

# Processo di produzione ed imbottigliamento del latte

Relazione sul processo di produzione realizzato con  
InTouch di Wonderware

di *Cavenaghi Mattia*

**Indice:**

<b>Il processo nella realtà</b>	<b>pag. 3</b>
<b>Il processo nel progetto</b>	<b>pag. 4</b>
<b>a) Fase uno</b>	<b>pag. 8</b>
✓ <i>In che cosa consiste?</i>	
✓ <i>La programmazione</i>	
✓ <i>Lo script</i>	
<b>b) Fase due</b>	<b>pag: 10</b>
✓ <i>In che cosa consiste?</i>	
✓ <i>La programmazione</i>	
✓ <i>Lo script</i>	
<b>c) Fase tre</b>	<b>pag. 12</b>
✓ <i>In che cosa consiste?</i>	
✓ <i>La programmazione</i>	
✓ <i>Lo script</i>	
<b>d) Fase quattro</b>	<b>pag. 15</b>
✓ <i>In che cosa consiste?</i>	
✓ <i>La programmazione</i>	
✓ <i>Lo script</i>	
<b>e) Fase cinque</b>	<b>pag. 17</b>
✓ <i>In che cosa consiste?</i>	
✓ <i>La programmazione</i>	
✓ <i>Lo script</i>	
<b>f) I guasti</b>	<b>pag. 21</b>
1. <i>Lo scambiatore</i>	
2. <i>Le bottiglie</i>	
3. <i>Livello del serbatoio</i>	
4. <i>L'acqua di raffreddamento</i>	
5. <i>Guasto del serbatoio</i>	
<b>g) Gli allarmi</b>	<b>pag. 29</b>

## Il processo nella realtà

Il processo che ho scelto di rappresentare, è la produzione del latte in bottiglia; in particolare, ho deciso di approfondire la fase di pastorizzazione di tale alimento.

Il latte, munto quotidianamente, viene dapprima stoccato in silos di acciaio inossidabile, e successivamente, trasportato attraverso autocisterne, alla Centrale del Latte più vicina. Qui subisce un'attenta analisi di che ne esamina le caratteristiche chimiche e batteriologiche. Il latte viene poi avviato al processo di *pastorizzazione*.

Il *processo di pastorizzazione*, è un processo di riscaldamento di un liquido (nel nostro caso, del latte) ad una temperatura di circa 70 - 75 °C (per il latte, la temperatura di pastorizzazione ideale, è di 72 °C per 15 secondi), per distruggere i batteri e gli altri microrganismi potenzialmente nocivi senza modificarne la composizione, il sapore e l'eventuale valore nutritivo. Questo processo deve il suo nome al microbiologo francese Louis Pasteur, che lo mise a punto nel 1865 per inibire la fermentazione del vino e del latte.

Durante tale processo il latte viene scremato ed omogeneizzato; la scrematura è un trattamento fisico - meccanico di centrifugazione del latte, effettuato a 55 - 60 °C con lo scopo di separare tutta o in parte la materia grassa del latte (la panna), in modo da produrre il "latte magro" (grasso max. 0,3%), o il "parzialmente scremato" (grasso max. 1,8%). L'omogeneizzazione, invece, è un trattamento, puramente meccanico, che consiste nel far passare il latte a forte pressione attraverso fori strettissimi. Ciò permette di frantumare in piccolissime particelle il grasso presente, evitandone così l'affioramento in grumi e rendendo il latte più digeribile. Una volta pastorizzato, il latte viene di nuovo raffreddato ad una temperatura di 4 °C e stoccato in un serbatoio prima dell'invio alla riempitrice.

Oggi giorno si possono produrre in media dalle 8000 alle 20000 bottiglie/ora (in bottiglie di da 1 litro, o in vetro) e dalle 6000 alle 14000 di confezioni di latte (Tetra Brick Aseptic, Tetra Rex).

## Il processo nel progetto

### Introduzione

Nel mio progetto ho scelto di suddividere l'intero processo in cinque fasi principali:

- Fase uno: svuotamento del serbatoio di stoccaggio e riempimento della vaschetta di pastorizzazione attraverso una pompa centrifuga;
- Fase due: scaricamento della vaschetta del pastorizzatore, e riempimento della scrematrice. Operazione effettuata sempre attraverso una pompa centrifuga;
- Fase tre: scrematura del latte crudo in latte semilavorato ed eventuale panna (a seconda del tipo di produzione che si è voluta eseguire);
- Fase quattro: omogeneizzazione del latte semilavorato (scremato);
- Fase cinque: la fase finale; dall'omogeneizzatore, il latte viene fatto scorrere in una condotta riscaldata per essere pastorizzato; al termine di questo procedimento, il latte viene finalmente imbottigliato.

La finestra principale, da cui è possibile supervisionare il processo è qui di seguito, rappresentata in *figura 1*:

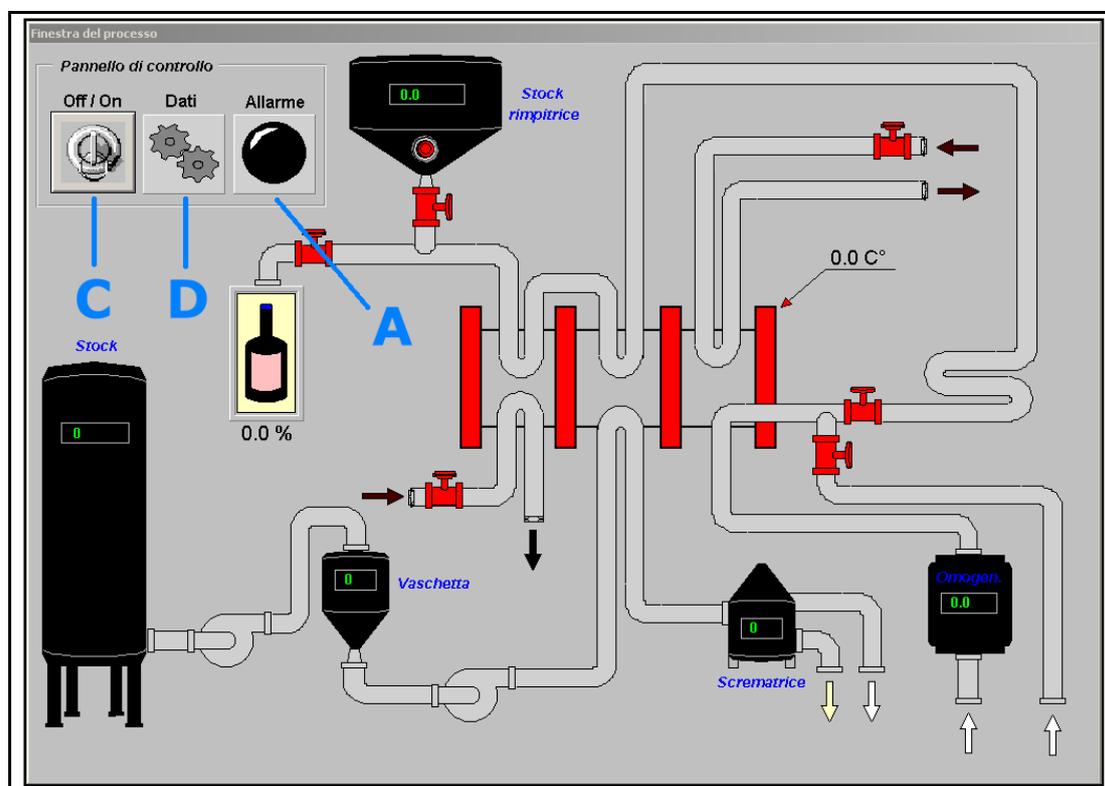


Figura 1

Si possono notare cinque serbatoi (di stoccaggio, la vaschetta del pastorizzatore, la scrematrice, l'omogeneizzatore e lo stoccaggio di emergenza), le condotte di collegamento da un serbatoio all'altro, un dispositivo di riscaldamento che chiameremo scambiatore termico: formato da delle piastre a contatto con la condotta del latte, e la figura di una bottiglia. Inoltre nell'angolo superiore sinistro vi sono i principali comandi di gestione del processo.

La chiave d'accensione (**C**), permette, appunto, l'avvio del processo, per meglio comprendere tale procedimento, è bene analizzare lo script associato alla condizione **accensione**:

**accensione:**

**On False: (a)**

```
v_acqua_fredda = 0;
```

```
Show "Conferma";
```

**While False: (b)**

```
acqua_fredda = 0;
```

```
controller_temperatura = 0;
```

**On True: (c)**

```
v_acqua_fredda = 1;
```

```
acqua_fredda = 1;
```

Lo stato (**c**), attiva l'acqua fredda necessaria a raffreddare lo scambiatore nel tratto appena prima dell'imbottigliamento; mentre gli stati (**a**) e (**b**), disattivano, l'acqua, e visualizza una finestra di conferma d'interruzione del processo. Sotto, sono riportate la figura della finestra (*figura 2*):

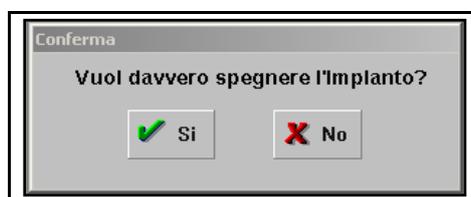


Figura 2

Ed il relativo script:

```
controller_temperatura = 0;
stock = 0;
pastorizzatore = 0;
scrematrice = 0;
latte_scremato = 0;
panna = 0;
omogeneizzatore = 0;
stock_riempitrice = 0;
bottiglia = 0;
bottiglie_disponibili = 0;
bottiglie_prodotte = 0;
opt_li = 0;
opt_lps = 0;
opt_lm = 0;
HideSelf;
```

Tale script, alla pressione del pulsante "si", azzerava tutti i serbatoi, contatori ed opzioni, rendendo l'impianto, pronto per un nuovo ciclo produttivo.

Cliccando sul pulsante (**D**), viene visualizzata la finestra d'immissione dei dati per la produzione; è bene ricordare che tutti i campi devono essere riempiti, in caso contrario, la produzione potrebbe generare degli allarmi. Tali campi consistono in:

1. Quantità di latte giornaliero disponibile: per un massimo di 100000 litri;

2. Quantità di bottiglie disponibili: in magazzino, per un massimo di 100000 pezzi;
3. Temperatura dello scambiatore: a differenza del comando presente nella finestra di processo, il quale incrementa la temperatura di 0,1 C° per 100 msec, quello presente nella finestra “**Dati di produzione**”, incrementa la temperatura di 1 C° ogni 100 msec. Tale meccanismo ci tornerà utile per risolvere i casi di surriscaldamento dello scambiatore;
4. Tipo di latte da produrre: la scelta verte su una delle tre opzioni: latte intero (grasso 3,5%), latte parzialmente scremato (PS, grasso 1,8%), e latte magro (grasso 0,3%).

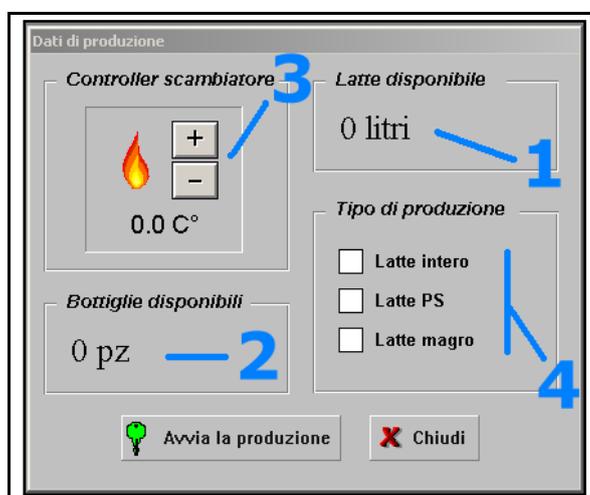


Figura 3

Considerando il campo numero 4, è opportuno spiegare lo script associato alla singola opzione, presente nell'**Application script**:

```

...
IF opt_li ==1 THEN
opt_lps = 0;
opt_lm = 0;
v_li_in = v_latte_in;
v_li_out = v_latte_out;
stock_li = latte_scremato;
percentuale = 0;
guasto6 = guasto_li;
ELSE
v_li_in = 0;
v_li_out = 0;
stock_li = 0;
ENDIF;
...

```

Per analogia agli altri tre script, ne ho riportato uno solamente, in questo caso è quello associato all'opzione del latte intero; si possono notare diversi parametri, importanti, come vedremo, per la fase numero tre:

- ✓  $v\_li\_in = v\_latte\_in$ : stabilisce quale valvola di ingresso, del serbatoio di stoccaggio del latte, deve venir attivata;
- ✓  $v\_li\_out = v\_latte\_out$ : come l'opzione precedente, ma riferita alla valvola d'uscita;

- ✓ `stock_li = latte_scremato`: seleziona il giusto serbatoio di stoccaggio per questo tipo di latte (nel nostro esempio per il latte intero);
- ✓ `percentuale = 0`: corrisponde alla percentuale di panna che viene prodotta dal tipo di latte selezionato;
- ✓ `guasto6 = guasto_li`: stabilisce quale guasto viene attivato (vedi capitolo “**I guasti**”).

Come si può notare, le altre linee di codice, disattivano i dispositivi non interessati dalla lavorazione del tipo di latte selezionato.

Tornando alla finestra principale del processo, accanto al pulsante di inserimento dati, è presente il pulsante/spia di visualizzazione degli allarmi (**A**), ma di questo, ne parleremo nel capitolo “**Gli allarmi**”.

Passiamo ora all’analisi degli script principali: gli script di fase.

## a - Fase uno

### *In che cosa consiste?*

Come già accennato nell'introduzione, la fase uno consiste nello svuotamento del serbatoio di stoccaggio e del conseguente riempimento della vaschetta del pastore; lo stoccaggio, (figura 4) è un serbatoio di acciaio inossidabile della capacità di 100-120 mila litri di latte, il quale viene raccolto e conservato giornalmente ad una temperatura di 4 C°. Da qui il latte viene versato nella vaschetta di pastorizzazione avente capacità di 300 litri, e fornita di tre sonde di livello: livello alto (290 litri), livello basso (30 litri) e livello continuo (200 litri).

Il motivo per cui è presente anche la sonda di livello continuo è perché, appunto, il processo di pastorizzazione è un processo continuo, che non può essere interrotto, se non per gravi motivi. Come si vedrà in seguito, la maggior parte dei serbatoi sarà fornita delle tre sonde di livello.

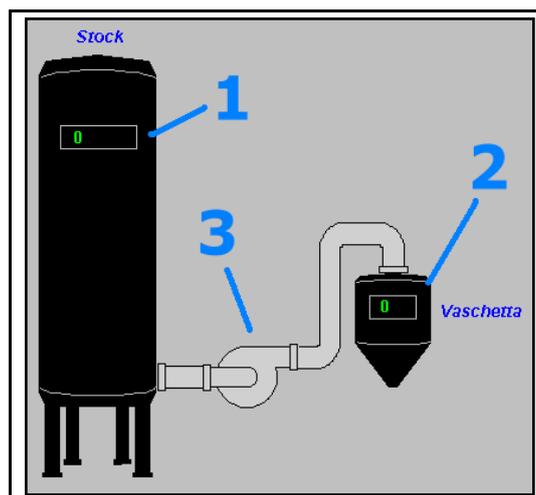


Figura 4

### *La programmazione*

Nel programma, il serbatoio di stock è rappresentato da una figura a riempimento verticale con limite massimo di 100000 litri, fornito di un'uscita che lo collega alla vaschetta tramite una pompa centrifuga (3). Per finire gli è stata associata un'etichetta per la continua visualizzazione del contenuto del silos (1).

La vaschetta di pastorizzazione, invece, è stata rappresentata come un piccolo serbatoio di 300 litri di capacità, avente anch'esso un'etichetta per la visualizzazione del contenuto (2) e le tre sonde di livello.

Per attivare il ciclo produttivo, e quindi, la fase uno, è necessario cliccare sul pulsante "**Avvia la produzione**" della finestra "**Dati di produzione**".

### *Lo script*

Qui sotto è riportato lo script di **fase1**:

```

fase1:
On False: (a)
pompal = 0;

While False: (b)
stock_out = 0;
pastorizzatore_in = 0;

```

```
On True: (c)
pompa1 = 1;

While True: (d)
stock_out = 1;
pastorizzatore_in = 1;

IF stock > 0 THEN
IF opt_li == 1 OR opt_lps ==1 OR opt_lm ==1 THEN
stock = stock - 10;
pastorizzatore = pastorizzatore + 10;
ELSE
fase1 = 0;
ENDIF;
ENDIF;

IF stock < 10 THEN
IF opt_li == 1 OR opt_lps ==1 OR opt_lm ==1 THEN
pastorizzatore = pastorizzatore + stock;
stock = stock - stock;
fase1 = 0;
ELSE
fase1 = 0;
ENDIF;
ENDIF;
```

Le parti (a), (b), (c) servono per l'attivazione grafica degli elementi riguardanti la fase uno, quale: la condotta e la pompa centrifuga; la parte rilevante del nostro script è lo stato (d). Quest'ultimo, oltre ad attivare le relative parti grafiche, stabilisce la quantità per secondo, di latte da trasferire. Il secondo script dello stato (d) (*if stock < 10 then...*), regola il comportamento del trasferimento, quando il latte presente nello stock è minore di 10 litri; il valore del latte presente nello stock, viene sommato a quello del pastorizzatore, e lo stock stesso, viene posto a zero. Senza tale script non si potrebbero manipolare valori tra 1 e 10, con la conseguente perdita di alcune quantità di latte.

## b - Fase due

### *In che cosa consiste?*

Come la fase uno, anche questa, è una fase puramente di scambio tra due serbatoi: la vaschetta di pastorizzazione e la scrematrice; entrambi hanno gli accorgimenti delle sonde di livello poste a 30, 200 e 290 litri (rispettivamente: livello basso, livello continuo e livello alto).

La scrematrice, è una macchina che permette la separazione della parte grassa dal latte crudo; come vedremo, il grasso non viene scartato, anzi, viene raccolto per produrre la panna alimentare.

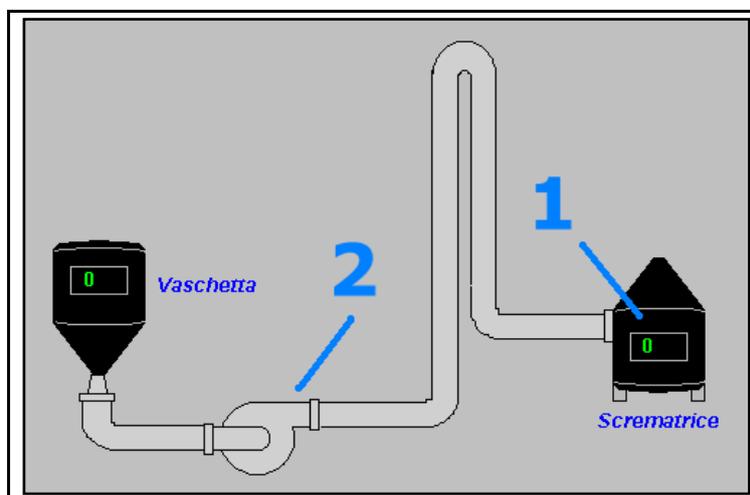


Figura 5

### *La programmazione*

Essendo, la vaschetta di pastorizzazione già descritta in precedenza, ci occuperemo della scrematrice. La realizzazione, è del tutto simile alla vaschetta: una figura a riempimento verticale con valore massimo di 300 litri. Essa è fornita anche, di un'etichetta di visualizzazione del valore corrente (**1**). La vaschetta e la scrematrice, sono collegate, come nella precedente fase, da una condotta fornita di pompa centrifuga (**2**).

### *Lo script*

L'attivazione della fase due, avviene tramite un piccolo script, inserito nell'**Application script**:

```
...
IF pastorizzatore >= 200 AND accensione == 1 THEN
fase2 = 1;
ENDIF;
...
```

Tale fase, viene quindi attivata solo quando il pastorizzatore raggiunge il livello continuo; ma, per comprendere meglio, il funzionamento della fase due, presentiamo ora, lo script:

#### **fase2:**

**On False:** (a)

pompa2 = 0;

**While False:** (b)

```
pastorizzatore_out = 0;  
scrematrice_in = 0;  
On True: (c)  
pompa2 = 1;  
While True: (d)  
pastorizzatore_out = 1;  
scrematrice_in = 1;  
  
scrematrice = scrematrice + 10;  
pastorizzatore = pastorizzatore - 10;  
  
IF pastorizzatore < 10 THEN  
scrematrice = scrematrice + pastorizzatore;  
pastorizzatore = pastorizzatore - pastorizzatore;  
fase2 = 0;  
ENDIF;
```

Come per la **fase1**, gli stati (a), (b), (c), sono accorgimenti per l'attivazione grafica delle condotte e della pompa centrifuga, mentre lo stato (d), serve, oltre al trasferimento del latte, anche per la gestione dei valori di latte superiori a 10 litri, e compresi tra 1 a 10.

## c - Fase tre

### *In che cosa consiste?*

Questa fase, è differente dalle due precedenti, difatti, pur trattandosi di un trasferimento dal serbatoio della scrematrice al serbatoio del latte scremato, entra in gioco lo script, riguardante l'opzione selezionata all'inizio del processo (vedi il capitolo “**Introduzione**”).

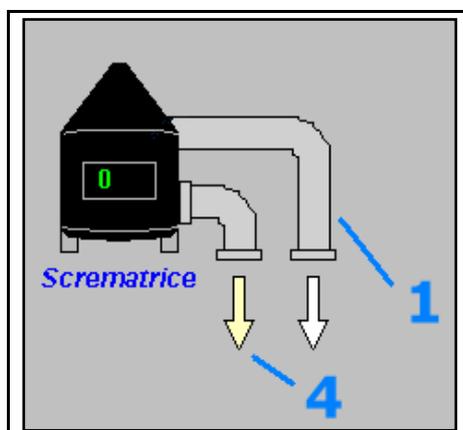


Figura 6

### *La programmazione*

La scrematrice è collegata, attraverso delle condotte (*figura 6*) (**1**) al serbatoio della panna (*figura 7*) (**2**) e alla batteria di serbatoi per il latte scremato (*figura 7*) (**3**); tutti i dispositivi sono forniti di un'etichetta di visualizzazione del livello corrente.

La panna, è raccolta in piccolo serbatoio senza sonde di livello, avente valore massimo di 3500 litri, tale valore è stato calcolato in base alla percentuale massima del valore massimo di latte giornaliero disponibile.

Per esempio, supponiamo di voler produrre latte magro (grasso 0,3%). Il latte intero da lavorare, ha una percentuale di grasso pari allo 3,5%, da cui sottraiamo la percentuale precedente, otteniamo così 3,2% di panna che si può produrre da una qualsiasi quantità di latte. Il 3,2% di 100 mila litri (valore massimo dello stock) è 3200 litri, arrotondato a 3500 per ragioni di sicurezza. Questi calcoli sono molto approssimativi, ma possono essere sufficienti per la rappresentazione del nostro processo.

Per visualizzare i serbatoi del latte scremato, basta cliccare sulle frecce poste sotto la figura della scrematrice (*figura 6*) (**4**), quello che si presenta è la batteria dei serbatoi, avente ognuno una valvola ed una condotta, sia in ingresso, che in uscita; tali serbatoi hanno capacità massima di 20000 litri e la loro utilità, verrà discussa nel capitolo “**I guasti**”.

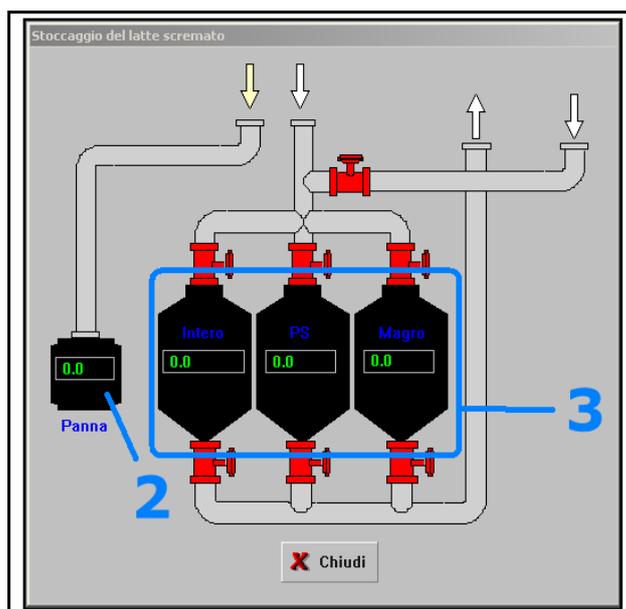


Figura 7

Tramite l'opzione selezionata all'inizio del processo di produzione, la fase tre saprà ripartire il latte intero nella giusta quantità di panna e latte scremato. Per meglio comprendere tale operazione, rimandiamo al capitolo "**Introduzione**".

#### Lo script

La fase quattro, viene attivata solamente quando il latte presente nella scrematrice, è maggiore o uguale a 200 litri, come da **Application script**:

```
...
IF scrematrice >= 200 AND accensione == 1 THEN
fase3 = 1;
ENDIF;
...
```

Lo script, associato alla fase tre, è:

#### fase3:

```
On False: (a)
v_latte_in = 0;
crocevia = 0;
condotta_latte_in = 0;
panna_in = 0;

While False: (b)
scrematrice_out = 0;

On True: (c)
v_latte_in = 1;

While True: (d)
scrematrice_out = 1;
crocevia = 1;
condotta_latte_in = 1;

IF opt_lps == 1 OR opt_lm == 1 THEN
panna_in = 1;
```

```
ELSE
panna_in = 0;
ENDIF;

latte_scremato = latte_scremato - percentuale + 10 ;
scrematrice = scrematrice - 10;
panna = panna + percentuale;

IF scrematrice < 10 THEN
latte_scremato = latte_scremato - percentuale +
scrematrice ;
scrematrice = scrematrice - scrematrice;
fase3 = 0;
ENDIF;
```

Lo stato **(a)**, **(b)**, **(c)** e parte del **(d)**, attivano in modo grafico le valvole e le condotte, ma, la parte rilevante, in tutto lo script, è lo stato **(d)**.

Tale stato, oltre a gestire il latte ai diversi livelli, (maggiore o minore di 10 litri), permette di abilitare o disabilitare la produzione di panna, a seconda che il latte in produzione, sia parzialmente scremato o magro.

## d - Fase quattro

### *In che cosa consiste?*

Quest’ulteriore fase, serve a trasferire il latte dal serbatoio di stoccaggio, all’omogeneizzatore, che, come accennato nel capitolo “**Il processo nella realtà**”, “rompe” le particelle di grasso, rendendo il latte più digeribile.

### *La programmazione*

Come per gli altri serbatoi, anche l’omogeneizzatore, presenta un’etichetta di visualizzazione del livello (1), la condotta di connessione con la batteria di serbatoi (2), e tre sonde di livello.

Dei serbatoi di stoccaggio, se n’è già discusso nel capitolo precedente.

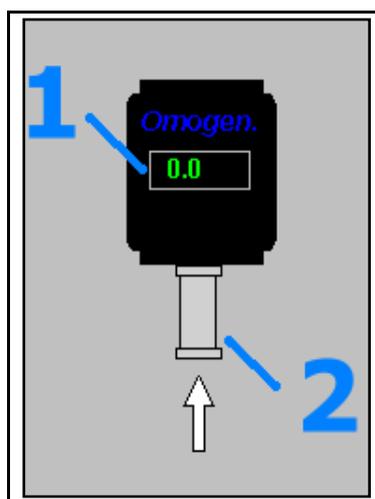


Figura 8

### *Lo script*

Per l’attivazione della fase quattro, viene impiegato lo script:

```
...
IF latte_scremato >= 1000 AND accensione == 1 THEN
fase4 = 1;
ENDIF;
...
```

Questo script, come gli altri, di attivazione di fase, è presente nell’**Application script**. Come si può vedere, la fase quattro, per essere attivata, i serbatoio di stoccaggio devono contenere, come minimo 1000 litri di latte.

Per quanto riguarda la fase quattro, lo script è:

```
fase4:
On False: (a)
v_latte_out = 0;
While False: (b)
condotta_latte_out = 0;
omogeneizzatore_in = 0;
On True: (c)
v_latte_out = 1;
```

```
While True: (d)
condotta_latte_out = 1;
omogeneizzatore_in = 1;

latte_scremato = latte_scremato - 10;
omogeneizzatore = omogeneizzatore + 10;

IF latte_scremato < 10 THEN
omogeneizzatore = omogeneizzatore + latte_scremato;
latte_scremato = latte_scremato - latte_scremato;
fase4 = 0;
ENDIF;
```

Gli stati (a), (b), (c), permettono l'attivazione grafica delle condotte e delle valvole, mentre nel (d), vi è la gestione del latte per valori maggiori di 1000 litri, o minori di 10 litri.

## e - Fase cinque

### *In che cosa consiste?*

Questa può considerarsi la fase principale e forse anche più complessa, dell'intero processo.

Il latte scremato, ed omogeneizzato, subisce un forte sbalzo termico, ad alta temperatura, che ne permette la completa sterilizzazione, da parte di agenti batterici; finito questo processo, il latte subisce un ulteriore sbalzo termico, a bassa temperatura, che ne consente il successivo imbottigliamento.

### *La programmazione*

In questa fase, sono coinvolti gli scambiatori, lo stoccaggio della riempitrice, e la figura della bottiglia; gli scambiatori sono realizzati come figure ad intermittenza, mentre lo stock e la bottiglia, come figure a riempimento verticale, avente valore massimo di 20000 litri e 100 litri. La bottiglia, si può considerare come un contatore, ogni volta che raggiunge valore 100, si azzerava e modifica il valore delle bottiglie disponibili e di quelle prodotte (visualizzabile tramite la finestra "**Produzione**" (figura 10), accessibile tramite click sulla bottiglia).

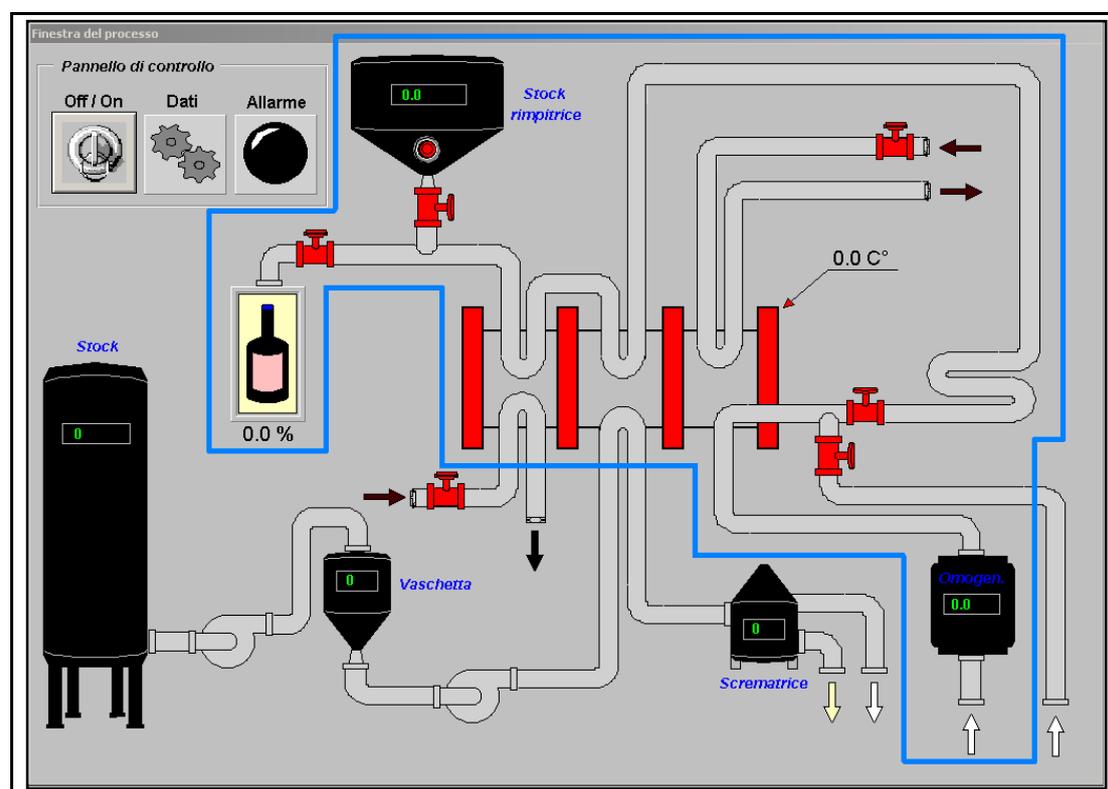


Figura 9

Ricordiamo, che se le bottiglie dovessero esaurirsi durante il processo, è possibile inserirne di nuove cliccando sull'etichetta (1), presente nella finestra "**Produzione**", riportata in figura 10.



Figura 10

**Lo script**

In tale fase, l'attivazione, si ha sempre da parte dell'**Application script**, tramite:

```
...
IF omogeneizzatore >= 200 AND accensione == 1 AND
allarme_scambiatore == 0 THEN
fase5 = 1;
ENDIF;
...
```

Le condizioni necessarie, perché la fase si attivi, è che la temperatura dello scambiatore si comprese tra i 72 ed i 72,5 C°.

Lo script di fase è:

**fase5:****On False: (a)**

```
v_stock_riempitrice = 0;
v_serpentina = 0;
crocevia2 = 0;
omogeneizzatore_out = 0;
```

**While False: (b)**

```
serpentina = 0;
```

**On True: (c)**

```
v_serpentina = 1;
v_bottiglia = 1;
omogeneizzatore_out = 1;
```

**While True: (d)**

```
serpentina = 1;
crocevia2 = 1;
bottiglia_in = 1;
omogeneizzatore = omogeneizzatore - 10;
```

```

IF v_bottiglia == 1 THEN
bottiglia_in = 1;
v_stock_riempitrice = 0;
bottiglia = bottiglia + 10;
bottiglie_prodotte = bottiglie_prodotte + 10;
bottiglie_disponibili = bottiglie_disponibili -10;
ELSE
v_stock_riempitrice = 1;
v_bottiglia = 0;
bottiglia_in = 0;
stock_riempitrice = stock_riempitrice + 10;
ENDIF;

IF omogeneizzatore < 10 THEN
IF v_bottiglia == 1 THEN
bottiglia_in = 1;
v_stock_riempitrice = 0;
bottiglia = bottiglia + omogeneizzatore;
bottiglie_prodotte = bottiglie_prodotte +
omogeneizzatore;
bottiglie_disponibili = bottiglie_disponibili -
omogeneizzatore;
omogeneizzatore = omogeneizzatore - omogeneizzatore;
ELSE
v_stock_riempitrice = 1;
v_bottiglia = 0;
bottiglia_in = 0;
stock_riempitrice = stock_riempitrice + omogeneizzatore;
omogeneizzatore = omogeneizzatore - omogeneizzatore;
ENDIF;
ENDIF;

```

All’attivarsi di tale script, l’omogeneizzatore comincia a cedere latte alla condotta, che conduce alla riempitrice. Nel caso in cui la temperatura dello scambiatore non fosse compresa tra i 72 ed i 72,5 C°, o la valvola di ingresso alla bottiglia si guastasse, viene attivato un opportuno evento di allarme, che verrà trattato nel capitolo “**I guasti**”.

Come si può notare, lo scambiatore, viene scaldato tramite una condotta, alla quale viene fornita acqua calda; la temperatura di acqua calda viene inserita come dato iniziale, nella finestra “**Dati di produzione**”, ma può essere modificata tramite la finestra “**Controller temperatura**” (figura 11).

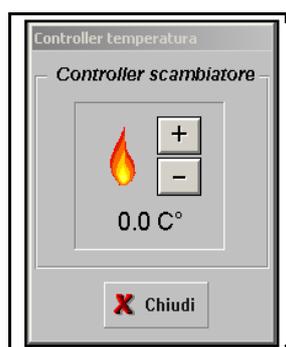


Figura 11

Inoltre, anche in quest'ultima fase, sono stati ripresi i meccanismi di gestione delle quantità di latte maggiori o minori di 10 litri.

## f - I guasti

### *In che cosa consistono?*

Con guasti, intendiamo tutti gli eventi che portano, il nostro processo, in uno stato d'allarme.

Nel nostro caso, abbiamo cercato di prevedere la maggior parte di guasti che possono verificarsi durante il processo; essi sono:

1. Temperatura dello scambiatore, minore di 72 C° o maggiore di 72,5 C°;
2. Esaurimento delle bottiglie;
3. Serbatoio troppo pieno o prossimo allo svuotamento;
4. Assenza di acqua per il raffreddamento dello scambiatore;
5. Rottura di un serbatoio;

### *1. Lo scambiatore*

Questo dispositivo, può generare un allarme nel caso in cui la sua temperatura sia inferiore di 72 C° o superiore di 72,5 C°; in tal caso, dopo aver dato l'allarme, la fase cinque viene disabilitata, attivando la condotta di emergenza, che fa confluire il latte, dall'omogeneizzatore alla batteria di serbatoi per lo stoccaggio del latte scremato.

Quando la temperatura si ristabilizza tra i 72-72,5 C°, lo stato di allarme si disabilita e la fase cinque riprende la sua esecuzione. Per meglio comprendere ciò, viene riportato il codice per disabilitare la fase cinque:

```
...
IF controller_temperatura >= 72 AND
controller_temperatura < 72.5 THEN
IF accensione == 1 THEN
allarme_scambiatore = 0;
allarme_scambiatore_char = "Temperatura OK";
ENDIF;
IF accensione == 0 THEN
allarme_scambiatore = 0;
allarme_scambiatore_char = "";
ENDIF;
ENDIF;

IF controller_temperatura < 72 THEN
spia_allarme = 1;
IF fase5 == 1 THEN
fase5 = 0;
IF omogeneizzatore >= 200 THEN
allarme_scambiatore = 1;
allarme_scambiatore_char = "Temperatura bassa!";
ENDIF;
ENDIF;
IF accensione == 0 THEN
allarme_scambiatore = 0;
allarme_scambiatore_char = "";
ENDIF;
ENDIF;
```

```

IF controller_temperatura > 72.5 THEN
spia_allarme = 1;
IF fase5 == 1 THEN
fase5 = 0;
IF omogeneizzatore >= 200 THEN
allarme_scambiatore = 1;
allarme_scambiatore_char = "Temperatura alta!";
ENDIF;
ENDIF;
IF accensione == 0 THEN
allarme_scambiatore = 0;
allarme_scambiatore_char = "";
ENDIF;
ENDIF;
...

```

Si può notare, che oltre a gestire lo script **allarme\_scambiatore**, viene gestito anche un tag di tipo carattere, l'**allarme\_scambiatore\_char**, che a seconda della situazione visualizza un messaggio relativo allo stato dello scambiatore.

Qui sotto viene riportato il codice dell'**allarme\_scambiatore**:

#### **allarme\_scambiatore:**

##### **On False: (a)**

```

v_emergenza = 0;
condotta_latte_in = 0;
crocevia = 0;

```

##### **While False: (b)**

```

condotta_emergenza = 0;

```

##### **On True: (c)**

```

v_emergenza = 1;
v_bottiglia = 0;
v_stock_riempitrice = 0;

```

##### **While True: (d)**

```

omogeneizzatore_out = 1;
condotta_emergenza = 1;
condotta_latte_in = 1;
v_latte_in = 1;
crocevia = 1;
serpentina = 0;
bottiglia_in = 0;

omogeneizzatore = omogeneizzatore - 10;
latte_scremato = latte_scremato + 10;

```

Quest'insieme di accorgimenti, evita che il latte, riscaldato troppo, venga alterato nelle sue caratteristiche organolettiche.

## 2. Le bottiglie

La quantità di bottiglie, presenti in magazzino, viene inserita tramite la finestra "**Dati di produzione**", ma, se durante il nostro ciclo produttivo, tali bottiglie dovessero esaurire, non possiamo bloccare l'intero processo, in attesa del nuovo carico di bottiglie. Così, quando le bottiglie sono in numero minore o uguale a 100, viene disattivata la valvola d'ingresso della riempitrice (1), ed il latte viene trasferito al serbatoio di stoccaggio della riempitrice (2).

Quando le bottiglie vengono "caricate", è possibile, cliccando sulla valvola della riempitrice, riempire le bottiglie; alla fine del processo produttivo, mediante il comando posto sullo stock della riempitrice (3), lo si può svuotare, producendo del nuovo latte in bottiglia.

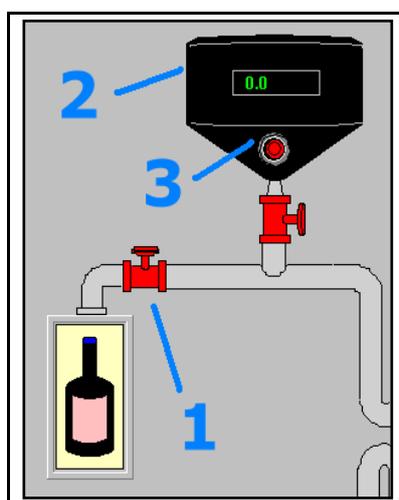


Figura 12

Lo script relativo al blocco della valvola d'ingresso della riempitrice è:

```

...
IF bottiglie_disponibili <= 100 THEN
IF accensione == 1 THEN
spia_allarme = 1;
allarme_bottiglia = 1;
allarme_bottiglia_char = "Bottiglie finite!";
v_bottiglia = 0;
v_stock_rimpitricce = 1;
ENDIF;
IF accensione == 0 THEN
allarme_bottiglia = 0;
allarme_bottiglia_char = "";
ENDIF;
ELSE
allarme_bottiglia = 0;
allarme_bottiglia_char = "Bottiglie OK";
ENDIF;
...

```

Mentre il codice relativo allo svuotamento del serbatoio di stoccaggio della riempitrice è:

**scarico:****On False: (a)**

```
IF fase5 == 0 THEN
crocevia2 = 0;
v_bottiglia = 0;
v_stock_riempitrice = 0;
ENDIF;
```

**While False: (b)**

```
IF fase5 == 0 THEN
bottiglia_in = 0;
ENDIF;
```

**On True: (c)**

```
v_stock_riempitrice = 1;
```

**While True: (d)**

```
v_bottiglia = 1;
crocevia2 = 1;
bottiglia_in = 1;

IF stock_riempitrice > 10 THEN
stock_riempitrice = stock_riempitrice - 10;
bottiglia = bottiglia + 10;
bottiglie_disponibili = bottiglie_disponibili - 10;
bottiglie_prodotte = bottiglie_prodotte + 10;
ENDIF;

IF stock_riempitrice <= 10 THEN
bottiglia = bottiglia + stock_riempitrice;
stock_riempitrice = stock_riempitrice -
stock_riempitrice;
bottiglie_disponibili = bottiglie_disponibili -
stock_riempitrice;
bottiglie_prodotte = bottiglie_prodotte +
stock_riempitrice;
ENDIF;

IF bottiglia == 100 THEN
bottiglia = 0;
ENDIF;
```

### 3. Livello del serbatoio

Ogni serbatoio, ad eccezione della batteria di serbatoi per lo stoccaggio del latte scremato, è fornito di uno o più sonde di livello; quando il livello settato nelle sonde, viene superato, si attiva un apposito allarme, fornito di messaggio.

Se il livello continuo viene violato, ossia, se in un serbatoio sono presenti meno di 200 litri (per esempio nella vaschetta di pastorizzazione), la fase associata viene sospesa, fino a che il livello non viene ripristinato. Lo script, presente nell'**Application script**, è:

```
...
IF stock < 1000 OR
pastorizzatore > 290 OR pastorizzatore < 30
OR scrematrice > 290 OR scrematrice < 30
OR omogeneizzatore > 290 OR omogeneizzatore < 30 THEN
IF accensione == 1 THEN
spia_allarme = 1;
allarmelivello = 1;
allarmelivello_char = "Controllare i livelli!";
ENDIF;
IF accensione == 0 THEN
allarmelivello = 0;
allarmelivello_char = "";
ENDIF;
ELSE
allarmelivello = 0;
allarmelivello_char = "Livelli OK";
ENDIF;
...
```

#### 4. L'acqua di raffreddamento

L'acqua di raffreddamento, viene usata per raffreddare lo scambiatore nella sua parte finale, ossia quando, il latte, deve essere imbottigliato.

Se l'acqua dovesse mancare, si avrebbe un riscaldamento eccessivo dello scambiatore, ma, come discusso in questo stesso capitolo, nella sezione “**Lo scambiatore**”, se la temperatura dello scambiatore dovesse aumentare, si ha l'attivazione dello script **allarme\_scambiatore**.

Per simulare tale guasto, è necessario cliccare sulla valvola della condotta d'acqua fredda (**V**) (figura 13).

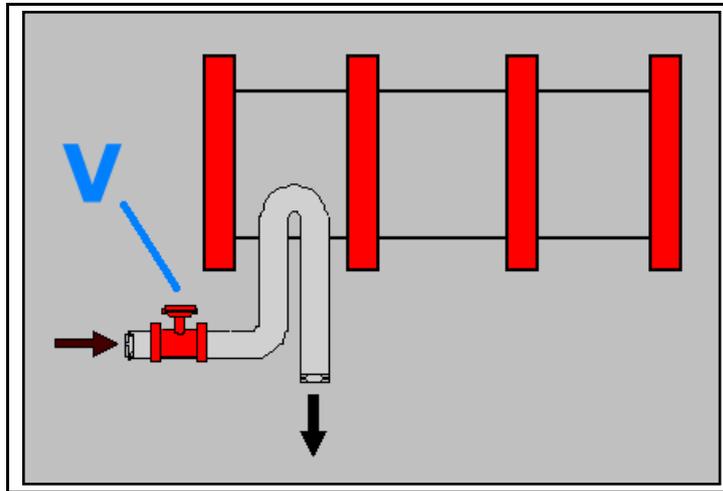


Figura 13

### 5. Guasto del serbatoio

Durante il processo, può accadere che si rompa una condotta o un serbatoio, quello che ho voluto simulare è la perdita di parte del latte che viene trasferito da un serbatoio all'altro:

```
...
IF guasto1 == 1 AND stock > 0 THEN
stock = stock - 5;
ENDIF;

IF guasto2 == 1 AND pastorizzatore > 0 THEN
pastorizzatore = pastorizzatore - 5;
ENDIF;

IF guasto3 == 1 AND scrematrice > 0 THEN
scrematrice = scrematrice - 5;
ENDIF;

IF guasto4 == 1 AND omogeneizzatore > 0 THEN
omogeneizzatore = omogeneizzatore - 5;
ENDIF;

IF guasto5 == 1 AND stock_riempitrice > 0 THEN
stock_riempitrice = stock_riempitrice - 5;
ENDIF;

IF guasto6 == 1 AND latte_scremato > 0 THEN
latte_scremato = latte_scremato - 5;
ENDIF;

IF guasto1 == 1 OR guasto2 == 1 OR guasto3 == 1 OR
guasto4 == 1 OR guasto5 == 1 OR guasto6 == 1 THEN
IF accensione == 1 THEN
spia_allarme = 1;
allarme_guasto = 1;
allarme_guasto_char = "Guasto!";
ENDIF;
IF accensione == 0 THEN
allarme_guasto = 0;
allarme_guasto_char = "";
ENDIF;
ENDIF;

IF guasto1 == 0 AND guasto2 == 0 AND guasto3 == 0 AND
guasto4 == 0 AND guasto5 == 0 AND guasto6 == 0 THEN
IF accensione == 1 THEN
allarme_guasto = 0;
allarme_guasto_char = "Nessun guasto";
ENDIF;
IF accensione == 0 THEN
allarme_guasto = 0;
allarme_guasto_char = "";
ENDIF;
ENDIF;
```

...

Oltre all’attivazione dello stato d’allarme, in caso di guasto, si può vedere l’invio del messaggio di stato; per simulare questo guasto, basta cliccare sull’etichetta col nome del serbatoio (per esempio, *figura 14*).

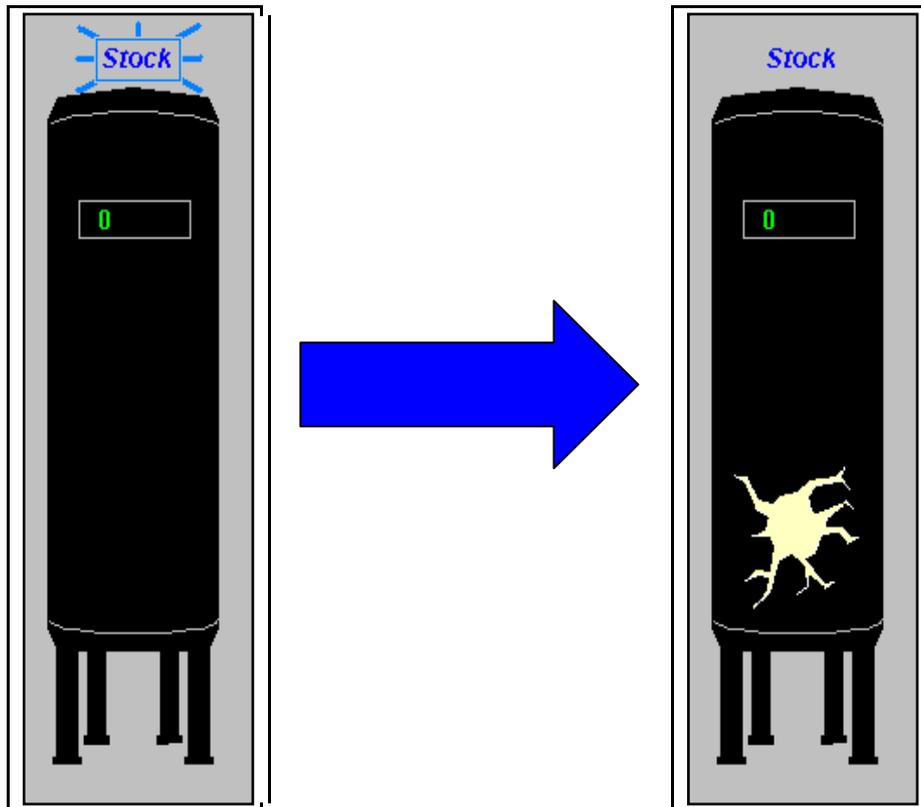


Figura 14

## f - Gli allarmi

Qui di seguito riportiamo la finestra relativa alla visualizzazione degli allarmi:

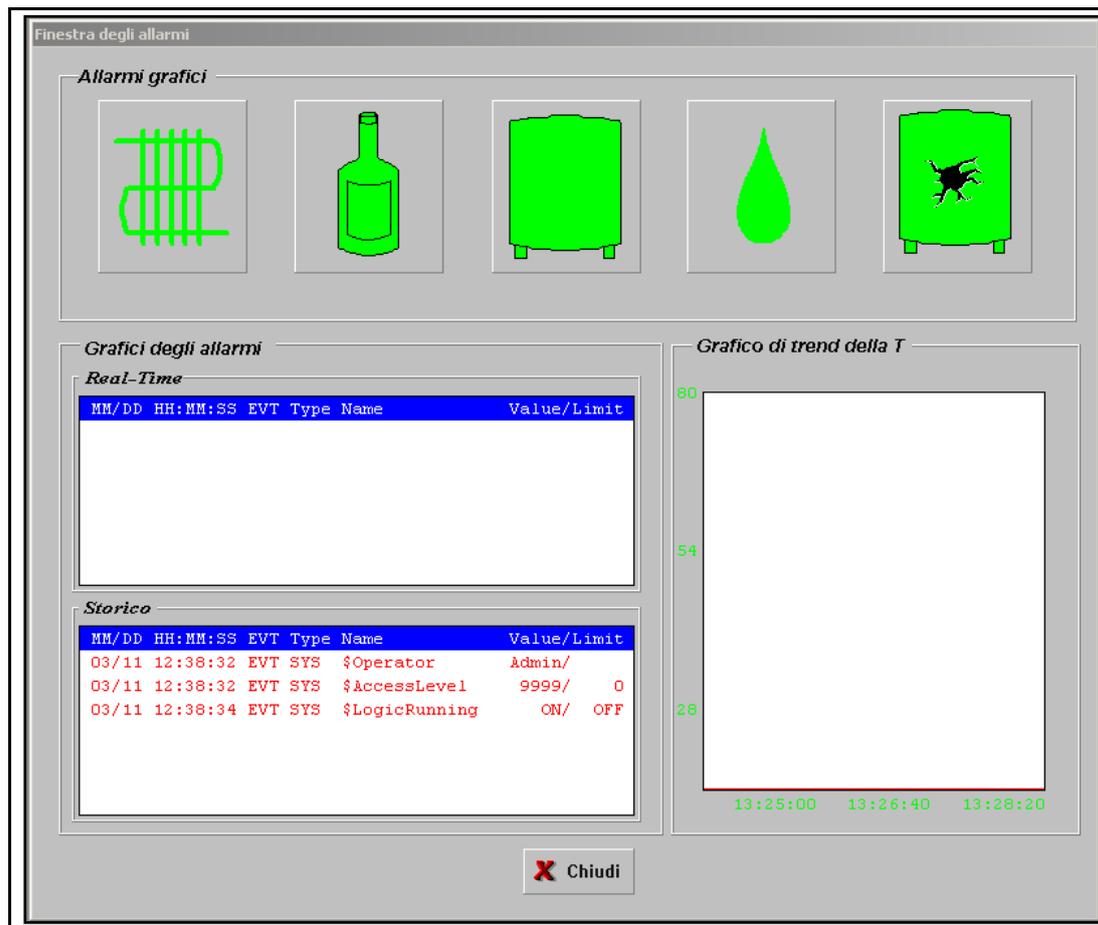


Figura 14

Le figure verdi, poste sul lato superiore della finestra, sono le spie di allarme dei singoli dispositivi; quando lampeggiano, è possibile cliccarci sopra per riconoscere l'allarme associato. Nello spazio tra i pulsanti e i grafici vengono visualizzati i singoli messaggi di stato dei dispositivi, che possono variare dallo stato di "OK" a quello di guasto specifico.

Sotto, a sinistra, vi sono i grafici degli allarmi, che visualizzano tutti gli allarmi generati durante il ciclo produttivo, mentre a destra vi è il grafico di trend della temperatura, dove è possibile supervisionare l'andamento nel tempo di quest'ultima.

Nel caso in cui tutti gli allarmi siano posti a 0, la spia di allarme viene spenta:

```

...
IF allarme_scambiatore == 0
AND allarme_bottiglia == 0
AND allarme_livello == 0
AND allarme_acqua == 0
AND allarme_guasto == 0 THEN
spia_allarme = 0;
ENDIF;
...

```