

**Notekūdeņu attīrīšana, izmantojot membrānu tehnoloģijas I**  
 (membrānas, membrānu bioreaktoru tipi un to darbības principi)

MIHAILS PUPINŠ

Profesionālo zināšanu un prasmju attīstīšana notekūdeņu apsaimniekošanas jomā  
 VVD reģionālo vides pārvalžu speciālistiem

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Membrānu bioreaktoru pielietojums**

**Vietas, kur ir ļoti ierobežota pieejamā territorija.**

- Nav nepieciešama notekūdeņu, ūdens koncentrācija: 2 - 4 reizes lielāka, nekā klasiskā bioreaktori, tāpēc mazākas tvertnes.

**Vietas, kur iespējamas krāsas piesārņojuma slodzes svārstības vai citi bioloģiskai attīrīšanai nelabvēlīgi apstākļi, jo:**

- Ātrās sabrukšana nerada MBR problēmas;
- Ātrās sabrukšana faktiski nav iespējama.

**Be:**

- MBR prasas lield investīcijas, jo membrānas ir dārgas.
- Nepieciešama laba notekūdeņu mehāniskā priekattīršana.
- MBR prasas augstas apkāpēšanas izmaksas (intensīva uzturēšana, membrānu tīrīšanas režīmi, nemitena periodiskā jāmāna).
- Prasas kvalitatīvu apkalpošanu personālu un precīzu tehnoloģiskā režīma ieviešanu.

**Secinājums:**  
 MBR ir jāizmanto tikai tur, kur citas tehnoloģijas kāda iemesla dēļ nav iespējama vai nav lietderīgi jābūvē.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Membrānu filtrācija**

**Pamata membrānas procesi:**

- mikrofiltrācija (MF),
- ultrafiltrācija (UF),
- nanofiltrācija (NF),
- reversā osmoze (RO).

**Filtrācijas diapazoni šīm membrānām ir šādi:**

- 100 - 1000 nm MF,
- 5 - 100 nm UF,
- 1 - 5 nm NF
- 0,1 - 1 nm RO.

The diagram shows four horizontal bars representing different filtration processes. From top to bottom: MF (100 to 1000 nm) with arrows pointing to 'Suspended Solids', 'Bacteria', and 'Viruses'; UF (5 to 100 nm) with an arrow pointing to 'Proteins MW>12K'; NF (1 to 5 nm) with an arrow pointing to 'Trace Organics MW>200' and 'Divalent ions'; RO (0.1 to 1 nm) with an arrow pointing to 'Trace Organics MW>100' and 'Monovalent ions'. A final arrow at the bottom points to 'Water' and 'Trace Organics MW<100'.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Membrānu bioreaktors (MBR)**

- **Membrānas bioreaktors (MBR)** ir tehnoloģijas un aprīkojums, kur membrānas filtrācijas procesi, piemēram, mikrofiltrācijas vai ultrafiltrācijas, ir kombinēti ar noteiktiem bioloģiskās attīrīšanas tradicionālo procesu - aktīvo dūņu izmantošanu.
- MBR plaši izmanto sadzīves un rūpniecisko notekūdeņu attīrīšanai.
- Pēdējos gados MBR ir parādījusies kā efektīva ūdens attīrīšanas tehnoloģija, pamatā izmantojot membrānas MF un UF diapazonā.



Latvijas Mākslības un Inženierzinātņu akadēmija  
 SADAĻĒBAS PROJEKTS VIDES POLITIKAS VEIDOŠANAI UN ĪSTENOŠANAI NR. 1-08/162/2020  
 2021. gada 19. maijs 4

---

---

---

---

---

---

---


---

---

---

**MBR vēsture**

- MBR process tika ieviests **60. gadu beigās**, tiklīdz bija pieejamas komerciāla mēroga ultrafiltrācijas (UF) un mikrofiltrācijas (MF) membrānas.
- Sākotnējo procesu ieviesa Dorr-Oliver Inc., un tajā tika apvienoti aktīvo dūņu bioreaktors un membrānas filtrācija.
- Šajā procesā izmantotās plakānās lokšņu membrānas bija polimēras, un to poru izmērs svārstījās no 0,002 līdz 0,01 μm.



Latvijas Mākslības un Inženierzinātņu akadēmija  
 SADAĻĒBAS PROJEKTS VIDES POLITIKAS VEIDOŠANAI UN ĪSTENOŠANAI NR. 1-08/162/2020  
 2021. gada 19. maijs 5

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**MBR attīstība**

- - membrānu izmaksas
- - produkta augstā cena
- - veiktspējas zudums membrānas piesārņojuma dēļ.
- Tā rezultātā galvenā uzmanība tika pievērsta **lielu plūsmu** sasniegšanai, un tāpēc, lai mazinātu piesārņojumu, bija nepieciešams sūknēt MLSS ar lielu ātrumu ar ievērojamo enerģijas patēriņu (apmēram 10 kWh / m<sup>3</sup> produkta).
- 1989 Yamamoto.

*Pirmās pazīdzes MBR atrada pielietojumu tikai nīdās apūdeņošanas ar īpašām vajadzībām, piemēram, izolētos piekabhju parkos vai slēpošanas kārtortos.*



Latvijas Mākslības un Inženierzinātņu akadēmija  
 SADAĻĒBAS PROJEKTS VIDES POLITIKAS VEIDOŠANAI UN ĪSTENOŠANAI NR. 1-08/162/2020  
 2021. gada 19. maijs 6

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**MBR (bioreaktors + membrānas filtrācija) darbības princips**

Latvijas Vides aizsardzības centrs  
 SADAARBĪBAS PROJEKTI VIDES POLITIKAS VEIDOŠANAI UN ĪSTENOŠANAI NR. 1-08/162/2020  
 2021. gada 19. maijs 7

---

---

---

---

---

---

---

---

**Filtrēšanas diapazoni un atdalāmie materiāli**

Size range of substances to be separated	Solvent azeotrope	Sugars	Alkaloīdi	Albūmins (66 kD)	Pyrogēns	Vīrusi	Baktērijas	Yeast	Polien	Human hair	Sand
Separating process	Reverse osmosis 0.1-1 nm RO	Nano filtration 1-5 nm NF	Ultra filtration 5-100 nm UF	Micro filtration 100 - 1000 nm MF	Particle filtration						

Latvijas Vides aizsardzības centrs  
 SADAARBĪBAS PROJEKTI VIDES POLITIKAS VEIDOŠANAI UN ĪSTENOŠANAI NR. 1-08/162/2020  
 2021. gada 19. maijs 8

---

---

---

---

---

---

---

---

**Osmoze**

- Osmoze ir šķīdinātāja molekulu spontāna kustība caur selektīvi caurlaidīgu membrānu augstākas izšķīdinātās vielas koncentrācijas apgabalā virzienā, kas mēdz izlīdzināt izšķīdinātās vielas koncentrāciju abās pusēs.

Latvijas Vides aizsardzības centrs  
 SADAARBĪBAS PROJEKTI VIDES POLITIKAS VEIDOŠANAI UN ĪSTENOŠANAI NR. 1-08/162/2020  
 2021. gada 19. maijs 9

---

---

---

---

---

---

---

---

**Reversā osmoze**

- **Reversā osmoze (RO)** ir ūdens attīrīšanas process, kurā tiek izmantota daļēji caurlaidīga **membrāna**, lai no dzeramā ūdens atdalītu **jonus**, nevēlamās **molekulas** un lielākas daļiņas.
- Reversajā osmozē tiek izmantots **spiediens**, lai pārvarētu osmotisko spiedienu - ko nosaka šķīdinātāja īpašības.

Reverse Osmosis

Applied Pressure

Salt Water

Semi-Permeable Membrane

Pure Water

Water Flow

Latvijas Vides aizsardzības centrs

SADARBĪBAS PROJEKTS VIDES POLITIKAS VEIDOŠANAI UN ĪSTENOŠANAI NR. 1-08/162/2020

2021. gada 19. maijs

10

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**MBR divi pamata tipi**

Influent

Effluent

MEUF membrane

A Submerged MBR

B Sidestream MBR

Concentrate (return sludge)

MEUF membrane

Effluent

Pastāv divas MBR konfigurācijas: **iekšējā / iegremdēta (A)**, kur membrānas ir iegremdētas un integrētas bioloģiskajā reaktorā; un **ārējā / sānu plūsmas (B) (Sidestream)**, kur membrānas filtrācija ir atsevišķs process, kam nepieciešams starpposma sūkņēšanas posms.

Latvijas Vides aizsardzības centrs

SADARBĪBAS PROJEKTS VIDES POLITIKAS VEIDOŠANAI UN ĪSTENOŠANAI NR. 1-08/162/2020

2021. gada 19. maijs

11

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**MBR divi pamata tipi**

grid

solids removal

pre-treatment

aeration zone

settler

sand filtration

disinfection

effluent

wastewater

air

sludge

grid

solids removal

pre-treatment

aeration zone

membrane

effluent

wastewater

air

sludge

Latvijas Vides aizsardzības centrs

SADARBĪBAS PROJEKTS VIDES POLITIKAS VEIDOŠANAI UN ĪSTENOŠANAI NR. 1-08/162/2020

2021. gada 19. maijs

12

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**MBR kombinācija (MF / UF + RO)**

- Bioreaktors
- + Mikrofiltrācija
- + Ultrafiltrācija
- + Reversa Osmoze

Latvijas Vides aizsardzības fonda logo, Sadarbības projekta vides politikas veidošanai un īstenošanai Nr. 1-08/162/2020, 2021. gada 19. maijs, 13.

---

---

---

---

---

---

---

---

**Membrānu pamata tipi**

- plakana membrāna
- cauruļu tipa membrāna
- šķiedru membrāna
- ruļļveida membrāna.
- u.c.

Latvijas Vides aizsardzības fonda logo, Sadarbības projekta vides politikas veidošanai un īstenošanai Nr. 1-08/162/2020, 2021. gada 19. maijs, 14.

---

---

---

---

---

---

---

---

**Membrānas aizsērējums**

1) jauna membrāna; 2) poru aizsērējums; 3) poru nobloķēšana; 4) «kūkas» stadija; 5) attīrīta membrāna

Latvijas Vides aizsardzības fonda logo, Sadarbības projekta vides politikas veidošanai un īstenošanai Nr. 1-08/162/2020, 2021. gada 19. maijs, 15.

---

---

---



---

---

---

---

---

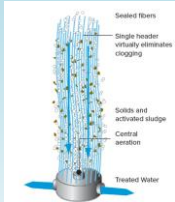
## Membrānas piesārņojumu pamata veidi

**Piesārņojumi**

- koloidālie (māls),
- bioloģiskie (baktērijas, sēnītes),
- organiskie (eļļas, humīni)
- minerālie (minerālu nogulsnes)

**Piesārņošana**

- atgriezeniska (var noņemt fiziski vai citādi)
- neatgriezeniska (nevar noņemt)





SADARBĪBAS PROJEKTS VIDES POLITIKAS VEIDOŠANAI UN ĪSTENOŠANAI NR. 1-08/162/2020

2021. gada 19. maijs

15

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---




## MBR priekšrocības un trūkumi

**Membrānas bioreaktoru galvenās priekšrocības**

- + augsta attīrīšanas kvalitāte
- + maza zemes platība
- + ērta vadība
- + aktīvo dīņu ekosistēmas saglabāšana

**Membrānas bioreaktoru galvenie trūkumi**

- - membrānas aizsērēšana
- - aizsērējumu novēršana
- - membrānu un filtrēšanas procesu izmaksas





SADARBĪBAS PROJEKTS VIDES POLITIKAS VEIDOŠANAI UN ĪSTENOŠANAI NR. 1-08/162/2020

2021. gada 19. maijs

17

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

## Pasaules vadošo ražotāju municipālo MBR attīstība Eiropā

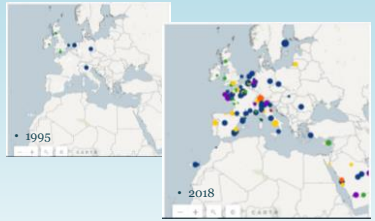
**MBR HISTORY MAP**


This time-lapse map shows the history of municipal membrane bioreactor

**MBR HISTORY MAP**

MANUFACTURER

- ASAH KASEI
- CITIC
- SUZL - WATER TECH. & SOLUTIONS
- KUBOTA
- ORIGIN WATER
- OTHER
- SIEMENS
- TORAY





SADARBĪBAS PROJEKTS VIDES POLITIKAS VEIDOŠANAI UN ĪSTENOŠANAI NR. 1-08/162/2020

2021. gada 19. maijs

18

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



Paldies par uzmanību!

Latvijas vides aizsardzības fonds  
SADARBĪBAS PROJEKTI VIDES POLITIKAS VEIDOŠANAI UN ĪSTENOŠANAI NR. 1-08/162/2020  
2021. gada 19. maijs 19

---

---

---

---

---

---

---

---

