



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale **Ingegneria Gestionale**

GESTIONE DELLE NON CONFORMITÀ NEL SETTORE MANIFATTURIERO

DEFECT MANAGEMENT IN THE MANUFACTURING INDUSTRY

Relatore: Chiar.mo

Prof. **Maurizio Bevilacqua**

Correlatore: Chiar.ma

Prof. **Sara Antomarioni**

Tesi di Laurea di:

Fabrizio D'Amario

A.A. 2020 / 2021

Sommario

1. Introduzione	1
2. Ciclo di produzione della ceramica	2
2.1 I materiali ceramici tradizionali	2
2.2 Le materie prime dei materiali ceramici.....	2
2.2.1 Classificazione e applicazione dei materiali ceramici.....	3
2.3 Ciclo di produzione dei materiali ceramici	4
2.3.1 Preparazione dei materiali	4
2.3.2 Formatura	5
2.3.3 Essiccazione	5
2.3.4 Cottura.....	6
2.3.5 Rivestimento e decorazione	7
2.4 Considerazioni generali su sanitari	8
3. Introduzione al Data Mining	9
3.1 Il Data Mining.....	9
3.2 Regole associative.....	10
3.3 Rapid Miner	11
3.3.1 Gli operatori di Rapid Miner	11
4. Analisi delle regole associative	15
4.1 Descrizione dello sviluppo del modello in Rapid Miner	15
4.1.1 Trascrizione dati su Excel.....	15
4.1.2 Processo in Rapid Miner	17
4.2 Analisi dei risultati	17
4.2.1 Regola avente lo scarto come conclusione	18
4.2.2 Regola avente come premessa le caratteristiche dell'impasto e come conclusione i tipi di difetti	29
5. Conclusione	46

Capitolo 1. Introduzione

In questa tesi sono analizzati dei dati relativi alle caratteristiche degli impasti ceramici e ai difetti riscontrati sui vari prodotti ceramici finiti. Entrambe le tipologie di dati sono offerte dall'azienda Matrix Modelleria che ha raccolto informazioni per un periodo che va da aprile 2020 fino a maggio 2021. Questa azienda è un punto di riferimento su scala globale nel campo della modellera ceramica, risulta essere per i gruppi leader di mercato un valido partner tecnico a cui accordare anno dopo anno la loro fiducia. Attraverso il Data Mining si riesce ad analizzare una grande quantità di dati estraendo le relazioni frequenti tra le caratteristiche dell'impasto e i difetti riscontrati sui loro prodotti finiti. L'estrazione dei dati è stata effettuata utilizzando le regole associative che sostanzialmente sono delle implicazioni tra due elementi. Queste regole saranno caratterizzate da due parametri chiamati: supporto e confidenza, che ci esprimono la forza e la probabilità di accadimento della regola. Per questo elaborato di tesi le regole sono state estratte utilizzando il software Rapid Miner. A partire da un modello, realizzato con tale software, contenente degli operatori collegati tra loro, si carica il file Excel contenente i dati su un operatore specifico e si ottengono le regole associative che rappresentano le correlazioni frequenti. Tali regole saranno caratterizzate da una premessa, una conclusione e, per ogni regola, un valore che esprime il supporto e un valore che esprime la confidenza. Le regole estratte sono: {articolo, impasto} ⇒ {%scarto}, {caratteristiche dell'impasto} ⇒ {difetti} e {clima, caratteristiche dell'impasto} ⇒ {difetti}. Per quest'elaborato sono state prese in analisi le regole che risultano significative rispetto a valori relativamente alti di supporto e valori di confidenza che effettivamente possano assumere un senso quando per la stessa premessa si ottengono diverse conclusioni.

Capitolo 2. Ciclo di produzione della ceramica

2.1 I materiali ceramici tradizionali

La ceramica è un materiale inorganico non metallico, allo stato naturale presenta proprietà come la duttilità in quanto prodotto a partire da polveri. La forma che viene conferita a freddo è poi consolidata ad alte temperature. Questo processo è irreversibile quindi una volta effettuato non si potranno riavere le caratteristiche originarie dell'impasto. Questo tipo di materiale ha un punto di fusione molto elevato, dopo la fase di cottura sarà molto rigido ma allo stesso tempo fragile con una elevata resistenza all'usura [1], [2].

Tali prodotti sono costituiti da materie prime ceramiche che provengono dalla frammentazione e macinazione di rocce terrestri, tipicamente sedimentarie, magmatiche e metamorfiche. In base alle materie prime utilizzate e di conseguenza all'applicazione del prodotto finito, si distinguono in due gruppi principali: "materiali ceramici tradizionali" e "materiali ceramici avanzati". Al primo gruppo appartengono quei materiali le cui materie prime si trovano allo stato puro in natura. Sono sostanzialmente argilla, silice e feldspati e trovano applicazione per lo più nell'edilizia, nell'industria e nell'uso domestico. Invece, del secondo gruppo fanno parte quei prodotti finiti utilizzati per assolvere funzioni avanzate come: funzioni meccaniche, termiche, ottiche e nucleari. Essi sono distinti dai ceramici tradizionali per l'assenza di materiale argilloso, sono derivati da materie prime molto spesso di sintesi e sono tipicamente composti puri o quasi puri, formati soprattutto da ossidi, carburi o nitruri [2].

2.2 Le materie prime dei materiali ceramici

Come anticipato nel paragrafo precedente i materiali ceramici sono fabbricati compattando miscele di polveri la cui forma è consolidata tramite temperature sufficientemente elevate. Sono costituiti essenzialmente da tre componenti base: argilla, silice e feldspati.

L'argilla ha origine sedimentaria derivando maggiormente dal deposito e dall'accumulo delle torbide più fini trasportate in sospensione dai corsi d'acqua, infatti, l'ambiente di sedimentazione è di solito in prossimità dei delta dei fiumi. Questo minerale finissimo è, costituito prevalentemente da silicati

di alluminio come la caolinite ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Si}_2\text{O}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_2$) e piccole quantità di altri ossidi. La proprietà fisica principale dell'argilla è la plasticità, infatti quando è idratata rende questo impasto facilmente malleabile in modo da impartire per modellazione la forma desiderata. Tale proprietà è legata alla sottigliezza dei granuli e di conseguenza alla facilità con cui può essere idratata. Nel processo di asciugatura, l'argilla si irrigidisce e si ritira. Le elevate temperature a cui è sottoposta permettono una solidificazione e compattazione irreversibile [3].

La silice (SiO_2), chiamata anche selce o quarzo, ha la funzione di costituire una sorta di scheletro portante del prodotto. In fase di essiccazione e cottura è importante controllare le variazioni dimensionali, come il ritiro, che se eccessive potrebbero incidere negativamente sull'integrità dei prodotti. Ai fini del raggiungimento di desiderate caratteristiche fisiche e/o meccaniche del prodotto finale è fondamentale che, durante la cottura della miscela ceramica, si formi una fase liquida. Tale liquido riempie le porosità residue, lasciate dall'essiccazione o prodotte dalla liberazione di composti gassosi durante la cottura, inducendo un riassetamento delle particelle e una progressiva compattazione, tanto maggiore quanto maggiore è la quantità di liquido che si forma. I feldspati alcalini caratterizzati da basse temperature di fusione, hanno il compito di favorire la formazione di tale fase liquida [2].

Le materie prime dei ceramici avanzati, invece, sono spesso di sintesi e tipicamente composti, sono soprattutto da ossidi, carburi e nitruri, come l'allumina (Al_2O_3), il nitruro di silicio (Si_3N_4), il carburo di silicio (SiC) e la zirconia (ZrO_2). Posseggono proprietà meccaniche come la resistenza alle sollecitazioni statiche, alle alte temperature e alle pressioni elevate ma anche proprietà elettriche, elettroniche, ottiche e magnetiche che possono presentare in particolari condizioni di temperatura, pressione e composizione dell'ambiente circostante.

2.2.1 Classificazione e applicazione dei materiali ceramici

La classificazione dei prodotti ceramici si basa soprattutto sulle caratteristiche strutturali come la porosità o compattezza dell'impasto. Nelle ceramiche a pasta compatta (greificata) rientrano il gres e la porcellana. Hanno una bassissima porosità e buone doti di impermeabilità ai gas e ai liquidi, inoltre non sono facilmente scalfibili. Le ceramiche a pasta compatta vengono cotte ad alte temperature, tali da fondere completamente l'impasto facendo evaporare l'aria che si forma all'interno delle bolle: in questo modo la pasta acquisisce maggiore compattezza. Sono di qualità pregiata e, quindi, più costose. In pasta compatta si producono elementi per l'edilizia come: piastrelle o grès per apparecchi sanitari, i grès porcellanati di qualità ancora superiore per le

pavimentazioni, prodotti per l'industria porcellane tecniche (materiali per elettrotecnica e chimica) e refrattari (rivestimenti di forni) e, infine, le porcellane per oggetti di ornamenti. Le ceramiche a pasta porosa sono tipicamente la terraglia, le maiolica e la terracotta. Hanno pasta tenera e assorbente, più facilmente scalfibile. Vengono cotte a basse temperature, massimo 1000°C: in questo modo, all'interno del prodotto si formano microbolle d'aria, che rendono la ceramica porosa. Sono economiche e meno pregiate. In pasta porosa vengono prodotte le terrecotte per prodotti ad uso edile come mattoni, laterizi (tegole) ma anche ad uso domestico come vasi, brocche, tazze e piatti [4].

2.3 Ciclo di produzione dei materiali ceramici

Il ciclo produttivo dei ceramici tradizionali si suddivide in: preparazione dei materiali, formatura, essiccazione e cottura. Tuttavia, in alcuni casi dopo la cottura, chiamata prima cottura, ci sono ulteriori fasi: una in cui al prodotto è applicato un rivestimento seguito da una ricottura ed un'altra in cui avviene la decorazione qualora si voglia colorare il prodotto ceramico finito.

2.3.1 Preparazione dei materiali

In questo primo stadio di lavorazione le materie prime come l'argilla, una volta prelevata, vengono selezionate e ripulite dalle impurità, sono altresì effettuate operazioni che hanno lo scopo di conferire all'impasto un'omogeneità e una distribuzione granulometrica adeguata al tipo di prodotto e al tipo di lavorazione. In questa fase le operazioni principali sono la macinazione, la miscelazione, il controllo e la regolazione della quantità d'acqua presente. In base al mulino utilizzato esistono due tipi di macinazione: a secco e ad umido. La prima prevede l'utilizzo di esigue quantità di acqua, infatti l'impasto che si ottiene è una polvere secca. Consente di ottenere finezze granulometriche superiori, quindi in fase di cottura la reattività delle particelle dell'impasto è maggiore e ha un'elevata compattezza anche con cotture rapide e a temperature relativamente basse. Inoltre, comporta una migliore omogeneizzazione dell'impasto e risulta essere una scelta obbligata per la preparazione di impasti in stabilimento a partire da materie prime distinte. Al contrario la macinazione a secco prevede un quantitativo d'acqua superiore di circa dieci volte rispetto al primo caso ottenendo così una sospensione acquosa, detta barbotina. È limitata alla preparazione di impasti ottenuti da una materia prima unica o da miscele di materie prime simili [2].

2.3.2 Formatura

La formatura è la fase nella quale si conferisce all'impasto ceramica la forma del prodotto che si vuole realizzare. Una prima distinzione può essere fatta in base alle caratteristiche dell'impasto, infatti si ha la formatura allo stato secco, plastico e di barbottina. Per quanto riguarda la formatura allo stato secco, utile per lo più alla produzione di vasellame e ciotole, si hanno la modellazione a mano libera, a colombino e a stampo. La modellazione a mano libera è la tecnica più antica, consiste nell'effettuare una pressione con le dita su un blocco d'argilla bagnato. Nella formatura a colombino vengono preparati lunghi cilindri di argilla (colombini) che avvolti a spirale danno la forma dell'oggetto la cui finitura può essere ottenuta o a mano o per pressione con una tavola ed una pietra. La modellazione a stampo utilizza per la preparazione degli stampi o matrici, generalmente in gesso, in cui viene steso l'impasto [5]. Per quanto concerne lo stato secco un altro importante metodo di formatura è la pressatura, tipicamente usata per la produzione di piastrelle, che consiste nella compattazione, tramite una pressa, dell'impasto di argilla (allo stato secco) versata in appositi stampi. Questo processo, oltre ad assestare i granuli tra di loro, ha l'obiettivo di espellere l'aria e deformare i grani [2].

Per la formatura allo stato plastico si ha la tornitura, in cui si pone al centro del piatto girevole una massa di argilla modellata manualmente, e l'estrusione. In questo caso l'impasto, con un contenuto d'acqua del 15-20%, viene fatto passare attraverso una filiera con sezione prestabilita e ad intervalli regolari viene tagliato. Tra i prodotti ceramici più diffusi, con questo metodo vengono prodotti mattoni, tegole e tavelle [2], [5].

Per la formatura allo stato di barbottina la tecnica utilizzata è il colaggio in uno stampo di gesso riconducibile alla forma desiderata, spesso complicata, dell'oggetto che si vuole realizzare, di solito apparecchi sanitari. Il gesso assorbe l'acqua della barbottina, il quale progressivamente si rassoda e dopo alcune ore può essere estratto per consentire la continuazione del ciclo produttivo. La barbottina può essere colata o in uno stampo cavo che riproduce la superficie esterna (la barbottina in eccesso verrà rimossa) oppure in due stampi rifiniti su entrambi le superfici [2].

2.3.3 Essiccazione

L'essiccazione ha lo scopo di rimuovere dai pezzi formati l'acqua presente nell' impasto, questo permette alle particelle che lo compongono di riassetarsi con conseguente perdita di plasticità. È di fondamentale importanza se si vuole evitare la deformazione dell'oggetto (per esempio la

formazione di crepe o fessure) che questa fase venga svolta con cura e all'aria, lentamente e a basse temperature. La rimozione dell'acqua si concretizza in due stadi distinti: nel primo per diffusione, l'acqua liquida all'interno del corpo ceramico raggiunge la superficie del pezzo, e nel secondo per evaporazione, l'acqua evapora dalla superficie del pezzo stesso. Generalmente, l'essiccazione viene eseguita a temperature minori di 100°C e, per un pezzo di materiale ceramico di grosse dimensioni, può durare fino a 24 ore [2].

2.3.4 Cottura

La cottura è il processo mediante il quale i materiali ceramici acquisiscono caratteristiche meccaniche adeguate alle diverse utilizzazioni e corrispondenti proprietà. Il conseguimento di tali caratteristiche è riconducibile alle trasformazioni chimiche e fisiche che si verificano nel corso del trattamento. Il processo di cottura avviene in tre stadi: riscaldamento progressivo fino alla temperatura desiderata, permanenza in forno per il tempo necessario ad ottenere le caratteristiche ceramiche e raffreddamento. La cottura viene eseguita, per la maggior parte dei materiali, in forni a tunnel i quali vengono percorsi da carri su cui sono posti i prodotti. Il processo è effettuato a fuoco fermo (temperatura costante) e il tempo ciclo è dato dalla velocità dei carri. A metà del tunnel si trovano i bruciatori che lo preriscaldano tramite dei prodotti per la combustione che percorrono il forno in senso opposto rispetto a quello del materiale (dall'uscita verso l'ingresso). La parte finale del forno è la zona di raffreddamento attraverso la quale il materiale è portato dalla temperatura di cottura a una temperatura a cui i pezzi possano essere estratti dal forno senza correre il rischio di intaccarne l'integrità. La curva termica viene scelta a seconda delle trasformazioni caso per caso e il ciclo, anche in termini di durata, è stabilito in modo che venga assicurata, sezione per sezione, una temperatura sufficientemente omogenea. La durata del ciclo è quindi scelta in funzione del rapporto tra la superficie del prodotto caricato e il suo volume: se questo rapporto è basso, come per esempio nei forni per piastrelle o per laterizi ad alta sezione, poiché il prodotto è impilato su carrelli, il ciclo termico è relativamente lungo (fino a oltre 20 ore); se questo rapporto è alto, come per esempio nei forni monostrato per piastrelle, in cui le piastrelle percorrono il forno in singolo strato, il ciclo termico si abbrevia considerevolmente (cottura "rapida" con cicli da 30 a 70 minuti). La cottura rapida rappresenta una delle più importanti innovazioni, infatti, i forni monostrato attualmente in esercizio prevedono la movimentazione del prodotto su rulli, per cui il forno deve provvedere al riscaldamento solo del prodotto utile, e non anche dei carrelli. Il vantaggio principale è una consistente riduzione dei consumi energetici, a cui sono associati ulteriori vantaggi per quanto

concerne la qualità del prodotto, la resa produttiva (migliore uniformità di cottura) e la gestione della produzione (maggiore flessibilità e possibilità di automazione nell'esercizio e nel controllo). Per i ceramici tradizionali le temperature di cottura sono: laterizi 950-1000°C, piastrelle 1000-1220°C, sanitari 1230-1280°C, refrattari 1350-1600°C, porcellane tecniche 1250-1450°C [2].

2.3.5 Rivestimento e decorazione

Questa fase, chiamata anche smaltatura, consiste nell'applicazione di un rivestimento vetroso o di vernici (trasparente nel caso delle vetrine ed opaco per lo smalto) in modo di rendere la superficie della ceramica impermeabile, non assorbente, più dura, più resistente, più agevolmente pulibile ed esteticamente più bella (lucida). Tradizionalmente sono eseguite prima la cottura, poi la smaltatura e successivamente una seconda cottura per fissare gli smalti. Attualmente però è possibile eseguire una procedura con cottura rapida e simultanea sia del supporto che dello smalto, chiamata monocottura, e un'altra, chiamata bicottura, in cui la cottura del supporto e dello smalto avviene in due momenti diversi. In entrambi i casi la cottura è svolta in circa 40 minuti (nel caso non avvenga nello stesso momento ogni cottura ha la durata di 40 minuti) sui rulli con impasti, le cui materie prime sono carbonati di calcio e magnesio, formati con la pressatura.

Il componente fondamentale di uno smalto è rappresentato dalla cosiddetta fritta. Essa è un vetro silicatico ottenuto per fusione delle materie prime e raffreddamento per colaggio in acqua (processo noto come frittaggio). Per l'ottenimento degli smalti si utilizzano fritte di definite composizione e caratteristiche, in funzione dell'obiettivo da raggiungere, a cui vengono generalmente aggiunti altri componenti (ad esempio pigmenti) in base al risultato da raggiungere (esempio: colorazione). L'applicazione dello smalto sulla superficie del pezzo ceramico avviene mediante un trattamento termico nel corso del quale lo smalto rammollisce, assumendo via via un'adeguata fluidità che gli consente di aderire al meglio alla superficie del pezzo ceramico. Uno smalto può essere trasparente (cristallina) o opaco e variamente colorato. Gli opacizzanti sono in genere composti a base di ossidi di stagno e di zirconio, mentre i coloranti (o pigmenti) sono generalmente ottenuti con l'impiego di ossidi di metalli di transizione (Co, Ni, Cu, Mn, Cr ecc.).

Tra tutte le modalità di colorazione la più efficace è quella tramite l'utilizzo di pigmenti il cui contributo è stabile, sono sotto forma di polveri fini con scopo decorativo ma anche protettivo. Essi sono dispersi nella matrice da colorare formando una miscela eterogenea [2].

2.4 Considerazioni generali su sanitari

Il processo produttivo dell'azienda "Matrix Modelleria" da cui provengono i dati analizzati è: progettazione CAD 2D/3D, prototipo, modello, primo stampo, matrice, test, produzione in serie, assistenza tecnica post-vendita e consulenza tecnica door to door [6].

Si parte dalla progettazione CAD 2D/3D di un prototipo che viene valutato come fosse un prodotto finito. Dal prototipo si sviluppa un modello in gesso identico al sanitario ma deformato per prevenire disagi dovuti alla riduzione di volume dovuta alla perdita d'acqua. Quest'ultimo è necessario per la realizzazione del primo stampo in gesso all'interno del quale viene colata la barbottina [7]. L'impasto solitamente è formato da argilla e caolino a cui sono aggiunti quarzo e feldspati. All'interno dello stampo la barbottina inizia a raffermarsi poiché perde l'acqua assorbita dallo stampo in gesso, dopo, per effetto della perdita d'acqua (assorbita dallo stampo), assume la sua forma nel giro di 40-45 minuti, pur restando molle e umido. Seguono fasi di essiccazione, in essiccatoi per circa 2/3 giorni, e rifinitura a mano per rendere la superficie perfettamente liscia [7], in alcuni casi questa fase può essere eseguita anche prima che il prodotto venga essiccato quindi quando i pezzi sono umidi [8].

Su questi pezzi viene applicato lo smalto sia manualmente ma anche con robot automatizzati, successivamente vengono posti sui carrelli per la cottura. La cottura dei sanitari avviene in un forno a tunnel lungo 60-70 metri e dura circa 24 ore, durante le quali ogni pezzo raggiunge gradualmente la temperatura massima, una volta raggiunta tale temperatura lo smalto vetrifica e cristallizza per poi scendere nuovamente a 60-80° quando esce [7].

La cottura è circa a 1300°C, infatti la sua resistenza a temperature molto elevate rende la ceramica sanitaria un materiale estremamente duro, resistente all'usura e inalterabile: sopporta gli acidi e le soluzioni alcaline, graffi e abrasioni e detersivi abrasivi. La smaltatura liscia è igienica e facile da mantenere e pulire [9]. Una volta cotto, prima di essere spedito, il sanitario subisce dei controlli, per evitare eventuali difetti, e dei test qualitativi.

Capitolo 3. Introduzione al Data Mining

3.1 Il Data Mining

Il Data Mining è il processo attraverso cui si individuano relazioni frequenti all'interno di grandi basi dati che possono essere informazioni utili non conosciute prima. Con esso si intende l'insieme delle tecniche relative all'estrazione (in inglese mining) di pattern (rappresentazione sintetica di dati) con cui si possono ottenere risultati non raggiungibili facilmente dall'uomo sia per la grande mole di dati a disposizione ma anche perché queste informazioni non sono sempre evidenti. I vantaggi del data mining sono innanzitutto la capacità di muoversi in data set di grandissime dimensioni senza però fermarsi di fronte a informazioni inutili o prive di significato ma in generale grezze. Inoltre, è molto semplice maneggiare qualsiasi fonte di dati ad esempio immagini, suoni, testi e qualsiasi tipo di misura, quindi riesce a muoversi in dati eterogenei e complessi. Il data mining, al contrario di analisi statistiche, non ha bisogno che vengano fatte delle ipotesi a priori poiché la generazione e la valutazione delle ipotesi è automatizzata [10].

È utilizzato in ambito commerciale quando la mole di dati raccolti nei supporti informatici è elevata e in aumento (ad esempio pagine web, siti e-commerce, transazioni bancarie) oppure per sopravvivere alla concorrenza. Quando la pressione competitiva è forte si applicano i risultati ottenuti per fornire servizi migliori. È utilizzato anche in ambito scientifico, ad esempio, per gestire dati prodotti da sensori posti su satelliti, telescopi e microarray [11].

Non tutte le tecniche per individuare informazioni sono data mining, ad esempio cercare il nome di una persona nella rubrica non è data mining, mentre lo è la ricerca dei nomi più frequenti in una determinata zona. Oppure cercare una parola su un sito non vuol dire fare data mining, al contrario lo è raggruppare i risultati simili [11].

Tutto ciò che riesce a trovare associazioni o eventi ricorrenti, partendo da una raccolta di dati che a primo impatto sembrano non evidenziare nessun risultato rilevante, è data mining. Esso è la fase più importante di un processo chiamato KDD (Knowledge Discovery in Databases). È composto da una fase chiamata data preprocessing il cui scopo è, avendo in input i dati e identificato l'obiettivo, trasformare il dato grezzo in un formato appropriato e selezionare i dati utili. Successivamente c'è il data mining e infine postprocessing che consiste nel visualizzare i risultati utili in un formato adeguato per poi procedere all'interpretazione di essi [10].

Le attività di data mining sono suddivise in due categorie principali: modelli descrittivi e modelli predittivi. Nei modelli predittivi si prevede il valore di una particolare variabile a partire da altre variabili note a priori. Le tecniche di classificazione, di regressione e di analisi delle anomalie sono le più comuni appartenenti a questo gruppo. Nei modelli descrittivi l'obiettivo è determinare pattern (correlazioni o tendenze) che riassumono le relazioni che si celano dietro i dati raccolti. Per la descrizione dei dati si utilizzano principalmente tecniche di clustering e regole di associazione [10].

3.2 Regole associative

Tra le tecniche di data mining elencate, in questa tesi sono state utilizzate le regole associative per estrarre le relazioni nascoste tra i dati forniti. Sono applicate spesso per scoprire le correlazioni tra le vendite sulla base delle transazioni (ad esempio scontrini) effettuate nei supermercati per l'acquisto dei prodotti. La transazione rappresenta l'insieme di elementi (item) acquistati nello stesso momento e le regole associative trovano associazioni all'interno di un insieme che comprende tutte le transazioni effettuate. Queste regole sono fondamentalmente un'implicazione, cioè dato un insieme di item I e un insieme di transazioni D , si ha:

$X \Rightarrow Y$ (X implica Y) (con $X, Y \subset I$ e $X \cap Y = \emptyset$).

Ciò vuol dire che nelle transazioni in cui i clienti hanno acquistato X , essi hanno acquistato anche Y . Nello scenario del supermercato un esempio può essere: $\{\text{pasta, parmigiano}\} \Rightarrow \{\text{sugo}\}$ cioè chi compra insieme pasta e parmigiano probabilmente comprerà anche il sugo. Un'informazione di questo tipo può essere utile nelle attività di marketing come promozioni o disposizioni delle merci negli scaffali [12].

Queste regole sono caratterizzate principalmente da due parametri: confidenza e supporto.

La regola $X \Rightarrow Y$ ha confidenza c se una frazione pari a c delle transazioni in cui compare X contiene Y , cioè indica, data una transazione contenente X , la percentuale di trovare Y nella stessa transazione. Ad esempio, se la regola $\{\text{pasta, parmigiano}\} \Rightarrow \{\text{sugo}\}$ ha una confidenza pari a 0.8 vuol dire che per l'80% delle volte in cui si hanno transazioni contenenti pasta e parmigiano, esse contengono anche il sugo [12].

La regola $X \Rightarrow Y$ ha supporto s se una frazione pari a s delle transazioni contengono tutti gli item in $X \cup Y$, è l'indicazione di quanto frequentemente l'itemset appare nel dataset oppure la percentuale

di transazioni che comprende sia X che Y. Ad esempio se l'itemset {pasta, parmigiano} ha un supporto pari a 0.4, allora esso comparirà nel dataset per il 40% delle transazioni [12].

3.3 Rapid Miner

RapidMiner è concesso in licenza sotto la GNU. È stato originariamente sviluppato nel 2001 alla cattedra di intelligenza artificiale dell'Università di Dortmund sotto il nome di "Yale". Dal 2007, il programma è stato portato avanti da Rapid-I GmbH compiendo passi da gigante. RapidMiner è un software che offre procedure di data mining e machine learning che comprendono: caricamento e trasformazione dei dati (estrazione, trasformazione), preelaborazione e visualizzazione dei dati, analisi predittiva e modellazione statistica, valutazione e implementazione. RapidMiner è scritto nel linguaggio di programmazione Java. RapidMiner ha una comoda interfaccia utente, in cui le analisi sono configurate in un "process view". RapidMiner utilizza un concetto modulare, in cui ogni passaggio di un'analisi è illustrato da un operatore nel processo di analisi. Questi operatori hanno porte di input e output attraverso il quale possono comunicare con gli altri operatori per ricevere e inserire i dati o passare i dati modificati e i modelli generati agli operatori che segue. In questo modo viene creato un flusso di dati attraverso l'intero processo di analisi. I repository consentono all'utente di salvare i processi di analisi, i dati e i risultati in a modo specifico del progetto e allo stesso tempo averli sempre in vista così un processo già creato può essere rapidamente riutilizzato per un problema simile, un modello generato una volta può essere caricato e applicato oppure i risultati dell'analisi ottenuti possono essere semplicemente esaminati per trovare il metodo che promette il maggior successo. Oltre ai componenti principali di RapidMiner, ci sono numerose estensioni che potenziano ulteriori funzioni, come l'elaborazione di testi, serie storiche oppure dei collegamenti al pacchetto di statistiche R o Weka [13].

3.3.1 Gli operatori di Rapid Miner

Gli operatori elencati di seguito sono quelli utilizzati per creare il processo analizzato, le definizioni sono state tratte dal manuale d'uso [14]:

-Read Excel: questo operatore legge un ExampleSet dal file Excel specificato, può essere utilizzato per caricare dati da fogli di calcolo Microsoft Excel. In input si ha il file Excel, in output l'operatore restituisce il file Excel in forma tabulare insieme ai metadati. La tabella deve avere un formato tale che ogni riga sia un esempio e che ogni colonna rappresenti un attributo. Si noti che la prima riga del foglio Excel potrebbe essere utilizzata per i nomi degli attributi che possono essere indicati da

un parametro. La tabella dati può essere posizionata in qualsiasi punto del foglio e può contenere istruzioni di formattazione arbitrarie, righe vuote e colonne vuote. I valori dei dati mancanti in Excel devono essere indicati da celle vuote o da celle contenenti solo "?".

-Multiply: questo operatore crea copie di un oggetto RapidMiner, prende l'oggetto RapidMiner dalla porta di ingresso e ne consegna copie alle porte di output. Ogni porta connessa crea una copia indipendente. Quindi cambiare una copia non ha alcun effetto sulle altre copie.

-Select Attributes: questo operatore seleziona un sottoinsieme di attributi di un ExampleSet e rimuove gli altri attributi che non sono necessari. Fornisce diversi tipi di filtro per semplificare la selezione degli attributi. Solo gli attributi selezionati vengono recapitati alla porta di output. Il resto viene rimosso dall'oggetto ExampleSet. Nella porta di input si ha l'ExampleSet che contiene gli attributi da selezionare, in output si ha la tabella dati con solo gli attributi selezionati.

-Discretize by Binning: questo operatore discretizza gli attributi numerici selezionati in attributi nominali e in un numero di bin specificato dall'utente. I bin di uguale intervallo vengono generati automaticamente e il numero dei valori nei diversi bin può variare. Questo operatore discretizza gli attributi numerici selezionati. L'opzione numero di bin viene utilizzata per specificare il numero di bin richiesti. L'intervallo di valori numerici è suddiviso in segmenti di uguale dimensione e ogni segmento rappresenta un contenitore. I valori numerici vengono assegnati al contenitore che rappresenta il segmento in cui esso è compreso.

-Nominal to Binominal: questo operatore modifica il tipo di attributi nominali selezionati in un tipo binominale. Inoltre, mappa tutti i valori di questi attributi a valori binomiali cioè "true" o "false". Se ad esempio, viene trasformato un attributo nominale con il nome "costi" e possibili valori nominali "bassi", "moderati" e "alti", il risultato è un insieme di tre attributi binomiali "costi = bassi", "costi = moderati" e "costi = alti". Solo il valore di uno di questi attributi sarà "true" per un esempio specifico e i restanti "false". Se nell'ExampleSet originale l'attributo "costi" aveva valore "bassi", nel nuovo si avrà l'attributo "costi = bassi" impostato su "true", il valore di "costi = moderati" e "costi = alti" impostati sul valore "false". I dati numerici saranno invariati. In output si ha sia il nuovo ExampleSet, ma anche l'originale nel caso serva in input ad altri operatori.

-Numerical to Binomial: questo operatore modifica il tipo degli attributi numerici selezionati in un tipo binomiale (chiamato anche binario). Esso, inoltre mappa anche tutti i valori di questi attributi ai corrispondenti valori binomiali. Gli attributi binomiali possono avere solo due valori possibili, vale a dire "true" o "false". Se il valore di un attributo è tra il valore minimo e massimo definito, diventa "falso", altrimenti "true". I valori minimi e massimi possono essere specificati rispettivamente dai parametri min e max. Se il valore manca, il nuovo valore manca. I limiti predefiniti sono entrambi impostati a 0,0, quindi solo 0,0 viene mappato a "falso" e tutti gli altri valori vengono mappati in modo "true" per impostazione predefinita. Anche in questo caso l'output sarà sia il nuovo ExampleSet che l'originale.

-FP-Growth: questo operatore calcola in modo efficiente tutti gli itemset frequenti dal dataset specificato utilizzando la struttura di dati dell'albero FP. È obbligatorio che tutti gli attributi dell'input ExampleSet siano di tipo binomiale. In parole semplici, gli itemset frequenti (Frequent Pattern) sono gruppi di elementi che appaiono spesso nell'insieme dei dati. Il numero di transazioni (ovvero righe totali del dataset) è solitamente assunto come molto grande. Il problema degli itemset frequenti è quello di trovare insiemi di elementi che appaiono insieme almeno sopra una certa soglia. Questa soglia è definita dai criteri di "supporto minimo". Il fatto di trovare itemset frequenti è spesso visto come la scoperta di "regole di associazione". Questo operatore ha due modalità di lavoro di base: trovare almeno il numero specificato di itemset frequenti con il supporto più alto senza tenere conto del "supporto minimo" e trovare tutti gli elementi con un supporto più grande del supporto minimo specificato. All'output arriveranno gli itemset che si verificano di frequente in modo che operatori come Create Association Rules possono utilizzare questi set di elementi che si verificano di frequente per generare regole di associazione.

-Create Association Rule: questo operatore utilizza gli itemset frequenti per l'estrazione delle regole di associazione. Le regole di associazione sono dichiarazioni if/then che aiutano a scoprire relazioni tra dati apparentemente non correlati. Un esempio di regola dell'associazione potrebbe essere "Se un cliente acquista uova, ha l'80% di probabilità di acquistare anche latte". Una regola di associazione ha due parti, un antecedente (if) e un conseguente (then) combinato con l'antecedente. Le regole di associazione vengono create analizzando i dati per gli itemset if/then frequenti e utilizzando i criteri di supporto e confidenza per identificare le relazioni più importanti. Il supporto è un'indicazione di quanto frequentemente gli articoli compaiono nel database. La

confidenza indica il numero di volte in cui le affermazioni if/then sono state vere. Tali informazioni possono essere utilizzate come base per le decisioni relative ad attività di marketing quali, ad esempio, prezzi promozionali o posizionamenti di prodotti. Oltre all'esempio sopra riportato, le regole di associazione dell'analisi del mercato sono utilizzate oggi in molte aree di applicazione, tra cui l'utilizzo del Web. In input si avrà il set di elementi frequenti proveniente da operatori come FP-Growth e in uscita saranno recapitate le regole di associazione.

Capitolo 4. Analisi delle regole associative

4.1 Descrizione dello sviluppo del modello in Rapid Miner

4.1.1 Trascrizione dati su Excel

L'azienda Matrix Modelleria ha fornito i dati relativi al periodo che va da Maggio 2020 a Aprile 2021 riguardanti sia le caratteristiche dell'impasto di "VC Imerys", "VC Euroarce" e "FFC Imerys" che la categorizzazione dei difetti nelle prime cotture e nelle cotture di ripasso. Questi dati sono stati trascritti in Excel in modo tale che il file potesse essere caricato su Rapid Miner.

Il foglio Excel riguardante le caratteristiche d'impasto riporta: la tipologia dei tre impasti a disposizione, la data a cui esse si riferiscono e infine i valori dei parametri dell'impasto. Essi, come si può notare in figura, sono: peso litro, viscosità, tixotropia 1 minuto e tixotropia 6 minuti, la temperatura in gradi centigradi, l'operatore presente e l'orario, silicato ed eventuali note.

Tipo	Data	Giorno	Peso litro 1835	Viscosità 295/300	Tixotropia 1 min. 20/25	Tixotropia 6 min 65/75	C°	Operatore	Ora	Silicato	Note
Controllo VC Euroarce	mag-20	1									
Controllo VC Euroarce	mag-20	2									
Controllo VC Euroarce	mag-20	3									
Controllo VC Euroarce	mag-20	4									
Controllo VC Euroarce	mag-20	5									
Controllo VC Euroarce	mag-20	6	1840	305	33	115	22 MB				
Controllo VC Euroarce	mag-20	7	1843	294	30	102	21 MB		07:40		
Controllo VC Euroarce	mag-20	8									
Controllo VC Euroarce	mag-20	9									
Controllo VC Euroarce	mag-20	10									
Controllo VC Euroarce	mag-20	11	1847	297	23	89	22 MB		07:30		
Controllo VC Euroarce	mag-20	12	1850	289	21	92	24 SM		08:15		
Controllo VC Euroarce	mag-20	13	1852	286	24	91	23 SM		08:15		
Controllo VC Euroarce	mag-20	14	1848	296	22	84	22 MB		07:25		
Controllo VC Euroarce	mag-20	15									
Controllo VC Euroarce	mag-20	16									
Controllo VC Euroarce	mag-20	17									
Controllo VC Euroarce	mag-20	18	1853	295	28	96	24 MB		07:20		
Controllo VC Euroarce	mag-20	19	1853	285	22	85	22 SM		08:00		
Controllo VC Euroarce	mag-20	20	1846	286	22	96	23 SM		08:00		
Controllo VC Euroarce	mag-20	21	1842	297	22	83	23 MB		08:00		
Controllo VC Euroarce	mag-20	22									
Controllo VC Euroarce	mag-20	23									
Controllo VC Euroarce	mag-20	24	1846	290	21	105	23 SM		08:00		
Controllo VC Euroarce	mag-20	25	1847	292	28	105	22 MB				
Controllo VC Euroarce	mag-20	26	1846	293	27	103	23 MB		07:30		
Controllo VC Euroarce	mag-20	27	1851	284	20	91	23 MB		08:15		
Controllo VC Euroarce	mag-20	28	1851	286	28	106	23 MB		07:30		
Controllo VC Euroarce	mag-20	29									
Controllo VC Euroarce	mag-20	30									
Controllo VC Euroarce	mag-20	31									

Tabella 4.1 – Dati su caratteristiche d'impasto

Il foglio riguardante i difetti riporta: il tipo di cottura (prima oppure di ripasso), la data di rilevazione del difetto con l'articolo a cui esso è riferito e i vari difetti collocati nelle colonne. Essi sono: spillatura, punti colorati, grana/fibra, crepa interna, crepa esterna, crepa alla base, difetti smalto, macchie verdi, deformazione, difetti al logo, difetti dovuti alle movimentazioni, pezzi attaccati e le bolle. Nel foglio di calcolo, come si può notare nella figura successiva, si trova un numero che si riferisce alla quantità di pezzi di uno specifico articolo che hanno riportato uno specifico difetto.

Oltre alle colonne dei difetti, ce ne sono alcune che riportano le quantità di articoli buoni, da ripassare o da scartare.

tipo	Data		1. Spillatura	2. Punti colorati	3. Grana/ fibra	4. Crepa interna	5. Crepa esterna	6. Crepa alla base	7. Difetti imalto	8. Macchie scuri	9. Deformazione	10. Logo	11. Moviment	12. Attacchi	13. Bolle		Buoni	Ripasso	Scarto
Prime cotture	05/05/2020	Azi bidet																	
Prime cotture	05/05/2020	Azi Lavabo																	
Prime cotture	05/05/2020	Azi WC																	
Prime cotture	05/05/2020	Bel															3		
Prime cotture	05/05/2020	Bils															1		
Prime cotture	05/05/2020	Blat						1									2		1
Prime cotture	05/05/2020	Bly																	
Prime cotture	05/05/2020	Bly 5/P																	
Prime cotture	05/05/2020	Boko 5/P																	
Prime cotture	05/05/2020	Boko 5/F			X														X
Prime cotture	05/05/2020	Byebye																	
Prime cotture	05/05/2020	Chin															4		
Prime cotture	05/05/2020	Clo 18																	
Prime cotture	05/05/2020	Clo 70															2		
Prime cotture	05/05/2020	Cono Rigato																	
Prime cotture	05/05/2020	Cono Liscio																	
Prime cotture	05/05/2020	Dra2																	
Prime cotture	05/05/2020	Dudu 650					X										1		X
Prime cotture	05/05/2020	Expo Base 1200																	
Prime cotture	05/05/2020	Expo Base 600																	
Prime cotture	05/05/2020	Expo Lav.																	
Prime cotture	05/05/2020	Ger																	
Prime cotture	05/05/2020	Heria																	
Prime cotture	05/05/2020	Juno bidet																	
Prime cotture	05/05/2020	Juno WC																	
Prime cotture	05/05/2020	Liva 500																	
Prime cotture	05/05/2020	Liva 600																	
Prime cotture	05/05/2020	Livia 1380																	
Prime cotture	05/05/2020	Loire																	
Prime cotture	05/05/2020	Odé																	
Prime cotture	05/05/2020	PL																	
Prime cotture	05/05/2020	Toio 5/P																	
Prime cotture	05/05/2020	Toio 5/F																	
Prime cotture	05/05/2020	UB 850 WH																	
Prime cotture	05/05/2020	UB bidet																	
Prime cotture	05/05/2020	UB Lav. Liscio																	
Prime cotture	05/05/2020	UB Vaso																	
Prime cotture	05/05/2020	Ulm 33																	
Prime cotture	05/05/2020	Ulm 60																	
Prime cotture	05/05/2020	Zava 600							1								1		1

Tabella 4.2 – Dati riguardanti difetti

Le caratteristiche dell’impasto sono state integrate prima in un foglio contenente i difetti causati dalla prima cottura e poi in uno con i difetti relativi alla cottura di ripasso, creando così due fogli diversi. Le caratteristiche dell’impasto sono state integrate considerando il lead time dei prodotti di 4 e 5 giorni, quindi ai difetti si sono aggiunte queste colonne sfasate temporalmente di 4 e 5 giorni. Si è prevista anche un’integrazione dei dati sulle condizioni atmosferiche di una città limitrofa a quella in cui è situata l’azienda, anch’esse sfasate rispetto ai difetti della stessa quantità delle caratteristiche dell’impasto. Per analisi migliori sono state inserite ulteriori colonne, ad esempio “mettere il tipo di impasto” segnala il tipo d’impasto utilizzato per ogni articolo, ogni giorno. Ciò viene fatto in modo che quando si analizzeranno le regole estratte si conosce quale impasto è stato utilizzato per un eventuale prodotto non conforme. Un’altra colonna aggiunta è “indicatore di criticità” per cui si hanno quattro classi per l’indicatore di criticità: 0 se non ci sono né scarti né ripassi, 1 se la somma di scarti e ripassi (pesati sulla % di pezzi medi ripassati) sono compresi tra 0% e 25% della produzione, 2 se compresi tra 25% e 50% della produzione, 3 se compresi tra 50% e 75% della produzione e 4 se compresi tra 75% e 100% della produzione.

4.1.2 Processo in Rapid Miner

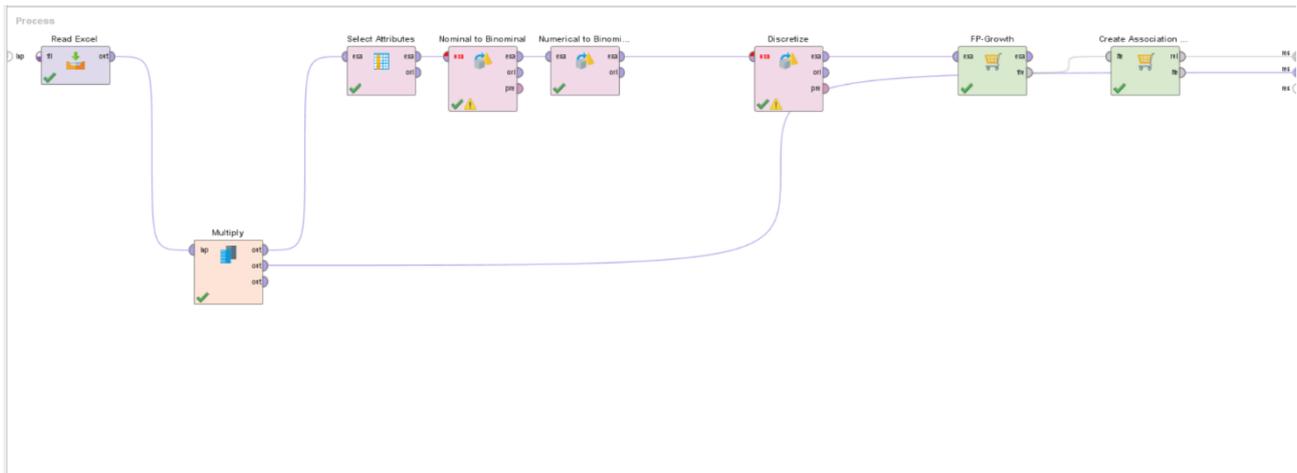


Tabella 4.3 – Processo in Rapid Miner

Il processo è stato svolto caricando nell'operatore "Read Excel" una volta il foglio "Prime cotture" e un'altra quello delle "Cotture di ripasso" entrambi compresi delle caratteristiche d'impasto. Quindi il processo è stato svolto due volte, una per ogni foglio di calcolo. Selezionati in "Select Attributes" gli attributi di interesse, essi sono stati discretizzati in dieci intervalli di uguale ampiezza e convertiti nel formato giusto. A questo punto il software crea gli itemset frequenti con l'operatore "FP-Growth", impostando nelle opzioni massimo 2 item e un supporto minimo pari a 0,1. Gli item dei "frequent itemset", con l'operatore "Create association rule", vengono combinati tra loro, impostando una confidenza minima pari a 0,2. Una volta create le regole di associazione, il processo è finito restituendo i risultati che sono interpretati nei prossimi paragrafi.

4.2 Analisi dei risultati

Si ottengono i risultati a seconda degli attributi selezionati, l'interesse di questa analisi è capire sostanzialmente quali articoli con maggiore probabilità porteranno a degli scarti e le combinazioni frequenti tra impasto e difetti in modo da capire le cause e fornire una soluzione al problema. Tra le regole estratte le più significative si trovano {articolo, tipo di impasto} ⇒ {%scarto} e {caratteristiche impasto} ⇒ {difetto} che riportano dei valori di confidenza elevati. Regole come {clima, caratteristiche impasto} ⇒ {criticità} non sono significative poiché sono caratterizzate da quasi lo stesso identico valore di confidenza, ciò può valer dire che tutte le regole hanno la stessa probabilità di verificarsi.

4.2.1 Regola avente lo scarto come conclusione

In questo caso si ha come premessa l'impasto e l'articolo e come conclusione la percentuale di scarto, si analizza articolo per articolo qual è la probabilità di avere una determinata percentuale di scarto, in relazione anche al tipo di impasto utilizzato, e capirne i motivi.

Ad esempio, l'articolo Apron 33" che, in relazione a qualsiasi tipo di impasto, presenta sempre come conclusione %Scarto = 0 con una confidenza del 100% il che vuol dire che nessun articolo di questo genere sarà uno scarto e l'azienda può produrre una quantità pari alla richiesta. Scendendo però in profondità si nota che il supporto è troppo basso per affermare che questa condizione si verifichi davvero. Come si può notare in figura 4.4, il supporto è molto sotto l'1% ciò sta a significare che questo evento compare pochissime volte. Esso sale sopra questa quota quando l'impasto utilizzato è "FFC Imerys+VC Euroarce", in questo caso però si ha un calo della probabilità al 91% di non avere scarti, mentre nel caso "FFC Imerys+VC Imerys" la confidenza scende al 60%. Si può affermare che, vista la forza della regola in entrambi i casi, è molto probabile che nei restanti 9% e 40% dei casi è possibile dover ricorrere ad una cottura di ripasso oppure è possibile avere qualche scarto, quindi si deve prevedere una quantità da produrre maggiore di quella richiesta.

X	Y	Supp	Conf
Articolo = Apron 30", impasto_t=-4 = VC Euroarce	%Scarto = 0	0,001345895	1
impasto_t=-4 = FFC Imerys, Articolo = Apron 30"	%Scarto = 0	0,006729475	1
impasto_t=-4 = FFC Imerys+VC Imerys, Articolo = Apron 30"	%Scarto = 0	0,017496635	0,590909091
impasto_t=-4 = VC Euroarce+FFC Imerys, Articolo = Apron 30"	%Scarto = 0	0,014804845	0,916666667

Tabella 4.4 – Risultati ottenuti con premessa l'articolo Apron 30"

Per l'articolo Apron 33" quando l'impasto è "VC Euroarce" si ottiene %Scarto = 0 con una probabilità del 100%. Ciò non avviene quando l'impasto è "VC Imerys" poiché per questa conclusione si ha una confidenza di circa 67%, per il restante 33% si ha una percentuale di scarto del 22%. Seppur il supporto è basso, si può considerare questa regola in sede di programmazione della produzione per evitare che gli scarti impediscano di poter rispondere pienamente alla domanda, perché su 100 pezzi potrebbero essercene 22 da scartare. Con un supporto superiore all'1% si può notare che quando l'articolo è prodotto con soltanto l'impasto "FFC Imerys" si ha che %Scarto = 0 ha una confidenza del 90%. Questa stessa situazione si ripete identica per "FFC Imerys+VC Euroarce", quindi potrebbe

essere conveniente utilizzare soltanto il primo risparmiando ad esempio sulle materie prime. La regola che può essere considerata più affidabile delle altre è quella che utilizza come impasto “FFC Imerys+VC Imerys” e con una confidenza dell’80% e un supporto del 5% si ottiene la conclusione %Scarto = 0. In fase di programmazione questa regola si deve tenere in considerazione visto l’elevato supporto della regola che per questi risultati non è mai stato pervenuto. Per il restante 20% dei casi, molto probabilmente ci si può trovare di fronte a una situazione simile a quella descritta prima. Si può ipotizzare, visto che l’impasto “VC Imerys” preso singolarmente produceva scarti, allora in questo caso, anche se in percentuale minore, potremmo riavere dei pezzi da buttare che potrebbero complicare la risposta alla domanda.

X	Y	Supp	Conf
Articolo = Apron 33", impasto_t=-4 = VC Euroarce	%Scarto = 0	0,00269179	1
			0,666666666
Articolo = Apron 33", impasto_t=-4 = VC Imerys	%Scarto = 0	0,00269179	7
	%Scarto =	0,00134589	0,333333333
Articolo = Apron 33", impasto_t=-4 = VC Imerys	0.222	5	3
		0,01211305	
impasto_t=-4 = FFC Imerys, Articolo = Apron 33"	%Scarto = 0	5	0,9
		0,05383580	
impasto_t=-4 = FFC Imerys+VC Imerys, Articolo = Apron 33"	%Scarto = 0	1	0,8
		0,01211305	
impasto_t=-4 = VC Euroarce+FFC Imerys, Articolo = Apron 33"	%Scarto = 0	5	0,9

Tabella 4.5 – Risultati ottenuti con premessa l’articolo Apron 33”

Come possiamo notare in figura 4.6 per l’articolo Apron 36" DB, sia se si utilizza l’impasto “VC Imerys” che “FFC Imerys”, si ha una percentuale di scarto nulla con confidenza del 100%. Anche in questo caso, si ha però un supporto molto inferiore dell’1%, che non permette ancora di affermare l’assenza di scarti per articolo. Infatti, quando si considerano entrambi gli impasti la probabilità di avere %Scarto = 0 scende fino al 58%, con un supporto che sale a 2,4%. Seppur non si segnalano scarti, bisogna porre attenzione, ad esempio, ad aspetti come la disponibilità di stazioni di lavoro vuote poiché il 42% dei pezzi prodotti potrebbero necessitare di essere ripassati nei forni.

X	Y	Supp	Conf
Articolo = Apron 36" DB, impasto_t=-4 = VC Imerys	%Scarto = 0	0,001345895	1
impasto_t=-4 = FFC Imerys, Articolo = Apron 36" DB	%Scarto = 0	0,00269179	1
impasto_t=-4 = FFC Imerys+VC Imerys, Articolo = Apron 36" DB	%Scarto = 0	0,02422611	0,580645161

Tabella 4.6 – Risultati ottenuti con premessa l'articolo Apron 36" DB

Per l'articolo Apron 36" SB sono stati utilizzati tutti gli impasti, la conclusione %Scarto = 0 si ottiene con "VC Euroarce" e "FFC Imerys". Nel primo caso la confidenza è del 100%, nel secondo caso è del 67%. Con l'impasto "VC Imerys" e con una confidenza del 100% si ha una percentuale di scarto del 25%. Per queste regole il supporto è molto basso, la certezza che si verifichino queste situazioni è bassa. Infatti, possiamo notare che quando aumenta il supporto scende la confidenza della regola. Con un supporto del 2.3%, si ottiene una confidenza del 55% di avere zero scarti con l'impasto "FFC Imerys+VC Imerys". Cioè analizzando insieme gli impasti per cui notavamo o un'elevata probabilità di avere degli scarti oppure la necessità di una seconda lavorazione, si ottiene che quasi la metà dei pezzi prodotti potrebbero riscontrare una situazione avversa. Quando invece, si sostituisce "VC Imerys" con "VC Euroarce", si hanno zero scarti con una probabilità del 75%. Si può quindi affermare che sicuramente c'è bisogno di sovra produrre questo articolo, ma utilizzando l'impasto "VC Euroarce" si ha maggior probabilità di ottenere dei prodotti qualitativamente adatti e quindi si può diminuire la quantità da sovra produrre.

X	Y	Supp	Conf
Articolo = Apron 36" SB, impasto_t=-4 = VC Euroarce	%Scarto = 0	0,00269179	1
Articolo = Apron 36" SB, impasto_t=-4 = VC Imerys	%Scarto = 0.250	0,00134589 5	1
impasto_t=-4 = FFC Imerys, Articolo = Apron 36" SB	%Scarto = 0	0,00538358	0,66666666 7
impasto_t=-4 = FFC Imerys+VC Imerys, Articolo = Apron 36" SB	%Scarto = 0	0,02288021 5	0,54838709 7
impasto_t=-4 = VC Euroarce+FFC Imerys, Articolo = Apron 36" SB	%Scarto = 0	0,01211305 5	0,75

Tabella 4.7 – Risultati ottenuti con premessa l'articolo Apron 36" SB

L'articolo Azi Bidet con l'impasto "VC Imerys" produce zero scarti con una confidenza del 50%, la particolarità è che la restante metà dei prodotti avrà %Scarto = 1. È una situazione imprevedibile e difficile da prevenire poiché se la percentuale dello scarto è del 100% vuol dire che i pezzi prodotti

sono interamente da scartare e non necessitano di essere ripassati. La regola contenente l'impasto "FFC Imerys" riporta zero scarti con una confidenza massima, lo stesso avviene quando i pezzi sono prodotti con l'impasto precedente e "VC Euroarce". Come mostra la tabella 4.8 per queste regole il supporto è ancora troppo basso, esso sale al 2,3% quando l'impasto è "FFC Imerys+VC Imerys". Per questo impasto si ha che nel 74% dei casi si hanno zero scarti nonostante contenga l'impasto con cui metà dei pezzi potevano essere scartati completamente. Siccome non era una regola molto forte, si può concludere che sicuramente è importante non produrre solo quanto richiesto ma probabilmente l'entità degli scarti è minore visto che bisogna mettere in conto anche un eventuale ripasso in forno.

X	Y	Supp	Conf
Articolo = Azi Bidet, impasto_t=-4 = VC Imerys	%Scarto = 0	0,001345895	0,5
Articolo = Azi Bidet, impasto_t=-4 = VC Imerys	%Scarto = 1	0,001345895	0,5
impasto_t=-4 = FFC Imerys, Articolo = Azi Bidet	%Scarto = 0	0,004037685	1
impasto_t=-4 = FFC Imerys+VC Imerys, Articolo = Azi Bidet	%Scarto = 0	0,022880215	0,739130435
impasto_t=-4 = VC Euroarce+FFC Imerys, Articolo = Azi Bidet	%Scarto = 0	0,00269179	1

Tabella 4.8 – Risultati ottenuti con premessa l'articolo Azi Bidet

L'articolo Azi Wc, come possiamo notare, non è un articolo che conferisce delle garanzie. Infatti, con l'impasto "VC Euroarce" si ottiene con una probabilità del 50% o una percentuale di scarti nulla oppure pari al 50%. La situazione è più preoccupante con l'utilizzo di "VC Imerys" oppure "FFC Imerys". Per il primo impasto, con confidenza del 50%, si può ottenere una percentuale di scarti rispetto i pezzi da produrre o del 33% o del 75%. In questo caso al 100% avremmo scarti, il problema risiede però nel programmare i pezzi in più da produrre oppure il carico di lavoro del forno poiché le quantità dei prodotti che si possono scartare, con stessa probabilità, sono troppo distanti l'una dall'altra. Con il secondo, si può ottenere %Scarto=0 o %Scarto=50% o %Scarto=67% sempre con la stessa confidenza pari al 33%. Con una probabilità di circa il 67% si avranno sicuramente degli scarti, al contrario di prima c'è però la possibilità di avere zero scarti e comunque la percentuale di pezzi non buoni è vicina e quindi più semplice rispetto a prima di rimediare alla situazione. Con un supporto del 2%, al 53% si ottengono zero scarti con l'impasto "FFC Imerys+VC Imerys". La particolarità è che unendo impasti, che singolarmente producono scarti, le regole estratte non segnalano per il restante 50% dei casi la presenza di scarti. Se invece, l'impasto è "VC Euroarce+FFC Imerys" con il 50% di probabilità si hanno zero scarti e con il 33% la metà dei pezzi fabbricati sono scarti.

X	Y	Supp	Conf
Articolo = Azi Wc, impasto_t=-4 = VC Euroarce	%Scarto = 0	0,001345895	0,5
Articolo = Azi Wc, impasto_t=-4 = VC Euroarce	%Scarto = 0.500	0,001345895	0,5
Articolo = Azi Wc, impasto_t=-4 = VC Imerys	%Scarto = 0.333	0,001345895	0,5
Articolo = Azi Wc, impasto_t=-4 = VC Imerys	%Scarto = 0.750	0,001345895	0,5
impasto_t=-4 = FFC Imerys, Articolo = Azi Wc	%Scarto = 0	0,001345895	0,333333333
impasto_t=-4 = FFC Imerys, Articolo = Azi Wc	%Scarto = 0.500	0,001345895	0,333333333
impasto_t=-4 = FFC Imerys, Articolo = Azi Wc	%Scarto = 0.667	0,001345895	0,333333333
impasto_t=-4 = FFC Imerys+VC Imerys, Articolo = Azi Wc	%Scarto = 0	0,02153432	0,533333333
impasto_t=-4 = VC Euroarce+FFC Imerys, Articolo = Azi Wc	%Scarto = 0	0,004037685	0,5
impasto_t=-4 = VC Euroarce+FFC Imerys, Articolo = Azi Wc	%Scarto = 0.500	0,00269179	0,333333333

Tabella 4.9 – Risultati ottenuti con premessa l'articolo Azi Wc

L'articolo Azi Lavabo ha tendenze simili all'articolo precedentemente analizzato ma con percentuali di scarto minori. Infatti, con l'impasto "FFC Imerys" si ha confidenza pari al 50% di avere %Scarto uguale a zero oppure pari a 14,3%. Stessa situazione se è prodotto con impasto "VC Euroarce" in cui però lo scarto è o nullo o del 20%. Quindi se nell'articolo precedente si potevano avere più scarti rispetto i pezzi buoni, in questo caso gli scarti sono minimi. C'è da segnalare però il caso in cui l'impasto è "FFC Imerys+VC Imerys". Esso determinerà una probabilità del 33% di avere o %Scarto=0 o %Scarto=25% o %Scarto=67%, anche in questo caso si ha una probabilità del 67% di ottenere scarti. Ciò rappresenta una difficoltà nel programmare la sovrapproduzione di articoli vista la distanza tra le due percentuali di scarto. I supporti fin'ora sono stati bassi, mentre per l'impasto "VC Euroarce+FFC Imerys" il supporto aumenterà circa fino all'1%. Con esso si ottengono zero scarti con una confidenza del 100%. È la regola relativa all'articolo con maggiore supporto e analizzando anche le altre, a parte un caso con bassa probabilità, si può programmare per questo articolo una quantità minima di articoli da produrre maggiore rispetto a quella richiesta.

X	Y	Supp	Conf
impasto_t=-4 = FFC Imerys, Articolo = Azi Lavabo	%Scarto = 0	0,00134589	0,5
impasto_t=-4 = FFC Imerys, Articolo = Azi Lavabo	%Scarto = 0.143	0,00134589	0,5
impasto_t=-4 = FFC Imerys+VC Imerys, Articolo = Azi Lavabo	%Scarto = 0	0,00134589	0,33333333
impasto_t=-4 = FFC Imerys+VC Imerys, Articolo = Azi Lavabo	%Scarto = 0.250	0,00134589	0,33333333
impasto_t=-4 = FFC Imerys+VC Imerys, Articolo = Azi Lavabo	%Scarto = 0.667	0,00134589	0,33333333

impasto_t=-4 = VC Euroarce, Articolo = Azi Lavabo	%Scarto = 0	0,00134589	5	0,5
impasto_t=-4 = VC Euroarce, Articolo = Azi Lavabo	%Scarto = 0.200	0,00134589	5	0,5
impasto_t=-4 = VC Euroarce+FFC Imerys, Articolo = Azi Lavabo	%Scarto = 0	0,00807537		1

Tabella 4.10 – Risultati ottenuti con premessa l'articolo Azi Lavabo

Dalle regole mostrate nella tabella 4.11 si può evincere che l'articolo Biis con molta probabilità avrà zero scarti. Infatti, per quasi tutti gli impasti utilizzati la confidenza è pari al 100%, tranne per i pezzi prodotti con l'impasto "FFC Imerys" in cui la confidenza scende al 75% con un supporto che sale quasi all'1%. Sempre con supporto pari all'1%, se i pezzi sono prodotti con questo impasto più "VC Euroarce" si ha %Scarto=0 con confidenza pari al 100%. Nella programmazione della produzione di questo articolo si può non considerare l'eventualità di produrre pezzi in più rispetto a quelli ordinati. Infatti, con supporto ancora maggiore e pari a 3,23%, quando si utilizza l'impasto "FFC Imerys+VC Imerys", si ha %Scarto=0 con una confidenza del 96%.

X	Y	Supp	Conf
Articolo = Biis, impasto_t=-4 = VC Euroarce	%Scarto = 0	0,001345895	1
Articolo = Biis, impasto_t=-4 = VC Imerys	%Scarto = 0	0,00269179	1
impasto_t=-4 = FFC Imerys, Articolo = Biis	%Scarto = 0	0,00807537	0,75
impasto_t=-4 = FFC Imerys+VC Imerys, Articolo = Biis	%Scarto = 0	0,03230148	0,96
impasto_t=-4 = VC Euroarce+FFC Imerys, Articolo = Biis	%Scarto = 0	0,01615074	1

Tabella 4.11 – Risultati ottenuti con premessa l'articolo Biis

Dalle regole l'articolo Blat appare un prodotto che fornisce molte garanzie a livello di qualità del prodotto finito. Se analizziamo l'utilizzo singolo degli impasti "VC Euroarce" e "FFC Imerys" entrambi producono zero scarti con elevata probabilità. Il primo ha una confidenza del 100%, il secondo con una confidenza del 71% e supporto maggiore rispetto al primo. Un segnale importante ci arriva dalla regola in cui i due impasti sono presi insieme, con confidenza del 92% e supporto pari a 1,6% si ottiene %Scarto=0. Avendo questa un supporto elevato, anche in questo caso si può prevedere una quota da produrre maggiorata di circa il 10% rispetto alla richiesta oppure prevedere una cottura di ripasso. Con l'impasto "VC Imerys" si può ottenere una percentuale di scarto del 12,5%. Questo valore però possiede una confidenza e un supporto che sono la metà rispetto ai parametri che caratterizzano %Scarto=0. Si può quindi non prendere molto in considerazione questa regola, anche perché quando si analizza questo impasto con "FFC Imerys" si ottengono zero scarti con una

probabilità del 92,5% e un supporto tra i maggiori trovati per queste regole pari a 5%. Visto il valore del supporto elevato e quindi la forza della regola, è molto ragionevole considerare un fenomeno di sovra produzione di questo articolo quando si utilizza questo impasto.

X	Y	Supp	Conf
Articolo = Blat, impasto_t=-4 = VC Euroarce	%Scarto = 0	0,001345895	1
			0,66666666
Articolo = Blat, impasto_t=-4 = VC Imerys	%Scarto = 0	0,00269179	7
			0,33333333
Articolo = Blat, impasto_t=-4 = VC Imerys	%Scarto = 0.125	0,001345895	3
			0,71428571
impasto_t=-4 = FFC Imerys, Articolo = Blat	%Scarto = 0	0,006729475	4
impasto_t=-4 = FFC Imerys+VC Imerys, Articolo = Blat	%Scarto = 0	0,049798116	0,925
			0,92307692
impasto_t=-4 = VC Euroarce+FFC Imerys, Articolo = Blat	%Scarto = 0	0,01615074	3

Tabella 4.12 – Risultati ottenuti con premessa l'articolo Blat

L'articolo Clo 70 con l'impasto "VC Euroarce" fornisce sicurezza di non avere scarti con massima probabilità, la situazione diventa più incerta quando si utilizza "FFC Imerys" come impasto. Infatti, si può ottenere questa situazione con il 67% di confidenza ma con il 33% si ottiene il caso totalmente opposto seppur si ha un supporto basso e pari alla metà del caso in cui gli scarti sono nulli. E' una situazione difficilmente leggibile poiché una parte consistente dei prodotti finiti dovrebbe essere buttata e ci si potrebbe trovare a non poter rispondere alla domanda. Una soluzione è conferita dalla regola successiva in cui combinando gli impasti "FFC Imerys+VC Imerys" con un supporto del 0,67% (circa 5 volte maggiore al precedente) si ottengono zero scarti nel 71% dei casi. Insieme alla precedente la situazione è più rassicurante, quando si considera come impasto "VC Euroarce+FFC Imerys" in cui la conclusione %Scarto=0 ha confidenza pari al 100% dei casi e un supporto pari all'1,7% (il più grande tra quelli relativi a Clo 70).

X	Y	Supp	Conf
Articolo = Clo 70, impasto_t=-4 = VC Euroarce	%Scarto = 0	0,00134589	5
			0,66666666
impasto_t=-4 = FFC Imerys, Articolo = Clo 70	%Scarto = 0	0,00269179	7

impasto_t=-4 = FFC Imerys, Articolo = Clo 70	%Scarto = 1	0,00134589	0,33333333
		5	3
impasto_t=-4 = FFC Imerys+VC Imerys, Articolo = Clo 70	%Scarto = 0	0,00672947	0,71428571
		5	4
impasto_t=-4 = VC Euroarce+FFC Imerys, Articolo = Clo 70	%Scarto = 0	0,01615074	1

Tabella 4.13 – Risultati ottenuti con premessa l'articolo Clo 70

La qualità del prodotto finito Drag è molto elevata, presenta una confidenza del 100% di avere zero scarti quando gli impasti sono “VC Euroarce” o “FFC Imerys”. Il supporto sale all'1% quando i due impasti vengono analizzati insieme. Si nota che, con un supporto del 2%, con l'impasto “FFC Imerys+VC Imerys” si hanno zero scarti nel 93% dei casi. Nel 7% dei casi rimanenti, essendo sempre la percentuale di scarto nulla, si può prevedere una cottura di ripasso e quindi si può programmare un carico di lavoro del forno di circa questa quantità.

X	Y	Supp	Conf
Articolo = Drag, impasto_t=-4 = VC Euroarce	%Scarto = 0	0,001345895	1
impasto_t=-4 = FFC Imerys, Articolo = Drag	%Scarto = 0	0,001345895	1
impasto_t=-4 = FFC Imerys+VC Imerys, Articolo = Drag	%Scarto = 0	0,020188425	0,9375
impasto_t=-4 = VC Euroarce+FFC Imerys, Articolo = Drag	%Scarto = 0	0,01076716	1

Tabella 4.14 – Risultati ottenuti con premessa l'articolo Drag

L'articolo Juno bidet se prodotto con l'impasto “FFC Imerys” ha una percentuale di scarto del 100% nel 33% dei casi, per il restante 67% dei prodotti gli scarti sono nulli. Questo prodotto però, fornisce sicurezza per quanto riguarda l'impasto “VC Imerys” in cui, anche se con un basso supporto, si ottengono in tutti i casi analizzati zero scarti. Infatti, analizzando contemporaneamente il primo e il secondo caso, con un supporto del 2%, si ha una confidenza del 65% di ottenere zero casi. Visto il precedente caso, non si escludono che il restante 35% dei prodotti siano eventuali scarti quindi l'azienda deve prevedere una quota maggiorata rispetto l'originaria. Infine, considerando “FFC Imerys” insieme all'impasto “VC Euroarce” si ottengono zero scarti con il 100% della probabilità ma con un supporto molto inferiore all'1%.

X	Y	Supp	Conf
Articolo = Juno bidet, impasto_t=-4 = VC Imerys	%Scarto = 0	0,00134589 5	1
impasto_t=-4 = FFC Imerys, Articolo = Juno bidet	%Scarto = 0	0,00269179	0,66666666 7
impasto_t=-4 = FFC Imerys, Articolo = Juno bidet	%Scarto = 1	0,00134589 5	0,33333333 3
impasto_t=-4 = FFC Imerys+VC Imerys, Articolo = Juno bidet	%Scarto = 0	0,02018842 5	0,65217391 3
impasto_t=-4 = VC Euroarce+FFC Imerys, Articolo = Juno bidet	%Scarto = 0	0,00134589 5	1

Tabella 4.15 – Risultati ottenuti con premessa l'articolo Juno Bidet

L'articolo Juuno Wc con l'impasto "VC Imerys" non reca problemi al contraio dell'impasto "FFC Imerys" in cui con il 50% di confidenza si possono ottenere scarti. Per quest'impasto, nel 50% dei casi non risultano scarti, ma con una confidenza del 25% si ha %Scarto=50% o %Scarto=25% e un supporto pari alla metà del caso in cui %Scarto=0. Ci si trova davanti ad un caso molto complesso poiché è complicato capire quanti articoli probabilmente devono essere prodotti in più per sopperire alla mancanza e quanti articoli sono destinati ad essere ripassati. Quello che si può affermare con sicurezza è che questa eventualità c'è e bisogna trovare una soluzione in sede di programmazione. Se si combina questo impasto con "VC Imerys", il supporto arriva al 3%, e sale a 67% la probabilità di avere scarti nulli. Si segnala inoltre che un articolo di questa tipologia ma opaco può riportare sicuramente uno scarto del 33% sui pezzi prodotti. Con l'impasto "VCEuroarce+FFC Imerys" seppur nel 75% dei casi si hanno zero scarti, nel 25% dei casi (con un supporto molto inferiore all'1% e tre volte più piccolo) bisogna riprodurre interamente il lotto prodotto poiché %Scarto=100%.

X	Y	Supp	Conf
Articolo = Juno Wc, impasto_t=-4 = VC Imerys	%Scarto = 0	0,001345895	1
impasto_t=-4 = FFC Imerys, Articolo = Juno Wc	%Scarto = 0	0,00269179	0,5
impasto_t=-4 = FFC Imerys, Articolo = Juno Wc	%Scarto = 0.250	0,001345895	0,25
impasto_t=-4 = FFC Imerys, Articolo = Juno Wc	%Scarto = 0.500	0,001345895	0,25

			0,676470
impasto_t=-4 = FFC Imerys+VC Imerys, Articolo = Juno Wc	%Scarto = 0	0,030955585	588
impasto_t=-4 = FFC Imerys+VC Imerys, Articolo = Juno Wc OPACO	%Scarto = 0.333	0,001345895	1
impasto_t=-4 = VC Euroarce+FFC Imerys, Articolo = Juno Wc	%Scarto = 0	0,004037685	0,75
impasto_t=-4 = VC Euroarce+FFC Imerys, Articolo = Juno Wc	%Scarto = 1	0,001345895	0,25

Tabella 4.16 – Risultati ottenuti con premessa l'articolo Juno Wc

L'articolo Orchard 36 ", con stesso supporto (inferiore allo 0,01) e confidenza al 50%, ha un percentuale di scarto o nulla o del 14,3%. Vuol dire che nel 50% dei casi alcuni prodotti produrranno il 14% di scarto sul totale dei pezzi fabbricati, quindi è consigliabile produrre un supplemento di pezzi pari alla %Scarto. Con una confidenza del 30% si ha una percentuale di scarto del 67%, quando si utilizza "FFC Imerys" come impasto. Se quest'ultimo viene combinato o con "VC Imerys" o "VC Euroarce" in entrambi i casi, con circa l'1% di supporto e 40% di confidenza, si hanno zero scarti. Quindi, prendendo anche in considerazione gli impasti singolarmente, nel 60% dei casi ci si possono aspettare degli scarti la cui entità però non viene fornita dai dati. Tutto ciò fa ovviamente intendere la poca affidabilità di questo prodotto rispetto l'aspetto qualitativo.

X	Y	Supp	Conf
Articolo = Orchard 36 ", impasto_t=-4 = VC Euroarce	%Scarto = 0	0,00134589 5	0,5
Articolo = Orchard 36 ", impasto_t=-4 = VC Euroarce	%Scarto = 0.143	0,00134589 5	0,5
impasto_t=-4 = FFC Imerys, Articolo = Orchard 36 "	%Scarto = 0.667	0,00269179	0,28571428 6
impasto_t=-4 = FFC Imerys+VC Imerys, Articolo = Orchard 36 "	%Scarto = 0	0,01345895	0,4
impasto_t=-4 = VC Euroarce+FFC Imerys, Articolo = Orchard 36 "	%Scarto = 0	0,00807537	0,46153846 2

Tabella 4.17 – Risultati ottenuti con premessa l'articolo Orchard 36''

Al contrario, l'articolo Pit sembra molto affidabile. Se vengono analizzati tutti gli impasti singolarmente riportano la percentuale di scarto nulla nel 100% dei casi, con un supporto però molto basso. Quando il supporto aumenta fino al 2%, per l'impasto "FFC Imerys+VC Imerys", si ottiene %Scarto=0 con l'83% di confidenza. Vista la qualità elevata del prodotto, nel 17% dei casi la

percentuale dei pezzi scartati si può supporre minima oppure considerare una seconda cottura per ripassare il prodotto.

X	Y	Supp	Conf
Articolo = Pit, impasto_t=-4 = VC Euroarce	%Scarto = 0	0,001345895	1
impasto_t=-4 = FFC Imerys, Articolo = Pit	%Scarto = 0	0,001345895	1
impasto_t=-4 = FFC Imerys+VC Imerys, Articolo = Pit	%Scarto = 0	0,020188425	0,833333333
impasto_t=-4 = VC Imerys, Articolo = Pit	%Scarto = 0	0,001345895	1

Tabella 4.18 – Risultati ottenuti con premessa l'articolo Pit

Infine, si riportano quest'ultime regole che possono risultare significative. Ad esempio, per l'impasto "FFC Imerys+VC Imerys" si ha %Scarto=0, con confidenza massima e supporto superiore all'1%, per gli articoli Zazu 800 e Zazu 600 (con uguale supporto pari a 1,3%), per Lili Bidet (con supporto dell'1,9%) e per Bel con supporto del 2,5% ma confidenza del 90%. Per quest'ultimo, essendo una regola molto forte, o perlomeno più forte di molte altre, è possibile che nel restante 10% dei casi ci possano essere scarti oppure possano necessitare di essere ripassati, quindi si deve programmare il carico di lavoro del forno. Per lo stesso impasto, per gli articoli Ode e Zazu C-500 si ha una %Scarto=0 nel 67% dei casi e nel restante 33% dei casi si può ottenere una percentuale di scarti massima e quindi bisogna riprodurre interamente la quantità di pezzi prodotti.

X	Y	Supp	Conf
impasto_t=-4 = FFC Imerys+VC Imerys, Articolo = Bel	%Scarto = 0	0,025572005	0,904761905
impasto_t=-4 = FFC Imerys+VC Imerys, Articolo = Lili Bidet	%Scarto = 0	0,01884253	1
impasto_t=-4 = FFC Imerys+VC Imerys, Articolo = Ode	%Scarto = 0	0,00538358	0,666666667
impasto_t=-4 = FFC Imerys+VC Imerys, Articolo = Ode	%Scarto = 1	0,00269179	0,333333333
impasto_t=-4 = FFC Imerys+VC Imerys, Articolo = Zazu 600	%Scarto = 0	0,01345895	1
impasto_t=-4 = FFC Imerys+VC Imerys, Articolo = Zazu 800	%Scarto = 0	0,01345895	1
impasto_t=-4 = FFC Imerys+VC Imerys, Articolo = Zazu C-500	%Scarto = 0	0,00269179	0,666666667
impasto_t=-4 = FFC Imerys+VC Imerys, Articolo = Zazu C-500	%Scarto = 1	0,001345895	0,333333333
impasto_t=-4 = VC Euroarce+FFC Imerys, Articolo = Chim	%Scarto = 0	0,00807537	1

Tabella 4.19 – Risultati tra i più significativi ottenuti con premesse riguardanti vari articoli

4.2.2 Regola avente come premessa le caratteristiche dell'impasto e come conclusione i

tipi di difetti

In questo paragrafo si pone l'attenzione sulle relazioni frequenti tra le caratteristiche dell'impasto con cui sono stati prodotti gli articoli e i tipi di difetti riscontrati. In primo luogo analizziamo che tipi di difetti si possono trovare a una data temperatura. Per una temperatura che arriva fino a 19.6 C° il difetto riscontrato è una crepa interna nel 100% dei casi e con un supporto dell'11%. Questa identica situazione si ripresenta anche per temperature dai 24 C° in su, con il supporto che aumenta al 35%. Nelle regole successive si nota che se si analizza il dato della temperatura con il rapporto peso-litro dell'impasto, quando questo ha un valore pari a massimo a 1941, oltre alla crepa interna, si ottengono altri tipi di difetti. Nel 100% dei casi si ottiene ancora una crepa interna con supporto del 6%, visto il calo del supporto si può affermare che non è questo nuovo parametro a causare questo difetto, ma bensì gli articoli potrebbero essere molto sensibili alla temperatura. Gli altri difetti riscontrati, ognuno con probabilità di accadimento del 20% e supporto pari a 1,2%, sono: minimo tre articoli con bolle, da tre o più con crepe esterne e massimo 1,1 o minimo 1,9 articoli con dei difetti allo smalto. Se all'analisi si aggiungesse anche Tixotropia 1 minuto (range [30,6-34,8]) o Tixotropia 6 minuti (range [117-126]) si otterrebbero le stesse conclusioni con gli stessi valori di supporto e confidenza.

X	Y	Supp	Conf
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 [-∞ - 19.600]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,1111 11	1
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [24.400 - ∞]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,3580 25	1
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [24.400 - ∞], Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 [-∞ - 1941.100]	13. Bolle = range10 [2.800 - ∞]	0,0123 46	0,2
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [24.400 - ∞], Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 [-∞ - 1941.100]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,0617 28	1
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [24.400 - ∞], Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 [-∞ - 1941.100]	5. Crepa esterna = range10 [2.800 - ∞]	0,0123 46	0,2
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [24.400 - ∞], Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 [-∞ - 1941.100]	7. Difetti smalto = range1 [-∞ - 1.100]	0,0123 46	0,2
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [24.400 - ∞], Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 [-∞ - 1941.100]	7. Difetti smalto = range10 [1.900 - ∞]	0,0123 46	0,2

Tabella 4.20 – Risultati ottenuti con premessa la temperatura e il rapporto peso-litro

Quando aumenta l'intervallo entro cui cadono i valori del rapporto peso-litro con il suo valore minimo che diventa 1949,9 circa si riscontra l'assenza tra i difetti di un articolo con una crepa esterna e di due con dei difetti allo smalto. Tra i difetti che rimangono diminuiscono gli articoli che presentano bolle fino a circa un solo articolo, con stessa confidenza ma supporto che cresce a 2,5%. Aumenta a 12% il supporto per un articolo che presenta una crepa esterna nel 100% dei casi, mentre aumenta al 3% per un articolo che ha difetti allo smalto però con una probabilità che cresce al 30%. Ciò che si può affermare è che, nonostante ci siano meno difetti, aumentano le possibilità che quelli rimanenti possano essere riscontrati. Anche in questo caso aggiungendo all'analisi il parametro Viscosità (range [250.8-255,2]) non cambiano i risultati ottenuti rispetto a quelli appena discussi. Se l'intervallo dei valori assunti dal parametro peso-litro diventa 1943,3-1944,4 si ottiene sempre un articolo con una crepa interna nel 100% dei casi con il supporto che arriva al 17%. E' importante notare che questo intervallo di valori presenta il supporto più alto rispetto alle regole ottenute combinando la temperatura di 24 C° e il rapporto peso-litro.

X	Y	Supp	Conf
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [24.400 - ∞], Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [1949.900 - ∞]	13. Bolle = range1 [-∞ - 1.200]	0,02 4691	0,2
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [24.400 - ∞], Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [1949.900 - ∞]	4. Crepa interna= range1 [-∞ - 1.100]	0,12 3457	1
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [24.400 - ∞], Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [1949.900 - ∞]	7. Difetti smalto= range1 [-∞ - 1.100]	0,03 7037	0,3
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [24.400 - ∞], Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range4 [1943.300 - 1944.400]	4. Crepa interna= range1 [-∞ - 1.100]	0,17 284	1

Tabella 4.21 – Risultati ottenuti con premessa la temperatura e il rapporto peso-litro

Focalizzando l'attenzione sulle regole che mettono in relazione la temperatura con la Tixotropia, con lo stesso valore di temperatura delle precedenti regole e con l'intervallo di Tixotropia 1 minuto pari a 22,2-26,4 si ottiene un articolo con una crepa interna nel 100% dei casi con un supporto dell'17%, se però l'intervallo aumenta a 30,6-34,8 il supporto per questa regola scende fino a 6%. Ponendo l'attenzione sui difetti riscontrati e sui valori di supporto e confidenza quando precedentemente si è analizzata la temperatura in relazione al rapporto peso-litro con valore massimo di 1941, è immediato notare che sono identici ai risultati ottenuti con queste regole nella tabella 4.20. Come affermato nel paragrafo precedente, è ancora più ragionevole dire che i difetti sono strettamente correlati alla temperatura, visto che si ottengono stessi risultati sia con il rapporto peso-litro che con Tixotropia 1 minuto. La stessa situazione si presenta analizzando la

temperatura con Tixotropia 6 minuti, i cui valori che cadono nell'intervallo compreso tra 117 e 126, oppure quest'ultima insieme a Tixotropia 1 minuto con stesso intervallo usato in questo regole.

X	Y	Supp	Conf
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [24.400 - ∞], Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range2 [22.200 - 26.400]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,17284	1
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [24.400 - ∞], Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range4 [30.600 - 34.800]	13. Bolle = range10 [2.800 - ∞]	0,012346	0,2
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [24.400 - ∞], Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range4 [30.600 - 34.800]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,061728	1
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [24.400 - ∞], Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range4 [30.600 - 34.800]	5. Crepa esterna = range10 [2.800 - ∞]	0,012346	0,2
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [24.400 - ∞], Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range4 [30.600 - 34.800]	7. Difetti smalto = range1 [-∞ - 1.100]	0,012346	0,2
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [24.400 - ∞], Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range4 [30.600 - 34.800]	7. Difetti smalto = range10 [1.900 - ∞]	0,012346	0,2

Tabella 4.22 – Risultati ottenuti con premessa la temperatura e la Tixotropia 1 minuto

In queste regole la premessa è costituita dalla temperatura a 24 C° e la viscosità che assume un valore compreso tra 250,8-255,2. Si ottiene sempre una crepa interna nel 100% dei casi con un supporto del 12%, mentre gli altri difetti che si riscontrano sono circa un articolo con delle bolle, nel 10% dei casi e con supporto del 2,5%, e massimo un articolo con dei difetti allo smalto, con supporto pari a 3% e probabilità del 30%. In sostanza si hanno meno difetti, ma è più probabile che si verifichino. Quando l'intervallo dei valori della viscosità diventa 264-268,4 si ripresenta la situazione identica a quella descritta per la figura precedente. Anche se si aggiungesse alle premesse il rapporto peso-litro (range [-∞ - 1941,1]), oppure la Tixotropia 1 minuto (range [30,6-34,8]) o la Tixotropia 6 minuti (range [117-126]) la situazione rimarrebbe la stessa.

X	Y	Supp	Conf
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [24.400 - ∞], Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range3 [250.800 - 255.200]	13. Bolle = range1 [-∞ - 1.200]	0,024691	0,2
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [24.400 - ∞], Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range3 [250.800 - 255.200]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,123457	1
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [24.400 - ∞], Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range3 [250.800 - 255.200]	7. Difetti smalto = range1 [-∞ - 1.100]	0,037037	0,3

C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [24.400 - ∞], Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range6 [264 - 268.400]	13. Bolle = range10 [2.800 - ∞]	0,012346	0,2
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [24.400 - ∞], Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range6 [264 - 268.400]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,061728	1
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [24.400 - ∞], Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range6 [264 - 268.400]	5. Crepa esterna = range10 [2.800 - ∞]	0,012346	0,2
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [24.400 - ∞], Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range6 [264 - 268.400]	7. Difetti smalto = range1 [-∞ - 1.100]	0,012346	0,2
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [24.400 - ∞], Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range6 [264 - 268.400]	7. Difetti smalto = range10 [1.900 - ∞]	0,012346	0,2

Tabella 4.23 – Risultati ottenuti con premessa la temperatura e la Viscosità

Quando si considera una temperatura compresa tra i 20,8 e 21,4 C°, al contrario delle precedenti regole in cui era presenta solo la temperatura, aumentano i difetti trovati ma diminuisce fino a 10% il supporto della regola che ha come risultato una articolo con una crepa interna nel 100% dei casi. I nuovi difetti riscontrati sono: 1,2 articoli con una crepa esterna con il 25% di probabilità e supporto del 2,5% e 1,1 articoli con difetti allo smalto nel 37,5% dei casi e supporto pari a 3,7%. Se nella premessa si include anche la Viscosità con valori compresi tra 268,4-272,8, essa non influenza i risultati che non variano. Ancora una volta si può affermare che la temperatura influenza molto la qualità dei prodotti, in questo caso con il 50% di probailità in più si hanno ulteriori difetti che per temperature inferiori a 19 C° e superiori a 24 C° non si erano ottenuti.

X	Y	Supp	Conf
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range4 [20.800 - 21.400]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,098765	1
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range4 [20.800 - 21.400]	5. Crepa esterna = range1 [-∞ - 1.200]	0,024691	0,25
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range4 [20.800 - 21.400]	7. Difetti smalto = range1 [-∞ - 1.100]	0,037037	0,37
			5

Tabella 4.24 – Risultati ottenuti con premessa la temperatura

Seppur la confidenza scende al 60%, il supporto sale al 20% per un articolo con una crepa interna quando la temperatura è compresa tra 22,6-23,2 C°. Quello che si nota è che salendo di temperatura aumenta il supporto della regola, quindi è sempre più sicuro il riscontro di questo difetto. Analizzando questo valore di temperatura con il rapporto peso-litro che assume valori compresi tra 1943,3-1944,4 questo difetto si ottiene nel 100% dei casi con supporto che scende all'11% come

avvenuto anche per valore massimo di temperatura pari a 24 C° oppure aggiungendo alla premessa una Viscosità (range [-∞ - 281,6]) o Tixotropia 6 minuti (range [-∞ - 81]). Con stessi valori di temperatura e con rapporto peso-litro compreso tra 1945.5-1946.6 si ottengono circa due articoli che presentano bolle. La probabilità è del 20% e il supporto è pari a circa 1%, stessi valori sono ottenuti per circa due articoli che presentano una crepa interna. Si ottengono anche massimo 1,3 articoli con una crepa alla base. Quest'ultimo è un difetto mai trovato nelle regole precedenti, è possibile riscontrarlo con probabilità del 40% e un supporto del 2,5% maggiore rispetto i difetti precedentemente riscontrati. Identici risultati ottenuti inserendo nelle premesse anche Tixotropia 1 minuto (range [22,2-26,4]) o Viscosità (range [-∞ - 281,6]). Per valori di rapporto peso-litro compresi tra 1948,8-1949,9 si può ottenere: circa un articolo con delle bolle nel 30% dei casi e supporto del 2,5% e circa un articolo con una crepa interna con massima probabilità e supporto pari a 8,6%. I valori di supporto e confidenza riscontrati sono approssimativamente in linea con quello che è successo per la temperatura di massimo 24 C° se non fosse che al variare del rapporto peso-litro con questo intervallo di temperatura diminuisce il numero di difetti riscontrati. Rispetto alle precedenti regole si manifesta anche un aumento degli articoli che presentano bolle o crepe interne. E' importante far notare come se insieme a questi valori di temperatura o di rapporto peso-litro vengono considerati anche Tixotropia 1 minuto (range [39-43,2]), Tixotropia 6 minuti (range [126-135]) e Viscosità (range [264-268,4]) i risultati ottenuti con queste regole si ripetono e quindi non influenzano i difetti. Nell'ultima regola della figura 4.25 si nota che se alla premessa con questo intervallo di temperatura viene sostituito il rapporto peso-litro (con range di valori pari a 1943,3-1944,4) dalla Viscosità (con range di valori [281.600 - ∞]) c'è un calo di probabilità fino a 45% di ottenere un articolo con una crepa interna.

X	Y	Supp	Conf
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range7 [22.600 - 23.200]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,197531	0,59259 3
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range7 [22.600 - 23.200], Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range4 [1943.300 - 1944.400]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,111111	1
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range7 [22.600 - 23.200], Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range6 [1945.500 - 1946.600]	13. Bolle = range5 [1.800 - 2]	0,012346	0,2
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range7 [22.600 - 23.200], Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range6 [1945.500 - 1946.600]	4. Crepa interna = range10 [1.900 - ∞]	0,012346	0,2

C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range7 [22.600 - 23.200], Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range6 [1945.500 - 1946.600]	6. Crepa alla base = range1 [-∞ - 1.300]	0,024691	0,4
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range7 [22.600 - 23.200], Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range9 [1948.800 - 1949.900]	13. Bolle = range1 [-∞ - 1.200]	0,024691	0,28571 4
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range7 [22.600 - 23.200], Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range9 [1948.800 - 1949.900]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,08642	1
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range7 [22.600 - 23.200], Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [281.600 - ∞]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,111111	0,45

Tabella 4.25 – Risultati ottenuti con premessa la temperatura e il rapporto peso-litro

Quando la temperatura sale fino a raggiungere un intervallo entro cui cade il valore di 23,8-24,4 °C si ottiene un articolo con una crepa interna con confidenza del 100% e con supporto del 10%. Contrariamente a quanto detto per le regole appena sopra, con l'aumento di temperatura per questa conclusione il supporto diminuisce. Quindi in questo range non è molto sicuro che si ottenga questo difetto come in precedenza lo era con un aumento di temperatura. Inoltre si ottiene un ulteriore difetto: 1.2 articoli avranno delle bolle con probabilità del 25% e supporto del 2,5%. Anche in questo caso aggiungendo alle premesse la Tixotropia 1 minuto (range [55,88 - ∞]) oppure Tixotropia 6 minuti (range [153 - ∞]), o Viscosità (range [-∞ - 246,4]), non cambieranno i risultati ottenuti.

X	Y	Supp	Conf
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range9 [23.800 - 24.400]	13. Bolle = range1 [-∞ - 1.200]	0,024691	0,25
C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range9 [23.800 - 24.400]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,098765	1

Tabella 4.26 – Risultati ottenuti con premessa la temperatura

In queste regole si analizzano i difetti per lo più in relazione al rapporto peso-litro. Quando esso assume un valore massimo di 1941 si ottiene un articolo con una crepa interna. Per questa regola e questo parametro scende il supporto a 6% e la confidenza a 45%. Combinando questo range di peso-litro con valore di Tixotropia 1 minuto compreso tra 30,6-34,8 o Tixotropia 6 minuti con valori tra 117-126 si ottengono gli stessi risultati ottenuti quando nella premessa era incluso questo parametro e la temperatura pari a massimo a 24 °C. Questa evidenza, come già anticipato, la forte influenza che ha la temperatura sulla qualità o meno del prodotto finito dato che anche quando non presente con gli stessi parametri permette di raggiungere le medesime conclusioni.

X	Y	Supp	Conf
	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,0617	454
Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 [-∞ - 1941.100]		28	5
Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 [-∞ - 1941.100], Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range4 [30.600 - 34.800]	13. Bolle = range10 [2.800 - ∞]	0,0123	46
			0,2
Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 [-∞ - 1941.100], Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range4 [30.600 - 34.800]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,0617	28
			1
Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 [-∞ - 1941.100], Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range4 [30.600 - 34.800]	5. Crepa esterna = range10 [2.800 - ∞]	0,0123	46
			0,2
Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 [-∞ - 1941.100], Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range4 [30.600 - 34.800]	7. Difetti smalto = range1 [-∞ - 1.100]	0,0123	46
			0,2
Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 [-∞ - 1941.100], Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range4 [30.600 - 34.800]	7. Difetti smalto = range10 [1.900 - ∞]	0,0123	46
			0,2

Tabella 4.27 – Risultati ottenuti con premessa il rapporto peso-litro e la Tixotropia 1 minuto

A conferma di quanto appena detto, quando come premesse si hanno o soltanto il rapporto peso litro con valore minimo 1949,9 o quest'ultimo insieme alla Viscosità con intervallo pari a 250,8-255,2 i difetti e i relativi valori di supporto e confidenza sono gli stessi di quando nella tabella 4.21 si analizzava in maniera combinata la temperatura a 24 C° e questi valori di rapporto peso-litro.

X	Y	Supp	Conf
	13. Bolle = range1 [-∞ - 1.200]	0,024	691
Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [1949.900 - ∞]			0,2
	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,123	457
Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [1949.900 - ∞]			1
	7. Difetti smalto = range1 [-∞ - 1.100]	0,037	037
Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [1949.900 - ∞]			0,3

Tabella 4.28 – Risultati ottenuti con premessa la temperatura

Per un rapporto peso-litro compreso tra 1943,3-1944,4 si ottiene massimo una crepa interna nel 100% dei casi con un supporto che aumenta a 28% rispetto a quando si analizzava in precedenza questo parametro insieme alla temperatura massima di 24 C° o insieme a quella compresa tra 22,6-23,2 C°. Se insieme a questo range del rapporto peso-litro si analizzasse la Tixotropia 1 minuto con range [22,2-26,4] si nota un calo del supporto fino al 17%. Un calo ulteriore fino all'11% si ottiene invece se si analizza il rapporto con la Viscosità pari a [281,6 - ∞]. Per il rapporto peso-litro con valori compresi tra [1945,5-1946,6], al contrario di quanto avveniva quando era incluso nella premessa insieme alla temperatura con range [22,6-23,2], si ottiene massimo un articolo con una crepa

interna e non minimo due. Nonostante ciò non ha una probabilità massima, ma è pari al 77% ha un supporto, e quindi una forza della regola, maggiore e pari al 21% circa. Quando invece questo valore è analizzato con una temperatura di valore massimo pari 19,6 C°, questo difetto appare nel 100% dei casi e con supporto dell'11% come avveniva nel caso in cui nella premessa non era considerato il rapporto.

X	Y	Supp	Conf
Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range4 [1943.300 - 1944.400]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,2839 51	1
Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range4 [1943.300 - 1944.400], Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range2 [22.200 - 26.400]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,1728 4	1
Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range4 [1943.300 - 1944.400], Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [281.600 - ∞]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,1111 11	1
Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range6 [1945.500 - 1946.600]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,2098 77	0,7727 27
Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range6 [1945.500 - 1946.600], C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 [-∞ - 19.600]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,1111 11	1

Tabella 4.29 – Risultati ottenuti con premessa il rapporto peso-litro e la Tixotropia 1 minuto

Come appena detto, la tendenza è che i risultati non variano da quelli precedentemente analizzati quando compaiono nella premessa con la temperatura. Infatti, per valori di questo rapporto pari a 1948,8-1949,9 C° i risultati sono gli stessi di quando si sono analizzate le regole con le premesse che contenevano questo parametro insieme alla temperatura con range pari a 22,6-23,3 C° nella tabella 4.25. Le regole qui sotto elencate mostrano delle variazioni dei valori di supporto e confidenza quando si esclude dalla premessa la temperatura. Infatti per questo range, si hanno al massimo 1,2 articoli che come difetto riscontrano delle bolle, con una leggera diminuzione di confidenza del 2%, cioè diventa pari a 26%, e supporto che aumenta di quasi il doppio e diventa circa 5%. Si ottiene al massimo un articolo con una crepa interna, sempre con massima probabilità ma con un evidente aumento del supporto che arriva a 18,5%. Se invece nella premessa si include la temperatura che varia tra 23,8-24,4 C° si ritrova una situazione simile a quella per la temperatura precedente ma con la confidenza che si abbassa ulteriormente al 25% quando il difetto sono le bolle. Stessi risultati si avranno se si includono uno o più parametri tra Tixotropia 1 minuto [55.8 - ∞], Tixotropia 6 minuti [153 - ∞] e Viscosità [-∞ - 246,4]. Riguardo il difetto delle bolle, se nella premessa variano la

Tixotropia 1 minuto, che diventa [39-43,2], e la Tixotropia 6 minuti, che diventa [126-135], si ottiene di nuovo un aumento al 28,5% della probabilità che si verifichi.

X	Y	Supp	Conf
Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range9 [1948.800 - 1949.900]	13. Bolle = range1 [-∞ - 1.200]	0,0493 83	0,2666 67
Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range9 [1948.800 - 1949.900]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,1851 85	1

Tabella 4.30 – Risultati ottenuti con premessa il rapporto peso-litro

Si procede analizzando le premesse che contengono Tixotropia 1 minuto in cui, per la maggior parte, si ottengono gli stessi risultati ottenuti analizzando le regole che avevano come premessa la temperatura anche se ad esempio non è mai stato considerato con il range pari a [-∞ - 22,2]. Quando la Tixotropia assume questo range si ottiene un articolo con una crepa interna con probabilità dell'85% e un supporto molto elevato pari al 44%. Questo è un supporto tra i più elevati riscontrati fin'ora, può essere importante per far capire la poca affidabilità di questo valore essendo questo difetto uno dei più frequenti ma con supporto mai così elevato. Sempre per questo range di valori, con probabilità del 20% e supporto del 10% si ottiene un articolo che presenta difetti allo smalto. Se nella premessa viene inserita anche la temperatura con range in C° pari a: o [-∞ - 19,6], o [24,4 - ∞] (temperatura analizzata insieme a peso litro con range [1949,9 - ∞]), o [20,8-21,4], o [22,6-23,2], questo parametro, con questo intervallo, non influenza i risultati ottenuti quando non era considerato nelle regole precedentemente commentate. L'unico caso in cui non si ottiene lo stesso risultato riguarda l'ultima regola nella tabella 4.25 in cui nella premessa c'è anche la temperatura con valori compresi tra 22,6-23,2 C°. In questo caso si ottiene un articolo con una crepa interna con confidenza del 60% e supporto pari all'11% minore rispetto alla regola in cui era presente solo la temperatura. Quest'ultima regola può essere vista come una dimostrazione di quanto la temperatura influenzi i risultati, il supporto della regola relativa a quest'ultimo difetto è diminuito di molto rispetto a quello che aveva la regola quando la premessa era soltanto la Tixotropia.

X	Y	Supp	Conf
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 [-∞ - 22.200]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,444 444	0,85 7143
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 [-∞ - 22.200]	7. Difetti smalto = range1 [-∞ - 1.100]	0,098 765	0,19 0476
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 [-∞ - 22.200], C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range7 [22.600 - 23.200]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,111 111	0,6 0,6

Tabella 4.31 – Risultati ottenuti con premessa la Tixotropia 1 minuto e la temperatura

Se nella premessa contenente questo range di Tixotropia 1 minuto si include anche il rapporto peso-litro con range o pari a [1949,9 - ∞] oppure pari a [1943,3-1944,4] i risultati sono gli stessi di quelli analizzati precedentemente senza mettere in relazione il rapporto con la Tixotropia. Questo non avviene per il rapporto peso litro con valori compresi tra 1945,5-1946,6. Per la regola che riporta come risultato un articolo con una crepa interna si ottiene lo stesso supporto analizzato quando nella premessa c'era soltanto il peso-litro, mentre la probabilità che questo accada diventa massima. Per questa premessa si ottiene un altro difetto che per questo intervallo di peso-litro, se analizzato da solo, non era stato riscontrato, cioè si ottiene circa un articolo con dei difetti allo smalto con supporto del 5% e una probabilità però bassa e pari al 23,5%. Quando poi nella premessa viene aggiunta anche la temperatura, con range o [-∞ - 19,6] o [20,8-21,4], si torna a ottenere di nuovo i risultati già ottenuti.

X	Y	Supp	Conf
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 [-∞ - 22.200], Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range6 [1945.500 - 1946.600]	4. Crepa interna= range1 [-∞ - 1.100]	0,20987 7	1 1
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 [-∞ - 22.200], Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range6 [1945.500 - 1946.600]	7. Difetti smalto= range1 [-∞ - 1.100]	0,04938 3	0,23529 4

Tabella 4.32 – Risultati ottenuti con premessa la Tixotropia 1 minuto e il rapporto peso-litro

Adesso al posto del rapporto peso-litro, si inserisce la Tixotropia 6 minuti che può assumere valore massimo pari a 81. Anche in questo caso i difetti riscontrati sono un articolo con una crepa interna e un articolo con dei difetti allo smalto. Per il primo difetto, seguendo la tendenza relativa alla forza delle regole per questo difetto, ha un supporto del 32% e una probabilità che accada massima. Per il secondo, sempre seguendo la tendenza registrata prima per i parametri, il supporto è del 6% e ha confidenza del 19%. Nelle ultime due regole in figura si nota come se nella premessa viene inserito il rapporto peso litro con valori compresi tra 1945,5-1946,6 si ottengono gli stessi risultati riportati

nella figura precedente. Anche in questo caso se si includono nella premessa uno o più parametri tra temperatura (con range $[-\infty - 19,6]$ e $[20,8-21,4]$ in C°), rapporto peso-litro (con range $[1943,3-1944,4]$ e $[1945,5-1946,6]$) e Viscosità (con range $[281,6 - \infty]$, $[264-268,4]$ e $[268,4,272,8]$) i risultati non variano rispetto alle regole che consideravano nelle premesse questi parametri singolarmente. Per l'ultima regola quando i valori della Tixotropia 6 minuti sono compresi tra 81 e 90, in confronto alle regole commentate precedentemente, il supporto per un articolo con massimo una crepa interna scende al 12% come anche la probabilità che si verifichi, la quale diventa pari a 62,5%. Come per le altre regole, i risultati non vengono influenzati quando nelle premesse vengono inserite valori di temperatura con range pari a $[24.400 - \infty]$, oppure valori di peso-litro con range $[1949.900 - \infty]$, o ancora Viscosità con range $[250.800 - 255.200]$.

X	Y	Supp	Conf
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 $[-\infty - 22.200]$, Tixotropia 6 min_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 $[-\infty - 81]$	4. Crepa interna = range1 $[-\infty - 1.100]$	0,3209 88	1
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 $[-\infty - 22.200]$, Tixotropia 6 min_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 $[-\infty - 81]$	7. Difetti smalto = range1 $[-\infty - 1.100]$	0,0617 28	0,1923 08
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 $[-\infty - 22.200]$, Tixotropia 6 min_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 $[-\infty - 81]$, Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range6 $[1945.500 - 1946.600]$	4. Crepa interna = range1 $[-\infty - 1.100]$	0,2098 77	1
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 $[-\infty - 22.200]$, Tixotropia 6 min_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 $[-\infty - 81]$, Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range6 $[1945.500 - 1946.600]$	7. Difetti smalto = range1 $[-\infty - 1.100]$	0,0493 83	0,2352 94
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 $[-\infty - 22.200]$, Tixotropia 6 min_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range2 $[81 - 90]$	4. Crepa interna = range1 $[-\infty - 1.100]$	0,1234 57	0,625

Tabella 4.33 – Risultati ottenuti con premessa la Tixotropia 1 minuto e la Tixotropia 6 minuti

Sempre con questo range di Tixotropia 1 minuto, se analizzata insieme alla Viscosità con valori minimo pari a 281,6 si nota come per il difetto riguardante un articolo con una crepa interna si ha un supporto dell'11% uguale al caso in cui, successivamente, si analizzerà singolarmente la Viscosità con stesso range però con maggiore probabilità di accadimento visto che la confidenza, in questo

caso, sale al 60%. Mentre per l'intervallo che aumenta a 264-268,4 il supporto per questo difetto diminuisce rispetto alla regola iniziale con soltanto la Tixotropia fino a diventare pari all'11% con il 100% di confidenza, se nella premessa è inserita anche la temperatura con range $[-\infty - 19.600]$ in C° il risultato iniziale. Per la Viscosità con range di $[250.800 - 255.200]$ si ottengono stessi risultati rispetto all'analisi con soltanto la Viscosità oppure al caso in cui la temperatura può essere minimo pari a 24,4 C°. Stessa cosa si ottiene per la Viscosità con range $[268.400 - 272.800]$ oppure con temperatura con range in C° pari a $[20,8-21,4]$.

X	Y	Sup	Con
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 $[-\infty - 22.200]$, Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 $[281.600 - \infty]$	4. Crepa interna = range1 $[-\infty - 1.100]$	0,11 111	1 0,6
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 $[-\infty - 22.200]$, Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range3 $[250.800 - 255.200]$	13. Bolle = range1 $[-\infty - 1.200]$	0,02 469	1 0,2
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 $[-\infty - 22.200]$, Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range3 $[250.800 - 255.200]$	4. Crepa interna = range1 $[-\infty - 1.100]$	0,12 345	7 1
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 $[-\infty - 22.200]$, Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range3 $[250.800 - 255.200]$	7. Difetti smalto = range1 $[-\infty - 1.100]$	0,03 703	7 0,3
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 $[-\infty - 22.200]$, Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range6 $[264 - 268.400]$	4. Crepa interna = range1 $[-\infty - 1.100]$	0,11 111	1 1
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 $[-\infty - 22.200]$, Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range6 $[264 - 268.400]$, C°_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 $[-\infty - 19.600]$	4. Crepa interna = range1 $[-\infty - 1.100]$	0,11 111	1 1
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 $[-\infty - 22.200]$, Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range7 $[268.400 - 272.800]$	4. Crepa interna = range1 $[-\infty - 1.100]$	0,09 876	5 1
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 $[-\infty - 22.200]$, Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range7 $[268.400 - 272.800]$	5. Crepa esterna = range1 $[-\infty - 1.200]$	0,02 469	1 0,25
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 $[-\infty - 22.200]$, Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range7 $[268.400 - 272.800]$	7. Difetti smalto = range1 $[-\infty - 1.100]$	0,03 703	7 0,37

Tabella 4.34 – Risultati ottenuti con premessa la Tixotropia 1 minuto e la Viscosità

In questo caso la Tixotropia 1 minuto aumenta assumendo un valore minimo pari a 55,8 si riscontrano 1,2 articoli con delle bolle con supporto del 2,5% e una confidenza del 25% e massimo un articolo con una crepa interna con supporto di circa il 10% e una probabilità massima. Non è un intervallo di valori molto decisivo poiché i risultati non si discostano da quelli ottenuti quando questo parametro è stata incluso nella premessa contenente già la temperatura con valori compresi

tra 23,8-24,4 C°. I risultati non variano se si aggiunge alla premessa la Viscosità con range di valori pari a $[-\infty - 246,4]$.

X	Y	Supp	Conf
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [55.800 - ∞]	13. Bolle = range1 $[-\infty - 1.200]$	0,024691	0,25
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [55.800 - ∞]	4. Crepa interna = range1 $[-\infty - 1.100]$	0,098765	1

Tabella 4.35 – Risultati ottenuti con premessa la Tixotropia 1 minuto

Se il range di valori per la Tixotropia 1 minuto è 22,2-26,4 il difetto riguardante un articolo con una crepa interna ha un supporto in accordo con le regole precedenti ed è pari al 17%. E' una conclusione a cui si è già arrivati per una temperatura con valore minimo pari a 24,4 C° o quando il rapporto peso-litro ha range pari [1943,3-1944,4], ma in questo caso la probabilità che accada scende a circa il 74%. Mentre si riscontrano 1,3 articoli con crepa alla base con supporto pari al 5% e una probabilità che accada del 21%. E' un difetto che non si è riscontrato molto spesso e seppur la forza della regola è elevata a tal punto da prendere in considerazione questo tipo di difetto la confidenza è bassa e quindi ci si può aspettare che non si verifichi molto spesso. Se l'intervallo aumenta a 30,6-34,8 non si notano differenze con i risultati ottenuti quando la premessa è costituita dalla temperatura che assume valori da 24,4 C° in poi e dal rapporto peso-litro con range $[-\infty - 1941,1]$, oppure quando questo range di Tixotropia viene valutato insieme alla Tixotropia 6 minuti con range [117-126]. Per l'intervallo di valori della Tixotropia 1 minuto pari a 39-43,2 si ottengono i difetti riguardanti circa massimo una articolo con bolle e o con una crepa interna con valori di supporto e confidenza in linea col precedente. Infatti, il primo ha supporto pari al 2,5% e confidenza di circa il 28%, mentre il secondo ha supporto pari a 8,6% e confidenza del 100%. I risultati sono gli stessi di quando la premessa comprendeva anche la temperatura con valori compresi tra 22,6-23,2 C° e non cambia se si inserisce la Tixotropia 6 minuti con range [126-135].

X	Y	Supp	Conf
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range2 [22.200 - 26.400]	4. Crepa interna = range1 $[-\infty - 1.100]$	0,17284	0,736 842
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range2 [22.200 - 26.400]	6. Crepa alla base = range1 $[-\infty - 1.300]$	0,049383	0,210 526
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range4 [30.600 - 34.800]	13. Bolle = range10 [2.800 - ∞]	0,012346	0,2
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range4 [30.600 - 34.800]	4. Crepa interna = range1 $[-\infty - 1.100]$	0,061728	1
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range4 [30.600 - 34.800]	5. Crepa esterna = range10 [2.800 - ∞]	0,012346	0,2

Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range4 [30.600 - 34.800]	7. Difetti smalto = range1 [-∞ - 1.100]	0,012346	0,2
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range4 [30.600 - 34.800]	7. Difetti smalto = range10 [1.900 - ∞]	0,012346	0,2
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range6 [39 - 43.200]	13. Bolle = range1 [-∞ - 1.200]	0,024691	0,285 714
Tixotropia 1 min. 30-45_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range6 [39 - 43.200]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,08642	1

Tabella 4.36 – Risultati ottenuti con premessa la Tixotropia 1 minuto

Per Tixotropia 6 minuti che assume un valore massimo pari a 81 si ottengono un articolo con una crepa interna e uno con dei difetti allo smalto. I valori di supporto e confidenza sono gli stessi commentati già quando questo valore era presente nelle premesse con la Tixotropia 1 minuto con range di valori pari a [-∞ - 22,2]. Come detto quindi in quel caso, si notava una certa similarità nei valori di supporto e confidenza riportati analizzando soltanto la Tixotropia 1 minuto. Si può quindi affermare come questo fattore non influenzi più di tanto la regola e i relativi difetti. Tra i casi analizzati si può rimandare al caso in cui questo parametro veniva incluso nella premessa con la temperatura di intervallo pari a 22,6-23,2 C°. Il supporto relativo al difetto “crepa interna” era pari all’11% e in questo caso si nota come escludendo la temperatura il supporto è triplicato. Ciò può essere o un caso oppure può poter essere una soluzione per rendere gli articoli meno sensibili alla temperatura.

X	Y	Supp	Conf
Tixotropia 6 min_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 [-∞ - 81]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,3209 88	1
Tixotropia 6 min_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 [-∞ - 81]	7. Difetti smalto = range1 [-∞ - 1.100]	0,0617 28	0,1923 08

Tabella 4.37 – Risultati ottenuti con premessa la Tixotropia 6 minuti

Questo tipo di risultati relativi alla Tixotropia 1 minuto con range [55,8 - ∞] sono stati già ottenuti per la temperatura (in C°) con range [23,8-24,4] e non variano. Ciò si ottiene anche se si aggiunge la Viscosità che può valere massimo 246,4. Si nota come questo range di Tixotropia 1 minuto sui primi due parametri non abbia alcun effetto, mentre influenza in maniera netta la Viscosità che, con questo range, presa singolarmente riporta questi valori.

X	Y	Supp	Conf
Tixotropia 6 min_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [153 - ∞]	13. Bolle = range1 [-∞ - 1.200]	0,024691	0,25
Tixotropia 6 min_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [153 - ∞]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,098765	1

Tabella 4.38 – Risultati ottenuti con premessa la Tixotropia 6 minuti

Quando l'intervallo diventa [81-90] il difetto riguardante un articolo con una crepa interna ha un supporto molto elevato, quindi può essere una situazione riscontrabile. Essa però è incerta a causa della probabilità che non è massima come per le regole precedenti, ma è del 70%. Rispetto a quando la regola è stata inclusa nella premessa con Tixotropia 1 minuto che può valere massimo 22,2 il supporto è quasi raddoppiato ma rimane pressochè uguale la probabilità che si verifichi. Anche in questo caso questo parametro non influenza i risultati rispetto ai casi in cui questi parametri appaiono nella premessa da soli se nella premessa verranno inserite una o più caratteristiche tra: la temperatura (range [24,4 - ∞] e [22,6-23,2]), peso-litro (range [1949,9 - ∞], [1943,3-1944,4] e [1945,5-1946,6]), viscosità (range [281,6 - ∞] e [250,8-255,2]) e Tixotropia 1 minuto (range [22,2-26,4]). Rispetto al precedente intervallo preso in considerazione, la regola con premessa la Tixotropia che assume valori compresi tra 117-126 non influenza i risultati rispetto i casi in cui appariva con temperatura con range [24,4 - ∞], con peso-litro [-∞ - 1941,1] e Tixotropia 1 minuto [30,6-34,8]. Anche quando il parametro ha un intervallo di [126-135], esso per nulla se inserito nella premessa con peso-litro con range [1948,8-1949.9], Tixotropia 1 minuto con range [39-43,2], con Viscosità con range [264-268,8] o quando queste vengono analizzate con la temperatura con range [22,6-23,2].

X	Y	Supp	Conf
Tixotropia 6 min_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range2 [81 - 90]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,2962 96	0,6857 14
Tixotropia 6 min_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range6 [117 - 126]	13. Bolle = range10 [2.800 - ∞]	0,0123 46	0,2
Tixotropia 6 min_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range6 [117 - 126]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,0617 28	1
Tixotropia 6 min_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range6 [117 - 126]	5. Crepa esterna = range10 [2.800 - ∞]	0,0123 46	0,2
Tixotropia 6 min_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range6 [117 - 126]	7. Difetti smalto = range1 [-∞ - 1.100]	0,0123 46	0,2
Tixotropia 6 min_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range6 [117 - 126]	7. Difetti smalto = range10 [1.900 - ∞]	0,0123 46	0,2
Tixotropia 6 min_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range7 [126 - 135]	13. Bolle = range1 [-∞ - 1.200]	0,0246 91	0,2857 14
Tixotropia 6 min_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range7 [126 - 135]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,0864 2	1

Tabella 4.39 – Risultati ottenuti con premessa la Tixotropia 6 minuti

Nella maggior parte dei casi, anche la Viscosità non influenza i risultati ottenuti precedentemente. Per esempio, per i risultati per la Viscosità che può valere massimo 246,4 riporta gli stessi difetti e stessi valori di supporto e confidenza che non variano rispetto ai risultati ottenuti analizzando la temperatura con range [23,8-24,4], peso-litro [1948,8-1949,9] e Tixotropia 1 minuto [55,8 - ∞]. Quando invece può valere minimo 281,6 si ha un articolo con massimo una crepa interna con supporto dell'11% e confidenza del 45%. Se analizzato con altri parametri non varia la forza della regola, ma aumenta la probabilità che si verifichi questo difetto. I risultati sono uguali alla regola in cui è presente la temperatura che ha valori compresi tra 22,6-23,2. Se però si aggiungesse il rapporto peso-litro con range [1943,3-1944,4] oppure Tixotropia 6 minuti con range [-∞ - 81], la confidenza sarà massima. Mentre, se analizzato con peso-litro con range [1943,3-1944,4] e Tixotropia 1 minuto con range [-∞ - 22,2], si ottengono questi risultati che, tranne per un aumento di confidenza fino al 60%, non cambiano se nella premessa sono soli. Non si nota nessuna variazione dei risultati per Viscosità con range pari a 250,8-255,2 rispetto ai casi in cui la premessa conteneva soltanto la temperatura con range [24,4 - ∞], peso-litro [1949,9 - ∞], Tixotropia 1 minuto [-∞ - 22,2] e Tixotropia 6 minuti [81-90]. Identica situazione con l'intervallo che diventa [268,4-272,8] con temperatura [20,8-21,4], peso-litro [1945,5-1946,6], Tixotropia 1 minuto [-∞ - 22,2] e Tixotropia 6 minuti [-∞ - 81]. Quando la premessa contiene solo la Viscosità con range [264-268,4] si ottiene il solo difetto di massimo un articolo con una crepa interna con supporto pari a circa 26 % e una probabilità del 100%. Se nella premessa si aggiunge una temperatura con valore massimo 19,6 C°, oppure peso-litro [1945,5-1946,6], oppure la Tixotropia 1 minuto con valore massimo di 22,2, oppure la Tixotropia 6 minuti con valore massimo 81, la regola è meno forte avendo un supporto dell'11%. Mentre se nella premessa vengono aggiunti peso-litro [-∞ - 1941,1], oppure Tixotropia 1 minuto [30,6-34,8] oppure Tixotropia 6 minuti [117-126] si ottengono gli stessi risultati ottenuti quando la premessa conteneva soltanto la temperatura con range [24,4 - ∞]. Se questo intervallo di Viscosità è analizzato insieme al rapporto peso-litro con range pari a [1948,8-1949,9] si ottengono al massimo 1,2 articoli con delle bolle con supporto del 2,5% e confidenza del 100% e al massimo un articolo con una crepa interna con supporto dell'8,6% e confidenza massima. Questi risultati saranno ottenuti identici se si aggiungono anche Tixotropia 1 minuto con range [39-43,2] oppure Tixotropia 6 minuti con range [126-135] e temperatura compresa tra 22,6-23,2 C°.

X	Y	Supp	Conf
Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 [-∞ - 246.400]	13. Bolle = range1 [-∞ - 1.200]	0,0246 91	0,25
Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range1 [-∞ - 246.400]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,0987 65	1
Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range10 [281.600 - ∞]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,1111 11	0,45
Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range3 [250.800 - 255.200]	13. Bolle = range1 [-∞ - 1.200]	0,0246 91	0,2
Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range3 [250.800 - 255.200]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,1234 57	1
Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range3 [250.800 - 255.200]	7. Difetti smalto = range1 [-∞ - 1.100]	0,0370 37	0,3
Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range6 [264 - 268.400]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,2592 59	1
Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range6 [264 - 268.400], Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range9 [1948.800 - 1949.900]	13. Bolle = range1 [-∞ - 1.200]	0,0246 91	0,285 714
Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range6 [264 - 268.400], Peso litro 1945_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range9 [1948.800 - 1949.900]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,0864 2	1
Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range7 [268.400 - 272.800]	4. Crepa interna = range1 [-∞ - 1.100]	0,0987 65	1
Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range7 [268.400 - 272.800]	5. Crepa esterna = range1 [-∞ - 1.200]	0,0246 91	0,25
Viscosità 230-250_t=-4 (Controllo FFC Imerys) = range7 [268.400 - 272.800]	7. Difetti smalto = range1 [-∞ - 1.100]	0,0370 37	0,375

Tabella 4.40 – Risultati ottenuti con premessa la Viscosità

Capitolo 5. Conclusione

In questo elaborato di tesi, Sono state analizzate le regole che: mettono in relazione il tipo di articolo con il relativo impasto utilizzato e la percentuale di scarto, cioè {articolo, tipo di impasto} \Rightarrow {%scarto}; e quelle che mettono a confronto i parametri dell'impasto con i difetti riscontrati sui prodotti finiti di qualsiasi tipo, cioè {caratteristiche dell'impasto} \Rightarrow {difetti}. Le regole non analizzate sono quelle aventi come premessa le caratteristiche dell'impasto e del clima e come conclusione l'indicatore di criticità. Questa scelta deriva dal fatto che seppur il supporto, per la maggior parte delle regole, è superiore al 2%, la confidenza, per regole caratterizzate dalla stessa premessa, è equivalente al variare della conclusione. Quindi per condizioni climatiche uguali, o per caratteristiche dell'impasto uguali, si ottengono valori diversi dell'indicatore di criticità con probabilità che si verificano spesso equivalente. È una situazione difficile da analizzare poiché non esprime nulla e non evidenzia una tendenza precisa e significativa.

L'analisi della regola: {articolo, tipo di impasto} \Rightarrow {%scarto} ha lo scopo di aiutare l'azienda in sede di programmazione per cercare di rispondere sempre alla domanda, in modo che la quantità prodotta sia sempre uguale a quella richiesta. L'azienda può ad esempio decidere se deve sovra produrre un articolo nel caso una percentuale di esso debba essere scartato oppure prevedere una fase di cottura di ripasso, quindi verificare la disponibilità di stazioni di lavoro vuote, nel caso in cui il prodotto non sia effettivamente da scartare ma debba essere ripassato. Dalle analisi si nota come per la maggior parte degli articoli prodotti con gli impasti FFC Imerys e VC Euroarce non si ottengono quasi mai scarti con una confidenza spesso del 100%, quindi massima. Per quanto riguarda il supporto, quando la premessa contiene entrambi gli impasti, è elevata e testimonia come essi possano essere sicuri. Il terzo impasto chiamato VC Imerys, nella maggior parte dei casi, produce zero scarti però con una diminuzione della confidenza. Ciò può voler dire sia che potrebbero esserci degli scarti, ma anche che i prodotti necessitano di una cottura di ripasso. Quando questo impasto è incluso nella premessa con uno degli altri due, spesso si nota un aumento della probabilità di ottenere %Scarto = 0. La situazione appena descritta non si verifica però per gli articoli: Azi Bidet, Azi Wc, Azi Lavabo, Juno bidet, Juno Wc, e Orchard 36". Essi spesso mostrano una percentuale di scarto non nulla, non seguendo precise tendenze, avendo diversi valori della percentuale di scarto con equivalente probabilità di accadimento, e ciò rappresenta un problema in fase di programmazione che diviene complessa per questi articoli.

Nell'analisi della regola: {caratteristiche dell'impasto} \Rightarrow {difetti} si nota come aggiungendo sempre più caratteristiche dell'impasto nella premessa non cambiano i difetti, e i relativi valori di supporto e confidenza, riscontrati precedentemente. I difetti che sono pervenuti dall'analisi sono: difetti allo smalto, crepa esterna, bolle e crepa interna, con quest'ultimo che è stato riscontrato sempre indipendentemente dal contenuto della premessa. Si nota come i difetti e i propri valori di supporto e confidenza non variano quando alla premessa contenente la temperatura si aggiungono i vari parametri dell'impasto. Ciò vuol dire che quando si analizzano le regole contenenti un parametro, ad esempio il rapporto peso-litro, si ottengono gli stessi risultati che si otterrebbero se la premessa avesse un altro parametro, ad esempio la Tixotropia 1 minuto. Questi risultati rimangono identici nel caso questi parametri sono inclusi nella premessa contenente originariamente la temperatura. Possiamo affermare quindi che i difetti dei prodotti finiti sono per lo più dipendenti e sensibili alla temperatura, cioè aumenta la certezza che si verifichino all'aumentare della temperatura.

Bibliografia

- [1] "INTRODUZIONE INTRODUZIONE ALLA CERAMICA: Materie Prime Ceramiche", Accessed: Sep. 18, 2021. [Online]. Available: <https://www.docenti.unina.it/webdocenti-be/allegati/materiale-didattico/363303>
- [2] Antonio Cassese, "ZEOLITI COME PRECURSORI DI MATERIALI CERAMICI." Accessed: Sep. 18, 2021. [Online]. Available: http://www.fedoa.unina.it/637/1/Tesi_dottorato_Antonio_Cassese.pdf
- [3] M. Pasquali, "Materiali ceramici." <http://www.sbai.uniroma1.it/~mauro.pasquali/page2/page9/page10/files/06-01.pdf> (accessed Sep. 19, 2021).
- [4] "Le ceramiche- Classificazione, proprietà e ciclo produttivo." https://www.cpia2firenze.it/wp-content/uploads/cmdm/2896/1584548375_LE-CERAMICHE.pdf (accessed Sep. 19, 2021).
- [5] "Chimica dei beni culturali." <https://people.unica.it/valeriamarinanurchi/files/2017/11/Chimica-dei-beni-culturali-Lezione-6-Ceramiche.pdf> (accessed Sep. 20, 2021).
- [6] "Matrix Modelleria - Azienda." <https://www.matrixmodelleria.com/mission.html> (accessed Sep. 22, 2021).
- [7] "Com'è fatto un water? Fasi di produzione di un wc in ceramica." <https://www.besidebathrooms.com/come-e-fatto-un-water/> (accessed Sep. 22, 2021).
- [8] "Come si producono i sanitari per il bagno | Fantaceramiche." <https://www.fantaceramiche.it/produzione-sanitari/> (accessed Sep. 22, 2021).
- [9] "Sanitari: ceramica per water e bidet di casa - Cose di Casa." <https://www.cosedicasa.com/bagno/sanitari-bagno/sanitari-ceramica-vasi-bidet-98126> (accessed Sep. 22, 2021).
- [10] Pang-Ning Tan, Michael Steinbach, and Vipin Kumar, *Introduction to Data Mining*. 2005.
- [11] "Data Mining e Knowledge Discovery in Databases."
- [12] Claudio Sartori, "Regole Associative- Sistemi informativi per le Decisioni (Materiale didattico)."
- [13] "RapidMiner in academic use." https://docs.rapidminer.com/downloads/RapidMiner_RapidMinerInAcademicUse_en.pdf (accessed Oct. 03, 2021).
- [14] "Manuale d'uso (v6)." <https://docs.rapidminer.com/downloads/RapidMiner-v6-user-manual.pdf> (accessed Oct. 03, 2021).

Ringraziamenti

Ringrazio il mio relatore di tesi, il Prof. Maurizio Bevilacqua, e la mia correlatrice di tesi, la Prof.ssa Sara Antomarioni, per avermi guidato lungo il percorso del tirocinio e della scrittura della tesi dandomi sempre dei consigli e dei chiarimenti utili per affrontare tutto con più serenità possibile. Li ringrazio per l'attenzione e la disponibilità ricevuta ogni qual volta avessi dei dubbi. Grazie per avermi fatto sentire all'altezza quando pensavo di non esserlo.

Ringrazio i miei genitori per il supporto morale ma soprattutto economico, senza i vostri soldi non ce l'avrei fatta. Spero che questo traguardo abbia ripagato un minimo il vostro investimento, ammiro il coraggio di consegnarmi in mano tutti i vostri sacrifici, perché probabilmente non mi sarei dato tutta la fiducia che ho sentito da parte vostra. Proprio per questo però, ho sentito un forte senso di responsabilità che mi ha spinto a fare quello che non ho mai fatto: studiare. Ringrazio mamma per avermi messo più pressione nel mettere il giacchetto per uscire piuttosto che per laurearmi. È riuscita sempre a farmi proseguire con leggerezza, imponendomi il riposo dallo studio quando pensava ne avessi bisogno. Ringrazio papà per non avermi mai fatto domande sull'università, ma per avermi fatto sentire sempre intelligente chiedendomi aspetti tecnici sulle cose viste in tv, poiché nonostante non ricevesse mai risposta, ha sempre continuato.

Ringrazio mia sorella Lucrezia, mi è stata di esempio per l'attitudine e l'approccio allo studio, ho sempre visto in lei quello che sarebbe stato giusto fare ma che non avevo voglia di fare. La ringrazio perché soprattutto nell'ultimo periodo, nonostante avessi finito la benzina e non fossi più motivato, mi ha dato la spinta per finire il percorso al massimo.

Ringrazio Alice che mi è sempre stata vicino, cercando di farsi carico delle mie ansie e dei miei problemi senza avere idea di come risolverli. La ringrazio per avermi preso per mano nei momenti no e distolto dai problemi, contagiandomi con il suo sorriso. Ha sempre creduto nelle mie capacità più di quanto ci credessi io, ricordandomelo ogni volta che le insicurezze mi tormentavano. La ringrazio per la volontà, ma anche per la pazienza che ha avuto nel contraddirmi ogni volta che le dicevo di non sentirmi pronto la sera prima. Ringrazio anche sua mamma Anna per avermi dato i consigli e il punto di vista di un genitore adulto che però ha fatto l'università e sa di cosa ha bisogno un ragazzo in un periodo del genere.

Ringrazio le mie nonne e i miei zii da cui ho imparato il senso del dovere e l'importanza di fare dei sacrifici e delle rinunce. Ringrazio tutti i miei cugini, i più grandi per la determinazione con cui hanno raggiunto i loro obiettivi e i più piccoli da cui, guardando il loro modo di giocare, ho imparato l'importanza delle piccole cose. Ringrazio anche Grazia che nell'ultimo periodo è stata un'ottima compagna di merende con cui ho riso moltissimo. Infine, ringrazio mio cugino Andrea e mio zio Gabriele a cui ho dedicato sempre un pensiero, spero di averli resi orgogliosi.

Ringrazio Damiano, Jacopo ed Emilio per aver condiviso con me le loro esperienze che mi sono state utili in questi tre anni. Li ringrazio, insieme agli amici di Castelguidone e del Fantacalcio, per essere stati partecipi dei miei momenti di svago, con loro sono sempre riuscito a staccare la spina e divertirmi senza pensare allo studio e alle responsabilità che sentivo. Ringrazio Lorenza che mi è

stata molto vicino e mi ha fatto compagnia nel periodo del lockdown in cui ero lontano dalla mia famiglia.

Ringrazio i coinquilini di V.le Trieste 18 per avermi indirizzato nel migliore dei modi al percorso universitario appena mi sono approcciato a questo nuovo mondo. Un grazie in particolare a Simone che più di tutti mi ha dato consigli, appunti e il contatto di Sara, la quale con i suoi appunti precisi e ordinati ha reso lo studio molto più semplice.

Ringrazio Alessio, Elisabetta e Serena (i "Pumi Acerbi") con cui ho condiviso la maggior parte dei momenti universitari, hanno stravolto il mio modo di studiare e di concepire l'università. Un grazie in particolare a Serena, che oltre al materiale didattico, nell'ultimo periodo mi ha dato molta motivazione.

Infine, ringrazio Dejan Kulusevski, Theo Hernandez, Chiesa, Cuadrado, Veretout, Simy, Di Lorenzo, Frattesi e Scamacca i quali con le loro fantastiche performance calcistiche hanno reso i weekend al fantacalcio molto felici alleggerendo di conseguenze le giornate di studio.