



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTA' DI SCIENZE STATISTICHE

CORSO DI LAUREA IN STATISTICA E TECNOLOGIE  
INFORMATICHE

**TESI DI LAUREA**

DATA-BASE E CONTROLLO STATISTICO DELLA QUALITA' –  
IL CASO BAXI S.p.A.

Relatore: prof.ssa CAPIZZI GIOVANNA

Laureando: BASSO MATTEO  
Matricola : 489485 – STI

ANNO ACCADEMICO 2006-2007

## INDICE

### **CAPITOLO 1: LA STORIA DELL'AZIENDA**

1.1	IL MARCHIO.....	pag. 3
1.2	LO STABILIMENTO.....	pag. 3
1.3	BAXI S.p.A. POLITICA E QUALITA'.....	pag. 5
1.4	LO STAGE.....	pag. 6

### **CAPITOLO 2: I DATA-BASE**

2.1	DESCRIZIONE DEI DATA-BASE RICHIESTI.....	pag. 7
2.2	IMPLEMENTAZIONE IN ACCESS DEL PRIMO DATA-BASE.....	pag. 9
2.3	IMPLEMENTAZIONE IN ACCESS DEL SECONDO DATA-BASE.....	pag.14

### **CAPITOLO 3: CONTROLLO STATISTICO DELLA QUALITA'**

3.1	LE RAMPE GAS.....	pag. 18
3.2	I VEGETI DESRIZIONE DEL FENOMENO OGGETTO DI STUDIO.....	pag. 21
3.3	IL DATA SET ANALIZZATO.....	pag. 22
3.4	ANALISI PRELIMINARE DEI DATI.....	pag. 23
3.5	LE CARTE CONTROLLO.....	pag. 43
3.6	IMPLEMENTAZIONE DELLA CARTE...pag. 44	
3.7	PRESENTAZIONE DEI RISULTATI...pag. 53	

### **CAPITOLO 4: CONCLUSIONI**

4.1	CONCLUSIONI E RINGRAZIAMENTI.....	pag. 54
-----	-----------------------------------	---------

## **Introduzione**

La mia tesi nasce da un'esperienza di stage, tenutosi presso la Baxi S.p.A. di Bassano del Grappa, dove si concentra la produzione di caldaie murali, e ha visto una mia permanenza in azienda per un periodo di circa tre mesi.

Durante questo periodo mi è stato chiesto di seguire due progetti tra loro distinti, la costruzione di un data-base Access per la gestione degli scarti in produzione che permetta di individuare e, tenere sotto controllo i componenti che riportano delle frequenze più elevate allo scarto, consentendo così un tempestivo intervento; e l'analisi della difettosità delle prove di tenuta dell'assieme rampa-bruciatore determinando quali di esse portano allo scarto del prodotto e andando quindi ad implementare una carta controllo.

Tra questi due progetti si è però inserita una terza richiesta del mio tutore aziendale, che ha occupato gran parte del mio tempo trascorso in azienda. Mi è stato infatti richiesto di realizzare un ulteriore data-base per la gestione dei prodotti resi da clienti, per seguire ogni rientro per la riparazione, o eventuale sostituzione, consentendo di individuare in ogni momento lo stato e la posizione del reso.

La tesi si costituisce quindi di tre capitoli. Nel primo capitolo si fa una breve descrizione dell'azienda, della sua storia e quindi della mia esperienza di stage all'interno della stessa.

Il secondo capitolo invece è dedicato interamente ai data-base, come strumento per il controllo della qualità e come immagazzinamento di dati, spiegando quindi tutta la fase di progettazione e di implementazione dei data-base creati nel periodo di stage.

Infine il terzo capitolo è dedicato alle carte di controllo, e dopo una breve descrizione del processo produttivo in esame, si passa all'analisi dei dati, e quindi all'implementazione delle carte stesse, con l'utilizzo della tecnica delle componenti multiple di variazione, per riuscire a cogliere quella parte di variazione dei dati non considerata dalla carta Shewhart.

## 1. STORIA DELL'AZIENDA

### 1.1 IL MARCHIO

Baxi viene fondata nel 1886 a Derby, in Inghilterra. Il primo nucleo dell'azienda era costituito da una fonderia che produceva forni da pane, convertitasi negli anni '30 al settore del riscaldamento, con l'acquisto di alcuni stabilimenti a Preson (Gran Bretagna), per la costruzione di caminetti. Fino al 2000 gli azionisti di riferimento erano, accanto ad alcuni istituti di credito, gli stessi dipendenti dell'azienda.

A fronte di mutamenti sul mercato inglese, nel 1999 Baxi si espande nel settore caldaie con l'acquisto della "Ocean Idroclima" di Bassano del Grappa. Nel 2000 incorpora la "Blue Circe", dotato di stabilimenti in Francia e Germania. Il fabbisogno finanziario generato da questa notevole espansione provoca una trasformazione del gruppo, che viene incorporata in una società, la "Newmond", nata nel 1996 e legata ad alcuni grandi fondi di investimento. Questi ultimi e il management del Gruppo detengono fino al 2003 le quote azionarie di riferimento. Dal 2001 al 2003 l'espansione è continuata, con acquisizioni in Turchia, e l'apertura di nuove filiali commerciali in tutto il mondo.

### 1.2 LO STABILIMENTO

Lo stabilimento Bassanese venne fondato nel 1925 dalla famiglia austriaca Westen per la fondazione della SMV (Smalterie e Metallurgia Veneta) i cui principali articoli erano stoviglie smaltate, radiatori in acciaio e vasche da bagno. Questa gamma di prodotti fu mantenuta fino al 1950 quando cominciò a produrre fornelli a gas e apparecchi sanitari.

Le vicende che segnarono nella prima metà degli anni '70 la storia della SMV misero in forse le sorti di numerosi lavoratori nonché l'intero tessuto economico Bassanese.

All'inizio del decennio l'azienda, pur non presentando grosse perdite sulla carta, versava in una situazione strutturale al limite del collasso. Successivamente alcuni tentativi, anche da parte della generazione futura, di risanare l'azienda non andarono a buon fine tanto che alla fine del '70 i gruppi industriali del settore rimasero a guardare la lenta agonia di un temibile concorrente che con la sua dipartita avrebbe lasciato sul terreno una fetta del mercato nel settore termo - sanitario di circa 25 miliardi di lire.

L'azienda si trovava in una situazione di completo degrado che spiega la riluttanza dei potenziali acquirenti ad intervenire tempestivamente; molto più facile sarebbe stato attendere un po' e rilevare un gigante ormai privo di vita e quindi senza pretese.

Dalla messa in liquidazione in avanti si susseguirono interventi pubblici che servirono soltanto a mantenere in vita l'azienda trascinando la difficile situazione e il malumore delle parti sociali coinvolte.

Verso la fine del 1970 una delle principali società interessate alla vicenda, la "Zanussi" di Pordenone, acquisì il pacchetto di maggioranza dello stabilimento SMV di Sambuceto e successivamente anche l'azienda di Bassano. Nel gennaio del 1977 i cancelli della smalteria riaprivano.

Dopo una fase di iniziale fiducia nella quale "Zanussi" era parsa in grado di risollevare le sorti dello stabilimento, subentrò un periodo di forti difficoltà per tutto il Gruppo di Pordenone, tanto che già nel 1982 si parlava di un ridimensionamento.

Sul finire del 1983 la situazione era nuovamente al collasso. Nel 1984 ci fu però la svolta: la famiglia Nocivelli, proprietaria di una finanziaria in grado di controllare un gruppo di aziende di grossa dimensione, quali "Ocean SpA", dopo lunghe trattative decide di acquisire la "Zanussi SpA" e quindi gli stabilimenti di Sambuceto e Bassano.

Naturalmente, malgrado gli incentivi e gli sforzi di riorganizzazione compiuti sotto la gestione "Zanussi", i nuovi proprietari non si trovarono certo di fronte a una situazione facile. E' in questo contesto che si inserì l'acquisizione della "Samet" (azienda produttrice di forni e piani cottura) : l'obiettivo era quello di ripartire gli enormi costi fissi di struttura tra più produzioni, per abbassare il costo dei singoli prodotti e ottenere quindi migliori economie di scala.

Questa strategia si dimostrò essere efficace: nel 1988 fu raggiunto il pareggio di gestione e dal 1989 in poi si ebbero attivi crescenti, grazie soprattutto ad un deciso aumento delle vendite di caldaie murali.

Dopo un decennio di storia travagliata, lo stabilimento di Bassano sembrava aver finalmente trovato la sua strada: i fatturati crescevano di anno in anno e i prodotti erano ormai noti sul mercato mondiale come articoli d'élite.

L'Ocean mantenne la proprietà dell'azienda fino al 1998, anno in cui decise la cessione dell'intero pacchetto azionario a un Gruppo inglese: l'insegna Ocean venne sostituita da Baxi SpA.

### 1.3 BAXI S.p.A. POLITICA E QUALITA'

Ad oggi, grazie un continuo processo di sviluppo e di innovazione dei prodotti, Baxi SpA è diventata uno dei principali produttori mondiali nel settore del riscaldamento e del comfort domestico. Con un fatturato di circa 1 miliardo e 300 milioni di Euro e 5.600 dipendenti, Baxi Group ha unità produttive in Inghilterra, Francia, Germania, Italia, Spagna, Turchia e Danimarca.

Il gruppo Baxi produce:

- caldaie per il riscaldamento
- caldaie ad uso commerciale
- bollitori per la produzione d'acqua calda
- sistemi combinati per la produzione di calore ed elettricità
- radiatori

Baxi S.p.A. è attiva da anni nei settori del riscaldamento e del sanitario con caldaie murali e a terra, scaldacqua e vasche da bagno.

Riconosce, come proprio obiettivo strategico, la tutela dell'Ambiente e la Salute e la sicurezza dei lavoratori.

I loro prodotti sono distribuiti in più di 50 nazioni in tutto il mondo.

Inoltre Baxi S. p. A. è certificata ISO 9001 dal 1993, e nel corso del 2002 ha ottenuto la certificazione ISO 9001: 2000.

Ma anche per la tutela dell'ambiente è molto importante per l'azienda ed è sottolineata dalla certificazione ISO 14001 ottenuta nel 2001 e dalla certificazione OHSAS 18001 del 2004.

## 1.4 LO STAGE

La mia esperienza di Stage, che si è tenuta quindi nello stabilimento della Baxi SpA di Bassano del Grappa, dove si concentra la produzione di caldaie murali, ha visto una mia permanenza in azienda per un periodo di circa tre mesi, in questo arco di tempo ho avuto la possibilità di approfondire le mie conoscenze del pacchetto Office, concentrandomi per lo più sull'utilizzo dei software Excel e Access.

Durante questo periodo mi è stato chiesto di seguire due progetti tra loro distinti:

- Costruzione di data-base Access per la gestione degli scarti in produzione che permetta di individuare e, tenere sotto controllo i componenti che riportano delle frequenze più elevate allo scarto, consentendo così un tempestivo intervento.
- Analisi della difettosità delle prove di tenuta dell'assieme rampa-bruciatore determinando quali di esse portano allo scarto del prodotto e andando quindi ad implementare una carta controllo.

Tra questi due progetti si è però inserita una terza richiesta del mio tutore aziendale, che ha occupato gran parte del mio tempo trascorso in azienda.

Mi è stato infatti richiesto di realizzare un ulteriore data-base per la gestione dei prodotti resi da clienti, per seguire ogni rientro per la riparazione, o eventuale sostituzione, consentendo di individuare in ogni momento lo stato e la posizione del reso.

Si tratta quindi di due data-base molto diversi tra loro. Mentre il primo infatti si limita allo sfruttamento delle capacità computazionali della base di dati, nonché del software access, il secondo risulta un lavoro molto più complesso, con un numero più elevato di relazioni, e quindi con un diverso grado di difficoltà di gestione dei vari vincoli.

## 2. I DATA-BASE

### 2 .1 DESCRIZIONE DEI DATA-BASE RICHIESTI

#### **Proprietà richieste per il data-base Scarti di linea**

La prima richiesta nel mio piano di stage, è quindi la costruzione di un data-base in grado di elaborare i dati e costruire dei grafici ricavati da un tabella pivot che permetta di eliminare la registrazione degli scarti in excel e la loro elaborazione. Ecco quindi la necessità di avvalersi di uno strumento diverso, l'Access.

Le richieste del mio tutore, sono quindi di realizzare un data-base in grado di elaborare in automatico i dati di un determinato arco di tempo, e fornirne il grafico, così da ridurre significativamente i tempi da dedicare alle operazioni di controllo delle quantità di scarto.

Il mio punto di partenza è proprio il foglio di registrazione in Excel, contenente i dati raccolti per ogni registrazione di scarto.

Il foglio elettronico riporta:

- data: suddivisa in tre campi, (giorno, settimana, mese) per permettere una più agevole elaborazione.
- componente: nome del componente scartato dalla linea di produzione.
- difetto: motivazione dello scarto.
- Imputazione difetto: per distinguere se lo scarto è imputabile al fornitore o all'operatore in fase di montaggio.
- reparto: distinzione in quattro reparti principali (A,B,C,P).

Il report che ne consegue, deve quindi mostrare un grafico a barre che riporta le frequenze di scarto, al di sopra di un livello soglia modificabile di volta in volta, per ogni componente.

Nei primi giorni di stage, mi sono occupato di seguire la raccolta degli scarti in produzione, per imparare a distinguere i vari componenti, e riuscire così a classificarli in sotto-componenti e in macro famiglie.

La costruzione del data-base Access, parte proprio da una suddivisione in quattro principali tipi di componente assieme, elettrico, gas e idraulico.



## **Caratteristiche del data-base per la gestione dei prodotto resi da cliente**

Si vuole organizzare in una base di dati la gestione dei prodotti resi da clienti per la riparazione, o per un'eventuale sostituzione, secondo la procedura sotto descritta.

Il cliente spedisce all'assistenza tecnica una richiesta di reso in forma cartacea, con la quale l'assistenza procede dunque all' "apertura" di una richiesta di reso identificata da un numero progressivo. Quando il prodotto viene ricevuto dal magazzino, si verifica la presenza di una richiesta di rientro per il prodotto ricevuto e in caso contrario, si procede con la segnalazione del caso all'assistenza tecnica; ogni arrivo è associato al suo *ddt* (documento di trasporto).

A questo punto il prodotto viene trasportato al reparto addetto al controllo qualità dove viene identificato da un *id* (targa matricola) e si stabiliscono la destinazione, le manutenzioni necessarie, le azioni verso prodotto (nessuna azione, riparazione, rottamazione) e quelle verso cliente. In seguito alla riparazione l' addetto compila un rapporto, esplicitando le manutenzioni e se possibile le cause di tale guasto, che potrebbero rivelarsi di notevole importanza per l'azienda nella fase di progettazione futura dei nuovi prodotti.

Una volta fatto ciò, il prodotto viene riportato in magazzino e rispedito al cliente.

Il programma deve quindi essere in grado di memorizzare la collocazione e lo stato del prodotto rientrato, oltre a permettere la registrazione di tutti gli interventi apportati.

## 2.2 IMPLEMENTAZIONE IN ACCESS DEL PRIMO DATA-BASE

Il data-base si compone sostanzialmente di una tabella vera e propria, nella quale vengono fatte le registrazioni degli scarti, e da altre sette tabelle di "supporto", dove vengono salvati i nomi relativi a famiglie, componenti, sotto-componenti, fornitori, difetti, imputazione difetto, e reparti.

Sfruttando queste tabelle, abbinate tramite dei collegamenti "uno a molti" con il registro, è possibile "bloccare" il contenuto di ciascun campo nella tabella di registrazione, rendendo possibile la correzione di eventuali errori di battitura, e/o di conteggio.

Questo si può notare molto bene dalla finestra delle relazioni tra tabelle e registro riportata in Figura 1.

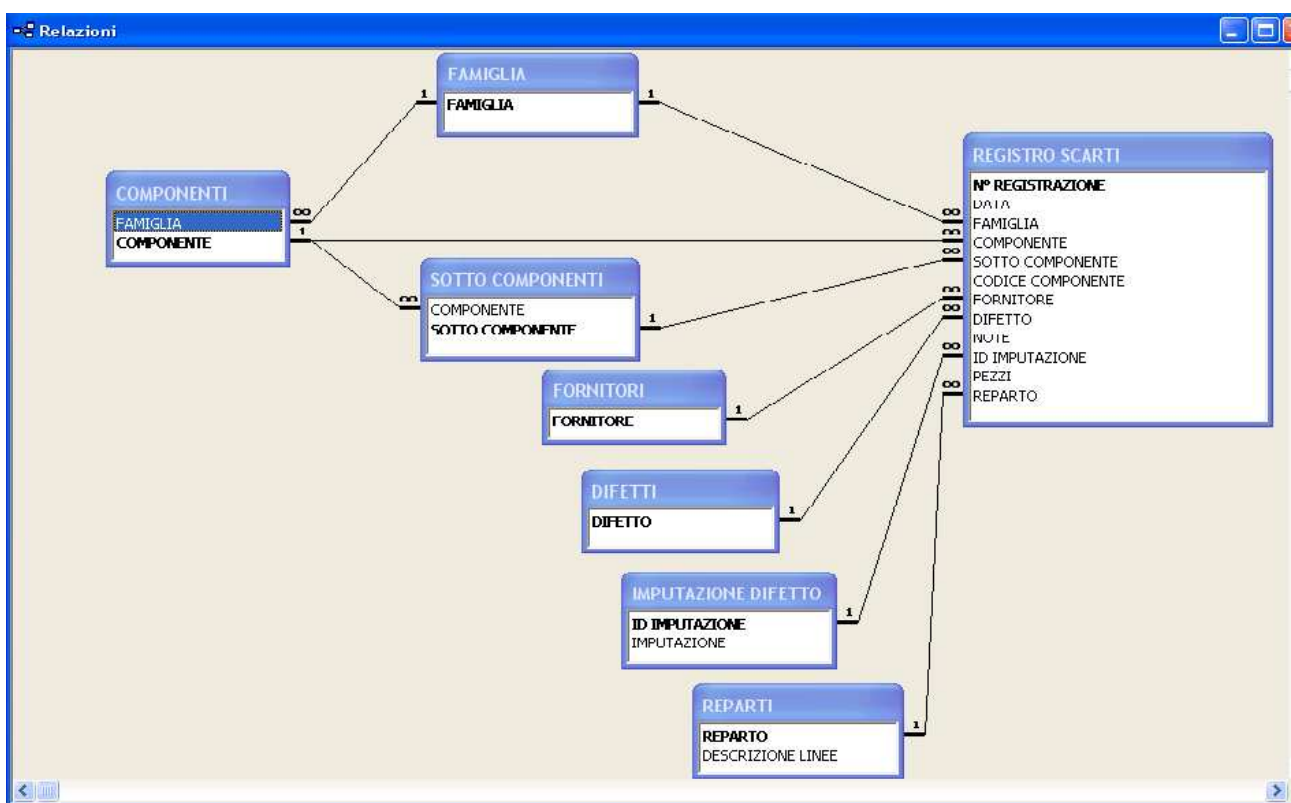


Figura.1 Relazioni Access per il data base "Scarti di linea".

Di seguito viene inoltre riportato lo schema relazionale del data-base, così da mettere in evidenza le tabelle e i loro attributi, utilizzando il carattere sottolineato per le chiavi primarie.

## Schema Relazionale:

Componenti (Famiglia, Componente)

Famiglia (Famiglia)

Sotto componenti (Componente, Sottocomponente)

Fornitori (Fornitori)

Difetti (Difetto)

Imputazione difetto (Id imputazione, Imputazione)

Reparti (Reparto, Descrizione linee)

Registro Scarti (N° registrazione, Data, Famiglia, Componente, Sotto componente, Codice Componente, Fornitore, Difetto, Note, Id imputazione, Pezzi, Reparto)

In questo primo progetto, non si ponevano particolari problemi di progettazione e implementazione della base di dati. Si richiedeva infatti solamente una buona mediazione tra facilità di utilizzo e concretezza dei risultati, in modo da risultare semplice per gli addetti poco esperti in materia di informatica.

Dopo aver stabilito la struttura definitiva, sono passato alla creazione delle interfacce di utilizzo, avente maschere di inserimento dati, di query e di comando.

La figura 2 mostra l'interfaccia con la quale il programma si presenta alla sua apertura.

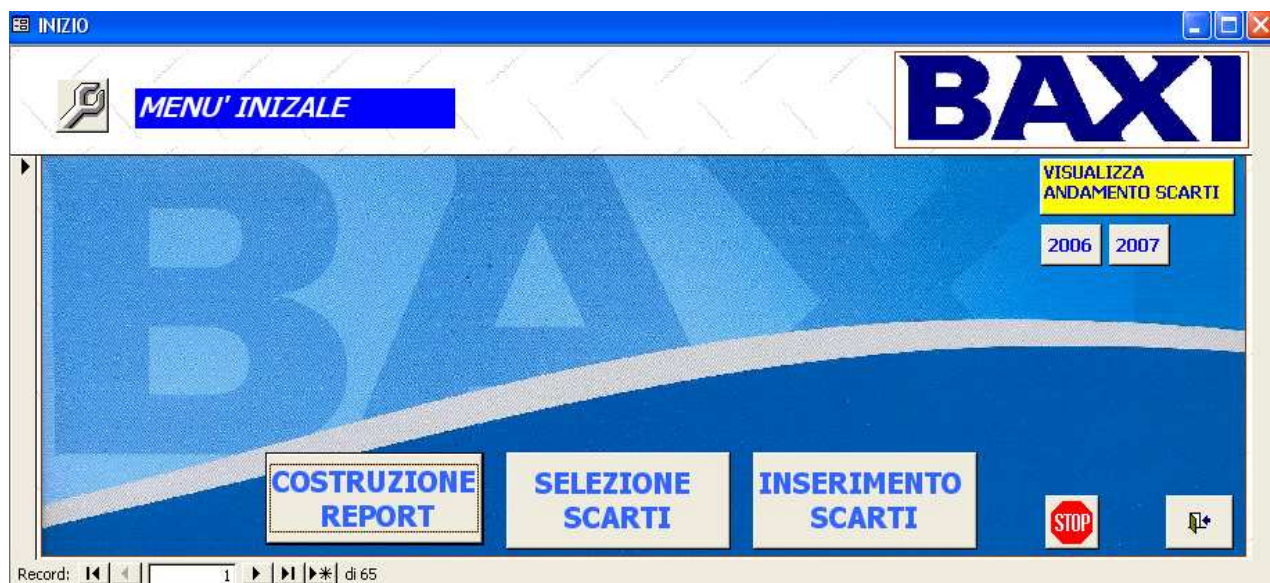


Figura2 Cruscotto iniziale

Per evitare degli errori di battitura, si è scelto inoltre di creare, nelle maschere di inserimento, dei menù a tendina nei quali compaiono solamente le voci corrette per quel campo. (Figura 3).

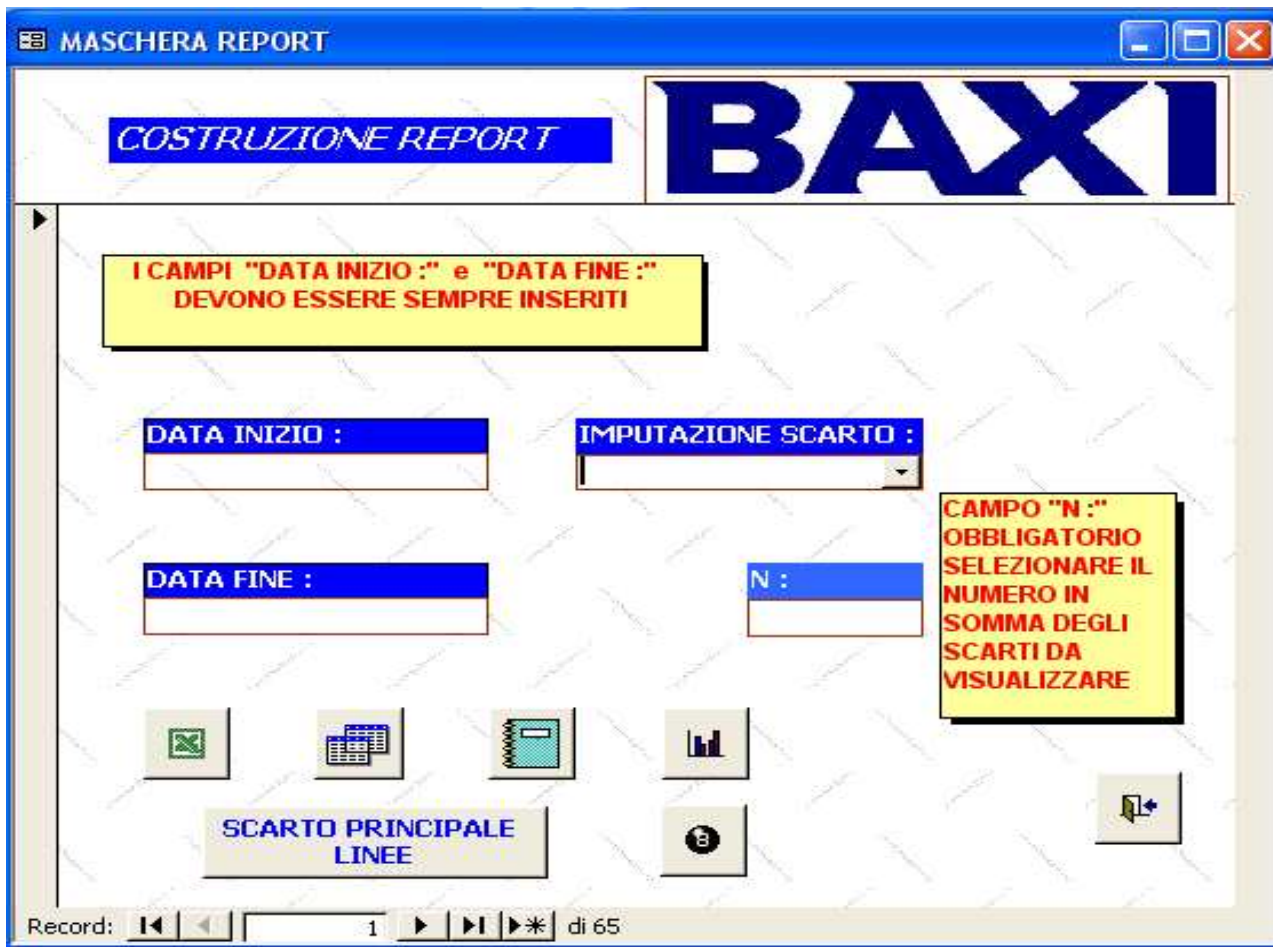
The screenshot shows a software window titled "INSERIMENTO SCARTI" with the BAXI logo. The form contains the following fields:

- DATA : 18/06/2007
- COMPONENTE : (dropdown menu)
- SOTTO COMPONENTE : (dropdown menu)
- DIFETTO : (dropdown menu)
- IMPUTAZIONE DIFETTO : (dropdown menu)
- CODICE PRODOTTO : (dropdown menu)
- FORNITORE : (dropdown menu)
- NOTE : (text area)
- PEZZI : (dropdown menu)
- REPARTO : (dropdown menu)

At the bottom, there are navigation icons and a status bar indicating "Record: 6133 di 6133".

Figura 3 Maschera di inserimento dati.

Per la costruzione dei report, è stata creata la maschera che segue in Figura 4, come si vede, si richiede la scelta di un arco temporale, e un valore soglia per il numero degli scarti da visualizzare, e poi i vari tasti, permettono di creare il report desiderato.



Esporta i dati in Excel.



Visualizza il report senza il grafico



Visualizza i risultati.



Visualizza il report con il grafico.

Figura 4 Maschera per la costruzione dei report e descrizione dei principali tasti funzione.

Infine, attraverso la maschera illustrata in Figura 5, è possibile effettuare delle selezioni dello scarto, sempre all'interno di un arco temporale, con un maggiore livello di specifica, permettendo così agli addetti anche lo studio di uno specifico componente, reparto o fornitore.

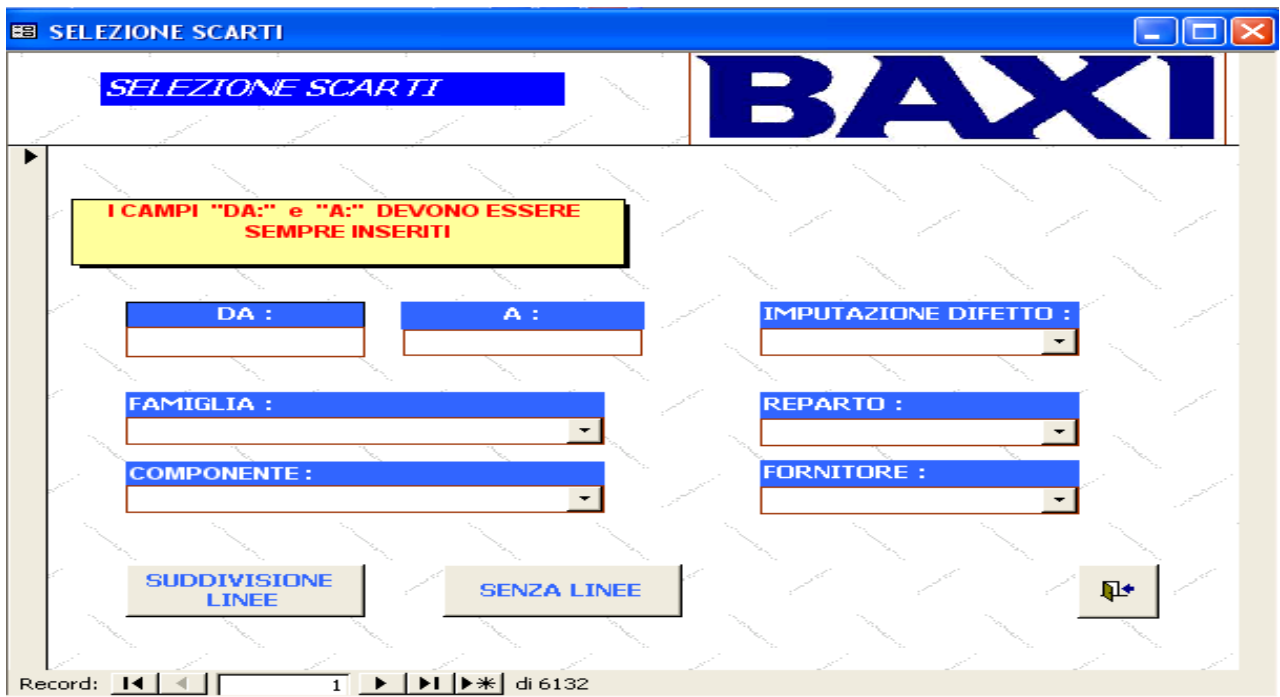


Figura 5 Maschera selezione scarti.

I dati raccolti e inseriti giornalmente in questo data-base permettono di arrivare ad un report (Figura 6) che viene stampato, discusso e conservato, a cadenza settimanale. Segnalando però anche giornalmente eventuali aumenti o riduzioni significative del numero di scarti.

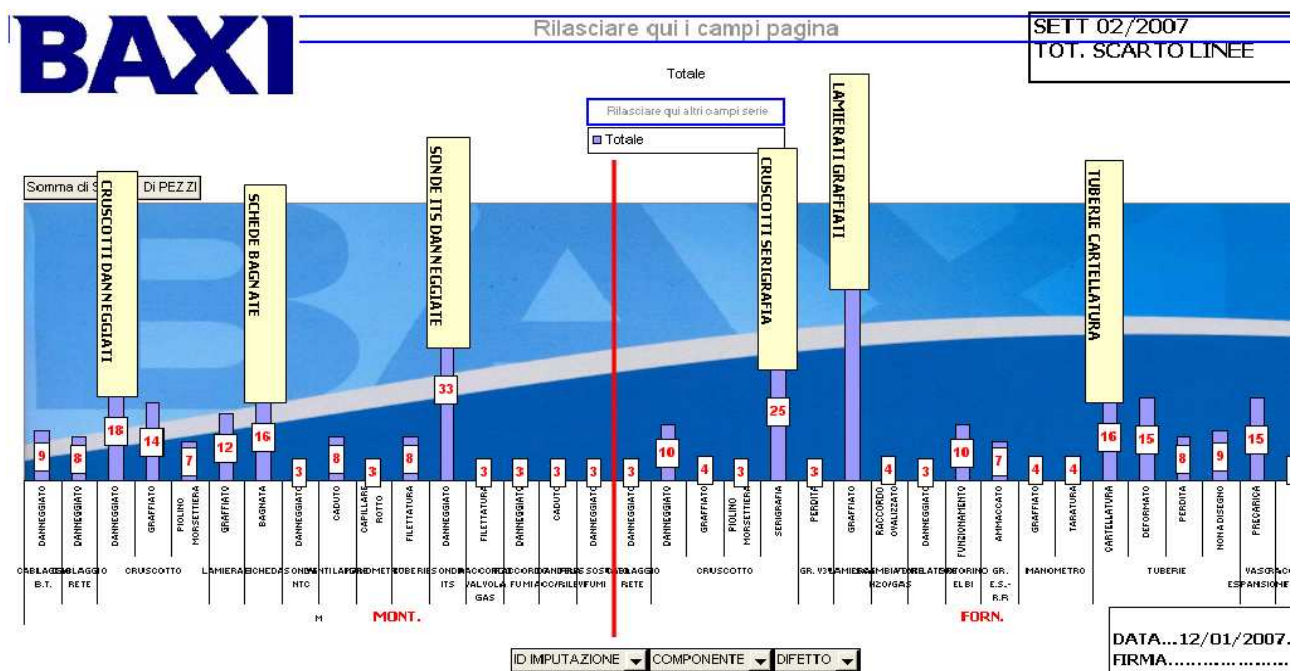


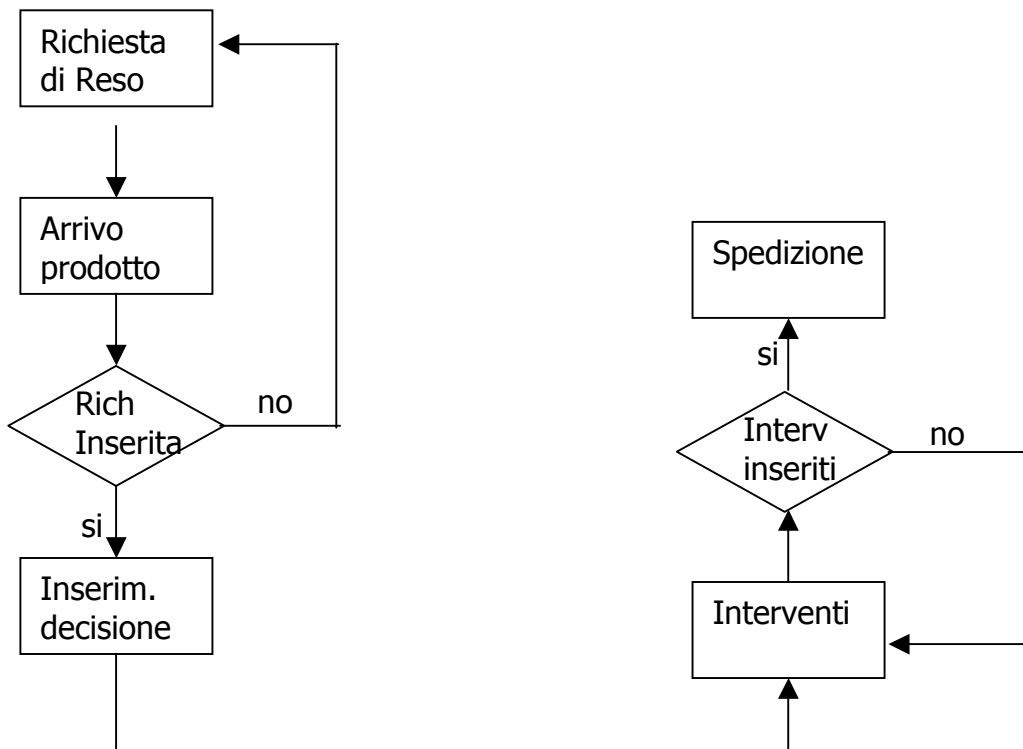
Figura 6 Esempio di Report

## 2.3 IMPLEMENTAZIONE IN ACCESS DEL SECONDO DATA-BASE

Come già accennato nella presentazione, questa seconda base di dati, presenta delle difficoltà diverse rispetto al data-base precedente, si pone infatti il problema di riuscire a registrare tutte le informazioni per ogni fase che il prodotto deve passare e si necessita quindi di un maggior numero di tabelle e di relazioni per riuscire a collegare tra loro tutte queste informazioni.

Per rendere più chiaro il processo che si deve seguire, riporto qui di seguito lo schema concettuale.

### Schema concettuale:





Di seguito viene riportato lo schema relazionale per presentare la struttura del data-base, e tutte le tabelle con i relativi attributi e le chiavi primarie.

### **Schema relazionale:**

Reso per (Reso per)

Indirizzi (Nome, Codice cliente, Intestazione, Indirizzo, Comune, Provincia, Cap, Telefono, Fax)

Utente richiesta (Utente)

Anagrafica (Codice, DataInserimento, In uso, Gamma, Modello, Denominazione, Sigla, Marchio, Paese di destinazione, Cartaceo, Descrizione, Tipologia, Produzione H2O, Camera combustione, Note, N° documento)

Richiesta di reso (Richiesta n°, Data richiesta, Provincia, Agenzia, Motivo di reso, Modello reso, Cod prodotto reso, Autorizzazione, Modulo, Richiesta inserita da, Reso per, Cliente, Note spedizione)

Intervento vs cliente (Interventi verso cliente, Azioni contabili)

Ricevimento Prodotto (N° ddt, Data arrivo, Richiesta n°, Id prodotto, Modello, Cod prodotto, Richiesta rientro)

Intervento verso prodotto (Interventi vs prodotto)

Aree ( Provincia, Agenzia)

Agenzie (Agenzia, Via e n°, Cap, Paese, Provincia, E-mail, Telefono, Fax)

Interventi (Progressivo inserimento, Id prodotto, Azione vs cliente, Azione vs prodotto, Lavori effettuati, Riparatore, Data, Id prodotto sostitutivo, Note Coq, Destinazione)

Madi (Id prodotto, Id prodotto sostitutivo, Data spedizione, ddt uscita)

Destinazione (Destinazione)



## Relazioni Access:

La Figura 7 riporta le relazioni create tra le diverse tabelle, per permettere di legare ad ogni prodotto le informazioni relative ai proprietari oltre a quelle degli interventi e delle decisioni.

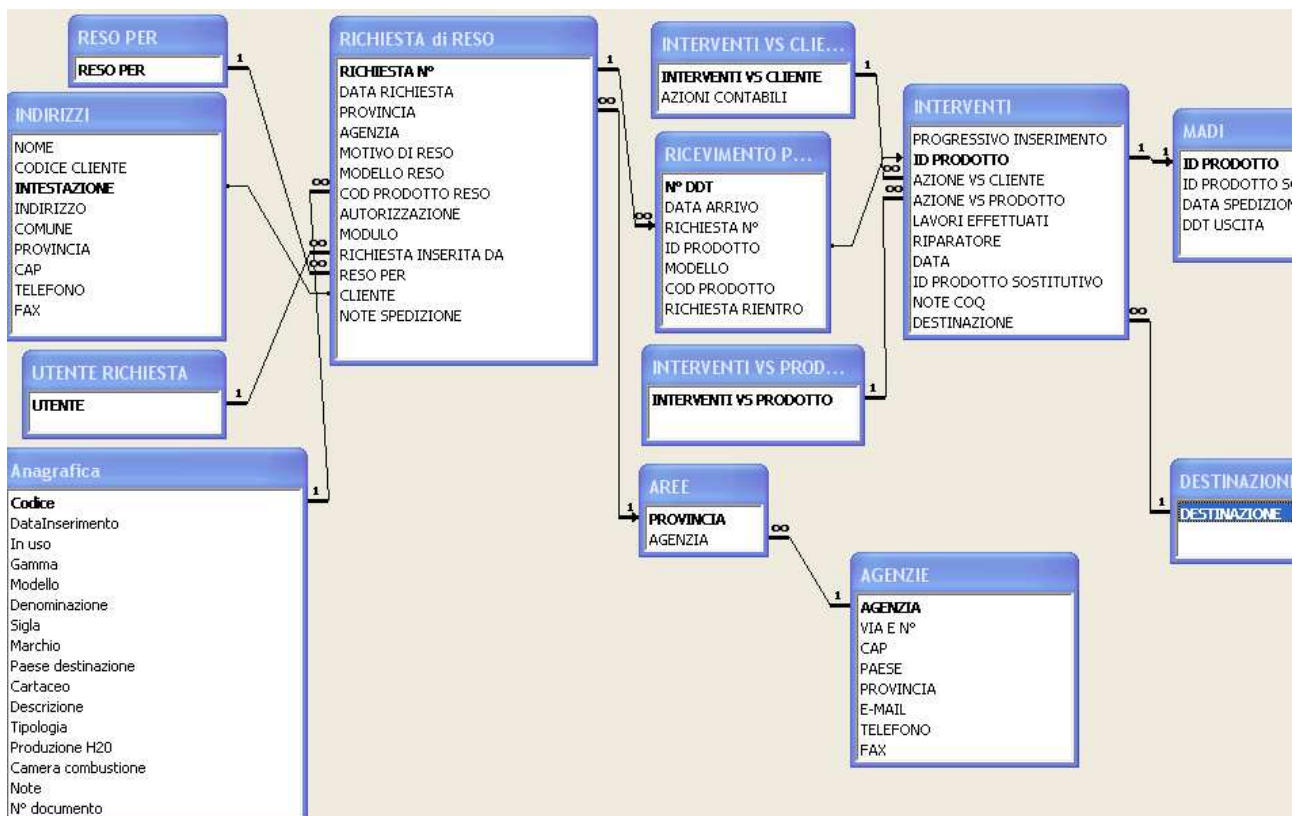


Figura 7 Relazioni Access per il data-base "Resi"

## Query:

Per riuscire a reperire le informazioni all'interno di una così ampia base di dati, si necessita pertanto di numerose query in grado di selezionare solo le informazioni desiderate e questo è possibile quindi creando una selezione stratificata secondo diverse chiavi di lettura.

- *Ricerca resi:*

Permette di effettuare una ricerca secondo diversi criteri:

- Resi per: ricerca per motivo di reso (riparazione, conto visione, sostituzione, accredito)

- Cliente e/o agenzia : permette di visualizzare i prodotti rientrati da un determinato cliente o una particolare agenzia.
- Provincia: ricerca tutti i resi provenienti dalla provincia selezionata.
- Modello: si possono visualizzare solamente i rientri di uno specifico modello.
- Azione vs cliente e/o azione vs prodotto: permette di tener sotto controllo i prodotti selezionandoli per tipologia di rientro.

- *Prodotti da rientrare:*

Visualizza tutti i prodotti per i quali è stata aperta una richiesta di rientro, ma non è ancora arrivato nulla al magazzino.

- *Prodotti da riparare:*

Rende visibili i prodotti ricevuti dal magazzino che hanno già ricevuto una destinazione, segnalando quali sono gli interventi stabiliti per ognuno di essi .

- *Prodotti da spedire:*

Mette in evidenza i prodotti che sono stati riparati e/o sostituiti, e sono quindi pronti per essere rispediti al cliente.

- *Resoconto resi:*

Permette di visualizzare tutti i prodotti, che sono stati rientrati, mettendo in vista tutti i dati relativi al rientro, trattamento e spedizione.

### 3. CONTROLLO STATISTICO DELLA QUALITA'

#### 3.1 LE RAMPE GAS

La rampa gas è un componente fondamentale per tutti i modelli di caldaia, essa viene assemblata sotto il bruciatore e permette al gas di fluire all'interno di esso dove le candele di accensione innescano la fiamma. Questo componente svolge quindi un ruolo di massimo rilievo per una corretta combustione e per assicurare inoltre un buon funzionamento del prodotto e una produzione contenuta di sostanze inquinanti, determinate proprio dal corretto flusso di gas dalla rampa al bruciatore.

La rampa gas viene prodotta all'interno della Baxi S.p.A. partendo da lunghe verghe che vengono caricate all'interno di un macchinario (ATEC) che provvede a tagliarle e lavorarle fino ad ottenere il prodotto finito (vedi figura 10).

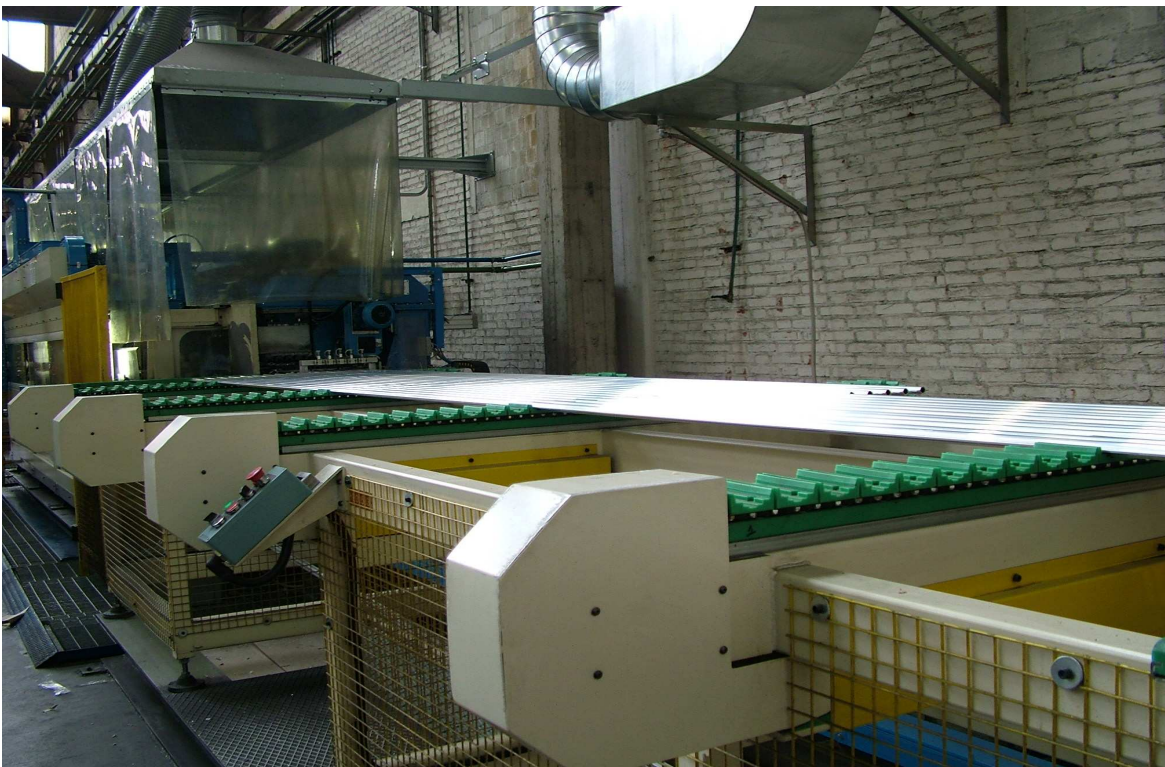


Figura 8 Macchina utensile ATEC per la produzione delle rampe gas.





Figura 9 Rampe gas all'uscita del macchinario ATEC



Figura 10 Rampa gas prima dell'assemblaggio.

Successivamente la rampa gas viene trasportata al reparto vegeti, dove si procede con le operazioni di assembraggio, dei vari componenti come illustrato nelle immagini che seguono.



Figura 11 Descrizione rampa gas

Scodellino      Raccordo      Ugelli

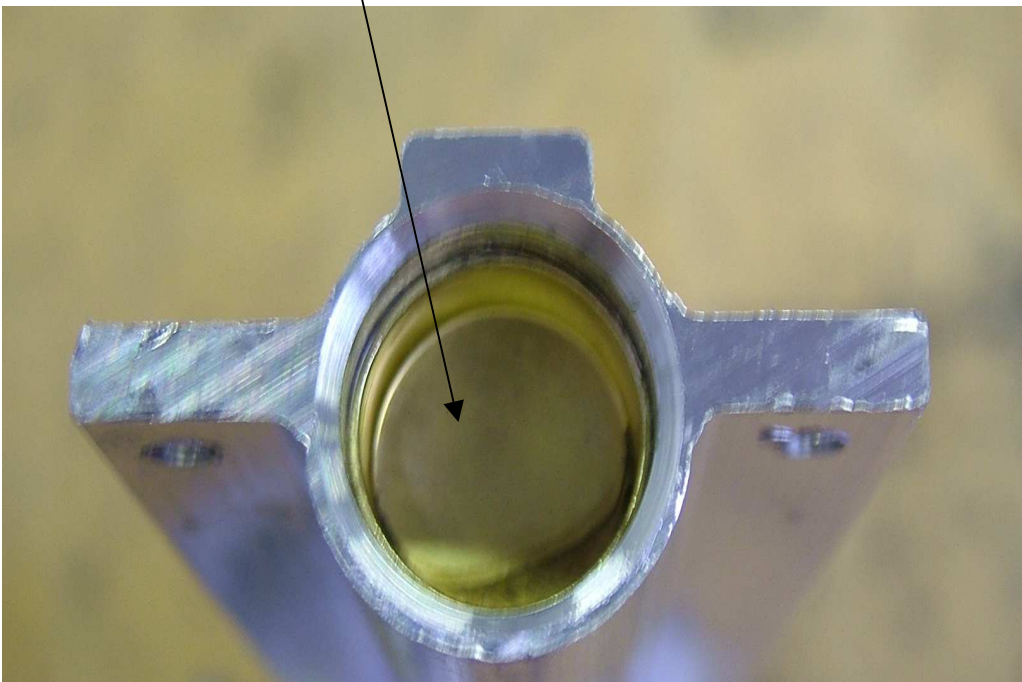


Figura 12 Scodellino laterale rampa gas

### 3.2 I VEGETI DESCRIZIONE DEL FENOMENO OGGETTO DI STUDIO

I dati presi in analisi si riferiscono alla fase di assemblaggio di diversi tipi di rampa gas. Questa operazione viene svolta da due macchinari con analogo funzionamento, il quale dopo aver ricevuto il via da un operatore, che ha precedentemente installato il raccordo, procede con l'avvitamento degli ugelli, l'inserimento degli scodellini e successivamente la prova di tenuta, che stabilisce se l'assieme è da considerarsi buono, o se deve essere ripreso da un riparatore.

Ecco riportato in Figura 13 lo schema di funzionamento del macchinario "vegeti".

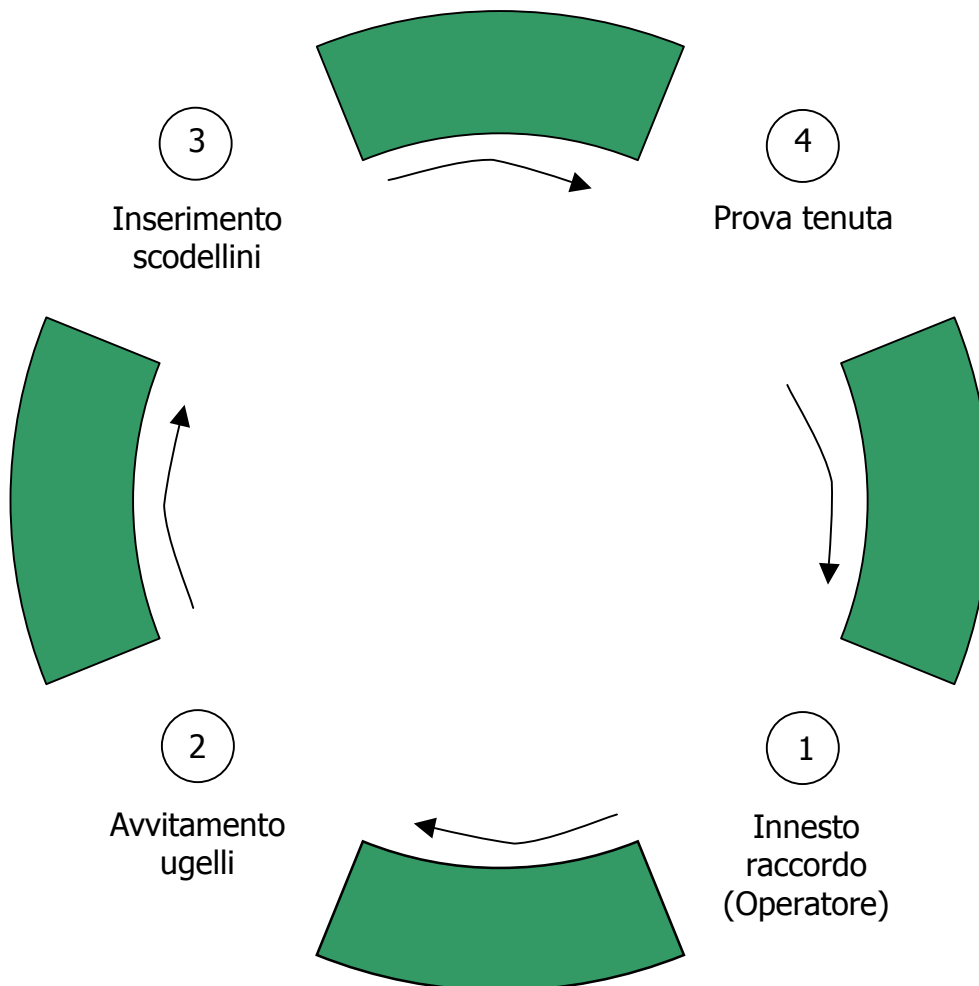


Figura 13 Funzionamento del macchinario vegeti.

#### **Scopo:**

Analisi difettosità delle prove di tenuta dell'assieme rampa - bruciatore determinando quali di esse portano allo scarto del prodotto per implementare una carta controllo.

### 3.3 IL DATA SET ANALIZZATO

Il nostro data-set, è composto da una serie storica riguardante la produzione dell'assieme rampa gas, dove sono stati riportati i totali di produzione e di scarto, mese per mese, di ogni diversa tipologia di rampa. Sono disponibili inoltre le frequenze per i principali 10 difetti, mentre gli altri sono stati accomunati sotto una unica voce (altro).

Lo storico inizia dal mese di dicembre 2004, e finisce con gennaio 2007

Esso si compone di 15 variabili, dove troviamo quindi indicata la data di rilevazione (dic-04....gen-07), il modello di rampa prodotta, distinto per numero di fori della stessa (12, 13, 15, 18, 18 fori ad accumulato), e come detto sopra ci viene inoltre fornito il dettaglio dello scarto, distinguendo tra le seguenti motivazioni: perdita da scodellino distinta tra destro e sinistro, perdita da ugello, ugello mancante, ugello storto, filetto rampa, difetto di montaggio, cricca, raccordo non conforme, rampa da rottamare e altro.

### 3.4 ANALISI PRELIMINARE DEI DATI

Per permettere una più agevole distinzione dei vari tipi di rampa ho eseguito una nuova codifica così suddivisa: A = rampa 12 fori, B = Rampa 15 fori, C = Rampa 18 fori, D = Rampa 10 fori, E = Rampa 13 fori, F = Rampa accumulo.

Il data-set è composto da 13 variabili di tipo intero, da una di tipo qualitativo (modello di rampa), e la data.

Qui di seguito viene riportata una breve descrizione dei valori assunti dai dati, che mi permettono alcune considerazioni iniziali sui dati a disposizione.

data	modello	q.ta	tot_s	s_sx
ago-05 : 6	A:26	Min. : 29.0	Min. : 0.0	Min. : 0.000
apr-06 : 6	B:26	1st Qu.: 781.8	1st Qu.: 9.0	1st Qu.: 0.000
gen-05 : 6	C:24	Median : 4072.5	Median : 95.5	Median : 2.000
giu-05 : 6	D:14	Mean : 7871.7	Mean : 177.9	Mean : 9.268
giu-06 : 6	E:26	3rd Qu.:13898.0	3rd Qu.: 222.8	3rd Qu.:12.000
lug-05 : 6	F:26	Max. :32872.0	Max. :2245.0	Max. :72.000
(Other):106				

s_dx	p_ug	ug_m	ug_s
Min. : 0.00	Min. : 0.00	Min. : 0.00	Min. : 0.00
1st Qu.: 0.00	1st Qu.: 4.00	1st Qu.: 0.00	1st Qu.: 1.00
Median : 3.00	Median : 25.00	Median : 5.00	Median : 6.00
Mean :11.11	Mean : 56.39	Mean : 15.92	Mean : 19.70
3rd Qu.:17.00	3rd Qu.: 67.75	3rd Qu.: 21.25	3rd Qu.: 18.50
Max. :94.00	Max. :951.00	Max. :115.00	Max. :304.00

fil_r	mont	cri	racc
Min. : 0.000	Min. : 0.000	Min. :0	Min. : 0.000
1st Qu.: 0.000	1st Qu.: 0.000	1st Qu.:0	1st Qu.: 0.000
Median : 0.000	Median : 0.000	Median :0	Median : 0.000
Mean : 1.317	Mean : 1.493	Mean :0	Mean : 1.275
3rd Qu.: 1.000	3rd Qu.: 1.000	3rd Qu.:0	3rd Qu.: 0.000
Max. :18.000	Max. :23.000	Max. :0	Max. :57.000



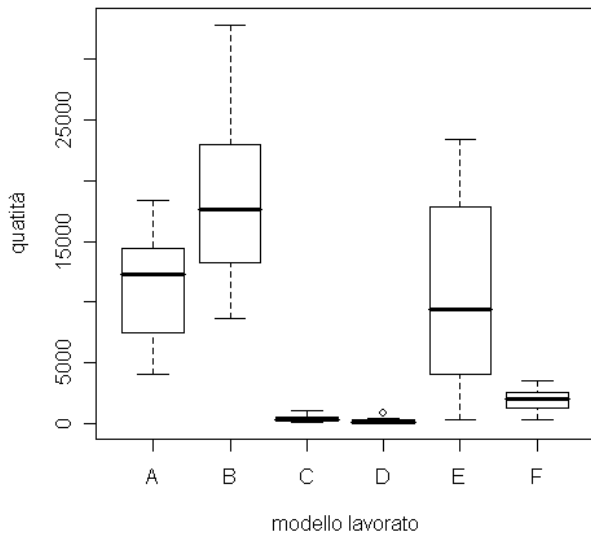
rott	altro
Min. : 0.00	Min. : 0.00
1st Qu.: 0.00	1st Qu.: 0.00
Median : 8.00	Median : 1.00
Mean : 36.53	Mean : 25.15
3rd Qu.: 30.00	3rd Qu.: 7.75
Max. :768.00	Max. :1142.00

Da l'output sopra riportato, si nota che mentre i modelli A, B, E e F vengono prodotti ogni mese, i modelli C e D sembrano essere di importanza secondaria, infatti in particolar modo la rampa D viene prodotta solamente in 14 dei 26 mesi di osservazione della lavorazione.

Si può notare inoltre che il difetto più critico sembra essere la perdita dagli ugelli, conseguenza di una errata coppia di chiusura, quindi di una taratura dell'avvitatore eseguita male, o troppo poco frequentemente, oppure di un errato passo del macchinario, nella precedente fase di foratura della rampa, o ancora, di una filettatura mal eseguita, ecc.... Si intuisce quindi che le cause di ognuno dei difetti analizzati possono essere molteplici.

Da questa sintesi dei dati, possiamo notare anche come la loro distribuzione sia asimmetrica positiva, infatti il valore medio si colloca sempre a destra del valore mediano. Dopo queste prime osservazioni di carattere generale, andiamo avanti con l'analisi servendoci anche di alcuni grafici, che ci aiuteranno a mettere in evidenza alcuni aspetti dei nostri dati.

**PRODUZIONE TOTALE PER TIPOLOGIA DI RAMPA**



**SCARTO TOTALE PER TIPOLOGIA DI RAMPA**

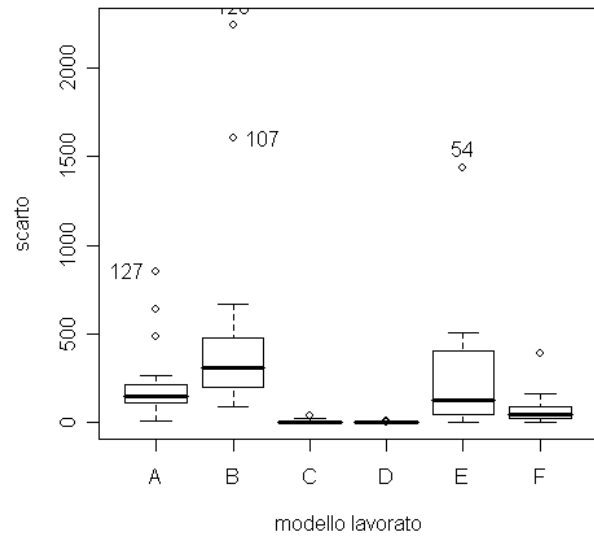


Figura 14 Box-plot della quantità prodotta  
Suddivisa per tipologia di rampa

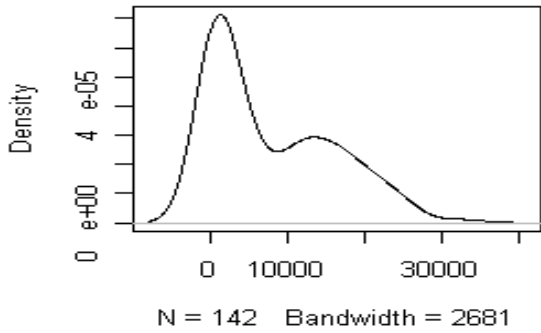
Figura15 Box-plot del totale dello  
scarto suddiviso per tipologia di rampa

Il box-plot riportato in figura 14 mette in risalto ciò che avevamo notato anche in precedenza, cioè una diversa lavorazione, interini di quantità, per tipologia di prodotto. Infatti, mentre per le rampe di tipo A, B, ed E si ha una elevata richiesta, anche se associata ad una elevata varianza, probabilmente dovuta ad un effetto stagionale; per i prodotti di tipo C, D e F si nota una numerosità molto più ridotta.

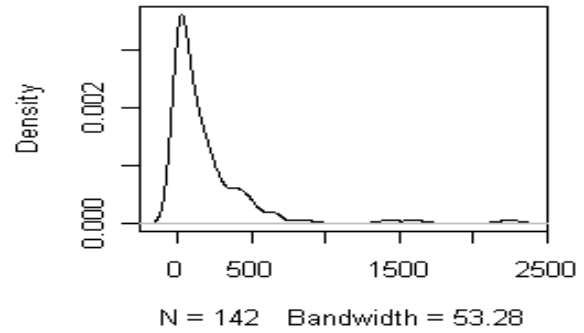
La figura 15 invece, mostra come lo scarto sia maggiore per le rampe di maggiore lavorazione. Si notano però alcuni valori particolarmente anomali, che potrebbero influenzare la nostra successiva analisi.

A supporto di quanto detto in merito all'asimmetria positiva, riporto di seguito i grafici della funzione di densità delle variabili rilevate, che ci potranno anche permettere di aggiungere delle ulteriori considerazioni sui nostri dati.

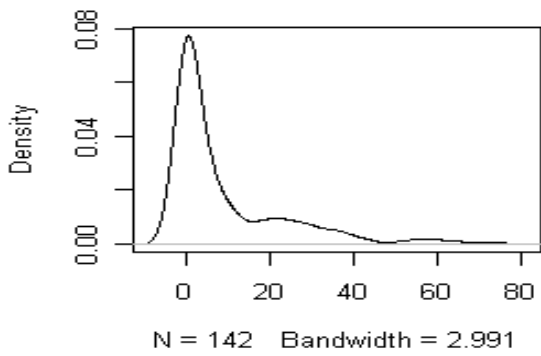
**density.default(x = dati\$q.ta)**



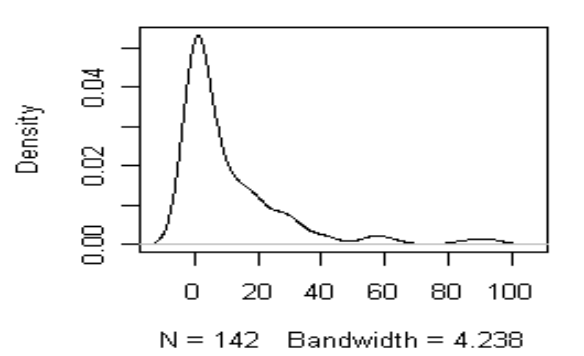
**density.default(x = dati\$tot\_s)**



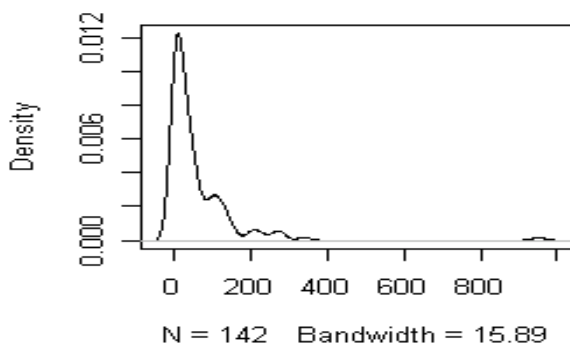
**density.default(x = dati\$s\_sx)**



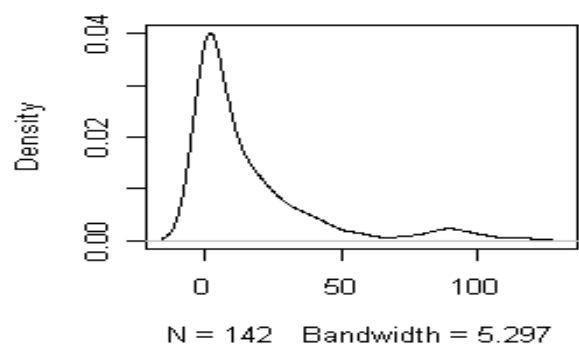
**density.default(x = dati\$s\_dx)**



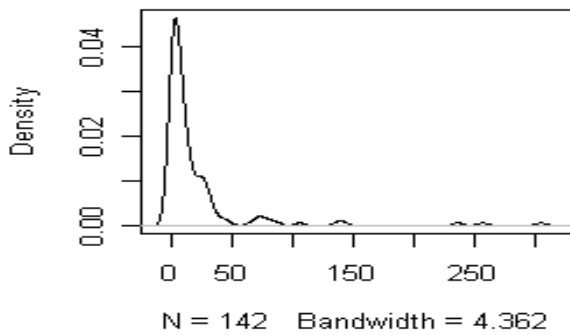
**density.default(x = dati\$p\_ug)**



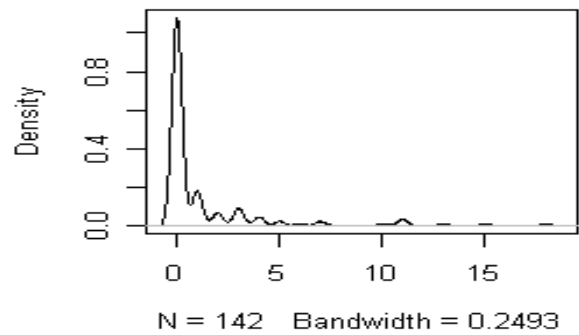
**density.default(x = dati\$ug\_m)**

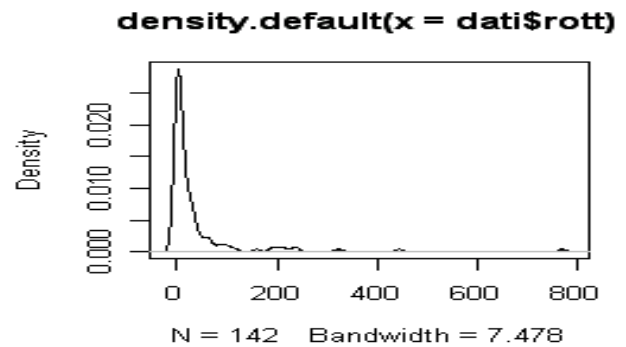
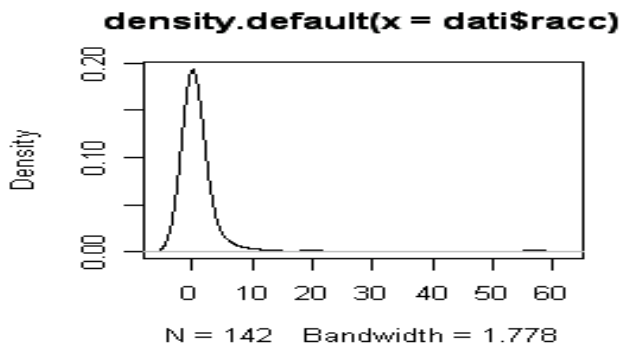
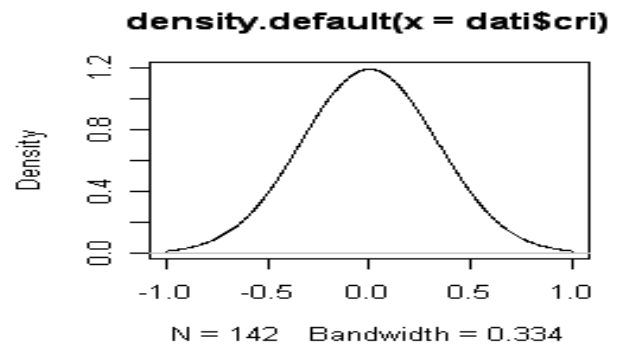
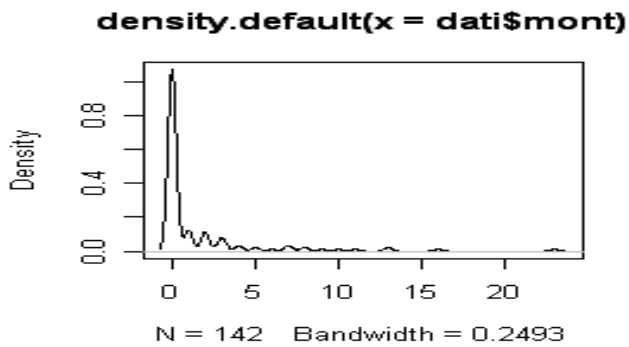


**density.default(x = dati\$ug\_s)**



**density.default(x = dati\$fil\_r)**





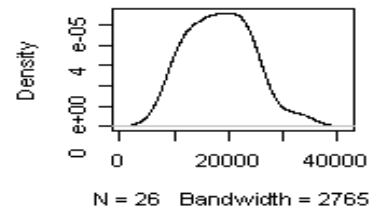
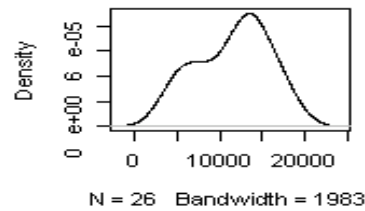
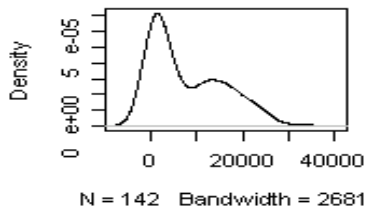
I grafici sopra riportati, mostrano dei dati che non sembrano provenire da una distribuzione normale, se non nel caso della variabile "cricca"; si può notare invece in alcuni grafici, una distribuzione bi-modale, che fa pensare all'effetto congiunto di due processi.

Queste considerazioni potrebbero però essere falsate dalla concomitanza nello stesso data-set di tutte le diverse rampe gas, proviamo quindi ad analizzare le distribuzioni separando i dati per tipologia di prodotto lavorato.

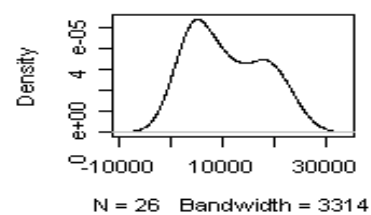
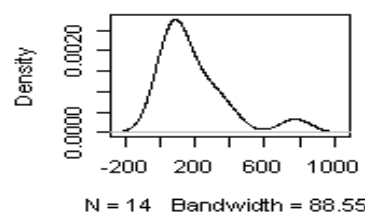
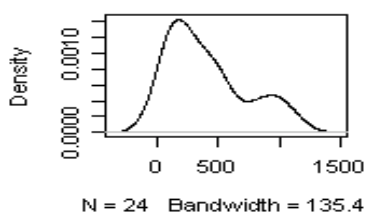
## Analisi divisa per modello e variabili

### Quantità prodotta

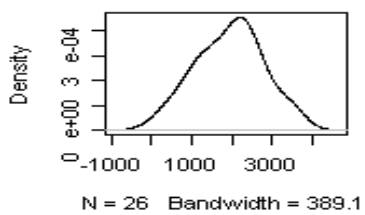
`density.default(x = dati$q.t` `density.default(x = datiA$q.t` `density.default(x = datiB$q.t`



`density.default(x = datiC$q.t` `density.default(x = datiD$q.t` `density.default(x = datiE$q.t`



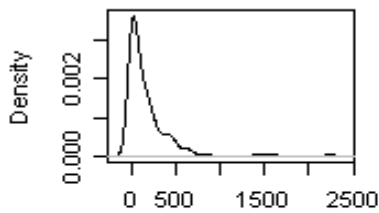
`density.default(x = datiF$q.t`



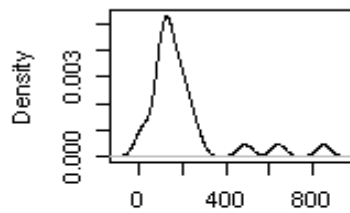
Dai grafici della distribuzione della variabile quantità prodotta, si nota che anche se andiamo a dividere i dati in base al tipo di prodotto, rimane questa distribuzione bimodale, che fa pensare ad una variabilità, non solo casuale.

Totale dello scarto

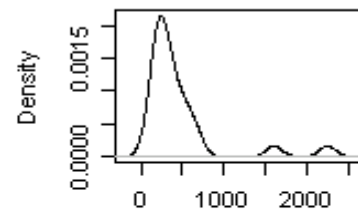
**density.default(x = dati\$tot\_ density.default(x = datiA\$tot\_ density.default(x = datiB\$tot**



N = 142 Bandwidth = 53.28

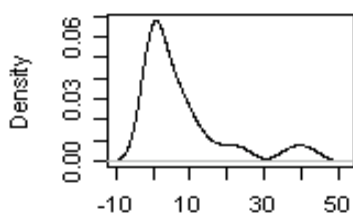


N = 26 Bandwidth = 33.96

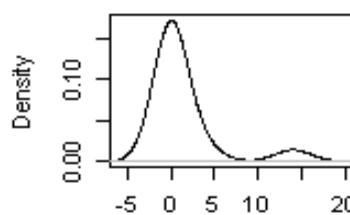


N = 26 Bandwidth = 97.67

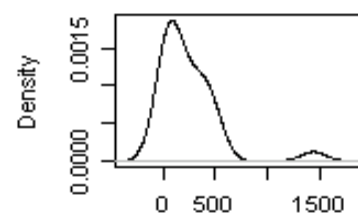
**density.default(x = datiC\$tot\_ density.default(x = datiD\$tot\_ density.default(x = datiE\$tot**



N = 24 Bandwidth = 3.201

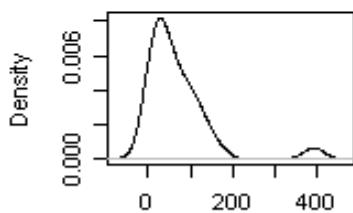


N = 14 Bandwidth = 2.024



N = 26 Bandwidth = 122.5

**density.default(x = datiF\$tot\_**



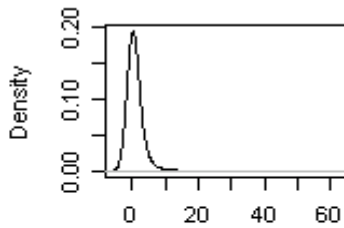
N = 26 Bandwidth = 24.24

Andando ad osservare il totale dello scarto, si nota invece la permanenza di una asimmetria positiva, che si concentra per la maggior parte verso valori "bassi", anche se nel caso delle rampe di tipo A, B ed E risultano essere un po' più elevati.

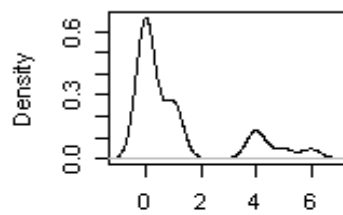
Quindi, non sembra esserci una grossa differenza rispetto al grafico con tutti i tipi di rampa.

## Raccordo

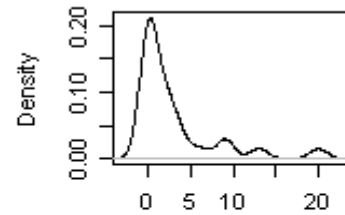
**density.default(x = dati\$rac)** **density.default(x = datiA\$rac)** **density.default(x = datiB\$rac)**



N = 142 Bandwidth = 1.778

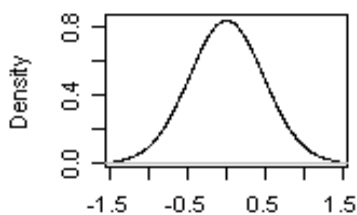


N = 26 Bandwidth = 0.3501

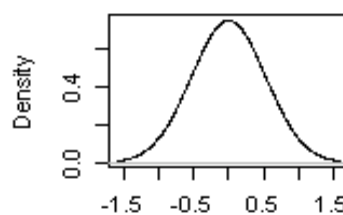


N = 26 Bandwidth = 1.05

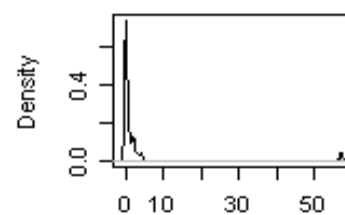
**density.default(x = datiC\$rac)** **density.default(x = datiD\$rac)** **density.default(x = datiE\$rac)**



N = 24 Bandwidth = 0.4767

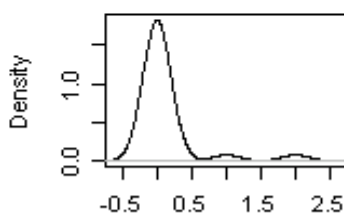


N = 14 Bandwidth = 0.5309



N = 26 Bandwidth = 0.3501

**density.default(x = datiF\$rac)**

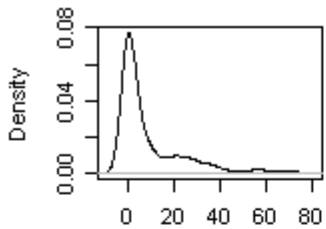


N = 26 Bandwidth = 0.2024

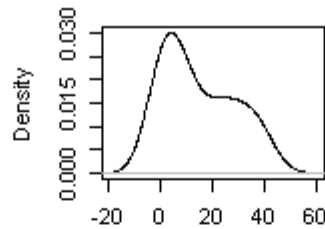
Le distribuzioni sopra riportate, mostrano un andamento, con asimmetria positiva che come nel caso precedente si concentrano verso lo zero, nel caso delle rampe C e D lo scarto imputabile a questa variabile sembra distribuirsi secondo una normale, ma ciò può essere influenzato anche dal fatto che, come si è visto precedentemente nei box-plot (Figura 14) queste rampe sono quelle prodotte in minor numero.

## Scodellino sinistro

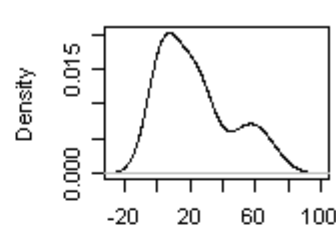
**density.default(x = dati\$s\_s)** **density.default(x = datiA\$s\_s)** **density.default(x = datiB\$s\_s)**



N = 142 Bandwidth = 2.991

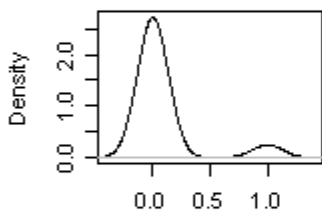


N = 26 Bandwidth = 6.405

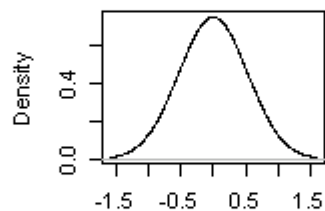


N = 26 Bandwidth = 9.014

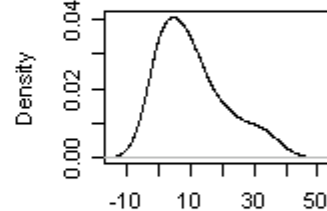
**density.default(x = datiC\$s\_s)** **density.default(x = datiD\$s\_s)** **density.default(x = datiE\$s\_s)**



N = 24 Bandwidth = 0.1346

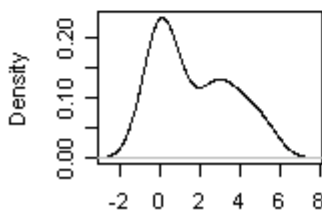


N = 14 Bandwidth = 0.5309



N = 26 Bandwidth = 4.89

**density.default(x = datiF\$s\_s)**



N = 26 Bandwidth = 0.8778

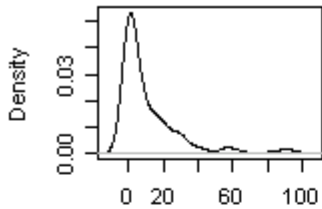
Le distribuzioni della variabile "scodellino sinistro" mettono in evidenza una distribuzione bi-modale, che come prima fanno pensare ad un effetto congiunto di più fattori di variabilità. Solo nel caso della rampa D la distribuzione è normale.

Dai grafici si nota però la variazione della distribuzione rispetto al data-set con tutti i tipi di rampa.

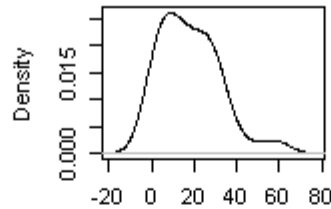


## Scodellino destro

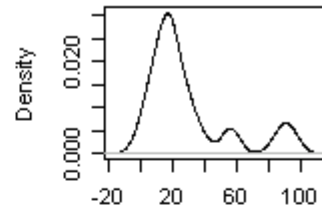
**density.default(x = dati\$s\_d: density.default(x = datiA\$s\_c density.default(x = datiB\$s\_c**



N = 142 Bandwidth = 4.238

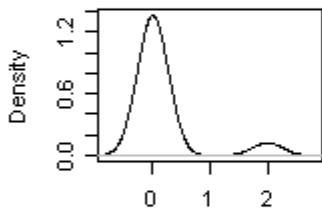


N = 26 Bandwidth = 6.523

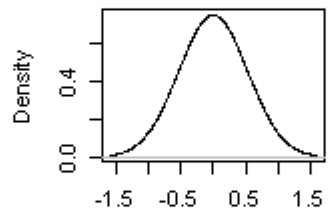


N = 26 Bandwidth = 5.688

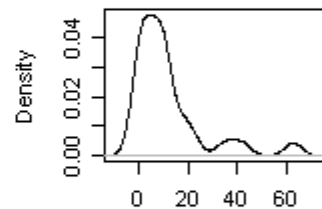
**density.default(x = datiC\$s\_c density.default(x = datiD\$s\_c density.default(x = datiE\$s\_c**



N = 24 Bandwidth = 0.2691

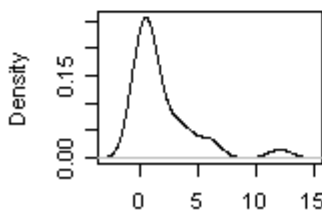


N = 14 Bandwidth = 0.5309



N = 26 Bandwidth = 3.588

**density.default(x = datiF\$s\_d**

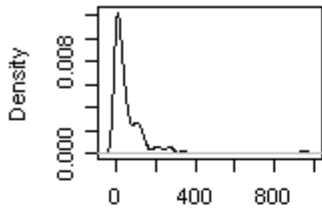


N = 26 Bandwidth = 0.9627

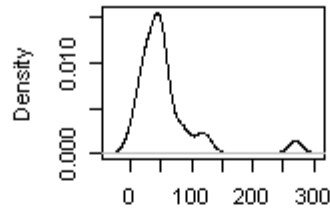
In questo caso i grafici sopra riportati mostrano delle distribuzioni molto simili per le rampe B, C, E, F con una asimmetria positiva concentrata nei valori più piccoli, mentre nel caso della rampa A, si nota ancora una distribuzione bi-modale non visibile che nel caso del data-set completo.

## Perdita da ugello

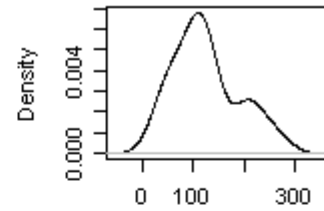
**density.default(x = dati\$p\_u density.default(x = datiA\$p\_u density.default(x = datiB\$p\_u**



N = 142 Bandwidth = 15.89

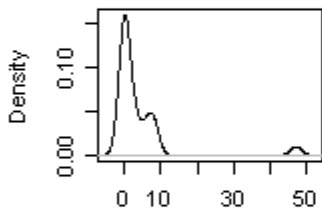


N = 26 Bandwidth = 11.55

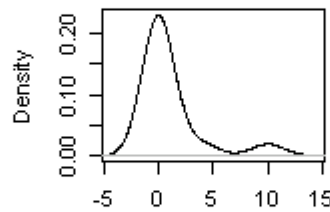


N = 26 Bandwidth = 26.6

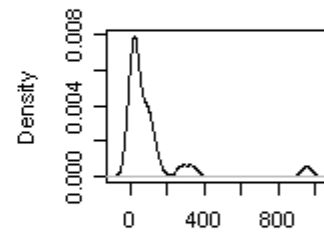
**density.default(x = datiC\$p\_u density.default(x = datiD\$p\_u density.default(x = datiE\$p\_u**



N = 24 Bandwidth = 1.601

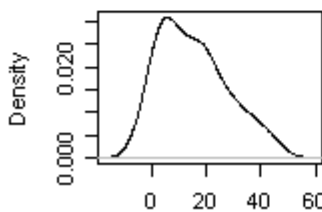


N = 14 Bandwidth = 1.487



N = 26 Bandwidth = 26.95

**density.default(x = datiF\$p\_u**

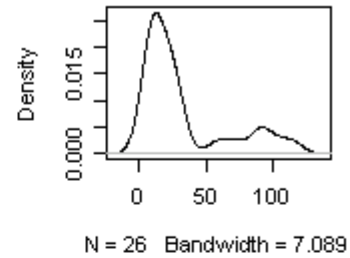
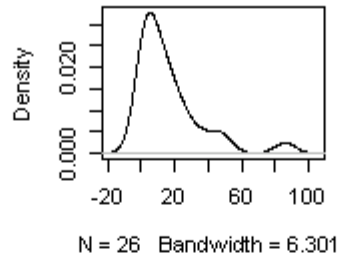
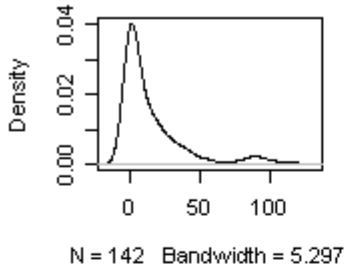


N = 26 Bandwidth = 5.426

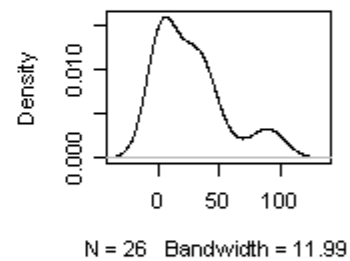
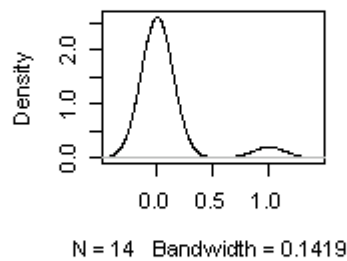
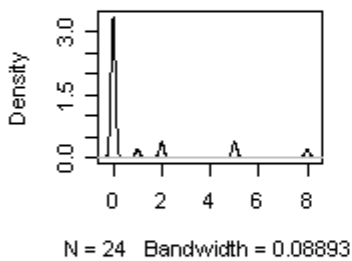
Anche per la variabile "perdita da ugello", la divisione del data-set mette in risalto una distribuzione bi-modale per le rampe di tipo B ed F, mentre per le altre rampe si nota sempre una asimmetria positiva, concentrata verso valori "bassi".

Ugello mancante

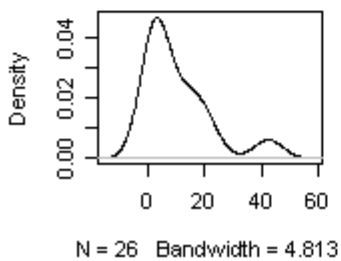
**density.default(x = dati\$ug\_1 density.default(x = datiA\$ug\_ density.default(x = datiB\$ug\_**



**density.default(x = datiC\$ug\_ density.default(x = datiD\$ug\_ density.default(x = datiE\$ug\_**



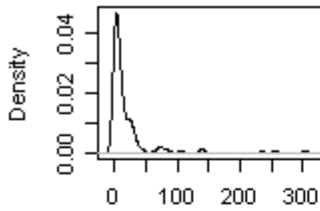
**density.default(x = datiF\$ug\_**



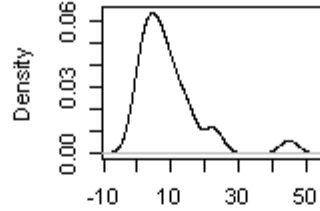
L'analisi di questi grafici, ci mostra invece un effetto "limitato" della divisione del data-set, infatti si nota solamente un variazione della distribuzione nel caso della rampa E, mentre nel caso delle altre rampe la distribuzione rimane simile a quella mostrata dal data-set completo, cioè con una asimmetria positiva concentrata su valori "piccoli".

Ugello storto

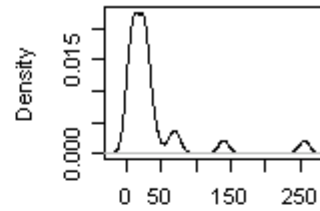
**density.default(x = dati\$ug\_ density.default(x = datiA\$ug\_ density.default(x = datiB\$ug\_**



N = 142 Bandwidth = 4.362

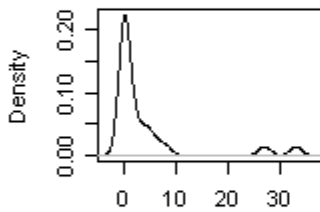


N = 26 Bandwidth = 2.713

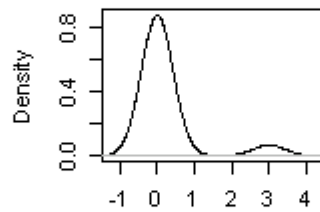


N = 26 Bandwidth = 7.526

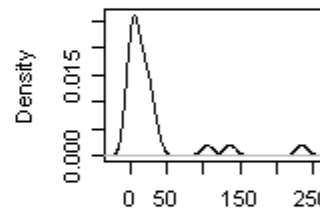
**density.default(x = datiC\$ug\_ density.default(x = datiD\$ug\_ density.default(x = datiE\$ug\_**



N = 24 Bandwidth = 1.156

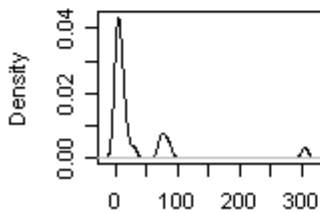


N = 14 Bandwidth = 0.4257



N = 26 Bandwidth = 7.964

**density.default(x = datiF\$ug\_**

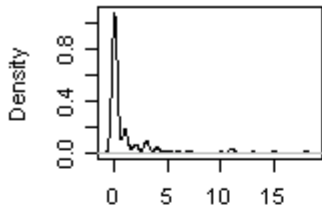


N = 26 Bandwidth = 4.813

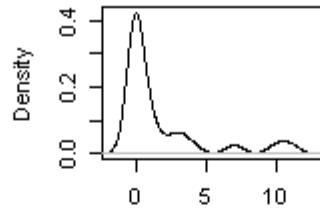
I grafici mostrano come gli scarti causati da "ugello storto", si concentrano per lo più nelle rampe di tipo B ed E, anche se con valori non troppo elevati, rimane quindi pressoché invariata la distribuzione rispetto al data-set completo, mostrando una asimmetria positiva concentrata ancora su valori "piccoli".

## Filetto rovinato

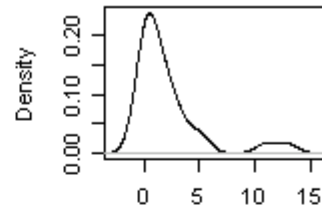
**density.default(x = dati\$fil\_ density.default(x = datiA\$fil\_ density.default(x = datiB\$fil\_**



N = 142 Bandwidth = 0.2493

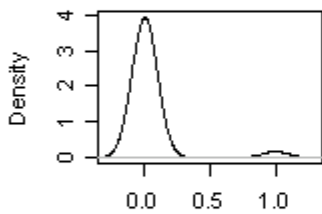


N = 26 Bandwidth = 0.6126

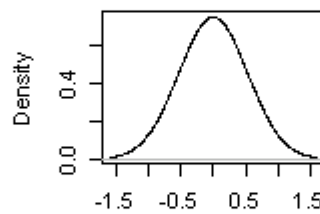


N = 26 Bandwidth = 0.9627

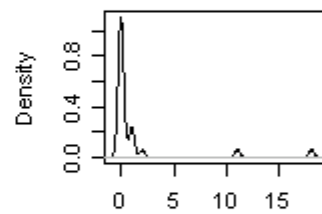
**density.default(x = datiC\$fil\_ density.default(x = datiD\$fil\_ density.default(x = datiE\$fil\_**



N = 24 Bandwidth = 0.0973

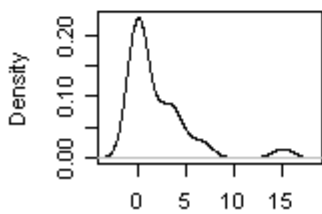


N = 14 Bandwidth = 0.5309



N = 26 Bandwidth = 0.2625

**density.default(x = datiF\$fil\_**

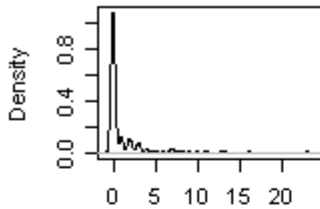


N = 26 Bandwidth = 1.05

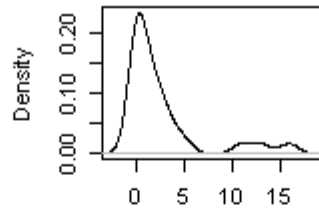
Per questa variabile, si nota ancora una distribuzione normale nel caso della rampa D, mentre le altre distribuzioni presentano la "solita" asimmetria positiva.

## Montaggio

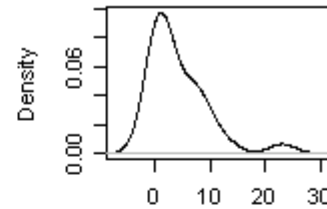
**density.default(x = dati\$mo** **density.default(x = datiA\$mo** **density.default(x = datiB\$mo**



N = 142 Bandwidth = 0.2493

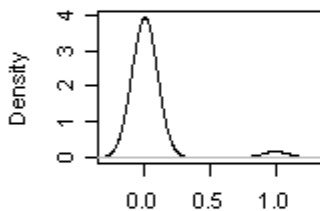


N = 26 Bandwidth = 0.9627

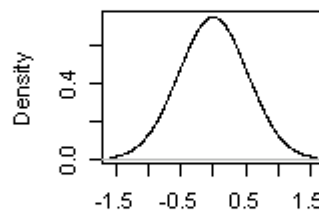


N = 26 Bandwidth = 2.363

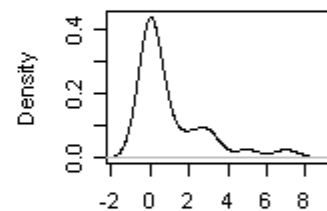
**density.default(x = datiC\$mo** **density.default(x = datiD\$mo** **density.default(x = datiE\$mo**



N = 24 Bandwidth = 0.0973

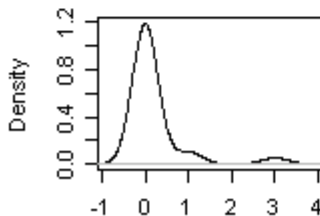


N = 14 Bandwidth = 0.5309



N = 26 Bandwidth = 0.6126

**density.default(x = datiF\$mo**

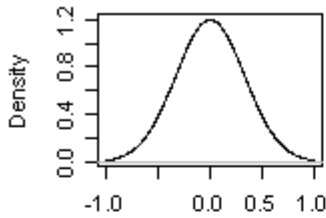


N = 26 Bandwidth = 0.2972

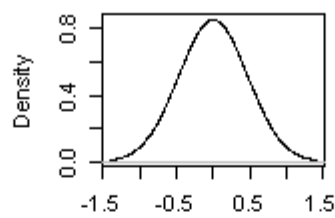
I grafici sopra riportati mostrano ancora una distribuzione normale solo nel caso della rampa D; mentre per le altre tipologie di rampa i valori rimano concentrati attorno allo zero con una asimmetria positiva.

Cricca

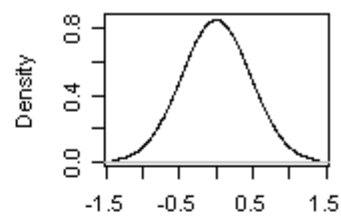
**density.default(x = dati\$cri**   **density.default(x = datiA\$cr**   **density.default(x = datiB\$cr**



N = 142   Bandwidth = 0.334

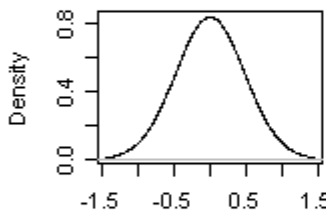


N = 26   Bandwidth = 0.4691

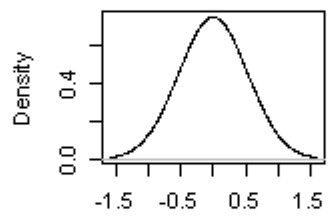


N = 26   Bandwidth = 0.4691

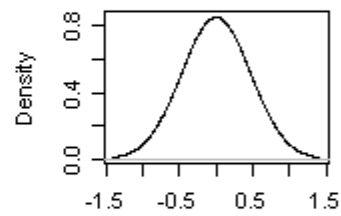
**density.default(x = datiC\$cr**   **density.default(x = datiD\$cr**   **density.default(x = datiE\$cr**



N = 24   Bandwidth = 0.4767

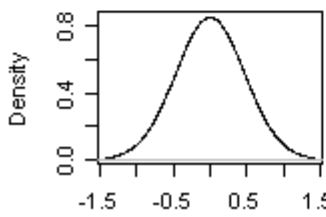


N = 14   Bandwidth = 0.5309



N = 26   Bandwidth = 0.4691

**density.default(x = datiF\$cr**

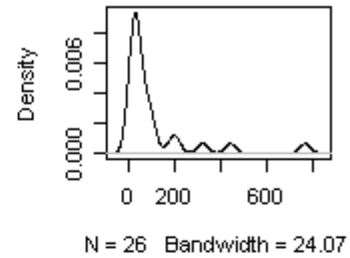
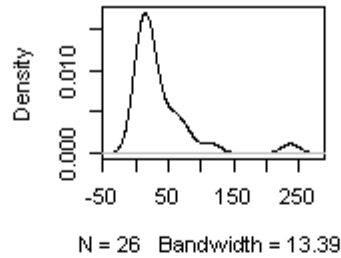
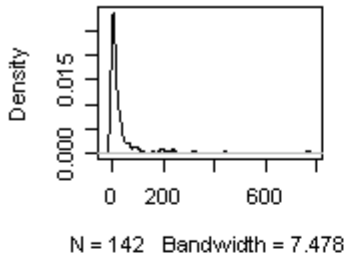


N = 26   Bandwidth = 0.4691

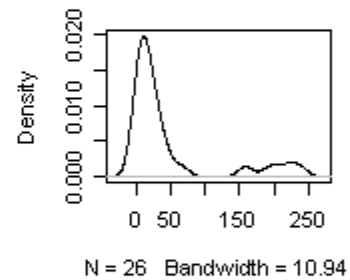
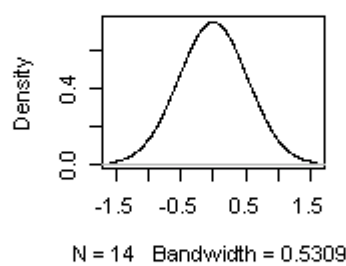
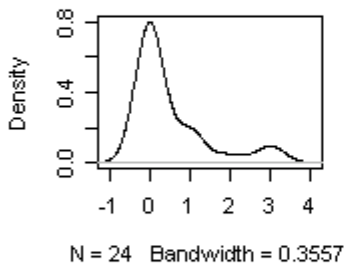
In questo caso le distribuzioni mostrano un andamento normale come succedeva già con il data-set completo, va considerato però che per questi ultimi motivi le frequenze di scarto sono notevolmente ridotte rispetto alle prime variabili analizzate.

## Rottamare

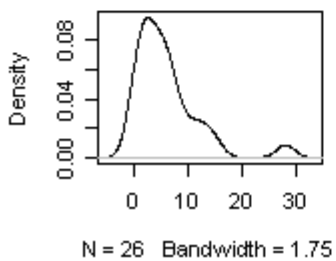
**density.default(x = dati\$rot)**   **density.default(x = datiA\$rot)**   **density.default(x = datiB\$rot)**



**density.default(x = datiC\$rot)**   **density.default(x = datiD\$rot)**   **density.default(x = datiE\$rot)**



**density.default(x = datiF\$rot)**

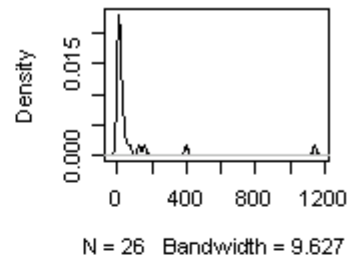
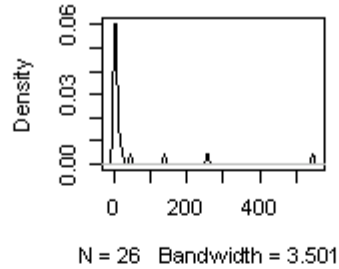
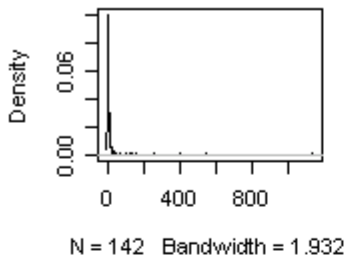


I grafici della distribuzione per la variabile "rottamare" mettono in evidenza ancora una volta una distribuzione normale per la rampa di tipo D, e una concentrazione dello scarto ad essa imputabile concentrato per la maggior parte nelle rampe A e B.

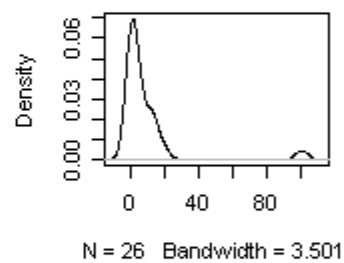
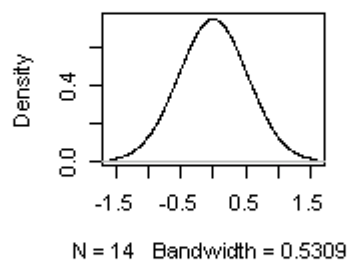
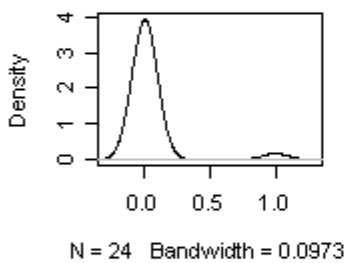


Altro

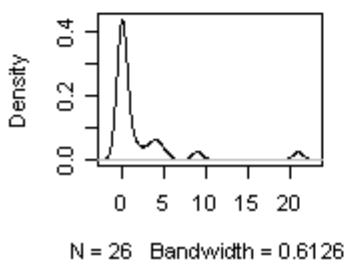
**density.default(x = dati\$altr)** **density.default(x = datiA\$alt)** **density.default(x = datiB\$alt)**



**density.default(x = datiC\$alt)** **density.default(x = datiD\$alt)** **density.default(x = datiE\$alt)**



**density.default(x = datiF\$alt)**



I grafici mostrano una distribuzione normale ancora una volta per la rampa D, ma mettono anche in evidenza una frequenza di scarto dovuta a motivazioni fino ad ora non considerate, molto ridotta.

## Analisi della covarianza e della correlazione

La covarianza è una misura della direzione e della forza delle relazioni esistenti tra le variabili, più è forte la relazione tra le due variabili più ci aspettiamo che la covarianza diventi grande in valore assoluto, in assenza di qualche forma di relazione monotona tra le due variabili ci aspettiamo invece che la covarianza risulti nulla o comunque vicina allo zero.

Per affermare se la covarianza è "piccola" o "grande" si usa una versione normalizzata, la correlazione, che varia tra -1 e 1. Essa assume valori maggiori di zero se la relazione tra le variabili è crescente, valori minori di zero se la correlazione tra le variabili è decrescente, vale invece zero se non esiste nessuna relazione monotona tra esse.

	A	B	C	D	E	F
A		75142.28	-144.88	-73.04	13338.36	3133.8
B			-581.2446	-160.1262	28002.54	12353.32
C				-0.593846	1874.06	-10.88308
D					-147.16	-41.39077
E						1574.04

Tabella 1. Valori di covarianza tra i dati dello scarto per tutti i tipi di rampa.

Come abbiamo già detto sopra, questi valori sono di difficile interpretazione, quindi calcolo i valori della correlazione riportati in Tabella 2.

	A	B	C	D	E	F
A		<b>0.857645</b>	-0.067848	-0.13862	0.2435177	0.2121824
B			0.1080678	-0.12065	0.2029688	0.3320669
C				-0.018359	<b>0.5573474</b>	-0.012003
D					-0.17736	-0.185007
E						0.0676803
						3

Tabella 2 Valori di correlazione tra i dati dello scarto per tutti i tipi di rampa.

A questo punto, guardando i valori riportati in Tabella 2, possiamo concludere che anche se è comunque possibile notare un legame particolare tra la rampa A e la rampa B, e tra le rampe C ed E, non sembrano esserci altri legami rilevanti tra il totale dello scarto delle diverse rampe gas. Per questo opteremo per la costruzione di sei diverse carte controllo.

### 3.5 LE CARTE CONTROLLO

Le carte di controllo sono uno strumento statistico utile per verificare se il processo generatore dei dati sia più o meno stabile. Queste consentono di registrare misure sperimentali di uno o più caratteri rappresentativi della qualità di un processo produttivo, al fine di constatare se, nel corso del tempo, il processo stesso assume direzioni che possono modificare un prefissato livello di qualità giudicato soddisfacente. Una carta di controllo è caratterizzata da tre linee orizzontali: una centrale che rappresenta il valore medio della statistica di controllo (Linea centrale, LC), e due linee chiamate limite di controllo superiore (Valore limite superiore, UCL) e limite di controllo inferiore (Valore limite inferiore, LCL). I limiti di controllo sono scelti in modo tale da individuare un fascia all'interno della quale cadano quasi tutte le osservazioni se il processo è in controllo, in questo caso non è necessario alcun intervento correttivo sul processo. Se invece uno o più punti cadono al di fuori dei limiti di controllo, si necessita quindi di azioni correttive o di un'indagine al fine di evidenziare ed eliminare la cause che hanno determinato l'insorgere di quei fattori specifici.

Per essere efficiente una carta controllo deve minimizzare il numero di falsi allarmi identificando le condizioni anomale e quindi mantenere il processo stabile.

Per scegliere la carta di controllo più appropriata al caso in esame è necessario svolgere l'analisi preliminare dei dati per capire le caratteristiche delle variabili considerate.

Le carte di controllo possono essere suddivise in due categorie, a seconda delle caratteristiche della variabile di studio. Possiamo quindi utilizzare carte di controllo per variabili o carte di controllo per attributi.

Le carte di controllo per variabili si utilizzano quando la caratteristica da controllare è una variabile quantitativa.

Nel caso le caratteristiche relative alla qualità di un prodotto non possano essere rappresentate con variabili numeriche quantitative, ci si avvale delle carte di controllo per attributi.

### 3.6 IMPLEMENTAZIONE DELLA CARTA

Per questo tipo di problema, ho quindi scelto di implementare una carta shewhart per attributi, e nello specifico una carta p.

Essa infatti si presta al controllo di tutti quei elementi che possono essere classificati come buono/cattivo, conforme/non conforme, e si può applicare anche quando si dispone di una dimensione campionaria variabile.

La frazione di non conformi, viene definita come il rapporto tra numero di unità non conformi presenti in una popolazione e numero di pezzi che compongono quella popolazione. Le basi statistiche che sottostanno alla carta p, sono riconducibili alla distribuzione binomiale.

I limiti di controllo per la carta sono calcolati secondo le seguenti formule:

$$LC = \bar{p}$$
$$(LCL, UCL) = \bar{p} \mp \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$$

## Implementazione della carta p

Come detto prima, la mia scelta è di implementare sei diverse carte controllo, quindi una carta per ogni tipologia di rampa.

Rampa A:

Ciò che è possibile osservare in Figura 16, è una carta p, implementata sui dati della rampa A, ma il grafico mostra un andamento oscillatorio dei nostri dati, con numerosissimi fuori controllo. Questo ci porta a pensare, come avevamo già ipotizzato nell'osservare le distribuzioni, che ci possa essere una qualche componente aggiuntiva di variabilità nel nostro processo oltre a quella casuale considerata dalla carta.

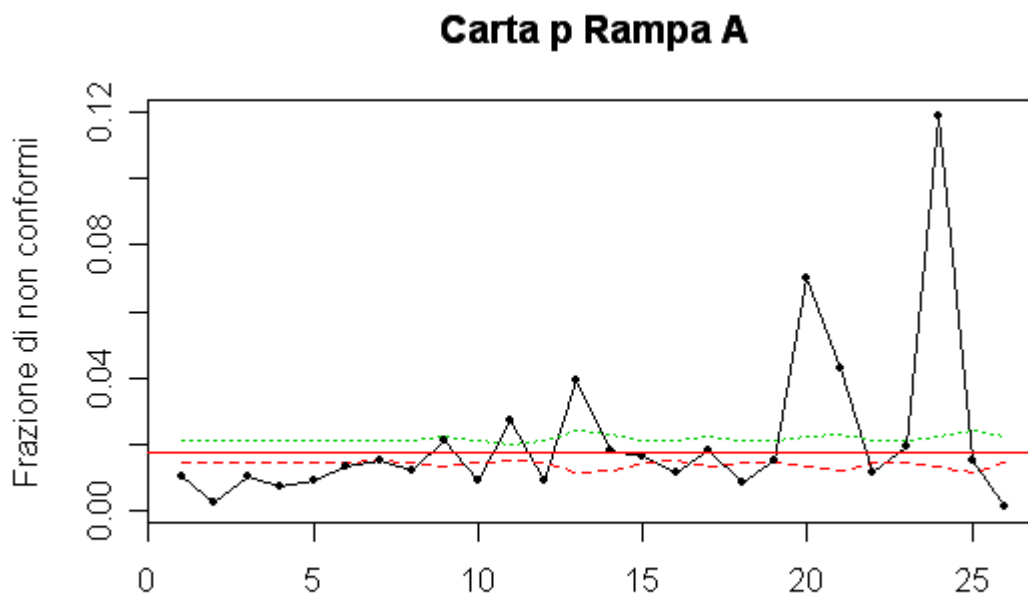


Figura 16 Carta p implementata sui dati della rampa A ( $\bar{p} = 0.024$ )

Provo ugualmente ad implementare le carte controllo, anche nelle rimanenti rampe, per vedere se il fenomeno si ripete.

Rampa B

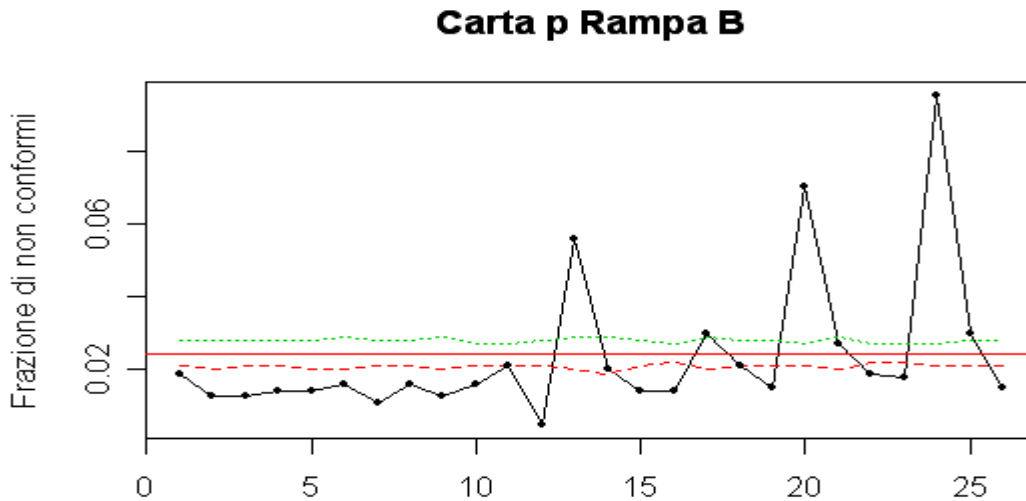


Figura 17 Carta p implementata sui dati della rampa B ( $\bar{p} = 0.024$ )

Anche la carta riportata nelle Figura 17, mostra un andamento molto simile a quello mostrato in Figura 16, con un numero di fuori controllo decisamente elevato.

Rampa C

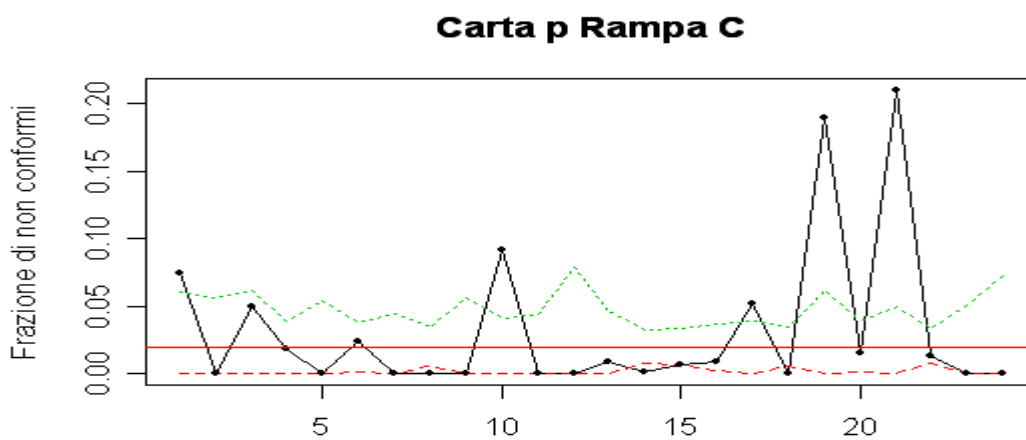


Figura 18 Carta p implementata sui dati della rampa C ( $\bar{p} = 0.02$ )

Per la rampa C, si può vedere un andamento dei punti migliore rispetto ai precedenti casi, ma non ancora soddisfacente, risultano infatti ancora numerose le osservazioni fuori controllo.

Rampa D

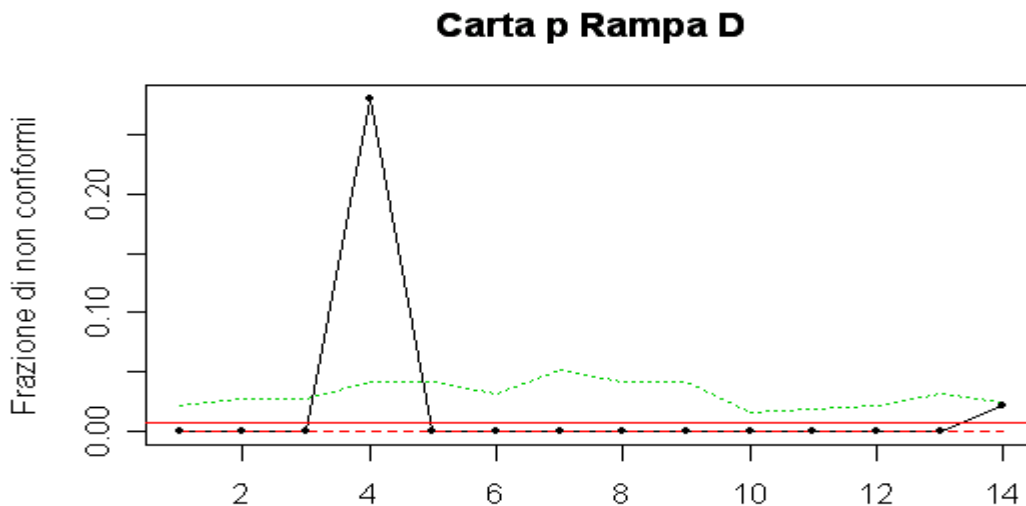


Figura 19 Carta p implementata sui dati della rampa D ( $\bar{p} = 0.007$ )

In questa carta si può osservare la presenza di un unico fuori controllo, contrapposto ad una serie di osservazioni poste sulla linea dello zero, questo è probabilmente dovuto ad un qualche valore anomalo, in un data-set troppo "povero", come si è potuto notare anche nella precedente analisi esplorativa dei dati.



Rampa E

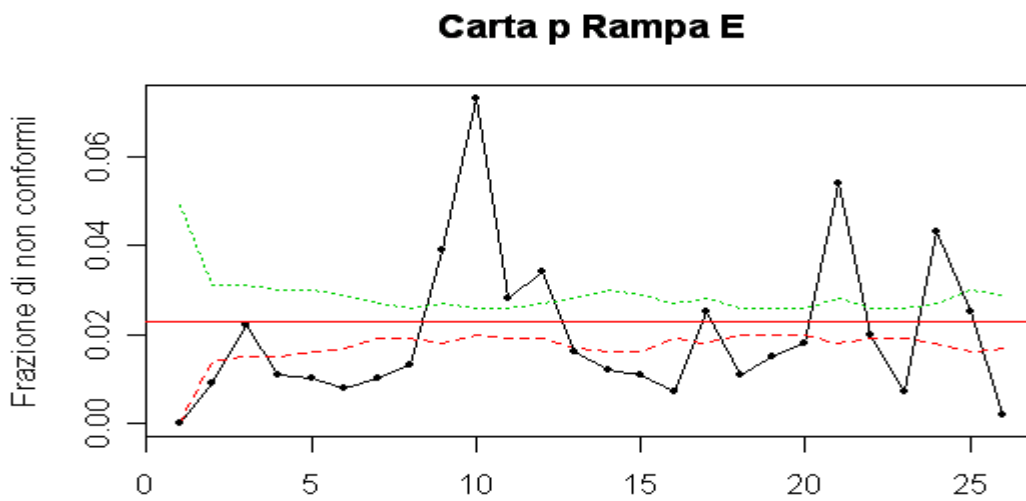


Figura 20 Carta p implementata sui dati della rampa E ( $\bar{p} = 0.023$ )

Anche in questo caso si verifica un numero troppo elevato di fuori controllo come nei casi precedenti.

Rampa F

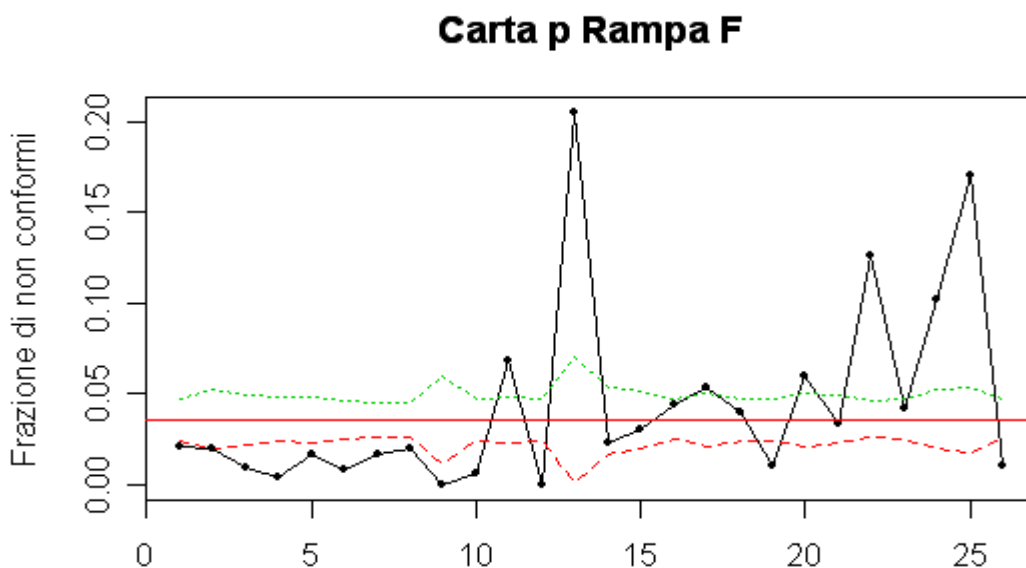


Figura 21 Carta p implementata sui dati della rampa F. ( $\bar{p} = 0.036$ )

Come nelle carte precedenti si nota un numero troppo elevato di osservazioni che si posizionano al di fuori dei limiti di controllo, questo può farci pensare alla presenza nei data-set di alcuni valori anomali, che vanno ad incidere pesantemente sul calcolo dei limiti della carta, ma soprattutto alla presenza di alcune cause aggiuntive di variazione che non vengono considerate dalla carta Shewhart i cui limiti tengono conto solamente della variazione entro i gruppi.

### Componenti multiple di Variazione

Per riuscire a cogliere quella parte di variazione dei dati da ritenere intrinseca nelle caratteristiche ma di cui la carta Shewhart con limiti tradizionali non tiene conto, utilizzo quindi la tecnica delle componenti multiple di variazione (Thyregod et al., 2004) attraverso la quale è possibile stimare una variazione tra i gruppi, ed implementare quindi una carta controllo in grado di tenere in considerazione eventuali fonti aggiuntive di variazione.

Prima di proseguire però è necessario verificare l'ipotesi di omogeneità delle medie dei sottogruppi attraverso il test statistico di Pearson. Nel caso in cui tale ipotesi venga rifiuta, si procede a stimare la nuova componente di variazione  $\tilde{\gamma}$

$$\tilde{\gamma} = \frac{S_2^2 - \tilde{m}(1 - \tilde{m})}{n_0 \tilde{m}(1 - \tilde{m}) - S_2^2}$$

dove  $\tilde{m}$ ,  $n_0$  e  $S_2^2$  sono dati rispettivamente da

$$\tilde{m} = \bar{y}$$

$$n_0 = \frac{(\sum_i n_i)^2 - \sum n_i^2}{(k - 1) \sum_i n_i}$$

$$S_2^2 = \sum_{i=1}^N n_i (Y_i - \bar{Y})^2 / (N - 1)$$

I limiti "aggiustati" della carta di controllo Shewhart divengono:

$$CL = \tilde{m} \pm 3 \sqrt{\frac{\tilde{m}(1 - \tilde{m})}{1 + \tilde{\gamma}} \left( \tilde{\gamma} + \frac{1}{n_i} \right)}$$

Ora è quindi possibile implementare la nuova carta controllo con i limiti ri-calcolati con il metodo delle componenti multiple, e vedere se si riesce ad eliminare i numerosi fuori controllo osservati nelle precedenti carte.

Rampa A

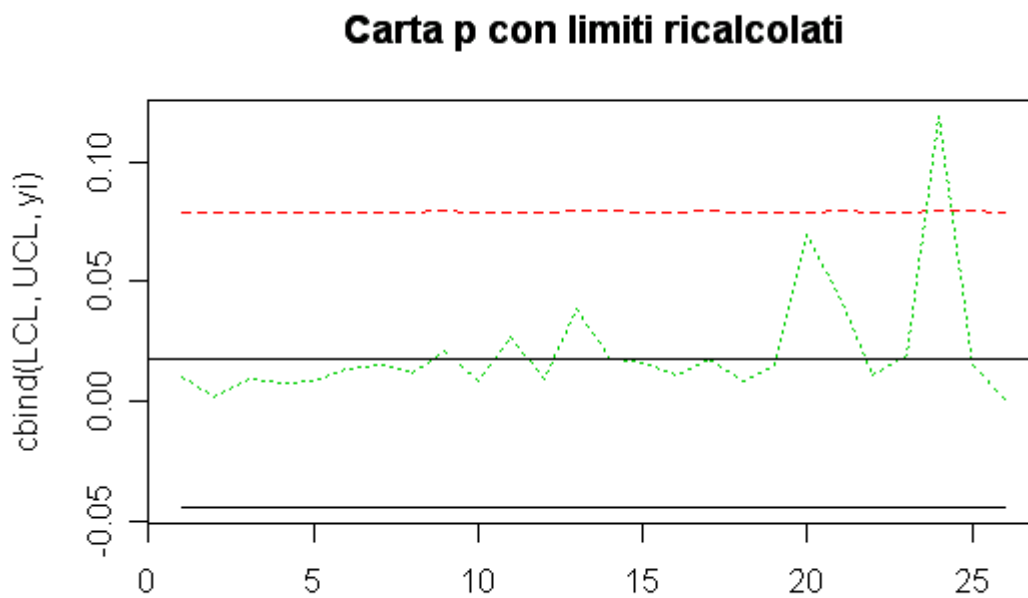


Figura 22 Carta p implementata sui dati della rampa A con limiti ricalcolati.

Rampa B

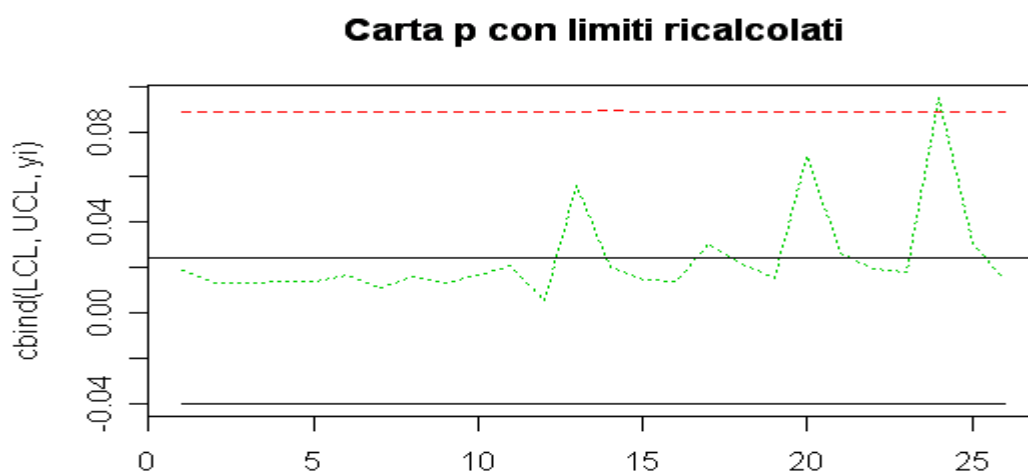


Figura 23 Carta p implementata sui dati della rampa B con limiti ricalcolati.

Rampa C

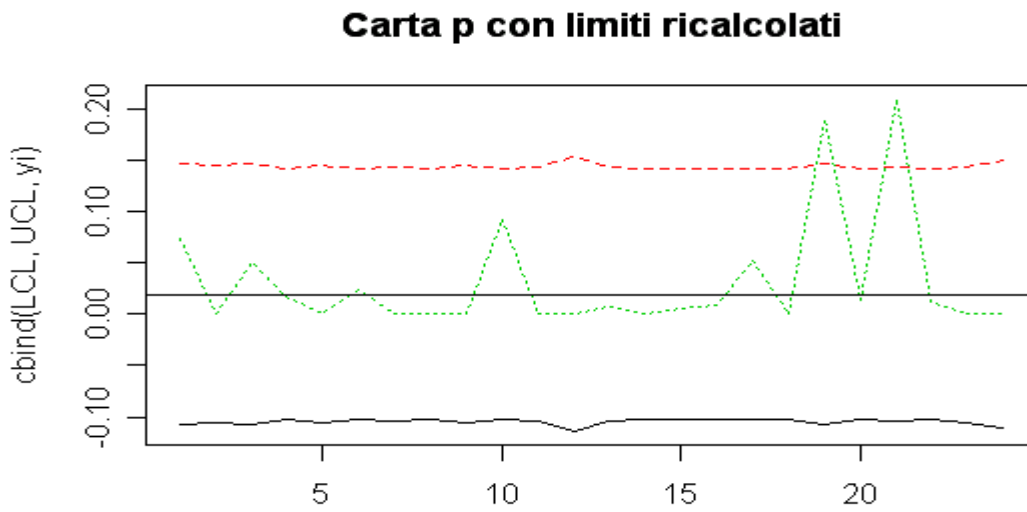


Figura 24 Carta p implementata sui dati della rampa C con limiti ricalcolati.

Rampa D

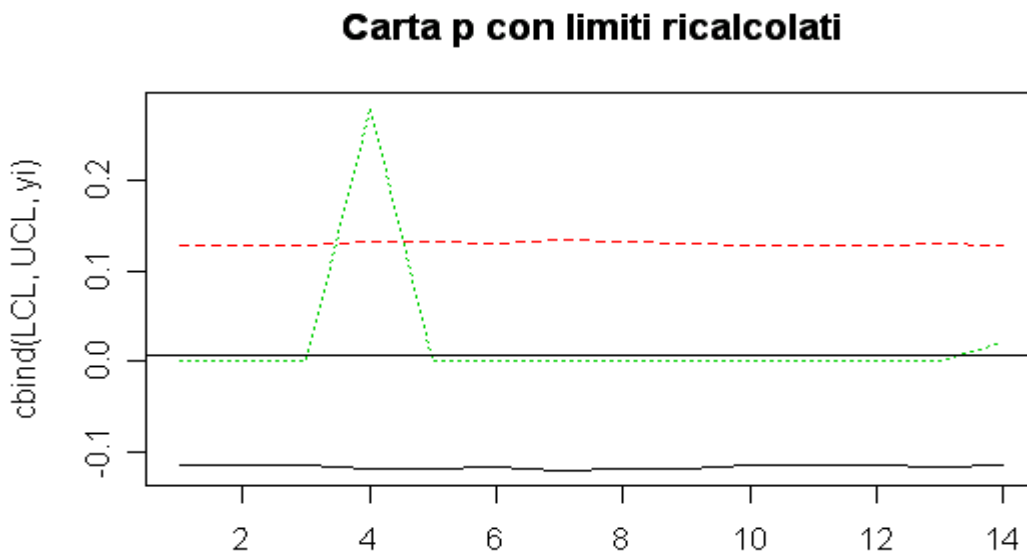


Figura 25 Carta p implementata sui dati della rampa D con limiti ricalcolati.

Rampa E

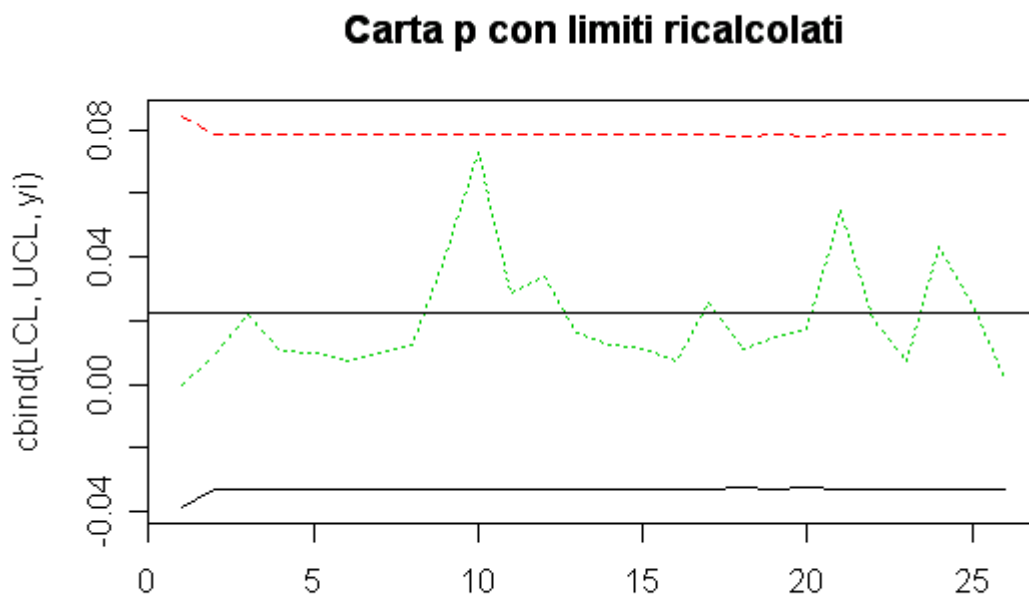


Figura 26 Carta p implementata sui dati della rampa E con limiti ricalcolati.

Rampa F

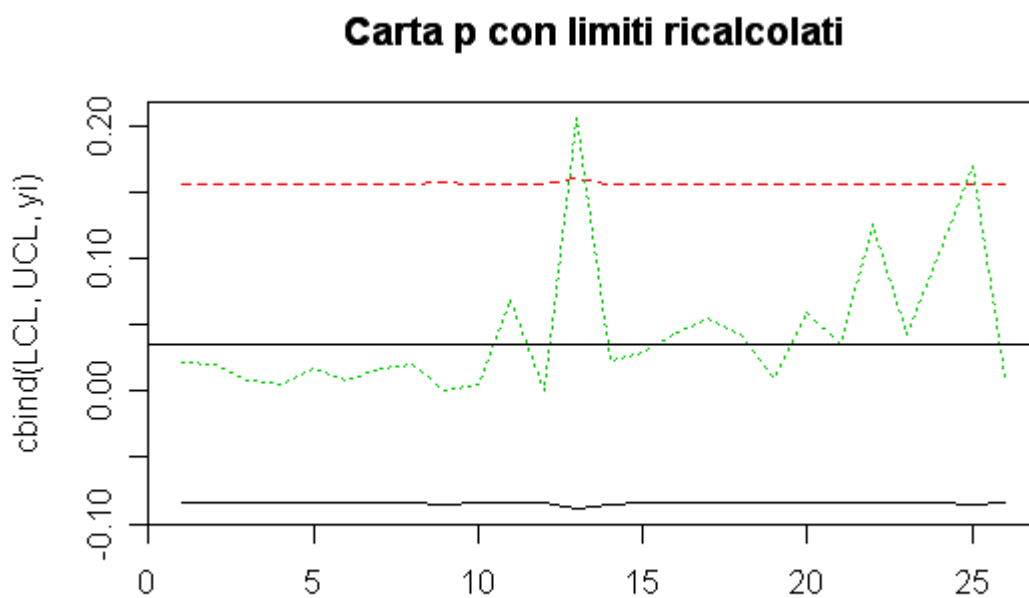


Figura 27 Carta p implementata sui dati della rampa F con limiti ricalcolati.

### 3.7 PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

Dalle Figure 21-27 è ora possibile cogliere un andamento degli scarti compatibile con l'ipotesi di variazione naturale dei dati unita a una *variabilità month-by-month*. Si può tuttavia notare la presenza di un ridotto numero di valori che fuoriescono dai limiti che possono essere spiegati da una qualche causa esterna al processo, come ad esempio una errata preparazione del macchinario, o una qualche mancata manutenzione, che può aver generato un "picco" negli scarti dell'assieme.

Il risultato meno significativo è certamente rappresentato nella carta relativa alla rampa D, dove tutti i valori di scarto sono a zero, tranne in un unico caso, dove si osserva un "picco" che fuoriesce dai limiti di controllo. Per una corretta analisi sarebbe necessario valutare il fenomeno in un arco di tempo più lungo. Va però tenuto in considerazione che, stando ai dati a mia disposizione, la rampa D è quella di minor utilizzo.

Quanto alle altre rampe gas si può giungere alle seguenti conclusioni:

- Rampa A: il grafico (Figura 22) mostra un andamento oscillatorio attorno al valore centrale del processo, nella fase iniziale, ma conclude poi con un trend crescente, che culmina nei due fuori controllo, per poi scendere di nuovo verso la media del processo, ciò potrebbe significare che le cause dell'innalzamento dello scarto sono state individuate e quindi corrette.
- Rampa B: la carta implementata (Figura 23) mostra ancora un andamento iniziale molto vicino al valore medio del processo, con alcuni "picchi", l'ultimo dei quali determina un segnale di fuori controllo, ma l'andamento del processo sembra essere comunque soddisfacente.
- Rampa C: l'andamento mostrato in Figura 24, risulta ancora incentrato, per la maggior parte del processo, nei valori medi del processo produttivo, anche se si segnalano anche in questo caso due valori fuori controllo.
- Rampa E: la carta p mostrata in Figura 26, mostra una disposizione dei dati, soddisfacente, non si registra infatti nessun valore fuori controllo.
- Rampa F: nell'ultimo grafico (Figura 27) l'andamento dei punti nella nostra carta p si concentra sul valor medio della nostra carta, anche se si segnalano ancora due valori fuori controllo.

## 4. CONCLUSIONI

### 4.1 CONCLUSIONI E RINGRAZIAMENTI

Si può quindi concludere che il processo risulta prevalentemente in uno stato di controllo, anche se interessato da una rilevante variabilità mensile dell'incidenza mensile.

Alcuni dati che ci potrebbero essere di aiuto, sono i dati relativi allo scarto, o comunque ai problemi, del macchinario che fabbrica le rampe. Si tratterebbe di verificare se i valori che cadono al di fuori dei limiti di controllo siano imputabili ad un periodo di mal funzionamento, tale da provocare problemi anche nella fase di assiemaggio della rampa e dunque un elevato numero di scarti ai vegeti.

Altre fonti di variabilità potrebbero essere individuate nel cambio di operatori al macchinario, o qualche mancata manutenzione che può aver determinato un innalzamento dello scarto, ma questi dati non sono per ora disponibili.

Al fine di rendere il lavoro più completo sarebbe interessante andare a verificare ed eventualmente cercare di spiegare, il motivo di una così alta correlazione tra gli scarti della rampa A e B, e tra gli scarti della rampa C ed E, sottolineata nella precedente analisi della covarianza.

## **Bibliografia**

Montgomery Douglas C. – Controllo statistico della qualità

Poul Thyregod, Jørgen Iwersen and Henrik Melgaard: On monitoring processes and assessing process capability under a hierarchical model, Part 2. pp 168-193 in *Frontiers in Statistical Quality Control* **7** , 2004. H.J. Lenz et al eds

## **Ringraziamenti**

Un ringraziamento va a Giuseppe, Denis, Andrea, Stefano, Manuela, Marco, Fabio e tutto il personale addetto al controllo qualità della Baxi S.p.A. per la disponibilità nel seguirmi nel e aiutarmi durante il periodo di stage, oltre al responsabile del reparto stesso, per aver permesso e seguito da vicino lo stage, e alla professoressa Capizzi che mi ha seguito nella stesura del lavoro.