



Università degli Studi di Udine

ESAMI DI STATO
DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

1[^] SESSIONE – ANNO 2019

SEZIONE A

SETTORE:
INGEGNERIA INDUSTRIALE

PROVA PRATICA

ING/IND

Tema n. 1/A3

Di un impianto turbina a gas di ultima generazione per la produzione di energia elettrica, a ciclo semplice e mono-albero, sono noti i seguenti dati relativi alla condizione di funzionamento nominale:

Potenza utile	$P_u = 519 \text{ MW}$
Rendimento utile	$\eta_u = 42.6 \%$
Velocità di rotazione	$n = 3000 \text{ giri/min}$
Rapporto di compressione	$\beta = 23.8$
Portata di gas combustibili	$\dot{m}_g = 995.6 \text{ kg/s}$
Temperatura gas uscita turbina	$T_u = 909 \text{ K}$

Il compressore assiale aspira aria alle condizioni ambiente $p_a = 101.3 \text{ kPa}$ e $T_a = 288 \text{ K}$, e la turbina assiale scarica i gas combustibili alla pressione p_a . I combustori bruciano un combustibile con potere calorifico inferiore $H_i = 44 \text{ MJ/kg}$.

Assumendo valori plausibili per la perdita di pressione nei combustori e per i rendimenti isentropici e meccanici di compressore e turbina, si richiede di:

- calcolare la temperatura di ammissione dei gas combustibili in turbina, la potenza utile della turbina, la portata in massa di aria che attraversa il compressore e la potenza assorbita dal compressore, verificando il rendimento isentropico assunto per il compressore;
- determinare il numero di stadi del compressore assiale, assumendo valori ottimi per il grado di reazione e il fattore di carico dei singoli stadi, assunti normali;
- calcolare il diametro medio dei palettaggi del compressore, assunto costante attraverso tutta la macchina;
- determinare il numero di stadi della turbina assiale, assumendo per il primo stadio un basso grado di reazione ($R = 0.2$) e valori opportuni per la velocità periferica delle pale della girante al raggio medio, assunto costante per tutti gli stadi, per la componente assiale della velocità del flusso (eventualmente variabile fra gli stadi), e per i gradi di reazione degli stadi successivi al primo;
- calcolare il diametro medio dei palettaggi della turbina, assunto costante attraverso tutta la macchina, e l'altezza delle pale all'ingresso e all'uscita dei distributori e delle giranti di tutti gli stadi;
- effettuare il dimensionamento del primo stadio di turbina, determinando il numero di pale di distributore e girante (si assuma un rapporto fra altezza pala e corda assiale $H/b = 3$) e la geometria 3D delle pale basata sull'applicazione della teoria dell'equilibrio radiale e su un progetto a vortice libero. Produrre disegni in scala delle pale di distributore e girante.

[Handwritten signatures]



Università degli Studi di Udine

ESAMI DI STATO
DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

1[^] SESSIONE – ANNO 2019

SEZIONE A

SETTORE:
INGEGNERIA INDUSTRIALE

PROVA PRATICA

ING/IND

Tema n. 2/A3

Un'azienda intende realizzare un nuovo stabilimento per il riciclaggio di frigoriferi e congelatori e richiede al candidato di predisporre uno studio di fattibilità con due alternative di dimensionamento.

Il processo produttivo è schematicamente rappresentato in figura 1, e prevede:

1. Una sezione di disassemblaggio delle parti recuperabili (cavi, cassette, griglie, compressore) e rimozione dei liquidi. La sezione è costituita da postazioni indipendenti, in cui ogni addetto effettua il ciclo completo di disassemblaggio manuale. Tramite un sistema di rulliere, il semilavorato così ottenuto viene avviato al magazzino semilavorati (SL), posto a terra. Il tempo ciclo medio effettivo è di 15 min/pezzo.
2. Trasporto dei semilavorati, aventi un peso medio di 100 kg, tramite un sistema di paranchi scorrevoli su guide a quota $H1=6\text{m}$ per un tratto orizzontale di lunghezza $L_0=9\text{m}$ e scarico degli stessi all'imbocco del trituratore (shredder), posto a quota $H2=4\text{ m}$ dal pavimento.
3. Triturazione del semilavorato all'interno di ogni shredder e aspirazione della frazione poliuretanic (fluff di PU). Si considerino disponibili sul mercato gli shredder aventi le caratteristiche tecnico economiche riportate in Tabella 1.
La frazione poliuretanic rappresenta il 14% in peso del semilavorato SL. Il granulato che si ottiene ha un diametro medio di 5 mm e un peso specifico assoluto $\gamma_{\text{ass}}= 660\text{ kg/m}^3$. Esso viene rimosso per aspirazione dalla camera dello shredder e trasportato pneumaticamente per un tratto lungo $L_p=62\text{ m}$ fino al ciclone separatore. Quest'ultimo alimenta una linea di pellettizzazione del poliuretano, individuabile tra le alternative tecnico-economiche di Tabella 1.
4. Rimozione del tritato metallico (pezzatura massima 20 mm, peso specifico di mucchio $\gamma_m=960\text{ kg/m}^3$) e trasporto tramite nastro di lunghezza $L_s=25\text{ m}$ a linea di sorting elettromagnetico e formazione pellet metallici, individuabile tra le alternative presentate in Tabella 1.

2019
2019



Università degli Studi di Udine

ESAMI DI STATO
DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

1[^] SESSIONE – ANNO 2019

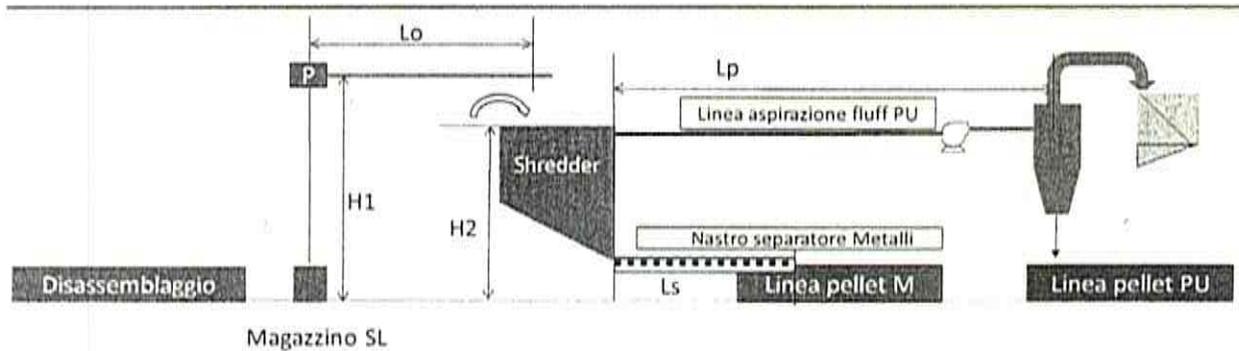


Figura 1 Schema del processo produttivo

Tabella 1 Caratteristiche tecnico-economiche degli impianti di produzione

		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Shredder	Capacità produttiva (pz/h in ingresso)	50	80	100	120
	Costo di impianto €	1400000	2300000	2750000	3150000
	Disponibilità/efficienza	96%	96%	98%	98%
	Energia elettrica assorbita kWh/h	40	65	85	102
Linea pellettizzazione PU	Capacità produttiva (kg/h in ingresso)	800	1200	1500	2000
	Costo di impianto €	800000	1050000	1250000	1360000
	Disponibilità/efficienza	94%	94%	95%	96%
	Energia elettrica assorbita kWh/h	15	18	22	25
Linea pellettizzazione M	Capacità produttiva (kg/h in ingresso)	3000	6000	9000	12000
	Costo di impianto €	750000	1350000	2150000	260000
	Disponibilità/efficienza	97%	97%	98%	99%
	Energia elettrica assorbita kWh/h	35	44	65	80

NB. Le varianti dei diversi tipi di macchinari sono liberamente combinabili tra loro.



Università degli Studi di Udine

ESAMI DI STATO
DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI **INGEGNERE**

1[^] SESSIONE – ANNO 2019

Al candidato si richiede di:

1. Dimensionare il sistema per una capacità produttiva di 125000 pezzi anno nell'ipotesi iniziale di organizzare la produzione su un unico turno di lavoro e 220 giorni/anno, definendo in particolare:
 - a. Numero, portata e classe FEM dei paranchi;
 - b. Tipologia e numero degli shredder e delle linee di pellettizzazione associate;
 - c. Larghezza, velocità e motori associati ai nastri che portano alla linea di sorting e pellettizzazione dei metalli;
 - d. Diametro della linea di aspirazione, portata e prevalenza del ventilatore associato.

Si chiede, inoltre di:

2. Determinare, per il sistema progettato, il costo di produzione unitario, riferito alle unità in ingresso, assumendo che:
 - Il costo annuo di un'unità di personale sia di 38000 €;
 - Il costo di impianto di ogni stazione di disassemblaggio manuale sia di 21000 €;
 - I costi di impianto dei sistemi di trasporto si possano stimare tra il 15% e il 25% dei costi di impianto totali delle linee di produzione servite;
 - Ciascuna linea di pellettizzazione (PU o M) richieda due persone per turno;
 - Il costo dell'energia elettrica sia di 0,16 €/kWh;
 - Al regime operativo previsto le macchine abbiano una vita utile di 15 anni;

e facendo ragionevoli e motivate assunzioni per quanto riguarda eventuali dati non specificamente indicati.

Infine, nell'ipotesi che dopo cinque anni venga richiesto di aumentare la capacità produttiva, portandola a 180000 pezzi/anno, si chiede di:

3. Proporre, per il sistema precedentemente dimensionato, delle modalità operative (ad es. incremento del numero di turni, sfruttamento di eventuali margini di capacità produttiva) con cui raggiungere, se possibile, la nuova capacità produttiva, verificandone la compatibilità con le caratteristiche degli impianti di servizio così come progettati dal candidato e valutando l'impatto delle modifiche proposte sui costi di produzione.


13/04/2019



Università degli Studi di Udine

ESAMI DI STATO
DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

1[^] SESSIONE – ANNO 2019

SEZIONE A

SETTORE:
INGEGNERIA INDUSTRIALE

PROVA PRATICA

ING/IND

Tema n. 3/A3

Un'azienda friulana, produttrice di utensili per macchine forestali, ha individuato grandi possibilità di espansione in Moldonia. Per far fronte alla nuova domanda, sta valutando se espandere il proprio stabilimento in Italia o realizzarne uno in Moldonia.

Il processo produttivo parte dalla lamiera di acciaio, che allo stabilimento italiano costa 3,4 €/kg mentre in Moldonia costerebbe 4,6 €/kg.

La prima lavorazione è il taglio laser secondo tre tipi di sagome (codici A, B, C), seguono l'affilatura e il confezionamento, che richiede 95 gr di accoppiato in polietilene a media densità per kg di lame imballate (costo polietilene: 0,7 €/kg in Italia, 0,9 €/kg in Moldonia).

Mediamente, il peso delle lame finite è di 200 gr/pezzo per il codice A, 300 gr/pezzo per il codice B, 500 gr/pezzo per il codice C. Sul mercato Moldone si è stimato che si possano collocare al massimo 2.000.000 pezzi all'anno di codici A, 800.000 pezzi anno di codici B, 600.000 pezzi anno di codici C.

Il prezzo stimato di vendita sul nuovo mercato è di 1,2 €/pz per i codici A, 2 €/pz per i codici B, 2,75 €/pz per i codici C. I codici vengono prodotti su previsione, con campagne di produzione settimanali. Volendo produrre in Italia, il trasporto del prodotto finito realizzato in Italia fino ai mercati serviti costerebbe 1 €/kg.

Sulla base della propria conoscenza delle macchine attualmente utilizzate nello stabilimento friulano esistente, l'azienda ha elaborato la tabella di dati tecnico economici più sotto riportata. Per ogni fase produttiva principale sono state individuate due varianti di macchinari disponibili sul mercato. Per alcuni parametri sono state fatte stime cautelative per la Moldonia sulla base dei valori registrati nello stabilimento italiano. Per entrambe le alternative, il capitale necessario sarebbe reperibile a un tasso di interesse del 9%, con un orizzonte temporale dell'investimento di 6 anni.

Il costo di tutti i macchinari in Moldonia va maggiorato del 5% per tener conto dei costi di trasporto e installazione in loco.

Il costo di costruzione del fabbricato in Moldonia sarebbe di 180.000 €. In Italia verrebbero utilizzati immobili idonei già di proprietà dell'azienda i cui costi sono già ammortizzati.

Si chiede al candidato:

1. Di schematizzare il processo produttivo.

Marco
BORDO



Università degli Studi di Udine

ESAMI DI STATO
DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

1[^] SESSIONE – ANNO 2019

SEZIONE A

SETTORE:
INGEGNERIA INDUSTRIALE

PROVA PRATICA

ING/IND
Tema n. 4/A3

Il Candidato rappresenti la rete distributiva di un produttore di vino, ipotizzando che comprenda almeno 11 punti vendita periferici (enoteche e supermercati), 4 centri di distribuzione e un sito di imbottigliamento. Supponga, inoltre, che tutti i punti vendita si riforniscano da almeno 2 centri di distribuzione e che ogni centro di distribuzione rifornisca almeno 3 punti vendita. Ipotizzando che tra gli 11 punti vendita ci siano almeno 3 enoteche, il Candidato tenga conto che, mentre i supermercati e i centri di distribuzione acquistano il prodotto a casse di 6 bottiglie, per le enoteche la vendita è a singole bottiglie. Per semplicità, si supponga che il produttore in oggetto produca e distribuisca un solo tipo di prodotto.

Dopo aver ipotizzato i fabbisogni lordi mensili di bottiglie per i singoli punti vendita per i prossimi 12 mesi, il Candidato calcoli il DRP (Distribution Requirements Planning) per tutti gli attori della rete di distribuzione decidendo i valori dei parametri di calcolo del DRP (es. tempi di consegna, lead time di sicurezza, scorte iniziali, ordini aperti, scorte di sicurezza, dimensione dei lotti, politiche di riordino, costo di preparazione dell'ordine, valore unitario della merce, tasso di interesse, ecc.). Si assicuri, in tale calcolo, di utilizzare almeno una volta le seguenti politiche di riordino:

1. riordino su fabbisogno con lead time di sicurezza;
2. riordino con POQ o periodo di copertura fisso;
3. riordino con POQ o periodo di copertura fisso con scorta di sicurezza e lead time di sicurezza;
4. riordino a lotti multipli con scorta di sicurezza e lead time di sicurezza;
5. riordino a lotti multipli del lotto economico (da calcolare) con scorta di sicurezza e lead time di sicurezza.

Marco Bona



Università degli Studi di Udine

ESAMI DI STATO
DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

1[^] SESSIONE – ANNO 2019

SEZIONE A

SETTORE:
INGEGNERIA DELL' INFORMAZIONE

PROVA PRATICA

ING/INF

Tema n. 1/A3

Il candidato consideri lo sviluppo di un sistema di comunicazione di tipo "LiFi" per la gestione di un grande magazzino. Il sistema "LiFi" è una tecnica di comunicazione che utilizza la luce emessa da lampade a LED per comunicare tra i dispositivi. L'obiettivo è la realizzazione di un sistema che permetta di individuare un operatore dotato di un dispositivo ricevente all'interno del magazzino per inviargli delle istruzioni in modo da ottimizzare la gestione. Si consideri per la localizzazione che ogni operatore possa essere illuminato solo esclusivamente da una lampada per ogni posizione. Il candidato consideri la comunicazione di tipo monodirezionale dalla lampada connessa alla rete elettrica al dispositivo di ricezione. Il candidato sviluppi i seguenti punti per la realizzazione dell'intero sistema:

- Si progetti il sistema di ricezione del segnale ottico sapendo che l'illuminazione media del magazzino è di 900mW/m^2 utilizzando un fotodiodo caratterizzato da i seguenti valori: Area= 5 mm^2 , capacità di giunzione pari a 1 nF , "Radiometric sensitivity" pari a 0.3 A/W (rapporto tra la corrente di cortocircuito e la potenza ottica incidente) alla lunghezza d'onda visibile e un equivalente rumore in ingresso di $10^{-14}\text{ W/ Hz}^{1/2}$ (rispetto alla potenza ottica entrante).
- Si progetti il sistema di trasmissione sapendo che le lampade sono connessa alla rete elettrica monofase e sono realizzate con diodi LED aventi una caduta di 3 V e una corrente di 1.5 A connessi in stringhe costituite da 4 led in serie.
- Si indentifichi una tecnica di modulazione adatta a questo tipo di applicazione.
- Si discuta lo sviluppo del sistema di ricezione considerando che le informazioni possano essere visualizzate su un piccolo monitor del dispositivo di ricezione
- Si discuta lo sviluppo dell'intera architettura considerando anche la modalità di connessione delle lampade al sistema informatico


Antonio Basso



Università degli Studi di Udine

ESAMI DI STATO
DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

1[^] SESSIONE – ANNO 2019

SEZIONE A

SETTORE:
INGEGNERIA DELL' INFORMAZIONE

PROVA PRATICA

ING/INF

Tema n. 2/A3

Il Candidato rappresenti la rete distributiva di un produttore di vino, ipotizzando che comprenda almeno 11 punti vendita periferici (enoteche e supermercati), 4 centri di distribuzione e un sito di imbottigliamento. Supponga, inoltre, che tutti i punti vendita si riforniscano da almeno 2 centri di distribuzione e che ogni centro di distribuzione rifornisca almeno 3 punti vendita. Ipotizzando che tra gli 11 punti vendita ci siano almeno 3 enoteche, il Candidato tenga conto che, mentre i supermercati e i centri di distribuzione acquistano il prodotto a casse di 6 bottiglie, per le enoteche la vendita è a singole bottiglie. Per semplicità, si supponga che il produttore in oggetto produca e distribuisca un solo tipo di prodotto.

Dopo aver ipotizzato i fabbisogni lordi mensili di bottiglie per i singoli punti vendita per i prossimi 12 mesi, il Candidato calcoli il DRP (Distribution Requirements Planning) per tutti gli attori della rete di distribuzione decidendo i valori dei parametri di calcolo del DRP (es. tempi di consegna, lead time di sicurezza, scorte iniziali, ordini aperti, scorte di sicurezza, dimensione dei lotti, politiche di riordino, costo di preparazione dell'ordine, valore unitario della merce, tasso di interesse, ecc.). Si assicuri, in tale calcolo, di utilizzare almeno una volta le seguenti politiche di riordino:

1. riordino su fabbisogno con lead time di sicurezza;
2. riordino con POQ o periodo di copertura fisso;
3. riordino con POQ o periodo di copertura fisso con scorta di sicurezza e lead time di sicurezza;
4. riordino a lotti multipli con scorta di sicurezza e lead time di sicurezza;
5. riordino a lotti multipli del lotto economico (da calcolare) con scorta di sicurezza e lead time di sicurezza.

Roberto Geronzi
16/01/2019



Università degli Studi di Udine

ESAMI DI STATO
DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

1[^] SESSIONE – ANNO 2019

SEZIONE A

SETTORE:
INGEGNERIA DELL' INFORMAZIONE

PROVA PRATICA

ING/INF

Tema n. 3/A3

Un'azienda friulana, produttrice di utensili per macchine forestali, ha individuato grandi possibilità di espansione in Moldonia. Per far fronte alla nuova domanda, sta valutando se espandere il proprio stabilimento in Italia o realizzarne uno in Moldonia.

Il processo produttivo parte dalla lamiera di acciaio, che allo stabilimento italiano costa 3,4 €/kg mentre in Moldonia costerebbe 4,6 €/kg.

La prima lavorazione è il taglio laser secondo tre tipi di sagome (codici A, B, C), seguono l'affilatura e il confezionamento, che richiede 95 gr di accoppiato in polietilene a media densità per kg di lame imballate (costo polietilene: 0,7 €/kg in Italia, 0,9 €/kg in Moldonia).

Mediamente, il peso delle lame finite è di 200 gr/pezzo per il codice A, 300 gr/pezzo per il codice B, 500 gr/pezzo per il codice C. Sul mercato Moldone si è stimato che si possano collocare al massimo 2.000.000 pezzi all'anno di codici A, 800.000 pezzi anno di codici B, 600.000 pezzi anno di codici C.

Il prezzo stimato di vendita sul nuovo mercato è di 1,2 €/pz per i codici A, 2 €/pz per i codici B, 2,75 €/pz per i codici C. I codici vengono prodotti su previsione, con campagne di produzione settimanali. Volendo produrre in Italia, il trasporto del prodotto finito realizzato in Italia fino ai mercati serviti costerebbe 1 €/kg. Sulla base della propria conoscenza delle macchine attualmente utilizzate nello stabilimento friulano esistente, l'azienda ha elaborato la tabella di dati tecnico economici più sotto riportata. Per alcuni parametri sono state fatte stime cautelative per la Moldonia sulla base dei valori registrati nello stabilimento italiano. Per entrambe le alternative, il capitale necessario sarebbe reperibile a un tasso di interesse del 9%, con un orizzonte temporale dell'investimento di 6 anni. Il costo di tutti i macchinari in Moldonia va maggiorato del 5% per tener conto dei costi di trasporto e installazione in loco. Il costo di costruzione del fabbricato in Moldonia sarebbe di 180.000 €. In Italia verrebbero utilizzati immobili idonei già di proprietà dell'azienda i cui costi sono già ammortizzati.

Si chiede al candidato:

1. Di schematizzare il processo produttivo.



Marco Basso



Università degli Studi di Udine

ESAMI DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

1[^] SESSIONE – ANNO 2019

- Di proporre un layout per uno stabilimento in Italia (IT) e per uno in Moldonia (M), dimensionati entrambi per gli stessi volumi produttivi annui, provvedendo ad organizzare opportunamente la produzione in linea o per reparti, a scegliere e disporre i macchinari secondo procedure e criteri razionali, tenendo in considerazione:
 - il costo locale dei fattori produttivi;
 - la possibilità di organizzare la produzione anche su due o tre turni;
 - l'opportunità di soddisfare anche solo parzialmente, in termini di volumi o di mix, la domanda del mercato moldone.
- Di quantificare l'effetto dei diversi fattori di perdita di capacità produttiva nei due stabilimenti.
- Di stimare i costi di produzione per le due alternative, tenendo conto dei costi delle utilities (energia elettrica, disponibile in Italia al costo di 0,12 €/kWh, in Moldonia a 0,08 €/kWh) e del personale (38.000 €/anno in Italia, 16.000 €/anno in Moldonia). Per le affilatrici e le imballatrici è necessaria la presenza di un addetto per macchina per turno, mentre per quanto riguarda il taglio laser un addetto può seguire una o due macchine. Scarti e sfridi possono essere collocati sul mercato del rottame a 270 €/t in Italia, a 190 €/t in Moldonia.
- Di concludere il confronto valutando la convenienza delle alternative proposte rispetto ai prezzi di mercato, individuando i limiti per la fattibilità della nuova iniziativa.

Nell'affrontare il caso, si esplicitino i criteri impiegati per la valutazione della migliore soluzione tra quelle suggerite, si facciano ipotesi sui dati mancanti e, se si ritiene opportuno, si ipotizzino soluzioni alternative rispetto a quelle proposte dal testo.

Tipologia	Taglio laser		Affilatura		Confezionamento	
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 1	Tipo 2
Costo macchina [€]	280000	410000	60000	85000	370000	520000
Tempo di lavorazione pezzo A [pz./min]	30	40	15	20	40	60
Tempo di lavorazione pezzo B [pz./min]	30	40	18	21	40	60
Tempo di lavorazione pezzo C [pz./min]	30	40	10	12	40	60
Tempo cambio ordine	35	15	40	30	10	25
Sfridi [%]	9	12	0	0	0	0
Scarti Italia [%]	4	3	2	1	0,2	0,1
Scarti Moldonia [%]	6	5	3	2	0,5	0,2
Disponibilità Italia [%]	0,96	0,93	0,88	0,95	0,95	0,97
Disponibilità Moldonia [%]	0,9	0,88	0,85	0,9	0,9	0,92
Personale richiesto [n persone/macchina]	0,5	0,5	1	1	1	1
Potenza elettrica per macchina [kWel]	50	50	16	18	12	18