Danmarks Tekniske Universitet

Rengøring på slagterier og mejerier i Danmark

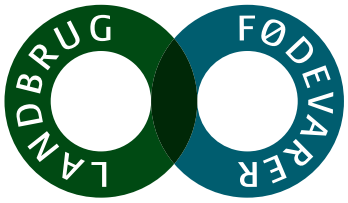
Udvikling af fremtidens effektive, ressourcebesparende teknologier



1



Danmarks
Tekniske Universitet









Forord

Danmarks Tekniske Universitets første sektorudviklingsrapport omhandler rengøringsprocesser i fødevaresektoren. Sektorinitiativet er et supplement til DTU's innovationsindsats og har som målsætning at styrke teknologiintensive erhvervssektorers internationale konkurrenceevne ved at skabe overblik og handlingsplaner for anvendelse og udvikling af ny teknologi. I samarbejde med branchen kortlægges og analyseres teknologianvendelsen i et forum, hvor der indgår virksomhedsrepræsentanter med ekspertviden om sektorens udfordringer og forskere fra DTU med viden på frontforskningsniveau inden for de centrale teknologiområder. På denne baggrund præsenteres udviklingsmuligheder for effektivisering og omkostningsreduktion i sektoren på kort og lang sigt. Arbejdet giver branchen og DTU mulighed for at prioritere og målrette forsknings- og innovationsaktiviteter til gavn for sektoren og samfundet.

Høj fødevarekvalitet er en væsentlig konkurrenceparameter for dansk landbrug. En høj fødevarekvalitet kræver bl.a., at fødevarer fremstilles, så der er mindst mulig risiko for sygdomsfremkaldende bakterier. Det er derfor helt naturligt, at der stilles høje krav til hygiejne på danske slagterier og mejerier. Disse hygiejnekrav medfører et højt ressourceforbrug i form af vand, kemikalier, energi og arbejdstimer. Hertil kommer udfordringer såsom slitage på maskiner, affaldshåndtering, miljøpåvirkning og andre problemstillinger afledt af rengøring. Omkostninger forbundet med rengøring i fødevareindustrien udgør ca. 20 procent af bruttoudgifterne.

Derfor har DTU i samarbejde med brancheorganisationen Landbrug & Fødevarer samt medlemsvirksomhederne Arla, Danish Crown og Rose Poultry indgået et samarbejde om, hvordan omkostningerne til rengøringsprocesserne i forarbejdningsindustrien kan reduceres samtidig med, at der er fokus på høj hygiejnisk standard og lav miljøpåvirkning. På baggrund af dette arbejde er der identificeret en række teknologiske tiltag, virkemidler og udviklingsbehov, der gennem en fælles indsats kan løse udfordringerne og styrke slagteriers og mejeriers konkurrenceevne.

DTU opfatter sektorudviklingsinitiativet som et pilotprojekt. Vi opfordrer derfor læsere og interessenter til at gå i dialog med os om initiativets metode og anbefalinger.

God læselyst!

Niels Axel Nielsen
Koncerndirektør, DTU
Januar 2012

Redaktionsgruppe

Niels Axel Nielsen, koncerndirektør, DTU
Hans-Jørgen Albrechtsen, professor, DTU Miljø
Jakob K. Huusom, adjunkt, DTU Kemiteknik
Anette Alsted Rasmussen, civilingeniør, ph.d., IPU
Alan Friis, vicedirektør, DTU Nanotech
Steffen Syberg Hansen, fuldmægtig, DTU

Arbejdsgrupper

Vandteknologi
Hans-Jørgen Albrechtsen, professor, DTU Miljø (Tovholder)
Torben Brandt Sørensen, fabrikschef, Rose Poultry A/S
Gert K. Kristensen, koncern kvalitetschef, Rose Poultry A/S
Anette Christiansen, miljøchef, Landbrug & Fødevarer
Lin Krarup, miljøpolitisk konsulent, Landbrug & Fødevarer
Helle Nielsen, EHS Engineer, Arla Foods
Charlotte Thy, Environmental Manager, Danish Crown

Rengøringsmilder og kemikalier
Jakob K. Huusom, adjunkt, DTU Kemiteknik (Tovholder)
Lars G. Kiørboe, teknisk chef, DTU-kemiteknik
Kirsten Hansesgaard, produktion manager, Arla Foods
Charlotte Thy, Environmental Manager, Danish Crown
Gert K. Kristensen, koncern kvalitetschef, Rose Poultry
Torben Brandt Sørensen, fabrikschef, Rose Poultry
Anette Christiansen, miljøchef, Landbrug og fødevarer

Materialer, overflade-, og procesteknologi
Anette Alsted Rasmussen, civilingeniør, ph.d., IPU (Tovholder)
Marcel A. J. Somers, sektionsleder, DTU Mekanik
Niels Henrik Pihl, mejerichef, Arla Foods
Niels Ottosen, Food Scientist, Arla Foods
Charlotte Thy, Environmental Manager, Danish Crown
Gert K. Kristensen, koncern kvalitetschef, Rose Poultry
Torben Brandt Sørensen, fabrikschef, Rose Poultry

Overvågning og beslutningsstøtte
Alan Friis, vicedirektør, DTU Nanotech (Tovholder)
Lean Pedersen, DTU Nanotech
Hans Henrik Holst, senior ingeniør, Arla Foods
Åse Uttenthal, professor, DTU Veterinærinstituttet

Indhold

Resumé ... 6

1. Indledning ... 10

1.1 Rapportens formål ... 10

1.2 Rapportens opbygning ... 10

1.3 Den grundlæggende problemstilling i relation til rengøring ... 10

1.4 Fire gennemgående temaer ... 11

2. Vandteknologier ... 14

2.1 Den overordnede problemstilling i relation til vand ... 14

2.2 Teknologiske løsninger ... 16

2.3 Nødvendige tiltag til realisering af de teknologiske muligheder ... 20

3. Kemikalier og rengøringsmidler ... 22

3.1 Den overordnede problemstilling i relation til kemikalier ... 22

3.2 Teknologiske løsninger ... 25

3.3 Nødvendige tiltag til realisering af de teknologiske muligheder ... 27

4. Materialer, overflade- og procesteknologi ... 30

4.1 Den overordnede problemstilling i relation til materialer, overflade- og procesteknologi ... 30

4.2 Teknologiske løsninger ... 32

4.3 Nødvendige tiltag til realisering af de teknologiske muligheder ... 34

5. Overvågning og beslutningsstøtte ... 38

5.1 Overordnet problemstilling i relation til overvågning og beslutningsstøtte ... 38

5.2 Teknologiske løsninger ... 39

5.3 Nødvendige tiltag til realisering af de teknologiske muligheder ... 41

6. Sammenfattende konklusioner ... 44

6.1 Dokumentation og overblik over rengøringsprocessers forbrug, effekt og omkostninger ... 44

6.2 Koordinering og hygiejnisk design på tværs af leverandører og branchen ... 45

6.3 Udviklingsaktiviteter i branchen ... 45

6.4 Forskningsprogrammer ... 48

Resumé

RESUMÉ

Rengøring udgør en væsentlig del af danske slagteriers og mejeriers daglige arbejde. Cirka 20 procent af branchens driftsomkostninger allokeres til løsning og håndtering af problemstillinger, der er forbundet til rengøring. Rengøringsprocesser på slagterier og mejerier er i dag forbundet med et højt ressourceforbrug i form af vand, kemikalier, energi og arbejdstimer. Der er derfor betydelige gevinster at hente ved en effektivisering af rengøringsteknologier og -processer på danske slagterier og mejerier.

Derfor har DTU i samarbejde med Landbrug og Fødevarer og repræsentanter fra slagteri- og mejeribranchen nedsat en arbejdsgruppe, som har gennemført en række workshops, hvor erhvervets udfordringer ved rengøringsprocesser, mulige løsningsmodeller og nødvendige implementeringstiltag identificeres og analyseres. Denne rapport opsummerer resultaterne af dette arbejde.

Analyse og resultater

Rapporten beskriver fire temaer, der er centrale i forbindelse med rengøring på slagterier og mejerier. Det drejer sig om:

- *Vandteknologier.* Vand anvendes til rensning af udstyr og transport af restprodukter fra produktionen. Bedre rensning og genanvendelse af vand reducerer behovet for vand i rengøringsprocesser og udledning af spildevand.
- *Rengøringsmidler og kemikalier* udgør en nødvendig funktion i rengøringsprocesser. Udvikling af kemikalier, der imødekommer nye krav og funktioner eller mere effektivt udfører nuværende funktioner, bidrager til, at rengøringsteknologier og -processer bliver mere effektive og mindre omkostningstunge.
- *Materialer, overflade- og procesteknologi* spiller en vigtig rolle i udviklingen af mere effektive rengøringsteknologier og -processer. Mere effektive rengøringsprocesser forudsætter, at produktionsudstyr udvikles med henblik på hygiejnisk design og mere rengøringsvenlige materialer.
- *Overvågning og beslutningsstøtte* er afgørende for virksomhedernes muligheder for at træffe kvalificerede beslutninger om rengøringsprocesser. Udvikling af nye sensorer til overvågning af rengøringsprocesser styrker muligheden for løbende at tilpasse og udvikle produktionsprocessen, så rengøringsprocesserne optimeres.

Hvert tema analyseres i fire separate kapitler, der hver indeholder forslag til teknologiske løsninger på kort sigt og på lang sigt.

Arbejdsgruppens tværgående anbefalinger

På baggrund af de enkelte temaer udpeges en række tværgående indsatsområder, der alle bør adresseres for at udvikle fremtidens effektive, ressourcebesparende teknologier. Indsatsområderne er:

- Dokumentation og overblik over rengøringsprocessers forbrug, effekt og omkostninger.
- Sammenhængende koordinering og hygiejnisk design på tværs af leverandører og brancher.
- Tværgående udviklingsaktiviteter.
- Tværgående forskningsprogrammer.

Dokumentation og overblik over rengøringsprocessers forbrug, effekt og omkostninger
Arbejdsgruppen konkluderer, at slagterierne og mejerierne har gavn af mere detaljeret viden omkring rengøringsprocesser og de omkostninger og ressourcer, der er forbundet med rengøring i form af vand, energi, kemikalier, arbejdskraft samt nedslidning af produktionsudstyr.

En kortlægning og videreformidling af eksisterende viden og erfaringer på tværs af og mellem brancher udgør en del af løsningen. Der findes allerede teknologier inden for funktionelle overflader, overflader med sensoregenskaber og teknologier til forbedring af slid- og korrossionsegenskaber. Disse erfaringer kan kombineres med videreudvikling af metoder til at kortlægge, beskrive, modellere og overvåge rengøringsprocesser. Dette vil give de nødvendige værktøjer til at optimere slagteriernes og mejeriernes rengøringsprocesser i form af ressourcer, processer og udledning inden for de lovgivningsmæssige rammer. Arbejdsgruppen påpeger, at der er potentiale i at anvende og videreudvikle økonomiske livscyklusanalyser, "Total

Cost of Ownership-" og footprint-opgørelser, der giver bedre informationsgrundlag om forbruget af vand, kemikalier, arbejdskraft og energi i rengøringsprocesser. Disse analyser bør suppleres med "Quantitativ Microbial Risk Assessments" for at garantere, at fødevaresikkerheden ikke belastes som resultat af begrænset ressourceforbrug.

For at sikre, at branchens beslutningsgrundlag er optimal foreslås:

- *at der gennemføres en kortlægning af eksisterende erfaringer og teknologier på området og kendskabet til disse udbredes gennem efteruddannelse af medarbejdere hos både slagterier og mejerier, underleverandører og rengøringsfirmaer.*
- *at der gennemføres en række systemanalyser, der tilsammen kortlægger og analyserer de forskellige rengøringstrin og processtrømme ud fra deres funktioner og omkostninger. Dette vil forbedre vurderingen af hvilke tiltag, der kan effektivisere rengøringsprocesserne.*
- *at der udvikles og implementeres analytiske metoder, der styrker beslutningsgrundlaget. Disse analyser bør fokusere på økonomiske livscyklusanalyser og "Total Cost of Ownership" af rengøringsteknologi, risikoanalyser af fødevaresikkerhed samt integrere vandforbrug i LCA-analyser.*

Sammenhængende koordinering og hygiejnisk design på tværs af leverandører og brancher

Arbejdsgruppen konkluderer, at hensynet til hygiejnisk design og rengøring ikke er tilstrækkeligt integreret i slagteriernes og mejeriernes arbejdsprocesser og produktionsudstyr. I visse tilfælde udvikles produktionsudstyr eller komponenter, der ikke tåler de nødvendige rengøringsmidler, eller de designes, så rengøringen bliver mere besværlig og ressourcetung. Derudover udliciteres rengøring ofte til eksterne partnere, der ikke besidder de nødvendige incitamenter til eller muligheder for at optimere slagteriernes og mejeriernes rengøringsprocesser.

Udfordringen er forbundet med det begrænsede samarbejde mellem de forskellige led i produktions- og rengøringskæden; lige fra underleverandører af ressourcer og produktionsudstyr til de eksterne firmaer, der er ansvarlige for den efterfølgende rengøring. Bedre samarbejde og øget koordinering mellem disse aktører fremmer, at hensynet til rengøring integreres bedre igennem hele produktionskæden.

Oprettelse af netværk og etablering af testfaciliteter, hvor partnerne tester og vurderer potentielle effektiviseringer under praktiske forhold udgør en vigtig platform for innovation og samarbejde mellem parterne.

Det anbefales:

- *at der i højere grad samarbejdes mellem branchen, underleverandører og rengøringsfirmaer om at integrere hensynet til rengøring i arbejdsprocesserne. Dette kan gøres gennem etablering af innovationsnetværk eller andre samarbejdsformer, hvor partnerne mødes og diskuterer mulige løsningsmodeller, der integrerer hensynet til rengøring i produktionsprocesserne og i indkøbet af produktionsudstyr.*
- *at der oprettes test- og demonstrationsfaciliteter, hvor forskellige løsningsmodeller kan afprøves i praksis og i samspil med både leverandører af produktionsudstyr, rengøringsfirmaer og branchen selv.*
- *at der, i en passende periode, stilles en produktionslinje til rådighed til at udvikle nye rengøringsteknologier og processer i praksis under realistiske forhold.*

Tværgående udviklingsaktiviteter

Arbejdsgruppens analyser illustrerer, hvordan udviklingsaktiviteter inden for en række områder kan styrke slagteriernes og mejeriernes håndtering af rengøringsprocesser. Der er identificeret et potentiale i at investere i mere effektiv vandteknologi til at reducere de samlede mængder vand, der bruges i forbindelse med rengøring. Eksempelvis vil aktiviteter inden for lokal recirkulering af vand, udvikling af kaskadestrategier og opsamling af næringsstoffer og organisk materiale forbedre mulighederne for genbrug af vand. Samtidig vil udvikling af membranteknologier, membranbioreaktorer, avancerede oxiodantsprocesser eller andre desinfektionsteknologier forbedre mulighederne for at stabilisere og rense brugt vand.

Udviklingsaktiviteter inden for teknologierne "trinvis rengøring" og "Cleaning in Place" effektiviserer organiseringen af rengøringsprocesser. Ved "trinvis rengøring" opdeles rengøringsprocesser i flere led, som ikke alle opfylder de endelige rengøringskrav. Udviklingspotentialet ligger i optimering af de enkelte trin gennem substitution til andre rengøringsmidler, færre ressourcer eller mindre arbejdskrævende procedurer. "Cleaning in Place-teknologier" muliggør lokal rengøring, hvor optimering af

dysedesign og -placering vil effektivisere rengøringen. I lukkede systemer kan teknologien desuden automatisere rengøringsprocesserne.

Inden for udvikling af rengøringsvenlige overfladeteknologier kan der udvikles overfladeteknologier, der modvirker adhæsion af fødevarer, smuds og mikroorganismer. Dette kan og bør suppleres med udvikling af nye rengøringskemikalier, der opfylder samme krav til rengøring, men kræver mindre brug af ressourcer i form af vand, energi, arbejdskraft eller begrænser nedslidning af udstyr.

Endelig vil udviklingsaktiviteter inden for sensorteknologi styrke slagteriernes og mejeriernes effektiviseringer af rengøringsprocesser. Arbejdsgruppen påpeger, at udviklingsaktiviteter inden for optiske løsninger til måling af væske i lukkede systemer, udvikling af elektroniske analysemetoder og kolometri vil styrke rengøringsprocesser. Kolometri anvendes til at analysere indholdsstoffer i et processtof såsom gas eller vandprøver. Desuden kan teknologier, der måler "Total Organic Carbon" eller "Biochemical Oxygen Demand", bruges til at indfange organiske eller biologiske restkomponenter.

Det anbefales, at der gennemføres udviklingsaktiviteter inden for følgende områder:

- *genbrug af vand med fokus på lokal recirkulering, kaskadestrategi, behandling af vandstrømme og sensorer til overvågning af vandkvalitet.*
- *"trinvis rengøring" og "Cleaning in Place" med fokus på adskillelse af rengøringstrin og udvikling af lokale renseteknologier.*
- *nye overflader og rengøringsprodukter med fokus på adhæsion og fouling af fødevarer, slid og korrosion af materialer samt mere effektive rengøringsmidler.*
- *nye sensorer inden for kolometri, optiske sensorer, "Total Organic Carbon" og "Biochemical Oxygen Demand".*

Tværgående forskningsprogrammer

Arbejdsgruppens analyser påpeger, at selvom der findes problemstillinger, der kan løses ved eksisterende viden og erfaringer eller ved udviklingsaktiviteter i virksomheder, er der fortsat en række områder, hvor der mangler yderligere forskningsaktiviteter. Derfor anbefales, at der igangsættes forskningsaktiviteter inden for disse områder.

Inden for vandteknologi er der potentiale i forskning i rensning og filtering af vand. Der kan med fordel iværksættes forskningsaktiviteter inden for filtreringsmekanismer såsom keramiske membraner eller protozer med fokus på fjernelseseffektivitet til forskellige renseprocesser, følsomhed for desinfektion og overlevelse i vandsystemer. Dette bør kombineres med forskningsprogrammer inden for nye og mere effektive desinfektionsteknologier til spildevand.

Inden for kemikalieområdet bør der påbegyndes forskningsaktiviteter, der danner grundlag for udvikling af mere effektive rengøringsmidler, der ved lavere koncentrationer angriber de netop ønskede mikroorganismer. Andre forskningsinitiativer bør fokusere på genanvendelse af rengøringsmidler, eksempelvis via rensning.

Der er behov for forskningsaktiviteter inden for rengøringsvenlige overflader og materialer, herunder forskning i kombinationen af mekanismeforståelse og fødevarebearbejdningsprocesser. Arbejdsgruppen konkluderer, at der er potentiale i forskning i overfladetopografiens indflydelse på rengøringsvenlighed og adhæsion samt studier af



migration fra plast afhængig af påvirkning fra rengørings- og desinfektionsmidler. Endelig er der behov for forskning inden for antimikrobielle overflader relateret til løsninger med forbedret langtidseffekt samt kontrolleret afgivelse af antimikrobielle stoffer. Sådanne studier bør gennemføres for at undgå problemer med resistensudvikling herunder udvikling af overflader, der efter behov kan tilføres nye antimikrobielle stoffer.

Afslutningsvis anbefaler arbejdsgruppen, at der indledes en række forskningsprogrammer, der på længere sigt kan danne fundament for udvikling af nye sensorer. Overordnet set bør der gennemføres forskningsaktiviteter, der rettes mod tilpasning af sensorer til de specifikke analyseformål, der eksisterer i rengøringsprocesser på slagterier og mejerier. Herunder udvikling af sensorer, hvor forskellige principper er integreret samt udvikling af beslutningsstøttesystemer baseret på dataanalyse, der er integreret med disse sensorer. Mere specifikt bør der forskes i sensorteknologier til monitorering af mikrobiel vandkvalitet samt sammensætning og koncentration af rengøringsmidler. Arbejdsgruppen anbefaler ligeledes, at der forskes i kombinationer af sensorprincipper, hvor flere sensortyper tilsammen klassificerer processtrømme efter, om det er urent vand, rent vand eller rengøringsmidler. Endeligt er der potentiale i at udvikle visuelle eller elektroniske sensorer i overflader og udstyr til detektering af fouling og slitage og lignende.

Det anbefales, at der gennemføres forskningsprogrammer inden for følgende områder:

- *vandteknologier med fokus på rensning og genbrug af vand med særligt fokus på filtreringsmekanismer, protozer og desinfektionsteknologier til spildevand.*
- *kemikalier med fokus på effektive rengøringsmidler og genanvendelse af kemikalier via rensning og regenerering.*
- *rengøringsvenlige overflader, materialer og design med fokus på overfladetopografi, antimikrobielle overflader samt kombinationer af fødevarebearbejdningsprocesser og materiale- og overfladeteknologi.*
- *sensorer med fokus på monitering af mikrobiel vandkvalitet, sammensætning og koncentration af rengøringsmidler, integrerede sensorprincipper til klassificere processtrømme samt multivariat dataanalyse, kolometrisk aray, elektrisk ledede polymer og optiske løsninger.*



1. Indledning

KAPITEL 1

Indledning

Rengøring udgør en væsentlig del af danske slagteriers og mejeriers daglige arbejde, fordi produktion af sikre fødevarer forudsætter fokus på hygiejne og rengøringsprocesser. Rengøringen på slagterier og mejerier er i dag forbundet med et højt ressourceforbrug i form af vand, kemikalier, energi og arbejdstimer. Hertil kommer nedslidning af maskiner, affaldshåndtering, miljøpåvirkning og andre problemstillinger afledt af rengøring. Der er derfor væsentlige gevinster forbundet med effektivisering af rengøringsteknologier og -processer på danske slagterier og mejerier. Effektivisering af rengøringsteknologier på slagterier og mejerier er således et strategisk vigtigt indsatsområde – både for miljøet og for branchens konkurrenceevne.

Denne sektorudviklingsrapport adresserer netop disse udfordringer. I samarbejde med branchen forsøger en bredt sammensat gruppe af forskere fra DTU at kortlægge de udfordringer danske slagterier og mejerier står over for i forhold til effektivisering af rengøringsteknologier og -processer. På baggrund af denne kortlægning udpeger arbejdsgruppen en række teknologiske tiltag, virkemidler og udviklingsbehov, der gennem en fælles indsats kan løse udfordringerne og styrke sektorens konkurrenceevne.

1.1 Rapportens formål

Danmarks Tekniske Universitet, DTU, og slagteri- og mejeribranchen udpeger i denne rapport en række centrale, teknologiske udfordringer og muligheder i forbindelse med håndteringen af rengøringsprocesser og teknologier på slagterier og mejerier. Med udgangspunkt i fire temaer anbefaler arbejdsgruppen en række forsknings- og udviklingsaktiviteter, som bredt dækker branchens udfordringer og øger slagteriernes og mejeriernes konkurrenceevne ved at udvikle og anvende fremtidens rengøringsteknologier og -processer.

1.2 Rapportens opbygning

Kapitel 2-5 er rapportens faglige kapitler. Hvert kapitel fokuserer på ét af rapportens fire temaer; Vandteknologier, rengøringsmidler og kemikalier, materialer, overflade- og procesteknologi samt overvågning og beslutningsstøtte.

Hvert enkelt kapitel redegør for de særlige problemstillinger og teknologiske muligheder, der knytter sig til disse fire temaer. Kapitel 6 sammenfatter arbejdsgruppens konklusioner. Kapitlet udpeger en række tværgående aktiviteter og virkemidler, der alle vil medvirke til at optimere og effektivisere rengøringsprocesserne.

1.3 Den grundlæggende problemstilling i relation til rengøring

Den danske fødevaresektor spiller en stor rolle i dansk og international økonomi. Den danske landbrugssektor betegnes som én af verdens ti førende fødevareklynger, og op mod 70 procent af dansk fødevareproduktion eksporteres til udlandet. I en længere årrække har danske fødevareproducenter dog tabt markedsandele på de internationale markeder. Denne udvikling kan bl.a. tilskrives lav vækst og høje omkostninger i branchen.

Rengøring og hygiejne udgør en relativ stor del af disse omkostninger. Slagteri- og mejeribranchen udgør en stor del af den danske fødevaresektor, og her vurderes, at ca. 20 procent af driftsomkostningerne anvendes til løsning og håndtering af problemstillinger, der er forbundet til rengøring og hygiejne. Dette skyldes flere forhold.

Rengøringsteknologier på slagterier og mejerier er forbundet med et stort forbrug af vand. Vandforbruget udgør en markant økonomisk belastning for branchen. Tidligere opgørelser har vist, at levnedsmiddelindustrien som helhed anvendte godt 70 mio. m3/år svarende til 43 procent af vandforbruget i danske fremstillingsvirksomheder. Samtidig anvendes store mængder energi, kemikalier og arbejdskraft i rengøringsprocesserne. Rengøring på slagterier og mejerier kræver ofte manuelt arbejde på skæve tidspunkter, så produktionen ikke forstyrres. Det kan derfor være svært at tiltrække arbejdskraft til disse funktioner, og der er ofte relativt store lønomkostninger tilknyttet. Der anvendes store mængder kemikalier til forskellige led i rengørings- og desinfektionsprocesser, mens den store mængde energi primært anvendes til opvarmning og nedkøling af rengøringsvand.

Udover slagteriernes og mejeriernes omkostninger til rengøringsprocesser oplever samfundet som helhed også omkostninger afledt af rengøringsprocesser i form af miljøbelastning. Udledning af spildevand fra rengørings-

processer på slagterier og mejerier medvirker til at belaste den omkringliggende natur og knytter sig både til indvinding og afledning af vand. Indvinding af grundvand reducerer vandressourcer, mens afledning forudsætter forudgående rensning, der reducerer forurening. Derudover kan det ske, at restkemikalier fra rengøringsprocesser udledes i den omkringliggende natur.

Samtidig knytter der sig en særlig problemstilling til det høje vandforbrug ved rengøringsprocesser. Den demografiske og industrielle udvikling tilskriver, at det globale samfund står overfor store fremtidige udfordringer i forhold til adgang til rent drikkevand. Næsten 1/5 af jordens befolkning lever i dag i områder uden adgang til rent drikkevand, og det forventes, at det nuværende pres på vandressourcer stiger i takt med den demografiske og industrielle udvikling. En styrket indsats i forhold til rengøringsprocesser og -teknologier på danske slagterier og mejerier vil styrke eksportmulighederne for de mange underleverandører i branchen. Mere effektive og omkostningsreducerende rengøringsprocesser vil kunne skabe fundamentet for eksport af danske, miljøvenlige og ressourcebesparende teknologier og løsninger til udlandet.

1.4 Fire gennemgående temaer

Rengøring på slagterier og mejerier er en teknologitung og kompliceret proces, der berører en lang række teknologiområder og fagdiscipliner. Arbejdsgruppen har opdelt problemstillingen i fire temaer, som alle skal adresseres, såfremt man ønsker at optimere rengøringsprocesserne på slagterier og mejerier samt i fødevareindustrien som helhed. Der er ikke tale om en udførlig liste, men der er et naturligt samspil mellem netop disse fire temaer, der gør dem velegnede som indsatsområder.

De fire gennemgående temaer er:

1. *Vandteknologier:* Rengøring i forarbejdningsindustrien er en proces, der kræver store mængder vand i forløbet. Vand anvendes til rensning af maskiner og transport af restprodukter fra produktionen. Reduktion af det samlede vandforbrug eller bedre genanvendelse af brugt vand til andre formål nedbringer de samlede økonomiske og miljømæssige omkostninger betydeligt.

2. *Rengøringsmidler og kemikalier:* Anvendelse af kemikalier og rengøringsmidler udgør en naturlig funktion i slagteri- og mejeribranchens rengøring. Udvikling og anvendelse af kemikalier, der imødekommer nye



krav og funktioner, udgør en vigtigt del i optimering af rengøringsprocesser og -teknologier i branchen.

3. *Materialer, overflade- og procesteknologi:* Ligesom vandteknologi og rengøringsmidler er de materialer og overflader, man ønsker at rengøre, vigtige for effektivisering af rengøringsprocesser. Det er afgørende, at materialerne, der anvendes i produktionen, udvikles med henblik på hygiejne. Rengøringsvenlige overflader kan nedbringe behovet for vand og kemikalier og derved spares både tid og ressourcer.

4. *Overvågning og beslutningsstøtte:* Endelig knytter der sig en særlig problemstilling til spørgsmålet om overvågning og beslutningsstøtte. Gennem stadig mere avancerede og integrerede sensorer samt udnyttelse af "Process Analytical Technology" (PAT) er det muligt at overvåge, dokumentere og optimere rengøringsprocesser i gennem hele produktionskæden.

Udover disse temaer udgør hygiejnisk design af procesudstyr hos udstyrsfabrikanter og design af processekvenser et vigtigt element i at optimere rengøringsprocesser på danske slagterier og mejerier. Denne problemstilling adresseres dog ikke i denne rapport.



2. Vandteknologier

KAPITEL 2

Vandteknologier

I dette kapitel analyseres problemstillinger om anvendelse af vandteknologier i rengøringsprocesser på slagterier og mejerier. Fokus rettes mod de gennemgående problemstillinger, der er forbundet med slagteriers og mejeriers anvendelse af vand. Endelig udpeges en række teknologiske løsninger.

2.1 Den overordnede problemstilling i relation til vand

Fødevareproduktion kendetegnes ved et stort vandforbrug, der blandt andet skyldes vandforbrug til rengøring og transport af rest- og biprodukter fra produktionen. Dette har været dokumenteret i en række rapporter udarbejdet for Miljøstyrelsen i tiden 1989-2000. I 1994 er det således opgjort, at levnedsmiddelindustrien som helhed anvendte 72 mio. m^3/år svarende til 43 procent af vandforbruget i danske fremstillingsvirksomheder. Dengang var der foretaget eller planlagt vandbesparende tiltag for 60 procent af virksomhederne, og der var tale om ganske store reduktioner på op til 80-90 procent af vandforbruget. Siden dengang er der sket flere forandringer i branchen og særligt en øget automatisering, indførelse af miljøledelse, krav om BAT og lovkrav om grønne regnskaber må forventes, at have haft indflydelse på vandforbruget. Endvidere har stigende priser på vand øget fokus på vandforbrug. Repræsentanter for branchen oplyser, at måling af vandforbrug ved de enkelte processer er udbredt. Der foretages dog ikke en systematisk opsamling af målinger og behandling af data på vandstrømme i de enkelte delprocesser. Det er bemærkelsesværdigt, at der tilsyneladende ikke er foretaget detaljerede og tværgående analyser af vandstrømme og vandhåndtering i branchen siden 1990'erne.

Det er et fællestræk for branchens aktører, at det høje vandforbrug er en udfordring af tekniske, økonomiske, miljø- og imagemæssige hensyn. De tekniske udfordringer omfatter problemer med håndtering af kondens, energiforbrug ved opvarmning og nedkøling af vand, behov for spildevandsrensning og forbrug af rengørings- og desinfektionsmidler.

Et højt vandforbrug er en økonomisk belastning for virksomhederne, der skal dække omkostninger til indvinding og spildevandsbehandling, hvad enten det sker inden for virksomheden eller i samarbejde med lokale forsyningsselskaber. Samlede vand- og spildevandsafgifter varierer meget fra ca. 10 dkr/m^3 til mere end 50 dkr/m^3 afhængig af sted. I gennemsnit er danske vand- og spildevandsafgifter blandt de højeste i verden, hvilket påvirker branchens konkurrenceevne.

De miljømæssige udfordringer ved vandforbruget knytter sig både til indvinding og udledning. Indvinding af grundvand reducerer vandressourcer, der er tilgængelige for opretholdelse af natur- og rekreative områder, og udledning knytter sig til problemer med at skille sig af med vandet igen. Dette er hovedomdrejningspunkterne for de aktuelle udfordringer for virksomhederne i forbindelse med implementering EU's vandrammedirektiv igennem vandplaner og de efterfølgende kommunale handleplaner. Ydermere er der bekymring for, at vandplanerne på et tidspunkt sætter så markante begrænsninger, at branchen ikke har adgang til tilstrækkelige vandressourcer eller mulighed for at aflede spildevandet.

Spildevand udledes enten til et alment renseanlæg eller via virksomhedernes egne renseanlæg for at leve op til udledningstilladelserne og minimere skadevirkningerne på miljøet. Det er slagteri- og mejeribranchens opfattelse, at samarbejdet med lokale spildevandsanlæg og udledning af renset spildevand fra virksomhederne generelt er velfungerende og uden umiddelbare udviklingsmuligheder eller behov. Der eksisterer dog et endnu uudnyttet potentiale for, at lokal rensning af spildevandstrømme kan bidrage til forbedring eller etablering af vandmiljøer omkring virksomheden under forudsætning af, at vandet kan udledes til naturen frem for sendes til offentlige rensningsanlæg. Det er i samme forbindelse uklart, i hvilken grad et øget samspil mellem den lokale vandhåndtering på virksomhedernes tilknyttede renseanlæg kan give nye muligheder for genvinding af ressourcer som f. eks. fosfor eller for at øge energiudbyttet af f. eks. spildevandslam. Enkelte firmaer tilbyder produktion af ingredienser fra specifikke massestrømme og forrensning af spildevand med henblik på ressourcegenvinding og effektivisering af spildevandsbehandlingen. F. eks. har DAT-SCHAUB fået miljøgodkendelse til produktion af hydrolyserede proteiner samt etablering af forrensningsanlæg til spildevandsbehandling i forbindelse med tarmrenserier. Ydermere er der hos Arla en særdeles velfungerende genvinding af værdifulde produkter fra f. eks. valle.

Vandforbrug er en af flere parametre, der bidrager til det samlede image hos forbrugerne, og som virksomhederne

allerede nu er bevidste om. Det må forventes, at detailhandelen fremover i stigende grad vil kræve dokumentation for produkternes økologiske fodaftryk f. eks. i form af et "Water Footprint", der angiver vandforbruget medgået i produktionen af en given vare. I Storbritannien er der allerede fokus på dette aspekt, og der arbejdes med miljømærkningsordninger, hvor det forventes, at vand bliver en væsentlig parameter.

For alle aspekter af vandforbruget vil der således være en lang række fordele ved at nedbringe vandforbruget gennem genvinding af en større del til brug internt i virksomheden, til brug hos eksterne virksomheder og naboer eller til naturgenoprettelse.

Særlige problemstillinger for specifikke branchegrene
Udover ovenstående fællestræk findes en række særlige problemstillinger for de specifikke branchegrene. Særligt bemærkes en væsentlig forskel mellem slagterier og mejerier.



Mejeriernes vandhåndtering
Mejeriernes produktion kendetegnes ved avanceret behandling af mange produktstrømme og et stort antal produkter fra råmælken, der strækker sig fra gængse mælkeprodukter såsom mælk og ost over specialiteter til mælkebaserede ingredienser. Produktionen af mælkeprodukter og ingredienser involverer en lang række separationsprocesser, der som sidste trin involverer hyperfiltrering (omvendt osmose, RO). Permeatet (RO-vand) fra filtreringsprocessen udgør et særligt potentiale for mejerierne, da membranprocesserne efterlader en vandstrøm, der kan benyttes i andre processer. Dog med den ulempe, at RO-vandet har et højt indhold af organisk stof. Dette permeat fra RO-processen produceres i mængder, der svarer til vandforbruget på mejerierne. Arla arbejder således frem mod at kunne dække vandbehovet på mejerierne med det vand, der kommer med mælken.

Slagteriernes vandhåndtering
Slagteriernes vandforbrug kendetegnes ved et højt forbrug til rengøring og transport af affalds- og biprodukter f. eks transport af blod, fjer og 'snask'. Det anslås, at Danish Crown i gennemsnit bruger 200 l vand pr. svin. Forbruget er halveret de sidste 10 år og ligger nu stabilt. Yderligere reducering af vandforbruget i forbindelse med rengøring er overvejet i flere omgange, men besværliggøres af høje krav til hygiejne samt af, at rengøring ofte er outsourcet. Rengøringsfirmaerne har ikke den samme motivation og de samme miljømål som slagterierne i forhold til at begrænse vandforbruget. Løbende rengøring i forbindelse med slagteprocessen bidrager til det høje vandforbrug. F.eks. er det på svineslagterierne nødvendigt at vaske og desinficere skæringsværktøjer mellem hvert dyr.

Lovgivningsmæssige forhold
Vandforbruget i fødevaresektoren hænger sammen med fødevarelovgivningen og fødevaresikkerheden. I henhold til EU's hygiejneforordning er der skrappe krav, der skal sikre, at fødevarerne ikke forurenes, hvilket sætter et naturligt loft for vandbesparelserne. Således fastlægger forordningen, at der ved fødevareproduktion som udgangspunkt skal benyttes drikkevand. Dog fremgår det af bekendtgørelsen om vandkvalitet, der netop er sendt i høring, at Naturstyrelsen, efter ansøgning fra fødevarevirksomheder, helt eller delvist kan undtage kravet til drikkevandskvalitet i dele af fødevarefremstillingen, hvis det kan fastslås, at vandets kvalitet ikke kan påvirke den færdige fødevares sundhed. I den forbindelse er der

bekymring om, at eksportlandenes myndigheder ikke vil acceptere sikkerheden. Dette gælder eksempelvis for de japanske og amerikanske myndigheder.

2.2 Teknologiske løsninger

I relation til vandhåndteringen i forbindelse med fødevareproduktion er et af de mest påtrængende behov en reduktion af vandforbruget. Dette kan formentligt opnås ved genanvendelse af vand inden for virksomheden. I det følgende gennemgås muligheder for at sikre en bæredygtig udvikling af vandhåndteringen på slagterier og mejerier. Gennemgangen er opdelt i tre trin, der er nødvendige for en optimering af vandhåndteringen:

1. Indledende kortlægning – teknologiske løsninger på kort sigt.

2. Strategisk udvikling og forskning – teknologiske løsninger på kort sigt.

3. De teknologiske gennembrud – teknologiske løsninger på lang sigt.

Indledende kortlægning - teknologiske løsninger på kort sigt
Det første trin imod en optimering og reduktion af vandforbruget på danske slagterier og mejerier foreslås at bestå af to kortlægningstrin:

- Systemanalyse af flow og strømme af vand, stoffer og energi.

- Opstilling af scenarier for reduktion af vandforbrug.

Systemanalyser af flow og strømme af vand, stoffer og energi
Indledende er der behov for systemanalyser af flow og strømme af vand, stoffer og energi igennem hver virksomhed. Systemanalysen skal inkludere identifikation af proceskæder i forbindelse med rengøringen, så der skabes overblik over rækkefølgen af rensetrin og formålet med hvert rensetrin afdækkes. Dette skaber overblik og giver mulighed for at identificere, i hvilke trin og processer de største reduktionsmuligheder foreligger og for at estimere niveauet for en sådan intervention. Sådanne analyser skal ikke begrænses til virksomheden alene, men bør række videre og omfatte nærmiljøet, både fysisk og geografisk og leverandør- eller kunderelateret, omkring virksomheden. Simple tiltag, som etablering af vandmålere på centrale processer og i forbindelse med rengøring, kan kvantificere vandforbruget. Da rengøring ofte outsources til eksterne firmaer, kan opsætning af separate vandmålere til rengøring givetvis reducere vandforbruget. Kontinuerlig opsamling af vandforbrugsdata kan endvidere benyttes til at stille krav om et maksimalt vandforbrug i rengøringskontrakten, og dette kan eventuelt knyttes til et strafgebyr ved overskridelse.

Opstilling af scenarier for reduktion af vandforbrug
Baseret på systemanalysen kan der opstilles en række scenarier for recirkulering af vand, enten i form af direkte genanvendelse uden rensning, eller genanvendelse efter et eller flere rense- og desinfektionstrin. Scenarierne skal dække de tre hovedanvendelser af vand på slagterier og mejerier:

1. Transport, der omfatter den løbende bortskaffelse af f.eks. blod eller "snask", den første afskylning ved rengøring osv.

2. Vask, der omfatter rengøringen af maskiner, overflader mv.

3. Desinfektion, det afsluttende rengøringstrin, der ved hjælp af kemi eller varme skal sikre et sterilt miljø mellem håndteringen af batches.



Scenarierne kan være udgangspunkt for etablering af et casestudie på et udvalgt produktionssted. Casestudiet kan bruges til at belyse såvel tekniske som regulerings- og lovgivningsmæssige udfordringer i forbindelse med recirkulering af vand på slagterier og mejerier. Evalueringskriterier for scenarierne gennemgås i det følgende afsnit.

Strategisk udvikling og forskning - teknologiske løsninger på kort sigt

Baseret på kortlægningen skitseret ovenfor anbefales det at udføre en række analyser og udviklingsprojekter:

- Udvikling af kvalitetskravsanalyse.
- Udvikling af risikoanalyse.
- Udvikling af livscyklusværktøjer og metoder til footprint-opgørelser.
- Udvikling af renseteknologier i forbindelse med genanvendelse af vand.
- Udvikling af desinfektionsteknologier ved genanvendelse af vand.
- Udvikling af sensorer og moniteringsstrategier til sikring af hygiejneniveauet.
- Udvikling af andre vandteknologiske områder med fokus på samspillet mellem lokal og central inklusiv almen spildevandsbehandling.
- Udvikling af behandlingsmetoder for særlige affaldsstrømme herunder saltlager.

Udvikling af kvalitetskravsanalyse
For at etablere effektiv genanvendelse af vand i virksomhederne, er der behov for at analysere kravene til vandkvaliteten i en given proces. På den ene side kan det forekomme urimeligt at stille krav om anvendelse af drikkevandskvalitet til rengøring for fækalier i modtagelse og stalde. På den anden side er der bekymring for, at smittestoffer eller patogener tilført genanvendelsesvandet fra en tidligere proces, spredes, så raske dyr eksponeres ved ankomst til slagteriet. Kvalitetskrav til de enkelte processer bør vurderes for både kemiske såvel som mikrobiologiske parametre. Etablering af differentierede kemiske kvalitetskrav kan f.eks. benyttes til at optimere procestrin, hvor drikkevandskvalitet ikke er tilstrækkelig, og hvor vandet med fordel blødgøres og justeres med hensyn til ionsammensætning. Herved effektiviseres produktionen eller korrosion af udstyr og værktøjer reduceres. De mikrobiologiske kvalitetskrav er nødvendige for at sikre den størst mulige reduktion i smitterisiko i forbindelse med fødevareproduktionen. Skærpede hygiejnekrav medfører muligvis behov for desinfektion af selv drikkevand inden anvendelse til en given proces.

Der kan anvendes forskellige strategier for genanvendelse af vand, f.eks. en optimeret lokal recirkulering med genanvendelse inden for et givent procesled eller klart afgrænsede hygiejneområder. Andre tilgange kan være genanvendelse i andre processer f. eks. i en kaskadestrategi, hvor vand fra én proces efterfølgende anvendes til en proces, der er mindre krævende med hensyn til vandkvalitet. Dette forudsætter, at vandet ikke forurenes unødigt, at opholdstiderne er korte, og at forskellige spildevandstyper ikke blandes, så der opnås veldefinerede spildevandstrømme, der er lettere at behandle.

En gennemgang af kvalitetskrav kan bidrage til etableringen af et katalog over kvalitetskrav til forskellige anvendelser af vand i produktion og rengøring. Kvalitetskrav bør kobles til en risikovurdering af nuværende og foreslåede fremtidige scenarier for anvendelse af vand i fødevareproduktionen.

Udvikling af risikoanalyse
De nuværende hygiejnekrav baseres primært på EU's hygiejneforordning og krav fra især de amerikanske (FDA) og japanske fødevaremyndigheder. Enhver form for reduktion af fødevaresikkerheden, som følge af vandbesparelser eller genanvendelse, er ikke acceptabel. En vurdering af forskellige recirkuleringsscenariers påvirkning af risikoniveauet vil i første omgang kræve, at det nuværende risikokrav og -niveau bestemmes.

For at vurdere smitterisici kan der udvikles og implementeres risikovurderingsværktøjer, som f.eks. Quantitativ Microbial Risk Assessment (QMRA), hvor der gennemføres risikoanalyser baseret på blandt andet forekomst, koncentration, eksponering og overlevelse af forskellige smitstoffer eller mikrobiologiske agens. På denne måde kan det estimeres, hvad risikoen er ved en given proces pr. gang, pr. dyr eller pr. år.

Risikovurderingsværktøjer kan umiddelbart være en del af beslutningsgrundlaget for valg af rensnings- eller desinfektionsprocesser. Det kan også vise sig nødvendigt at videreudvikle sådanne værktøjer til at inkludere vurdering af ressourceforbrug og miljøbelastning, så værktøjet også bidrager til at afveje et givent tiltags risikoreduktion mod det medgåede ressourceforbrug og miljøbelastning.

Udvikling af livscyklusværktøjer og metoder til footprint-opgørelser

I en miljømæssig sammenhæng er det naturligvis afgørende, at bæredygtigheden af nye tiltag vurderes, så man ikke opnår en vandbesparelse på bekostning af et væsentligt øget energi-, kemikalie- eller ressourceforbrug. Ved at benytte "Life Cycle Assessments" (LCA) kan man inddrage hele miljøbelastningen af en given proces eller et givent produkt, og med sådanne helhedsbetragtninger sikre en vurdering af den samlede miljøbelastning. LCA-teknologien inddrager i sin nuværende form ikke vandforbrug, så der er behov for udvikling af dette værktøj. Desuden kan der være behov for at udvikle nye koncepter som "Water Footprint", dvs. hvor meget vand, der benyttes til at producere et givent produkt, til også at omfatte fødevareindustrien, selvom det største vandforbrug sandsynligvis ligger i primærproduktionen.

Udvikling af renseteknologier i forbindelse med genanvendelse af vand

På mejerierne fjernes store mængder vand fra mælken ved hjælp af membranprocesser, og dette RO-vand kan dække en stor del af mejeriernes vandforbrug. Imidlertid har dette vand et vist indhold af reststoffer fra mælken, og er derfor mikrobiologisk ustabilt, hvorfor der hurtigt opstår bakterievækst i vandet. Der er således behov for enten yderligere rensning eller desinfektion af dette vand, og ikke mindst værktøjer til at overvåge kvaliteten af vandet. Generelt er der behov for simple, robuste processer til at rense eller stabilisere vandet før genbrug. Dette kan f. eks. omfatte membranteknologier og avancerede oxidationsprocesser.

Udvikling af desinfektionsteknologier ved genanvendelse af vand

Hvis der ved risikoanalyserne identificeres alvorlige risici ved genanvendelse af vand, og denne risiko ikke fjernes ved en eventuel rensning, kan desinfektion overvejes, så desinfektion indtænkes i alle behandlinger af vand for anvendelse i forbindelse med produkterne. Der er behov for forskning og udvikling af særlige desinfektionsmetoder for at få en rationel, billig og sikker desinfektion af vandstrømme uden problematiske biprodukter. Eksempelvis er UV-behandling veletableret, men kræver tilpasning, hvis turbiditeten af vandet er for høj. En lang række kemiske desinfektionsmidler har fordele og ulemper i forhold til indhold af salt, proteiner og partikler og hvilke typer biprodukter, der dannes.

Udvikling af sensorer og moniteringsstrategier til sikring af hygiejneniveauet

Ved genanvendelse af vand, hvor der etableres en række nye hygiejniske barrierer, er det påkrævet at kunne monitere, at disse barrierer såsom desinfektion fungerer hensigtsmæssigt. Der er således behov for online, realtime monitering af vandkvalitet, såvel kemisk som mikrobiologisk, for til enhver tid at kunne dokumentere kvaliteten til processtyring således at en alarm stopper produktionen inden produkter skades. Der er i dag meget få sensorer, der kan monitere mikrobiel vandkvalitet, så der er behov for udvikling af sådanne sensorer eller sensorer, der måler proxy-parametre som indikatorer for den mikrobielle og hygiejniske kvalitet. Det er væsentligt, at der sideløbende med sensorerne udvikles moniteringsstrategier og –programværktøjer, der sikrer optimal opsamling, behandling og analyse af data. Det skal kortlægges, hvilke parametre, der skal måles, hvor i processerne og hvor ofte. Dernæst skal der udvikles handlingsplaner for de signaler, der opfanges i moniteringsprogrammet.

Udvikling af andre vandteknologiske områder med fokus på samspillet mellem lokal og central inklusiv almen spildevandsbehandling

Selvom spildevandsbehandling i væsentlige træk betragtes som velfungerende, er det oplagt at overveje, hvilke teknologiske muligheder, der kan bidrage til en øget effektivitet i rensningsprocesser og især afsøge mulighederne for at genindvinde ressourcer. Udviklingsmulighederne inkluderer udvikling af membranbioreaktorer og avancerede oxidationsprocesser til effektivisering og håndtering af særlige problemstoffer. Udvikling af metoder til genvinding af næringsstoffer fra spildevandsslam og optimering af energiudbyttet af spildevandsslam kan reducere miljøbelastningen og de økologiske fodaftryk, der sættes af slagteri- og mejeribranchen.

Slagterier og mejerier producerer spildevand fra delprocesser med et konstant indhold af stoffer og partikler. Sådanne delstrømme er velegnede til genanvendelse eller forbehandling. Behandles større delstrømme, kan det potentielt reducere belastningen af renseanlægget og føre til opsamling af næringsstoffer og organisk materiale, som

kan anvendes. Der findes allerede flotationsanlæg, som opsamler fedt og protein fra vandet på slagterier. Det giver mindre fordele til slagterierne og reducerer særbidraget, men er langt mere fordelagtigt for renseanlæggene, end hvad særbidraget udtrykker økonomisk.

Udvikling af behandlingsmetoder for særlige affaldsstrømme herunder saltlager
En særlig udfordring er saltlager og marinader, som anvendes på slagterier. Her er der tale om m3-volumener med store mængder saltindhold, som er skadelige for processerne på rensningsanlæggene, hvis det udledes uden væsentlig opblanding. Der er således behov for teknologier, som kan genanvende eller behandle disse saltlager. Membranbehandlinger med afskæring af molekyler over f.eks. 100-200 g/mol er oplagt til genbrug af rene saltlager, mens ultrafiltreringsmembraner kombineret med desinfektion muliggør genanvendelse af marinader. Keramiske membraner kan udgøre et særligt potentiale, da de tåler intensiv rengøring i forbindelse med koncentrerede opløsninger.

De teknologiske gennembrud – teknologiske løsninger på lang sigt

På længere sigt kan der arbejdes på at opnå teknologiske gennembrud for en række særlige problemstillinger. Efter kortlægningen af produktstrømme og etablering af scenarier, som beskrevet ovenfor, kan der peges på flere ønskelige teknologiske gennembrud, men foreløbigt peges på:

- Forskning i patogeners spredning og deaktivering.
- Udvikling af robuste membran- og filtreringsteknologier til genanvendelse af vand.
- Optimering af kemikalie- og energiforbrug i forbindelse med desinfektion.
- Sensorer til kvalitetsmonitering ved genanvendelse af vand.



Forskning i patogeners spredning og deaktivering
Ved øget genanvendelse af vand er der behov for mere specifik viden om patogener herunder nye trusler, protozoer med hensyn til fjernelseseffektivitet i forskellige renseprocesser, følsomhed for desinfektion og overlevelse i vandsystemerne.

Udvikling af robuste membran- og filtreringsteknologier til genanvendelse af vand
Der kan opnås et teknologisk gennembrud, hvis der udvikles robuste filtreringsteknologier specifikt rettet mod rensning og genanvendelse af procesvand på slagterier og mejerier. Keramiske membraner er netop meget robuste og kan tåle høj belastning og skrappe rensningsrutiner. Udbredelsen inden for vandrensning er dog endnu begrænset, hvilket primært skyldes, at keramiske membraner først for ganske få år siden blev teknisk og økonomisk anvendelige til vandbehandling. Desuden består industrien på dette område i et vist omfang af mindre virksomheder, der ikke overkommer at udvikle alle applikationer på kort sigt.

Optimering af kemikalie- og energiforbrug i forbindelse med desinfektion
Anvendelsestilpassede desinfektionsteknologier med høj sikkerhed, online kontrollerbart og med minimalt kemikalie- og energiforbrug er afgørende for at kunne genanvende vand på nogen måde i produktionen, da de økonomiske konsekvenser af at inficere produkterne er uproportionalt høje i forhold til vandets værdi. Der er ikke nødvendigvis brug for at udvikle basale desinfektionsteknikker, men snarere at vælge den rette teknologi til hver vandtype og udvikle anvendelsen og kontrollen af dens funktion. Desuden skal effekten af teknikkerne på indholdet i vandet undersøges bredere end de traditionelle biprodukter. Der er især behov for know-how og støtte til sensorudvikling for kontrollen af processerne, ikke mindst hvis der anvendes andre desinfektionsmidler end klor.

Sensorer til kvalitetsmonitering ved genanvendelse af vand
Der er oplagte muligheder i at udvikle nye sensorer til monitering af mikrobiel vandkvalitet. Det er dog endnu for tidligt at sige noget om, hvad fremtidens sensorer bør kunne måle for, men det vil den ovenfor skitserede udvikling kunne bidrage til en forståelse af.

2.3 Nødvendige tiltag til realisering af de teknologiske muligheder

Der er behov for en erfaringsopsamling af best-practices både nationalt og internationalt samt en gennemgang af litteraturen med henblik på at få klarlagt, hvor de teknologiske landvindingsmuligheder ligger. Disse erfaringsopsamlinger bør kombineres med etablering af demonstrationsprojekter, hvor eksisterende teknologier kan videreudvikles og nye teknologier kan tilpasses til brug under realistiske forhold. Endelig kan der igangsættes en række udviklingsaktiviteter inden for lokal recirkulering, kaskadestrategi, behandling af vandstrømme og sensorer til overvågning af vandkvalitet. Disse aktiviteter kan suppleres med forskningsprogrammer inden for rensning og genbrug af vand. Eksempelvis inden for filteringsmekanismer, herunder keramiske membraner, eller protozer med fokus på fjernelseseffektivitet til forskellige renseprocesser, følsomhed for desinfektion og overlevelse i vandsystemer. Desuden er der potentiale i forskningsprogrammer inden for nye og mere effektive desinfektionsteknologier.



3. Kemikalier og rengøringsmidler

KAPITEL 3

Kemikalier og rengøringsmidler

I dette kapitel analyseres de problemstillinger, der omhandler anvendelse af kemikalier og rengøringsmidler i rengøringsprocesser på slagterier og mejerier. Kapitlet beskriver de grundlæggende udfordringer forbundet med kemikalier og hvilke teknologiske løsninger, der kan løse disse udfordringer.

3.1 Den overordnede problemstilling i relation til kemikalier

I forbindelse med fødevareproduktionen på slagterier og mejerier er procedurer for rengøring et væsentligt element i kvalitetssikring af fødevaresikkerheden. Produktionslinjer, overflader og procesudstyr kræver rutinemæssig rengøring for at fjerne diverse typer aflejringer. Disse aflejringer består primært af fedt og proteiner, som muliggør vækst af potentielt skadelige mikrobiologiske organismer, men også mere sammensatte typer aflejringer, som resultat af f. eks. slagtning og grov partering af dyr, smuds eller fastbrændte overflader. Rengøring har til formål at opløse disse aflejringer samt at fjerne den smudsbelægning, som kan dannes på overfladerne. Rengøringsprocessen og rengøringsmidlerne varierer alt efter hvilken type af produkter, der produceres og typen af procesudstyr. Problemstillingerne med rengøring i forbindelse med mejerier og slagterier afspejler sig i forskellige produktionsformer. For mejerierne forgår produktionen typisk i lukkede systemer, som omhandler transport og forarbejdning af flydende faser. Åbne produktionsfaciliteter forekommer dog også på mejerierne, f.eks. i forbindelse med osteproduktion. Processerne i slagterierne præges i høj grad af åbne systemer, som kræver rengøring af både udstyr og de fysiske rammer omkring processen. Slagterierne har dog også lukkede systemer i forbindelse med f.eks. fedtsmelteri. Generelt vurderes det, at ca. 20 procent af driftsomkostningerne i fødevareindustrien anvendes til håndtering af hygiejne og ca. 10 procent af disse udgifter anvendes til rengøringsmidler.

En af de primære årsager til rengøring i forbindelse med fødevareproduktion, er behovet for reduktion af mikrobiologisk materiale for at forhindre dannelsen af biofilm. Biofilm kan kontaminere produktet og dermed forårsage kvalitetsforringelser og helbredsrisiko. Denne reduktion af mikrobiologisk materiale er specielt udfordrende i forbindelse med udstyr som pumper, samlinger, ventiler, varmevekslere, transportbånd og tappeanlæg, som ikke nødvendigvis er designet til let og hygiejnisk rengøring. Rengøringsprocesserne i forbindelse med fødevareproduktion reguleres af lovgivning og myndighedernes rutinemæssige kontrol. Yderligere bevirker krav fra internationale markeder, at fødevareproducenterne er nødt til at dokumentere høj hygiejnestandard.

Generelt skelnes mellem rengøring af åbne systemer og lukkede anlæg. Lukkede anlæg anvender typisk "Cleaning in Place-rengøring" (CIP), hvor rengøring og skyl med drikkevand er integreret i procesudstyret og udføres fuldautomatisk. Ved rengøring af åbne systemer anvendes i langt højere grad manuel rengøring. Nogle typer af åbne produktionsanlæg kan også være udstyret med et integreret anlæg for skyl af overflader.

Sigtet med dette kapitel er at identificere specielle udfordringer samt teknologiske muligheder for optimering af rengøringsprocesserne med hensyn til økonomi og ressourceforbrug. Dette arbejde sigter mod systemer og processer, hvor våd rengøring kan benyttes.

Typiske rengøringsprocedurer og kemikalieforbrug i fødevareindustrien

Ofte udføres rengøringsprocesser trinvis. Både i forbindelse med CIP-rengøring af lukkede systemer og i forbindelse med rengøring af åbne systemer. Disse procedurer er dog tilstrækkeligt forskellige til, at de behandles separat i det følgende. Generelt kan følgende procedurer benyttes til rengøring af åbne overflader med en fedtet aflejring fra fødevareproduktion, mens der for specielt problematiske områder udvikles en individuel procedure:



TRIN I RENGØRINGEN

1. Klargøring.
2. Grovrengøring med opblødning af materiale med vand, eventuelt med spul eller skrab (50 % af det samlet tidsforbrug).
3. Indskumning og kemikalierengøring.
4. Finspulning med varmt drikkevand (ca. 55° C i dyse temperatur).
5. Egenkontrol.
6. Desinficering med kold eller lunken opløsning, typisk med et oxidations middel.
7. Skyl med drikkevand (ikke opvarmet).
8. Afsluttet, superviseret kvalitetskontrol.

Indskumningen består af en blanding af ca. 1 kg rengøringsmidler, 50 kg vand og 450 l luft, som blandes og påføres ca. 200 m^2 overflade via en skumdyse. Kemikaliet kræver minimum 15 minutter i reaktionstid og skal fjernes, inden det tørrer ud. Kemikaliet kan variere alt efter materialet af procesudstyret, typen af fødevareproduktion eller som led i en sekvens. Indskumningen fortages manuelt, og den mekaniske effekt til rengøring af overflader udføres primært ved hjælp af tryk fra lavtryksdyser, eller i nogle tilfælde med børster. Temperaturen for finspulingen afhænger også af den type fedt og proteiner, der findes på overfladerne. Hvor mælkefedt smelter ved ca. 37° C, kræver fedt fra svin og fjerkræ ca. 50° C. Et typisk forløb består af alkalisk rengøring med eller uden klor, for at opløse fedt og reducere mikrobiologi. 1-2 gange om ugen anvendes sur rengøring, med det formål at fjerne kalkaflejringer evt. som et ekstra trin efter en alkalisk rengøring. Hvor ofte, der anvendes sur rengøring, afhænger af vandkvaliteten og de lokale problemer med kalkaflejringer. Der er et ønske om at reducere eller substituere brugen af klorerede rengøringsmidler til både indskumningen og i desinficeringen, pga. de problemer klor giver i forhold til spildevandsudledning. Dette er i øjeblikket ikke muligt for alle rengøringsprocesserne i virksomhederne.

Ved CIP-rengøring er manuelt skrab ikke mulig, men det mekaniske arbejde kan udføres ved hjælp af de dyser, som leverer rengøringsmidlet eller fra væskestrømningen.

Arla Foods bestræber sig på at tilrettelægge deres rengøringsprocedurer på en sådan vis, at et desinficeringstrin bliver unødvendigt. Holdningen er, at det primære kemikalietrin bør kunne give den fornødne rengøringskvalitet. Ved at spare desinficeringen, spares også skyllevand i forbindelse med rengøringsprocessen. Denne udvikling er i gang i forhold til CIP-rengøring og stiller krav til kvalitetssikringen af den primære rengøring. Der er en tendens til at benytte desinfektionsmidler også med en højere koncentration end påkrævet for at kunne garantere, at overfladerne er bakteriefrie og hygiejniske.

Rengøring er en proces, hvor effektiviteten afhænger af rengøringsmidlets koncentration, kontakttid med overfladen, temperaturen samt den mekaniske effekt. Ved at tilføre den rette mængde mekanisk effekt, kan rengøringstemperaturen og koncentrationen af rengøringsmidlet ofte reduceres. Ved rengøring af åbne systemer kan spuling være problematisk, idet snavs nemt flyttes fra en flade til en anden.

Typiske rå-kemikalier kan være:

- *Basiske rengøringskemikalier:* Natriumhydroxid og Kaliumhydroxid.
- *Sure rengøringskemikalier:* Salpetersyre, Fosforsyre og Mælkesyre.
- *Desinfektionsmidler:* Natriumhypochlorit, Hydrogenperoxid, Pereddikesyre, Sprit og diverse kvaternære ammoniumforbindelser.

Ud over rengøring med rå-kemikalier benyttes også mere specialiserede rengøringsprodukter. Det er formulerede produkter, som er udviklet til at optimere rengøringsprocessen. Disse produkter er typisk dyrere i indkøb end rå-kemikalierne, men giver en fordel i brug ved f. eks. at reducere tid, mængde, energi- eller vandforbrug. F. eks. er det attraktivt kun at bruge ét formuleret produkt i stedet for rengøring med først et basisk middel, skyl med drikkevand efterfulgt af sur rengøring. Det sparer både på den mængde vand, der benyttes, tid samt den totale kemikaliemængde. De formulerede alkaliske produkter baseres typisk på natriumhydroxid eller kaliumhydroxid,

men indeholder desuden en blanding af kompleks danner, dispergeringsmidler, tensider og stoffer til at give den rette holdbarhed og stabilitet. Disse komponenter sikrer, at smuds, fedt og mineraler opløses og forbliver opløst, så de transporteres væk fra overfladen ved finspulningen. De sure produkter baseres typisk på salpetersyre og fosforsyre og minder om de alkaliske ud over, at de ikke indeholder en kompleks danner, idet syren bevirker, at mineralerne er opløst.

Slagteriernes og mejeriernes seneste grønne regnskaber viser, at slagterierne generelt anvender væsentligt mindre rengøringsmiddel i deres processer, end mejerierne anvender i deres konsummælk-, smør- og ostemejerier samt på deres pulvermælks- og ingrediensfabrikker. Det skyldes, at en stor del af rengøringen på slagterierne er åbne produktionsfaciliteter. Her fjerner grovrengøringen hovedparten af belægningerne med et øget forbrug af vand og manuel arbejdskraft til følge. Udover kemi til rengøring anvender slagteri- og mejeribranchen kemikalier til spildevandsrensning, anden justering af vandkvalitet og andre formål. Brancheforeningen SPT oplyser, at der i 2010 blev solgt ca. 14 tusind ton specialiserede rengøringsmidler fra deres medlemmer til fødevareindustrien i Danmark. Dette tal dækker både over koncentrerede midler og produkter, som er klar til anvendelse.

Problemkortlægning

Procedurerne, der sikrer den fornødne kvalitet af rengøringsprocessen med resulterende fødevaresikkerhed, vurderes at være tilstrækkelige. Det betyder, at de problemstillinger dette kapitel adresserer, omhandler nedbringelse af udgiften til rengøring ved at nedbringe ressourceforbruget.

Det er åbenlyst, at der eksisterer lavteknologiske løsninger, som kan bevirke store forbedringer, f.eks. ved at øge fokus på rengøringsproblematikken ved udformningen af produktionsfaciliteterne. Øget dialog og forståelse for rengøringsproblematikken er nødvendig for at udnytte dette potentiale. Det er nødvendigt at dokumentere effekten af investeringer i procestekniske løsninger til at optimere rengøringsprocesserne for at kunne gennemføre de fornødne organisatoriske og økonomiske prioriteringer.

En anden problemstilling relateret til rengøring omhandler, at faciliteterne, der rengøres, ikke når at tørre tilstrækkeligt, inden produktionen af fødevarer genoptages. Bygninger og nogle materialetyper har godt af at tørre ud med jævne mellemrum, og udtørring hæmmer også vækst af mikroorganismer. Denne problemstilling er kædet sammen med den optimale udnyttelse af produktionsfaciliteterne og indeklimaet såsom ventilation og affugtning.

Rengøring af vanskelige overflader

Den fysiske udformning af de flader og det udstyr, der rengøres, udgør ofte en af de væsentligste barrierer for at sænke kemikalieforbruget i forbindelse med rengøring. Ofte er produktionslinjerne placeret tæt. Ved rengøring af udstyr, som har mange hjørner eller på anden måde en fysisk udformning, der betyder, at snavs og fedt er vanskelig at fjerne, benyttes en større mængde af kemikalier og længere manuel arbejdstid. Et typisk eksempel er rengøring af transportbåndsystemer, hvor en barriere ved siderne forhindrer materiale i at falde af. Kontaktfladen mellem bånd og disse barrierer er typisk et vanskeligt område at rengøre. Et andet eksempel er optimering af plastmaterialer på slagterierne således, at en problematisk topologi forårsaget af knivspor mindskes. Gummi og galvaniserede overflader er typisk materialer, som er vanskelige at håndtere i forbindelse med rengøring grundet topografien. For lukkede systemer er det typisk ventiler, pumper, delinger på rørføring og tappeanlæg, der giver anledning til et større kemikalieforbrug. Det betyder, at for anlæg, hvor procesudstyret designes efter specielle hygiejniske standarder, kan man benytte mindre mængder rengøringsmidler. For at mindske problemer med ventiler i produktionsanlæg, kan man f. eks anvende mix-proof ventiler, som netop er designet hygiejnisk. De muliggør en reduktion i det totale antal af ventiler. Alternativt kan membranventiler benyttes som i den farmaceutiske industri, for at få et mere hygiejnisk design. Mange problemer i relation til rengøring af vanskelige overflader kan undgås ved at sætte fokus på problemet og prioritere uddannelse af tekniske medarbejdere. F.eks. er det uhensigtsmæssigt at montere en slange med et samlebånd, når et hygiejnisk design for en samling eksisterer. Ikke desto mindre rapporteres om flere eksempler, hvor manglende fokus eller viden medfører dårlige løsninger, som skaber rengøringsmæssige udfordringer.

Membranseparationsprocessen er en enhedsoperation, som giver specielle udfordringer i forbindelse med rengøring. Generelt slider rengøringsprocessen på membranudstyr og forkorter membranernes levetid.

Information om udstyr og overflader der rengøres

Manglende information om det udstyr, der rengøres, udgør ofte et problem i forbindelse med anvendelse af den

rette kemi. Ved indkøb af nyt produktionsudstyr rettes fokus typisk mod de forhold, der gavner produktionen, mens informationer om, hvilken type kemi udstyret kan tåle, er mangelfuld. I visse tilfælde er udstyr fabrikeret med henblik på at kunne tåle rengøringskemien, men kan være udstyret med komponenter, som ikke kan. Dette problem forstærkes af, at forskellige ansvarsområder ofte organiseres decentralt med manglende dialog til følge. Ofte udliciteres rengøring, hvilket kan medføre, at rengøringsrelevante forhold ikke får det samme fokus i beslutninger, som influerer på rengøringsproblematikken.

Ressourceforbrug af vand, energi og arbejdskraft
Rengøringsprocesser forbruger generelt mange ressourcer i form af drikkevand og energi til opvarmning af rengøringsvæskerne samt manuelt arbejde i forbindelse med rengøring af åbne flader. I og med at vandforbruget er betydeligt, produceres betydelige mængder spildevand fra rengøringsprocessen, som kræver rensning. Umiddelbart er det ifølge lovgivningen ikke muligt at substituere drikkevandet med procesvand i det omfang, det er ønskeligt, idet konsekvenserne generelt ikke har været tilstrækkeligt undersøgt. Derved er den største mulighed for at spare på vandforbruget, at reducere mængden, der indgår i selve rengøringsprocessen. F. eks. ved procedurer og rengøringsmidler, der kræver færre trin i processen og derved også færre skyl med drikkevand. Der gives løbende i branchekoden for mejerier øgede muligheder for at substituere drikkevand med procesvand i forbindelse med rengøring.

En anden mulighed for at reducere energiforbruget er at benytte rengøringsmidler, der giver den fornødne kvalitet og reduktion af mikrobiologisk materiale ved lavere temperatur. Arla Foods tester løbende nye produkter fra deres leverandører af CIP-rengøringsmidler med henblik på at reducere ressourceforbruget. F. eks. testes rengøringsmidler, der virker ned til 40° C. Koncernen har sammen med deres kemikalieleverandør EcoLab formuleret en ambition om at spare op mod 100 millioner kr. på optimering af rengøringsprocesserne på deres produktionsenheder i Danmark, Sverige og England over de næste 5 år. Denne målsætning nås ved at gennemgå alle produktionsfaciliteter og analysere problemområder med potentiale for ressourcebesparelse i forbindelse med rengøringsprocesser.

En tredje mulighed, for at reducere ressourceforbruget ved rengøring, er ved at forbedre koordineringen mellem de skiftehold, der udfører hhv. produktion og rengøring. FoodSafe beretter om gode erfaringer med at reducere den samlede rengøringstid ved at implementere arbejdsgange, hvor medarbejderne i produktionen efterlader materiel og faciliteter efter en fast orden, så rengøring kan påbegyndes hurtigst muligt efter endt produktion. Koordinering mellem producenter og rengøringsleverandører kan forbedre forudsætningerne for rengøringsprocessen og derved give en ressourcebesparelse.

Udledning af spildevand med rengøringskemi
En problemstilling ved anvendelse af rengøringsmidler er, hvorledes deres kemi påvirker miljøet ved udledning. Udledningen fra rengøringsprocessen kan indeholde kemikalier, som kræver behandling eller neutralisering før udledning. Derfor er forbruget af kemikalier til vandrensningsprocesser typisk korreleret med selve brugen af rengøringsmidlerne i rengøringsprocessen.

Typiske metoder til analyse og optimering
Optimering af rengøringsprocesserne med hensyn til reduktion af temperatur eller kemikaliemængde eller test af nye rengøringsmidler fortages ad hoc med efterfølgende kvalitetssikring af produktet. Hvis kvalitetssikringen viser problemer med manglende rengøring, opstrammes procedurerne. Som led i en risikoanalyse om fødevaresikkerheden i forbindelse med rengøringsprocessen, anvendes HACCP-værktøjer.

Der mangler mere kvantitative analyser af perspektivet i at anvende f.eks. dyrere men mere hygiejnisk designet udstyr eller optimerede arbejdsgange og kemikalier, som kan anskueliggøre, hvor stort et økonomisk potentiale en ressourcebesparelse er forbundet med. Denne type af kvantitative analyser af rengøringskvaliteten kan bruges som led i en validering af gængse og nye procedurer. Som led i analysen er det relevant at inddrage alle parter, der bidrager i forbindelse med rengøringsproblematikken.

3.2 Teknologiske løsninger

De teknologiske udviklingsmuligheder for optimering af anvendelsen af kemikalieforbruget ved rengøringsprocesser i fødevareindustrien skitseres i det følgende. Formålet er at identificere sigtelinjer for udviklingen af ny teknologi. I det omfang det er muligt, klassificeres disse udviklingsmuligheder i forhold til, om de har et anvendelsespotentiale på kort eller langt sigt, her defineret som henholdsvis kortere eller længere end 3 til 5 år.

Teknologiske løsninger på kort sigt

Der kan peges på en række teknologiske løsninger, som kan realiseres inden for 3-5 år.

Udvikling af optimerede formuleringer af rengøringsmidler til fødevareindustrien
Fokus for dette arbejde består i at udvikle nye formulerede rengøringsprodukter, som opfylder de krav, der stilles til rengøringshygiejne. Målsætningen er, at de nye formulerede produkter optimerer økonomien i processen, ved at mindske de overordnede omkostninger. Det kan ske ved f. eks. at nedbringe udgifterne til indkøb og efterbehandling eller omkostningerne ved procesbetingelserne så som opvarmning. Udviklingen går i retning af mere miljøvenlige rengøringsmidler og produkter, som giver ressourcebesparelser. Designet af nye formulerede rengøringsprodukter kræver en kvantificeret beskrivelse af kvalitetskravene for anvendelsen af produktet og miljøbelastningen. Det vil kræve identifikation af et eller flere kemikalier, der kan optræde som den aktive ingrediens, hvis funktion er de reaktioner, der er en del af selve rengøringsprocessen. Yderligere består formuleringen af en række andre kemikalier og opløsningsmidler, der sikrer den rette funktionalitet af rengøringsmidlet inden for f.eks opløselighed, flygtighed, pH, toksicitet og viskositet. Man ønsker bl.a. et middel, som kan blive på overfladen, indtil det skylles væk, for at sikre den fornødne reaktionstid. Design af nye formuleringer er typisk en eksperimentel procedure, men en liste af mulige kandidater kan genereres via en systematisk og modelbaseret screening af mulige kandidater. DTU Kemiteknik råder over store databaser for kemikaliers fysiske og kemiske egenskaber samt software til at estimere disse for kemikalier og blandinger, som endnu ikke er undersøgt eksperimentelt. Leverandører af rengøringsmidler optimerer løbende deres produkter for at imødekomme ønsker fra deres kunder.

Procedure og kemikalieforbrug i trinvis rengøring
Perspektivet i trinvis rengøring ligger i, at formålet med de enkelte trin ikke behøver at opfylde de endelige hygiejnekrav for produktionsudstyret. Sigtet med grovrengøring er hovedsagelig opløsning af fedt og andre belægninger på udstyret for at klargøre overfladen. Til dette formål benyttes vand og manuelt arbejde eller en opløsning af kemikalier eller enzymer, som har netop dette sigte og evt. i kombination med manuelt arbejde. Finrengøring og desinfektion af overflader, som udgør det andet og tredje trin i processen, har det sigte at fjerne eventuelle restbelægninger, samt de bakterier og andre mikroorganismer, der måtte sidde på udstyret. Givet en effektiv grovrengøring kan kemikalieforbruget i de efterfølgende trin reduceres.

Den trinvise rengøringsproces er standard i fødevareindustrien. Potentialet for udvikling ligger i at optimere de enkelte trin eller de samlede procedurer ved f.eks. substitution til bedre rengøringsmidler, mindre ressourcer eller arbejdskrævende procedurer. F.eks. kan brug af kemikalier i forbindelse med grov spuling og skrab i klargøringsfasen muligvis reducere arbejdsmængden.

Generelt er det attraktivt at reducere det samlede antal kemikalietrin i en rengøringsprocedure, for derved at reducere antallet af skyl med rent drikkevand.

Cleaning in Place
CIP-rengøring af lukkede anlæg har den fordel, at det udføres fuldautomatisk og derved kræver mindre manuelt arbejde. Dosering af rengøringsmidler og skyldevand er enten en integreret del af procesudstyret, eller kan leveres ved hjælp af en mobil CIP-enhed, der kobles til anlægget. Spildevand fra CIP-rengøring udledes enten til rensning eller opsamles i et vist omfang og genanvendes. Specielt på mejerierne har CIP-teknologi vundet indpas.

Videreudvikling af CIP-teknologi indbefatter både designet af procesudstyret, som anvendes i rengøringsprocessen f.eks. spraydyser, men også optimering af anvendelsen af de benyttede kemikalier og procesteknologi, således at en så stor andel som mulig kan genanvendes. Udvikling af CIP-rengøringsteknologi har potentiale på kort sigt.

Sammenhæng mellem kemikalieforbrug og design af procesudstyr
Ved at optimere procesdesignet med henblik på rengøring og hygiejne, kan man reducere behovet for rengøring, mængden af rengøringsmidler og den tid rengøring optager. Retningslinjer for design af hygiejnisk procesudstyr er formuleret af FDA og USDA i USA og EHEDG retningslinjerne i Europa. Ligeledes kan der hentes inspiration fra andre brancher såsom medicinalindustrien. Yderligere er der et potentiale i at optimere design af rengøringsanlæg og spraydyser, for at maksimere udnyttelsen af den mekaniske effekt ved rengøring af lukkede systemer. Det vurderes, at optimering af produktionsudstyr og rengøringsanlæg kan give gevinst på kort sigt i forbindelse med en reduktion af vand og kemikalieforbrug.

Forbedret kvalitetssikring
Dette kræver implementering af et beslutningsstøttesystem baseret på PAT. Dette beskrives i afsnit 5.2.

Teknologiske løsninger på langt sigt

Udover teknologiske løsninger på kort sigt kan der peges på løsningsmodeller, der kræver mere end fem år for at blive realiseret.

Analyse af potentialet for enzymatiske reaktioner i rengøringsprocessen
En række processer kan accelereres betydeligt ved brug af enzymatiske reaktioner. I forhold til rengøringsprocesser har brugen af enzymer i en række vaskeprocesser muliggjort en sænkning af vasketemperaturen og dermed givet en generel energibesparelse f. eks. i vaskemidler til tøjvask. Der er et betydeligt potentiale i at identificere enzymer, der kan benyttes i forbindelse med rengøringsprocesserne i fødevareindustrien og dermed undersøge, om en lignende energibesparelse er mulig. Udfordringen består i at sikre, at en temperatursænkning ikke bevirker, at rester af bakterier eller andre mikroorganismer på procesudstyret forefindes efter rengøring. Desuden er det væsentligt, at de enzymatiske reaktioner forløber tilstrækkeligt hurtigt, for at kunne bruges i en effektiv rengøringsproces. En væsentlig problematik i denne sammenhæng er, at det er nødvendigt fuldstændigt at fjerne eller deaktivere enzymet på overfladen efter endt rengøring, så kontaminering med enzymet ikke kommer til at udgøre en fare for fødevaresikkerheden. Enzymbaserede rengøringsmidler med proteaser eksisterer og bruges i begrænset omfang i CIP-processer. Udviklingen af effektive rengøringsmidler baseret på enzymer vurderes at have potentiale på et længere sigte.

3.3 Nødvendige tiltag til realisering af de teknologiske muligheder

De ovennævnte teknologiske udviklingsmuligheder vil kræve etablering af et forpligtende samarbejde mellem flere af følgende parter alt efter projektets fokus, og hvor tæt teknologien er på implementering; fødevareproducenterne, forskningsinstitutioner, interesseorganisationer, rengøringsfirmaer, kemikalie- og enzymproducenter samt leverandører af procesudstyr og udstyr til automation, monitering og beslutningsstøtte. Det er centralt, at få de rette aktører til at deltage i udviklingen af disse teknologier, for at kunne opnå en tilstrækkelig stærk vidensbase og sikre implementering i den danske fødevaresektor.

Der er umiddelbart to områder, i forbindelse med optimering af brugen af rengøringskemi i fødevarebranchen, der vurderes at kunne etableres umiddelbart og medvirke til at optimere rengøringsprocesserne. I begge tilfælde er der i første omgang behov for en detaljeret kortlægning af "state of the art" i forhold til teknologi og praktisk anvendelse:

1. Udvikling af kvantitative valideringsværktøjer for rengøringsprocesser i fødevareindustrien og implementering af kvalitetssikring og optimering gennem PAT.

2. Udvikling og test af optimerede rengøringsmidler.

Disse projekter kan iværksættes individuelt eller kombineres som led i et større demonstrationsprojekt med henblik på at teste og påvise det økonomiske potentiale i at investere i forbedret rengøringsteknologi. Generelt vurderes det, at etablering af et demonstrationsprojekt er den rette platform til at teste ny teknologi inden for kemikalie- og materialevalg samt test af ny proces- og sensorteknologi. En sådan platform kan integrere og rangordne flere af de specifikke initiativer, der udvikles som led i dette sektorudviklingsprojekt om rengøringsteknologi og vandforbrug. Det vurderes også, at et demonstrationsprojekt er den eneste realistiske metode til at vurdere det reelle økonomiske potentiale i at investere i en eller flere af de udviklede teknologier. Generelt er der et behov for at udvikle standardiserede test, som enkelt belyser rengøringskvaliteten og som yderligere assisterer mht. valg af de rette rengøringsprocedurer og -produkter.

Generelt vurderes det, at en styrkelse af de kvantitative valideringsværktøjer og mere intelligent beslutningsstøtte er det bedste virkemiddel til at give en radikal ændring i forhold til, hvorledes rengøring udføres i fødevarebranchen. Givet bedre værktøjer er det muligt at foretage et paradigmeskift i branchen fra erfaringsbaserede procedurer og best practice til en mere intelligent rengøring, som leverer den fornødne kvalitet, når det er påkrævet på en effektiv og ressourceoptimal vis.



4. Materialer, overflade- og procesteknologi

KAPITEL 4

Materialer, overflade- og procesteknologi

I dette kapitel analyseres de problemstillinger ved rengøring, der udspringer af slagteri- og mejeribranchens brug af materialer, overflade- og procesteknologi. Kapitlet redegør for de grundlæggende problemstillinger og peger efterfølgende på de teknologiske muligheder og tiltag, der er nødvendige for at realisere disse.

4.1 Den overordnede problemstilling i relation til materialer, overflade- og procesteknologi

Rengøringsvenlige overflader og materialer rummer potentialet til at reducere de økonomiske omkostninger og den miljømæssige belastning af fødevareindustriens rengøringsprocesser. Der knytter sig dog en række problemstillinger til udvikling og implementering af hygiejnisk design.

Materialer – holdbarhed og levetid relateret til rengøringsteknologier

Materiale- og overfladeteknologi bør integreres i evalueringer af rengøringsteknologier, dels af hensyn til materialernes holdbarhed overfor rengøringsteknologierne, og dels fordi materiale- og overfladeteknologi kan have stor indflydelse på udstyrets rengøringsvenlighed. På slagterier og mejerier bruges i dag primært rustfrit stål, plast og gummi. Under brug udsættes materialerne ofte for en kombination af korrosive miljøer, slid og termiske påvirkninger, så materialernes forventede holdbarhed ofte må vurderes individuelt for de enkelte anvendelser, og ofte er det nødvendigt at gennemføre tests, der simulerer den faktiske brugssituation, for at kunne evaluere synergieffekter af de mange faktorer, der har indflydelse på materialernes holdbarhed.

Inden for plastområdet efterlyser slagteri- og mejeribranchen, at der gennemføres migrationstest af plast samt test af migrationens afhængighed af påvirkning fra rengørings- og desinfektionsmidler. Disse bør gennemføres som et samarbejde mellem brugere og leverandører af plastprodukter til fødevareproduktionsudstyr samt rådgivere og forskningsmiljøer. I slagteribranchen efterlyses også assistance til at vurdere gummipakningers holdbarhed overfor rengøringsmidler eller desinfektionsmidler.

Inden for slagteri- og mejeribranchen opleves store barrierer med hensyn til at indføre nye materialetyper i produktionsudstyret. Igen er dette relateret til, at det ofte er nødvendigt at gennemføre omkostningstunge holdbarhedstests, der simulerer de individuelle brugssituationer. I den del af fødevarebranchen, der arbejder med åbne produktionssystemer, har rengøringsmidler ofte en væsentlig indflydelse på holdbarheden af gulv-, væg- og loftsmaterialer herunder betongulve og fuger mellem fliser. I den forbindelse vurderer rengøringsbranchen, at ventilationssystemer ofte ikke er dimensionerede så kondensdannelse kan undgås.

Rengøringsvenlige overflader

Mere rengøringsvenlige overflader kan opnås ved at udvikle og anvende overfladeteknologier, der modvirker adhæsion af fødevarer, smuds og mikroorganismer eks. fouling og påbrænding af fødevarer. Inden for dette område kan der arbejdes med at udvikle overflader, der modvirker adhæsion af fødevarer herunder at studere slid og korrosion af materialers indflydelse på rengøringsvenligheden og assistere med at vurdere egnethed og udviklingsmuligheder vedrørende slidbestandige materialer. Endelig er det relevant at evaluere temperaturgradienter i fødevarer tæt ved overflader. Ofte er det et skift i fødevarers konsistens tæt ved overflader grundet uhensigtsmæssig temperaturpåvirkning, der udløser efterfølgende problemer med vedhæftning. Udviklingsarbejde inden for dette område er af tværfaglig karakter, da der skal tages hensyn til både temperatur-, tryk, og flowforhold i kombination med både fødevare- og overfladeteknologi.

Indflydelse fra overfladers topografi på adhæsion af fødevarer studeres ofte, men mangler fortsat faste retningslinjer. Inden for slagteribranchen er det en særlig udfordring, at skæreridser i skærebånd besværliggør rengøringen af disse. Svejsningers indflydelse på holdbarhed og rengøringsvenlighed er stadig en udfordring for sektoren. Specielt slagteribranchen efterlyser forbedrede retningslinjer i forbindelse med kvalitetssikring af svejsninger og retningslinjer for, hvornår en svejsning bør efterpoleres afhængig af topografiens indflydelse på rengøringsvenligheden. Mejerisektoren har i højere grad end slagteribranchen indført retningslinjer ved kvalitetssikring af svejsninger, men har fortsat brug for øget forståelse for sammenhænge mellem topografi og rengøringsvenlighed og adhæsion, som kan skabes via forskningsprojekter.

Rengøringsvenlige overflader kan også være overflader, der frigiver antimikrobielle stoffer over tid, eller materialer, der løbende aktiveres ved, at visse antimikrobielle stoffer bindes til overfladen og derpå frigives langsomt. Endelig kan det være overflader, der aktiveres gennem eksterne stimuli som f.eks. lys, elektrisk eller magnetisk påvirkning. Der er behov for undersøgelser af disse materialetypers anvendelighed, sikkerhed og langtidsstabilitet.

Overfladeteknologi vedrørende filtre og membranfiltrering

Inden for landbrugs- og fødevaresektoren anvendes ofte membranfiltrering. Membranfiltreringsteknikker anvendes f.eks. til dambrug eller i mejerisektoren i forbindelse med opkoncentrering af mælk og valle. Derudover arbejdes med at udvikle filtre til rensning af vand f.eks. i forbindelse med genanvendelse af rengøringsvand. Inden for disse områder kan overfladeteknologi anvendes til at undgå at filtre fouler til og til at udvikle antimikrobielle filtre. Endvidere kan udvikling af filtre, der er holdbare ved højere temperaturer, lette rengøring af disse.

Cleaning in place-rengøring

Procesteknologi vedrørende udvikling af rengøringsmetoder muliggør, at man kan nøjes med at rengøre lokalt på udsatte områder frem for at fylde store beholdere med vand og kemikalier, herunder udnyttelse af elektrolytiske metoder evt. i kombination med damppåvirkning. F.eks. efterlyser landmænd udvikling af bedre metoder til at rengøre deres mælketanke. I produktionsudstyr, hvor man allerede har indført CIP-teknologier, vurderes det, at der forsat er store udviklingsmuligheder for vandbesparelse for eksempel i forbindelse med optimeret dysedesign, dyseplacering og ved indførelse af programmerbare dysesystemer. Inden for dette område vurderes, at der er store muligheder for at indføre forbedrede rengøringsteknologier, alene ved at udnytte eksisterende viden og teknologier. Dette kræver forbedret kommunikation og efteruddannelse. Derudover er der også behov for forskning og udvikling af nye teknologier.

Hygiejnisk design og automatisering af rengøringsprocesser

Udvikling af automatiserede rengøringsprocesser kræver, at fødevareprocesudstyret designes rigtigt fra start således, at fremtidig anvendelse af sådanne processer integreres i de tidligere faser af produktudviklingen hos leverandører af fødevareudstyr.

Inden for hygiejnisk design er der stadig behov for formidling og efteruddannelse vedrørende allerede eksisterende erfaringer og viden. Hertil kommer, at der er stort behov for ny viden om hygiejnisk design ved anvendelse af nye materialer og kombination af flere forskellige materialer til konstruktion af udstyr.

Pladevarmevekslere er et eksempel på vigtigt udstyr i sektoren, som er forbundet med omkostningsfulde rengøringsprocesser. Sektoren kan drage nytte af et mere rengøringsvenligt alternativ til det velkendte og velafprøvede pladevarmevekslerprincip. Da hidtidige forsøg på at finde alternativer ikke har vundet indpas, kræver udvikling inden for dette område radikal nytænkning.

Overfladeteknologi som inspektionsteknologi

Overfladeteknologi kan integreres i inspektionsteknologi i det omfang, at sensorteknologier bygger på signaler fra overfladereaktioner f. eks. elektrokemiske overfladereaktioner. Når sensorer udvikles vha. af overfladeteknologiske metoder, såsom Micro Electronic Mechanical Systems (MEMS) produkter, kan disse kompetencer udnyttes inden for sensorteknologiområdet. Der er mange muligheder for anvendelse af visuelle eller elektroniske sensorer i overflader og udstyr til detektering af fouling, slitage og lignende, men der mangler studier af disse metoders anvendelighed, stabilitet og pålidelighed under praktiske forhold. Desuden mangler analyser af cost benefit.

Total Costs of Ownership

I mange sammenhænge vil forbedringer af rengøringsteknologier og vandbesparende systemer resultere i fødevareprocesudstyr og rengøringsudstyr med højere nyanskaffelsespris end eksisterende løsninger. Slagteri- og mejeribranchen oplever ofte, at der hovedsageligt er fokus på høj ydeevne og produktionshastighed frem for hygiejnisk design, når der investeres i og udvikles nyt produktionsudstyr. Der eksisterer således et stort behov for at gennemføre og forbedre eksisterende "Total Costs of Ownership-beregninger", herunder at forbedre datagrundlagene for disse. Dette bør gennemføres som et samarbejde mellem leverandører og slutbrugere af udstyret.

En supplerende problemstilling vedrørende skift til mere rengøringsvenlige og vandbesparende systemer er, hvordan man udnytter værdien af eksisterende funktionelt udstyr, som ønskes udskiftet. Der forefindes ikke altid oplagte salgsmuligheder.

Lovgivning vedrørende fødevarekontaktmaterialer
Der eksisterer i dag et meget omfattende lovgrundlag vedrørende fødevarekontaktmaterialer (herunder EU forordning 1935/2004), og den 1. maj 2011 trådte en ny forordning om plastmaterialer og plastgenstande til kontakt med fødevarer i kraft (PIM). For andre materialetyper er der ikke så klare retningslinjer. Fødevarebranchen efterlyser supplerende, praktiske retningslinjer vedrørende implementeringspraksis herunder redskaber til risikovurdering. F.eks. efterlyses bedre redskaber til håndtering af sporbarhedsproblematikken i praksis, herunder muligheden for indførelse af en bagatelgrænse for, hvad der skal registreres. Der efterlyses endvidere bedre retningslinjer til håndtering af "certificates of compliance" f.eks. i forbindelse med recalls herunder ansvarsforhold.

4.2 Teknologiske løsninger

Der forefindes en række problemstillinger forbundet med løsning af de grundlæggende problemstillinger vedrørende udvikling af hygiejniske og rengøringsvenlige materialer, overflade- og procesteknologier. Derfor peger dette kapitel på de teknologiske muligheder for at løse disse problemstillinger. De teknologiske muligheder opdeles i aktiviteter, der kan realiseres inden for og efter 3 år.

Teknologiske løsninger på kort sigt

Ud fra problemkortlægningen peges på en række teknologiske løsningsmuligheder, der kan realiseres inden for 3 år.

Materialer - holdbarhed og levetid relateret til rengøringsteknologier
I forbindelse med risikovurderinger (HACCP-analyser) besidder rengøringsbranchen ofte kortlægning af, hvor der er udfordringer i forbindelse med rengøringsprocesserne, som forårsages af nedslidte, korroderede overflader og lignende. På kort sigt kan der etableres samarbejde med rengøringsbranchen for nærmere at præcisere, hvor der er behov for udvikling i denne sammenhæng. Derudover kan sektoren drage nytte af udarbejdelse af retningslinjer vedrørende optimale rengørings- og desinfektionssystemer afhængig af overflader og tilknyttede mikrobiota, som kan anvendes ved overvejelser om indførelse af nye materialer i fødevareprocesudstyret. En indledende kortlægning kan gennemføres på kort sigt på basis af eksisterende viden, mens en fyldestgørende kortlægning kræver, at disse aspekter indarbejdes i forskningsprojekter som eksempelvis foreslået nedenfor.

Rengøringsvenlige overflader
Rengøringsvenligheden af overflader, kan som tidligere nævnt, reduceres kraftigt som konsekvens af slid og korrosion af overfladerne. Der findes mange teknologier på markedet i dag, der kan forbedre slid- og korrosionsegenskaber på overflader. Anvendt i forskellige brancher kan der skabes overblik over disse og eventuelle anvendelsesmuligheder inden for sektoren.

På kort sigt kan der ligeledes gennemføres kortlægning af muligheder for anvendelse af eksisterende løsninger inden for antimikrobielle overflader eller overflader, der aktiveres gennem eksterne stimuli, som f.eks. lys, elektrisk eller magnetisk påvirkning. Der er behov for undersøgelser af disse materialetypers anvendelighed, sikkerhed og langtidsstabilitet.

Overfladeteknologi vedrørende filtre, herunder membranfiltrering
Der findes mange materialer på markedet i dag med antimikrobielle egenskaber anvendt i vidt forskellige brancher. På kort sigt kan der skabes overblik over disse og eventuelle anvendelsesmuligheder inden for sektoren.

Cleaning in Place-rengøring
På kort sigt kan sektoren drage nytte af bedre formidling af eksisterende viden og kompetencer. Det vurderes, at eksisterende produktionsudstyr i mange sammenhænge kan optimeres mht. dysegeometri og bevægelse af disse. Inden for den farmaceutiske industri er der udviklet såkaldte nanocleanteknikker, der kan bruges til CIP-rengøring på nanoniveau. Inden for den farmaceutiske industri arbejdes på at implementere disse nye teknikker til industrielt brug. Teknikkerne benytter bl.a. rengøring vha. elektrolytiske metoder, der kombineres med damp. Det vurderes, at slagterier og mejerier kan drage nytte af disse nyudviklede teknikker.

Hygiejnisk design og automatisering af rengøringsprocesser
På kort sigt kan slagterier og mejerier profitere af øget formidling af eksisterende viden og kompetencer. Eksempelvis vil rengøringsbranchen ofte i forbindelse med risikovurderinger (HACCP-analyser) besidde kortlægning af, hvor der er udfordringer i forbindelse med rengøringsprocesserne, som er forårsaget af uhensigtsmæssigt design. På kort sigt kan der etableres samarbejde med

rengøringsbranchen for nærmere at præcisere, hvor der er behov for udvikling i denne sammenhæng.

Lovgivning vedrørende fødevarekontaktmaterialer
På kort sigt kan der, til den eksisterende lovgivning, udarbejdes supplerende, praktiske retningsliner vedrørende implementeringspraksis herunder redskaber til risikovurdering. Og retningslinjer for, hvordan man kan ensarte arbejdet med at udforme overensstemmelseserklæringer, så leverandører anvender enslydende overensstemmelseserklæringer til flere kunder, frem for at skulle udarbejde individuelle erklæringer til hver enkelt kunde.

Total Costs of Ownership
På både kort og langt sigt kan der gennemføres økonomiske LCA-analyser, som bør gennemføres som et samarbejde mellem leverandører og slutbrugere af udstyret. Der bør arbejdes med at opstille sammenlignelige beregningsmodeller for "Total Cost of Ownership", for dermed at gøre det lettere for udstyrsproducenter og fødevareproducenter at vurdere og sammenligne produktionsomkostninger samt sociale omkostninger og miljøbelastning af forskellige udstyrsdesigns.

Teknologiske løsninger på langt sigt

Udover de ovenstående muligheder kan der peges på en række teknologiske udviklingsmuligheder, der vurderes at kunne implementeres efter tre år.

Materialer – holdbarhed og levetid relateret til rengøringsteknologier
På langt sigt vil industrien drage nytte af, at der inden for plastområdet gennemføres migrationstest af plast, og at disse gennemføres som et samarbejde mellem både brugere og leverandører af plastprodukter til fødevareproduktionsudstyr samt rådgivere og forskningsmiljøer. Her er der behov for mere arbejde med måling af specifik migration og måling af migration, der relateres bedre til de tænkte anvendelser. Dette indebærer naturligvis, at der er fuld sporbarhed i anvendelsen af materialerne, så det ikke fejlagtigt anvendes under utilsigtede forhold. Der er endvidere behov for en vurdering af muligheden for indførelse af en bagatelgrænse for materialer og sporbarhed, herunder registrering af materialer, der kun udgør en forsvindende del af udstyret.



Såfremt anvendelse af nye materiale- og overfladeteknologier kan mindske omkostningsfuld rengøring af pladevarmevekslere vha. radikal nytænkning inden for området, kan dette medføre en kraftig teknologisk fremgang inden for området.

Rengøringsvenlige overflader
På langt sigt kan slagterier og mejerier drage fordel af, at der forskes inden for rengøringsvenlige overflader i kombination med procesoptimering og procesudvikling, der modvirker skift i fødevarens konsistens tæt ved overflader grundet uhensigtsmæssig temperaturpåvirkning, herunder forskning i anvendelse af overflader med selvrensende effekt. Radikal nytænkning inden for området kan medføre kraftig teknologisk fremgang for sektoren.

Vedrørende overfladetopografiens indflydelse på rengøringsvenligheden er der behov for studier, der udvikler mere nuancerede klassificeringsparametre mht. topografi end normalt anvendt i branchen. Disse studier bør kombineres med studier af sammenhængen mellem forskellige typer af topografi og rengøringsvenlighed, afhængig af hvilke påvirkninger overfladerne typisk udsættes for inden for fødevare- og landbrugssektoren.

Overfladeteknologi vedrørende filtre herunder membranfiltrering
Inden for filtreringsteknologi kan der udvikles teknikker til at undgå, at filtre fouler til og til at udvikle antimikrobielle filtre. Endvidere kan udvikling af filtre, der er holdbare ved højere temperaturer, lette rengøring af disse. På langt sigt er udviklingspotentialet inden for området antimikrobielle overflader relateret til udvikling af løsninger med forbedret langtidseffekt samt med kontrolleret afgivelse af antimikrobielle stoffer. Sådanne studier bør gennemføres med henblik på at undgå problemer med resistensudvikling, herunder udvikling af løsninger med overflader, der kan genoplades med antimikrobielle stoffer. Værktøjer til at vurdere og sammenligne kvaliteten og levetiden af eksisterende løsninger er i dag mangelfulde. Industrien efterspørger retningslinjer, standarder og guidelines til dette.

Cleaning in Place-rengøring
Anvendelse af nyt design, som kan erstatte pladevarmevekslerteknologi og udvikling af teknologier, der opfylder samme krav og samtidig er mere rengøringsvenlig, kan medføre en kraftig teknologisk fremgang inden for området. Tilsyneladende er der behov for radikal nytænkning inden for området.

Hygiejnisk design og automatisering af rengøringsprocesser
På langt sigt er der behov for at gennemføre udvikling af produktionsudstyr, hvor der i de tidlige produktudviklingsfaser tages højde for, at man kan anvende automatiserede rengøringsprocesser i det færdige udstyr. Eksempelvis peges på optimering af pladevarmevekslere, redesign af systemer med leddelte bånd og kabelbakker og alternativer til systemer, hvor der i dag må rengøres med trykluft.

Overfladeteknologi som inspektionsteknologi
Som tidligere nævnt kan overfladeteknologi integreres i inspektionsteknologi i det omfang, at sensorteknologier bygger på signaler fra overfladereaktioner såsom elektrokemiske overfladereaktioner. Hvis sensorer kan udvikles vha. af overfladeteknologiske metoder f. eks. MEMS-produkter, kan disse kompetencer udnyttes inden for sensorteknologiområdet.

Der kan gennemføres en kortlægning af kendte metoders anvendelighed, stabilitet og pålidelighed under praktiske forhold, mens analyser af cost benefit gennemføres eksempelvis ved indarbejdelse af indikatorfunktioner vedrørende slitage, pH-ændringer eller mikroflora ved hjælp af floureserende stoffer.

4.3 Nødvendige tiltag til realisering af de teknologiske muligheder

Inden for området hygiejnisk design er der behov for en kommunikations- og udviklingsplatform, der forbedrer kommunikation og videnformidling mellem de mange aktører, der arbejder med udvikling inden for området lige fra udstyrsproducenter, slutbrugere af udstyr anvendt i både lukkede og åbne systemer, rengøringsbranchen, forskningsmiljøer og videnformidlingsinstitutioner. Sådan en kommunikations- og udviklingsplatform muliggør en holistisk betragtning af fagområdet og skal kunne integrere en række tværfaglige kompetencer inden for især produktudvikling, materiale- og overfladeteknologi, mikrobiologi og økonomi. Sådanne initiativer kan sættes i gang ved at initiere innovationsnetværk, innovationskonsortier og lignende.

Der er behov for strategiske forskningstiltag inden for rengøringsvenlige overflader herunder inden for mekanismeforståelse generelt. En kombination af fødevarefor-

arbejdningsproces og materiale- og overfladeteknologi er absolut nødvendig. Der er behov for studier af overfladetopografiens indflydelse på rengøringsvenlighed og adhæsion samt studier af specifik migration fra plast afhængig af påvirkning fra rengørings- og desinfektionsmidler.

Der kan med fordel gennemføres en række udviklings- og forskningsaktiviteter, der rettes mod specifikke produkter, såsom udvikling af nye filtertyper, sensortyper og udvikling af alternativer til pladevarmevekslere. Radikal nytænkning inden for sådanne områder kan medføre teknologisk fremgang på området. Sådanne aktiviteter kan sættes i gang ved hjælp af projekter støttet af Højteknologifonden som rådgiveropgaver eller lign.

Arbejdsgruppen har angivet en række forslag til områder, hvor der er behov for at gennemføre kortlægning af eksisterende løsninger samt udarbejdelse af retningslinjer på basis af kendt viden, eksempelvis kortlægning af retningslinjer vedrørende optimale rengørings- og desinfektionssystemer afhængig af overflader og tilknyttede mikrobiota. Kortlægning af kendte teknologier, der kan forbedre slid- og korrosionsegenskaber, kortlægning af muligheder for at anvende funktionelle overflader såsom antimikrobielle overflader, overflader med sensoregenskaber eller overflader, der aktiveres gennem eksterne stimuli som f.eks. lys, elektrisk eller magnetisk påvirkning. Sådanne kortlægningsaktiviteter bør kobles med undersøgelser af disse materialetypers anvendelighed, sikkerhed og langtidsstabilitet. Sådanne kortlægninger kan gennemføres som rådgiveropgaver.

Indsatser, der relateres til lovgivningen, kan tage udgangspunkt i udarbejdelse af konkrete løsningsforslag enten som rådgiveropgaver, eller ved at indarbejde denne type arbejde som delelement i ovennævnte aktiviteter.

Vedrørende udfordringerne og de teknologiske muligheder behandlet i kapitel 3 og 4 er der en del overlap mellem lignende udfordringer i sundhedssektoren. Især inden for områderne rengøringsvenlige overflader, hygiejnisk design og "Total Cost of Ownership-beregninger". Det er derfor oplagt at etablere samarbejde med denne sektor.

Aktiviteterne, som er angivet i nærværende kapitel inden for materiale-, overflade- og procesteknologi, kan med fordel kobles sammen med aktiviteterne foreslået i kapitlerne om vand, kemikalier og overvågning og beslutningsstøtte via et demonstrationsprojekt gennemført som et samarbejde mellem forskningspartnere, videnformidlere og virksomheder.

Der kan opstilles og udvikles sammenlignelige beregningsmodeller for "Total Cost of Ownership" for procesudstyr, for dermed at gøre det lettere for udstyrsproducenter og fødevareproducenter at vurdere og sammenligne produktionsomkostninger, samt sociale omkostninger og miljøbelastning af forskellige udstyrsdesigns. Det genererede datagrundlag kan således tages i brug, når det skal vurderes, hvornår det kan betale sig at investere i forbedrede teknologier i forbindelse med hygiejnisk design.


B

5. Overvågning og beslutningsstøtte

KAPITEL 5

Overvågning og beslutningsstøtte

I dette kapitel afdækkes udfordringerne ved overvågning og beslutningsstøtte samt de teknologiske muligheder inden for området. Kapitlet sigter således efter at beskrive de nødvendige tiltag for at realisere de teknologiske muligheder inden for overvågning og beslutningsstøtte.

5.1 Overordnet problemstilling i relation til overvågning og beslutningsstøtte

Overvågning og beslutningsstøtte er et stort felt, hvor mulighederne inden for måleteknik og dataanalyse løbende udvides som følge af den hastige teknologiske udvikling. Det skyldes blandt andet, at mange former for processer, arbejdsgange og maskiner skal overvåges for at give den bedste mulighed for at træffe de rette beslutninger. I dag inkluderer beslutningerne specielt i forbindelse med rengøring ofte menneskelig indblanding og baseres på en væsentlig grad af erfaring. Sigtet med dette kapitel er at forbedre grundlaget for, at beslutninger i højere grad træffes EDB-assisteret på baggrund af viden om processystemet i den aktuelle situation. Inden for rengøring baseres beslutninger om tidsintervaller og kemikalier ofte på erfaringer fra tidligere driftssituationer. Derfor er der et stigende behov for teknologiske løsninger, der kan måle, analysere, præsentere data og give beslutningsforslag til at underbygge, at der kan træffes beslutninger på et faktuelt grundlag.

Sensorer er centrale i processer med at overvåge og tilvejebringe data til beslutninger. Sensorer kan variere vidt i princip, design, funktion og levetid. Nogle er simple trykmålere, der giver et analogt signal, hvorimod nyere sensorer kan være et helt lab-on-a-chip system med integreret batteri, en miniaturesensor med online trådløs signalbehandling eller et integreret array af forskellige målemetoder. Dette åbner mulighed for en bred vifte af analyser, hvor både rengøringsparametre såvel som informationer om kvaliteten af produktet kan vurderes samtidig. Mulighederne er mange, og den konkrete løsning afhænger i høj grad af, hvad der skal måles, i hvilke koncentrationer og hvor det foregår. Som beskrevet i baggrundskapitlet om vand, er det ikke fuldstændig klart, hvilke indholdsstoffer, der skal detekteres. Derfor er dette kapitel skrevet bredt for at afdække mulighederne.

Der vil i de fleste tilfælde være tale om både interne sensorer, hvor disse er en integreret del af et system, eller eksterne sensorer, hvor sensoren placeres udenfor systemet måske endda som en engangsmåling, hvor en billig sensor udskiftes efter hver måling.

Fokus er på overvågning og beslutningsstøtte i forbindelse med rengøring og sikring af reduceret kontamination fra processer til fødevarer, specifikt:

- Sensorteknologi, der overvåger og dokumenterer foulings- og rengøringstilstanden i fødevareprocesanlæg, specielt i lukkede produktionsanlæg, hvor der er stort potentiale som f. eks. i membranfiltreringsanlæg.
- Sensorteknologi, der kan anvendes til optimering og automatisering af rengøringsprocesser.
- PAT som grundlag for beslutninger og processtyring.

Hovedvægten er lagt på behovene i lukkede systemer med real-time målinger integreret i systemet. Det er tillige her de største udfordringer med målinger under tryk i lukkede processer forefindes. Jf. de foregående baggrundskapitler er de konkrete udfordringer rengøring og genanvendelse af procesvand, og fokus er både på anvendelse af eksisterende og design af nye sensorsystemer, hvor nogle også kan anvendes i åbne systemer. Udgangspunktet har således været en mejericase omkring genanvendelse af RO permeat, som ønskes renset til en standard som rent vand. Omkring sensorsystemerne er viden anvendt fra måling på lignende problemstillinger i papirindustrien.

Særlige problemstillinger i relation til sensorer

De miljøer, der skal måles i, er meget varierede, hvilket naturligvis har betydning for typerne af sensorer, og i nogen tilfælde stilles der store krav til sensorernes holdbarhed. I flere systemer vil der være gradienter inden for temperatur og tryk, der kan udsætte sensoren for stress og beskadige dem. Dette skal selvsagt kunne overkommes eller systemet skal kunne tilpasses de individuelle udfordringer eventuelt i form af eksterne sensorer.

På grund af det potentielt hårde miljø specielt under CIP-rengøring er det nødvendigt, at målingen ikke kompromitteres. De dele af sensorer, der er i kontakt med produktet, skal kunne tåle den rengøring, som resten af systemet gennemgår. Samtidig vil der være behov for signalbehandling fra sensoren til et overvågningssystem udenfor systemet. Der skal altså være mulighed for trådløs dataoverførsel, uanset om systemet er internt eller

eksternt. Et sådant sensorsystem skal med stor sandsynlighed benytte en smule strøm og skal derved også have en integreret strømforsyning eller være batteridrevet. I den forbindelse skal der være adgang til at genoplade batteriet eller udskifte det, hvis en strømforsyning ikke er ønskværdig.

Sensorer varierer i størrelse alt efter hvilke principper, der benyttes. I de fleste tilfælde vil det også være ønskværdigt med flere metoder for at opnå større sikkerhed. Med sensorer i mikroskala vil det være muligt at give plads til flere målepunkter uden at optage unødvendig plads i eller omkring systemet, der skal måles på. Der er i dag udviklet mange sådanne sensorer, som kan have mange metoder integreret i sig, men den kommercielle anvendelse afventer i mange tilfælde konkrete industrielle problemstillinger.

5.2 Teknologiske løsninger

Baseret på en generaliseret problemstilling inden for måling af rengøringskemi og organiske rester i procesvand er følgende mere eller mindre færdige løsninger identificeret. Nogle af de nævnte teknikker er brugbare efter mindre tilpasning, da de allerede er kommercielt tilgængelige. Andre bygger på kendt teknologi, men kræver tilpasningsarbejde, hvorimod andre igen hovedsageligt er på tegnebrættet og kræver en længere periode, før det bliver en interessant teknik til de nævnte formål. Disse teknologier opdeles efter, om de kan realiseres inden for eller efter 3 år.

Teknologiske løsninger på kort sigt

Ud fra problemkortlægningen peges på en række teknologiske løsningsmuligheder, der kan realiseres inden for 3 år.

Micro Electronic Mechanical Systems
I denne sammenhæng dækker MEMS eller Nano Electronic Mechanical Systems (NEMS) over de sensorer, der findes til tryk. Der eksisterer allerede en række forskellige kommercielt tilgængelige teknologier og sensorer til måling af f.eks. temperatur, tryk, ledningsevne og pH. Disse anvendes i normalskala typisk i rørføringer uden for procesudstyr. Flere af disse sensorprincipper findes i dag allerede i mikroskala, hvilket kan muliggøre, at de kan integreres i selve procesudstyret og hermed give op-



lysninger om lokale tilstande af gængse procesparametre. Det er muligt, at den rette dataanalyse af sådanne lokalt målte signaler kan medvirke via PAT (se afsnit 6.2.3) til øget viden om både rengøring og fouling i lukkede processystemer.

Kolorimetrisk array
Kolorimetri anvendt til at give et fingeraftryk af indholdsstoffer i en processtrøm er på kort sigt stærkest som et håndholdt system, hvor der ved hver måling kræves udskiftning af en chip ligesom ved pH-måling med en strip. Fortolkning af måleresultatet skal udføres af et trænet ekspertsystem, som mest effektivt foregår med it. Hardware til dette vil være en engangsudgift, mens chips vil være engangsartikler. Systemet vil kunne designes således, at stort set alle kan bruge det. Metoden vil både kunne bruges på gas og vandprøver, hvor svartiden dog er kortest i væske.

Teknologien baseres på en nyopdaget og patenteret klasse af stoffer, som tilsammen kan udgøre et miniaturiseret laboratorium. Stofferne kan udarbejde en lang række interessante analyser ved hjælp af vært/gæst mekanisme. Med andre ord svarer det mest til en elektronisk næse. Stofferne måler uspecifikt, men der vil altid være en veldefineret krydsreaktion mellem stofferne. Et array af stoffer med hver sin egenskab giver et bredt og veldefineret kort af krydsreaktioner, som kan udlæses optisk og processeres ved hjælp af avancerede computeralgoritmer.

Systemet skal udvikles, men kan for øjeblikket detektere og adskille eksplosiver fra andre stoffer. I laboratorieforsøg kan andre kemikalier detekteres og klassificeres på samme måde. Samtidig kan der ses forskel på fersk kød og kød, som er ved at blive nedbrudt. Efter tilpasning vil systemet få tildelt en maksimum værdi, ved hvilken der gives reaktion f.eks. i form af et opkald på mobiltelefon eller et signal fra en lampe.

Optik
Der er et potentiale på kort sigt i udvikling af optiske teknologier til måling af væske i lukkede systemer. I dag anvendes optisk måling blandt andet til måling af turbiditet. Der er mulighed for at udvikle dette til at omfatte mere specifik klassificering af væske af forskellig oprindelse.

Elektroniske analysemetoder
Inden for en begrænset årrække vil teknologier til elektroniske analysemetoder kunne udvikles og implementeres til brug inden for rengøringsteknologier på både slagterier og mejerier. Teknologierne kan særligt anvendes, hvor funktionalisering af en overflade er nødvendig for at angive, hvilken sammensætning, der er i en processtrøm. Det kan eksempelvis være til bestemmelse af restkomponenter i RO permeat fra mejerier, eller til hvorvidt skum til rengøring af en åben proces når et delvist skjult punkt.

Impedansmålinger
Allerede i dag kan impedansmålinger anvendes som simple målinger af biofilmformationer. Impedansmålinger kan bruges som indikator af biofilmdannelse grundet ændret modstand.

TOC og BOD
Yderligere vil der være interesse i at udvikle og tilpasse sensorer til måling af "Total Organic Carbon" (TOC), "Biochemical Oxygen Demand" (BOD) eller lignende principper til at kvantificere de organiske og biologiske komponenter, som resterer i vand under rensning. TOC anvendes ofte som en ikke-specifik indikator for vandkvalitet eller renhedsgrad af procesvand. BOD bestemmer ligeledes det biologiske omsættelige indhold af organisk materiale i vand. Både TOC- og BOD-sensorer bruges som en "visuel billedsensor" til kontrol af interne overflader for at se, om rengøringen har været effektiv.

Teknologiske løsninger på langt sigt

Flere af de ovennævnte metoder er udviklet og testet men ikke kommercielt tilgængelige. For at kunne implementere disse, skal der foretages produktspecifikke forsøg samt finjusteringer til det pågældende system.

Micro Electronic Mechanical Systems
På længere sig kan det være muligt at anvende strukturer, der kan sættes i svingning i nærheden af resonansfrekvensen. På denne måde kan en lille vægtændring ændre svingningsfrekvensen. Dette kan anvendes til detektering af selv små aflejringer på procesoverflader. Det er et måleprincip, der kan anvendes til præcise målinger. Målingen kan foregå i væske, men har den udfordring, at det kræver overfladefunktionalisering. Der er også muligheder i udnyttelse af "Quartz Crystal Microballance" (QCM), som har samme grundlæggende funktion som MEMS og er kommercielt tilgængelig.

Kolorimetrisk array
Mulighederne inden for kolorimetriske arrays kan videreudvikles med devices, der kan måle on-line på processtrømme og udvikling af sensorer, der kan integreres i udstyr. Dette kræver, at der udvikles et genbrugssystem, hvorfor det hører til de langsigtede muligheder.

Optik
Disse teknologier kan endvidere omfatte "Surface Enhanched Raman Spectroscopy" (SERS), som er en forbedring af de kommercielle metoder, som allerede i dag anvendes til "Raman Spectroscopy" på processtrømme i fødevareprocesser. Udviklingen kan lede til mere følsom og specifik detektering af små rester af materiale. Endvidere kan "TeraHertz-teknologi", hvor en laser benyttes til at transportere en partikel tæt på en overflade eller ved at ændringen af bølgelængde kan angive tykkelse og sammensætning af en opstået biofilm eller forstadierne til en sådan, være brugbar.

Elektrokemiske analysemetoder
Elektrokemiske analysemetoder, hvor en funktionalisering af en overflade vil være nødvendig, kan angive, hvilke kompositioner, der er i materialet - evt. forskellige stoffer i RO permeatet.

Elektrisk ledede polymer
En mere spekulativ mulighed er anvendelse af sølvnanopartikel elektrisk ledede polymerer i forbindelse med detektering af eventuel biofouling. Sølvnanopartikel elektrisk ledede polymerer forventes at kunne anvendes til monitorering af biofilmvækst i vandrensningssystemer. Samtidig vil disse muligvis kunne bruges til at frigive sølvioner (oxidation) som et aktivt biocid. Ved igen at ændre potentialet, kan sølvionerne opsamles som metallisk sølv (reduktion). Andre metalioner kan også opsamles via dette princip som en del af vandrensningen. Denne metode vil forventeligt kunne anvendes som et kontinueret monitoreringssystem af biofilm i vandige systemer.

Overvågningsstøtte med Process Analytical Technology
PAT er defineret af FDA i USA som en metode til design, analyse og regulering af en fremstillingsproces gennem målinger af kritiske procesparametre, som påvirker de kritiske kvalitetsparametre for produktet. I det omfang det er muligt, vil målinger informere om, hvornår rengøring er påkrævet, og hvornår den er tilstrækkelig. Det betyder, at en øget monitering af rengøringsprocessen kan mindske det totale omfang af rengøring og dermed give en besparelse af omkostningerne til rengøring og øge produktionstiden. Som led i anvendelsen af PAT skal der udvikles:

- Identifikation af målbare kvalitetsparametre eller indikatorer til procesmonitering.
- Udvikling af sensorteknologi.
- Styringsmekanismer for de kritiske procesparametre (planlægning, dosering, koncentration, temperatur, mekanisk effekt, osv.).
- Usikkerhedsanalyser og validering.

Anvendelsen af PAT kan føre til en mere systematisk, kvantitativ og modelbaseret optimering af rengørings- og desinfektionsprocesser. Yderlige kan PAT bevirke kvantitativ validering af kvaliteten af rengøringsprocedurerne, som derved bevirker, at man f.eks kan spare desinficeringstrinet og et skyl med vand. Branchen har udtrykt ønske om udvikling af denne form for værktøjer. Dette kan have perspektiv på kort sigt.

Yderligere har PAT vist sig at kunne bidrage til at lette lovgivning og give flere frihedsgrader til producenterne i forhold til deres procesdesign og operation. Kravet er, at de kan påvise, at ændringerne ikke har skadelige konsekvenser for de kritiske procesparametre. Denne type af forskning kan potentielt muliggøre, at procesvand kan substituere drikkevand i nogle trin af rengøringsprocessen, hvilket er et udtalt ønske fra industrien. Denne udvikling kan have potentiale på længere sigt.

5.3 Nødvendige tiltag til realisering af de teknologiske muligheder

Flere af de beskrevne og nødvendige sensorprincipper kendes og er grundlæggende udviklet i andre sammenhænge. Derfor er der behov for fokuserede forskningsaktiviteter, der rettes mod tilpasning af sensorer til de specifikke analyseformål i rengøring af fødevareprocesser, udvikling af sensorer, hvor forskellige principper er integreret, samt udvikling af beslutningsstøttesystemer baseret på mulitvariat dataanalyse, som er integreret med disse sensorer.



6. Sammenfattende konklusioner

KAPITEL 6

Sammenfattende konklusioner

I dette kapitel opsummeres arbejdsgruppens sammenfattende konklusioner og anbefalinger. Konklusionerne er tværfaglige og er udarbejdet på baggrund af resultaterne fra de udvalgte temaer, som beskrevet i kapitlerne 2-5. Anbefalingerne peger på en række aktiviteter, der enkeltvis eller i fællesskab bidrager til løsning af udfordringerne i forbindelse med rengøring på slagterier og mejerier. Kapitlet identificerer tværgående problemstillinger, og hvordan disse kan håndteres.

De forskellige udfordringer og løsningsmodeller beskrives i den rækkefølge, hvor de er mest relevante for den samlede udfordring; at optimere slagteriernes og mejeriernes rengøringsteknologier og -processer. Det vil sige, at de problemstillinger og løsningsmodeller, som umiddelbart er mest presserende, men samtidig også kan løses på relativt kort sigt, beskrives først.

6.1 Dokumentation og overblik over rengøringsprocessers forbrug, effekt og omkostninger

Rapporten illustrerer, at slagteriernes og mejeriernes informationsgrundlag ikke er tilstrækkeligt detaljeret til at levere nødvendige informationer om potentielle effektiviseringer af rengøringsprocesser og -teknologier. Samtidig er kendskabet til eksisterende løsninger ikke tilstrækkeligt udbredt.

Branchen efterspørger redskaber og metoder, der kan give et mere detaljeret overblik over de forskellige rengøringsled og hvilket forbrug, effekter og omkostninger, der er forbundet med disse. Således efterspørges bedre redskaber til dataopsamling, der kan bruges til afdækning af, hvilke led i rengøringsprocesserne, der udfylder hvilke funktioner og hvilke mængder ressourcer, der anvendes på de enkelte rengøringsled.

Udvikling af bedre værktøjer til beslutningsstøtte samt mere detaljeret viden omkring rengøringsprocesser og hvilke teknologier, der allerede er til rådighed, er en forudsætning for at vurdere, hvilke løsningsmodeller og investeringer, der giver de bedste resultater. Bedre overblik kan realiseres på relativt kort sigt og med hurtige gevinster til følge.

Løsningsmodeller

Bedre videndeling af eksisterende viden og erfaring
Der findes allerede løsninger på en del af de udfordringer, som slagterierne og mejerierne står overfor i forhold til effektivisering af rengøringsteknologi og -processer. Der eksisterer en del forskningsresultater og erfaringsopsamlinger inden for en række områder, herunder anvendelse af funktionelle overflader som antimikrobielle overflader, overflader med sensoregenskaber, teknologier inden for forbedring af slid- og korrosionsegenskaber på overflader samt optimale rengørings- og desinfektionssystemer afhængig af overflader og tilknyttede mikrobiota. Disse teknologier og erfaringer kan allerede nu kortlægges og implementeres på slagterier og mejerier.

Denne kortlægning bør suppleres med udbredelse af analyseredskaber til systemanalyser, der kortlægger og analyserer forskellige rengøringstrin ud fra deres funktion og omkostninger i form af økonomi, kemikalier, arbejdskraft, energi- og vandressourcer. Disse analyser skaber overblik over, hvilke led i rengøringsprocessen, der kan effektiviseres, samt hvilke led, der eventuelt kan udelades.

ANBEFALING

For at sikre, at branchens beslutningsgrundlag er optimal foreslås:

- *at der gennemføres en kortlægning af eksisterende erfaringer og teknologier på området og kendskabet til disse udbredes gennem efteruddannelse af medarbejdere hos både slagterier og mejerier, underleverandører og rengøringsfirmaer.*
- *at der gennemføres en række systemanalyser, der tilsammen kortlægger og analyserer de forskellige rengøringstrin og processtrømme ud fra deres funktioner og omkostninger. Dette forbedrer vurderingen af hvilke tiltag, der kan effektivisere rengøringsprocesserne.*

Udvikling af værktøjer til beslutningsstøtte
Slagteriernes og mejeriernes rengøringsprocesser styrkes gennem udvikling af nye metoder til analyse og overvågning af rengøringsprocesser. Eksempelvis kan nye metoder til økonomiske livscyklusanalyser analysere det økonomiske perspektiv i at anvende mere hygiejniske rengøringsteknologier og -processer, der har en

dokumenteret fordel i form af reduceret forbrug af vand, energi, arbejdskraft, kemikalier samt mindre nedslidning af udstyr. Derudover kan der arbejdes med opstilling af sammenlignelige beregningsmodeller for "Total Cost of Ownership", for derved at gøre det lettere for udstyrs- og fødevareproducenter at vurdere og sammenligne produktionsomkostninger samt vurdere miljøbelastningen fra forskellige udstyrsdesigns.

De økonomiske analyser kan suppleres med risikoanalyser såsom QMRA for at garantere, at fødevaresikkerheden ikke reduceres som en konsekvens af begrænset ressourceforbrug eller miljøbelastning. Herved kan optimerering af rengøringsprocesser udvikles, uden at det går ud over fødevaresikkerheden. Desuden bør økonomiske analyser og risikoanalyser suppleres med videreudvikling af LCA-analyser og "footprint-opgørelser" til at inddrage vandforbruget i det endelige produkt.

ANBEFALING

For at udvikle bedre værktøjer til beslutningsstøtte forslås:

- *at der udvikles og implementeres analytiske metoder, der styrker beslutningsgrundlaget. Disse analyser bør fokusere på økonomiske livscyklusanalyser og "Total Cost of Ownership" af rengøringsteknologi, risikoanalyser af fødevaresikkerhed samt integrere vandforbrug i LCA-analyser.*

6.2 Koordinering og hygiejnisk design på tværs af leverandører og branchen

Analyserne i de fire baggrundskapitler pointerer, at hensynet til hygiejne og rengøring ikke tilstrækkeligt integreres i slagteriernes og mejeriernes arbejdsprocesser og produktionsudstyr. Der er eksempler på, at produktionsudstyr fabrikeres med henblik på at kunne tåle bestemte rengøringskemikalier, men udstyres med komponenter, der ikke kan. Hertil kommer, at rengøring ofte udliciteres til eksterne partnere, som ikke tilstrækkeligt inddrages i beslutninger, der har indflydelse på rengøringsprocesser eller ikke har incitament til at optimere rengøringsprocesser.

Løsningsmodeller

Udfordringerne ved, at enten produktionsprocessen eller elementer af produktionsudstyret ikke er optimeret i forhold til mere effektive rengøringsprocesser, kan kun løses ved, at rengøringsteknologier og -processer integreres i planlægningen af produktionsprocessen og i indkøbet af produktionsudstyr. Samarbejde mellem slagterierne, mejerierne, underleverandører af produktionsudstyr, råvarer og rengøringsfirmaer er en forudsætning for, at processerne bedre kan tilrettelægges efter hensynet til rengøring. Kun herved kan ønsket om at reducere omkostninger ved rengøring realiseres.

ANBEFALING

For at sikre at hygiejnisk design og hensynet til rengøring i højere grad integreres i planlægning af produktionslinjer og i indkøb af produktionsudstyr foreslås:

- *at der i højere grad samarbejdes mellem branchen, underleverandører og rengøringsfirmaer om at integrere hensynet til rengøring i arbejdsprocesserne. Dette kan gøres gennem etablering af innovationsnetværk eller andre samarbejdsformer, hvor partnerne mødes og diskuterer mulige løsningsmodeller, der integrerer hensynet til rengøring i produktionsprocesserne og i indkøbet af produktionsudstyr.*
- *at der oprettes test- og demonstrationsfaciliteter, hvor forskellige løsningsmodeller kan afprøves i praksis og i samspil med både leverandører af produktionsudstyr, rengøringsfirmaer og branchen selv.*
- *at der, i en passende periode, stilles en produktionslinje til rådighed til at udvikle nye rengøringsteknologier og processer i praksis under realistiske forhold.*

6.3 Udviklingsaktiviteter i branchen

Udover at forbedre beslutningsgrundlaget og integrere hensynet til hygiejnisk design på slagterier og mejerier, er der potentiale i at gennemføre udviklingsaktiviteter inden for en række områder. Disse aktiviteter kan videreudvikle teknologier, som allerede er kendt og udviklet, men mangler tilpasning til de forhold og problemstillinger, der relaterer til rengøringsteknologi og -processer på slagte-

rier og mejerier. Disse teknologier er udviklet og tilgængelige, men kræver yderligere udvikling og tilpasning for at kunne anvendes optimalt på disse problemstillinger.

Løsningsmodeller

Det er således en forudsætning for at effektivisere rengøringsteknologier, at der igangsættes udviklingsaktiviteter inden for en række områder.

Genbrug af vand
Som allerede beskrevet anvendes store mængder vand i forbindelse med rengøringsprocesser ligesom slagterierne og mejerierne besidder store mængder restvand fra deres produktionsproces. Med udvikling af den rette teknologi kan dette vand genbruges til forskellige formål.

Eksempelvis kan lokal recirkulering inden for et procesled optimere rengøringsprocesser, ligesom en kaskadestrategi, hvor vand fra én proces efterfølgende anvendes til en anden proces, der er mindre krævende med hensyn til vandkvalitet, kan anvendes. Sådanne strategier kræver dog yderligere udvikling og test for at kunne anvendes optimalt på slagterier og mejerier.

De store mængder vandstrømme kan behandles og føre til opsamling af næringsstoffer og organisk materiale, som kan anvendes til andre formål. Udvikling af metoder til genvinding af næringsstoffer og optimering af energiudbyttet fra spildevandslam kan reducere slagteriers og mejeriers samlede miljøbelastning. Endelig kan mængden af vandforbrug reduceres ved at reducere selve vandmængden, der indgår i rengøringsprocessen eksempelvis gennem procedurer og rengøringsmidler, der kræver færre trin i processen og derved færre skyl.

Grundet de høje hygiejnekrav til fødevareproduktion, forudsætter genanvendelse af vand forudgående rensning og stabilisering af vandet samt værktøjer til at overvåge vandkvaliteten. Til dette kan udvikles simple og robuste processer såsom membranteknologi herunder keramiske membraner og membranbioreaktorer eller avancerede oxidationsprocesser. En anden mulighed er at udvikle overfladeteknologi, der undgår at filtre fouler til eller udvikle antimikrobielle filtre. Disse teknologier kan kombineres med udvikling af nye og integrerede sensorer til monitering af mikrobiel vandkvalitet i rengøringsprocesser. Desinfektion kan overvejes såfremt risikoanalyserne identificerer risici ved genanvendelse af vand og denne risiko ikke fjernes ved rensning. Til dette bør særlige desinfektionsmetoder til sikker og effektiv desinfektion af vandstrømme videreudvikles. Eksempelvis er UV-behandling allerede etableret, men kræver yderligere udvikling, såfremt turbiditeten af vandet er for høj.

Kvalitetskrav til de enkelte processer bør vurderes ud fra kemiske og mikrobiologiske parametre. Etablering af differentierede kemiske kvalitetskrav kan benyttes til at optimere procestrin, hvor drikkevandskvaliteten er utilstrækkelig, og hvor vandet med fordel blødgøres og justeres, hvorved korrosion af udstyr og værktøj reduceres. Mikrobiologiske kvalitetskrav sikrer den størst mulige reduktion i smitterisiko i forbindelse med fødevareproduktion. Skærpede hygiejnekrav medfører muligvis behov for desinfektion af selv drikkevand inden anvendelse.

ANBEFALING

Der findes altså et stort potentiale i at gennemføre udviklingsaktiviteter, der forbedrer mulighederne for at genbruge vand fra rengørings- og produktionsprocesser på slagterier og mejerier. Derfor anbefales:

- *At der igangsættes udviklingsaktiviteter inden for følgende områder: Genbrug af vand med fokus på lokal recirkulering, kaskadestrategi, behandling af vandstrømme og sensorer til overvågning af vandkvalitet.*

Trinvis rengøring og Cleaning in Place
Udvikling af "trinvis rengøring" og CIP er begge teknologier, der kan effektivisere organiseringen af rengøringsprocesser. Ideen med trinvis rengøring er, at de enkelte rengøringstrin ikke opfylder de endelige rengøringskrav. Rengøringsprocessen indledes med en indledende grovrengøring, hvor fedt og andre belægninger opløses, mens den efterfølgende finrengøring fjerner eventuelle restbelægninger, bakterier og andre mikororganismer. Givet en effektiv grovrengøring, kan kemikalieforbruget reduceres i de efterfølgende rengøringsled. Potentialet ligger i at optimere de enkelte trin eller procedurer gennem substitution til bedre rengøringsmidler og mindre ressource- eller arbejdskrævende procedurer. Eksempelvis kan brug af kemikalier i forbindelse med grov spuling og skrab i klargøringsfasen, reducere arbejdsmængden.

CIP fokuserer på at rengøre på selve lokationen, hvilket muliggør rengøring lokalt på udsatte områder frem for at fylde store beholdere med vand og kemikalier. Særligt

inden for dysedesign, dyseplacering og ved indførelse af programmerbare dysesystemer er der mulighed for at spare på vandet. I lukkede anlæg har CIP-teknologien den fordel, at rengøring udføres fuldautomatisk og derved kræver mindre manuelt arbejde. Dosering af rengøringsmidler og skyllevand integreres enten i procesudstyret, eller leveres ved hjælp af en mobil enhed, der kobles til anlægget. Teknologien forudsætter udvikling af produktionsudstyr, der tager højde for automatiserede rengøringsprocesser. Dette kan eksempelvis realiseres gennem optimering af pladevarmevekslere, design af systemer med leddelte bånd og kabelbakker og alternativer til systemer, hvor der rengøres med trykluft.

ANBEFALING

"Trinvis rengøring" og CIP har begge potentiale til at reducere slagteriers og mejeriers samlede omkostninger ved rengøring. Derfor anbefales:

- *at der påbegyndes udviklingsaktiviteter, der fokuserer på "trinvis rengøring" og CIP med fokus på adskillelse af rengøringstrin og udvikling af lokale renseteknologier.*

Overflader og rengøringsprodukter

Udvikling af overfladeteknologier og mere effektive rengøringsmidler kan begge reducere mængden af anvendt energi, kemikalier, vand og arbejdskraft. Mere rengøringsvenlige overflader kan opnås gennem udvikling af overfladeteknologier, der modvirker adhæsion af fødevarer, smuds og mikroorganismer såsom fouling og påbrænding af fødevarer. Dette opnås gennem analyser af slid og korrosion af materialers indflydelse på rengøringsvenligheden. Samtidig er det relevant at vurdere temperaturgradienter i fødevarer tæt ved overflader, og gennemføre migrationstest af plast med fokus på måling af specifik migration. Udviklingsarbejdet bør tage hensyn til både temperatur-, tryk- og flowforhold i kombination med både fødevare- og overfladeteknologi.

Udviklingsaktiviteter rettet mod nye overflader bør suppleres med udvikling af nye og mere effektive rengøringskemikalier, der opfylder de samme krav til rengøringshygiejne, men kræver færre ressourcer. Herved reduceres de overordnede omkostninger ved rengøringsprocesser. Eksempelvis kan tilpasning af rengøringsmaterialer reducere erstatningen af nedslidt udstyr, behovet for efterbehandling af udstyr og reducere omkostninger i form af energi, vand og arbejdskraft.

Udviklingsaktiviteter rettet mod overflade- og rengøringsteknologier kan integreres med udviklingsaktiviteter inden for inspektionsteknologi baseret på sensorteknologi. Visuelle eller elektroniske sensorer kan udvikles til detektering af fouling, slitage og lignende. Dette forudsætter dog studier af disse metoders anvendelighed, stabilitet og pålidelighed under praktiske forhold.

ANBEFALING

Nye overflader og rengøringsprodukter spiller en afgørende rolle i slagteriers og mejeriers rengøringsprocesser. Derfor anbefales:

- *at der udvikles nye overflader og rengøringsprodukter med fokus på adhæsion og fouling af fødevarer, slid og korrosion af materialer samt mere effektive rengøringsmidler.*

Sensorer

Sensorer er et område, hvor teknologier hurtigt udvikles, hvorfor der er et stort potentiale i udviklingsaktiviteter. Eksempelvis inden for kolometri, som kan analysere indholdsstoffer i et processtof såsom gas og vandprøver. Teknologien kan detektere og adskille eksplosiver fra andre stoffer. I laboratorieforsøg kan andre kemikalier detekteres og klassificeres på samme måde, ligesom der kan ses forskel på fersk kød og kød, som er ved at blive nedbrudt.

Derudover er der potentiale i udvikling af optiske løsninger til måling af væske i lukkede systemer og i udvikling af elektroniske analysemetoder til brug på slagterier og mejerier. Teknologien kan anvendes, hvor funktionalisering af en overflade er nødvendig, for at angive hvilken sammensætning, der er i en processtrøm. Det kan eksempelvis være ved bestemmelse af restkomponenter i RO permeat fra mejerier, eller hvorvidt skum til rengøring af en åben proces når et delvist skjult punkt.

Endelig kan der udvikles sensorer til måling af TOC, BOD eller lignende principper til at indfange de organiske og biologiske komponenter, som resterer i vand under rensning. TOC anvendes ofte som en ikke-specifik indikator for vandkvalitet eller renhedsgrad af vand i processer. BOD bestemmer ligeledes indholdet af organisk materiale i vand. Både TOC og BOD sensorer bruges som visuelle billedsensorer til kontrol af interne overflader for at vurdere, om rengøringen har været effektiv.

ANBEFALING

På denne baggrund anbefales:

- *at der igangsættes nye udviklingsaktiviteter, der fokuserer på nye sensorer inden for kolometri, optiske sensorer, TOC og BOD.*

6.4 Forskningsprogrammer

På trods af at der allerede findes teknologier og viden, som direkte kan anvendes eller kræver mindre udviklingsaktiviteter for at kunne implementeres, er der fortsat en række områder, hvor der mangler større forskningsresultater for at kunne indfri potentialet. Det er områder, hvor den nødvendige viden endnu ikke er på et niveau, hvor den kan udvikles og anvendes til rengøringsteknologier og processer. Der er derimod tale om områder, hvor en strategisk forskningsindsats kan skabe fundamentet for, at slagterier og mejerier på længere sigt kan udvikle teknologier, der yderligere vil effektivisere rengøringsprocesser og teknologier.

Løsningsmodeller

Forskningsprogrammer inden for vandteknologier
Arbejdsgruppen påpeger, at der fortsat er behov for strategiske forskningsaktiviteter inden for rensning og genbrug af vand. Der kan eksempelvis peges på et stort potentiale i at forske i en række filtreringsmekanismer, såsom keramiske membraner, der kan bekæmpe de patogener, som udgør det største problem i fødevarebranchen. Desuden kan forskningsprogrammer inden for protozer med fokus på fjernelseseffektivitet til forskellige renseprocesser og følsomhed for desinfektion og overlevelse i vandsystemer vise sig afgørende for løsningen af udfordringerne. Dette kan kombineres med strategisk forskning inden for nye og mere effektive desinfektionsteknologier til spildevand, der undgår problematiske spildprodukter. Forskning i disse områder er en forudsætning for, at det store potentiale for genanvendelse af vand kan realiseres.

VANDTEKNOLOGI

Det anbefales, at der igangsættes forskningsprogrammer inden for rensning og genbrug af vand med særligt fokus på filtreringsmekanismer, protozer og desinfektionsteknologier til spildevand.

Forskningsprogrammer inden for kemikalier
I forbindelse med rengøringsteknologi er der et potentiale i at forske i nye typer kemikalier, for derved at kunne udvikle nye og mere effektive rengøringskemikalier. Der er et udpræget behov for forskning i udvikling af mere simple rengøringsprodukter, der ved lavere koncentrationer angriber netop de ønskede mikroorganismer. Herved reduceres den samlede mængde anvendte kemikalier. Andre initiativer, der kan lede til reduktion af det samlede forbrug af rengøringsmidler, kan rettes mod genanvendelse af disse via rensning og en form for regenerering.

KEMIKALIER

Det anbefales, at der igangsættes forskningsprogrammer inden for kemikalier med særligt fokus på effektive rengøringsmidler og genanvendelse af kemikalier via rensning og regenerering.

Forskningsprogrammer inden for rengøringsvenlige overflader, materialer og design
Der er behov for yderligere forskning inden for en række områder, der er forbundet til overfladeteknologi, materialer og design. Eksempelvis vil studier, der kombinerer fødevarebearbejdningsprocesser med materiale- og overfladeteknologi være interessante, ligesom forskning i rengøringsvenlige overflader bør kombineres med procesoptimering og procedureudvikling.

Et andet område er forskning i overfladetopografiens indflydelse på rengøringsvenlighed og adhæsion samt studier af specifik migration fra plast afhængig af påvirkning fra rengørings- og desinfektionsmidler. Endeligt bør der forskes i udvikling af specifikke produkter såsom udvikling af nye filtertyper, sensortyper og udvikling af alternativer til pladevarmevekslere. Ny forskning inden for disse områder kan medføre teknologisk fremgang.

På langt sigt er der potentiale i udvikling af antimikrobielle overflader relateret til udvikling af løsninger med forbedret langtidseffekt samt kontrolleret afgivelse af antimikrobielle stoffer. Sådanne studier bør gennemføres

med henblik på at undgå problemer med resistensudvikling, herunder udvikling af løsninger med overflader, der kan genoplades med antimikrobielle stoffer. Værktøjer, til at vurdere og sammenligne kvaliteten og levetiden af eksisterende løsninger, er i dag mangelfulde. Branchen efterspørger retningslinjer, standarder og guidelines til dette.

RENGØRINGSVENLIGE OVERFLADER, MATERIALER OG DESIGN

Det anbefales, at der igangsættes forskningsprogrammer inden for rengøringsvenlige overflader, materialer og design med særligt fokus på overfladetopografi, antimikrobielle overflader samt kombinationer af fødevarebearbejdningsprocesser og materiale- og overfladeteknologi.

Forskningsprogrammer inden for sensorer

Forskning inden for sensorer kan give et løft til branchen i form af bedre redskaber til overvågning og beslutningsstøtte. Området er i vækst, men der er fortsat behov for at udvikle yderligere. I relation til rengøringsteknologier er det interessant at igangsætte forskningsprojekter, der udvikler nye sensorer til monitering af mikrobiel vandkvalitet, såvel som sammensætning og koncentration af rengøringsmidler. Der er et særligt potentiale i forskning inden for udvikling og tilpasning af sensorsystemer, der kombinerer en række sensorprincipper, som samlet kan klassificere processtrømme efter, om det er urent vand, rent vand eller rengøringsmiddel. Samtidig kan teknologien bestemme selv små koncentrationer af indholdsstoffer. Sideløbende bør der udvikles metoder til datahåndtering og måleprincipper baseret på PAT, således at informationer om driftssituationen anvendes i et samlet billede.

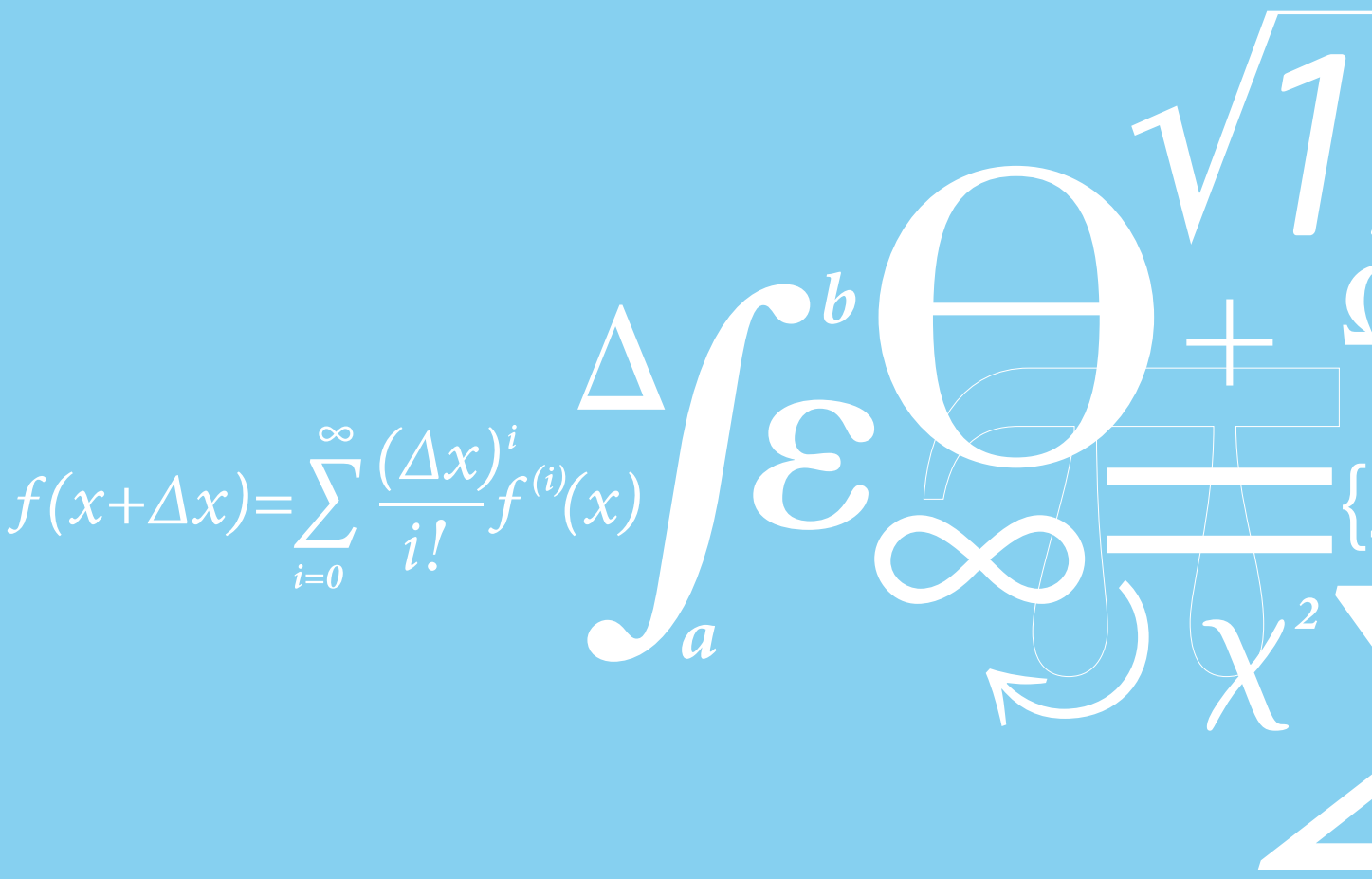
Disse studier bør kombineres med forskningsaktiviteter rettet mod tilpasning af sensorer til de specifikke analyseformål i rengøring af fødevareprocesser, udvikling af sensorer, hvor forskellige principper er integreret samt udvikling af beslutningsstøttesystemer baseret på mulitvariat dataanalyse, kolometrisk array, elektrisk ledede polymer eller optiske løsninger, der er integreret med disse sensorer. Endeligt er der potentiale i at udvikle visuelle eller elektroniske sensorer i overflader og udstyr til detektering af fouling, slitage og lignende. Men der mangler forskning i disse metoders anvendelighed, stabilitet og pålidelighed under praktiske forhold.

SENSORER

Det anbefales, at der igangsættes forskningsprogrammer inden for sensorer med særligt fokus på monitering af mikrobiel vandkvalitet, sammensætning og koncentration af rengøringsmidler, integrerede sensorprincipper til klassificere processtrømme samt multivariat dataanalyse, kolometrisk aray, elektrisk ledede polymer og optiske løsninger.


LURPAK
DANSK SMØR
SALTET

Design: We ♥ People
Layout: Thomas Hjort Jensen



Danmarks Tekniske Universitet
Anker Engelundsvej 1
2800 Kgs. Lyngby