



**Politecnico
di Torino**

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale
A.a. 2021/2022

**Sviluppo e integrazione dell'industria 4.0
nei processi aziendali:**
il caso della Electro-Parts S.p.A.

Relatore:
Cantamessa Marco

Candidato:
Meluccio Andrea

Indice

Introduzione	1
1. Competitors	2
1.1. Confronto con i competitors italiani	3
1.2. Competitors europei.....	7
2. Agile Manufacturing	16
2.1. Analisi Agile manufacturing in Electro-Parts S.p.A.....	19
2.2. Linee guida per proseguire verso un approccio agile	23
3. Analisi del reparto stampaggio plastica.....	25
3.1. Modello decisionale pre-industry 4.0	27
3.2. Analisi dei dati	28
3.3. Analisi di Pareto.....	29
3.4. Analisi di produttività delle presse	30
3.5. Scheduling presse plastica	33
3.5.1. Algoritmo di scheduling Min-Min.....	34
3.5.2. Algoritmo di scheduling EDD	36
3.6. Approfondimento algoritmo di scheduling del reparto plastica	39
3.7. Esempio pratico: schedulazione per la settimana 2 e 3 di gennaio 2022.....	43
3.8. Monitoraggio reparto plastica: Primo cruscotto	45
3.8.1. Secondo cruscotto	46
3.8.2. Terzo cruscotto.....	47
3.9. Analisi stato di salute stampi	48
3.10. Calcolo EPQ (Economic Production Quantity) per il reparto plastica	50
4. Analisi del reparto indotti.....	53
4.1. Analisi di Pareto degli indotti	53
4.2. Analisi della produttività degli indotti.....	54
4.3. Il cruscotto per il monitoraggio	56
4.4. La matrice dei cambi.....	56
5. Reparto assemblaggio motori.....	57
5.1. Analisi di Pareto reparto motori.....	58
5.2. Monitoraggio: il cruscotto	59
5.3. La matrice dei tempi di setup dei motori	60
5.4. Strumenti per ottimizzare la programmazione della produzione.....	61
5.4.1. File Excel con cruscotti integrati.....	62
5.4.2. Nuovo metodo di schedulazione	65

6. Conclusioni.....	67
Bibliografia	69
Sitografia.....	70

Introduzione

Il progetto di tesi affrontato riguarda l'analisi delle linee produttive con il fine di favorire lo sviluppo e l'integrazione dell'industria 4.0 nei processi aziendali.

I dati raccolti e rielaborati sono stati messi a disposizione dei vari enti aziendali non solo per porre base per l'analisi di produzione ai fini strategici di pianificazione, ma anche per il controllo dei processi ai fini di qualità.

L'Electro-Parts S.p.A., un'azienda manifatturiera che produce motori elettrici, ha implementato negli ultimi anni alcune linee produttive di ultima generazione che permettono la raccolta dei dati riguardanti la produzione, tramite l'integrazione con il sistema informativo aziendale e la conseguente estrazione e rielaborazione.

Sono stati inoltre analizzati gli attuali processi aziendali, con il fine di ottimizzare la programmazione della produzione e di snellire i processi.

È stato applicato un approccio Agile, che per ogni nuovo processo è consistito nella partenza dall'analisi dei dati consuntivi della produzione, seguita da una serie di cicli di ragionamento atti a migliorare il processo di sviluppo nel tentativo di identificare e correggere rapidamente problemi e difetti. Gli strumenti di analisi principalmente utilizzati sono Excel e Microsoft Project.

È stato analizzato tutto il processo produttivo aziendale, che è diviso in tre macro-reparti:

- Reparto stampaggio componenti in plastica
- Reparto produzione indotti
- Reparto produzione motori

In seguito all'analisi e alla rielaborazione dei dati di produzione sono stati realizzati alcuni cruscotti dinamici per monitorare i KPI aziendali inerenti alla produzione dei tre reparti.

Le tabelle contenenti informazioni riservate, come i codici dei prodotti, sono state censurate con riquadri di colore grigio.

In conclusione, sono stati forniti nuovi algoritmi di scheduling e nuovi strumenti per la programmazione della produzione che integrano le analisi effettuate.

1. Competitors

I competitors di Electro-Parts S.p.A in Italia sono aziende di medie dimensioni, come Elvi e Ride.

In Europa invece troviamo Bosch e Brose.

I vantaggi competitivi della Electro Parts sono:

- Forti competenze nell' automotive
- Capacità di progettazione estremamente customizzata a seconda delle esigenze del cliente

Bosch è un'azienda molto più grossa e strutturata, motivo per il quale però hanno un approccio più rigido nei confronti dei clienti che, nei casi in cui necessitano maggiore flessibilità, scelgono altri fornitori come Electro-Parts.

Le maggiori variabili in gioco per la scelta tra Electro-Parts e un competitor sono:

- Costi
- Tempi
- Qualità attesa

Queste variabili sono influenzate dall' esperienza pregressa di progetti simili e dalla presenza di investimenti specifici iniziali che un competitor potrebbe aver già fatto in passato, garantendo così un minor prezzo per la potenziale commessa.

I clienti di Electro-parts sono tutte multinazionali del calibro di: Mahle, Denso, Valeo, ZF, Magneti Marelli, Came, Renault.

Il 95% del fatturato dell'azienda è infatti derivante dall'estero ed è suddiviso per il 60% nell' home and office automation e per il 40% nell' automotive.

L'azienda ha commesse con l'Europa (prevalentemente l'Europa centrale) l'Asia (prevalentemente Cina ed India) e con l'America.

1.1. Confronto con i competitors italiani

I competitors italiani sono Elvi e Ride, due aziende situate in provincia di Brescia.

Analizzando i bilanci delle due aziende estratti dal portale di Aida e confrontandoli con Electro Parts :

Elvi S.r.l.

Aida - società report di ELVI S.R.L. - MOTORI ELETTRICI

Bilancio non consolidato	31/12/2020 EUR	31/12/2019 EUR	31/12/2018 EUR	31/12/2017 EUR	31/12/2016 EUR
	12 mesi Dettagliato ICS				
Ricavi delle vendite	26.657.992	27.583.801	27.812.196	30.354.417	30.342.651
EBITDA	873.956	856.280	1.892.631	2.197.705	3.294.072
Utile Netto	-165.042	-84.713	440.968	827.584	1.802.265
Totale Attività	26.936.758	25.561.921	25.273.151	27.154.167	22.611.446
Patrimonio Netto	15.462.568	15.625.137	15.706.679	15.267.178	14.449.545
Posizione finanziaria netta	3.917.085,00	3.644.890,00	4.049.568,00	587.934,00	-1.514.424,00

Aida - società report di ELVI S.R.L. - MOTORI ELETTRICI

Bilancio non consolidato	31/12/2020 EUR	31/12/2019 EUR	31/12/2018 EUR	31/12/2017 EUR	31/12/2016 EUR
	12 mesi Dettagliato ICS				
1. Indicatori finanziari					
- Indice di liquidità	1,15	1,01	1,11	1,58	1,66
- Indice corrente	2,05	2,13	2,28	2,34	2,51
- Indice di indebitam. a breve	0,77	0,78	0,75	0,72	0,87
- Indice di indebitam. a lungo	0,23	0,22	0,25	0,28	0,13
- Indice di copertura delle immob. (patrimoniale)	0,64	0,61	0,59	0,51	0,40
- Grado di ammortamento	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
- Rapporto di indebitamento	1,74	1,64	1,61	1,78	1,56
- Indice di copertura delle immob. (finanziario)	1,79	1,85	1,90	2,38	2,68
- Debiti v/banche su fatt.	17,35	13,78	14,85	13,76	4,02
- Costo denaro a prestito	0,41	1,32	1,46	1,13	1,35
- Grado di copertura degli interessi passivi	45,84	16,96	31,26	46,00	197,30
- Oneri finanz. su fatt.	0,07	0,18	0,22	0,16	0,05
- Indice di indep. Finanz.	57,40	61,13	62,15	56,22	63,90
- Grado di indep. da terzi	1,45	1,65	1,72	1,34	1,88
- Posizione finanziaria netta	3.917.085,00	3.644.890,00	4.049.568,00	587.934,00	-1.514.424,00
- Debt/Equity ratio	0,30	0,25	0,26	0,28	0,09
- Debt/EBITDA ratio	5,36	4,48	2,20	1,92	0,37

3. Indici di redditività

- EBITDA	873.956	856.280	1.892.631	2.197.705	3.294.072
- EBITDA/Vendite	3,24	3,08	6,75	7,18	10,76
- Redditività del totale attivo (ROA)	-0,96	-0,41	2,35	4,26	11,82
- Redditività di tutto il capitale investito (ROI)	-1,29	-0,54	2,99	5,94	17,04
- Redditività delle vendite (ROS)	-0,96	-0,38	2,12	3,78	8,72
- Redditività del capitale proprio (ROE)	-1,07	-0,54	2,81	5,42	12,47
- Incid. oneri/Proventi extrag. (%)	n.s.	n.s.	74,24	71,54	67,45

Figura 1: indici di bilancio di Elvi

Ride S.r.l.:

Aida - società report di RIDE S.R.L.

Bilancio non consolidato	31/12/2020 EUR	31/12/2019 EUR	31/12/2018 EUR	31/12/2017 EUR	31/12/2016 EUR
	12 mesi Dettagliato ICS				
Ricavi delle vendite	22.204.704	20.047.543	17.403.767	15.789.733	14.780.746
EBITDA	2.082.426	2.077.252	2.390.788	1.999.771	2.415.491
Utile Netto	1.079.602	1.008.392	1.204.827	1.077.513	1.324.507
Totale Attività	16.746.701	12.952.023	12.347.942	10.904.479	11.004.215
Patrimonio Netto	9.382.648	8.403.046	7.394.654	6.189.827	5.112.314
Posizione finanziaria netta	-1.897.001,00	-1.218.088,00	-1.613.451,00	-1.862.155,00	-1.992.750,00

Aida - società report di RIDE S.R.L.

Bilancio non consolidato	31/12/2020 EUR	31/12/2019 EUR	31/12/2018 EUR	31/12/2017 EUR	31/12/2016 EUR
	12 mesi Dettagliato ICS				

1. Indicatori finanziari

- Indice di liquidità	1,33	1,41	1,29	1,50	1,41
- Indice corrente	2,31	3,08	2,74	2,87	2,81
- Indice di indebitam. a breve	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
- Indice di indebitam. a lungo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
- Indice di copertura delle immob. (patrimoniale)	0,28	0,26	0,22	0,30	0,37
- Grado di ammortamento	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
- Rapporto di indebitamento	1,78	1,54	1,67	1,76	2,15
- Indice di copertura delle immob. (finanziario)	3,55	3,70	4,42	3,34	2,66
- Debiti v/banche su fatt.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
- Costo denaro a prestito	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
- Grado di copertura degli interessi passivi	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
- Oneri finanz. su fatt.	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00
- Indice di indep. Finanz.	56,03	64,88	59,89	56,76	46,46
- Grado di indep. da terzi	1,54	2,42	1,90	1,97	1,58
- Posizione finanziaria netta	-1.897.001,00	-1.218.088,00	-1.613.451,00	-1.862.155,00	-1.992.750,00
- Debt/Equity ratio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
- Debt/EBITDA ratio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

3. Indici di redditività

- EBITDA	2.082.426	2.077.252	2.390.788	1.999.771	2.415.491
- EBITDA/Vendite	9,33	10,29	13,30	12,29	16,12
- Redditività del totale attivo (ROA)	8,09	10,17	13,26	12,10	17,38
- Redditività di tutto il capitale investito (ROI)	14,44	15,68	22,14	21,32	n.s.
- Redditività delle vendite (ROS)	6,07	6,52	9,11	8,11	12,76
- Redditività del capitale proprio (ROE)	11,51	12,00	16,29	17,41	25,91
- Incid. oneri/Proventi extrag. (%)	79,67	76,55	73,61	81,64	69,27

Figura 2: indici di bilancio di Ride

Electro-Parts S.p.A.:

Aida - società report di ELECTRO-PARTS SPA

Bilancio non consolidato	31/12/2020 EUR	31/12/2019 EUR	31/12/2018 EUR	31/12/2017 EUR	31/12/2016 EUR
	12 mesi Dettagliato ICS				
Ricavi delle vendite	42.692.463	47.626.300	49.674.349	41.183.882	33.878.946
EBITDA	4.397.489	4.277.855	3.783.210	3.526.449	3.222.368
Utile Netto	2.185.718	2.060.815	1.601.910	2.660.415	1.147.006
Totale Attività	36.049.529	28.677.875	30.683.420	22.496.598	18.654.866
Patrimonio Netto	18.889.737	12.800.565	10.743.466	9.141.554	6.481.136
Posizione finanziaria netta	-1.663.943,00	-167.155,00	545.866,00	-199.864,00	-317.219,00

Aida - società report di ELECTRO-PARTS SPA

Bilancio non consolidato	31/12/2020 EUR	31/12/2019 EUR	31/12/2018 EUR	31/12/2017 EUR	31/12/2016 EUR
	12 mesi Dettagliato ICS				
1. Indicatori finanziari					
- Indice di liquidità	1,29	1,21	1,02	1,00	0,91
- Indice corrente	1,72	1,65	1,41	1,55	1,42
- Indice di indebitam. a breve	0,80	0,79	0,83	0,85	0,83
- Indice di indebitam. a lungo	0,20	0,21	0,17	0,15	0,17
- Indice di copertura delle immob. (patrimoniale)	0,69	0,68	0,74	0,63	0,77
- Grado di ammortamento	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
- Rapporto di indebitamento	1,91	2,24	2,86	2,46	2,88
- Indice di copertura delle immob. (finanziario)	1,69	1,82	1,74	1,90	1,66
- Debiti v/banche su fatt.	10,86	9,86	9,31	6,39	6,62
- Costo denaro a prestito	0,48	0,00	0,01	0,21	1,16
- Grado di copertura degli interessi passivi	194,42	n.d.	n.s.	n.s.	120,32
- Oneri finanz. su fatt.	0,05	0,00	0,00	0,01	0,08
- Indice di indep. Finanz.	52,40	44,64	35,01	40,64	34,74
- Grado di indep. da terzi	1,16	0,85	0,56	0,73	0,57
- Posizione finanziaria netta	-1.663.943,00	-167.155,00	545.866,00	-199.864,00	-317.219,00
- Debt/Equity ratio	0,25	0,37	0,44	0,29	0,36
- Debt/EBITDA ratio	1,06	1,10	1,24	0,76	0,73

3. Indici di redditività

- EBITDA	4.397.489	4.277.855	3.783.210	3.526.449	3.222.368
- EBITDA/Vendite	10,23	8,94	7,50	8,44	9,25
- Redditività del totale attivo (ROA)	6,67	8,60	7,31	10,05	9,55
- Redditività di tutto il capitale investito (ROI)	10,21	14,09	14,52	19,09	20,18
- Redditività delle vendite (ROS)	5,60	5,16	4,44	5,41	5,11
- Redditività del capitale proprio (ROE)	11,57	16,10	14,91	29,10	17,70
- Incid. oneri/Proventi extrag. (%)	90,87	83,53	71,43	117,72	64,42

Figura 3: Indici di bilancio di Electro-Parts

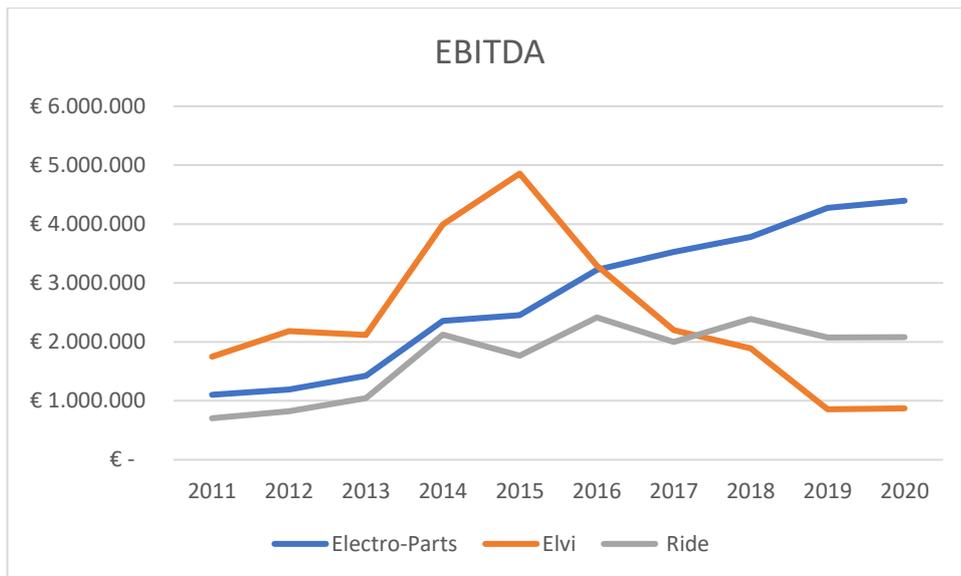


Figura 4: confronto EBITDA

Confrontando l' EBITDA delle tre aziende emerge chiaramente il trend costantemente in crescita della Electro-Parts, con un EBITDA aumentato del 300% dal 2011 al 2020 ed un trend della Elvi in decrescita dal 2015 in poi, che è diminuito del 82 %.

1.2. Competitors europei

Per quanto riguarda invece i competitors a livello europeo entrano in gioco multinazionali con dimensioni e potere contrattuale decisamente più rilevante.

Bosch e Brose competono negli stessi settori, principalmente quello nella fornitura di motori elettrici ai suppliers del mondo automotive.

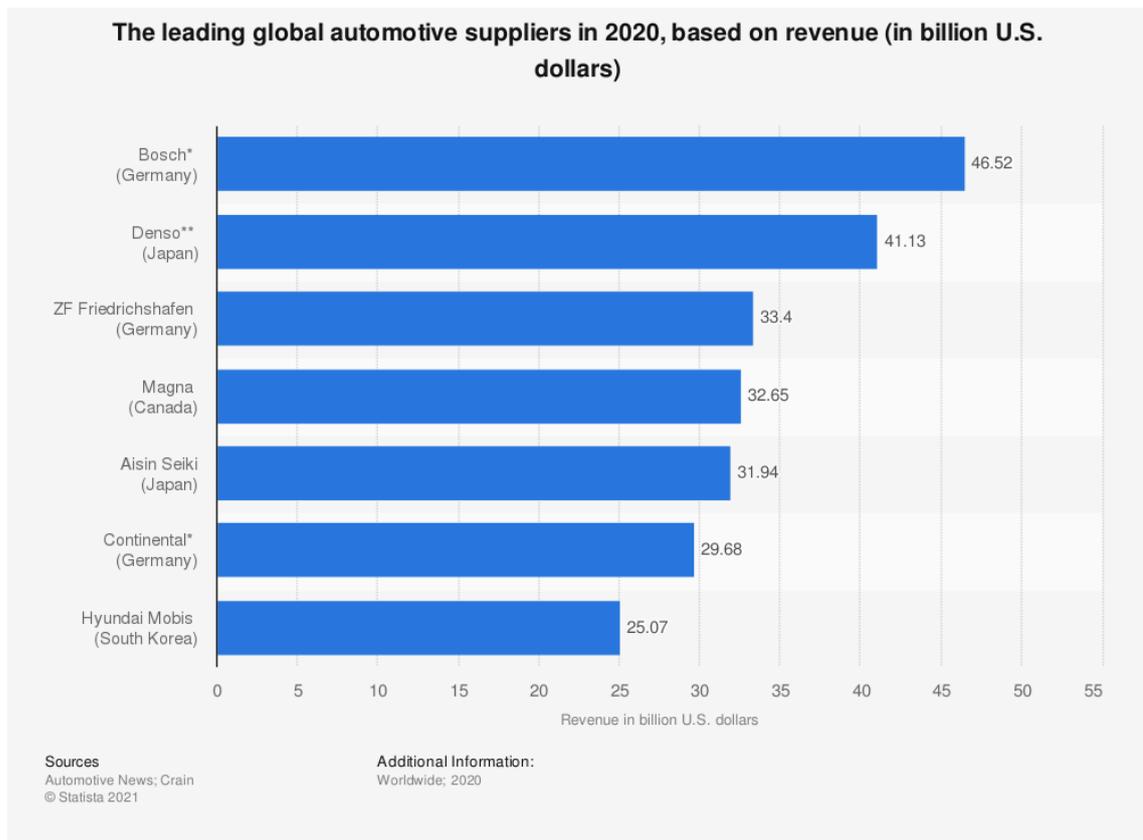


Figura 5: I principali fornitori del settore automotive nel 2020, basati sui ricavi

È evidente come Bosch sia fornitore leader a livello globale di tecnologie e servizi. Grazie ai circa 395.000 collaboratori impiegati nei quattro settori di business Mobility Solutions, Industrial Technology, Consumer Goods e Energy and Building Technology, il Gruppo Bosch ha registrato un fatturato di 71,5 miliardi di euro nel 2020.

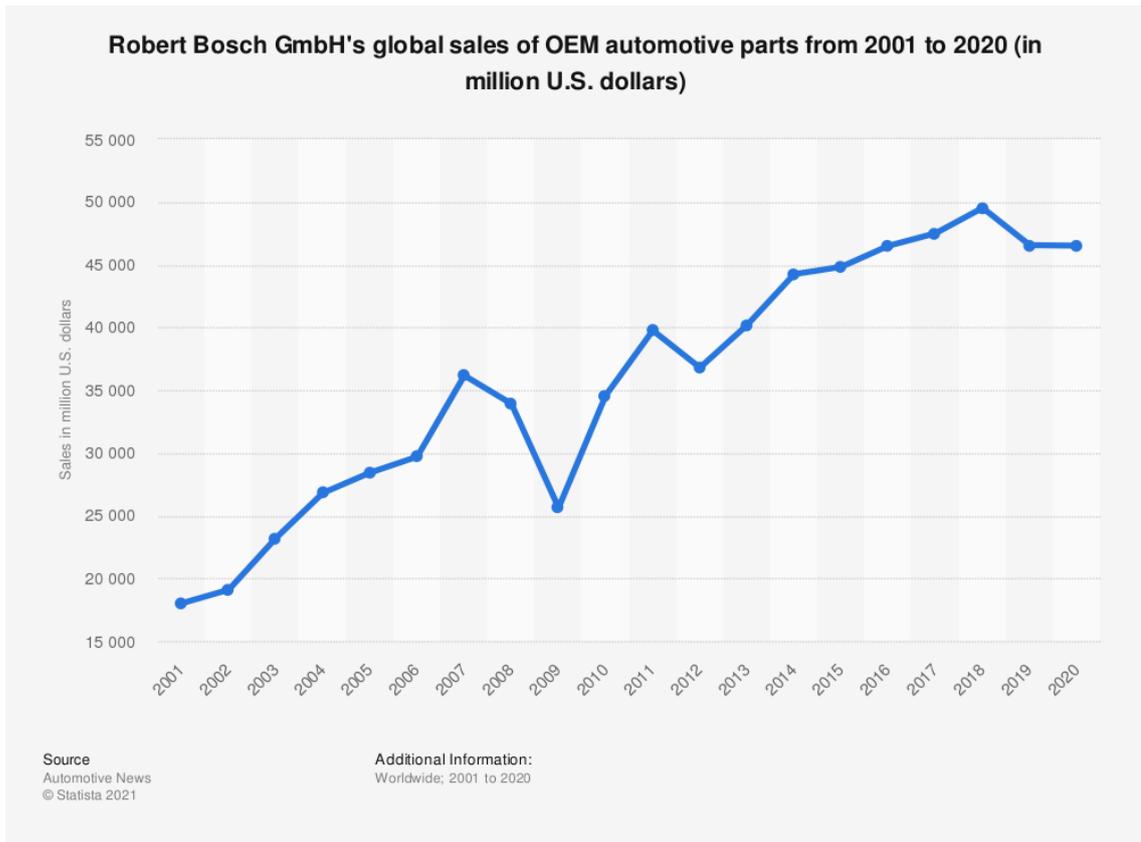


Figura 6: Vendite di Bosch agli OEM del settore automotive dal 2001 al 2020

Il Gruppo Bosch ha infatti conquistato costantemente quote di mercato negli anni, triplicando i propri ricavi nelle vendite agli OEM (*original equipment manufacturer*) del mondo automotive dal 2001 al 2020.

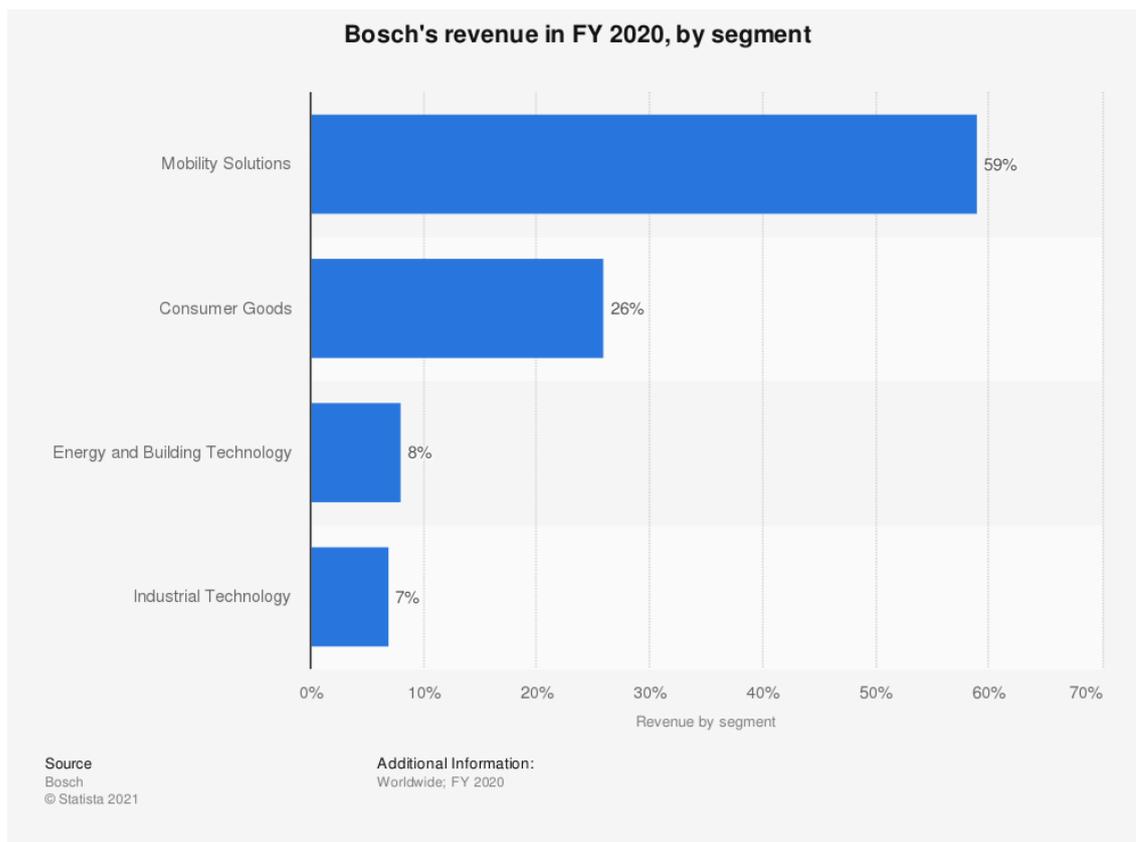


Figura 7: divisione dei ricavi di Bosch in base al segmento

La maggior parte dei ricavi per il Gruppo Bosch deriva dalle vendite del segmento della “mobility solutions”: come fornitore di tecnologia automobilistica, il settore offre ai propri clienti soluzioni di mobilità integrate suddivise nelle seguenti divisioni: Powertrain Solutions, Chassis Systems Control, Electrical Drives, Automotive Electronics, Automotive Steering e Cross-Domain Computing Solutions, costituita all'inizio del 2021. Altre divisioni includono Automotive Aftermarket, il server provider Connected Mobility Solutions e Bosch eBike Systems. A queste si aggiungono altre attività relative alle due ruote, ai veicoli commerciali e fuoristrada e ai servizi di ingegneria. In risposta al profondo cambiamento del settore automobilistico, Bosch sostiene la neutralità tecnologica e sta sviluppando ulteriormente le soluzioni powertrain, compresi i carburanti sintetici. Solo nel 2020, Bosch ha fatto investimenti di circa 500 milioni di euro nell'elettromobilità, comprese le celle a combustibile.

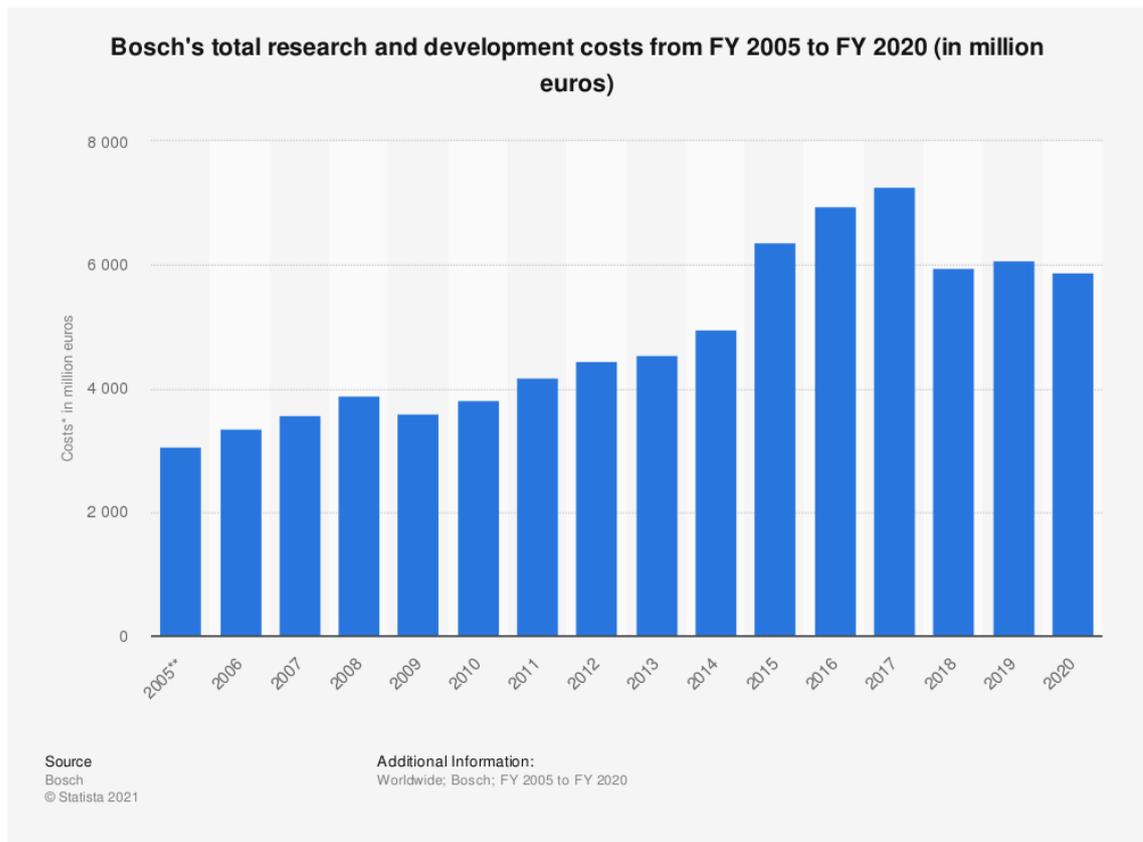


Figura 8: investimenti in Ricerca e sviluppo di Bosch dal 2005 al 2020

Il Gruppo Bosch, conscio dell'importanza dello sviluppo di nuove competenze e tecnologie atte ad ottenere un vantaggio competitivo nei confronti dei competitors, pone infatti un'importanza cruciale agli investimenti in ricerca e sviluppo, con somme investite mai scese sotto i 3 miliardi di euro all'anno dal 2005 ad oggi, con un trend in costante crescita fino al 2017 che li ha portati ad un picco di quasi 7 miliardi di euro investiti nell'anno.

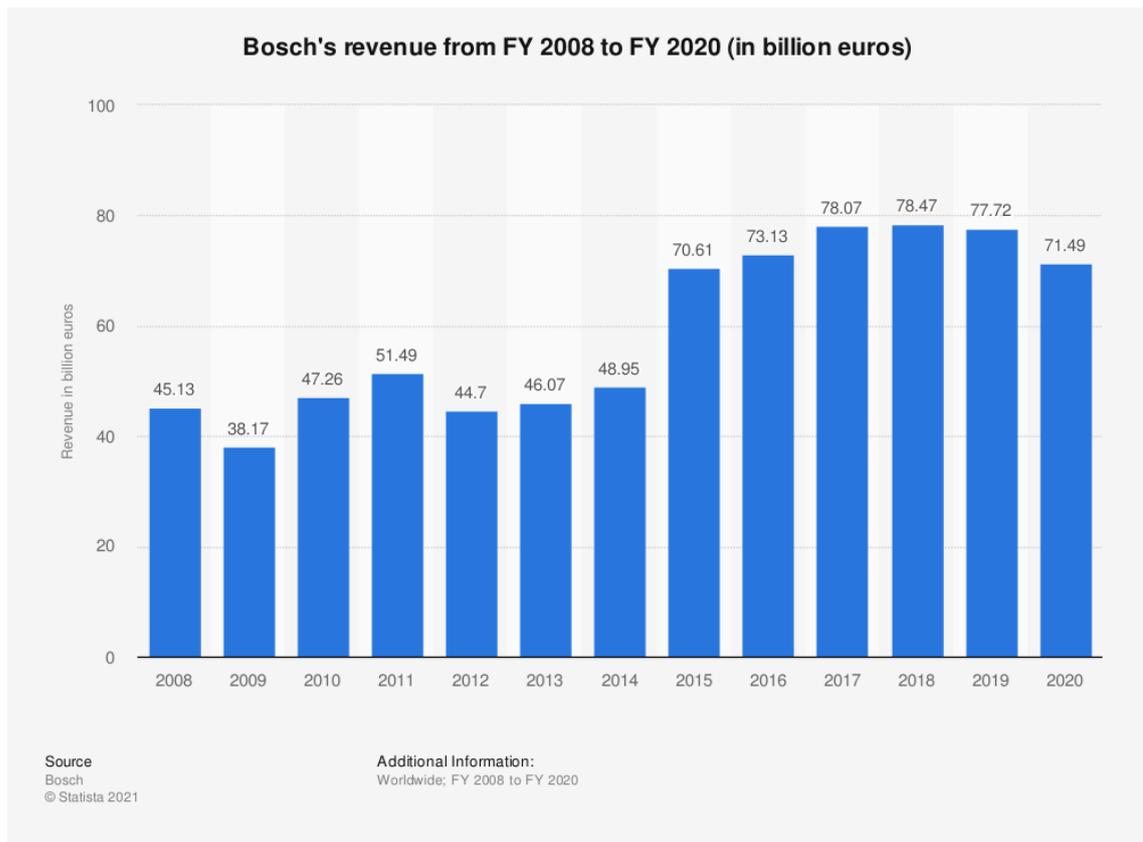


Figura 9: Ricavi di Bosch dal 2008 al 2020

Analizzando i ricavi complessivi del Gruppo Bosch si nota un periodo di stallo tra il 2008 e il 2014 per poi ottenere un rapido aumento dal 2015 poi, rafforzato dalla ripresa economica a livello mondiale successiva alla crisi del 2008.

I ricavi del gruppo sono infatti aumentati del 58% dal 2008 al 2020.

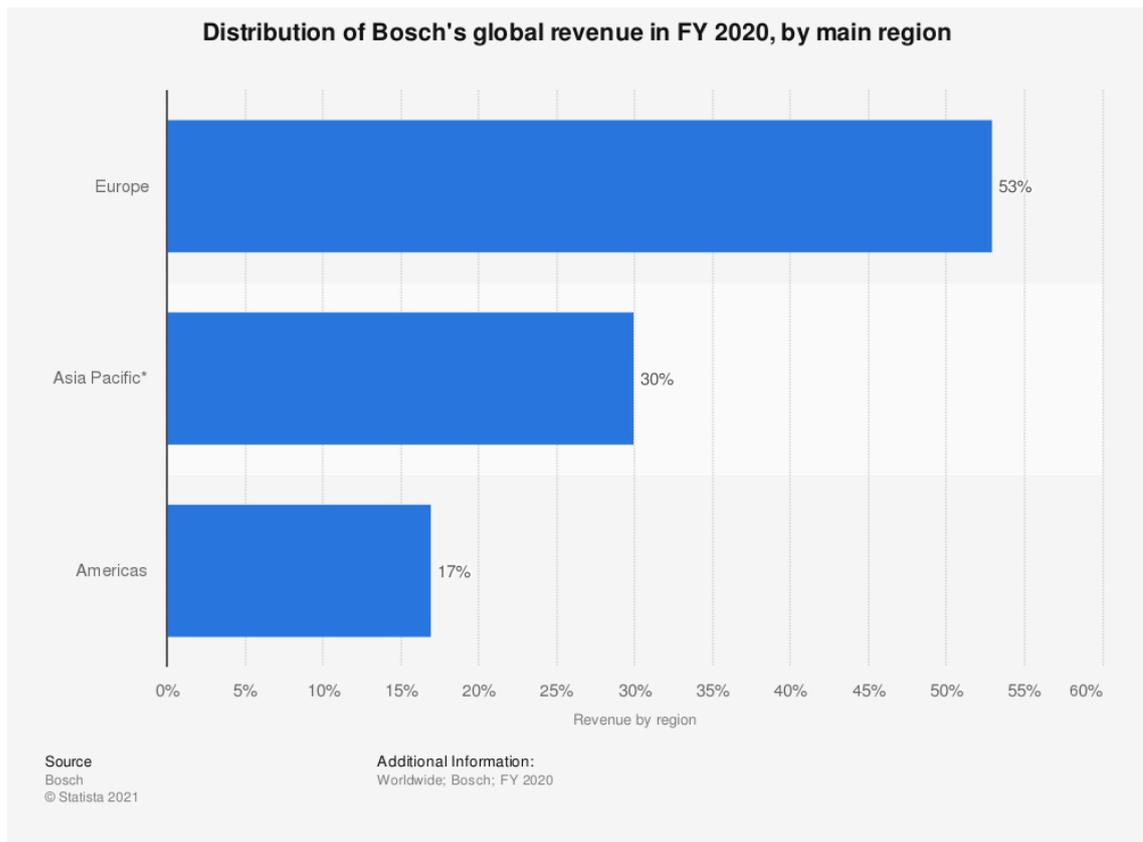


Figura 10: Suddivisione geografica dei ricavi di Bosch nel 2020

La maggior parte dei ricavi del Gruppo Bosch è attualmente in Europa, continente che è tutt'ora patria delle maggiori aziende manifatturiere a livello globale. Le aziende Americane ed Asiatiche, inoltre, cercano di favorire i fornitori locali, in modo da creare una supply chain maggiormente solida nella propria area geografica.

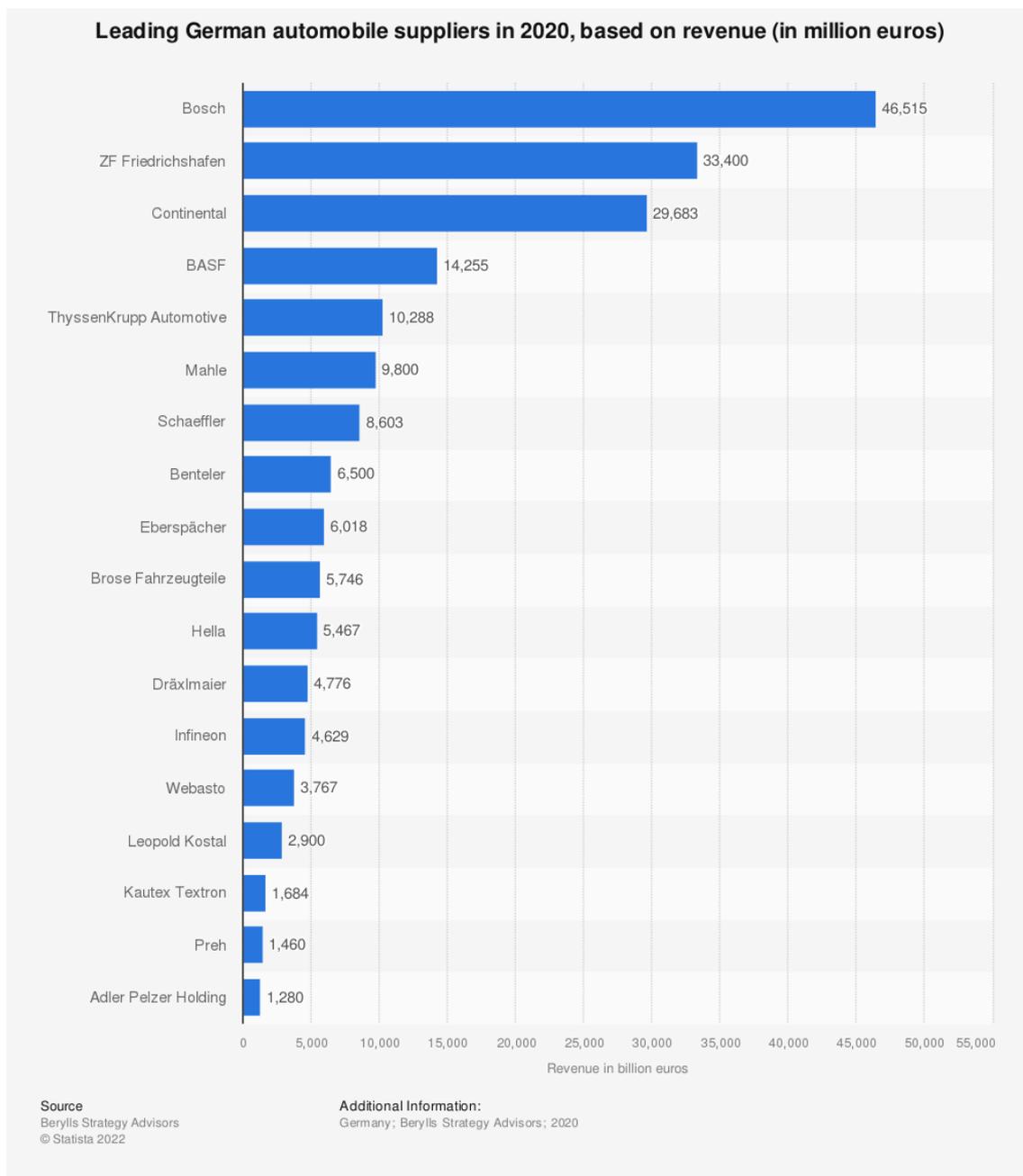


Figura 11: I principali fornitori dell'automotive in Germania nel 2020

Osservando i principali fornitori dell'industria automobilistica tedesca in cui Bosch ricopre nuovamente la prima posizione in termini di ricavi, è possibile individuare alcuni clienti della Electro-Parts S.p.A. ed anche altri competitors, come ad esempio Brose.

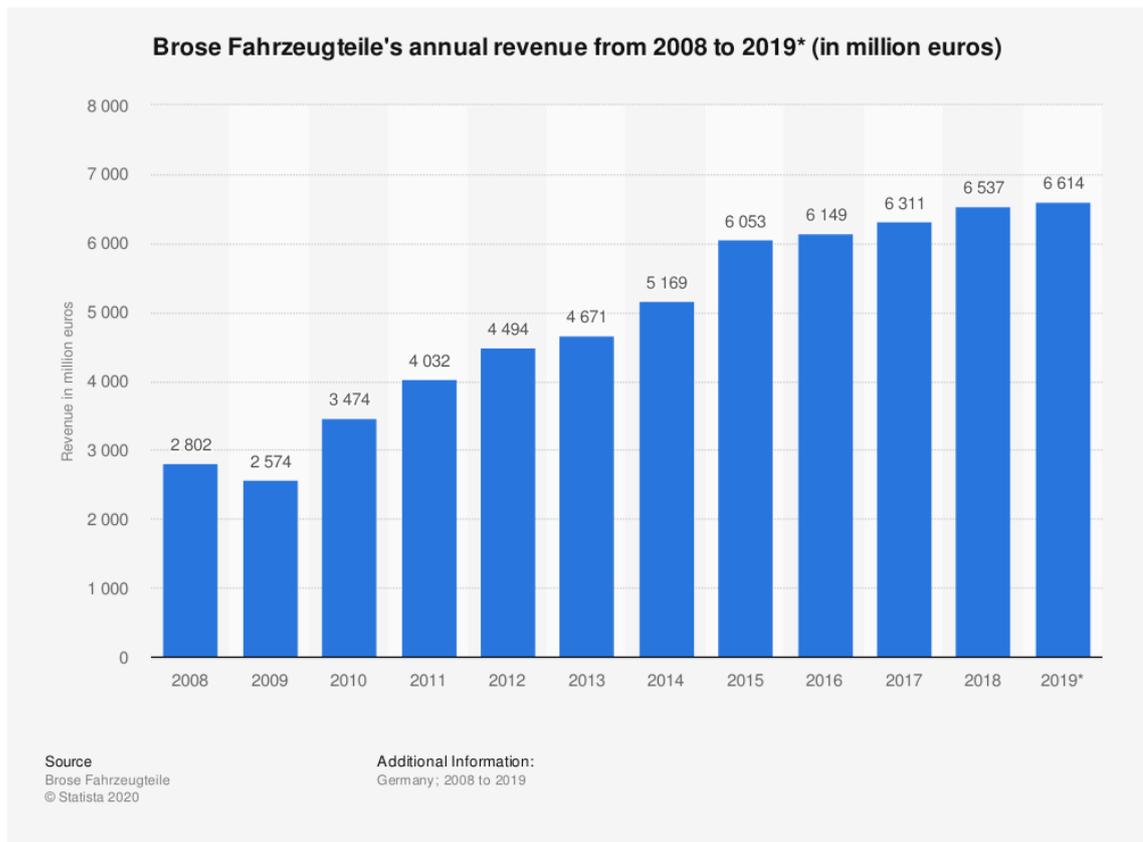


Figura 12: Ricavi di Brose dal 2008 al 2019

L'obiettivo degli ingegneri Brose è fare in modo che i loro prodotti migliorino il comfort, la sicurezza e l'efficienza del veicolo. Brose si assicura di questo investendo il 9% del suo fatturato in ricerca e sviluppo. Brose ha circa 25'000 dipendenti in 24 paesi nel mondo che hanno generato 5,1 miliardi di euro di fatturato nel 2020. Che si tratti di design, motori a commutazione elettronica o sistemi di porte e sedili è presente un'ampia gamma di brevetti a sottolineare la forza innovativa di Brose.

2. Agile Manufacturing

Nel corso degli anni, le aziende di tutto il mondo hanno investito per migliorare l'efficienza, l'efficacia e la reattività dei loro sistemi di produzione, tra cui, ad esempio, il Material Requirement Planning (MRP) e tecniche come il Total Quality Management (TQM) e Just in Time (JIT)¹.

Tuttavia, l'instabilità del panorama economico può minacciare i sistemi di pianificazione che si basano su dati storici e che assumono un grado relativamente elevato di stabilità del mercato. Inoltre, le tecniche come i sistemi JIT e TQM si concentravano eccessivamente sul miglioramento continuo dei processi di lavoro interni anche se i driver di cambiamento esterni richiedevano una pari quantità di enfasi. Quindi, per rimanere competitivi, i produttori devono porre elevata attenzione all'ambiente esterno e garantire una risposta dinamica agli sviluppi in aree come le preferenze del cliente, le innovazioni tecnologiche ed i materiali innovativi. La produzione agile mira ad aiutare le aziende a diventare più competitive e prospere in ambienti difficili, dove il cambiamento è imprevisto e continuo².

L'obiettivo della progettazione della produzione agile consiste nel mettere in atto strutture e sistemi di supporto alla consegna tempestiva di prodotti innovativi prima dei concorrenti³. È necessario quindi gestire il cambiamento garantendo un valore aggiunto trasparente ai prodotti e ai clienti attuali come mezzo per sopravvivere alla concorrenza intensa e all'instabilità del mercato⁴. La fabbricazione di pochi prodotti standard come nella produzione di massa non garantirebbe profitti e quote di mercato in un mercato volatile⁵. Inoltre, l'affidamento esclusivo al miglioramento continuo e alla gestione delle scorte guidato solamente da obiettivi di basso costo non raggiungerebbe risultati significativi⁶. Sebbene tali filosofie e tecniche siano necessarie, possono essere inadeguate per competere in mercati instabili in quanto non costituirebbero una struttura organizzativa e produttiva resiliente, portando ad un fragile livello delle capacità delle risorse, che paralizza la robustezza per accogliere il cambiamento ed esplorare finestre di opportunità di mercato⁷.

Un approccio aziendale agile fornisce un'ampia gamma di strumenti ed approcci per raggiungere obiettivi di competitività, non limitandosi esclusivamente a studiare strategie in base al costo o alla qualità.

¹ Inman et al., 2011; Karlsson, 1996; Maskell, 2001; Paranitharan e Jeyathilagar 2017; Yusuf, 1996

² Dowlatshahi e Cao 2006; Gunasekaran, Subramanian, e Papadopoulos, 2017

³ Dubey e Gunasekaran, 2015; Gunasekaran, 1998, Gunasekaran, Subramanian e Papadopoulos, 2017; Hallgren e Olhanger, 2009; Sharifi e Zhang, 2001; Sindhwani e Malhotra, 2018

⁴ Gilmore e Pine, 1997; Routroy, Potdar, e Shankar, 2015

⁵ Basu, e Das 2018; Lampel e Mintzberg, 1996; Pine, Victor, e Boynton, 1993

⁶ Jonsson e Mattsson, 2008; Lewis, 2000; Power, Sohal, e Rahman, 2001

⁷ Aqlan e Al-Fandi, 2018; Bartezzaghi, 1999; Quintana, 1998

L'agilità nella produzione è quindi definita come "la capacità di produrre un'ampia gamma di prodotti a basso costo e di alta qualità con brevi tempi di consegna in lotti di dimensioni variabili e costruiti secondo le specifiche del cliente."⁸

A livello operativo, la produzione agile può quindi essere definita come una mentalità a livello aziendale caratterizzata da un'enfasi significativa su infrastrutture competitive e gestibili tramite routine e un accesso migliorato alle competenze globali dell'azienda come mezzo per raggiungere una maggiore reattività alle esigenze dei clienti in costante cambiamento.

La produzione agile è stata in passato definita come segue:

- "La capacità di un'impresa di sopravvivere e prosperare in un ambiente competitivo di cambiamento continuo e imprevedibile reagendo rapidamente ed efficacemente ai mercati che cambiano, guidati da prodotti e servizi progettati dal cliente."⁹
- "L'agilità è dinamica, specifica del contesto, che abbraccia aggressivamente il cambiamento ed è orientata alla crescita. Non si tratta di migliorare l'efficienza, tagliare i costi, o abbassare i portelli del business per cavalcare le temibili tempeste della competitività. Si tratta di avere successo e conquistare profitti, quote di mercato e clienti proprio nel centro delle tempeste competitive che molte aziende ora temono."¹⁰

Ne consegue che la produzione agile non riguarda il miglioramento continuo, ma la riprogettazione fondamentale di capacità, sistemi e processi come mezzo per avanzare simultaneamente su vari obiettivi competitivi.

⁸ Flidner e Vokurka, 1997; Gunasekaran, 1998

⁹ Gunasekaran, 1998

¹⁰ Goldman, Nagel e Preiss, 1995

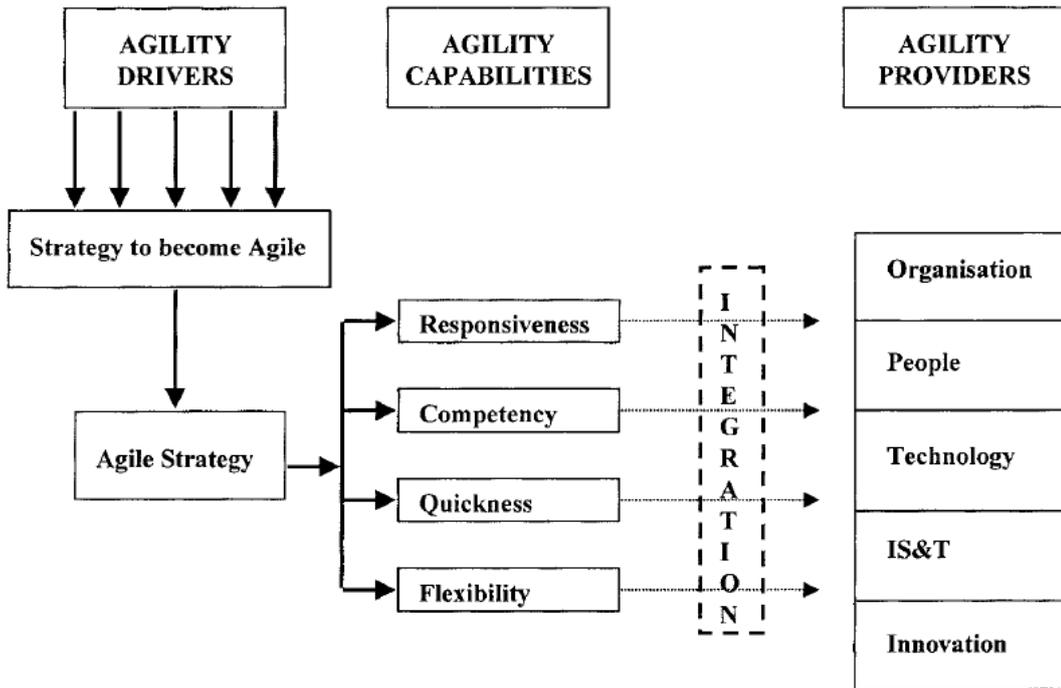


Figura 14: Modello concettuale dell' Agile Manufacturing

2.1. Analisi Agile manufacturing in Electro-Parts S.p.A.

È stata effettuata l'analisi della Electro-Parts S.p.A. utilizzando il modello di analisi di Agile Manufacturing¹¹ :

L'azienda ha affrontato diversi livelli di incertezza nei mercati, causati da:

- turbolenza del mercato
- cambiamenti nella base della concorrenza (nuovi competitors cinesi)
- cambiamenti nella tecnologia (nuovi prodotti, materiali e impianti produttivi per produrre motori brushless)

Le strategie adottate per rispondere a questi cambiamenti hanno incluso:

- l'implementazione di pratiche che hanno chiaramente favorito la reattività, come l'introduzione delle scorte di sicurezza calcolate con la media mobile ed il consolidamento dell'utilizzo della Inventory Position per smorzare il Bullwhip Effect
- costruzione e miglioramento delle competenze chiave di base
- miglioramento dell'efficienza dei costi nel reparto acquisti e produzione, miglioramento dei livelli di qualità del prodotto finito
- investimenti in linee produttive ad alto tasso tecnologico
- cambiamento della visione strategica per adattarsi al nuovo ambiente competitivo
- costruzione di relazioni più strette con fornitori e clienti.

All'interno dell'azienda c'è un riconoscimento generale di necessità di integrare le persone e i sistemi informativi nell'intera catena di approvvigionamento.

Negli anni sono state infatti applicate metodologie di Agile Manufacturing, quali:

Tecnologia

- Un investimento generale in tecnologia sempre innovativa
- Uso di sistemi di produzione flessibili
- Miglioramenti dei sistemi informativi e delle loro infrastrutture a partire dal 2007 tramite l'introduzione del gestionale "Galileo", poi profondamente aggiornato nel 2015.
- Produzione focalizzata sulla personalizzazione del prodotto finito per ogni cliente

Persone

- Miglioramento del lavoro di squadra
- Nomina di un responsabile per valutare l'azienda, i suoi clienti e fornitori

¹¹ Modello formulato da: H Shari®, G Colquhoun, I Barclay* and Z Dann

Organizzazione

- Stretta collaborazione con clienti e fornitori
- Creazione di un nuovo stabilimento in Romania

Integrazione

- Maggiore importanza del reparto qualità
- Investimenti nell'innovazione
- Filosofia del miglioramento continuo nella vision e mission aziendale

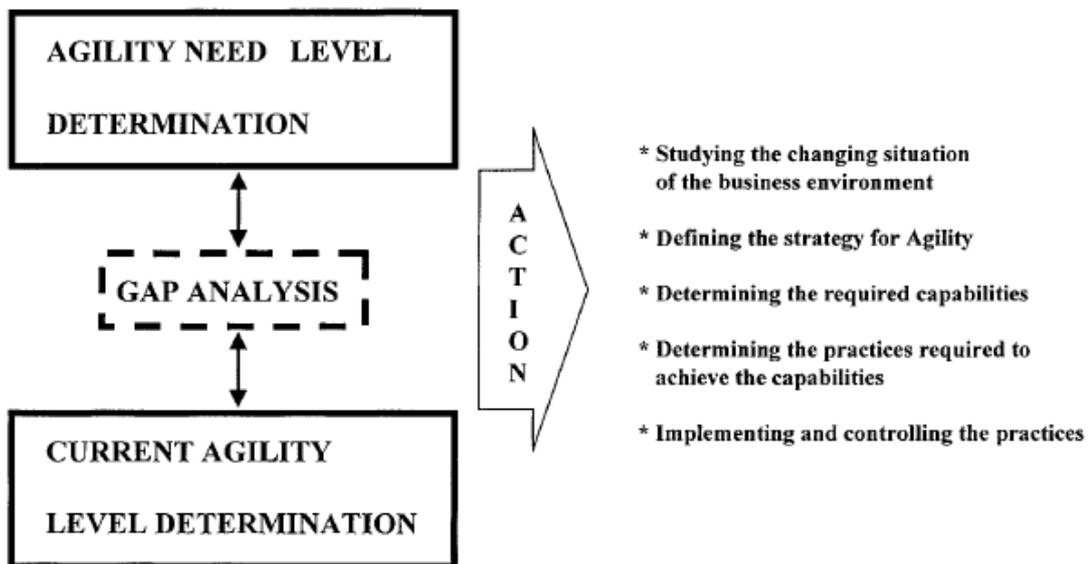


Figura 15: Framework da applicare

L'Electro-Parts S.p.A. compete in un mercato in crescita, visto l'aumento di impianti motorizzati nel mondo automotive e nella domotica. È inoltre in aumento il tasso di cambiamento dei modelli e dei prodotti sia per la crescita dei consumi che per la richiesta di adeguamento degli attuali veicoli ai nuovi limiti di inquinamento.

Analizzando la concorrenza è evidente un aumento della pressione sui costi anche a causa della globalizzazione dei mercati e delle conoscenze tecniche in rapido aumento nei paesi emergenti come la Cina. È inoltre percepito un incremento della reattività dei concorrenti probabilmente a causa di una diffusione di ottimizzazione dei processi produttivi.

I clienti confermano una richiesta di prodotti e servizi personalizzati, richiedendo tempi di commercializzazione e di consegna più rapidi con un alto livello di servizio. È quindi evidente un aumento delle aspettative di qualità e riduzione dei costi da parte di Electro-Parts e contemporaneamente una comunicazione non puntuale della domanda dei clienti, con cambiamenti improvvisi nella quantità e talvolta nelle specifiche dell'ordine.

Dal punto di vista tecnologico l'azienda presenta un miglioramento delle infrastrutture IT tramite l'acquisto di nuovi server e gestione della rete interna parallelamente all'introduzione di software gestionali.

Analizzando i fattori sociali non sono presenti particolari pressioni ambientali, legali o politiche per questo business ed è sempre più incisivo il cambiamento delle aspettative della forza lavoro ed un più difficile reperimento di nuovi operai per la linea di produzione.

La strategia agile dell'azienda consiste nell'essere competitivi dal punto di vista dei tempi, dei costi e della flessibilità sia progettuale che produttiva dei motori. Il team di progettisti altamente qualificati e coordinati dal project manager in maniera agile ed una pianificazione strategica della produzione permettono di essere competitivi sul mercato.

I team sono altamente collaborativi privilegiando una efficace collaborazione su tutti i livelli aziendali.

Un concetto chiave della Electro-Parts è la reattività, cioè la capacità di raccogliere informazioni dal suo ambiente commerciale e di rilevare e anticipare cambiamenti. Questo lo si denota dalla scelta del management aziendale di investire nel mondo automotive quando ancora l'ambiente era molto incerto e l'azienda stava avendo un importante fatturato nel business della home and office automation.

In conclusione, l' agile manufacturing è indispensabile come mezzo per aumentare il vantaggio competitivo. Questo alla luce dell'instabilità senza precedenti del mercato attuale, che si manifesta in diversi modi come le complesse esigenze dei clienti, il continuo desiderio di miglioramento di tutti i competitors, la contrazione dei cicli di vita dei prodotti e i cambiamenti con pochi preavvisi delle preferenze dei clienti.

Risulta quindi fondamentale l' adattamento reattivo implicato dall' applicazione dell'approccio dell' agile manufacturing.

In secondo luogo, è possibile identificare cinque competenze chiave per poter applicare un approccio agile:

I cinque abilitatori di agilità sono la possibilità di personalizzazione per il cliente, le catene di fornitura agili, l'automazione intelligente, l'integrazione della cultura aziendale nei dipendenti e l'integrazione tecnologica.

2.2. Linee guida per proseguire verso un approccio agile

Per riuscire ad integrare sempre di più un approccio agile nei processi aziendali è fondamentale avere un'organizzazione flessibile con un'autorità già al livello più basso, avere processi integrati, livelli appropriati di tecnologia, persone pienamente consapevoli del business, un management con una cultura innovativa e tenere una stretta relazione con clienti e fornitori per mezzo di una buona comunicazione.

La comunicazione può essere definita come un'infrastruttura di informazioni, attraverso la quale tutte le informazioni necessarie sono disponibili dove sono necessarie, compresi clienti e fornitori. I sistemi informativi vanno quindi considerati come mezzo per fornire un'integrazione completa delle informazioni tra fornitori, azienda e clienti.

Una mancanza di integrazione tramite i sistemi informativi implica problemi come bassa produttività ed alti costi di gestione aziendale.

Dal punto di vista tecnologico è quindi consigliabile:

- Fare investimenti in tecnologie finalizzate a ridurre i costi, migliorare la competenza, aumentare la flessibilità nella produzione.
- Procedere con un miglioramento del sistema informativo per aiutare l'integrazione dell'intera azienda, sostituendo l'attuale sistema informativo JGalileo con SAP.

Dal punto di vista organizzativo:

- Aumentare la cultura aziendale nelle persone, tramite formazione continua per migliorare il contributo delle persone e quindi la competenza totali all'interno dell'azienda.
- Migliorare il lavoro di squadra e organizzarsi intorno a team multidisciplinari, per migliorare la reattività e rapidità, sostenere ed espandere la comunicazione tra le persone e l'organizzazione.
- Dare la responsabilità di tutte le attività e dei problemi alle persone e chiedere loro di risolvere i loro problemi, in modo da aumentare le loro competenze.
- Continuare a migliorare le core competences aziendali.
- Rendere l'organizzazione flessibile e adattabile al cambiamento del mercato.

Nell'approccio con clienti e fornitori:

- Promuovere una stretta collaborazione con i clienti, ad esempio tramite l'invio di dipendenti in sede per l'introduzione di nuovi miglioramenti nei prodotti e/o per risolvere i loro problemi, ottenendo i dati e le informazioni del cliente e utilizzarle per risolvere problemi ed avere una reazione rapida alle richieste del cliente.
- Lavorare e cooperare con i fornitori come partner e gestire la catena di fornitura in modo ottimale, fornendo costantemente informazioni.

- Usare approcci di concurrent engineering per accelerare le attività ed eseguire i processi in modo efficace.

Le due caratteristiche essenziali del concurrent engineering sono:

- Il coinvolgimento di più funzioni aziendali, attraverso la creazione di gruppi multidisciplinari, nell'analisi del ciclo di vita di un prodotto dallo sviluppo alla dismissione. L'integrazione di più funzioni consente l'anticipazione dei vincoli generati dalle dinamiche industriali
- La parallelizzazione nello svolgimento delle attività.

3. Analisi del reparto stampaggio plastica

Il Reparto stampaggio plastica è composto da 12 presse ad iniezione che lavorano in continuità, sabato e domenica esclusi.

Le presse presenti sono di tre tipologie: elettriche, idrauliche ed idrauliche a ginocchiera e sono così suddivise:

- Presse 1,3,5,7: idrauliche
- Presse 0,2,4,6,8,10,11: elettriche
- Pressa 9: idraulica a ginocchiera

Le presse di recente acquisto sono tutte elettriche, in quanto garantiscono una minor variabilità nella qualità produttiva a causa di temperatura ed altre condizioni al contorno.

Le presse del reparto sono equipaggiate con i sensori dell'industria 4.0, permettendo la raccolta dei dati di produzione.

L'obiettivo è di analizzare i dati di produzione per:

- 1) Identificare i prodotti con maggiori volumi tramite analisi di Pareto:

l'analisi di Pareto è di cruciale importanza per determinare quali siano i prodotti maggiormente rilevanti per l'azienda. Tramite questi dati è quindi possibile capire su quali prodotti sia conveniente intervenire con maggiore priorità. Il principio di Pareto afferma che circa il 20% dei prodotti è responsabile dell'80% del fatturato.

- 2) Integrazione dei target di produttività nel file elaborato:

è richiesta la realizzazione di un cruscotto tramite cui analizzare la produttività dei codici sulle varie presse in cui è possibile processarli. Tale cruscotto verrà realizzato su Excel tramite l'utilizzo di tabelle Pivot e funzioni per rendere il cruscotto il più possibile automatico.

- 3) Confronto a consuntivo tra produttività effettiva e teorica:

la rielaborazione dei dati sarà fondamentale per la fase di monitoraggio, in modo da verificare le conseguenze sulla produttività degli scheduling e delle programmazioni della produzione.

4) Identificazione di KPI:

stato di salute degli stampi, produttività globale del reparto

5) Scheduling della produzione delle presse:

programmazione della produzione del reparto plastica e assegnazione dei prodotti alle varie presse per ottimizzare il tempo di impiego.

3.1. Modello decisionale pre-industry 4.0

I manager aziendali prima della rivoluzione tecnologica dell'industry 4.0 avevano un modello decisionale fortemente incentrato sull'esperienza dei singoli.

L'esperienza e le capacità tecniche dell'organico aziendale hanno permesso una costante e corposa crescita, rendendo sempre più complessi e articolati i processi ed i flussi aziendali.

Con il passare degli anni è emersa la necessità, sentita da parte di tutti, di avere un supporto decisionale.

L'azienda si è quindi mossa gradualmente, integrando poco alla volta nuovi strumenti e macchinari dotati della sensoristica tipica dell'Industry 4.0.

Il processo di aggiornamento delle infrastrutture IT aziendali è partito nel 2015, quando il neoassunto IT manager aziendale ha completamente rinnovato il gestionale utilizzato dall'azienda JGalileo, ricodificando tutti i prodotti facenti parte del WIP aziendale e inserendo strategiche scorte di sicurezza e lead time per l'approvvigionamento delle materie prime e per l'invio dei prodotti finiti ai clienti.

Successivamente sono state gradualmente acquistate nuove linee di produzione di ultima generazione e riammodernate le vecchie linee in modo da integrarle nell'infrastruttura IT aziendale. Questo processo è stato intrapreso anche per essere maggiormente richiesti dai clienti automotive, i quali pretendono standard di tracciabilità e di monitoraggio dei processi produttivi di altissimo livello.

3.2. Analisi dei dati

Il file contenente i dati di produzione è in formato Excel, la rielaborazione dei dati è stata quindi fatta utilizzando le funzioni Excel e le tabelle Pivot.

Il primo passo è stato quello di creare un ID concatenando codice prodotto e pressa su cui è avvenuta la produzione, in modo da poter calcolare la capacità produttiva target in maniera automatica di tutti i codici prodotto, tramite la funzione cerca verticale nella tabella dati principale.

Successivamente è stato creato un indicatore di raggiungimento dei target produttivi ed il conseguente calcolo del delta produttività oraria tra target ed effettivo.

Analizzando i dati è risultato evidente come i target assegnati fossero troppo bassi, permettendo quindi in svariate occasioni di superare abbondantemente i target teorici prefissati.

Dopo aver consultato il responsabile di reparto ed il responsabile della qualità sono quindi stati elaborati nuovi target produttivi che rispecchiassero la corretta definizione degli stessi, ovvero la massima capacità produttiva raggiungibile dalle varie presse.

3.3. Analisi di Pareto

Una delle esigenze primarie del responsabile del reparto plastica è di capire quali prodotti fossero i cosiddetti “fast movers”, ovvero dal punto di vista del produttore i prodotti a maggiori volumi.

Per avere una panoramica dei volumi produttivi riferiti ai vari codici prodotto è stata effettuata un’analisi di Pareto.

codice prodotto	qtà singoli prodotti	cumulata prodotti	peso singoli prodotti	peso cumulato
	3.978.336	3.978.336	21,80%	21,80%
	1.418.223	5.396.559	7,77%	29,57%
	821.239	6.217.798	4,50%	34,07%
	664.962	6.882.760	3,64%	37,71%
	621.019	7.503.779	3,40%	41,11%
	569.354	8.073.133	3,12%	44,23%
	543.298	8.616.431	2,98%	47,21%
	532.909	9.149.340	2,92%	50,13%
	488.833	9.638.173	2,68%	52,81%
	482.660	10.120.833	2,64%	55,45%
	460.545	10.581.378	2,52%	57,98%
	432.549	11.013.927	2,37%	60,35%
	404.940	11.418.867	2,22%	62,57%
	403.497	11.822.364	2,21%	64,78%
	370.446	12.192.810	2,03%	66,81%
	347.703	12.540.513	1,91%	68,71%
	312.675	12.853.188	1,71%	70,42%
	257.652	13.110.840	1,41%	71,84%
	250.715	13.361.555	1,37%	73,21%
	248.294	13.609.849	1,36%	74,57%
	242.957	13.852.806	1,33%	75,90%
	241.808	14.094.614	1,32%	77,23%
	212.528	14.307.142	1,16%	78,39%
	208.755	14.515.897	1,14%	79,54%
	173.782	14.689.679	0,95%	80,49%

Figura 16: Analisi di Pareto del reparto stampaggio plastica

Tramite questo risultato sono stati evidenziati i codici prodotto con maggiori volumi, che hanno quindi priorità nell’analisi in quanto una loro ottimizzazione porta risultati più evidenti.

Dall’analisi emerge che il 23% dei prodotti copre l’80% dei fabbisogni produttivi, nel dettaglio sono 25 codici prodotto su 107 totali.

3.4. Analisi di produttività delle presse

Un aspetto cruciale per la determinazione della schedulazione dei prodotti è analizzare e confrontare la produttività delle varie presse. Infatti, la peculiarità di questo reparto è che le presse, anche se simili tra loro, possono avere tempi di processamento diversi per il medesimo prodotto.

È stata fatta una rielaborazione del database raccolto nel server dell'IT aziendale in cui è presente la raccolta dei dati di produzione del reparto plastica.

Successivamente i dati sono stati organizzati tramite una tabella Pivot con cui è stato possibile identificare la media della produttività oraria per ogni prodotto su ogni possibile pressa ed i rispettivi volumi prodotti.

È interessante notare come, per il medesimo prodotto su presse diverse, siano rilevati valori con una differenza fino al 40%.

L'interesse del responsabile di reparto è infatti quello di fornirsi di nuovi strumenti che possano assisterlo per prendere le decisioni con il fine di migliorare le performance di tempi, costi e quantità inerenti alla gestione del reparto.

È stato scelto di analizzare la media e non i valori puntuali per smorzare possibili distorsioni.

codice prodotto e presse	Media di produttività h	Somma di qtà prodotta
☐	2.844,67	2.555.578
008	3.268,81	359.576
009	2.912,35	1.939.882
010	2.715,70	42.068
003	2.093,00	30.336
005	2.011,77	183.716
☐	828,37	602.538
002	1.122,44	10.102
001	825,48	592.436
☐	609,23	602.259
006	636,13	127.698
002	607,84	345.909
011	583,30	128.652
☐	1.002,16	593.315
001	1.034,92	186.118
005	997,82	281.958
008	966,51	125.239
☐	1.817,04	569.354
002	2.145,63	111.706
008	2.051,18	162.132
009	1.673,04	142.068
006	1.611,93	35.338
011	1.559,10	118.110
☐	603,25	464.569
009	603,25	464.569
☐	481,14	437.078
006	486,84	158.265
008	478,18	278.813

Figura 17: Esempio di analisi della produttività dei codici processati sulle varie presse

Con questi dati alla mano, lo step successivo è stato quello di cercare un metodo per associare ogni codice prodotto alla relativa pressa in modo da ottimizzare la produttività globale.

Dati di input:

- Volumi produttivi di ogni codice prodotto
- Produttività di ogni pressa con ogni codice prodotto
- Delta produttività tra first best e second best

3.5. Scheduling presse plastica

Analizzando il processo produttivo, lo si può modellare considerando che il flusso produttivo attraversa le presse singolarmente, per poi terminare.

Le presse sono considerabili a gruppi tra loro macchine parallele, in quanto può essere processato più di un prodotto su ogni gruppo di presse.

Le macchine parallele sono tra loro non correlate in quanto la velocità dipende dall'operazione da realizzare.

Ogni prodotto richiede un'unica lavorazione.

L'obiettivo è quello di ottenere un'allocazione bilanciata dei job alle varie macchine, in modo da minimizzare il makespan.

Il makespan è il tempo che passa da quando viene rilasciato il job, ovvero quando può essere processato fino all'istante di completamento dell'ultimo pezzo in produzione nell'ultima macchina.

La misura del makespan può essere utilizzata come indicatore per valutare le prestazioni del sistema, che risulteranno migliori in corrispondenza di un minore makespan; più quest'ultimo è basso, più è basso livello di WIP.

Le specifiche del sistema possono essere riassunte come di seguito:

- Macchine parallele
- No preemption
- I tempi di processamento dipendono dalla assegnazione job-macchina
- Coda infinita

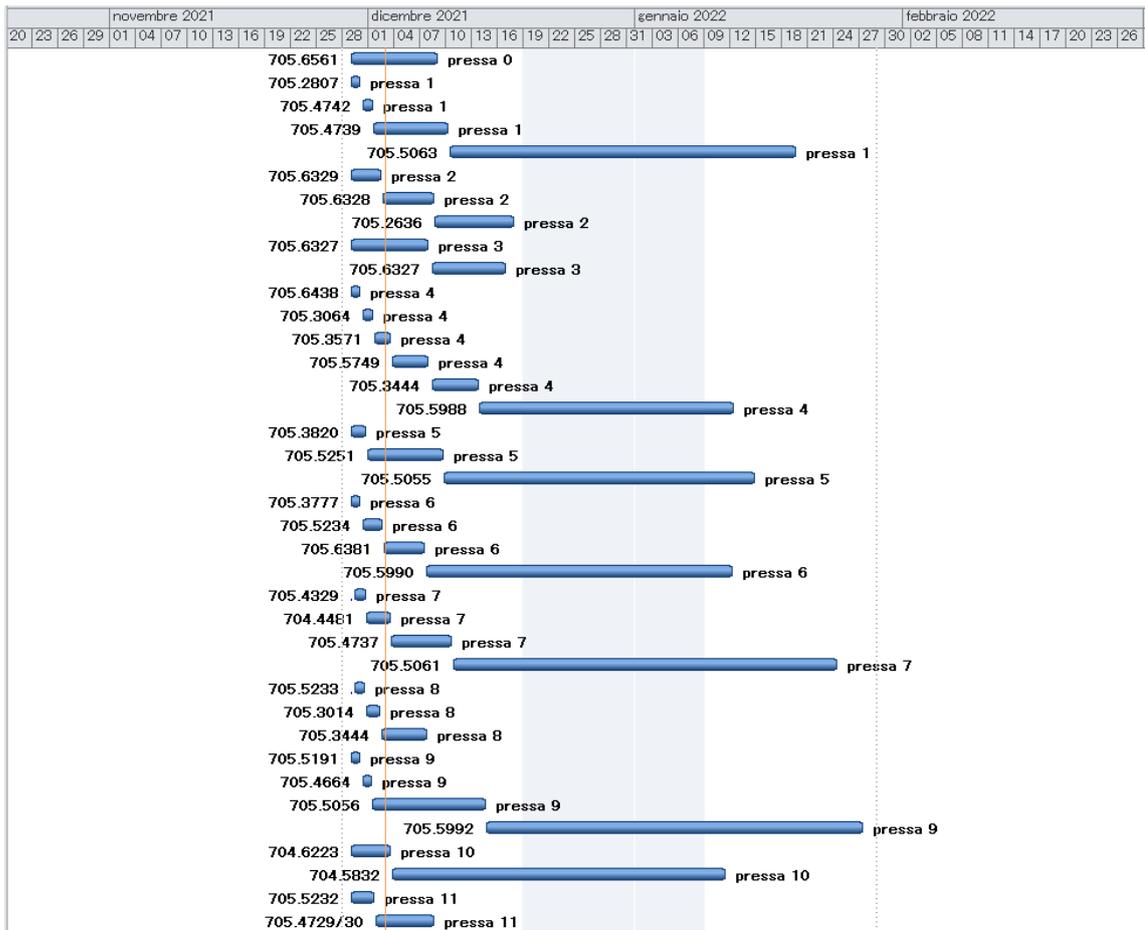


Figura 21: schedulazione inserita nel software Microsoft Project

	presse											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	128	16	55	111	16	28	16	25	23	16	73	43
		20	63	111	21	108	40	43	25	16	187	77
		105	116		31	178	44	82	57	148		349
		214			37		167	247	175	266		
					59							
					100							
ore												
somma	128	355	234	222	264	314	267	397	280	446	260	469

Figura 22: diagramma di carico delle presse dato dalla schedulazione scelta

3.5.2. Algoritmo di scheduling EDD

Dopo il primo tentativo di scheduling con la regola SPT è stato notato che la schedulazione mediamente non rispettava le date di richiesta dei pezzi, che invece era l'indicatore principale da soddisfare.

È stato quindi scelto di passare ad un altro algoritmo con l'obiettivo di minimizzare i ritardi.

		tempi di produzione (h) presse												
		EDD	codici prodotti											
			000	001	002	003	004	005	006	007	008	009	010	011
	NATURALE	0				272,6		313,1			174,5	205,5	218,4	
	-													
	NATURALE	0												
	manca	0												
	NERO	0						42,4		43,4				
	-	0												
	GRIGIO	0												
	manca	0												
	è un indotto													
	è un indotto													
	NERO	5000							193,6				186,1	
	è una calotta													
	NERO	0							73,5				73,0	
	NERO	0												
	-													
	GRIGIO													
	è un indotto													
	-													
	NERO	0												
	NERO													
	-	0												
	NATURALE	0												
	-													
	NERO	0												
	NERO	0												
	NERO	0												
	NERO	49920				382,0			319,3					348,2
	NERO	30000			158,7	115,9								
	NERO	6000			13,9									
	NERO	80000					29,0		37,8		24,7			
	NATURALE	0												
	BIANCO	0		34,3	30,8		20,9							
	NERO	0												

Figura 23: strumento realizzato come supporto per la programmazione della produzione

Questa matrice è stata realizzata per ottenere in ogni cella il numero di ore necessario per produrre le quantità sufficienti per soddisfare la domanda delle 4 settimane successive.

La matrice si basa quindi su altri due fogli Excel in cui sono presenti la domanda per ogni codice e la produttività orarie di ogni codice su ogni pressa.

Nelle prime tre colonne sono stati poi aggiunti i codici con maggiori volumi (tramite l'analisi di Pareto), il colore del componente e la quantità richiesta nella prima settimana da schedulare.

L'algoritmo utilizzato per la schedulazione è il Earliest Due Date (EDD), tenendo parallelamente conto dei codici ricavati con l'analisi di Pareto in modo da assegnare una maggiore priorità ai codici con volumi più impattanti per l'azienda.

Come codice da schedulare viene scelto quello con data di consegna più urgente, e viene schedulato sulla pressa che per lui ha produttività maggiore. A parità di data viene scelto il codice con maggiore priorità data dall'analisi dei volumi di Pareto.

Dopo aver schedulato il codice scelto su una determinata pressa vengono aggiornati i tempi nella matrice in modo da avere dinamicamente l'effettivo tempo di completamento. Verrà poi schedulato prima il codice con data di consegna più vicina e priorità più alta (data dai prodotti a maggiori volumi).

La schedulazione viene parallelamente riportata su Microsoft Project, in cui sono stati inseriti i tempi a disposizione di lavoro delle risorse (le presse) poiché alcune lavorano su turni di 16 ore, altre su turni di 24 ore. È stato poi inserito il tempo di setup per il cambio stampo pari ad 1 ora e mezza.

	Modalità attività	Nome attività	Durata	Inizio	Fine	Predecessori	Nomi risorse
2			128 h	lun 29/11/21	mer 08/12/21		pressa 0
24			115 h	gio 09/12/21	mar 14/12/21	2FI+1,5 h	pressa 0
10			30 h	mar 14/12/21	mer 15/12/21	24FI+1,5 h	pressa 0
20			50 h	mer 15/12/21	ven 17/12/21	10FI+1,5 h	pressa 0
34			214 h	lun 29/11/21	mer 08/12/21		pressa 1
12			32 h	mer 08/12/21	gio 09/12/21	34FI+1,5 h	pressa 1
4			16 h	gio 09/12/21	ven 10/12/21	12FI+1,5 h	pressa 1
16			40 h	ven 10/12/21	dom 12/12/21	4FI+1,5 h	pressa 1
28			116 h	lun 29/11/21	sab 04/12/21		pressa 2
25			77 h	lun 06/12/21	gio 09/12/21	28FI+1,5 h	pressa 2
19			63 h	gio 09/12/21	dom 12/12/21	25FI+1,5 h	pressa 2
18			56 h	lun 13/12/21	mer 15/12/21	19FI+1,5 h	pressa 2
8			30 h	lun 29/11/21	mar 30/11/21		pressa 3
22			111 h	mar 30/11/21	dom 05/12/21	8FI+1,5 h	pressa 3
11			20 h	lun 29/11/21	mar 30/11/21		pressa 4
27			126 h	mar 30/11/21	dom 05/12/21	11FI+1,5 h	pressa 4
31			100 h	lun 06/12/21	ven 10/12/21	27FI+1,5 h	pressa 4
14			37 h	ven 10/12/21	dom 12/12/21	31FI+1,5 h	pressa 4
26			59 h	lun 13/12/21	mer 15/12/21	14FI+1,5 h	pressa 4
21			37 h	mer 15/12/21	ven 17/12/21	26FI+1,5 h	pressa 4
5			16 h	ven 17/12/21	sab 18/12/21	21FI+1,5 h	pressa 4
33			178 h	lun 29/11/21	lun 06/12/21		pressa 5
17			43 h	lun 06/12/21	gio 09/12/21	33FI+1,5 h	pressa 5
23			108 h	gio 09/12/21	mar 14/12/21	17FI+1,5 h	pressa 5
6			26 h	lun 29/11/21	mar 30/11/21		pressa 6
35			349 h	mar 30/11/21	mar 14/12/21	6FI+1,5 h	pressa 6
36			247 h	lun 29/11/21	gio 09/12/21		pressa 7
7			25 h	gio 09/12/21	lun 13/12/21	36FI+1,5 h	pressa 7
1			16 h	lun 13/12/21	mar 14/12/21	7FI+1,5 h	pressa 7
38			175 h	lun 29/11/21	lun 06/12/21		pressa 8
32			186 h	lun 06/12/21	mar 14/12/21	38FI+1,5 h	pressa 8
13			25 h	mar 14/12/21	mer 15/12/21	32FI+1,5 h	pressa 8
29			81 h	lun 29/11/21	gio 02/12/21		pressa 9
3			16 h	gio 02/12/21	ven 03/12/21	29FI+1,5 h	pressa 9
9			16 h	ven 03/12/21	lun 06/12/21	3FI+1,5 h	pressa 9
18			73 h	lun 29/11/21	ven 03/12/21		pressa 10
30			187 h	ven 03/12/21	mar 11/01/22	18FI+1,5 h	pressa 10
37			263 h	lun 29/11/21	ven 10/12/21		pressa 11

Figura 24: schedulazione su Microsoft Project

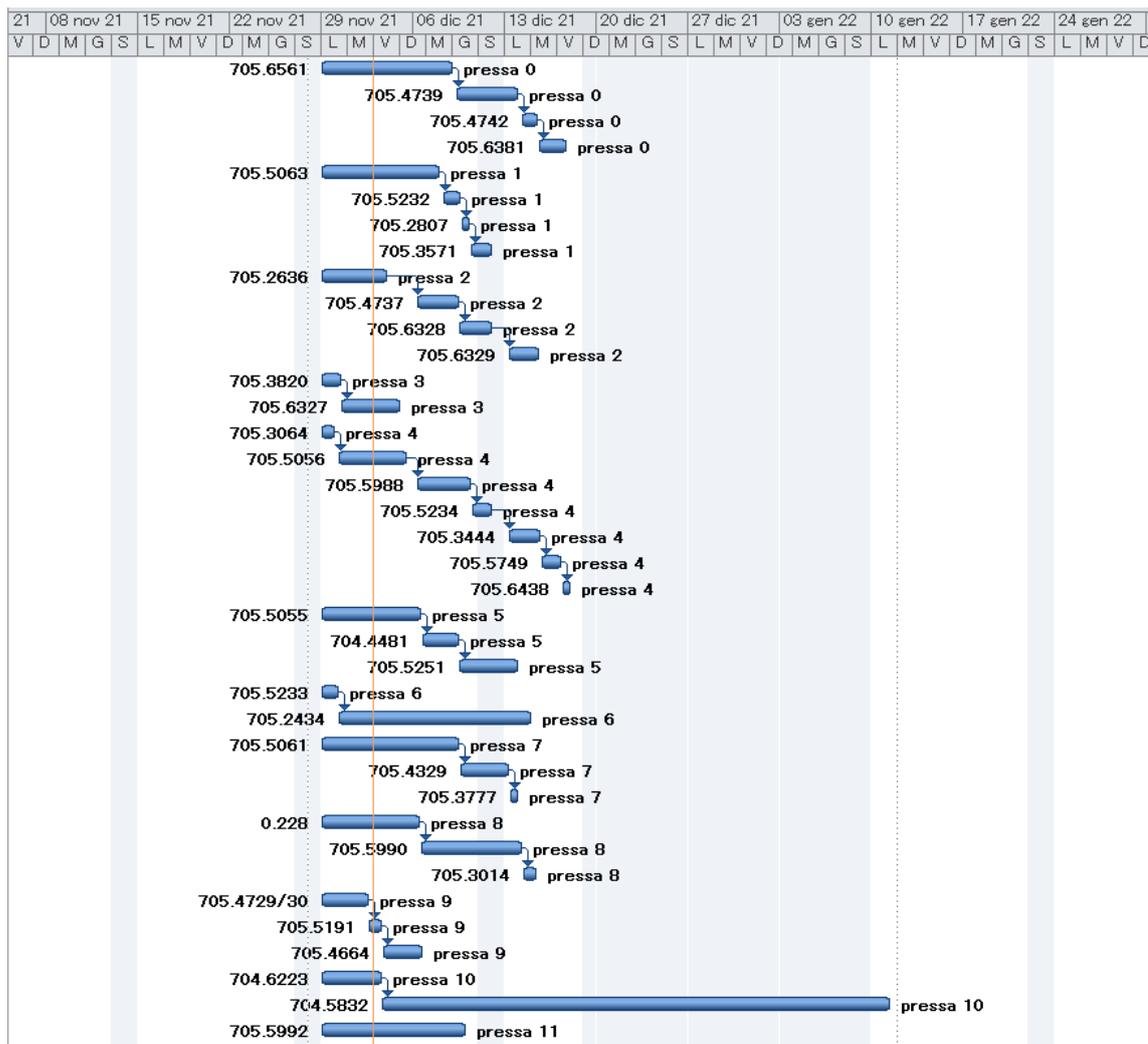


Figura 25: Gantt schedulazione proposta

Nella rappresentazione grafica le attività sono state ordinate in base alla risorsa su cui vengono processate, evidenziandone così l'ordine di codici da produrre su ogni pressa. È importante notare come il processamento del codice 705.5832 sulla pressa 10 abbia una durata così lunga in quanto in Microsoft Project sono state inserite le ferie natalizie che rientrano nella durata dell'attività in quanto non era possibile terminarla prima del Natale.

3.6. Approfondimento algoritmo di scheduling del reparto plastica

Tabelle da cui partire:

- 1) File Excel che viene inviato una volta a settimana al cui interno si trova la domanda per ogni codice settimana per settimana.

CDARPO	DescrizioneArticolo	RITARDO	SETTIMANA 49	SETTIMANA 50	SETTIMANA 2	SETTIMANA 3	TOTALE
	TESTATA ISOLA				750.000		750.000
	STG. RUOTA DI		800		800	1.600	2.400
	RUOTA DENTA						-
	FLANGIA PORT						-
	STG. PORTASP		1.000	2.000		1.000	1.000
	STG. PORTASP			1.000			-
	STG. INGRANA		1.000		2.000	3.000	5.000
	STG. RUOTA DI			1.200			-
	STG. RUOTA DI				5.000		5.000
	STG. RUOTA DI						-
	STG. STATORE			12.000			-
	STG. STATORE		10.000		14.000		14.000
	STG. STATORE						-
	STG. STATORE					4.000	4.000

Figura 26: domanda settimanale componenti plastici

- 2) Tabella Pivot che viene realizzata a partire dai dati di produzione. Rappresenta la produttività oraria per ogni codice su ogni pressa. Questo perché lo stesso codice può essere processato su presse con produttività diversa. La produttività è espressa come [pezzi/ora] processabili.

Media di produttività oraria codici prodotti	presse 000	001	002	003	004	005	006	007	008	009	010	011
				2.093		1.822			3.269	2.771	2.613	
				67		84						
		136				94		91				
								98				
						81		85				
						74						
			496									
							166					
							95				99	
											305	
								177			181	
											74	
				421								
				71		84		90				
						100		92				
						68						
			75		90							
											80	
			92		60						85	
		94		87		72		96				
											215	
								563	675			
								535	609	726		
								920	886	857		810

Figura 27: produttività oraria presse

codice prodotto	qtà singoli prodotti
	5.934.427
	2.170.047
	1.328.717
	952.015
	717.729
	742.220
	852.812
	831.613
	806.930
	839.726
	664.189
	579.551
	620.962
	595.598
	674.298
	595.846
	453.857
	343.410
	402.293
	373.668
	377.159
	356.416
	258.180
	261.371
	291.158

Figura 29: tabella con analisi di Pareto

Frequenze di aggiornamento dei dati di input:

la tabella 1) della domanda viene aggiornata 1 volta a settimana.

La tabella 2) della produttività oraria viene aggiornata una volta a settimana.

La tabella 3) delle ore necessarie per produrre la domanda deve essere aggiornata ogni volta che viene richiesta una nuova produzione.

La tabella 4) dei volumi produttivi deve essere aggiornata 1 volta all' anno.

Algoritmo di schedulazione:

Le variabili in base a cui viene data la priorità della schedulazione sono:

- Tempo della richiesta: ovvero la settimana in cui sono presenti le richieste nella tabella 1)
- Volumi di produzione: ovvero la somma totale dei volumi
- Delta tempo di produzione di un determinato codice tra la pressa migliore e la second best.

Operatività:

prima di tutto è necessario guardare la settimana in cui un codice è richiesto dalla tabella 1).

La priorità assoluta è schedulare prima tutto ciò che è richiesto nella settimana 1, poi ciò che è richiesto nella settimana 2 e così via.

1. considerare quindi solamente i codici richiesti nella prima settimana.
2. Considerando solo questi codici bisogna selezionare solamente i codici presenti nella prima colonna della tabella 4). (sono circa 20 codici su 100 totali)
3. Iniziare quindi a schedulare partendo dal codice con volumi maggiori.

Se il delta volumi produttivi (presente nella seconda colonna della tabella 4) tra il primo codice ed il successivo è > 70.000 , allora schedulare quel codice nella pressa per lui migliore (ovvero nella pressa che nella tabella 3) ha un tempo di completamento minore),

altrimenti confrontare il delta tempo nella tabella 3) e schedulare i due codici che sono confrontati in modo da minimizzare combinatamente i tempi di processamento. Questo si ottiene assegnando prima il codice il cui delta tempo tra migliore pressa e seconda migliore pressa è maggiore. Il secondo codice con cui facevamo il confronto invece non deve essere schedulato.

4. A questo punto è stato schedulato un codice, assegnando quel determinato codice ad una determinata pressa per un tempo pari al tempo di processamento presente nella tabella 3).

È necessario ora inserire su Microsoft Project che quella determinata pressa sarà impegnata per il tempo totale di processamento del codice assegnato.

Nel processo manuale viene creata infatti una copia della tabella 3) in cui a questo passo devono essere aggiornati tutti i tempi di processamento presenti sulla colonna della pressa assegnata sommando quei tempi al tempo di processamento del codice appena schedulato.

5. Fine del ciclo. Ripetere da capo fino a terminare tutti i codici.

NB: dopo aver finito di schedulare i codici presenti nella tabella 4) , schedulare i rimanenti senza tenere conto della variabile dei volumi produttivi ma guardando solamente il delta tempo che troviamo al passo “altrimenti” del punto 3. dell’algoritmo.

3.7. Esempio pratico: schedulazione per la settimana 2 e 3 di gennaio 2022

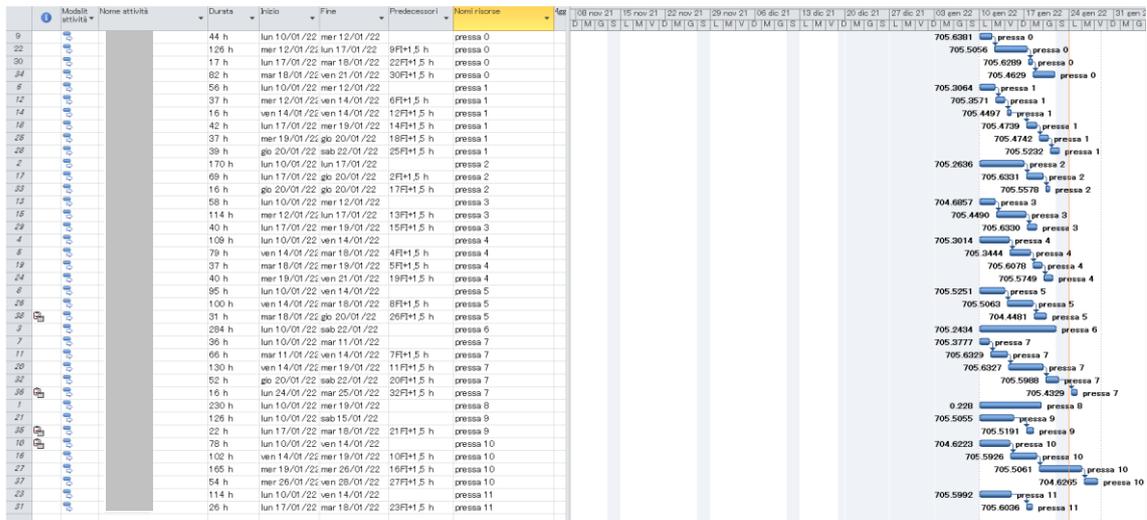


Figura 30: Schedulazione su Microsoft Project

	presse											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	44	56	170	58	109	95	284	36	230	125	78	114
	126	37	69	114	79	100		66		22	102	26
	17	16	16	40	37	31		130			165	
	82	42			40			52			54	
		37						16				
		39										
ore												
somma	269	227	255	212	265	226	284	300	230	147	399	140

Figura 31: diagramma di carico della schedulazione

È stata confrontata questa schedulazione con la schedulazione realizzata dal capo reparto seguendo le sue metodologie consuetudinarie.

Il confronto numerico è stato effettuato utilizzando la tabella che contiene le ore necessarie per la produzione di ogni codice su ogni possibile pressa.

È emerso come la schedulazione proposta permetta mediamente un risparmio di tempo del 7% sulle singole lavorazioni.

Tramite l'analisi dei carichi è possibile notare come lo scheduling abbia portato un discreto livello di bilanciamento tra le risorse, considerando i numerosi vincoli dati dal fatto che non tutte le presse possono produrre tutto e anzi sono maggiori i casi in cui una pressa può produrre uno scarso numero di tipologie di prodotto.

3.8. Monitoraggio reparto plastica: Primo cruscotto

In seguito ad un brainstorming con i vari responsabili è stata evidenziata la necessità della creazione di uno strumento per monitorare la produzione. È quindi uno strumento da utilizzare con maggiore frequenza e solamente in seguito alla fase della schedulazione della produzione.

Al fine di monitorare l'evoluzione della produttività del reparto stampaggio plastica è stato creato un cruscotto dinamico in cui è possibile aggiornare una tabella Pivot con qualsiasi cadenza temporale ed avere una chiara e schematica evoluzione della produttività complessiva del reparto.

Questo cruscotto sarebbe utilizzato dal responsabile del reparto con cadenza mensile e dal team gestionale come ausilio agli altri file di monitoraggio più di dettaglio inerenti alle singole presse.

La tabella utilizzata comprende il codice del prodotto e la sua produttività oraria media considerando tutte le presse su cui è prodotto.

		CRUSCOTTO			
		delta produttività h primi 25 codici per PARETO	1.186,67		
		conteggio peggioramenti	5		
		conteggio miglioramenti	21		
		variazione produttività complessiva	6%		
01/10/2021	meglio/peggio		delta produttività h	01/11/2021	
	2.843,13	miglio	112,00		2.955,13
	1.005,26	miglio	14,00		1.019,26
	818,74	miglio	11,00		829,74
	3.185,44	miglio	205,00		3.390,44
	609,23	uguale	0,00		609,23
	1.817,04	miglio	81,00		1.898,04
	606,34	peggio	-6,00		600,34
	1.403,36	uguale	0,00		1.403,36
	966,55	miglio	233,45		1.200,00
	1.998,51	miglio	1,49		2.000,00
	479,11	peggio	-4,11		475,00
	2.250,49	miglio	100,00		2.350,49
	261,50	miglio	8,00		269,50
	2.090,01	miglio	100,00		2.190,01
	716,37	peggio	-6,00		710,37
	2.243,71	miglio	6,00		2.249,71
	900,39	miglio	90,00		990,39

Figura 32: primo cruscotto di monitoraggio

3.8.1. Secondo cruscotto

È stato successivamente realizzato un secondo cruscotto dinamico da utilizzare parallelamente.

È stato infatti ritenuto necessario avere la possibilità di confrontare i dati settimanali con una media storica di riferimento in modo da avere un benchmark di confronto.

I dati vengono aggiornati tramite due tabelle Pivot: la prima aggiorna la media storica di produttività oraria ed il massimo orario storico, la seconda aggiorna la produttività oraria nell'orizzonte temporale di riferimento.

	codici	consuntivo 2 settimane	% su media storica	delta con media storica	media storica	% sul max	delta sul max	MAX storico
		2.081	79,58%	-534,21	2.616	63%	-1.234	3.315
					88			109
		78	108,49%	6,10	72	79%	-21	99
					136			140
					92			110
					98			112
		85	106,27%	5,02	80	89%	-11	96
		74	100,00%	0,00	74	71%	-30	104
					496			496
					166			166
		97	98,54%	-1,44	99	85%	-17	114
					305			325
		186	104,40%	7,83	178	82%	-39	225
		72	97,34%	-1,98	74	79%	-20	92
					421			428
		90	112,85%	10,30	80	86%	-15	105
		92	94,52%	-5,33	97	85%	-16	108
					68			68
					75			75
					80			87
		64	69,80%	-27,83	92	54%	-56	120
		84	107,07%	5,55	79	75%	-28	113
					215			215
					594			678
					567			612
					900			1.181
		501	89,37%	-59,57	560	71%	-202	703

È stata inoltre integrata nella prima colonna l'analisi di Pareto, evidenziando dinamicamente i 25 codici che hanno i maggiori volumi di produzione.

3.8.2. Terzo cruscotto

settimana 48								totale buoni	11
tabella dinamica [pezzi/h]								totale ottimi	0
								totale NO	6
codici	consuntivo settimana	% su media 8 mesi	delta con media 8 mesi	media 8 mesi	% sul max	delta sul max	MAX 8 mesi	Target raggiunto	
	2.908	111,04%	289,10	2.619	86%	-487	3.395	BUONO	
				2.649			3.559	-	
	616	110,35%	57,82	559	88%	-86	703	BUONO	
	820	100,06%	0,51	820	88%	-115	935	BUONO	
	1.016	102,51%	24,88	992	98%	-16	1.032	BUONO	
				2.050			2.539	-	
				1.843			2.264	-	
	631	104,04%	24,49	607	98%	-15	646	BUONO	
	341	78,81%	-91,69	433	64%	-190	531	NO	
				1.402			1.713	-	
	1.309	95,12%	-67,07	1.376	73%	-477	1.785	NO	
				2.430			2.969	-	
	492	118,35%	76,35	416	74%	-173	665	BUONO	
				2.285			2.860	-	
				2.176			2.974	-	
				953			8.537	-	
				1.843			2.676	-	
	311	112,91%	35,61	276	62%	-189	500	BUONO	
	861	121,24%	150,84	710	93%	-68	929	BUONO	

In questo terzo cruscotto, che può essere considerato una seconda versione del precedente cruscotto, sono stati apportati alcuni perfezionamenti.

La media di riferimento è stata presa su un orizzonte temporale pari agli 8 mesi precedenti in modo da diminuire la nervosità del benchmark con le nuove rilevazioni allungandone l'orizzonte temporale.

È stata poi aggiunta la colonna "target raggiunto" che può avere tre valori:

- Ottimo: se la media settimanale in osservazione ha una produttività maggiore o uguale del massimo dei precedenti 8 mesi.
- Buono: se la media settimanale in osservazione ha una produttività compresa tra la produttività media dei precedenti 8 mesi e quella massima.
- No: se la media settimanale in osservazione ha una produttività inferiore rispetto alla produttività media dei precedenti 8 mesi.

Il cruscotto è dinamico, infatti tramite diverse tabelle Pivot è possibile aggiornare sia la settimana di osservazione che l'orizzonte temporale utilizzato per il benchmark 8 mesi.

3.9. Analisi stato di salute stampi

Gli stampi rappresentano un'ingente immobilizzazione finanziaria per il reparto, in quanto il costo medio di acquisto è di 40k€.

Uno stampo in piena salute produce pezzi a stampo intero, quando invece sopraggiungono problemi lo stampo viene invece utilizzato in forma parziale, ovvero stampando con un minor numero di facce. Questo si traduce in una chiara inefficienza in termini di costi e tempi.

Nella tabella dati è possibile distinguere le lavorazioni effettuate con stampo intero e quelle con stampo parziale, tramite il cui rapporto è stata calcolata l'efficienza degli stampi.

codice prodotto	QTA intero	QTA parziale	efficienza stampi
	0	27.662	0,00%
	2.550	15.943	13,79%
	59.081	300.350	16,44%
	384.226	837.028	31,46%
	183.791	335.546	35,39%
	41.628	61.706	40,28%
	193.732	233.093	45,39%
	248.814	233.846	51,55%
	282.984	240.617	54,05%
	37.008	25.092	59,59%
	2.555.578	899.146	73,97%
	602.259	124.850	82,83%
	24.793	5.068	83,03%
	145.368	28.414	83,65%
	21.897	1.234	94,67%
	48.796	636	98,71%
	4.131	0	100,00%
	12.397	0	100,00%
	7.165	0	100,00%

Figura 33: tabella efficienza degli stampi

È stato poi realizzato un indicatore per valutare la priorità di sostituzione degli stampi, tenendo conto dell'efficienza degli stampi e dei volumi produttivi per ogni stampo.

codice articolo	qtà singoli prodotti	efficienza stampi	indicatore cambio presse	indicatore normalizzato cambio stampi	indicatore priorità intervento stampi
	27.662	0,00%	0,0000%	0,000000	100%
	432.549	16,44%	0,0250%	0,003578	96%
	1.418.223	31,46%	0,0264%	0,003783	96%
	3.978.336	73,97%	0,0371%	0,005310	94%
	519.337	35,39%	0,0491%	0,007031	92%
	460.545	45,39%	0,0669%	0,009576	89%
	621.019	54,05%	0,0686%	0,009819	89%
	482.660	51,55%	0,0742%	0,010624	88%
	821.239	82,83%	0,0914%	0,013087	85%
	19.067	13,79%	0,0999%	0,014298	84%
	103.334	40,28%	0,1253%	0,017943	80%
	173.782	83,65%	0,2007%	0,028730	68%
	62.100	59,59%	0,2391%	0,034240	62%
	55.644	98,71%	0,4185%	0,059916	33%
	29.861	83,03%	0,4805%	0,068794	23%
	23.131	94,67%	0,6224%	0,089119	0%
	0	100,00%	0,0000%	1	OK
	664.962	100,00%	0,1226%	1	OK
	621.583	100,00%	0,1268%	1	OK

Figura 34: strumento per dare una priorità di intervento per la sostituzione degli stampi

A causa del notevole costo per la sostituzione dello stampo, è necessario dare il giusto peso ai volumi produttivi in modo da limitare cambi non prioritari dello stampo. Per questo motivo per il calcolo dell'indicatore è stato fatto moltiplicando l'efficienza dello stampo per l'inverso della quantità prodotta, quest'ultima sotto radice quadrata. Così facendo la radice smorza il peso delle quantità rispetto all'efficienza dello stampo, rendendo l'indicatore maggiormente rappresentativo della realtà. L'indicatore è stato poi successivamente normalizzato tra 0 ed 1 e convertito in percentuale.

È interessante notare che, a validazione del modello creato, gli stampi 3014 e 5061 siano stati sostituiti in questi mesi, che il nuovo stampo 2434 sia già stato ordinato e che lo stampo 6796 sia stato inviato in riparazione.

3.10. Calcolo EPQ (Economic Production Quantity) per il reparto plastica

Sfruttando i dati ottenuti dall'industry 4.0 è stato proposto il calcolo dell'EPQ.

Il reparto plastica ha sempre gestito i lotti produttivi solamente in base alla domanda settimanale effettiva, senza cercare l'utilizzo del lotto economico di produzione.

Tramite la formula dell'EPQ è possibile trovare il lotto di produzione tale per cui i costi di setup ed i costi di mantenimento delle scorte del prodotto si equivalgono, con l'obiettivo di minimizzare i costi delle scorte e di ordinazione.

$$EPQ = \sqrt{\frac{2 \times A \times d}{(v \times r) \times (1 - d/p)}}$$

Dove:

A= costo del setup

d= domanda annuale del prodotto

v= valore unitario del prodotto

r= costo % di mantenimento di una unità di valore per una unità di tempo

p= capacità produttiva annuale del prodotto

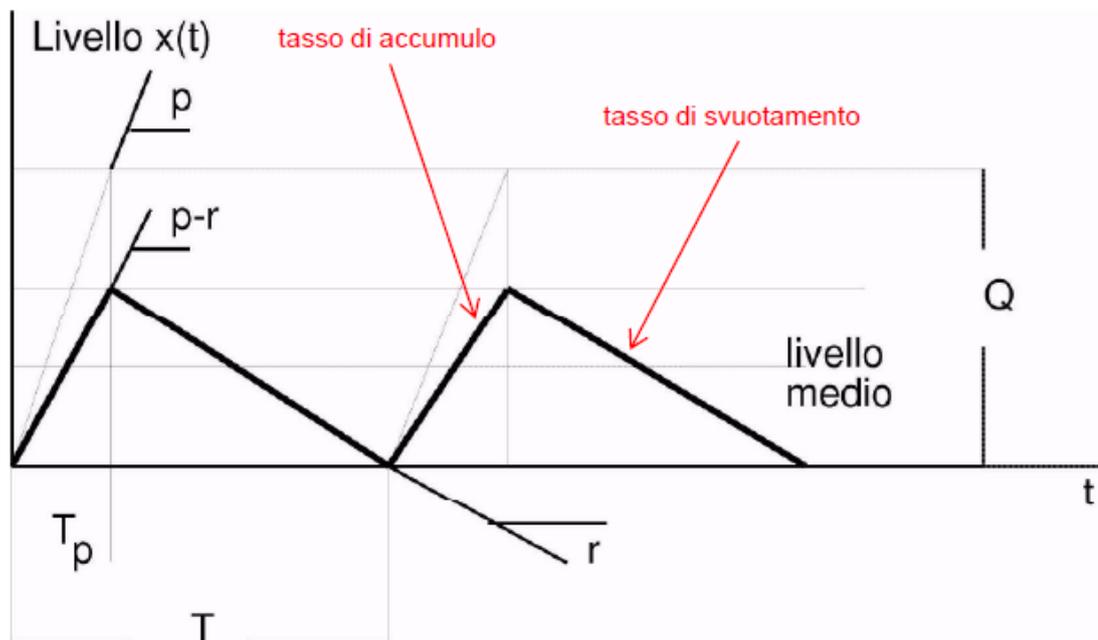


Figura 35: rappresentazione grafica modello con EPQ

La formula del EPQ suggerisce che se il tasso di produzione è prossimo al tasso di domanda, il lotto di produzione sarà molto grande perché le scorte si accumuleranno molto lentamente e, quindi, anche lotti molto grandi non comportano eccessivi livelli di magazzino.

Nel caso estremo in cui $p=d$ poi il lotto economico è infinito, cioè è necessario continuare a produrre senza soluzione di continuità.

Al contrario, per il tasso di produzione p che tende ad infinito, la formula del EPQ tende a quella del EOQ, caso più generico in cui la capacità produttiva è appunto infinita.

La stima dei parametri dell'equazione è stata così effettuata:

il costo del setup è stato stimato tenendo conto di un ipotetico costo orario dell'operatore di circa 12 €. Considerando che il tempo medio per effettuare un setup è pari a 1,5 h e che per un setup è necessario un singolo operatore, il costo per ogni setup è di circa 18€.

La domanda annuale del prodotto è stata stimata partendo dall'Analisi di Pareto precedentemente fatta tramite l'extrapolazione dei dati dell'Industry 4.0, in cui si hanno a disposizione i dati degli ultimi 6 mesi dei volumi di produzione consuntivi. Raddoppiando questo valore si raggiunge un'ottima stima della domanda annuale per ogni codice prodotto.

Il valore unitario del prodotto è stato estratto dal database del sistema informativo aziendale JGalileo, in cui è presente una precisa valorizzazione per ogni codice prodotto, che tiene conto sia dei costi della materia prima che di quelli della lavorazione.

Il costo di mantenimento a magazzino è stato stimato tenendo conto dei valori medi del settore, pari al 20% annuo del valore del bene immagazzinato.

La capacità produttiva annuale del prodotto è stata stimata tramite i dati estratti dall'industry 4.0 della produttività oraria di ogni pressa per ogni codice. In seguito ad un confronto con il responsabile della produzione plastica sono stati distinti i codici lavorabili su turni da 16 ore dai codici lavorabili su turni da 24 ore in modo da ottenere una capacità annuale maggiormente precisa.

codice prodotto	qtà prodotta in 6 mesi	valore unitario del bene	costo del setup	costo % di mantenimento della scorta	Domanda annuale	produttività media oraria	produttività annua	ore lavorabili in un giorno	Quantità EPQ
	5.934.427	0,0144830 €	18 €	0,2	11.868.854	2.619	13.825.777	24	1.020.867
	1.930.430	0,0114650 €	18 €	0,2	3.860.860	2.649	13.988.216	24	289.351
	1.328.717	0,1117700 €	18 €	0,2	2.657.434	559	2.948.881	24	208.091
	930.719	0,0433880 €	18 €	0,2	1.861.438	820	4.328.379	24	116.402
	717.729	0,0186170 €	18 €	0,2	1.435.458	992	5.235.129	24	138.283
	742.220	0,0139720 €	18 €	0,2	1.484.440	2.050	10.823.494	24	148.875
	852.812	0,0241420 €	18 €	0,2	1.705.624	1.843	9.731.728	24	124.175
	831.613	0,1000800 €	18 €	0,2	1.663.226	607	3.203.535	24	78.877
	806.930	0,1400270 €	18 €	0,2	1.613.860	433	2.284.633	24	84.059
	726.900	0,0126050 €	18 €	0,2	1.453.800	1.402	7.401.915	24	160.731
	664.189	0,0127260 €	18 €	0,2	1.328.378	1.376	7.263.731	24	151.638
	579.551	0,0135130 €	18 €	0,2	1.159.102	2.430	12.830.924	24	130.281
	620.962	0,0977200 €	18 €	0,2	1.241.924	416	2.196.548	24	72.551
	552.115	0,0125110 €	18 €	0,2	1.104.230	2.285	12.062.513	24	132.241
	600.626	0,0115950 €	18 €	0,2	1.201.252	2.176	11.489.423	24	144.311
	580.706	0,0311300 €	18 €	0,2	1.161.412	953	5.033.212	24	93.434
	453.857	0,0154670 €	18 €	0,2	907.714	1.843	9.730.389	24	107.938
	343.410	0,1584120 €	18 €	0,2	686.820	276	1.456.664	24	38.427
	402.293	0,0488600 €	18 €	0,2	804.586	710	3.749.583	24	61.432
	373.668	0,0412030 €	18 €	0,2	747.336	736	3.888.363	24	63.574
	353.859	0,0706300 €	18 €	0,2	707.718	751	3.965.295	24	46.856
	356.416	0,0599330 €	18 €	0,2	712.832	872	4.603.681	24	50.330
	258.180	0,0188930 €	18 €	0,2	516.360	1.719	9.075.753	24	72.224
	261.371	0,0543900 €	18 €	0,2	522.742	825	4.356.110	24	44.338
	266.458	0,0393810 €	18 €	0,2	532.916	1.051	5.549.140	24	51.909
	192.942	0,0191670 €	18 €	0,2	385.884	939	4.960.187	24	62.687
	150.520	0,0229930 €	18 €	0,2	301.040	740	3.905.034	24	50.533
	149.577	0,2680830 €	18 €	0,2	299.154	190	1.001.246	24	16.925
	168.298	0,2097500 €	18 €	0,2	336.596	136	720.074	24	23.289
	108.296	0,0816330 €	18 €	0,2	216.592	317	1.672.260	24	23.423
	103.334	0,2799200 €	18 €	0,2	206.668	180	948.853	24	13.035
	140.947	0,1115830 €	18 €	0,2	281.894	283	1.493.865	24	23.675

Figura 36: Foglio Excel con calcolo EPQ

Le quantità EPQ qui calcolata possono essere utilizzate durante la fase di pianificazione della produzione per la decisione del numero di periodi di domanda da accorpare nel medesimo lotto produttivo.

4. Analisi del reparto indotti

Il reparto indotti è composto da 6 linee produttive completamente automatizzate.

Questo reparto ha performance molto più stabili rispetto al reparto plastica, sia per una diversa conformazione che per una maggior maturità.

I dati riguardanti la produzione sono disponibili su un file estratto automaticamente in formato Excel, all'interno del quale sono stati integrati i target di produttività oraria ed un indicatore del loro raggiungimento.

4.1. Analisi di Pareto degli indotti

Per avere una panoramica dei volumi produttivi riferiti ai vari codici prodotto è stata effettuata un'analisi di Pareto.

codice articolo	qtà prodotta	cumulata qtà	peso % prodotti	peso cumulato
	646.730	646.730	14,59%	14,59%
	570.534	1.217.264	12,87%	27,47%
	447.551	1.664.815	10,10%	37,56%
	408.349	2.073.164	9,21%	46,78%
	287.946	2.361.110	6,50%	53,28%
	222.978	2.584.088	5,03%	58,31%
	209.009	2.793.097	4,72%	63,02%
	208.083	3.001.180	4,70%	67,72%
	175.372	3.176.552	3,96%	71,68%
	162.102	3.338.654	3,66%	75,33%
	82.323	3.420.977	1,86%	77,19%
	80.123	3.501.100	1,81%	79,00%
	66.666	3.567.766	1,50%	80,50%

Figura 37: Analisi di Pareto reparto indotti

Tramite questo risultato sono stati evidenziati i codici prodotto con maggiori volumi, che hanno quindi priorità nell'analisi in quanto una loro ottimizzazione porta risultati più evidenti.

Dall'analisi emerge che il 16% dei prodotti copre l'80% dei fabbisogni produttivi, nel dettaglio sono 13 codici prodotto su 83 totali.

4.2. Analisi della produttività degli indotti

Tramite una tabella Pivot è stato possibile identificare la media della produttività oraria per ogni prodotto su ogni possibile pressa e la rispettiva somma della quantità prodotta.

È stato scelto di analizzare la media e non i valori puntuali per smorzare possibili distorsioni.

La produttività utilizzata è presa senza considerare i tempi di setup, in modo da non alterare le comparazioni.

codice prodotto e linea	Media produttività h senza setup	Somma di QTMOCM
001	477,8415301	646.730,00
003	433,8208092	570.534,00
002	435,1118012	532.958,00
002	416,5	37.576,00
006	475,5606061	447.551,00
002	478,3645833	323.887,00
002	468,0833333	123.664,00
005	346,1025641	408.349,00
005	346,1025641	408.349,00
006	474,0232558	287.946,00
002	475,2876712	246.159,00
002	466,9230769	41.787,00
002	424,1527778	222.978,00
002	424,1527778	222.978,00
004	291,83	209.009,00
004	291,83	209.009,00
002	473,9047619	208.083,00
002	480,3333333	63.986,00
006	471,3333333	144.097,00
006	465,245283	175.372,00
006	468,9210526	130.625,00
002	455,9333333	44.747,00

Figura 38: Analisi produttività reparto indotti

L'obiettivo è di trovare un metodo per associare ogni codice prodotto alla relativa linea in modo da ottimizzare la produttività globale.

L'algoritmo creato utilizza come dati di input:

- Volumi produttivi di ogni codice prodotto
- Produttività di ogni linea con ogni codice prodotto
- Delta produttività tra first best e second best

La tabella è stata impostata in ordine decrescente di quantità prodotte per ogni codice ed all'interno di ogni codice in ordine decrescente di produttività oraria.

Il delta produttività (firstbest-secondbest) rappresenta l'extra produttività oraria che può essere ottenuta lavorando un determinato codice prodotto sulla linea per lui più efficiente in confronto alla seconda linea più efficiente.

L'indicatore per prioritizzare l'assegnazione dei codici prodotto alle varie presse è quindi composto dalla moltiplicazione tra il delta produttività (firstbest-secondbest) e la quantità prodotta per ogni codice.

Etichette di riga	Media di PRODUTTIVITA h senza setup	Somma di QTMOCM	delta prod tra first e second	% delta productt * qtà prodotta	delta productt %
	477,84	646.730		-	-
001	477,84	646.730		-	-
	433,82	570.534		-	-
003	435,11	532.958	18,612	25.495	4,47%
002	416,50	37.576		-	-
	475,56	447.551		-	-
006	478,36	323.887	10,281	9.830	2,20%
002	468,08	123.664		-	-
	346,10	408.349		-	-
005	346,10	408.349		-	-
	474,02	287.946		-	-
006	475,29	246.159	8,365	5.158	1,79%
002	466,92	41.787		-	-
	424,15	222.978		-	-
002	424,15	222.978		-	-
	291,83	209.009		-	-
004	291,83	209.009		-	-
	473,90	208.083		-	-
002	480,33	63.986	9,000	3.973	1,91%
006	471,33	144.097		-	-
	465,25	175.372		-	-
006	468,92	130.625	12,988	4.996	2,85%
002	455,93	44.747		-	-

Figura 39: confronto produttività per allocazione alle linee

È stata quindi proposta un'assegnazione prioritaria dei prodotti alle varie linee:

a sinistra sono indicate da 001 a 006 le varie linee produttive ed accanto, in ordine di priorità, i codici prodotto.

001						
002	704.2455	704.5432	704.6076	704.2492		
003	704.6266					
004						
005						
006	704.4517	704.4915	704.4790	704.5138	704.6074	704.2626

Figura 40: allocazione ideale codici alle presse

La proposta di assegnazione potrebbe portare un'efficienza del 0,76% pari a 30 ore risparmiate ogni semestre.

Questo è però un caso prettamente teorico, in quanto le reale capacità produttiva non sarebbe sufficiente per garantire queste allocazioni.

5. Reparto assemblaggio motori

Il reparto motori è composto da 2 linee produttive completamente automatiche e 13 linee di montaggio manuale.

I dati riguardanti la produzione sono disponibili su un file estratto automaticamente in formato Excel, all'interno del quale sono stati integrati i target di produttività oraria ed un indicatore del loro raggiungimento.

È il reparto più importante, poiché è quello in cui viene assemblato il prodotto finito da consegnare al cliente.

5.1. Analisi di Pareto reparto motori

Per avere una panoramica dei volumi produttivi riferiti ai vari codici prodotto è stata effettuata l'analisi di Pareto.

codice motori	quantità	cumulata prodotti	peso % prodotti	peso cumulato
	718.515	718.515	20,79%	20,8%
	309.203	1.027.718	8,95%	29,7%
	237.643	1.265.361	6,88%	36,6%
	194.890	1.460.251	5,64%	42,2%
	167.081	1.627.332	4,83%	47,1%
	151.283	1.778.615	4,38%	51,5%
	131.527	1.910.142	3,81%	55,3%
	116.974	2.027.116	3,38%	58,6%
	102.563	2.129.679	2,97%	61,6%
	96.292	2.225.971	2,79%	64,4%
	69.557	2.295.528	2,01%	66,4%
	57.167	2.352.695	1,65%	68,1%
	48.964	2.401.659	1,42%	69,5%
	46.646	2.448.305	1,35%	70,8%
	45.181	2.493.486	1,31%	72,1%
	37.577	2.531.063	1,09%	73,2%
	37.384	2.568.447	1,08%	74,3%
	34.715	2.603.162	1,00%	75,3%
	31.341	2.634.503	0,91%	76,2%
	30.610	2.665.113	0,89%	77,1%
	26.995	2.692.108	0,78%	77,9%
	26.112	2.718.220	0,76%	78,6%
	25.655	2.743.875	0,74%	79,4%
	25.146	2.769.021	0,73%	80,1%

Figura 43: Analisi di Pareto reparto motori

Tramite questo risultato sono stati evidenziati i codici prodotto con maggiori volumi, che hanno quindi priorità nell'analisi in quanto una loro ottimizzazione porta risultati più evidenti.

Dall'analisi emerge che il 14% dei prodotti copre l'80% dei fabbisogni produttivi, nel dettaglio sono 24 codici prodotto su 170 totali.

5.2. Monitoraggio: il cruscotto

Al fine di monitorare l'evoluzione della produttività oraria del reparto assemblaggio motori è stato creato un cruscotto dinamico in cui è possibile aggiornare una tabella Pivot con qualsiasi cadenza temporale ed avere una chiara e schematica evoluzione della produttività complessiva del reparto.

Questo cruscotto verrà utilizzato dal responsabile del reparto con cadenza settimanale e dal team di ottimizzazione della produzione.

Per l'aggiornamento dinamico del cruscotto sono utilizzate due tabelle Pivot: la prima viene utilizzata per aggiornare la media di produttività oraria storica per ogni codice prodotto e per aggiornare il picco massimo di produttività oraria storico, la seconda per aggiornare le produttività ristrette al periodo di osservazione in un intervallo che può essere da settimanale ad annuale.

settimana 3											totale buoni		13	
tabella dinamica motori (pezzi/h)											totale ottimi		3	
PARETO 80%											totale NO		13	
codice motori	produttività settimana 3	linea della settimana	% su media 8 mesi	delta con media 8 mesi	media 8 mesi	% sul MAX dei 8 mesi	delta sul MAX dei 8 mesi	MAX 8 mesi	TARGET raggiunto	target statico	media annuale	MAX annuale	MAX 8 mesi > MAX annuale?	
	212	A01	91,6%	-19	231	85%	-39	226	-	220	221	252	NO	
	125	010	100,7%	1	124	98%	-2	250	NO	213	231	250	SI	
					226			127	BUONO	124	124	128	NO	
	197	A01	88,2%	-26	223	83%	-40	244	-	213	226	244	SI	
	223	A01	101,0%	2	220	92%	-20	237	NO	213	224	237	SI	
					231			243	BUONO	213	222	243	SI	
	126	010	100,6%	1	125	98%	-2	245	-	213	231	245	SI	
					186			128	BUONO	124	124	134	NO	
					186			196	-	150	186	158	NO	
					186			193	-	manca da fonte	181	155	NO	
	230	A01	102,7%	6	224	96%	-10	240	BUONO	213	218	240	SI	
					147			163	-	160	150	167	NO	
					131			145	-	117	133	145	SI	
					223			238	-	220	223	267	NO	
					188			153	-	140	140	153	SI	
	189	010	102,3%	4	185	97%	-6	195	BUONO	manca da fonte	186	201	NO	
	120	010	104,0%	5	115	78%	-33	153	BUONO	112	116	153	SI	
					225			240	-	213	220	261	NO	
					106			127	BUONO	114	106	127	SI	
	110	010	103,5%	4	132	87%	-17	142	-	121	131	142	SI	
					135			142	-	117	135	142	SI	
	206	010	103,3%	7	199	100%	-1	207	BUONO	200	196	207	SI	
	95	010	90,9%	-10	105	81%	-23	118	NO	114	106	118	SI	
	125	010	100,7%	1	124	94%	-8	133	BUONO	115	124	133	SI	

Figura 44: cruscotto reparto motori

Il cruscotto è stato inoltre integrato con l'analisi di Pareto in modo dinamico, evidenziando nella prima colonna i codici prodotto che fanno parte dei 24 codici con maggiore peso sui volumi di produzione.

Durante il confronto con il responsabile del reparto è stato segnalato come i valori massimi storici fossero alterati dalle produzioni estremamente brevi, in cui si raggiungono performance elevate ma realmente non raggiungibili nei turni di produzione standard. Questo problema è stato risolto inserendo nella tabella Pivot un filtro sulla durata dei turni di produzione, includendo solamente i turni superiori alle 4 ore. È inoltre stato richiesto di inserire una tolleranza sui target e di avere un target statico e di escludere agosto dai calcoli delle medie in quanto comprende valori di produzione anomali rispetto al resto dell'anno.

Nella colonna "target raggiunto" è stato considerato come "ottimo" quando la produttività consuntiva è superiore al valore massimo degli ultimi 8 mesi, come "buono" quando la produttività consuntiva è compresa tra la produttività media e quella massima, come "NO" quando la produttività consuntiva è minore di quella media.

5.3. La matrice dei tempi di setup dei motori

È stata realizzata in collaborazione con il responsabile della produzione del reparto motori una matrice con i tempi di setup di tutti i motori sulle rispettive linee.

La necessità di avere un'evidenza di questi tempi è stata evidenziata dal responsabile stesso, il quale lamentava di alcuni cambi di schedulazione di produzione a lui proposti che non tenevano adeguatamente conto dei tempi di setup, rendendo poco ottimizzati i tempi di produzione.

		Linea motoriduttori									
da/a											
		10									
		10	10								
		15	15	15							
		15	15	15	15						
		60	60	60	60	60					
		15	15	15	15	15	60				
		15	15	15	15	15	60	10			
		90	90	90	90	90	60	15	90		
		90	90	90	90	90	60	15	90	90	

Figura 45: Matrice dei tempi di setup tra i vari codici dei motori

		LINEA motori													
da/a															
		30													
		5	30												
		30	5	30											
		5	30	5	30										
		5	30	5	30	5									
		5	30	5	30	5	5								
		5	30	5	30	5	5	5							
		5	30	5	30	5	5	5	5						
		10	30	10	30	10	10	10	10	10					
		10	30	10	30	10	10	10	10	10	10				
		5	30	5	30	5	5	5	5	5	5	10			
		5	30	5	30	5	5	5	5	5	5	10	10		
		5	30	5	30	5	5	5	5	5	5	10	10	5	

Figura 46: matrice dei tempi di setup per un'altra linea produttiva del reparto motori

Le matrici dei tempi di setup sono state realizzate per il totale delle linee, pari a 16 linee.

Tale rielaborazione rientra tra gli strumenti utili per effettuare una corretta programmazione, per cui è fondamentale sapere:

- Tempi di setup
- Costi di setup
- Capacità produttiva effettiva per ogni prodotto

5.4. Strumenti per ottimizzare la programmazione della produzione

Per quanto riguarda il reparto assemblaggio motori, si è lavorato con l'obiettivo di offrire strumenti e un nuovo metodo per realizzare i programmi di produzione.

Tramite l'analisi dell'attuale metodo di programmazione della produzione, è emersa la necessità di un nuovo strumento con il fine di:

- Avere maggiore controllo dei programmi di produzione
- Rendere la comunicazione tra reparti più efficiente
- Risparmiare tempo per la creazione dei programmi
- Ridurre le probabilità di riscontrare errori e problematiche

Per raggiungere questi risultati è necessario organizzare tutte le informazioni che servono per prendere le decisioni della programmazione nel minor numero possibile di documenti, creare un procedimento step by step per approcciarsi ai dati raccolti e prendere quindi le decisioni con la piena consapevolezza delle informazioni a disposizione dell'azienda.

I due obiettivi principali sono quindi:

- 1) Avere un metodo il più possibile oggettivo e guidato
- 2) Utilizzare uno strumento unico che racchiuda tutte le informazioni necessarie

Di seguito vengono descritti i due strumenti proposti al management aziendale.

5.4.1. File Excel con cruscotti integrati

È un file Excel che racchiude tutti i file precedentemente utilizzati. È possibile trovare il riepilogo di:

- Domanda
- Scorta
- Numero di motori che si sceglie di produrre
- Ore di produzione necessarie per soddisfare la domanda
- Vincoli di capacità produttiva delle linee
- Test di saturazione della capacità produttiva delle linee
- Report con motivazioni del mancato soddisfacimento della domanda

Il file integra quindi la domanda estratta dal sistema informativo aziendale con i file contenenti le analisi della produttività realizzati nei precedenti capitoli, con il fine di stimare le ore di produzione necessarie per il soddisfacimento della domanda e con test per verificare se la schedulazione ideata dall'operatore è compatibile con la capacità produttiva complessiva.

ore per Giornaliero	ore per Turno	settimana della programmazione	conversione da numero settimana a indice per cerca verticale												
8	7,5	6		programmazione produzione settimana 6											
orario lavorativo	linea	Linea	Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì								
T	AUTOMATICA														
	qta														
	note														
G	MANUALE														
	qta														
	note														
G	MANUALE														
	qta														
	note														
T	MOTORI														
	qta														
	note														
G	MOTORI VARI														
	qta														
	note														
G	MOTORI VARI														
	qta														
	note														

Figura 47: Struttura in cui inserire l'ordine scelto di schedulazione

In questa immagine è presente il Gantt in cui andare a schedulare i motori da mettere in produzione. Modificando la cella in arancione “settimana della programmazione” viene dinamicamente aggiornato l'intero documento, che è collegato a questa cella sia nei numeri che nei testi.

Su richiesta dei responsabili di produzione sono state aggiunte due righe per riportare le quantità da produrre ed eventuali note, in quanto questo diagramma viene settimanalmente condiviso con tutte le funzioni aziendali.

linea	codice	scorta	domanda motori in ritardo	domanda settimana 6	DOMANDA EFFETTIVA: Domanda attuale + domanda in ritardo - scorte	ore di produzione necessarie per soddisfare tutta la domanda	qta residua prevista a fine week 6	motori che si scelgono di produrre (corrette per riempire un cassone)	ore necessarie per produrre i pezzi scelti	inserisci qui i motori che si scelgono di produrre (accanto sono arrotondati a cassoni)	qta cassone	conversione in turni delle ore necessarie per produrre i pezzi scelti
		0	0	0	0	0	3.250	3250	18,5	3.200	250	2,5
		0	9.600	10.560	20.160	89	-16.910	3250	14,4	3.200	250	1,9
		0	7.680	7.680	15.360	69	-12.110	3250	14,6	3.200	250	2,0
		0	0	960	960	5	5.290	6250	30,5	6.200	250	4,1
		4.468	7.680	6.720	9.932	45	-3.682	6250	28,3	6.200	250	3,8
		1	5.760	10.560	16.319	71	-10.069	6250	27,1	6.200	250	3,6
		0	9.600	0	9.600	42	-3.350	6250	27,3	6.200	250	3,6
		18	960	1.920	2.862	14	3.388	6250	30,3	6.200	250	4,0
		131	4.800	6.720	11.389	52	-7.639	3750	17,1	3.530	250	2,3
		0	960	1.920	2.880	13	870	3750	17,3	3.530	250	2,3
		0	0	0	0	0	3.750	3750	19,2	3.530	250	2,6
		696	0	1.920	1.224	6	2.526	3750	18,7	3.530	250	2,5
		925	0	960	35	0	3.715	3750	19,1	3.530	250	2,6
		0	0	0	0	0	480	480	2,2	420	120	0,3
		0	0	0	0	0	350	350	1,6	350	120	0,2
		0	0	0	0	0	480	480	2,2	400	120	0,3
		0	8.126	312	8.438	73	-8.438	0	0,0	0	250	0,0

Figura 48: strumento a supporto della programmazione della produzione

In questa immagine è presente il cruscotto principale realizzato.

Rappresentando la scorta e la domanda viene ricavata la domanda effettiva al netto di tutto, e le relative quantità di ore necessarie per la produzione ed il soddisfacimento completo della domanda del cliente.

È necessario fare quindi una distinzione tra le linee che mediamente hanno sufficiente capacità produttiva per soddisfare completamente la domanda del cliente e le linee che, soprattutto in questo momento di shortage delle materie prime e di picchi improvvisi nelle richieste del cliente, non riescono a soddisfare completamente la domanda del cliente a causa di una carenza nella capacità produttiva.

La colonna in cui è possibile fare l'inserimento dati è quella in giallo.

- Se la linea ha una capacità produttiva sufficiente a soddisfare completamente la domanda, sarà sufficiente ricopiare le quantità della domanda all'interno di questa colonna. Verranno quindi automaticamente calcolate le ore necessarie per produrre il numero di pezzi scelto e la relativa conversione in turni di lavoro. Le quantità inserite vengono arrotondate in automatico a seconda della quantità di pezzi inseribili nei cassoni che vengono inviati al cliente.
- Se la linea non ha una capacità produttiva sufficiente a soddisfare completamente la domanda, l'operatore potrà utilizzare la colonna in giallo per inserire le quantità che ritiene possano essere adeguate per soddisfare in parte i clienti ed in automatico verrà effettuato un calcolo in un cruscotto per verificare se è presente la capacità produttiva per produrre i pezzi scelti. Se l'esito è positivo, la quantità da mettere in produzione è stata quindi definita ed è necessario applicare l'algoritmo di scheduling più appropriato.

c'è la capacità produttiva per soddisfare la quantità scelta?	SI/NO	quante altre ore di produzione servirebbero (+) /quante ore avanzano (-)	la capacità della linea è saturata?
LINEA	NO	211,1	SI
LINEA	SI	-146,1	NO
LINEA	NO	68,5	SI
LINEA	NO	199,1	SI
LINEA	SI	-23,4	NO
LINEA	SI	-8,7	NO
LINEA	NO	110,4	SI
LINEA	SI	-54,6	NO
LINEA	SI	-54,4	NO
LINEA	NO	43,6	SI
LINEA	NO	60,7	SI
LINEA	NO	205,9	SI
LINEA	SI	-29,4	NO
LINEA	NO	110,0	SI

Figura 49: Test di capacità produttiva per la quantità da produrre scelta dall'operatore

In questa immagine è presente il cruscotto che dinamicamente effettua il test di capacità produttiva per la quantità scelta dall'operatore.

Il numero nella terza colonna va così interpretato:

- Se è un numero positivo, rappresenta quante altre ore di produzione sarebbero necessarie per produrre le quantità scelte.
- Se è un numero negativo, rappresenta quante altre ore di produzione avanzerebbero in seguito alla produzione delle quantità scelte.

c'è la capacità produttiva per produrre fino alla settimana. ?	settimana 6	quante altre ore di produzione servirebbero (+) /quante ore avanzano (-)	fino a settimana 7	quante altre ore di produzione servirebbero (+) /quante ore avanzano (-)	fino a settimana 8	quante altre ore di produzione servirebbero (+) /quante ore avanzano (-)	fino a settimana 9	quante altre ore di produzione servirebbero (+) /quante ore avanzano (-)
LINEA	NO	335	NO	595	NO	745	NO	840
LINEA	SI	-152	SI	-152	SI	-152	SI	-45
LINEA	NO	33	NO	61	NO	101	NO	123
LINEA	NO	197	NO	509	NO	684	NO	853
LINEA	SI	-73	SI	-73	SI	-73	SI	-73
LINEA	SI	-78	SI	-78	SI	-78	SI	-78
LINEA	SI	-43	SI	-7	NO	42	NO	77
LINEA	SI	-51	SI	-40	SI	-19	NO	11
LINEA	SI	-57	NO	22	NO	108	NO	194
LINEA	SI	-86	SI	-22	NO	33	NO	33
LINEA	SI	-72	SI	-64	SI	-44	SI	-28
LINEA	SI	-49	SI	-49	SI	-31	SI	-8
LINEA	SI	-79	SI	-54	SI	-54	SI	-23
LINEA	SI	-76	SI	-76	NO	192	NO	192

Figura 50: Test di capacità produttiva con proiezione nelle settimane future

In questa immagine è presente un ulteriore cruscotto per effettuare i test di capacità produttiva, che effettua i calcoli automaticamente utilizzando le quantità richieste dal cliente, ovvero la sua domanda complessiva.

Questo cruscotto deve essere utilizzato per le linee che hanno capacità produttiva in eccesso, per verificare a colpo d'occhio il numero di settimane successive riguardo cui sarebbe possibile mettere in produzione la rispettiva domanda.

Le quantità settimana per settimana sono cumulate, per esempio nella colonna "fino a settimana 8" è presente la domanda della settimana attuale (settimana 6) + domanda settimana 7 + domanda settimana 8.

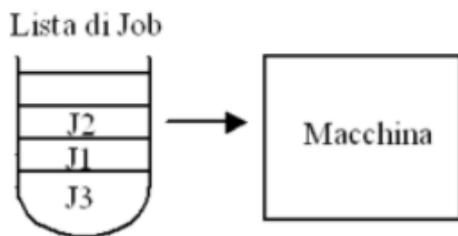
5.4.2. Nuovo metodo di schedulazione

Il nuovo metodo di schedulazione proposto è un procedimento iterativo finalizzato a:

- Minimizzare il tempo complessivo di completamento tramite l'analisi dei tempi di setup
- Minimizzare il numero medio di scorte nel sistema

I due modelli presenti nel reparto assemblaggio motori sono:

Modello a macchina singola



Modello a macchine parallele

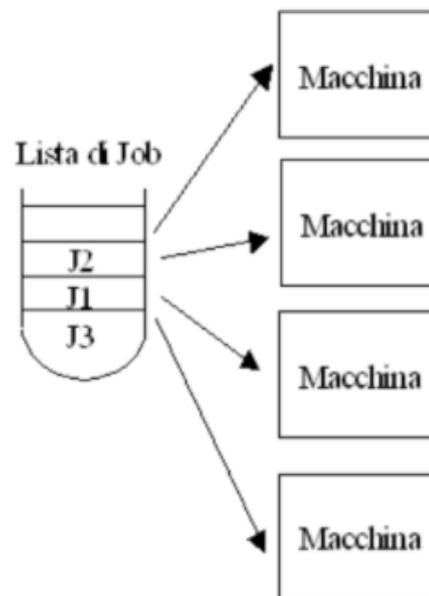


Figura 51: modelli del reparto assemblaggio motore

Nei modelli a macchina singola cambiando l'ordine dei jobs non varia il tempo complessivo di completamento, va però ad incidere sul numero medio di WIP nel sistema.

Il tempo medio trascorso dai lotti nel sistema produttivo è infatti minimizzato ordinando i lotti in sequenza crescente dei tempi di processo (SPT-Shortest Processing Time).

Sapendo che il numero medio di scorte in un sistema è direttamente proporzionale al tempo medio trascorso dai lotti nel sistema ($WIP = TH \times FT$)¹², ne consegue che la sequenza che minimizza il tempo medio trascorso dai lotti riduce anche il numero medio di scorte in un sistema:

pertanto, il SPT risolve anche il problema di ottimizzare le scorte di magazzino ed i relativi costi.

¹² La legge di Little, parte della teoria delle code, è stata formulata da John D. C. Little, professore del MIT Sloan School of Management.

Il processo decisionale iterativo è suddiviso in due parti:

- 1) In questa prima parte la variabile da ottimizzare è il ritardo medio.
Bisogna quindi iniziare a schedulare i jobs partendo da quelli in ritardo, sono identificabili nella colonna “domanda in ritardo”.
Per la schedulazione è fondamentale tenere conto della matrice dei tempi di setup, in modo da minimizzare il tempo perso nei setup.

- 2) Dopo aver finito di schedulare i jobs in ritardo, tutti i job rimanenti hanno quindi la medesima data di consegna.
Ora la variabile da minimizzare è la durata totale delle lavorazioni sulla linea.
Bisogna quindi schedulare partendo dalla matrice dei tempi di setup, iniziando dal numero più piccolo presente (che rappresenta i minuti necessari per il setup della linea).
A parità di tempo di setup, si deve applicare la regola SPT, schedulando il job con tempo di processamento più breve con l’obiettivo di cercare di ridurre il WIP medio.

Nel caso di macchine parallele, l’algoritmo è il medesimo ma con la cura di distribuire i jobs a rotazione sulle linee presenti, cercando di bilanciarle il più possibile.

6. Conclusioni

Con il presente lavoro di tesi si è innanzitutto cercato di definire, a partire dalla letteratura di riferimento, il concetto di Agile Manufacturing, identificando le procedure di produzione agile all'interno del contesto aziendale dell' Electro-Parts S.p.A. e mettendole in relazione con il panorama produttivo e competitivo attuale.

Gli aspetti principali sono quelli relativi alla flessibilità, che nelle attuali dinamiche di mercato non può mancare per emergere in un contesto competitivo.

L'azienda è stata esaminata tramite un apposito modello di analisi, per valutare quali procedure di Agile Manufacturing vengono attualmente applicate.

Sono state poi redatte alcune linee guida per permettere all'azienda di proseguire il proprio percorso con una struttura Agile.

Nella successiva fase in cui sono stati creati i cruscotti per il monitoraggio di alcuni KPIs aziendali è stata fondamentale la collaborazione da parte dei responsabili del reparto stampaggio plastica e dei reparti di produzione.

L'analisi dei requisiti, ovvero il processo di definizione delle aspettative degli stakeholder riguardanti i prodotti di un determinato progetto, deve includere tutte le attività necessarie per identificare le diverse esigenze, che possono anche essere contrastanti tra loro. Occorre quindi procedere in modo molto strutturato proprio per evidenziare e documentare gli eventuali conflitti tra requisiti di progetto, con il fine di modellizzare il più fedelmente possibile le esigenze dell'azienda.

L'approccio applicato ha quindi implicato la creazione di varie versioni del medesimo cruscotto, volta per volta migliorate dopo il confronto con i responsabili aziendali.

È stato infatti necessario aumentare il monte ore da dedicare a questo progetto di stage, fino ad arrivare a 650 ore.

Nella fase di creazione di nuovi strumenti per ottimizzare i processi produttivi aziendali è stato necessario in primis effettuare l'analisi dello stato corrente del contesto aziendale (analisi AS IS) per poi successivamente formulare una proposta TO BE, al fine di pianificare e progettare un processo di evoluzione ed implementazione.

Nel reparto stampaggio plastica l'analisi della produttività delle presse ha permesso di mostrare al responsabile di reparto che alcune presse identiche tra loro nella realtà avevano in realtà performance diverse, che poi state riallineate aumentando la produttività di tali presse in media del 12%.

Questo dimostra come, implementando tecnologie che permettono di raccogliere dati dal processo produttivo, sia possibile ottimizzare i processi aziendali, come infatti viene suggerito dalle linee guida dell'Agile Manufacturing.

È stato poi proposto un nuovo algoritmo per la schedulazione della produzione nel reparto plastica. È un contesto di scheduling reso più complesso dal fatto che il medesimo componente possa essere processato da diverse presse con una diversa produttività.

Il modello proposto potrebbe idealmente portare ad un aumento della capacità produttiva del 7% circa.

Nel Reparto assemblaggio motori c'è stata un'importante collaborazione con il responsabile di collaborazione che ha fornito tutte le informazioni inerenti ai vincoli produttivi ed ai tempi di setup in tutte le possibili combinazioni di cambi linea.

La matrice dei setup realizzata è stata di fondamentale supporto per il responsabile della programmazione della produzione, che prima di questa si basava fortemente sulla propria esperienza maturata negli anni per la stima dei tempi di setup.

I due nuovi strumenti forniti per ottimizzare la programmazione della produzione sono stati fortemente apprezzati dal management aziendale, che ne ha chiesto una graduale implementazione nei processi aziendali.

In un contesto in cui è necessario prendere decisioni di programmazione della produzione basandosi su un elevato numero di variabili è infatti fondamentale semplificare i flussi informativi ed utilizzare un metodo il più possibile oggettivo e guidato, in modo da limitare gli errori e diminuire i tempi di esecuzione riuscendo così ad ottenere la flessibilità per reagire in fretta ad eventuali variazioni nelle richieste dei clienti.

Bibliografia

- ❖ **Logistica di distribuzione** di Paolo Brandimarte, Giulio Zotteri
- ❖ **Agile Project Management Tools: A Brief Comparative View;** Deniz Özkan, Alok Mishra
- ❖ **Agile Manufacturing: an evolutionary review of practices;** Angappa, Gunasekaran, Yahaya, Yusuf, Ezekiel, Adeleye, Thanos, Papadopoulos, Dharma, Kovvuri and Dan'Asabe, Geyi
- ❖ **A model-driven framework to support strategic agility: Value-added perspective;** Konstantinos Tsilionis, Yves Wautelet. KU Leuven, Belgium
- ❖ **Agile learning strategies to compete in an uncertain business environment;** Michael Armanious MA Technology, MA, Arlington, Massachusetts, USA, and Jared D. Padgett University of Phoenix, Phoenix, Arizona, USA
- ❖ **Agile manufacturing: a management and operational Framework;** H Shari, G Colquhoun, I Barclay and Z Dann Department of Manufacturing Engineering, University of Liverpool, UK Technology Management Group, School of Engineering, Liverpool John Moores University, Liverpool, UK
- ❖ **Agile Manufacturing Model of Small and Medium-sized Manufacturing Enterprises;** Xu Jun School of Economics & Management Henan Polytechnic University
- ❖ **Development of a framework for agile manufacturing;** Rahul Kumar Department of Mechanical Engineering, Punjabi University, Patiala, India Kanwarpreet Singh Punjabi University, Patiala, India, and Sanjiv Kumar Jain Ambala College of Engineering and Applied Research, Ambala Cantt, India.
- ❖ **Project Management and Workflow analysis of Agile Manufacturing;** SUI Jie, HE Longtao, YU Hua
- ❖ **Scheduling manufacturing systems in an agile environment;** David He, Astghik Babayan, Andrew Kusiak; *The University of Illinois at Chicago, The University of Iowa, Iowa, USA.*

Sitografia

- ❖ <https://www.bosch.it/la-nostra-azienda/il-gruppo-bosch-nel-mondo/>
- ❖ <https://www.brose.com/de-en/company/company-profile/#0-0>
- ❖ <https://www-statista-com.ezproxy.biblio.polito.it/statistics/598360/major-automotive-seating-manufacturers-worldwide-based-on-revenue/>
- ❖ <https://www-statista-com.ezproxy.biblio.polito.it/statistics/530390/uk-import-value-universal-ac-dc-motors-less-than-37-5-w/>
- ❖ <https://www-statista-com.ezproxy.biblio.polito.it/statistics/199715/global-sales-of-the-robert-bosch-gmbh-since-2001/>
- ❖ <https://www-statista-com.ezproxy.biblio.polito.it/statistics/714371/cie-automotive-share-of-revenue-by-customer/>
- ❖ <https://www-statista-com.ezproxy.biblio.polito.it/statistics/271675/bosch-revenue-by-segment/>
- ❖ https://it.wikipedia.org/wiki/Teoria_della_schedulazione
- ❖ <https://www-statista-com.ezproxy.biblio.polito.it/statistics/271679/research-and-development-costs-for-bosch/>
- ❖ <https://www-statista-com.ezproxy.biblio.polito.it/statistics/199737/global-sales-of-zf-friedrichshafen-ag-since-2007/>
- ❖ <https://www-statista-com.ezproxy.biblio.polito.it/statistics/199726/global-sales-of-magna-international-inc-since-2001/>
- ❖ <https://www-statista-com.ezproxy.biblio.polito.it/statistics/199703/10-leading-global-automotive-original-equipment-suppliers/>
- ❖ <https://www-statista-com.ezproxy.biblio.polito.it/statistics/271676/global-revenue-of-bosch-by-region/>

- ❖ <https://www-statista-com.ezproxy.biblio.polito.it/statistics/1175124/global-auto-supplier-oem-industry-market-cap/>
- ❖ <https://www-statista-com.ezproxy.biblio.polito.it/statistics/711845/brose-fahrzeugteile-annual-revenue/>
- ❖ <https://www-statista-com.ezproxy.biblio.polito.it/statistics/711855/brose-fahrzeugteile-investments/>
- ❖ <https://www-statista-com.ezproxy.biblio.polito.it/statistics/587798/leading-german-car-suppliers-by-revenue/>

