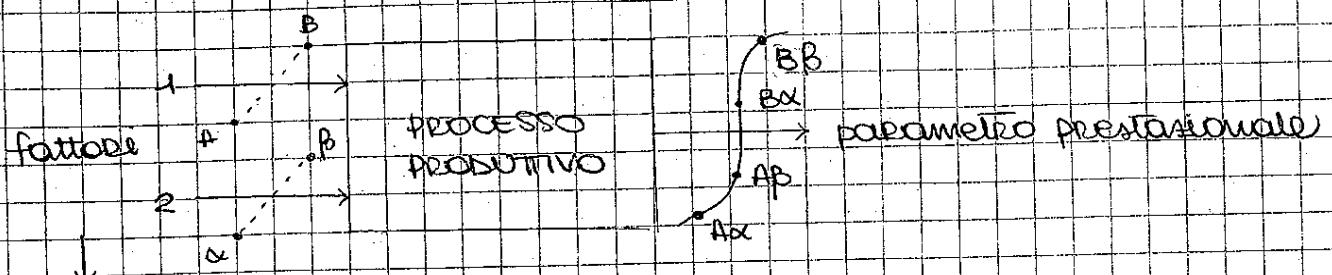


DOE (Design Of Experiment) Come progettare il PROCESSO PRODUTTIVO

↓
sistema in cui posso effettuare delle regolazioni
OUTPUT: parametro prestazionale validato



↓
valore di regolazione del processo produttivo

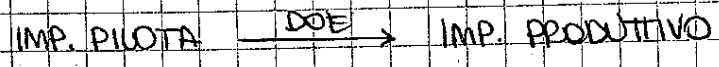
→ determinati fattori necessari per ottenere il parametro prestazionale possono essere regolati

↓
il parametro prestazionale al variare di questi fattori avrà una certa DINAMICA

Se la dinamica del parametro prestazionale, in base alla variazione dei diversi livelli dei fattori, è spiegata da una curva, allora so che debbo regolare il processo in un determinato modo. Se le uscite non sono modellizzabili, difficilmente i fattori regoleranno il parametro prestazionale.

- 1) il fattore 1 influenza il parametro prestazionale?
- 2) il fattore 2 influenza il parametro prestazionale?
- 3) fattore 1 e fattore 2 sono MAIN EFFECTS (= fattori principali) nei confronti del parametro prestazionale?
 - essere MAIN EFFECT significa che, nel momento in cui 1 resta costante e 2 passa da α a β , il cambiamento genererà un effetto principale sul parametro prestazionale
- 4) c'è interazione fra fattore 1 e fattore 2?
 - se c'è la regolazione è più complessa
- 5) È possibile modellizzare le dinamiche del parametro prestazionale rispetto ai fattori?

Questa tecnica è utilizzata per condurre esperimenti o su un impianto pilota



Il modello di riferimento prevede 2 fattori e 3 livelli di variazione per ogni fattore

→ 2 repliche (r=2)

FATTORE 1

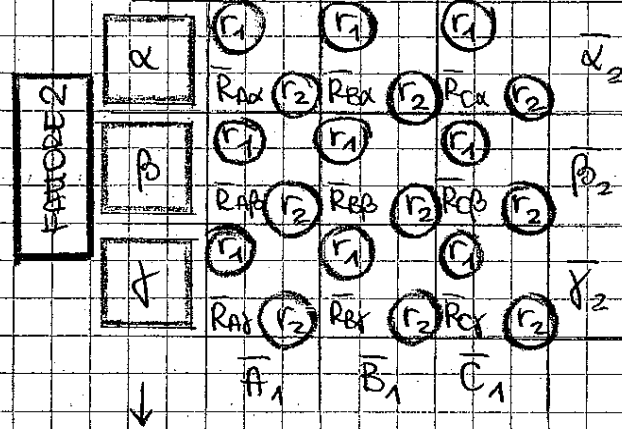


→ n = livelli di variazione del fattore 1

i = A, B, C

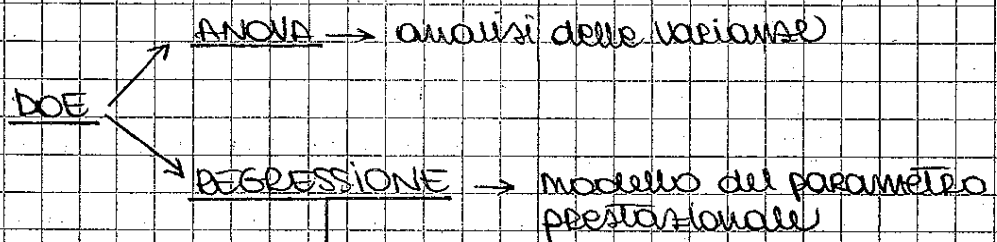
j = α, β, γ

k = r₁, r₂



p = livelli di variazione del fattore 2

Il DOE si basa sull'analisi delle varianze (ANOVA) e sulle tecniche di regressione per capire quanto l'output (= parametro prestazionale) è modellizzato rispetto agli input



si basa sull'errore della variazione del parametro prestazionale rispetto alla variazione dei fattori (per valori di errore piccoli, altrimenti aumenta l'incertezza)

VARIANZE:

A. VAR TOTALE → $G_{dl} = \sum_i \sum_j (r_{ij} - 1)$ → n° totale di repliche

→ $DEV_{TOT} = \sum_i \sum_j \sum_k (r_{ijk} - \bar{x})^2$

→ $\bar{x} = \frac{\sum_i \sum_j \sum_k r_{ijk}}{npk}$

= $\frac{DEV_{TOT}}{G_{dl}}$

B. VAR BLOCCHI → $G_{dl} = np - 1$

→ $DEV_{BLOCCHI} = r \sum_i \sum_j (R_{ij} - \bar{x})^2$

C. $\boxed{\text{VAR}_{\text{FATTORE 1}}} \rightarrow \text{GdL} = n-1 \quad (= \text{livelli} - 1)$
 $\rightarrow \text{DEV}_{\text{FATTORE 1}} = np \left[(\bar{A}_1 - \bar{x}_e)^2 + (\bar{B}_1 - \bar{x}_e)^2 + (\bar{C}_1 - \bar{x}_e)^2 \right]$

D. $\boxed{\text{VAR}_{\text{FATTORE 2}}} \rightarrow \text{GdL} = p-1$
 $\rightarrow \text{DEV}_{\text{FATTORE 2}} = m \left[(\bar{\alpha}_2 - \bar{x}_e)^2 + (\bar{\beta}_2 - \bar{x}_e)^2 + (\bar{\gamma}_2 - \bar{x}_e)^2 \right]$

E. $\boxed{\text{VAR}_{\text{INTERAZIONE 1-2}}} \rightarrow \text{GdL} = (n-1)(p-1)$
 $\rightarrow \text{DEV}_{\text{INT 1-2}} = \text{DEV}_{\text{BLOCCHI}} - \text{DEV}_{\text{FATTORE 1}} - \text{DEV}_{\text{FATTORE 2}}$

F. $\boxed{\text{VAR}_{\text{ERRORE}}} \rightarrow \text{GdL} = np(r-1) \quad r = n^\circ \text{ repliche in ciascun blocco}$
 $\rightarrow \text{DEV}_{\text{ERRORE}} = \text{DEV}_{\text{TOT}} - \text{DEV}_{\text{BLOCCHI}}$

PROCEDIMENTO

1) il fattore 1 influenza il parametro prestazionale?

$H_0: \mu(A) = \mu(B) = \mu(C)$

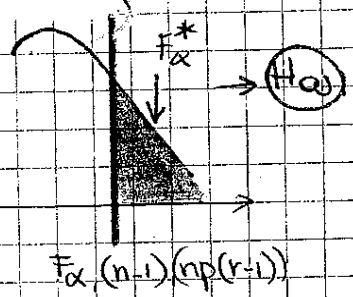
$H_a: \mu(A) \neq \mu(B) \neq \mu(C)$

vado a verificare (con le tabelle di Fisher):

$$F_{\alpha}^* = \frac{\text{VAR}_{\text{FATTORE 1}}}{\text{VAR}_{\text{ERRORE}}}$$

$\rightarrow n-1$
 \rightarrow minore è l'errore e più è grande la VAR del fattore 1 la F_{α} è lontana

$F_{\alpha, (n-1), (np(r-1))} \rightarrow$ tabellato



RISPOSTA \rightarrow attraverso l'analisi della varianza del fattore 1 su quella dell'errore

2) il fattore 2 influenza il parametro prestazionale?

$H_0: \mu(\alpha) = \mu(\beta) = \mu(\gamma)$

$H_a: \mu(\alpha) \neq \mu(\beta) \neq \mu(\gamma)$

$$F_{\alpha}^* = \frac{\text{VAR}_{\text{FATTORE 2}}}{\text{VAR}_{\text{ERRORE}}}$$

se F_{α}^* cade nella REGIONE CRITICA (delimitata da $F_{\alpha, (p-1), (np(r-1))}$) sarà portato a scartare H_0 in favore di H_a

\downarrow
 il fattore 2, in questo caso, influenza il parametro prestazionale

3) fattore 1 e fattore 2 sono main effects?

4) c'è interazione fra i due fattori?

5) posso modellizzare il parametro prestazionale rispetto ai fattori?

$$H_0: \mu(\text{fattore 1}) = \mu(\text{fattore 2})$$

↳ uno dei due non è main effect, c'è interazione e la modellizzazione è complessa

$$F^* = \frac{\text{VAR INTERAZ 1-2}}{\text{VAR ERRORE}} \rightarrow \frac{(n-1)(p-1)}{np(r-1)}$$

la VAR INTERAZ 1-2 dev'essere ampia perché F^* si allontani da Fisher

↳ tanto più ogni blocco \rightarrow composto in maniera distante rispetto agli altri, tanto più i miei fattori sono indipendenti perché la DEV ERRORE è molto piccola

↳ bassa VAR blocchi \rightarrow alta VAR ERRORE \rightarrow modello difficile da spiegare

↳ se c'è grande VAR blocchi ho trovato due buoni fattori

$$\rightarrow F_{\alpha, (n-1)(p-1), (np(r-1))}$$

se F^* cade nella REGIONE CRITICA scarto H_0 a favore di

$$H_a: \mu(\text{fattore 1}) \neq \mu(\text{fattore 2})$$

↳ se i due fattori danno medie diverse vuol dire che sono entrambi main effects, non interagiscono e sono modellizzabili

ESERCIZIO DOE

temperatura

tempo

FORNO

↳ bontà cottura (1-100)

• temperatura $\rightarrow n=3$
180°C
200°C
220°C

• tempo $\rightarrow p=2$
30'
40'

• $\alpha = 5\%$

• $r = 2$

TEMPERATURA

		A	B	C	
		180°C	200°C	220°C	
TEMPO	α	91	96	97	\bar{x}_2
	30	92	96	96,5	94,8
	β	98	99	95	$\bar{\beta}_2$
	40	97	98,5	94	96,5
		\bar{A}_1	\bar{B}_1	\bar{C}_1	
		94,5	97,25	95,25	

$n=3$
 $p=2$
 $r=2$
 $\alpha=5$

$$\bar{x} = \frac{94,5 + 97,25 + 95,25 + 94,8 + 96,5}{3 \cdot 2 \cdot 2} = 95,7$$

1) la temperatura influenza la cottura?

$$H_0: \mu(A) = \mu(B) = \mu(C)$$

$$H_a: \mu(A) \neq \mu(B) \neq \mu(C) \rightarrow \text{influenza la cottura}$$

$$F^* = \frac{\text{VAR Fattore 1}}{\text{VAR ERRORE}} = \frac{8,09}{1,17}$$

$$\rightarrow \frac{\text{DEV Fattore 1}}{\text{Gdl}} \rightarrow \text{Gdl} = n - 1 = 2$$

$$\rightarrow \text{DEV Fattore 1} = np \left[(A_1 - \bar{x})^2 + (\bar{B}_1 - \bar{x})^2 + (\bar{C}_1 - \bar{x})^2 \right]$$

$$= 2 \cdot 2 \left[(94,5 - 95,7)^2 + (97,25 - 95,7)^2 + (95,25 - 95,7)^2 \right]$$

$$= 16,18$$

$$= \frac{16,18}{2} = 8,09$$

$$\rightarrow \frac{\text{DEV errore}}{\text{Gdl}} \rightarrow \text{Gdl} = np(r-1) = 3 \cdot 2(2-1) = 6$$

$$\rightarrow \text{DEV errore} = \text{DEV TOTALE} - \text{DEV BLOCCHI} = 60,68 - 53,68 = 7$$

$$\rightarrow \text{DEV TOTALE} = (91 - 95,7)^2 + 2(93 - 95,7)^2 + 4(96 - 95,7)^2 + (97 - 95,7)^2 + 2(98 - 95,7)^2 + (99 - 95,7)^2 + (95 - 95,7)^2 = 60,68$$

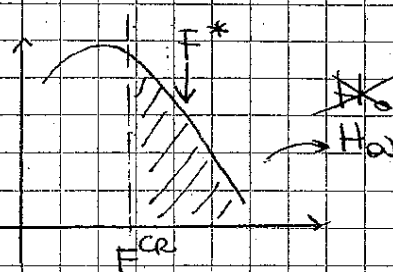
$$\rightarrow \text{DEV BLOCCHI} = 2(92 - 95,7)^2 + (96 - 95,7)^2 + (96,5 - 95,7)^2 +$$

$$+ (97 - 95,7)^2 + (98,5 - 95,7)^2 + (94 - 95,7)^2 = 53,68$$

$$= \frac{7}{6} = \boxed{1,17}$$

$$F_{\alpha, (n-1), np(r-1)} = F_{5\%, 2, 6} = 5,143$$

→ la temperatura influenza la cottura



② il tempo influenza la cottura?

$$H_0: \mu(\alpha) = \mu(\beta)$$

$$H_a: \mu(\alpha) \neq \mu(\beta)$$

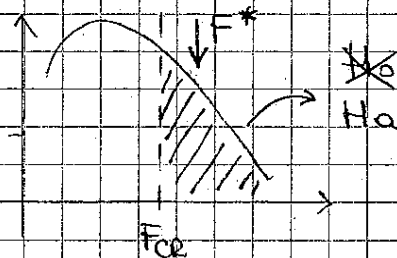
$$F^* = \frac{\text{VAR FATTORE 2}}{\text{VAR Fattore}} = \frac{8,7}{1,17} = 7,44$$

$$\rightarrow \frac{\text{DEV FATTORE 2}}{\text{Gdl}} \rightarrow \text{Gdl} = p - 1 = 1$$

$$\rightarrow \frac{\text{DEV FATTORE 2}}{\text{Gdl}} = \frac{23 \left[(\alpha_2 - \bar{\alpha})^2 + (\beta_2 - \bar{\alpha})^2 \right]}{1} = 8,7$$

$$= \frac{8,7}{1} = \boxed{8,7}$$

$$F_{\alpha, (p-1), np(r-1)} = F_{5\%, 1, 6} = 5,987$$



→ il tempo influenza la cottura

③ temperatura e tempo sono main effects?

④ c'è interazione tra i fattori?

⑤ posso modellizzare l'output?

$$H_0: \mu(\text{temperatura}) = \mu(\text{tempo})$$

$$H_a: \mu(\text{temperatura}) \neq \mu(\text{tempo})$$

$$F^* = \frac{\text{VAR INT 1-2}}{\text{VAR Fattore}} = \frac{14,4}{1,17} = 12,31$$

$$\rightarrow \frac{\text{DEV INT 1-2}}{\text{Gdl}} \rightarrow \text{Gdl} = (n-1)(p-1) = 2$$

$$\rightarrow \frac{\text{DEV INT 1-2}}{\text{Gdl}} = \frac{\text{DEV BLOCCHI} - \text{DEV FATTORE 1} - \text{DEV FATTORE 2}}{2} = 53,68 - 16,18 - 8,7 = 28,8$$

$$= \frac{28,8}{2} = \boxed{14,4}$$

Esercitazione DOE (Design Of Experiments)

Un pool di tecnici sta progettando una nuova pallina da golf con prestazioni migliori rispetto a quelle già in commercio.

Dopo le fasi di pianificazione e sviluppo del prodotto si è giunti in laboratorio alla realizzazione di un prototipo. Quest'ultimo è stato validato. I parametri prestazionali sono stati quindi verificati nelle peggiori condizioni di esercizio utilizzando la tecnica del test delle ipotesi.

Il team di progetto è ora impegnato nella fase di pianificazione del processo di produzione. Allo studio c'è il grado di precisione dei *dimple* (le fossette generatrici di portanza della pallina da golf) in termini di forma, sbavature e rugosità superficiale. L'intento è quello di trovare quali variabili controllabili del processo (tempi di lavorazione, pressione, velocità tangenziale di lavorazione, umidità, ecc.) influenzano il grado di precisione dei *dimple* e quali di questi siano definibili *main effects*. I *main effects* sono quelle variabili che non hanno un elevato grado di interazione tra loro e che, quindi, sono oggetto di sistemi di regolazione per tenere sotto controllo il processo.

Le variabili sotto esame sono temperatura e pressione. Utilizzando l'impianto pilota del laboratorio vengono condotti alcuni esperimenti al fine di studiare questi due fattori. Il team di progetto è convinto che la relazione tra le due variabili e il grado di precisione dei *dimple* sia non lineare. Procedo quindi con l'individuazione di un *range* di variazione delle variabili con tre punti di verifica.

L'esperimento è condotto con il fattore temperatura variabile su tre livelli: 100, 105 e 110 °C. Anche il fattore pressione è fatto variare su tre livelli: 4, 5 e 6 bar. Vengono realizzati tre esemplari per ogni combinazione delle variabili e di questi vengono analizzate le caratteristiche qualitative dei *dimple* secondo una metrica di valutazione di conformità alle specifiche da 0 a 100.

La seguente tabella riporta i risultati dell'esperimento

		Temperatura [°C]		
		100	105	110
Pressione [bar]	4	88, 89, 93	90, 95, 92	96, 98, 98
	5	98, 96, 94	96, 97, 98	96, 96, 97
	6	92, 90, 92	97, 92, 94	96, 98, 97

Il team di lavoro ha avuto l'incarico di verificare se:

- *entrambi i fattori influenzano;*
- *c'è interazione tra i due fattori;*
- *qual è la regolazione ottima dei due fattori.*

Il team ha valutato di assumere un livello di rischio pari all'1%. Livelli di rischio maggiori dovranno essere validati in sede Design Review.

DISTRIBUZIONE DELLA F DI FISHER

P = 0,05

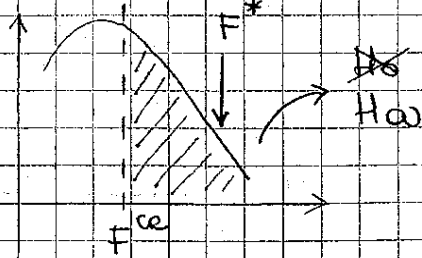
GRADI DI LIBERTÀ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	25	30	40	50	100
1	161,446	194,439	215,707	224,583	230,160	233,988	236,767	238,884	240,540	241,882	243,905	245,363	246,486	247,384	248,016	249,250	250,096	251,144	251,774	252,043
2	16,510	19,000	19,164	19,247	19,296	19,329	19,353	19,371	19,385	19,395	19,412	19,424	19,433	19,440	19,446	19,456	19,463	19,471	19,476	19,480
3	10,128	12,532	12,777	12,917	13,013	13,081	13,137	13,184	13,223	13,255	13,282	13,305	13,324	13,340	13,353	13,363	13,371	13,378	13,384	13,388
4	7,708	9,944	10,191	10,306	10,388	10,450	10,504	10,551	10,591	10,625	10,654	10,679	10,700	10,718	10,733	10,745	10,754	10,761	10,767	10,771
5	6,608	8,708	8,959	9,061	9,136	9,194	9,247	9,294	9,334	9,368	9,397	9,422	9,443	9,461	9,476	9,487	9,496	9,503	9,508	9,512
6	5,987	8,047	8,299	8,398	8,468	8,521	8,569	8,613	8,652	8,686	8,715	8,740	8,761	8,778	8,792	8,801	8,809	8,815	8,820	8,823
7	5,591	7,631	7,884	7,980	8,046	8,097	8,143	8,185	8,223	8,257	8,286	8,311	8,332	8,350	8,365	8,374	8,381	8,386	8,390	8,392
8	5,318	7,348	7,602	7,695	7,758	7,807	7,851	7,891	7,928	7,961	7,986	8,008	8,026	8,041	8,053	8,061	8,067	8,071	8,073	8,075
9	5,117	7,137	7,392	7,483	7,544	7,591	7,633	7,671	7,707	7,739	7,765	7,787	7,806	7,821	7,833	7,840	7,845	7,848	7,850	7,851
10	4,965	6,975	7,231	7,320	7,379	7,424	7,464	7,500	7,534	7,565	7,591	7,613	7,632	7,648	7,661	7,668	7,672	7,674	7,675	7,676
11	4,844	6,854	7,110	7,198	7,256	7,300	7,339	7,374	7,406	7,435	7,460	7,481	7,500	7,516	7,529	7,536	7,540	7,542	7,543	7,544
12	4,747	6,757	7,013	7,100	7,157	7,200	7,238	7,271	7,302	7,329	7,352	7,372	7,389	7,404	7,417	7,423	7,426	7,428	7,429	7,429
13	4,667	6,677	6,933	7,019	7,075	7,117	7,154	7,186	7,216	7,242	7,264	7,283	7,299	7,313	7,325	7,330	7,333	7,334	7,335	7,335
14	4,600	6,610	6,866	6,951	6,999	7,040	7,076	7,107	7,136	7,161	7,181	7,198	7,213	7,225	7,236	7,240	7,242	7,243	7,243	7,243
15	4,543	6,553	6,809	6,893	6,940	6,980	7,015	7,045	7,073	7,097	7,116	7,131	7,144	7,155	7,165	7,168	7,170	7,171	7,171	7,171
16	4,494	6,504	6,760	6,844	6,890	6,930	6,964	6,993	7,020	7,043	7,061	7,076	7,088	7,100	7,110	7,113	7,114	7,114	7,114	7,114
17	4,451	6,461	6,717	6,801	6,846	6,885	6,919	6,947	6,972	6,994	7,011	7,026	7,038	7,049	7,059	7,061	7,062	7,062	7,062	7,062
18	4,414	6,424	6,680	6,764	6,809	6,848	6,881	6,908	6,932	6,953	6,970	6,985	6,997	7,008	7,018	7,020	7,020	7,020	7,020	7,020
19	4,381	6,391	6,647	6,731	6,776	6,815	6,848	6,875	6,899	6,920	6,936	6,950	6,961	6,971	6,980	6,982	6,982	6,982	6,982	6,982
20	4,351	6,361	6,617	6,701	6,746	6,785	6,818	6,845	6,868	6,888	6,904	6,918	6,929	6,939	6,948	6,949	6,949	6,949	6,949	6,949
22	4,301	6,311	6,567	6,651	6,696	6,735	6,768	6,795	6,818	6,837	6,852	6,865	6,876	6,886	6,895	6,896	6,896	6,896	6,896	6,896
24	4,260	6,270	6,526	6,610	6,655	6,694	6,727	6,754	6,777	6,796	6,811	6,824	6,835	6,845	6,854	6,855	6,855	6,855	6,855	6,855
26	4,225	6,235	6,491	6,575	6,620	6,659	6,692	6,719	6,742	6,761	6,776	6,788	6,799	6,809	6,818	6,819	6,819	6,819	6,819	6,819
28	4,196	6,206	6,462	6,546	6,591	6,630	6,663	6,690	6,713	6,732	6,747	6,759	6,770	6,780	6,789	6,790	6,790	6,790	6,790	6,790
30	4,171	6,181	6,437	6,521	6,566	6,605	6,638	6,665	6,688	6,707	6,722	6,734	6,745	6,755	6,764	6,765	6,765	6,765	6,765	6,765
40	4,085	6,095	6,351	6,435	6,480	6,519	6,552	6,579	6,602	6,621	6,636	6,648	6,659	6,669	6,678	6,679	6,679	6,679	6,679	6,679
50	4,054	6,064	6,320	6,404	6,449	6,488	6,521	6,548	6,571	6,590	6,605	6,617	6,628	6,638	6,647	6,648	6,648	6,648	6,648	6,648
100	3,996	6,006	6,262	6,346	6,391	6,430	6,463	6,490	6,513	6,532	6,547	6,559	6,569	6,578	6,587	6,588	6,588	6,588	6,588	6,588
150	3,964	5,974	6,230	6,314	6,359	6,398	6,431	6,458	6,481	6,500	6,515	6,527	6,537	6,546	6,554	6,555	6,555	6,555	6,555	6,555
200	3,958	5,968	6,224	6,308	6,353	6,392	6,425	6,452	6,475	6,494	6,509	6,521	6,531	6,540	6,548	6,549	6,549	6,549	6,549	6,549
400	3,955	5,965	6,221	6,305	6,350	6,389	6,422	6,449	6,472	6,491	6,506	6,518	6,528	6,537	6,545	6,546	6,546	6,546	6,546	6,546

DISTRIBUZIONE DELLA F DI FISHER

P = 0,01

GRADI DI LIBERTÀ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	25	30	40	50	100
1	4052,185	4999,340	5403,534	5624,257	5761,835	5858,550	5928,334	5980,854	6022,397	6055,182	6106,602	6149,004	6179,012	6191,432	6204,662	6219,951	6230,330	6246,427	6262,260	6277,825
2	98,302	99,000	99,164	99,251	99,282	99,301	99,317	99,330	99,340	99,347	99,354	99,359	99,363	99,366	99,368	99,370	99,371	99,372	99,373	99,374
3	34,116	30,816	29,457	28,710	28,237	27,911	27,671	27,488	27,345	27,228	27,132	27,054	26,988	26,931	26,880	26,834	26,792	26,753	26,716	26,681
4	21,198	18,000	16,644	15,977	15,528	15,207	14,971	14,799	14,658	14,546	14,457	14,389	14,331	14,280	14,234	14,191	14,150	14,111	14,073	14,036
5	16,258	12,274	12,040	11,392	10,957	10,672	10,456	10,289	10,158	10,051	9,968	9,900	9,842	9,791	9,745	9,701	9,659	9,618	9,578	9,538
6	12,745	10,925	9,740	9,148	8,746	8,466	8,280	8,102	7,974	7,874	7,791	7,723	7,665	7,614	7,567	7,522	7,478	7,435	7,392	7,350
7	12,246	9,547	8,451	7,847	7,440	7,191	6,993	6,840	6,719	6,620	6,549	6,489	6,437	6,391	6,346	6,301	6,257	6,213	6,170	6,127
8	11,259	8,649	7,591	7,004	6,602	6,371	6,174	6,029	5,911	5,814	5,749	5,695	5,642	5,597	5,552	5,507	5,462	5,418	5,374	5,330
9	10,562	8,022	6,982	6,422	6,037	5,802	5,610	5,467	5,351	5,257	5,191	5,137	5,083	5,038	4,993	4,948	4,903	4,858	4,813	4,768
10	10,044	7,559	6,532	5,994	5,616	5,385	5,200	5,057	4,942	4,848	4,782	4,728	4,674	4,629	4,584	4,539	4,494	4,449	4,404	4,359
11	9,846	7,360	6,347	5,816	5,444	5,215	5,030	4,887	4,772	4,678	4,612	4,558	4,504	4,459	4,414	4,369	4,324	4,279	4,234	4,189
12	9,730	7,244	6,231	5,700	5,328	5,099	4,914	4,771	4,656	4,562	4,496	4,442	4,388	4,343	4,298	4,253	4,208	4,163	4,118	4,073
13	9,674	7,188	6,175	5,644	5,272	5,043	4,858	4,715	4,600	4,506	4,440	4,386	4,332	4,287	4,242	4,197	4,152	4,107	4,062	4,017
14	9,628	7,142	6,129	5,598	5,226	4,997	4,812	4,669	4,554	4,460	4,394	4,340	4,286	4,241	4,196	4,151	4,106	4,061	4,016	3,971
15	9,583	7,097	6,084	5,553	5,181	4,952	4,767	4,624	4,509	4,415	4,349	4,295	4,241	4,196	4,151	4,106	4,061	4,016	3,971	3,926
16	9,538	7,052	6,039	5,508	5,136	4,907	4,722	4,579	4,464	4,370	4,304	4,250	4,196	4,151	4,106	4,061	4,016	3,971	3,926	3,881
17	9,493	7,007	5,994	5,463	5,091	4,862	4,677	4,534	4,419	4,325	4,259	4,205	4,151	4,106	4,061	4,016	3,971	3,926	3,881	3,836
18	9,448	6,962	5,949	5,418	5,046	4,817	4,632	4,489	4,374	4,280	4,214	4,160	4,106	4,061	4,016	3,971	3,926	3,881	3,836	3,791
19	9,403	6,917																		

$$F_{\alpha, (n-1)(p-1), np(r-1)} = F_{5\%, 2, 6} = 5,143$$



ESERCITAZIONE DOE

		TEMPERATURA							
		A	B	C					
		100°C	105°C	110°C					
	α	88	89	90	95	96	98	$\bar{\alpha}_2$	$n = 3$
PRESSIONE	4 bar	90	93	92,33	92	97,33	98	93,22	$p = 3$
	β	98	96	96	97	96	96	$\bar{\beta}_2$	$r = 3$
	5 bar	96	94	97	98	96,33	97	96,44	$\alpha = 1\%$
	γ	92	90	97	92	96	98	$\bar{\gamma}_2$	
	6 bar	91,33	92	94,33	94	97	97	94,22	
		\bar{A}_1		\bar{B}_1		\bar{C}_1			
		92,44		94,55		96,88			

$$\bar{x} = \frac{93,22 + 96,44 + 94,22 + 92,44 + 94,55 + 96,88}{6} = 94,62$$

1) la temperatura influenza la precisione dei dimple?

$$H_0: \mu(A) = \mu(B) = \mu(C)$$

$$H_a: \mu(A) \neq \mu(B) \neq \mu(C)$$

$$F^* = \frac{\text{VAR Fattore 1}}{\text{VAR errore}} = \frac{44,39}{3,18} = 13,96$$

$$\rightarrow \frac{\text{DEV Fattore 1}}{Gdl} \rightarrow Gdl = n-1 = 2$$

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{DEV Fattore 1} &= np \left[(A_1 - \bar{x})^2 + (B_1 - \bar{x})^2 + (C_1 - \bar{x})^2 \right] = \\ &= 3 \cdot 3 \left[(92,44 - 94,62)^2 + (94,55 - 94,62)^2 + (96,88 - 94,62)^2 \right] = \\ &= 88,78 \\ &= \frac{88,78}{2} = 44,39 \end{aligned}$$

$$\rightarrow \frac{\text{DEV errore}}{\text{Gdl}}$$

$$\rightarrow \text{Gdl} = np(r-1) = 3 \cdot 3 \cdot 2 = \underline{18}$$

$$\rightarrow \text{DEV errore} = \text{DEV TOTALE} - \text{DEV BLOCCHI} = 240,3 - 182,99 = 57,31$$

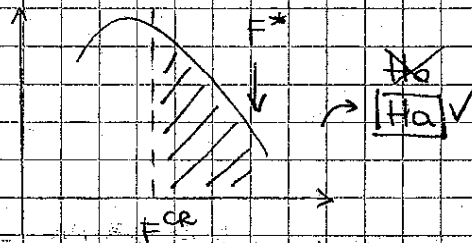
$$\rightarrow \text{DEV TOTALE} = (68 - 94,62)^2 + (89 - 94,62)^2 + 2(90 - 94,62)^2 + (93 - 94,62)^2 + (95 - 94,62)^2 + 4(92 - 94,62)^2 + 6(96 - 94,62)^2 + 5(98 - 94,62)^2 + 2(94 - 94,62)^2 + 4(97 - 94,62)^2 = \underline{240,3}$$

$$\rightarrow \text{DEV BLOCCHI} = 3 \left[(90 - 94,62)^2 + (92,33 - 94,62)^2 + (97,33 - 94,62)^2 + (96 - 94,62)^2 + 2(97 - 94,62)^2 + (96,33 - 94,62)^2 + (91,33 - 94,62)^2 + (94,33 - 94,62)^2 \right] = \underline{182,99}$$

$$= \frac{57,31}{18} = \underline{3,18}$$

$$F_{\alpha, (n-1), np(r-1)}^{cr} = F_{1, 2, 18}^{cr} = 6,013$$

→ la temperatura influenza la precisione dei dimple



la pressione influenza la precisione dei dimple?

$$H_0: \mu(\alpha) = \mu(\beta) = \mu(\gamma)$$

$$H_a: \mu(\alpha) \neq \mu(\beta) \neq \mu(\gamma)$$

$$F^* = \frac{\text{VAR Fattore 2}}{\text{VAR ERRORE}} = \frac{24,45}{3,18} = 7,69$$

$$\rightarrow \frac{\text{DEV Fattore 2}}{\text{Gdl}}$$

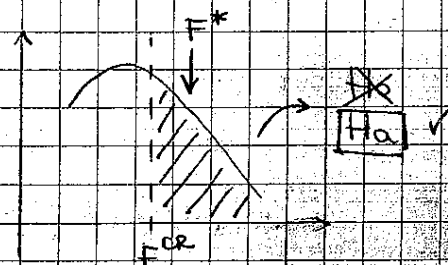
$$\rightarrow \text{Gdl} = p-1 = \underline{2}$$

$$\rightarrow \text{DEV Fattore 2} = rn \left[(\bar{\alpha}_2 - \bar{x})^2 + (\bar{\beta}_2 - \bar{x})^2 + (\bar{\gamma}_2 - \bar{x})^2 \right] = 3 \cdot 3 \left[(93,22 - 94,62)^2 + (96,44 - 94,62)^2 + (94,22 - 94,62)^2 \right] = \underline{48,89}$$

$$= \frac{48,89}{2} = \underline{24,45}$$

$$F_{\alpha, (p-1), np(r-1)}^{cr} = F_{1, 2, 18}^{cr} = 6,013$$

→ la pressione influenza la precisione dei dimple



③ temperatura e pressione sono main effects?

④ c'è interazione tra i fattori?

⑤ posso modellizzare l'output?

$$H_0: \mu(\text{temperatura}) = \mu(\text{pressione})$$

$$H_a: \mu(\text{temperatura}) \neq \mu(\text{pressione})$$

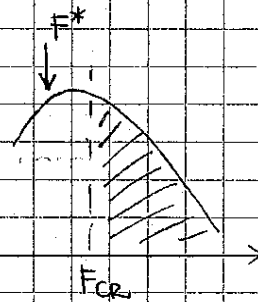
$$F^* = \frac{\text{VAR}_{\text{int 1-2}}}{\text{VAR}_{\text{errore}}} = \frac{11,33}{3,18} = 3,56$$

$$\rightarrow \frac{\text{DEV}_{\text{int 1-2}}}{\text{Gdl}} \rightarrow \text{Gdl} = (n-1)(p-1) = 4$$

$$\rightarrow \frac{\text{DEV}_{\text{int 1-2}} - \text{DEV}_{\text{BLOCCHI}} - \text{DEV}_{\text{fattore 1}} - \text{DEV}_{\text{fattore 2}}}{4} =$$
$$= \frac{182,99 - 88,78 - 48,89}{4} = \frac{45,32}{4} = 11,33$$

$$= \frac{45,32}{4} = 11,33$$

$$F_{\alpha, (n-1)(p-1), np(r-1)}^{cr} = F_{1\%, 4, 18}^{cr} = 4,579$$



→ Non sono main effects, la modellizzazione è complessiva

REGOLAZIONE OTTIMA: 110°C = 5 bar