

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Chimica e dei Materiali

***Relazione per la prova finale
«Caratteristiche e prestazioni di membrane
ceramiche e polimeriche utilizzate nella
microfiltrazione tangenziale del vino»***

Tutor universitario: Prof. Martina Roso

Laureando: *Raffaele Coppola*

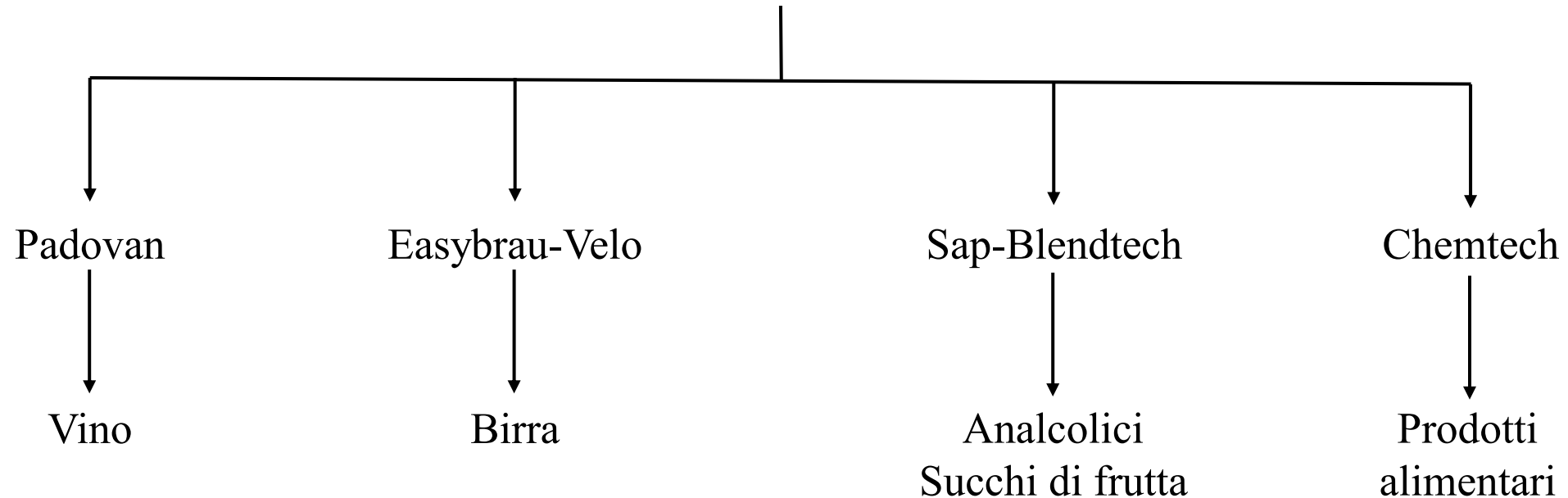
Padova, 10/11/2023

L'attività di tirocinio è stata svolta presso **TMCI Padovan S.p.a.** azienda nata nel 1919, che si occupa della produzione di macchinari ed impianti di processo nei settori del **beverage e dell'industria alimentare.**



TMCI PADOVAN
Food & Beverage Technologies

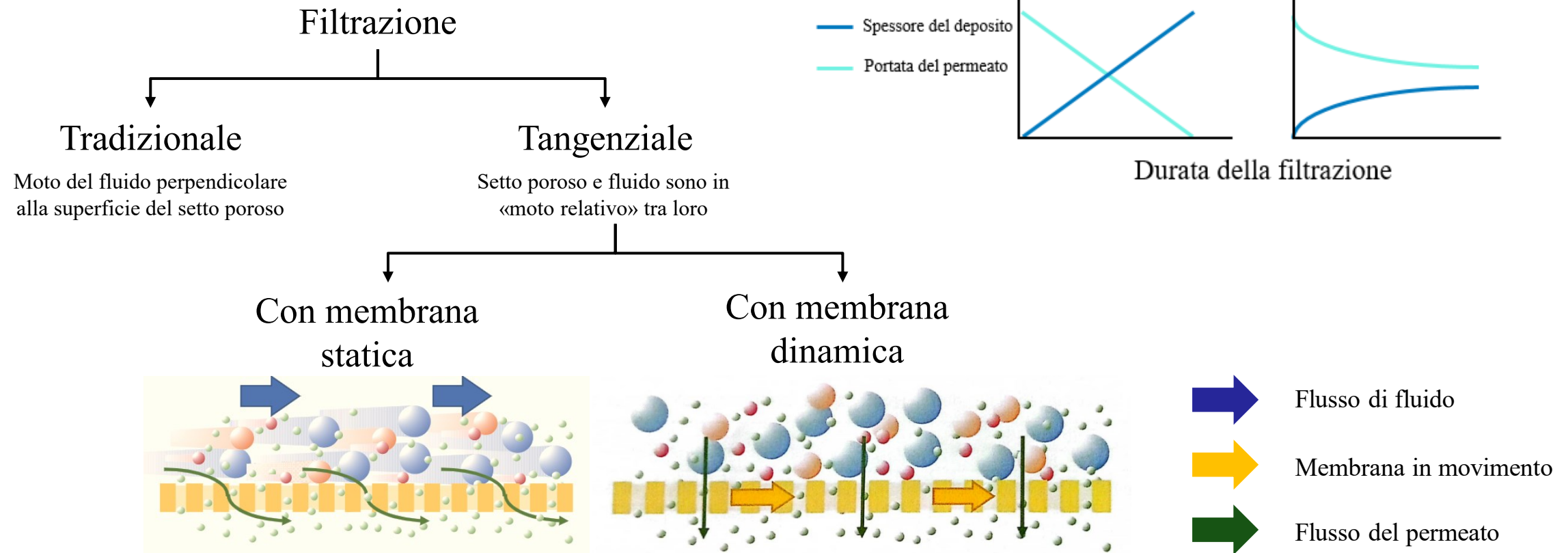
L'azienda presenta quattro divisioni



Il lavoro è stato suddiviso in due parti:

1. Test preliminari delle membrane:
 - Ricavare sperimentalmente il fattore d'attrito per le membrane testate
 - Confrontare le perdite di carico delle diverse membrane
2. Test di filtrazione con vino rosso:
 - Confrontare le prestazioni delle diverse membrane
 - Confrontare le analisi del vino filtrato

Filtrazione: separazione di due o più componenti da un flusso di fluido, basato sulla differenza di dimensioni dei vari componenti

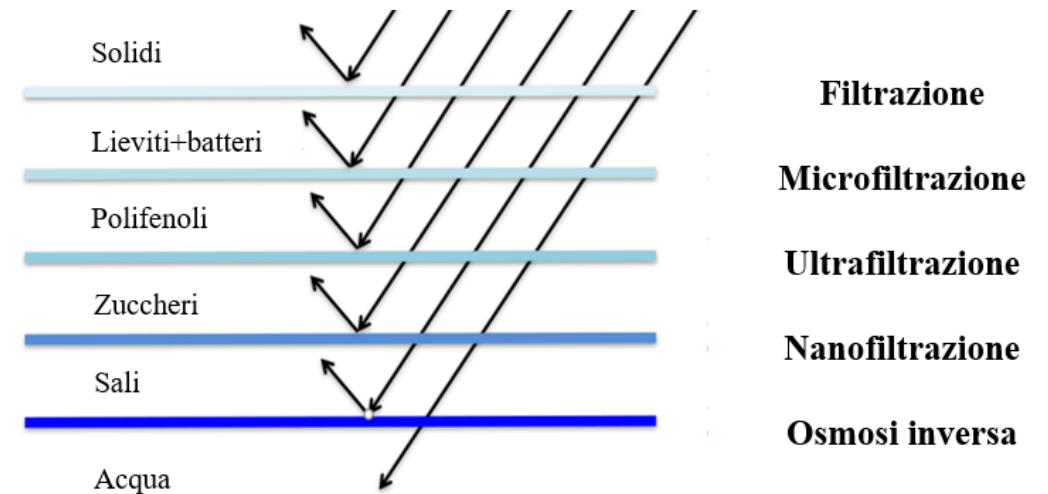


Processi a membrana: sottocategoria dei processi di filtrazione, che prevedono l'uso di una membrana semipermeabile come setto poroso

Tali processi vengono suddivisi in base a ciò che viene trattenuto dalla membrana

I principali materiali usati per le membrane sono:

- **Polimeri:** utilizzabili in tutti i processi di filtrazione
- **Ceramici:** usati per micro e ultrafiltrazione, range di temperature e pressioni maggiori



- Sono state testate quattro membrane: due ceramiche (A, B) e due polimeriche (in PP e PES)
- I test sono stati svolti alle temperature di 30, 40 e 50°C
- I test sono stati svolti usando acqua, e poi due soluzioni di acqua e zucchero rispettivamente al 10 e al 20% in peso

Membrana	Numero capillari (-)	Diametro capillare (mm)	Lunghezza modulo (mm)	Sezione di flusso (m ²)
A	163	2,0	800	0,000512
B	208	1,5	800	0,000367
PP	68	1,8	600	0,000173
PES	90	1,5	600	0,000159

T (°C)	Densità acqua (kg/m ³)	Viscosità acqua (Pa s)	Densità soluz. 1 al 10% in peso (kg/m ³)	Viscosità soluz. 1 al 10 % in peso (Pa s)	Densità soluz. 2 al 20% in peso (kg/m ³)	Viscosità soluz. 2 al 20 % in peso (Pa s)
30	994,4	0,00085	1031,2	0,00117	1071,2	0,00159
40	991,1	0,00078	1027,4	0,00103	1068,7	0,00130
50	988,2	0,00067	1024,5	0,00081	1064,6	0,00108



Macchinario per le membrane
ceramiche



Macchinario per le membrane
polimeriche

Poiché i moduli delle membrane ceramiche e polimeriche testate differivano sia come dimensione del modulo che per lunghezza, i macchinari sono usati sono diversi, e sono stati fatti i seguenti accorgimenti per poter poi confrontare i risultati ottenuti:

1. I grafici tracciati mostrano l'andamento delle perdite di carico al variare della velocità del fluido, e non della portata.

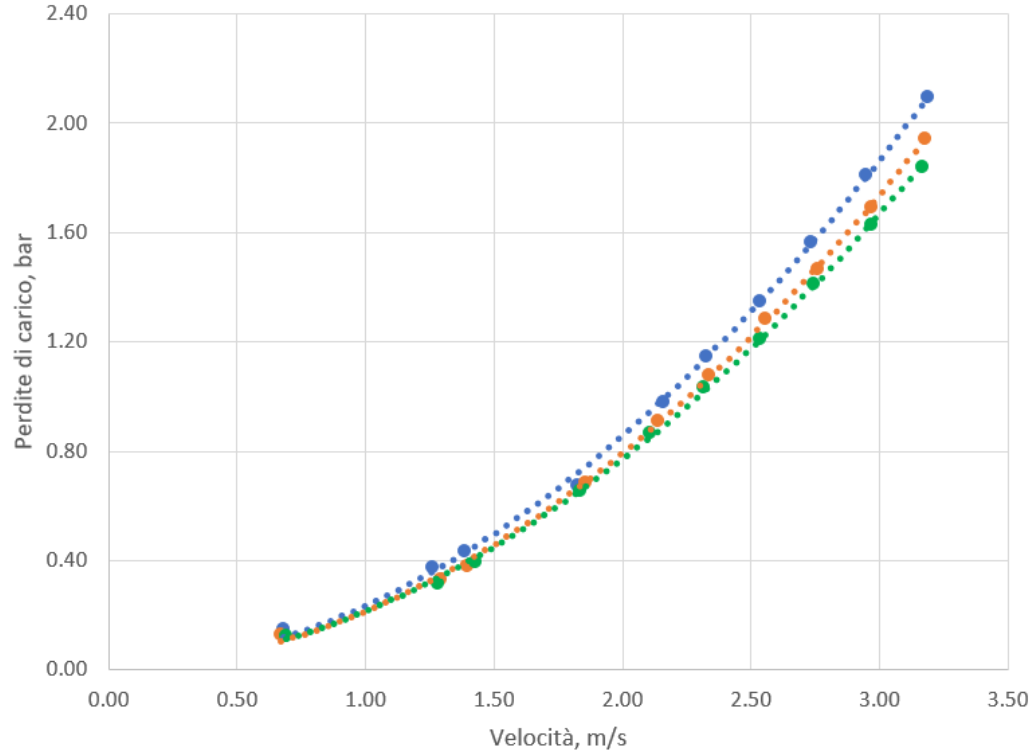
$$u_i = \frac{Q}{A_i}$$

2. Le perdite di carico sono state ricalcolate per una lunghezza di un metro, partendo dall'equazione di Fanning.

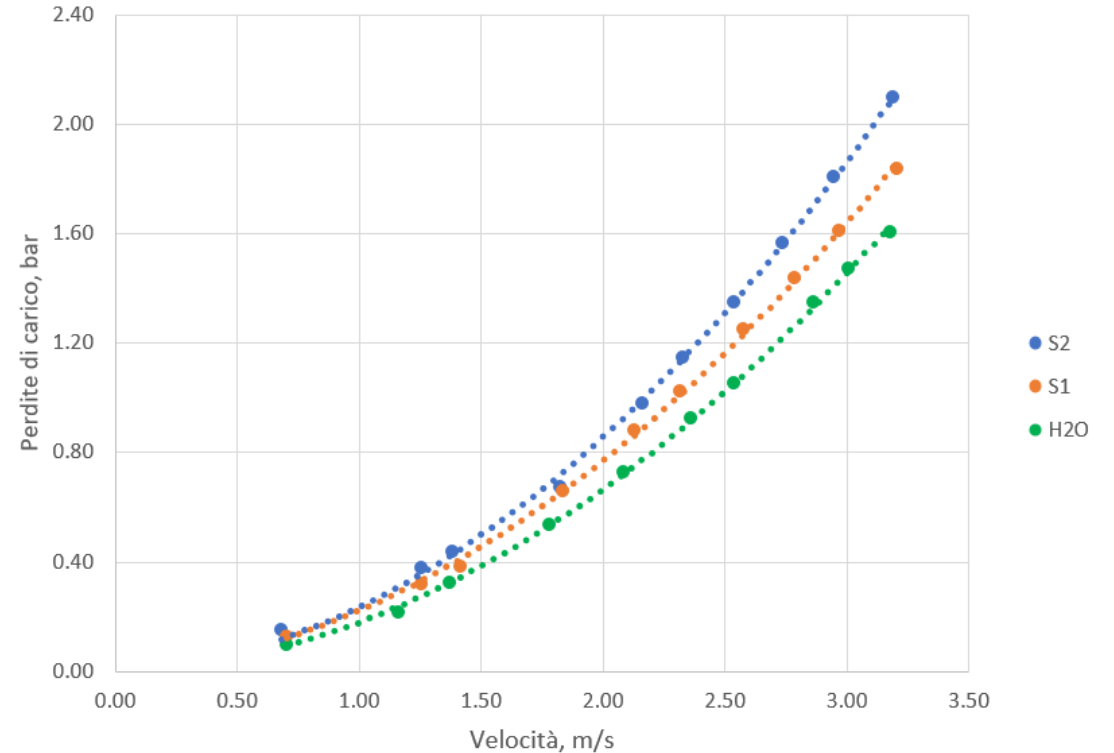
$$-\Delta P_f = 4f \frac{L}{d_i} \rho \frac{u_i^2}{2} \quad \Delta P_f(1m) = \Delta P_f * \frac{L_{1m}}{L_{modulo}}$$

$$f = \frac{-\Delta P_f * d_i}{2 * L * \rho * u_i^2}$$

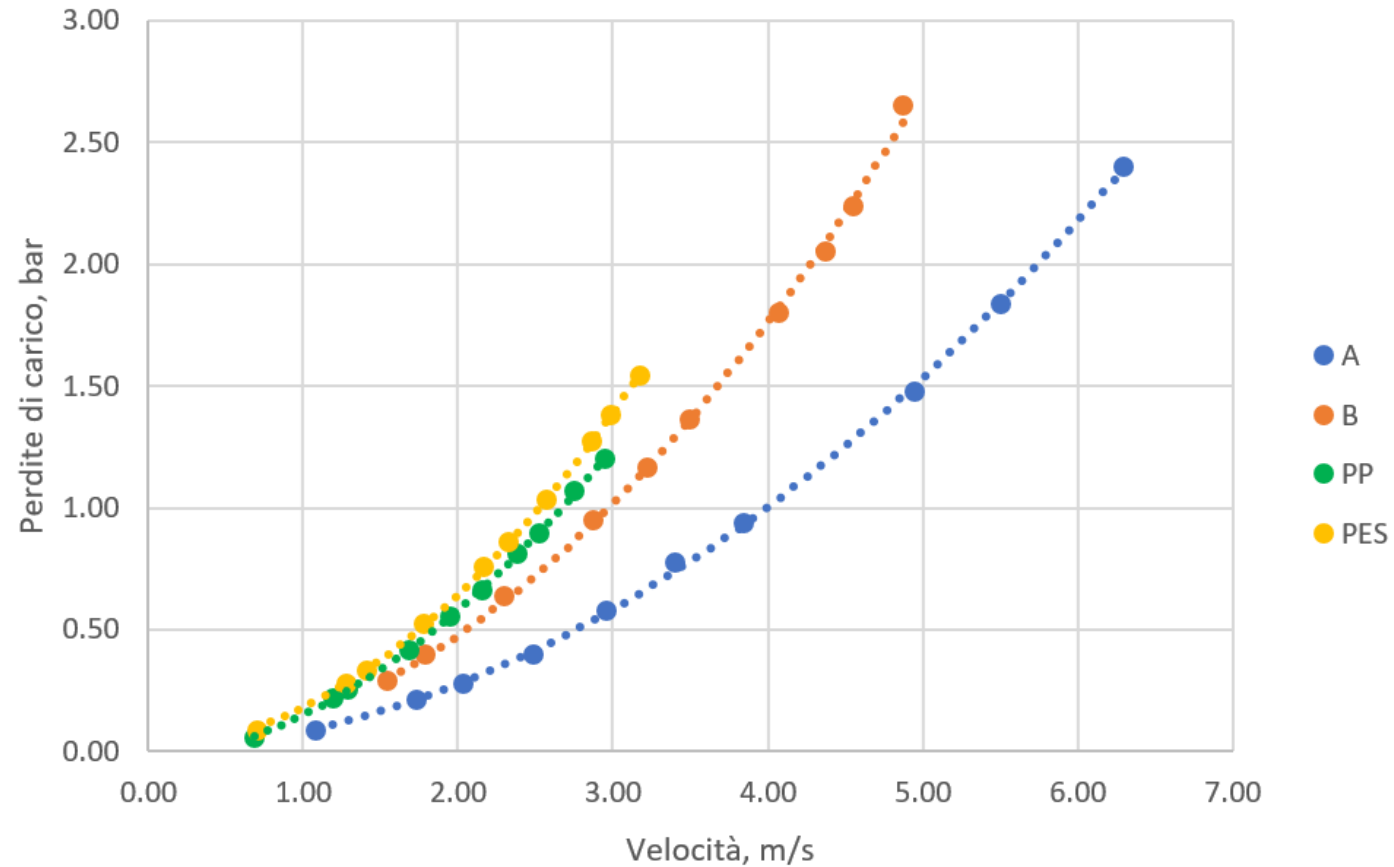
Membrana in PES



Effetto della temperatura sulle perdite di carico



Effetto della concentrazione sulle perdite di carico

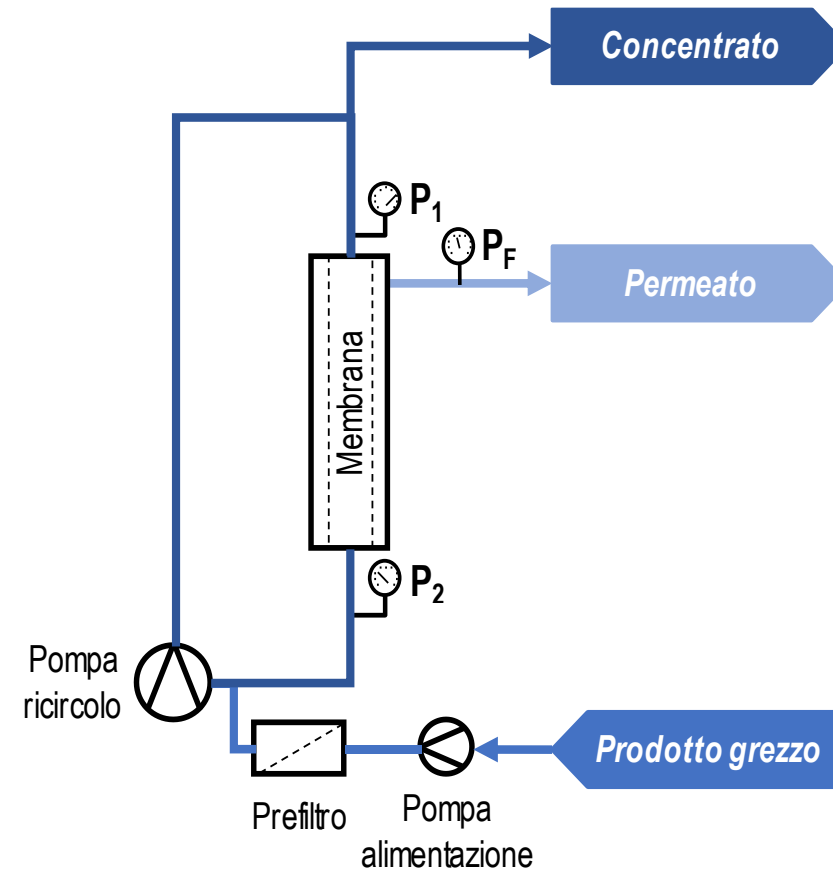


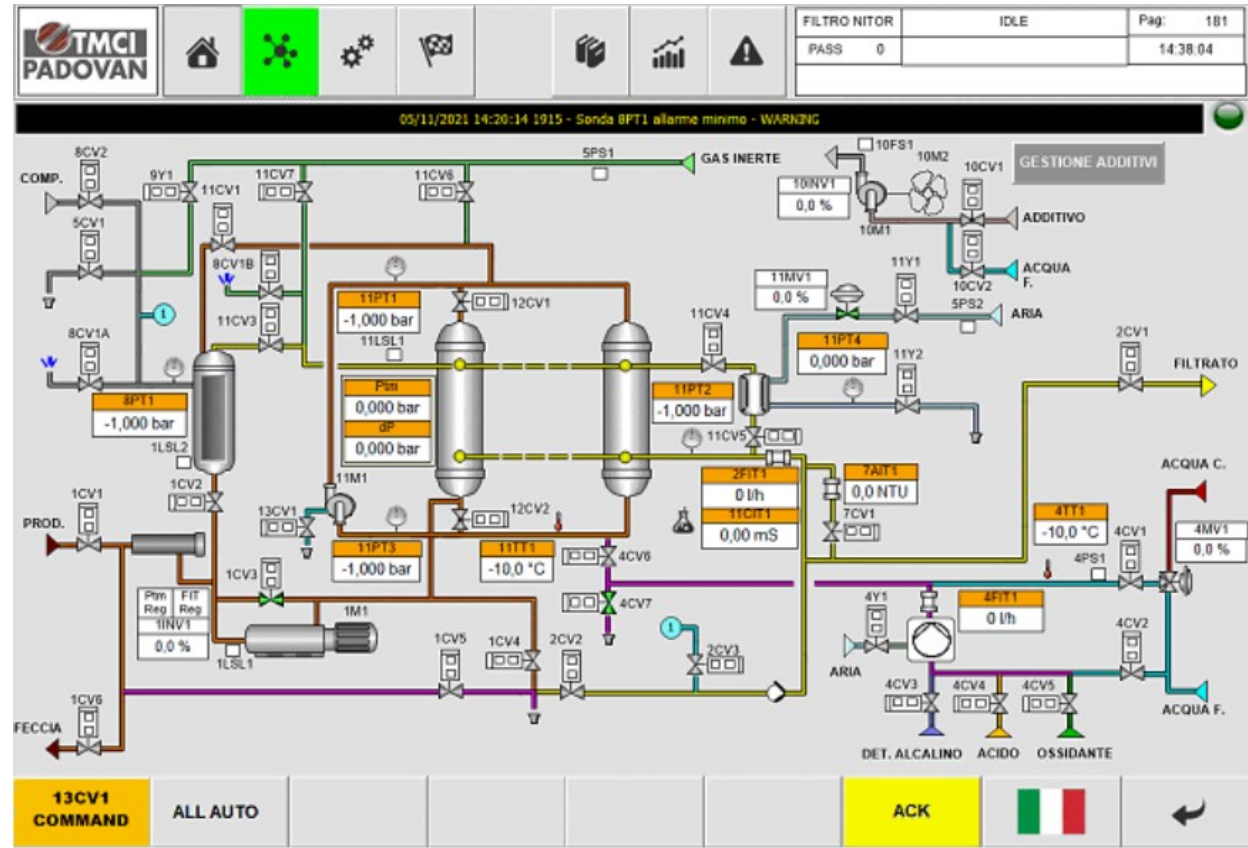
Note:
Acqua a 50 °C

	A	B	PP	PES
Fattore d'attrito (-)	0,008	0,009	0,014	0,014
Deviazione standard (-)	0,0011	0,0010	0,0015	0,0018

Il parametro da tenere in considerazione è la pressione di transmembrana (TMP), ed è correlato allo sporcamento della membrana:

$$TMP = \frac{P_1 + P_2}{2} - P_f$$





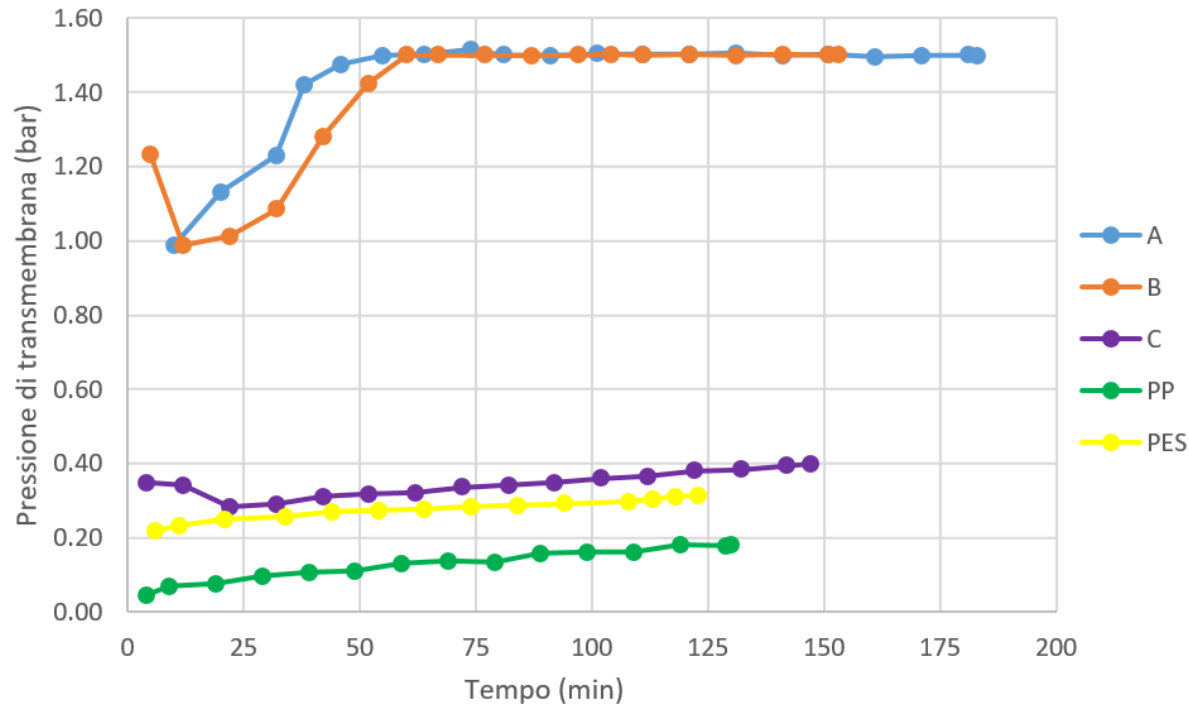
Macchinario utilizzato e interfaccia PLC

Sono state testate 3 membrane **ceramiche multicanale** e 2 membrane **polimeriche capillari**, tutte con diametri dei pori da 0,2 micron.

Membrana	Diametro capillare (mm)	Diametro elemento (mm)	Canali per elemento (-)	Numero elementi (-)	Superficie filtrante totale (m ²)
A	2,0	41	163	12	15,8
B	1,7	41	208	12	18,0
C	2,0	25	61	37	16,7

Membrana	Diametro capillare (mm)	Spessore capillare (mm)	Numero capillari (-)	Superficie filtrante totale (m ²)
PP	1,8	0,45	3600	18,7
PES	1,5	0,40	3840	19,8





Note:

- Obiettivo finale: 20 hl di permeato
- Flusso permeato iniziale = 50 l/hm²
- Se TMP arriva a 1.5 bar, TMP viene tenuta costante e cala la portata

Membrana	Tempo totale (min)	Tempo arrivo TMP=1.5 bar (min)	Portata iniziale (l/h)	Portata finale (l/h)	Flusso di permeato finale (l/h m ²)	TMP minima (bar)	TMP massima (bar)
A	183	48	790	548	34,68	0,99	1,50
B	153	55	900	634	35,22	0,99	1,50
C	147	/	835	835	50,00	0,28	0,40
PP	130	/	935	935	50,00	0,05	0,18
PES	123	/	990	990	50,00	0,18	0,32

Vino filtrato	Torbidità (NTU)	Vmax (ml)	Polifenoli totali (mg/l)	Intensità (-)	Tonalità (-)	Assorbanza a 520 nm (-)	Antociani (mg/l)
Non filtrato	14	/	1054	5,652	0,74	2,917	169
A	<1	6533	999	5,097	0,72	2,606	162
B	<1	6400	953	5,078	0,72	2,595	164
C	2	3771	940	5,044	0,72	2,587	165
PP	1	2200	988	5,101	0,71	2,637	160
PES	<1	3486	992	5,388	0,71	2,716	163

Note:

- Vmax: millilitri massimi filtrabili con una membrana sterile (filtrazione che precede l'imbottigliamento).

Risultati più significativi:

- Vmax maggiore per A e B;
- Intensità e assorbanza migliori per PES;
- Torbidità elevata per C.

Risultati ottenuti e considerazioni:

1. Test preliminari delle membrane:
 - Ricavati i fattori d'attrito per le membrane testate
 - Le perdite di carico sono minori per le membrane ceramiche
2. Test di filtrazione con vino rosso:
 - La struttura della membrana è il fattore che incide maggiormente sulla prestazione della membrana
 - Il vino analizzato dopo la filtrazione non presenta molte differenze a seconda della membrana usata

GRAZIE PER L'ATTENZIONE