

Teknisk vand fra kilder vi ikke kontrollerer

Oplæg, Innovationspartnerskabet for Teknisk Vand - workshop den 23/9 2026

Henrik Tækker Madsen

Manager for Technologies & Products

Veolia Water Technologies

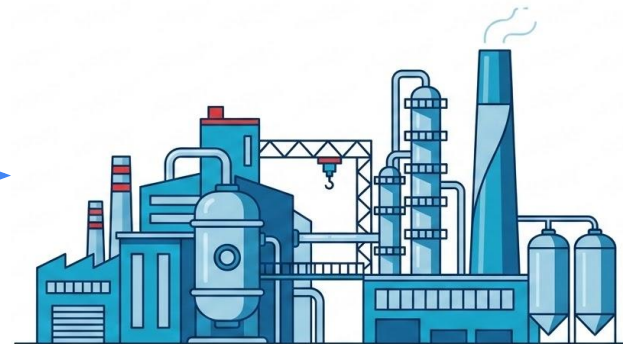
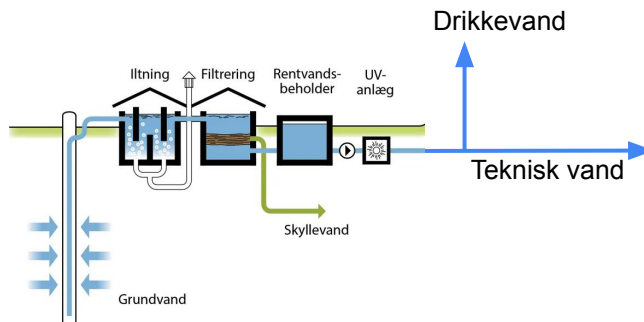


Nye kilder til teknisk vand

Nu

Grundvand

- Stabil temperatur
- Stabil vandkemi
- Pålidelig

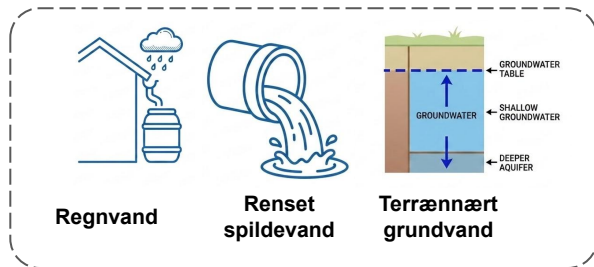


Teknisk vand

Fremtiden
(allerede nu?)

Sekundære vandkilder

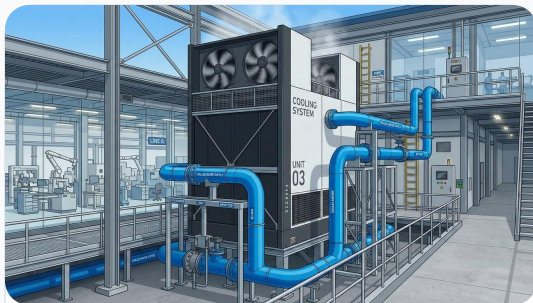
- Varierende temperatur
- Varierende vandkemi
- Ofte intermitterende



Hvad er teknisk vand?

Definition: Vand der anvendes til alt andet end drikkevand

Teknisk vand dækker over en bred vifte af vandkvaliteter, som tilpasses specifikt til industrielle processer, køling, dampproduktion eller sekundære formål i virksomheder og forsyninger.



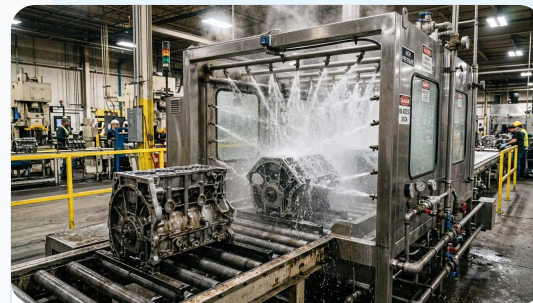
Kølevand

Fjernelse af overskudsvarme i procesanlæg og køletårne.



Kedelvand & Damp

Højrenset spædevand til dampkedler for at undgå korrosion og belægninger.



Proces- & Skyllevand

Direkte anvendelse i produktionen, rengøring og materialeskyl.

Hvad afgør hvor meget vandet skal renses?

Tre hovedkrav påvirker hvordan teknisk vand skal renses

1. **Compliance.** Processens indløbskrav (fx. max hårdhed til en dampkedel)
2. **Performance.** Processens max tilladte koncentration (fx ønsket COC i for et køletårn)
3. **Miljø.** Højst tilladte koncentration i processens spildevand (max klorid i spildevand)

$$RF = \max(RF_1, RF_2, RF_3)$$

RF = Rensefaktor, N = opkoncentringsfaktor

RF = 1: Kilden er god nok, ingen yderlig fjernelse er nødvendig

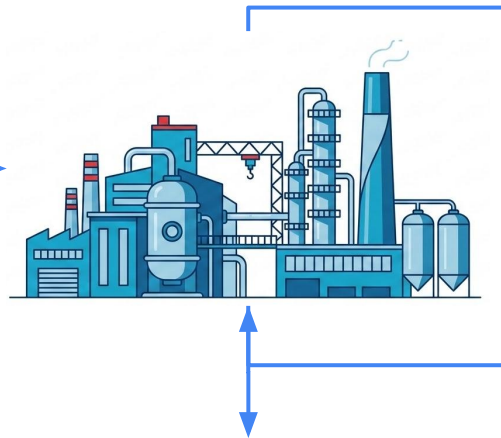
RF = 100: Vi skal fjerne 99% af en given parameter for at holde os inde for grænseværdien.

Spædevand

$$RF_1 = \frac{C_{\text{kilde}}}{C_{\text{spec,spæde}}}$$

Compliance-kravet

Hvad er minimum, som vandet skal opfylde for at kunne anvendes i den givne proces?



Intern cirkulation

$$RF_2 = \frac{N \cdot C_{\text{kilde}}}{C_{\text{proces,max}}}$$

Performance-kravet

Hvordan påvirker vandkildens kemi processens ydeevne/evne til at bruge vandet-

Blowdown

$$RF_3 = \frac{N \cdot C_{\text{kilde}}}{C_{\text{udled,max}}}$$

Miljø-kravet

De krav som processpildevandet skal kunne leve op til. Under antagelse at processen ikke selv fjerner/tilføjer stoffer til vandet.

Hvad er kravene til teknisk vand?

Eksempel dampkedel

Compliance-kravet

Kvalitetskrav til vand der fødes til en røgrørs-dampkedel

Parameter	Enhed	Værdi for fødevand til dampkedel	
Driftstryk	bar	> 0,5 til 20	> 20
Udseende		klar, fri for suspenderet stof	
Ledningsevne	µS/cm	Ikke specificeret	
pH ved 25 C		> 9,2	> 9,2
Total hårdhed	mmol/L	< 0,01	< 0,01
Jern (Fe)	mg/L	< 0,3	< 0,1
Kobber (Cu)	mg/L	< 0,05	< 0,03
Silica (SiO ₂)	mg/L	Ikke specificeret	
Ilt (O ₂)	mg/L	< 0,05	< 0,02
Oil/fedt	mg/L	< 1	< 1

Konklusion på baggrund af kravsspecifikation

Vandet skal blødgøres, af-iltet og pH justeres

Performance-kravet

Kvalitetskrav til vandet inde i en røgrørs-dampkedel

Parameter	Enhed	Værdi for kedelvand		
Spædevandsk valitet		Blødgjort vand (> 30 µS/cm)	RO vand (< 30 µS/cm)	
Driftstryk	bar	> 0,5 til 20	> 20	> 0,5
Udseende		klar, inter stabilt skum		
Ledningsevne	µS/cm	< 6000	Afhængig af tryk	< 1500
pH ved 25 C		10,5 - 12	10,5 - 11,8	10,0 - 11,0
Alkalinitet	mmol/L	1 - 15	1 - 10	0,1 - 10
Silica (SiO ₂)	mg/L	< 15 (men lavere ved stigende tryk og ændret alkalinitet)		
Phosphat	mg/L	10 - 30	10 - 30	6 - 15

Konklusion på baggrund af kravsspecifikation

Vandet kan udnyttes bedre med RO kvalitet

Hvad er kravene til teknisk vand?

Typiske processer

Anvendelse	Bindende parametre	Kravtype	N	Hvad går galt	Referencetog fra drikkevand
Køletårn	Hårdhed, silica, klorid, SS, DOC, mikrobiologi	RF ₂ (silica, hårdhed, klorid) RF ₃ (zink, inhibitorrester)	3-10	Belægning, korrosion, biofilm, legionella	Blødgøring + kemisk konditionering
Dampkedel, industri	Hårdhed, ilt, ledningsevne, silica, alkalinitet	RF ₁ (ilt, jern, hårdhed) RF ₂ (ledningsevne, silica)	5-50	Kedelsten, carry-over, kondensat-korrosion	Blødgøring (evt. RO) + afgasning + kemisk konditionering
Dampkedel, kraftværk	Jern, silica, ilt, TOC	RF ₁ (jern, ilt, TOC, silica)	-	Rørbrud under belægning, silica på turbine, kondensat-korrosion	RO + EDI
Elektrolyse	Ledningsevne, klorid, metaller, TOC	RF ₁ (ledningsevne) RF ₂ (TOC, ledningsevne)	-	Katalysatorforgiftning, udfældning og tilstopning	RO + EDI
Ingrediensvand	Mikrobiologi, drikkevandsparametre	RF ₁	1	Fødevarer sikkerhed	Hygienisk barriere

RF₃ er sjældent bundet op på en bestemt proces, og er generel for alle.

Hvordan er vandkvaliteten i kilderne

Parameter		Drikkevand	Terrænnært grundvand	Renset spildevand	Regnvand (tag)
Ledningsevne	µS/cm	440 - 890	260 - 860	800 - 2200	15 - 90
Hårdhed	°dH	9,8 - 22	8 - 22	10 - 20	< 1 - 2
Alkalinitet	mmol/L	3,3 - 6,2	0,1 - 5,9	3 - 6	<0,1 - 0,3
Klorid	mg/L	30 - 93	20 - 64	100 - 450	2 - 20
Sulfat	mg/L	19 - 20	20 - 128	30 - 150	2 - 20
Silica	mg/L	21 - 29	12 - 20	10 - 25	<1 - 3
NVOC/TOC	mg/L	0,6 - 2,5	1,4 - 11	7 - 18	1 - 12
SS	mg/L	<1	<1 - 2	2 - 35	1 - 90
Turbiditet	FNU	0,05 - 0,12	0,2 - 4	1 - 18	0,5 - 45
Ilt	mg/L	6,4 - 10	0,03 - 6,8	2 - 8	8 - 11
Jern	mg/L	< 0,01 - 0,04	<0,01 - 6,1	<0,05 - 0,5	<0,05 - 5
Nitrat	mg/L	0,7 - 18	0,4 - 54	0,5 - 15	<0,5 - 5
Mikrobiologi	cfu/mL	Ikke påvist	Periodisk påvist	10 ³ -10 ⁵	Ofte påvist
Mikroforureninger	Overvåget		Ofte set, BAM, DMS, PFAS	Lægemidler, PFAS, hormoner	Zn, Cu, PAH
Temperatur	°C	9 - 12	8 - 12	10 - 22	0 - 25

Observationer

Terrænnært = påvirkning fra overfladen
 Terrænnært grundvand er mere udsat for påvirkninger på overfladen og befinder sig et sted hvor ligevægte ikke altid er helt indstillet.

Spildevand er både salt, organisk og biologisk

Klorid og NVOC er blandt de højeste.

Regnvand er rent og beskidt

Regnvand "rent" mht. mineraler, men indeholder partikler, mikroorg. og potentiel olie.

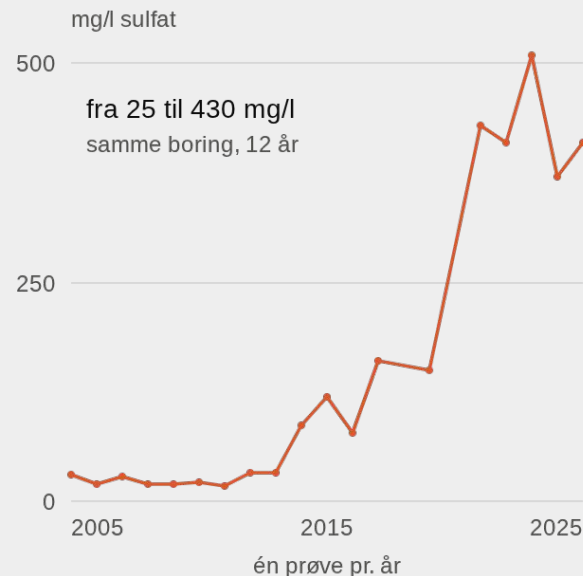
Hver kilde - Sin egen mikroforurening

De sekundære kilder har typisk forskellige mikroforureninger

Hvordan varierer de sekundære kilder?

	Drikkevand	Terrænnært grundvand	Renset spildevand	Regnvand
Minutter				SS, metaller, PAH (first flush)
Timer/døgn			SS, NH_4^+ , ledningsevne, mikrobiologi (regnvandshændelser)	
År			Temperatur, NH_4^+	klorid (vejsalt), temperatur
Årtier		Sulfat, nitrat, jern, NVOC		
Tilgængelighed	kontinuert	kontinuert	kontinuert	Intermitterende

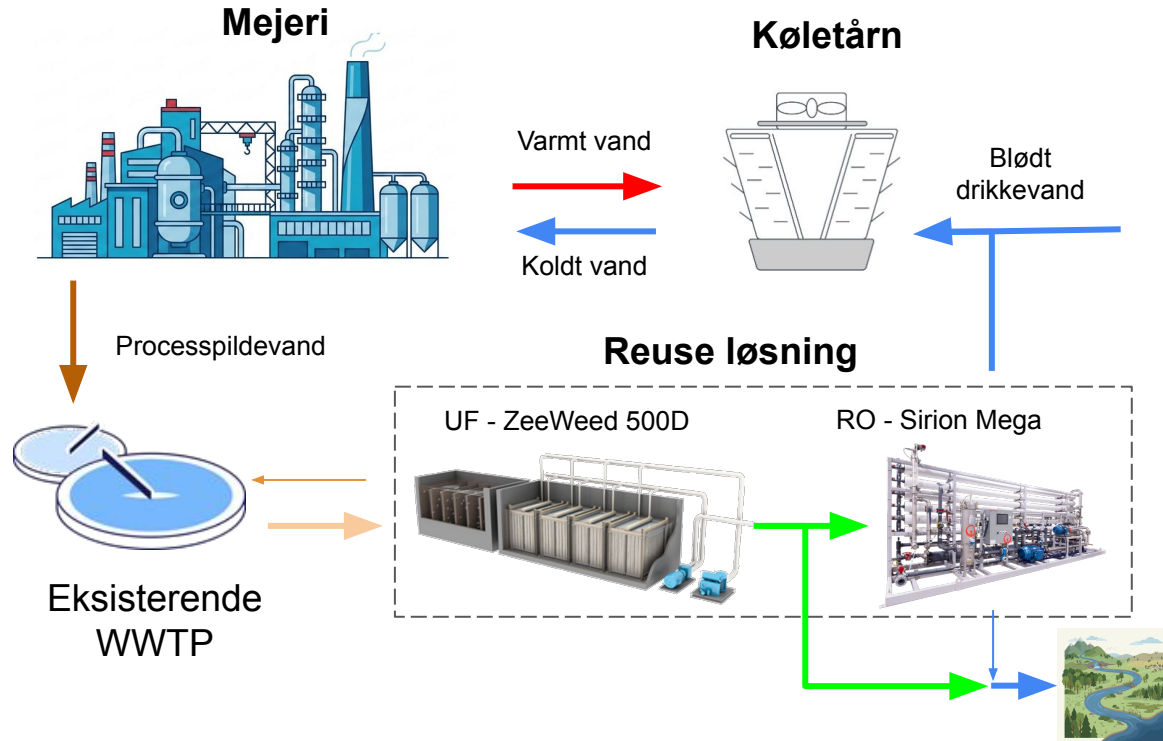
SO_4^{2-} -variation i en brønd med terrænnært grundvand



Hvordan skal vandet behandles?

Eksempler til inspiration

Case 1: Renset spildevand til køletårn



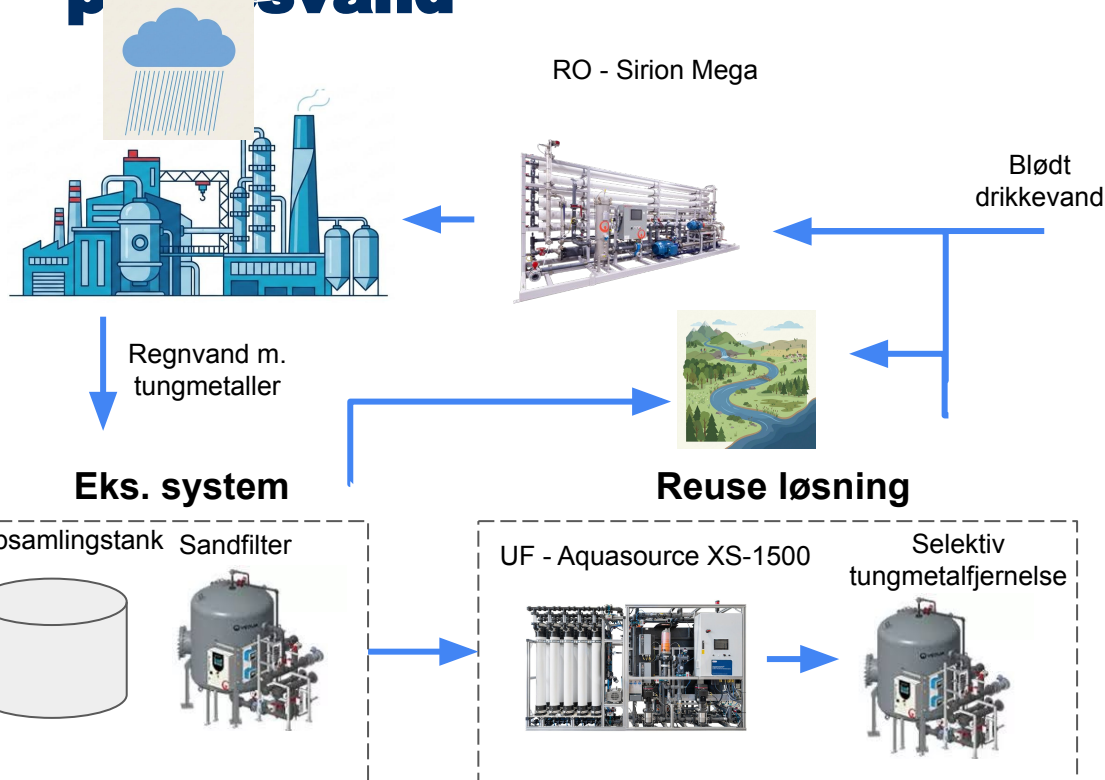
Udfordringen

- F&B kunde med eksisterende WW anlæg. Det kommunale renselanlæg havde overløb ved regn, og kunden ville ikke risikere sit eget spildevand i vandløbet.

Resultatet:

- MBR fjerner 94,2% COD, 95% NH_4^+ og TSS < 1 mg/L. Vandet er parat til RO.
- RO producerer ledningsevne fra 1750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ til 90 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- 135.000 m^3 sparet om året (32% af fabrikkens vandforbrug)

Case 2: Regnvand m. tungmetaller til procesvand



Udfordringen

- Kunde med indhold af tungmetaller i sit regnvandsafløb. Metaller skal fjernes før vandet kan udledes til å, og kunden vil også gerne kunne genbruge regnvandet via deres eksisterende RO anlæg.

Resultatet:

- UF fjerner SS og partikelbundne tungmetaller
- Selektiv ionbytning fjerner både kationer og oxyanioner (tungmetaller)
- Flow 20-30 m³/h

Findes der en universel strategi? UF - RO

Fordele ved UF - RO

Virker også på det ukendte

Har høj tilbageholdelse for de fleste stoffer (også dem vi ikke har analyseret for endnu)

Leverer en specifikation

Kunden køber et produkt, RO vand, ikke et afløb med et filter på.

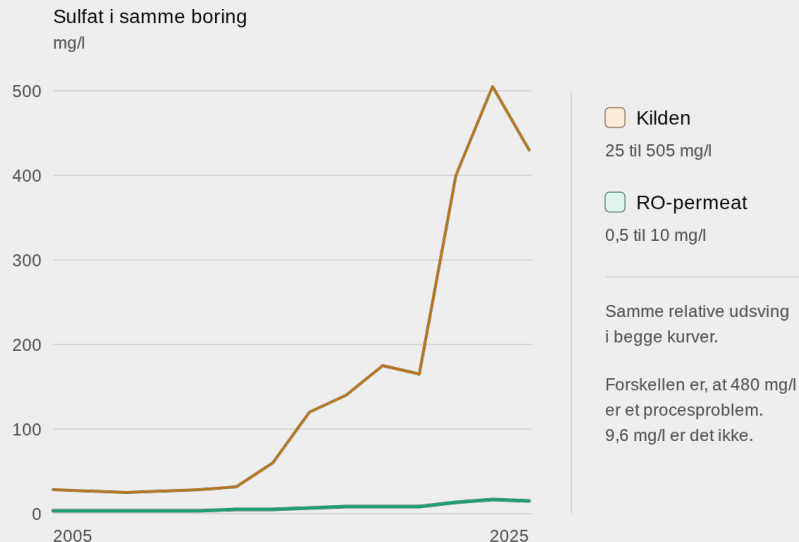
En kvalitet som alle anvendelser kan bruge

Kan anvendes direkte i køletårne og viderebehandles til kedler, PtX, etc.

Stabil i ledningsnettet

Næringsfattigt permeat, som giver lav vækst frem til aftageren.

RO kan udjævne varians i kilden



Hvordan designer man til kilder man ikke kontrollerer?

1

Vælg en barriere, der også virker på det ukendte

Eks. RO er relativ uselektiv, kulfiltrering er selektiv overfor upolære organiske stoffer (primært)

2

Brug online målemetoder til at opfange ændringer

Kontinuerlig måling af ledningsevne, TOC og evt. turbiditet kan give hurtigt svar på om noget er galt eller har ændret sig.

3

Fjern problematiske stoffer før de opkoncentreres

Problematiske stoffer som tungmetaller eller PFAS er typisk nemmere at fjerne i kilden end i et proceskoncentrat.



Hvor kommer kravene fra?

Anvendelse	Kravstandard	Skrevet af
Køletårn	Ingen. Hygiejnevejledning (VDI 2047-2) + kemileverandørensprogram	Leverandøren
Dampkedel	DS/EN 12953-10, DS/EN 12952-12, TRD 611	Standardiseringsorgan
Fjernvarme	AGFW FW 510, Dansk Fjernvarmes anbefalinger	Brancheorganisation
Elektrolyse	Ingen	Leverandøren
Ingrediensvand	Drikkevandsbekendtgørelsen	Lovgiver

For noget teknisk vand er kravene en anbefaling, for andre er de ufravigelige.

Alle eksisterende standarder **forudsætter fødevand afledt af drikkevand**. Der er ikke taget højde for pesticid-metabolitter eller PFAS, som kan ende i processpildevand.