



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA GESTIONALE

**LOCALIZZAZIONE DEI MAGAZZINI:
UN APPROCCIO INTEGRATO TRA DATI E
MODELLAZIONE**

Tesi di Laurea Magistrale in LOGISTICA INDUSTRIALE

CANDIDATO

Alessandro Aloe

RELATORE

Chiar.mo Prof. Ing. Alberto Regattieri

CORRELATORI

Prof. Ing. Riccardo Accorsi

Ing. Daniele Candori

Anno Accademico 2023-2024

Sessione III

ABSTRACT

La presente tesi si concentra sull'analisi dettagliata dei flussi logistici in uscita per Sacmi Imola e le sue consociate. L'obiettivo primario è individuare le aree geografiche ottimali per la collocazione di nuovi magazzini, nonché validare il posizionamento di quelli esistenti con lo scopo di migliorare l'efficienza logistica e ridurre i costi di trasporto. L'analisi combina metodi qualitativi e quantitativi per la selezione del sito, tenendo conto di differenti fattori ubicazionali. Sfruttando strumenti avanzati come AMPL e modelli di ottimizzazione matematica, la ricerca valuta diverse alternative di localizzazione, analizzando sia gli scenari AS-IS che TO-BE per le divisioni Rigid Packaging Technologies (RPT) e Tiles.

INDICE

1 L'evoluzione della logistica nel contesto attuale

1.1 La spinta per la minimizzazione dei costi di trasporto

1.2 Riduzione dei rifiuti e pratiche sostenibili nella logistica

1.3 Efficienza nelle operazioni di logistica

2 I fattori ubicazionali

2.1 Costi di costruzione

2.2 Caratteristiche del mercato

2.3 Materie prime

2.4 Trasporti

2.5 Energie e Manodopera

2.6 Autorizzazioni legislative

2.7 Situazione politica

2.8 Impatto ambientale

2.9 La scelta del terreno

3 Metodi di scelta dell'ubicazione di un impianto industriale

3.1 Analisi qualitativa

3.2 Analisi quantitativa

4 Software in supporto alla scelta dell'ubicazione

4.1 AMPL (A Mathematical Programming Language)

5 Presentazione dell'azienda: SACMI

5.1 Storia

5.2 Rigid e Tiles: una panoramica generale

5.3 Prodotti e tecnologie RPT

5.3.1 Tappi in plastica

5.3.2 Tappi Tethered

5.3.3 Chiusure in metallo

5.3.4 Preforme in PET

5.4 Prodotti e tecnologie CERAMICA

5.4.1 *Tiles*

5.4.2 *Linea continua*

6 AS IS: Panoramica generale

6.1 *Gestione del flusso dei ricambi*

6.1.1 *Business TILES*

6.1.2 *Business RPT*

6.2 *Estrazione dati*

7 AS IS Rigid

7.1 *Database estratto*

7.2 *Incoterms*

7.3 *Analisi dati*

7.4 *Rigid 2019*

7.5 *Rigid 2022*

7.6 *Rigid 2023*

7.7 *Osservazioni AS IS*

7.8 *Costi del trasporto e distanze*

8 TO BE RIGID

8.1 *Spiegazione modello*

8.2 *Spiegazione scrittura Ampl e relazioni logiche su Access*

8.3 *Selezione alternative Ampl mediante metodo del punteggio*

8.4 *Risultati Rigid*

9 AS IS Tiles

9.1 *Tiles 2023*

9.2 *Osservazioni AS IS*

10 TO BE TILES

10.1 *Risultati Tiles*

11 Scelte conclusive

11.1 *Vantaggi e Svantaggi della metodologia applicata*

11.2 *Conclusioni e sviluppi futuri*

1 L'EVOLUZIONE DELLA LOGISTICA NEL CONTESTO ATTUALE

Nel mondo dinamico del commercio globale, la logistica svolge un ruolo centrale nella promozione dell'efficienza e della competitività delle imprese. Le odierne operazioni logistiche si sono evolute in modo significativo grazie ai progressi nella tecnologia, nelle infrastrutture di trasporto e nelle pratiche globali di gestione della catena di fornitura. Le aziende sono costantemente sotto pressione per ridurre al minimo i costi di trasporto, ridurre gli sprechi e migliorare l'efficienza delle loro operazioni. Ciò ha portato a una crescente attenzione sulle tecniche di ottimizzazione in settori quali il trasporto, la gestione delle scorte e l'allocazione strategica degli impianti industriali, compresi i magazzini e gli stabilimenti di produzione.

La logistica non si limita più a consegnare merci da un punto all'altro. Si tratta di un processo complesso che comporta il coordinamento e la gestione di varie risorse, dalle materie prime ai prodotti finiti, attraverso le varie fasi della catena di approvvigionamento. In passato, la logistica era una funzione di supporto, ma nel moderno ambiente aziendale è diventata una funzione centrale che incide direttamente sul risultato economico di un'azienda.

L'integrazione di tecnologie quali il tracciamento GPS, l'analisi dei dati in tempo reale e metodi avanzati di previsione ha radicalmente trasformato la logistica. L'uso dei sistemi di pianificazione delle risorse aziendali (ERP) ha razionalizzato le operazioni e permesso alle aziende di prendere decisioni più informate riguardo a scorte, fornitori e opzioni di trasporto. Inoltre, l'aumento del commercio elettronico ha posto ancora maggiore enfasi sulla velocità e l'efficienza, spingendo le aziende a migliorare i tempi di consegna riducendo al contempo i costi.

1.1 La spinta per la minimizzazione dei costi di trasporto

Una delle maggiori spese nella logistica è il trasporto, come è stato possibile evidenziare dalla lettura di una serie di articoli, (Fonte: Valleoin – 01/09/2023; XL-Logistics – 24/02/2025) le aziende devono trovare modi per consegnare i prodotti in tempo, ma al minor costo possibile. La riduzione dei costi di trasporto richiede alle aziende l'adozione di tecniche di ottimizzazione quali:

Ottimizzazione del percorso: individuazione dei percorsi di consegna più efficienti per ridurre al minimo il consumo di carburante, ridurre i tempi di percorrenza e migliorare l'utilizzo dei veicoli.

Ottimizzazione del carico: garantire che i veicoli siano caricati a pieno carico per evitare il sottoutilizzo dello spazio e ridurre il numero di viaggi necessari per le consegne.

Scelta del mezzo di trasporto: le aziende devono scegliere il mezzo più conveniente, tenendo conto di fattori quali la dimensione della spedizione, l'urgenza della consegna e la posizione geografica.

Modelli dinamici di determinazione dei prezzi: in alcuni casi, le aziende di logistica adottano modelli dinamici per tenere conto delle variazioni della domanda, dei prezzi del carburante e di altri fattori.

L'articolo scritto da Matthias Winkenbach in data 26/09/2024, direttore della ricerca presso il MIT Center for Transportation & Logistics, approfondisce le complessità della logistica dell'ultimo miglio e i progressi tecnologici che modellano il settore. Winkenbach spiega che, mentre il problema del l'instradamento dei veicoli (VRP) è stato studiato a fondo fin dalla sua introduzione formale nel 1959, i metodi tradizionali non sono in grado di soddisfare le esigenze della logistica moderna, dove i consumatori si aspettano consegne rapide e personalizzate. Il segmento dell'ultimo miglio, che rappresenta il 40% dei costi logistici, è particolarmente difficile a causa della frammentazione delle rotte, della congestione urbana e di fattori umani come il comportamento del conducente. Le innovazioni nell'intelligenza artificiale e nel machine learning stanno aprendo la strada a soluzioni più agili e scalabili, integrando dati in tempo reale e imparando continuamente dal feedback operativo. Il MIT Intelligent Logistics Systems Lab, supportato da Mecalux, è a capo di questo sforzo per progettare approcci ibridi che combinano la ricerca operativa tradizionale con l'IA, con il duplice obiettivo di migliorare l'efficienza e ridurre le emissioni di carbonio in una catena di approvvigionamento globale sempre più complessa. (Fonte: Matthias Winkenbach, MIT Center for Transportation & Logistics, 26/09/2024).

Ad esempio, come scritto dallo staff di About Amazon in data 05/12/2024, Amazon ha annunciato il completamento con successo del suo primo test di consegna di droni in Italia, condotto a San Salvo, in Abruzzo, a seguito dell'autorizzazione operativa concessa dall'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile). Questo segna una pietra miliare nella visione di Amazon per rivoluzionare l'ultimo miglio di consegna attraverso il suo servizio Prime Air, che mira a sfruttare la tecnologia avanzata drone per consegne più veloci ed efficienti. Il test, condotto il 4 dicembre 2024, ha utilizzato il drone MK-30 all'avanguardia dotato del programma di visione computerizzata proprietario di Amazon per garantire una navigazione sicura ed evitare gli ostacoli. Sostenuto da ENAC ed ENAV, il test rappresenta un passo cruciale per soddisfare i requisiti normativi e di sicurezza necessari al lancio commerciale del servizio nel 2025. Sottolineando l'importanza strategica di questa iniziativa, sia i funzionari italiani che Amazon hanno sottolineato il suo potenziale per posizionare l'Italia, e in particolare l'Abruzzo, come polo di innovazione nella mobilità aerea. (Fonte: annuncio di Amazon, ENAC e rappresentanti regionali, 05/12/2024)

1.2 Riduzione dei rifiuti e pratiche sostenibili nella logistica

Come evidenziato nell'articolo scritto da Elena Zanardo (19/06/2023) e da quello Elogy(03/05/2024), la riduzione degli sprechi è un obiettivo cruciale per le moderne aziende di logistica, soprattutto perché la sostenibilità sta diventando un fattore sempre più importante nelle operazioni aziendali. Gli sprechi nella logistica possono assumere molte forme, come la capacità di trasporto inutilizzata, le scorte in eccesso e i materiali d'imballaggio. La sfida non consiste soltanto nel ridurre i rifiuti, ma anche nel garantire che le operazioni siano sostenibili e responsabili dal punto di vista ambientale. Alcune strategie per ridurre i rifiuti comprendono:

Gestione delle scorte just-in-time (JIT): questo approccio riduce al minimo la quantità di scorte detenute in un dato momento, riducendo i costi di stoccaggio e gli sprechi derivanti dalle merci invendute.

Green logistics: molte aziende stanno adottando pratiche sostenibili, come l'uso di veicoli elettrici per le consegne, ottimizzando i materiali di imballaggio e adottando pratiche di magazzino efficienti dal punto di vista energetico.

Reverse logistics: questo concetto si concentra sulla gestione del ritorno dei prodotti, che può essere fonte di spreco se non gestito correttamente. Efficienti processi di logistica inversa garantiscono che i prodotti restituiti siano riforniti, ricondizionati o riciclati ove possibile.

Sebbene la logistica inversa sia una componente essenziale della catena di approvvigionamento, può essere costosa a causa di complessità come la necessità di riparazioni, sostituzioni o rimborsi per prodotti difettosi, nonché la gestione e la spedizione dei resi separatamente dai prodotti in entrata. Tuttavia, un processo di reverse logistics ben gestito può offrire vantaggi significativi, tra cui una maggiore soddisfazione del cliente, costi di stoccaggio ridotti e una maggiore efficienza della catena di approvvigionamento. Inoltre, la logistica inversa può svolgere un ruolo nella sostenibilità promuovendo il riutilizzo e il riciclaggio dei materiali, riducendo così la necessità di nuove materie prime, abbassando i costi di produzione, conservando l'energia e minimizzando l'inquinamento. È fondamentale che le aziende sviluppino un piano di gestione completo per la logistica inversa che includa procedure standardizzate, gestione delle scorte e sistemi di monitoraggio delle prestazioni per garantire che questi processi siano sia efficienti che rispettosi dell'ambiente.

1.3 Efficienza nelle operazioni di logistica

L'efficienza nella logistica consiste nel massimizzare la produzione riducendo al minimo gli input. Le aziende sono costantemente alla ricerca di modi per semplificare le operazioni e fornire prodotti in modo più rapido e a costi inferiori, mantenendo allo stesso tempo gli standard di qualità. Come si può notare dallo sviluppo di una serie di lavori emersi dalla lettura di articoli di Akno Group(19/04/2024), Elogy (15/01/2025) ed Esselogistic (29/10/2024), il miglioramento dell'efficienza può essere ottenuto attraverso l'automazione, l'uso di tecnologie avanzate e l'ottimizzazione delle risorse umane. Alcuni aspetti chiave per conseguire l'efficienza nella logistica sono:

Automazione e robotica: l'uso di sistemi automatizzati nei magazzini e nei centri di distribuzione ha rivoluzionato la gestione dell'inventario, l'evasione degli ordini e i processi di imballaggio. La robotica può aumentare il rendimento e ridurre i costi di manodopera, riducendo al minimo l'errore umano.

Dati e analisi in tempo reale: la possibilità di monitorare le operazioni logistiche in tempo reale fornisce alle aziende gli strumenti per apportare aggiustamenti immediati e ottimizzare l'allocazione delle risorse. Il processo decisionale basato sui dati contribuisce a ridurre i ritardi, migliorare il servizio clienti e migliorare le prestazioni complessive.

Gestione delle scorte: le aziende devono bilanciare i livelli di inventario per soddisfare la domanda senza eccedenze o sottoutilizzi. Sistemi avanzati di gestione delle scorte possono aiutare le aziende a seguire i movimenti dei prodotti e prevedere la domanda, assicurando che i livelli di stock siano ottimizzati.

Logistica collaborativa: alcune aziende stanno trovando efficienza attraverso la collaborazione con altre aziende nella loro catena di fornitura. Le risorse di trasporto condivise, le soluzioni di magazzinaggio congiunto e la gestione coordinata delle scorte possono contribuire a ridurre i costi operativi per tutte le parti coinvolte.

Ad esempio, la logistica di FIC, come sostenuto da Yannick Taton (Responsabile Acquisti, Logistica e Trasporti di FIC), si basa su un sistema centralizzato e automatizzato progettato per ottimizzare la gestione delle scorte e la distribuzione dei prodotti. Il processo inizia quando il reparto acquisti richiede prodotti ai fornitori tramite ERP. All'arrivo al centro logistico, le merci vengono scansionate, ispezionate e immagazzinate utilizzando sia i pallet rack per gli articoli voluminosi o il sistema miniload per quelli più piccoli. Il picking è su misura per le esigenze dei negozi fisici, con consegne completate entro 24 ore grazie alla robotica e a una flotta efficiente. L'automazione ha raddoppiato l'efficienza della preparazione degli ordini, consentendo la gestione del 60% dello stock in appena il 5% dello spazio di magazzino. Il software Easy WMS garantisce la tracciabilità in tempo reale, semplifica i movimenti degli operatori e si integra perfettamente con l'ERP per gestire l'intera catena di fornitura. Questo approccio non solo riduce i costi e migliora la produttività, ma

offre anche scalabilità per adattarsi alla crescita futura senza richiedere nuove strutture, supportato da una forte partnership con Mecalux per soluzioni di storage flessibili.

In generale, una delle decisioni logistiche chiave per qualsiasi azienda ai fini di migliorare l'efficienza della logistica è la posizione dei suoi impianti industriali, compresi i magazzini, gli stabilimenti di produzione e i centri di distribuzione. La ripartizione ottimale di queste strutture è fondamentale per ridurre al minimo i costi, ridurre i tempi di consegna e garantire che i prodotti raggiungano i clienti in modo efficiente. L'obiettivo principale è quello di collocare le strutture in luoghi che minimizzino i costi di trasporto massimizzando al contempo l'efficienza operativa. Nel prossimo capitolo vedremo alcuni dei fattori che influenzano l'allocazione delle strutture.

2 I FATTORI UBICAZIONALI

Come evidenziato dal libro di “Pareschi A. (2007), *Impianti industriali*”, la scelta dell’ubicazione è il primo passo da compiere nella progettazione, a seguire viene eseguito il dimensionamento degli impianti tecnologici e lo studio del lay-out. La scelta dell’ubicazione può essere divisa in due livelli: la macro-ubicazione e la micro-ubicazione.

Il primo livello può essere a sua volta diviso in due step:

1 – Ubicazione geografica: comprende la scelta dell’area geografica in cui si vuole realizzare l’impianto (continente, stato, regione), considerando le politiche industriali, le convenienze economiche, il mercato di vendita e la disponibilità di materie prime;

2 – Ubicazione topografica: comprende la scelta dell’area topografica (regione, provincia, città) in cui costruire lo stabilimento, considerando l’eventuale presenza di distretti industriali, fino ad arrivare alla scelta del terreno fisico.

Il secondo livello invece è più specifico e viene affrontato durante le fasi dello studio di fattibilità. Anche questo può essere diviso in due step:

1 – Ubicazione interna: serve a posizionare fisicamente gli stabili (sia di processo che di servizio) all’interno del terreno scelto.

2 – Ubicazione puntuale: all’interno di questa fase, incide la scelta del tipo di lay-out e quindi la disposizione fisica dei macchinari all’interno dei capannoni.

La scelta della zona geografica e del terreno specifico in cui ubicare un impianto industriale, sono tra loro distinte. In particolare, la scelta del terreno può essere fatta solo dopo la stesura almeno del progetto del lay-out generale. I principali fattori ubicazionali sono i seguenti:

- costi di costruzione
- caratteristiche del mercato (distribuito o concentrato)
- materie prime
- trasporti
- Energie e manodopera
- Autorizzazioni legislative
- Situazione politica e impatto sociale
- Impatto ambientale

È bene notare che l’ubicazione del nuovo stabilimento, a parte i fattori citati, è condizionata comunque dalla programmazione regionale o nazionale ovvero dagli orientamenti politico-economici, ai quali si accompagnano facilitazioni fiscali, contributi statali, finanziamenti a tassi di interesse agevolati, ecc.

2.1 Costi di costruzione

I costi di costruzione possono variare da zona a zona anche in dipendenza delle condizioni climatiche, e, poiché si ripercuotono direttamente sui costi di produzione, costituiscono un importante parametro per la scelta dell'ubicazione dello stabilimento. Come base per edificare lo stabilimento, la prima vera spesa da sostenere è quella dell'acquisto del terreno e dell'edificazione degli stabili dentro i quali si svolgeranno le attività produttive e tutte le attività secondarie per la produzione, quali magazzini, uffici e i locali adibiti agli operatori o alla manutenzione, oltre ai locali tecnici.

Secondo quanto riportato da Fagiolari Construction S.r.l., il prezzo al metro quadro di un capannone industriale oscilla tra i 180 e i 450 euro, a seconda delle dimensioni, dei materiali e delle caratteristiche specifiche del magazzino, come altezza, finiture e impianti necessari per l'uso previsto.

Questo articolo discute le considerazioni che circondano la scelta tra l'acquisto di un magazzino industriale esistente o la costruzione di uno nuovo da zero. Per molte aziende, avere un magazzino è fondamentale per le loro operazioni. Acquistare un magazzino esistente può sembrare più conveniente, ma costruire una nuova struttura offre il vantaggio di creare uno spazio di lavoro su misura per le esigenze specifiche dell'azienda. Mentre l'acquisto di un edificio esistente può risparmiare sui costi iniziali, spesso richiede ristrutturazioni e adeguamenti, che possono aggiungere spese aggiuntive. Dall'altro lato, la costruzione di un magazzino personalizzato consente il controllo completo sul design, garantendo che soddisfi le esigenze dell'azienda, comprese le caratteristiche di sostenibilità come materiali ecologici e tecnologie a basso consumo energetico. Il costo della costruzione di un nuovo magazzino industriale dipende da vari fattori, tra cui l'acquisizione del terreno, i permessi e la progettazione, nonché i materiali utilizzati nella costruzione. In generale, i magazzini prefabbricati in metallo sono meno costosi delle strutture in calcestruzzo.

2.2 Caratteristiche del mercato

Un secondo fattore in analisi è il mercato di vendita dei semilavorati o dei prodotti finiti. È possibile suddividere questo fattore in due tipi di mercato: **il mercato concentrato** e **il mercato distribuito**.

Se il mercato è **concentrato** in una zona delimitata è sempre conveniente scegliere l'ubicazione prossima a tale zona. Se il mercato è **distribuito** conviene determinare il baricentro (geografico, ponderale) dei vari mercati e in modo da capire dove collocare l'impianto di produzione, per avere minori costi di distribuzione dei prodotti.

2.3 Materie prime

Le disponibilità e la vicinanza alle materie prime o ai semilavorati di partenza incide in modo significativo sulla scelta della locazione, in quanto la disponibilità e la reperibilità di queste non sempre è diffusa e il costo dei trasporti influisce su quello che poi è il prezzo finale del prodotto.

Possiamo dividere questo fattore in due casistiche:

- **Lavorazioni senza perdite di massa:** in questa situazione, ipotizzando che A sia la fonte dell'unica/principale materia prima necessaria e che B sia il mercato di vendita del prodotto finito, l'impianto produttivo può essere posizionato in un punto intermedio tra fonte e mercato, vicino alla fonte o vicino al mercato, basandosi quindi sugli altri fattori;

- **Lavorazioni con perdite di massa:** in quest'altra situazione invece, fatte le stesse ipotesi del caso precedente, sono presenti delle modificazioni sul peso o sul volume della materia prima durante il processo di produzione. L'impianto quindi dev'essere preferibilmente locato vicino alla fonte delle materie prime. Un esempio di questo genere di lavorazioni è l'industria cementaria. Se la materia grezza è disponibile da diversi punti geografici diversi, è conveniente posizionare lo stabilimento nelle vicinanze del mercato.

2.4 Trasporti

Si considerano i trasporti esterni allo stabilimento sia per far affluire all'interno le materie prime e accessorie, sia per trasportare ai mercati i prodotti finiti. Questo punto di vista porta a scegliere l'ubicazione del nuovo stabilimento in modo che, tenuto conto anche dei trasporti esterni, si abbia il minimo costo unitario totale del prodotto, che perviene sui mercati di vendita. Si consideri ad esempio un impianto per la lavorazione di minerali.

a) ubicazione presso il luogo di estrazione del materiale

C_m prezzo di acquisto del materiale (€/t);

C_l costo di lavorazione del materiale (€/t);

C_t costo di trasporto del minerale (€/t km);

L distanza tra luogo di estrazione del materiale e punto impiego minerale (km)

t tenore di minerale nel materiale acquistato (<100%);

C costo unitario totale del minerale a destinazione (€/t)

$$C = (C_m + C_l)/t + C_t * L$$

b) ubicazione dell'impianto presso il punto di impiego del minerale

Cm, Cl, t, L, come sopra;

C^t costo di trasporto del materiale (€/t*km), in generale non coincidente con Ct.

C' costo unitario totale del minerale a destinazione (€/t)

$$C' = (Cm + Cl)/t + (Ct * L)/t$$

Sicuramente, oltre alle distanze delle varie fonti e dei vari mercati, bisogna tener conto anche dei mezzi con cui si sposta il materiale e le infrastrutture necessarie per la movimentazione.

Nel caso del trasporto su gomma, solitamente per piccoli e medi spostamenti, la vicinanza a strade principali o autostrade rappresenta un punto a favore. Nel caso invece di movimentazioni di medio-lunga percorrenza si predilige uno spostamento su rotaie o su acqua, rispettivamente tramite treni e navi, talvolta anche tramite aerei. Una movimentazione su gomma risulta infatti essere più economica rispetto alla stessa movimentazione via cielo per brevi distanze e viceversa una movimentazione via mare risulta essere nettamente più economica rispetto alla stessa distanza da percorrere ma via gomma: ma risulta evidente come il mezzo di trasporto sia selezionato in base al tipo di materiale da trasportare e alle tratte da percorrere.

Per rendere bene l'idea della variazione dei costi in relazione ai km da percorrere e al tipo di mezzo di trasporto, risulta utile il diagramma di Hoover mostrato nella figura sottostante. Questo diagramma rappresenta in ordinata i costi del trasporto e in ascissa i km da percorrere.

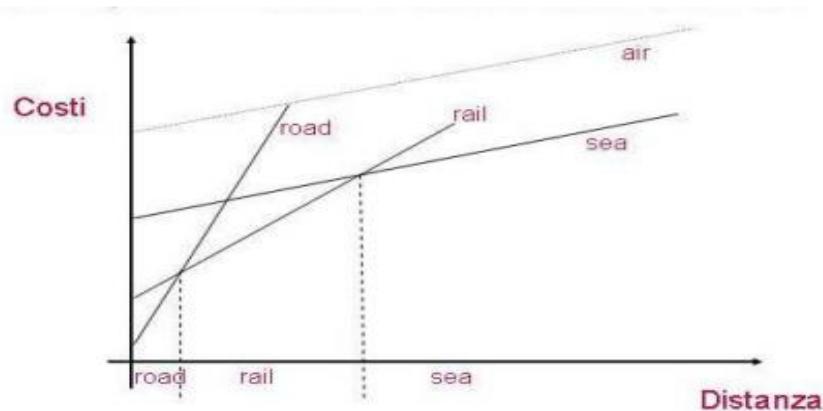


Figura 1: Diagramma di Hoover (Fonte: Politecnico di Torino)

Oltre alla distanza da percorrere, in alcuni casi particolari, bisogna anche porre attenzione alle determinate esigenze che possono esserci nella fase di trasporto.

A carattere generale, possiamo dire che la scelta del mezzo più idoneo (che quindi influisce sulla scelta della locazione) deve tener conto di:

- Distanza da percorrere;
- Urgenza della spedizione;
- Atmosfere particolari a cui il carico deve viaggiare (temperatura/umidità controllata);
- Fragilità del materiale (necessita di particolari attenzioni contro urti o sollecitazioni meccaniche);
- Dimensioni e/o peso del prodotto finito (per esempio nel caso di grossi componenti industriali o di grandi elementi in calcestruzzo può essere necessario un trasporto eccezionale);
- Pericolosità del materiale da trasportare (infiammabilità, esplosività, corrosività, ...)
- Vicinanza a infrastrutture quali interporti, aeroporti, stazioni ferroviarie e porti marittimi.

In modo trasversale sia a questo fattore che al precedente, bisogna citare anche il trasporto delle materie (solitamente grezze o semilavorati) via pipeline, ovvero delle tubazioni sotterranee che collegano diversi stabilimenti o distretti industriali. Tramite questi collegamenti, infatti, è possibile far fluire merce (liquida o gassosa) in modo continuo.

2.5 Energie e manodopera

Quando si sceglie una sede per impianti industriali, l'energia e la manodopera sono fattori critici da considerare. L'accesso a fonti energetiche economiche, affidabili e abbondanti può avere un impatto significativo sui costi operativi delle industrie, in particolare quelle con elevate esigenze energetiche, come gli impianti chimici, le acciaierie o gli impianti di produzione. La vicinanza alle fonti di energia, comprese le energie rinnovabili come il solare e l'eolico, può ridurre i costi energetici, rendendo alcune regioni più attraenti per le operazioni industriali. Inoltre, l'affidabilità dell'approvvigionamento energetico è di importanza cruciale, poiché qualsiasi interruzione può arrestare la produzione e provocare perdite finanziarie significative.

Dall'altro lato, la disponibilità e il costo del lavoro sono essenziali per determinare l'efficienza globale e l'efficacia dei costi delle operazioni industriali. Le regioni con una forza lavoro qualificata o che hanno accesso a istituti di formazione specializzati sono preferite per i settori industriali che richiedono competenze tecniche. Anche i costi del lavoro variano ampiamente tra le regioni, con alcune aree che offrono salari più bassi, il che può renderli più attraenti per le aziende che mirano a ridurre al minimo le spese operative. Inoltre, la

produttività del lavoro e le leggi locali sul lavoro influenzano anche la scelta della sede, in quanto le industrie cercano aree in cui la forza lavoro sia efficiente e flessibile nel quadro normativo. Pertanto, l'energia e la manodopera sono interconnesse con i costi di produzione complessivi e l'efficienza, rendendoli considerazioni chiave nel processo decisionale per la localizzazione degli impianti industriali.

2.6 Autorizzazioni Legislative

Quando si sceglie la sede di un impianto industriale, uno dei fattori critici da considerare è l'autorizzazione legislativa. Ciò include l'ottenimento dei permessi necessari e il rispetto delle normative locali, regionali e nazionali che regolano la costruzione, la sicurezza, l'impatto ambientale e l'uso del suolo. Il processo spesso comporta l'ottenimento di autorizzazioni per la zonizzazione, permessi edilizi, autorizzazioni ambientali e il rispetto degli standard sanitari e di sicurezza. La complessità e i tempi di ottenimento delle autorizzazioni possono variare a seconda del paese, della località e delle dimensioni dell'impianto. Il mancato rispetto dei requisiti normativi può comportare ritardi costosi, problemi legali o addirittura l'impossibilità di far funzionare l'impianto. Pertanto, le imprese devono valutare attentamente il contesto normativo di una potenziale ubicazione per garantire uno stabilimento regolare e conforme alla legge delle loro operazioni industriali.

2.7 Situazione politica

La stabilità politica è un fattore chiave che le imprese devono valutare, in quanto influenza direttamente sulla prevedibilità del contesto imprenditoriale. Un clima politico stabile garantisce in genere politiche coerenti, infrastrutture affidabili e protezione degli investimenti, tutti elementi cruciali per il buon funzionamento di un impianto industriale. Dall'altro lato, le regioni caratterizzate da instabilità politica, come i frequenti cambi di governo, i disordini civili o l'incertezza delle forze dell'ordine, comportano rischi considerevoli per le imprese. Questi rischi possono includere il potenziale di improvvisi cambiamenti normativi, interruzioni nelle catene di approvvigionamento e persino minacce alla sicurezza dei lavoratori.

Inoltre, l'ambiente politico influenza anche la tassazione, le politiche commerciali, le leggi sul lavoro e le normative sugli investimenti esteri. Le politiche e gli incentivi dei governi a favore delle imprese, quali agevolazioni fiscali o sovvenzioni per lo sviluppo industriale, possono rendere alcune regioni più attraenti per l'installazione di nuovi impianti. Al contrario, le aree con una pesante burocrazia, leggi rigorose sul lavoro o politiche commerciali ostili possono

scoraggiare gli investimenti e aumentare i costi operativi. Inoltre, il rapporto complessivo tra il paese e le altre nazioni può influire sulla facilità di importazione ed esportazione delle merci, che è particolarmente importante per le industrie che dipendono dalle catene di approvvigionamento internazionali. Per questi motivi, le aziende devono valutare attentamente il panorama politico di una potenziale localizzazione per assicurarsi che sia in linea con i loro obiettivi strategici a lungo termine e minimizzi i potenziali rischi politici.

2.8 *Impatto ambientale*

L'impatto ambientale di una nuova struttura industriale è un fattore critico da considerare nella scelta del luogo. Le aziende oggi devono affrontare una crescente pressione da parte dei governi, delle organizzazioni ambientali e del pubblico in generale per ridurre al minimo l'impronta ecologica delle loro operazioni. Ciò significa che le imprese devono valutare attentamente in che modo le loro attività influenzano l'ecosistema circostante, compresa la qualità dell'aria e delle acque, l'inquinamento acustico, la produzione di rifiuti e la biodiversità. In alcune regioni, le severe normative ambientali richiedono alle aziende di effettuare valutazioni d'impatto ambientale (VIA) prima di procedere con la costruzione, assicurando che i potenziali effetti negativi siano identificati e mitigati.

Inoltre, la vicinanza ad ambienti sensibili, quali foreste, zone umide o riserve faunistiche, può influenzare anche la decisione di un'azienda di installare un impianto in una determinata località. Alcune aree possono offrire incentivi finanziari per pratiche rispettose dell'ambiente o l'uso di tecnologie sostenibili, come fonti energetiche rinnovabili o programmi di riciclaggio dei rifiuti, che possono contribuire a ridurre i costi operativi e migliorare l'immagine pubblica di un'azienda. Dall'altro, l'ubicazione di un impianto in una zona dove le leggi ambientali sono poco rigorose o applicate in modo inadeguato potrebbe provocare danni ambientali maggiori a lungo termine e danneggiare la reputazione della società. Pertanto, le imprese devono valutare non solo i costi ambientali diretti associati alle loro attività, ma anche le potenziali conseguenze giuridiche, sociali e finanziarie derivanti dall'abbandono della sostenibilità ambientale.

2.9 *La scelta del terreno*

La scelta del terreno, su cui effettivamente costruire il nuovo impianto, ha un ambito più limitato e va fatta naturalmente dopo aver proceduto alla scelta strategica della località in cui ubicare l'impianto e dopo aver prodotto almeno il lay-out generale dello stabilimento. Quest'ultimo dato serve per avere un'idea, seppure di larga massima, dell'area minima necessaria per la costruzione del nuovo impianto.

Fattori incidenti sulla scelta del terreno sono: interventi pubblici (agevolazioni finanziarie o creditizie), trasporti (esterni), manodopera, acqua, vie di comunicazione (anche a scopo pubblicitario), esposizione ai venti, condizione del terreno, servitù e vincoli, estensione del terreno, smaltimento dei rifiuti, vicinanza di aziende complementari od ausiliarie, costo del terreno e delle relative opere di sistemazione, necessità di decentramento industriale.

3 METODI DI SCELTA DELL'UBICAZIONE DI UN IMPIANTO INDUSTRIALE

Nel risolvere il problema dell'ubicazione di un impianto industriale si devono considerare fattori sia qualitativi che quantitativi. Tuttavia, risulta difficile sviluppare l'indagine fino ad una soluzione ottimale, prendendo esplicitamente in esame sia fattori qualitativi che quantitativi. I fattori qualitativi non si possono agevolmente misurare in una scala numerica su intervallo, appositamente definita e condivisa, e tanto meno in una scala razionale. Di conseguenza è difficile combinare i fattori qualitativi e quantitativi in un'unica procedura tale da consentire una valutazione quantitativa soddisfacente delle soluzioni alternative al fine di pervenire alla scelta di quella ottimale.

Si hanno metodi di scelta dell'ubicazione differenti, alcuni dei quali utilizzano un approccio qualitativo, altri quantitativo.

3.1 ANALISI QUALITATIVA

Metodo del punteggio

Questo metodo, utilizzato per l'analisi qualitativa, assegna ad ogni fattore che si vuol tenere in considerazione per la scelta dell'ubicazione un peso: il fattore più importante ottiene un peso più alto, mentre quello meno significativo ha un peso minore. Lo studio in questione viene fatto per confronto tra possibili ubicazioni. Ad ogni fattore, infatti, per ogni sito scelto, viene assegnato un punteggio lineare (maggiore è il punteggio e più il luogo è adatto). Dopo aver assegnato tutti i punti, si fa una somma pesata e la locazione con il totale maggiore risulta essere quella migliore.

Il metodo si articola nei seguenti passi:

- elencare le ubicazioni prese in considerazione (numerosità $j = 1, 2, \dots, n$);
 - elencare i fattori (numerosità $i = 1, 2, \dots, m$) ritenuti importanti ai fini dell'ubicazione;
 - assegnare un peso p_i (mediante un valore in %) a ciascuno degli m fattori indicante la sua influenza sulla scelta della località; tali pesi derivano dalla importanza di ciascun fattore rispetto ai costi totali di produzione;
 - assegnare una valutazione numerica V_i alla generica ubicazione j in relazione al generico fattore i ;
 - calcolare i punteggi parziali tramite il prodotto ($p_i V_{ij}$) del peso per la valutazione numerica;
 - determinare il punteggio complessivo per ogni ubicazione tramite la relazione:
- $$P_j = \sum_{i=1}^m p_i * V_{ij}$$
- scegliere l'ubicazione con il massimo punteggio complessivo P_j max.

Fattori ubicazionali	Peso p_{ij}	Valutazione V_{ij}			Punteggio $p_i \cdot V_{ij}$		
		A	B	C	A	B	C
Manodopera	40	80	30	50	3200	1200	2000
Materie prime	25	40	95	70	1000	2375	1750
Mercato	15	50	70	70	750	1050	1050
Energia	10	40	80	60	400	800	600
Altri	10	90	25	40	900	250	400
Totale:	100				Totali:	6250	5675
							5800

Figura 2: Tabella Metodo del punteggio (Fonte: Pareschi A. (2007), *Impianti industriali*)

Come si vede, l'ubicazione A è preferibile perché si ottiene il massimo punteggio globale.

AHP – Analytic Hierarchy Process

Questo metodo può essere considerato come una versione più avanzata del l'approccio discusso in precedenza. Il processo analitico gerarchico (AHP), sviluppato da Thomas L. Saaty alla fine degli anni '70, ha ottenuto un riconoscimento internazionale grazie alla sua applicazione relativamente semplice. Utilizza processi analitici e sintetici, consentendo una migliore comunicazione tra le parti interessate coinvolte nel processo decisionale.

L'AHP organizza le informazioni in una gerarchia che comprende criteri e alternative, facilitando la valutazione di fattori sia qualitativi che quantitativi. Questa gerarchia permette di assegnare pesi e priorità confrontando criteri che altrimenti sarebbero difficili da valutare sulla stessa scala. Diversamente dal metodo di punteggio, che si basa su pesi e punti, l'AHP sottolinea una suddivisione strutturata in criteri principali e sotto criteri (vedi figura sottostante) . Sotto criteri, che sono raggruppati in base a criteri più ampi, diventano "omogenei" in quanto appartengono allo stesso dominio. Ad esempio, nella scelta di un luogo, i criteri più ampi potrebbero allinearsi con i fattori di localizzazione discussi in precedenza, mentre i sotto criteri descriverebbero aspetti specifici di tali fattori. Questa struttura gerarchica garantisce una rappresentazione completa e adattabile del problema, consentendo una valutazione dettagliata e l'allineamento con l'obiettivo desiderato.

In generale:

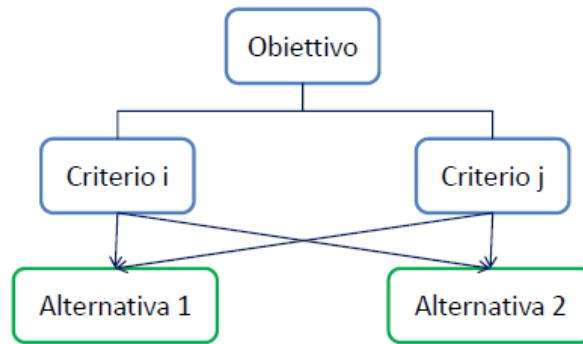


Figura 3: Criterio AHP (Fonte: E. Padoano: Processi e metodi di valutazione)

Per l'ubicazione di un impianto industriale:

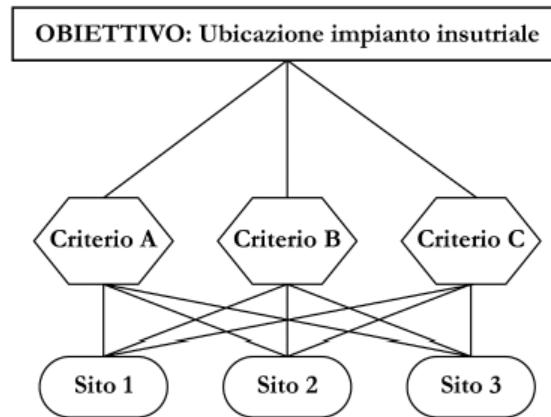


Figura 4: Criterio AHP (Fonte: E. Padoano: Processi e metodi di valutazione)

Il metodo prevede confronti a coppie di elementi allo stesso livello della gerarchia, assegnando punteggi a ciascuna combinazione. Questi punteggi sono basati sulla scala predefinita di Saaty, come indicato nella tabella allegata:

Valore numerico	Giudizio verbale (a_i, a_j)	Interpretazione
1	a_i e a_j sono ugualmente importanti	I due oggetti sono ugualmente importanti rispetto al nodo genitore.
3	a_i è moderatamente più importante di a_j	L'esperienza e i giudizi del decisore orientano la sua valutazione leggermente a favore di a_i .
5	a_i è fortemente più importante di a_j	L'esperienza e i giudizi del decisore orientano la sua valutazione fortemente a favore di a_i .
7	a_i è evidentemente più importante di a_j	L'esperienza e i giudizi del decisore orientano la sua valutazione fortemente a favore di a_i e tale valutazione è dimostrata nella pratica.
9	a_i è estremamente più importante di a_j	La dominanza di a_i su a_j è dimostrata ed è la più alta possibile.
2-4-6-8	Giudizi intermedi	Sono assegnati come misure di compromesso.

Figura 5: Scala di Saaty (Fonte: E. Padoano: Processi e metodi di valutazione)

Data una coppia ordinata di oggetti (a_i, a_j) di un livello, il decisore esprime un giudizio di confronto (a_{ij}): $\rightarrow a_{ij} = 1/a_{ji}$, tale che $a_{ii} = 1$ per ogni i

Per ogni livello, si costruiscono delle matrici reciproche nelle quali, per ogni elemento, si inserisce il valore del confronto effettuato. Nella pratica basterà compilare solamente metà della matrice, in quanto l'altra metà è reciproca. Possiamo considerare per esempio tre criteri (appartenenti allo stesso livello gerarchico), che chiamiamo A, B e C. Costruiamo quindi la matrice di confronto tra le varie combinazioni di coppie:

	Criterio A	Criterio B	Criterio C
Criterio A	1	1/4	4
Criterio B	4	1	9
Criterio C	1/4	1/9	1
Tot:	5,250	1,361	14,000

Figura 6: Esempio (Fonte: Università di Padova)

In questo esempio possiamo vedere come il fattore A abbia un'influenza forte sul fattore B, ma un'importanza moderata rispetto al criterio C. Così come il fattore B ha un'importanza molto forte sul fattore C. Di conseguenza, è possibile costruire l'altra metà (diagonale) della matrice. Ovviamente nella diagonale sono presenti tutti fattori 1, in quanto si paragona il fattore a se stesso.

Criterio A	Criterio B	Criterio C	Peso
0,190	0,184	0,286	0,220
0,762	0,735	0,643	0,713
0,048	0,082	0,071	0,067
			1,000

Figura 7: Esempio (Fonte: Università di Padova)

Normalizzando la matrice, quindi sommando tutti i valori delle colonne e dividendo il valore di ogni elemento della matrice per il totale della relativa colonna, si ottengono quelli che sono i pesi parziali di ogni criterio che, facendone la media, forniscono il peso totale del criterio. Questa operazione, nel metodo del punteggio visto in precedenza, avveniva in modo meno analitico e più soggettivo. In questo modo invece lo sviluppo di questo peso risulta essere più accurato perché derivato da un'analisi oggettiva e dall'assegnazione delle priorità. Come si può notare, in entrambi i casi, il totale dei pesi dei criteri corrisponde all'unità.

Dopo aver completato questo processo per ogni livello della gerarchia, il passo successivo è quello di valutare le diverse alternative per ciascun criterio. Ciò comporta la concentrazione su un criterio alla volta e la costruzione di una tabella di confronto simile a quella descritta in precedenza. Tuttavia, invece di confrontare i criteri, la tabella considera ora le alternative, che in questo caso rappresentano i siti selezionati per l'ubicazione del l'impianto industriale. Per esempio, se si danno tre opzioni: sito A, sito B e sito C, viene creata una tabella per ogni criterio. I valori inseriti nella tabella seguono il metodo di confronto descritto precedentemente, valutando quale dei due siti in ciascuna coppia è più favorevole rispetto al criterio specifico. Una volta effettuata questa valutazione, si applica la normalizzazione ai valori e si determinano i pesi assegnati a ciascun sito in base ai fattori presi in considerazione. Dopo aver completato questi calcoli, viene creata una tabella finale. Questa tabella consolidata fornisce una visione globale della valutazione, combinando l'importanza dei criteri con le prestazioni di ciascun sito.

	Criterio A	Criterio B	Criterio C	Totale:
Sito 1	(*)			
Sito 2				
Sito 3				
			Tot:	1

Figura 8: Esempio (Fonte: Università di Padova)

Nella cella contrassegnata (*), il valore sarà il prodotto del peso assegnato al sito 1 e del peso attribuito al criterio A. Seguendo questo approccio, diventa possibile riempire ogni cella della

matrice, completandola con i pesi totali di ciascun sito per ogni criterio. Il sito con il punteggio totale più alto in questa tabella finale è identificato come la posizione ottimale secondo questo metodo.

Come tutti i metodi, anche questo non fornisce un risultato perfetto, in quanto si basa su stime e valori assegnati non in modo oggettivo e spesso arrotondati. Per ottenere un indice che indica l'affidabilità di ogni matrice, si utilizza l'indice di consistenza. Questo indice serve a misurare l'inconsistenza della decisione e fornisce chiare indicazioni sull'affidabilità della stima. Un valore di inconsistenza alto dovrebbe far rimettere in discussione la matrice appena creata per provare a rivedere i punteggi assegnati.

3.2 ANALISI QUANTITATIVA

Scelta dell'ubicazione in base ai costi

La scelta fra più ubicazioni alternative (che soddisfano in misura diversa i parametri elencati) può essere condotta considerando per ogni elemento dell'impianto la diversa incidenza in termini di costi di investimento e di esercizio.

Costi di investimento		
Voci	Località	
	A	B
Terreno	100	75
Sistemazione terreno	70	98
Strutture	780	900
Infrastrutture di collegamento	10	Esistenti
Allacci acqua/energia	15	18
Totale:	975	1091

Costi annui di esercizio		
Voci	Località	
	A	B
Manodopera	250	200
Trasporto materie prime	77	76
Trasporto prodotti finiti	317	314
Energia	73	60
Totale:	717	650

Figura 9:Ubicazione in base ai costi (Fonte: Pareschi A. (2007), Impianti industriali)

In questo esempio conviene l'ubicazione B perché presenta contemporaneamente minori costi di investimento e minori costi annui di esercizio.

Quando le differenze nei costi di investimento e di esercizio sono contrastanti allora bisogna passare ai costi fissi di esercizio attraverso le rate di ammortamento annuali ed eseguire il confronto sulla base dei costi totali annui di esercizio delle due soluzioni in lizza.

Scelta dell'ubicazione in base al criterio di minimizzazione dei costi dei trasporti esterni

Il problema in questione riguarda la scelta della posizione ottimale per un nuovo impianto industriale, considerando determinati punti fissi come le località di estrazione e approvvigionamento delle materie prime, i fornitori di materiali accessori, e i mercati in cui vengono venduti i prodotti finiti. L'obiettivo è minimizzare una funzione che rappresenta il costo totale dei trasporti, definito in modo opportuno. Un'ipotesi comunemente adottata per semplificare il problema è che il costo totale del trasporto sia direttamente proporzionale alla distanza.

Questo tipo di problema, noto come "problema di monolocazione" perché riguarda la scelta della posizione di una singola unità, trova applicazione in numerosi contesti pratici. Ecco alcuni esempi tipici:

- L'installazione di un nuovo tornio in un'officina meccanica.
- La collocazione di una rastrelliera per utensili in un impianto manifatturiero.
- La scelta del sito per un nuovo magazzino rispetto agli impianti di produzione.
- La costruzione di un ospedale, di una stazione dei vigili del fuoco, di una stazione di polizia o di una libreria in un'area metropolitana.
- La localizzazione di un nuovo campo di aviazione per rifornire diverse basi militari.
- L'aggiunta di una nuova pompa in un impianto chimico.
- L'inserimento di un componente in una rete elettrica.
- La disposizione di un carro-attrezzi lungo una sopraelevata cittadina per gestire eventuali incidenti.
- L'installazione di un nuovo componente in un pannello di controllo.
- La costruzione di una banchina di carico per un magazzino.
- La collocazione di una nuova apparecchiatura in una cucina.
- L'installazione di una fontanella d'acqua in un edificio per uffici.

- La scelta del sito per un nuovo impianto di produzione di energia elettrica in un'area regionale o nazionale.
- La sistemazione di una macchina fotocopiatrice in una biblioteca.
- La costruzione di uno stabilimento per rifornire magazzini già esistenti in posizioni note.

Questi esempi mostrano come il problema della localizzazione si presenti in molti ambiti, dall'industria alla logistica, fino alla gestione delle infrastrutture pubbliche.

Formulazione generale del problema

Nel piano (xy) orizzontale esistono m punti noti $P_i (a_i, b_i)$ (essendo $i= 1, 2, \dots, m$). Un nuovo impianto deve essere ubicato nel punto incognito $X(x,y)$. Fra i punti P_i e X esistono dei trasporti, il cui costo è supposto proporzionale alle relative distanze percorse. Siano:

- $d (X, P_i)$ la distanza percorsa per ogni viaggio fra X e P_i ;

- w_i il prodotto di c_i (costo per unità di percorso) e z_i (numero di viaggi all'anno fra X e P_i).

Il costo totale annuale dei trasporti fra il nuovo impianto e gli m punti noti vale:

$$f(X) = \sum_{i=1}^m w_i * d(X, P_i)$$

dove i termini w_i sono detti comunemente "pesi". Si tratta di determinare il valore di X^* tale per cui:

$$f(X^*) = \min f(X)$$

ovvero per cui risulta minimo il costo totale annuale di trasporto.

Si riportano le dimensioni delle varie grandezze:

- $f (X)$ (€/anno)

- $w_i = c_i \cdot z_i$ (€/km)(viaggi/anno)

- $d (X, P_i)$ (km/viaggio)

In molti casi il costo per unità di percorso è costante, per cui il problema della minimizzazione del costo di trasporto totale si riduce a quello di minimizzazione della distanza totale percorsa.

La distanza $d(X, P_i)$ che deve essere percorsa tra il punto X e i punti P_i può essere calcolata in vari modi, a seconda della natura del problema. Tra i tipi più comuni di distanza si distinguono la **distanza euclidea** e la **distanza rettangolare**.

1) Distanza euclidea

$$d(X_i P_i) = \sqrt{(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2}$$

dove $X(x,y)$ rappresenta la posizione del nuovo impianto e $P_i(a_i,b_i)$ sono le coordinate di un punto noto. Nei problemi di ubicazione, che coinvolgono trasportatori aerei o tracciati di pipelines, si utilizzano percorrenze secondo la distanza euclidea.

2) Distanza rettangolare

In molti problemi di ubicazione di macchine, di spostamento del personale in palazzine uffici, o di traffico in aree urbane, conviene riferirsi a distanze rettangolari, ovvero a distanze percorse in direzioni x e y ortogonali (tratti di corridoi ortogonali, tratti di strade urbane ortogonali, ecc.):

$$d(X, P_i) = |x - a_i| + |y - b_i|$$

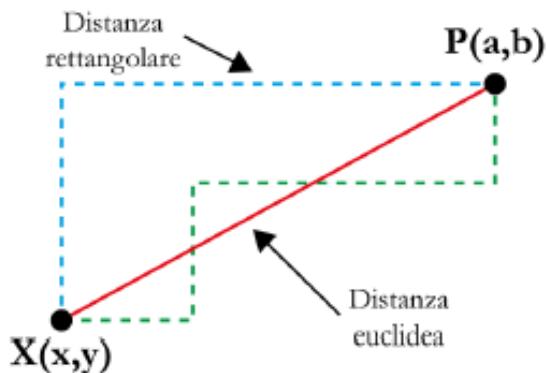


Figura 10: Distanze euclideo e rettangolari (Fonte: Pareschi A. (2007), Impianti industriali)

NOTA IMPORTANTE: in alcuni problemi di ubicazione di una singola unità, il costo non è una semplice funzione lineare della distanza. Ad esempio, il costo associato alla risposta al fuoco di un autocarro dei vigili del fuoco è da aspettarsi che non sia lineare con la distanza. Una forma non lineare di $f(X)$ rispetto a $d(X, P_i)$ è la seguente:

$$f(X) = \sum_{i=1}^m w_i [(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2]$$

in cui la distanza euclidea appare al quadrato. Questo caso viene definito come problema baricentrico (gravity problem).

Gravity Problem

Questo metodo si basa sul calcolo del **baricentro** ponderato delle distanze tra un punto di ubicazione proposto (l'impianto) e vari punti già esistenti. Il punto ideale per l'ubicazione sarà tale da minimizzare la somma ponderata delle distanze tra il nuovo impianto e gli altri punti. Questi pesi sono spesso rappresentati dai costi o dai volumi di traffico (ad esempio, i volumi di produzione o consumo annuale), che influenzano l'importanza di ciascun punto nella determinazione del costo totale. Il nome "baricentrico" si riferisce al concetto di **centro di massa**. Il problema baricentrico considera il **centro di massa ponderato** come il punto che minimizza la somma delle distanze pesate tra il punto e le varie località fisse.

Si assume l'ipotesi che il costo di trasporto sia proporzionale al quadrato della distanza.

Il problema è minimizzare la funzione di costo, cioè trovare il punto $X(x^*,y^*)$ che rende minima la nostra $f(x,y)$

$$f(x,y) = \sum_{i=1}^m w_i (|x - a_i|^2 + |y - b_i|^2)$$

Bisogna soddisfare le condizioni:

$$\frac{\partial f(x,y)}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial f(x,y)}{\partial y} = 0$$

Il punto (x^*,y) che soddisfa le due relazioni ha le seguenti coordinate, desunte dallo sviluppo delle stesse relazioni:

$$\left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)_{x=\dot{x}} = \sum_{i=1}^m w_i 2\dot{x} - \sum_{i=1}^m w_i 2a_i = 0$$

$$\left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)_{y=\dot{y}} = \sum_{i=1}^m w_i 2\dot{y} - \sum_{i=1}^m w_i 2b_i = 0$$

Quindi:

$$\dot{x} = \frac{\sum_{i=1}^m w_i a_i}{\sum_{i=1}^m w_i}$$

$$\dot{y} = \frac{\sum_{i=1}^m w_i b_i}{\sum_{i=1}^m w_i}$$

Le coordinate (x^*, y^*) del nuovo impianto industriale si possono interpretare come la media pesata delle coordinate dei punti P_i , per cui tale soluzione è anche denominata *centro di gravità o baricentro del sistema* di m punti P_i . Per tale ragione questo caso viene indicato anche come *problema baricentrico (gravity problem)*.

Problemi di ubicazione ottimale con costi di trasporto proporzionali alle distanze rettangolari

Nel caso delle distanze rettangolari si tratta di minimizzare la funzione

$$f(x,y) = \sum_{i=1}^m w_i (|x - a_i| + |y - b_i|) = f_1(x) + f_2(y)$$

Separando le variabili si ha che:

$$\min f(x,y) = \min \sum_{i=1}^m w_i |x - a_i| + \min \sum_{i=1}^m w_i |y - b_i| = \min f_1(x) + \min f_2(y)$$

Si diagrammano i punti $(a_1, b_1), (a_2, b_2), \dots, (a_m, b_m)$ sul piano (x,y) e si tracciano, per ogni punto, la parallela all'asse x e la parallela all'asse y . Si numerano con $1, 2, \dots, p$ da sinistra a destra le linee verticali e con $1, 2, \dots, q$ dal basso verso l'alto le orizzontali. Si indica con c_j la coordinata x della verticale j -esima e con C_j la somma dei pesi di tutti i punti giacenti sulla verticale j -esima, ovvero:

$C_j = (\sum w_i)$ estesa ai punti della verticale j -esima

Analogamente sia d_i la coordinata y della orizzontale i -esima e D_j la somma dei pesi dei punti appartenenti alla i -esima orizzontale, ovvero:

$D_i = (\sum w_i)$ estesa ai punti della orizzontale i -esima

Si indica poi con $[i,j]$ la generica porzione di area indicata nella figura sottostante. Sarà ovviamente:

$$f(x,y) = \sum_{j=1}^p C_j |x - c_j| + \sum_{i=1}^q D_i |y - d_i| \quad (1)$$

con $c_1 < c_2 < \dots < c_p$

$d_1 < d_2 < \dots < d_q$

Si suppone ora di considerare punti (x,y) della regione $[s,t]$ per cui:

$$ct \leq x \leq ct+1 \quad ds \leq y \leq ds+1$$

La (1) assume allora la forma:

$$f(x,y) = \sum_{j=1}^t C_j (x - c_j) + \sum_{j=t+1}^p C_j (c_j - x) + \sum_{i=1}^s D_i (y - d_i) + \sum_{i=s+1}^q D_i (d_i - y) = M_t * x + N_s * y + C_{st} \quad (2)$$

in cui

$$M_t = \sum_{j=1}^t Cj - \sum_{j=t+1}^p Cj$$

$$N_s = \sum_{i=1}^s Di - \sum_{i=s+1}^q Di$$

e C_{st} è la restante somma dei termini noti.

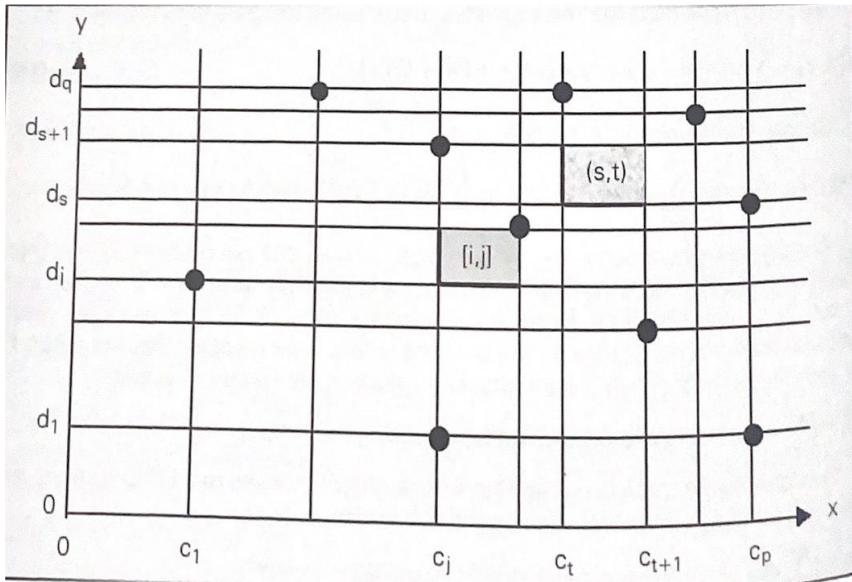


Figura 11: Esempio (Pareschi A. (2007), Impianti industriali)

Si definiscono le linee isocosto:

$$f(x,y) = M_t x + N_s y + C_{st} = k = \text{costante}$$

da cui

$$y = -\frac{M_t}{N_s}x + \frac{k - C_{st}}{N_s}$$

Quindi il coefficiente angolare della retta che rappresenta la linea isocosto nella regione [s,t] è dato da:

$$S_{st} = -\frac{M_t}{N_s}$$

Le linee isocosto possono essere costruite a partire da un punto qualsiasi (eccetto i punti di minimo) tracciando in ogni zona [s,t] tratti rettilinei con coefficiente angolare S_{st} ; si verifica ovviamente che la linea isocosto deve sempre chiudersi su se stessa terminando nel punto dove è incominciata. Continuando nella analisi della (2) si può scrivere che:

$$f(x,y) = \varphi_1(x) + \varphi_2(y) + C_{st} \quad \text{con}$$

$$\varphi_1(x) = M_t x$$

$$\varphi_2(y) = N_s y$$

La condizione di minimo su $f(x,y)$ richiede che si trovi il minimo di $\varphi_1(x)$ e di $\varphi_2(y)$; quindi:

$$\frac{d\varphi_1}{dx} = M_t = 0 \quad ; \quad \frac{d\varphi_2}{dy} = N_s = 0$$

Poiché M_t e N_s non sono funzioni continue, essendo sommatorie di pesi, non basta il segno di uguaglianza; in realtà la $\varphi 1(x)$ risulterà minima in un punto c_t per cui risulti:

$$\text{coefficiente angolare negativo} \quad M_{t-1} < 0 \rightarrow \sum_{j=1}^{t-1} Cj - \sum_{j=t}^p Cj < 0 \quad (3)$$

$$\text{coefficiente angolare non negativo} \quad M_t \geq 0 \rightarrow \sum_{j=1}^t Cj - \sum_{j=t+1}^p Cj \geq 0 \quad (4)$$

Il punto di minimo di $\varphi 1(x)$ sarà:

$$x^* = c_t \quad \text{se nella (4) non vale l'uguale}$$

$$c_t \leq x^* < c_{t+1} \quad \text{se nella (4) vale l'uguale}$$

Analogamente la $\varphi 2(y)$ risulterà minima in un punto d_s per cui risulti:

$$\text{coefficiente angolare negativo} \quad N_{s-1} < 0 \rightarrow \sum_{i=1}^{s-1} Di - \sum_{i=s}^q Di < 0 \quad (5)$$

$$\text{Coefficiente angolare non negativo} \quad N_s \geq 0 \rightarrow \sum_{i=1}^s Dj - \sum_{i=s+1}^q Di \geq 0 \quad (6)$$

Il punto di minimo di $\varphi 2(y)$ sarà:

$$y^* = d_s \quad \text{se nella (6) non vale l'uguale}$$

$$d_s \leq y^* < d_{s+1} \quad \text{se nella (6) vale l'uguale}$$

In conclusione il punto (x^*, y^*) di minimo della $f(x, y)$ soddisfa uno dei seguenti 4 casi:

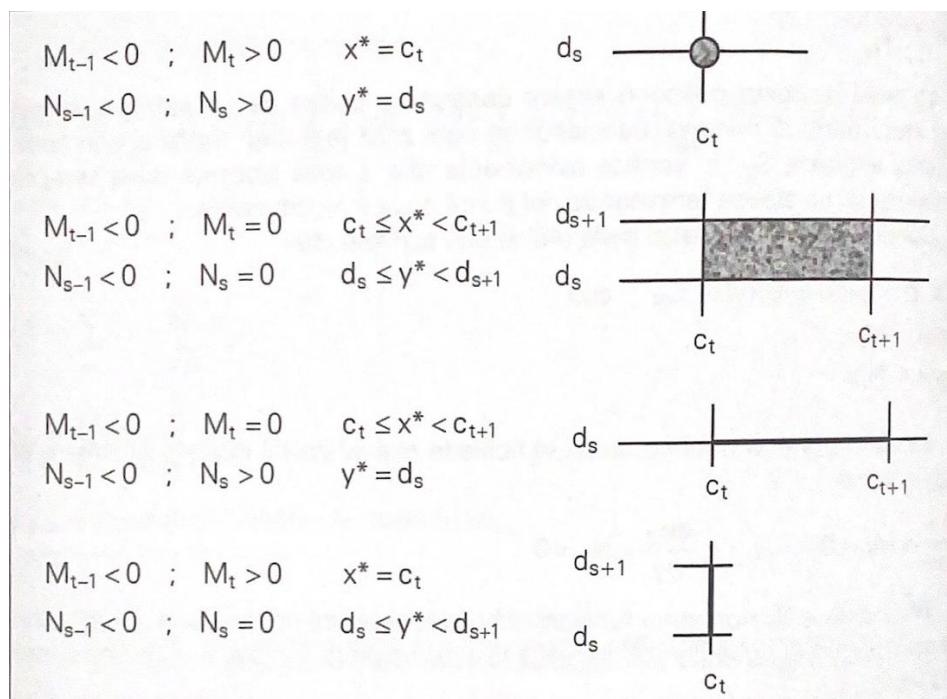


Figura 12: Alternative possibili (Pareschi A. (2007), Impianti industriali)

4 SOFTWARE IN SUPPORTO ALLA SCELTA DELL'UBICAZIONE

Il problema dell'allocazione dei magazzini è un classico esempio di come i modelli di ottimizzazione possono essere impiegati per trovare soluzioni efficienti a complesse sfide logistiche. Questo problema comporta la determinazione del numero ottimale, della posizione e della configurazione dei magazzini, tenendo conto di fattori quali i costi di trasporto, la distribuzione della domanda, i costi immobiliari e i vincoli operativi. Data la natura complessa di questi fattori, i metodi decisionali tradizionali potrebbero non essere sufficienti per individuare la soluzione più efficace ed economica.

Modelli di ottimizzazione forniscono un approccio sistematico per risolvere questo problema. Formulando la ripartizione dei magazzini come modello matematico, le aziende possono applicare una varietà di tecniche di ottimizzazione per valutare diversi scenari e identificare la soluzione migliore. Questi modelli possono essere affrontati utilizzando strumenti software come AMPL, che è specificamente progettato per risolvere problemi di ottimizzazione su larga scala, e altri risolutori come Gurobi, CPLEX e Xpress, ampiamente utilizzati per la soluzione di programmazione lineare, programmazione mista-intera, e problemi di localizzazione. Questi strumenti consentono alle aziende di trovare in modo efficiente soluzioni ottimali o quasi ottimali sfruttando algoritmi sofisticati e potenza di calcolo, rendendoli indispensabili nel moderno processo decisionale logistico.

4.1 AMPL (A Mathematical Programming Language)

E' un linguaggio di programmazione di alto livello progettato per modellare e risolvere problemi di ottimizzazione matematica. È comunemente usato per rappresentare problemi di programmazione lineare (LP), programmazione intera (IP), programmazione quadratica (QP) e programmazione non lineare (NLP). AMPL è noto per la sua sintassi leggibile e compatta, che consente agli utenti di esprimere facilmente modelli matematici come variabili, vincoli e funzioni obiettivo.

Una caratteristica di AMPL è **la separazione di modello e dati**: AMPL consente agli utenti di separare il modello (equazioni, variabili, funzioni obiettivo) dai dati (valori numerici). In questo modo è più facile riutilizzare i modelli con diversi insiemi di dati.

In generale, AMPL è particolarmente utile per risolvere problemi di ottimizzazione complessi che coinvolgono numerose variabili, vincoli e parametri, offrendo un approccio modulare alla gestione di modelli su larga scala. Per costruire e far funzionare un modello di ottimizzazione su AMPL è necessario definire 3 file differenti:

1)Model file: Contiene la formulazione matematica del problema (sets, subsets, parametri, variabili, funzione obiettivo e vincoli).

Sets: definisce l'insieme di tavole su cui sono definite le variabili e i vincoli. Possono essere ad esempio prodotti, clienti ecc.

Parametri: rappresentano costanti, coefficienti o altri dati utilizzati nel modello di ottimizzazione.

Variabili: rappresentano le decisioni che il modello di ottimizzazione fornisce. I valori ottimali delle variabili sono quelli che minimizzano (o massimizzano) la funzione obiettivo.

Funzione obiettivo: definisce cosa vuoi ottimizzare, che sia massimizzare un profitto, minimizzare i costi o altro per raggiungere alcuni obiettivi.

Vincoli: specificano limitazioni o condizioni che il modello deve soddisfare.

2)Data file: contiene la definizione dei set dei problemi e i valori numerici dei parametri del problema. Dopo la definizione del modello, gli insiemi e i parametri dei dati devono essere forniti ad AMPL. Questo può essere fatto in un file separato (.dat). Il file .dat viene utilizzato per leggere gli insiemi e i parametri di input del modello. I dati di input possono anche essere raccolti in un file esterno (**Database Microsoft Access**) e richiamati nell'ambiente AMPL.

3)Run file: definisce l'algoritmo per importare il model e data file nell'ambiente di AMPL, selezionare le opzioni di risoluzione e visualizzare i risultati. Il file run viene utilizzato per eseguire il modello AMPL e leggere i dati di input. Una volta che il file run è stato creato, può essere chiamato dalla console AMPL. Il compilatore AMPL legge le istruzioni incluse nel file run ed esegue i comandi. L'ordine delle istruzioni deve essere il seguente:

1. Reset e opzioni AMPL
2. Caricamento del modello
3. Caricamento dei dati di input (file .dat o database Ms Access)
4. Selezione del risolutore → ad esempio selezionare Gurobi → Gurobi è un potente software di ottimizzazione matematica utilizzato per risolvere problemi complessi di programmazione lineare, programmazione intera, programmazione quadratica e altre forme avanzate di ottimizzazione. Viene utilizzato in vari settori, come la logistica, la gestione della produzione, la pianificazione delle risorse, la finanza e la ricerca operativa, per trovare soluzioni ottimali o vicine all'ottimale a problemi che coinvolgono variabili e vincoli.
5. Selezione delle opzioni del risolutore (opzionale)
6. Comando di soluzione
7. Stampa dei risultati (visualizzazione nella console e/o database Ms Access)

Bisogna chiamare il run file nella console di AMPL per eseguire tutte le istruzioni → Per fare ciò, nella console di AMPL è necessario scrivere include *runfilename.run*.

C'è un collegamento diretto tra il Run file, il mod file e il Database Microsoft Access, in quanto quest'ultimo viene invocato nel Run file per ogni tabella creata. Le figure sottostanti, ne mostrano un'interfaccia generica (del Run file), così da poter capire meglio il collegamento:

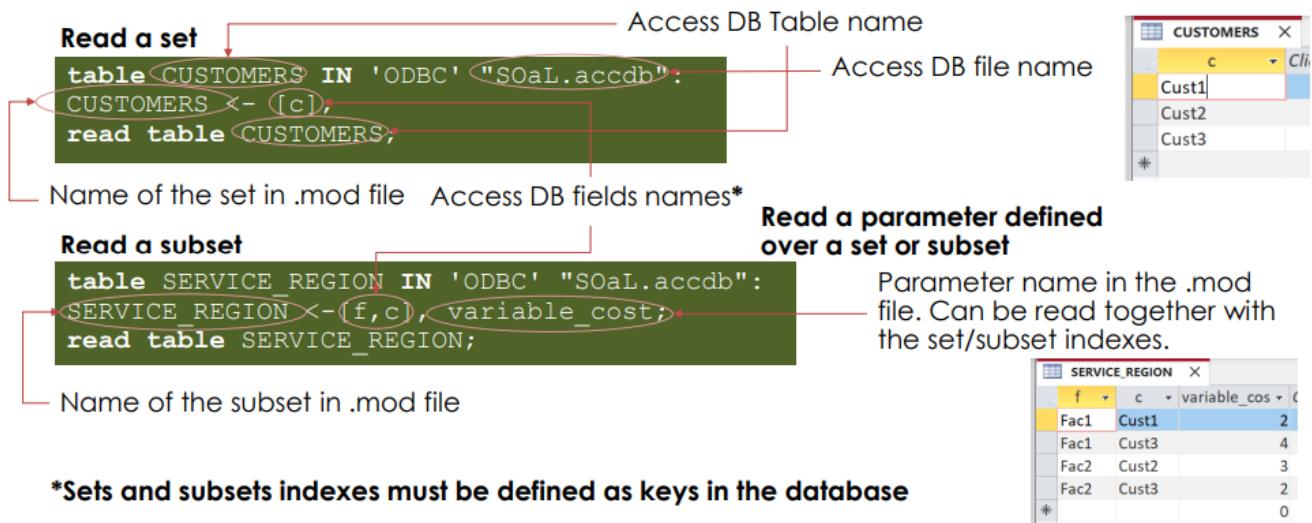


Figura 13: Run File (Fonte: Sustainable Supply Chain - Prof Accorsi - Università di Bologna)

Di seguito, elencherò una serie di istruzioni con il loro significato che si utilizzano costantemente in un run file, ovvero:

- **ODBC (Open Database Connectivity):** è un'interfaccia standard che consente alle applicazioni di accedere a sistemi di gestione di basi di dati (DBMS) indipendentemente dal tipo di database in uso. In altre parole, ODBC è un'interfaccia che permette a un'applicazione di connettersi e interagire con qualsiasi database, a condizione che esista un driver ODBC compatibile per quel database.
- **option solver gurobi:** Questa riga imposta Gurobi come il solver da utilizzare per risolvere il modello di ottimizzazione. Gurobi è uno dei solver più potenti e usati per la programmazione lineare e intera.
- **Solve:** Questa riga esegue la risoluzione del modello di ottimizzazione. Dopo aver definito il modello, la funzione solve avvia l'algoritmo di ottimizzazione per trovare la soluzione ottimale in base al modello formulato.
- **Read table:** questa riga indica che i dati della tabella X verranno letti da un database Access (X.accdb) tramite una connessione ODBC.

- **Write table:** Questo significa che invece di caricare i dati dal database, il programma sta scrivendo i dati nel database, indica che il programma sta cercando di salvare i dati elaborati nel database.

Tutti i file coinvolti nella programmazione del problema devono essere situati nella cartella AMPL, o in una sottocartella (compreso il file del database Access).

La "Directory Current" in AMPLIDE mostra la cartella in cui AMPL cercherà i file richiamati dalla console o da altri file. Questa directory deve puntare alla cartella del problema che contiene tutti i file coinvolti.

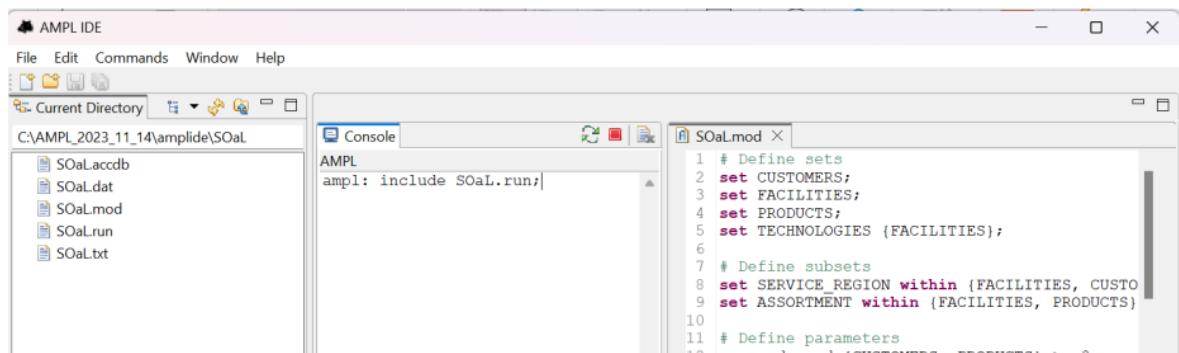


Figura 14: Directory Current (Fonte: Ampl)

L'immagine sottostante, serve per comprendere meglio in maniera intuitiva la relazione tra AMPL(Run file e Model file), Database (Usando Access) ed il solutore utilizzato (Gurobi).

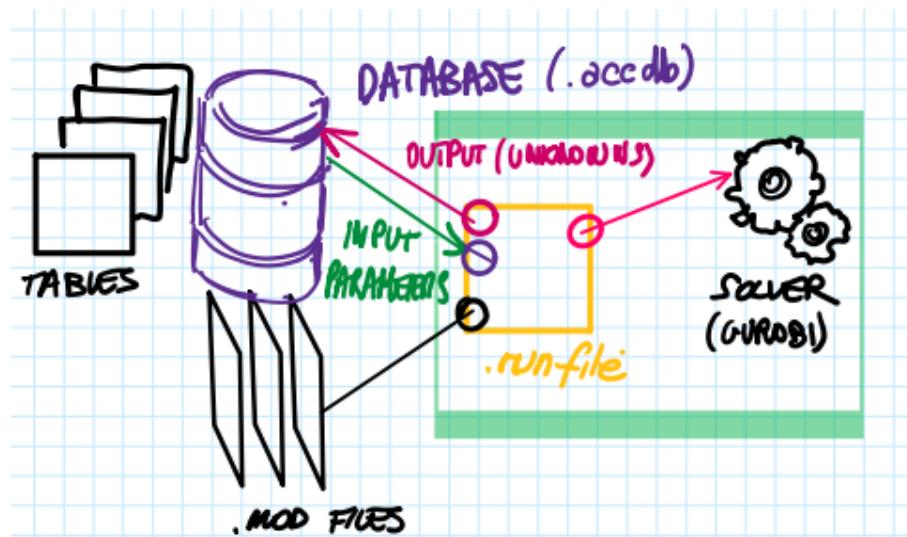


Figura 15: Logica dei file su Ampl (Fonte: Stustainable Supply Chain - Prof Accorsi - Università di Bologna)

Tra le varie metodologie disponibili per risolvere il problema di allocazione degli impianti industriali, di cui alcune sono state presentate nelle pagine precedenti, l'approccio di ottimizzazione scelto per questa tesi si baserà sull'utilizzo di un modello di ottimizzazione matematica, che verrà risolto utilizzando AMPL. Questa scelta è determinata dalla notevole complessità e dal grande volume di dati coinvolti, nonché dalle numerose variabili che devono essere considerate per modellare con precisione il problema.

5 PRESENTAZIONE DELL'AZIENDA: SACMI

SACMI è un gruppo internazionale, leader mondiale nella fornitura di tecnologie avanzate per i settori Ceramica, Plastica, Food & Beverage, Metalli, Packaging e Materiali Avanzati, grazie all'applicazione di tecnologie innovative, al forte posizionamento sui mercati mondiali e alla continua ricerca di elevati standard qualitativi e di servizio al cliente.

I continui investimenti in Ricerca e Sviluppo - oltre 150 milioni di euro investiti in 3 anni - consentono a SACMI di offrire al mercato le migliori tecnologie allo stato dell'arte, lavorando al fianco del cliente per sviluppare prodotti e processi sempre più efficienti, competitivi e sostenibili.

Il Gruppo SACMI opera a livello globale con oltre 70 società di produzione, distribuzione e servizio, attive in 26 Paesi. Il logo ed il marchio SACMI sono riconosciuti e tutelati in oltre 100 Paesi del mondo. Attraverso i propri brand e grazie alle società del proprio Global Network, attive nei cinque continenti, SACMI distribuisce in tutto il mondo i propri prodotti e servizi, mettendo sempre al primo posto la soddisfazione del cliente.

5.1 Storia

SACMI è stata fondata nel 1919 dal coraggio e dalla determinazione di 9 persone che condividevano un ideale: migliorare le condizioni di vita attraverso il lavoro.

Con un capitale azionario di 4.500 lire italiane (oggi poco più di 2 euro) e uno staff di 9 persone, tra meccanici e fabbri, nel 1919 la "Società Anonima Cooperativa Meccanici Imola" si è lanciata sulla via che, Attraverso una forte spinta verso l'internazionalizzazione dei mercati e un costante processo di innovazione e differenziazione produttiva, si porterebbe tra i leader mondiali nel settore della costruzione di impianti industriali.



Figura 16: Fondatori (Fonte: Sito ufficiale Sacmi)

Fondata all'indomani della Prima guerra mondiale, in una fase estremamente difficile per l'economia e la società italiana, SACMI inizialmente si concentrava sulla riparazione meccanica di "locomotive, trebbiatrici, macchine agricole e vinicole", che negli anni '20 si è espansa in altri laboratori di falegnameria e ha potuto produrre, già a metà degli anni '30, le prime macchine con il proprio marchio (una macchina automatica per la pulizia-selezione delle arance).

Gli anni della guerra vedono la SACMI - come altre aziende italiane - impegnata nella produzione di materiale bellico, attività che contribuisce ad elevare i livelli produttivi e le competenze del personale impiegato. Dopo la liberazione della città di Imola - il 14 aprile 1945 - riprende la produzione: risale a questo periodo il primo prototipo di pressa a frizione per ceramiche con comandi manuali, realizzata direttamente in SACMI.

Nella nuova sede della SACMI, in viale De Amicis, le macchine sono state messe in funzione al l'inizio del gennaio 1949. Tra il 1949 e il 1951 viene realizzato il primo prototipo completo di pressa per coperchi a corona, mentre nel settore ceramico, oltre al continuo miglioramento della pressa, vengono costruite altre macchine per il controllo completo del ciclo produttivo, come mulini a tamburi, le prime smaltatrici, sbavatura nastri e stampi. Un assetto più razionale e l'aggiunta di altre attrezzature hanno permesso alla SACMI di accrescere le competenze già acquisite nello sviluppo delle presse ceramiche, iniziando ad applicare i primi concetti che avrebbero portato, in pochi anni, alla loro completa automazione.

Già negli anni '50, accanto ai nascenti distretti industriali italiani della ceramica e del l'imballaggio, cominciarono a emergere chiaramente le due linee principali di sviluppo della SACMI.

Negli anni '60 e '70 si è sviluppata una forte politica di espansione oltre i confini nazionali, con il rafforzamento delle esportazioni, l'acquisizione di società e unità aziendali e la creazione di nuove filiali. Nel 1963 la Cooperativa SACMI ha acquistato un lotto di 4 ettari in via Selice Provinciale a Imola. La nuova sede, inaugurata quattro anni dopo, ospita ancora la sede della società madre. Verso la fine degli anni '70, le esportazioni SACMI raggiungevano 80 paesi in tutto il mondo. Proprio dai mercati esteri la SACMI si è sempre più affermata non solo come fornitore di macchine "stand-alone", ma anche e soprattutto come azienda completa di impiantistica: in questa fase sono state introdotte innovazioni radicali per il processo ceramico, come lo sviluppo dei primi mulini per la macinazione continua.

Il 1989 è stato un anno chiave per la SACMI: al termine di un decennio di continua espansione sui mercati interni ed esteri, la Cooperativa ha aperto il proprio Centro Ricerche ad Imola con laboratori fisici e chimici, laboratori tecnologici per il confezionamento, laboratori sperimentali per la prova di prototipi e un impianto pilota specifico per le ceramiche. Negli anni '90, i laboratori del Centro sono stati il luogo della creazione del prototipo CCM (stampaggio a compressione continua), una tecnologia estremamente innovativa nel settore dei tappi in plastica che la SACMI avrebbe utilizzato come modello in tutto il mondo. Tra la

fine degli anni '90 e l'inizio degli anni 2000, la nascita di nuove aziende (SACMI Labelling, Filling) e il definitivo consolidamento della tecnologia CCM hanno segnato l'ingresso del Gruppo nel settore delle bevande. Con l'acquisizione di Sama, Laeis e Riedhammer, SACMI cresce anche nel settore dei sanitari e entra nel settore dei refrattari e della tavola.

Dalla metà degli anni 2000, la ricerca di soluzioni tecnologiche e impiantistiche sempre più performanti è stata accompagnata dalla necessità di sviluppare processi produttivi meno energivori e più rispettosi dell'ambiente. Nasce in questo contesto il progetto S.A.C.M.I. H.E.R.O. (High Efficiency Resource Optimizer) per ridurre i consumi e aumentare l'efficienza su tutta la gamma di macchine, a partire dai forni (linea EKO). Il decennio ha poi segnato un'ulteriore espansione dell'attività SACMI, prima nel settore Food-Chocolate (con Carle&Montanari, azienda con oltre un secolo di storia già acquisita nel 2002 e successivamente OPM e FIMA) e poi nel settore Metalli (pentole, formatura di metalli, polveri). Per quanto riguarda la Ceramica, che resta il settore più grande e importante del Gruppo, SACMI sta sviluppando presse sempre più potenti e performanti e sta lanciando la tecnologia Continua (dal 2014 Continua+), una rivoluzione nella produzione di grandi lastre ceramiche decorate.

Grazie al suo vasto know-how in macchine e impianti, la SACMI aveva già sviluppato il primo concetto di supervisore di linea negli anni '80. Per questo motivo l'azienda era particolarmente pronta ad intercettare e rilanciare le nuove opportunità dell'Industria 4.0. Sviluppo, da un lato, di SACMI H.E.R.E. (Human Expertise for Reactive Engineering), la piattaforma progettata per implementare servizi e soluzioni per il monitoraggio, la manutenzione e la diagnostica predittiva. Dall'altro, mettendo in atto una trasformazione culturale e organizzativa che ha visto, tra l'altro, l'attuazione di un nuovo modello di governance, la creazione di una nuova divisione del servizio clienti, un decisivo investimento nelle risorse umane che comporta anche la creazione di nuove strutture di ricerca, come il SACMI Innovation Lab. Anche in questi ultimi anni, quindi, continuano le acquisizioni strategiche, da Defranceschi (storico protagonista italiano delle tecnologie per cantine) a Eurofilter (sistemi di filtrazione e purificazione). Numero uno al mondo nel settore ceramico, SACMI ha da poco lanciato sul mercato Deep Digital, la nuova frontiera della decorazione digitale in ceramica che si unisce ai nuovi sistemi di gestione 4.0 dei flussi produttivi e del magazzino.

5.2 Rigid e Tiles: Una panoramica generale

I due principali business di SACMI, di cui inoltre mi sono occupato nel corso del mio tirocinio, sono i seguenti:

- **RPT (Rigid Packaging Technologies)**
- **Ceramica**

La divisione RPT si dedica allo sviluppo di tecnologie all'avanguardia per la produzione e la lavorazione di imballaggi rigidi, compresi tappi, chiusure, preforme e sistemi completi di imbottigliamento. Questo settore è noto per la sua attenzione all'innovazione, alla sostenibilità e alle soluzioni ad alta efficienza che soddisfano le esigenze delle moderne industrie del packaging.

Nel settore ceramico, SACMI si distingue come punto di riferimento per la qualità e l'eccellenza tecnologica, con operazioni suddivise in tre aree chiave:

- **Tiles** → Questo business è all'avanguardia nel settore dei macchinari e dei sistemi per la produzione di piastrelle ceramiche, garantendo versatilità, precisione ed elevata produttività. Ricopre inoltre il 90% dell'intero business ceramico.
- **Whiteware** → offre soluzioni complete per la produzione di articoli sanitari e da tavola, combinando l'automazione avanzata con l'efficienza energetica.
- **Pressature speciali** → si occupa di applicazioni complesse e ad alte prestazioni, fornendo soluzioni su misura per ceramiche tecniche e altri usi specializzati.

5.3 Prodotti e tecnologie RPT

Mediante l'utilizzo delle tecnologie RPT, è possibile produrre differenti tipi di prodotti:

- Tappi in plastica
- Tethered Caps
- Chiusure in metallo
- Preforme in PET
- Capsule in plastica monouso
- Contenitori per l'industria farmaceutica

5.3.1 Tappi in plastica

Per la produzione di questi tappi in plastica, si utilizzano linee complete e macchine singole mediante stampaggio a compressione in continuo. Mediante questi impianti è possibile produrre fino a 2000 tappi/min, con un diametro che può arrivare fino a 52mm ed un peso fino a 6g.

Si utilizzano infatti presse idrauliche rotative **CCM**, che sono specificamente progettate per produrre prodotti termoplastici per compressione. Il sistema realizza un ciclo di lavoro continuo attraverso la fuoriuscita di materiale plastico da un estrusore, un successivo taglio di una dose calibrata ed il suo inserimento all'interno degli stampi. La chiusura degli stampi avviene per via idraulica, con una pressione regolabile durante il processo di produzione. Il tempo di raffreddamento è determinato dalla velocità di rotazione della giostra di stampaggio.

I vantaggi di utilizzare questa tecnologia sono:

- Maggiore Produttività in conseguenza di un tempo ciclo più breve
- Risparmio di energia, dovuto alle temperature di estrusione più basse
- Migliori proprietà meccaniche del prodotto, grazie alla plastificazione del materiale a basse temperature e senza camera calda
- La costanza di peso e dimensioni è una caratteristica vincente di questa tecnologia
- Manutenzione facile e rapida grazie agli stampi indipendenti e l'assenza della camera calda



Figura 17: CCM (Fonte: Sito ufficiale Sacmi)

5.3.2 Tappi Tethered

Sacmi ha deciso di produrre questa tipologia di tappo per rispettare la **normativa EU Directive 2019/204**, che vuole garantire una riduzione dell'incidenza di determinati prodotti di plastica sull'ambiente e promuovere la transizione verso un'economia circolare. Ecco un esempio di tappi Tethered prodotti da SACMI; tutte le soluzioni mostrate sono disponibili con tre configurazioni di taglio: Delta up side down, Delta Hinged 2, This cap hold open™



Figura 18: Tappi Tethered (Fonte: Tappi Tethered)

In questo caso molto importante è la macchina di controllo **PFMC** poiché permette di risparmiare molto tempo nell'esecuzione del test di rottura dei ponticelli, e contemporaneamente permette di correggere automaticamente alcuni parametri di lavoro della macchina tagliatrice.

La qualità del taglio è sempre costante, senza l'influenza del fattore umano.

La PFMC esegue controlli distruttivi, su campioni selezionati di tappi.

La macchina preleva un campione di tappi dal canale di uscita dalla macchina di taglio.

Su tali campioni, viene eseguita la prova di trazione allo scopo di misurare:

- **la forza di rottura dei ponticelli**
- **la forza di rottura dei lembi della banda** che mantengono il tappo vincolato alla bottiglia

La macchina registra i valori rilevati e fornisce diverse statistiche. Consente di registrare i grafici dell'andamento della forza in funzione del tempo, ed esportare tali dati via ethernet o USB.

5.3.3 Chiusure in metallo

Con questo termine, facciamo riferimento a tappi a corona, chiusure in alluminio e tappi a strappo. SACMI sviluppa la prima pressa per tappi a corona già nel 1949. Tra gli anni '70 e '80, le presse SACMI per tappi a corona conquistano rapidamente il monopolio mondiale, grazie a una tecnologia superiore che coniuga automazione ed alta produttività. Oggi la gamma **SACMI PTC**, ulteriormente perfezionata e potenziata, è il riferimento tecnologico globale in questo settore.

Parallelamente, SACMI ha sviluppato soluzioni a monte ed a valle della pressa per l'applicazione automatica della guarnizione, la decorazione e l'embossing del tappo, l'ispezione automatica di ogni singola capsula in uscita dalla pressa, per garantire sempre il controllo qualità totale della produzione. SACMI ha inoltre ampliato il proprio business sviluppando la tecnologia per tappi a vite in alluminio (**PTV**) e, in anni recenti, investendo sulla nuova gamma di soluzioni per l'applicazione automatica di guarnizioni totalmente PVC-free all e long aluminum caps per il settore vino (**PMH**). SACMI ha inoltre investito nel nuovo standard di tappo Ring-Pull, sviluppando sistemi completi per la realizzazione di tali chiusure,

tra cui la pressa (**PTS**), la macchina per lo stampaggio della guarnizione (**PMV**) e la tecnologia per lo stampaggio della pratica linguetta plastica. In generale la guarnizione è utile per assicurare una tenuta adeguata delle chiusure e, in alcuni casi, ad esempio per bevande altamente gassate, il mantenimento dei livelli di CO2.

In generale, SACMI offre una varietà di linee di produzione al cliente:

- **Linee di produzione tappi a corona**
- **Linee di produzione chiusure in alluminio (ROPP)**
- **Linee di produzione chiusure in alluminio (MASC)**
- **Linee di produzione per chiusure con anello a strappo**
- **Linee di produzione per Lugged caps** → soluzione di confezionamento ideale per prodotti a base di pomodoro e altri prodotti, ad esempio, gli alimenti per bambini.
- **Linee di produzione per tall caps** → progettate in modo specifico per il settore wine&spirit, le "long cap" in alluminio sono caratterizzate da una serie di vantaggi che in diversi casi e con diverse tipologie di vini, liquori e distillati - le rendono preferibili alle chiusure tradizionali quali sughero naturale o sintetico, in ragione delle superiori performance di resistenza e tenuta.

5.3.4 Preforme in PET

L'odierno settore beverage è estremamente dinamico e il mercato, in rapida evoluzione, richiede un'elevata produttività, una sempre maggiore efficienza, igiene, versatilità e flessibilità nel cambio formato.

Per rispondere a queste esigenze, SACMI ha progettato e sviluppato la gamma **IPS**, ovvero macchine per la produzione di preforme in PET mediante sistemi di iniezione.

5.4 Prodotti e tecnologie CERAMICA

La Divisione CERAMICS di SACMI è dedicata alla progettazione e fabbricazione di macchinari e impianti completi per la produzione di piastrelle, sanitari, stoviglie, refrattari, ceramici speciali e tecnici. Dal momento che il **TILES** ricopre il 90% dell'intero business ceramico (come detto in precedenza), oltre che oggetto di analisi nel corso del mio tirocinio, di seguito mi limiterò a spiegare unicamente come avviene la produzione di piastrelle, trascurando il resto.

5.4.1 TILES

Per la produzione di piastrelle in ceramica, nel processo generale, sono necessarie una serie di fasi:

- 1) **Macinazione:** E' il primo reparto del flusso di produzione delle piastrelle, consiste nella riduzione della granulometria di un materiale solido, nel nostro caso dell'impasto ceramico. La macinazione può essere continua o discontinua. Per fare ciò si utilizzano dei mulini che vengono forniti da SACMI CARPMEC, con sede a Forlì. In generale si elabora una ricetta per ottenere l'impasto giusto.
- 2) **Atomizzazione (ATM):** mediante questa fase si ottiene la polvere ceramica. Si parte dalla barbottina fuoriuscita dal mulino nella fase precedente e permette appunto di ottenere la polvere atomizzata sottoforma di particelle di barbottina che vengono poi essicate da aria calda. Si utilizza l'atomizzatore ATM che effettua l'essiccamento a spruzzo della barbottina per l'ottenimento di polveri ideali per la pressatura alternata e continua di piastrelle e lastre.
- 3) **Pressatura (PH):** Questa fase realizza le piastrelle mediante compattazione delle polveri secche. Ci sono due tipi di presse, quelle alimentate da alimentatori (**DCL**) che ricevono la polvere da un silos a sua volta alimentato dai nastri della parte impiantistica per poi trasferirla ciclo dopo ciclo nella cavità dello stampo, e le presse idrauliche che esercitano una pressione uniforme su tutta la superficie. Un esempio di presse sono la SERIE 2000 (piccola) e la SERIE IMOLA (grande).
- 4) **Essiccamento (EVA):** Vi è un flusso di aria calda che fa evaporare l'acqua delle piastrelle prima della fase successiva; l'umidità delle piastrelle tende a ridursi notevolmente passando da una percentuale iniziale compresa tra il 4%-6% fino ad un'umidità in uscita compresa tra lo 0,1%-0,5%. La temperatura delle piastrelle invece hanno un andamento inverso, ovvero tende ad aumentare da 10 C°- 30 C° (in ingresso) ad una di 65 C°- 130 C° (in uscita). Si utilizza EVA, ovvero essiccatore verticale atomico.
- 5) **Smaltatura:** In questa fase il materiale viene decorato. Si possono utilizzare ad esempio delle macchine a decorazione digitale gestite da PLC. La decorazione digitale si basa sull'utilizzo di testine di stampa. Queste testine sono a getto d'inchiostro, che vengono depositate sul supporto da stampare. Ci sono due tipi di testine, ovvero SECO e DIMATIX (usata al 95%).
- 6) **Cottura:** Il materiale prima di questa fase è ancora crudo, ecco perché è necessaria la cottura. La piastrella subisce un ritiro.
- 7) **Squadatura:** Serve a portare la lastra alla dimensione richiesta, quindi avviene il taglio.

5.4.2 Linea continua

Ad oggi, le grandi presse idrauliche e l'innovativa tecnologia **Continua+**, unitamente alla tecnologia di decorazione Deep Digital, rappresentano lo stato dell'arte del settore TILES. Le nuove macchine termiche (essiccati e forni) consentono di raggiungere elevati standard qualitativi e al contempo di contenere i consumi energetici e l'impatto ambientale.

La linea continua è caratterizzata da:

- 1) **APB:** sistema di deposito polvere su nastro. Alimenta uno strato di polvere monocolore.
- 2) **APB-M:** come APB ma è in grado di alimentare uno strato miscelato di polveri colorate (max 4 colori)
- 3) **DMS:** dosatore micronizzato smalti e scaglie
- 4) **DDD:** sistema di decorazione digitale
- 5) **PCR:** pressa compattatrice a rulli, avviene una compattazione continua dello strato di polvere direttamente sul nastro trasportatore.
- 6) **TPV:** taglio trasversale al volo, la lastra di ceramica compattata viene tagliata mentre si muove
- 7) **RRS:** rulliera rompi sfredi
- 8) **MDX:** misuratore densità con raggi X
- 9) **OPTIMA+:** sistema di visione con telecamere per il controllo qualità sulla lastra in crudo.



Figura 19: Linea Continua (Fonte: Sito ufficiale Sacmi)

La linea continua è iper-produttiva, infatti permette di raggiungere una velocità fino a 12 metri lineari al minuto, per produttività di oltre 30mila mq al giorno

Esempi di piastrelle ottenibili:

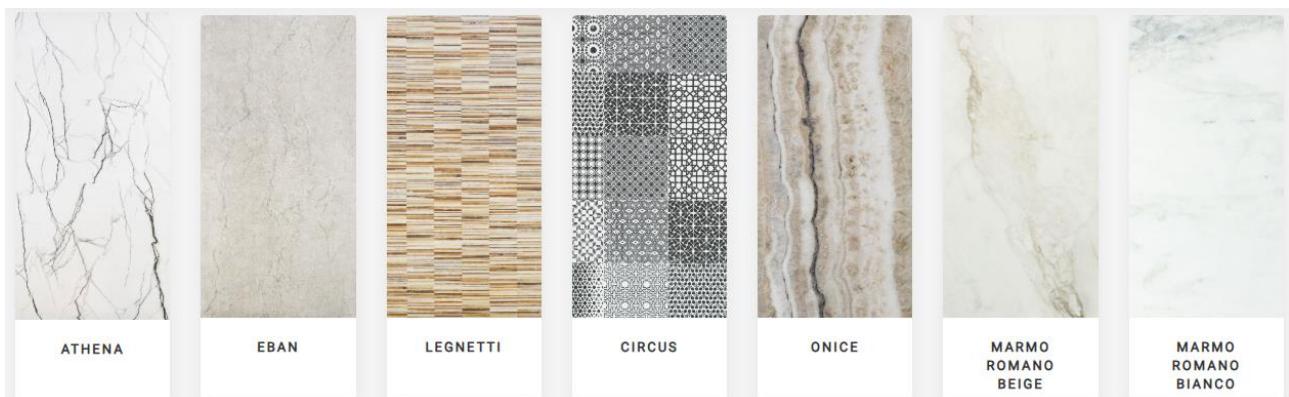


Figura 20: Piastrelle (Fonte: Sito ufficiale Sacmi)

6 AS-IS: PANORAMICA GENERALE

6.1 Gestione del flusso dei ricambi

Generalmente, sia nel business RIGID che del TILES, si seguono 3 differenti step:

- 1) Creazione offerta al cliente
- 2) Creazione Ordine di vendita
- 3) Creazione consegna

Nella creazione dell'offerta verso un cliente, molto importante è il **catalogo dei ricambi**, in quanto mediante esso è possibile visionare *il numero di matricola*, punto di partenza per fornire al cliente il ricambio richiesto. Il numero di matricola è un numero seriale che identifica ogni macchina SACMI in maniera univoca, da cui si è in grado di capire a chi è stata venduta la macchina, quando, sotto quale contratto e inoltre si conoscono tutte le customizzazioni di quella macchina. Questo numero di matricola si trova appunto sia sul catalogo dei ricambi, sia sulla targhetta presente in ogni macchina con logo SACMI.

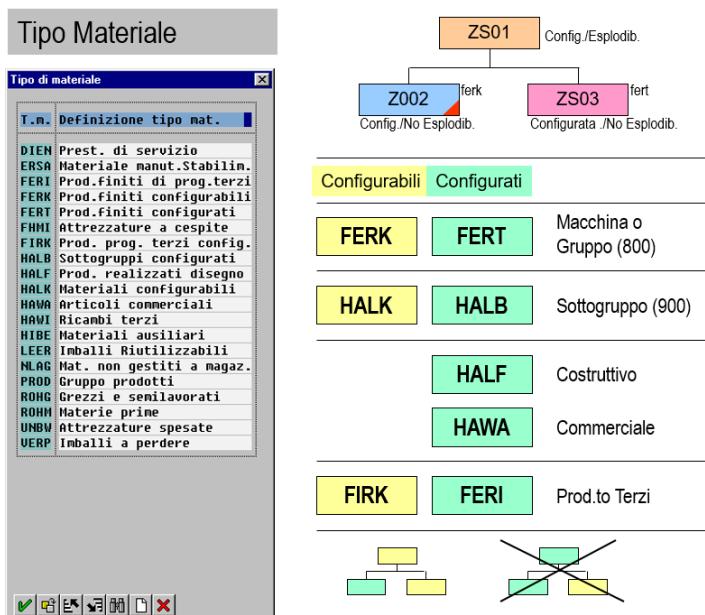
È possibile distinguere differenti tipologie di codici materiali:

- 1) **Codici commerciali** = iniziano tutti con lo 0, la 2^o cifra ti fa capire il tipo di materiale (ad es 04 sono tutti materiali elettrici), sono detti commerciali perché c'è un fornitore esterno da cui compriamo e rivendiamo poi in un secondo momento. Sono quindi i fornitori da cui Sacmi compra i ricambi. I codici commerciali appartengono alla famiglia **HAWA** (ci si riferisce al tipo materiale)
- 2) **Codici costruttivi** = iniziano con lettere perché indicano la macchina per cui i ricambi sono stati costruiti. Sono disegnati/progettati da Sacmi, e possono essere prodotti internamente o esternamente. Ha 8 cifre dopo la lettera. In generale, tutti i codici che sono costruttivi hanno come terzultima cifra o un 8 o un 9, e ti dice in quanto posso esplodere la distinta base di quel codice. 8 sono gruppi, 9 sottogruppi, che spiegherò meglio nell'esempio sottostante di un codice costruttivo generico. I codici costruttivi appartengono alla famiglia degli **HALF** (ci si riferisce al tipo materiale)

Es PMC 250 01 001

- Le **prime 3 lettere** indicano la macchina per il quale i ricambi sono stati costruiti, ad esempio qui PMC sta per PLASMATIC per i tappi a corona.
 - Le **prime 3 cifre** identificano il modello di macchina, ad esempio qui 250 è la produzione di capsule al minuto.
 - **01** ti dice il gruppo per il quale è stato costruito il componente, ad esempio qui è il basamento, ma ne potremmo avere anche altri, ad esempio: **85**= automatismi elettronici, **86**= cabina elettrica, **95**= sono studi per la realizzazione della macchina, studi di progettazione, **96**= codici specifici per il cliente, **97**= kit, ad esempio un motoriduttore + componente, **98**= schemi come, ad esempio, il disegno di una capsula. Lo schema può essere utilizzato anche per il kit, così come per un prodotto finito; quindi, il 98 in pratica è un documento; **99**= codici sperimentali.
- L'ultima parte, **001**, identifica il componente, è un numero progressivo fino a 799.

- Invece da 800 a 899 si identifica un **gruppo**, da 900 a 999 si identifica un **sottogruppo**. Il codice di gruppo ha come “tipo materiale” **FERT** se è configurato o **FERK** se è configurabile. Il codice di sottogruppo ha invece come “tipo materiale” **HALB** se è configurato o **HALK** se è configurabile. Gruppi e sottogruppi sono delle distinte o, meglio, si possono esplodere le loro distinte. 800 è la somma dei sottogruppi 900. In generale, l’800 può stare dentro un altro 800, così come un 900 può contenere un 900 ma non un 800. Gruppi + sottogruppi vanno a realizzare il valore finale della macchina **A** (A ti indica la versione della macchina), che quindi diventa → PMC 250 A
- 3) **Codici terzi**= iniziano con la cifra del \$, le due lettere dopo il dollaro identificano il fornitore, il resto indica il codice del fornitore. → \$AL347560 AL= Atlas I codici terzi appartengono alla famiglia **HAWI**. (ci si riferisce al tipo materiale)
 - 4) **Codici consociate**: Quando appunto Sacmi acquisisce aziende. Iniziano con 8, la 2^a lettera indica qual è la consociata, il resto è il codice che utilizza la consociata per identificare il prodotto.



Al momento della creazione di un nuovo codice prodotto su SAP occorre stabilire se è configurato o configurabile:

- 1) Un **materiale configurato** non ha dipendenze oggetto o condizioni di selezione quindi la sua struttura è fissa.
- 2) Un **materiale configurabile** ha dipendenze oggetto o condizioni di selezione, quindi la sua struttura è variabile.

In generale esistono due tipologie di ricambi:

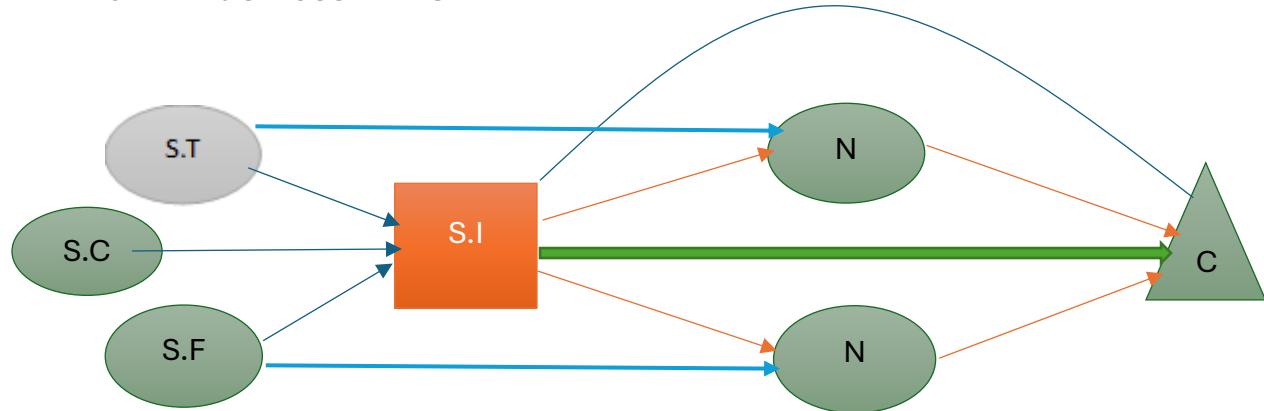
If= 1° fornitura, ovvero lista dei ricambi che vengono venduti al cliente insieme alla macchina, anche se magari la fornitura avviene in due momenti diversi.

If= 2° fornitura, ovvero ricambi che vengono venduti in un secondo momento, per manutenzione o per urgenze dovute alla rottura di qualcosa.

Sacmi può vendere i ricambi di 2° fornitura o al cliente finale, o al magazzino che a sua volta si impegna di fornire al cliente ultimo. Sacmi può produrre o internamente, o può essere fornito dall'esterno e rivendere.

SACMI TECH (sassuolo), SACMI FORNI E FILTRI(Salvaterra), SACMI CARPMEC(Forlì) possono a loro volta produrre i ricambi e li vendono al Network (anche se non succede spesso, ma mai al cliente finale) o verso SACMI IMOLA.

6.1.1 Business TILES



S.T= SACMI TECH

S.F= SACMI FORNI

S.C= SACMI CARMPEC

S.I= SACMI IMOLA

N= NETWORK

C= clienti finali

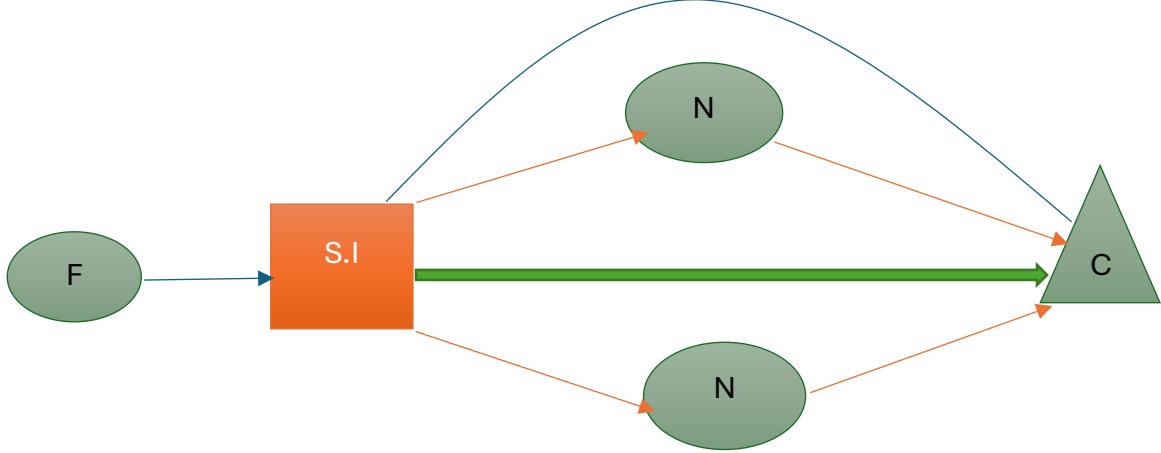
Flusso 1= ST,SF o SC producono per IMOLA i ricambi, li spediscono e poi si va al cliente finale. Oppure produce SACMI IMOLA direttamente e spedisce al cliente finale.

Flusso 2= SACMI IMOLA produce e spedisce direttamente al Network, e poi N si impegna di servire il cliente finale.

Flusso 3= S.T,S.F o S.C producono internamente e spediscono direttamente al network.

6.1.2 Business RPT

Non ci sono ST e SF perché viene prodotto tutto da Imola oppure si acquista da fornitori EXTRA GRUPPO (quindi no ST o SF o SC).



F= fornitore generico EXTRAGRUPPO

Una casistica particolare che è giusto evidenziare nella gestione dei flussi dei ricambi sono gli **ordini in triangolo**. In questo caso il NETWORK è sempre il committente (quindi colui che acquista) che poi rivende al cliente finale. Ciò significa che dal punto di vista del FLUSSO MONETARIO è come la **LINEA ARANCIONE** del RIGID (vedi figura sopra), perché acquista da Sacmi Imola i ricambi. Però, per motivi logistici, doganali, sarà SACMI IMOLA a spedire direttamente al cliente finale, senza passare prima dalla consociata; quindi, il FLUSSO FISICO è come la **LINEA VERDE** del RIGID (vedi figura sopra). In genere, il magazzino di SINGAPORE triangola per entrambi i business, sia TILES che RIGID; invece, il magazzino MESSICO triangola solo per il RIGID.

E' stato ritenuto necessario definire qualche concetto teorico in merito ai ricambi in quanto, il progetto svolto in SACMI per la localizzazione dei magazzini, è partito proprio dall'analisi dei flussi out-bound dei ricambi di 2° fornitura da SACMI Imola e consociate. I grafici sopra mostrati hanno come scopo quello di far capire in linea generale i flussi logistici attuali di SACMI, così da comprenderne il funzionamento. Di seguito, verrà spiegato come sono stati estratti, gestiti, analizzati i dati per arrivare ad una rappresentazione più dettagliata e precisa dello stato attuale di SACMI, e quindi dell'AS IS.

6.2 Estrazione dati

Qualunque problema si voglia risolvere, qualunque soluzione si voglia trovare, è necessaria una corretta estrazione dati, avere un database adeguato con le informazioni necessarie per analizzare, in un secondo momento, i nostri punti di interesse. Ciò che verrà mostrato sarà direttamente il database finale, completo di dati che sono stati analizzati poi in un secondo momento per arrivare a definire l'AS-IS.

Nell'estrazione dei dati, è stato fondamentale l'utilizzo di SAP, software gestionale di SACMI, e SAP BW4, ovvero un datawarehouse dalla quale è possibile estrarre, con le giuste query, le informazioni di cui si necessita. Generalmente, è possibile estrarre dati in merito **all'acquisto**, ovvero ciò che SACMI ha venduto ma è ancora in magazzino, **allo spedito**, ovvero ciò che è uscito EFFETTIVAMENTE dal magazzino, al **residuo**, ovvero la differenza tra acquisto e spedito, e quindi la giacenza del materiale che si ha in magazzino. Per risolvere questo progetto, è stato necessario focalizzarsi sullo spedito, così da comprendere i flussi in uscita da headquarter e network. Per cui, da ora in avanti, l'estrazione dati che verrà mostrata, l'analisi dati ed i risultati ottenuti sono stati possibili ragionando su questo esatto dominio, ovvero **lo spedito di SACMI** negli anni **2019,2022,2023**. (Imola e consociate).

Per quanto riguarda SAP, è stato fondamentale l'utilizzo della transazione **ZSDCONSFAT**, andando a filtrare l'estrazione per:

- 1) Data di uscita merce effettiva → Intervallo temporale in cui la merce è stata fatta effettivamente spedire.
- 2) tipo Odv (ordine di vendita) → Nel dettaglio sono stati estratti **ZP2R**, ovvero tutti gli odv del business PACKAGIN RIGID spediti da SACMI IMOLA verso clienti diretti (da ora in poi verrà definito come EXTRAGRUPPO); **ZC2R**, stesso significato di ZP2R con la differenza che in questo caso vengono estratti gli odv in merito al business CERAMICO; **ZI2R**, ovvero gli odv spediti da SACMI IMOLA verso le consociate, il network (da ora in poi verrà definito come INTRAGRUPPO); **ZX2R**, ovvero gli odv spediti da network verso clienti diretti. (quindi INTRAGRUPPO verso EXTRAGRUPPO).
- 3) eliminando STATO FATTURA e BLOCCO FATTURA.

L'utilizzo della ZSDCONSFAT è stato fondamentale in quanto permette, rispetto ad altre transazioni, di visualizzare i documenti di consegna. Il concetto di documento di consegna differisce da quello di documento di vendita, in quanto un Odv può essere caratterizzato da più consegne, questo dovuto al fatto che spesso si fanno dei parziali di Odv, o addirittura dei parziali di righe di Odv. (con il termine RIGA, ci si riferisce ad un codice materiale, e quindi ad un ricambio specifico di quell'Odv) → Consegne>= Odv

Mediante questa transazione, è stato possibile estrarre la maggior parte dei dati, ovvero sia ciò che veniva spedito da SACMI IMOLA (verso INTRAGRUPPO ed EXTRAGRUPPO), sia ciò che veniva spedito dalle consociate (verso EXTRAGRUPPO). Tuttavia, si sono avuti problemi ad estrarre i dati in merito alla consociata di SACMI localizzata negli Stati Uniti. Questo è dovuto al fatto che, prima di luglio 2023, SACMI USA utilizzava SAP 600, mentre in SACMI IMOLA si

utilizza SAP 300. Questo vuol dire che, mediante la ZSDCONSFAT, non si possono estrarre dati di SACMI USA prima di luglio 2023. Per ovviare a questo problema, ed estrarre i dati di SACMI USA del 2019, 2022 e 2023, si è utilizzato SAP BW. In questo caso, si è utilizzato una transazione da BW denominata **VAL** e sempre ZSDCONSFAT da SAP (hanno tra di loro informazioni complementari). Ovviamente non avrebbe senso spiegare nell'esattezza cosa offrono queste transazioni, in quanto non è questo l'obiettivo della tesi. Tuttavia, era necessario, prima di mostrare il mio database finale ottenuto, i ragionamenti generali che sono stati fatti per estrarre i dati di entrambi i business, sia del Rigid che del Tiles.

7 AS IS RIGID

7.1 Database estratto

I dati che vengono mostrati all'interno del database sottostanti sono soggetti ad una variazione rispetto a quelli reali, mediante l'utilizzo di un fattore correttivo, in modo da assicurare un adeguato livello di privacy dell'azienda SACMI IMOLA.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA																	
1	Orga	Tp.doc.	Odv	Posiz	Conse	Dest.	M	Descr.	E	Destr.	E	Destr.	Dr	Dest	Int	Magazzini	Condizion	Sp	D	U	M	El	Anno	U.M.	Cod.	M	Definizi	Qta	Cons	Valore	unitar	Valore	totale	Div.	Valore	tot	Commit	Descr.	C	Naz.	Co	Tipo	Peso	si
2	PACH ZX2R	31011	0000132012	415390	GUANGD	Cina	Asia Sud	Extragrup	MHCN	DDP	Z3	#####		2019	03324074	* STELLA E	0,02992	16,6190584	16,6190584	CNY	0,06464	12426,5	GUANGD	CN	HAWA	0,0053																		
3	PACH ZX2R	31011	0000132012	408893	TIANJIN	H. Cina	Asia Sud	Extragrup	MHCN	DDP	Z3	#####		2019	CCM4851	VALVE	0,02992	1132,60866	1132,60866	CNY	147,239	12234,1	TIANJIN	H. CN	HALB	0,3704																		
4	PACS ZX2R	31011	0000132013	412869	KING CAR	Taiwan	Asia Sud	Extragrup		EXW	Z0	#####		2019	IMBALLO	Packing	0,02992	109,659755	109,659755	EUR	109,66	12356	KING CAR	TW	DIEN	0																		
5	PACS ZX2R	31011	0000232013	412869	KING CAR	Taiwan	Asia Sud	Extragrup	M1SG	EXW	Z0	#####		2019	CCM0029	* ESTRUSC	0,02992	3620,11115	3620,11115	CNY	3620,11	12356	KING CAR	TW	FERI	0																		
6	PACS ZX2R	31011	0000532013	412869	KING CAR	Taiwan	Asia Sud	Extragrup	M1SG	EXW	Z0	#####		2019	CM644M	* QUADRC	0,02992	605,63568	605,63568	EUR	605,636	12356	KING CAR	TW	HALB	0																		
7	PACH ZX2R	31011	0000132012	408893	TIANJIN	H. Cina	Asia Sud	Extragrup	MHCN	DDP	Z3	#####		2019	TCV00104	ROD	0,1496	72,074623	360,374312	CNY	46,8487	12234,1	TIANJIN	H. CN	HALB	0,0057																		
8	PACS ZX2R	31011	0000132012	407912	P.T.UNIPU	Indonesia	Asia Sud	Extragrup	M1SG	EXW	Z0	#####		2019	03582123	* BOBINA	0,02992	1,28057557	1,28057557	EUR	1,28058	12204,7	P.T.UNIPU	ID	HAWA	0,0065																		
9	PACH ZX2R	31011	0000132012	408893	TIANJIN	H. Cina	Asia Sud	Extragrup	MHCN	DDP	Z3	#####		2019	UFL12012	RING	0,1496	84,0874391	420,437195	CNY	54,6568	12234,1	TIANJIN	H. CN	HALF	0,0036																		
10	PACB ZX2R	31011	0000132013	416423	PLENCO	C India	Asia Sud	Extragrup	M1IN	EXW	Z5	#####		2019	USC121AE	* UTENSIL	0,08976	485,86922	1457,60766	INR	16,0337	12459,4	PLENCO	C IN	HALF	0,003																		
11	PACB ZX2R	31011	0000132013	416423	PLENCO	C India	Asia Sud	Extragrup	M1IN	EXW	Z5	#####		2019	USC121AE	* UTENSIL	0,05984	485,86922	971,738443	INR	10,6891	12459,4	PLENCO	C IN	HALF	0,003																		
12	PACS ZX2R	31011	0000132012	407912	P.T.UNIPU	Indonesia	Asia Sud	Extragrup	M1SG	EXW	Z0	#####		2019	05008407	* GUARNI	14,96	0,001496	0,74799975	EUR	0,748	12204,7	P.T.UNIPU	ID	HAWA	3E-05																		
13	PACS ZX2R	31011	0000232012	407912	P.T.UNIPU	Indonesia	Asia Sud	Extragrup	M1SG	EXW	Z0	#####		2019	05580073	SOLENDO	0,02992	3,04136698	3,04136698	EUR	3,04137	12204,7	P.T.UNIPU	ID	HAWA	0,0064																		
14	PACS ZX2R	31011	0000532012	407912	P.T.UNIPU	Indonesia	Asia Sud	Extragrup	M1SG	EXW	Z0	#####		2019	05582015	COILMSF	0,02992	0,38417267	0,38417267	EUR	0,38417	12204,7	P.T.UNIPU	ID	HAWA	0,0018																		
15	PACS ZX2R	31011	0000432012	407912	P.T.UNIPU	Indonesia	Asia Sud	Extragrup	M1SG	EXW	Z0	#####		2019	05740019	SILENZIAT	0,2992	0,02243999	0,22439993	EUR	0,2244	12204,7	P.T.UNIPU	ID	HAWA	0,0003																		
16	PACS ZX2R	31011	0000532012	407912	P.T.UNIPU	Indonesia	Asia Sud	Extragrup	M1SG	EXW	Z0	#####		2019	CCM00111	DISTRIBU	0,02992	127,417269	127,417269	EUR	127,417	12204,7	P.T.UNIPU	ID	HALF	1,7578																		
17	PACS ZX2R	31011	0000632012	407912	P.T.UNIPU	Indonesia	Asia Sud	Extragrup	M1SG	EXW	Z0	#####		2019	CCM00111	TANK	0,02992	7,04316565	7,04316565	EUR	7,04317	12204,7	P.T.UNIPU	ID	HALF	0,0485																		
18	PACS ZX2R	31011	0000732012	407912	P.T.UNIPU	Indonesia	Asia Sud	Extragrup		EXW	Z0	#####		2019	IMBALLO	Packing	0,02992	3,47131724	3,47131724	INR	3,47132	12204,7	P.T.UNIPU	ID	DIEN	0																		
19	PACH ZX2R	31011	0000132012	408893	TIANJIN	H. Cina	Asia Sud	Extragrup	MHCN	DDP	Z3	#####		2019	02048403	CINGHIA1	0,1496	32,2612268	161,310634	CNY	20,9704	12234,1	TIANJIN	H. CN	HAWA	0,007																		
20	PACH ZX2R	31011	0000232012	408893	TIANJIN	H. Cina	Asia Sud	Extragrup	MHCN	DDP	Z3	#####		2019	CCM0021	DRIVE	0,02992	394,697028	394,697028	CNY	51,3106	12234,1	TIANJIN	H. CN	HALB	0,3943																		
21	PACH ZX2R	31011	0000532013	408893	TIANJIN	H. Cina	Asia Sud	Extragrup	MHCN	DDP	Z3	#####		2019	UFL1202	PUNCH	0,1496	113,260925	566,304627	CNY	73,6196	12234,1	TIANJIN	H. CN	HALF	0,0072																		
22	PACH ZX2R	31011	0000132013	408893	TIANJIN	H. Cina	Asia Sud	Extragrup	MHCN	DDP	Z3	#####		2019	03015006	* MOTORI	0,02992	473,636434	473,636434	CNY	61,5727	12234,1	TIANJIN	H. CN	HAWA	2,3338																		
23	PACH ZX2R	31011	0000732012	408893	TIANJIN	H. Cina	Asia Sud	Extragrup	MHCN	DDP	Z3	#####		2019	UCM0051	PUNCH	0,2992	225,799283	2257,99283	CNY	293,539	12234,1	TIANJIN	H. CN	HALF	0,0048																		
24	PACH ZX2R	31011	0000532013	408893	TIANJIN	H. Cina	Asia Sud	Extragrup	MHCN	DDP	Z3	#####		2019	05607607	* VALVOL	1,1988	66,5836465	2663,34586	CNY	346,235	12234,1	TIANJIN	H. CN	HAWA	0,0146																		
25	PACH ZX2R	31011	0000132013	408893	TIANJIN	H. Cina	Asia Sud	Extragrup	MHCN	DDP	Z3	#####		2019	04460042	* FINCO	0,05984	31,575762	63,1515245	CNY	8,2097	12234,1	TIANJIN	H. CN	HAWA	0,0123																		
26	PACH ZX2R	31011	0000432012	408893	TIANJIN	H. Cina	Asia Sud	Extragrup	MHCN	DDP	Z3	#####		2019	CCM0040	* DISCO	0,02992	429,018548	429,018548	CNY	55,7724	12234,1	TIANJIN	H. CN	HALF	0,0772																		
27	PACB ZX2R	31011	0000432013	416423	PLENCO	C India	Asia Sud	Extragrup	M1IN	EXW	Z5	#####		2019	04421204	CONTROL	0,08976	372,876379	1118,62914	CNY	12,3049	12459,4	PLENCO	C IN	HAWA	0,0073																		
28	PACB ZX2R	31011	0000132013	416423	PLENCO	C India	Asia Sud	Extragrup	M1IN	EXW	Z5	#####		2019	02020204	SERVO	0,02992	40,073721	40,073721	INR	44,5204	12459,4	PLENCO	C IN	HALF	0,0024																		

La colonna A di questo database indica l'organizzazione commerciale, che serve a identificare una determinata consociata. In generale, PACK indica Sacmi Imola, PACU invece Sacmi USA, PACM Sacmi Messico, PACH Sacmi SHANGHAI, PACS Sacmi Singapore e PACB Sacmi India.

La colonna B indica invece il tipo documento di vendita, spiegato alla pagina precedente.

La colonna C indica il numero identificativo dell'ordine di vendita.

La colonna D ed E indicano rispettivamente la posizione della consegna ed il numero identificativo della consegna. Come detto in precedenza un Odv può essere suddiviso in più consegne parziali. La posizione indica invece la riga della consegna. Una stessa consegna può contenere più righe al suo interno (più codici materiali distinti).

La colonna L indica rispettivamente il tipo resa di spedizione, ovvero il tipo di contratto tra venditore e compratore per capire fino a dove vi sono spese e responsabilità a carico del venditore, e dove iniziano quelle del compratore. (spiegherò più nel dettaglio in seguito)

Dalla colonna F alla colonna I si identifica il cliente finale, ovvero il destinatario merce. In F, infatti, troviamo il numero identificativo del destinatario, in H ed in I troviamo invece il paese a cui appartiene quello specifico cliente e di conseguenza anche il continente geografico a cui appartiene. Quest'ultima colonna non è stata estratta mediante la ZSDCONSFAT, ma è stata realizzata utilizzando la funzione Excel CERCA.VERT, andando prendere le associazioni nazione-continenti da un altro foglio in cui era stata creata la suddivisione per area geografica.

La colonna J indica se quel destinatario è INTRAGRUPPO o EXTRAGRUPPO, ovvero se si sta spedendo verso una consociata o verso un cliente diretto, come spiegato in precedenza.

La colonna M, N ed O indicano rispettivamente il mezzo di spedizione utilizzato, la data di U.M.E e l'anno di uscita merce effettiva. Tra i mezzi di spedizione, la maggior parte utilizzati sono Z1 (Nave), Z2 (Aereo), Z3(Corriere veloce) e Z5(Camion).

La colonna P, Q, R indicano rispettivamente il codice materiale, e quindi il ricambio spedito, la descrizione per esteso del materiale, e la quantità in pezzi consegnata.

Dalla colonna S alla colonna V, troviamo il valore unitario di quello specifico codice materiale, il valore totale (ovvero il valore unitario moltiplicato per i pezzi), la valuta (EURO, DOLLARI ecc.) ed infine l'ultima colonna è il valore totale ma convertito tutto in euro.

La colonna W, X, Y indicano il committente (quindi colui che acquista, e non necessariamente coincide con il dest. Merci. E' qui che si parla di triangoli come spiegato in precedenza), il nome del committente e la nazione del committente.

Infine, **la colonna Z ed AA** indicano rispettivamente il tipo materiale (spiegato in precedenza) ed il peso di una singola unità del codice materiale in quella riga. Per queste ultime due colonne, se mancavano dati si è utilizzato la **ZANAMAT** per pesi e **IH09** per tipo materiale, ovvero altre due transazioni distinte su SAP.

7.2 INCOTERMS

Come detto in precedenza, quando è stata definita la colonna L del database, si preferisce spiegare in maniera molto chiara e approfondita il concetto di **Tipo resa** definito anche **INCOTERMS**.

Gli **Incoterms** (*International Commercial Terms*) sono dei termini codificati, pubblicati dalla *International Chamber of Commerce (ICC)* con lo scopo di definire in ambito globale i termini di pagamento della compravendita di merci.

L'attuale versione degli Incoterms, **Incoterms 2020**, ha aggiornato e sostituito la versione precedente, disciplinando gli 11 elementi utilizzabili per ogni modalità di trasporto.

Gli Incoterms sono suddivisibili in 11 gruppi, secondo la lettera iniziale dell'acronimo, cui corrisponde altresì una diversa **obbligazione in capo al venditore**.

In questo modo gli Incoterms riescono a sintetizzare un elenco di facile memorizzazione per l'operatore, che sulla base della lettera dell'iniziale dell'algoritmo cui si riferisce, potrà comprendere quale sia la maggiore o minore obbligazione in capo alla parte.

Gli 11 termini disciplinati dall'edizione 2020 degli Incoterms sono:

- Gruppo E: EXW. È il gruppo con le minori obbligazioni in capo al venditore;
- Gruppo F: FCA – FAS – FOB. Il trasporto principale è a carico dell'acquirente;
- Gruppo C: CPT – CIP – CFR – CIF. Il venditore paga il trasporto, ma il rischio rimane a carico dell'acquirente;
- Gruppo D: DAP – DPU – DDP. Il venditore si occupa della consegna fino a destinazione, con la conseguenza che il trasporto e i rischi connessi sono a suo carico.

Cerchiamo dunque di comprendere nel dettaglio quali siano le caratteristiche di ogni singolo termine.

EXW – Ex Works

Con il termine **Ex Works (EXW)** si intende caratterizzare un'operazione contrattuale nella quale il venditore consegna la merce all'acquirente mettendole a disposizione presso la propria sede, o in altro luogo indicato (tipicamente, un proprio magazzino, o una propria fabbrica). Ne deriva, da quanto sopra, che il venditore non è tenuto a caricare o a sdoganare la merce per l'esportazione. In questo caso quindi il rischio è proprio che SACMI non ha nessun controllo sulla bolla doganale.

Nel contratto, è fondamentale che le parti individuino correttamente e con precisione quale sia il punto all'interno del luogo di consegna indicato. Di fatti, tutti i costi e tutti i rischi fino a quell'istante saranno a carico del venditore, mentre dal momento in cui la merce viene messa a disposizione nel luogo indicato, i rischi verranno trasferiti a carico dell'acquirente.

Si tratta, evidentemente, della formula con le minori obbligazioni per il venditore, che potrà liberarsi da qualsiasi tipo di rischio e di incombenza portando le merci nel luogo indicato.

FCA – Free Carrier

Con il termine **FCA – Free Carrier**, il venditore consegna le merci all'acquirente in uno dei due seguenti modi:

se il luogo indicato è la sede del venditore, allora le merci vengono consegnate nel momento in cui vengono caricate sul mezzo di trasporto che viene messo a disposizione dall'acquirente;

se invece il luogo di consegna è un altro luogo diverso dalla sede del venditore, allora le merci saranno consegnate quando, dopo essere state caricate sul mezzo di trasporto del venditore, raggiungono l'altro luogo indicato e sono pronte per lo scaricamento dal veicolo della parte venditrice, finendo così nella disponibilità del vettore o di un'altra persona nominata dall'acquirente.

È a questo punto che i rischi vengono trasferiti, fuoriuscendo dal novero di responsabilità del venditore, per ricadere su altri soggetti.

FCA è molto simile a EXW, con la differenza che nel caso di FCA la merce viene sdoganata prima di arrivare nel punto concordato, che in genere per SACMI è il magazzino di Salvaterra. In questo caso quindi ho il controllo sulla bolla doganale, per cui è preferito da SACMI.

FAS – Free Alongside Ship

Il termine si riferisce al caso in cui **il venditore si impegna a consegnare le proprie merci lungo il bordo della nave**, come ad esempio una banchina o, eventualmente, anche una chiatta. In ogni caso il luogo è indicato dall'acquirente, nel porto di spedizione scelto.

FOB – Free On Board

Altra clausola molto utilizzata all'interno degli Incoterms è quella del **FOB**, o **Free On Board**. Come suggerito dallo stesso nome, con questa opzione il venditore si impegna a consegnare le merci posizionandole a bordo della nave indicata dall'acquirente, nel porto di spedizione indicato. Dunque, gli obblighi del venditore si esauriscono solamente con il carico della merce sulla nave indicata dalla controparte. SACMI ormai non lo usa più di tanto.

CPT – Carriage Paid To

Con questo termine **il venditore si impegna a consegnare le merci all'acquirente attraverso il passaggio di possesso al vettore incaricato dal venditore**. Solamente in questo momento si verificherà il trasferimento del rischio dalla propria sfera di riferimento a quella di un'altra parte (appunto, il vettore). Spetterà al venditore l'onere di stipulare il

contratto di trasporto, e pagare le spese di trasporto necessario per poter portare le merci nel luogo di destinazione indicato. La dogana a carico di SACMI è solo quella di export.

CIP – Carriage and Insurance Paid To

Attraverso il termine **CIP** il venditore consegna le merci all'acquirente con trasferimento del possesso nelle mani del primo vettore indicato dal venditore. Solamente, in questo momento, si verificherà il trasferimento del rischio dalla propria sfera a quella di un altro soggetto.

Tuttavia, contrariamente a quanto avviene con il CPT, in questo caso il venditore deve stipulare:

- un contratto di trasporto, con pagamento delle relative spese necessarie per poter trasportare le merci nel luogo di destinazione che è indicato in contratto;
- un contratto per una copertura assicurativa contro il rischio dell'acquirente relativo alla perdita o al danneggiamento della merce durante il trasporto;
- infine, un contratto per una copertura assicurativa che copra i rischi come *institute cargo clauses* o similari, sulla base – anche – delle modalità con cui avviene il trasporto.
- Praticamente uguale a CPT, con la differenza che nel CIP ci sta in più l'assicurazione per il compratore.

CFR – Cost and Freight

Altra formula piuttosto utilizzata in ambito import – export è quella **CFR**, sulla base del quale il venditore si impegna a consegnare le merci a bordo della nave. Da quanto appena affermato, ne deriva che il rischio di perdita o di danneggiamento delle merci passa dal venditore ad un'altra parte solamente quando le merci si trovano a bordo della nave. Ricordiamo che spetta sempre al venditore l'onere di stipulare un contratto di trasporto e di pagamento dei relativi costi per il trasporto della merce nel porto di destinazione indicato in contratto.

CIF – Cost, Insurance and Freight

Con il termine **CIF** si indica una clausola contrattuale che impegna il venditore a consegnare le proprie merci a bordo della nave. Oltre a ciò, è previsto che il venditore stipuli un contratto di trasporto e paghi i relativi costi di trasporto della merce nel porto di destinazione indicato.

Ne deriva che il rischio di perdita o danneggiamento delle merci viene trasferito in capo ad un'altra parte solamente quando le merci si trovano a bordo della nave. Si tenga anche conto che il venditore ha l'obbligo di stipulare un contratto che possa tutelare in termini assicurativi l'acquirente dal rischio di perdita o di danneggiamento durante il trasporto. È inoltre che necessario che il venditore stipuli una copertura assicurativa per coprire alcuni rischi, sottoscrivendo clausole come *institute cargo clauses* o similari. Per cui anche CIF ha in più l'assicurazione rispetto a CFR. Nell'ipotesi in cui l'acquirente richieda protezioni assicurative

aggiuntive a queste coperture minime, dovrà evidentemente negoziare le condizioni con il venditore.

DAP – Delivered at place

Con il termine **DAP** si “estende” la responsabilità del venditore, considerato che il trasferimento del rischio da costui ad altra parte avverrà quando la merce, pronta per poter essere scaricata dal mezzo di trasporto in arrivo, viene messa a disposizione dell’acquirente in un luogo di destinazione concordato.

Da quanto sopra dovrebbe dunque essere chiaro che il venditore si assume ogni rischio connesso al trasporto della merce fino al luogo di destinazione indicato e concordato con la controparte.

DPU – Delivered at place unloaded

Con la clausola **DPU** si aggiunge un altro tassello alle responsabilità del venditore, considerato che costui trasferisce il rischio all’acquirente solamente nel momento in cui la merce viene messa a disposizione della controparte, scaricandola nel luogo di destinazione che era stato concordato contrattualmente. Il venditore assume dunque tutti i rischi fino al luogo di destinazione indicato, assumendosi i pericoli di danneggiamento, distruzione, furto o smarrimento della merce durante il trasporto.

DDP – Delivered duty paid

Attraverso tale termine, infine, **il venditore si assume tutti i rischi fino al momento in cui la merce viene giudicata pronta per poter essere scaricata dal mezzo di trasporto in arrivo nel punto concordato all’interno di un luogo di destinazione.**

Il venditore si accolla dunque ogni rischio legato al trasporto della merce nel luogo di destinazione indicato e, in più e rispetto alla precedente clausola, assume anche l’obbligo di sdoganare la merce, non solo per l’export, ma anche per l’import.

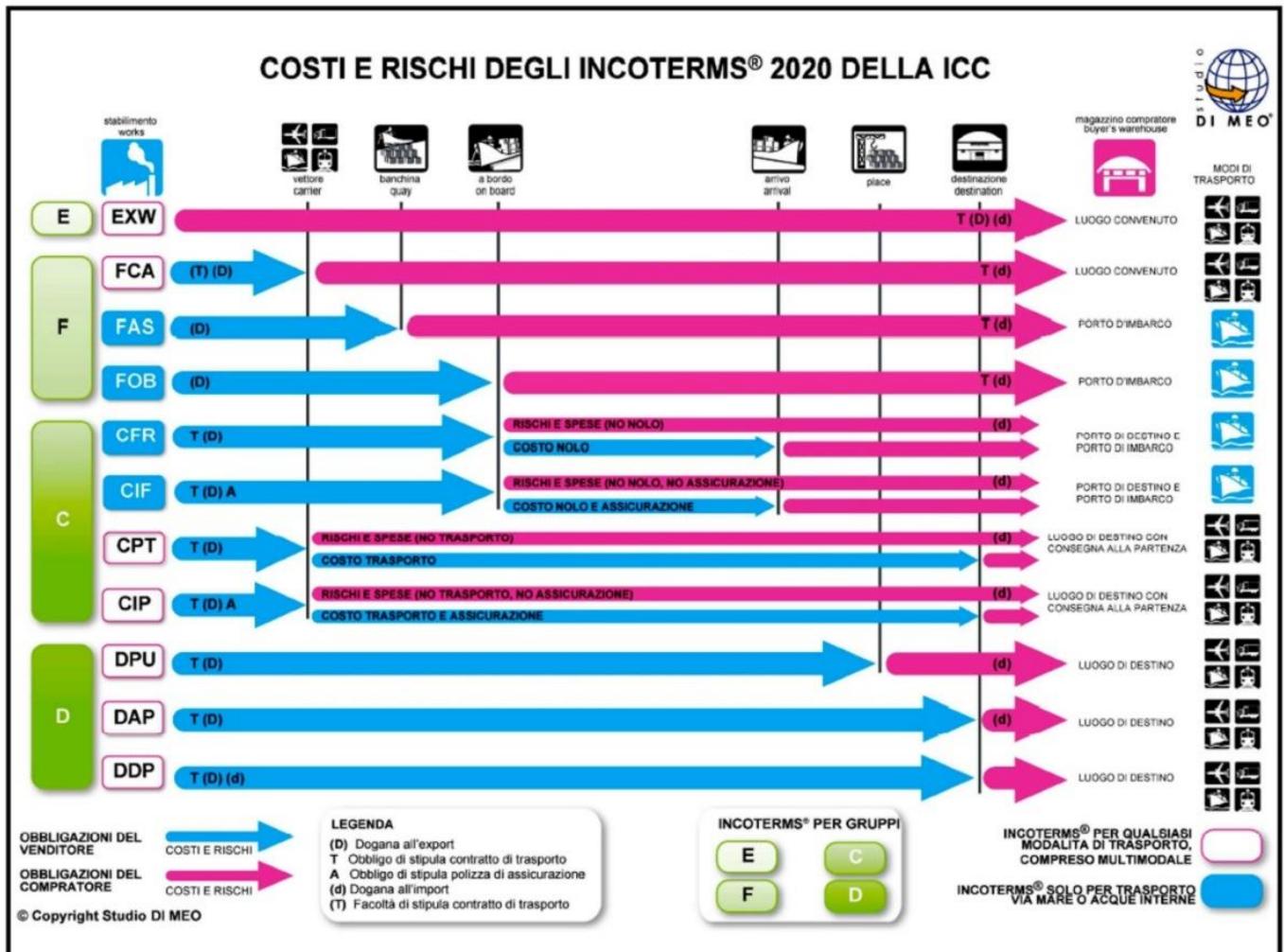
Conclusioni

Da quanto sopra dovrebbe risultare piuttosto comprensibile come gli **Incoterms**, elencati nelle modalità appena esposte, siano in grado di disciplinare in misura particolarmente precisa gli obblighi di entrambe le parti. E che, proprio in questo ordine, lo facciano con una serie di responsabilità crescenti in capo al venditore, dalla formula meno onerosa, EXW, fino a quella più complessa.

Precisiamo in questa fase conclusiva che tutti i termini sopra esposti tra gli **Incoterms 2020**, con la sola eccezione di EXW, prevedono che il venditore sia tenuto ad effettuare le operazioni di sdoganamento per l’export.

Ancora, in tutti i termini, con la sola eccezione dell’ultimo DDP, il compratore dovrà effettuare tutte le operazioni di sdoganamento all’importazione.

Infine, in tutti i termini, tranne l'EXW, il venditore sarà tenuto a caricare la merce a bordo del mezzo di trasporto. E, in tutti i termini, con la sola esclusione di DPU, sarà il compratore ad essere tenuto a scaricare la merce.



7.3 Analisi Dati

Una volta realizzato il database in maniera adeguata, si è proceduto all’analisi di esso mediante l’utilizzo di tabelle pivot. Le tabelle pivot in Excel sono un potente strumento per analizzare i dati del database in modo efficiente. Consentono agli utenti di riassumere, filtrare e riorganizzare grandi set di dati con facilità, fornendo informazioni significative senza alterare i dati originali. Consentendo il raggruppamento e l’aggregazione dinamici dei dati, le tabelle pivot aiutano a identificare modelli, tendenze e correlazioni, rendendole una caratteristica essenziale per l’analisi dei dati e il processo decisionale. Si è riuscito infatti ad ottenere una serie di indicatori che hanno permesso di avere una “fotografia” chiara dei flussi in uscita da headquarter e network. Per ogni indicatore, è stata effettuata una suddivisione delle aree geografiche espresse in continenti, così da comprendere dove fosse distribuito maggiormente il mercato.

I principali PI ricavati sono i seguenti:

- **Ordini di vendita, consegne, righe di ordine ed i pezzi** spediti verso una specifica area geografica: questi indicatori sono stati importanti per comprendere la tendenza della domanda, e quindi vedere dove il mercato fosse maggiormente concentrato in termini di quantità
- **Numero di committenti e ricavo** per continente: utili per comprendere quanti clienti fossero presenti in una specifica area geografica e quanto si guadagnava da essi. Ad un maggior numero di clienti, non necessariamente implica un maggior ricavo.
- **Percentuale di Ricavo, percentuale Odv, percentuale di Consegne e percentuale di righe ordine** per ogni area geografica: la percentuale in generale è servita per identificare in maniera più rapida come fosse distribuito il mercato nel mondo, e di conseguenza capire, a seconda dell’indicatore preso in considerazione, quale area geografica avesse il primato.
- **Mediana Odv per committente, mediana righe per committente:** sono serviti a comprendere quanto i clienti acquistassero Sacmi, sempre per area geografica. (si può avere un solo cliente in una località che fa 100 ordini, così come avere 10 clienti diversi che in totale fanno 10 ordini. Prima di decidere di utilizzare la mediana, ovviamente si era calcolato anche la media, ma si era notato che media e mediana fossero distanti, e ciò significava che ci fosse una distribuzione asimmetrica dei dati, motivo per il quale si è deciso di utilizzare solo la mediana, in quanto più veritiera. Questo significa che la media fosse influenzata da outliers o valori estremi).
- **Mediana righe ordine per Odv:** utile per comprendere la “dimensione” degli ordini.
- **Codici distinti e mediana di pezzi per codice:** con il termine “codice”, si fa riferimento al codice materiale e quindi al singolo ricambio. In questo caso il primo indicatore indica appunto quanti ricambi diversi sono stati spediti verso un continente, mentre il secondo indica appunto la quantità di pezzi per codice medianamente spediti.

- **Ripetitività codici distinti:** questo indicatore è dato dal rapporto tra le righe di ordine e i codici distinti, e ti indica quindi quanto mediamente in un anno si ripete un codice distinto.
- **Tipo codice materiale:** la quantità di righe di tipo materiale FERI, FERT, FERK, HALF, HALK, HAWA, HAWI ecc.
- **Media di consegne per ordine**
- **Media Lead time per approvvigionamento:** giorni medi necessari per far sì che SACMI IMOLA si approvvigioni prima di spedire verso una specifica area geografica. È la differenza tra la data di creazione imballo e la data di creazione del documento di vendita.
- **TIPO RESA:** indica il tipo di contratto tra compratore e venditore in merito alla spedizione
- **TIPO SPEDIZIONE:** indica il mezzo di trasporto utilizzato
- **INTEGRAZIONE TIPO RESA E SPEDIZIONE:** utile per capire con che tipo di resa è avvenuta una spedizione utilizzando un tipo di veicolo.

Tutti questi indicatori sono stati calcolati concentrandosi sia sull'INTRAGRUPOPO, ovvero su ciò che SACMI IMOLA ha spedito verso le consociate, sia sull'EXTRAGRUPOPO, ovvero su tutto ciò che è stato spedito da Imola e consociate verso clienti finali. Questa analisi è stata replicata per 3 anni come detto in precedenza, ovvero per il 2019, 2022 e 2023.

7.4 Rigid 2019

Solo una volta si mostrerà come si presentano alcuni degli indicatori sopra elencati su Excel, utile per comprendere meglio quanto spiegato in precedenza. Tutto ciò che verrà visualizzato non sarà reale in quanto i dati sono soggetti ad un fattore correttivo; dunque, non è importante leggere i valori all'interno della tabella. Tuttavia, si è deciso di mostrarli ugualmente per far comprendere il lavoro svolto prima di arrivare a definire l'AS IS.

DEST INTRA	ODV SPEDITI	NR CONSEGNE	n righe d'ordine	n Committenti	Q.tà Pezzi TOT	Ricavo per continente
America del Nord	111,0031629	348,5678835	2271,824841	0,5983998	117065,4017	1546925,126
Asia Centrale	23,6367921	25,1327916	127,7583573	0,2991999	4020,648256	35274,91722
America del Sud	19,1487936	23,0383923	95,743968	0,2991999	2972,850206	36536,86161
Asia Occidentale	2,3935992	2,991999	61,0367796	0,2991999	2117,138492	29812,31693
Asia Sud - Orientale	369,8110764	662,1293787	3153,267746	0,8975997	228877,3917	1724668,655
Europa Meridionale	99,9327666	124,1679585	354,8510814	0,8975997	8465,262771	168212,1585
Totale complessivo	625,9261908	1186,028404	6064,482773	3,2911989	363518,6931	3541430,034

DEST INTRA

	PERCENTUALE RICAVO	PERCENTUALE ODV	PERCENT CONSEGNE	PERCENTUALE RIGHE ORDINE
America del Nord	13,07%	5,31%	8,79%	11,21%
Asia Centrale	0,30%	1,13%	0,63%	0,63%
America del Sud	0,31%	0,92%	0,58%	0,47%
Asia Occidentale	0,25%	0,11%	0,08%	0,30%
Asia Sud - Orientale	14,57%	17,68%	16,70%	15,56%
Europa Meridionale	1,42%	4,78%	3,13%	1,75%
Totale complessivo	29,92%	29,92%	0,00%	29,92%

DEST INTRA

	MEDIANA ODV per comm	MEDIANA RIGHE per comm	MEDIANA righe ordine per odv	CODICI DISTINTI
America del Nord	55,50158145	1128,432423	1,1967996	1148,329216
Asia Centrale	Ho solo un comm	Ho solo un comm	0,8975997	86,1695712
America del Sud	Ho solo un comm	Ho solo un comm	0,74799975	71,5087761
Asia Occidentale	Ho solo un comm	Ho solo un comm	0,5983998	51,4623828
Asia Sud - Orientale	71,807976	879,9469059	0,8975997	1168,974009
Europa Meridionale	4,4879985	11,6687961	0,5983998	230,0847231
Totale complessivo	0	0	0	2024,685723

DEST INTRA

	Mediana Pezzi per Codice	RIPETITIVITA' CODICI DISTINTI	FERI	FERK	FERT
America del Nord	1,4959995	0,591929349	0	1,1967996	16,7551944
Asia Centrale	1,34639955	0,443605407	0,2991999	0	0,2991999
America del Sud	1,4959995	0,400602377	0	0	0,5983998
Asia Occidentale	1,4959995	0,354864998	0	0	2,991999
Asia Sud - Orientale	1,1967996	0,807081583	0,2991999	1,1967996	21,2431929
Europa Meridionale	1,1967996	0,461444839	0	0	4,7871984
Totale complessivo	0	0	0,5983998	2,3935992	46,6751844

Seguirebbero altri tipi materiali oltre FERI FERK FERT, così come seguirebbero altre tabelle ma si è evitato di allegare ulteriori immagini. È stato fatto qualche esempio così che si possa comprendere meglio come sono stati aggregati i dati e come venivano mostrati gli indicatori. Quanto mostrato fa riferimento unicamente ai destinatari INTRAGRUPPO (in alto a sinistra di ogni tabella è presente infatti DEST INTRA), ma ovviamente si avrebbe una replica di queste tabelle con gli stessi indicatori ma per i destinatari EXTRAGRUPPO. Ciò che si può affermare, è che, per quanto riguarda l'intragruppo, l'Asia Sud e Orientale è l'area geografica che presenta il maggior numero di Odv spediti, di consegne, righe ordine oltre ad offrire il maggior ricavo ed il maggior numero di committenti. Al secondo posto si trova invece l'America del Nord.

Per quanto riguarda l'extragruppo, ecco un esempio di come vengono mostrati gli indicatori:

TOT EXTRA	ODV SPEDITI	NR CONSEGNE	n righe d'ordine	n Committenti	Q.tà Pezzi TOT	Ricavo per continente
Africa del Nord	34,4079885	41,887986	366,8190774	5,6847981	7834,998181	174558,8706
Africa Sub-Sahariana (Sud)	241,4543193	292,9167021	1728,777022	23,6367921	51095,39318	1145763,06
America del Nord	926,6220903	1143,841218	3600,870797	19,4479935	112825,6643	2097750,379
Asia Centrale	64,9263783	73,9023753	466,1534442	9,8735967	12397,04866	267048,2527
Europa Centrale	71,807976	82,2799725	312,6638955	6,2831979	4969,037139	160973,0857
Europa del Nord	15,8575947	20,0463933	105,3183648	2,991999	4998,433529	26626,87622
Africa Centrale	9,5743968	11,967996	70,0127766	2,0943993	741,4173522	32234,34611
America Centrale	105,6175647	111,3023628	686,3645706	4,1887986	39195,7853	440506,6142
America del Sud	315,6558945	355,1502813	1962,452144	13,7631954	53814,90185	1424042,203
Asia Occidentale	64,9263783	81,9807726	657,6413802	7,1807976	35986,79157	315961,0814
Asia Sud - Orientale	1070,537242	1267,410776	6313,71629	81,6815727	260347,9163	4170810,154
Europa Meridionale	355,4494812	432,6430554	1865,810576	27,5263908	36919,22891	1406374,215
Oceania	17,951994	17,6527941	45,7775847	1,7951994	1383,201138	61403,52986
Totale complessivo	3294,789299	3932,982686	18182,37792	206,1487311	622509,8174	11724052,67

Non cambia la logica, ma ovviamente nel caso dell'EXTRAGRUPPO si ha un orizzonte geografico più ampio e ovviamente dati completamente differenti. Anche in questo caso, per quanto riguarda ordini, consegne, righe, ricavo e committenti, al primo posto si trova sempre l'Asia sud e orientale seguita da America del Nord e del Sud.

Per quanto riguarda il tipo resa ed il tipo spedizione, ecco una sintesi adeguata al 2019 mediante una tabella, sia per l'INTRAGRUPPO che EXTRAGRUPPO:

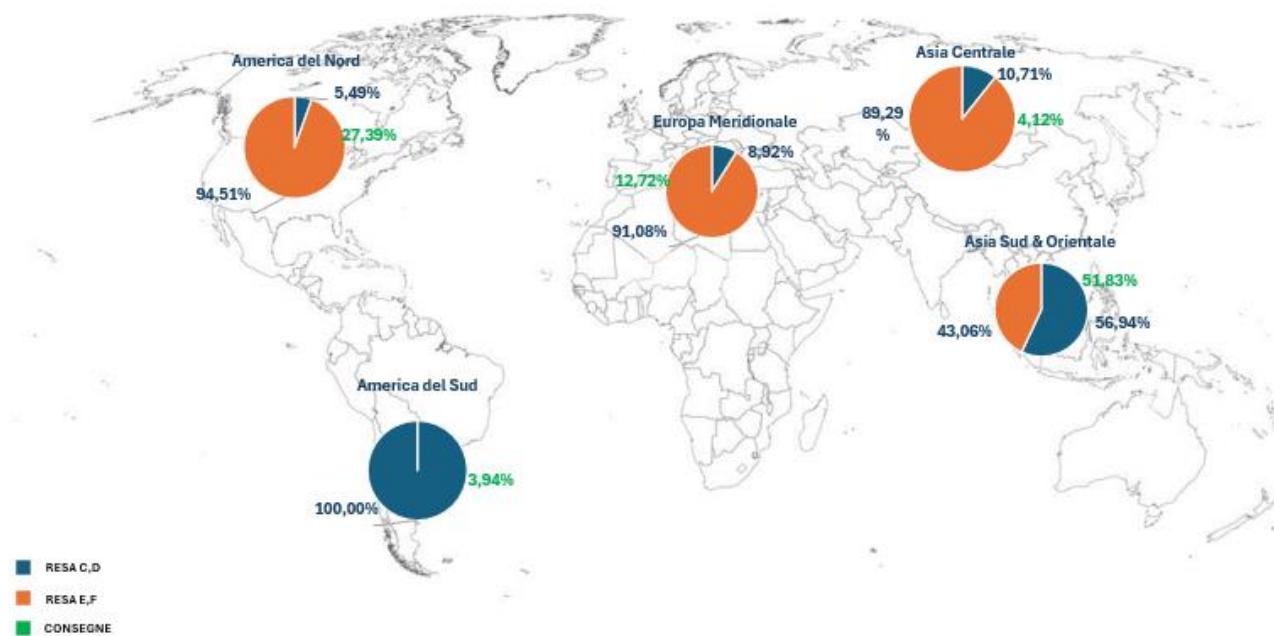
2019						
INTRA	RESA C,D	RESA E,F	NAVE	AEREO	CORR VEL TRENO	CAMION
America del Nord	5,49%	94,51%	0,26%	79,23%	20,52%	0,00%
Asia Centrale	10,71%	89,29%	0,00%	0,00%	10,71%	89,29%
America del Sud	100,00%		0,00%	98,70%	1,30%	0,00%
Asia Occidentale	100,00%		0,00%	10,00%	50,00%	40,00%
Asia Sud - Orientale	56,94%	43,06%	0,18%	92,91%	6,91%	0,00%
Europa Meridionale	8,92%	91,08%	0,00%	0,00%	8,92%	91,08%

EXTRA(NETWORK+PACK)	RESA C,D	RESA E,F	NAVE	AEREO	CORR VEL TRENO	CAMION	ZT
Africa del Nord	78,57%	21,43%	1,43%	23,57%	62,86%	0,00%	9,29% 2,86%
Africa Sub-Sahariana (Sud)	56,08%	43,92%	1,12%	34,83%	63,74%	0,00%	0,00% 0,31%
America del Nord	20,40%	79,57%	0,00%	43,74%	47,14%	0,00%	0,00% 0,00%
Asia Centrale	38,46%	61,54%	0,00%	11,74%	33,60%	0,40%	51,82% 1,62%
Europa Centrale	70,91%	29,09%	0,00%	0,00%	94,18%	0,00%	5,09% 0,73%
Europa del Nord	75,38%	24,62%	0,00%	0,00%	95,38%	0,00%	4,62% 3,08%
Africa Centrale	62,50%	37,50%	2,50%	22,50%	75,00%	0,00%	0,00% 0,00%
America Centrale	21,29%	78,71%	0,54%	47,71%	40,70%	0,00%	0,00% 0,00%
America del Sud	17,02%	82,98%	1,94%	46,17%	47,77%	0,00%	0,00% 0,34%
Asia Occidentale	48,54%	51,46%	0,73%	11,31%	83,21%	0,00%	3,65% 1,09%
Asia Sud - Orientale	61,52%	38,48%	0,24%	6,47%	62,25%	0,00%	16,12% 0,12%
Europa Meridionale	78,71%	21,29%	0,00%	0,35%	79,47%	0,00%	14,24% 5,87%
Oceania	6,78%	93,22%	5,08%	18,64%	69,49%	0,00%	0,00% 0,00%

Per il calcolo del tipo resa e tipo spedizione, il focus è stato sui documenti di consegna per avere una maggiore precisione. (Ricordiamoci che un Odv può essere caratterizzato da più consegne). Per intenderci, se ci si concentra sulla prima riga della tabella soprastante (Africa del Nord della tabella EXTRA), vediamo una percentuale del 78,57% per la resa C,D, una del 21,43% per la resa E,F ed una serie di percentuali distinte a seconda del mezzo di spedizione. Questo significa che il 78,57% dei DOCUMENTI DI CONSEGNA spediti in Africa del Nord sono a carico di SACMI, il restante 21,43% invece a carico del compratore. In Africa del Nord nel 2019 si è spedito principalmente con il corriere veloce, con una percentuale del 62,86%. In generale, quando si parla di percentuale di tipo resa C D, questo è la somma della percentuale CFR, CIF, CIP, CPT (resa C) e DAP,DDP(resa D); invece quando si parla di tipo resa E,F, questa è la somma di EXW,FCA,FOB.

È stato proprio in seguito alla visione dei dati relativamente al tipo di resa che si è capito come, una possibile strada da seguire ai fini della localizzazione di nuovi impianti industriali, potesse essere proprio la minimizzazione dei costi di trasporto a carico di SACMI IMOLA, ovvero il tipo resa C e D. Infatti, il tipo resa CD TOTALE (e quindi senza basarsi su una singola area geografica) verso intragruppo è del 36,76%, invece il tipo resa CD totale verso extragruppo è del 45,39%. Questo vuol dire che spesso, i costi di trasporto sono a carico di SACMI IMOLA; quindi, potrebbe avere senso provare a usare come “strumento” la riduzione dei costi di trasporto per capire dove collocare i magazzini. Tuttavia, è solo il primo anno dei tre analizzati, quindi sono state evitate scelte frettolose e si è continuati ad andare avanti con l’analisi dell’ASIS degli altri anni. Di seguito, mostrerò un grafico sia per l’intragruppo che extragruppo che possa rappresentare in maniera quanto più chiara e sintetica possibile la distribuzione delle consegne nel mondo, evidenziandone il tipo di resa:

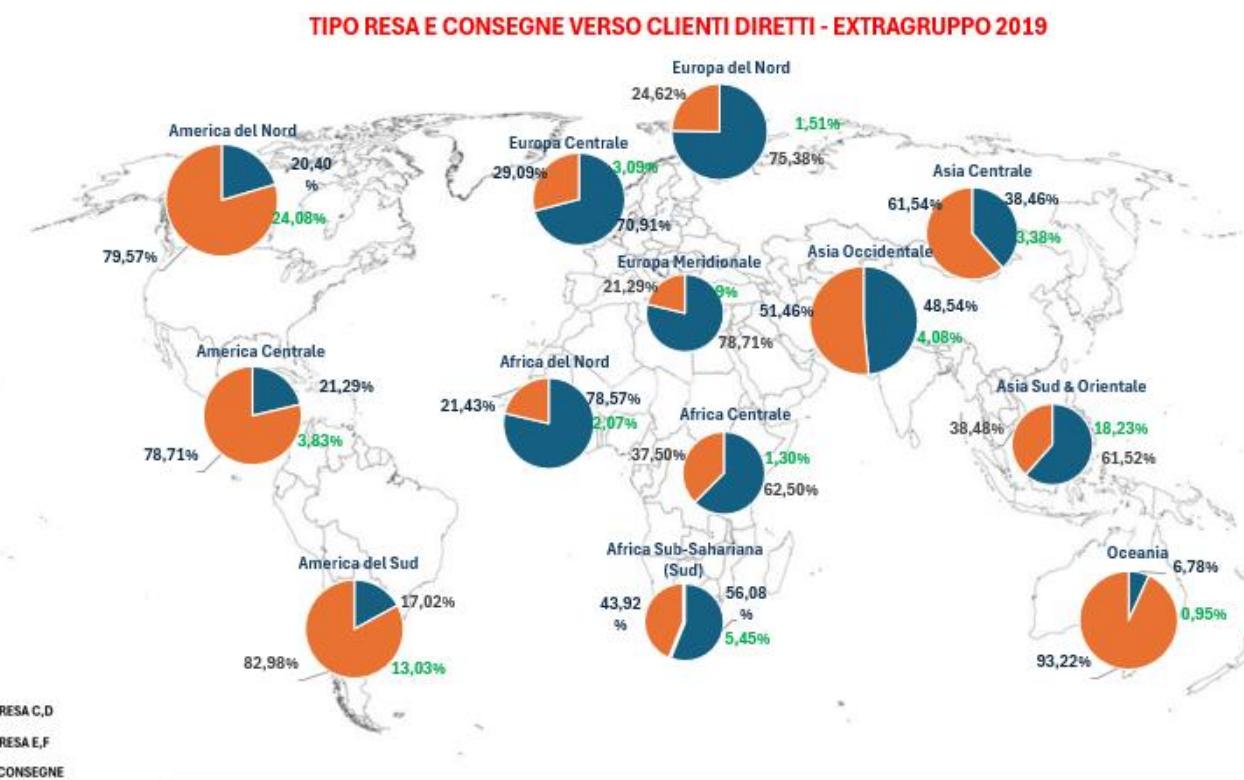
TIPO RESA E CONSEGNE VERSO INTRAGRUPPO - 2019



Da questo grafico, è evidente come la maggior parte delle consegne verso le consociate sono concentrate principalmente tra Asia ed America. Più precisamente, circa il 31% delle consegne vengono spedite in America, prevalentemente in America del Nord presso le due consociate Sacmi USA e Sacmi de Mexico, e una piccola parte in America del Sud presso Sacmi do Brasil. In Asia, invece, la maggior parte delle consegne vengono spedite in Asia Sud e Asia Orientale tra le consociate Sacmi Shanghai, Sacmi Singapore e Sacmi India, ed anche una piccola percentuale presso la consociata Sacmi Russia. In Europa le consegne vengono distribuite presso Sacmi Deutschland. Oltre a ciò, il grafico evidenzia anche quanto le spedizioni sono a carico di Sacmi Imola a seconda dell'area geografica, ed è visibile come l'Asia sia il continente con una maggiore resa C.D.

N.B: La percentuale di resa è reale; invece, quella di consegne è soggetta ad un fattore correttivo. Tuttavia, l'ordine di grandezza e le differenze tra le varie aree sono state comunque mantenute, dunque la rappresentazione soprastante è molto veritiera. Questo varrà anche per i grafici mostrati da ora in avanti.

Per quanto riguarda l'extragruppo al 2019, invece, abbiamo la seguente panoramica:



Da ciò si può evidenziare come l'America sia il continente meno soggetto a spedizione con un tipo resa C,D ma allo stesso tempo è l'area geografica con la maggiore quantità di consegne. Diverso è il discorso per Europa e Africa, entrambe interessate da circa un 10% di consegne con un elevato tasso di tipo resa C,D. L'Asia, dopo l'America, è interessata da un'elevata quantità di consegne ma, a differenza dell'America, ha una maggiore frequenza di spedizioni

con costi di trasporto a carico di Sacmi Imola. L'Oceania, infine, è soggetta invece ad un bassissimo tasso di consegne oltre ad avere una bassa percentuale di tipo resa C e D.

7.5 *Rigid 2022*

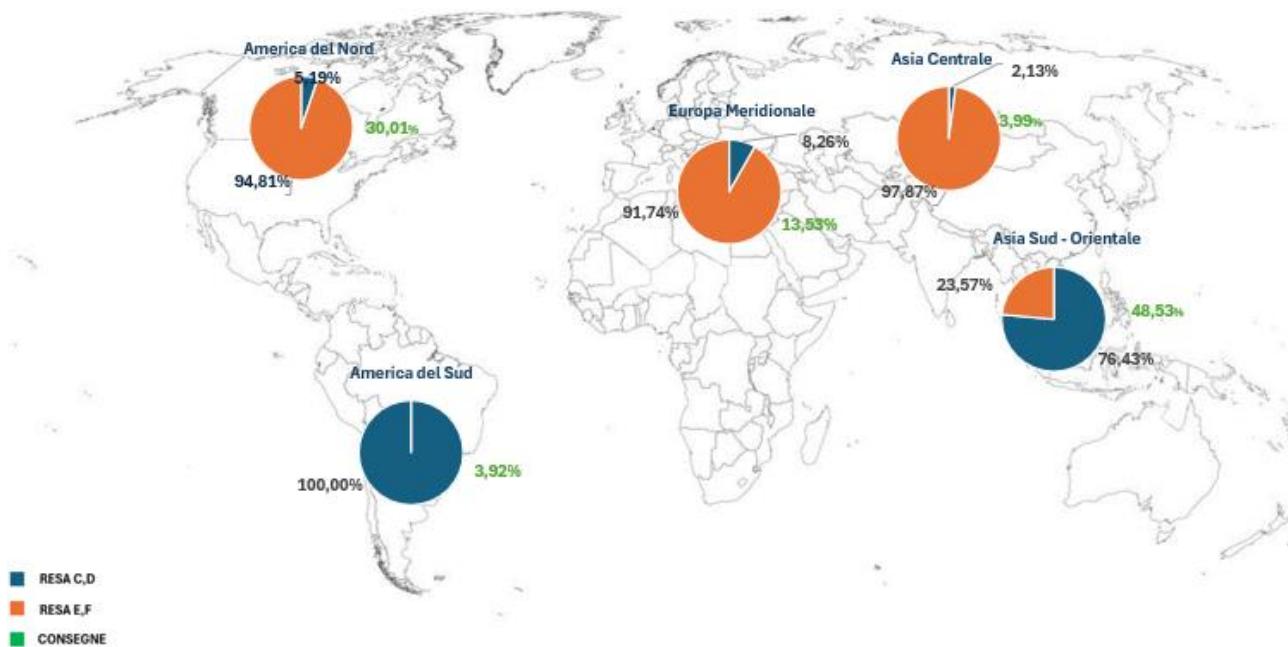
Per quanto riguarda il 2022, non verranno mostrati nuovamente gli indicatori, in quanto sono i medesimi del 2019, ed in più anche essi sarebbero stati soggetti ad un fattore correttivo per privacy di Sacmi. Precedentemente è stato fatto per far comprendere al lettore come venivano mostrati ed organizzati i risultati dei PI su Excel. Piuttosto, verranno mostrati anche qui il tipo resa e spedizione per area geografica prima in forma tabellare, e poi graficamente come fatto per il 2019, anche perché, come detto in precedenza, proprio da queste analisi sono sorte alcune “intuizioni” per poi realizzare il TO BE. Per quanto riguarda i PI dell’intragruppo, a livello di ordini, consegne, righe di ordine, numero di committenti e consegne sono sempre l’Asia Sud e Orientale e l’America del Nord a mantenere il primato (quindi come il 2019). Anche per l’extragruppo si ha la stessa classifica del 2019. Invece, per quanto riguarda la percentuale del tipo resa C D, è aumentata rispetto al 2019 sia verso l’intragruppo che verso l’extragruppo. Infatti, ora è rispettivamente del 45,69% e del 50%, invece nel 2019 era 36,76% e 45%. Più nello specifico, una sintesi del tipo resa e tipo spedizione è mostrata nelle seguenti tabelle, come fatto per il 2019:

2022						
INTRA	RESA C,D	RESA E,F	Z1	Z2	Z3	Z5
America del Nord	5,19%	94,81%	0,41%	84,37%	15,22%	0,00%
Asia Centrale	2,13%	97,87%	0,00%	1,06%	1,06%	97,87%
America del Sud	100,00%	0,00%	3,62%	96,38%	0,00%	0,00%
Asia Sud - Orientale	76,43%	23,57%	0,44%	88,96%	5,68%	4,92%
Europa Meridionale	8,26%	91,74%	0,00%	0,00%	8,26%	91,74%

EXTRA(NETWORK+PACK)	RESA C,D	RESA E,F	Z1	Z2	Z3	Z5	ZT
Africa del Nord	87,60%	12,40%	1,60%	54,00%	38,40%	5,60%	0,40%
Africa Sub-Sahariana (Sud)	65,34%	34,66%	0,44%	15,25%	84,13%	0,00%	0,18%
America del Nord	19,57%	80,43%	0,13%	50,87%	36,66%	0,00%	0,00%
Asia Centrale	23,38%	76,62%	0,00%	2,16%	28,57%	68,40%	0,87%
Europa Centrale	72,76%	27,24%	0,00%	0,00%	96,89%	3,11%	0,00%
Europa del Nord	82,65%	17,35%	0,00%	3,06%	96,94%	0,00%	0,00%
Africa Centrale	52,83%	47,17%	7,55%	20,75%	69,81%	1,89%	0,00%
America Centrale	15,32%	84,68%	5,19%	29,35%	52,99%	0,00%	0,00%
America del Sud	19,49%	80,51%	2,95%	47,59%	40,59%	0,00%	0,08%
Asia Occidentale	51,48%	48,52%	0,00%	11,39%	88,19%	0,42%	0,00%
Asia Sud - Orientale	65,07%	34,93%	0,86%	4,52%	65,41%	18,65%	0,00%
Europa Meridionale	84,24%	15,76%	0,00%	0,30%	94,06%	3,27%	2,36%
Oceania	3,17%	96,83%	6,35%	11,11%	61,90%	0,00%	0,00%

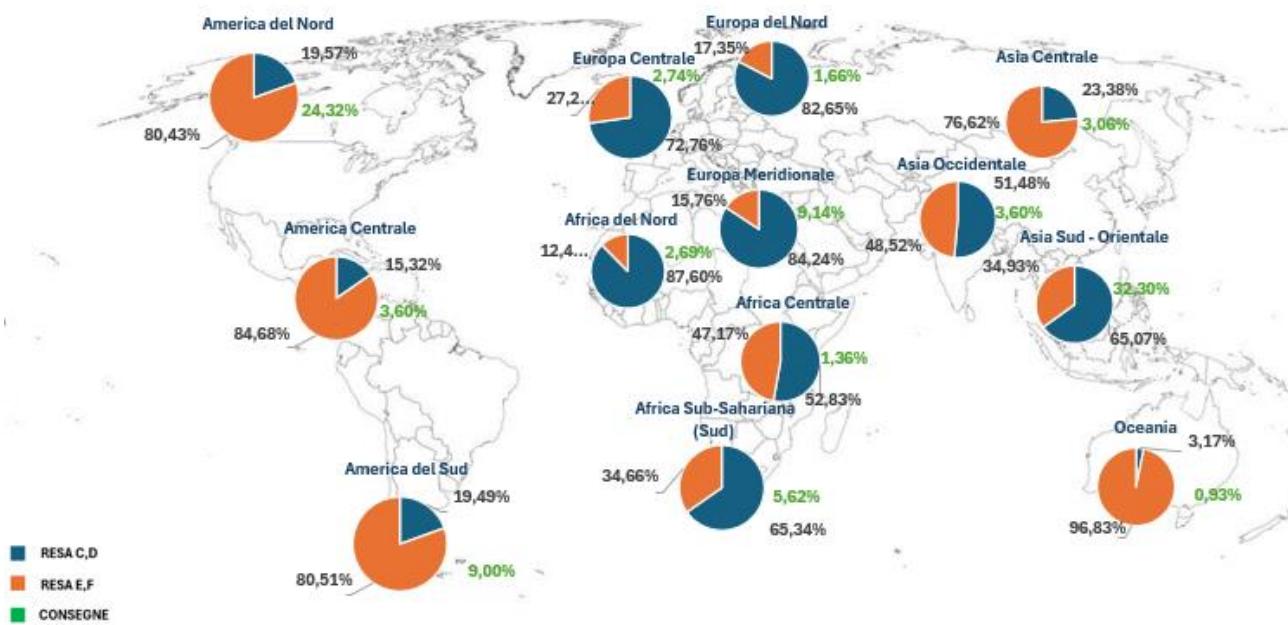
I grafici riassuntivi del 2022 sono i seguenti:

TIPO RESA E CONSEGNE VERSO INTRAGRUPPO - 2022



Anche qui, la situazione verso le consociate è la medesima del 2019, ovvero la maggior parte delle consegne vengono consegnate tra America e Asia, con la differenza che in Asia abbiamo una prevalenza di spedizioni con resa C,D.

TIPO RESA E CONSEGNE VERSO CLIENTI DIRETTI - EXTRAGRUPPO 2022



Anche qui, come nel 2019, il mercato è molto variegato, la resa C,D minore si ha sempre in America, in Oceania si ha un mercato molto basso. In questo caso, a differenza del 2019, si ha una maggiore quantità di consegne in Asia rispetto all'America, in Europa e Africa il mercato è rimasto pressoché simile. Anche in questo caso, la resa C, D è prevalente rispetto a quella E,F su tutto il mondo tranne che in America.

7.6 Rigid 2023

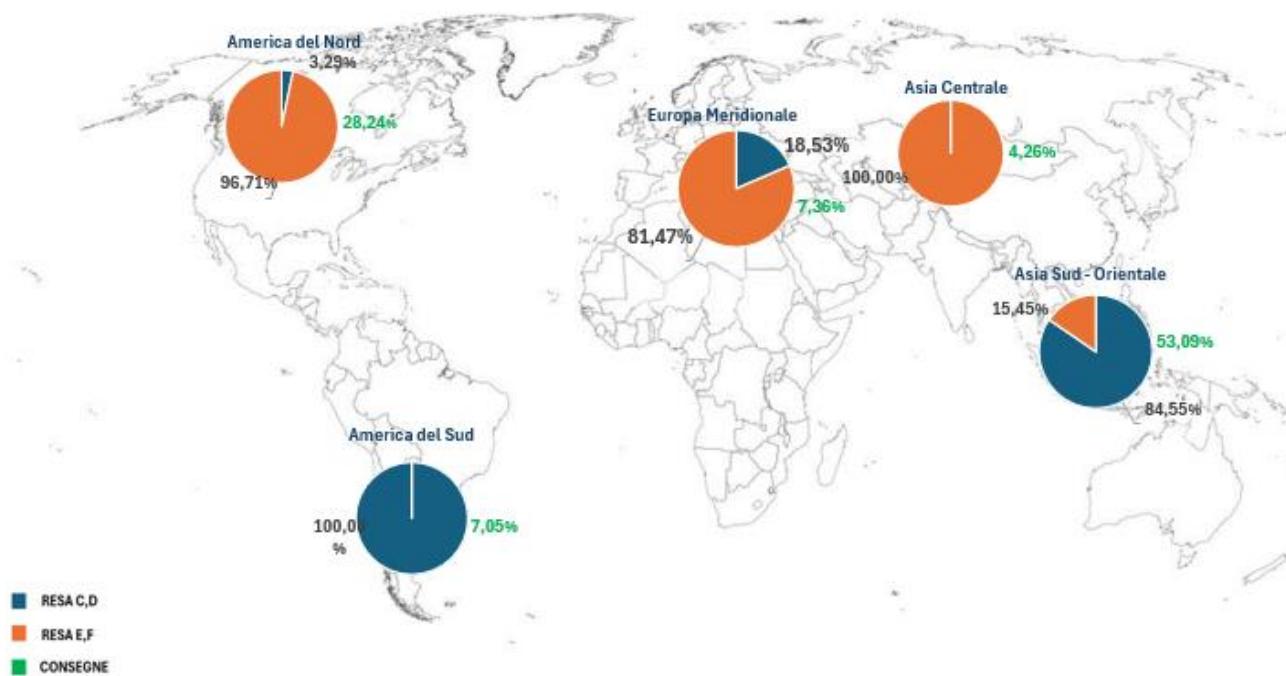
Per concludere vediamo il 2023, gli step sono identici agli altri due anni. Anche qui ricavo, consegne, Odv, righe di ordine e committenti sono maggiori nelle stesse aree geografiche del 2019 e 2022(ovviamente in tutti e 3 gli anni cambiano i valori, ma la “classifica” resta la stessa). Inoltre, la percentuale di resa C, D, come gli altri anni, resta sempre sul 50% sia per l'intragruppo che extragruppo. Più precisamente, il 2023 presenta la percentuale di resa C D verso le consociate più alta rispetto agli altri due anni analizzati, pari al 55,31%, mentre verso l'extragruppo è del 46,63%. Come per gli altri due anni, ecco una sintesi del tipo resa e tipo spedizione per area geografica:

2023							
INTRA	RESA C,D	RESA E,F	Z1	Z2	Z3	Z5	
America del Nord	3,29%	96,71%	0,48%	87,95%	11,57%	0,00%	
Asia Centrale	0%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	
America del Sud	100,00%	0,00%	5,74%	94,26%	0,00%	0,00%	
Asia Sud - Orientale	84,55%	15,45%	0,54%	93,58%	4,79%	1,09%	
Europa Meridionale	18,53%	81,47%	0,00%	0,00%	18,53%	81,47%	

EXTRA(NETWORK+PACK)	RESA C,D	RESA E,F	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	ZT
Africa del Nord	75,27%	24,73%	2,51%	47,31%	41,22%	0,00%	6,81%	2,15%
Africa Sub-Sahariana (Sud)	67,43%	32,57%	0,59%	26,41%	73,00%	0,00%	0,00%	0,00%
America del Nord	17,34%	82,66%	0,02%	45,06%	45,66%	0,00%	0,00%	0,00%
Asia Centrale	8,89%	91,11%	0,00%	2,70%	9,16%	0,00%	88,14%	0,00%
Europa Centrale	60,48%	39,52%	0,00%	0,00%	96,22%	0,00%	3,44%	0,34%
Europa del Nord	89,92%	10,08%	0,00%	2,33%	97,67%	0,00%	0,00%	0,00%
Africa Centrale	44,44%	55,56%	3,70%	33,33%	61,11%	0,00%	0,00%	1,85%
America Centrale	18,04%	81,96%	4,11%	31,01%	51,11%	0,00%	0,00%	0%
America del Sud	12,69%	87,31%	1,23%	41,03%	45,86%	0,00%	0,00%	0,00%
Asia Occidentale	52,77%	47,23%	0,74%	9,23%	89,67%	0,00%	0,37%	0,00%
Asia Sud - Orientale	64,68%	35,32%	0,80%	26,27%	39,34%	0,03%	18,73%	0,02%
Europa Meridionale	83,80%	16,20%	0,00%	0,19%	93,81%	0,00%	2,31%	3,50%
Oceania	11,27%	88,73%	7,04%	15,49%	30,99%	0,00%	0,00%	0,00%

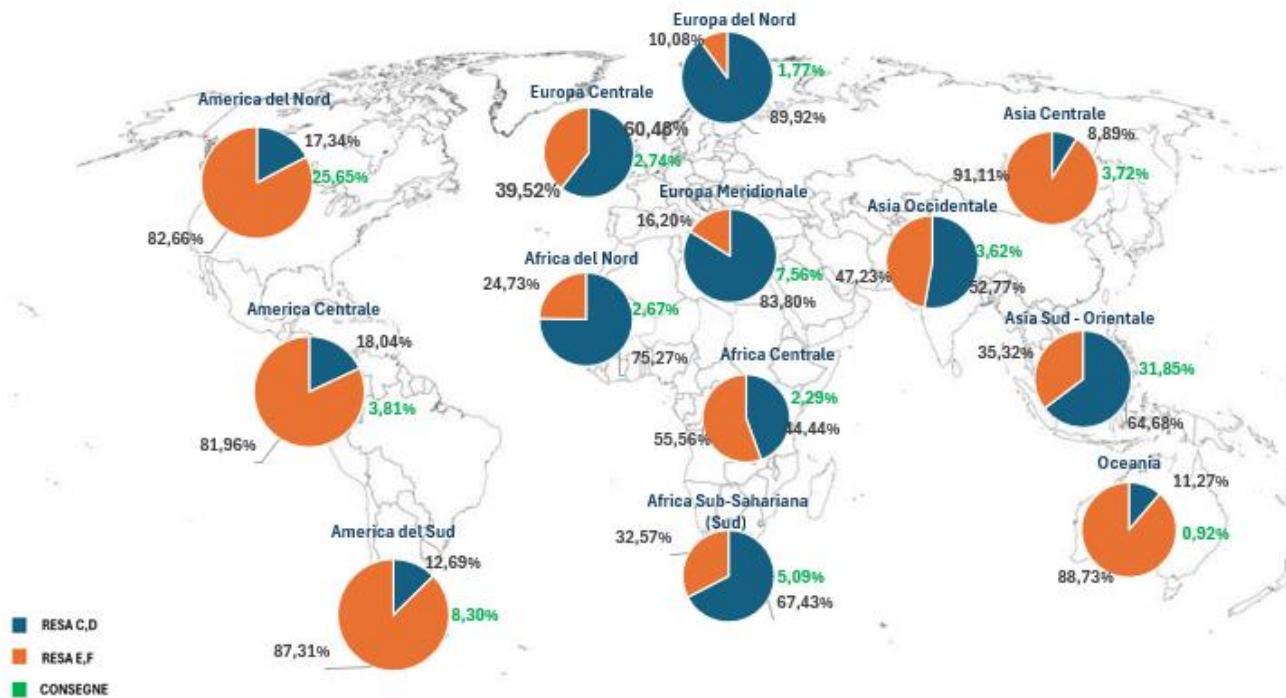
I grafici riassuntivi del 2023 sono i seguenti:

TIPO RESA E CONSEGNE VERSO INTRAGRUPPO - 2023



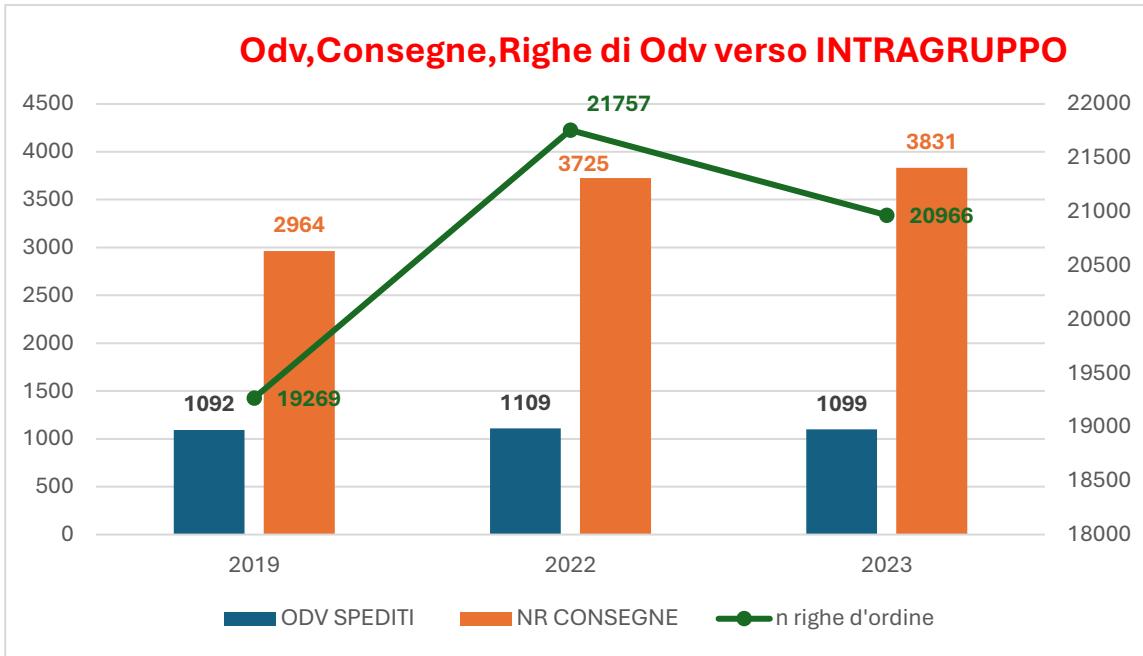
Anche nel 2023, per quanto riguarda l'America si ha sempre una resa E ed F che prevale su quella C D, oltre ad avere una percentuale di consegne sempre superiore al 30% e una crescita costante dal 2019 (Le consegne sono aumentate di circa il 5%). In Europa si nota invece un calo di consegne anche qui di circa il 5% rispetto gli anni precedenti. L'Asia ricopre sempre la maggior parte del mercato internazionale, con una percentuale di consegne sempre maggiore del 50% ed una resa C D nettamente superiore a quella E ed F.

TIPO RESA E CONSEGNE VERSO CLIENTI DIRETTI - EXTRAGRUPPO 2023

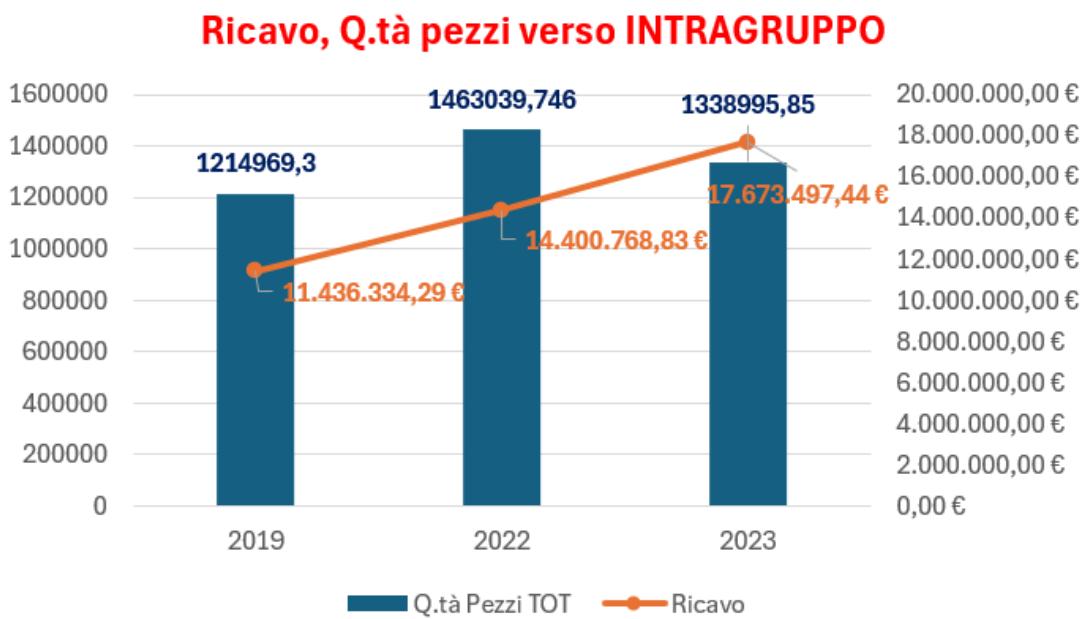


La distribuzione del mercato, così come nel 2019 e nel 2022, è molto variegata. La situazione dei singoli continenti del 2023, in percentuale, è analoga a quella del 2022. Infatti anche qui, l'Oceania è l'ultima in classifica, l'Asia presenta sempre la maggiore percentuale di consegne ed una resa C,D elevata, l'America segue l'Asia in termini di quantità di consegne ma al contrario prevale una resa E,F su quella C,D. L'Africa ha sempre una percentuale di consegne pari al 10%, con un elevato tasso di resa C, D; l'Europa presenta una percentuale di consegne leggermente più bassa rispetto al 2019 e al 2022 (dove si aggirava sempre intorno al 13,5%), con una percentuale di circa il 12%.

Ora invece verranno mostrati dei grafici che hanno come obiettivo quello di sintetizzare l'andamento del Rigid nei 3 anni, mostrando alcuni dei PI precedentemente elencati:

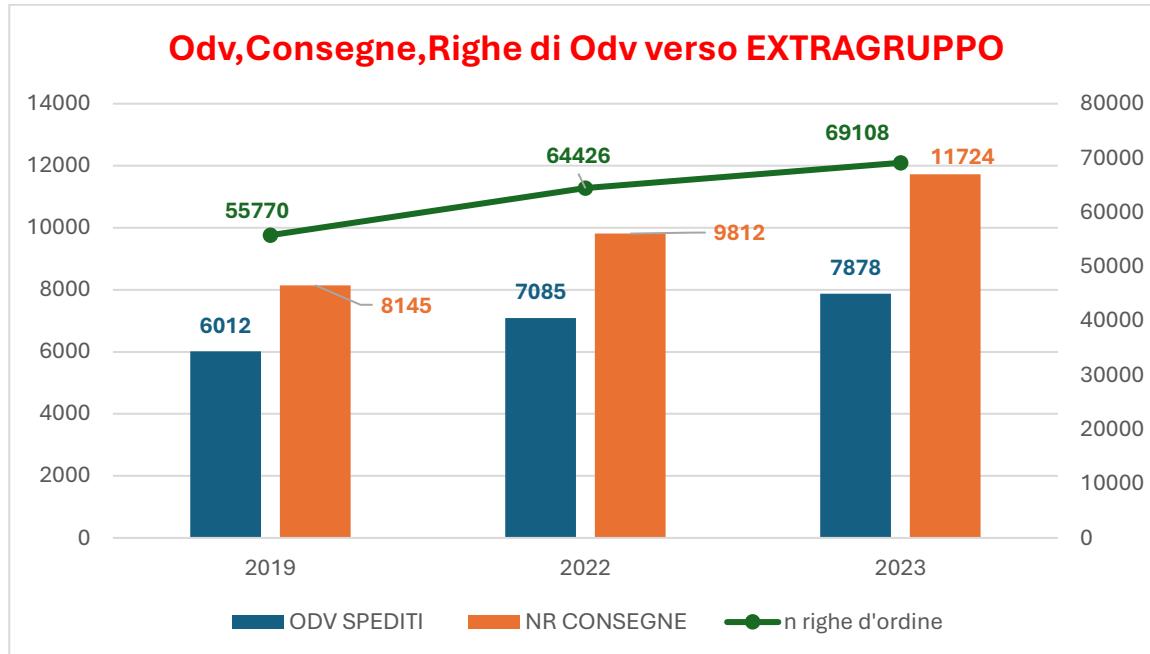


Si può notare da questo grafico come effettivamente il numero di consegne verso le consociate sia sempre nettamente maggiore rispetto a quello degli ordini, più del doppio, e anche come nel corso degli anni il numero di consegne sia sempre aumentato nonostante il numero di ordini è rimasto pressoché simile. Questo vuol dire che vengono fatti molti parziali di ordini, infatti, in generale, verso le consociate si fanno spedizioni settimanalmente, a prescindere se l'ordine è completo, ovvero se abbiamo tutte le righe (e quindi i ricambi) pronti o meno. Per quanto riguarda la quantità di righe di ordine, invece, è stato abbastanza altalenante ma comunque sempre rimasto nell'intorno di 20000 righe annue.

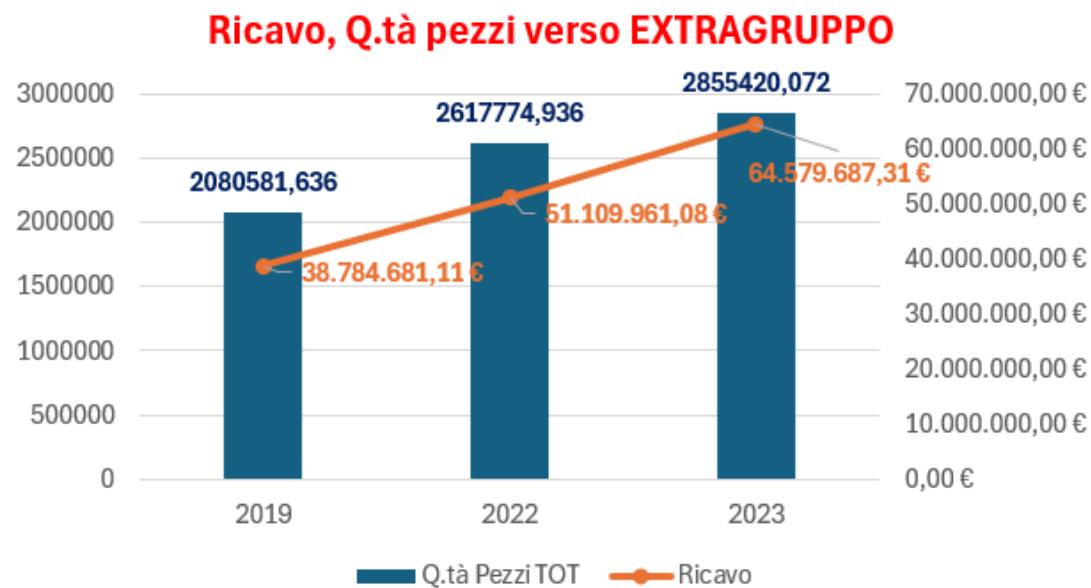


Da questo grafico invece si evidenzia come il ricavo negli anni è aumentato, questo vuol dire che il rigid è un business in crescita. Anche la quantità di pezzi, e quindi di ricambi spediti è stato molto elevato.

A livello di extragruppo, invece, abbiamo la seguente situazione:



Anche in questo caso possiamo notare come le consegne sono maggiori rispetto agli ordini, tuttavia non vi è lo stesso rapporto che avevamo nel caso dell'intragruppo. Infatti, prima era più elevato dovuto ai consolidati (gli ordini settimanali a prescindere dal livello di completezza dell'ordine), invece verso i clienti diretti si "cerca" di completare l'ordine prima di spedirlo, anche se ciò non avviene sempre. La quantità di righe spedite è inoltre cresciuta con costanza.



Anche vedendo il ricavo dell'extragruppo, possiamo confermare che il rigid sia un business in crescita. Allo stesso modo, così come per le consociate, la quantità di pezzi spediti è andato via via crescendo.

7.7 Osservazioni AS IS

Definire l'AS-IS è stato molto utile per comprendere i flussi logistici di Sacmi, per avere una situazione molto chiara, una "fotografia" dello stato attuale. Anche gli indicatori che poi non sono stati utilizzati ai fini del TO-BE sono stati comunque fondamentali per comprendere a pieno le dinamiche aziendali.

L'analisi del modello AS IS per il business Rigid ha evidenziato diverse criticità, principalmente legate alla gestione dei costi di trasporto, alla distribuzione delle consegne e alla concentrazione del mercato:

1) **Alti costi di trasporto a carico di SACMI Imola**

Una delle principali problematiche riscontrate riguarda l'elevata percentuale di spedizioni effettuate con resa **C, D**, ovvero con costi di trasporto a carico di SACMI Imola. Tale percentuale è risultata in crescita nel corso degli anni:

- **2019:** 36,76% per l'intragruppo e 45,39% per l'extragruppo;
- **2022:** 45,69% e 50%;
- **2023:** 55,31% e 46,63%.

Questa tendenza indica che un'elevata percentuale delle spedizioni è finanziata direttamente da SACMI Imola, con impatti significativi sui costi operativi e sulla sostenibilità economica della logistica.

2) **Aumento del numero di consegne rispetto agli ordini**

Si è riscontrato che il numero di consegne supera di oltre il doppio quello degli ordini per quanto riguarda l'intragruppo, presenta un rapporto più basso invece l'extragruppo. Tale asimmetria evidenzia un'elevata incidenza di spedizioni parziali, dovute alla pratica di spedire settimanalmente indipendentemente dal completamento dell'ordine. Questo fenomeno comporta un incremento nei costi di gestione logistica e di trasporto.

3) **Concentrazione del mercato in specifiche aree geografiche**

L'analisi ha mostrato che il mercato di riferimento per il business Rigid è prevalentemente concentrato in **Asia Sud-Orientale e America del Nord**, con una minore incidenza delle spedizioni verso Europa e altre regioni. Questa distribuzione implica un'elevata dipendenza da specifici mercati, con il rischio di impatti negativi in caso di variazioni della domanda o instabilità economiche in tali aree.

La visione dell'AS IS ha messo dunque in luce la grande varietà nella distribuzione del mercato, evidenziando come i flussi logistici siano complessi e diversificati. In questo contesto, una possibile metodologia per ottimizzare la collocazione dei magazzini è la minimizzazione dei costi di trasporto. Questo approccio prevede l'analisi delle aree di domanda, la distanza dai clienti, nonché la valutazione delle infrastrutture disponibili, al fine di ridurre il tempo e i costi di distribuzione. L'integrazione di modelli matematici inoltre permette di migliorare l'efficienza della rete logistica, garantendo maggiore reattività e sostenibilità operativa.

Si noti come, ad oggi, le spedizioni in ambito Rigid avvengono mediamente al 50% con un tipo resa C e D sia verso le consociate, sia verso i clienti diretti. Per tale motivo si è deciso di localizzare i nuovi magazzini, o comunque di valutare la posizione attuale di quelli ad oggi esistenti, mediante un modello di ottimizzazione che vada a minimizzare i costi di trasporto a carico di Sacmi Imola, ovvero tutte le spedizioni con un tipo resa C o D. Assunzioni tipiche nella risoluzione di questi problemi sono le seguenti:

- 1. Assumere i costi del trasporto proporzionali alla distanza percorsa e al peso trasportato**
- 2. Ipotizzare il passaggio della merce necessariamente dal magazzino prima di arrivare al cliente finale**

7.8 Costi del trasporto e distanze

L'idea è stata quella di calcolare un costo medio di trasporto per ogni mezzo, ovvero per la nave, l'aereo, il corriere veloce ed il camion. Tale costo è stato espresso in funzione della distanza e del peso, così da poter essere utile nel modello di ottimizzazione che verrà spiegato nel prossimo capitolo. Per il calcolo dei costi di trasporto, sono stati seguiti i seguenti step:

- 1) Il primo passo è stato utilizzare il database di partenza e, per ogni Odv spedito verso uno specifico destinatario merci, prendere il suo costo di trasporto totale. Per fare ciò è stata filtrata la colonna del tipo materiale(colonna Z) con la voce "DIEN" ed il codice materiale(colonna P) con le voci "TRA_BORDO_V", "TRA_TERRA_V", "NOLO", "NOLO_", andando ad escludere così tutte le altre voci di queste colonne. In questo modo si sono evidenziati i costi di servizio per ogni Odv spedito verso uno specifico destinatario, ma sono espressi appunto in euro. Per quanto riguarda i DIEN con cod mat TRA-BORDO,TRA-TERRA,NOLO, si hanno molte informazioni solo per PACK(ovvero Sacmi Imola), di meno per il network. Per tale motivo, l'analisi per determinare un costo medio di trasporto è stata effettuata basandosi sui dati di PACK.
- 2) Sono state calcolate le distanze dall'organizzazione commerciale da cui fuoriusciva la merce al cliente utilizzando latitudine e longitudine di ogni attore, ipotizzando una

distanza lineare tra i due punti. Per la distanza si è utilizzata la seguente formula, ottenuta mediante ricerche, denominata **formula del cerchio massimo**:

$\text{acos}(\sin(\text{lat1}) * \sin(\text{lat2}) + \cos(\text{lat1}) * \cos(\text{lat2}) * \cos(\text{lon2} - \text{lon1})) * 6371$ (Ps: 6371 is Earth radius in km.)

L'idea alla base è che due punti sulla superficie terrestre possono essere rappresentati come vettori tridimensionali partendo dal centro della Terra. La distanza tra di loro si può trovare calcolando l'angolo tra questi due vettori e moltiplicandolo per il raggio terrestre. Entrando più nel dettaglio:

- 1) $\sin(\text{lat1}) * \sin(\text{lat2}) \rightarrow$ Questo tiene conto della componente verticale (Nord Sud) dei due punti.
- 2) $\cos(\text{lat1}) * \cos(\text{lat2}) \rightarrow$ Questo tiene conto della componente orizzontale (Est Ovest) dei due punti.
- 3) $\cos(\text{lon2} - \text{lon1}) \rightarrow$ Questa parte tiene conto della differenza di longitudine tra i due punti e di come essa influisce sulla distanza totale.
- 4) 1)+2)+3) serve a calcolare il coseno dell'angolo θ tra i due punti.
- 5) $\text{arccos}(\text{risultato ottenuto sopra}) \rightarrow$ ci permette di ottenere l'angolo effettivo tra i due punti sulla sfera.
- 6) $\theta * 6371 \rightarrow$ converte i radianti in Km.

In generale, la latitudine misura quanto un punto è a nord o a sud dell'equatore. La longitudine invece quanto quel punto è ad est o ovest del meridiano di Greenwich

- 3) Successivamente si sono sommati i pesi delle righe di un determinato ODV, andando a sommare quindi i pesi dei codici materiali di quest'ultimo.
- 4) È stato diviso il costo di trasporto totale di quello specifico Odv (calcolato al punto 1) sul prodotto tra il peso totale dell'ordine (calcolato al punto 3) moltiplicato per la distanza (calcolato al punto 2)
- 5) Facendo la media dei costi di trasporto ottenuti per ogni riga filtrando per tipo di spedizione, si sono ottenuti un valore di costo medio univoco per ogni tipo di spedizione.

Di seguito verrà fatto vedere una parte del database per far capire meglio quanto detto; le celle in verde evidenziano le coordinate (latitudine e longitudine), in giallo invece il costo totale di trasporto dell'OdV, il peso totale dell'ordine, la distanza tra venditore e compratore ed infine, l'ultima colonna, presenta il costo medio di trasporto ottenuto per quella riga.

VENDIT	OD	LAT	LONG	SOLO DIEN(NOLO,TRA...)										acos(sin(lat1)*			
				INCO1	Tipo	Costo	Peso	CLIE	descr cliente	Descr	Descr	Ann	Dest Ir	LAT	LONG	DISTAN	C. trasp m
PACK	50000	44,367	11,7287	DAP	Z3	132,00 €	5,934	416123	TASH-PET LLC	Uzbekist	Asia del N	2019	Extragrupp	41,7635	63,1515	4118,35	0,0054014 €
PACK	50000	44,367	11,7287	CPT	Z2	665,00 €	120,47	416842	MEGAPAK	Zimbab	Africa Sub	2019	Extragrupp	-17,852	30,9871	7189,73	0,0007678 €
PACK	50000	44,367	11,7287	CPT	Z2	895,00 €	460,471	417667	F.M. NOORDIN & C	Singapo	Asia Sud	2019	Extragrupp	1,28362	103,852	10076,6	0,0001929 €
PACK	50000	44,367	11,7287	CPT	Z3	13,00 €	22,57	205558	ACQUA MINERALE	Italia	Europa Me	2019	Extragrupp	45,671	12,1473	148,68	0,0038740 €
PACK	50000	44,367	11,7287	CPT	Z3	44,00 €	19,76	420600	B.C.O.	Francia	Europa Me	2019	Extragrupp	48,2784	2,2409	847,62	0,0026270 €
PACK	50000	44,367	11,7287	CPT	Z2	440,00 €	67,59	411641	AST BEVERAGE LI	Banglad	Asia Sud	2019	Extragrupp	23,7063	90,5075	7326,51	0,0008885 €
PACK	50000	44,367	11,7287	DAP	Z3	38,00 €	0,32	ECE016	SACMI SINGAPOR	Singapo	Asia Sud	2019	Intragrupp	1,33528	103,904	10076,6	0,0117848 €
PACK	50000	44,367	11,7287	CPT	Z5	305,00 €	157,012	801547	INDUSCAP S.A.	Marocc	Africa del I	2019	Extragrupp	31,8414	-6,2813	2094,53	0,0009274 €
PACK	50000	44,367	11,7287	CPT	Z3	17,00 €	0,433	400481	SOLOCAP MAB S.	Francia	Europa Me	2019	Extragrupp	48,1895	5,88733	617,889	0,0635405 €
PACK	50000	44,367	11,7287	DAP	Z3	522,83 €	9,046	800616	SAZEH CERAMIC	Iran	Asia Centr	2019	Extragrupp	35,7574	51,4524	3476,19	0,0166265 €
PACK	50000	44,367	11,7287	CPT	Z5	143,00 €	848,7	201990	PELLICONI ABRUZ	Italia	Europa Me	2019	Extragrupp	42,1395	14,4413	331,031	0,0005090 €
PACK	50000	44,367	11,7287	DAP	Z3	233,00 €	8,157	404800	CORRENS CORPO	Giappor	Asia Sud	2019	Extragrupp	35,6637	139,813	9682,49	0,0029471 €
PACK	50000	44,367	11,7287	DAP	Z3	240,74 €	21,649	402849	TAPAS CORONA M	Venezue	America del S	2019	Extragrupp	10,5118	-66,859	8287,94	0,0013417 €
PACK	50000	44,367	11,7287	CPT	Z3	30,00 €	3,76	419277	TETRA PAK CLOS	Francia	Europa Me	2019	Extragrupp	46,6238	2,45556	764,547	0,0104359 €
PACK	50000	44,367	11,7287	DAP	Z3	49,00 €	0,36	411798	ALSA MODERN	Arabia S.	Asia Centr	2019	Extragrupp	24,6082	46,7831	3846,31	0,0353875 €
PACK	50000	44,367	11,7287	CPT	Z3	25,00 €	1,28	400440	PLUTAL 2000	Slovenia	Europa Ce	2019	Extragrupp	46,0331	14,4622	283,15	0,0689785 €
PACK	50000	44,367	11,7287	DAP	Z3	40,00 €	0,8	412981	SHIN SUNG INNO	Corea di S	Asia Sud	2019	Extragrupp	36,3058	127,567	8964,8	0,0055774 €
PACK	50000	44,367	11,7287	DAP	Z3	188,00 €	14,79	405565	ALCAP AMBALAJ S	Turchia	Asia Sud	2019	Extragrupp	39,9656	32,5766	1781,03	0,0071370 €
PACK	50000	44,367	11,7287	DAP	Z3	72,00 €	3,616	405565	ALCAP AMBALAJ S	Turchia	Asia Sud	2019	Extragrupp	39,9656	32,5766	1781,03	0,0111798 €

Facendo la media dell'ultima colonna della tabella soprastante per ogni tipo spedizione, si sono ottenuti i seguenti risultati che verranno mostrati di seguito:

Z1(Nave) → 0,00128 eur/kg*km

Z2(Aereo) → 0,04547 eur/kg*km

Z3(Corriere veloce) → 0,06878 eur/kg*km

Z5(Camion) → 0,02339 eur/kg*km

Dunque, il mezzo più economico risulta la nave, quello più costoso è invece il corriere veloce seguito dall'aereo. Questi risultati sono frutto di assunzioni basandosi comunque su dati reali e, infatti, la classifica dei mezzi di trasporti da quello più economico a quello più costoso è in linea con la realtà.

Ora che è stato definito in maniera adeguata l'AS-IS ed anche come sono stati calcolati su base di assunzioni sia distanze che costi di trasporto, si può procedere alla spiegazione del modello di ottimizzazione e di conseguenza al TO-BE.

8 TO-BE Rigid

8.1 Spiegazione modello

Per capire l'area geografica in cui andare a collocare i magazzini, è stato ipotizzato il worst case, ovvero la casistica in cui tutta la merce prima di arrivare al cliente finale debba passare necessariamente dal magazzino. Questo è stato molto utile in quanto si è tenuto conto di tutti i clienti sparsi nel mondo, anche quelli che oggi vengono serviti in maniera diretta da Imola senza passare prima da un magazzino (Non è sempre così, uno stesso cliente può essere servito sia dal magazzino, sia da Imola direttamente, dipende da molti fattori). Se non si fosse seguita questa strategia, non si sarebbero considerati molti dati arrivando a conclusioni errate. Di conseguenza, quando si parlerà di costi di trasporto nell' AS IS, nel caso in cui esistano già dei magazzini in quel continente, per coerenza con il TO BE verrà ipotizzato il passaggio dei ricambi sempre prima dal magazzino per arrivare al cliente finale, in modo da capire se la localizzazione odierna dei magazzini sia ottima, o se, al contrario, ne esisterebbero delle migliori. Nel caso in cui invece un continente ad oggi non presenti magazzini, allora in quel caso l'AS IS sarà pari alla somma dei costi di trasporto dei flussi diretti, dunque non verranno fatte alcune ipotesi. Ricordiamo che l'obiettivo è quello di minimizzare i costi di trasporto con tipo resa C e D. Per tradurre in termini matematici quanto detto, si è utilizzato il seguente modello:

Sets:

$i \in I \rightarrow$ Prodotti (i ricambi, ovvero tutti i codici materiali spediti)

$p \in P \rightarrow$ Locazione degli impianti produttivi (solo imola)

$d \in D \rightarrow$ Locazione dei magazzini

$r \in R \rightarrow$ Clienti

$m \in M \rightarrow$ Mezzi di trasporto (nave, aereo, camion, corriere veloce...)

Subsets:

$(i, p) \in PI \rightarrow$ indica quali prodotti possono essere realizzati in quali stabilimenti produttivi

$(i, r) \in RI \rightarrow$ Indica quali prodotti devono essere consegnati a quali clienti

$(i, d) \in ID \rightarrow$ Indica quali prodotti possono essere immagazzinati nei vari centri di distribuzione

$PDM \rightarrow$ Indica le possibili combinazioni di trasporto tra impianti produttivi e centri di distribuzione

$DRM \rightarrow$ Indica le possibili combinazioni di trasporto tra centri di distribuzione e clienti

$IPDM \rightarrow$ Indica quali prodotti possono essere trasportati lungo una specifica rotta tra impianti e centri di distribuzione

$IDRM \rightarrow$ Indica quali prodotti possono essere trasportati lungo una specifica rotta tra centri di distribuzione e clienti

Parameters:

$d_i \rightarrow$ Domanda totale del prodotto i

$d_{ir} \rightarrow$ Domanda del prodotto i richiesta dal cliente r

$fc_d^{wh} \rightarrow$ Costo apertura di un magazzino d

$\varphi_d^{wh} \rightarrow$ Capacità di stoccaggio di un centro di distribuzione

$Ti_d \rightarrow$ Numero di rotazioni di inventario previste in un centro di distribuzione

$c_m^t \rightarrow$ Costo di trasporto del mezzo m

$D_{pdm} \rightarrow$ Distanza tra uno stabilimento produttivo e un centro di distribuzione usando uno specifico mezzo di trasporto

$w_i \rightarrow$ Peso di un'unità di spedizione di un prodotto (Quindi il peso di ogni singolo ricambio)

$D_{drm} \rightarrow$ Distanza tra un centro di distribuzione e un cliente usando uno specifico mezzo di trasporto

Variabili decisionali:

1) $y_d \in (0,1) \quad \forall d \in D \rightarrow$ Variabile binaria, 1 se viene aperto un magazzino in d, 0 altrimenti

2) $x_{ipdm} \quad \forall (p, d, m) \in PDM: (i, p) \in PI, \quad \forall i \rightarrow$ flusso di merce dei prodotti dagli stabilimenti produttivi ai centri di distribuzione

3) $x'_{idrm} \quad \forall (d, r, m) \in DRM, \forall i \rightarrow$ flusso di merce dei prodotti dai centri di distribuzione ai clienti

funzione obiettivo:

$$\begin{aligned} \min \sum_{d \in D} & f c_d^{wh} * y_d \\ & + \sum_{i \in I} \sum_{pdm \in PDM: (i,p) \in PI} (d_{pdm}^t * c_m^t * w_i) * x_{ipdm} \\ & + \sum_{i \in I} \sum_{(d,r,m) \in DRM} (d_{drm}^t * c_m^t * w_i) * x'_{idrm} \end{aligned}$$

Vincoli:

$$\begin{aligned} \sum_{d,m:(d,r,m) \in DRM} x'_{idrm} &= d_{i,r} \quad \forall (i,r) \in RI && \text{Demand Fulfillment} \\ \sum_{p,m:(pdm) \in PDM} x_{ipdm} &\geq \sum_{r,m:(d,r,m) \in DRM} x'_{idrm} \quad \forall i \in I, \quad \forall d \in D && \text{Balancing Flow} \\ \sum_{i \in I} \sum_{r,m:(d,r,m) \in DRM} x'_{idrm} * w_i &\leq \varphi_d^{wh} * y_d * T_d^i \quad \forall d \in D && \text{Storage Capacity} \end{aligned}$$

Dunque, la funzione obiettivo ha come scopo quello di minimizzare i costi totali, considerando sia quelli dovuti alla costruzione del magazzino stesso, sia quelli di flusso, e quindi di trasporto, verso i magazzini e verso i clienti finali.

Il vincolo Demand Fulfillment assicura che ogni cliente riceva la quantità di prodotto richiesta, e quindi che venga soddisfatta la domanda.

Balancing Flow assicura che il flusso in entrata in un centro di distribuzione sia almeno pari al flusso in uscita. In generale, per ogni nodo di transito, la somma dei flussi degli archi entranti in un nodo è maggiore uguale della somma degli archi uscenti da quel nodo.

Il vincolo Storage Capacity limita il flusso di prodotti da un centro di distribuzione ai clienti in base alla capacità di stoccaggio.

N.B: $(d_{pdm}^t * c_m^t * w_i) * x_{ipdm} = \left(Km * \frac{\text{euro}}{Kg * Km} * \frac{Kg}{\text{unità}} \right) * \text{unità} = \text{euro}$

Dunque, il risultato della funzione obiettivo sarà espresso in euro.

Questo modello è stato applicato su ogni continente, sia per il business Rigid che Tiles, in modo da trovare l'area geografica ottima in cui collocare il magazzino. Per far questo, si è deciso di utilizzare la domanda avuta nell'AS-IS del 2023, in quanto quella più recente, così

come i clienti, i prodotti spediti ed in generale tutti i dati utili per il modello sopra scritto. Nel prossimo paragrafo verrà mostrata la scrittura di tale modello su AMPL.

8.2 Spiegazione scrittura *AMPL* e relazioni logiche su access

Come si era già preannunciato nella parte iniziale di questa tesi, nella parte di letteratura, su AMPL è necessario creare tre differenti file:

- 1) Mod File
- 2) Run File
- 3) Data File (mediante Access)

Di seguito verrà mostrata la scrittura del modello di ottimizzazione precedentemente spiegato mediante il mod file e run file. Inoltre, mediante un'immagine, si vedrà come si presenta il database su Access (ovvero il data file) che viene invocato dal run file per far capire al lettore le relazioni logiche stabilite tra le varie tabelle create.

Il mod file del modello di ottimizzazione è il seguente:

```
#SETS
set PRODUCT;
set LOCATION_FACILITIES;
set LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER;
set CUSTOMERS;
set TRANSPORT;

#SUBSETS
set PI within (PRODUCT cross LOCATION_FACILITIES);
set IR within (PRODUCT cross CUSTOMERS);
set ID within (PRODUCT cross LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER);
set PDM within (LOCATION_FACILITIES cross LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER cross TRANSPORT);
set DRM within (LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER cross CUSTOMERS cross TRANSPORT);
set IPDM within (PDM cross PRODUCT);
set IDRM within (DRM cross PRODUCT);

#PARAMETERS
param fcwh{LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER} >=0;
param dtot{PRODUCT} >= 0;
param dm{IR} >= 0;
param capP{PI} >= 0;
param capwh{LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER} >= 0;
param Ti{LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER} >= 0;
param ct{TRANSPORT} >= 0;
param Dpdm{PDM} >= 0;
param w{PRODUCT} >= 0;
param Ddrm{DRM} >= 0;

# DECISION VARIABLES
# facilities node based
var y1{LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER} binary;
# flow based
var x{IPDM} >= 0;
var x1{IDRM} >= 0;
```

```

# OBJECTIVE FUNCTION

minimize TotalCost: sum {d in LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER} fcwh[d] * y1[d] + sum {(p,d,m,i) in IPDM: (i,p)
in PI} (Dpdm[p,d,m] * ct[m] * w[i]) * x[p,d,m,i] + sum {(d,r,m,i) in IDRM: (i,d) in ID} (Ddrm[d,r,m] * ct[m]
* w[i]) * x1[d,r,m,i];

# CONSTRAINTS
subject to DemandFulfillment {(i,r) in IR}: sum {(d,r,m,i) in IDRM} x1[d,r,m,i] = dm[i,r];
subject to FlowBalancing {i in PRODUCT, d in LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER}: sum {(p,d,m,i) in IPDM}
x[p,d,m,i] >= sum {(d,r,m,i) in IDRM} x1[d,r,m,i];
subject to StorageCapacity {d in LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER}: sum {(d,r,m,i) in IDRM} (x1[d,r,m,i] * w[i])
<= capwh[d] * Ti[d] * y1[d];

```

Il run file, invece, si presenta nel seguente modo:

```

reset;

model AFRICAFINAL.mod;

table PRODUCT IN 'odbc' "AFRICAFINAL.accdb":
PRODUCT <- [PRODID], dtot, w;
read table PRODUCT;

table LOCATION_FACILITIES IN 'odbc' "AFRICAFINAL.accdb":
LOCATION_FACILITIES <- [FACID];
read table LOCATION_FACILITIES;

table LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER IN 'odbc' "AFRICAFINAL.accdb":
LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER <- [DISTRID], fcwh, capwh, Ti;
read table LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER;

table CUSTOMERS IN 'odbc' "AFRICAFINAL.accdb":
CUSTOMERS <- [CUSTID];
read table CUSTOMERS;

table TRANSPORT IN 'odbc' "AFRICAFINAL.accdb":
TRANSPORT <- [TRANSID], ct;
read table TRANSPORT;

table PI IN 'odbc' "AFRICAFINAL.accdb" "PI":
PI <- [PRODID, FACID];
read table PI;

table IR IN 'odbc' "AFRICAFINAL.accdb" "IR":
IR <- [PRODID, CUSTID], dm;
read table IR;

table ID IN 'odbc' "AFRICAFINAL.accdb" "ID":
ID <- [PRODID, DISTRID];
read table ID;

table PDM IN 'odbc' "AFRICAFINAL.accdb" "PDM":
PDM <- [FACID, DISTRID, TRANSID], Dpdm;
read table PDM;

table DRM IN 'odbc' "AFRICAFINAL.accdb" "DRM":
DRM <- [DISTRID, CUSTID, TRANSID], Ddrm;
read table DRM;

table IPDM IN 'odbc' "AFRICAFINAL.accdb" "IPDM":
IPDM <- [FACID, DISTRID, TRANSID, PRODID];
read table IPDM;

table IDRM IN 'odbc' "AFRICAFINAL.accdb" "IDRM":
IDRM <- [DISTRID, CUSTID, TRANSID, PRODID];
read table IDRM;

```

```

option solver gurobi;
solve;

table LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER_Out 'odbc' "AFRICAFINAL.accdb":
[DISTRID], y1;
write table LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER_Out;

table IPDM_Out 'odbc' "AFRICAFINAL.accdb" "IPDM":
[FACID, DISTRID, TRANSID, PRODID], x;
write table IPDM_Out;

table IDRIM_Out 'odbc' "AFRICAFINAL.accdb" "IDRM":
[DISTRID, CUSTID, TRANSID, PRODID], x1;
write table IDRIM_Out;

display sum {d in LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER} fcwh[d] * y1[d];
display sum {(p,d,m,i) in IPDM: (i,p) in PI} (Dpdm[p,d,m] * ct[m] * w[i]) * x[p,d,m,i];
display sum {(d,r,m,i) in IDRIM: (i,d) in ID} (Ddrm[d,r,m] * ct[m] * w[i]) * x1[d,r,m,i];

```

Nel Run File, il comando **reset** cancella tutti i set, parametri, variabili, vincoli e dati definiti in precedenza. Assicura che l'esecuzione inizi da uno stato pulito, prevenendo conflitti da dati o modelli precedentemente caricati.

Model AFRICAFINAL.mod carica il modello di ottimizzazione da un file esterno chiamato AFRICAFINAL.mod che contiene la formulazione matematica del problema, comprese le variabili di decisione, vincoli e funzioni obiettivo.

Table PRODUCT IN 'odbc' "AFRICAFINAL.accdb" serve a definire una tabella denominata PRODUCT e stabilisce una connessione a un'origine dati ODBC (Open Database Connectivity) denominata "AFRICAFINAL.accdb", che è un database di Microsoft Access (ovvero il nostro data file). Questa configurazione permette ad AMPL di leggere i dati strutturati dal database.

PRODUCT <- [PRODID], dtot, w specifica la struttura della tabella PRODUCT, dove PRODID è un identificatore unico per ogni prodotto (chiave primaria), dtot la domanda totale e w il peso di un singolo prodotto (i parametri spiegati in precedenza).

read table PRODUCT; questo comando indica ad AMPL di recuperare i dati dalla tabella PRODUCT nel database e caricarli nel modello. Una volta eseguito, i valori di dtot e w per ogni PRODID saranno disponibili per i calcoli.

Lo stesso discorso vale per le altre tabelle (CUSTOMERS, LOCATION DISTRIBUTION CENTER ecc...), dove ovviamente cambia struttura e parametri della tabella.

Invece **option solver gurobi** e **solve** sono comandi che configurano Gurobi come il risolutore ed eseguono il processo di ottimizzazione, determinando la soluzione migliore in base ai vincoli e alla funzione obiettivo definiti nel modello AFRICAFINAL.mod.

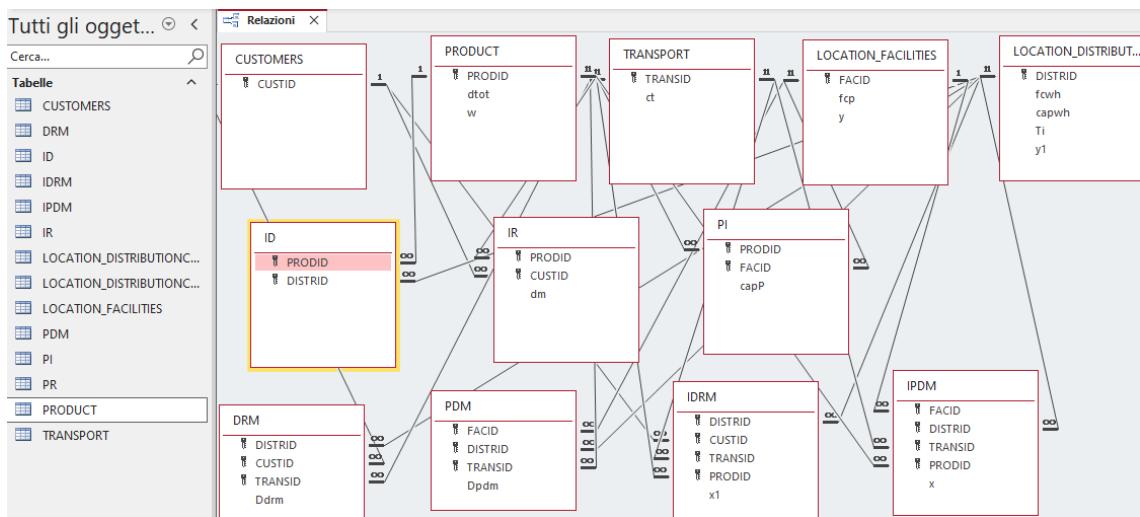
write table LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER_Out significa che invece di caricare i dati dal database, il programma sta scrivendo i dati nel database, indica che il programma sta

cercando di salvare i dati elaborati nel database relativamente alla tabella LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER. Lo stesso discorso vale per le due tabelle IPDM e IDR.M.

Infine, il comando **display** serve a “stampare” e quindi mostrare l’output sulla console di AMPL.

N.B: AFRICAFINAL.mod e AFRICAFINAL.accdb sarebbero rispettivamente il mod file e il data file creati per il continente africano, utilizzato in questo caso come esempio per far capire al lettore la scrittura dei codici. Per tutti gli altri continenti non cambierebbe la struttura del codice, ma ovviamente cambierebbero i dati ed il nome del mod file e data file. (Per America sarà AMERICA.mod e AMERICA.accdb ecc...)

Ecco invece come si presentano le relazioni in un Database Access (per coerenza verrà mostrato quello del continente africano):



Sulla sinistra di questa immagine si hanno tutte le tabelle create, con all’interno i dati, importate da Excel (dove si sono create appunto tutte queste tabelle). Sulla destra vengono invece evidenziate tutte le relazioni logiche. Queste relazioni sono del tipo UNO A MOLTI, e vengono create a partire dalla starting table (PRODUCT, COSTUMERS, LOCATION_D e LOCATION_F) verso quelle integrate (PI, ID, IR ecc.), andando a collegare ogni chiave alla sua corrispondente. (la chiave PRODID di PRODUCT verrà collegata alla chiave PORDID di PI, IR, ID, IDR.M e IPDM). Per comprendere a pieno il funzionamento, ecco un esempio:

PRODUCT→IR: Definire una relazione una a molti tra queste due tabelle, significa che ogni singola riga, e quindi prodotto, che appare nella tabella PRODUCT, verrà combinata a MOLTE righe che contengono quello specifico prodotto nella tabella IR.

Inoltre, quando viene definita una relazione, è molto importante selezionare “Aplica integrità referenziale”. Questo indica che, se viene modificato un valore su una tabella, questo cambiamento sarà trasferito nella tabella a cui è collegata.

Per concludere, ecco un’immagine di come si mostra l’interfaccia Ampl:

```

Current Directory
C:\OPERATIONS LOGISTIC\AFRICA_CD
  AFRICAFINAL.accd
  AFRICAFINAL.mod
  AFRICAFINAL.run

Console
AMPL
ampl:

AFRICAFINAL.mod
ID <- [PRODID, DISTRID];
read table ID;

table PDM IN 'odbc' "AFRICAFINAL.accd" "PDM";
PDM <- [FACID, DISTRID, TRANSID], Ppdm;
read table PDM;

table DRM IN 'odbc' "AFRICAFINAL.accd" "DRM";
DRM <- [DISTRID, CUSTID, TRANSID], Ddrm;
read table DRM;

table IPDM IN 'odbc' "AFRICAFINAL.accd" "IPDM";
IPDM <- [FACID, DISTRID, TRANSID, PRODID];
read table IPDM;

table IDRM IN 'odbc' "AFRICAFINAL.accd" "IDRM";
IDRM <- [DISTRID, CUSTID, TRANSID, PRODID];
read table IDRM;

option solver gurobi;
solve;

table LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER_Out 'odbc' "AFRICAFINAL.accd";
[DISTRID], y1;
write table LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER_Out;

table IPDM_Out 'odbc' "AFRICAFINAL.accd" "IPDM";
[FACID, DISTRID, TRANSID, PRODID], x1;
write table IPDM_Out;

table IDRM_Out 'odbc' "AFRICAFINAL.accd" "IDRM";
[DISTRID, CUSTID, TRANSID, PRODID], x1;
write table IDRM_Out;

display sum {d in LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER} fcwh[d] * y1[d];
display sum {(p,d,m,i) in IPDM: (i,p) in P1} (Ppdm[p,d,m] * ct[m] * w[i]);
display sum {(d,r,m,i) in IDRM: (i,d) in ID} (Ddrm[d,r,m] * ct[m] * w[i]);

```

Sulla sinistra troviamo la “Current Directory”, dove vengono elencate tutte le cartelle create con i corrispettivi file. Al centro vi è invece la console in cui verranno stampati i risultati e, a destra, possiamo vedere nel dettaglio il singolo file. (mod file e run file).

8.3 Selezione alternative di Ampl mediante metodo punteggio

Il modello di ottimizzazione scritto è in grado aprire uno o più magazzini per ogni continente tra un insieme di alternative di potenziali magazzini che vengono dati in input nel modello, precisamente nella tabella LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER. Ma come vengono scelti questi potenziali magazzini o, meglio, le potenziali aree geografiche in cui collocare i magazzini? Per ovviare a ciò si è utilizzato il metodo del punteggio, anch'esso spiegato nella letteratura nella parte iniziale della tesi.

Per questo metodo, sono stati identificati quattro fattori ubicazionali, ovvero i KPI, estraendoli dai PI calcolati nella definizione dell'AS IS. A ciascuno di essi è stato assegnato un peso a seconda dell'importanza che ricoprono. I fattori ubicazionali sono i seguenti:

- 1) Ricavo $\rightarrow P_{ij}=15\%$
- 2) Consegne $\rightarrow P_{ij}=35\%$
- 3) Committenti $\rightarrow P_{ij}=25\%$
- 4) Parco Macchine $\rightarrow P_{ij}=25\%$

Si è poi assegnato una valutazione V_{ij} ad ogni nazione del continente preso in analisi per ogni fattore ubicazionale. Tale valutazione è frutto di dati oggettivi calcolati nell'AS-IS del 2023 (ad esempio la percentuale di ricavo per ogni singola area geografica). Dal prodotto $P_{ij} \cdot V_{ij}$ si è ottenuto un punteggio parziale per ogni nazione e, dalla somma dei punteggi parziali (uno per ciascun fattore ubicazionale) per ogni nazione si ottiene il suo punteggio totale P . Tale valore

verrà poi moltiplicato per un fattore moltiplicativo che tiene conto della rigidità doganale D, pari a:

- 1) 0,5 → Dogana Rossa, ovvero tutte quelle aree geografiche che hanno dogane molto rigide ma soprattutto variabili. Dunque, questo fattore serve a ridurre il punteggio di una nazione. Si è attribuito tale fattore doganale al sud del continente Africano e all'Egitto, all'America del Sud ed in Asia solo per la Russia.
- 2) 0,75 → Dogana gialla, ovvero dogane rigide (rigidità < rossa) ma non con tanta variabilità. Si è attribuito tale fattore all'Africa del Nord e Centrale, in America invece solo agli Stati Uniti e al Messico, in Asia solo alla Cina.
- 3) 1 → Situazione doganale favorevole, quindi poco variabili e poco rigide, di conseguenza non vanno a penalizzare una nazione. Si è attribuito tale fattore a tutta l'Europa, a tutta l'Asia (tranne la Cina), all'America del Nord (tranne USA e Messico) e America Centrale.

Andando quindi a moltiplicare il punteggio P per la dogana D si ottiene il punteggio finale di ogni nazione. Tra di essi, si è scelto per ogni continente tra le quattro e le sei aree geografiche che presentavano il punteggio più alto. Nel metodo del punteggio non sono stati considerati i destinatari e quindi le aree geografiche servite solo con un tipo resa C e D, ma anche quelle con E ed F, per comprendere al meglio come fosse distribuito il mercato.

Le aree geografiche con il punteggio più alto, sono appunto le alternative date in input ad Ampl, tra cui poi riporterà come risultato il magazzino o la combinazione di magazzini che vadano a minimizzare i costi del trasporto a carico di Sacmi, ovvero con resa C e D. (in questo caso, per focalizzarsi solo sui costi con tipo resa C e D, nella creazione di tabelle su Excel poi importate su Access, è stata filtrata la condizione di spedizione C e D, trascurando il resto, così da visualizzare solo i clienti, prodotti ecc. serviti con questo tipo di resa).

8.4 Risultati rigid

Di seguito verranno mostrati i risultati per ogni continente, in quanto, metodo del punteggio e Ampl sono stati iterati separatamente per ciascuno di essi.

AFRICA:

Dal metodo del punteggio, le nazioni con lo score più alto sono le seguenti:

- 1) Algeria
- 2) Nigeria
- 3) Sudafrica
- 4) Tanzania

Ricordiamoci che in questo caso non si è escluso alcun dato, ma sono stati considerati sia i destinatari serviti con un tipo resa C e D sia con un tipo resa E ed F. Per far comprendere meglio come sono state strutturate le tabelle nel calcolo del punteggio, verrà mostrata solo per l'Africa una piccola parte della tabella creata, così da capirne a pieno la logica. Anche in questo caso si è utilizzato un fattore correttivo per privacy di Sacmi:

Fattori Ubicazionali	Peso Pij	VALUTAZIONE Vij			PUNTEGGIO pi*Vij			Botswana
		Algeria	Angola	Botswana	Algeria	Angola	Botswana	
Ricavo	15%	8,52%	6,59%		0,30%	1,28%	0,99%	0,05%
Consegne	35%	8,64%	4,68%		0,33%	3,02%	1,64%	0,12%
Committenti	25%	5,60%	11,20%		0,80%	1,40%	2,80%	0,20%
Parco Macchine	25%	13,06%	4,74%		0,49%	3,27%	1,19%	0,12%
				Totale	8,97%	6,61%	0,48%	
				DOGANA	0,75	0,5	0,5	
				PUNTEGGIO*DOGANA	6,73%	3,31%	0,24%	

Come si può notare, a ciascun fattore ubicazionale è associato un peso Pij e per ciascuna nazione vi è una valutazione Vij, che sono la percentuale di ricavo, consegne, committenti e parco macchine per ogni nazione. Nella tabella di destra (evidenziata in blu), troviamo il prodotto tra peso e valutazione, ottenendo così il punteggio parziale rispetto ad ogni fatto ubicazionale per ogni area geografica. Sommando i valori di ciascun punteggio parziale rispetto la stessa colonna, si ottiene il punteggio totale di quell' area geografica (nella riga Totale) che, moltiplicato per il fattore doganale, verrà decrementato o al più resterà uguale. Nell' esempio sopra, Algeria e Angola risultavano migliori rispetto Botswana; tuttavia, a seguito del fattore doganale è solo l'Algeria la Nazione con un punteggio importante.

Ovviamente quanto mostrato è solo una piccola parte della tabella creata, che contiene tutte le nazioni africane analizzate (Camerun, Egitto, Costa d'Avorio, Etiopia, Kenya, Ghana, Sudafrica ecc.), ma è stato ritenuto importante mostrarla per farne comprendere a pieno il funzionamento. Di seguito verranno mostrati i punteggi finali ottenuti e non l'intera tabella per ciascuna nazione, così da far visualizzare le differenze in merito alla distribuzione del mercato:

Nazioni	Algeria	Angola	Botswana	Burkina-Faso	Camerun	Costa d'Avorio	Egitto	Etiopia
Totale	8,97%	6,61%	0,48%	0,41%	0,50%	3,13%	3,92%	3,62%
DOGANA	0,75	0,5	0,5	0,75	0,75	0,5	0,75	0,5
PUNTEGGIO*DOGANA	6,73%	3,31%	0,24%	0,31%	0,38%	1,56%	2,94%	1,81%

Nazioni	Ghana	Kenya	Libano	Liberia	Marocco	Mauritius	Mozambico	Nigeria
Totale	3,95%	5,24%	1,50%	0,31%	2,99%	0,45%	0,32%	15,82%
DOGANA	0,5	0,5	0,75	0,5	0,75	0,5	0,5	0,5
PUNTEGGIO*DOGANA	1,98%	2,62%	1,12%	0,16%	2,24%	0,22%	0,16%	7,91%

Nazioni	Rep.Dem.Cong	Sudafrica	Tanzania	Togo	Tunisia	Uganda	Zambia	Zimbabwe
Totale	3,32%	18,98%	8,57%	0,55%	2,02%	4,27%	1,57%	2,04%
DOGANA	0,75	0,5	0,5	0,5	0,75	0,5	0,5	0,5
PUNTEGGIO*DOGANA	2,49%	9,49%	4,28%	0,27%	1,51%	2,13%	0,79%	1,02%

Si può notare dalle tre tabelle sopra che le nazioni con il punteggio più alto in ordine decrescente siano Sudafrica, Nigeria, Algeria, Tanzania. Questo significa che potenzialmente tutte queste aree possono essere ritenute idonee per l'ubicazione di un magazzino, in quanto

integrando ricavo, committenti, consegne e parco macchine risultano le aree maggiormente interessanti.

Per quanto riguarda Ampl, come detto precedentemente, ci si è basato sui dati del 2023 per far funzionare il modello (clienti, prodotti, domanda, pesi ecc.). Prima di mostrare i risultati, è necessario precisare alcuni aspetti:

- 1) Ovviamente sono stati utilizzati i costi medi di trasporto calcolati in precedenza, e sono stati filtrati i destinatari merce serviti solo con resa C e D.
- 2) Per la tabella PDM, ovvero le possibili combinazioni di trasporto tra Imola e centri di distribuzione (Algeria, Nigeria, Sudafrica, Tanzania), si è scelto di utilizzare nave e aereo; più precisamente è stato assunto che verso ogni magazzino il 50% del peso totale delle consegne può essere spedito mediante nave, e il restante 50% mediante aereo. Si parla di peso e non di quantità di ricambi in quanto ovviamente ciascuno di essi ha un peso diverso, per cui non sarebbe corretto ipotizzare il 50% dei ricambi (come numero), perché significherebbe non far spedire la stessa merce in termini di Kg a nave ed aereo. Nella tabella IPDM quindi troveremmo tutti i prodotti trasportati da Imola verso i centri di distribuzione con nave e aereo.
- 3) Per la tabella DRM, ovvero le possibili combinazioni di trasporto tra i centri di distribuzione e i clienti finali, sono stati utilizzati gli stessi mezzi di trasporto che venivano utilizzati nell'ASIS (mediante tabelle pivot, da Imola a clienti finali) verso quegli specifici clienti. Tuttavia, è stata sostituita la nave con il camion (in quanto prima la nave partiva da Imola, ora invece si è già in un centro di distribuzione in Africa, quindi, non avrebbe più senso parlare di nave) e per distanze <1000km si è utilizzato il camion. Nella tabella IDRM quindi troveremmo tutti i prodotti trasportati lungo una specifica rotta tra centri di distribuzione e clienti.
- 4) La capacità dei magazzini φ_d^{wh} , essendo un TO BE, si è assunta uguale per ciascuno delle alternative, assumendo una capacità infinitamente grande. Dunque, in questo modello la capacità diventa un'invariante, ma era necessario definire questo vincolo per il corretto funzionamento di AMPL e ACCESS. Lo stesso discorso vale per l'indice di rotazione Ti_d , assunto pari ad 1 per ogni magazzino. Si sono comunque inseriti questi parametri all'interno del modello per mostrarlo nella sua completezza; tuttavia, essendo magazzini che verranno creati in futuro era difficile assumere un valore adeguato per questi due parametri, di conseguenza si è deciso di assumerli uguali per tutti i magazzini.
- 5) Per i costi di costruzione, si è ipotizzato lo stesso costo a prescindere dall'area geografica in cui verrebbe collocato, in quanto sarebbe necessario definire un layout di impianto per capire la dimensione dei magazzini e di conseguenza un costo di apertura adeguato; tuttavia, in questo momento per l'azienda era importante capire la localizzazione strategica (come posizione) dei centri di distribuzione, disinteressandosi dunque delle differenze di investimento che ovviamente sarebbero

presenti a seconda di dove verrebbe edificato. Si è assunto un costo pari a 500.000,00 €.

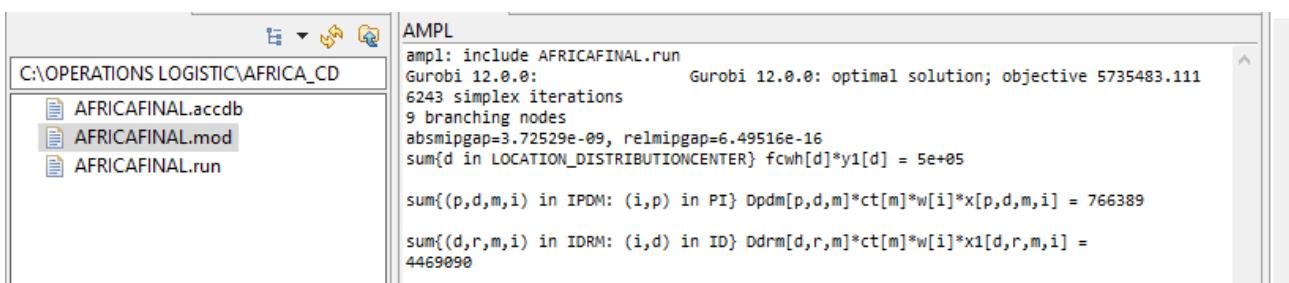
N.B: il punto 1), 4) e 5) sopra elencati valgono anche per gli altri continenti.

Dal funzionamento di Ampl, l'area geografica in cui è conveniente collocare il magazzino risulta **l'Algeria**, con i seguenti risultati:

- 1) Costi tot= 5.735.483,11 € → Questi costi tengono conto anche dell'apertura dei magazzini.
- 2) IPDM=766.389,00 € → Costi di trasporto verso i magazzini
- 3) IDRM=4.469.090,00 € → Costi di trasporto dai magazzini ai clienti

Confrontandolo con l'ASIS, in cui i costi del trasporto sono **5.510.965,16 €**, si può notare come vi sia una riduzione di costi pari a **275.486,16 €**. (Ci si riferisce sempre alla somma dei costi dati da IPDM + IDRM, sia nell'AS IS che nel TO BE)

L'immagine che segue dimostra i costi sopra scritti ottenuti in seguito al funzionamento di Ampl. Il primo costo pari a 500.000,00 € indicherebbe il costo di apertura del magazzino, il secondo indica i costi di trasporto da Imola verso i magazzini, il terzo ed ultimo invece i costi dal magazzino/i ai clienti finali.



```

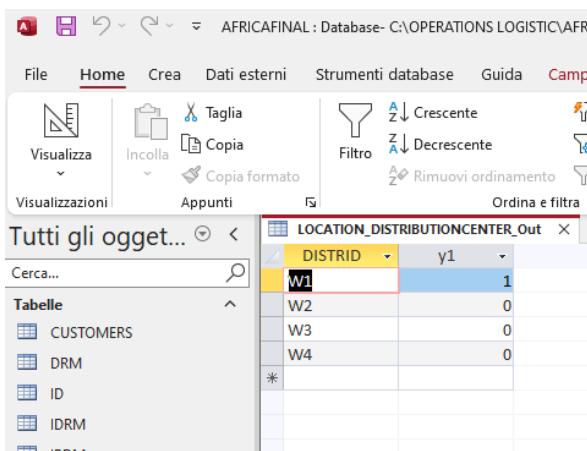
AMPL
ampl: include AFRICAFINAL.run
Gurobi 12.0.0: Gurobi 12.0.0: optimal solution; objective 5735483.111
6243 simplex iterations
9 branching nodes
absmipgap=3.72529e-09, relmipgap=6.49516e-16
sum{d in LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER} fcwh[d]*y1[d] = 5e+05

sum{(p,d,m,i) in IPDM: (i,p) in PI} Dpdm[p,d,m]*ct[m]*w[i]*x[p,d,m,i] = 766389

sum{(d,r,m,i) in IDRM: (i,d) in ID} Ddrm[d,r,m]*ct[m]*w[i]*x1[d,r,m,i] =
4469090

```

Su Access si può vedere quale magazzino si attiva dalla tabella LOCATIONDISTRIBUTION CENTER, come dimostrato nell'immagine seguente:



DISTRID	y1
W1	1
W2	0
W3	0
W4	0
*	

Come si può notare, abbiamo solo un 1 di fianco il magazzino W1, che corrisponde all'area geografica Algeria.

A	B	C	D	E	F	G
	LAT LONG					
W1	Algeria	28,178915	2,679344			
W2	Nigeria	9,4915219	7,945617			
W3	Sudafrica	-31,26068	24,34819			
W4	Tanzania	-6,749209	35,16378			

EUROPA:

L'Europa non è stato un oggetto di analisi per il TO BE, in quanto il magazzino presente nel 2023, Sacmi Deutschland in Germania, è chiuso nel 2024, anno che non è stato analizzato per l'AS IS. Inoltre, a prescindere dalla minimizzazione dei costi di trasporto, il mercato europeo è in leggero calo e non si ha intenzione, almeno ad oggi, di aprire un magazzino. Dunque, il suggerimento è quello di effettuare spedizioni dirette da Imola. Di seguito, mostrerò comunque i risultati ottenuti dal metodo del punteggio:

Nazione	Austria	Bulgaria	Danimarca	Finlandia	Francia	Georgia	Germania
Totale	0,90%	4,12%	0,20%	0,20%	9,32%	1,27%	11,37%
DOGANA	1	1	1	1	1	1	1
PUNTEGGIO*DOGAN	0,90%	4,12%	0,20%	0,20%	9,32%	1,27%	11,37%

Nazione	Grecia	Italia	Lituania	Paesi Bassi	Polonia	Portogallo	Regno Unito
Totale	1,52%	35,58%	1,96%	0,35%	7,57%	0,57%	5,72%
DOGANA	1	1	1	1	1	1	1
PUNTEGGIO*DOGAN	1,52%	35,58%	1,96%	0,35%	7,57%	0,57%	5,72%

Nazione	Rep. Ceca	Romania	Serbia	Slovenia	Spagna	Svezia	Ucraina	Ungheria
Totale	3,58%	1,27%	1,37%	0,64%	9,99%	0,52%	1,62%	0,36%
DOGANA	1	1	1	1	1	1	1	1
PUNTEGGIO*DOGAN	3,58%	1,27%	1,37%	0,64%	9,99%	0,52%	1,62%	0,36%

Notiamo come effettivamente sia proprio l'Italia ad avere il punteggio più alto.

AMERICA:

Dal metodo del punteggio, le nazioni con il punteggio più alto sono le seguenti:

1) Messico

2) USA

3) Brasile

4) Colombia

5) Perù

6) Venezuela

In realtà Colombia Perù e Venezuela sono molto più bassi dei punteggi in USA Messico e Brasile, che rappresentano l'AS IS. Tuttavia, si è voluto vedere se vi fossero altre potenziali aree collocate più strategicamente rispetto alla situazione attuale, per tale motivo tra le alternative da dare in input ad AMPL sono state aggiunte anche Colombia Perù e Venezuela. Di seguito verranno mostrati i risultati del metodo del punteggio per l'America:

Nazioni	Argentina	Bolivia	Brasile	Canada	Cile	Colombia
Totale	2,52%	1,19%	9,19%	0,48%	1,89%	4,24%
DOGANA	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5
PUNTEGGIO*DOGAN	1,26%	0,60%	4,59%	0,48%	0,95%	2,12%

Nazioni	Costa Rica	Ecuador	El Salvador	Guatemala	Honduras	Messico
Totale	0,43%	2,52%	1,69%	3,62%	1,36%	26,08%
DOGANA	1	0,5	1	1	1	0,75
PUNTEGGIO*DOGAN	0,43%	1,26%	1,69%	3,62%	1,36%	19,56%

Nazioni	Paraguay	Perù	Porto Rico	Rep. Dom	USA	Venezuela
Totale	0,89%	3,86%	1,70%	2,45%	32,05%	3,84%
DOGANA	0,5	0,5	1	0,75	0,75	0,5
PUNTEGGIO*DOGAN	0,45%	1,93%	1,70%	1,84%	24,04%	1,92%

In realtà così come Colombia, Perù, Venezuela, si poteva aggiungere anche Guatemala come potenziale area. Tuttavia, si è evitato in quanto confinante con il Messico in cui si ha già un magazzino.

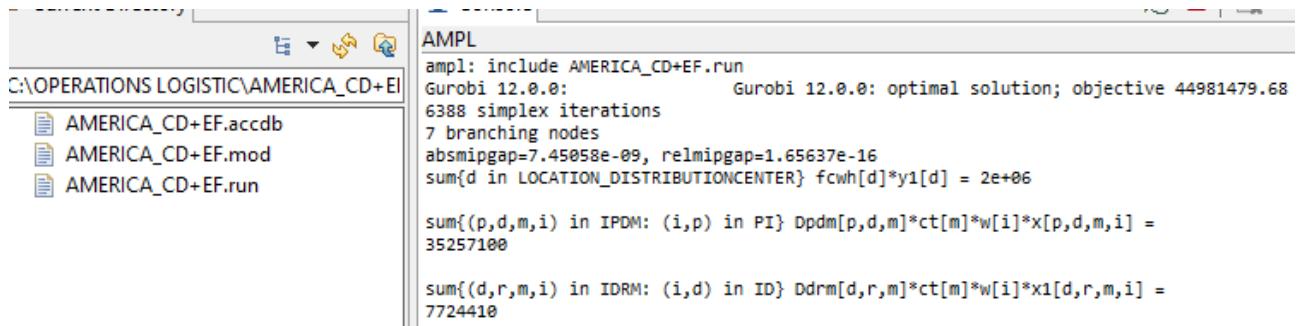
Prima di mostrare i risultati di Ampl, anche in questo caso è necessario fare alcune precisazioni:

- 1) Nella tabella PDM i mezzi sono stati presi da tabella pivot per le aree geografiche in cui esistono già i magazzini, e quindi verso USA Messico e Brasile. Per Colombia Venezuela Perù sono stati ipotizzati gli stessi mezzi di Brasile.
- 2) Nella tabella IPDM, verso le aree geografiche in cui esistono già i magazzini (USA, Messico, Brasile), sono stati presi gli stessi mezzi di trasporto per i prodotti che sono stati effettivamente spediti verso quei magazzini (ma non sono tutti perché non funziona da buffer), per gli altri è stato assunto Z2, ovvero l'aereo. Per Perù Venezuela Colombia stessi mezzi del Brasile.
- 3) Per DRM ed IDRM, sono stati presi i mezzi dell'AS-IS, per cui da ogni magazzino partono gli stessi tipi di mezzi di trasporto. È stata sostituita la nave con aereo, poiché la nave fuoriusciva da Imola verso l'America, ma qui si sta partendo da un magazzino in America verso i clienti finali.

- 4) Questa volta non sono stati minimizzati solo i costi di trasporto con resa C e D in quanto in America vi era una percentuale troppo bassa, ma si è deciso di considerare tutti i tipi di resa, quindi anche E ed F.

Dal funzionamento di Ampl, l'area geografica in cui è conveniente collocare il magazzino risultano **USA, Messico, Brasile e Colombia**. Dunque, da un lato viene confermato l'AS IS(ad oggi esistono magazzini in USA, Messico e Brasile), ma allo stesso tempo Ampl suggerisce di aggiungere un magazzino in Colombia, ottenendo i seguenti risultati:

- 1) Costi Tot=44.981.479,68 € → Questi costi tengono conto anche dell'apertura dei magazzini, ovvero in totale 2 milioni di euro (500.000,00 € x 4)
- 2) IPDM=35.257.100,00 € → Costi di trasporto verso i magazzini
- 3) IDRm=7.724.410,00 € → Costi di trasporto dai magazzini ai clienti



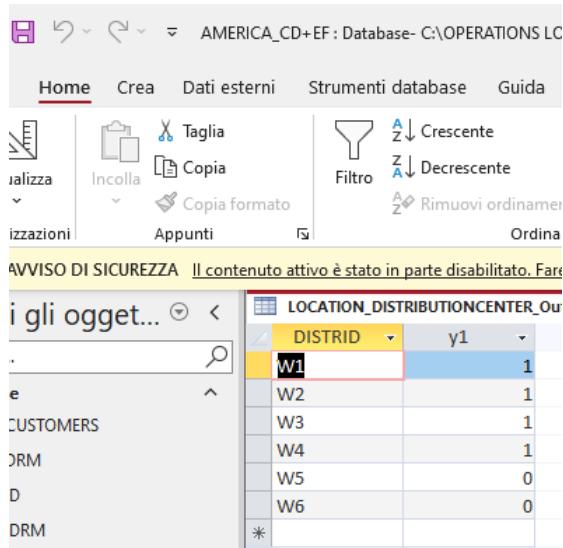
The screenshot shows the Microsoft Access interface with the database 'AMERICA_CD+EF.accdb' open. The left pane displays the table structure: 'AMERICA_CD+EF.accd', 'AMERICA_CD+EF.mod', and 'AMERICA_CD+EF.run'. The right pane shows the Ampl log window with the following content:

```

AMPL
ampl: include AMERICA_CD+EF.run
Gurobi 12.0.0:                                     Gurobi 12.0.0: optimal solution; objective 44981479.68
6388 simplex iterations
7 branching nodes
absmipgap=7.45058e-09, relmipgap=1.65637e-16
sum{d in LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER} fcwh[d]*y1[d] = 2e+06
sum{(p,d,m,i) in IPDM: (i,p) in PI} Dpdm[p,d,m]*ct[m]*w[i]*x[p,d,m,i] = 35257100
sum{(d,r,m,i) in IDRm: (i,d) in ID} Ddrm[d,r,m]*ct[m]*w[i]*x1[d,r,m,i] = 7724410

```

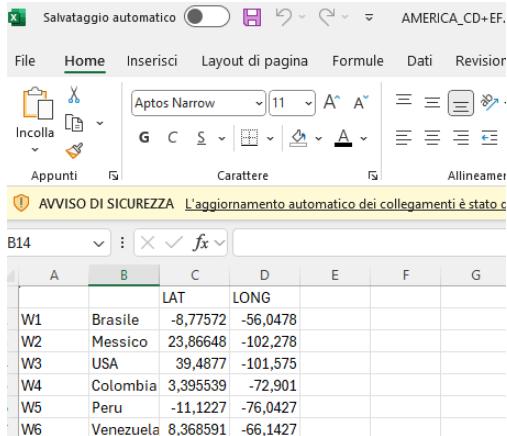
Come si può notare, i costi di apertura sono pari a 2 milioni, ovvero 4 magazzini, che corrispondono appunto ad USA, Messico, Brasile e Colombia, come si può verificare da Access:



The screenshot shows the Microsoft Access ribbon with the 'Home' tab selected. The table 'LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER' is open in the foreground, showing the following data:

DISTRID	y1
W1	1
W2	1
W3	1
W4	1
W5	0
W6	0
*	

Da Excel possiamo vedere la lista delle nazioni con i corrispettivi magazzini W:



The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet with the following data:

		LAT	LONG
W1	Brasile	-8,77572	-56,0478
W2	Messico	23,86648	-102,278
W3	USA	39,4877	-101,575
W4	Colombia	3,395539	-72,901
W5	Peru	-11,1227	-76,0427
W6	Venezuela	8,368591	-66,1427

Invece, ipotizzando di far passare tutta la merce solo da USA, Messico e Brasile senza aprire Colombia, avremmo i seguenti risultati:

- 1) IPDM=34.841.400,00 €
- 2) IDRm= 9.509.080,00 €

Ovviamente, come detto in precedenza, si ricorda che in questo AS IS si suppone che i magazzini fungano da buffer, ma nella realtà non è così. Tuttavia, ci serve a capire che non sono le localizzazioni ottime. Si vuole sottolineare come, questo approccio, non debba essere visto come tentativo di cambiare le dinamiche dei flussi logistici di Sacmi Imola, ma al contrario è uno strumento, una metodologia utilizzata per capire dove andare a collocare i centri di distribuzione.

Ciò che si può evidenziare è che, aprendo un magazzino in Colombia, vi sarebbe un risparmio sui costi di flusso di **1.368.970,00 €**.

ASIA

Dal metodo del punteggio, le nazioni con il punteggio più alto sono le seguenti:

- 1) Cina
- 2) India
- 3) Filippine
- 4) Indonesia
- 5) Thailandia
- 6) Singapore → In realtà ha un punteggio basso, ma dal momento che nell'AS IS è presente un magazzino in Singapore si è deciso di inserirlo tra le alternative.
- 7) Vietnam

In questo caso, prima di inserire i dati su Ampl, si è deciso di non considerare tutti i destinatari collocati in Cina, in quanto presenta già un magazzino in Shanghai e la sua permanenza è “fuori discussione”, vi è un mercato già consolidato. Allo stesso modo, tutte le aree servite esclusivamente dalla Cina non sono state oggetto di analisi. (ovvero Nepal e Mongolia). Allo stesso modo si è rimosso come area geografica la Russia e le aree servite da essa, come Kazakistan, Bielorussia, Turkmenistan e Uzbekistan, per motivi politici. Di seguito vengono mostrati i risultati del metodo del punteggio:

Nazioni	Arabia Saudita	Armenia	Bahrein	Bangladesh	Cambogia	Corea del Sud	Emirati Arab.U.
Totale	1,56%	0,11%	0,13%	1,12%	0,25%	1,75%	1,55%
DOGANA	1	1	1	1	1	1	1
PUNTEGGIO*DOGANA	1,56%	0,11%	0,13%	1,12%	0,25%	1,75%	1,55%

Nazioni	Filippine	Giappone	Giordania	India	Indonesia	Iran	Iraq
Totale	3,69%	2,91%	0,17%	14,84%	4,81%	0,93%	0,76%
DOGANA	1	1	1	1	1	1	1
PUNTEGGIO*DOGANA	3,69%	2,91%	0,17%	14,84%	4,81%	0,93%	0,76%

Nazioni	Israele	Laos	Malaysia	Myanmar	Oman	Pakistan	Qatar
Totale	0,91%	0,17%	1,35%	0,41%	0,28%	1,23%	0,19%
DOGANA	1	1	1	1	1	1	1
PUNTEGGIO*DOGANA	0,91%	0,17%	1,35%	0,41%	0,28%	1,23%	0,19%

Nazioni	Singapore	Taiwan	Thailandia	Turchia	Vietnam	Yemen
Totale	0,69%	1,86%	8,40%	3,53%	3,72%	0,12%
DOGANA	1	1	1	1	1	1
PUNTEGGIO*DOGANA	0,69%	1,86%	8,40%	3,53%	3,72%	0,12%

La Cina ovviamente ha il punteggio più alto, ma, come detto precedentemente, non verrà inserita come alternativa su Ampl perché la sua presenza è fuori discussione. Tuttavia, si vuole dimostrare quanto detto dalla seguente tabella:

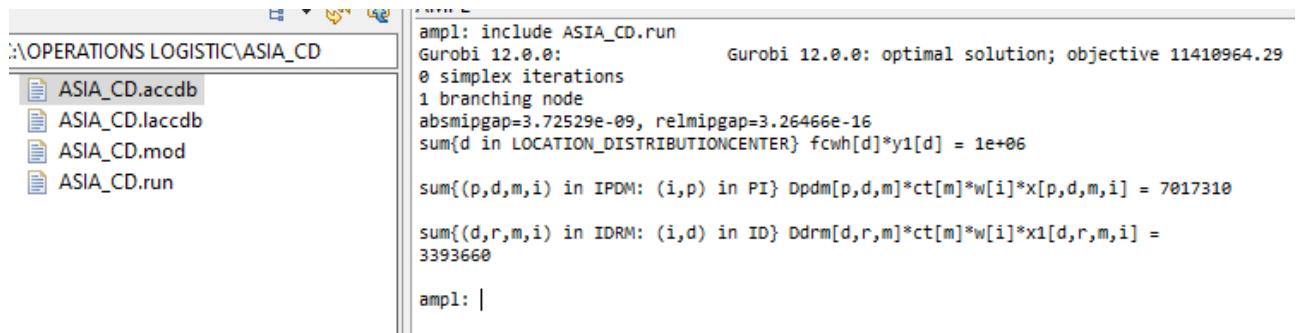
Nazioni	Cina
Totale	35,80%
DOGANA	0,75
PUNTEGGIO*DOGANA	26,85%

Per quanto riguarda la creazione delle tabelle per Ampl, per PDM ed IPDM sono stati fatti gli stessi ragionamenti dell’America, ovvero verso le aree geografiche in cui esistono già i magazzini (India, Singapore, Cina), sono stati gli stessi mezzi di trasporto per i prodotti che sono stati effettivamente spediti verso quei magazzini (ma non sono tutti perché non funziona da buffer), per gli altri si è supposto di utilizzare l’aereo. Per Thailandia Indonesia Vietnam e Filippine si sono ipotizzati gli stessi mezzi e mezzi per prodotti di Singapore. Per DRM ed IDRM, si sono utilizzati i mezzi dell’AS-IS, per cui da ogni magazzino partono gli stessi tipi di mezzi di

trasporto. Anche in questo caso, si è sostituito la nave con aereo, poiché la nave fuoriusciva da Imola verso l'Asia, ma qui stiamo partendo da un magazzino in Asia verso i clienti finali.

In questo caso la soluzione ottima è data dall'apertura di **India e Thailandia**, ottenendo i seguenti risultati:

- 1) Costi Tot= 11.410.964,29 €
- 2) IPDM= 7.017.310,00 €
- 3) IDRM= 3.393.660,00 €



```

C:\OPERATIONS LOGISTIC\ASIA_CD
ASIA_CD.accdb
ASIA_CD.laccdb
ASIA_CD.mod
ASIA_CD.run

ampl: include ASIA_CD.run
Gurobi 12.0.0: optimal solution; objective 11410964.29
0 simplex iterations
0 branching node
absmipgap=3.72529e-09, relmipgap=3.26466e-16
sum{d in LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER} fcwh[d]*y1[d] = 1e+06

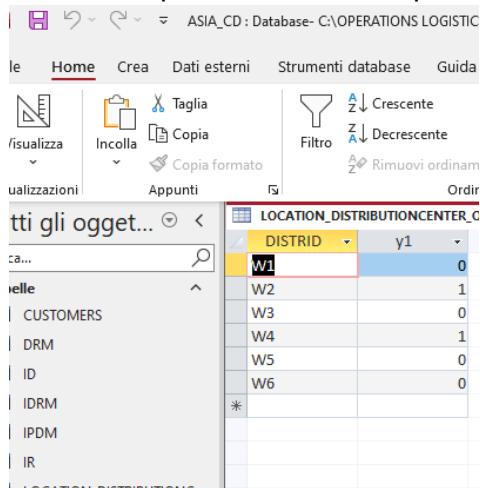
sum{(p,d,m,i) in IPDM: (i,p) in PI} Dpdm[p,d,m]*ct[m]*w[i]*x[p,d,m,i] = 7017310

sum{(d,r,m,i) in IDRM: (i,d) in ID} Ddrm[d,r,m]*ct[m]*w[i]*x1[d,r,m,i] =
3393660

ampl:

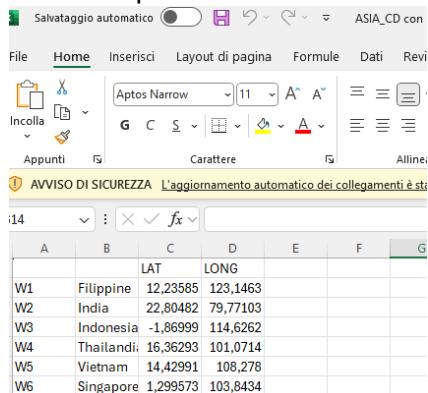
```

Da access possiamo vedere quali sono i magazzini aperti:



DISTRID	y1
W1	0
W2	1
W3	0
W4	1
W5	0
W6	0
*	

Da Excel possiamo vedere la lista delle nazioni con i corrispettivi magazzini W:



	LAT	LONG
W1	12,23585	123,1463
W2	22,80482	79,77103
W3	-1,86999	114,6262
W4	16,36293	101,0714
W5	14,42991	108,278
W6	1,299573	103,8434

Nell'AS IS, avevamo i magazzini aperti in **India e Singapore**, con i seguenti costi di trasporto:

- 1) IPDM= 6.450.270,00 €
- 2) IDRM= 4.021.280,00 €

In questo caso il modello sta suggerendo di spostare il magazzino da Singapore in Thailandia, ottenendo così un risparmio sui costi di flusso di **60.580,00 €**.

N.B: Ogni volta che viene evidenziato il risparmio, questo è dato ovviamente dalla differenza tra i costi del trasporto dell'AS IS(IPDM+IDRM) e quelli del TO BE (IPDM+IDRM; dunque, non si considera CTOT che appunto terrebbe conto anche dell'investimento iniziale)

OCEANIA

In Oceania si ha un mercato troppo basso per pensare di aprire un magazzino, come testimonia la bassa percentuale di consegne mostrata nei grafici in precedenza.

Conclusioni Rigid

Ricapitolando, nella situazione iniziale si avevano i magazzini nelle seguenti aree geografiche:

- 1) Europa: Nel 2023 vi era un magazzino in Germania, Sacmi Deutschland.
- 2) America: Nel 2023 presentava tre differenti magazzini in tre aree distinte, precisamente in USA, Messico e Brasile, denominati rispettivamente Sacmi USA, Sacmi de Mexico e Sacmi do Brasil.
- 3) Asia: Questo continente presentava quattro magazzini, collocati in Cina (Sacmi Shanghai), in India (Sacmi India), a Singapore (Sacmi Singapore) ed in Russia (Sacmi Russia).
- 4) Africa: Non presenta magazzini
- 5) Oceania: Non presenta magazzini

Dopo le varie analisi, un potenziale TO BE ottenuto in seguito alla visualizzazione dei risultati su Ampl è il seguente:

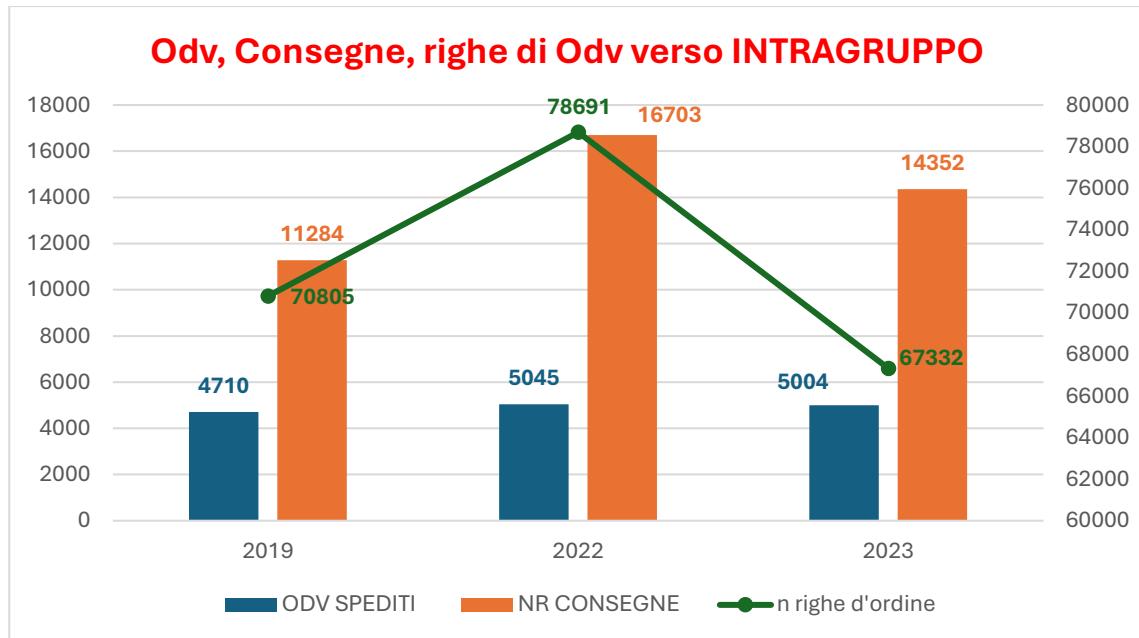
- 1) Europa: Sacmi Deutschland è stato chiuso nel 2024, di conseguenza non è in procinto l'idea di riaprire un magazzino in questo continente. Tuttavia, si è voluto comunque testare su Ampl quale area geografica si aprirebbe qualora si volesse aprire un magazzino, ed il risultato è stato proprio **l'Italia**.
- 2) America: Confermato l'AS IS, quindi i magazzini in USA, Messico e Brasile, ma in più suggerisce l'apertura di un altro magazzino nel Sud America, esattamente in **Colombia**. Questo permetterebbe di ridurre i costi del trasporto di **1.368.970,00 €**.
- 3) Asia: La proposta è quella di "spostare" il magazzino da Singapore in **Thailandia**, e mantenere sempre aperto India, Cina e Russia. Questo permetterebbe una riduzione dei costi di trasporto di **60.580,00 €**; Tuttavia, non essendo una cifra così elevata, si potrebbe comunque semplicemente confermare l'AS IS, soprattutto a fronte di un investimento necessario per l'apertura di un nuovo magazzino. Allo stesso tempo,

però, è corretto affermare che Singapore non sia una localizzazione ottima, e ciò lo si intuisce sia dal metodo del punteggio, sia dal risultato di Ampl.

- 4) Africa: In questo caso la proposta è di aprire un magazzino in **Algeria**, permettendo una riduzione dei costi pari a **275.486,16 €**.
- 5) Oceania: Non è conveniente aprire magazzini in quanto si ha una percentuale troppo bassa di consegne.

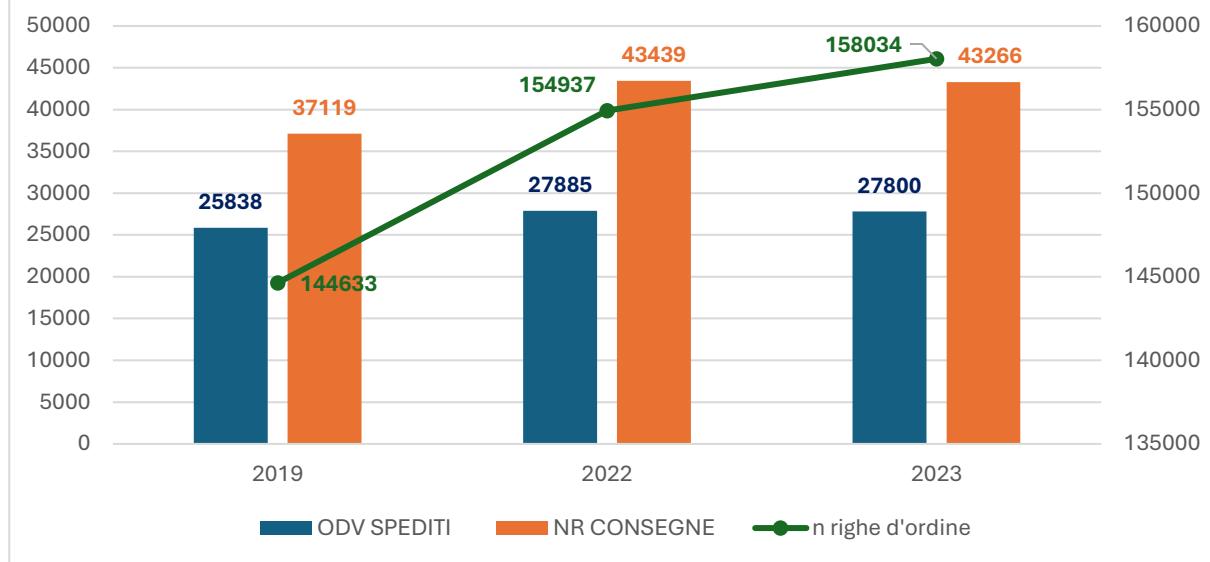
9 AS IS Tiles

Il business Tiles è più vasto del Rigid in termini di vendite e fatturato. Per l'analisi dell'AS IS e del TO-BE, si sono seguiti gli stessi step fatti nel Rigid, dall'estrazione del database, all'analisi dei dati, fino ad arrivare alle assunzioni poste, di conseguenza ci si limiterà a mostrare direttamente i risultati ottenuti. Dunque, anche in questo caso è stato analizzato lo spedito dei ricambi degli anni 2019, 2022, 2023, che si possono riassumere mediante i seguenti grafici:



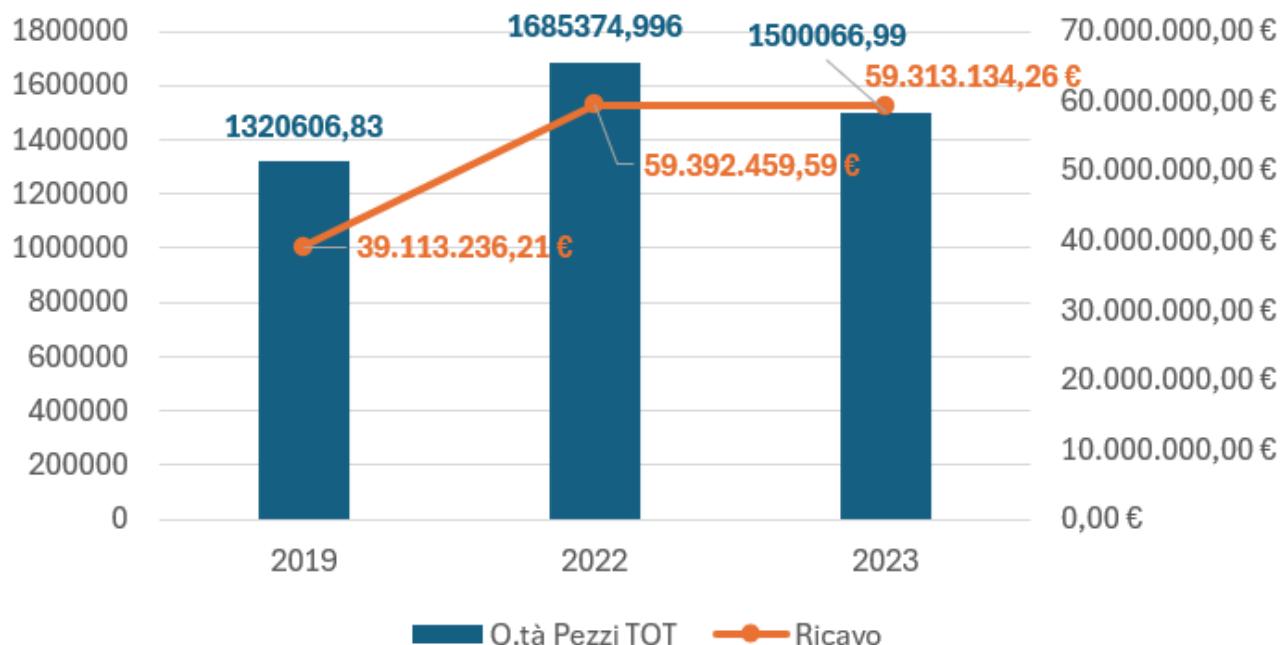
Verso le consociate, l'anno interessato dal maggior numero di consegne risulta il 2022. Notiamo come anche in questo caso, così come accadeva nel Rigid, il numero di consegne sia sempre più del doppio rispetto agli Odv, e ciò è sempre dovuto ai parziali che vengono effettuati settimanalmente verso le consociate. Ciò che possiamo dedurre da questo grafico, è come il business Tiles sia effettivamente interessato da un numero maggiore di vendite; infatti, il numero di consegne rispetto al Rigid è circa il quintuplo; basta confrontare l'anno migliore in termini di consegne del Tiles, ovvero il 2022, con quello del Rigid, ovvero il 2023, per evidenziare la grossa differenza. Più precisamente, il Tiles è stato appunto interessato da ben 16703 consegne, mentre il Rigid da 3831, ovvero circa 1/5 rispetto a quelle del Tiles.

Odv,Consegne,righe di Odv verso EXTRAGRUPO

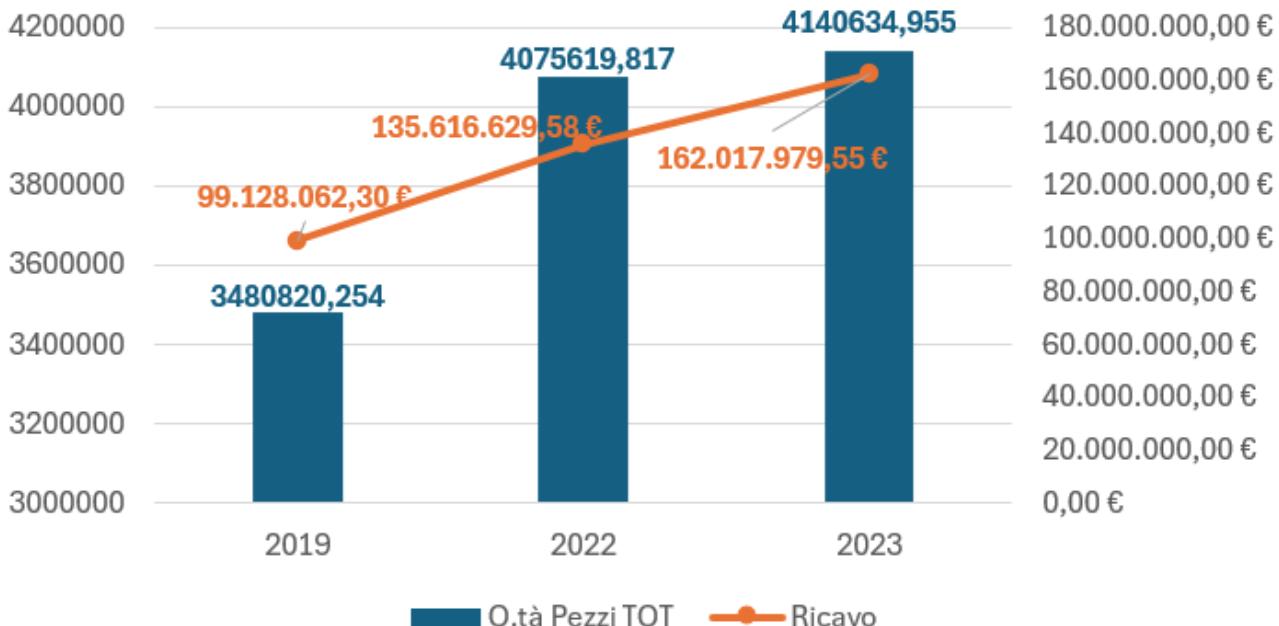


Analogo discorso vale per l'Extragruppo, anche in questo caso, se si confrontano le consegne spedite del Rigid nel suo anno migliore, ovvero il 2023, con quello del Tiles (sempre il 2023), si nota subito come nel business ceramico, mediamente, si quadruplicano le consegne. Infatti, nel Rigid sono state circa 11000, nel Tiles ben 43000. Anche in questo business, così come accade nel Rigid, si hanno sempre un numero di consegne maggiore rispetto agli Odv, ma con un rapporto più basso rispetto alle consociate.

Ricavo,Q.tà Pezzi verso INTRAGRUPO



Ricavo, Q.tà pezzi verso EXTRAGRUPPO



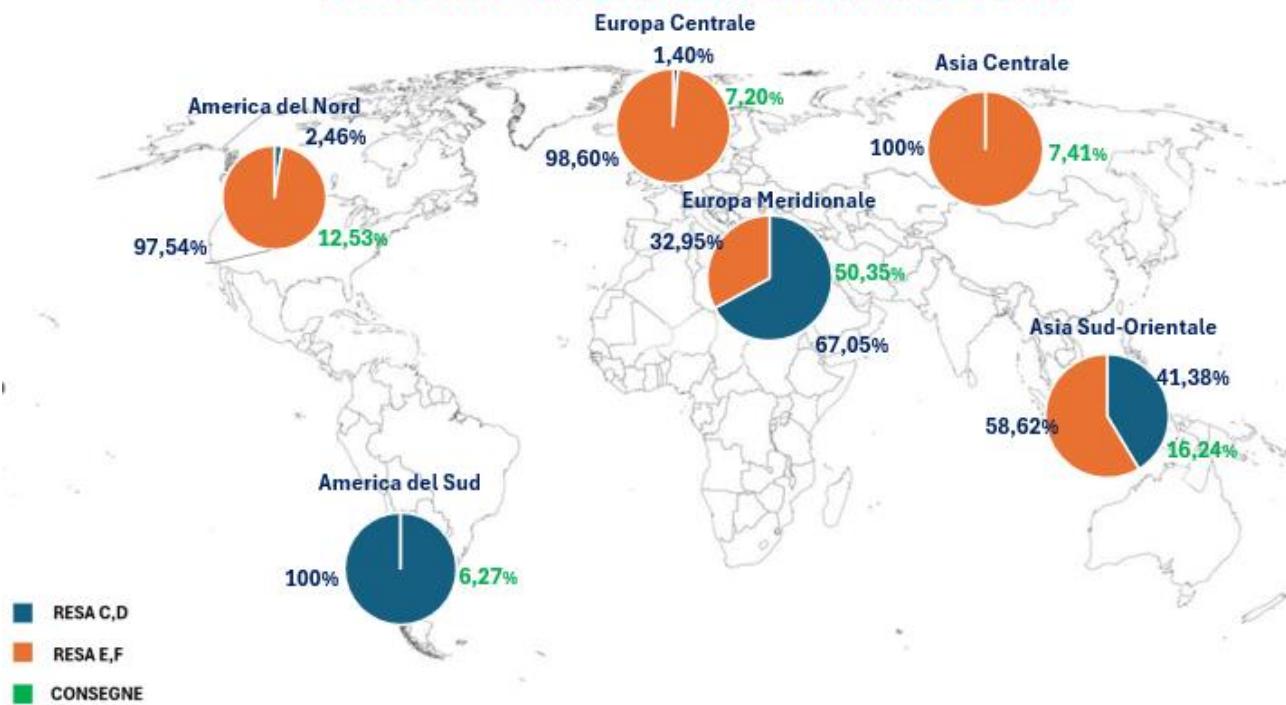
Dalle immagini soprastanti, si può notare come il business sia cresciuto nei tre anni, e si nota come il 2023 sia stato l'anno più redditizio, nonostante il 2022 abbia avuto numeri in termini di Odv e consegne leggermente migliori. È giusto evidenziare come, nonostante nel 2023 siano stati venduti circa 70000 ricambi in più rispetto al 2022, questo abbia portato ad un aumento del ricavo di circa 27 milioni di euro e questo suggerisce una maggiore efficienza nella gestione dei prezzi e dei costi di produzione.

Nel prossimo paragrafo, verrà mostrata la mappatura dei magazzini e quindi l'AS IS di un solo anno di quelli analizzati, ovvero del 2023, sia perché è l'anno più recente, sia perché saranno proprio con i dati del 2023 che si definirà un potenziale TO BE. (Stessa logica del rigid)

9.1 Tiles 2023

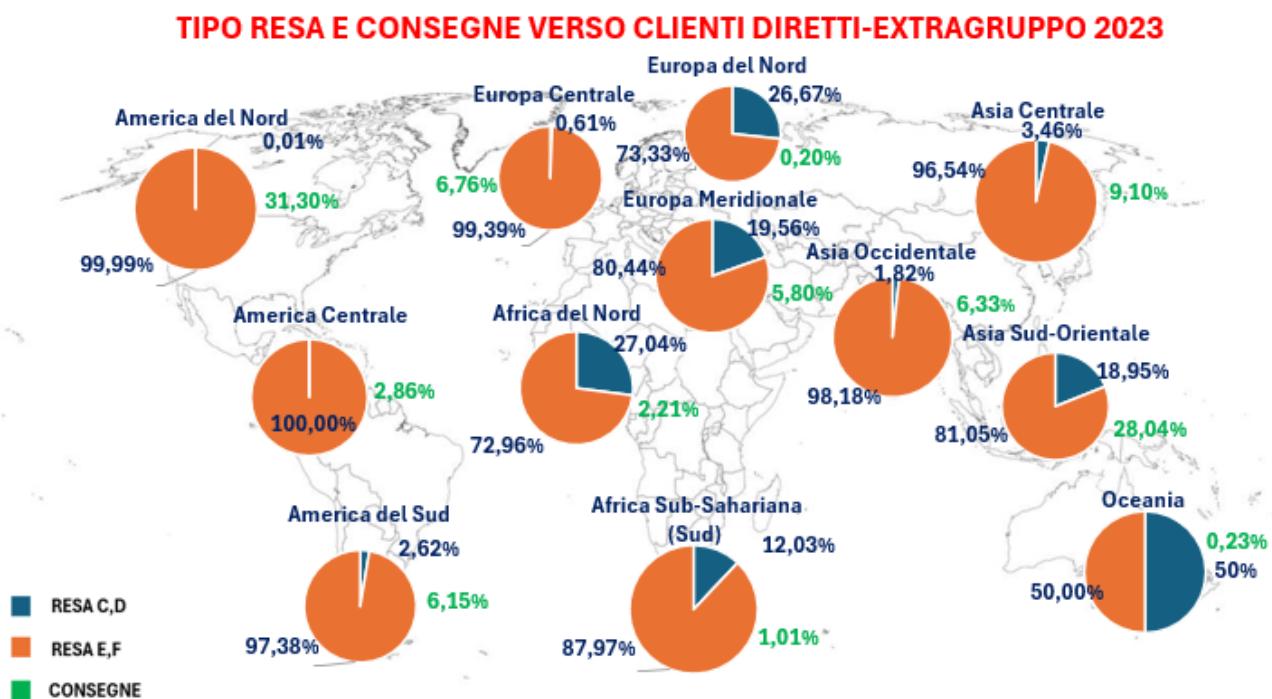
Di seguito verrà presentata, come per il Rigid, una mappa che evidensi la percentuale di resa e di consegna verso ciascuna area geografica, così da comprendere nel modo più chiaro possibile la distribuzione del mercato:

TIPO RESA E CONSEGNE VERSO INTRAGRUPO-2023



Da questo grafico, è evidente come la maggior parte delle consegne verso le consociate sono concentrate proprio in Europa, al contrario del Rigid che vedeva come protagonisti l'America e l'Asia. Più precisamente, circa il 50% delle consegne vengono spedite in Europa meridionale, presso la consociata Sacmi Iberica in Spagna, e una piccola parte in Europa Centrale presso Sacmi Polska in Polonia. In Asia, invece, la maggior parte delle consegne vengono spedite in Asia Sud e Asia Orientale presso le consociate Sacmi Nanhai, Sacmi Singapore e Sacmi India, ed anche una piccola percentuale presso la consociata Sacmi Russia in Asia Centrale. In America le consegne vengono distribuite presso Sacmi USA, Sacmi Mexico e Sacmi do Brasil come accadeva nel Rigid. Dunque, la principale differenza con il business RPT riguarda l'Europa, che non presenta un magazzino in Germania (Sacmi Deutschland) ma al contrario ne presenta due, uno in Spagna ed uno in Polonia. Anche in questo caso, la percentuale di resa C D TOTALE verso intragruppo si aggira intorno al 50%, precisamente risulta essere pari a 46,28%. Questo è dovuto soprattutto dal fatto che Sacmi Imola spedisce verso Sacmi Iberica quasi sempre con una resa C D (circa il 70% delle volte), ed è proprio la Spagna che rappresenta un mercato molto forte, come evidenzia l'elevata percentuale di consegna verso questa consociata.

Ecco invece una panoramica per quanto riguarda l'Extragruppo:



Da ciò si può evidenziare come l'America sia il continente meno soggetto a spedizione con un tipo resa C,D ma allo stesso tempo è, dopo l'Asia, l'area geografica con la maggiore quantità di consegne. La percentuale di consegna in Europa Meridionale purtroppo non è veritiera in quanto mancano proprio le consegne di Sacmi Iberica verso clienti diretti e, come detto in precedenza, ricopre una grande percentuale del mercato ceramico. (Ciò è dovuto al fatto che non è stato possibile estrarre i dati di questa consociata dal momento che non utilizza SAP.). L'Africa è interessata da una minore quantità di consegne se paragonato al resto del mondo; tuttavia, è giusto evidenziare come anche un 3% in questo business, visto il numero ben più elevato di consegne rispetto al rigid, può essere considerato significativo. Il mercato in Oceania risulta sempre inesistente. In questo caso, a differenza del Rigid, la resa C D TOTALE è pari solo a circa il 9%, esattamente 8,59%. Questo significa che la maggior parte delle consegne vengono spedite con una RESA E F, e quindi con costi e responsabilità del cliente.

9.2 Osservazioni AS IS

Anche per il business Tiles sono state individuate diverse criticità, in particolare relative alla distribuzione geografica delle consegne, alla gestione dei dati e alla ripartizione dei costi di trasporto.

1) Dipendenza da Europa Meridionale

A differenza del Rigid, il business Tiles presenta una forte concentrazione di consegne in Europa, con il **50% delle spedizioni dirette verso Sacmi Iberica in Spagna e una parte significativa verso Sacmi Polska in Polonia**. Questa distribuzione comporta

una minore diversificazione geografica rispetto al business Rigid, con un'elevata dipendenza dal mercato europeo.

2) **Mancanza di dati su Sacmi Iberica**

Una delle limitazioni principali nell'analisi dell'AS IS è rappresentata dall'impossibilità di estrarre dati relativi alle consegne effettuate da Sacmi Iberica verso i clienti diretti, a causa del mancato utilizzo di SAP da parte della consociata. Questa lacuna riduce la precisione dell'analisi e potrebbe influire sulle decisioni strategiche relative alla gestione logistica in Europa.

3) **Bassa incidenza della resa C, D nell'extragruppo**

Nel business Tiles, la percentuale di consegne effettuate con resa **C, D** è estremamente ridotta, pari a **8,59% nell'extragruppo**. Questo significa che la maggior parte delle spedizioni avviene con costi e responsabilità a carico del cliente (resa **E, F**). Sebbene questo possa ridurre i costi diretti per SACMI Imola, implica anche una minore capacità di controllo sulle spedizioni e sulla gestione della supply chain.

4) **Elevata frammentazione delle consegne**

Anche nel Tiles, il numero di consegne è significativamente superiore a quello degli ordini, sebbene con un rapporto inferiore rispetto all'intragruppo. Questo comporta una maggiore complessità logistica, con impatti sui costi di gestione e sulla tempestività delle forniture.

5) **Ricavo vs Consegne**

L'analisi dell'AS IS ha evidenziato un andamento crescente del business Tiles nel triennio analizzato, con un picco di ordini e consegne nel **2022** e il maggiore ricavo registrato nel **2023**. Tuttavia, questa crescita non è stata uniforme: nel 2023 sono stati venduti **circa 70.000 ricambi in più rispetto al 2022**, generando un incremento di **27 milioni di euro nel fatturato**.

Di conseguenza, se si dovesse seguire la logica del Rigid, che aveva come scopo quello di minimizzare i costi a carico di Sacmi Imola, in questa casistica si potrebbero seguire due strade:

- 1) Non utilizzare il modello di ottimizzazione e basarsi solo sul metodo del punteggio, così da avere un'analisi qualitativa per comprendere in quali aree geografiche potrebbe aver senso ubicare i magazzini.
- 2) Utilizzare comunque Ampl, con la consapevolezza che in questa casistica non si andrebbero a minimizzare solo i costi di Sacmi Imola, in quanto a suo carico ne ha davvero una minima parte, ma quelli totali, dunque CD + EF (Come fatto solo per l'America nel business del rigid). Di conseguenza, questa minimizzazione potrebbe essere vista quasi come un servizio migliorativo per il cliente, permettendo di localizzare la posizione dei magazzini più strategica in base alle loro posizioni.

Si è preferito procedere con la seconda opzione, in quanto si è ritenuto a prescindere interessante visualizzare i potenziali risultati uscenti da Ampl.

Chiarito l'AS IS, nel prossimo paragrafo verrà definito il TO-BE.

10 TO BE Tiles

Anche in questa casistica, così come per il Rigid, si è proceduto utilizzando inizialmente il metodo del punteggio e, dai suoi risultati, si è passati all'utilizzo di Ampl.

10.1 Risultati Tiles

EUROPA

Di seguito vengono mostrati i risultati del metodo del punteggio:

Nazioni	Austria	Bulgaria	Finlandia	Francia	Germania	Grecia	Italia
Totale	0,37%	1,25%	0,21%	3,26%	6,32%	0,30%	35,96%
DOGANA	1	1	1	1	1	1	1
PUNTEGGIO*DOGANA	0,37%	1,25%	0,21%	3,26%	6,32%	0,30%	35,96%

Nazioni	Paesi Bassi	Polonia	Portogallo	Regno Un	Rep. Ceca	Rep. Slov	Romania
Totale	0,87%	25,41%	1,74%	1,31%	3,93%	0,25%	2,55%
DOGANA	1	1	1	1	1	1	1
PUNTEGGIO*DOGANA	0,87%	25,41%	1,74%	1,31%	3,93%	0,25%	2,55%

Nazioni	Serbia	Slovenia	Spagna	Svezia	Ucraina	Ungheria
Totale	1,66%	0,30%	6,89%	0,36%	6,61%	0,44%
DOGANA	1	1	1	1	1	1
PUNTEGGIO*DOGANA	1,66%	0,30%	6,89%	0,36%	6,61%	0,44%

Già da questi punteggi, si nota come la Polonia sia la favorita, assieme all'Italia(ovviamente) e la Spagna nonostante manchi tutto l'extragruppo servito da Sacmi Iberica. Per tale motivo, così come accaduto nel Rigid, si è deciso di confermare l'AS IS senza procedere con Ampl in quanto, non avendo una buona percentuale di dati, si otterrebbero risultati non del tutto corretti.

AFRICA:

Per quanto riguarda l'Africa, le nazioni avente il punteggio più alto sono le seguenti:

1) Algeria

2) Egitto

3) Marocco

4) Tunisia

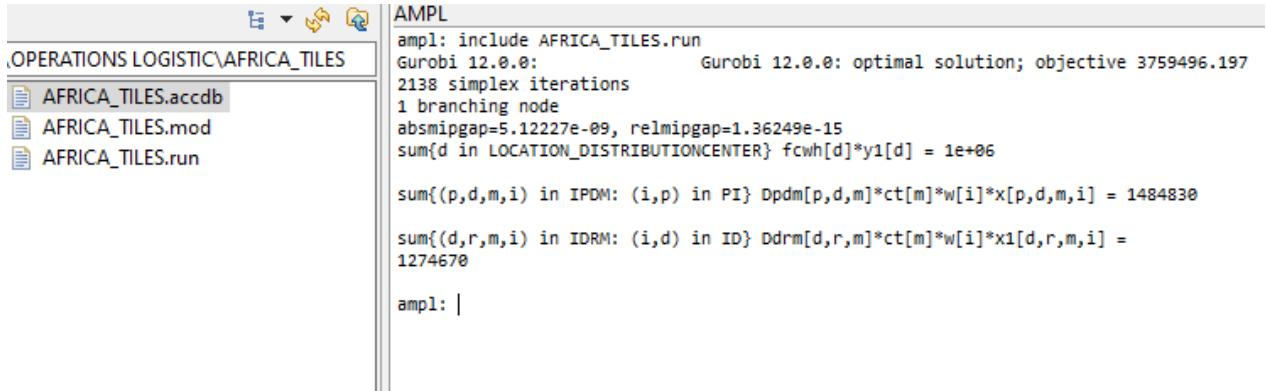
Nazioni	Algeria	Egitto	Kenia	Libano	Libia	Marocco	Nigeria	Sudafrica	Sudan	Tunisia
Totale	28,79%	39,78%	0,60%	0,95%	0,93%	8,03%	5,02%	5,35%	1,67%	8,89%
DOGANA	0,75	0,5	0,5	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	0,75	0,75
PUNTEGGIO*DOGANA	21,59%	19,89%	0,30%	0,71%	0,70%	6,02%	2,51%	2,67%	1,25%	6,67%

Per quanto riguarda Ampl, per i mezzi di trasporto sono state fatte le stesse assunzioni utilizzate nel Rigid e, in questo caso, l'ottimo è dato da **Algeria ed Egitto**, con i seguenti costi:

1)CTOT= 3.759.496,20 € → Un milione sono per l'apertura ipotetica dei due magazzini

2)IPDM= 1.484.830,00 €

3)IDRM= 1.274.670,00 €



```

OPERATIONS LOGISTIC\AFRICA_TILES
AFRICA_TILES.accdb
AFRICA_TILES.mod
AFRICA_TILES.run

AMPL
ampl: include AFRICA_TILES.run
Gurobi 12.0.0:                               Gurobi 12.0.0: optimal solution; objective 3759496.197
2138 simplex iterations
1 branching node
absmipgap=5.12227e-09, relmipgap=1.36249e-15
sum{d in LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER} fcwh[d]*y1[d] = 1e+06

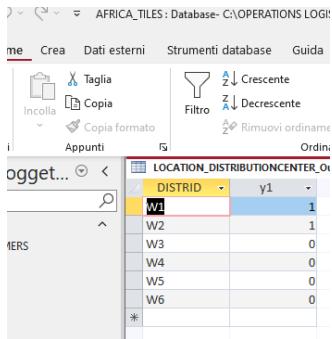
sum{(p,d,m,i) in IPDM: (i,p) in PI} Dpdm[p,d,m]*ct[m]*w[i]*x[p,d,m,i] = 1484830

sum{(d,r,m,i) in IDRM: (i,d) in ID} Ddrm[d,r,m]*ct[m]*w[i]*x1[d,r,m,i] =
1274670

ampl:

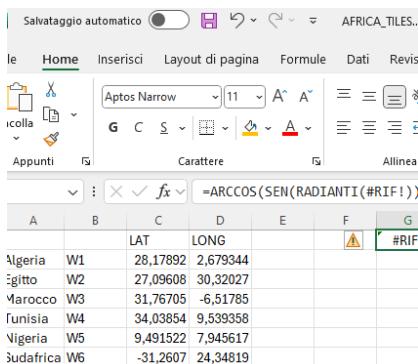
```

Su Access:



	DISTRID	y1
	W1	1
	W2	1
	W3	0
	W4	0
	W5	0
	W6	0
*		

Come si può notare, si ha 1 in corrispondenza di due magazzini, W1 e W2, che sono rispettivamente Algeria ed Egitto, come viene dimostrato dalla seguente immagine:



		LAT	LONG	
Algeria	W1	28,17892	2,679344	
Egitto	W2	27,09608	30,32027	
Marocco	W3	31,76705	-6,51785	
Tunisia	W4	34,03854	9,539358	
Nigeria	W5	9,491522	7,945617	
Sudafrica	W6	-31,2607	24,34819	

Nell'AS IS, si aveva un costo di trasporto pari a 3.071.932,79 €, dunque nel TO BE, basandosi UNICAMENTE sui costi di flusso (IPDM+IDRM) si avrebbe un risparmio di **312.432,79 €**.

AMERICA

Come per il rigid, anche in questo caso le aree con il miglior punteggio sono le seguenti:

- 1)USA
- 2)Messico
- 3)Brasile
- 4)Colombia
- 5)Perù
- 6)Argentina (Nel rigid, al suo posto vi era Venezuela)

Nazioni	Argentina	Bolivia	Brasile	Colombia	Costa Rica	Ecuador
Totale	6,16%	1,58%	7,94%	4,55%	0,34%	0,87%
DOGANA	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5
PUNTEGG	3,08%	0,79%	3,97%	2,27%	0,34%	0,44%

Nazioni	Guatema	Messico	Perù	USA	Venezuela
Totale	1,77%	37,39%	4,05%	26,16%	1,28%
DOGANA	1	0,75	0,5	0,75	0,5
PUNTEGG	1,77%	28,04%	2,03%	19,62%	0,64%

Per quanto riguarda Ampl, anche in questo caso per i mezzi di trasporto sono state fatte le stesse assunzioni utilizzate nel Rigid, ad esempio nella tabella PDM I mezzi sono stati presi da tabella pivot per le aree geografiche in cui esistono già i magazzini, e quindi verso USA Messico e brasile. Per Colombia Argentina (nel Rigid era Venezuela) Perù sono stati ipotizzati gli stessi mezzi di brasile, e allo stesso modo in IPDM, per i prodotti in cui non avevo alcun mezzo di spedizione si è assunto l'aereo. Le stesse assunzioni fatte nel Rigid valgono anche per le tabelle DRM e IDRM.

Anche in questo caso, come nel Rigid, l'ottimo è dato dall'apertura di **USA, Messico, Brasile e Colombia**, con i seguenti risultati:

CTOT=237.381.634,10 €

IPDM=201.207.000,00 €

IDRM=34.174.900,00 €

OPERATIONS LOGISTIC\AMERICA_TILES

AMERICA_TILES.accdb
AMERICA_TILES.mod
AMERICA_TILES.run

```

AMPL
ampl: include AMERICA_TILES.run
Gurobi 12.0.0: Gurobi 12.0.0: optimal solution; objective 237381634.1
27913 simplex iterations
41 branching nodes
sum{d in LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER} fcwh[d]*y1[d] = 2e+06

sum{(p,d,m,i) in IPDM: (i,p) in PI} Dpdm[p,d,m]*ct[m]*w[i]*x[p,d,m,i] =
201287000

sum{(d,r,m,i) in IDRM: (i,d) in ID} Ddrm[d,r,m]*ct[m]*w[i]*x1[d,r,m,i] =
34174900

ampl:

```

Su Access:

AMERICA_TILES : Database- C:\OPERATIONS LOGISTIC\AME

Dati esterni Strumenti database Guida Campi t...

Taglia Copia Copia formato punti

↓ Crescente ↓ Decrescente Rimuovi ordinamento

Ordina e filtra

Ac... < ▾

LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER_O

DISTRID	y1
W1	1
W2	1
W3	1
W4	1
W5	0
W6	0

W1, W2, W3, W4 corrispondono appunto a Brasile, Messico, USA, Colombia, come dimostrato nell'immagine sottostante:

Salvataggio automatico (AMERICA_TILES..)

Home Inserisci Layout di pagina Formule Dati Revisione

Appunti

Carattere

A B C D E F G

		LAT	LONG		#RIF!
W1	Brasile	-6,77572	-56,0478		
W2	Messico	23,86648	-102,278		
W3	USA	39,4877	-101,575		
W4	Colombia	3,395539	-72,901		
W5	Peru	-11,1227	-76,0427		
W6	Argentina	-35,077	-65,5665		

Se si fosse imposto l'AS IS, invece, si sarebbero ottenuti i seguenti costi di flusso:

IPDM=201.518.000,00 €

IDRM=37.734.000,00 €

Dunque, con l'aggiunta di un magazzino in Colombia, si avrebbe un risparmio sui costi del trasporto di **3.870.100,00 €**.

ASIA

Dal metodo del punteggio, le nazioni con lo score più elevato sono le seguenti:

1)Arabia Saudita

2)India

3)Indonesia

4)Singapore → In realtà ha un punteggio basso, ma dal momento che nell'AS IS è presente un magazzino in Singapore si è deciso di metterlo tra le alternative.

5)Thailandia

6)Turchia

7)Vietnam

Nazioni	Arabia Saud	Azerbajdz	Bangladesh	Corea del Sud	Emirati Arab.U.	Filippine	Giappone	Giordania
Totale	4,34%	0,46%	3,06%	0,81%	4,48%	0,32%	0,07%	0,06%
DOGANA	1	1	1	1	1	1	1	1
PUNTEGGIO*DOG	4,34%	0,46%	3,06%	0,81%	4,48%	0,32%	0,07%	0,06%

Nazioni	Hongkong	India	Indonesia	Iraq	Kuwait	Malaysia	Oman	Pakistan
Totale	0,39%	21,94%	4,48%	0,36%	0,04%	1,17%	0,69%	0,19%
DOGANA	1	1	1	1	1	1	1	1
PUNTEGGIO*DOG	0,39%	21,94%	4,48%	0,36%	0,04%	1,17%	0,69%	0,19%

Nazioni	Singapore	Siria	Sri Lanka	Taiwan	Tailandia	Turchia	Vietnam	Iran
Totale	0,04%	0,73%	1,25%	0,82%	1,71%	16,74%	3,49%	3,82%
DOGANA	1	1	1	1	1	1	1	1
PUNTEGGIO*DOG	0,04%	0,73%	1,25%	0,82%	1,71%	16,74%	3,49%	3,82%

Anche in questo caso, per quanto riguarda Ampl, sono state fatte le stesse assunzioni utilizzate nel rigid, ad esempio, come prima, per PDM ed IPDM sono stati fatti gli stessi ragionamenti dell'America, ovvero verso le aree geografiche in cui esistono già i magazzini (India, Singapore, Cina, Turchia), sono stati presi gli stessi mezzi di trasporto per i prodotti che sono stati effettivamente spediti verso quei magazzini (ma non sono tutti perché non funziona da buffer), per gli altri è stato supposto di utilizzare l'aereo. Per Thailandia Indonesia Vietnam e Filippine sono stati ipotizzati gli stessi mezzi e mezzi per prodotti di Singapore, mentre per l'Arabia gli stessi utilizzati per la Turchia. Lo stesso discorso vale per tutte le altre assunzioni decise nel rigid, che appunto valgono ugualmente in questo business.

In questo caso, l'ottimo è dato dall'apertura **di India, Turchia, Thailandia, Arabia Saudita**.

Dunque, come accadeva nel rigid, Ampl suggerisce di spostare il magazzino da Singapore in Thailandia e, in più, di aprirne uno in Arabia Saudita. Questo avrebbe permesso di ottenere i seguenti risultati:

CTOT=321.411.294,50 €

IPDM=149.261.000,00 €

IDRM=170.151.000,00 €

```

AMPL
ampl: include ASIA_TILES.run
Gurobi 12.0.0: Gurobi 12.0.0: optimal solution; objective 321411294.5
53795 simplex iterations
54 branching nodes
sum{d in LOCATION_DISTRIBUTIONCENTER} fcwh[d]*y1[d] = 2e+06
sum{(p,d,m,i) in IPDM: (i,p) in PI} Dpdm[p,d,m]*ct[m]*w[i]*x[p,d,m,i] =
149261000
sum{(d,r,m,i) in IDRM: (i,d) in ID} Ddrm[d,r,m]*ct[m]*w[i]*x1[d,r,m,i] =
170151000

```

Su Access:

	DISTRID	y1
W1		1
W2		1
W3		0
W4		1
W5		0
W6		0
W7		1

Come si può vedere, si attivano W1, W2, W4, W7 che corrispondono rispettivamente ad Arabia Saudita, India, Thailandia e Turchia, come dimostra l'immagine sottostante:

		LAT	LONG	
W1	Arabia Saudita	23,60964	45,13323	
W2	India	22,80482	79,77103	
W3	Indonesia	-1,86999	114,6262	
W4	Thailandia	16,36293	101,0714	
W5	Vietnam	14,42991	108,278	
W6	Singapore	1,299573	103,8434	
W7	Turchia	39,01474	35,68193	

Se invece si fosse imposto l'AS IS, ovvero il passaggio di tutta la merce tra i magazzini in India, Turchia, Singapore, si sarebbero ottenuti i seguenti risultati:

IPDM=148.651.000,00 €

IDRM=171.628.000,00 €

Come si può notare, con l'aggiunta di un magazzino in Arabia e lo spostamento di Singapore in Thailandia, si sarebbe ottenuto un risparmio sui costi di flusso di **867.000,00 €**.

OCEANIA

Non ha senso, come nel Rigid, provare ad aprire un magazzino perché si ha un mercato troppo basso, una percentuale di consegne quasi inesistente.

Conclusioni Tiles

Ricapitolando, si è partiti da una situazione iniziale in cui vi erano i magazzini nelle seguenti aree geografiche:

- 1) Europa: Nel 2023 vi erano due magazzini, uno in Spagna ed uno in Polonia, denominati rispettivamente Sacmi Iberica e Sacmi Polska.
- 2) America: Nel 2023 presentava tre differenti magazzini in tre aree distinte, precisamente in USA, Messico e Brasile, denominati rispettivamente Sacmi USA, Sacmi de Mexico e Sacmi do Brasil.
- 3) Asia: Questo continente presentava cinque magazzini, collocati in Cina (Sacmi Nanhai), in India (Sacmi India), a Singapore (Sacmi Singapore), in Russia (Sacmi Russia) e per concludere in Turchia. (Sacmi Istanbul).
- 4) Africa: Non presenta magazzini
- 5) Oceania: Non presenta magazzini

Dopo le varie analisi, un potenziale TO BE ottenuto in seguito alla visualizzazione dei risultati su Ampl è il seguente:

- 1) Europa: Non potendo estrarre i dati di Sacmi Iberica che ricopre una grande percentuale del mercato europeo, si è preferito basarsi unicamente sul metodo del punteggio che conferma l'AS IS.
- 2) America: Confermato l'AS IS, quindi i magazzini in USA, Messico e Brasile, ma in più viene suggerito l'apertura di un altro magazzino nel Sud America, esattamente in **Colombia**. Questo permetterebbe di ridurre i costi del trasporto di **3.870.100,00 €**.
- 3) Asia: La proposta è quella di “spostare” il magazzino da Singapore in **Thailandia**, di aprirne uno nuovo in **Arabia Saudita**, e mantenere sempre aperto India, Cina, Turchia e Russia. Questo permetterebbe una riduzione dei costi di trasporto di **867.000,00 €**.
- 4) Africa: In questo caso la proposta è di aprire un magazzino in **Algeria ed in Egitto**, permettendo una riduzione dei costi pari a **312.432,79 €**.
- 5) Oceania: Non è conveniente aprire magazzini in quanto abbiamo una percentuale troppo bassa di consegne.

11 Scelte conclusive

11.1 Vantaggi e Svantaggi della metodologia applicata

La metodologia adottata in questo studio per l'ottimizzazione della localizzazione del magazzino, basata principalmente sulla minimizzazione dei costi, offre diversi vantaggi pur presentando anche alcune limitazioni e potenziali rischi. Uno dei principali vantaggi è la sua capacità di ottenere riduzioni significative delle spese di trasporto, come evidenziato dai risparmi stimati di circa € 1,7 milioni per il business Rigid e € 5 milioni per il business Tiles. Localizzando strategicamente i magazzini, il modello migliora l'efficienza logistica, riducendo potenzialmente anche i tempi di consegna, un fattore essenziale, soprattutto per i clienti che necessitano urgentemente di pezzi di ricambio. Inoltre, l'utilizzo di tecniche di ottimizzazione garantisce un approccio orientato ai dati per il processo decisionale, riducendo al minimo i pregiudizi soggettivi e migliorando le prestazioni complessive della supply chain.

Tuttavia, nonostante questi vantaggi, la metodologia presenta alcune limitazioni. Il modello presuppone che i costi di trasporto siano direttamente proporzionali alla distanza e al peso, un'ipotesi che potrebbe non cogliere appieno le complessità della logistica del mondo reale. Fattori quali la congestione del traffico, le fluttuazioni dei prezzi dei carburanti e la variabilità delle infrastrutture regionali possono influenzare in modo significativo i costi di trasporto effettivi, rendendo le previsioni del modello meno precise in condizioni di mercato dinamiche. Inoltre, l'affidamento su dati storici per il processo decisionale può rappresentare un rischio, in quanto non tiene conto di improvvisi cambiamenti nella domanda, cambiamenti normativi o perturbazioni geopolitiche che potrebbero alterare le dinamiche della catena di approvvigionamento. La scelta dei magazzini basata esclusivamente sulla minimizzazione dei costi potrebbe limitare la flessibilità nel rispondere alle esigenze in evoluzione del mercato. Ad esempio, un improvviso aumento della domanda in una regione non coperta dalla rete di magazzini ottimizzata potrebbe portare a ritardi nei servizi e ad un aumento dei costi operativi.

Per far fronte a questi rischi, si potrebbero attuare diverse contromisure. Ad esempio, l'integrazione dei dati in tempo reale sui costi di trasporto e sulle previsioni della domanda migliorerebbe l'adattabilità del modello, consentendo un processo decisionale più dinamico e reattivo.

11.2 Conclusioni e sviluppi futuri

Questo studio è iniziato con un'analisi approfondita dei flussi logistici in uscita da Headquarter e Network andando ad evidenziare la rete di magazzini esistente di SACMI, che, a partire dal 2023, comprendeva centri di distribuzione in diverse regioni geografiche. Lo scenario AS-IS iniziale includeva magazzini in Spagna e Polonia per l'Europa, gli Stati Uniti, il Messico e il Brasile per le Americhe, molteplici sedi in Asia, tra cui Cina, India, Singapore,

Russia e Turchia, e una completa assenza di magazzini in Africa e Oceania.

Notando una distribuzione dei clienti molto variegata, l'obiettivo principale di questa ricerca era ottimizzare la posizione geografica dei magazzini per ridurre al minimo i costi di trasporto focalizzandosi sul tipo resa C D laddove era dominante, C D ed E F altrimenti. Per raggiungere questo obiettivo, è stato adottato un approccio di minimizzazione dei costi, che sfrutta i dati storici sulle spedizioni, i costi di trasporto e la distribuzione geografica della domanda. La metodologia ha incorporato un modello di punteggio per identificare le posizioni ad alto potenziale, seguito da un processo di ottimizzazione utilizzando il software AMPL per determinare uno scenario ottimale TO-BE.

I risultati dello studio hanno fornito raccomandazioni attuabili per una rete di magazzini riveduta. Nelle Americhe, i risultati suggeriscono l'aggiunta di un nuovo magazzino in Colombia, che contribuirebbe a una riduzione dei costi di trasporto stimato di circa € 1,5 milioni nel Rigid e circa € 4 nel Tiles. In Asia, il modello ha raccomandato di "trasferire" il magazzino da Singapore alla Thailandia e di aprire una nuova struttura in Arabia Saudita, con un risparmio stimato di circa € 60.000 nel Rigid e circa € 867.000 nel Tiles. Analogamente, per l'Africa, è stata proposta l'introduzione di magazzini in Algeria e in Egitto, il che comporterebbe una riduzione dei costi di trasporto di circa € 300.000 nel Tiles e circa € 280000 nel Rigid . Nel frattempo, per l'Europa, il modello ha confermato la struttura esistente, date le limitazioni dei dati.

Complessivamente, il modello di ottimizzazione ha dimostrato una riduzione totale dei costi stimata pari a circa € 1,7 milioni per la divisione Rigid e € 5 milioni per la divisione Tiles. Oltre al risparmio sui costi, la rete di magazzini rivisitata garantisce una migliore copertura delle aree ad alta domanda.

Guardando al futuro, diversi potenziali perfezionamenti potrebbero migliorare l'accuratezza e l'efficacia del modello. Le iterazioni future dovrebbero incorporare i costi di trasporto in tempo reale, i tempi di consegna e i costi di detenzione dell'inventario per fornire una valutazione più olistica. Inoltre, l'integrazione delle previsioni della domanda permetterebbe al modello di tenere conto delle fluttuazioni del mercato, garantendo che le posizioni dei magazzini rimangano ottimali in condizioni mutevoli. Inoltre, sarebbe necessario tenere conto dei costi di giacenza per i nuovi magazzini, in quanto a fronte di un nuovo investimento è sempre necessario tener conto dei costi necessari al mantenimento della nuova struttura.

Perfezionando continuamente questo modello e incorporando ulteriori parametri decisionali, SACMI può rafforzare ulteriormente la sua rete di distribuzione globale, ottenendo risparmi sui costi a lungo termine pur mantenendo l'agilità necessaria per adattarsi a un mercato in continua evoluzione.

BIBLIOGRAFIA:

- Pareschi A. (2007), *Impianti industriali*. Pp 161-183; Pp 150-158;
- <https://www.mecalux.it/articoli-sulla-logistica/fic-pro-nimes-yannick-taton-intervista>
- <https://www.tcemagazine.it/54350/reverse-logistics-o-logistica-di-ritorno-cose-costi-criticita-e-vantaggi-di-una-corretta-gestione/>
- <https://www.mecalux.it/articoli-sulla-logistica/gestione-itinerari-ultimo-miglio-ia-matthias-winkenbach>
- <https://www.aboutamazon.it/notizie/company-news/amazon-completa-con-successo-il-primo-volo-di-prova-per-le-consegne-con-i-droni-a-san-salvo-in-abruzzo>
- <https://www.fagiolarisrl.it/it/blog/costruire-un-capannone-industriale-quanto-puo-costare-160>
- <https://webthesis.biblio.polito.it/7691/1/tesi.pdf>
- https://moodle2.units.it/pluginfile.php/194594/mod_folder/content/0/Padoano_slide_g.pdf?forcedownload=1
- <https://virtuale.unibo.it/mod/resource/view.php?id=1554925>
- <https://ampl.com/learn/ampl-book/>
- <https://www.dsv.com/it-it/sostegno/faq/tipi-di-incoterms-2020>
- <https://www.geeksforgeeks.org/great-circle-distance-formula/>
- <https://valeoin.com/blog/logistica/7-azioni-ottimizzare-costi-trasporto/>
- <https://xl-logistics.pl/it/ottimizzazione-dei-percorsi-di-trasporto-come-ridurre-i-costi-e-migliorare-lefficienza-delle-consegne/>
- <https://elogy.io/logistica-green-per-ridurre-le-emissioni-come-prepararsi-a-un-futuro-sostenibile/>
- <https://aknogroup.com/2024/04/19/guida-processi-automazione-logistica/>
- <https://elogy.io/ottimizzazione-supply-chain/>
- <https://www.esselogistics.it/blog/best-practice-per-ottimizzare-la-logistica/>