



Notat

Water-fit-for-purpose

Kemisk risikovurdering for brug af ECA-vand efter rengøring med syrebaseret sæbe

Daniel Halling Breiner og Emma Bildsted Petersen

21. marts 2025

Proj.nr. 2012300

Version 1

Init. EMMP/DBN/MT/TJAN

Formål

Introduktion

Formålet er at udarbejde en risikovurdering, der kan anvendes til at vurdere, om det arbejdsmiljømæssigt er sikkert at desinficere med ECA-vand på de dage, hvor der forinden er anvendt syreholdig sæbe.

Risikovurderingen tager udgangspunkt i scenariebaserede cases, som vurderes at være sandsynlige i forbindelse med industrielle rengøring- og desinfektionsprocesser. For hver case beregnes en specifik eksposering af klorgas (Cl_2), som sammenholdes med de relevante eksposeringskriterier.

Baggrund

Rengøring i kødindustrien er forbundet med et højt ressourceforbrug i form af vand, kemikalier og energi. Dette høje forbrug bidrager i betydelig grad til virksomhedernes samlede miljøbelastning, primært gennem spildevandsudledningen.

I en typisk kødproduktionsvirksomhed veksles der mellem rengørings- og desinfektionsprogrammer, der enten er syre- eller alkalibaserede grundet varierende smudsfjernende egenskaber. Typisk anvendes et alkalisk program 3-4 gange ugentligt, hvor der bruges en alkalisk sæbe og efterfølgende desinfektion med natriumhypoklorit. På de resterende dage benyttes syreholdige produkter.

Teknologisk Institut har undersøgt anvendelsen af desinfektionsmidlet ECA-vand som en erstatning for natriumhypoklorit. Resultaterne viser, at ECA-vand udgør et lovende alternativ, da det opfylder de samme krav til desinfektionseffekt og samtidig kan bidrage til at reducere udledningen af problematiske stoffer (Bildsted & Terrell, 2025).

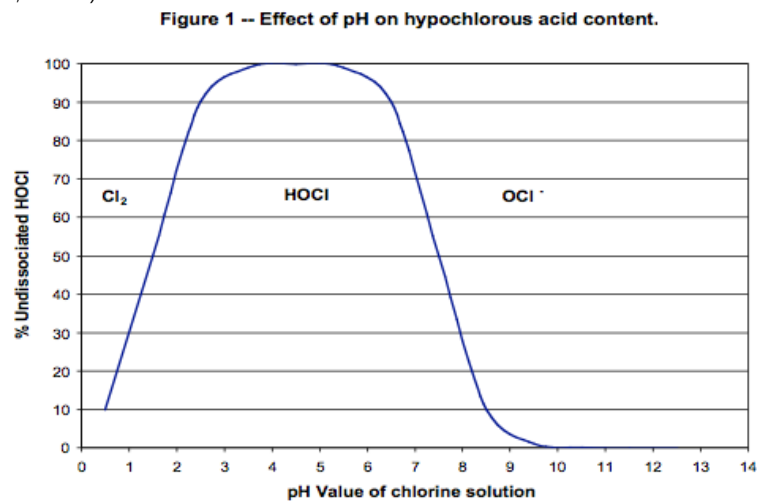
Kødindustrien ønsker at undersøge, om ECA-vand kan erstatte de syreholdige desinfektionsmidler og dermed anvendes efter brug af syreholdige sæber. Dette ønske er motiveret af flere faktorer. For det første er syreholdige desinfektionsmidler både omkostningstunge og forbundet med kraftige lugtgener, som opstår under brug samt ved opstart af produktionen. Derudover har disse produkter en lav pH-værdi, hvilket kan forårsage skader på produktionsudstyr.

Før ECA-vand kan anvendes på dage, hvor rengøringen indledes med syreholdige sæbe, er det nødvendigt at fremlægge dokumentation for, at arbejdssikkerheden ikke kompromitteres. Dette skyldes, at en potentiel blanding af syre og hypoklorsyre fra ECA-vand kan resultere i dannelsen af giftig klorgas.

pH og klorarter

Klor kan udgøre en sundhedsrisiko, hvis det ikke håndteres korrekt. Figur 1 viser, hvordan pH påvirker fordelingen af klorarter i en vandig opløsning.

Ved høje pH-værdier dominerer hypokloritoner (OCl^-), mens hypoklorsyre (HOCl) er mest fremtrædende ved pH omkring 5-7. Både hypokloritoner og hypoklorsyre anvendes som desinfektionsmidler. Ved lav pH (<4) optræder klor hovedsageligt som fri klorgas (Cl_2), der kan udgøre en alvorlig sundhedsrisiko. Inhalation af klorgas kan forårsage irritation af luftvejene, hoste og, i alvorlige tilfælde, vævsskader i lungerne (White et al., 2010).



Figur 1. Balancen mellem Cl_2 , HOCl og OCl^- hænger nøje sammen med pH-værdien (Kilde: McGlynn, W., 2016).

Ifølge "Grænseværdier for luftforurening. Bekendtgørelse nr. 1619 af 19. december 2024" er grænseværdien for korttidspåvirkning (6 timer) af klorgas 0,5 ppm eller 1,5 mg/m^3 .

Risikovurdering

Antagelser for beregninger

Beregningerne er baseret på følgende antagelser:

- Det antages, at ECA-vand, når det kommer i kontakt med syre, straks omdannes til klorgas. I praksis kan denne omdannelse dog variere en smule i tid afhængigt af syremængden, syrens pH og blanding-metoden mellem syren og ECA-vandet.
- Det antages, at syren er til stede i en tilstrækkelig mængde til at omdanne alt frit klor i ECA-vandet til klorgas.
- Der tages udgangspunkt i, at der ikke er betydelig luftbevægelse i det lokale, hvor rengøringen foretages.

- Det forudsættes, at den frigjorte klorgas blandes med 1 m³ almindelig luft, svarende til luftmængden omkring en person.
- Brugsopløsningen af ECA-vand indeholder 400 ppm frit klor.

Nedenstående beregninger tager udgangspunkt i worst-case-scenarier, hvor sanitøren befinder sig præcis det sted, hvor klogassen frigives og dermed indeholder den koncentrerede mængde klorgas, før den spredes via ventilation og normal luftbevægelse til et større område.

Antagelserne sigter ikke mod at beregne, hvor meget en medarbejder udsættes for under daglig brug af en rengøringsprocedure, der involverer anvendelse af syreholdigt rengøringsmiddel og ECA-vand samme dag.

Case 1

Blanding af koncentrerede produkter

De industrielle rengøringsstationer er typisk udstyret med en doseringsslange, der anvendes til både sæber og desinfektionsmidler. I praksis betyder dette, at doseringsslangen indsættes direkte i de koncentrerede sæber eller desinfektionsmidler, når produkterne skal udlægges.

For at undgå krydskontaminering bør slangen skylles grundigt med vand mellem anvendelse af sæbe og desinfektionsmiddel. Hvis gennemskylning enten udelades eller udføres utilstrækkeligt, kan koncentrerede sæberester imidlertid blive siddende i eller på slangen. Disse rester kan efterfølgende komme i kontakt med det koncentrerede ECA-vand.

I tabel 1 er det beregnet, hvor meget klorgas der kan udledes i den nærmeste 1 m³ omkring dunken med desinfektionsmiddel, når en sæbekontamineret slange nedsænkes i ECA-vandet. Beregningerne er baseret på forskellige scenarier, hvor mængden af sæberester tilbage i eller på slangen varierer fra 0,05 ml til 5,0 ml.

Det antages, at den koncentrerede sæbe har en pH-værdi på 2.

Tabel 1. Udledt mængde klorgas (mg/m³) ved kontakt med koncentrerede sæbe-mængder (ml). Grøn markering angiver, at grænseværdien for klorgas ikke er overskredet, mens gul og rød markering indikerer, at grænseværdien er hhv. tæt på eller overskredet.

Mængde af restsæbe på slange (koncentrat)	Mængde udledt klorgas *
0,05 ml	0,018 mg/m ³
0,1 ml	0,035 mg/m ³
0,5 ml	0,177 mg/m ³
1,0 ml	0,355 mg/m ³
2,0 ml	0,709 mg/m ³
3,0 ml	1,064 mg/m ³
4,0 ml	1,418 mg/m ³
5,0 ml	1,773 mg/m ³

*Begningerne er baseret på følgende formel:



$$m(\text{Cl}_2) = c[\text{H}^+] / 2 \times M_w(\text{Cl}_2) = 10^{(-\text{pH})} \times V(\text{syre}) / 2 \times M_w(\text{Cl}_2) = 0,01 \times \text{mængde sæbe (mL)} / 2 \times 70,9 \text{ (g/mol)} \approx \text{mængde klorgas (mg)}$$

Beregningerne viser, at hvis der er 3,0-5,0 ml koncentreret sæbe tilbage i eller på slangen, resulterer det i en dannelse af klorgas (mg/m³), der er tæt på eller overstiger grænseværdien for korttidseksponering, som er fastsat til 1,5 mg/m³.

Cases 2

Blanding af fortyndede sæber og ECA-vand

Blanding af fortyndet syreholdig sæbe og ECA-vand er tænkelig i flere situationer:

- I tilfælde af, at der er ophobet sæbe på gulvet eller omkring kloakken, som ikke er blevet fjernet, inden desinfektionsmidlet udlægges.
- I tilfælde af, at overflader ikke skylles med vand, eller at skylningen udføres utilstrækkeligt.
- I tilfælde af, at en sanitør anvender sæbe, samtidig med at en anden sanitør påfører desinfektionsmiddel.

I ovenstående tilfælde kan sæberesterne forekomme i forskellige mængder og koncentrationer. I tabel 2-3 ses beregninger af dannelsen af klorgas, hvis ECA-vand (400 ppm) blandes med forskellige mængder og koncentrationer af syreholdig sæbe. I tabel 2 og 3 ses beregninger for sæber hhv. uden og med saltsyre, idet indholdet af saltsyre medfører yderligere frigivelse af klorgas.

Tabel 2. Beregninger af den maksimale mængde klorgas (Cl₂) (mg), der kan frigives, hvis ECA-vand blandes med forskellige mængder og koncentrationer af syreholdig sæbe. Beregningerne tager udgangspunkt i, at sæbe IKKE indeholder saltsyre, og at koncentratet har en pH = 2. Grøn markering angiver, at grænseværdien for klorgas ikke er overskredet, mens rød markering indikerer, at grænseværdien er overskredet.

Sæbekoncentration	0,05 liter sæbe	0,5 liter sæbe	1,0 liter sæbe	1,5 liter sæbe	2,0 liter sæbe	2,5 liter sæbe	3,0 liter sæbe	5,0 liter sæbe	10 liter sæbe
0,5%	0,1	0,9	1,8	2,7	3,6	4,4	5,3	8,9	17,7
1,0%	0,2	1,8	3,6	5,3	7,1	8,9	10,6	17,7	35,5
1,5%	0,3	2,7	5,3	8,0	10,6	13,3	16,0	26,6	53,2
2,0%	0,4	3,6	7,1	10,6	14,2	17,7	21,3	35,5	70,9
2,5%	0,4	4,4	8,9	13,3	17,7	26,6	26,6	44,3	88,6
3,0%	0,5	5,3	10,6	16,0	21,3	31,9	31,9	53,2	106,4

Begningerne er baseret på følgende formel:

$$m(\text{Cl}_2) = c[\text{H}^+] / 2 \times \text{Mw} (\text{Cl}_2) = 10^{(-\text{pH})} \times \text{Vol} (\text{Sæbe}) / 2 \times \text{Mw} (\text{Cl}_2) \times \text{Sæbekoncentration}.$$

Frigørelse af klorgas fra væsken forskyder ligevægten mod højre, og vi forventer, at al det frie klor frigøres som klorgas.

Tabel 3. Beregning af den maksimale mængde klorgas (Cl₂) (mg), der kan frigives, hvis ECA-vand blandes med forskellige mængder og koncentrationer af syreholdig sæbe. Beregningerne tager udgangspunkt i, at sæbe indeholder saltsyre, og at koncentrationen har en pH = 2. Grøn markering angiver, at grænseværdien for klorgas ikke er overskredet, mens rød markering indikerer, at grænseværdien er overskredet.

Sæbekoncentration	0,05 liter sæbe	0,5 liter sæbe	1,0 liter sæbe	1,5 liter sæbe	2,0 liter sæbe	2,5 liter sæbe	3,0 liter sæbe	5,0 liter sæbe	10 liter sæbe
0,5%	0,2	1,8	3,5	5,3	7,1	8,9	10,6	17,7	35,5
1,0%	0,4	3,5	7,1	10,6	14,2	17,7	21,3	35,5	70,9
1,5%	0,5	5,3	10,6	16,0	21,3	26,6	31,9	53,2	106,4
2,0%	0,7	7,1	14,2	21,3	28,4	35,5	42,5	70,9	141,8
2,5%	0,9	8,9	17,7	26,6	35,5	44,3	53,2	88,6	177,3
3,0%	1,1	10,6	21,3	31,9	42,5	53,2	63,8	106,4	212,7

Beregningerne er baseret på følgende formel:

$$m(\text{Cl}_2) = c[\text{H}^+] / 2 \times M_w(\text{Cl}_2) = 10^{(-\text{pH})} \times \text{Vol}(\text{Sæbe}) \times M_w(\text{Cl}_2) \times \text{Sæbekoncentration}$$

Frigørelse af klorgas fra væsken forskyder ligevægten mod højre, og vi forventer, at al det frie klor frigøres som klorgas.

Med udgangspunkt i, at sæben ikke indeholder saltsyre, viser tabel 2, at hvis der ligger 0,05 liter sæbe på gulvet eller andre overflader, overskrides grænseværdien for dannelse af klorgas ikke, når der udlægges ECA-vand (400 ppm). Dette gælder uanset sæbens koncentrationen, op til brugsopløsningen på 3%.

Ligger der 0,5 liter sæbe (uden saltsyre) på gulv/overflader overstiger dannelse af klorgas ikke grænseværdien, så længe koncentration af sæben er 0,5% eller lavere. Er koncentration højere, overstiger dannelsen grænseværdien. Ved tilstedeværelsen af mere end 0,5 liter sæbe (uden saltsyre) på gulve eller overflader overstiger klorgasdannelsen grænseværdien i alle de beregnede tilfælde, når koncentrationen er mellem 0,5% og 3%.

I tilfælde af, at sæben indeholder saltsyre, overstiges grænseværdien for klorgasdannelse allerede, hvis der ligger 0,05 liter sæbe (3%) på gulv/overflader se tabel 3.

Konklusion

Med udgangspunkt i de opstillede cases viser resultaterne, at brugen af ECA-vand på de samme dage, som der anvendes syreholdig sæbe, indebærer en betydelig risiko for, at dannelsen af giftig klorgas overstiger grænseværdien for et sikkert arbejdsmiljø.

Derfor anbefales det ikke, at ECA-vand anvendes som desinfektionsmiddel på de samme dage, hvor syreholdige sæber benyttes.

Referencer

Emma Bildsted Petersen og Gry Terrell (2025). Desinfektion med ECA-vand. Miljørigtig rengøring.

Arbejdstilsynet. [Grænseværdier for luftforurening](#). Bekendtgørelse nr. 1619 af 19. december 2024.

White CW, Martin JG. Chlorine gas inhalation: human clinical evidence of toxicity and experience in animal models. Proc Am Thorac Soc. 2010 Jul;7(4):257-63. doi: 10.1513/pats.201001-008SM. PMID: 20601629; PMCID: PMC3136961.

William McGlynn (1990) Guideline for use of Chlorine Bleach as a sanitizer for Food processing Operations