



## Fordele og ulemper ved forskellige blødgøringsteknologier på vandværket

**Albrechtsen, Hans-Jørgen**

*Publication date:*  
2016

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Albrechtsen, H-J. (Invited author). (2016). Fordele og ulemper ved forskellige blødgøringsteknologier på vandværket. Sound/Visual production (digital), Technical University of Denmark, DTU Environment.

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

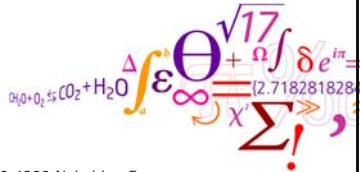
## Fordele og ulemper ved forskellige blødgøringsteknologier på vandværket

Hans-Jørgen Albrechtsen  
 Professor, Cand Scient. PhD.  
[hana@env.dtu.dk](mailto:hana@env.dtu.dk)



Temalørdag 26. November 2016  
 Hotel Falster, Stubbekøbingvej 150 4800 Nykøbing F

**DTU Miljø**  
 Institut for Vand og Miljøteknologi



## Baggrund

- Demonstrationsanlæg til blødgøring af drikkevand
- Fyrtårnsprojekt "Fremtidens Drikkevandsforsyning"
- Arbejdsmappe 5 (HOFOR, VCS, AKTOR Innovation)
- Sundhed
- Miljømæssig bæredygtighed (LCA)
- Før- og efter-målinger ved blødgøring (HOFOR)
- Optimeret blødgøring (HOFOR)
- Holistisk evaluering (NIRAS)



DTU Miljø, Danmarks Tekniske Universitet

## Hvad er problemet?

- **Udfældninger** (CaCO<sub>3</sub>)
- Æstetisk
  - kaffemaskine, el-kedler
  - fliser
- Reduceret energi-effektivitet
  - Varmvekslere (vandvarmer)
- Reduceret levetid
  - vaskemaskine, opvaskemaskine
  - blandingsbatterier
  - toiletter



DTU Miljø, Danmarks Tekniske Universitet



DTU Miljø, Danmarks Tekniske Universitet

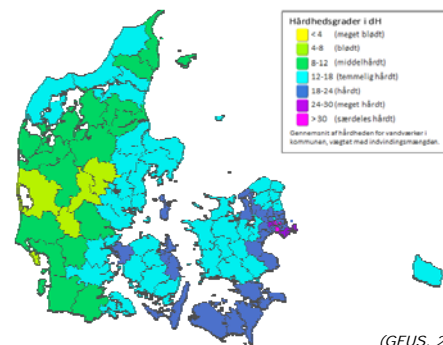
## Hvad er problemet?

- **Udfældninger** (CaCO<sub>3</sub>)
- Æstetisk
  - kaffemaskine, el-kedler
  - fliser
- Reduceret energi-effektivitet
  - Varmvekslere (vandvarmer)
- Reduceret levetid
  - vaskemaskine, opvaskemaskine
  - blandingsbatterier
  - toiletter
- **Kræver flere kemikalier**
  - sæbe, shampo (bad)
  - Vaskemaskine, håndopvask
  - rengøringsmidler
  - ionbytter (salt) i opvaskemaskine
- **Korrosion**
  - kobber i spildevandsslam
- **Sundhed**
  - børneeksem



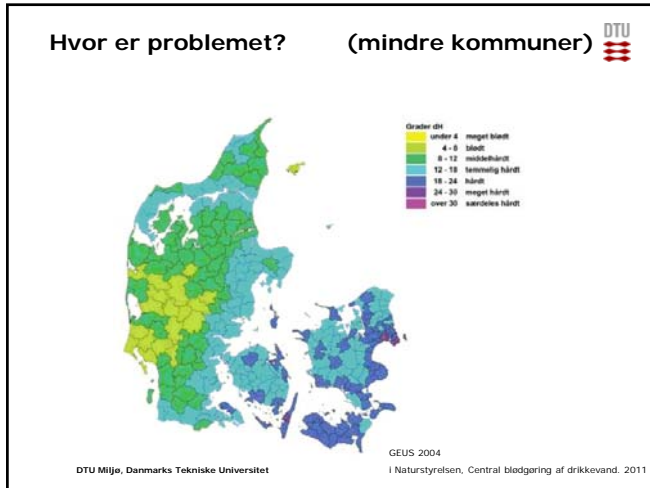
DTU Miljø, Danmarks Tekniske Universitet

## Hvor er problemet?



(GEUS, 2010)

DTU Miljø, Danmarks Tekniske Universitet



### Hvad er hårdhed?

- Vands evne til at udfælde sæbe (håndsæbe) ved at udbytte Natrium eller Kalium med **Calcium** eller **Magnesium** (divalente ioner)
- $^{\circ}$  dH = grad Deutsche Härte (tyske hårdhedsgrader)
- $1^{\circ}$  dH = 10 mg opløst calciumoxid (CaO) pr. liter = 0,178 mmol/L eller
- $1^{\circ}$  dH = 7,19 mg opløst magnesiumoxid (MgO) pr. liter.

$$\text{Hardness } [^{\circ}\text{dH}] = \frac{C_{\text{Ca}^{2+}} \cdot M_{\text{CaO}} + C_{\text{Mg}^{2+}} \cdot M_{\text{CaO}}}{10} = \frac{C_{\text{Ca}^{2+}}}{7.15} + \frac{C_{\text{Mg}^{2+}}}{4.33}$$

- Kan måles ved at tilsætte sæbeopløsning indtil det igen begynder at skumme
- = total hårdhed
- Forbigående hårdhed: den del, der udfældes ved kogning (fx  $\text{CaCO}_3$ )

DTU Miljø, Danmarks Tekniske Universitet

### Opmærksomhedspunkter

- Sundhed**
- Calcium (Ca)**
  - Børneeksem
  - Vigtigt for tænder og knogler
  - Vand udgør 5-20% af totale Ca-indtag
  - Er vand den vigtigste kilde? (ost?, mælk?), tilgængelighed?
  - Vands betydning for tænder – evt. mekanisme uklar
  - Betydning ikke dokumenteret – hvad med Vestjylland?
  - Kan modvirkes ved tilsætning af fluor (tandpasta)
- Magnesium**
  - Tilstedeværelse nedsætter risiko for hjerte-karsygdom
- Korrosion**
  - Overmætning af kalk beskytter mod korrosion (mætningsindex)
  - Blanding af vand

DTU Miljø, Danmarks Tekniske Universitet

### Hvorfor central blødgøring (på vandværket)

- Nu: blødgøring mange steder, decentralt
  - Hvor mange har blødgøring hjemme?
  - Alle opvaskemaskiner (salt)
  - Mange virksomheder (fx slagterier)
  - Mange hoteller
- Jo flere decentrale vandinstallationer, jo større risiko
- Færre belægninger i rør

DTU Miljø, Danmarks Tekniske Universitet

### Blødgøringsmetoder

- Masser erfaring fra udlandet (Holland, Sverige, Tyskland)
- Pelletreaktor
- Ionbytning (traditionel)
- CARIX- Ionbytning (bicarbonat)
- Membranfiltrering
- Elektrolytisk
- ~~Magnetbehandling~~
- ~~Ultrasound~~
- ~~Elektrisk felt, pulserende strøm~~

DTU Miljø, Danmarks Tekniske Universitet

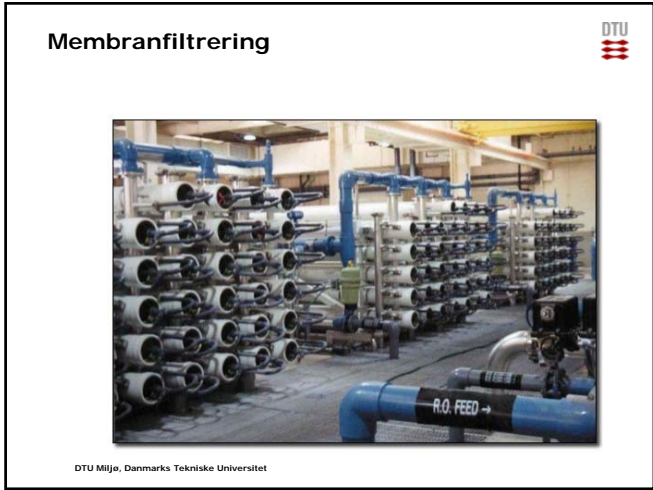
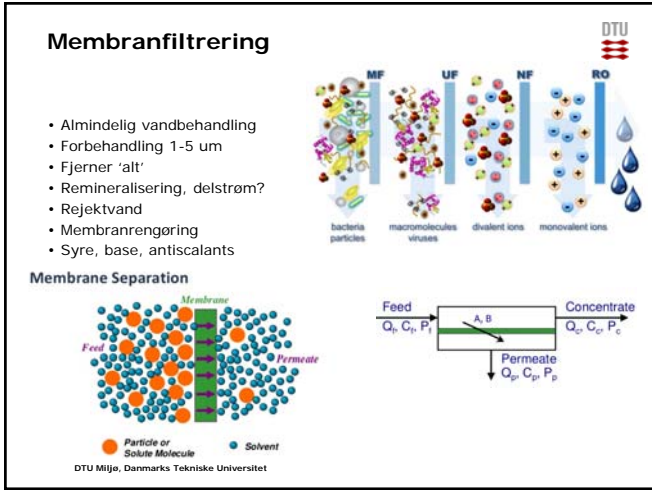
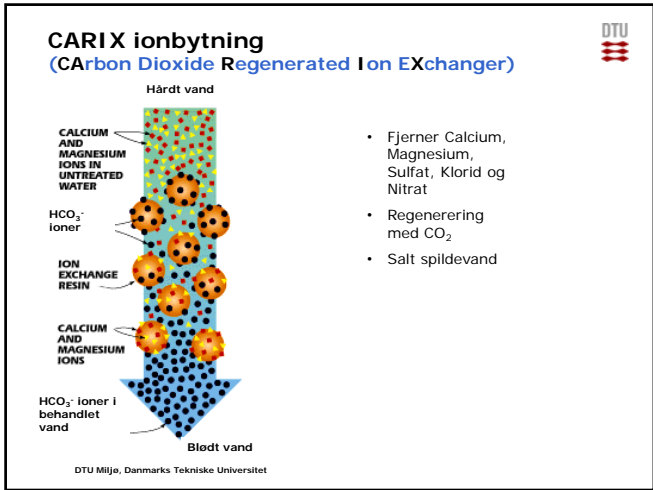
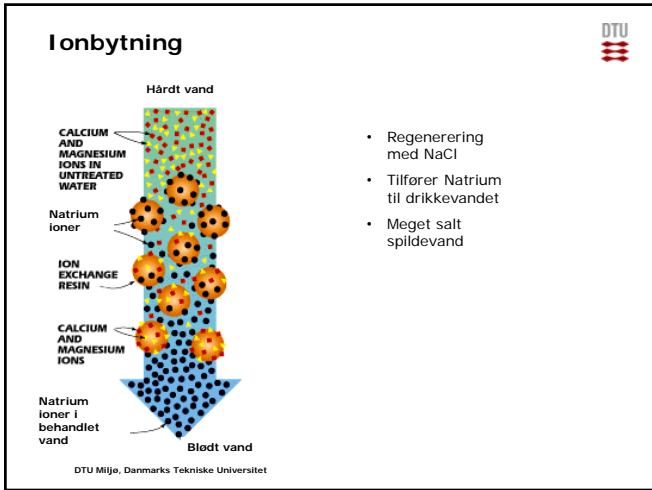
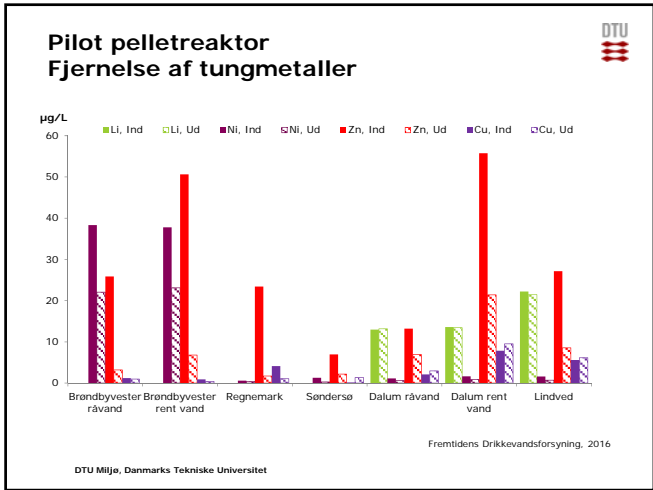
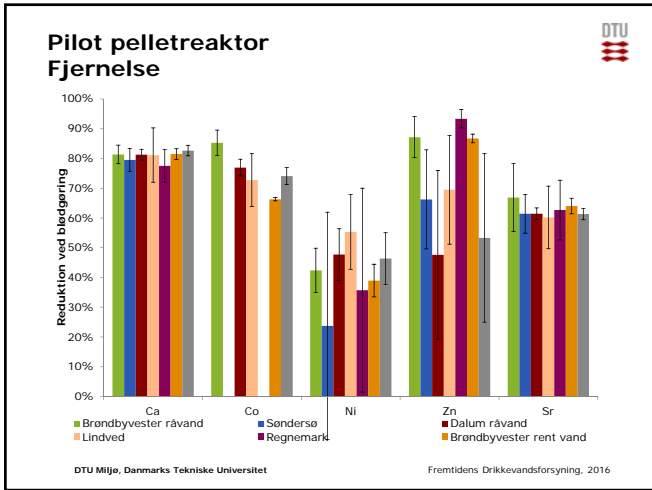
### Pelletreaktor

- Tilsætning
  - base (NaOH, eller  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )
  - sand
- Udfældning af  $\text{CaCO}_3$  på sandkorn
- $\text{Ca}^{+2} + \text{HCO}_3^{-} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{Na}^{+} + \text{H}_2\text{O}$
- Neutralisering med  $\text{CO}_2$
- Produktion af pellets

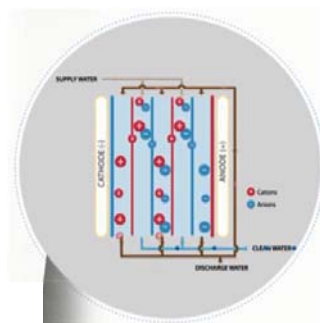
Naturstyrelsen, Central blødgøring af drikkevand. 2011

KRUGER, 2015, Nordvand

Figur 3.2 Billedet viser i Actina kalkpille kolonne og tilhørende filter samt producerede kalkpiller.



## Elektrolytisk - Capacitive deionization



DTU Miljø, Danmarks Tekniske Universitet

<http://hydronovation.com/technology>

## Overview



	Pelletreaktor	Ionbytning	CARIX- Ionbytning	Membran- filtrering	
Magnesium	0	--	--	---	Kruger 2015
Natrium	+	++	0	---	Kruger 2015
Nikkel	--	?	?	---	Kruger 2015
Pesticider	0	0	0	-	Kruger 2015
Vandspild	2,3-2,8%	2,3-2,9%	10-11%	11-15%	Kruger 2015
Kemikaliforbrug	NaOH/Ca(OH) <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> sand	meget salt	CO <sub>2</sub>	saltholdigt Antiscalant Syre, Base	Kruger 2015
Energi (kWh/m <sup>3</sup> )	0,047	0,05-0,07		0,25-0,34	NST 2011
Investering (kr/m <sup>3</sup> /h)	24.600-29.000	11.800		18.300-	NST 2011
Drift & vedligehold x	5	1		1,5	NST 2011
Biprodukt	pellets	m. salt vand	salt vand	salt vand	

DTU Miljø, Danmarks Tekniske Universitet

## Opmærksomhedspunkter II



- Samspil med øvrige behandlingsprocesser
  - Før eller efter sandfilter?
  - Hygiejnisering af sand
  - Godkendelse af membraner
- Miljømæssig bæredygtighed (LCA)
  - Positiv
- Økonomi
  - Investering
  - Øget pris
- Samfundsøkonomi
  - Usikker
  - Positiv

DTU Miljø, Danmarks Tekniske Universitet

## Afslutning



- Der er gevinster ved central blødgøring (ved hårdt vand)
  - Vandkvalitet
  - Miljø
  - Samfundsøkonomisk
- Intet er gratis
  - Kemikalie-håndtering
  - Investering
  - Øget pris
- Den rette løsning afhænger af hvilke og hvor mange problemer man har

DTU Miljø, Danmarks Tekniske Universitet

## Find ud af mere.....



- Tang, C., 2016. Reuse of calcium carbonate pellets from drinking water softening. Speciale. Kgs. Lyngby, Institut for Vand og Miljøteknologi, Danmarks Tekniske Universitet.
- Larsen, S.L., M.J. Hedegaard, L. Lopato, O.D. Nielsen, H. Juul, H.-J. Albrechtsen, 2016: Demonstrationsanlæg til blødgøring af drikkevand. Fyrtårnsprojekt "Fremtidens Drikkevandsforsyning", 44 p.
- Rygaard, M & Albrechtsen, H-J 2015, Blødgøring, natrium og sundhedseffekter: Notat til HOFOR. Technical University of Denmark, DTU Environment, Kgs. Lyngby. 6 p.
- Godskesen, B., Hauschild, M., Rygaard, M., Zambrano, K., & Albrechtsen, H-J. 2012. Life cycle assessment of central softening of very hard drinking water. Journal of Environmental Management, 105, p. 83-89. 10.1016/j.jenvman.2012.03.030
- Rygaard, M., & Albrechtsen, H-J. 2012. Redegørelse om sundhedseffekter af blødgøring i København specielt med fokus på caries. Notat udarbejdet for Københavns Energi, 22 p. & app. Kgs. Lyngby, Institut for Vand og Miljøteknologi, Danmarks Tekniske Universitet.
- Arvin, E., Jensen, A. B., Lazovic, M. B., Rygaard, M., & Spliid, H., 2010. Caries hos børn og unge påvirkes af drikkevandskvaliteten. Dansk vand, 78(6), 16-19.
- Rygaard, M., Arvin, E., & Binning, P. J. 2010. Indirect economic impacts in water supplies augmented with desalinated water. Water Science and Technology: Water Supply, 10(4), 664-671. doi:10.2166/ws.2010.776

23 DTU Miljø, Danmarks Tekniske Universitet

21.12.2016