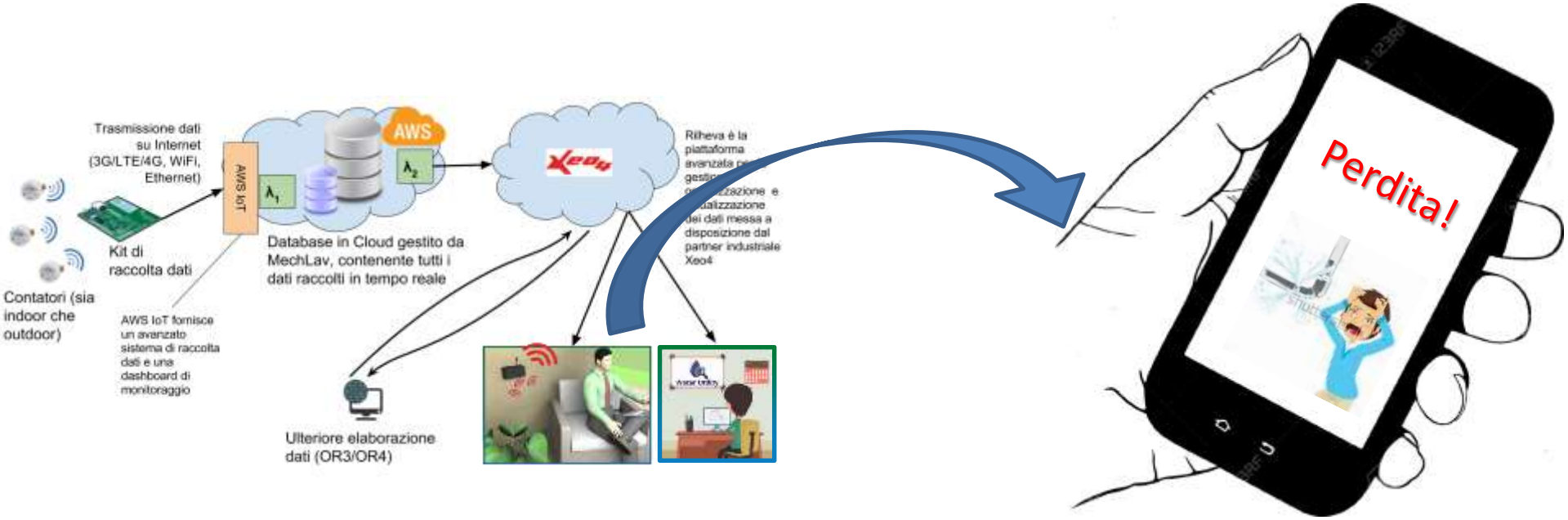


Le informazioni restituite all'utente serviranno a:

- ✓ comparare statisticamente il proprio consumo complessivo con quelli delle altre utenze monitorate
- ✓ informare l'utente circa la ripartizione dei consumi all'interno della propria abitazione
- ✓ funzionare da early warning per la segnalazione di eventuali perdite o rotture domestiche.

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Per l'utente



Le informazioni restituite all'utente serviranno a:

- ✓ comparare statisticamente il proprio consumo complessivo con quelli delle altre utenze monitorate
- ✓ informare l'utente circa la ripartizione dei consumi all'interno della propria abitazione
- ✓ funzionare da early warning per la segnalazione di eventuali perdite o rotture domestiche.

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

I Laboratori di campo

- ✓ **Piscina SO. GE. SE. (misure Indoor)** *In fase di progettazione*
- ✓ **Palazzina Enea (misure Indoor)** *Installazione strumentazione terminata*
- ✓ **Distretto Gorino (misure outdoor)** *Acquisizione dati*

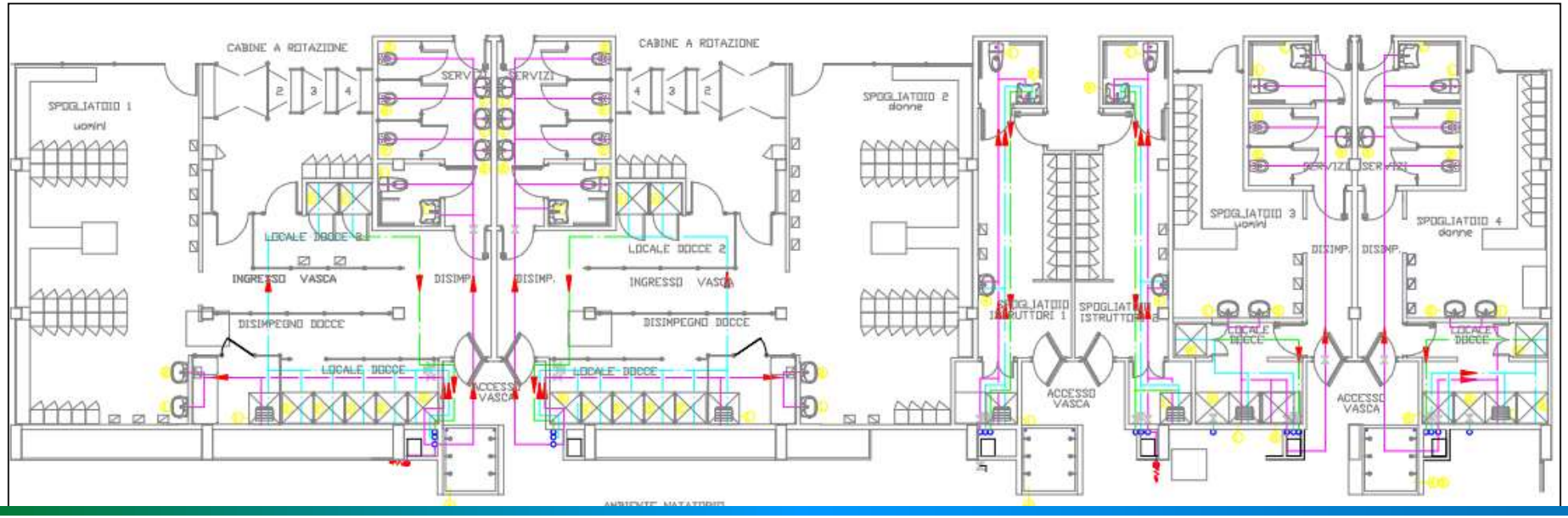
Laboratorio di campo
La contabilizzazione nella piscina SO. GE. SE.

bagni interessati dal monitoraggio

- SPOGLIATOIO 1 (UOMINI)
- SPOGLIATOIO 2 (DONNE)
- SPOGLIATOIO 3 (BAMBINI)
- SPOGLIATOIO 4 (BAMBINE)

Tipologie di consumo monitorate

- Docce
- Lavabo
- WC

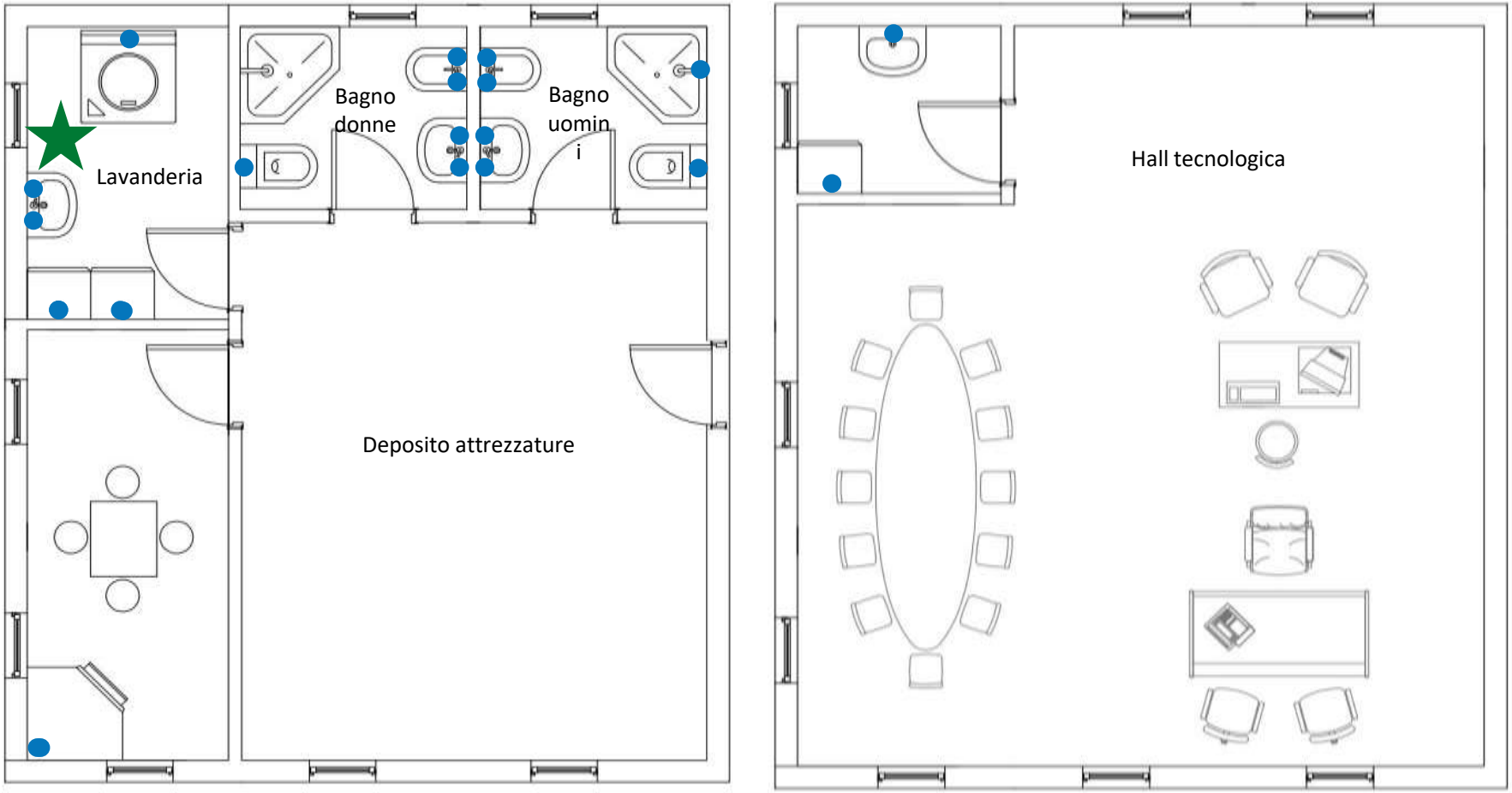


POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020

UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale

RegioneEmilia-Romagna

Laboratorio di campo
Il monitoraggio dei consumi della palazzina ENEA (Brasimone)



Misuratore Itròn

Kit di ricezione

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Laboratorio di campo
Il monitoraggio dei consumi
della palazzina ENEA (Brasimone)

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
Regione Emilia-Romagna

Laboratorio di campo

Gorino (Fe)

# utenti	291
residenziali	274
commerciale, ecc.	17

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Laboratorio di campo
Gorino (FE)

La raccolta dati

A livello di singola utenza sono note le serie temporali con passo 5 minuti dei consumi di ciascuna utenza

ANNO	MESE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2016	Giugno																															
	Luglio																															
	Agosto																															
	Settembre																															
	Ottobre																															
	Novembre																															
	Dicembre																															
2017	Gennaio																															

LEGENDA
Fase di programmazione
Dati con passo 5 minuti per tutte le utenze
Dati con passo 1 ora per tutte le utenze
Dati con passo 1 ora per 1-2 utenze
Buco di una finestra temporale per una sola utenza

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
Regione Emilia-Romagna

La raccolta dati

A livello di distretto disponiamo della serie temporale relativa alla portata in ingresso al D.M.A

ANNO	MESE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2016	Giugno																															
	Luglio																															
	Agosto																															
	Settembre																															
	Ottobre																															
	Novembre																															
	Dicembre																															
2017	Gennaio																															

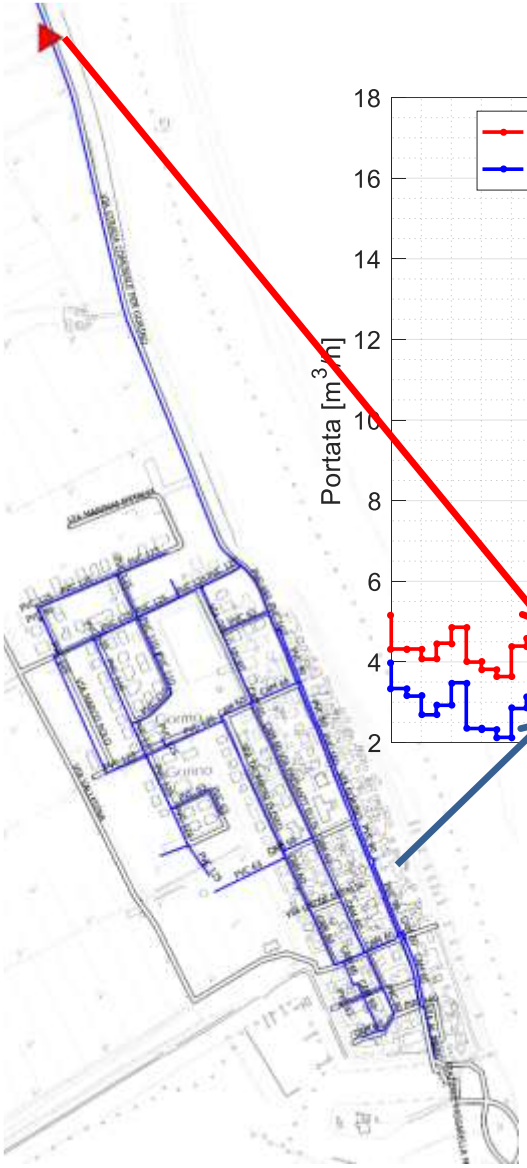
LEGENDA
Passo 5 minuti
Passo 15 minuti
Passo 5 ore

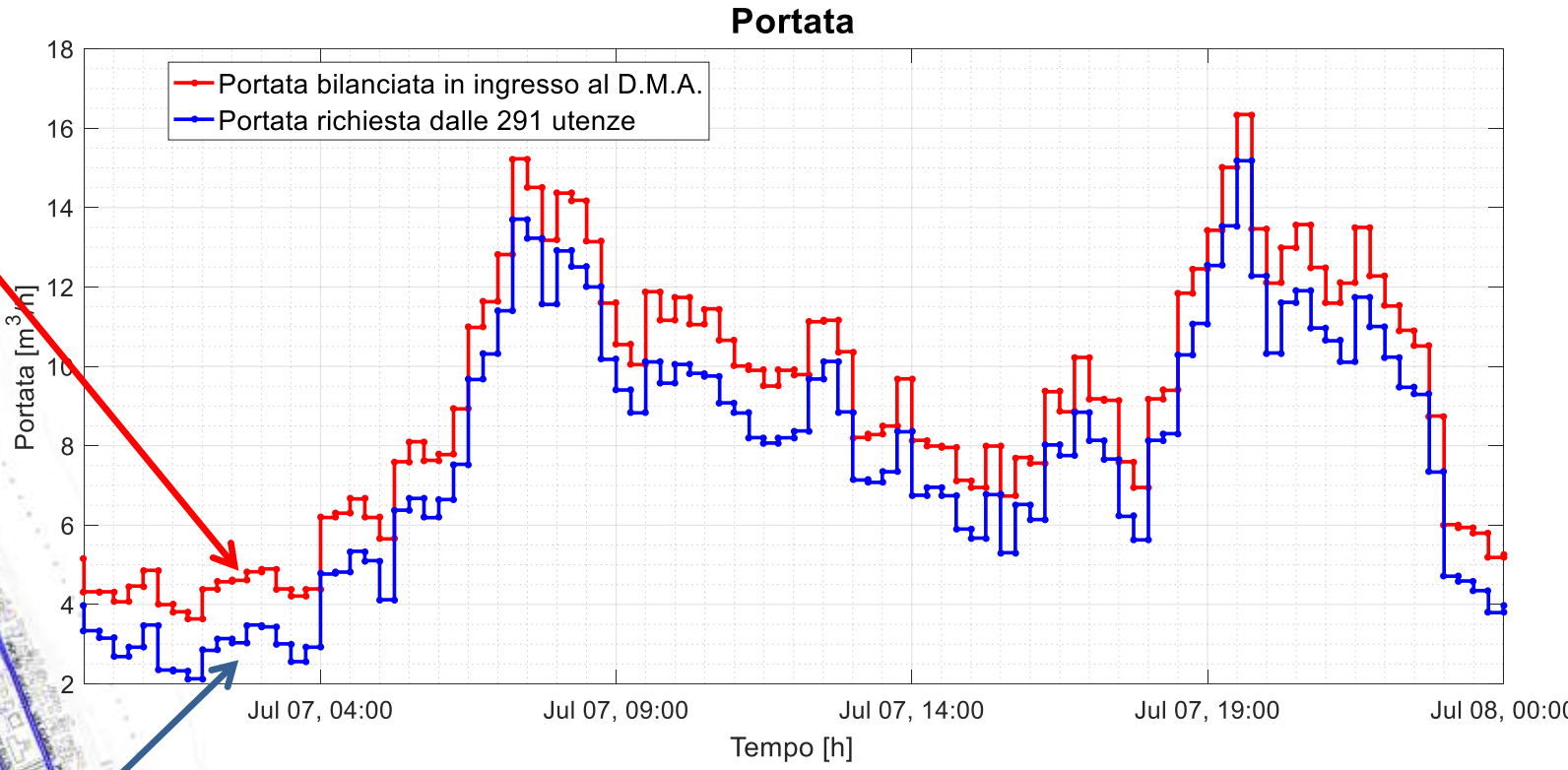
POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Analisi dei dati

- analisi dei consumi a livello di D.M.A.
- analisi delle serie temporali dei consumi delle singole utenze al fine di caratterizzarne il comportamento e di individuare la presenza di eventuali perdite

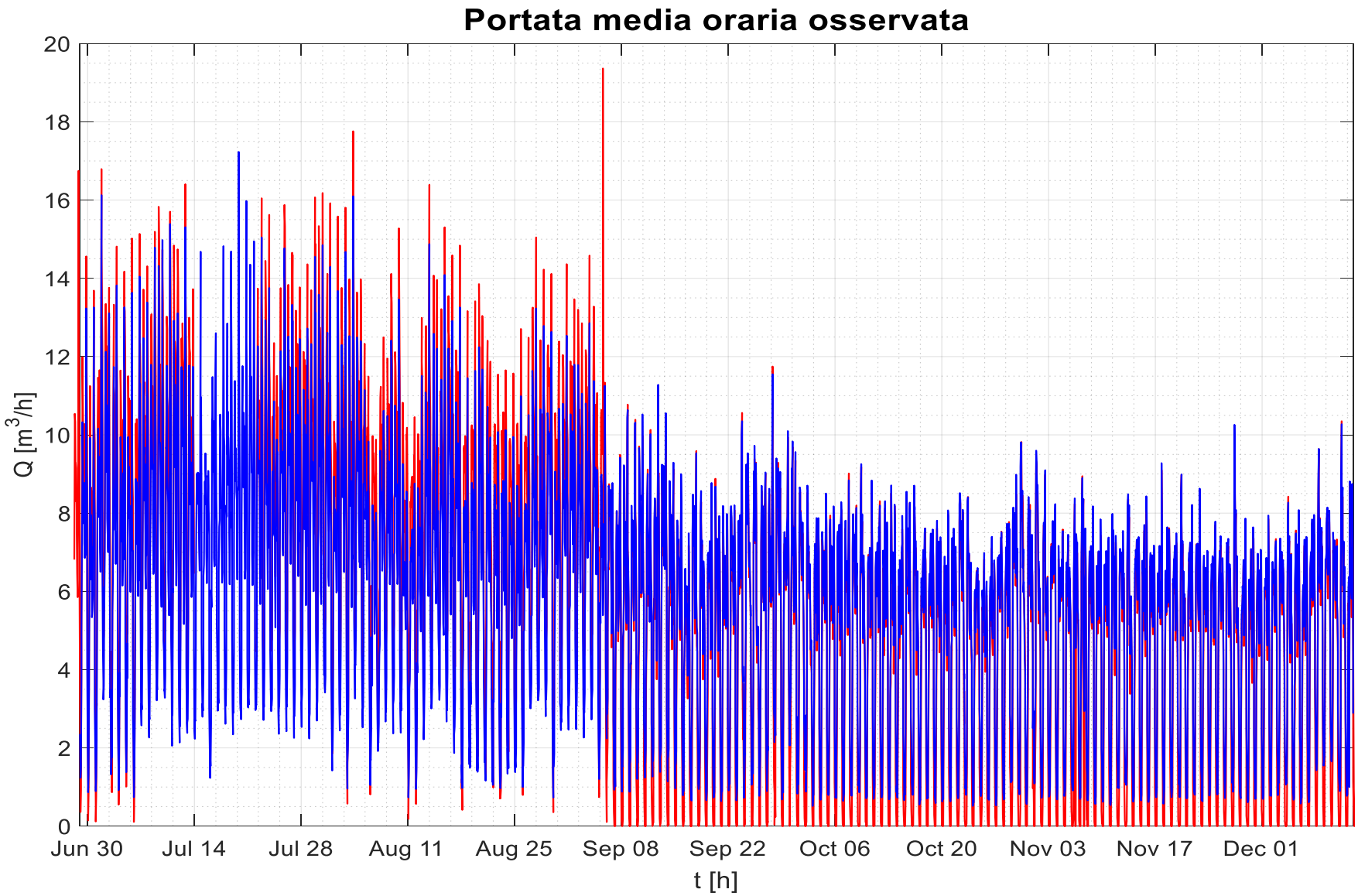
Analisi dei consumi a livello di D.M.A.





POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Analisi dei consumi a livello di D.M.A.

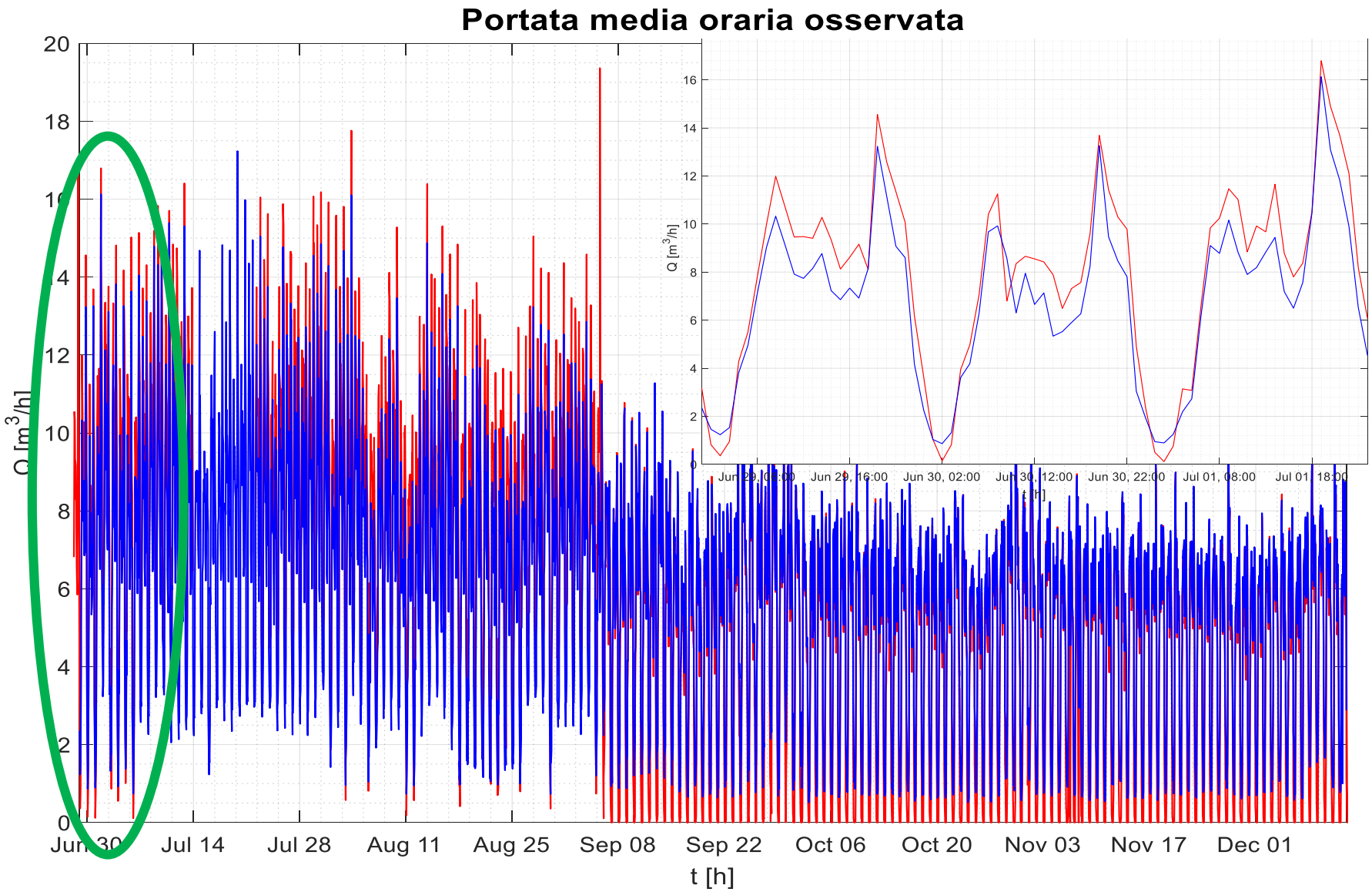


POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020

UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale

RegioneEmilia-Romagna

Analisi dei consumi a livello di D.M.A.

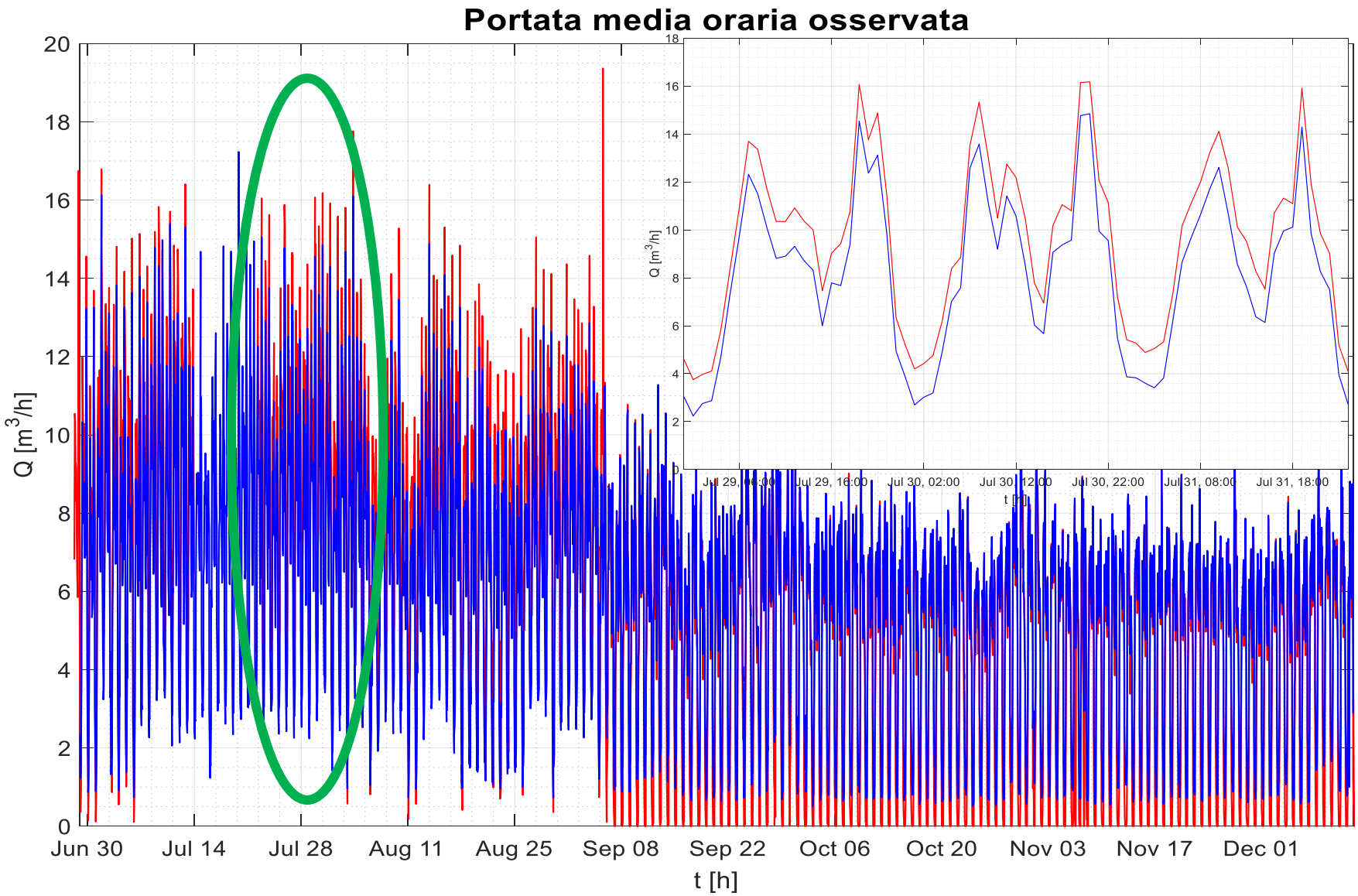


POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020

UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale

RegioneEmilia-Romagna

Analisi dei consumi a livello di D.M.A.

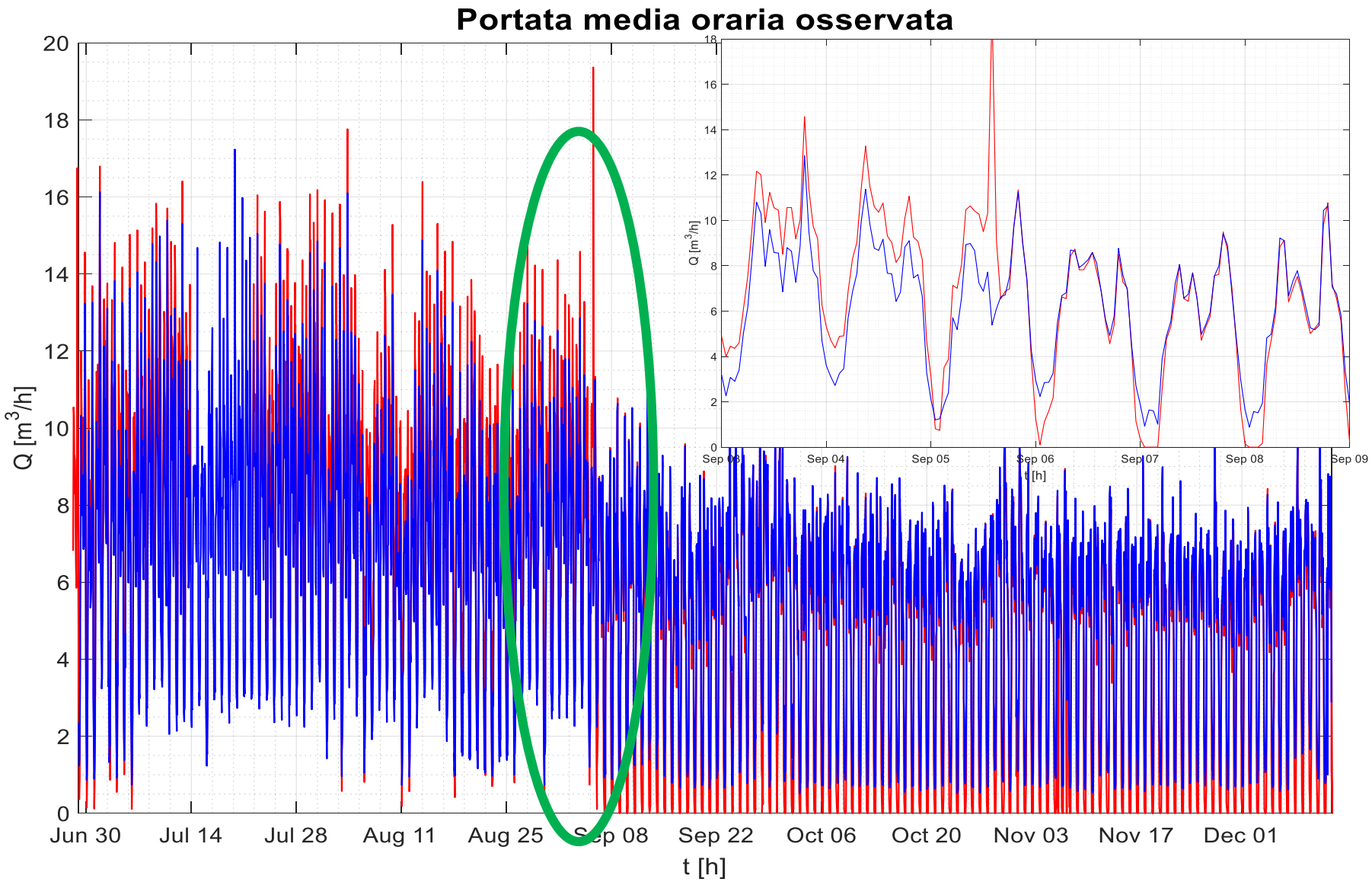


POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020

UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale

RegioneEmilia-Romagna

Analisi dei consumi a livello di D.M.A.

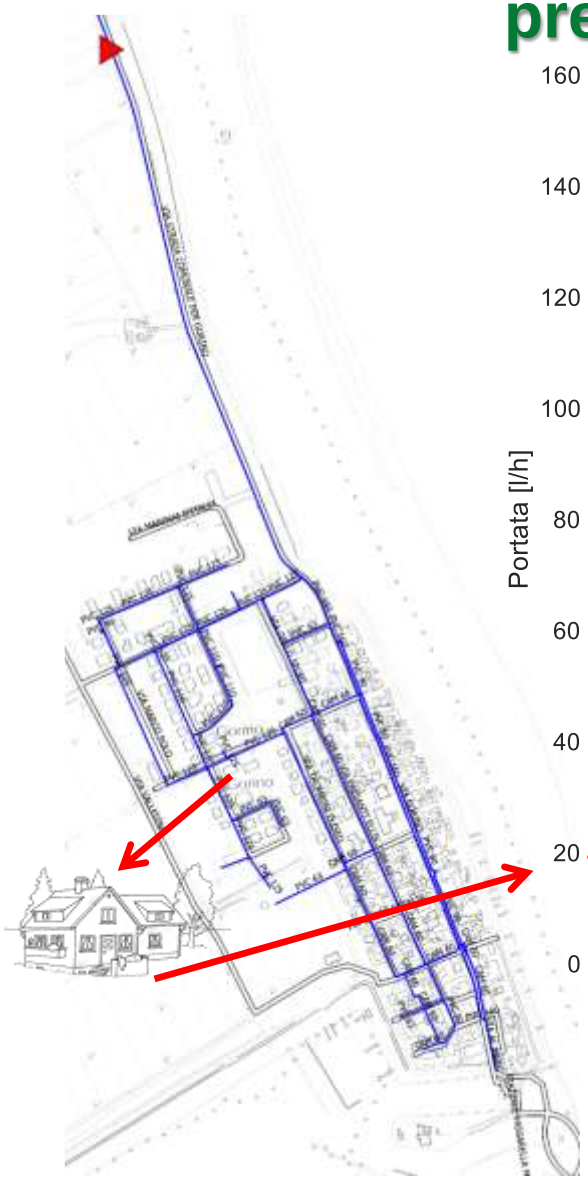


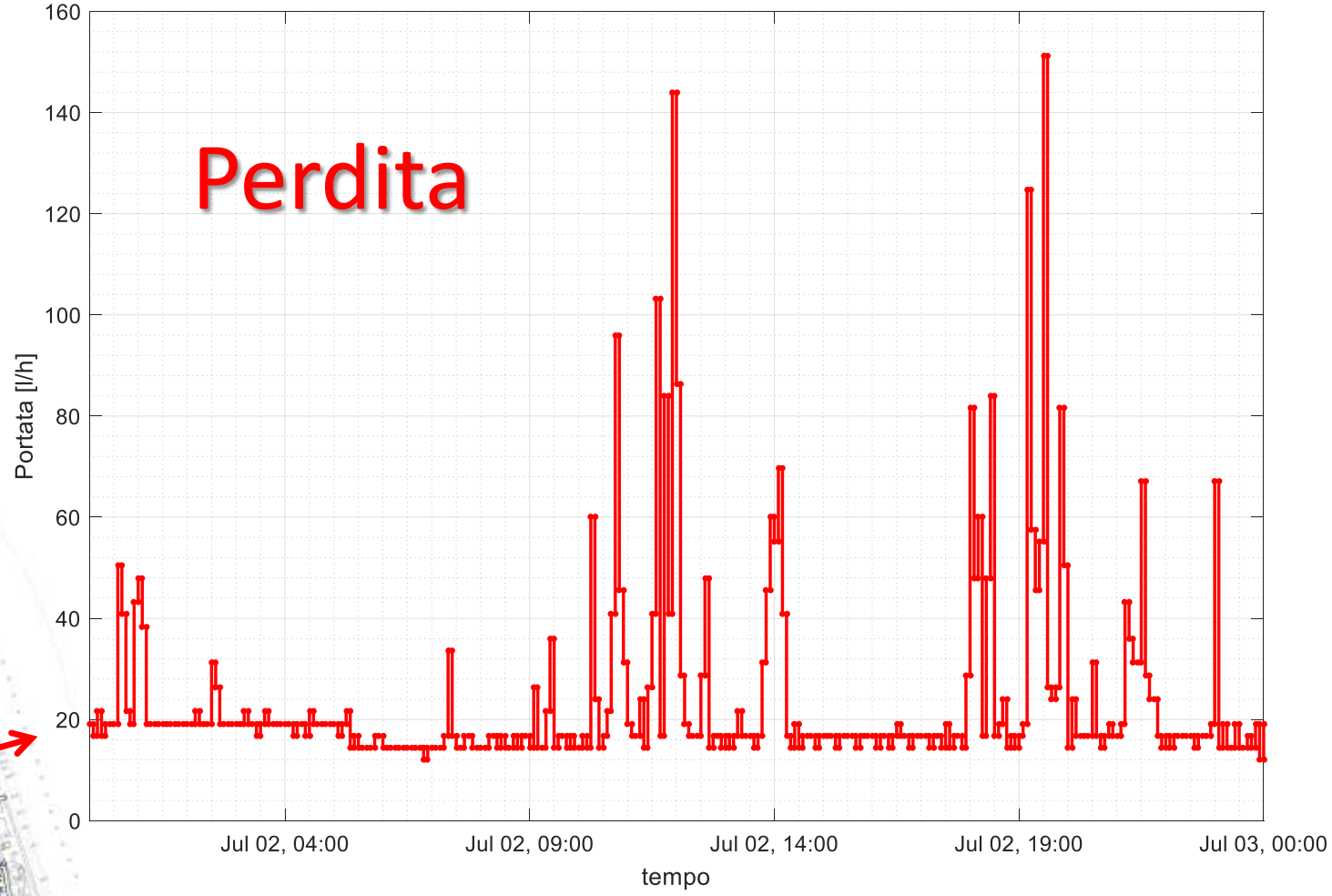
POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020

UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale

RegioneEmilia-Romagna

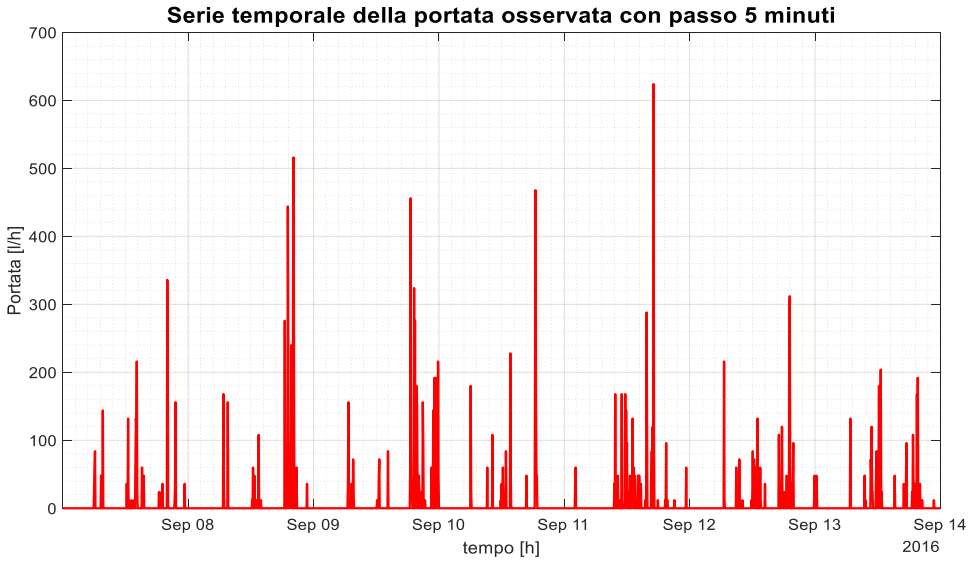
Analisi delle serie temporali dei consumi delle singole utenze al fine di caratterizzarne il comportamento e di individuare la presenza di eventuali perdite.





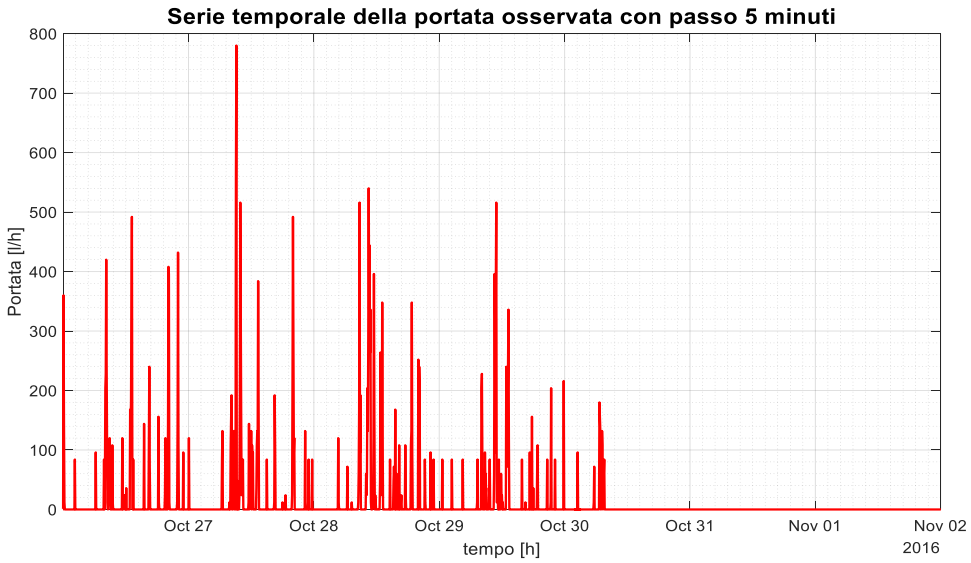
POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Analisi delle serie temporali dei consumi delle singole utenze al fine di caratterizzarne il comportamento e di individuare la presenza di eventuali perdite.



Andamento di consumo tipico delle utenze di tipo domestico

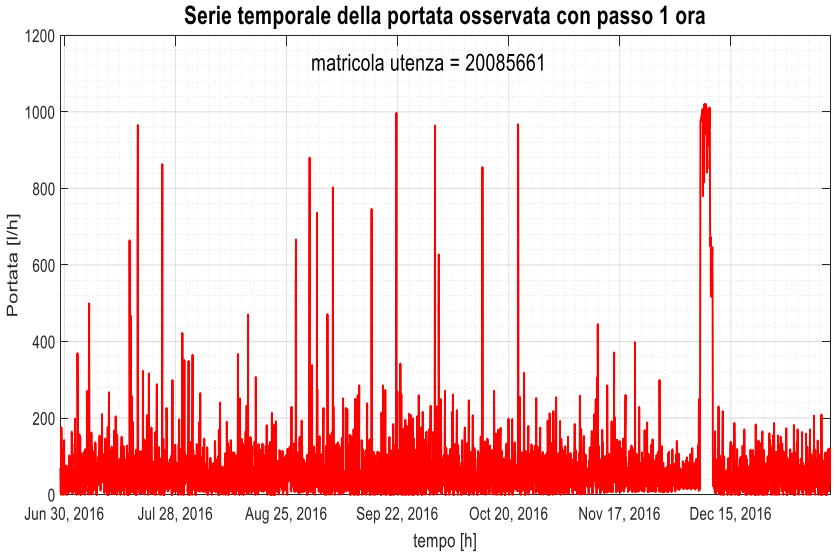
Andamento particolare di consumo (popolazione fluttuante)



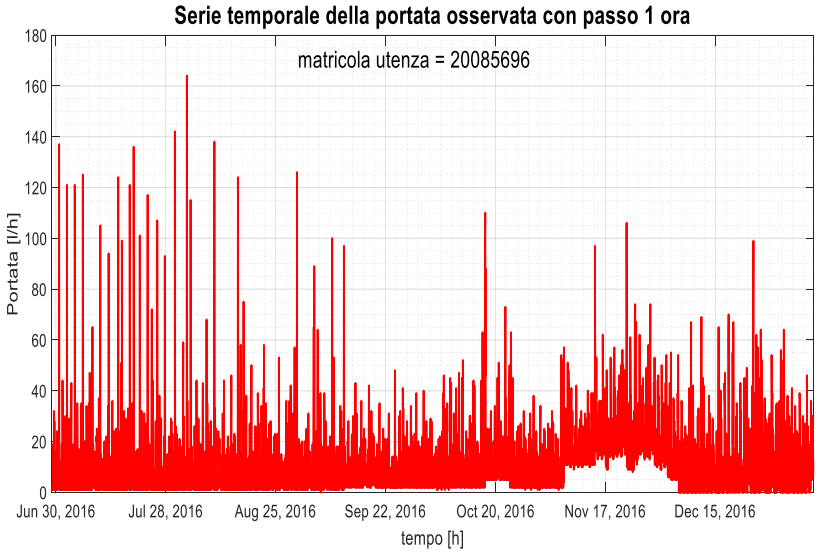
POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Tipologie di perdite

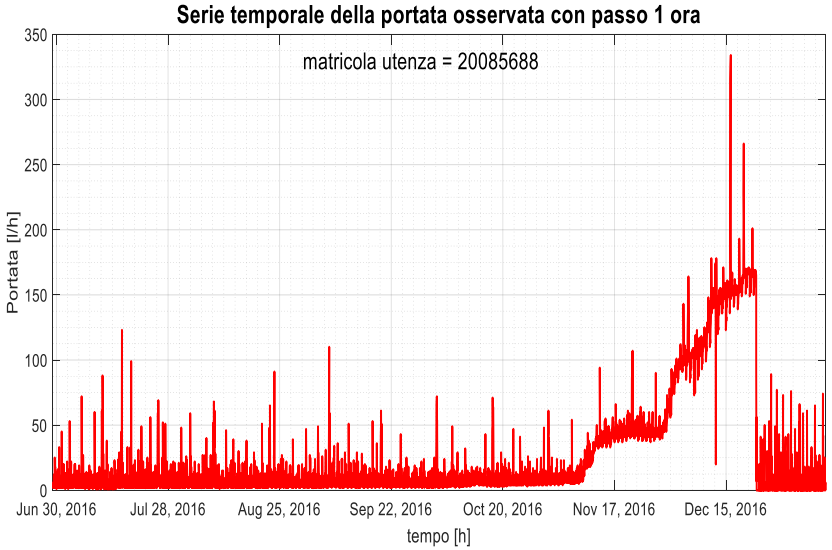
Caso A



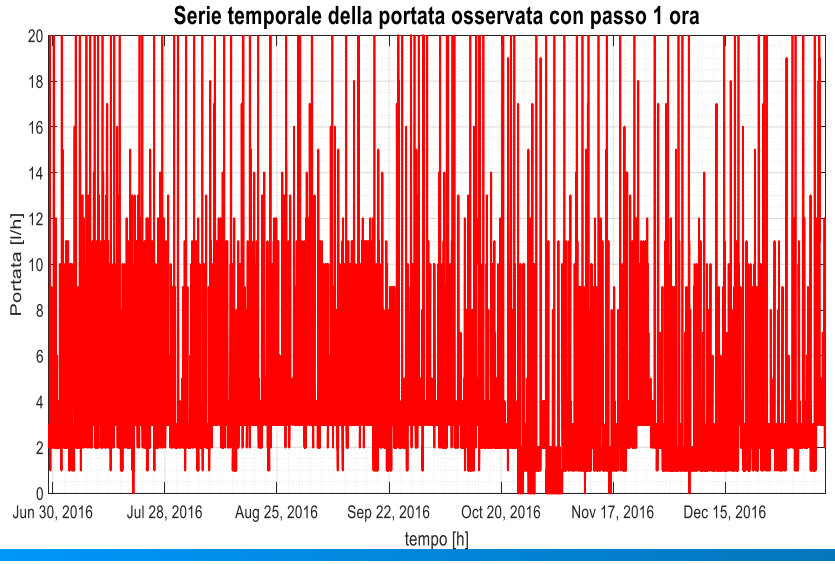
Caso B



Caso C

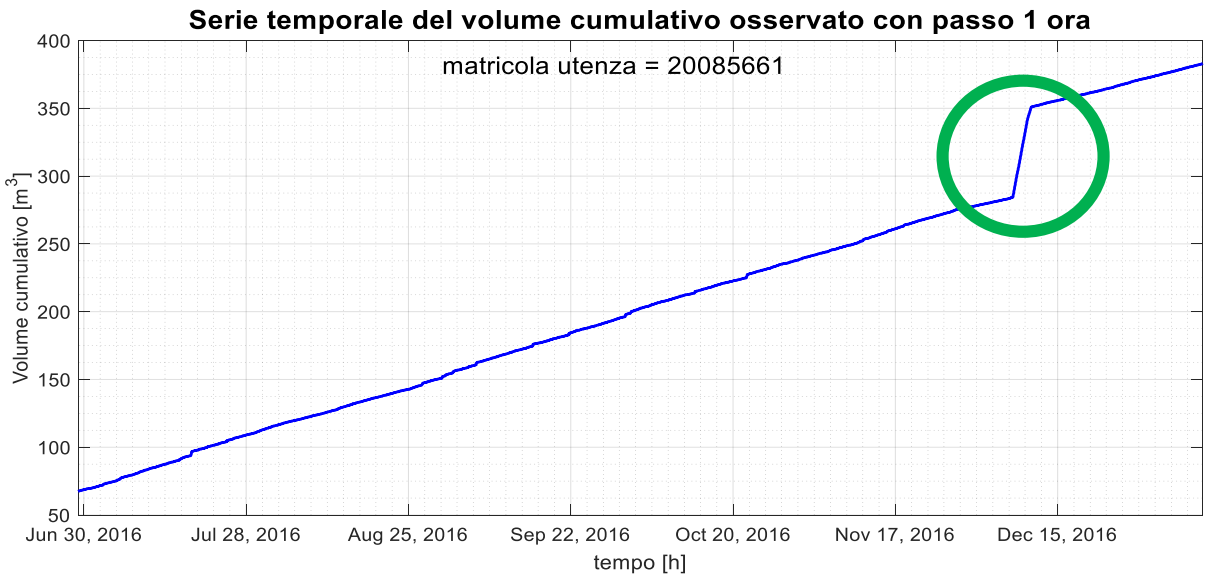


Caso D

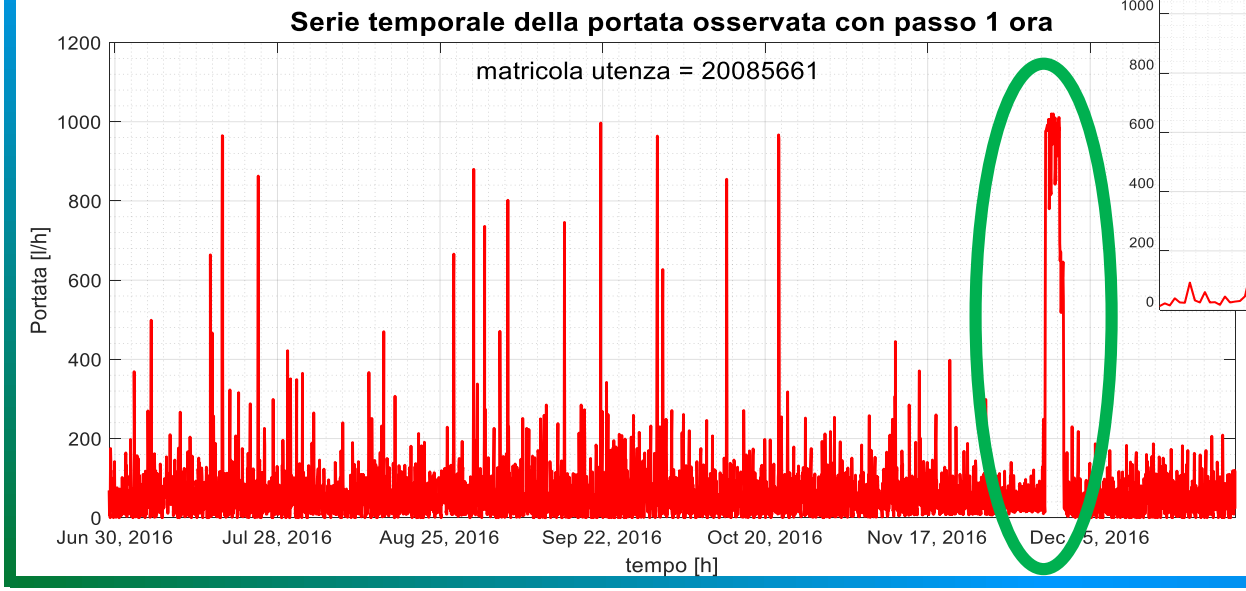


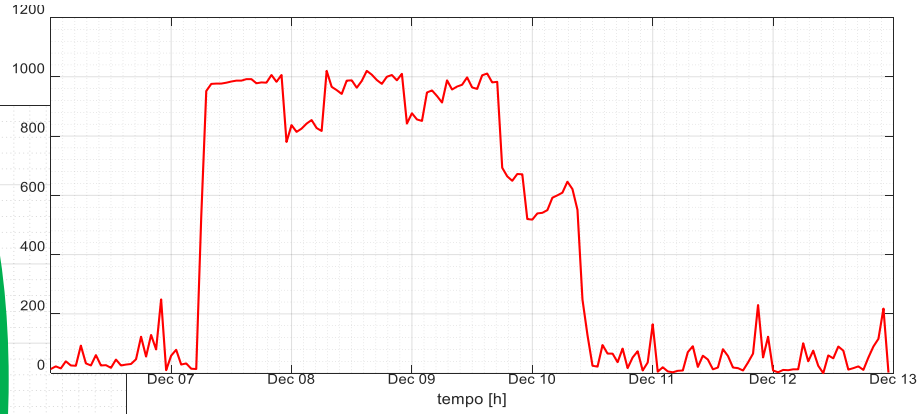
POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Caso A: utenza caratterizzata da una grossa perdita a valle del contatore



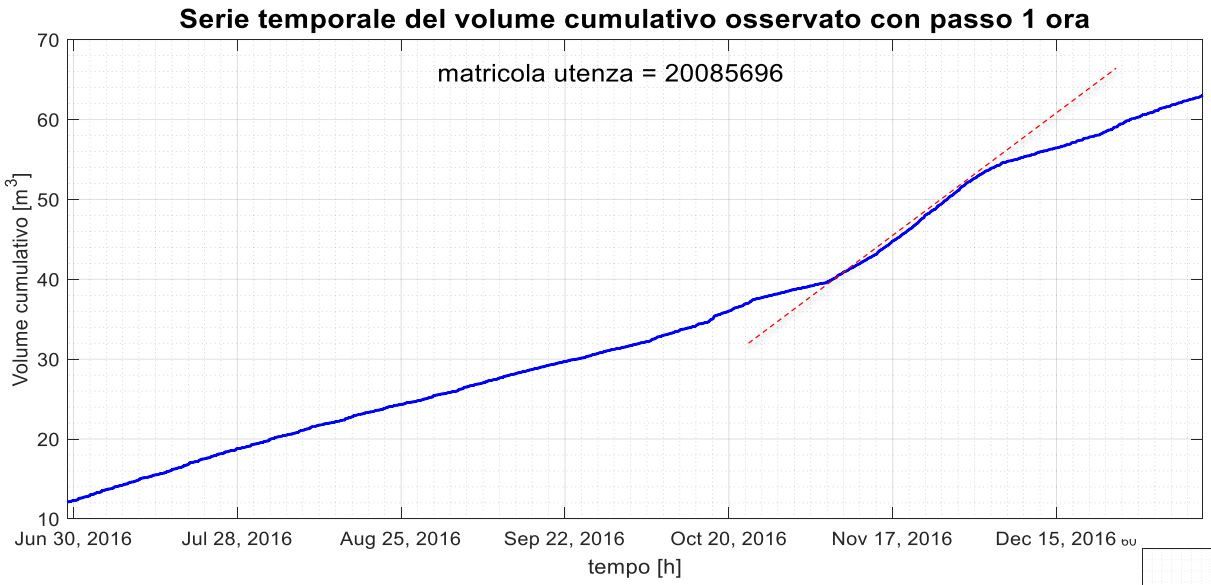
Dal 7 al 10 Dicembre 2016 (3 giorni)	
Volume totale richiesto [m^3]	66
Stima consumo utenza [m^3]	4
Stima fuga di acqua [m^3]	**62**



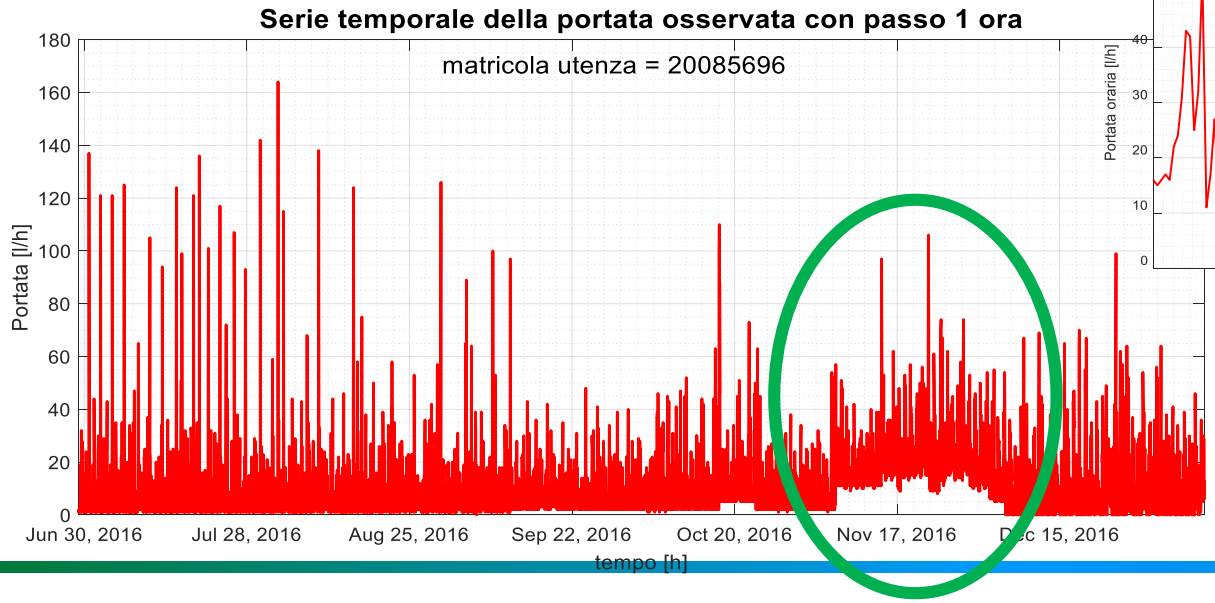


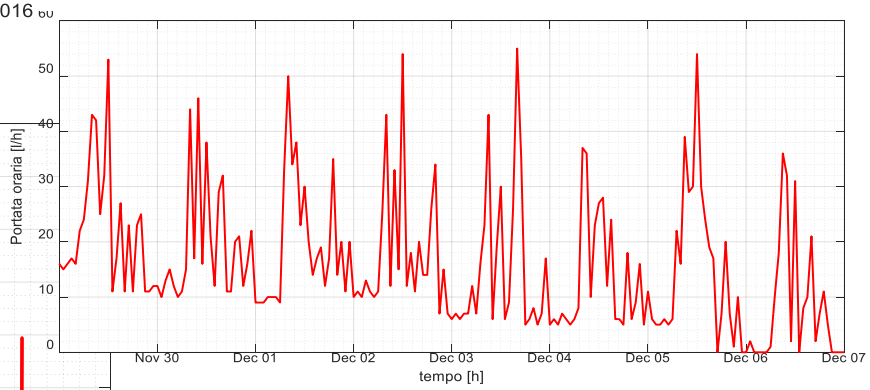
POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Caso B: utenza caratterizzata da una fuga di acqua dovuta ad un non corretto funzionamento degli impianti idrosanitari (cassetta del wc)



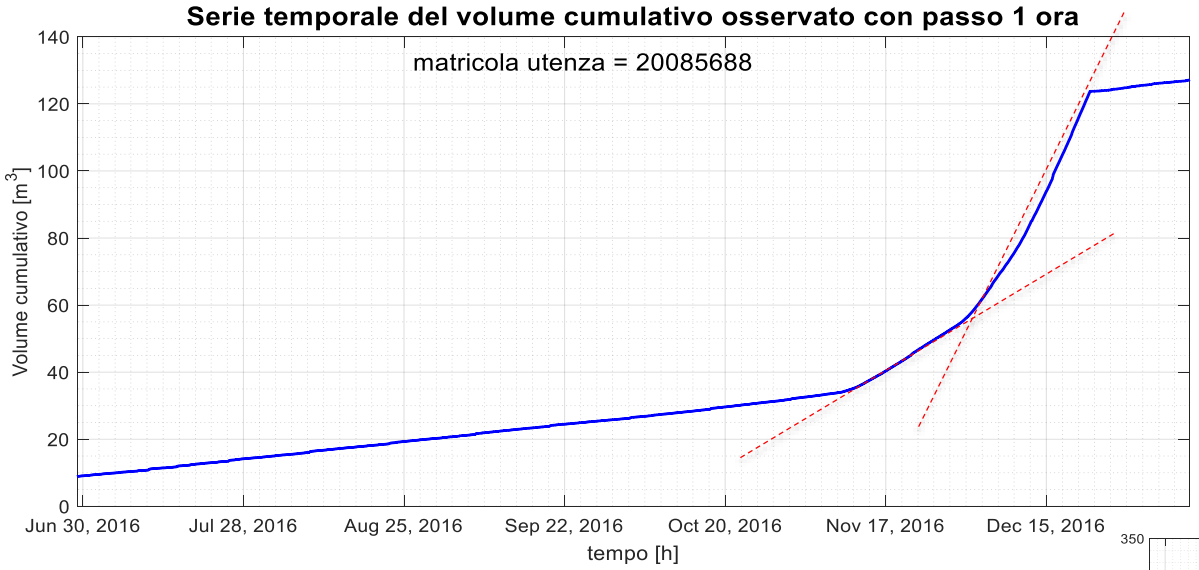
Dal 6 Novembre al 5 Dicembre 2014 (29 giorni)	
Volume totale richiesto [m^3]	14,5
Stima consumo utenza [m^3]	6,3
Stima fuga di acqua [m^3]	**8,2 (≈12 l/h)**



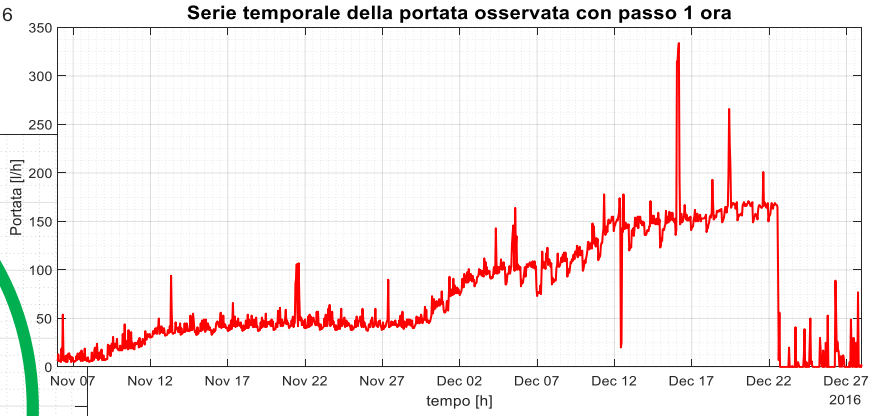


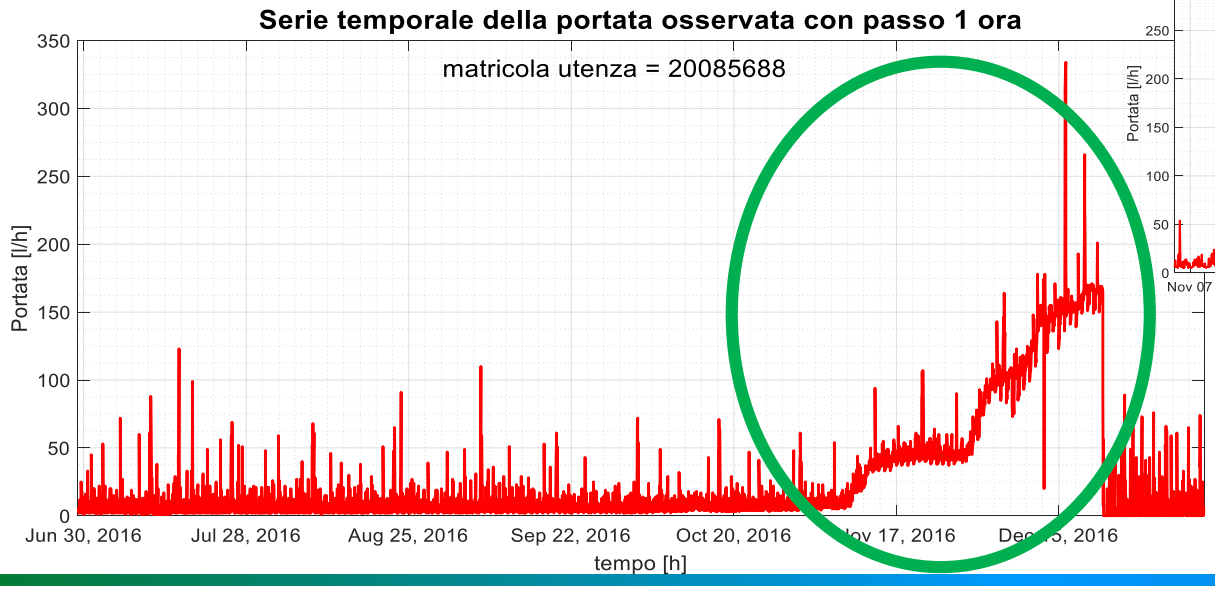
POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Caso C: utenza caratterizzata da una fuga di acqua formatasi in due fasi, segnalata e riparata

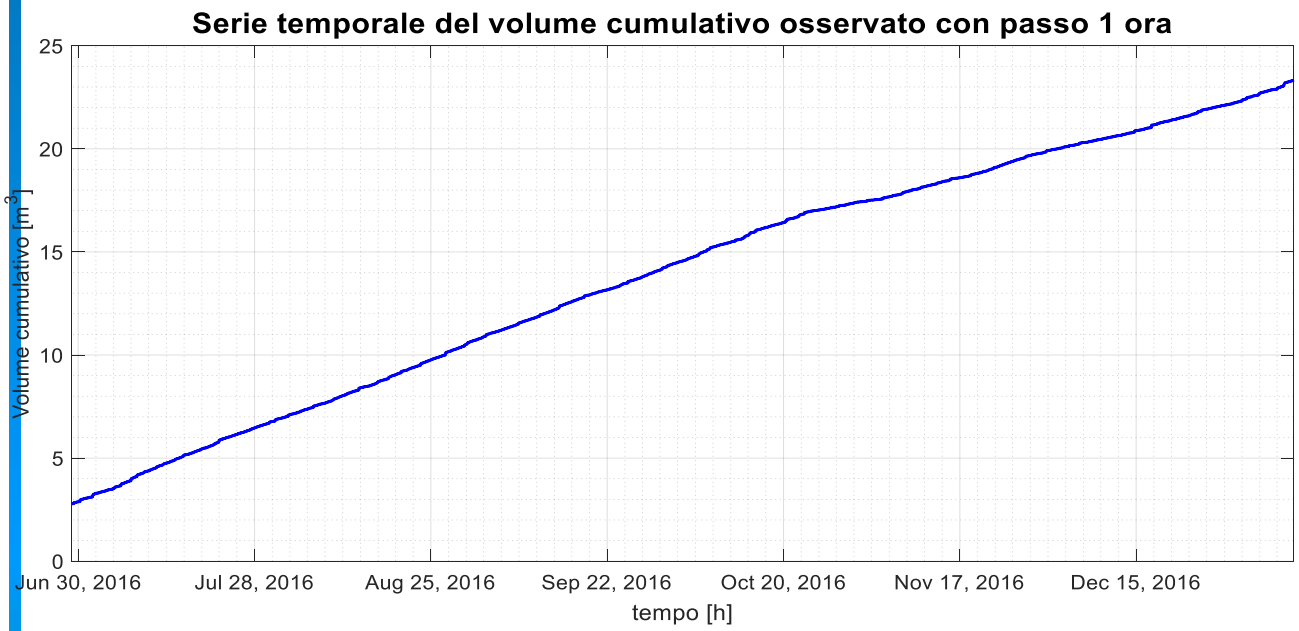


Dal 9 Novembre al 22 Dicembre 2014 (44 giorni)	
Volume totale richiesto [m^3]	89,8
Stima consumo utenza [m^3]	7,9
Stima fuga di acqua [m^3]	**81,9**

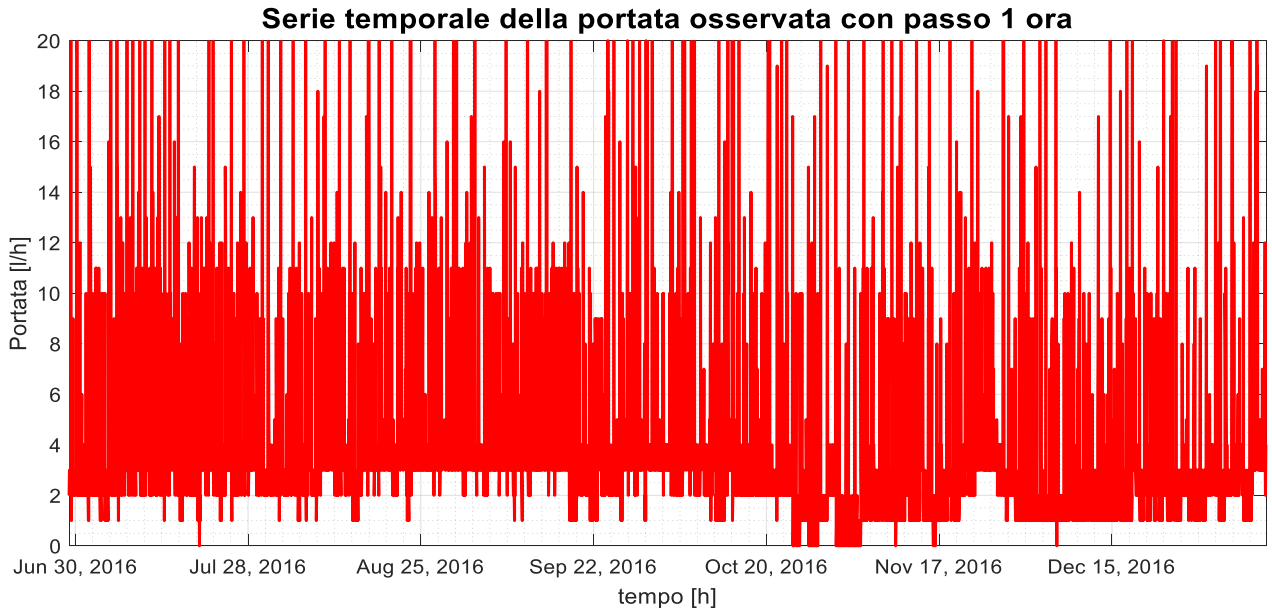




Caso D: utenza caratterizzata da una piccola fuga di acqua (1 – 2 l/h).

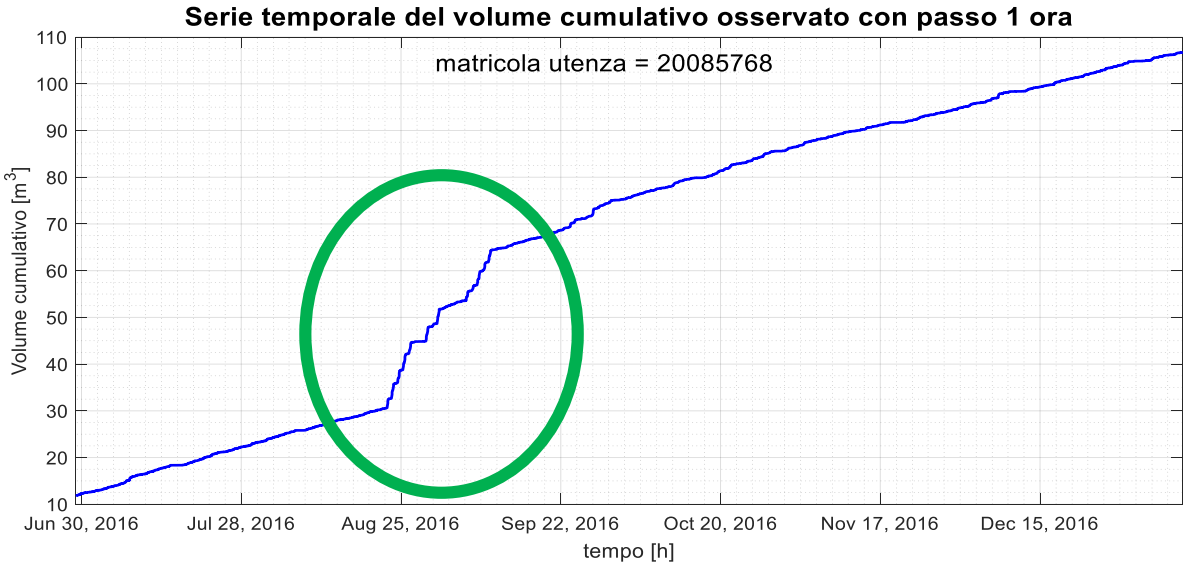


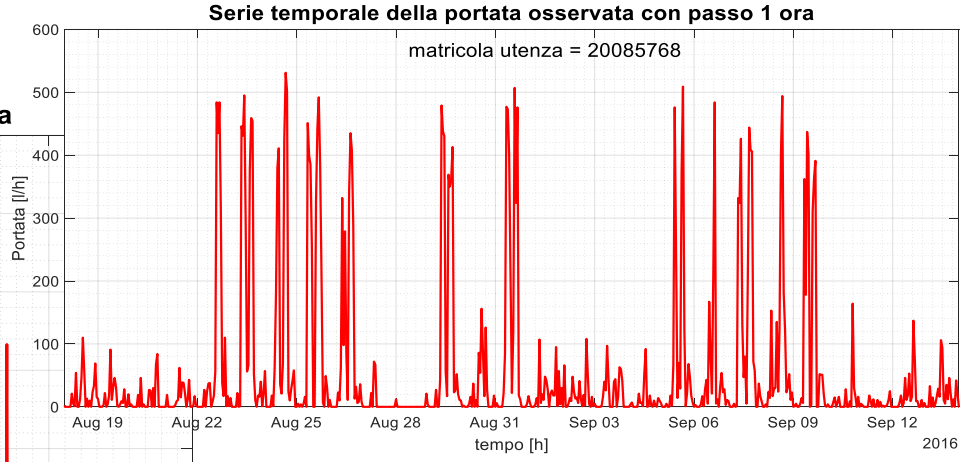
Dal 29 Giugno 2016 al 8 Gennaio 2017 (194 giorni)	
Volume totale richiesto [m^3]	20,5
Stima consumo utenza [m^3]	12,6
Stima fuga di acqua [m^3]	**7,9**
La perdita stimata sulla base della dotazione idrica pro-capite media, seppur di piccola entità, corrisponde a circa il 38,5 % del volume totale richiesto dall'utente.	

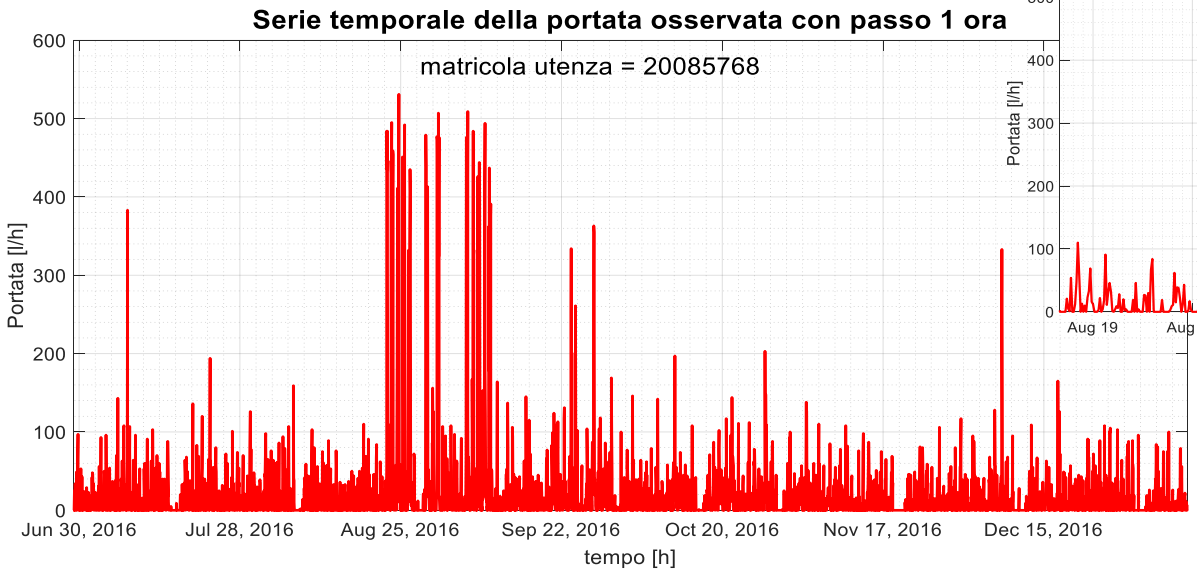


POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Comportamenti anomali







POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Sintesi analisi perdite

In totale individuate 118 perdite delle quali:

43	Perdita inferiore ad 1 l/h
57	Perdita tra 1 e 10 l/h
18	Perdita superiore a 10 l/h

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

OR1 e OR2: Risultati attesi

Nel complesso il sistema dovrebbe

- **rappresentare un utile strumento per migliorare la gestione dei sistemi di distribuzione idrica da parte dell'ente gestore**
  - ✓ **efficiente e trasparente gestione delle bollette**
  - ✓ **contenimento delle perdite idriche in rete**

- **produrre interessanti benefici per i singoli utenti**
  - ✓ **rendendoli più consapevoli dell'utilizzo della risorsa idrica presso la propria abitazione e**
  - ✓ **indurli a modificare le proprie abitudini al fine di ridurre i consumi e tenere sotto controllo le perdite interne alle abitazioni, con indiretti benefici anche a livello di risparmio delle risorse energetiche e ambientali**

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

OR3

Sistemi per la gestione, il recupero e il riuso delle acque meteoriche e grigie a scala di edificio

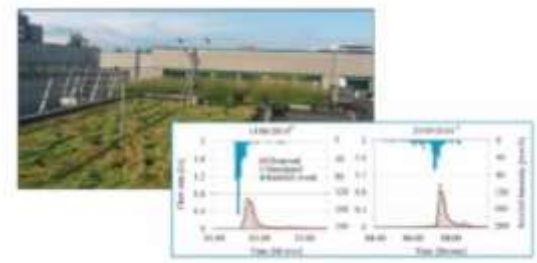
POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Sistemi per la gestione, il recupero e il riuso delle acque meteoriche e grigie a scala di edificio

Attività 1

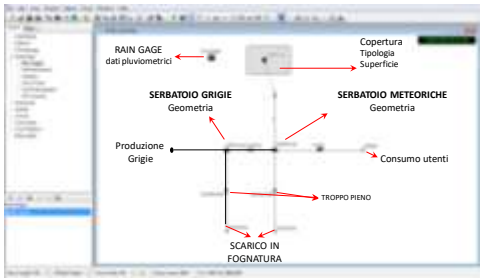
Determinazione di criteri di dimensionamento negli impianti per il recupero e riuso delle acque meteoriche e grigie.

Attività 2



Analisi e modellazione numerica del comportamento idrologico delle coperture a verde.

Attività 3



Suite di strumenti di calcolo per ottimizzare il dimensionamento dei sistemi di accumulo delle acque e le coperture verdi.

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Criteri di dimensionamento

Normativa italiana di riferimento

LEGGE 24 dicembre 2007, n. 244

Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato (legge finanziaria 2008).

> ***Art. 288*** *– […] il rilascio del permesso di costruire è subordinato alla certificazione energetica dell'edificio ….. nonché delle caratteristiche dell'immobile finalizzate al risparmio idrico e al reimpiego delle acque meteoriche.*

DECRETO MINISTERIALE 12 giugno 2003, n. 185

«Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152».

> ***Art. 3*** *– Destinazione d'uso ammissibile […] civile: per il lavaggio delle strade […] con esclusione dell'utilizzazione diretta di tale acqua negli edifici a uso civile, ad eccezione degli impianti di scarico nei servizi igienici;*

UNI/TS 11445 Maggio 2012

Impianti per la raccolta e utilizzo dell'**acqua piovana** per usi diversi dal consumo umano. Progettazione, installazione e manutenzione.

ATTUALMENTE NON ESISTE NESSUNA NORMATIVA TECNICA PER IL DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI PER IL RECUPERO E RIUSO DELLE ACQUE GRIGIE SE NON ALCUNI RUE

Criteri di dimensionamento

Definizione delle variabili e dei parametri in input

Definizione della tipologia di impianto:

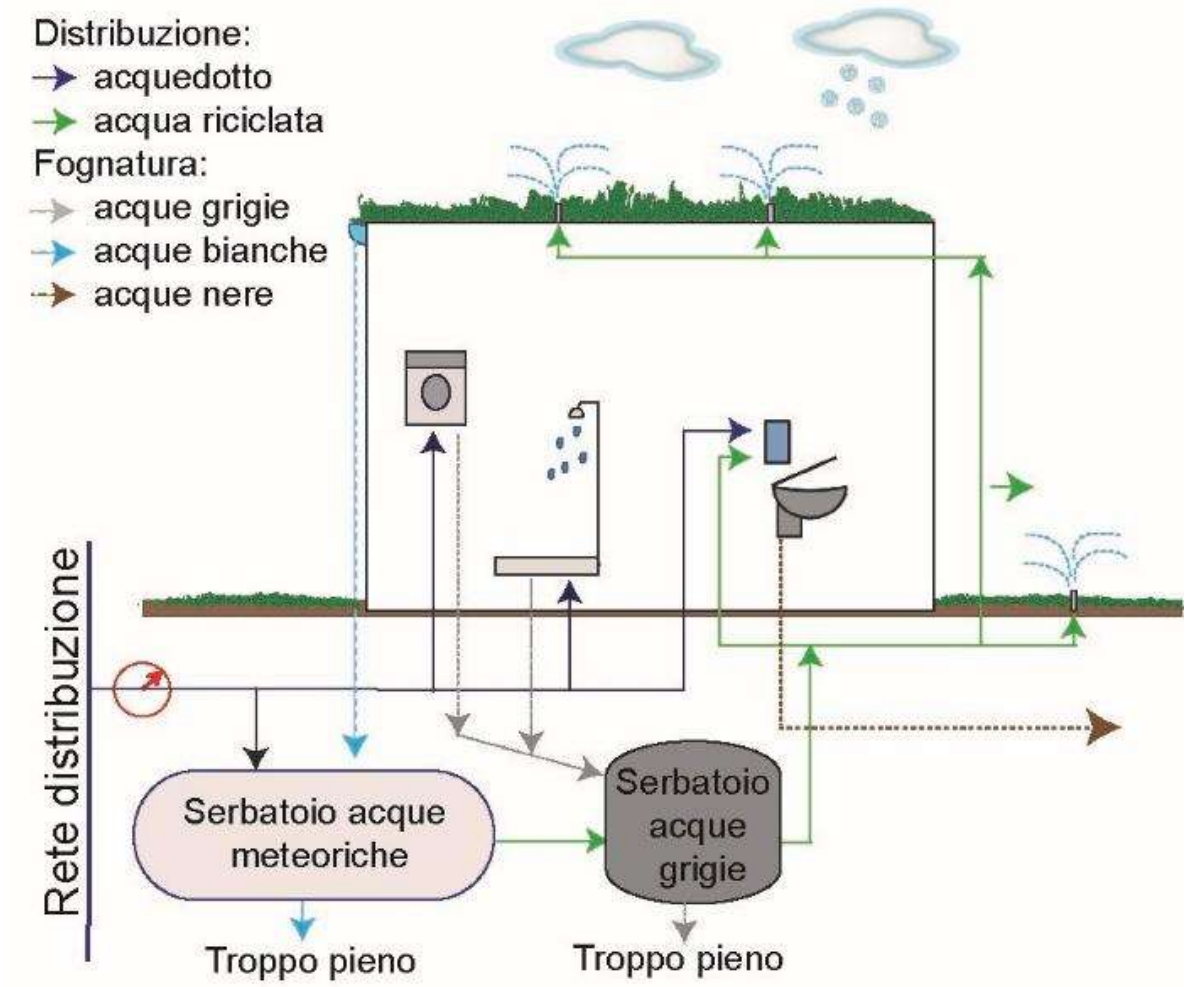
- ✓ Recupero acque meteoriche
- ✓ Recupero acque grigie
- ✓ Impianto combinato

Dati di progetto:

- ✓ Volume di acque grigie prodotte
- ✓ Dimensione e tipologia della superficie di captazione
- ✓ Pluviometria del sito
- ✓ Domanda di acqua riciclata per usi non potabili

Output progetto:

- ✓ Dimensione ottimizzata dei serbatoi di stoccaggio
- ✓ Stima dell'efficienza dell'impianto



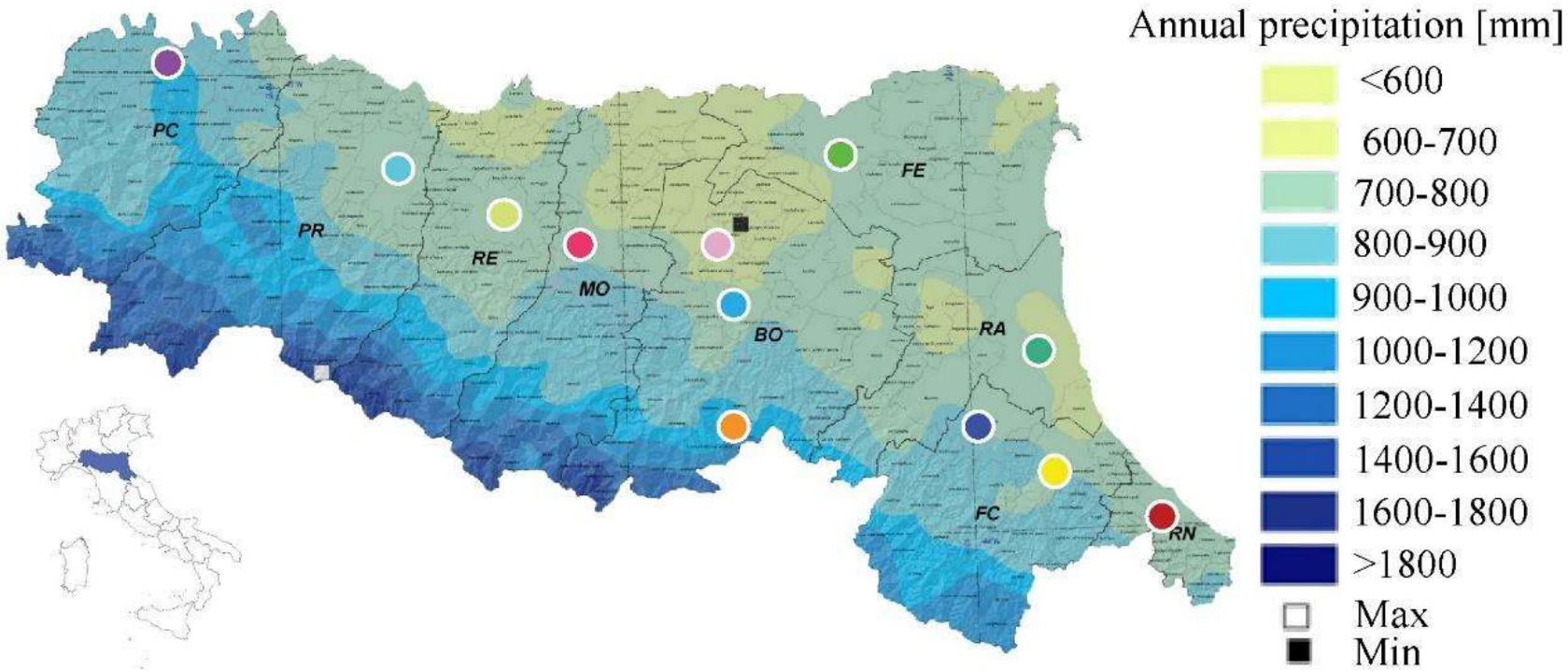
Schema concettuale di un impianto combinato

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Criteri di dimensionamento

Pluviometria in Emilia Romagna → acque meteoriche

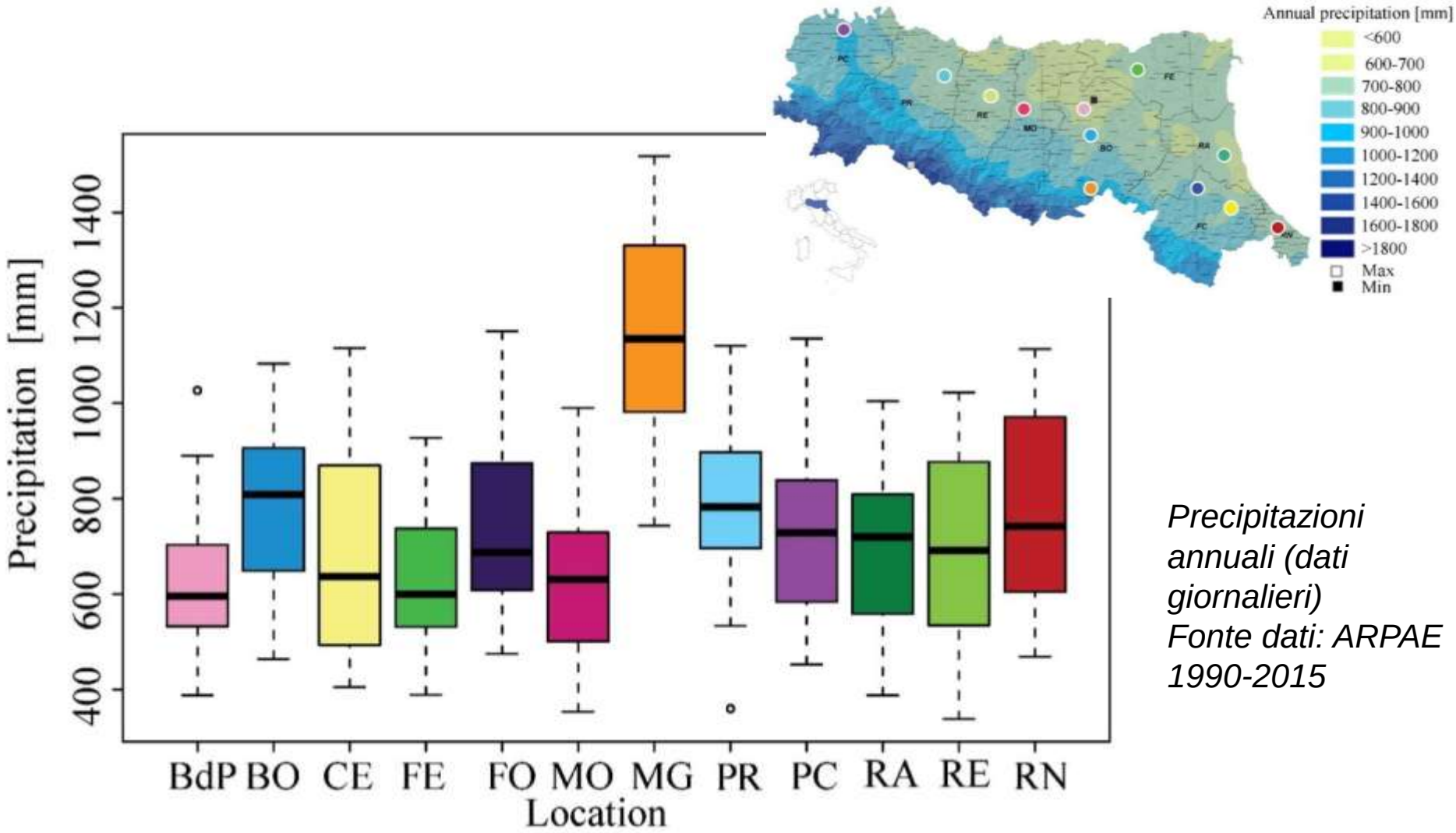
Per il dimensionamento degli impianti per il recupero e riuso delle acque meteoriche si analizzeranno i dati pluviometrici delle principali città dell'Emilia-Romagna in modo da definire dei criteri progettuali che tengano conto delle effettive condizioni climatiche del sito oggetto di intervento. Analizzando lunghe serie storiche pluviometriche si potranno valutare in modo dettagliato le sequenze di riempimento e di svuotamento dei serbatoi di accumulo.



POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Criteri di dimensionamento

Pluviometria in Emilia Romagna → acque meteoriche



Precipitazioni annuali (dati giornalieri)
Fonte dati: ARPAE 1990-2015

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Criteri di dimensionamento

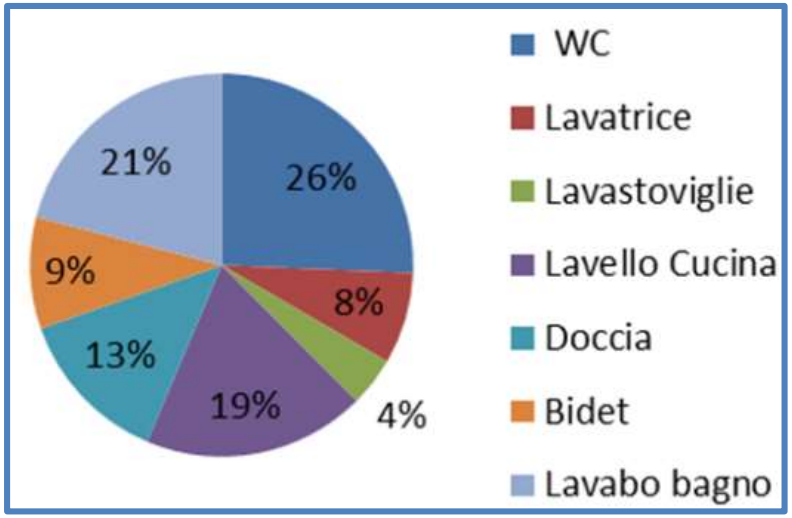
Consumi indoor → acque grigie

Con riferimento al dimensionamento degli impianti per il recupero e il riuso delle acque grigie si analizzeranno i dati provenienti dai contatori indoor e outdoor (OR1-OR2) con l'obiettivo di valutare in dettaglio sia i consumi degli utenti, sia la quantità di acqua grigia effettivamente recuperabile.

Analisi preliminari: elaborazione dei dati di monitoraggio di 7 unità abitative forniti da ENEA (Progetto AQUASAVE).

Sintesi dei dati:

- 7 Appartamenti
- 15 Abitanti
- Periodo di Osservazione Gen-2013 ÷ Ott-2014
- Contatore volumetrico, acquisizioni orarie con scatto ogni 100 litri
- **Tutti gli appartamenti sono dotati di dispositivi a basso consumo.**



Esempio di caratterizzazione dei consumi domestici

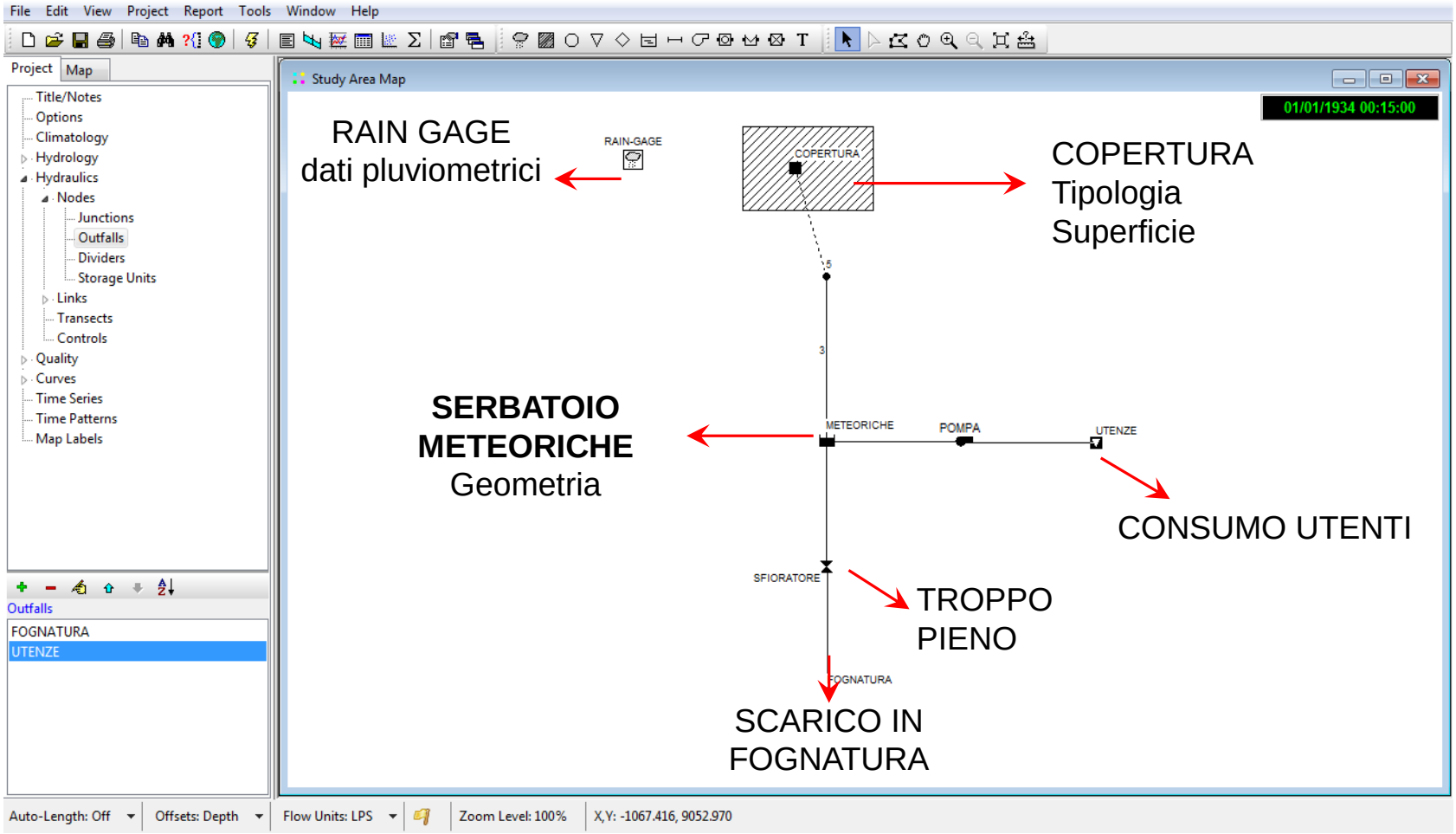
DOTAZIONE IDRICA MEDIA: 105 l*ab/giorno

CSTLWater
POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Criteri di dimensionamento

Impianto recupero → Modellazione

Modellazione numerica eseguita attraverso il software **US-EPA SWMM 5.1**



POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020

UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale

RegioneEmilia-Romagna

Criteri di dimensionamento

Impianto recupero → Combinazioni

Combinazioni impiantistiche:

- Impianto recupero acque meteoriche
- Impianto recupero acque grigie
- Impianto combinato (grigie più meteoriche)

Tipo di superficie di captazione

- Tetto impermeabile
- Tetto verde estensivo

Parametri:

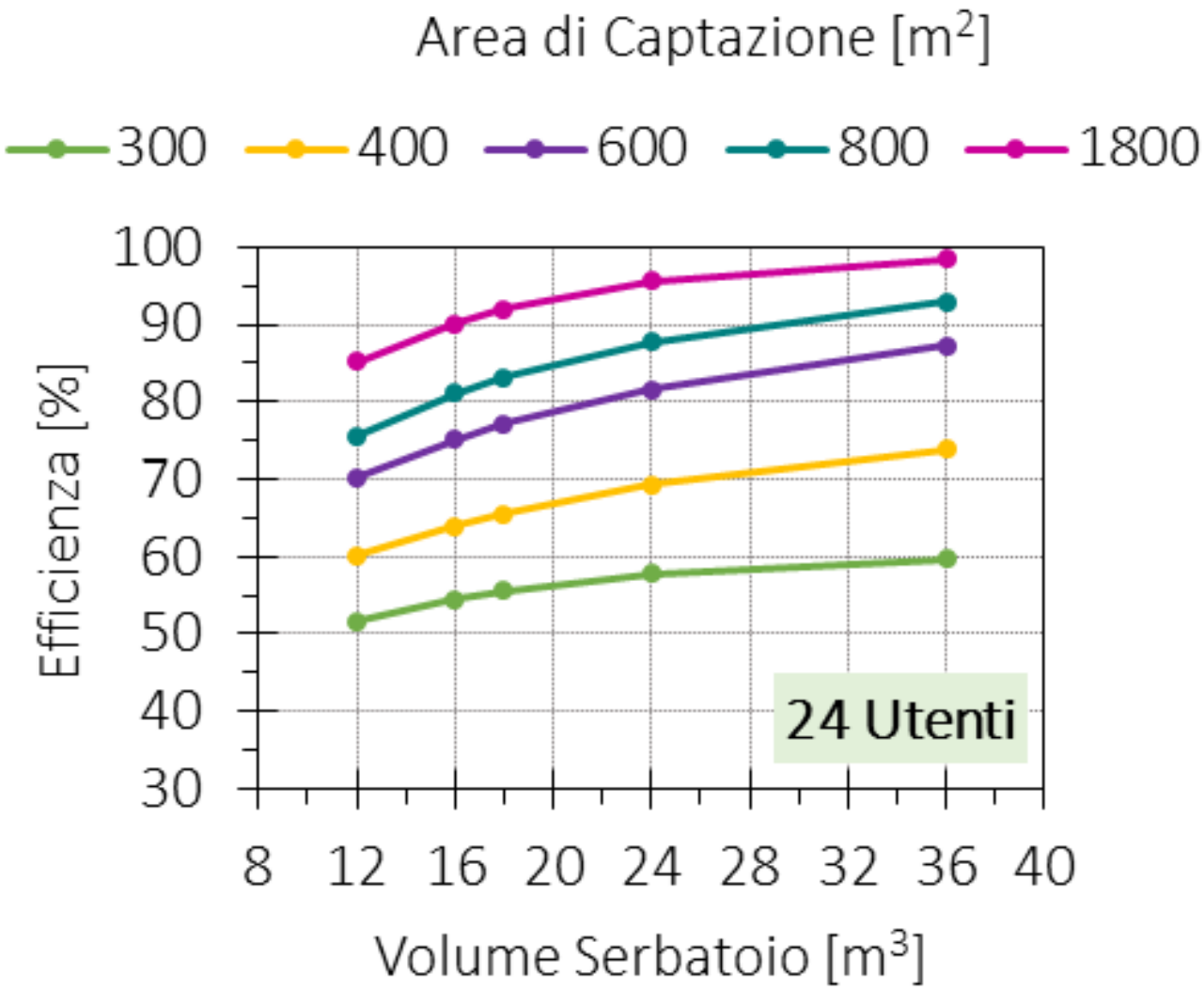
- Città → Bologna, Ferrara, Piacenza, Ravenna …
- Area di captazione → 100, 200, 300, 400 e 800 m^2
- Volume del serbatoio → 2, 3, 4, 8, 12, 16, 24, 36 m^3
- Numero abitanti → 2, 4, 8, 24
- Domanda di acqua riciclata → 40 l/ab/giorno

Sistemi di accumulo acque meteoriche e grigie Starplast

CSTLWater
POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Criteri di dimensionamento

Impianto recupero acque meteoriche → Risultati per Ravenna

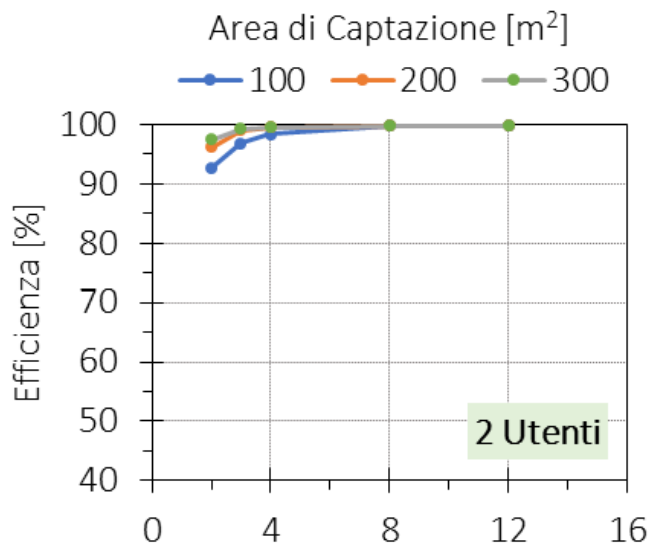


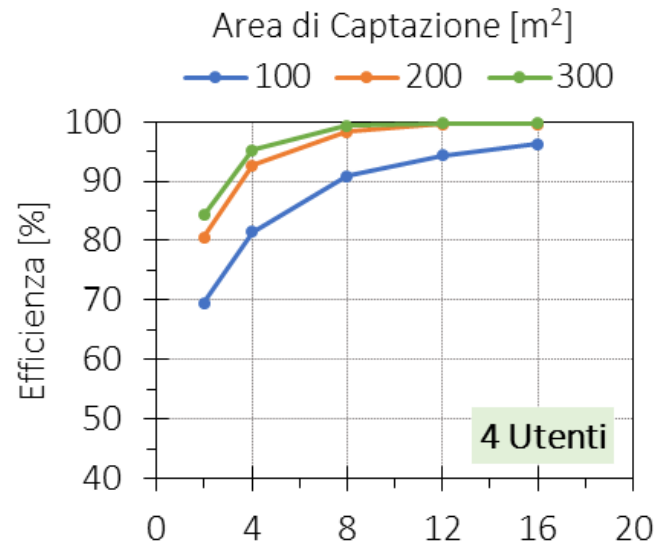
Città di Ravenna con Tetto impermeabile

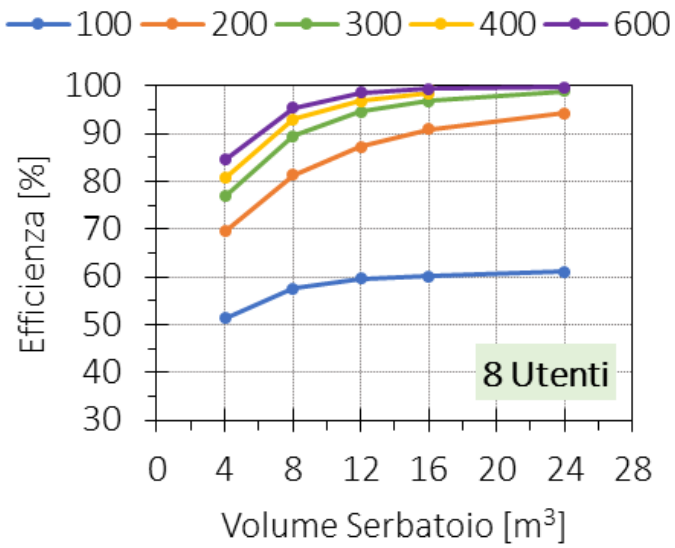
Efficienza intesa come il rapporto tra il volume di acqua richiesto e quello effettivamente fornito.

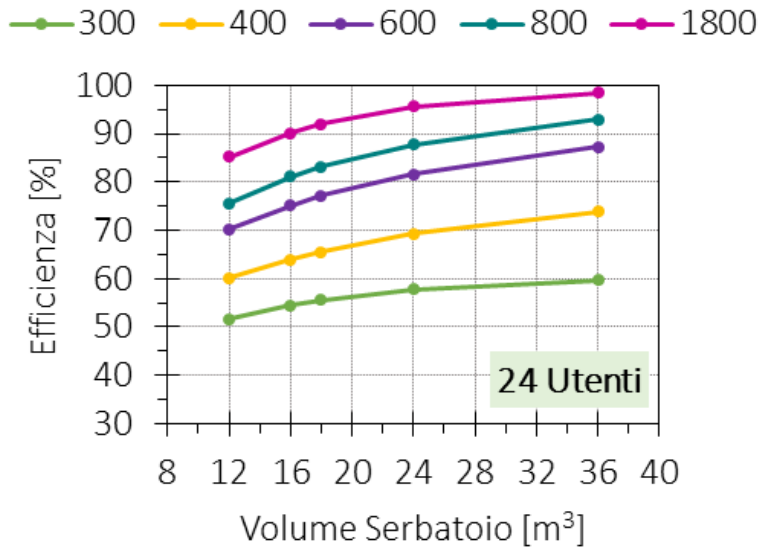
Criteri di dimensionamento

Impianto recupero acque meteoriche → Risultati per Ravenna





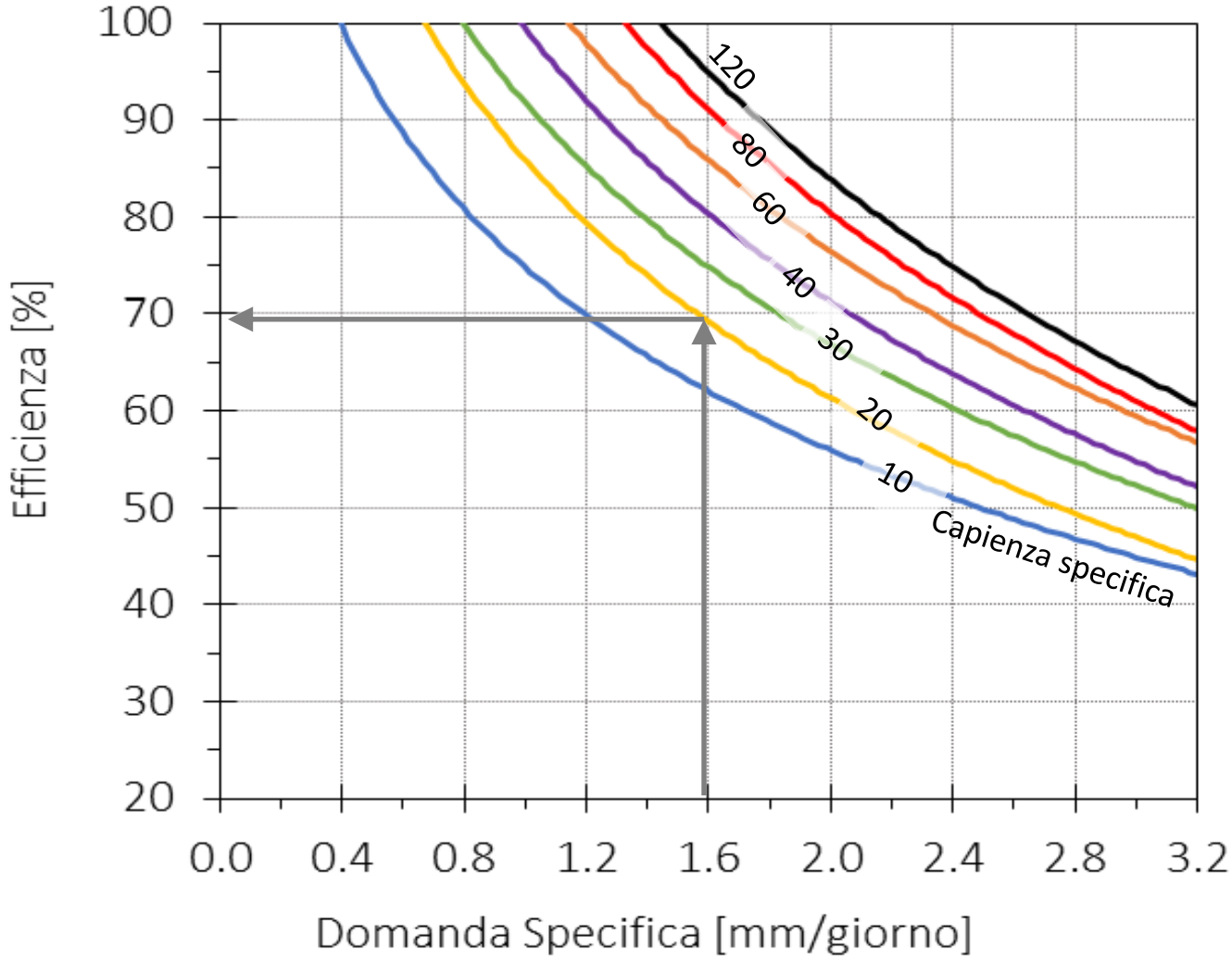




POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
Regione Emilia-Romagna

Criteri di dimensionamento

Impianto recupero acque meteoriche → Abaco per Ravenna



Abaco di dimensionamento per la città di Ravenna se la copertura è un <u>tetto impermeabile</u>.

Valutazione dell'efficienza al variare della Domanda Specifica (*DS*) [mm/giorno] e della Capienza Specifica (*CS*) [litri/m^2].

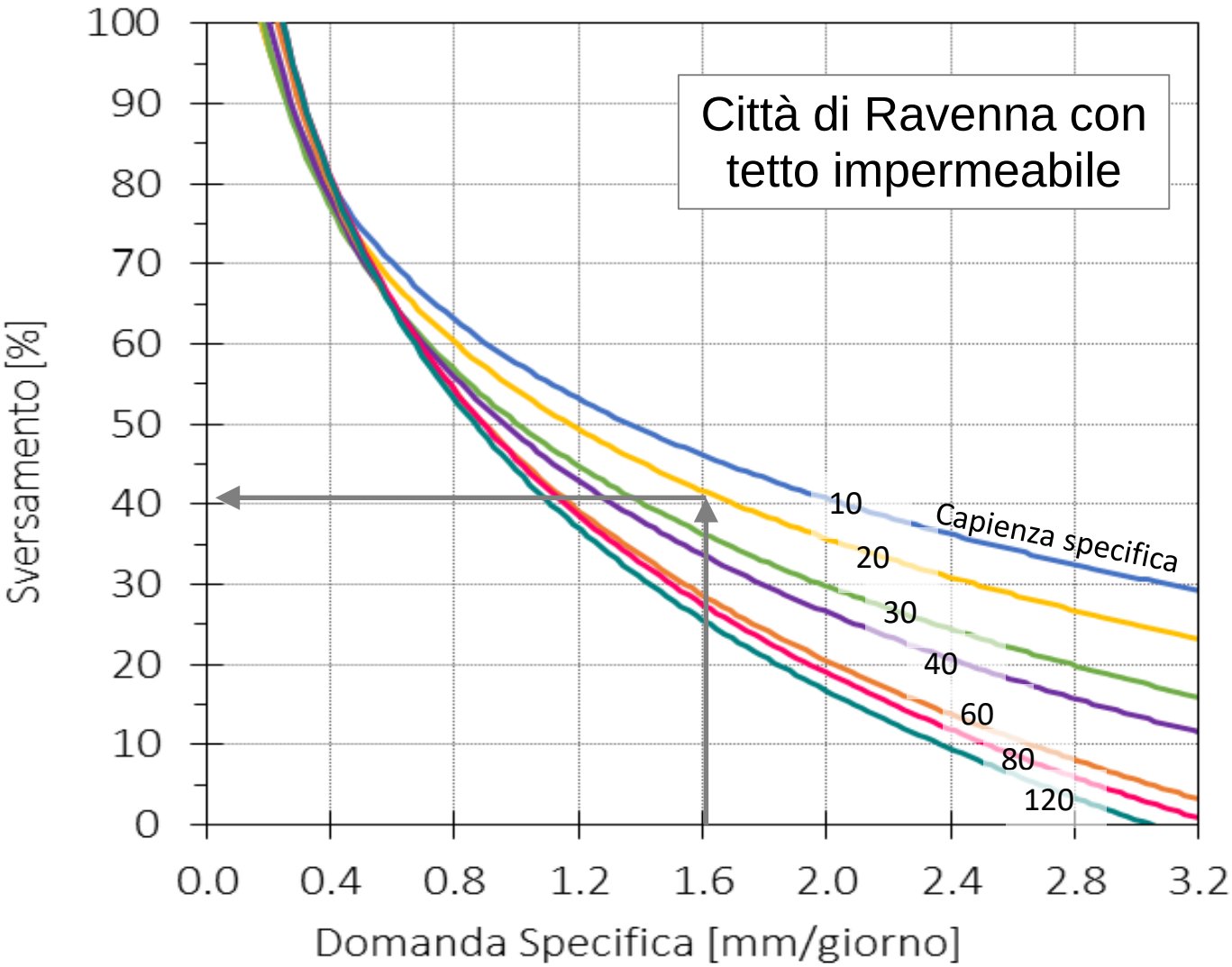
$$DS = \frac{\text{Volume richiesto}}{\text{Area di captazione}}$$

$$CS = \frac{\text{Volume serbatoio}}{\text{Area di captazione}}$$

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Criteri di dimensionamento

Impianto recupero acque meteoriche → Abaco per Ravenna



Lo **Sversamento** rappresenta la percentuale di acqua meteorica che viene convogliata al sistema fognario rispetto al totale piovuto ed è rappresentativo del beneficio ambientale del sistema di accumulo.

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Verde pensile

Ottimizzare la gestione delle acque meteoriche attraverso «tecnologie verdi».

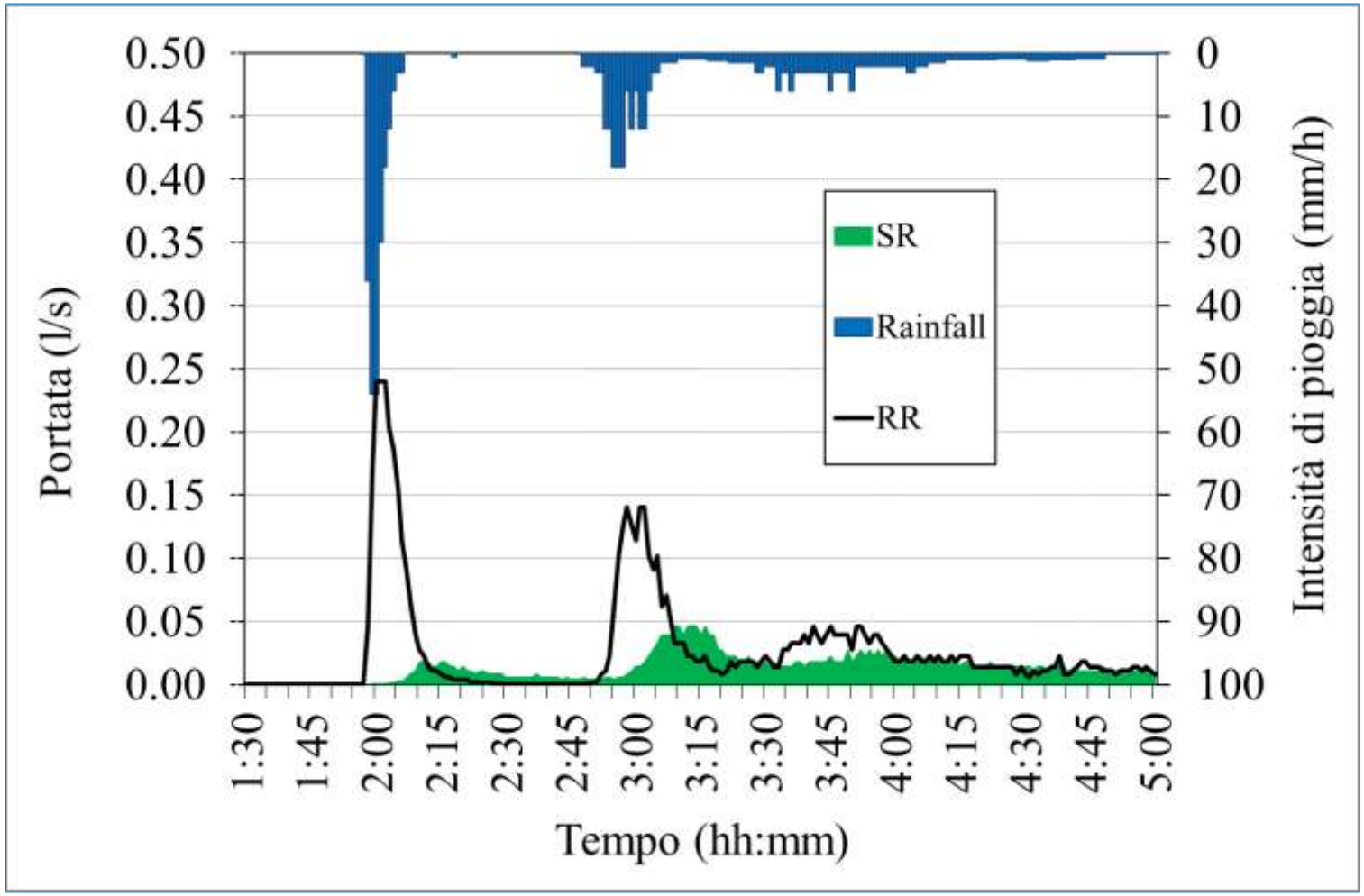
Con riferimento alle coperture a verde pensile si intende migliorarne la struttura e i criteri di dimensionamento nel rispetto dei principi di invarianza idraulica. Le attività prevedono l'analisi e la modellazione idrologica sulla base dei dati raccolti presso il tetto verde sperimentale in scala reale della Scuola di Ingegneria dell'Università di Bologna e la realizzazione in laboratorio di prototipi/dimostratori per testare diverse stratigrafie al fine di ricostruire, noti gli afflussi, i deflussi e la capacità di ritenzione idrica.

Tetto verde sperimentale presso la Scuola di Ingegneria dell'Università di Bologna

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
Regione Emilia-Romagna

Verde pensile

Ottimizzare la gestione delle acque meteoriche attraverso «tecnologie verdi».



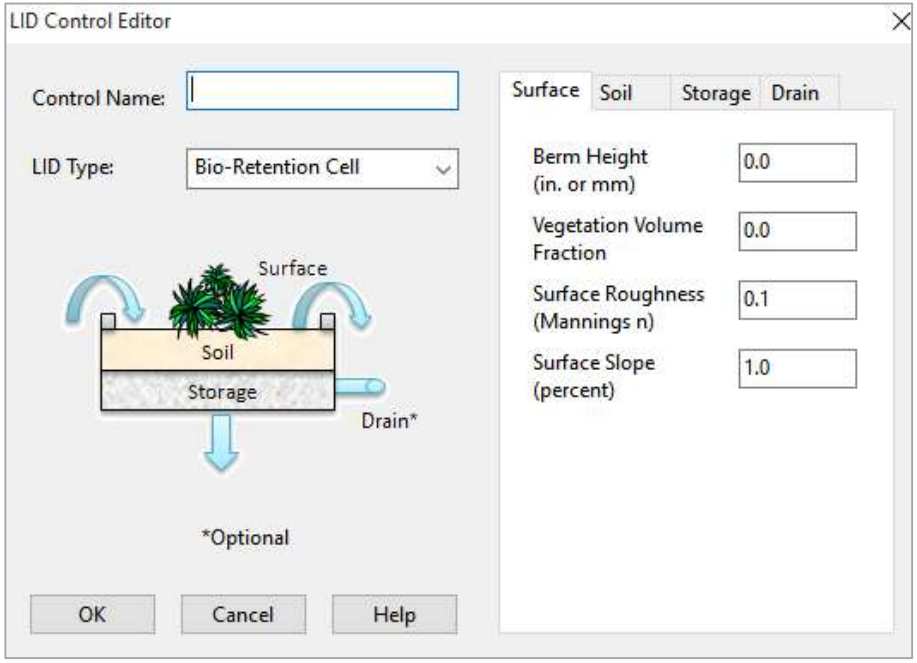
Rappresentazione dell'effetto di laminazione per un evento registrato ad agosto sul tetto sperimentale presso l'Università di Bologna, attraverso la rappresentazione degli idrogrammi in uscita dal tetto verde (area verde) e dal tetto tradizionale (linea nera).

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Verde pensile

Modellazione idrologica del tetto verde

Il modello è stato ottenuto mediante l'utilizzo del modulo LID "*Bioretention cell*", di SWMM 5.1, costituito da quattro elementi sovrapposti (*Surface*, *Soil*, *Storage* e *Underdrain*) che rappresentano gli strati che compongono un tetto verde. I parametri inerenti le proprietà fisiche dei vari strati sono state misurate sperimentalmente in laboratorio e successivamente integrate nel modello.



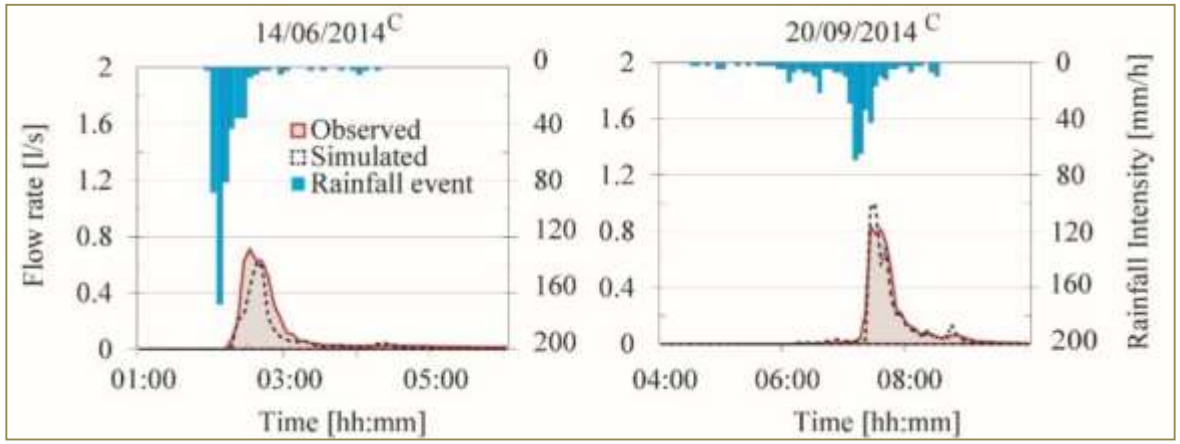
I dati di input:

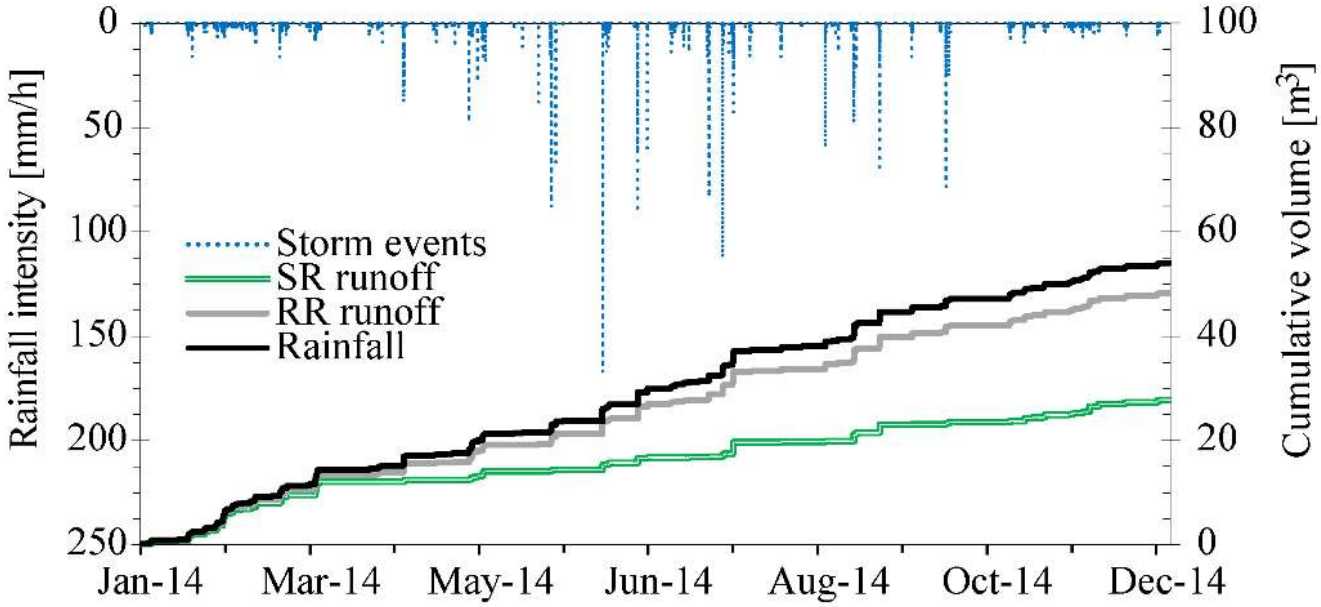
- la serie storica dei dati di **precipitazione**;
- **temperatura dell'aria** (massima e minima giornaliera).

CSTLWater
POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Attività 2 – verde pensile

Modellazione idrologica del tetto verde





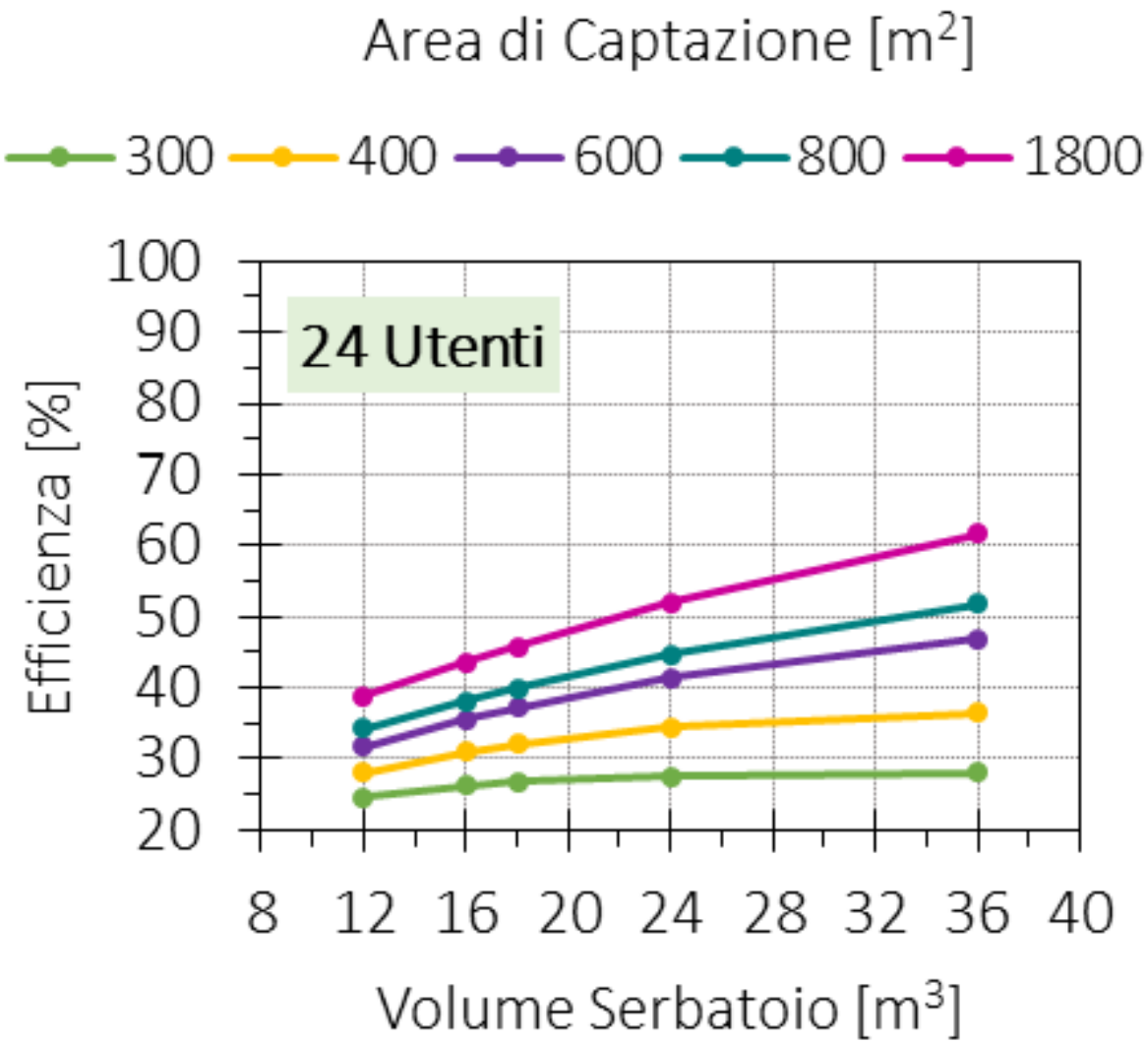
Layer	Parametro	LID Bioretention-(Cell
Surface	Berm Height	3 mm
	Vegetation Volume Fraction	0.15
	Surface Roughness	0.20 s/m$^{1/3}$
	Surface Slope	0.50 %
Soil	Thickness	100 mm
	Porosity	0.65 %
	Field Capacity	0.35 m^3/ m^3
	Wilting Point	0.06 m^3/ m^3
	Conductivity	160 mm/h
	Conductivity Slope	5
	Suction Head	25 mm
Storage	Thickness	25 mm
	Void Ratio	0.5
	Seepage Rate	0 mm/h
	Clogging Factor	0
Underdrain	Drain Coef.	2
	Drain E*DS)ponent	2.1
	Offset Height	3 mm

Parametri di calibrazione

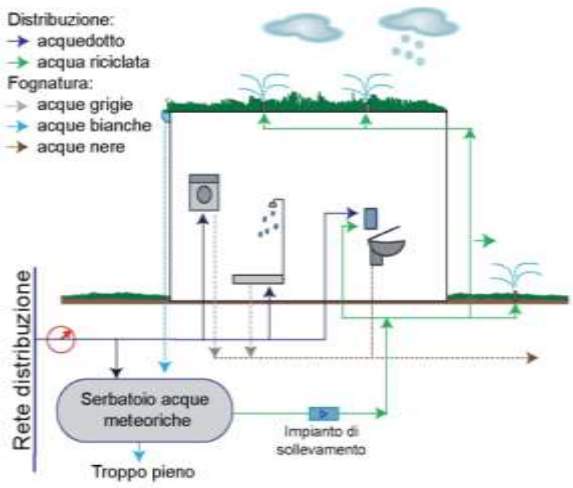
POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Criteri di dimensionamento

Impianto recupero acque meteoriche → Risultati per Ravenna



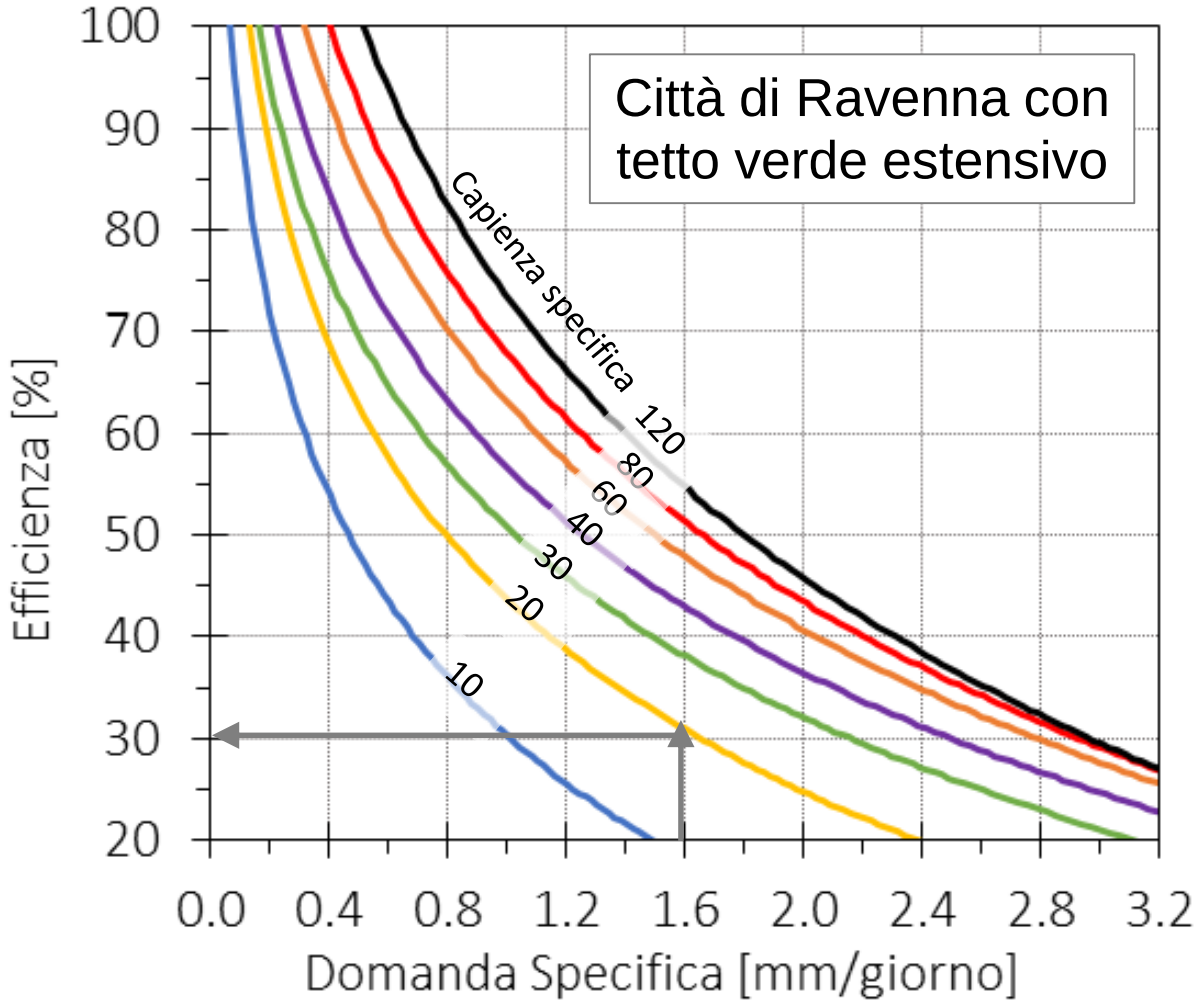
Città di Ravenna con Tetto verde estensivo



Efficienza intesa come il rapporto tra il volume di acqua richiesto e quello effettivamente fornito.

Criteri di dimensionamento

Impianto recupero acque meteoriche → Abaco per Ravenna



Abaco di dimensionamento per la città di Ravenna se la copertura è un **tetto verde estensivo**.

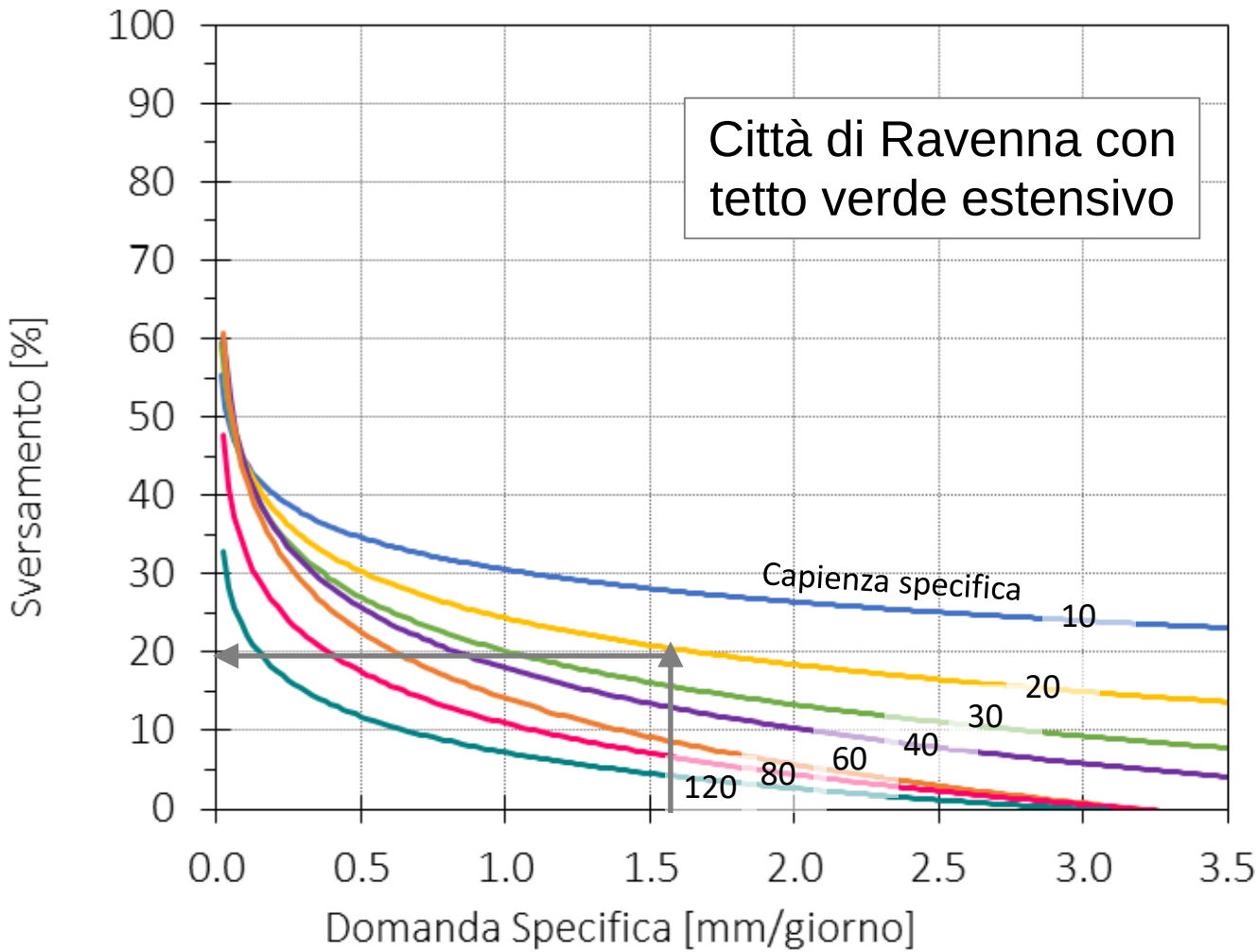
Valutazione dell'efficienza al variare della Domanda Specifica (*DS*) [mm/giorno] e della Capienza Specifica (*CS*) [litri/m²].

$$DS = \frac{\text{Volume richiesto}}{\text{Area di captazione}}$$

$$CS = \frac{\text{Volume serbatoio}}{\text{Area di captazione}}$$

Criteri di dimensionamento

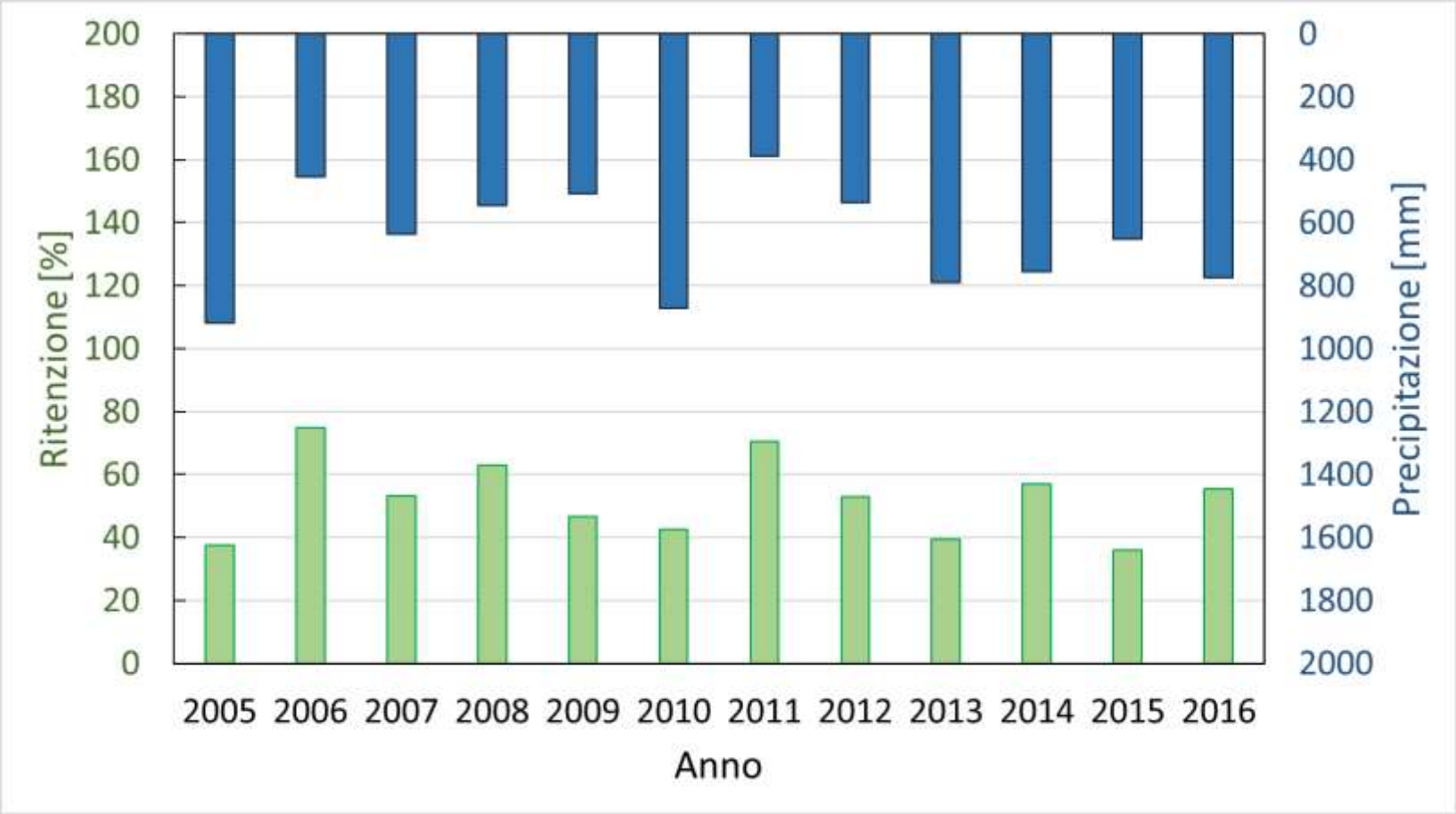
Impianto recupero acque meteoriche → Abaco per Ravenna



Lo **Sversamento** rappresenta la percentuale di acqua meteorica che viene convogliata al sistema fognario rispetto al totale piovuto ed è rappresentativo del beneficio ambientale indotto dal sistema di accumulo combinato al tetto verde.

Attività 3 - Criteri di dimensionamento

Impianto recupero acque meteoriche → Risultati per Ravenna



La **Ritenzione** rappresenta la percentuale di acqua meteorica che viene trattenuta dal tetto verde.

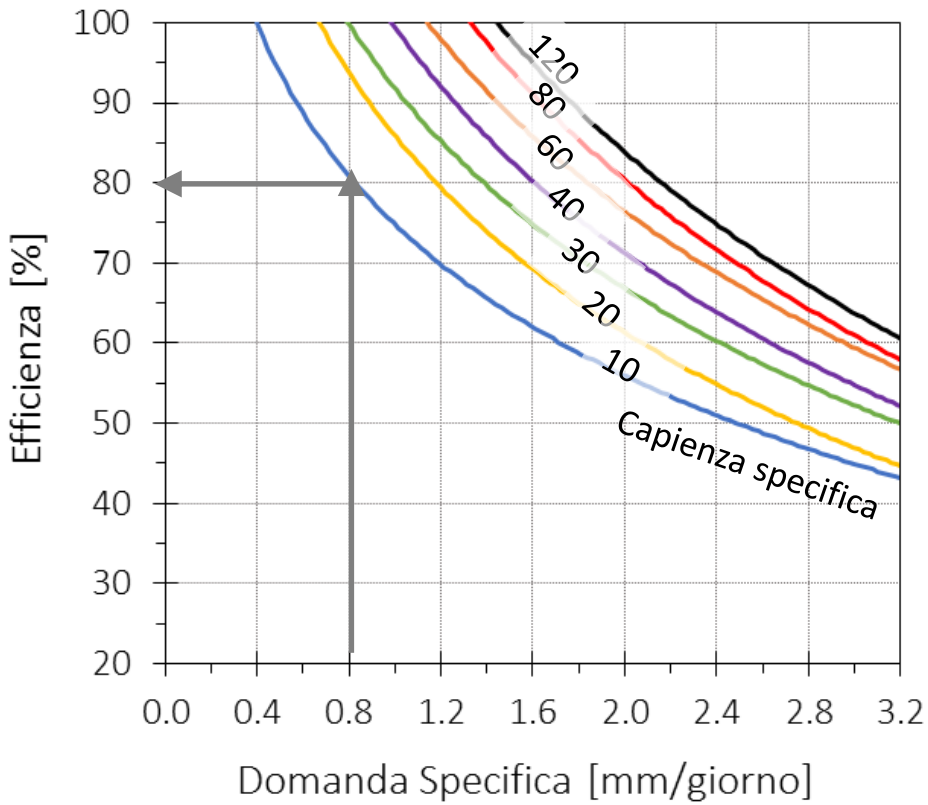
POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
Regione Emilia-Romagna

Criteri di dimensionamento

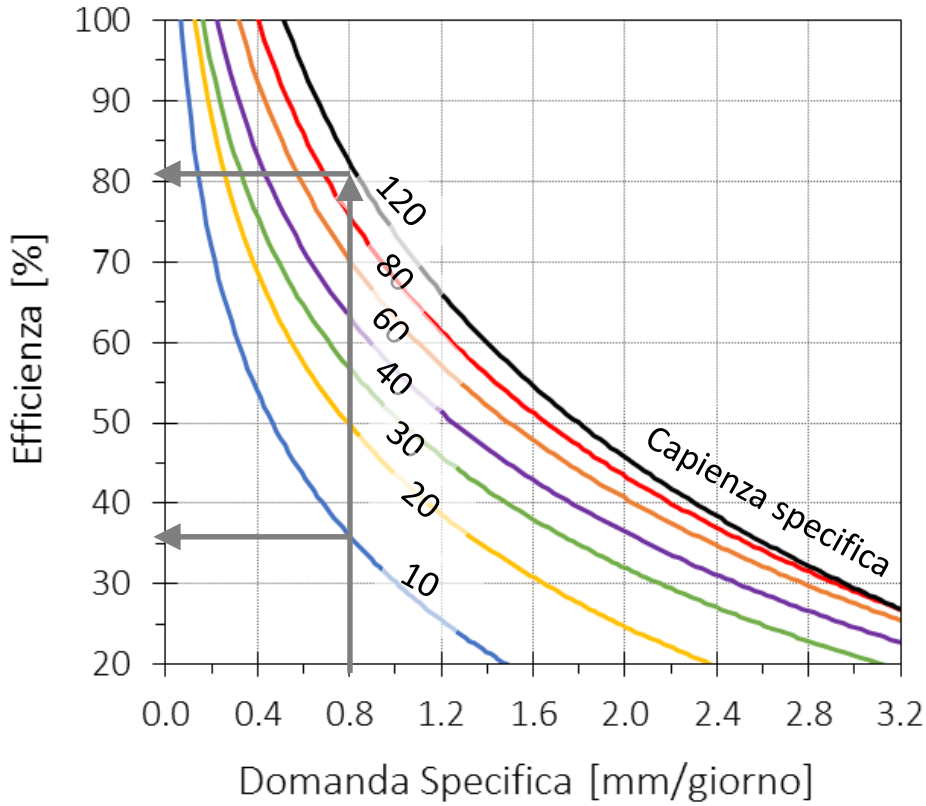
Impianto recupero acque meteoriche → Abaco per Ravenna

Confronto tra gli abachi di dimensionamento per la città di Ravenna se la copertura è un tetto impermeabile o un tetto verde estensivo.

Tetto impermeabile



Copertura verde



POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

OR4

Sistemi per la valutazione della sostenibilità economico-ambientale dei sistemi idrici urbani

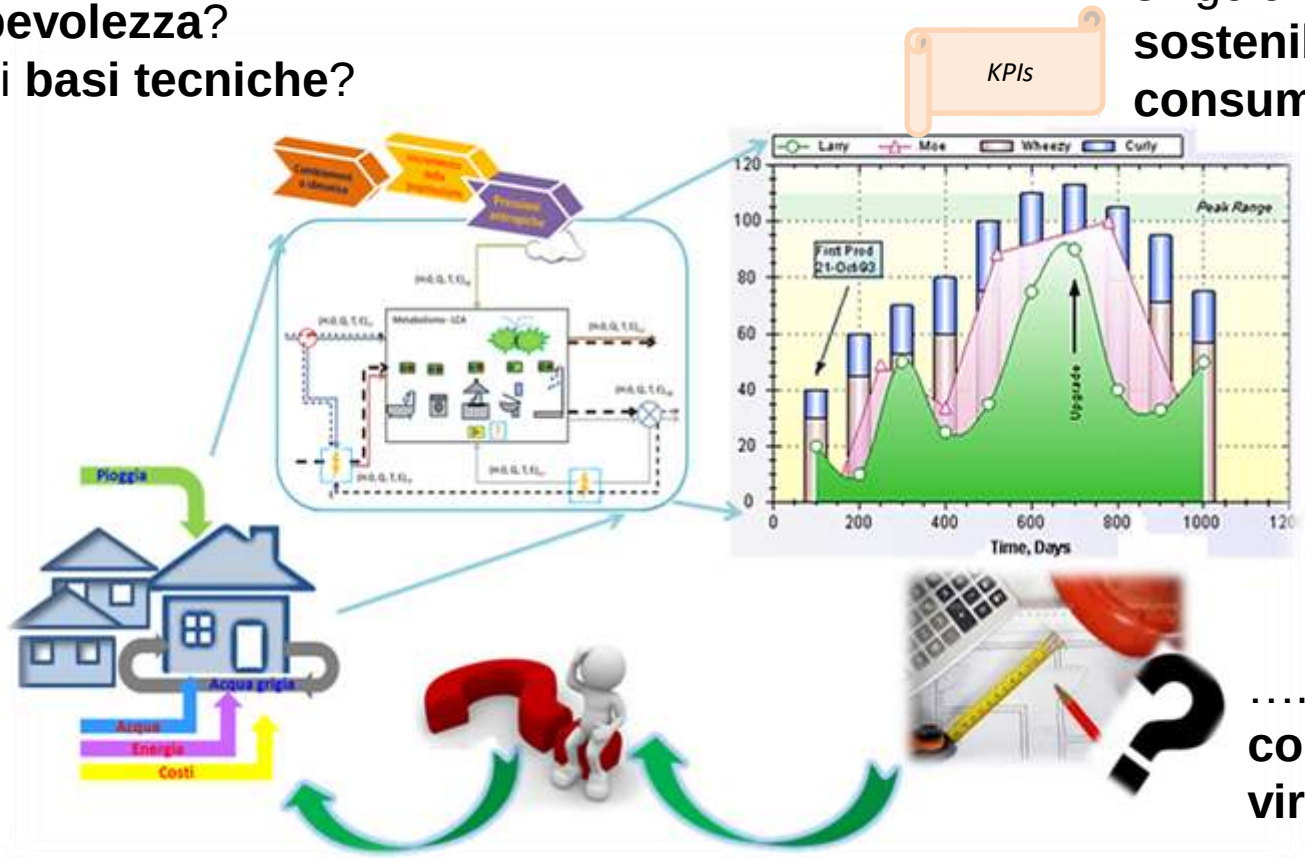
POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
Regione Emilia-Romagna

Obiettivi

Obiettivo principale dell'OR4 è la realizzazione di una *suite di strumenti* software di supporto alle decisioni, in grado di quantificare, mediante tecniche di Metabolismo urbano ed analisi Life Cycle Assessment (LCA), la *sostenibilità* dell'uso delle risorse idriche a diverse scale di aggregazione.

Siamo **sostenibili** nell'uso della **risorsa idrica**?
Come creare **maggiore consapevolezza**?
Su quali **basi tecniche**?

Con il **calcolo continuo** di **indicatori significativi** si **misura e comunica** al singolo utente **il livello di sostenibilità del suo consumo!**



…si valuta **cosa si può fare per essere più sostenibili**, **dove si può migliorare** e le **scelte giuste** da compiere.

…. si **individuano i comportamenti più virtuosi**…

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

MAGGIORE CONSAPEVOLEZZA DEI CONSUMI

- Sviluppando un ***Tool*** di calcolo dei ***consumi domestici*** ed utilizzando tecniche di ***Metabolismo Urbano*** ed ***LCA***, si ricavano **indicatori** per misurare la sostenibilità dell'uso idrico per creare maggiore consapevolezza dei consumi, preservare la risorsa idrica potabile e ridurre le emissioni;

- Gli algoritmi per il calcolo degli indicatori saranno codificati in un applicativo di facile consultazione e fruibilità da parte di ciascun utente.

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
Regione Emilia-Romagna

Realizzazione di **strumenti** atti a fornire una **valutazione** quantitativa, multi-parametrica e multi-scala della **sostenibilità** economico-ambientale a diverse scale:

a SCALA DI SINGOLA UTENZA, **si forniscono degli indicatori** di sostenibilità del consumo;

a SCALA URBANA **si calcola l'impatto del risparmio**, idrico-energetico-economico, conseguente alla attuazione dei precedenti OR

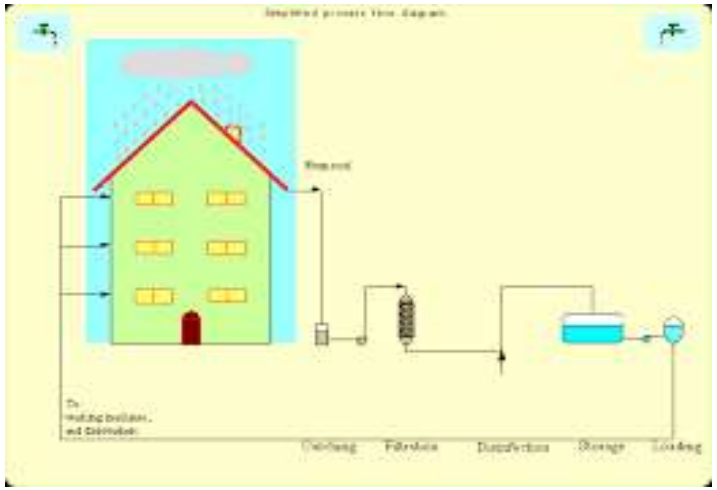
POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
Regione Emilia-Romagna

Strumenti e Metodologia

Come determinare gli Indici

- Analisi LCA
- Modello di Metabolismo Urbano (Scala Distretto)
- Tool calcolo Indicatori e Volumi elementari (Scala Utenza)

Analisi LCA – Life Cycle Assessment



LCA

Valuta le prestazioni dei vari sottoinsiemi e dell'intero sistema consentendo di individuare le fasi più dispendiose dal punto di vista ambientale ed economico ➔ pianificazione strategie di miglioramento.

OBIETTIVO Analisi di sostenibilità ambientale di un' unità abitativa di riferimento nei due scenari: as is (stato attuale) e con cisterna per la raccolta di acqua piovana e acque grigie

ANALISI DI INVENTARIO

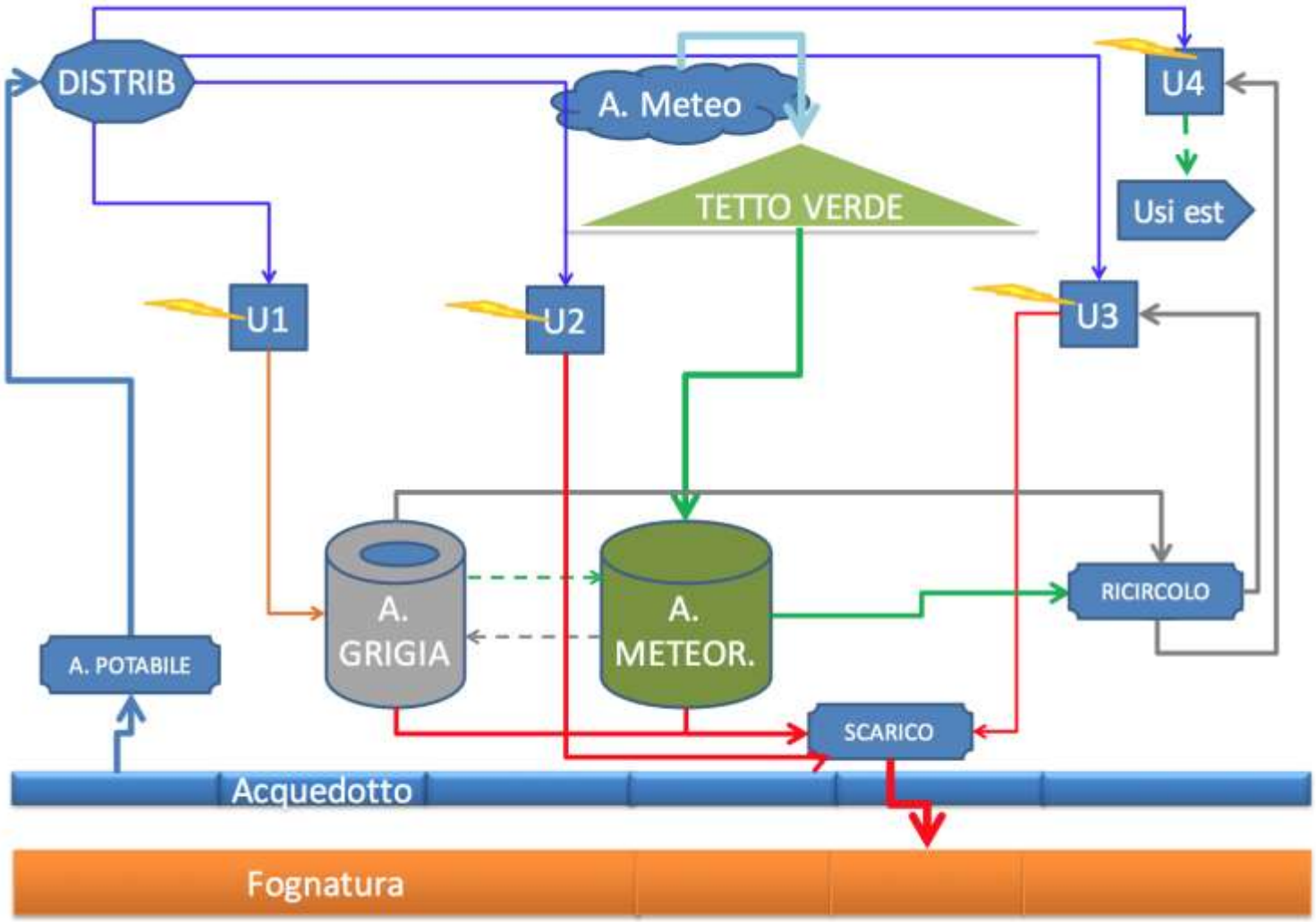
- Acqua
- Sostanze chimiche
- Energia

Metodologia di analisi: IMPACT 2002

- MIDPOINT
- ENDPOINT

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Scala di Distretto: Modello Metabolico (1/2)



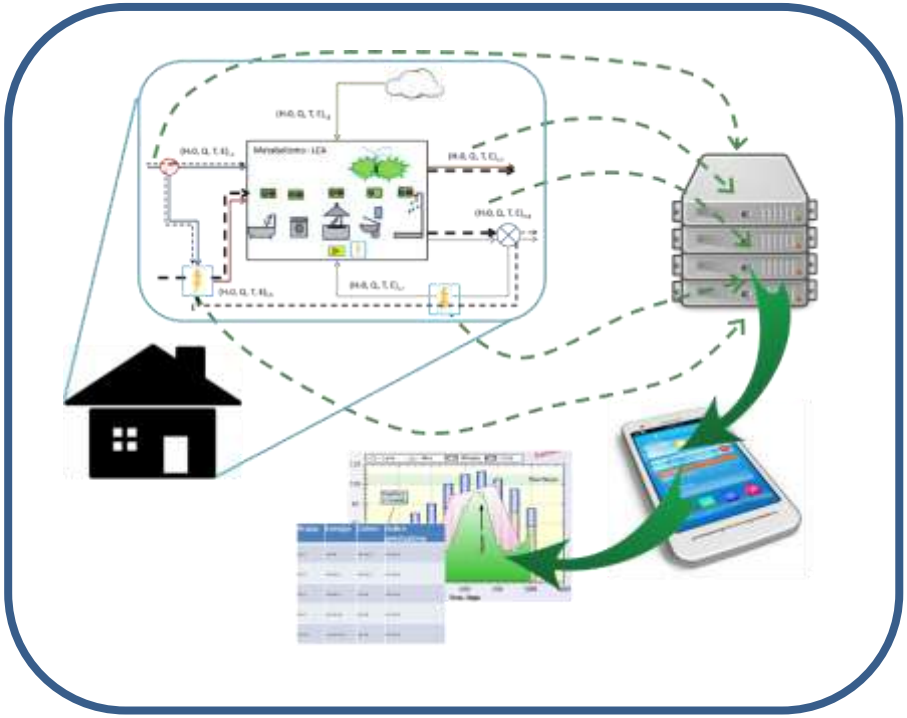
Strumento rivolto al gestore della risorsa idrica, atto alla pianificazione e al monitoraggio a diverse scale di aggregazione.

Analizza le direzioni dei vari flussi di acqua, energia, reflui, etc e ne quantifica le entrate, le uscite e le parti immagazzinate ➔ analogia tra metabolismo urbano e metabolismo degli esseri viventi.

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Scala di Distretto: Modello Metabolico (2/2)

CALCOLO **INDICI DI SOSTENIBILITA'**



SOSTENIBILITA' (LCA + METABOLISMO)

Dominio Ambiente	**IDX_1 1, 2, 3 …**
Dominio Economico	**IDX_2 1, 2, 3 …**
Dominio Sociale	**IDX_3 1, 2, 3 …**
Dominio Infrastruttura	**IDX_4 1, 2, 3 …**
Dominio «Regole»	**IDX_5 1, 2, 3 …**

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

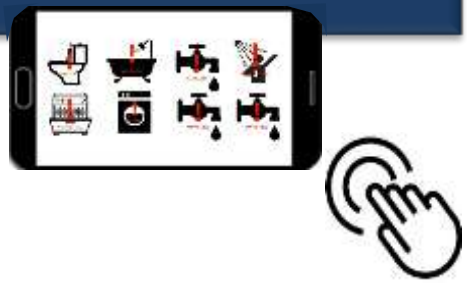
Scala di Utenza: diagramma di flusso

MODULO 1.
REGISTRAZIONE UTENTE

MODULO 2.
BENCHMARK DINAMICO
- *2.1 Aggiornamento SINGOLO*
- *2.2 Aggiornamento TIPOLOGIA*

VOLUME MISURATO DA CONTATORE

MODULO 3.
TOOL (CODICE DI CALCOLO VOLUMI – INDICATORI)



Strumento rivolto al consumatore della risorsa idrica, atto al monitoraggio dei consumi idrici domestici.

Scala di Utenza: Modulo di Registrazione (1/3)

DATI UTENTI

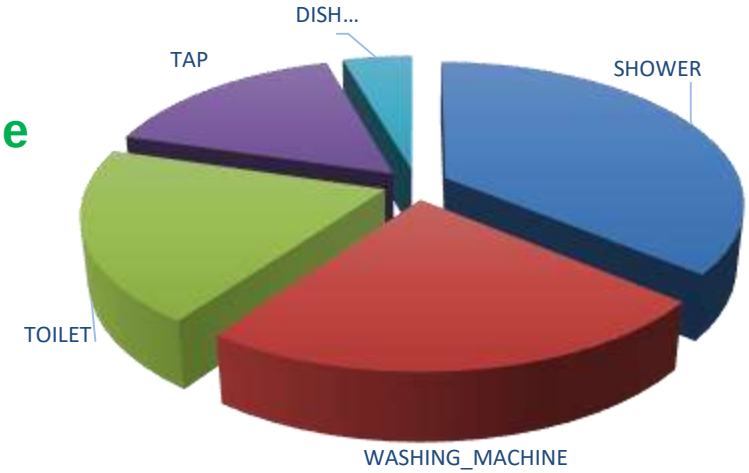
1. Numero di utenti

CARATTERISTICHE UTENZA

1. Metratura
2. Apparecchiature presenti

- ☑ WC
- ☑ Doccia
- ☑ Rubinetti
- ☐ Vasca da bagno
- ☑ Lavastoviglie
- ☑ Lavatrice
- ☐ Usi esterni

→ Coeff. Ripartizione [%] VOLUME RIFERIMENTO globale



POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Scala di Utenza: Modulo di Registrazione (2/3)

CARATTERISTICHE UTENZA

1. Metratura
2. Apparecchiature presenti
3. Dettagli Apparecchiature e Abitudini utenti

--- WC ---

Hai un wc ad elevata efficienza?
Se si, lo utilizzi correttamente?

SI => Intensità −
NO => Intensità +

--- LAVABO ---

Lavabo con riduttore di flusso?

SI => Intensità −
NO => Intensità +

--- LAVELLO ---

Di solito lavi i piatti a mano?

SI => Durata −
NO => Durata +

--- DOCCIA ---

La tua doccia è provvista di riduttore di flusso?

SI => Intensità −
NO => Intensità +

Quanto minuti lasci scorrere l' acqua prima di entrare in doccia?
(Attesa acqua calda)

Durata [doccia] +

--- LAVASTOVIGLIE ---

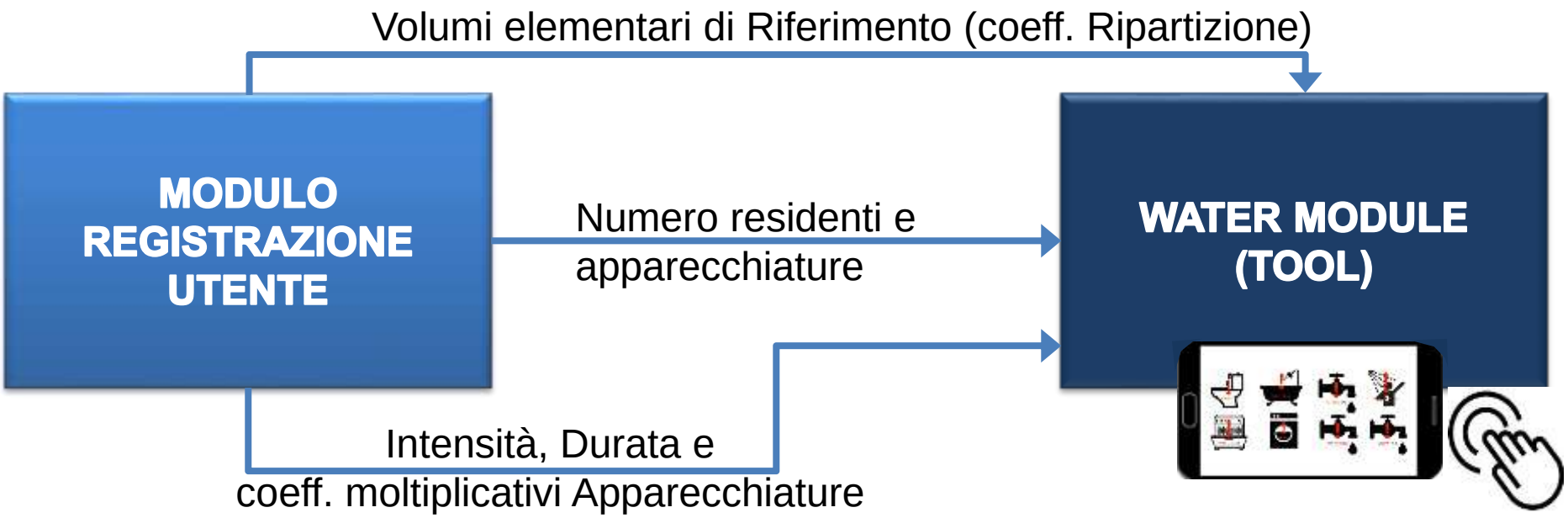
La tua Lavastoviglie è Efficiente (classeA/A+)?

SI => L/ciclo, Consumo energetico[kwh], CO2 −
NO => L/ciclo, Consumo energetico[kwh], CO2 +

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
Regione Emilia-Romagna

Scala di Utenza: Modulo di Registrazione (3/3)

Flusso di dati



CSTLWater
POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Scala di Utenza: Modulo di Aggiornamento (1/5)

Modulo Aggiornamento SINGOLO UTENTE

V_mis(t-3) → V_mis(t-2) → V_mis(t-1) → MODULO SINGOLO UTENTE → V_ref $_{ut}$

Modulo Aggiornamento TIPOLOGIA UTENTE

V_misA1, V_misA2, V_misA3, V_misA4 → MODULO TIPOLOGIA UTENTE (es: N = 5) → V_ref $_{TIP\ D}$

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

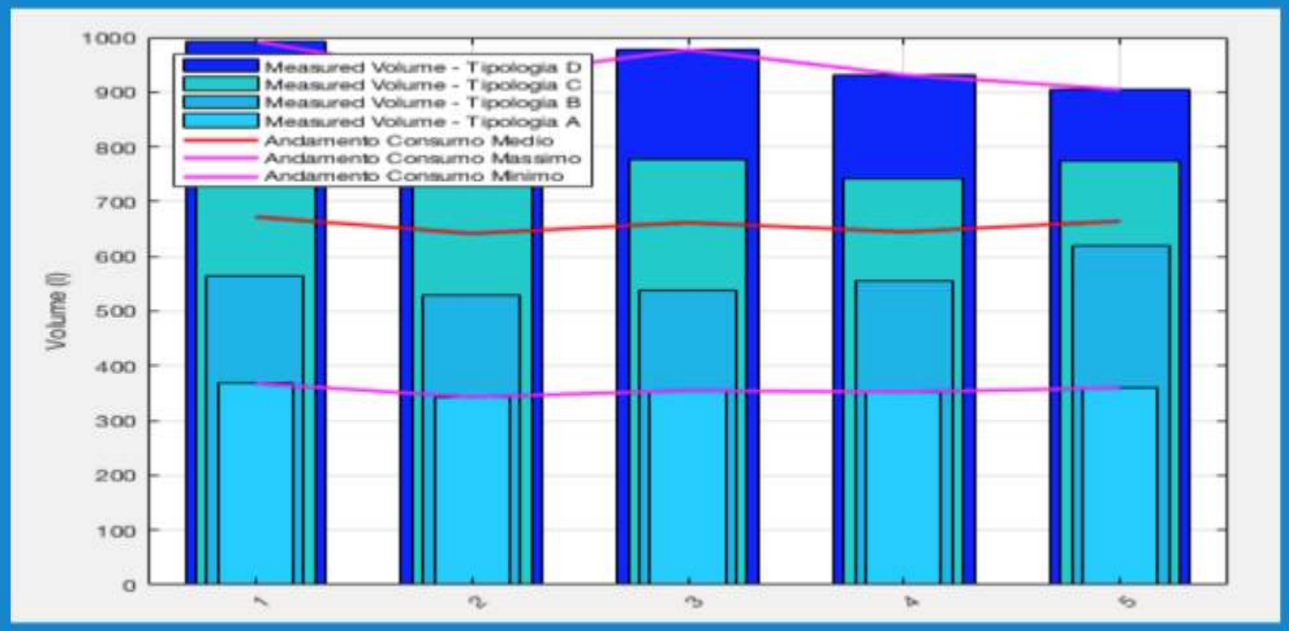
Scala di Utenza: Modulo di Aggiornamento (2/5)

Entrambi i submoduli forniscono le seguenti informazioni all' utente:

A - Andamento del consumo idrico nei giorni;

B - Volume Massimo e Minimo nei giorni;

C - Volume di Riferimento (o Vol. di Soglia) nei giorni.



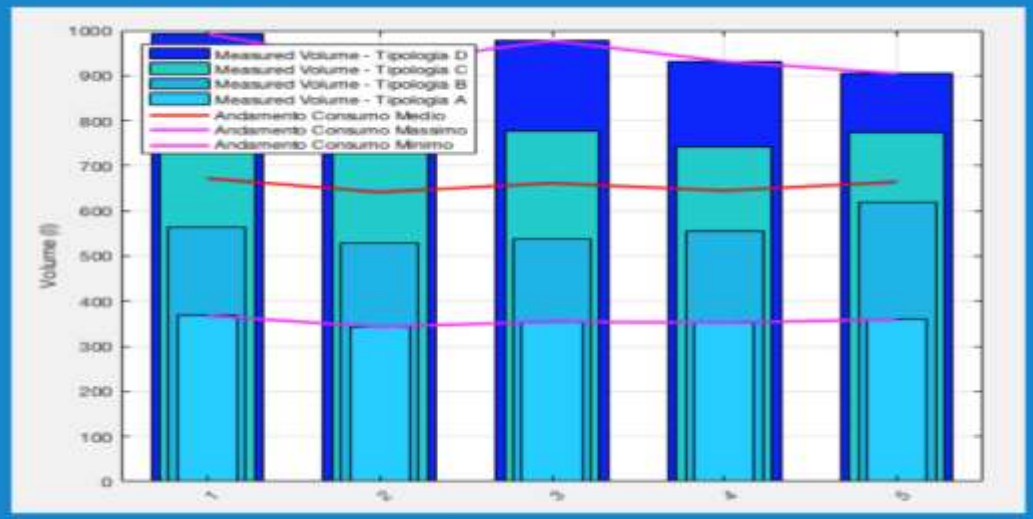
Esempio Punto A

Scala di Utenza: Modulo di Aggiornamento (3/5)

Volumi d' acqua massimi e minimi consumati

Il Modulo relativo al Singolo Utente rileva il Volume Massimo ed il Volume Minimo giornalieri misurati nel periodo precedente (max. 30 giorni).

Il Modulo relativo alla Tipologia Utente rileva il Volume Massimo ed il Volume Minimo giornalieri nel periodo precedente (max. 30 giorni) per ciascuna tipologia.

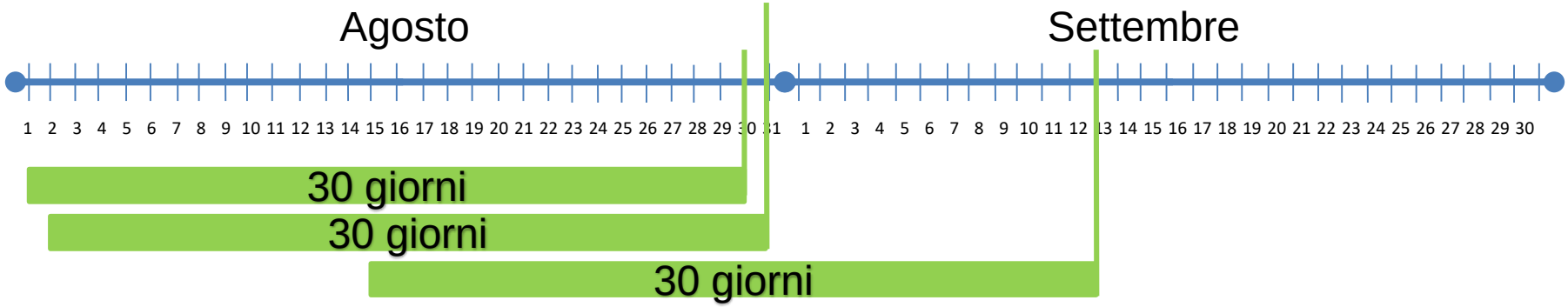


	Vol_Massimo	Vol_Minimo
TIP A	367.9	343
TIP B	619.33	529.4
TIP C	777.67	741
TIP D	992.67	904.67
Tot	992.67	343

Esempio Punto B - tipologia

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Scala di Utenza: Modulo di Aggiornamento (4/5)

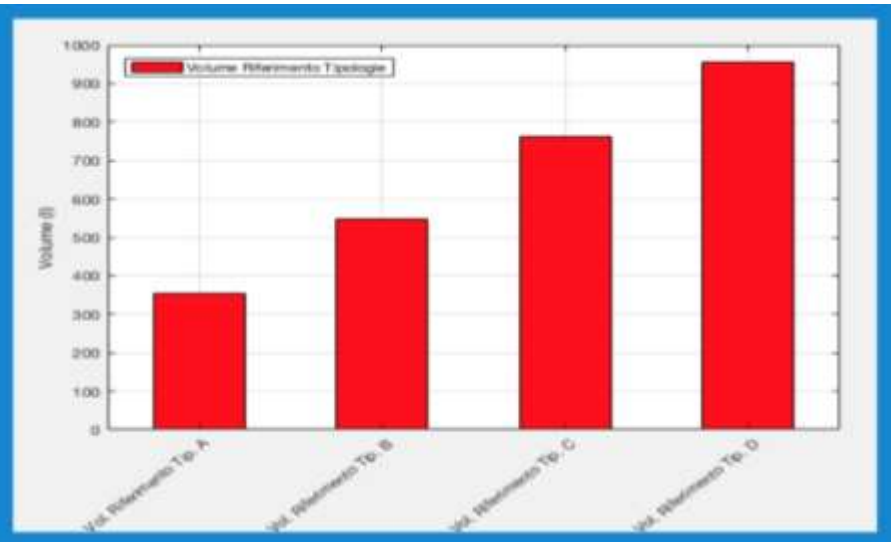


MEDIA MOBILE

Esempio - Tipologie

```
------- matrice aggiornamento --------

'/'          'TIP A'      'TIP B'      'TIP C'      'TIP D'
'feriale'    [354.5321]   [546.3889]   [762.7222]   [956.8028]
'festivo'    [     382]   [     573]   [     764]   [     955]
```

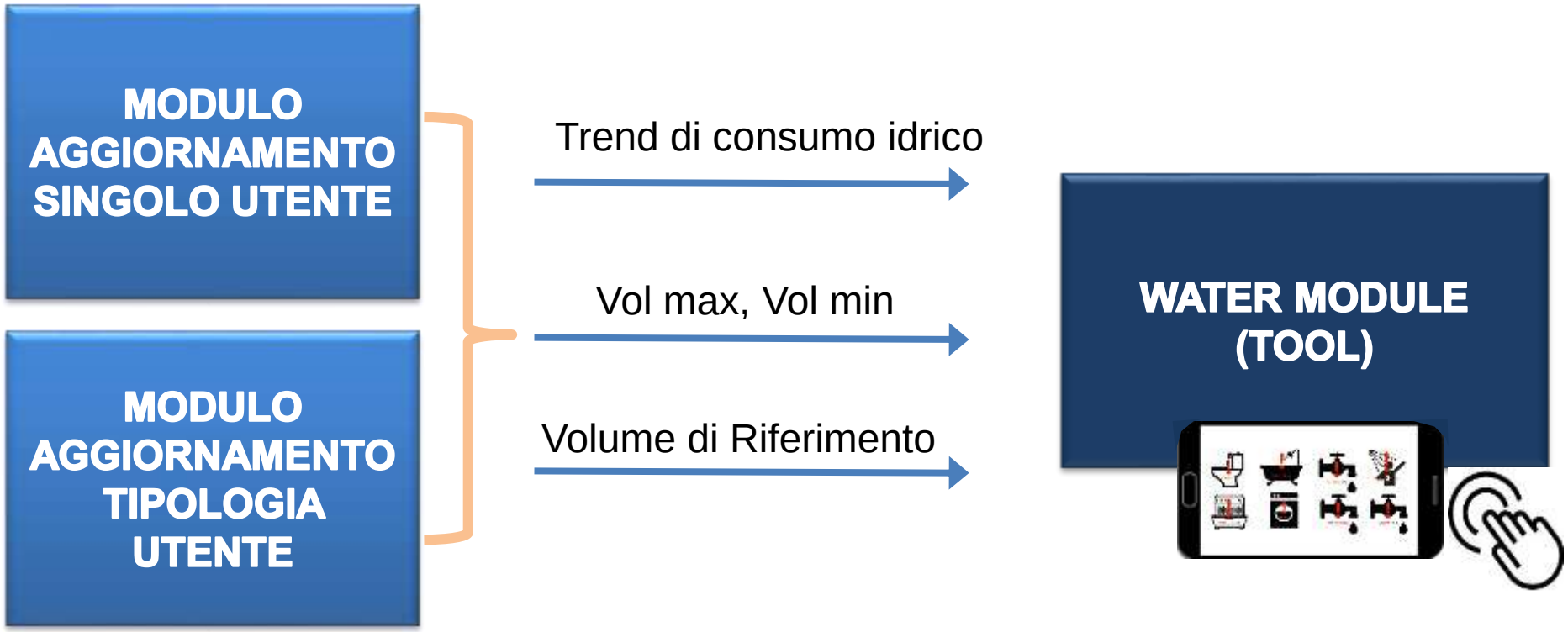


Esempio Punto C

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

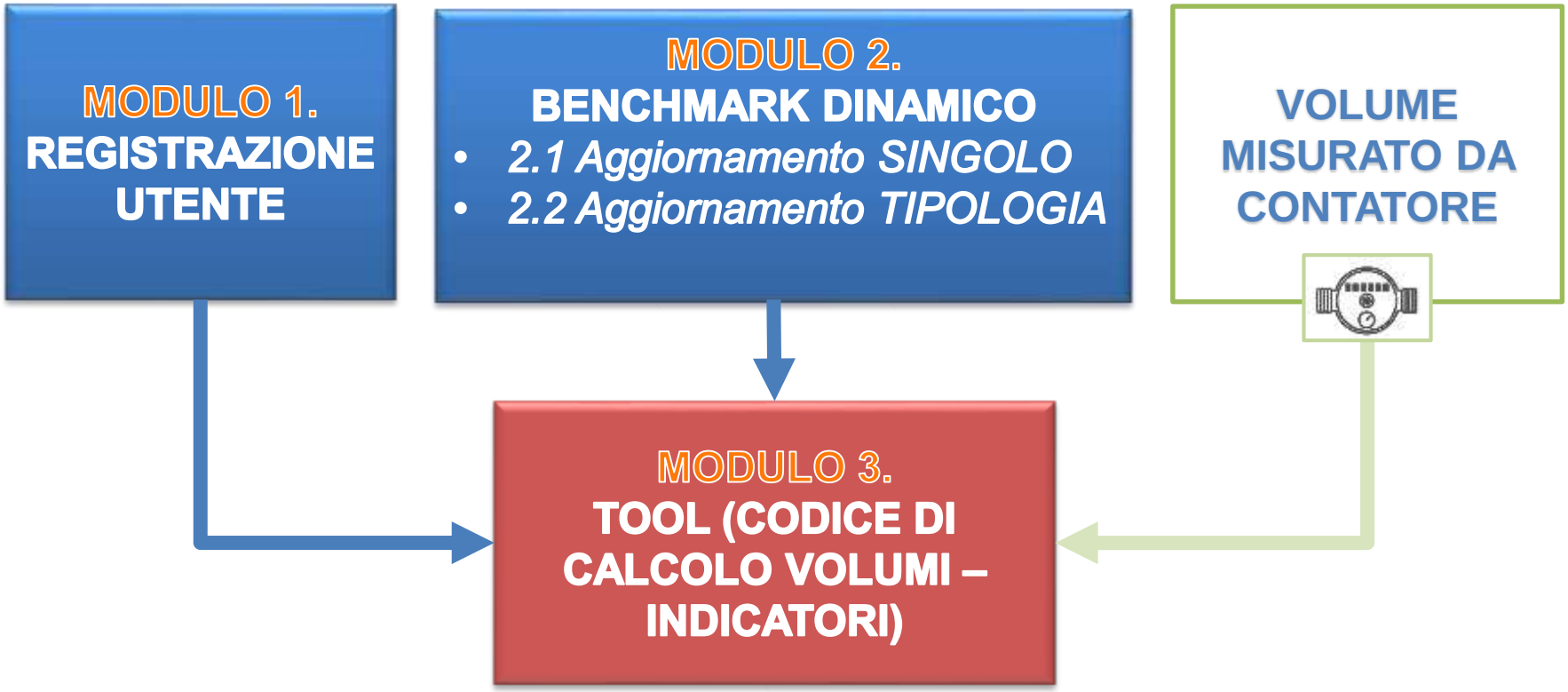
Scala di Utenza: Modulo di Aggiornamento (5/5)

Flusso di dati

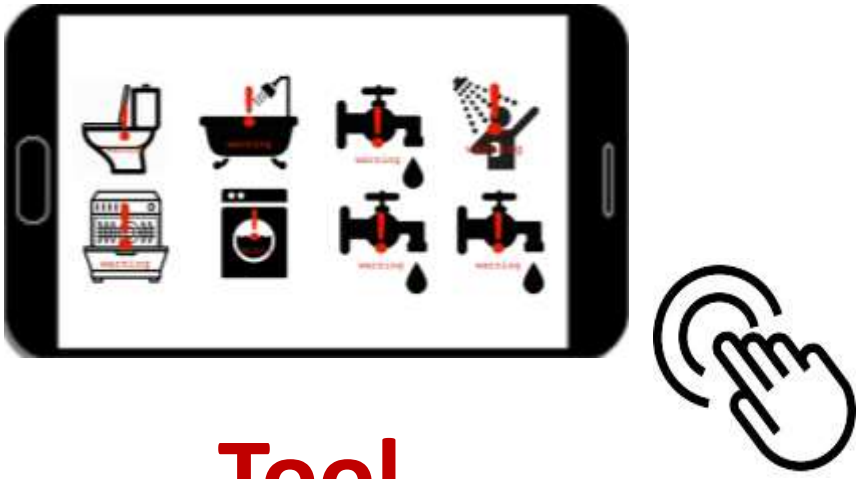


POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Flusso di dati Globale



Scala di Utenza: Tool di calcolo principale



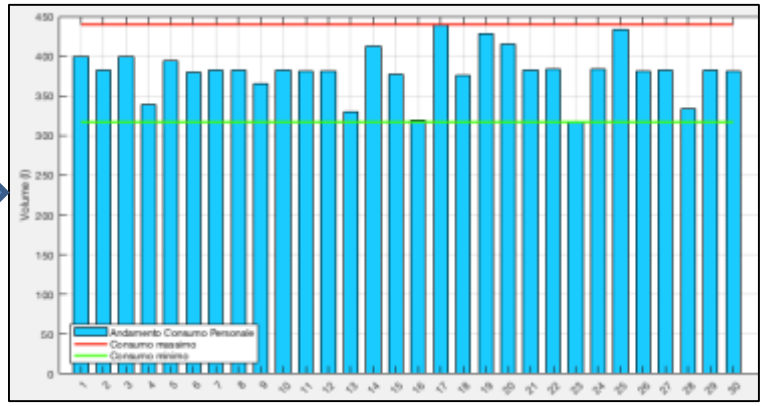
Tool

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
Regione Emilia-Romagna

Scala di Utenza: Simulazione Tool

1°STEP: Trend Consumi

Scelta di visualizzazione tra andamento del consumo idrico del singolo utente e/o tipologia utente.



2°STEP: Scelta del Volume di Riferimento

1 – Riferimento al Consumo Idrico Personale ;
2 – Riferimento al Consumo Idrico della Tipologia Utenza.

3°STEP: Confronto Volumi Globali

Volume misurato

402 L

Volume di riferimento (benchmark)

395.8 L

DA Mod.Registraz.
N utenti = 2

ECCEDENZA RELATIVA AL VOLUME TOTALE CONSUMATO NELL' ABITAZIONE

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Scala di Utenza: Simulazione Tool

4°STEP

Inserimento in tempo reale di:

- **Frequenza utilizzo apparecchiature (giornaliero/settimanale);**
- **Durata media doccia.**

WC
Doccia
Rubinetti
Vasca da bagno
Lavastoviglie
Lavatrice
Usi esterni

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Scala di Utenza: Simulazione Tool

Scelta di visualizzazione INDICATORI

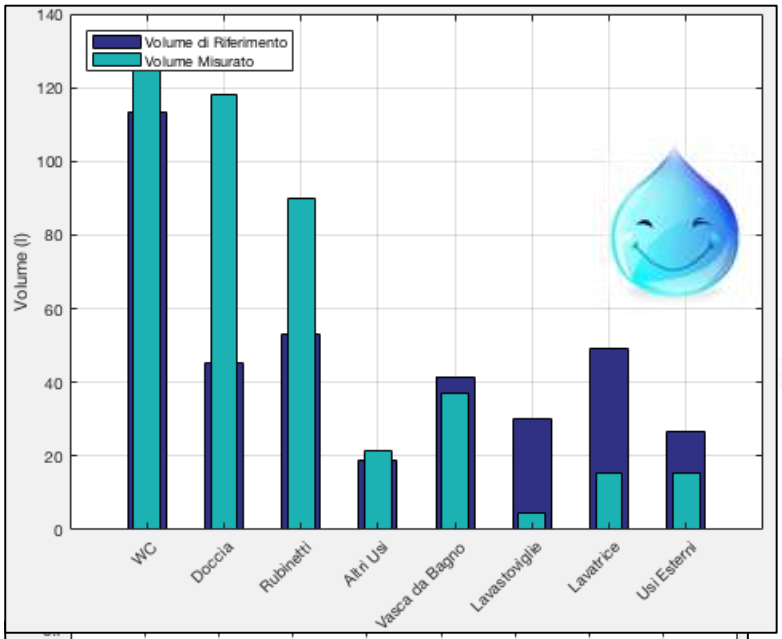
- **INDICATORE GIORNALIERO DI CONSUMO RISORSA IDRICA**
  [LITRI]

- **INDICATORE MONETARIO GLOBALE (GAS METANO, RISORSA IDRICA, ELETTRICITA')**
  [€]

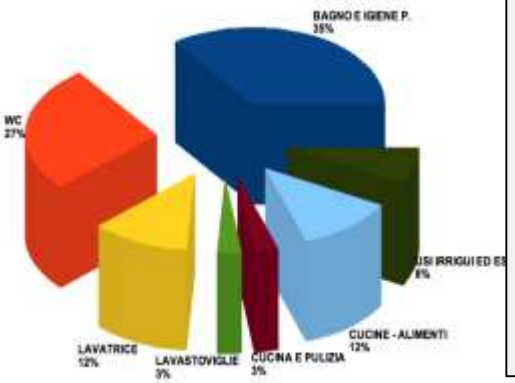
- **INDICATORE EMISSIONE CO2**
  [KgCO2 prodotti da mc gas metano]
- **INDICATORE EMISSIONE CO2**
  [KgCO2 prodotti da KWh]
- **INDICATORE EMISSIONE TOTALE CO2**
  [KgCO2]

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

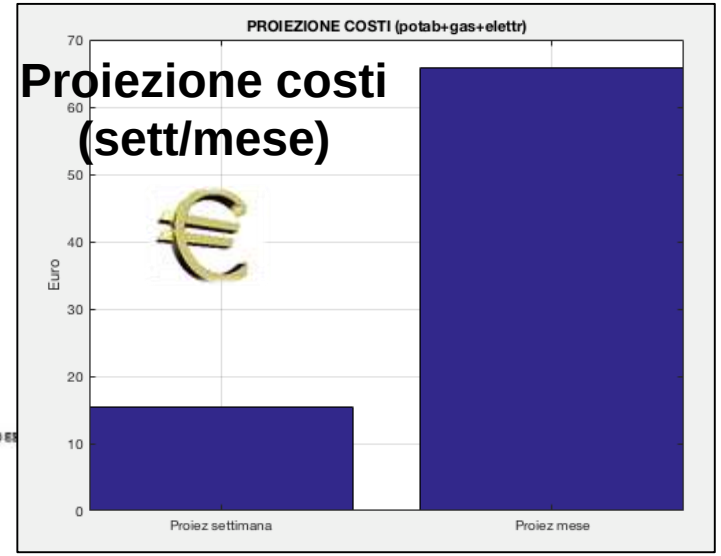
Simulazione Tool: Output Indicatori

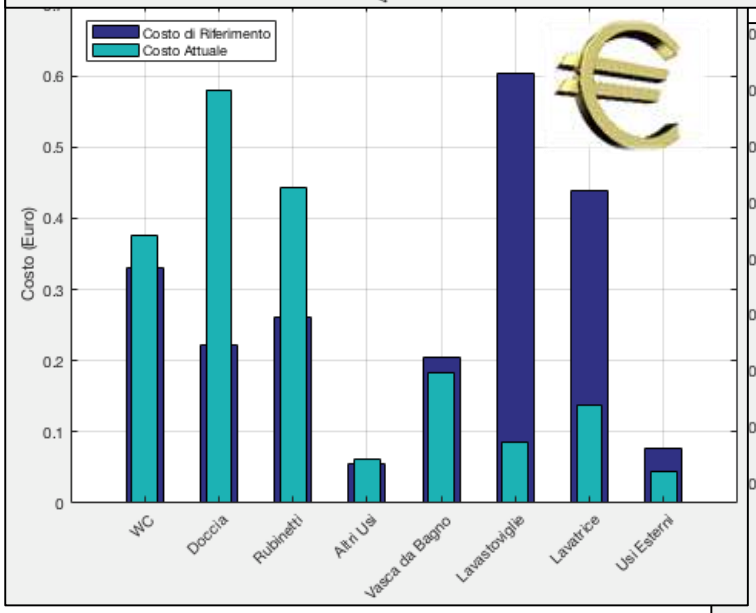


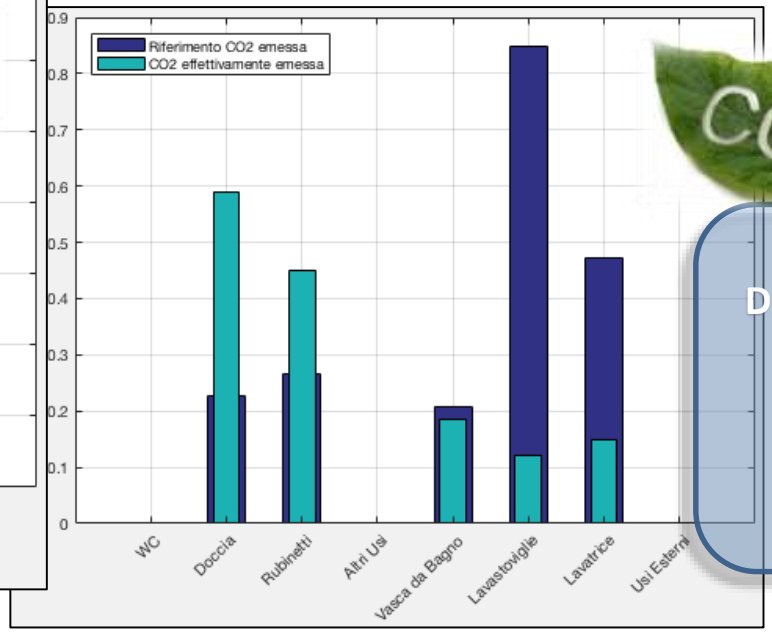
Consumi elementari apparecchiature



Proiezione costi (sett/mese)







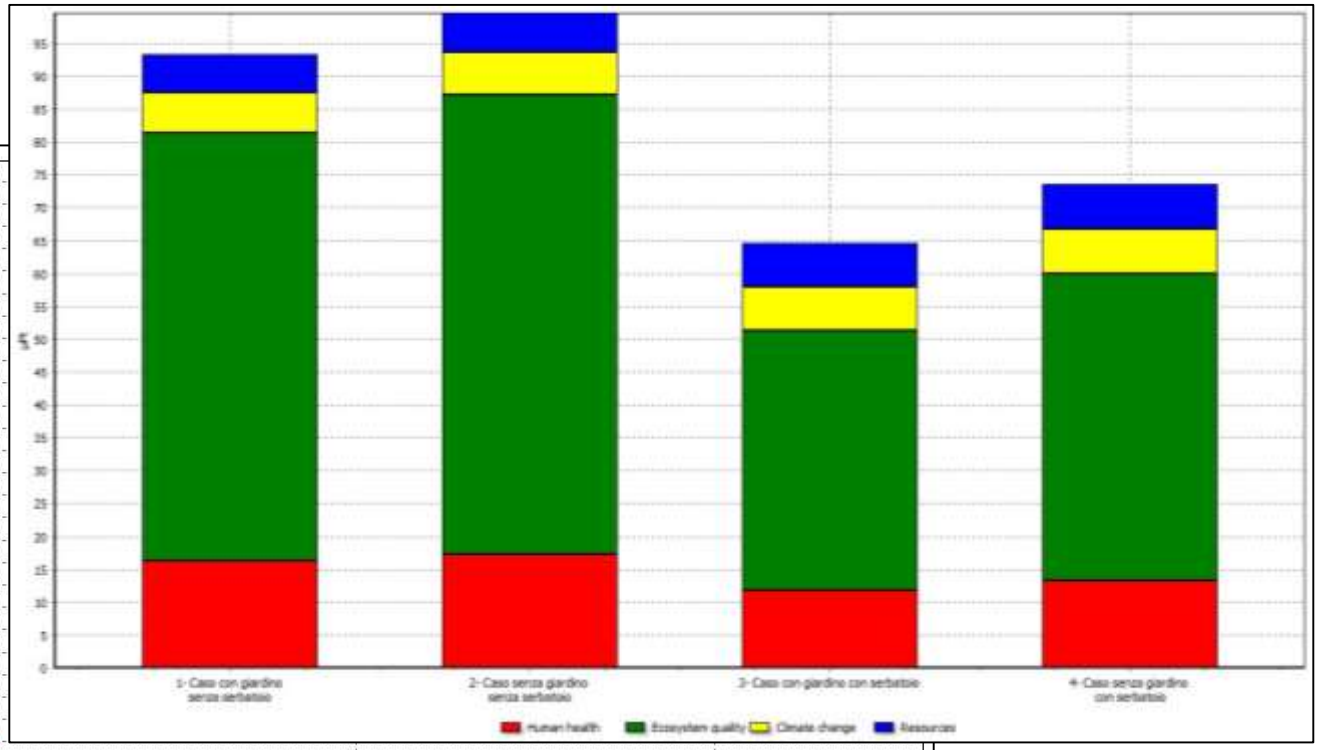
'THATS EQUIVALENT TO DRIVING A PASSENGER CAR FOR … Km!

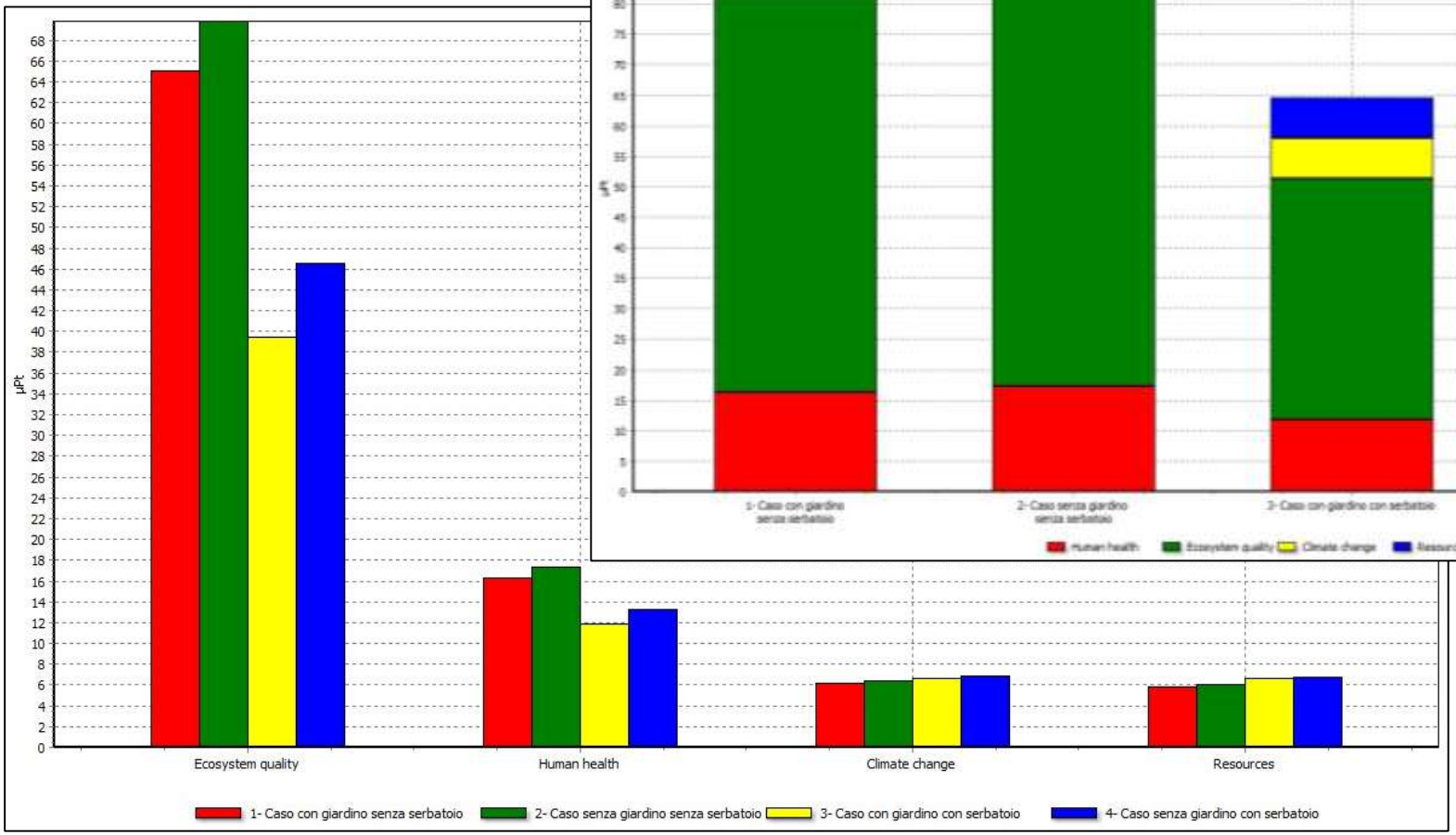
POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
RegioneEmilia-Romagna

Simulazione Tool: Categorie di impatto ambientale

Risorse
Cambiamento climatico
Salute umana
Qualità ecosistema

<u>Senza</u> Recupero Grigie (con/senza giardino)
<u>Con</u> Recupero Grigie (con/senza giardino)





Simulazione Tool: Suggerimenti per l'utente

SUGGESTIONS WATER & ENERGY SAVING

1. Installing low-flow faucets you spare about 50% of water per day!
2. Install shower aerators: you save 50% of water/day
3. Shorten your shower by one minute
4. Purchase an efficient dish washer
5. Purchase an efficient washing machine (-40% electric energy & -50% water)
6. Replace your toilet with a dual-flush toilet: you spare about 40% of water per day!
7. Turn off the water while you shave or brush your teeth!
8. Washing machine: make a full load!
9. Consider installing a greywater system!
10. Consider installing a rainwater system!

POR FESR EMILIA-ROMAGNA 2014/2020
UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale
Regione Emilia-Romagna