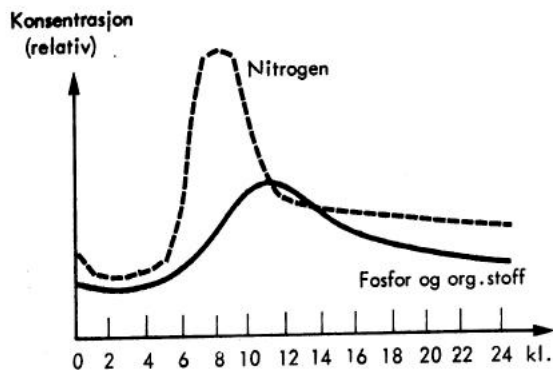


# Ekstra-slides om dimensjonering av MBBR

Brukes bare om det blir tid til overs eller i forbindelse med spørsmål om dimensjonering

# Viktige avrenningsaspekter ved N-fjerning

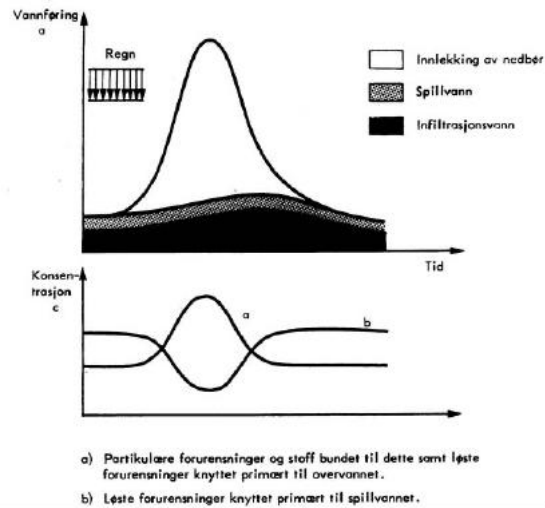
Nitrogen-toppen kommer langt tidligere på døgnet enn BOD og P-toppen



Avløpsvannets temperatur varierer mye over året. Lav avløpstemperatur skyldes i større grad snøsmelting enn lav lufttemperatur og er derfor lavest om våren



Regnvær kan fortynde nitrogen mer enn BOD relativt sett, dvs at BOD/N-forholdet kan endre seg mye



I vårt klima spiller nedbør og snøsmelting en stor rolle for optimal drift av N-renseanlegg !

# Spesifikk biologisk slamproduksjon ( $SP_{spes}$ ) i aktivslamanlegg (10 °C) (kg SS produsert/kg $BOF_5$ belastet bioreaktorene).

Tabell 3.5.2. Spesifikk biologisk slamproduksjon ( $SP_{spes}$ ) ved 10 °C (kg SS produsert/kg  $BOF_5$  belastet bioreaktorene).

Slamalder i døgn	Forholdet mellom SS og $BOF_5$ i innløpet til bioreaktorene*				kg SS/kg $BOF_5$	
	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	
4	0,80	0,92	1,04	1,16	1,28	
5	0,77	0,89	1,01	1,13	1,25	
6	0,74	0,86	0,98	1,10	1,22	
8	0,70	0,82	0,94	1,06	1,18	
10	0,66	0,78	0,90	1,02	1,14	
12	0,64	0,76	0,88	1,00	1,12	
15	0,60	0,72	0,84	0,96	1,08	
18	0,58	0,70	0,82	0,94	1,06	
20	0,57	0,69	0,81	0,93	1,05	

\* Målt etter eventuell forsedimentering eller finsil

Temperaturkoeffisient ( $\Theta$ ) : 1,07 i formel:  $SP_{spes,T} = SP_{spes,10} \cdot 1,07^{(10-T)}$

# Karbonkilde i fordenitrifikasjonen – forutsetninger:

- a. Andel løst organisk stoff i innløpsvann i forhold til total ( $\text{BOF}_{5,\text{løst}}/\text{BOF}_{5,\text{total}}$ ) :
  - Uten primærrensetrinn: 25%
  - Med primærrensetrinn: 30 %
  
- b. Andel partikulært organisk stoff som blir omsatt til løst organisk stoff ved hydrolyse:  
25 % av  $\text{BOF}_{5,\text{partikulær}}$  i innløpsvann
  
- c. Omsetning av organisk stoff ved fordenitrifikasjon:  $3,0 \text{ g BOF}_{5,\text{løst}}/\text{gNO}_3 \text{ ekv.}-\text{N}_{\text{fjernet}}$  hvor løst organisk stoff tilgjengelig for denitrifikasjon ( $\text{BOF}_{5,\text{løst}}$ ) utgjøres av summen av de to fraksjoner under punkt a og b over

Belastningen (kg  $\text{NO}_3\text{-N/d}$ ) på fordenitrifikasjonsreaktoren skal bestemmes som produktet av den returnerte vannmengden og konsentrasjonen av nitrat i utløpet av nitrifikasjonssonen - med tillegg av den konverterte oksygenmengden (1 g oksygen tilsvarer 0,35 g  $\text{NO}_3\text{-N}_{\text{ekvivalenter}}$ ).

# Fjerning av organisk stoff før nitrifikasjonen

Organisk stoff må fjernes ned til lave verdier før nitrifikasjonen vil kunne foregå

I **etterdenitrifikasjonsanlegg** fjernes BOD aerobt i den første luftede reaktoren. I rene etter-DN anlegg benyttes derfor ofte forfelling – som fjerner ca 70 % av BOD i primærsteget

I **fordenitrifikasjonsanlegg** og i anlegg med **kombinert denitrifikasjonsanlegg** fjernes BOD :

1. anoksisk gjennom fordenitrifikasjonen ( $\sim 3,5 \text{ g BOD}_5/\text{g NO}_x\text{-N}_{\text{reduced}}$ ) (reaktor 1/2)
2. aerobt i reaktor 2/3 – dimensjoneringsverdi:  $5 \text{ g BOD}/\text{m}^2\text{d}$

Hvor mye BOD som kan fjernes i fordenitrifikasjonen, er avhengig av:

1. hvor mye  $\text{NO}_3\text{-N}$  som skal denitrifiseres ( $\sim 3,5 \text{ g BOD}_5/\text{g NO}_x\text{-N}_{\text{reduert}}$ )
2. hvor mye oksygen som returneres med det nitratholdige vannet –
  - 1 g DO representerer en tilleggsbelastning på  $0,35 \text{ g NO}_x\text{-N}$

# De-ox og re-ox

## De-Ox (kan være sving-reaktor):

I anlegg hvor fordenitrifikasjon inngår vil det være hensiktsmessig å redusere oksygeninnholdet i en reoksygenerings-reaktor før det nitratholdige vannet returneres til fordenitrifikasjonsreaktoren.

- Lufting med lav intensitet (ønskelig  $DO < 2 \text{ g O}_2/\text{m}^3$ ) – ammonium hastighetsbegrensende - nedbrytningshastighet på  $\leq 0,225 \text{ g NH}_4\text{-N}/\text{m}^2\text{d}$
- Omrøring uten lufting. Oksygenet forbrukes av:
  - Fortsatt nitrifikasjon av rest-ammonium ( $\leq 0,225 \text{ g NH}_4\text{-N}/\text{m}^2\text{d}$ )
  - Tilsetting av karbonkilde, dvs. denitrifikasjon av nitrat

Også i etterdenitrifikasjonsanlegg, være hensiktsmessig med en de-oksygeneringsreaktor for å redusere oksygenbelastningen på etterdenitrifikasjonen.

## Re-Ox (luftet avslutningsreaktor):

Luftet re-oksygeneringsreaktor etter etterdenitrifikasjons-reaktoren kan benyttes for å sikre at eventuelt gjenværende organisk stoff fra den eksterne karbonkilde blir nedbrutt. Reoksygeneringsreaktoren kan dimensjoneres for en restkonsentrasjon av organisk stoff på  $10 \text{ g KOF}_{\text{løst}}/\text{m}^3$  og en nedbrytningshastighet på  $4 \text{ g KOF}_{\text{løst}}/\text{m}^2\text{-d}$  ved  $Q_{\text{maksdim}}$ . Oppholdstiden skal dog ikke settes lavere enn 18 min ved  $Q_{\text{maksdim}}$ .

# Nødvendig lufttilførsel

Oksygenbehovet (OB, kg O<sub>2</sub>/time) skal dimensjoneres på grunnlag av:

- OB = 1,0 kg O<sub>2</sub>/kg BOF<sub>5, tilført</sub> + 4.3 kg O<sub>2</sub>/kg NH<sub>4</sub>-N<sub>tilført</sub>
- Spissbelastningsfaktor: 2,0 for oksygenbehov (kg O<sub>2</sub>/time) til nitrifisering.

Den dimensjonerende oksygentilførsel (OT) er avhengig av oksygenbehovet (OB), innblåsningsdybden, forbehandlingen etc.

$$OT = \frac{f_d \cdot C_{m,20}}{\alpha \cdot (f_d \cdot C_{m,T} - C_r) \cdot \theta^{(T-20)}} \cdot OB \text{ (kgO}_2\text{/time)}$$

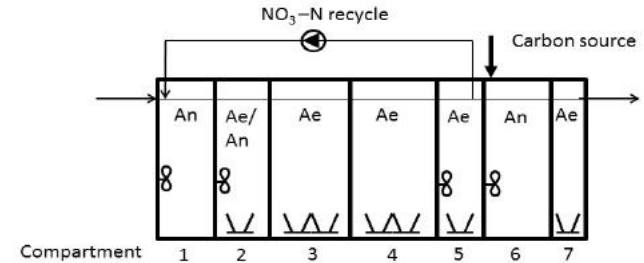
$$Q_{\text{luft}} \text{ (m}^3\text{/time)} = \frac{OT \text{ (kgO}_2\text{/time)} \cdot 1000 \text{ (g/kg)}}{SOFK \text{ (gO}_2\text{/Nm}^3_{\text{luft}} \cdot m_{\text{innblåsningsdyp}}) \cdot h_d \text{ (m}_{\text{innblåsningsdyp}})}$$

Tabell 3.5.7 Veiledende spesifikk oksygenoverføringskapasitet (SOFK) i MBBR-anlegg med diffusorsystem basert på borede 4mm hull med middels boblestørrelse

Type av <u>biofilm</u> bærer	Fyllingsgrad (%)	SOFK <u>avløpsvann</u> (g O <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> <sub>luft</sub> * m) (10°C, 1 atm)
<u>Rør-lignende</u>	30 (~20-40)	6,5-7,5
	50 (~40-60)	7,5-8,5
<u>Mvnt-lignende</u>	30 (~20-40)	5,5-6,0
	50 (~40-60)	6,0-6,5

# «Sving»-reaktorer

For å øke driftsfleksibiliteten, benyttes ofte «sving»-reaktorer, dvs. reaktorer som både kan luftes og omrøres

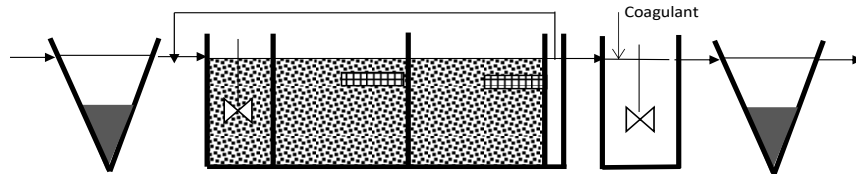


- Reaktor 2 opereres ofte anoksisk om sommeren (ved høy temp.) og aerobt om vinteren (ved lav temp.) da man trenger større nitrifikasjonskapasitet. Den reduserte fordenitrifikasjonskapasiteten kompenseres det da for ved å dosere mer karbonkilde i etterdenitrifikasjonen ved lav temp.
- Reaktor 5 kan også være konstruert som en «sving»-reaktor – men normalt drives denne med kun propellomrøring og uten lufting. Den er likevel aerob ettersom anlegget normalt drives slik at det er noe rest-ammionium igjen i reaktor 5 – som dog brytes ned med lav hastighet DO ( $\sim 0,2 \text{ g NH}_4\text{-N/m}^2\text{d}$ ).

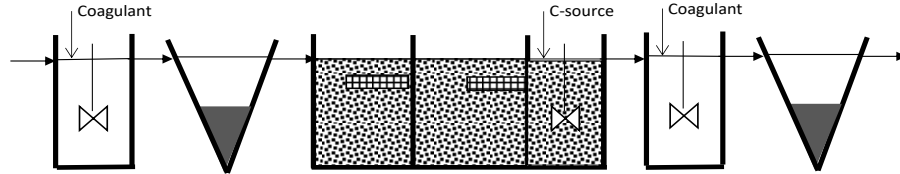


# MBBR prosessalternativer

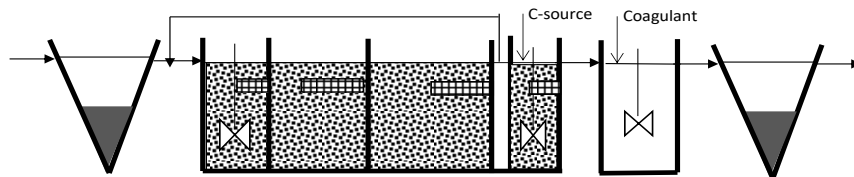
a. Pre-denitrification with post-precipitation



b. Pre-precipitation with post-denitrification



c. Combined pre- and post-denitrification



## Advantages and disadvantages

### Advantages

- No need for external carbon source

### Disadvantages

- Limitation to what can be achieved in terms of removal efficiency (max ca 70 %)
- Dependent on a relatively high and stable C/N in
- Dependent on recycle, i.e. high Q through the bioreactor

### Avantages

- Not dependent on C/N-ratio in in-coming water
- No limitation with respect to treatment efficiency (> 90 %) of both N and P
- Low Q through the bioreactor (less area for sieves)

### Disadvantages

- Need for external carbon source
- Pre-precipitation must be controlled in order to prevent P-limitation in bioreactor

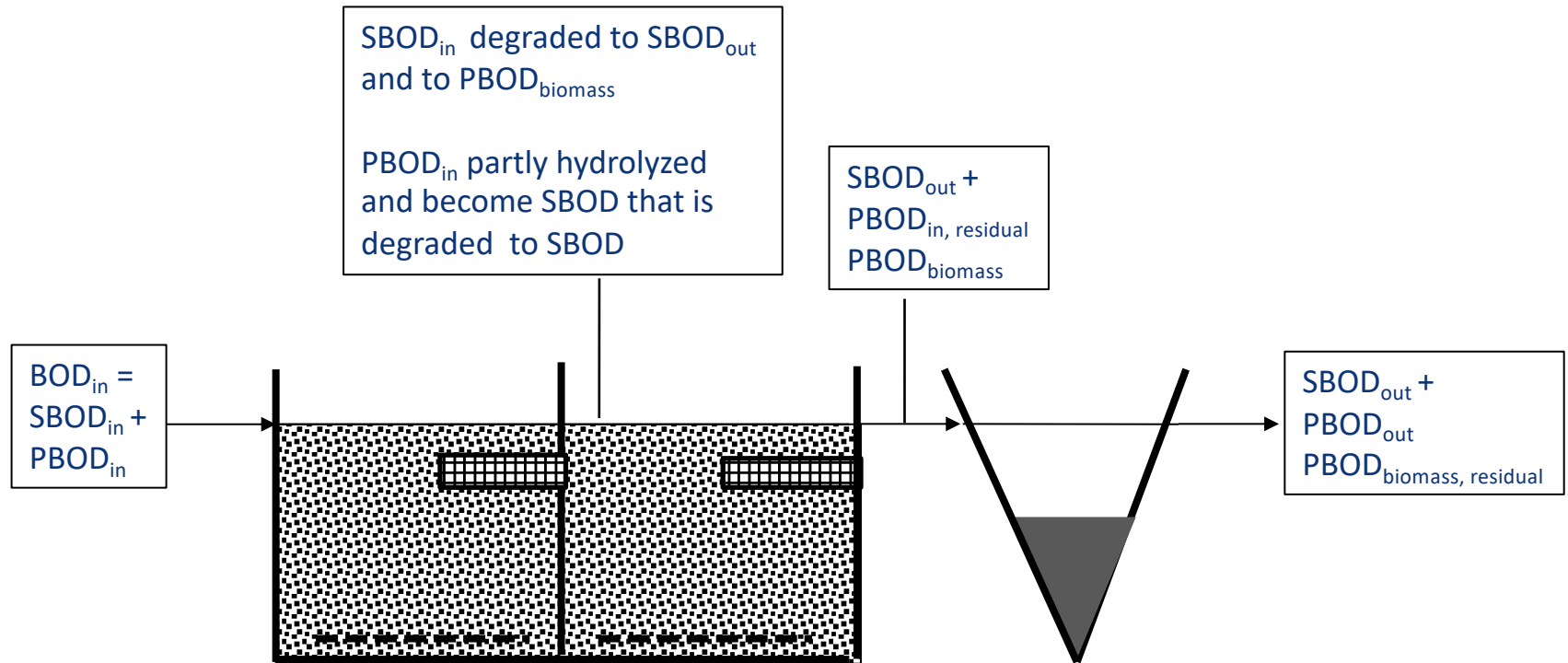
### Advantages

- Little dependent on C/N-ratio in
- No limitation with respect to treatment efficiency (> 90 %) of both N and P

### Disadvantages

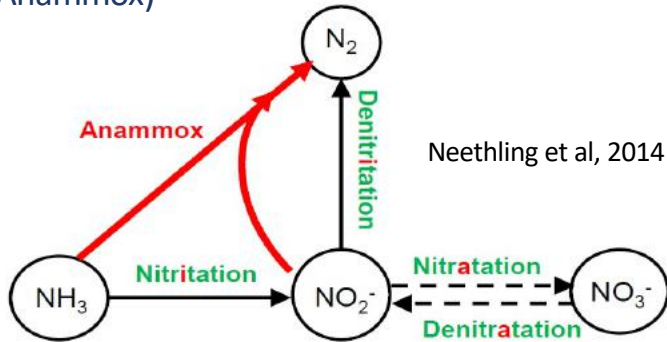
- Need for external carbon source
- Is dependent of recycle, i.e. high Q through bioreactor

Husk at renseseffekten avhenger både av bionedbrytningen i MBBR'en og separasjonseffekten av MBBR biomasse (og evt utfelte fnokker)



# N-removal by de-ammonification

Partial nitritation – Anaerobic ammonia oxidation (Anammox)



De-ammonification is easier when:

- High temperature (> ~ 25 °C)
- High NH<sub>4</sub>-N ammonium (>500 mg/l)
- Low C/N

➡ Sludge (reject) water (side-stream)

In side-stream: Proven technology

In main-stream: Still in R&D-stage

Advantages and disadvantages of de-ammonification vs. nitrification/denitrification

Advantages	Disadvantages
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No carbon source needed</li> <li>• Lower (~60 %) oxygen (energy) consumption</li> <li>• Lower (~50 %) alkalinity consumption</li> <li>• Lower (~70 %) sludge production</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Some nitrate is formed: Max N-rem. ca 80 %</li> <li>• Nitrite has to be generated</li> <li>• Very slow growth rate - long start-up</li> <li>• Long biomass retention time necessary</li> <li>○ Biofilm/MBBR is favorable</li> </ul>