

جلسه ۲۰:

## فیلترها (۲)

درس: مهندسی تصفیه آب و فاضلاب

دکتر علی رضا بازارگان

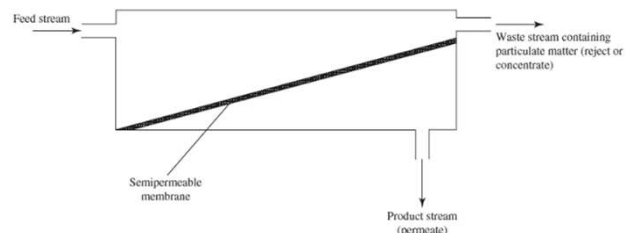
[info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## فیلتر غشائی

- می توان به جای بستر ذرات، از غشاء برای فیلتراسیون استفاده کرد
- غشاهای استفاده شده، نیمه تراوا هستند:
- یعنی بعضی مولکول ها را به سخت عبور می دهند در حالی که مولکول های دیگر به سادگی عبور می کنند
- این فیلترها یا برای جداسازی ذرات معلق طراحی شده اند (MF, UF) یا برای جداسازی مواد محلول (RO, NF)

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

Size (micrometers)	0.001	0.01	0.1	1.0	10	100	1,000
Separation processes	Reverse osmosis	Nano-filtration	Ultrafiltration	Microfiltration	Conventional filtration processes		

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## MF یا UF

- Ultrafiltration (UF): has a wide range of Molecular Weight Cut Off (MWCO) sizes and pore sizes. "Tight" UF membranes (MWCO = 1,000 daltons, up to 700 kPa) may be employed for removal of organics, while "loose" membranes (MWCO > 50,000 daltons, 70-200 kPa) are for liquid/solid separation, that is, particle and microbial removal.
- Microfiltration (MF): The pores of MF (= 0.1 micrometer or greater) are approximately an order of magnitude larger than those of UF. The primary application for this membrane process is particulate and microbial removal.

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## مکانیزم

• برای MF و UF مکانیزم اصلی حذف ذرات، عملکرد مانند یک صافی بسیار ریز است، گرچه جذب سطحی و ایجاد کیک فیلتراسیون هم موثر هستند

Mechanisms of membrane filtration: (a) Straining, (b) adsorption, (c) cake filtration.

Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## شار

• انتقال آب خالص از درون یک غشاء نیمه تراوا تمیز، رابطه مستقیم با اختلاف فشار در دو طرف غشاء و رابطه عکس با ویسکوزیته دینامیکی دارد. تا استفاده از قانون دارسی:

$$J = \frac{Q}{A} = \frac{\Delta P}{(\mu)(R_m)}$$

$J$  = volumetric water flux through membrane,  $m^3/h \cdot m^2$  or  $m/h$   
 $Q$  = volumetric flow rate of pure water,  $m^3/h$   
 $A$  = surface area of clean membrane,  $m^2$   
 $\Delta P$  = transmembrane pressure,  $kPa$   
 $\mu$  = dynamic viscosity of water,  $Pa \cdot s$   
 $R_m$  = membrane resistance coefficient,  $m^{-1}$

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## نکات

• نکاتی که می توان ذکر کرد:

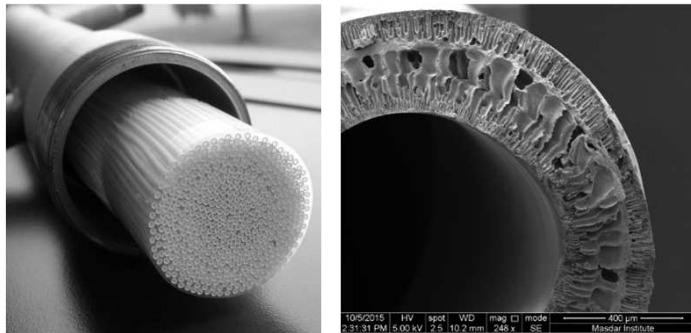
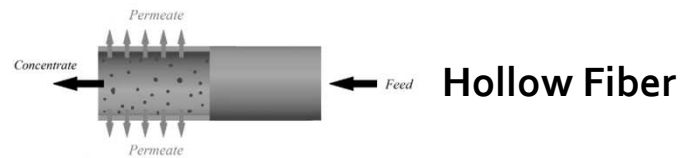
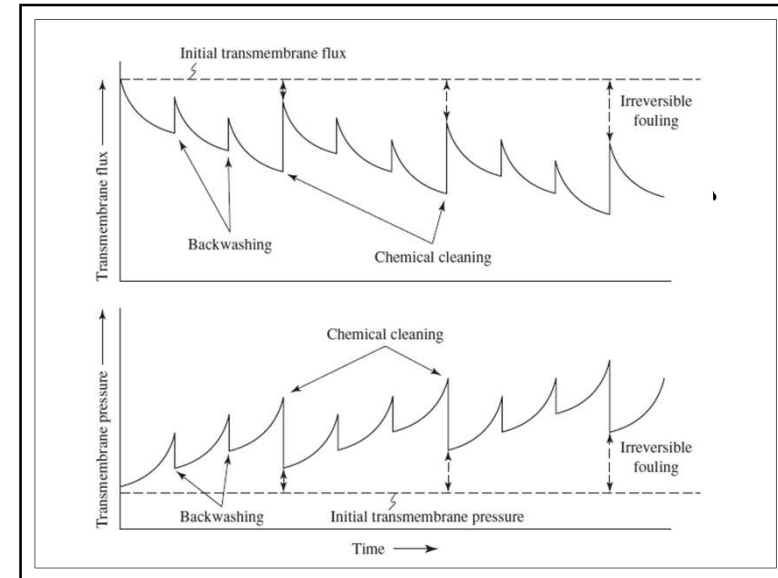
- دبی رابطه مستقیم با فراوانی حفره ها دارد
- دبی رابطه عکس با ویسکوزیته، خمیدگی حفره، و ضخامت غشاء دارد
- موثرترین عامل بر جریان، قطر حفره ها است (رابطه توان چهارم)
- کوچکترین افزایش اندازه حفره ها می تواند شار را به مقدار قابل توجهی زیاد کند
- چون عملا اندازه حفره ها در غشاء متنوع است، بزرگترین حفره ها میزان غیر متناسبی از آب را از خود عبور خواهند داد

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## Fouling

- با فشار ثابت، به دلیل گرفتگی غشاء با مرور زمان افت شار خواهیم داشت
- آنگاه می بایست فشار را افزایش دهیم تا شار مورد نیاز تامین شود
- گرفتگی می تواند به دلیل ذرات معلق، ذرات آلی محلول، و یا رشد بیولوژیکی باشد
- دو نوع گرفتگی داریم: برگشت پذیر، برگشت ناپذیر

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)



Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)



Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## تأثیر دما

- دما بر روی ویسکوزیته تأثیر می گذارد، که عامل مهمی در شار آب در غشاء خواهد بود
- ویسکوزیته آب را می توان برای هر دما از جداول خواند و یا از معادله زیر استفاده نمود

$$\mu = 1.777 - 0.052T + 6.25 \times 10^{-4}(T)^2$$

$\mu$  = dynamic viscosity of water, mPa · s  
 $T$  = temperature, °C

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## مثال

- افزایش دما از 15°C به 20°C چند درصد شار غشاء را افزایش خواهد داد؟

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## پاسخ

- با توجه به معادله ویسکوزیته خواهیم داشت:

$$\mu = 1.777 - 0.052(15) + 6.25 \times 10^{-4}(15)^2 = 1.14 \text{ mPa} \cdot \text{s}$$

$$\mu = 1.777 - 0.052(20) + 6.25 \times 10^{-4}(20)^2 = 0.987 \text{ mPa} \cdot \text{s}$$

- از جلسه قبل می دانیم:

$$J = \frac{Q}{A} = \frac{\Delta P}{(\mu)(R_m)}$$

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## پاسخ

$$J_{15} = \frac{\Delta P}{(\mu_{15})(R_m)}$$

$$J_{20} = \frac{\Delta P}{(\mu_{20})(R_m)}$$

$$\frac{J_{20}}{J_{15}} = \left( \frac{(\mu_{15})(R_m)}{\Delta P} \right) \left( \frac{\Delta P}{(\mu_{20})(R_m)} \right)$$

$$J_{20} = J_{15} \frac{(\mu_{15})}{(\mu_{20})} = (J_{15}) \frac{1.14 \text{ mPa} \cdot \text{s}}{0.987 \text{ mPa} \cdot \text{s}} = 1.155 (J_{15})$$

$$\% \text{ Change} = (1.155 - 1.000) 100\% = 15.5\% \text{ increase in flux}$$

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## سلامت غشاء

- برای اطمینان از سلامت غشاء دو روش متداول وجود دارد: تست فشار و تست صوتی
- در تست فشار، هوا به درون واحد دمیده شده و نرخ کاهش فشار هوا با زمان زیر نظر گرفته می شود
- در تست صوتی، از سنسورهای آکوستیک برای تشخیص حباب های هوا تشکیل شده در اثر خرابی استفاده می شود

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## DOW UF

Video clip inserted

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## مثال

- با توجه به مفروضات زیر، چه تعداد واحد (module) در هر قفسه (rack)، و چه تعداد قفسه نیاز است تا  $10000 \text{ m}^3/\text{d}$  آب فیلتر شود؟

$$J = 0.100 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Membrane area per module} = 50 \text{ m}^2$$

$$\text{Backwash interval} = 60 \text{ min}$$

$$\text{Backwash time} = 8 \text{ min}$$

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## پاسخ

- اول، سطح کل غشاءهای مورد نیاز محاسبه می شود

$$\frac{10,000 \text{ m}^3/\text{d}}{(0.100 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2)(24 \text{ h/d})} = 4,166.67 \text{ m}^2$$

- پس تعداد غشاءها عبارتند از

$$\frac{4,166.67 \text{ m}^2}{50 \text{ m}^2/\text{module}} = 83.33 \text{ modules}$$

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## پاسخ

• از آنجا که هر قفسه به صورت یکجا شستشو می شود، در 60 دقیقه زمان بین هر سیکل شستشو، می توان چه تعداد قفسه را شست؟

$$\frac{60 \text{ min/backwash cycle}}{8 \text{ min/rack}} = 7.5 \text{ racks/backwash cycle}$$

• پس ۷ قفسه داریم که در هر زمان یکی از آن ها در حال شستشو است، یعنی ۶ قفسه در حال کار داریم

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## پاسخ

• تعداد واحد در هر قفسه

$$\frac{83.33 \text{ modules}}{6 \text{ racks}} = 13.88 \text{ or } 14 \text{ modules/rack}$$

• البته می توان برای اطمینان، تعداد بیشتری واحد استفاده نمود  
• چک کردن شار:

$$J = \frac{10,000 \text{ m}^3/\text{d}}{(6 \text{ racks})(14 \text{ modules/rack})(50 \text{ m}^2/\text{module})(24 \text{ h/d})} = 0.0992 \text{ m}^3/\text{d} \cdot \text{m}^2$$

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

## پاسخ

• نکات:

• طراحی برای ماکزیمم جریان مورد نیاز انجام می شود پس در زمان هایی که آب کمتری نیاز است، تعدادی از قفسه ها در حالت رزرو قرار خواهند گرفت و یا با فشار کمتری عمل خواهند کرد

• باید به صورتی طراحی انجام شود که با گذر زمان، گرفتگی برگشت ناپذیر، پیر شدن غشاءها، بدتر شدن کیفیت آب ورودی، و دماهای پایین در زمستان، میزان تولید را کمتر از میزان مورد نیاز نیاورد

Dr. Alireza Bazargan [info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)