



Slutrapport

Water fit for purpose

Reduktion af vandforbrug på slagterier

Marchen Hviid og Anette Granly Koch

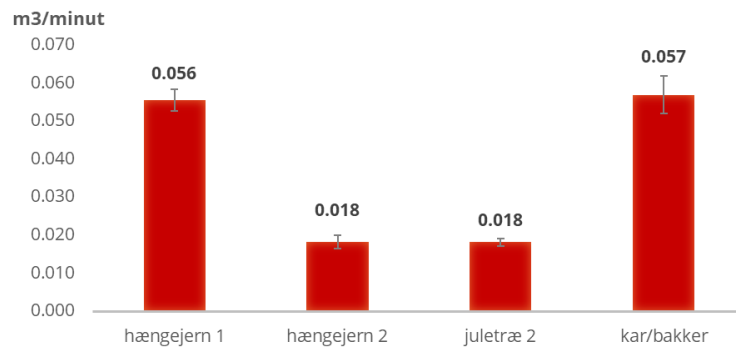
27. januar 2026

Proj.nr. 2010001

Version1

MAHD/MT/AGLK

<i>Indledning</i>	Mulige vandkilder til vognvask Der bruges 3-4 m ³ vand til vask af transportvogn til 200 grise. Vandet er fordelt på vand til skyl (grov- og udvendigt efterskyl) og vand til desinfektion ved indvendigt efterskyl, ca. 0,23 m ³ pr. vogn. I dag benyttes kun vand af drikkevandskvalitet, og brug af andre vandkvaliteter end drikkevand vil derfor bidrage til et generelt lavere vandforbrug og dermed mere bæredygtig produktion på slagterierne.
<i>Formål</i>	Undersøge vandtilgængelighed fra forskellige vaskestationer og andre vandkilder for at finde mulige kilder til genanvendelse af vand til vognvask. Registrering af vandforbrug til diverse vaskestationer Registreringen er gennemført på et slagtested, og det forventes, at dette slagteri afspejler indretningen de fleste andre steder.
<i>Sæber</i>	Der benyttes CIP alka 57 (alkalisk sæbe) i alle vaskestationer. Ved lastbilvask anvendes FOAM 136 (alkalisk sæbe) og DESINFECT 0 (syrebaseret lavt pH).
<i>Tarmbakkevask</i>	Vand til/fra tarmbakkevask. Vandforbruget er på 70-75 m ³ pr. døgn og skal renses før brug ved vognvask.
<i>Juletræsvasker</i>	Her genbruges vand. Der påfyldes ca. 1,5 m ³ pr. periode med minimal genopfyldning.
<i>Bakke-/karvasker</i>	De to vaskestationer på dette slagtested får vand fra de samme rør. Ved bakkevasker blev kvalitet af afgangsvandet målt. Der var en del sæberester og organisk materiale i vandet.
<i>Hængejernsvasker</i>	Hængejernsvasker bruger vand til både desinfektion og efterskyl, ca. 60 m ³ pr. døgn.
<i>Resultater</i>	Vandforbruget blev aflæst morgen og aften i perioden 14/7 til 26/8, i alt 18 dage. På baggrund af registreringerne blev vandforbrug pr. minut beregnet og vises i figur 1.



Figur 1. Vandforbrug m³/minut for udvalgte vaskestationer.

Kvaliteten af vandet blev også undersøgt og viste høj pH-værdi, høj turbiditet og høj UVT i ikke-filtreret vand fra stationerne. Vandet skal filtreres og behandles, før det kan anvendes.

Andre vandkilder til vognvask

Demineraliserings-anlæg

Vand forbehandles, før det kan bruges i demineraliseringsanlæg. Der bruges ca. 3.000 liter/time, og spildes ca. 20%. Mineralindhold er højt, men vandet er uden biologisk materiale eller rengøringsmidler. Mængde $\approx 10 \text{ m}^3$ pr. dag.

Det mikrobiologiske indhold i vandprøver (pH 7,7) fra demineraliseringsanlæg var lavt, og askeindhold blev målt til 0,1%, hvilket svarer til ekstremt hårdt vand ($>50 \text{ }^\circ\text{dH}$). Vandet herfra skal blandes med andre vandkilder før brug. Ved lagring af vandet blev der ikke fundet vækst ved 10°C i 2 dage; men under lagring ved 25, 30 og 37°C steg antallet af bakterier.

Køletårne

Mængden er afhængig af årstid og temperatur. I vinterperioden frigives ca $0,7 \text{ m}^3$ vand/time stigende til 8 m^3 vand/time i varme perioder.

Vandtemperaturen i november er ca. 18°C . Indholdet af bakterier i vand fra køletårn er på 3-4 log cfu/ml og dermed over grænseværdierne for drikkevand. Ved lagring af vandet blev der ikke fundet vækst ved 10°C i 2 dage; men under lagring ved 25, 30 og 37°C steg antallet af bakterier.

Kemikalier til at hindre korrosion og biofilm benyttet i køletårnene vil ikke være skadelige for biler og inventar, men kan kræve personværn.

Grovrenseanlæg for spildevand

På værtsslagteriet opsamles 5 forskellige typer af spildevand:

- Sanitært (toilet og bad) samles altid for sig og ledes direkte til kommunens rensningsanlæg
- Regnvand/overfladevand ledes direkte til opsamlings-sø
- Højt belastet (den største mængde)
- Lavt belastet (fra rengøringsstationer)
- Gødningsbelastet (stald og vognvask)

Både det højt og lavt belastede vand kan eventuelt indgå i genanvendelse, men det kræver en del rensetrin. Der skal gennemføres flere separationsprocesser og filtreringstrin, før vandet kan bruges. Test viste, at alle kim og sporer blev fjernet ved de anvendte renseteknologier.

Introduktion

Mikrobiologiske overvejelser ved brug af procesvand til vask af transportbiler

Ved brug af procesvand fra slagteriet er det af yderste vigtighed at hindre spredning af agens, som giver husdyrsygdomme. Der skal derfor findes teknologiske løsninger til at give en sikker reduktion af mikroorganismer i procesvand fra slagteriet. En af de farlige husdyrsygdomme er miltbrand, som forårsages af *Bacillus anthracis*. Et rimeligt forslag som surrogat for denne bakterie er *Bacillus subtilis*. *Bacillus subtilis* er ikke patogen og anvendes bl.a. som probiotisk kultur i nogle fødevarer. *B. subtilis* er derfor valgt som surrogat til test af UV-lys og klorbehandling.

De gennemførte forsøg er:

- Test af UV-doser på Bacillus-podet procesvand
- Test af klorbehandling på Bacillus-podet procesvand
- Test af UV+klor behandling på Bacillus-podet procesvand

Det anvendte procesvand bestod af hakket svinekam, griseblod, helblod og vandhanevand.

Procesvandet blev podet med en cocktail af sporer fra 4 forskellige *B. subtilis* stammer.

Effekt af UV-behandling af procesvand podet med *B. subtilis* sporer

I forsøget blev det undersøgt, i hvilken grad UV-doserne 187, 243 og 318 mJ/cm^2 kunne reducere en cocktail af 10^6 *B. subtilis* sporer/ml procesvand.

Ved brug af 187 mJ/cm^2 blev der opnået 4,3 log inaktivering af *B. subtilis* sporer. Ved brug af 243 mJ/cm^2 blev der opnået 4,7 log inaktivering af *B. subtilis* sporer. Ved brug af 318 mJ/cm^2 blev der opnået 5,4 log inaktivering af *B. subtilis* sporer, hvilket er det maksimalt målbare med den anvendte mængde sporer.

Jo højere UV-dosis, des større reduktion af sporer.

Effekt af klorbehandling af procesvand podet med *B. subtilis* sporer

Forsøgene viste, at både kontakttid og koncentration har betydning for effekten af klorbehandling. Der blev undersøgt behandlingstider på 10 minutter og 30 minutter samt tre doser af klor: 0,5%, 1% og 2% Na-hypoklorit.

Ved behandling i 10 minutter blev der fundet en stigende effekt med stigende koncentration af klor. Brug af 2% Na-hypoklorit gav mere reduktion end brug af 0,5% klor.

Ved behandling i 30 minutter inaktiveres alle vegetative celler og sporer både ved brug af 1% og 2% Na-hypoklorit, dvs. over 5,6 log inaktivering af *B. subtilis*. Inaktiveringen ved brug af 0,5% klor var lidt mindre effektiv.

Resultaterne viste, at til trods for, at der var en del organisk materiale i modelvandet, var det muligt at inaktivere sporer af *B. subtilis* ved brug af Na-hypoklorit.

Effekt af UV-behandling + klorbehandling af procesvand podet med B. subtilis sporer

Det podede procesvand blev først UV-behandlet ved 250 mJ/cm² og dernæst tilsat 0,5% Na-hypoklorit.

UV-behandlingen reducerede antallet af *B. subtilis* sporer med 4,7 log cfu/ml. Efter yderligere 20-30 minutters behandling med 0,5% Na-hypoklorit kunne der i flere prøver ikke påvises *B. subtilis*.

Konklusion – inaktivering af B. subtilis i procesvand

Resultaterne fra disse forsøg viste, at UV og Na-hypoklorit kan anvendes til at inaktiverer sporer af *Bacillus subtilis* (anvendt som surrogat for *B. anthracis*; miltbrand). Begge teknologier, alene eller i kombination, er derfor interessante at tage i anvendelse ved brug af procesvand til vognvask, hvor det er yderst vigtigt at hindre spredning af husdyrsygdomme (bakterier såvel som virus).

Om denne behandling er god nok til at inaktivere alle smitsomme husdyr agens kræver flere forsøg/vidensindsamling. Dette er især vigtigt, hvis der i procesvandet kan være forekomst af husdyr agens.

En anden tilgang til brug af procesvand til vask af transportvogne er at vælge vandkilder, hvor forekomst af husdyr agens er usandsynlig; dvs. fra kilder, hvor kun raske dyr er håndteret.

ECA-vand – en mulighed for reduceret brug af drikkevand til rengøring og desinfektion

ECA (electrochemical activated) dannes ud fra salt (NaCl) og vand, som ved elektrolyse omdannes til hypoklorsyre (HOCl, en svag syre). Hypoklorsyre er en kraftig oxidant, som forsøger at stjæle elektroner fra andre molekyler. Syntetiske overflader er vanskelige at stjæle elektroner fra, men organisk materiale, bakterier eller ilt i luften er nemme at stjæle elektroner fra. Når hypoklorsyre stjæler en elektron, binder det sig enten til molekylet og danner et nyt molekyle, vender tilbage til hypoklorit eller tilbage til saltvand.

Kemisk risikovurdering ved brug af ECA-vand efter brug af syrebaseret sæbe

Der blev udarbejdet en risikovurdering, som tager udgangspunkt i scenarier baserede cases, som vurderes at være sandsynlige i forbindelse med industrielle rengøring- og desinfektionsprocesser. For hver case blev der beregnet en specifik eksponering af klorgas (Cl₂), som blev sammenholdt med relevante eksponeringskriterier.

Med udgangspunkt i de opstillede cases viste 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.

<i>ECA-vands effekt mod Bacillus subtilis sporer</i>	Resultater fra rengøringsforsøg Stålblader blev tilsmudset med en kødmos fremstillet af blendet Jaka Bov og sterilt vand. Kødmosen blev podet med <i>Bacillus subtilis</i> sporer som indikatorbakterie for desinfektionseffekten. Efter henstand ved 1°C i 18 timer blev pladerne rengjort.
<i>Forsøg 1</i>	Test viste, at når der efter sæbebehandling og afskyl var cirka 2 log CFU/cm² tilbage inden udlægning af desinfektionsmidlet, da var bakterieantallet efter desinfektion med ECA-vand reduceret til et acceptabelt niveau for miljøprøver som en del af rengøringskontrollen (<10 CFU/cm²). Det er uvist, om reduktionen skyldes en afskylningseffekt eller inaktiveringen.
<i>Forsøg 2</i>	Ståloverflader blev podet med en cocktail af bacillussporer i vandig opløsning. Efter cirka 30 minutters henstand blev der udtaget svaberprøver af overfladerne til bestemmelse af startkimal. Derefter blev overfladerne desinficeret med ECA-vand (ca. 400 ppm klor i brugsopløsningen), og efter 10 og 20 minutters kontakttid blev der udtaget prøver med svaberklude tilsat neutraliseringsvæske. Resultaterne viste, at der ikke blev opnået nogen inaktivering af <i>Bacillus subtilis</i> sporerne efter en henstandstid på op til 20 minutter. Baseret på forsøg 1 og forsøg 2 vurderes det derfor, at ECA-vand ikke giver en tilstrækkelig inaktivering af Bacillus sporer.
<i>Forsøg 3 Mikrobiel analyse/hygijnekontrol efter brug af ECA-vand uden afskyl</i>	Hvis der på overflader kan være rester af kemi, som kan hæmme bakterievækst, anvendes ofte svaberklude eller agaraftryk med neutraliseringsbuffer i forbindelse med rengøringskontrol. Ved almindelig hygiejnekontrol, hvor der er skyllet med rent vand efter udlægning af desinfektion, anvendes almindelige svaberklude eller agaraftryk. Da ECA-vand ikke skal skylles af efter brug, er der gennemført forsøg for at måle, om der var forskel på kimal, når der anvendes klude hhv. agaraftryk med og uden neutraliseringsbuffer.
<i>Svaberklude</i>	Forsøg med svaberklude blev gennemført ved at pøde ståloverflader med en cocktail af fordævelsesbakterier tilsat via FKP-vand. Efter 30 minutters henstand blev der udtaget svaberprøver af overfladerne til bestemmelse af startkimal. Herefter blev overfladerne desinficeret med 400 ppm ECA-vand, og efter 10 minutters kontakttid blev der udtaget svaberprøver med svaberklude med og uden neutraliseringsmiddel. 10 minutters kontakt blev valgt som et worst case-scenarie i forhold mængden af klorrester tilbage på overfladerne. Resultaterne viste ingen forskel på at anvende svaberklude med eller uden neutraliseringsmiddel. En udfordring med resultaterne er dog, at tilsætningen af FKP-vand til de udtagne prøver har medført en fortynding af eventuelle klorrester på kludene, og det kan derfor være svært at bruge resultaterne til vurdering af effekt ved brug af aftryksplader, som er i direkte kontakt med de rengjorte overflader.

Agarafttryk

Forsøg med agarafttryk blev gennemført ved at pøde ståloverflader med en cocktail af vegetative bakterier (*Pseudomonas* og *Brochotrix*) i en vandig opløsning. Efter cirka 30 minutters henstand blev der udtaget svaberprøver af overfladerne til bestemmelse af startkimal. Derefter blev overfladerne desinficeret med ECA-vand, og efter 10 og 20 minutters kontakttid blev der udtaget prøver med agar-afttryksplader ($\pm$ neutraliseringsvæske; dipslide).

Resultaterne viste stor variation i desinfektionseffekten på de forskellige replikaer både efter 10 og 20 minutters kontakttid. På trods af denne variation viste resultaterne dog, at antallet af bakterier på agar med og uden neutralisering primært var ens eller med flest bakterier på siden uden neutralisering. I enkelte analyser var der højere kimal på agaren med neutraliseringsbuffer.

Grundet den store variation i data er det svært at konkludere, om tilsætning af neutralisering til agaren øger antallet af bakterier påvist ved rengøringskontrol efter brug af ECA-vand. Men der er ikke meget, som indikerer en bedre genfindning ved brug af agar tilsat neutraliseringsbuffer.

Baseret på data samt litteratur om MIC-værdier for Na-hypoklorit vurderes det dog, at neutralisering ikke har betydning for kimallet bestemt ved rengøringskontrol. Dette baseres på:

- Langt de fleste prøver viser ens vækst på agaren uden neutralisering og agaren med neutralisering
- Kun ganske få prøver har et højere kimal på agaren med neutralisering end på agaren uden neutralisering
- I forsøget med svaberklude med og uden neutralisering blev der ikke fundet forskel på kimaltallene

Når hypoklorsyre stjæler en elektron, binder det sig enten til molekylet og danner et nyt molekyle, vender tilbage til hypoklorit eller tilbage til saltvand. Denne proces er relativ hurtig; hvor hurtig er der ikke fundet tal for. Men eftersom der er opnået godkendelse til brug af ECA-vand uden afskyl, må det skyldes, at u hensigtsmæssige kemiske forbindelser efter brug (uden afskyl) ikke udgør en risiko for kritisk overførelse til fødevarer. Hermed vurderes risikoen for, at der kan overføres klorforbindelser i en koncentration, som kan hindre vækst af bakterier på agaroverflader ved rengøringskontrol, også for værende så lille, at det ikke påvirker kimalbestemmelsen.

Referencer

Daniel Halling Breiner og Emma Bildsted Petersen (2025). Kemisk risikovurdering for brug af ECA-vand efter rengøring med syrebaseret sæbe (P2012300)

Anette Granly Koch (2025). Test af agar med og uden neutraliseringsmiddel for klor ved måling af kimal efter ECA-desinfektion (Envirocheck) (P2012300)