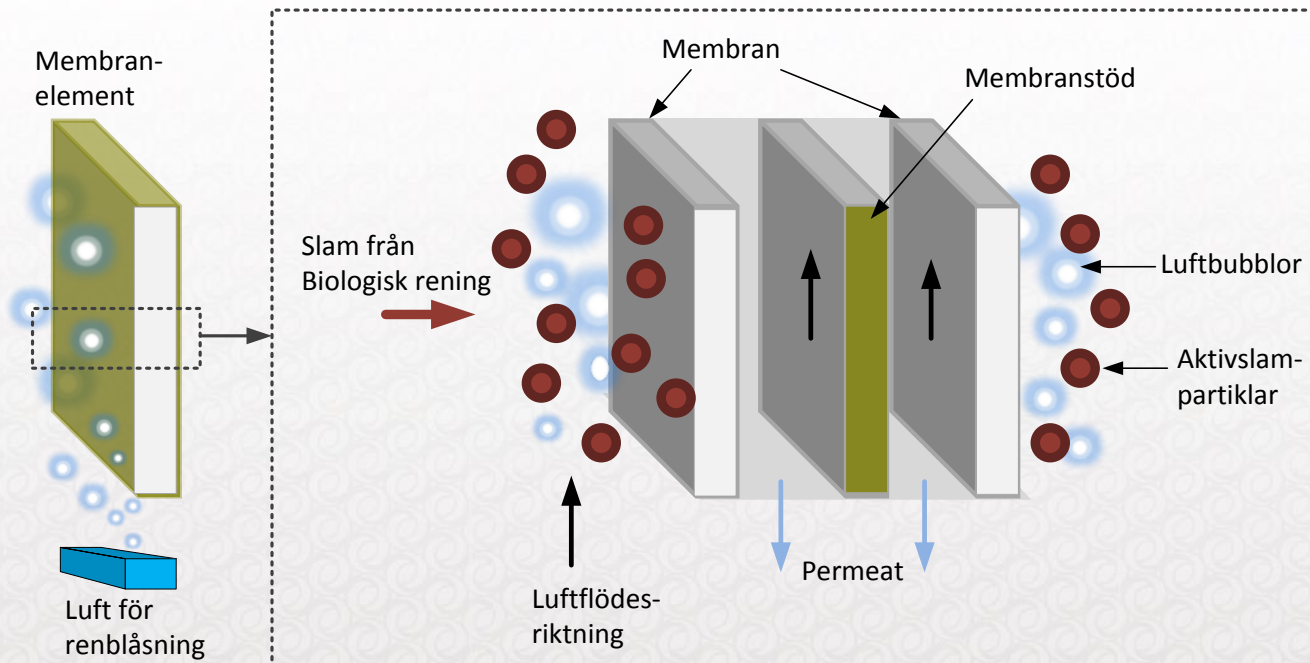


MembranBioreaktor (MBR)

Tekniken som ger en ökad
kapacitet och bättre rening

Om membranseparation

- ➔ Slammet avskiljs från det reade vattnet genom att vattnet filtreras genom ett membran med en porstorlek mellan 0,02-0,4 μm , till skillnad mot konventionell sedimentering där slammet avskiljs från vattnet med hjälp av gravitationen.
 - I pilotförsöken användes membran med porstorlek 0,2 μm under försöksår 1-2 och 0,04 μm under försöksår 3.



Pilotförsök med membranbioreaktor

En del av Stockholms framtida avloppsvattenrening (SFAR)

i samarbete med Stockholm Vatten och Avfall



Bakgrund:

Stockholms framtida avloppsvattenrening (SFAR)

- ➔ Nedläggning av Bromma reningsverk
 - Vattnet leds om till Henriksdal
- ➔ Ombyggnad av Henriksdals reningsverk

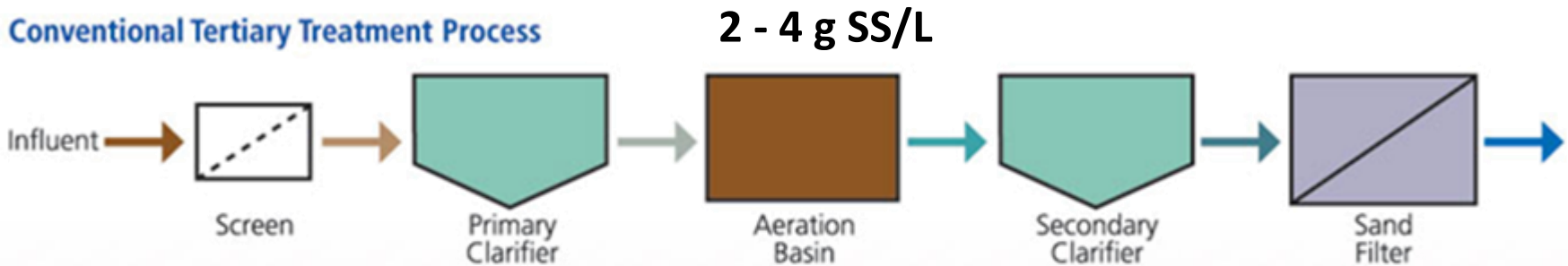
- Kapacitetsökning från 780.000 till 1,6 miljoner
- Skärpta reningskrav (spec. kväve, fosfor)
- Samma utrymme som förut

- ➔ Mer info: [länk](#)

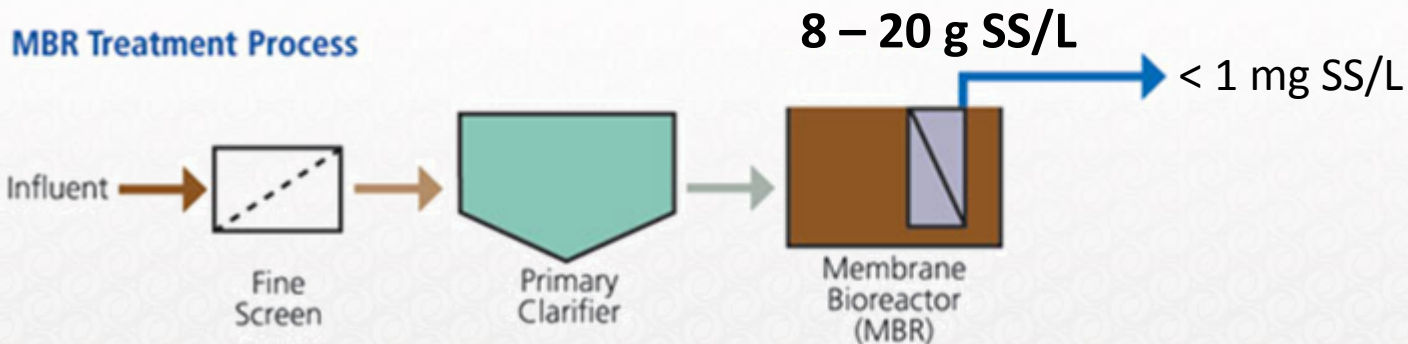


Membranbioreaktorn ersätter sedimentering och filtrering

Conventional Tertiary Treatment Process



MBR Treatment Process



Den tillåter högre koncentration av biomassa och ger ett mycket rent vatten

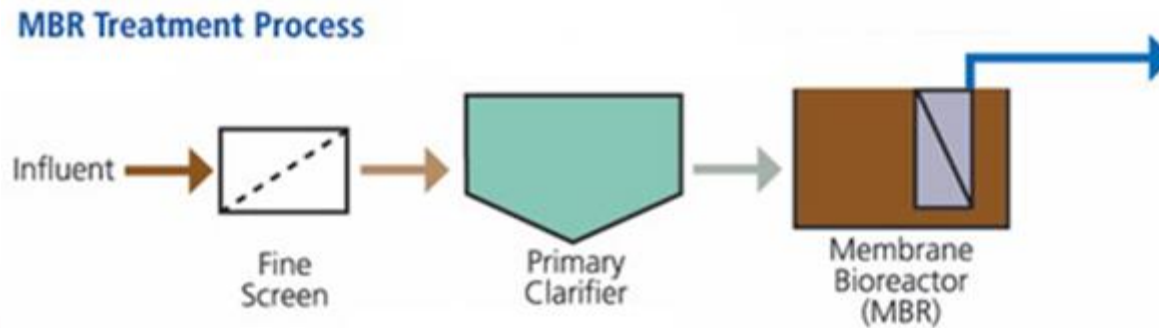
Varför väljer man MBR istället för CAS-UF?

- Den är platseffektiv
 - Kan ta mindre än halva ytan
- Man slipper bråka med sedimenteringen
- Den har intressanta processegenskaper
- Man får ett mycket rent vatten
 - Ingen slamflykt
 - Inga parasiter eller bakterier
 - Inga partiklar
 - Återanvändningspotential!

Vilka nackdelar finns?

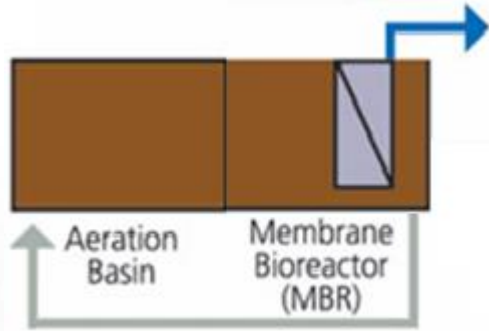
- Den är energikrävande
- Den är komplex och kräver engagemang
- Den kräver extra kemikaliehantering

**MBR är en ung teknik som har växt snabbt i popularitet:
>10 % marknadstillväxt och >20 % forskningstillväxt**

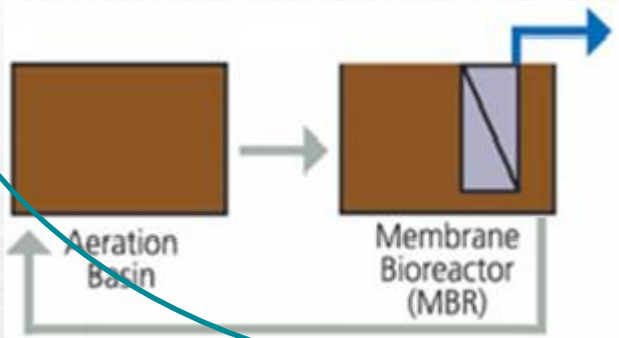


Hur fungerar en MBR?

Immersed/submerged/internal

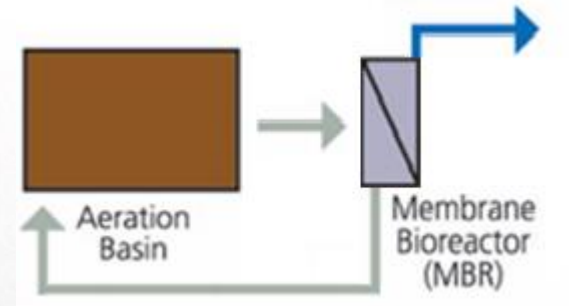


Integrerad



Separerad

Sidestream/external



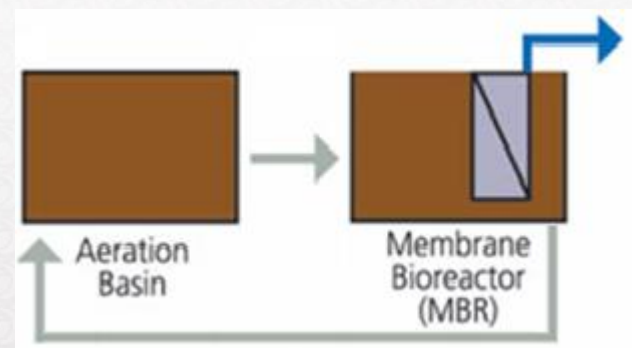
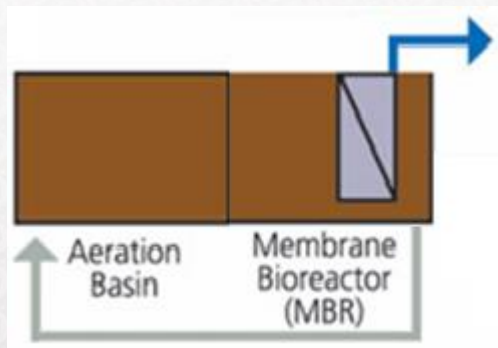
Immersed MBR: Integrerad vs separerad

Integrerad

- ➔ Energieffektiv
 - Mindre pumpning
 - Effektivare luftanvändning
- ➔ Platseffektiv
 - Högre SS -> intensivare process
 - Färre bassänger

Separerad

- ➔ Enklare service
 - Kan tömmas separat
- ➔ Mer kontroll
 - Separerar RAS och nitratrecirk.
 - Kan förbättra denitrifikation



Immersed MBR: Flat sheet vs Hollow fiber

Flat sheet

- ➔ Mer lättskött
 - Robustare utformning
- ➔ Mindre kemikaliebehov
 - Mindre kemisk rengöring



Hollow fiber

- ➔ Mer energieffektiv
 - Mindre behov av luftning
- ➔ Mer platseffektiv
 - Mer membranarea/volym



Levererar MBR-tekniken?

2013-2015 prövade vi flat sheet-membran från Alfa Laval på Hammarby Sjöstadsverk

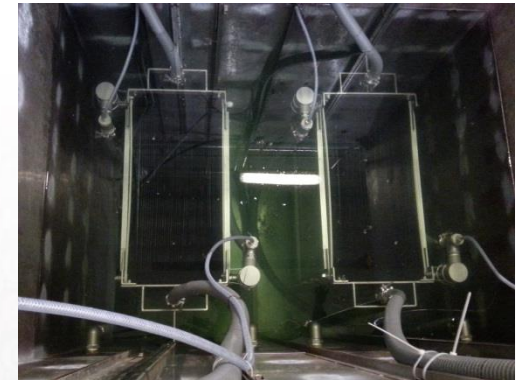
- Dimensionerat flöde: 2,8 kbm/h
- Förbehandling: 3 mm hålplåtsil
- Membran: 160 m² mikrofilter i PVDF, porstorlek 0,2 µm



Trots en del driftsproblem nåddes goda reningsresultat

BOD ₇	< 2 mg/L
TSS	< 1 mg/L
TOC	8 (max 14) mg/L
COD	26 (max 61) mg/L
NH ₄ -N	< 0,1 mg/L*
T-N	< 4 mg/L möjligt
T-P	< 0,15 mg/L möjligt

*Överdriven air scouring har troligen bidragit



Efter ombyggnad startade vi om 2016 med hålfibermembran från GE

- Dimensionerat flöde: 3,2 kbm/h
- Förbehandling: 2 mm hålplåtsil
- Membran: 200 m² ultrafilter i PVDF, porstorlek 0,04 µm



Reningsresultaten liknar de tidigare trots processkillnader och högre belastning

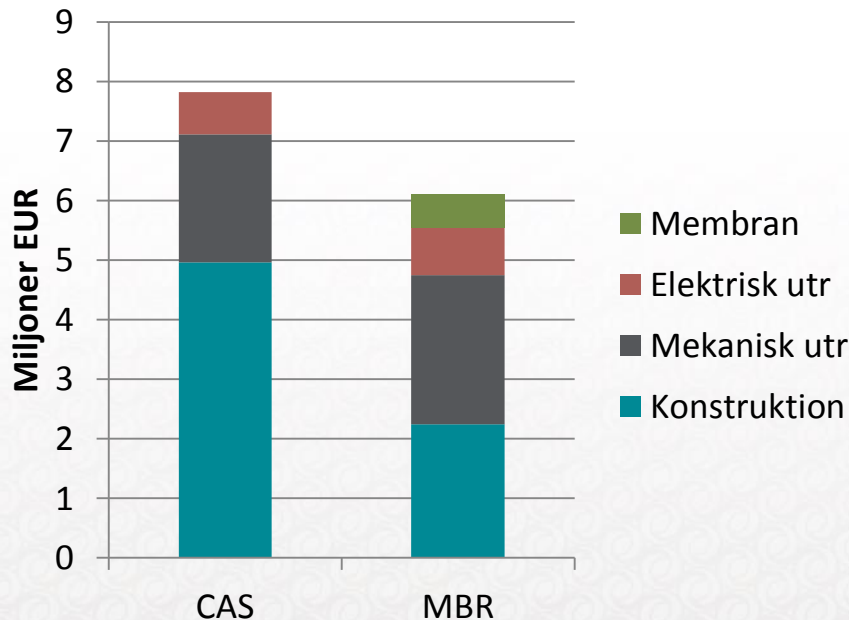
BOD ₇	< 2 mg/L
TSS	< 1 mg/L
TOC	9 (max 11) mg/L
COD	26 (max 61) mg/L
NH ₄ -N	< 1 mg/L möjligt*
T-N	< 4 mg/L möjligt
T-P	< 0,05 mg/L möjligt

*Har varierat kraftigt



Ekonomi

- Membran är dyra, men kompenseras av billigare konstruktion
=> MBR och CAS är jämförbara



Räkneexempel från Brepols, 2011

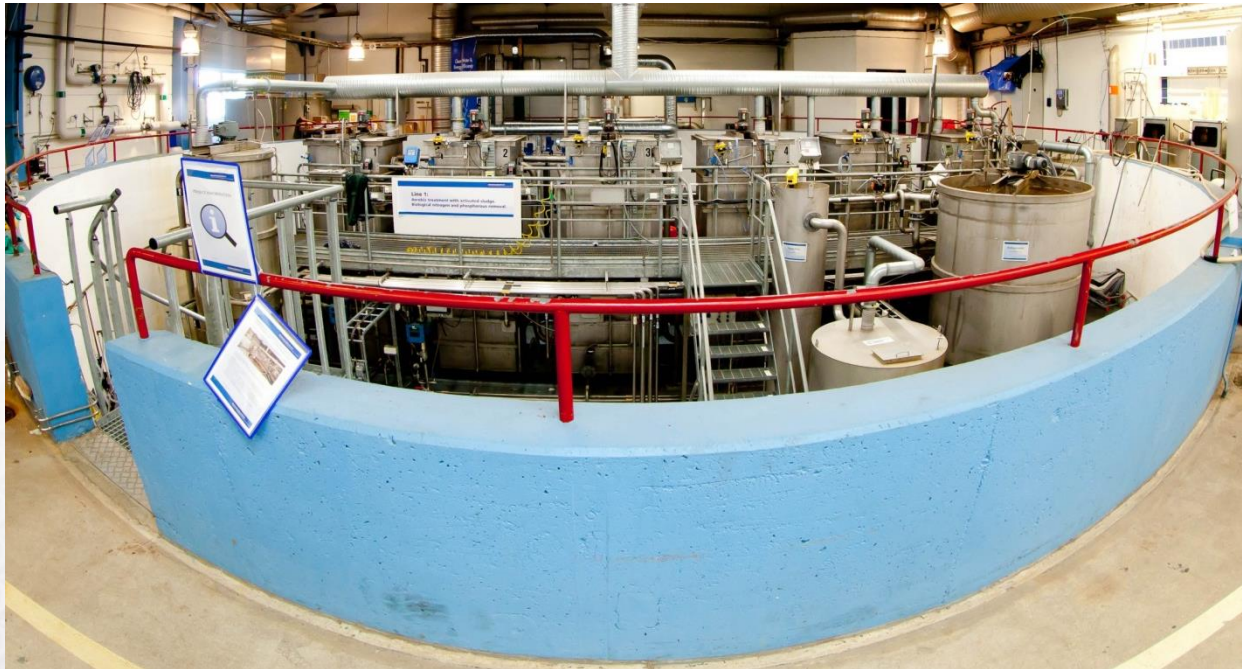
Energiförbrukning

- CAS-UF – Best case
Nedåt 0,2 - 0,3 kWh/kbm
– Varav en stor del går till UF
- MBR: Best case
kring 0,5 kWh/kbm
– Varav 30 – 50 % är luftning för att rengöra membranen

Praktiska aspekter

Dimensionera rätt: MBR \neq CAS

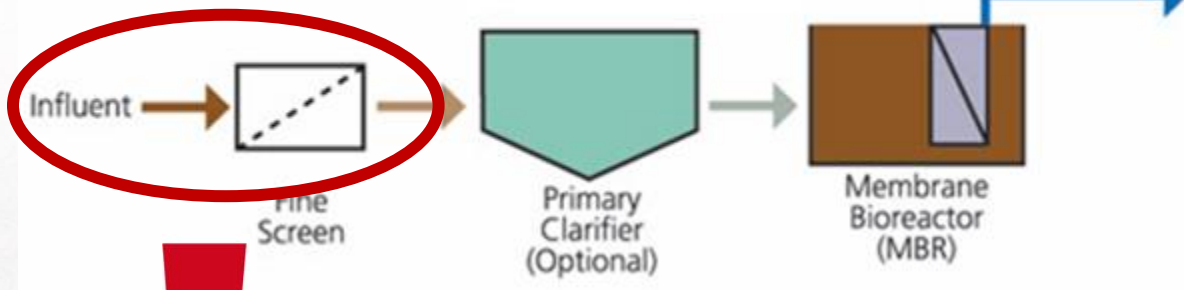
- För hög belastning leder till snabbt sjunkande kapacitet
- Måste dimensioneras för att undvika bräddning



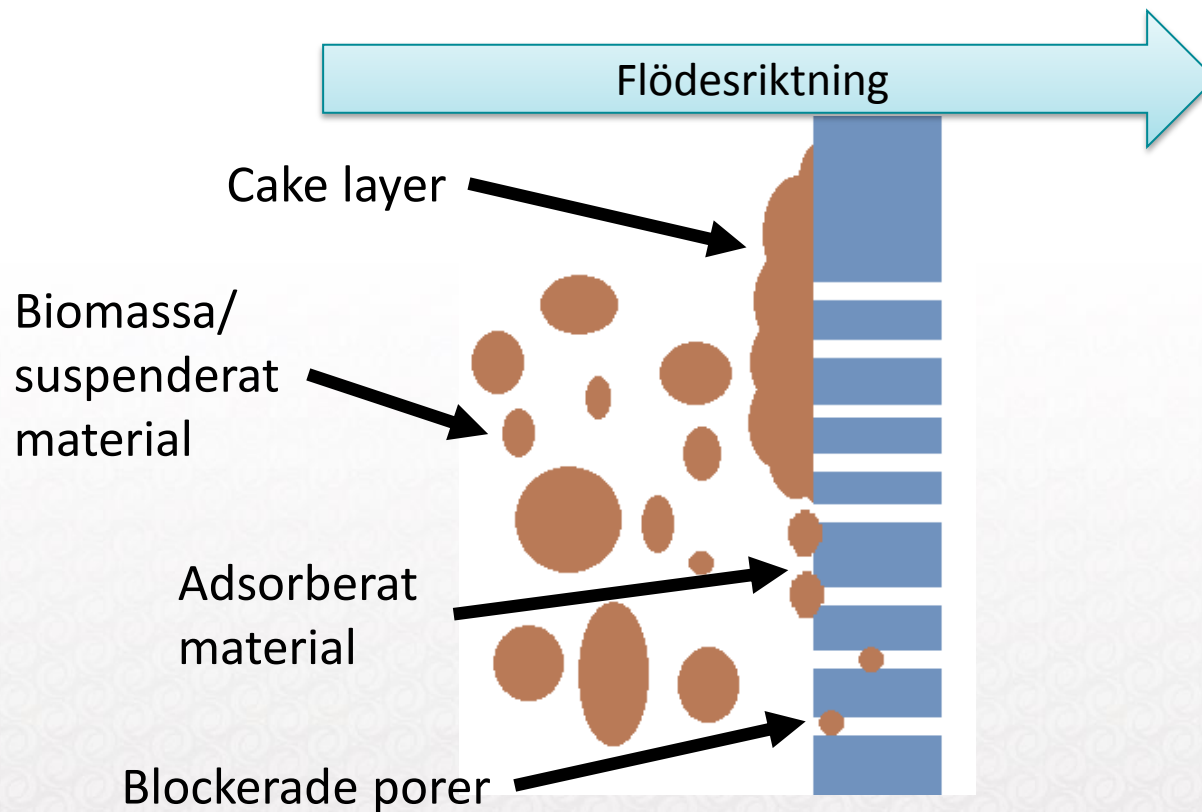
Väl fungerande förbehandling är ett måste!

- ➔ Normalt silning 1 – 3 mm för partiklar, hår, fibrer, plastbitar mm.

ZeeWeed® MBR Simplified Treatment Process



Men fouling är den största frågan, och styr både kapacitet och energiförbrukning



Biofilmen hålls under kontroll genom mekanisk och kemisk rengöring => optimeringspotential

- ➔ Grovbubblig luftning
("air scouring")
 - Skjuvkrafter begränsar cake layer
- ➔ Viloperioder ("relaxation")
 - Cake layer faller av
- ➔ Backspolning
- ➔ Manuell COP



Styrning och kontroll är komplicerat – det kräver tanke och engagemang

➔ Se till att engagera personalen!

MBR1

Mode Sel OFF MODE

Time remaining: 456 s

Train Operation Mode: AUTO

Status: Permeation

Status command:

Maintenance Cleaning

Aeration Maintenance: LeapLo

Last MC finished:

MC parameters MC time settings Timed NaOCl Req.

Perm/Relax parameters Timed Acid Req.

Standby parameters Selected acid Citric

Enabling conditions

Used in Semi-Auto Mode

Feed line:

Aeration line:

Permeate line:

Backpulse line:

NaOCl line:

Oxalic line:

Citric line:

Proceed to Standby

Proceed to Permeation

Proceed to MC

Citric acid MC

Proceed to RC

Recovery Cleaning

RC parameters MBR1 RC parameters (common) RC parameters MBR2

MC time settings MBR1

Hypo RC

Oxalic RC

Citric RC

RC Start Wash

RC Wash OK

RC Chem OK

RC Stop Soak

RC Finished

MBR2

Mode Sel OFF MODE

Time remaining: 84 s

Train Operation Mode: AUTO

Status: Permeation

Status command:

Maintenance Cleaning

Aeration Maintenance: LeapLo

Last MC finished:

MC parameters MC time settings Timed NaOCl Req.

Perm/Relax parameters Timed Acid Req.

Standby parameters Selected acid Citric

Enabling conditions

Used in Semi-Auto Mode

Feed line:

Aeration line:

Permeate line:

Backpulse line:

NaOCl line:

Oxalic line:

Citric line:

Proceed to Standby

Proceed to Permeation

Proceed to MC

Citric acid MC

Proceed to RC

Processen är energikrävande – men det finns mycket som kan optimeras

→ Kemisk rengöring

- Kemikalier
- Tider
- Frekvens

→ Flöden

- Modulavstängning
- Flux

→ Processparametrar

- SS
- Uppehållstid
- Slamkvalitet

→ Mekanisk rengöring

- Luftning
 - Flöden
 - Pauser
- Relaxation
 - Frekvens
 - Längd
- Backspolning
 - Flöde
 - Frekvens
 - Längd

Det finns även andra intressanta frågor

- Kemikaliehantering
- Klororganiska föreningar
- Slamegenskaper
 - Mängd producerat slam
 - Avvattning
 - Filamentbildning



En viktig fråga ur många perspektiv: Hur länge håller membranen?

- Ingen vet
- Livslängden >> produktcykeln
- Uppskattningsvis > 10 år för välskötta membran
- Illa skötta kan gå sönder snabbt
- Vissa faktorer särskilt viktiga
 - Skarpa partiklar orsakar nötning
 - Kemisk rengöring åldrar membranen



Andra kompetenser som kopplats till projektet genom aktiviteter

- GHG-emissioner
- Modellering/simulering
- Kontroll och styrning
- Rening av mikroföroreningar
- Mikroskräp
- Analyser
- Kommunikation
- etc

