PROGETTO IDROFORSU

Tecnologia Innovativa per la gestione della frazione organica dei rifiuti solidi urbani con residuo di processo compatibile con un potenziale riutilizzo agronomico

Avviamento e sperimentazione del sistema

REGIONE PUGLIA

DIPARTIMENTO SVILUPPO ECONOMICO, INNOVAZIONE, ISTRUZIONE, FORMAZIONE E LAVORO, SEZIONE RICERCA, INNOVAZIONE E CAPACITÀ ISTITUZIONALE

UNIONE EUROPEA

FONDO EUROPEO DI SVILUPPO REGIONALE

MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO

Intervento cofinanziato nell'ambito del POR Puglia FESR-FSE 2014-2020
Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione - Azione 1.4.b
BANDO INNOLABS
Sostegno alla creazione di soluzioni innovative finalizzate a specifici problemi di rilevanza sociale
Investiamo nel vostro futuro

Progetto IDROFORSU - codice REGKH90

D1 – Avviamento e sperimentazione del sistema

Il sistema realizzato è costituito da una sezione per il trattamento termicosullalinea in ingresso ai digestori della FORSU
Sulla base dei dati disponibili in letteratura e da quanto emerso dalle precedenti attività sono state individuate le condizioni operative ottimali per condurre il digestore anaerobico in semicontinuo. Il prototipo realizzato è dotato di un miscelatore, che ha la funzione di omogeneizzare il contenuto del reattore stesso. Il sistema inoltre è equipaggiato con sistema di riscaldamento per mezzo di tracciature elettrica incamiciata al reattore , misura e controllo della temperatura e quadro elettrico di potenza e di controllo. L'impianto è dotato di strumentazione per la misura di temperatura, pH,produzione di volume di biogas e CH4.
Il ciclo eseguito è il seguente:

1. riempimento di un reattore con il materiale da trattare;
2. messa in pressione del reattore (10 bar);
3. riscaldamento della materia prima fino al raggiungimento della temperatura operativa;
4. la materia prima è mantenuta alla temperatura operativa ed in pressione per il tempo necessario allo svolgimento del processo di idrolisi (circa 20 minuti);
5. svuotamento del reattore in un serbatoio di disconnessione;
6. flashing della matrice nel reattore in fase di svuotamento e iniezione del vapore prodotto nell'altro reattore appena riempito;
7. cessione calore dei fanghi nel serbatoio di disconnessione a quelli in ingresso nel reattore in riempimento;
8. da quest'ultimo serbatoio di stoccaggio, la matrice raffreddata (circa 50°C) viene avviata al trattamento di digestione anaerobica previa riduzione di pressione (1 bar).

Il digestore anaerobico è stato inoculato con fango proveniente da un co-digestore fanghi operante in condizioni mesofile e sarà esercito in condizioni semicontinue, cioè alimentato con un prefissato quantitativo di materia prima, preventivamente sottoposta a pretrattamento meccanico e termico (132°C) ogni 2-3 giorni. Lo scopo del test è quello di

- individuare la concentrazione di sostanza solida ottimale per ottenere le migliori prestazioni possibili dal processo senza generare fenomeni di inibizione;
- ottimizzare il tempo di residenza idraulico del digestore anaerobico
- ottimizzare la temperatura all'interno del digestore

Al fine di valutare le prestazioni dell'impianto si è attuato un programma di campionamento della fase liquida per la misura analitica dei solidi totali, solidi totali volatili, COD solubile, pH, alcalinitàtotale, azoto totale ed ammoniacale.
Per quanto riguarda invece la fase gassosa, il programma ha previsto la misura del volume e della composizione (in termini di contenuto di metano) del biogas prodotto.
Durante la prima fase è stata valutata l'efficienza del solo digestore anaerobico su scala pilota in modo da ottenere le performance di riferimento (in termini di riduzione dei solidi sospesi e produzione di biogas) per le fasi successive. Durante tale fase, il digestore, inizialmente inoculato mescolando fango anaerobico proveniente da impianti di depurazione. Dopo l'avviamento il reattore è stato mantenuto in esercizio per qualche settimana senza effettuare ulteriori carichi o spurghi per consentire alla biomassa microbica di acclimatarsi nei confronti della matrice alimentata nonché permettere un iniziale arricchimento delle popolazioni in grado di utilizzarla come substrato di crescita.

Il digestore ha operato in modo discontinuo (funzionamento a batch) ad un tempo di residenza idraulico di 20 giorni. Nello specifico venivano alimentati ed allontanati circa 10 litri di FORSU e FORSU digerita ogni 2 giorni. La temperatura ed il pH all'interno del digestore sono stati continuamente monitorati e mantenuti rispettivamente a 38 °C e 6.9. Le performance del digestore sono state valutate mediante il prelievo di campioni di FORSU di alimento, FORSU digerita espulsa e biogas prodotto. In particolare i campioni di FORSU sono stati caratterizzati attraverso la misura dei parametri tipici quali il contenuto di solidi totali, solidi sospesi totali, solidi volatili, solidi sospesi volatili, COD totale, COD solubile, azoto totale, fosforo totale. Il biogas è stato invece caratterizzato sia in termini volumetrici (ossia volume di biogas prodotto per volume di FORSU alimentata), mediante un totalizzatore di flusso, che di composizione (CH_4, CO_2, H_2, N_2, O_2, H_2S) mediante l'utilizzo di un gas-cromatografo.
Durante la seconda fase, il digestore è stato alimentato con FORSU sottoposto a trattamento termico rendendola un prodotto liquido, con bassa viscosità, igienizzato e facile da digerire.
Il trattamento termico a cui è sottoposto la FORSU contribuisce a ridurre le su caratteristiche idrofile , liberando l'acqua intercellulare, e migliorandone sensibilmente la disidratabilità.
È necessario inizialmente prelevare il quantitativo di FORSU necessaria da processare alla frantumazione meccanica. Successivamente si passa alla fase di diluizione in acqua.
La soluzione ottenuta viene caricata previa apertura valvola manuale in testa al reattore. Da questo momento viene attivata la fase di riscaldamento del reattore attraverso la resistenza elettrica ad immersione.Il controllo in loop sulla attivazione/disattivazione della resistenza è eseguito sino a quando la temperatura interna rilevata nel reattore raggiunge i 100°C. In concomitanza a questo processo di riscaldamento vi è quello di pressurizzazione del reattore che avviene attraverso l'utilizzo di un compressore connesso direttamente al reattore. I valori massimi di pressione (10 bar) e di temperatura sono regolati dal sistema di controllo, una volta raggiunti viene spento automaticamente il compressore e disattivata la linea di alimentazione alla resistenza riscaldante. Successivamente ad un tempo di attesa di circa 30 minuti avviene l'apertura della valvola che collega ireattori. In questa fase il sistema attende che la FORSU venga portata a temperatura di 40°C ed alla pressione di 1 bar. Il verificarsi di queste due condizioni fa si che venga aperta la valvola che collega il reattore di flashing al digestore e successivamente l'avvio della pompa per il trasferimento totale della FORSU. Il digestore è equipaggiato con sonda di temperatura che consente di monitorarla e regolarla costantemente a 38°C attraverso un loop automatico di controllo ON/OFF con la traccia elettrica incamiciata nella metà inferiore del digestore. Un sensore per il monitoraggio del pH, installato sul digestore, consente di monitorare e controllare costantemente tale parametro. Il sistema di controllo gestisce automaticamente un loop di regolazione per l'immissione di bicarbonato disciolto in acqua nel digestore in funzione del valore di pH rilevato. Il monitoraggio delle concentrazioni della CO_2 e del CH_4 prodotti all'interno del digestore avviene in continuo attraverso un apposito analizzatore IR connesso attraverso un circuito chiuso di prelievo e immissione gestito da una pompa peristaltica installata all'interno dell'analizzatore.
Per la caratteristica del processo anaerobico, durante tutta la fase di digestione, il sistema è interfacciato con l'esterno attraverso una valvola di non ritorno connessa ad un serbatoio di accumulo di biogas prodotto, evitando in questa maniera l'immissione di aria all'interno del digestore.
L'obiettivo di questa parte del lavoro sperimentale è stato quello di testare l'efficienza di processo al fine di ottenere la massima solubilizzazione della materia organica presente nella FORSU, per una migliore e più rapida produzione di biogas durante il processo di digestione anaerobica.
Pertanto, sono state eseguite diverse prove durante le quali sono stati prelevati e caratterizzati campioni prima e dopo il trattamento termico.
Le varabili che sono state investigate sono:

- La temperatura diprocesso;

- Il tempo di durata delpretrattamento;
- Il pH dell'ambiente di idrolisi

Le temperature di pretrattamento indagate sono state 90, 100, 110 e 120 °C. Per quanto riguarda invece la durata del pretrattamento, i tempi sono stati scelti in modo tale da verificare se vi fosse un significativo effetto sulla solubilizzazione della materia organica mantenendo tempi più o meno lunghi. Per vedere se c'era una reale differenza sono stati scelti, per ogni temperatura di pretrattamento, durate di 30 e di 60 minuti. Questi tempi vanno intesi come i tempi in cui la FORSU è stato mantenuta a tale temperatura, escludendo la fase necessaria per portare la FORSU dalla temperatura ambiente a quella scelta.
Per ciascuna condizione operativa sono stati prelevati campioni di FORSU prima e dopo il trattamento per la determinazione del contenuto di solidi totali, solidi sospesi totali, solidi volatili, solidi sospesi volatili, COD totale e COD solubile.

Fase di sperimentazione su impianto

Gestione software e hardware del sistema

Le strategie di gestione e controllo (in seguito, "Programma") sono state realizzate con software e strumenti di sviluppo tecnico Schneider Electric; l'hardware è costituito da una CPU nella quelle risiede la logica di controllo e schede di interfaccia digitali ed analogiche per il controllo e monitoraggio di sensori e utenze.
Il "Programma", quindi l'impianto, è da considerarsi in esecuzioneesclusivamente su comando da parte dell'operatore presente in campo ed è gestito da un pannello operatore HMI(Figura 1) sul quale sono visibili le variabili di processo e i comandi per la regolazione dei parametri operativi.

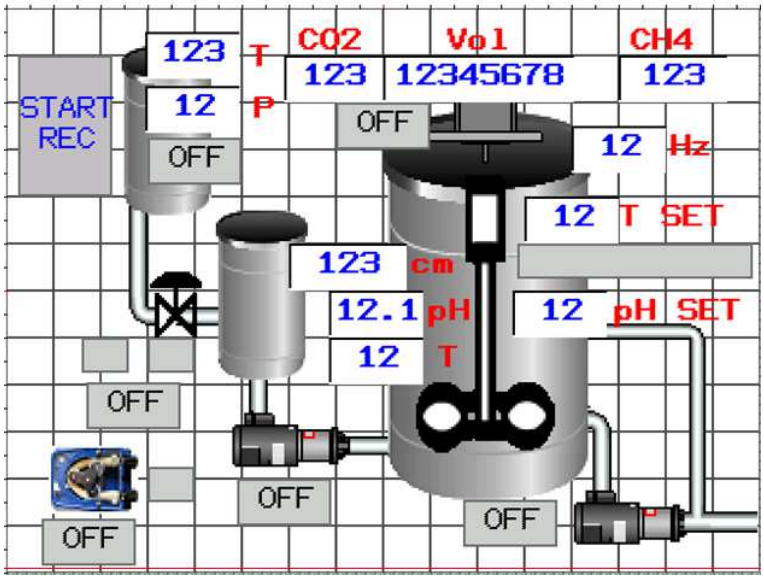


Figura 1 – Sinottico impianto

Le istruzione di seguito riportate definiscono le fasi di avviamento e sperimentazioneper la corretta gestione del sistema.

Software di controllo

L'ingegneria funzionale di base ha seguito lo schema di principio come in Figura 2 di seguito illustrato.

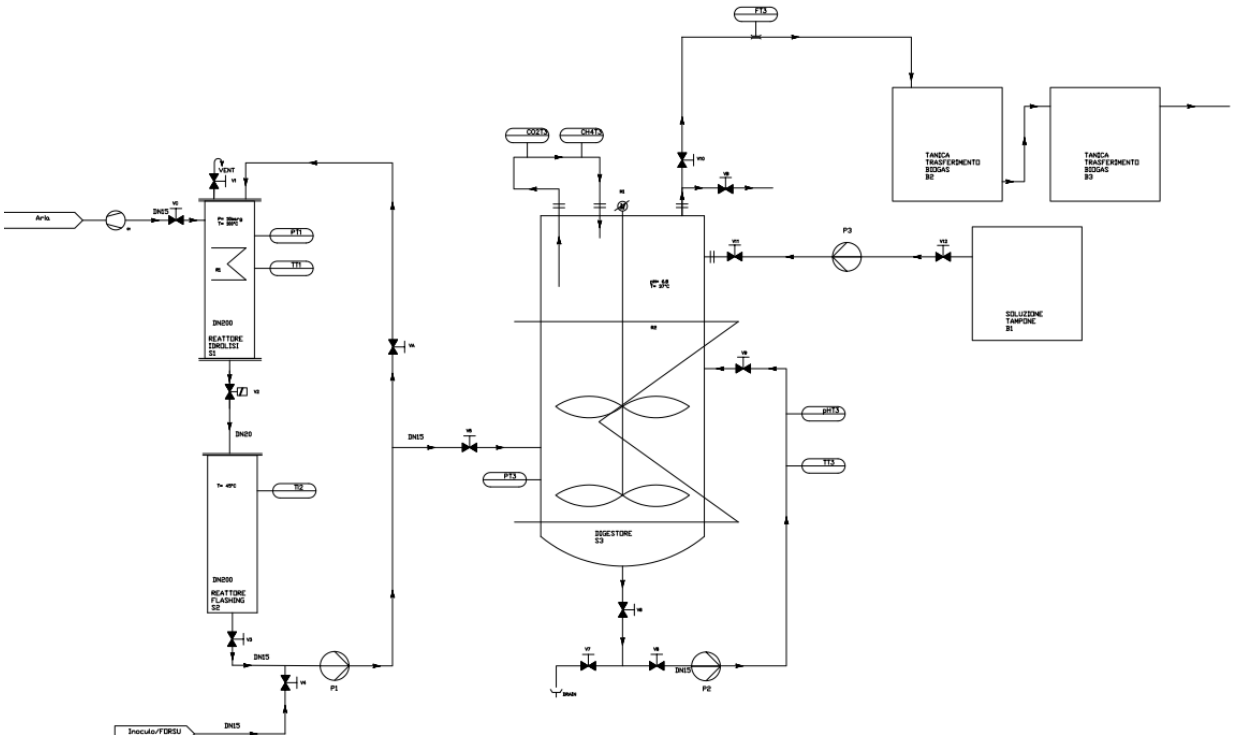


Figura 2 – P&ID del sistema

Le parti caratteristiche del sistema di idrolisi possono riassumersi, come daFigura 2, in:

- Reattore– S1;
- Serbatoio flashing – S2;
- Digestore – S3;
- Tank soluzione tampone – B1;
- Tank trasferimento biogas – B2;
- Tank trasferimento biogas – B3;
- Compressore – C1.

Ognuna delle parti è dotata di tutti gli organi di controllo e strumenti di misura e regolazione tali da garantirne il normale funzionamento alle condizioni operative previste dalle specifiche tecniche di riferimento.

Elenco delle variabili [tag] di impianto e descrizioni segnali/comandi (R lettura/W scrittura):

-	PT1	Trasmettitore di pressione reattore S1	[bar]	R;
-	TT1	Trasmettitore di temperatura reattore S1	[°C]	R;
-	TI2	Termometroserbatoio S2	[°C]	R;
-	CH4T3	Sensore CH4	[%]	R;
-	CO2T3	Sensore CO2	[%]	R;
-	FT3	Sensore portata biogas	[cc/min]	R
-	pHT3	Sensore pHS3	[valore]	R;
-	TT3	Trasmettitore di temperatura S3	[°C]	R;

-	PT3	Trasmettitore di pressione S3	[bar]	R;
-	M1	Motore a velocità variabile	[Hz]	W;
-	V2	ElettrovalvolaconnessioneS1/S2	[on/off]	W;
-	P1	Pompa di caricamento S3	[on/off]	W;
-	R1	Resistenza elettrica reattore S1	[on/off]	W;
-	P2	Pompa di ricircolo/scaricoS3	[on/off]	W;
-	P3	Pompa peristaltica per soluzione tampone	[on/off]	W;
-	R2	Tracciaelettrica S3	[on/off]	W;
-	C1	Compressore	[on/off]	W;

Operazioni preliminari e preparazione impianto

Prima di iniziare qualsiasi operazione di esercizio dell'impianto l'operatore dovrà verificare che nulla possa ostacolare la regolare funzionalità delle apparecchiature ad esso associate e/o non vi siano in corso operazioni di manutenzione meccanica od elettrica sulle apparecchiature d'impianto. Dovranno essere quindi eseguiti i seguenti controlli:

Quadro elettrico – sezione di potenza:

- Verificare che il sezionatore principale sia inserito;
- Verificare che tutti gli interruttori automatici magnetotermici siano inseriti;
- Verificare che tutti i salvamotori siano inseriti;
- Verificare che tutti i magnetotermici degli inverter siano inseriti.

Quadro elettrico – sezione di controllo:

- Verificare che tutti gli interruttori automatici magnetotermici siano inseriti;
- Verificare che il PLC sia alimentato: il led posti nella parte frontaledi tutti i singoli moduli sono accesi e di colore verde.
- Verificare la presenza di collegamento dati tra HMI e il sistema di controllo PLC.

Impianto:

- Verificare la corretta posizione iniziale di tutte le valvole manuali.

Procedura di avviamento

L'operatore opera in accordo con il documento citato quale appendice tecnica di riferimento per le logiche funzionali previste dalle condizioni operative e quale linea giuda alla corretta conduzione ed interpretazione di quanto rilevato dai sinottici operatore.

Caricamento reattore S1

Le fasi si susseguono nel seguente ordine:

1. chiusura valvole VC, V3 e V5;
2. apertura valvoleV4, VA e V1;
3. attivazione pompa P1;
4. spegnimento pompa P1;
5. chiusura valvole V4, VA e V1;
6. apertura valvola VC;
7. attivazione compressore C1.

Da questo momento viene attivata automaticamente la fase termica nel reattore S1, in particolare il compressore consente di portare la pressione all'interno del reattore ad un valore di circa 10 bar monitorata dal sensore PT1. Durante questa fase, il riscaldamento della FORSU fino al raggiungimento della temperatura operativa, pari a circa 110°C èmonitorata dal sensore TT1 ed avviene mediante resistenza elettrica R1 installata all'interno del reattore. Raggiunta la condizione stazionaria di pressione e temperatura all'interno del reattore, questa, viene mantenuta per circa 30 minuti.

Serbatoio S2

Successivamente avviene in sequenza:

1. spegnimento compressore C1;
2. chiusura valvolaVC;
3. apertura valvola V2;
4. flashing del fango nel reattore in fase di svuotamento S1 e iniezione del vapore prodotto nell'altro reattore appena riempito S2;
5. cessione calore nel serbatoio di disconnessione a quelli in ingresso nel reattore in riempimento.

In questo serbatoio di stoccaggio S2, la FORSU è raffreddata sino al raggiungimento della temperatura di 40°C, monitorata attraverso il termometro TI2.
Successivamente il tutto è avviato al trattamento di digestione anaerobica previa riduzione di pressione a 1 bar monitorandone il valore attraverso il sensore di pressione PT1.
Gli step eseguiti per il riempimento del digestore S3 sono:

1. chiusura valvola V7 e V10;
2. apertura valvoleV3, V5 e VB*;
3. attivazione pompa P1;
4. spegnimento pompa P1;
5. chiusura valvole V3 e V5.

Digestione
La fase di digestione anaerobica in partenza prevede:

- avvio ricircolo continuo della FORSU dal basso verso l'altro:
    1. apertura valvoleV6, V8 e V9;
    2. attivazione pompa P2;
- avvio agitatore a pale a frequenza costante di 5Hz:
    3. avvio agitatore M1;
- avvio loop controllo pH:
    4. apertura valvole V11 e V12;
    5. avvio pompa peristaltica P3 (opzionale);
- avvio loop controllo temperatura:
    6. Attivazione traccia elettrica R2 (opzionale);
- Apertura valvola V10;
- Chiusura valvola VB.

Campionamento fase liquida
Il campionamento della parte digerita avviene secondo i seguenti step:

1. arresto agitatore M1;
2. arresto pompa P2;

3. attesa 40 min;
4. chiusura valvola V6;
5. apertura valvoleV7;
6. Chiusura valvola V7 (dopo aver prelevato il volume di interesse).

Durante questa operazione, la valvola V10 nella condizione aperta, consente di rimpiazzare il volume di liquido prelevato con lo stesso volume di biogas prodotto e presente nelle taniche B2 e B3.

Campionamento fase gassosa

(*) Il campionamento della fase gassosa avviene in concomitanza con la fase di riempimento del digestore della FORSU idrolizzata. Poiché, prima di provvedere all'alimentazione, è necessario scaricare il volume di sospensione digerita, il biogas prodotto si troverà in testa al digestore, come descritto nel campionamento della fase liquida.

Lo switching tra la valvola VB e V10 avviene successivamente al riempimento della sacca di raccolta biogas. In particolare, una volta campionato il volume di biogas sufficiente per le analisi, si procede in ordine con:

1. apertura valvola V10;
2. chiusura valvola VB.

Condivisione con il pubblico delle prestazioni ottenibili dall'impianto

Web server

L'impianto è controllabile in remoto attraverso una pagina web dedicata che consente ai vari utenti, con diversi livelli di accesso, di monitorare lo stato di funzionamento dell'impianto e le sue prestazioni.

La pagina web di accesso permette di visualizzare in tempo reale una copia speculare del pannello di controllo dell'impianto (HMI), monitorando i parametri di interesse, come, tra i più rilevanti:

- Produzione giornaliera di biogas [litri];
- Concentrazione CH4 [%].

La comunicazione Client - Server tra il proprio Pc ed il pannello di controllo presente in campo avviene attraverso l'installazione di un softwaregratuito 'Web Gate Client' della Schneider Electric.

Instradata la comunicazione all'indirizzo IP del pannello operatore, come in Figura 3, l'utente ha la possibilità di monitorare il pannello operatore (HMI) esclusivamente in modalità lettura, evitando in questa maniera la variazione o modifica involontaria di parametri e stati operativi del sistema.

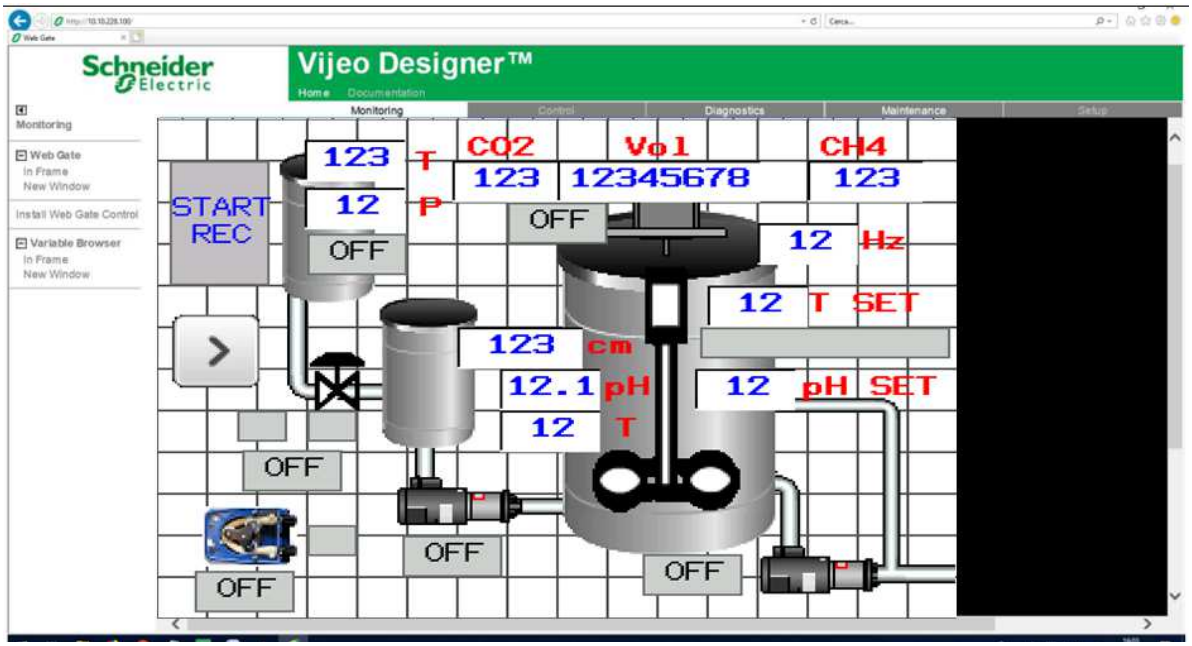


Figura 3 - accesso alla pagina web del HMI

L'accesso remoto consente inoltre il download dei dati periodicamente registrati dal sistema, garantendo in questo modo di conservare ed analizzare lo storico dati relativo alle prestazioni dell'impianto.

L'installazionedi un apposito programma gratuito 'Filezilla client' consente di accedere alla memoria interna del PLC e effettuare il download dei file registrati, come mostrato in Figura 4.

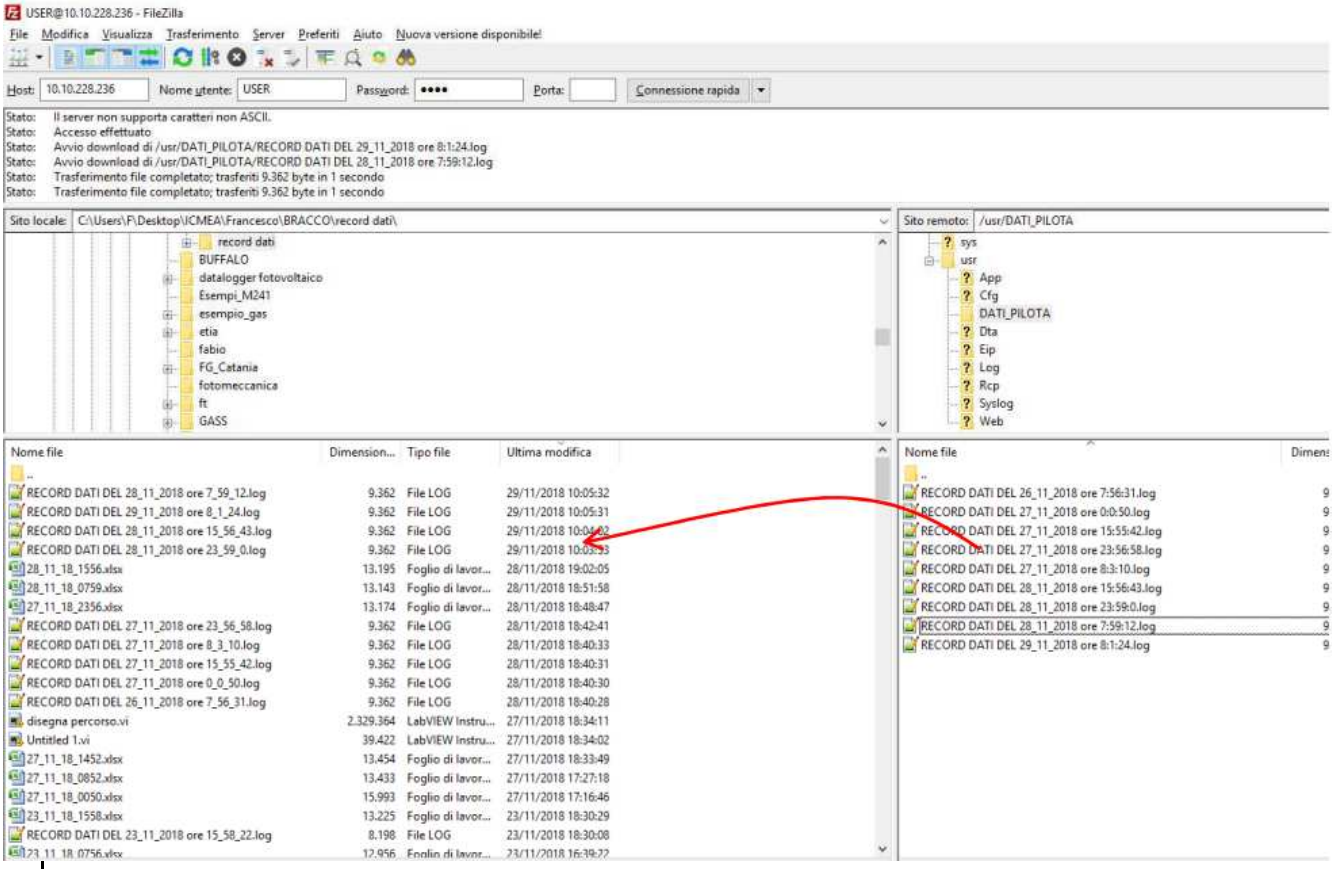


Figura 4 – accesso alla memoria interna del PLC