

# Central blødgøring af drikkevand

Kursus for Danske Vandværker

*v. Chefingeniør Peter Borch Nielsen / Krüger A/S*

# Kursusprogram

## 1. Introduktion til blødgøring

- *Udbredelse af blødgøring i Danmark og Europa*
- *Hvorfor blødgøring?*
- *Vigtige begreber: Hårdhed og CCPP*
- *Betydning for sundheden*
- *Samfundsøkonomi*

## 2. Blødgøringsteknikker

- *Princip for blødgøringsanlæg*
- *Metoder til reduktion af kalkudfældning (ikke blødgøring)*
- *Kalkpilleanlæg*
- *Traditionel ionbytning*
- *CARIX ionbytning*
- *Membranfiltrering (LPRO)*
- *Elektrolytisk*

## 3. Vigtige forhold ved valg og etablering af blødgøringsanlæg

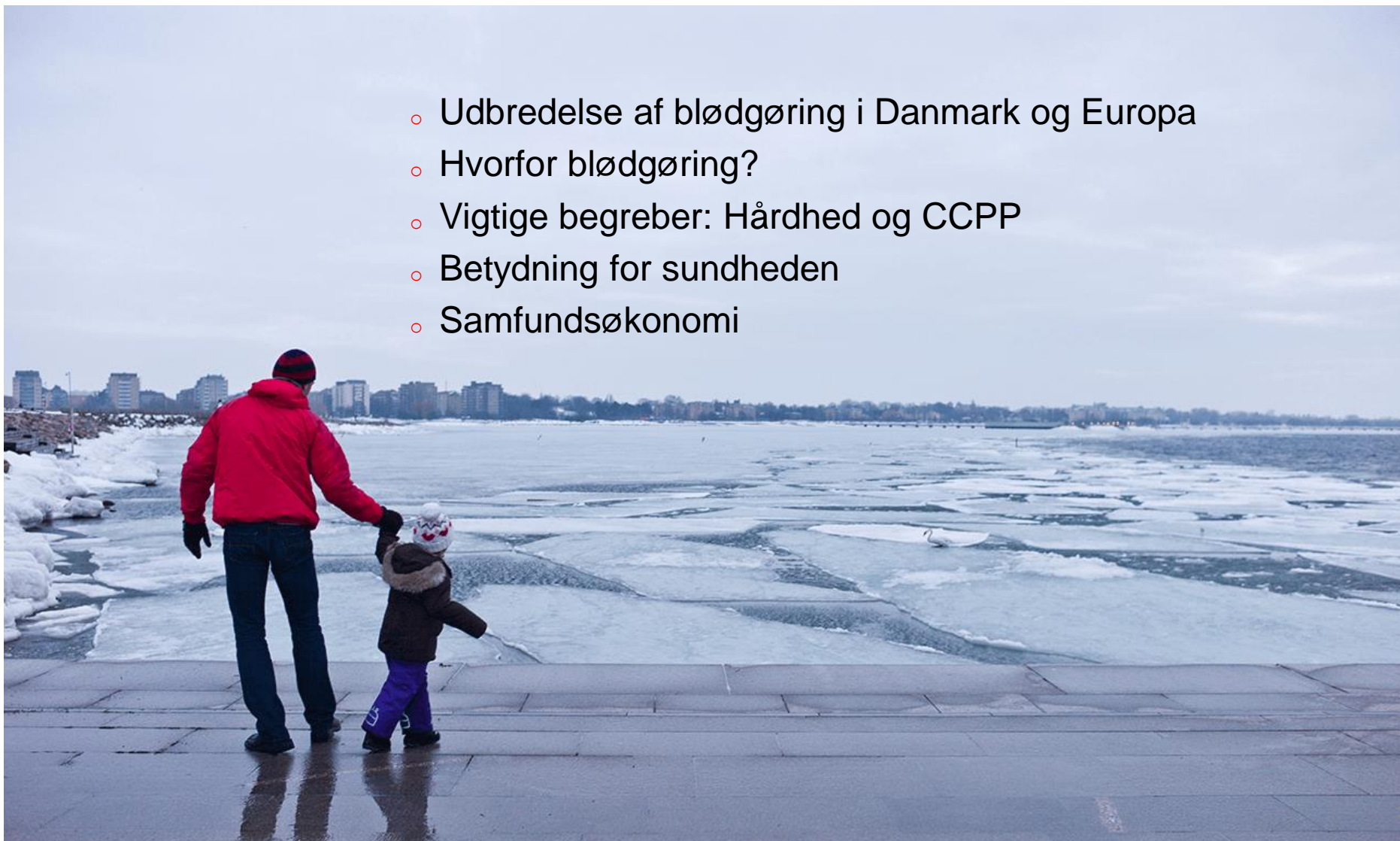
- *Drikkevandskvalitet*
- *Afløbskvalitet*
- *Korrosionsforhold*
- *Pladskrav*
- *Driftspersonale: pasning/uddannelse*
- *Sikkerhed/arbejds miljø*
- *Materialevalg / afsmitning*
- *Myndighedstilladelser*
- *Totaløkonomi*



# Introduktion til blødgøring



- Udbredelse af blødgøring i Danmark og Europa
- Hvorfor blødgøring?
- Vigtige begreber: Hårdhed og CCPP
- Betydning for sundheden
- Samfundsøkonomi



# Blødgøring udbredelse - eksempler

## Kalkpilleanlæg:

Udviklet i Holland i 1970'erne  
Meget benyttet i Holland. Desuden en del anlæg i f.eks. Tyskland, Frankrig og enkelte i Sverige, Danmark

## Membrananlæg:

Anlæg i f.eks. Danmark, Tyskland, Frankrig, Sverige, Holland

## Ionbytning:

Ikke tilladt i Tyskland. Få anlæg i andre lande: f.eks. Frankrig, Sverige, Holland og Danmark.

## CARIX:

Kun i Tyskland pt. – forsøgsanlæg i DK

## Elektrolyse:

Kun i Frankrig pt. – forsøgsanlæg i DK

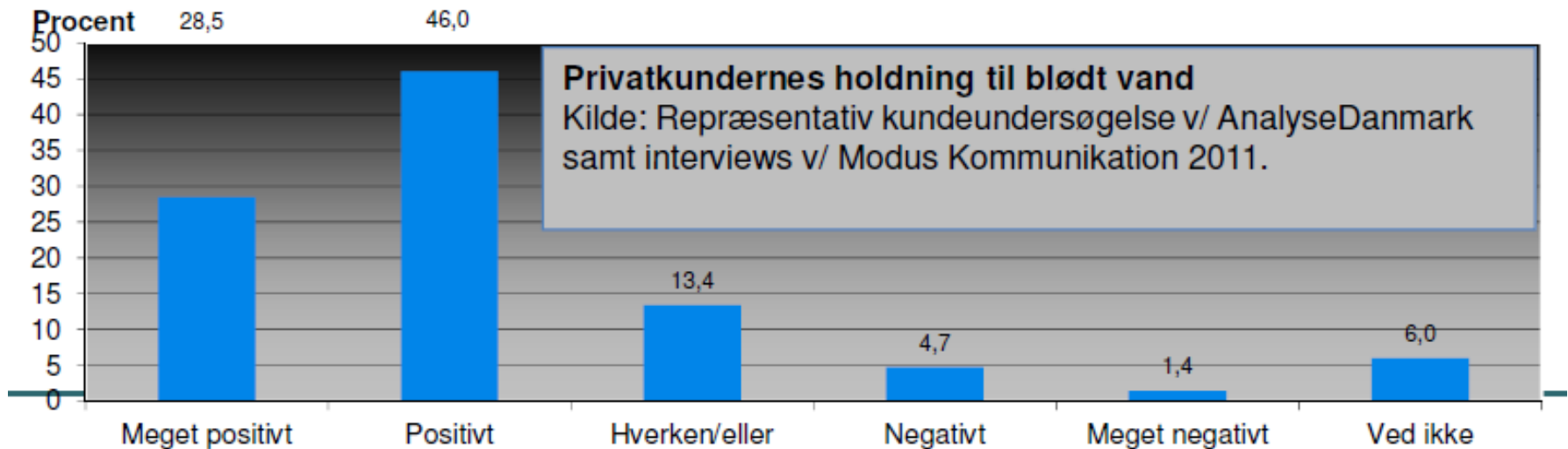
Blødgøring er en kendt og velafprøvet proces i Europa til drikkevandsbehandling

- 1970'erne -: Ionbytning og kalkpille
- 1990'erne -: CARIX
- 00'erne -: Elektrolyse og membranfiltrering



# Hvorfor blødgøring ?

- Ønsket af kunder – jf. bl.a. undersøgelser i København og Brøndby
- Private vægter især mindre rengøring og miljøaspekter
- Erhvervskunder og boligforeninger vægter primært økonomi.
- Mange overvejer eget blødgøringsanlæg



# Vandets hårdhed i Danmark

Vandets hårdhed måles i tyske hårdhedsgrader (°dH)

Den totale hårdhed bestemmes ud fra indholdet af calcium (Ca) og magnesium (Mg) i vandet:

$$\text{Total hårdhed} = [\text{Ca}] / 7,13 + [\text{Mg}] / 4,35$$

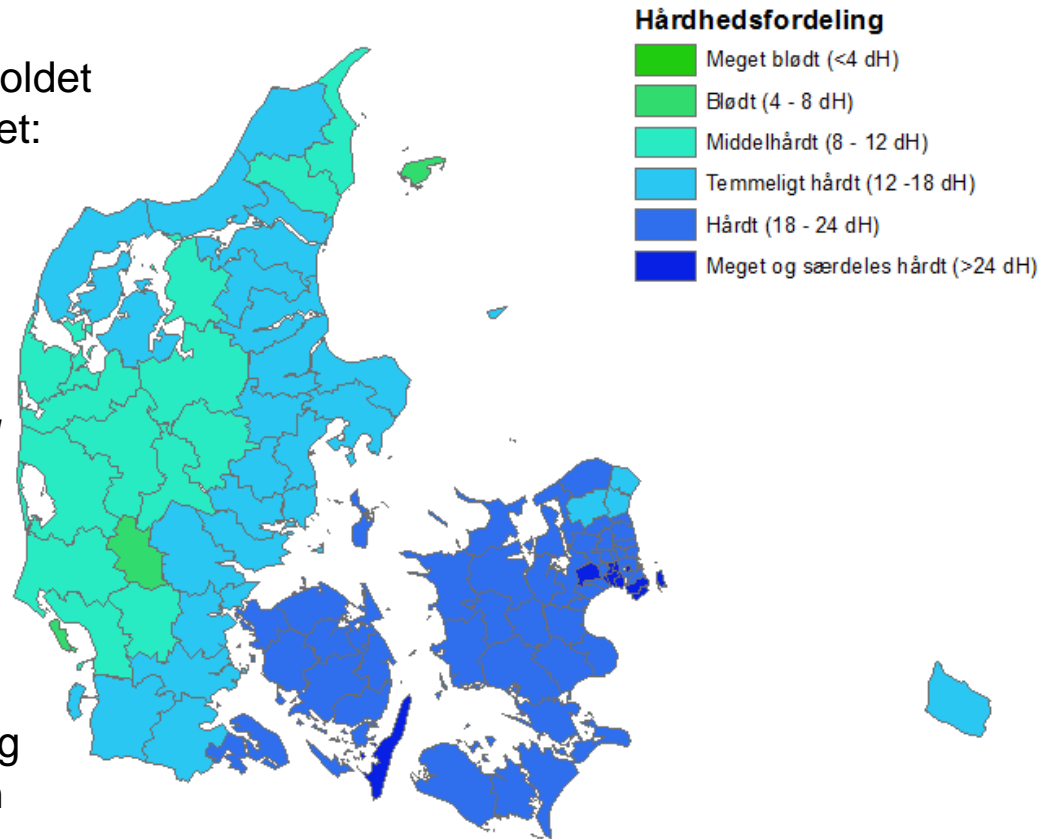
hvor koncentrationen angives i mg/l.

*Ex: Ca = 120 mg/l, Mg = 20 mg/l*

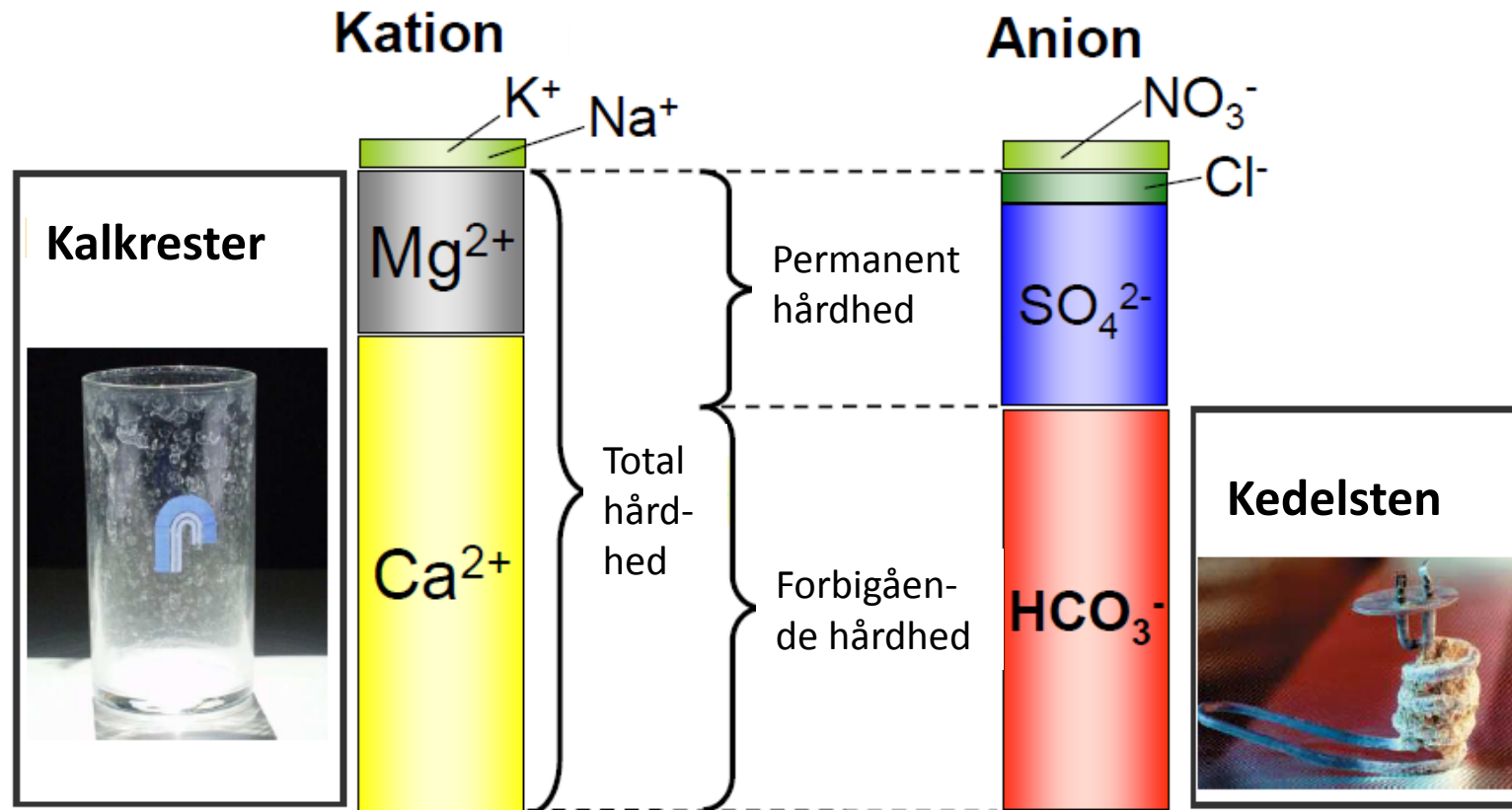
$$\text{Total hårdhed} = 120/7,13 + 20/4,35 = 21,4^\circ\text{dH}$$

I Danmark og udlandet blødgøres vand typisk til 6 – 12 °dH.

Ingen direkte krav til indholdet af calcium og magnesium i drikkevands-bekendtgørelsen (BEK 1068, Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg)



# Hårdhed definitioner



Total hårdhed = Forbigående + permanent hårdhed

# Kalkfældningspotentiale - CCPP

Kalkfældnings-potentialet = CCPP (Calcium Carbonate Precipitation Potential)

CCPP er en beregning der viser, hvor meget kalk der kan fælde ud i vandet. Beregnes med special-programmer, som er tilgængelige på nettet.



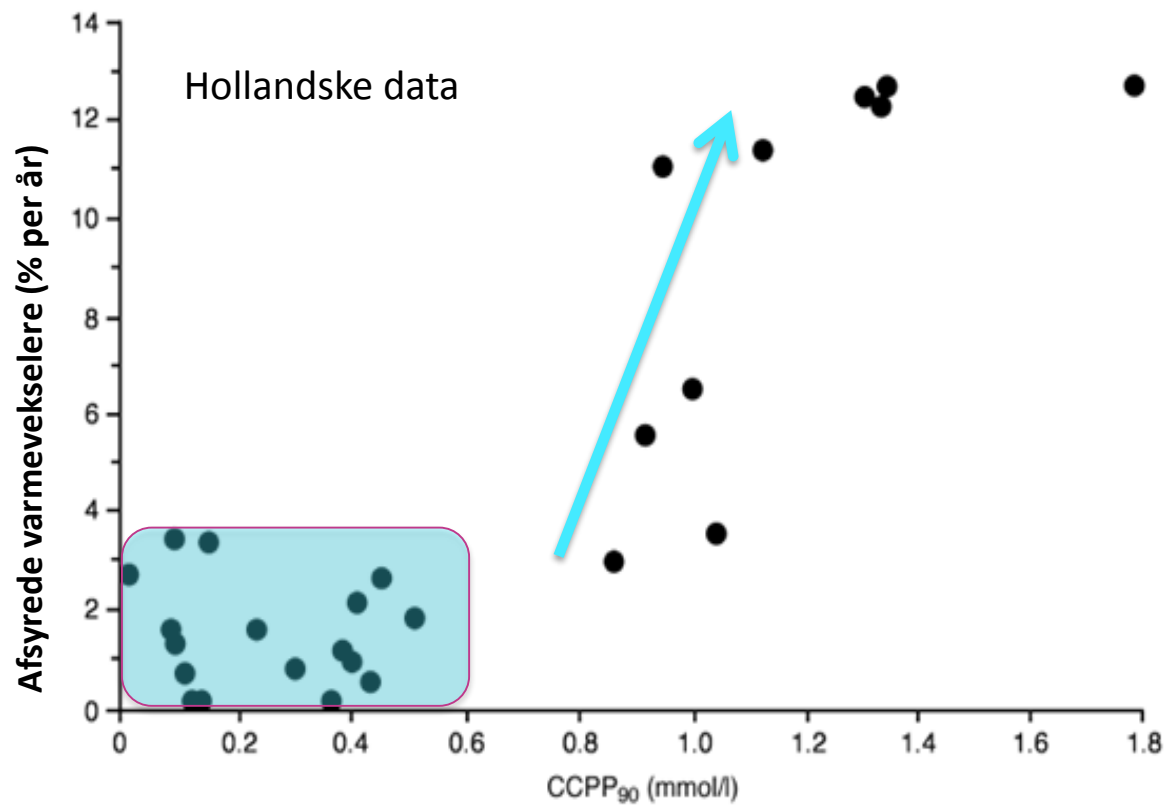
Vandets indhold af bl.a. calcium, magnesium, bikarbonat, pH og temperaturen har betydning for CCPP. Stigende værdier giver stigende CCPP.

CCPP<sub>90</sub> ønskes typisk under 40 - 60 mg/l kalk ved 90 grader C for at forbrugerne ikke oplever gener med kalkudfældninger (erfaringer fra Holland og Tyskland).

Ingen direkte krav til CCPP<sub>10</sub> i drikkevands-bekendtgørelsen (BEK 1068, Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg), men vandet må ikke være aggressivt = kalkopløsende = CCPP<sub>10</sub> < 0 mg/l



# CCPP målinger i Holland



# Kalkfældning og hårdhed

- Lavere hårdhed =

- *Mindre saltforbrug*
- *Mindre sæbeforbrug*



- Lavere kalkfældningspotentiale =

- *Mindre kalk i ledningsnet*
- *Mindre kalk på varmelegemer og varmevekslere*
- *Mindre kalk på fliser og overflader*
- *Mindre forbrug af kemikalier (syre)*
- *Øget levetid af varmevekslere og lign.*



# Blødgøring: eksempel på effekter



## Positive effekter

- Reduktion af kalkbelægninger i installationer (CCPP reduceres)
  - *Energiforbrug reduceres*
- Mindre forbrug af sæbe (reduceret hårdhed)
  - *Vaskemaskine, personlig hygiejne*
- Mindre forbrug af kemikalier i husholdninger (lavere CCPP)
  - *Afkalkning af elkedler, perlatorer etc.*
- Øget levetid for husholdningsapparater, vandvarmere etc. (lavere CCPP)

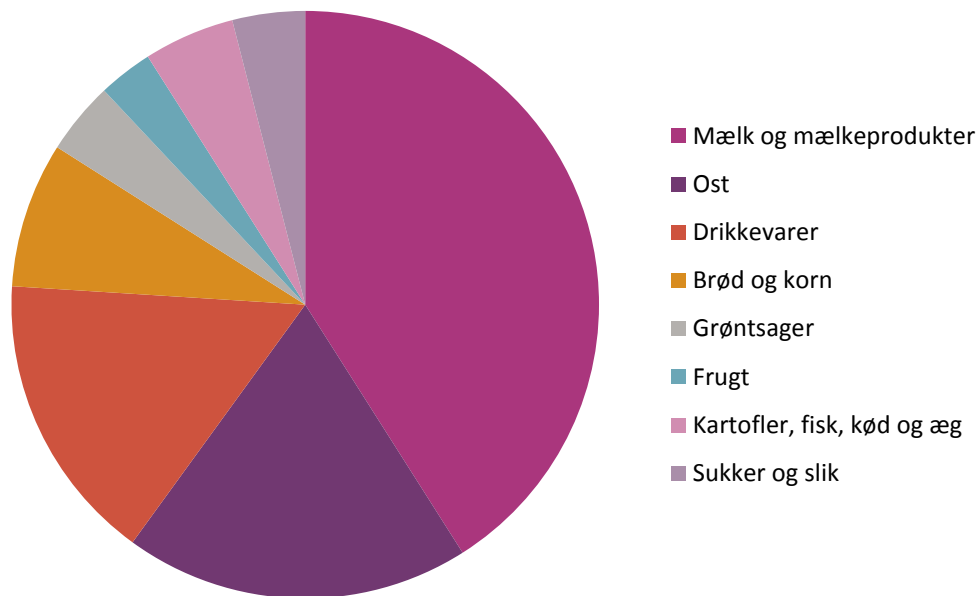


## Negative effekter

- Stigende vandpriser/driftsomkostninger
  - *Investeringer i nyt anlæg*
  - *Øgede driftsomkostninger til pasning/kemikalier/udstyr*
- Ændringer i vandkemi
  - *Sundhedseffekter*
    - Mindre: Ca, Mg, F
    - Mere: Na
  - *Korrosionsforhold ændres*
- Øget centralt energiforbrug
- Øget spildevandsproduktion
  - *Afhængig af blødgøringsmetode*

# Calcium i kosten i Danmark

## Fordeling af calciumbidrag til kosten



### Voksen:

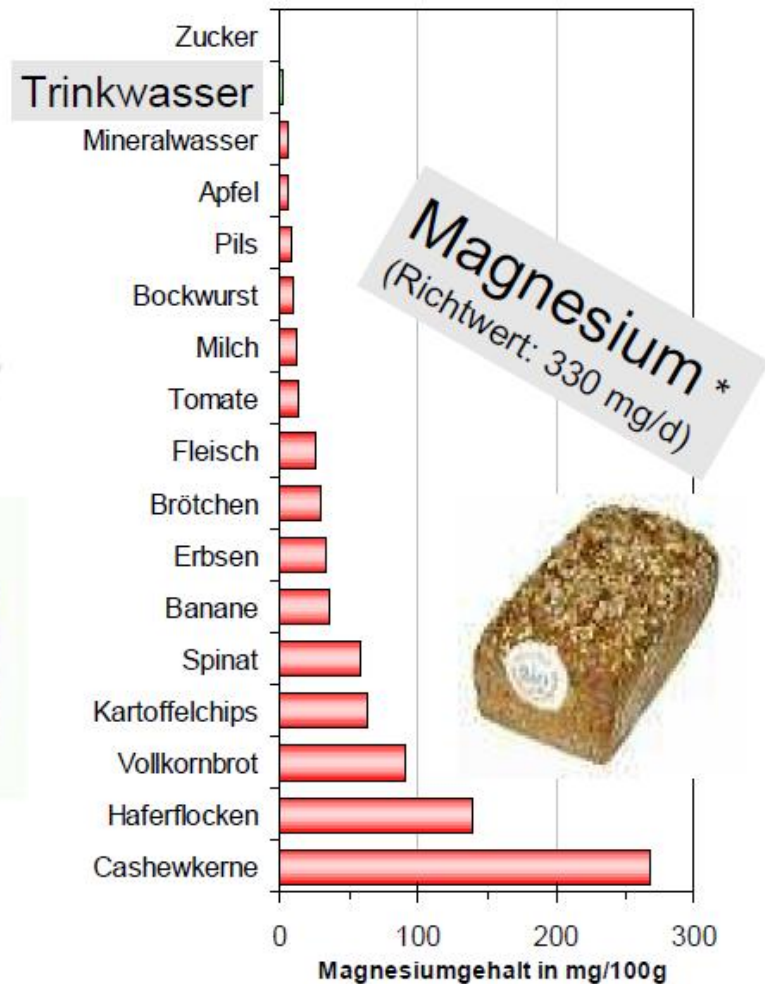
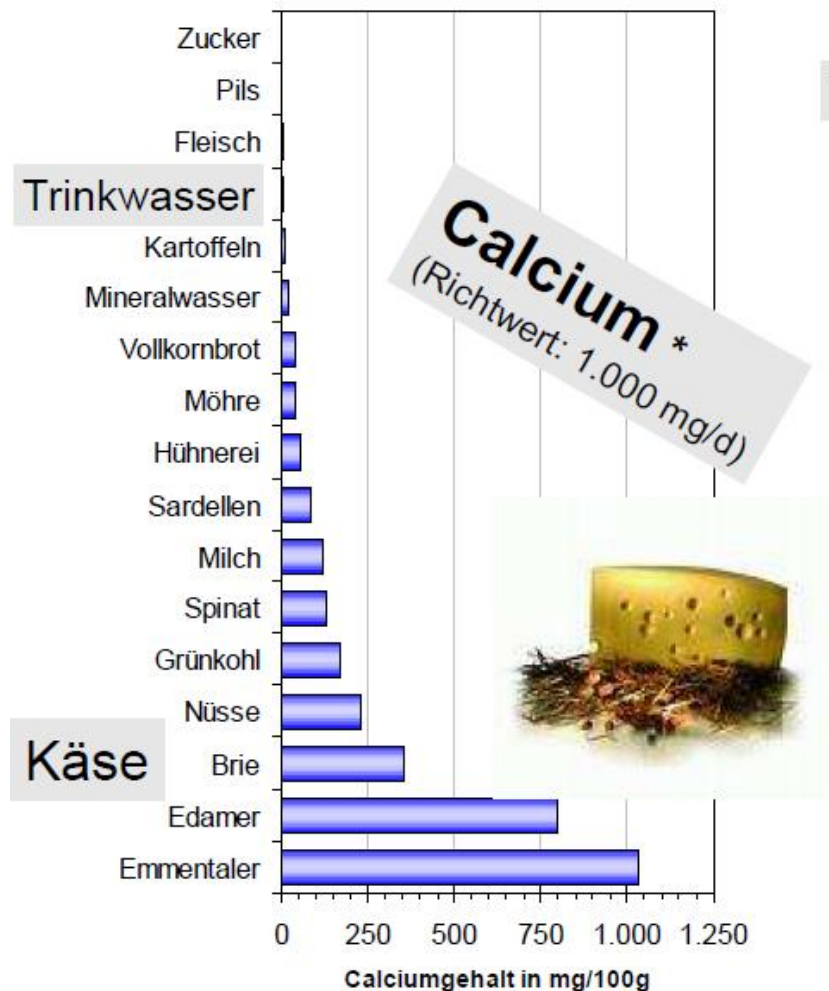
Anbefalet indtag: 800 mg Ca/dag

Optag i gennemsnit: 1000 – 1100 mg/dag

Hårdt vand: ca. 120 mg/l, blødt vand: ca. 40 mg/l

Ved indtag af 1 – 2 L vand/dag = 80 – 160 mg/l mindre calcium

# Kilder til calcium og magnesium – tyske data



# Sundhedseffekt af blødgøring

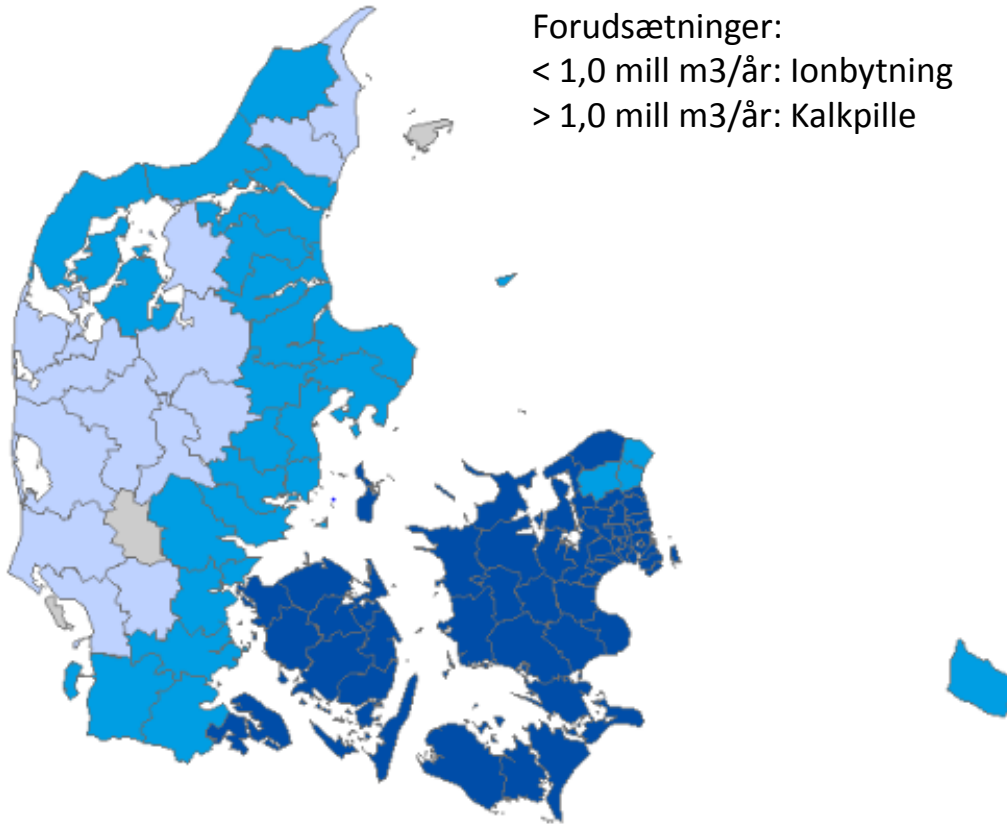
|              | Kalkpille | Ionbytning | Membran | CARIX | Vandkvalitetskrav (mg/l) | Eksempel på mulig sundhedsmæssig betydning |
|--------------|-----------|------------|---------|-------|--------------------------|--|
| Calcium      | ↓         | ↓          | ↓       | ↓     | -                        | Caries, knogleskørhed                      |
| Magnesium    | ↔         | ↓          | ↓       | ↓     | -                        | Hjertekar sygdomme                         |
| Flourid      | ↓         | ↔          | ↓       | ↔     | < 1,5                    | Caries                                     |
| Natrium      | ↑ (↔)     | ↑          | ↓       | ↔     | < 175                    | Blodtryk                                   |
| Tungmetaller | ↓, ↔      | ↔          | ↓       | ↔     | -                        | -  |

**”Styrelsen for Patientsikkerhed vurderer at de små ændringer i mineral-indholdet, som hver blødgøringsmetode vil give, generelt ikke vil medføre en signifikant forskel i måden hvorpå blødgøringsmetoderne vil påvirke de sundhedsmæssige effekter af en central blødgøring af drikkevandet.”**

**”Den samlede sundhedsmæssige effekt af blødgøring anses af Styrelsen for Patientsikkerhed dog som værende meget begrænset. Dette skyldes primært et højt mineralindtag igennem kosten, hvorfor mineralindtaget fra drikkevand ikke anses som være afgørende for sundheden.”**

# Samfundsøkonomisk gevinst ved blødgøring

Forudsætninger:  
< 1,0 mill m<sup>3</sup>/år: Ionbytning  
> 1,0 mill m<sup>3</sup>/år: Kalkpille



- Samfundsøkonomisk gevinst ved at blødgøre til 14dH eller lavere
- Samfundsøkonomisk gevinst ved at blødgøre til 6dH
- Usikkerhed om samfundsøkonomisk gevinst ved at blødgøre til 6 dH
- Sandsynligvis ingen samfundsøkonomisk gevinst ved blødgøring

Beregnet samfundsøkonomisk gevinst ved blødgøring til:

- 6 ° dH: 33 mia DK
- 10 ° dH: 22 mia DK
- 14 ° dH: 17 mia DK

(beregnet som netto nutidsværdi ekskl. sundheds-effekter /Blødt vand i en cirkulær økonomi, 2017, Rambøll - Miljøstyrelsen)

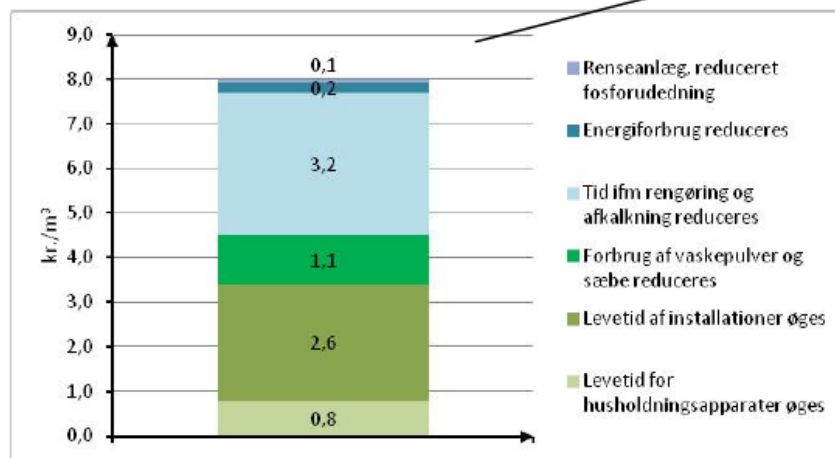
**Alle alternativer er samfundsøkonomisk rentable**

- Størst gevinst for private husholdninger
- Særligt vandforbrugende virksomheder vil opleve let forøgede omkostninger

# Samfundsøkonomi – eksempel HOFOR

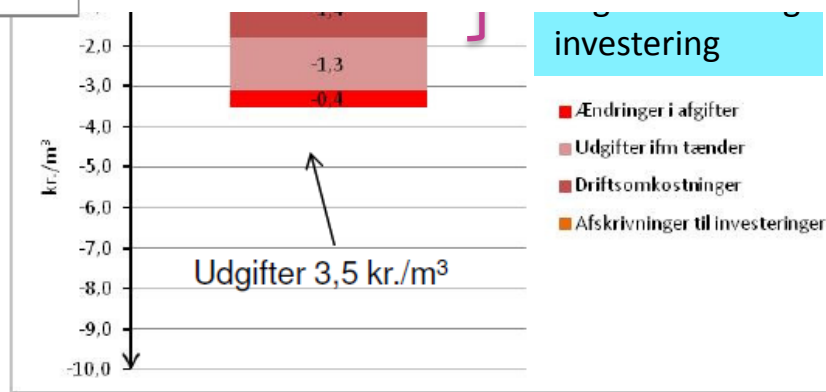
## Samfundsøkonomien

Besparelser 7,9 kr./m<sup>3</sup>



En familie på 4 personer kan opnå en årlig besparelse på ca. 500 kr. For at høste besparelsen fordrer det, at kunderne ændrer adfærd (bruger mindre sæbe m.v.).

Besparelser 7,9 kr./m<sup>3</sup>  
 Udgifter 3,5 kr./m<sup>3</sup>  
**Nettobesparelse 4,4 kr./m<sup>3</sup>**



Indregnet alle kendte fordele og ulemper. Kilde: COWI  
 "Samfundsøkonomisk vurdering af blødgøring af vand til husholdninger i HOFOR's ejerkommuner", 27. marts 2014.

Posten "ændring i afgifter": en sum af, hvad en forbruger sparer i afgifter relateret til vandforsyning samt hvad der betales mere i afgift på andre varer.



- Princip for blødgøringsanlæg
- Metoder til reduktion af kalkudfældning (ikke blødgøring)
- Kalkpilleanlæg
- Traditionel ionbytning
- CARIX ionbytning
- Membranfiltrering (LPRO)
- Elektrolytisk



# Blødgørings-teknologier til central blødgøring

| Teknologi<br>(mest relevante pt.) |                            | Typisk effektivitet |           | Typisk<br>anlægskapacitet |
|-----------------------------------|----------------------------|---------------------|-----------|---------------------------|
|                                   |                            | Calcium             | Magnesium | m <sup>3</sup> /time      |
| 1                                 | Kalkpille (pellet)         | 70 - 90 %           | < 5 %     | 50 – 2000                 |
| 2                                 | LPRO membranfiltrering     | 95 %                | 95 %      | 5 – 500                   |
| 3                                 | Traditionel ionbytning     | 99 %                | 99 %      | 5 – 200                   |
| 4                                 | CARIX ionbytning           | 50 - 75 %           | 50 - 75 % | 25 – 600                  |
| 5                                 | Elektrolytisk kalkfældning | < 50 %              | < 50 %    | 10 – 300                  |

Teknologier, der ikke blødgør, men har eller kan have en effekt på kalkudfældningen:

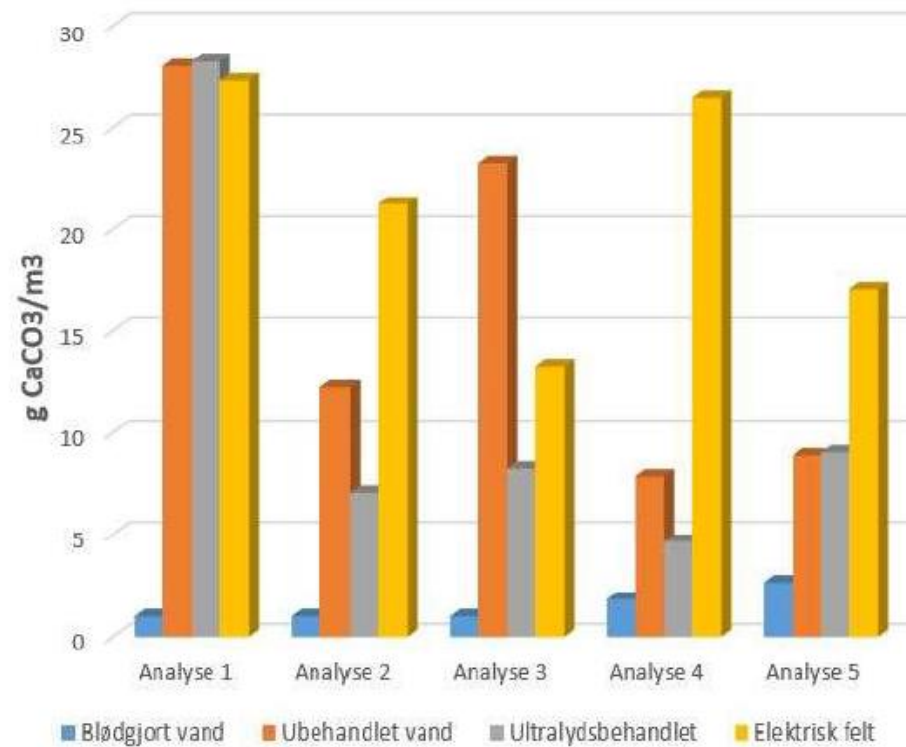
- Kuldioxid dosering (✓),
- Ultralyd/'kalkknuser' (?)
- Magnet (?)

*Nye teknologier under udvikling: f.eks. PAS (kemikaliefri kalkudfældning i store tanke)*

# Kalkaflejring i varmevekslere – Odense forsøg



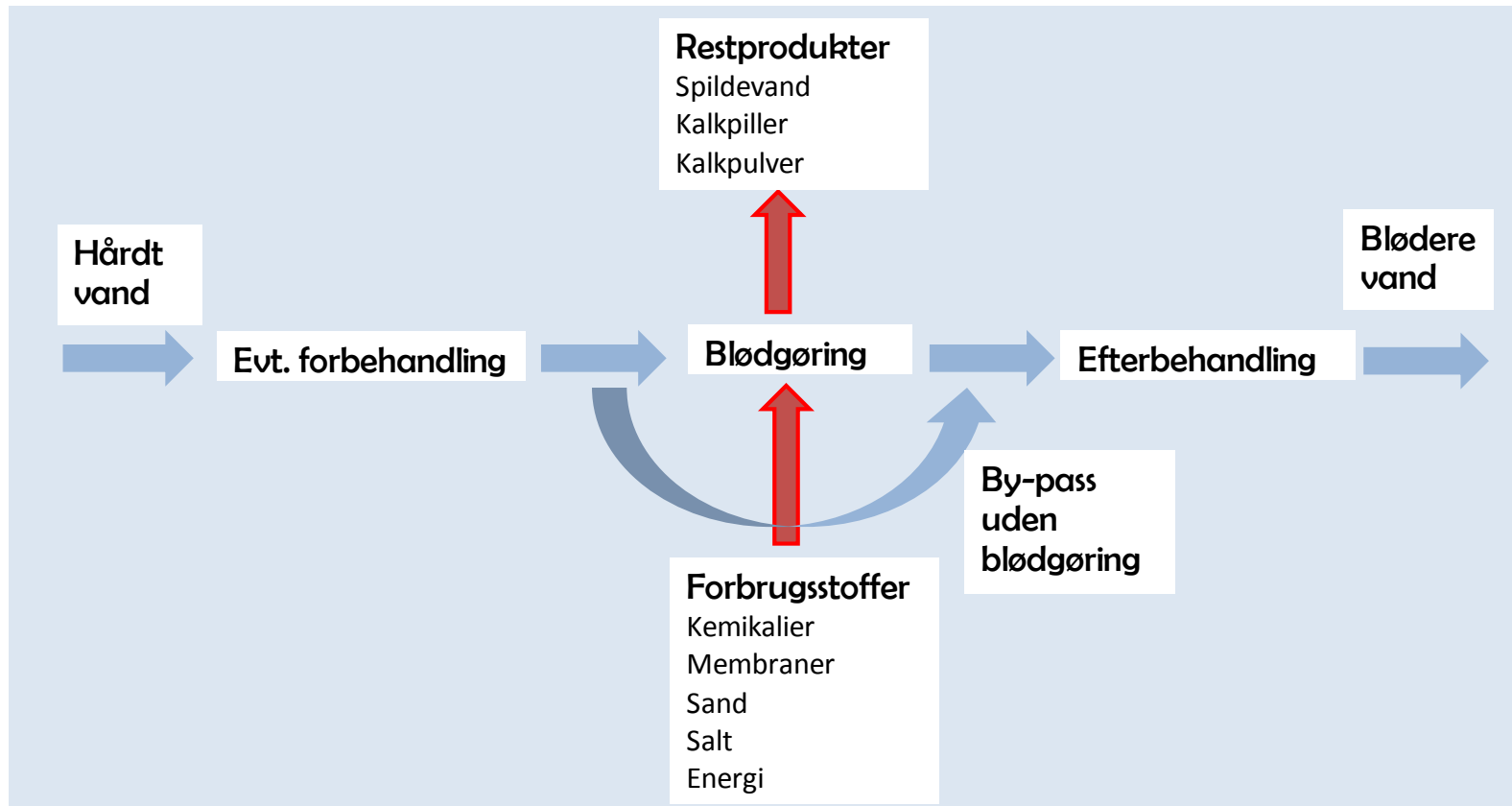
Samlet kalkudfældning i veksler + filter



# Princip for blødgøring

## Typisk spildevandsmængde ved blødgøring - i forhold til produktionen:

- Membranfiltrering og CARIX: 5 - 12 %
- Kalkpilleanlæg, elektrolyse og ionbytning: 1 - 4 %

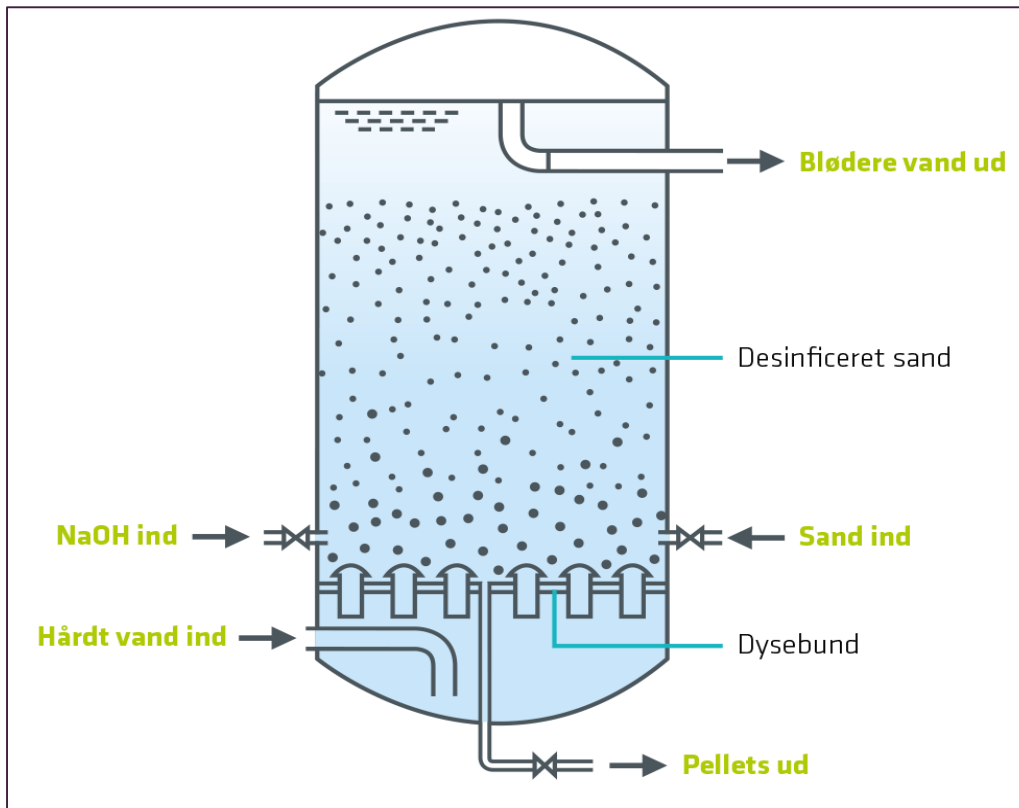
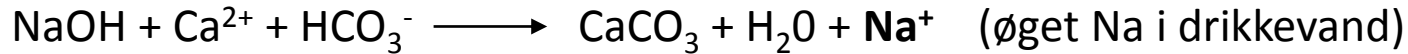


## Typisk by-pass:

- Membranfiltrering og ionbytning: 40 - 60 %
- Kalkpilleanlæg, elektrolyse og CARIX: 0 - 25 %

# Kalkpille (pellet) blødgøring princip

## Tilsætning af lud eller kalk:



- Lav spildevandsprod. ( 1%)
- Lavt energiforbrug
- Fjerner ikke magnesium

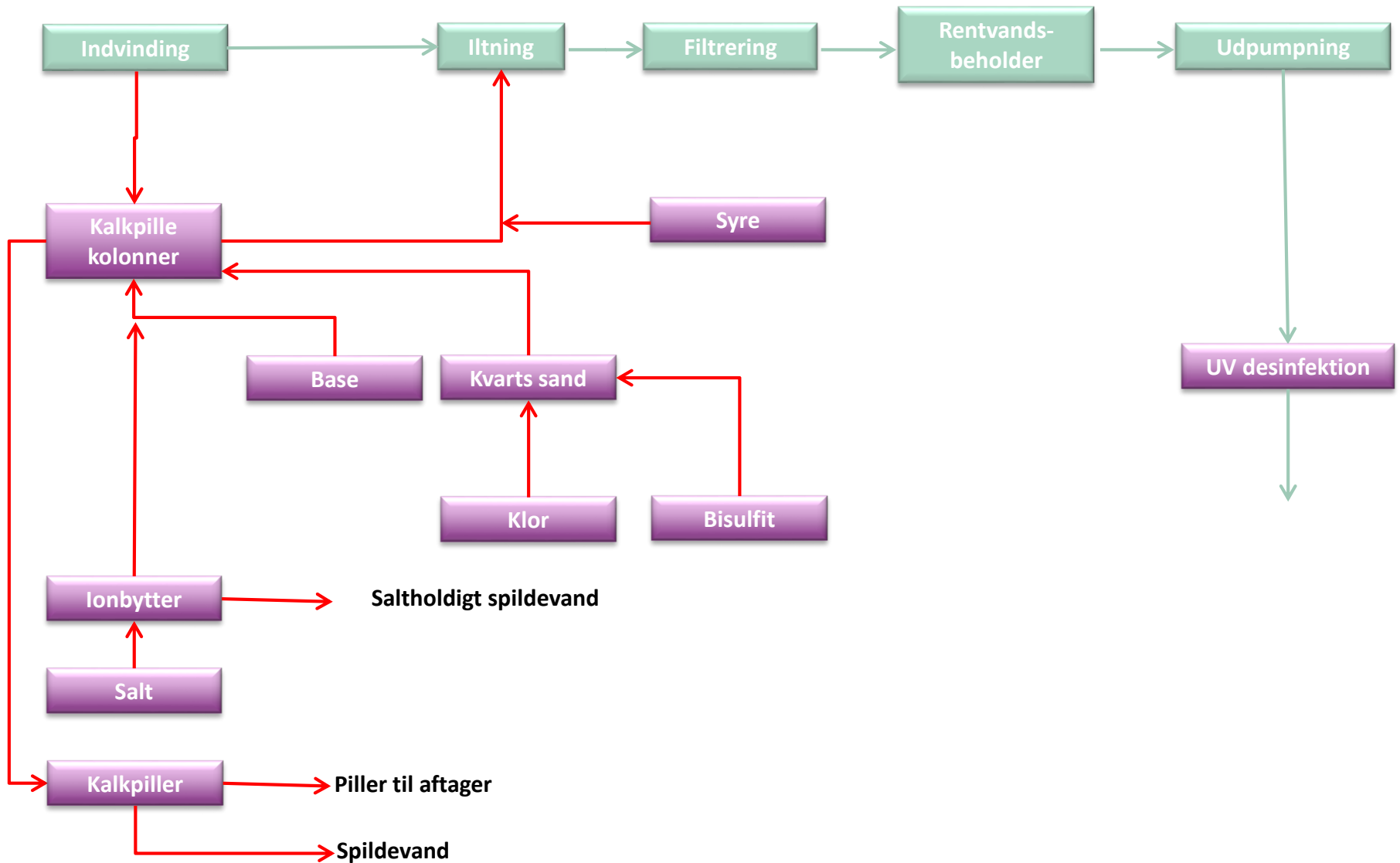


- Relativ stor kemikalietilsætning
- Tilfører natrium
- Pasningskrævende
- Bedst funktion ved stabil drift
- 60 -100 % driftsområde
- Højdekævende

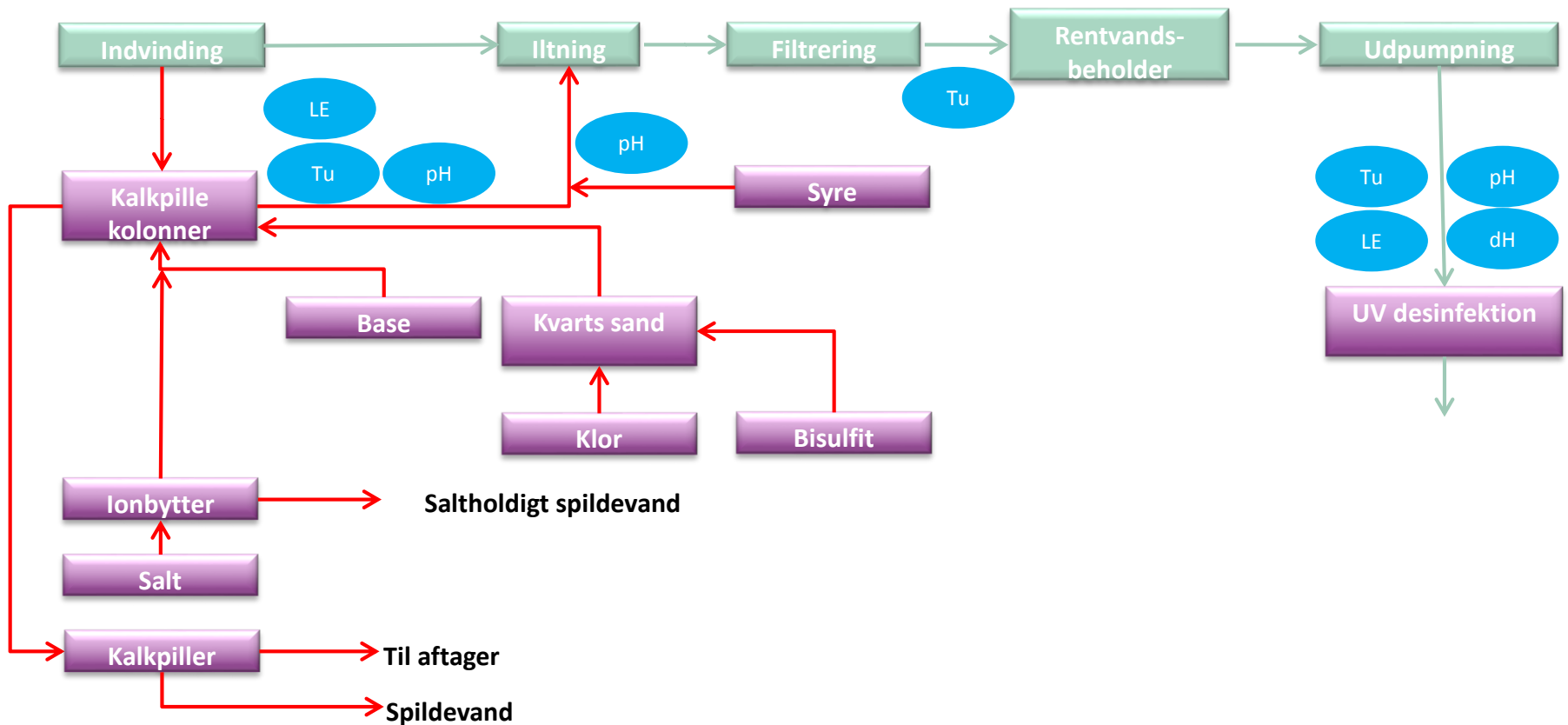
# Principdiagram for traditionel vandbehandling



# Principdiagram for kalkpille blødgøring



# Instrumenterings-eksempel





# Forbrug af hjælpestoffer og produktion af spild

- Kalkpilleproduktion (med lud) =  $20 * (°dH, råvand - °dH, rentvand) \text{ g/m}^3$
- Sandforbrug =  $1 - 2 * (°dH, råvand - °dH, rentvand) \text{ g/m}^3$
- NaOH, lud =  $8 - 13 * (°dH, råvand - °dH, rentvand) \text{ g/m}^3$
- Kuldioxid = typisk  $10 - 20 \text{ g/m}^3$
- Tilførsel af natrium til rentvand =  $4,5 - 7,5 * (°dH, råvand - °dH, rentvand) \text{ mg/l}$

## Eksempel:

### Forudsætninger

*Produktion af 350.000 m<sup>3</sup>/år,*

*Hårdhed råvand = 20 °dH*

*Hårdhed rentvand = 10 °dH*

*Natriumindhold i råvand = 65 mg/l*



### Forbrug og spild

*Produktion af kalkpiller =  $20 * (20 - 10) * 350.000 / 1000 = 70.000 \text{ kg/år}$*

*Sandforbrug =  $1,5 * (20 - 10) * 350.000 / 1000 = 5.250 \text{ kg/år}$*

*Ludforbrug =  $10 * (20 - 10) * 350.000 / 1000 = 35.000 \text{ kg/år (100\%)} = 130.000 \text{ kg/år (27\%)}$*

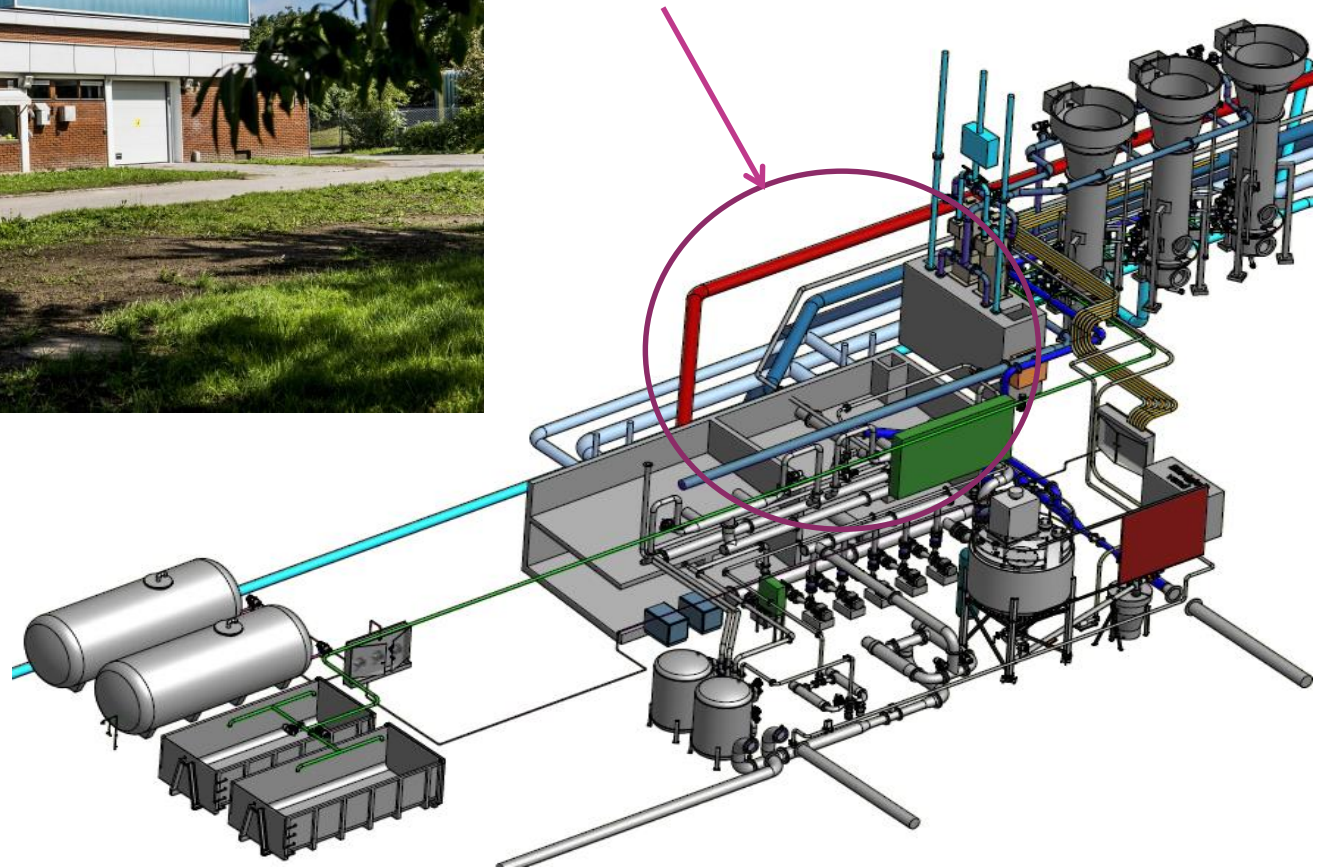
*Kuldioxidforbrug =  $15 * 350.000 / 1000 = 5.250 \text{ kg/år (100\%)}$*

*Natrium i rentvand =  $5,75 * (20 - 10) + 65 = 123 \text{ mg/l}$*

# Kalkpilleanlæg – Brøndby – 230 m<sup>3</sup>/time



Traditionel vandbehandling  
med iltning og filtrering



# Kalkpillekolonner 3 stk á 95 m<sup>3</sup>/time



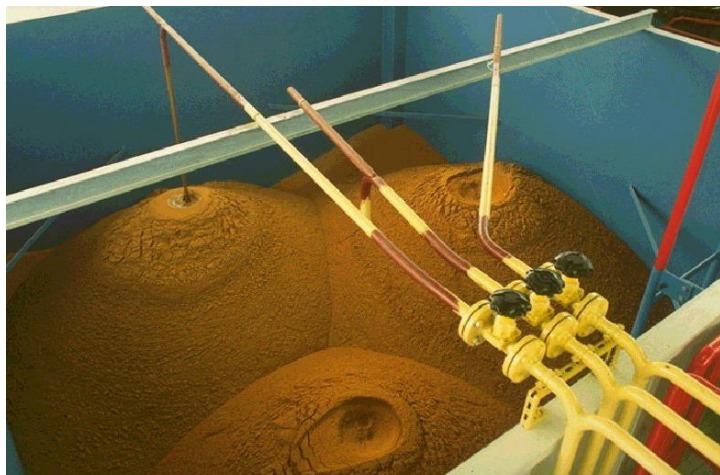
# Lud anlæg



# Sandlagersilo og sandvask



# Kalkpillelager og kuldioxidtank



# On-line målinger og krav



## **On-line målinger:**

Turbiditet  
pH  
Ledningsevne  
Temperatur  
Hårdhed  
Opløst ilt

## **Myndighedskrav:**

Specifikke krav fra myndigheder mht. overvågning af vandkvalitet online og ved laboratorieanalyser samt krav om årlig driftsrapport for anlægget.

# HOFOR: Blødt vand 2024 til København



**7 regionale vandværker  
ny-/ombygges med blødgøring**

**Kapacitet:  
500 – 2000 m<sup>3</sup>/time/vandværk**

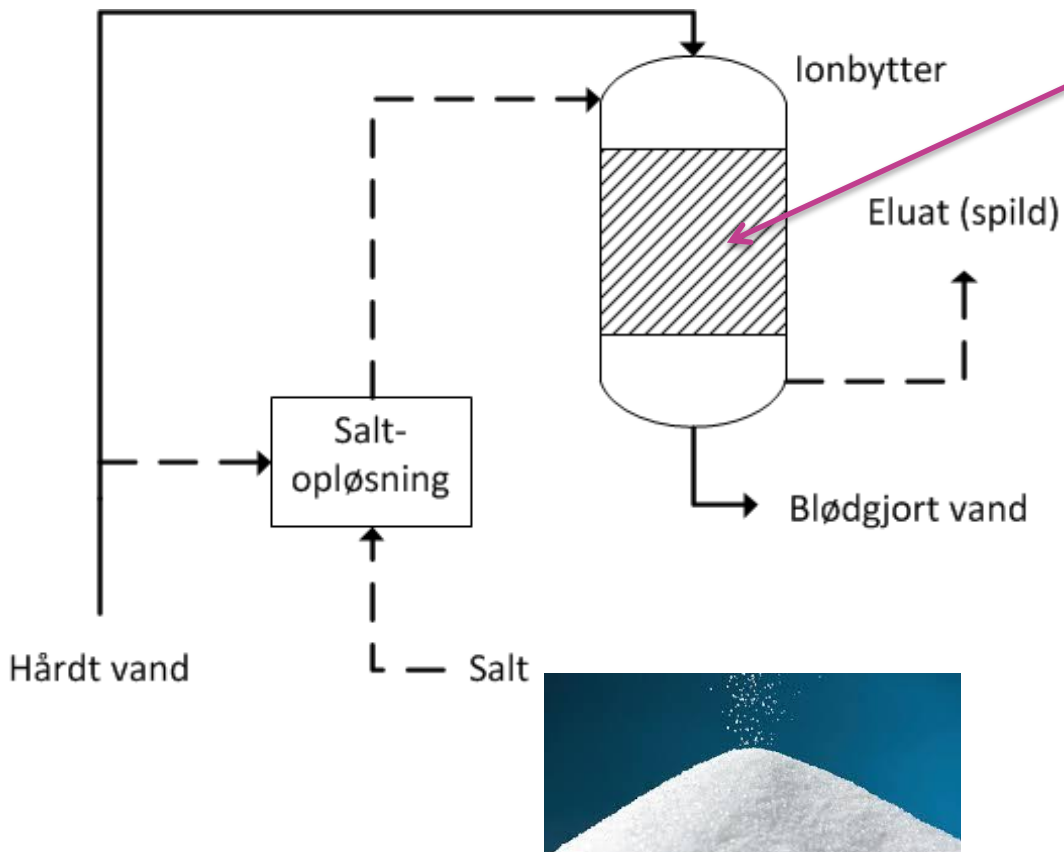
**Produktion af ca. 50 million  
m<sup>3</sup> vand per år**

**Blødgøring fra 18 – 22 til 10  
°dH ved kalkpillemetoden**

| Forbrug/produktion    |                | Per døgn | Per år |
|-----------------------|----------------|----------|--------|
| Natriumhydroxid (27%) | m <sup>3</sup> | 50       | 18.000 |
| Kvartssand            | ton            | 1,5      | 550    |
| Kuldioxid             | ton            | 2,5      | 900    |
| Kalkpilleproduktion   | ton            | 25       | 9.000  |



# Traditionel ionbytning - princip



## Ionbytter materiale

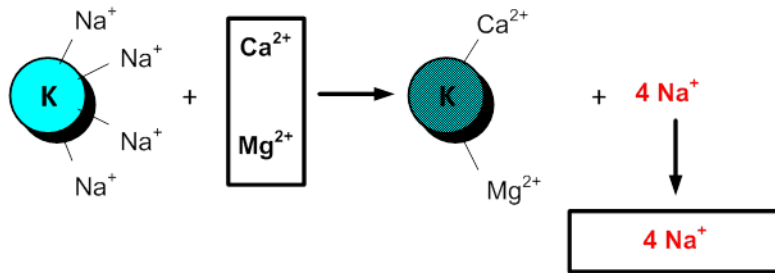


- Lav spildevandsprod.(1 – 4 %)
- Lavt energiforbrug
- Billig i drift og anlæg
- Let at passe
- 25 – 100 % driftsområde



- Relativ stor kemikalietilsætning
- Tilfører natrium til vandet
- Fjerner ikke hydrogencarbonat

# Ionbytning princip

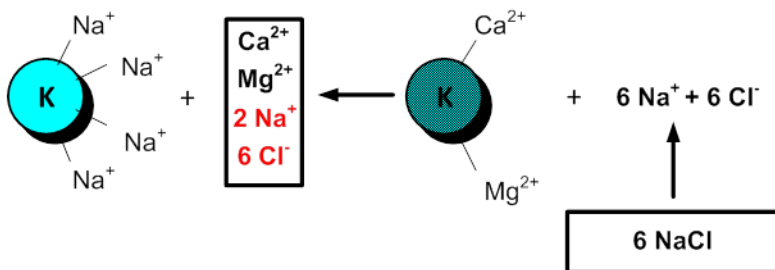


## Blødgøring:

Ved blødgøringen tilføres Natrium (Na) til rentvandet. Ved blødgøring fra f.eks.  $30^\circ\text{dH}$  til  $12^\circ\text{dH}$  øges Na med ca. 150 mg/l i vandet.

+ 8,2 mg/l Na til rentvandet per  $^\circ\text{dH}$  reduktion

Eksempel fra kalkpilleanlæg: Natriumindhold i rentvand =  $65 + 82 = 147 \text{ mg/l Na}$



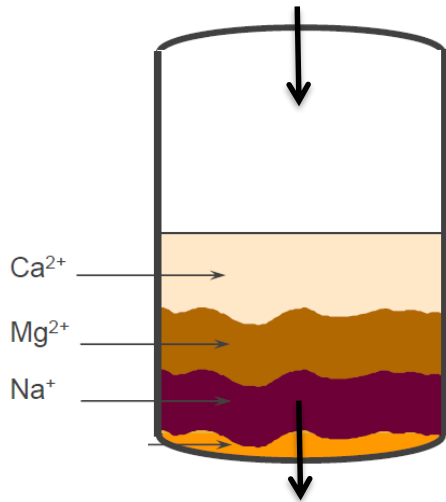
## Regenerering:

Regenereringen foretages med kogsaltopløsning ( $\text{NaCl}$ ). Spildvandet indeholder både den fjernede hårdhed og overskud af  $\text{Na} + \text{Cl}$  fra regenereringen.

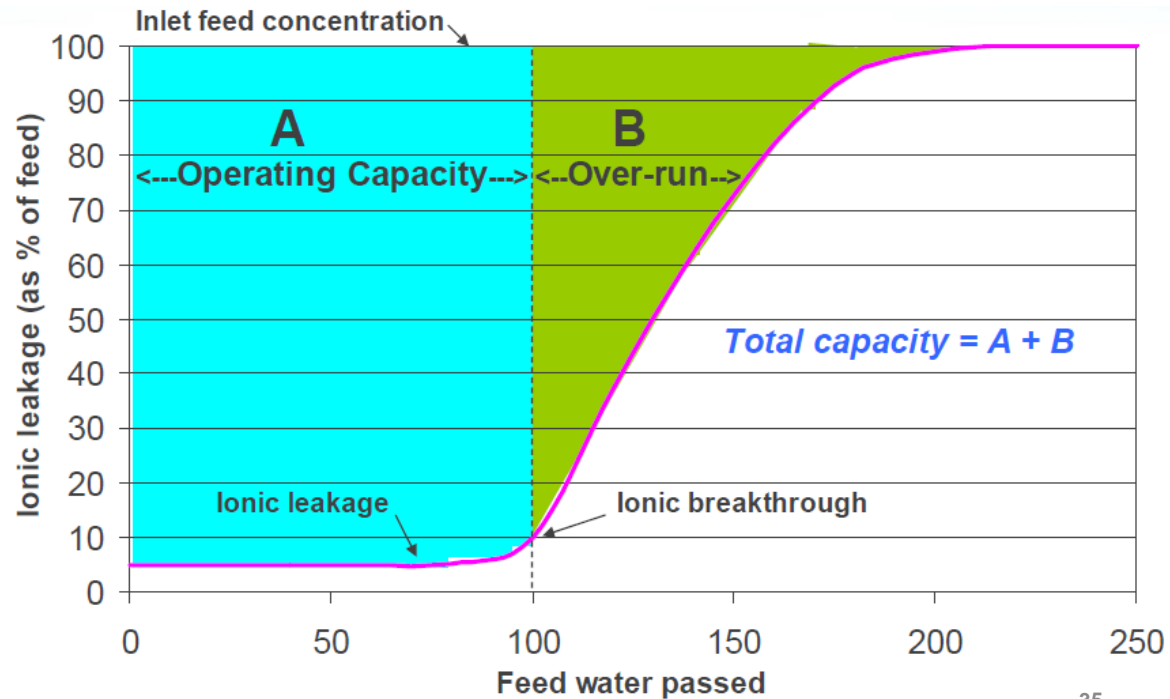
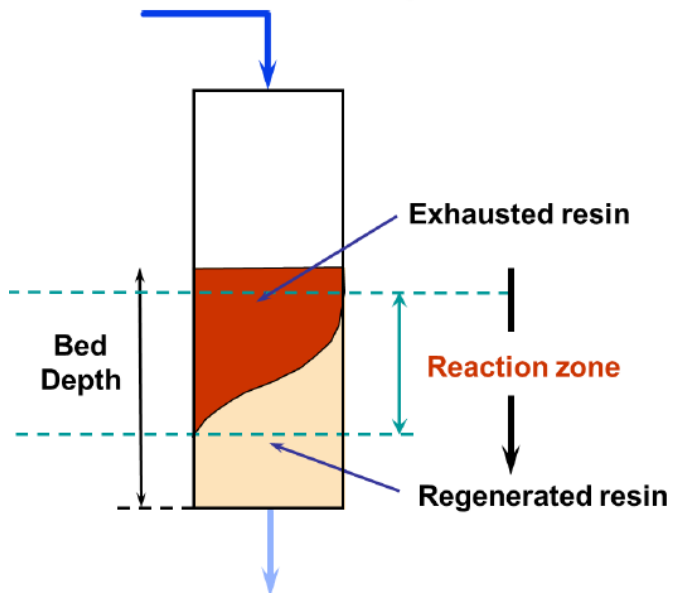
Vejl. forbrug af salt:  $30 - 40 \text{ g/m}^3/^\circ\text{dH}$  reduktion

Eksempel fra kalkpilleanlæg: saltforbrug =  $122.500 \text{ kg NaCl/år}$  ( $0,35 \text{ kg/m}^3$  vand)

# Ionbytning og regenerering



Selektivitet for ioner: Ba > Sr > Ca > Mg > K > Na

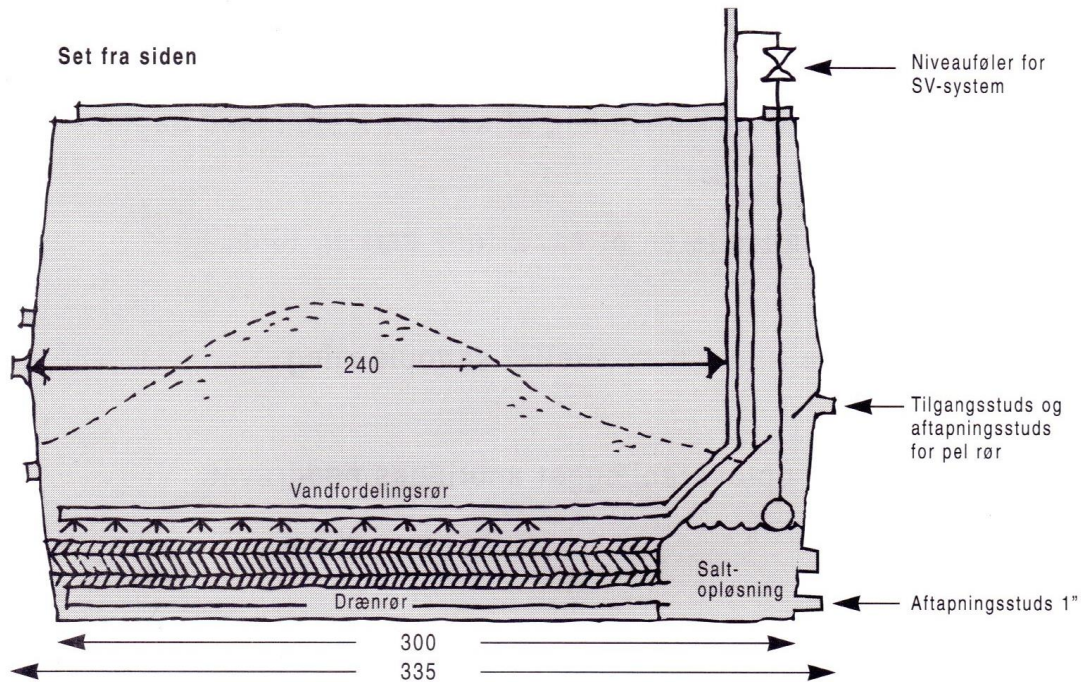


# Tårnby Vandværk – 50 m<sup>3</sup>/time – 30 til 19 °dH

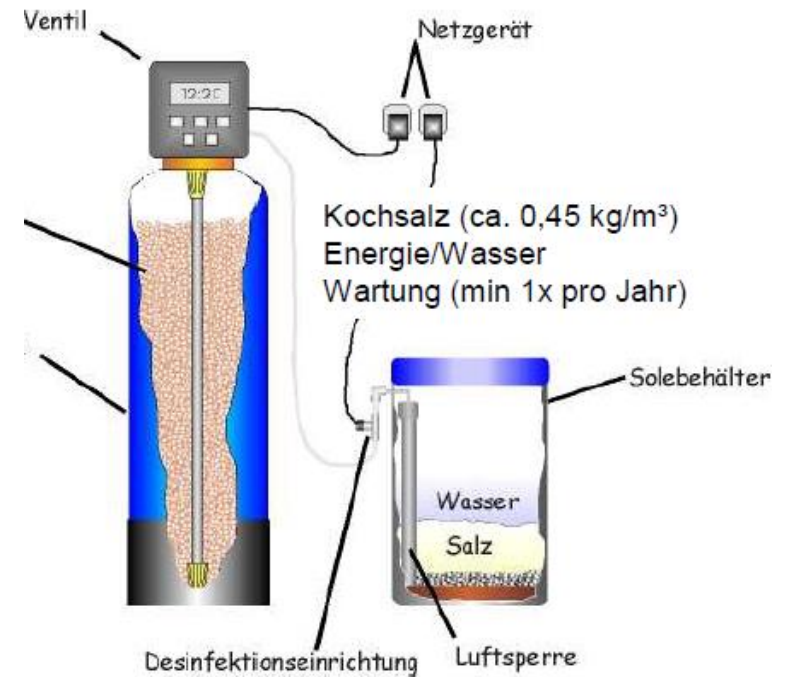
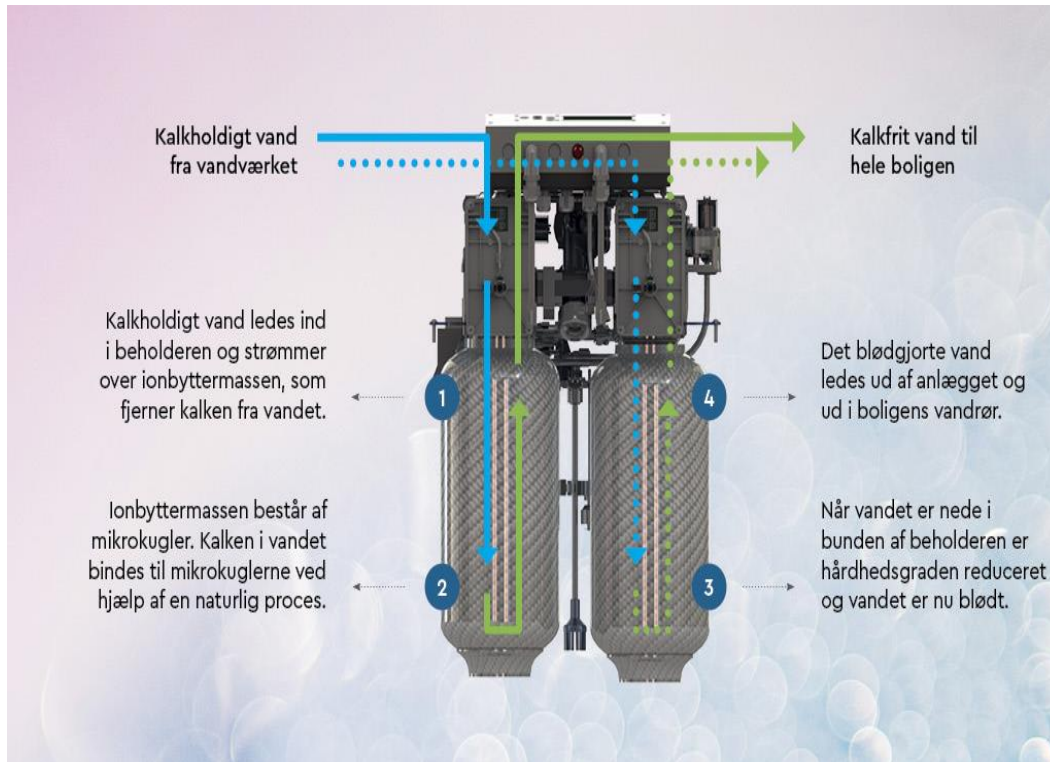


# Saltopløser

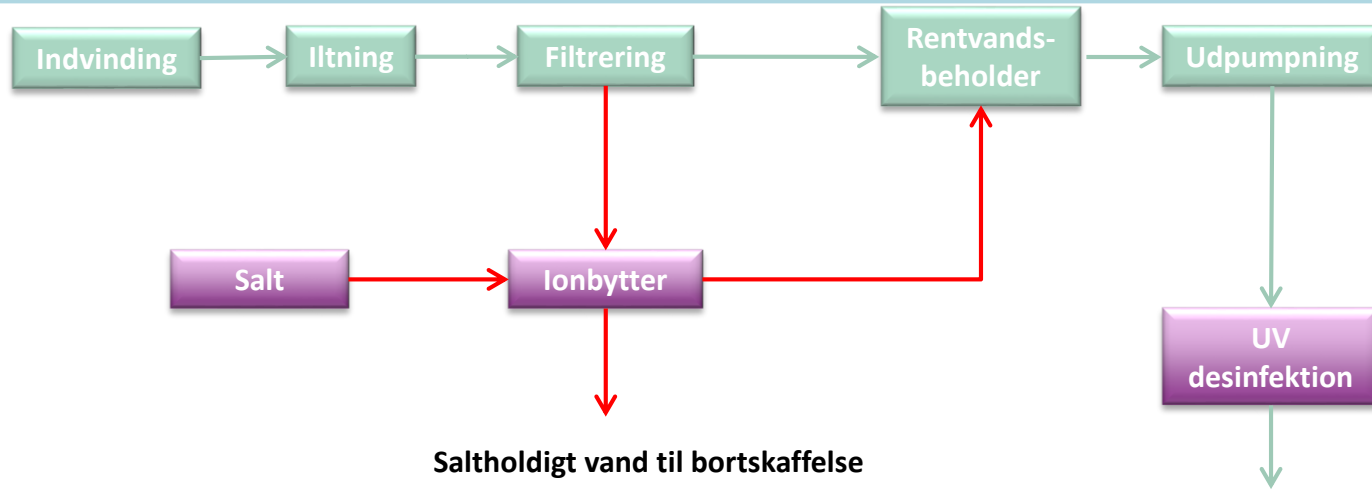
NB: vær opmærksom på risiko for saltstøv ved påfyldning



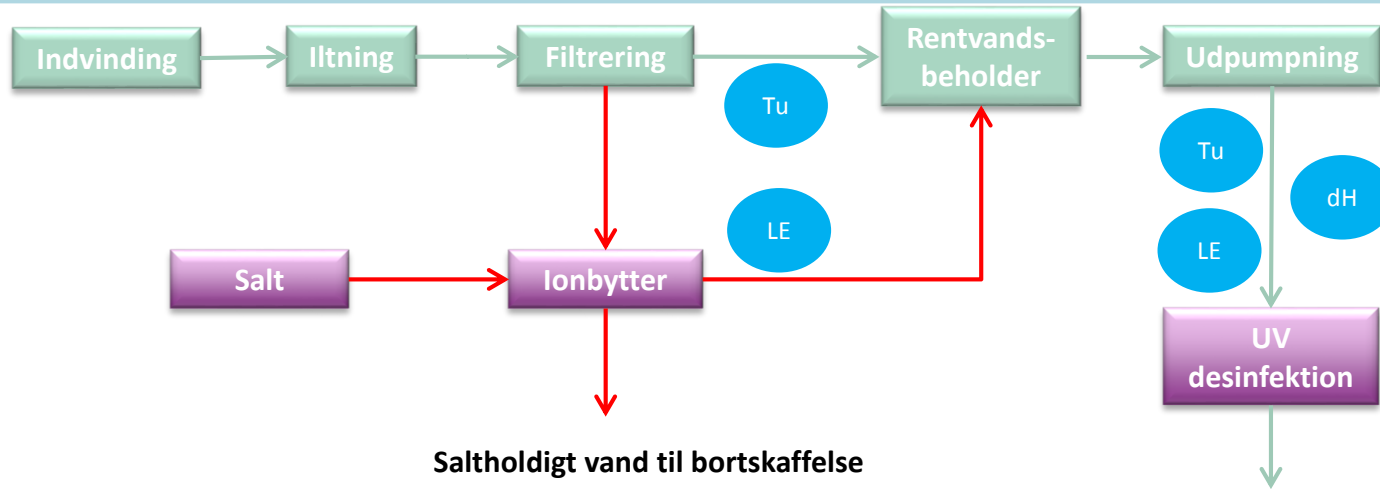
# Ionbyttere til husholdninger



# Ionbytter blødgøring

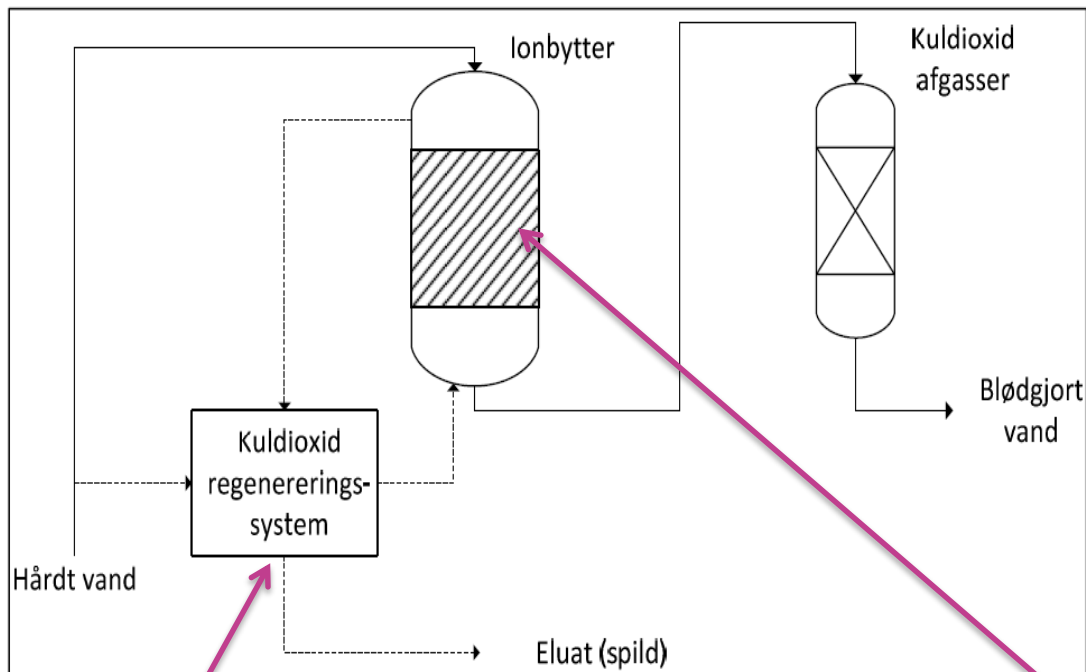


# Ionbytter overvågning





# CARIX ionbytning princip



- Kun kuldioxid
- Afløbskvalitet
- Reducerer nitrat
- 25 – 100 % driftsområde

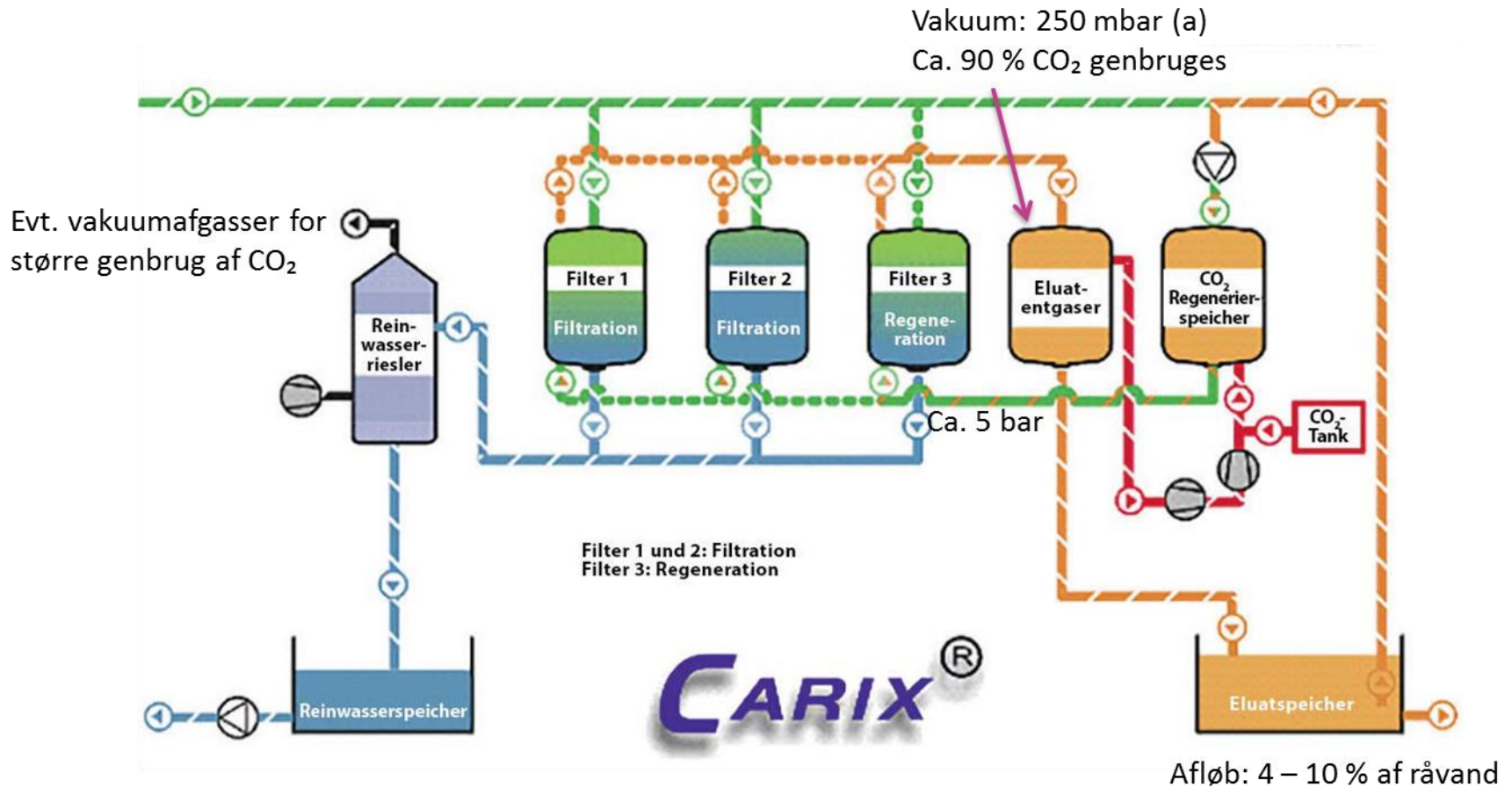


- Stor spildevandsprod. (3-10%)
- Stort energiforbrug

## Ionbytter materiale

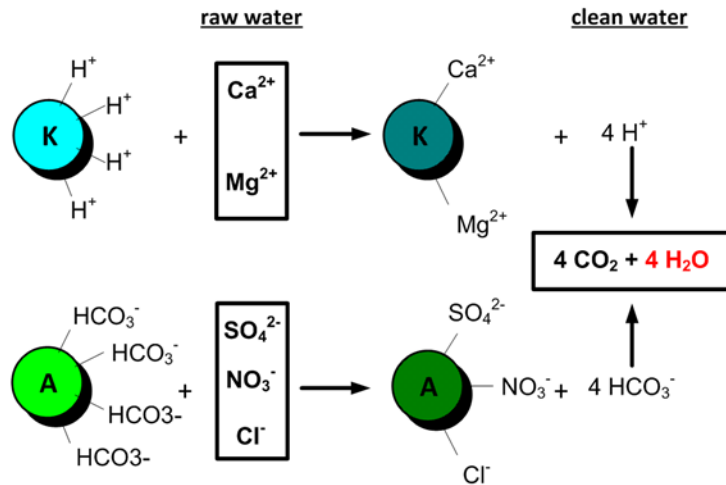


# CARIX ionbytning princip



- Typisk CO<sub>2</sub> forbrug: 0,1 – 0,4 kg/m<sup>3</sup> (højest værdi uden genbrug af CO<sub>2</sub> fra rentvandet)
- Typisk energi forbrug: 0,35 – 0,70 kWh/m<sup>3</sup> (højest værdi med genbrug af CO<sub>2</sub> fra rentvandet)

# CARIX ionbytning princip



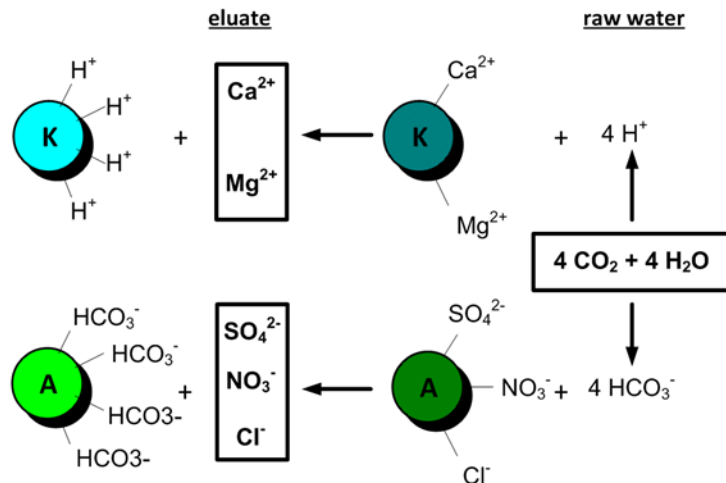
## Delvis afsaltning:

Ved ionbytning dannes der kuldioxid (kulsyre) i rentvandet.

Vandets hårdhed samt indhold af klorid, sulfat og nitrat reduceres.

Kuldioxid i rentvandet afgasses efter CARIX.

Dvs. rentvandet tilføres ikke rester af kemikalier fra bløddøringsprocessen.



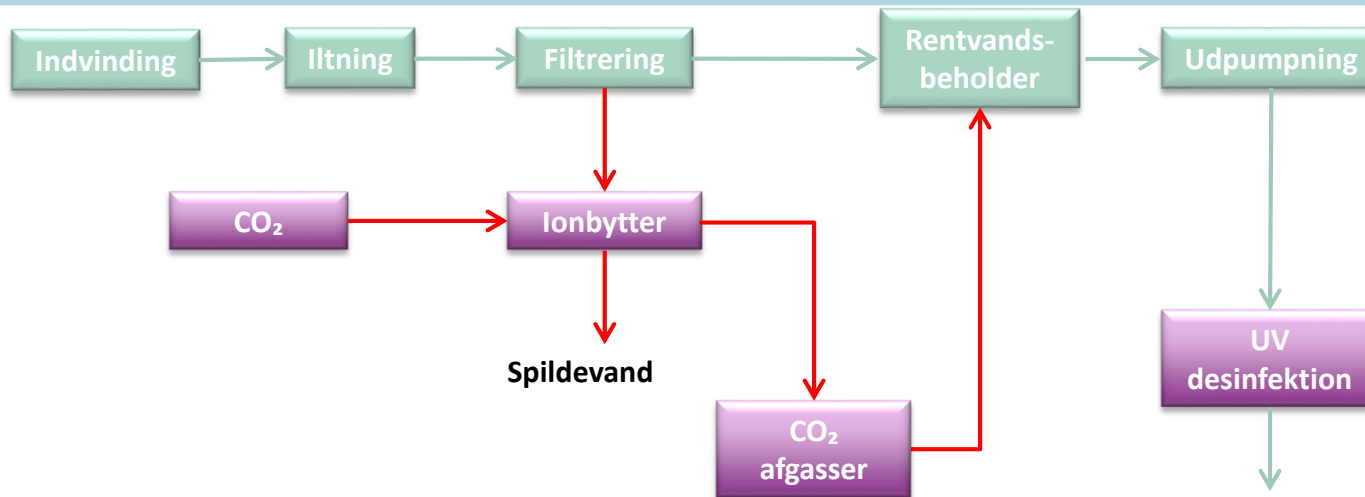
## Regenerering:

Til regenereringen benyttes kun kuldioxid

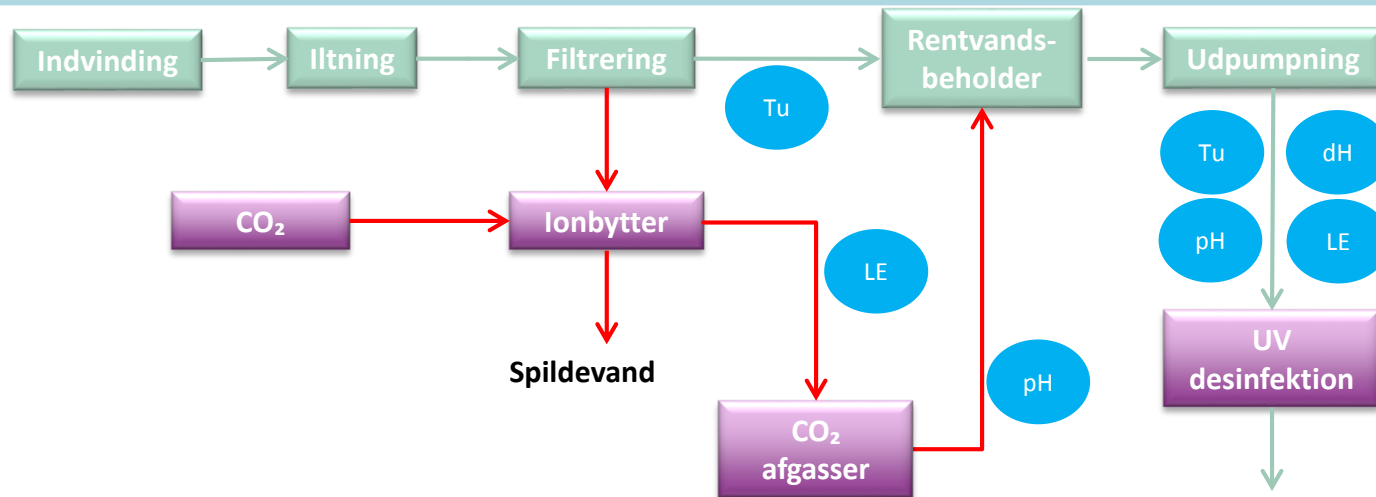
CO<sub>2</sub>.

Spildvandet indeholder kun de ekstra ioner der er fjernet fra råvandet ved ionbytningen.

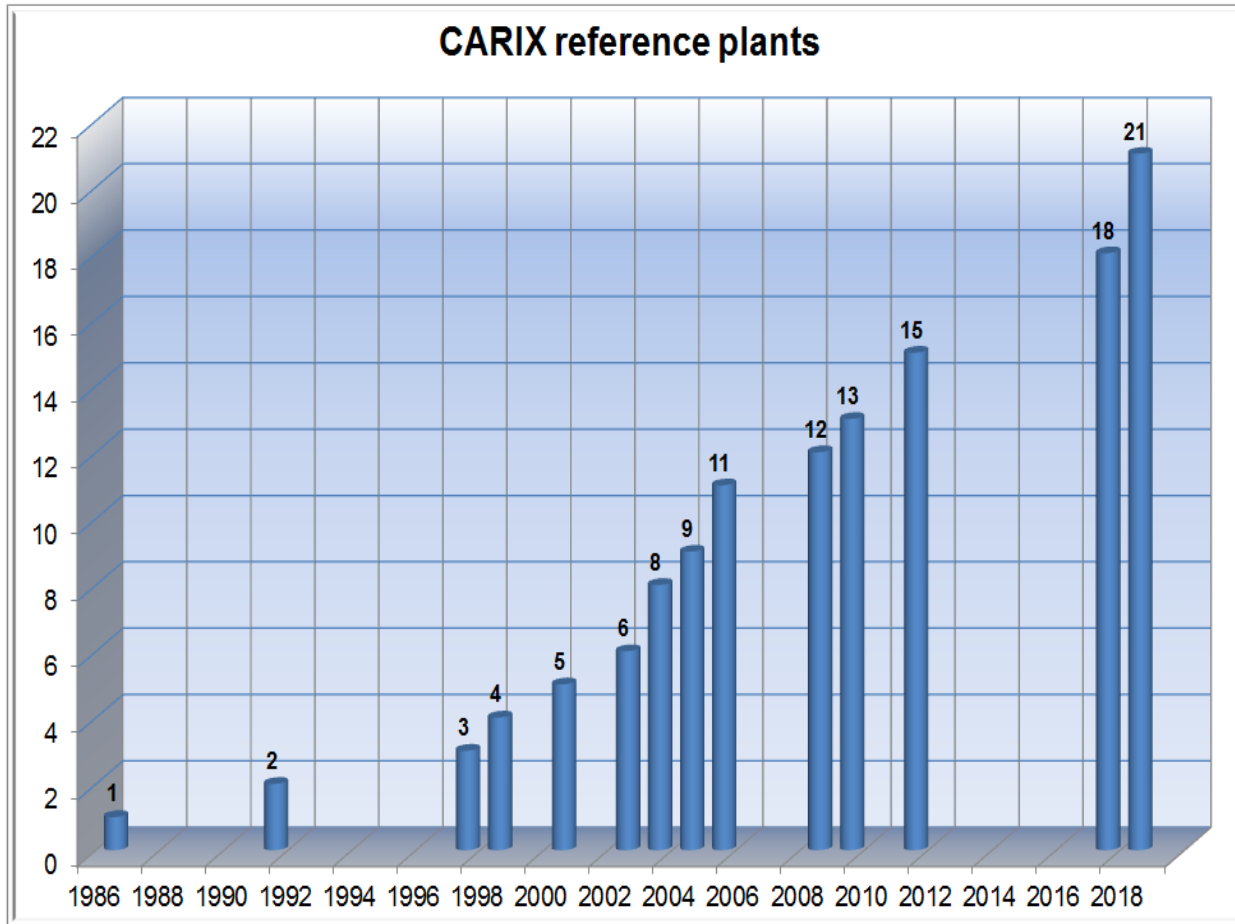
# CARIX ionbytning



# Overvågning af vandkvalitet

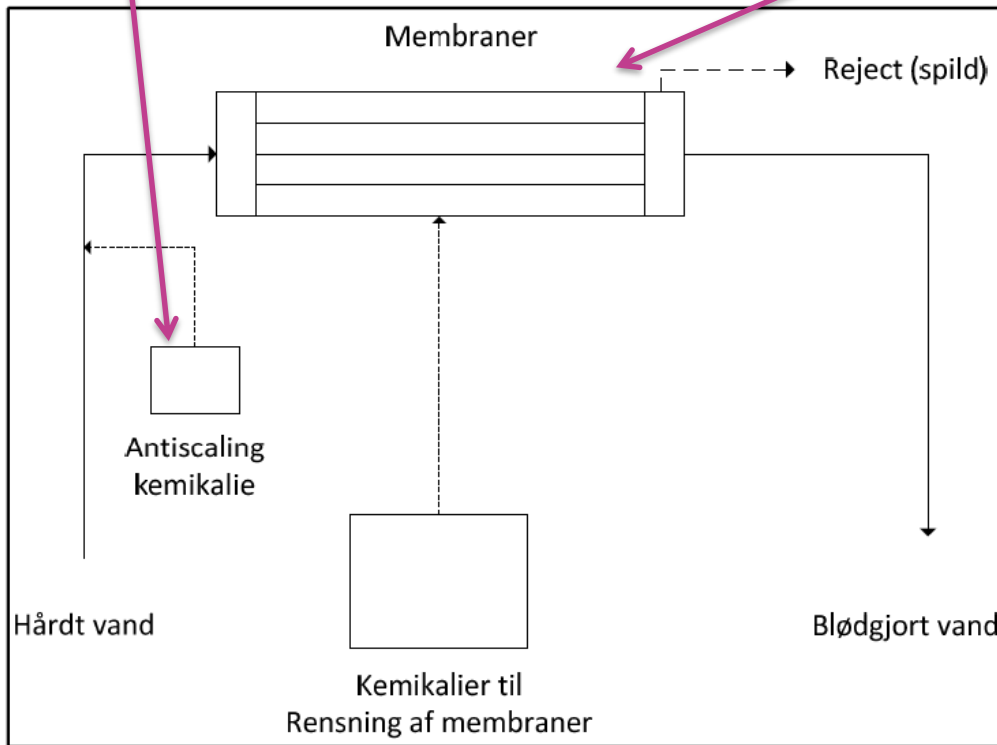
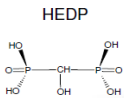
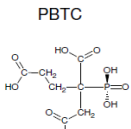
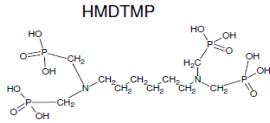
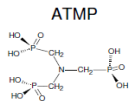


# Udbredelse af CARIX anlæg - Tyskland





# Membranfiltrering - princip



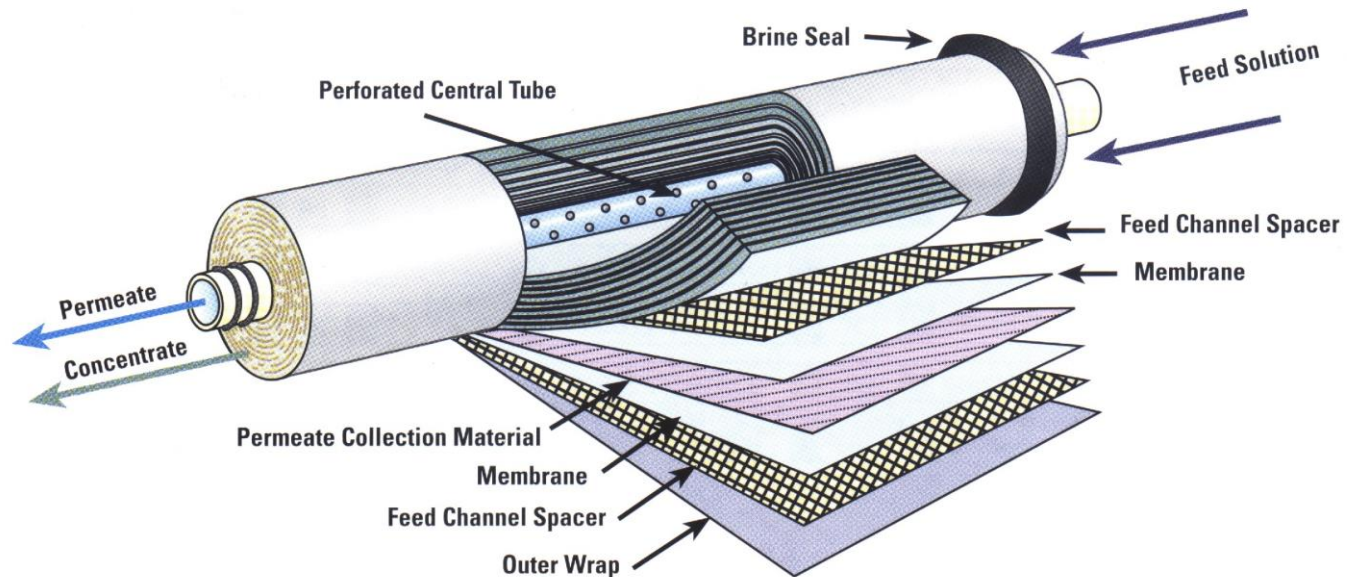
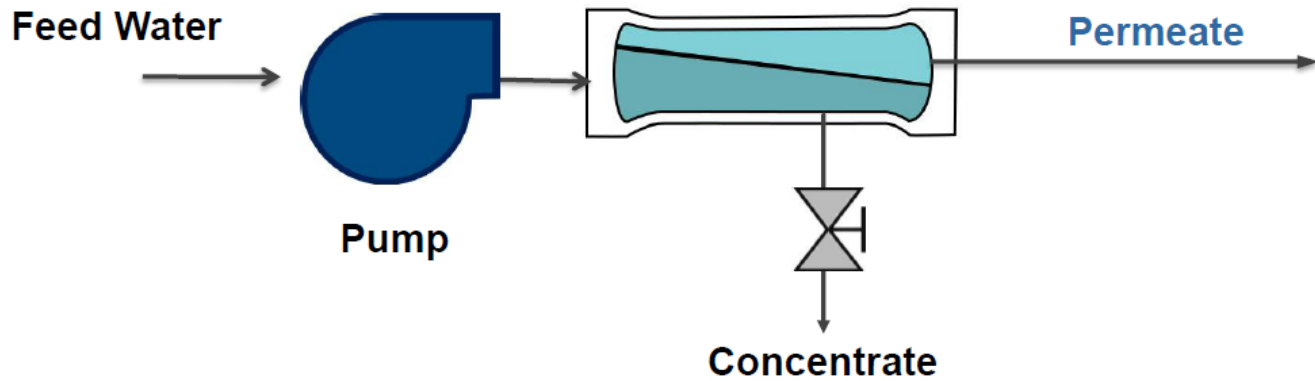
- Begrænset kemikalietilsætning
- Barriere for mikrobiel forurening
- Kompakt



- Stor spildevandsprod. (10 - 20%)
- Stort energiforbrug
- Afledning til recipient kan være problematisk (og "no go" hvis der skal betales spildevandsafgift)
- 75 – 100 % driftsområde



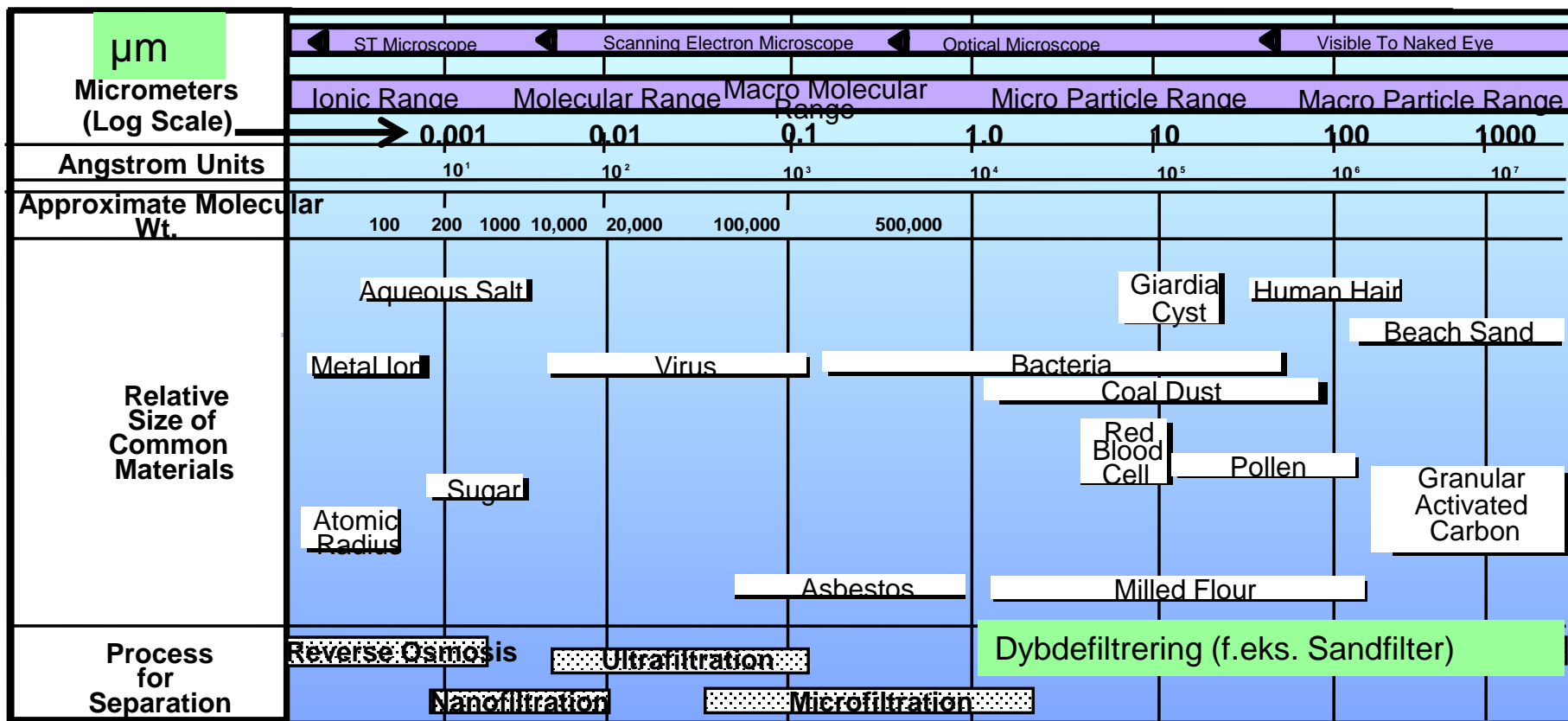
# Membranfiltrering - princip



# Tryk og effektivitet

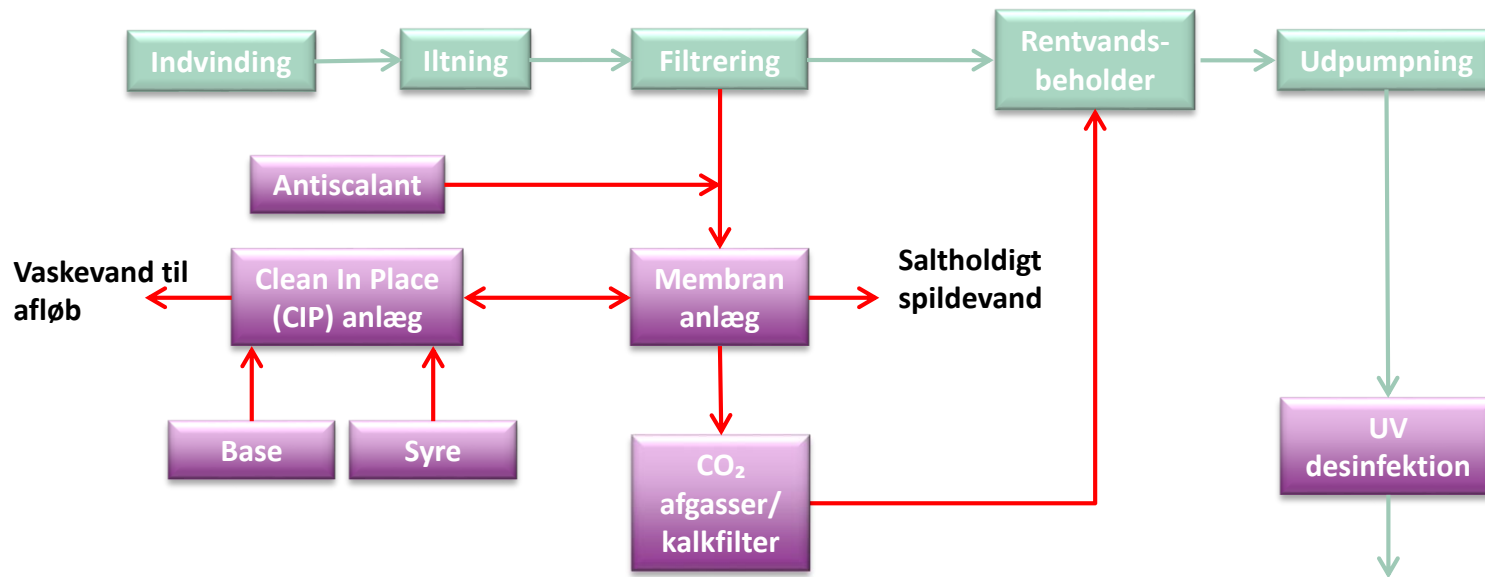
LPRO membranfiltrering  
(Low Pressure Reverse Osmosis)

| Membranproces   | Typisk tryk (bar) | Eks. På stoffer der fjernes                       |
|-----------------|-------------------|---|
| Omvendt osmose  |                   |   |
| Saltvand        | 50 - 75           | Na, Cl, Ca, Mg, SO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> |
| Brakvand        | 8 - 20            |   |
| Nanofiltrering  | 4 - 15            | Ca, Mg, SO <sub>4</sub> , pesticider              |
| Ultrafiltrering | 2 - 7             | Bakterier, suspenderet stof                       |
| Mikrofiltrering | 0,1 - 3           | Suspenderet stof                                  |

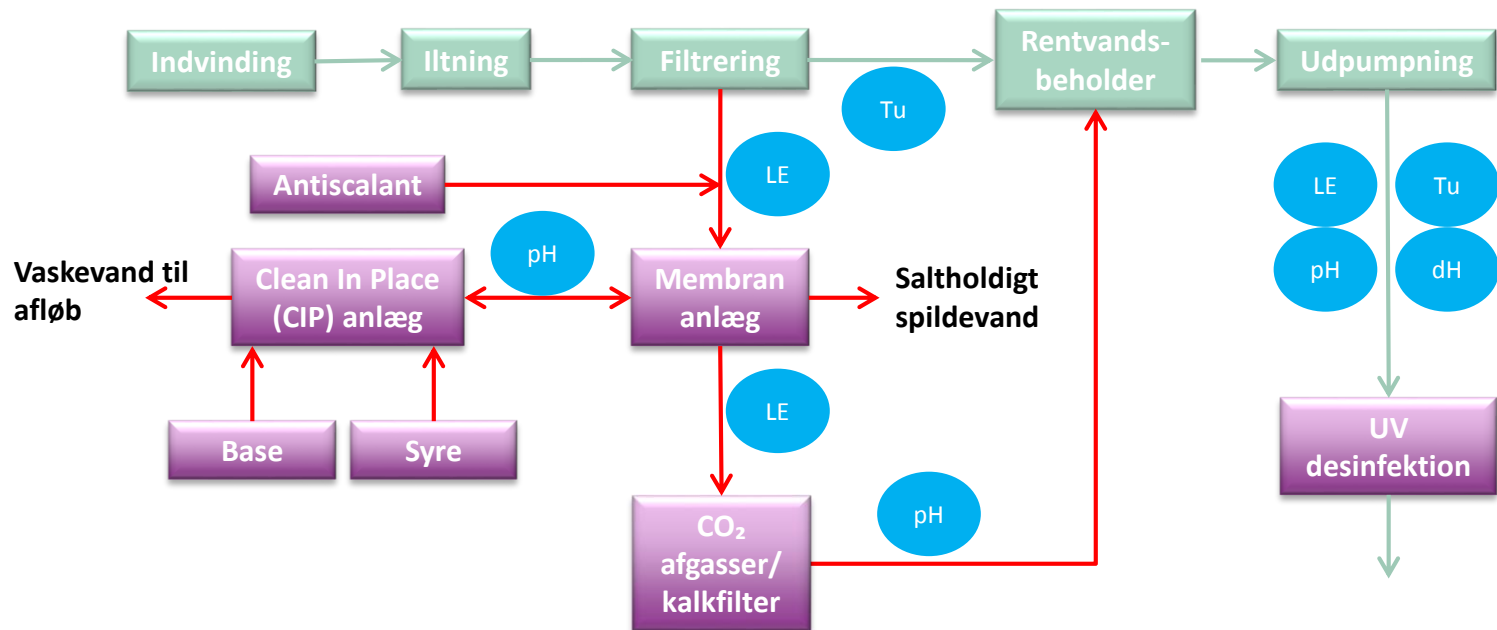


Membranfiltrering

# LPRO membranfiltrering



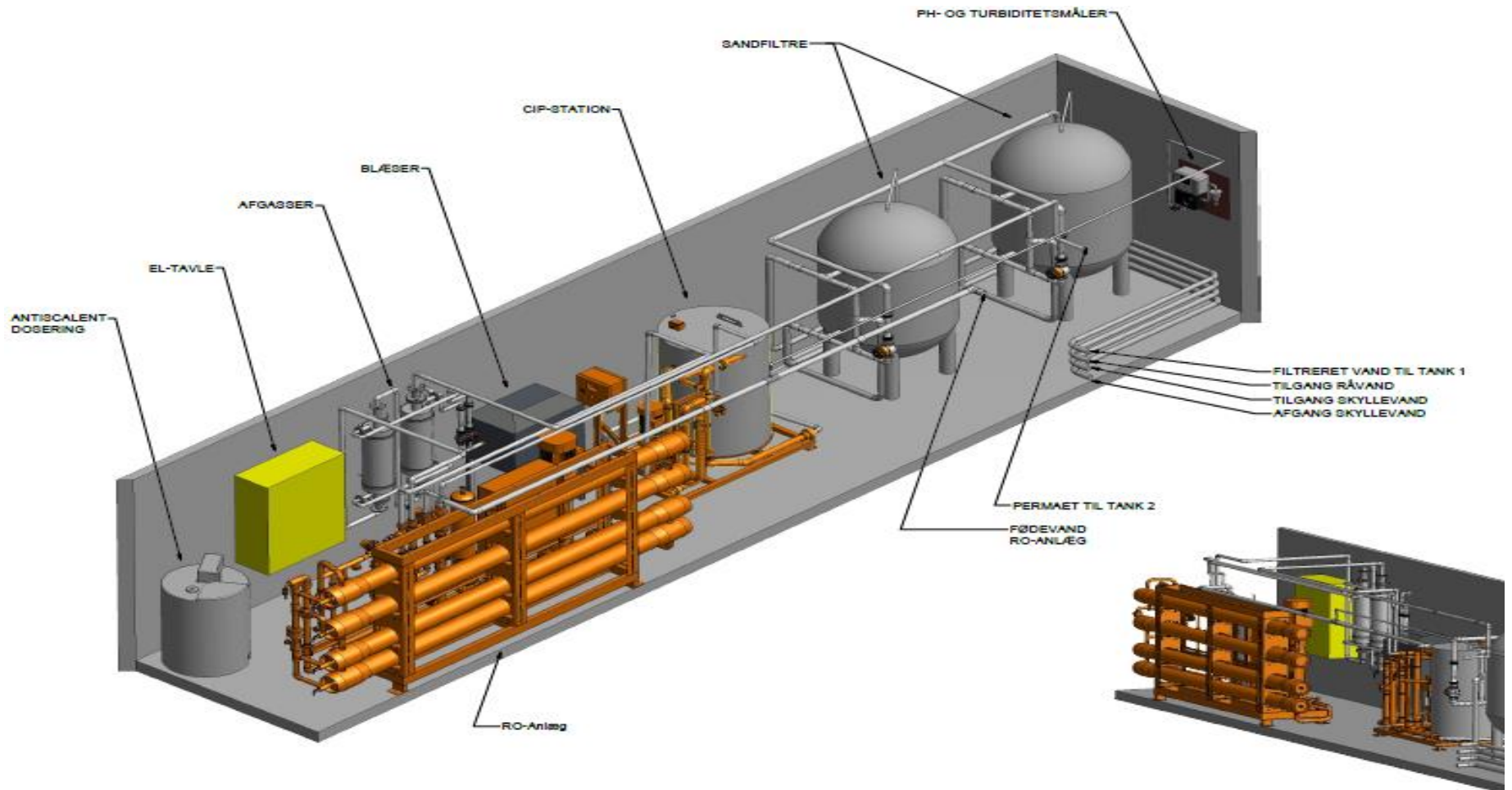
# Instrumentering eksempel



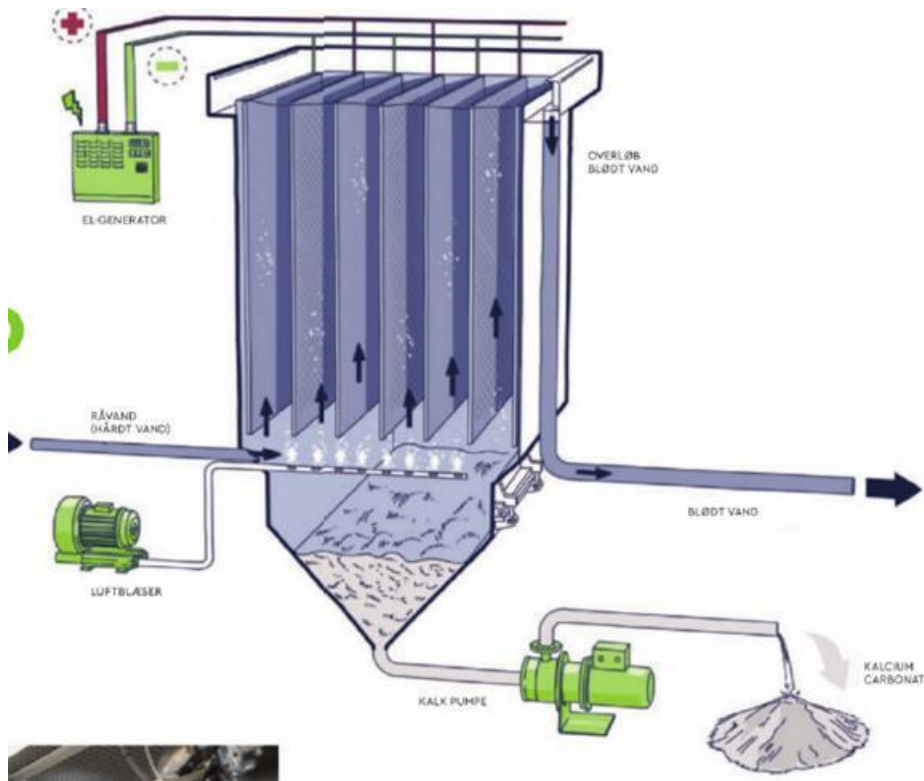
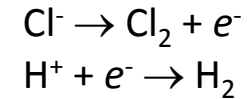
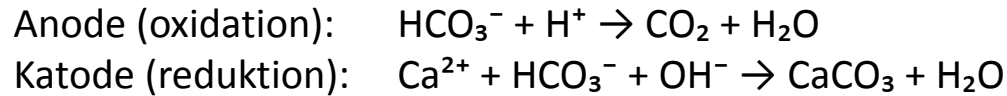
# LPRO membran anlæg (små og større)



# Eksempel DK: 25 m<sup>3</sup>/time – 25 til 10 °dH



# Elektrolytisk afkalkning



Udgangspunkt for benyttelse:  
NVOC < 2 mg/l og  
Cl < 45 mg/l  
(ellers risiko for TriHaloMethaner)  
Br < 100 µg/l  
(ellers risiko for forhøjet bromat)

- Der kan dannes klor, bromat, brint og trihalomethaner.
- Opholdstid ca. 1½ time
- Meget stort energiforbrug: 0,8 – 1,2 kWh/m<sup>3</sup>
- Under 50% reduktion af hårdhed
- Ingen kemikalietilsætning
- 'Ingen' spildevand
- Nem drift



# Elektrolytisk blødgøring



Flere fuldsalanlæg i Frankrig  
Pilotanlæg testet i bl.a. Ringsted og Vandcenter Syd



# Vigtige forhold ved valg og etablering af blødgøringsanlæg



- Drikkevandskvalitet
- Afløbskvalitet
- Korrosion
- Pladskrav
- Driftspersonale: pasning/uddannelse
- Sikkerhed/arbejds miljø
- Materialevalg
- Myndighedstilladelser
- Totaløkonomi



# Forløb ved valg og opstart af blødgøringsprojekt

- Er forbrugerne i forsyningsområdet interesseret ?
- Undersøg hvilken metode der vil være mest optimal (få f.eks. udarbejdet et idéoplæg):
  - *Drikkevandskvalitet*
  - *Afløb/spild*
  - *Korrosionsforhold*
  - *Økonomi*
  - *Areal/højde af bygninger*
  - *Kemikalier/arbejds miljø*
  - *Planingsbehov/-kompetancer*
  - *Hydraulisk fleksibilitet*
- Valg af metode
- Projektering
- Myndighedsansøgninger/-tilladelser: §21 procestilladelse, udledning etc.
- Udbud
- Etablering
- Opstart, indkøring og oplæring
- Dokumentation til myndigheder

# Vandkvalitet og korrosion

Udvalgte gældende og vejledende drikkevandskrav til bl.a. blødgjort vand

| Parameter           | Enhed                  | Værdi        |       |
|---------------------|------------------------|--------------|-------|
| Hårdhed             | °dH                    | 6 – 12       | Vejl. |
| CCPP <sub>90</sub>  | mg/l CaCO <sub>3</sub> | < 60         | Vejl. |
| Natrium             | mg/l                   | < 175        | Krav  |
| Hydrogencarbonat    | mg/l                   | > 100        | Vejl. |
| Aggressiv kuldioxid | mg/l                   | Ikke målelig | Krav  |
| pH                  | -                      | 7 – 8,5      | Krav  |



## Korrosionsindeks

F.eks. Larson-Skold indeks:

$(Cl^- + 2 * SO_4^{2-}) / HCO_3^-$  (angivet i mol/l)

- < 0,8: lav tendens til korrosion
- 0,8 – 1,2: nogen tendens til korrosion
- > 1,2: høj tendens til korrosion



# Korrosionsindex - eksempler

| Vandkvalitet         |                       |      |        |       |
|----------------------|-----------------------|------|--------|-------|
| Hydrogenkarbonat     | mg/l HCO <sub>3</sub> | 291  | mmol/l | 4,769 |
| Klorid               | mg/l Cl               | 143  | mmol/l | 4,034 |
| Sulfat               | mg/l SO <sub>4</sub>  | 91   | mmol/l | 0,947 |
| Calcium              | mg/l Ca               | 32   | mmol/l | 0,798 |
| Nitrat               | mg/l NO <sub>3</sub>  | 2    | mmol/l | 0,032 |
| pH                   | -                     | 7,77 |        |       |
| NVOC                 | mg/l C                | 2,5  |        |       |
| O <sub>2</sub>       | mg/l                  | 8    |        |       |
| Agg. CO <sub>2</sub> | mg/l                  | 0    |        |       |

| Krav og bedømmelse                       | ( ok eller uegnet )  | MST og DS        |
|--|--|------------------|
| Materiale                                | Krav til vandkemi m.m.   | Værdi Bedømmelse |
| Varmforzinket stål                       | 100 mg/l < HCO <sub>3</sub> < 300 mg/l   | 291 ok           |
|  | (Cl + 2*SO <sub>4</sub> )/HCO <sub>3</sub> < 1 (NB: beregnet i mol)            | 1,24 uegnet      |
|  | Ca > 20 mg/l   | 32 ok            |
|  | pH > 7   | 7,77 ok          |
|  | Agg. CO <sub>2</sub> < 2   | 0 ok             |
| Kobber                                   | 100 mg/l < HCO <sub>3</sub> < 240 mg/l   | 291 uegnet       |
|  | 7,5 < pH < 9   | 7,77 ok          |
|  | HCO <sub>3</sub> / (2*SO <sub>4</sub> ) > 1 (NB: beregnet i mg/l)              | 1,60 ok          |
| <i>Krav til vandhastighed - se DS439</i> |  |                  |
| Fortinnet kobber                         | 7,5 < pH < 9   | 7,77 ok          |
|  | <i>Krav til vandhastighed - se DS439</i>                                       |                  |
| Rusfrit stål                             | Cl < 150 mg/l  | 143 ok           |
|  | <i>Enkelte fabrikater er godkendt op til 250 mg/l Cl - tjek hos leverandør</i> |                  |

## Vurdering af blødgjort vandkvalitet ift. korrosion:

Egnethed ift. forskellige materialer f.eks. Ifølge MST arbejdsrapport nr. 12/2005 og DS 439. Diverse europæiske normer kan også benyttes.

De kommunale myndigheder er opmærksomme på korrosionsproblematikken – der stilles typisk krav til dokumentation for sikring af ledningsnettet og forbrugerinstallationer

# Eksempel på beregnet rentvandskvalitet

|                                   | Råvand | Pellet (NaOH) | Pellet (Ca(OH) <sub>2</sub> ) | Membran LPRO | Ionbytning | CARIX | Elektrolyse |
|-----------------------------------|--------|---------------|-------------------------------|--------------|------------|-------|-------------|
| pH (-)                            | 7,1    | 7,9           | 8,3                           | 7,9          | 7,5        | 7,8   | 7,7         |
| Calcium (mg/l)                    | 127    | 76            | 32                            | 47           | 96         | 48    | 84          |
| Magnesium (mg/l)                  | 37     | 37            | 37                            | 14           | 28         | 14    | 37          |
| Bikarbonat (mg/l)                 | 399    | 374           | 102                           | 148          | 394        | 239   | 269         |
| Natrium (mg/l)                    | 108    | 160           | 108                           | 45           | 160        | 106   | 108         |
| Klorid (mg/l)                     | 182    | 163           | 163                           | 68           | 163        | 150   | 'THM'       |
| Nitrat <sup>1</sup> (mg/l)        | 0,94   | 2,9           | 2,9                           | 1,9          | 2,9        | 2,9   | -           |
| Sulfat (mg/l)                     | 157    | 157           | 157                           | 58           | 157        | 40    | -           |
| Total fosfor (mg/l)               | 0,017  | <0,01         | <0,01                         | <0,01        | <0,01      | <0,01 | < 0,01      |
| NVOC (mg/l)                       | 3,3    | 3,3           | 3,3                           | 1,3          | 3,3        | 2,4   | -           |
| Total hårdhed (°dH)               | 26,3   | 19,2          | 13,0                          | 9,9          | 20,0       | 9,9   | 20,3        |
| CCPP <sub>10</sub> (mmol/l)       | -      | 0,36          | 0,01                          | 0,01         | 0,29       | 0,06  | 0,19        |
| CCPP <sub>90</sub> (mmol/l)       | -      | 0,99          | 0,12                          | 0,30         | 1,26       | 0,50  | 0,87        |
| LSI <sub>10</sub> (-)             | -      | 0,63          | 0,10                          | 0,04         | 0,31       | 0,20  | 0,37        |
| Larson-Skold Index (-)            | 1,3    | 1,28          | 4,70                          | 1,29         | 1,22       | 1,30  | -           |
| Rentvandsflow (m <sup>3</sup> /t) | 75     | 74            | 73                            | 64           | 72         | 67    | 74          |
| Vandspild <sup>2</sup> (%)        | -      | 2             | 2                             | 15           | 4          | 8     | 1           |

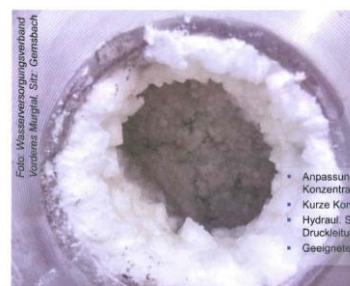
# Eksempel på beregnet afløbskvalitet

| Parameter  | Enhed | Kalkpille<br>NaOH | CARIX | Membran<br>LPRO | Ionbytning | Råvand |
|------------|-------|-------------------|-------|-----------------|------------|--------|
| pH         | -     | 7,5               | 6,6   | 8,4             | 6,5        | 7,5    |
| Calcium    | mg/l  | 141               | 1.400 | 677             | 5.000      | 141    |
| Magnesium  | mg/l  | 13                | 127   | 62              | 460        | 13     |
| Bikarbonat | mg/l  | 304               | 1.500 | 1442            | 196        | 304    |
| Natrium    | mg/l  | 18                | 18    | 83              | 7.400      | 18     |
| Klorid     | mg/l  | 51                | 291   | 235             | 21.500     | 51     |
| Nitrat     | mg/l  | 6                 | 30    | 29              | 6          | 6      |
| Sulfat     | mg/l  | 121               | 1.400 | 581             | 0,2        | 121    |
| Fosfor     | mg/l  | 0,03              | 0,02  | 1,1             | 0,02       | 0,03   |

**Afløb CARIX**



**Afløb: LPRO**

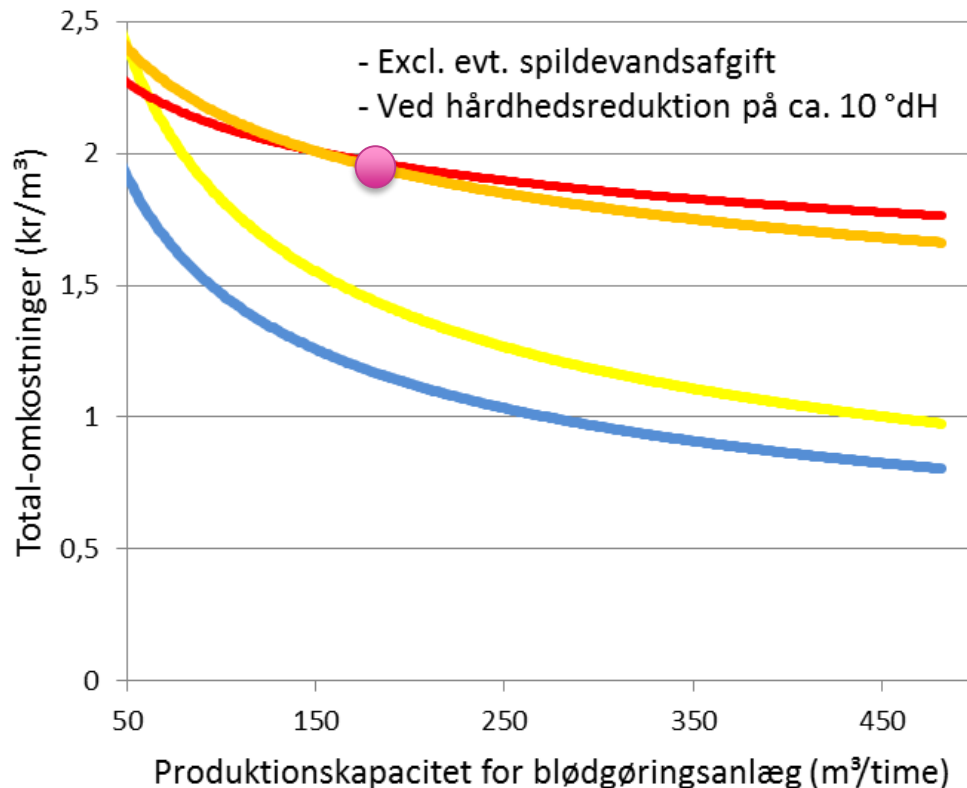


- Anpassung Antiscalantdosierung an Konzentration
- Kurze Konzentrationen
- Hydraul. Sprünge vermeiden (z.B. Druckleitung)
- Geeignetes Rohmaterial (z.B. PE)

# Sammenligning af teknologier

| Teknologi                  |                      | Kalkpille                             | Ionbytning            | CARIX                     | Membran                   | Elektrolyse                       |
|----------------------------|----------------------|---------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| Typisk kapacitet           | m <sup>3</sup> /time | 50 – 2.000                            | < 200                 | 25 – 600                  | < 500                     | < 300                             |
| Typisk tilsætningsstof     | -                    | Basisk kemikalie, kvarts sand, syre   | Salt (NaCl)           | Kuldioxid                 | Anti-scalant              | 'Strøm'                           |
| Restprodukter              | -                    | Kalkpiller                            | Saltholdigt vand      | Saltholdigt vand          | Saltholdigt vand          | Kalkslam                          |
| Tilknyttede teknologier    | Typisk               | Kuldioxid dosering, sandvask, UV      | UV                    | Kuldioxid afgasser        | Afgasser/kalkfilter       | Evt. UV                           |
| Spildevand                 | Vejl. %              | 1                                     | 2 – 5                 | 3 – 10                    | 10 – 15                   | 1                                 |
| Placering i vandbehandling | Typisk               | Før filtrering                        | Efter filtrering      | Efter filtrering          | Efter filtrering          | Efter filtrering                  |
| On-line overvågning        | Eks.                 | Turbiditet, pH, ledningsevne, hårdhed | Ledningsevne, hårdhed | Ledningsevne, pH, hårdhed | Ledningsevne, pH, hårdhed | Turbiditet, hårdhed, ledningsevne |
| Kompleksitet               | -                    | Høj                                   | Lav                   | Middel                    | Middel                    | Lav/middel                        |
| Pasningsbehov              | -                    | Stort                                 | Lille                 | Lille                     | Lille                     | Mellem                            |
| Areal/højdekrav            | -                    | Stort                                 | Lille/mellem          | Mellem                    | Lille                     | Mellem/stor                       |

# Overslag på udgifter til blødgøringsanlæg



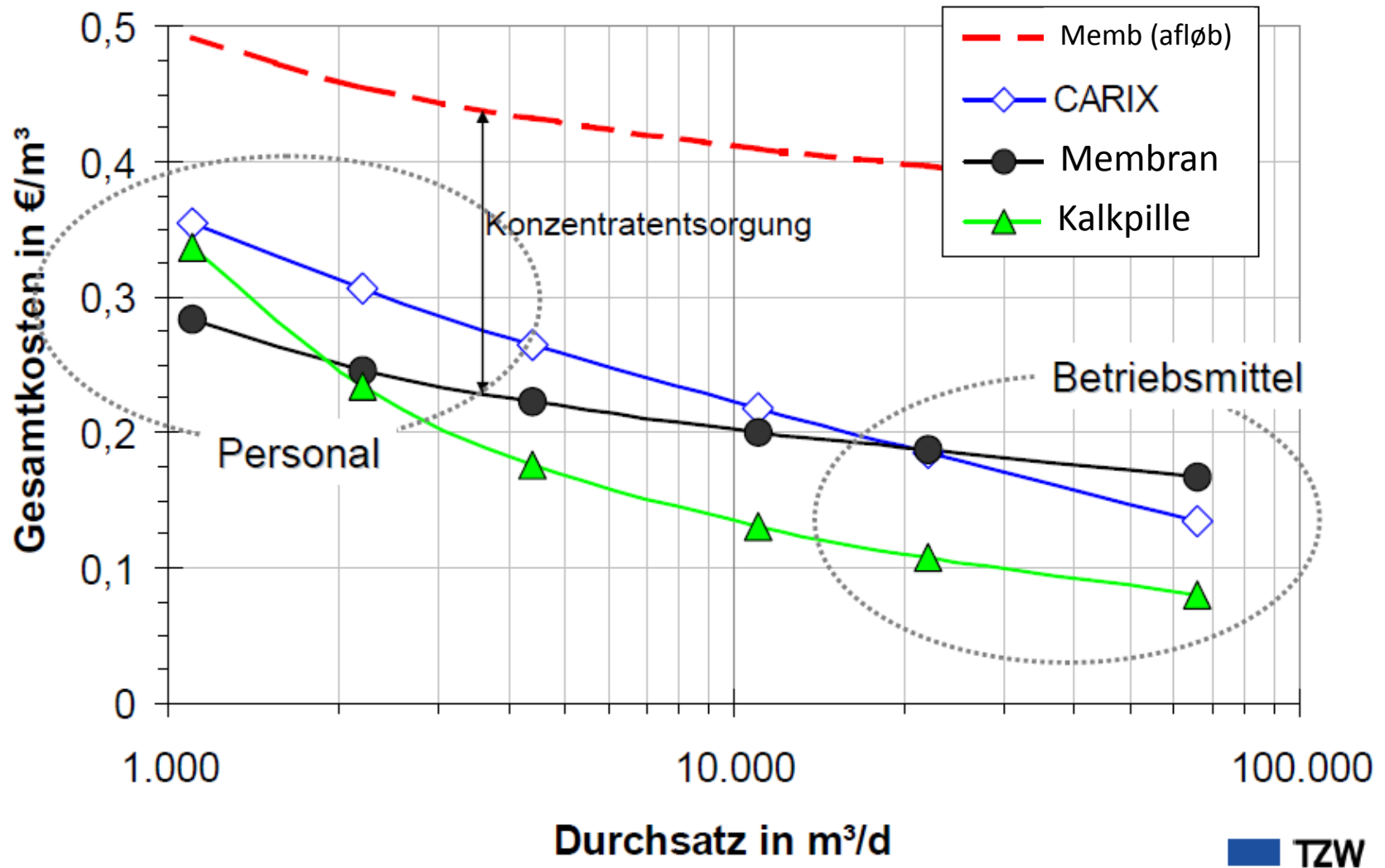
- Elektrolytisk
- Kalkpille
- Membran
- CARIX
- Ionbytning

## Forudsætninger:

- For- og/eller efterbehandling foretages i eksisterende vandværk uden ombygning
- Bygning for blødgøringsanlæg uden specielt arkitektonisk udtryk
- Standardkomponenter i anlægget
- Bygning levetid på 40 år
- Maskin/el levetid på 25 år
- Rente 3%



# Økonomisk overslag: Tyske erfaringer



# §21 – Myndigheder - der skal ansøges !

Inden et blødgøringsanlæg opføres kræves der ansøgning og godkendelse om etablering af anlæg iht. Vandforsyningslovens § 21.

Myndighed er Kommunen.

Ansøgningen skal iht §14 i bekendtgørelse om vandindvinding og vandforsyning bl.a. indeholde:

1. Analyser af råvandet
2. Beskrivelse af anlæggets indretning
3. Redegørelse for anlæggets placering
4. Beskrivelser og tegninger af behandlingsanlægget
5. Oplysninger om afledning af skyllevand og bortskaffelse af restprodukter
6. Teknisk, økonomisk og miljømæssig redegørelse for valget af vandbehandling
7. M.m.



# Myndigheder

Derudover skal der eventuelt yderligere ansøges om:

- Byggetilladelse
- Udledningstilladelse til kloak
- Udledningstilladelse til recipient
- .....

Og der bliver stillet diverse krav: →

Vandforsyningen skal til enhver tid overholde gældende krav fra myndighederne

- F.eks. Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg (BEK nr. 1068 af 23/08/2018)
- Og særskilt tilladelse, da der er tale om udvidet vandbehandling (§21)

Tilladelsen indeholder en række vilkår til blandt andet overvågning af vandkvaliteten og afrapportering til myndigheden

- Årlig afrapportering af vandkvalitetsdata, nedbrud, udledninger, spild, kemikalieforbrug etc.

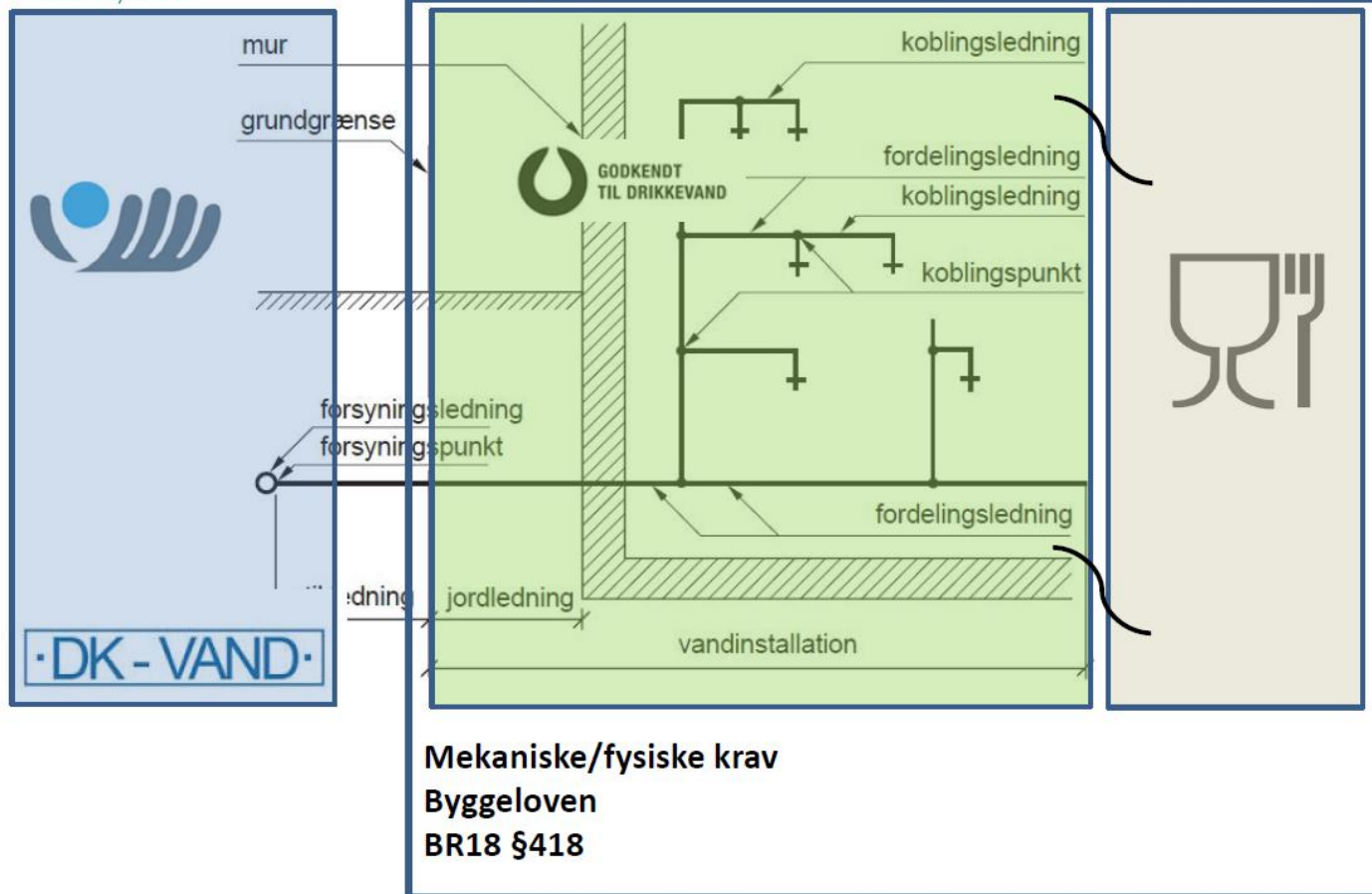
# Materialer og krav ift. drikkevand

## Mærkning og ansvar i Danmark

Miljø- og Fødevarerministeriet  
Naturstyrelsen

Trafik- og Byggestyrelsen  
Danish Transport and Construction Agency

Miljø- og Fødevarerministeriet  
Fødevarerstyrelsen



# Udstyr og drikkevandsgodkendelser

**Bygninger:** [www.godkendttildrikkevand.dk](http://www.godkendttildrikkevand.dk)



Den 1. juli 2016 trådte bekendtgørelse nr. 1007 om markedsføring og salg af byggevarer i kontakt med drikkevand i kraft. Fabriksfremstillede byggevarer, herunder f.eks. vandhaner og armaturer og andre byggevarer, som er i kontakt med det kolde drikkevand, der er placeret fra indgang til ejendom og frem til tapstedet og er en fast del af drikkevandsinstallationen, er omfattet af reglerne:

- godkendt i den danske [GDV-ordning](#) eller
- certificeret i Tyskland med et [DVGW-certifikat](#) eller
- godkendt i Holland med en [ATA-godkendelse/The KIWA Water Mark](#) eller
- typegodkendt i Sverige af enten [RISE](#) eller [KIWA Sverige](#)

**Vandforsyningen:** [www.dk-vand.org](http://www.dk-vand.org)

DK Vand certificering startede den 23/8 – 2017. Den grundlæggende idé bag certificeringen af produkter til drikkevand er, at der er dokumentation for, at produkterne ikke afgiver skadelige stoffer, smag eller lugt (positivliste).

Ex: HOFOR's krav til materialer i kontakt med drikkevand:

- certificeret i Tyskland med et [KTW/DVGW-certifikat](#) eller
- godkendt i Holland med en [ATA-godkendelse/The KIWA Water Mark](#) eller
- Godkendt i USA efter ANSI / NSF61



# Yderligere fokuspunkter ved blødgøring

- Efteruddannelse af sagsbehandlere og rådgivere/leverandører er nødvendig for minimering af risici
- Efteruddannelse af driftsfolk på forsyninger til pasning af kemiske procesanlæg med kemikaliehåndtering og øget on-line overvågning og rapportering til myndigheder.
- Delvis udbredelse af blødgøring i forsyningsområdet
  - Nogle forbrugere får dagligt varierende hårdhed
  - Nogle forbrugere får ikke leveret blødgjort vand og betaler for at andre får blødgjort vand

**TAK FOR OPMÆRKSOMHEDEN**

