

Miljøprojekt

Nr. 381 1998

Miljøoptimering af rammevask ved serigrafi

Miljøprojekt nr. 381
1998

Miljøoptimering af rammevask ved serigrafi

Henrik Fred Larsen, Anne Rathmann Pedersen,
Henrik Birch og Dorte Rasmussen
VKI

Lisbeth Engel Hansen
dk-TEKNIK

Rapporten er udarbejdet med tilskud fra Rådet vedr.
genanvendelse og mindre forurenende teknologi.

Det skal bemærkes, at de fremsatte synspunkter ikke
nødvendigvis dækkes af Rådet eller Miljøstyrelsen.

Indhold

Forord	9
Resumé	11
Summary	13
Konklusion	15
1 Indledning	17
1.1 Baggrund	17
1.2 Formål	17
1.3 Læsevejledning	18
1.4 Anvendelighed	18
1.5 Afgrænsning	19
1.6 Metode	20
2 Det serigrafiske område	21
2.1 Produktionsenheder	21
2.2 Fra prepress til trykning	21
2.3 Rammevask	22
3 Farlighedsvurderingsstrategi	23
3.1 Vurdering af enkeltstoffers/stofgruppers farlighed i vandmiljø	23
3.2 Vurdering af enkeltstoffers/stofgruppers sundhedsfarlighed	26
3.3 Vurdering af enkeltstoffers/stofgruppers farlighed ved luftemission	30
3.4 Vurdering af produkttypers farlighed	30
4 Karakterisering af kemikalier der indgår ved rammevask	33
4.1 Trykfarver og formkemikalier	33
4.2 Status for rammevaskekemikalier	33
4.2.1 Farvefjernere	34
4.2.2 Stencilfjernere	40
4.2.3 Skyggefjernere	42
4.2.4 Vævsaffedtere/befugtere	43
4.3 Udviklingstendenser	44
4.4 Farlighedsvurdering af kemikalier der indgår ved rammevask	45
4.4.1 Farlighedsvurdering af trykfarver og formkemikalier	45
4.4.2 Farlighedsvurdering af rammevaskekemikalier	45
5 Karakterisering af hovedprocessen rammevask	51

5.1	Status for rammevask	51
5.1.1	Status for farvefjernelse	51
5.1.2	Status for stencilfjernelse	56
5.1.3	Status for affedtning	58
5.1.4	Status for skyggefjernelse	59
5.1.5	Sammenfatning vedrørende rammevask	61
5.1.6	Status for rammevaskeanlæg	62
5.1.7	Øvrige vaskeanlæg	65
5.2	Eksisterende rammevaskeanlæg	65
5.2.1	Karakterisering af eksisterende rammevaskeanlæg	65
5.2.2	Detaljeret karakterisering af visse anlæg	69
5.3	Eksisterende vandbehandlingsteknikker	70
5.3.1	Karakterisering af spildevand fra rammevask	70
5.3.2	Eksisterende vandbehandlings-teknikker	71
6	Udredningsundersøgelser udført på serigrafiske trykkerier	75
6.1	Nøgletal for farvefjernelse	77
6.1.1	Forbrug af farvefjerner	78
6.1.2	Spild af farvefjerner til vand	79
6.1.3	Spild af farvefjerner til luft	80
6.1.4	Kemikalieaffald ved farvefjernelse	80
6.1.5	Trykfarveindsløb ved farvefjernelse	81
6.1.6	Fillerindsløb ved farvefjernelse	81
6.1.7	Vandforbrug ved farvefjernelse	82
6.1.8	El-forbrug ved farvefjernelse	82
6.2	Karakterisering af farvefjerner-spildevand	83
6.2.1	Fortyndingsfaktor for farvefjerner	84
6.2.2	Farvefjerner-spildevandets pH	84
6.2.3	Tørstof (TS) og glødetab (GT) i farvefjerner-spildevand	84
6.2.4	AOX i farvefjerner-spildevand	84
6.2.5	COD i farvefjerner-spildevand	85
6.2.6	BOD ₅ i farvefjerner-spildevand	85
6.2.7	COD/BOD ₅ -forhold i farvefjerner-spildevand	86
6.2.8	Farvefjerner-spildevands nitrifikationshæmning	86
6.2.9	Trykfarveresternes betydning for analyseresultaterne	87
6.3	Nøgletal for stencilfjernelse	87
6.3.1	Forbrug af stencilfjerner	88
6.3.2	Spild af stencilfjerner til vand	89
6.3.3	Spild af stencilfjerner til luft	89

6.3.4	Kemikalieaffald ved stencilfjernelse	89
6.3.5	Stencilindsløb ved stencilfjernelse	89
6.3.6	Vandforbrug ved stencilfjernelse	90
6.3.7	El-forbrug ved stencilfjernelse	90
6.4	Karakterisering af stencilfjerner-spildevand	91
6.4.1	Fortyndingsfaktor for stencilfjerner	91
6.4.2	Stencilfjerner-spildevands pH	91
6.4.3	Tørstof (TS) og glødetab (GT) i stencilfjerner-spildevand	92
6.4.4	AOX i stencilfjerner-spildevand	92
6.4.5	COD i stencilfjerner-spildevand	93
6.4.6	BOD ₅ i stencilfjerner-spildevand	93
6.4.7	COD/BOD ₅ -forhold i stencilfjerner-spildevand	93
6.4.8	Stencilfjerner-spildevands nitrifikationshæmning	93
6.4.9	Betydning af tilstedeværende oxideret stencil for analyseresultaterne	94
6.5	Nøgletal for skyggeffjernelse	94
6.5.1	Forbrug af skyggeffjerner	95
6.5.2	Spild af skyggeffjerner til vand	95
6.5.3	Spild til luft ved skyggeffjernelse	95
6.5.4	Kemikalieaffald ved skyggeffjernelse	96
6.5.5	Skyggeindsløb ved skyggeffjernelse	96
6.5.6	Vandforbrug ved skyggeffjernelse	96
6.5.7	El-forbrug ved skyggeffjernelse	96
6.6	Karakterisering af skyggeffjerner-spildevand	96
6.6.1	Fortyndingsfaktor for skyggeffjerner	97
6.6.2	Skyggeffjerner-spildevands pH	97
6.6.3	Tørstof (TS) og glødetab (GT) i skyggeffjerner-spildevand	97
6.6.4	AOX i skyggeffjerner-spildevand	98
6.6.5	COD i skyggeffjerner-spildevand	98
6.6.7	COD/BOD ₅ -forhold i skyggeffjerner-spildevand	99
6.6.8	Skyggeffjerner-spildevands nitrifikationshæmning	99
6.6.9	Betydningen af den konkrete anvendelse af skyggeffjerner for analyseresultaterne	99
6.7	Nøgletal for affedtning	99
6.7.1	Forbrug af affedter	100
6.7.2	Spild af affedter til vand	100
6.7.3	Spild til luft ved affedtning	101
6.7.4	Kemikalieaffald ved affedtning	101

	6.7.5	"Fedtindsløb" ved affedtning	101
	6.7.6	Vandforbrug ved affedtning	101
	6.7.7	El-forbrug ved affedtning	101
6.8		Karakterisering af spildevand fra affedtning	101
	6.8.1	Fortyndingsfaktor for affedter	102
	6.8.3	Tørstof (TS) og glødetab (GT) i affedterspildevand	102
	6.8.4	AOX i affedterspildevand	103
	6.8.5	COD i affedterspildevand	103
	6.8.6	BOD ₅ i affedterspildevand	103
	6.8.7	COD/BOD ₅ -forhold i affedterspildevand	103
	6.8.8	Affedterspildevands nitrifikationshæmning	103
	6.8.9	Indflydelse af den konkrete anvendelse af affedteren på analyseresultaterne	103
6.9		Sammenfatning vedr. udredningsundersøgelserne	103
	6.9.1	Generelle procesparametre/forhold	104
	6.9.2	Specielle forhold ved farvefjernelse	104
	6.9.3	Specielle forhold ved stencilfjernelse	105
	6.9.4	Specielle forhold ved skyggefjernelse	105
	6.9.5	Specielle forhold ved affedtning	106
7		Samlet vurdering af status for rammevask	109
	7.1	Samlet vurdering af status for farvefjernelse	109
	7.2	Samlet vurdering af status for stencilfjernelse	112
	7.3	Samlet vurdering af status for skyggefjernelse	114
	7.4	Samlet vurdering af status for affedtning	115
	7.5	Væsentligste miljøbelastninger fra rammevask	117
8		Ideer og anbefalinger vedrørende renere teknologi	119
	8.1	Emner for renere teknologi ved farvefjernelse	120
	8.1.1	Optimering af kemikalieforbrug/spildminimering ved farvefjernelse	120
	8.1.2	Optimering af skyllevandsforbrug/vandbehandling ved farvefjernelse	123

8.2	Emner for renere teknologi ved stencilfjernelse	127
8.2.1	Optimering af kemikalieforbrug/-spildminimering ved stencilfjernelse	127
8.2.2	Optimering af skyllevandsforbrug/vandbehandling ved stencilfjernelse	128
8.3	Emner for renere teknologi ved affedtning	129
8.4	Emner for renere teknologi ved skyggefjernelse	129
9	Prioritering og forsøgsdesign af renere teknologi-ideer samt resultater	131
9.1	Begrænsning af farvefjernerudsløb ved hjælp af afskrabning og "vådstøvsugning"	131
9.2	Gravimetrisk behandling af brugt farvefjerner	133
9.3	Regenerering af diesterbaseret farvefjerner ved destillation	134
9.4	Recirkulering af skyllevand kombineret med opgradering	135
9.4.1	Laboratorieforsøg vedr. opgradering af skyllevand fra farvefjernelse	135
9.4.2	Undersøgelser på "pilot-recirkuleringsanlæg"	136
9.5	Substitution af opløsningsmidler og emulgatorer	142
9.5.1	Substitution af opløsningsmidler	142
9.5.2	Substitution af emulgatorer	143
9.5.3	Udvalgte opløsningsmidlers nitrifikationshæmmende effekt	143
10	Miljøoptimeret rammevask; anbefalinger og udviklingsbehov	147
10.1	Generelle anbefalinger	147
10.2	Anbefalinger vedrørende farvefjernelse	147
10.2.1	Anbefalinger vedrørende manuel farvefjernelse	147
10.2.2	Anbefalinger vedrørende halv-automatisk (automatisk farvefjernelse)	148
10.2.3	Udviklingsbehov	149
10.3	Anbefalinger vedrørende stencilfjernelse	149
10.3.1	Anbefalinger vedrørende manuel stencilfjernelse	149
10.3.2	Anbefalinger vedrørende automatisk stencilfjernelse	150
10.3.3	Udviklingsbehov	150
10.4	Anbefalinger vedrørende skyggefjernelse	150

	10.4.1	Udviklingsbehov	150
10.5		Anbefalinger vedrørende affedtning	151
	10.5.1	Udviklingsbehov	151
10.6		Anbefalinger vedrørende rammevaskeanlæg	151
	10.6.1	Udviklingsbehov	152
11		Referencer	153
Bilag 1		Skematisk fremstilling af rammevasketeknikker	157
Bilag 2		Eksisterende rammevaskeanlæg (leverandørkarakterisering)	165
Bilag 3		Procesdiagrammer (udredningsundersøgelser)	171
Bilag 4		Kemikalieinddeling og farlighedsscorer	221
Bilag 5		Skematisk fremstilling af renere teknologi ideer	257
Bilag 6		Computersimuleringer af rammevask	271
Bilag 7		RT-diagrammer og lab-diagrammer (rt-forsøg)	285
Bilag 8		Substitution af opløsningsmidler og emulgatorer	317
Bilag 9		Leverandøroversigt	337

Forord

Dette projekt er finansieret af "Rådet vedrørende genanvendelse og mindre forurenende teknologi". Det omhandler et af de to hovedindsatsområder for renere teknologi, der er udpeget i Miljøprojekt 284: "Indsatsområder for renere teknologi i den grafiske branche - spildevandsvurdering".

Projektet er udført af cand. scient. Henrik Fred Larsen (projektleder), civ.ing. Ph.D. Anne Rathmann Pedersen, akad.ing. Henrik Birch og civ.ing. Ph.D. Dorte Rasmussen - alle fra VKI samt civ.ing. Lisbeth Engel Hansen, dk-TEKNIK.

Carsten Bøg og Jens Peter Høiseth, begge Grafisk Arbejdsgiverforening (GA), har deltaget aktivt specielt i starten af projektforløbet. Stud. polyt. Jane Nørgaard Jørgensen, DTU, har i forbindelse med sit specialearbejde på VKI bidraget med nitrifikationstest af kemikalier, der indgår i farvefjernere. Disse kemikalier er sammen med trykfarver, farvefjernere, fældningskemikalier m.m. vederlagsfrit stillet til rådighed af bl.a. Esti Chem A/S, BASF, Coates Screen, Udesens Grafiske Fagcenter og A/S Alfred Gad. Endvidere har Bjørnkær A/S udført forsøg med regenerering af farvefjernere.

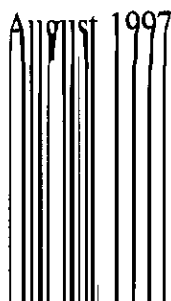
Til projektet har været knyttet en styringsgruppe, der i alt har afholdt 6 møder. Gruppen bestod af:

Rikke Traberg/Susanne Rasmussen	Miljøstyrelsen
Jens Peter Høiseth	Grafisk Arbejdsgiverforening
Sven Rose/Hans Peter Sørensen	Grafisk Forbund
Lisbeth Engel Hansen	dk-TEKNIK
Arne Nicolaisen	Coates Screen (på vegne af De grafiske Fags Lev. Forening)

Der skal her rettes en tak til styringsgruppemedlemmerne for godt samarbejde, kritisk engagement og input.

Tak skal desuden tilstiles de 6 trykkerier, der har indgået i udredningsundersøgelserne/pilotforsøgene og aktivt har bidraget med oplysninger til projektet samt til de mere end 50 danske og udenlandske leverandører/producenter/virksomheder, der har stillet deres viden til rådighed. En særlig tak skal rettes til Egon Lindholdt, Udesens Grafiske Fagcenter, Werner Deck, Remco Chemie, og Niels Juhl, Juhl A/S, for givtige diskussioner.

Til sidst men ikke mindst skal rettes en tak til Tove Krogsbøll Holt for redigering af rapporten.



Resumé

Målet med dette projekt har været at beskrive og anbefale renere teknologier ved rengøring af serigrafirammer kaldet rammevask.

Arbejdet har koncentreret sig om rammevask efter brug af de dominerende farvetyper, det vil sige papir-, plast- og UV-farver, mens vask efter brug af vandfortyndbare farver er inddraget i et vist omfang. Det udførte arbejde vurderes dog at være relevant for hele det serigrafiske område - herunder tekstiltryk.

De redskaber, der har været brugt til beskrivelse af status for rammevask, omfatter: Opstilling af massebalancer for rammevaskeprocesser på fem trykkerier, spildevandskarakterisering samt farlighedsvurdering af relevante kemikalier.

Ved arbejdet med renere teknologi-ideer har der bl.a. været anvendt laboratorieforsøg, computersimuleringer samt pilotanlægsforsøg på ét serigrafisk trykkeri.

Der rammevaskes i størrelsesordenen 1.000.000 m² rammeareal årligt i Danmark, og heraf skønnes at over 75% vaskes ved manuelle teknikker. Til dette anvendes omkring 220 ton kemikalier (aktivt stof). Heraf udgør farvefjernere 90% og skyggefjernere, stencilfjernere og affedtere resten. Til farvefjernelse bruges således ca. 200 ton farvefjernere, hvoraf ca. 100 ton ender i kloak, ca. 20 - 30 ton som luftemission og resten som kemikalieaffald. I den del, der ledes til kloak, indgår anslået 2-3 ton farverester primært bestående af bindemidler. Al brugt stencilfjernere, affedter og næsten al skyggefjernere ender ligeledes i kloakken.

I alt godt 100 enkeltstoffer og stofgrupper, der indgår i rammevaske-kemikalier, er blevet farlighedsvurderet mht. til områderne vandmiljø, luftemission og sundhed. Heraf er omkring halvdelen tildelt den mest belastende farlighedsscore i en eller flere af områderne. Det drejer sig primært om forskellige kulbrinteblandinger samt stofgrupper - f.eks. flere tensidtyper - der udover meget miljøfarlige enkeltstoffer også omfatter uproblematisk enkeltstoffer. Hvad angår enkeltstoffer alene, der er konstateret i rammevaskekemikalier, er 15 ud af 55 tildelt højeste farlighedsscore.

De kemikalieprodukter, der tilbydes i dag, er inddelt i 17 produkttyper, heraf 10 farvefjernertyper, 2 stencilfjernertyper, 3 skyggefjernertyper samt affedtere og skumdæmpere. Disse typer er ligeledes farlighedsvurderet på baggrund af stofindhold i de indgående produkter. Syv ud af de 10 farvefjernertyper samt én af skyggefjernertyperne er alle tildelt mest belastende farlighedsscore for vandmiljø og sundhed.

Den væsentligste miljøbelastning fra rammevask i Danmark i dag hidrører fra spild til kloak af brugt farvefjernere og i mindre omfang

spild af skyggeffjerner. Det vurderes dog muligt at begrænse anvendelsen af skyggeffjerner - og hermed spild til kloak - meget væsentligt ved at udføre farve- og stencilffjernelse optimalt.

Tiltag til ressourcebesparelse og spildminimering - såsom regenerering af farveffjerner og recirkulering af opgraderet skyllevand - er meget lidt udbredt i branchen.

På baggrund af pilotforsøg med vakuum-destillering af en ikke flygtig farveffjerner vurderes det som sandsynligt, at minimum 50 - 75% af den mængde udtjente farveffjerner, der årligt bortskaffes som kemikalieaffald, kan regenereres.

Forsøg udført på trykkerier viser, at simple renere teknologi tiltag, som f.eks. afskrabning og genbrug af overskydende farveffjerner, vil kunne reducere spildet af farveffjerner til kloak med op til over 60%. Hertil kommer et samtidig lavere farveffjernerforbrug pr. kvadratmeter vasket ramme og hermed en økonomisk besparelse. Kombineres afskrabning med recirkulering af skyllevand, der opgraderes ved simple relativt billige teknikker (bundfældning og emulsionsbrydning), kan opnås over 95% reduktion i spild til kloak. Forøgede driftsudgifter i form af udgifter til bortskaffelse af kemikalieaffald udlignes stort set af besparelser på farveffjerner- og vandforbrug.

Det vurderes at være teoretisk muligt at erstatte meget farlige opløsningsmidler og emulgatorer med mindre farlige og samtidig opnå farveffjerner, der har samme opløsningssevne som før substitution. Det vurderes endvidere at være teoretisk muligt i dag at erstatte en vis del af de traditionelle opløsningsmidler i farveffjerner med vegetabilsk baserede opløsningsmidler.

Den diesterbaserede farveffjernerstype har størst udbredelse i Danmark i dag og er tildelt mindst belastende farlighedsscore for vandmiljø, men skyllevand fra rammevask med denne type udviser nitrifikationshæmmende effekt. Dette er sandsynligvis gældende for stort set al skyllevand fra typisk farveffjernelse, med de farveffjernerprodukter der anvendes i dag.

Det vurderes at være muligt at begrænse nitrifikationshæmningen fra farveffjerner skyllevand ved at kombinere emissionsbegrænsning og substitution.

Summary

The objective of this project was to describe and recommend cleaner technologies for the process of cleaning screen printing frames called screen cleaning.

The project has mainly concentrated on screen cleaning after use of the dominating types of inks, i.e. paper, plastic and UV inks while screen cleaning after use of water-based inks has only been included to a certain extent. The results are, however, considered relevant to the entire screen printing industry - including textile printing.

The tools used for describing the state of screen cleaning today include: Preparation of mass balances for screen cleaning processes in five printing plants, characterization of waste water and hazard assessment of relevant chemicals.

During the establishment of cleaner technology ideas, laboratory testings, computer simulations and pilot plant tests at one screen printing plant have been among the tools used.

In Denmark, screen cleaning is made in the range of 1,000,000 m² of frame area per year. More than 75% of these are cleaned by manual techniques. For manual cleaning, approx. 220 tons of chemicals (active substance) are used, of which ink remover accounts for 90% and anti-ghost agents, oxidizing agents and degreaser constitute the rest. For removing the ink from the frames, approx. 200 tons of ink remover are thus used of which approx. 100 tons end up in the sewer systems, approx. 20-30 tons are emitted to the air and the rest ends up as chemical waste. 2-3 tons of ink residues primarily consisting of binders are estimated to form part of the emissions to the sewer systems. All used oxidizing agents, degreasers and almost all anti-ghost agents also end up in the sewer systems.

Hazard assessments with regard to aquatic environments, air emissions and health were made for about 100 substances and groups of substances forming part of screen cleaning chemicals. Of these, about 50% were given the score for most hazardous substances. These are primarily various hydrocarbon mixtures together with groups of substances - e.g. several types of tensides - that apart from very hazardous substances also include not hazardous substances. When regarding only the substances (disregarding groups of substances) that have been demonstrated in screen cleaning agents, 15 out of 55 are given score for most hazardous substances.

The screen cleaning agents offered today may be grouped into 17 types of products distributed on 10 types of ink removers, 2 types of oxidizing agents, 3 types of anti-ghost agents plus degreasers and antifoaming agents. The hazard of these types of products has also been assessed on the basis of the contents of substances in the products included in the various types. Seven of the ten types of ink removers and one type of anti-ghost agent are given the score for

most hazardous substances regarding hazard to aquatic environment and health.

In Denmark, the most critical environmental impact from screen cleaning today originates from waste to sewer of used ink removers (screen washing) and to a lesser extent from waste of anti-ghost agents. It is, however, considered possible to reduce the use of anti-ghost agents - and thus waste to sewer - considerably by optimal implementation of stencil and ink removal.

Initiatives regarding resource saving and minimizing of waste - e.g. recycling of ink removers and recirculation of upgraded rinsing water - are definitely not very widespread within the printing industry.

Based on pilot tests with vacuum distillation of non-volatile ink removers, it is considered probable that a minimum of 50-75% of the amount of worn out ink remover that is removed a year as chemical waste may be recycled.

Experiments carried out at printing plants show that simple cleaner technology initiatives as e.g. scraping off and recycling of surplus ink remover may reduce the waste of ink remover to sewer with up to more than 60%. To this may be added at the same time lower consumption of ink remover per square metre of washed frame and thus cost-saving. If scraping off is combined with recirculation of rinsing water, which is upgraded by simple, relatively inexpensive techniques (settlement and emulsion splitting), a reduction of more than 95% may be achieved with regard to waste to sewer. Increased working expenses in the form of expenditure on removal of chemical waste are by and large counterbalanced by savings on consumption of water and ink removers.

It is considered theoretically possible to replace very hazardous solvents and emulsifiers by less hazardous substances and at the same time obtain ink removers with the same dissolving capabilities as before the substitution. Furthermore, a substitution of a certain part of the traditional solvents in ink removers by solvents based on vegetable substances (renewable resources) is considered theoretically possible today.

The diester-based ink remover is the most widely used type in Denmark today and is given the lowest possible score with regard to hazard to aquatic environment but rinsing water from screen washing with this type of ink remover has shown nitrification inhibitory effects. Most likely, this applies to almost all rinsing water from typical ink removal with the products presently in use.

It is considered possible to limit the nitrification inhibitory effects of the rinsing water from the ink removal process by combining limitation of emissions with substitution.

Konklusion

Formålet med nærværende projektarbejde har været at nå frem til anbefalinger vedrørende miljøoptimering af rammevask ved serigrafi - herunder angivelse af udviklingsbehov. Ved rammevask forstås delprocesserne farvefjernelse, stencilfjernelse, skyggefjernelse og affedting.

Fokus har været på spildevandsproblematikken, mens aspekter omkring arbejdsmiljø/sundhed, energi og luftemission primært er medtaget for at sikre, at de anbefalede renere teknologitiltag ikke medfører forværringer på disse områder.

Der rammevaskes i størrelsesordenen 1.000.000 m² rammeareal årligt i Danmark, og heraf skønnes at over 75% vaskes ved manuelle teknikker. Til dette anvendes omkring 220 ton kemikalier (aktivt stof), hvoraf farvefjernere udgør 90%, mens resten udgøres af skyggefjernere, stencilfjernere og affedtere. Til farvefjernelse bruges således ca. 200 ton farvefjerner, og heraf ender ca. 100 ton i kloak, ca. 20 - 30 ton som luftemission og resten som kemikalieaffald. I den del, der ledes til kloak, er det anslået, at der indgår 2-3 ton farverester primært bestående af bindemidler. Al brugt stencilfjerner, affedter og næsten al skyggefjerner ender ligeledes i kloakken.

Den væsentligste miljøbelastning fra rammevask i Danmark i dag vurderes at komme fra spild til kloak - først og fremmest ved brug af farvefjerner men også fra brug af skyggefjerner. Det vurderes dog, at brugen af skyggefjerner kan begrænses i væsentligt omfang ved optimal farve- og stencilfjernelse.

Tiltag til ressourcebesparelse og spildminimering - såsom regenerering af farvefjerner og recirkulering af opgraderet skyllevand - er meget lidt udbredt i branchen.

Størrelsen af den farverest, der sidder på rammen, når den går til vask, har stor betydning for farvefjernerens levetid og hermed for farvefjernerforbruget. Det er derfor meget vigtigt, at rammen skræbes "ren" for overskydende trykfarve - som genbruges - inden den vaskes.

Det vurderes muligt at regenerere minimum 50 - 75% af den mængde udtjent farvefjerner, der årligt bortskaffes som kemikalieaffald. Detaljeret udredning er dog nødvendig.

Begrænsning af den mængde trykfarverester, der ender i kloak, opnås mest optimalt ved hyppig bundfældning (sedimentation af pigmenter) af farvefjernereren - mens den er i brug - kombineret med tiltag til begrænsning af farvefjernerudsløb (spild) til kloak.

Det vurderes, at anvendelse af simple renere teknologitiltag, som f.eks. afskrabning og genbrug af overskydende farvefjerner, vil kunne

reducere spildet af farvefjerner til kloak med 50 - 95 %. Hertil kommer en samtidig bedre udnyttelse af farvefjernerne.

Af de i alt 17 produkttyper - heraf 10 farvefjerner typer - som er farlighedsvurderet, er 8 tildelt den mest belastende farlighedsscore for vandmiljø og sundhed. Syv af disse er farvefjerner typer, der skønnes tilsammen at dække 30 - 50% af forbruget i Danmark i dag. Det resterende forbrug domineres af den diesterbaserede type, der er tildelt den mindst belastende farlighedsscore for vandmiljø. Spildevand opstået efter brug af denne type udviser dog nitrifikationshæmmende effekt, hvilket sandsynligvis er gældende for i hvert fald hovedparten af de farvefjernerprodukter, der anvendes i dag.

Det vurderes muligt at begrænse nitrifikationshæmningen fra farvefjerner skyllvand ved en kombination af renere teknologitiltag i form af spildminimering og substitution.

Det vurderes endvidere teoretisk muligt at erstatte meget farlige komponenter med mindre farlige og samtidig opnå farvefjerner, der har samme opløsningsevne som før substitution. Teoretisk vurderes det ligeledes muligt at erstatte en vis del af de traditionelle opløsningsmidler i farvefjerner med vegetabilsk baserede opløsningsmidler. Farvefjerner baseret udelukkende på fornyelige ressourcer vil kræve udvikling af nye vegetabilsk baserede opløsningsmidler.

De foreslåede tiltag til miljøoptimering vurderes at have en neutral til gunstig indflydelse på arbejdsmiljøet samt en stort set neutral til begrænsende effekt på energiforbrug og luftemission.

1 Indledning

Rammevask

Nærværende projekt omhandler en undersøgelse af miljø- og sundhedsmæssige aspekter med hovedvægt på spildevandsproblematikker ved processen rammevask inden for serigrafi. Undersøgelsen omfatter desuden generering og afprøvning af renere teknologi-ideer, der fører frem til anbefalinger vedrørende renere teknologitiltag på området, herunder udviklingsbehov.

1.1 Baggrund

Kortlægningsprojekt

Baggrunden for arbejdet fremgår af Miljøprojekt 284: "Indsatsområder for renere teknologi i den grafiske branche - spildevandsvurdering" /1/. I dette kortlægningsprojekt er den grafiske branche i Danmark kortlagt mht. spildevandsemissionskilder og tilhørende potentiel miljøbelastning. Formålet med projektet var, med udgangspunkt i spildevandsproblematikken, at prioritere og udpege indsatsområder for renere teknologi. Processer i hele den grafiske branche blev vurderet mht. størrelse/styrke af spildevandsemission og indgående kemikaliers miljøfarlighed. Hver proces/kemikalietype blev på dette grundlag tildelt en score, således at det var muligt at rangordne og hermed prioritere indsatsområder for renere teknologi. Processen rammevask, blev udpeget som et af de to højest prioriterede indsatsområder. Dette skyldes, at rammevask blev vurderet til at være en meget væsentlig spildevandsgenererende proces, hvor der indgår og emitteres kemikalier med høj miljøfarlighed, og hvor der anvendes store mængder skyllevand. I kortlægningsprojektet /1/ blev det desuden vurderet, at udviklingen inden for området, bl.a. som konsekvens af stigende anvendelse af især vandemulgerbare afvaskningskemikalier (og vandfortyndbare farver på længere sigt), vil kunne skabe potentiale for en stigning i emitterede kemikaliemængder.

1.2 Formål

Miljøoptimering

Det er formålet med projektet at skabe grundlag for en miljøoptimering af rammevask, hvorved forstås en minimering af processens samlede miljøbelastning, herunder spild/emissioner samt ressource-, vand- og energiforbrug. Der fokuseres som udgangspunkt på spildevandsproblematikken, mens vurdering af arbejdsmiljømæssige sider, energi og luftemission medtages, for at sikre at renere teknologitiltag ikke medfører forværringer på disse områder. Formålet er søgt indfriet ved at

- beskrive status for kemikalier, rammevaskeanlæg og teknikker
- beskrive de styrende parametre (f.eks. driftsparametre) for miljøbelastningen
- udvælge og prioritere indsatsområder
- designe tekniske løsninger og angive substitutionsmuligheder

- afprøve løsningsmuligheder i "pilotanlæg" under kontrollerede betingelser
- angive anbefalinger vedrørende miljøoptimeret rammevask

Det er målet, at beskrivelsen af disse tiltag skal kunne anvendes af serigrafiske virksomheder (og andre med lignende vaskeanlæg), producenter/leverandører af anlæg og kemikalier samt tilsynsmyndigheder m.fl. ved arbejde med mindst forurenede teknologier på rammevaskområdet.

1.3 Læsevejledning

I kapitel 2 findes en kort beskrivelse af serigrafiske produktionsenheder og de serigrafiske processer. De i projektet anvendte farligheds-scoringssystemer findes beskrevet i kapitel 3. Resultaterne af farligheds-vurderinger fremgår af kapitel 4 og bilag 4, hvor typisk sammensætning af rammevaskekemikalier desuden er beskrevet. I kapitel 5 er udført en beskrivelse af eksisterende rammevasketeknikker og processer - der ligeledes er beskrevet i bilag 1 og 2 - samt eksisterende vandbehandlingsteknikker. Udredningsundersøgelserne udført på serigrafiske trykkerier med henblik på at opstille nøgletal m.m. er beskrevet i kapitel 6 og bilag 3. I kapitel 7 er resultaterne af farligheds-vurderinger og nøgletallene sammenholdt, og i kapitel 9 er der på denne baggrund udvalgt områder for videre undersøgelser. Umiddelbare anbefalinger vedrørende renere teknologi ideer er ligeledes beskrevet i kapitel 8 samt bilag 5. De udførte "renere teknologiforsøg" samt resultater af substitutionsundersøgelser er beskrevet i kapitel 9 samt bilag 6, 7 og 8. De samlede anbefalinger for miljøoptimeret rammevask fremgår af kapitel 10. I bilag 9 findes en oversigt over producenter/leverandører af anlæg til rammevask, rammevaskekemikalier og vandbehandlingsanlæg. Udover hovedreferencelisten i kapitel 11, skal det bemærkes, at bilag 4 indeholder to referencelister (uden henvisninger), der er anvendt specifikt for de udførte farligheds-vurderinger.

1.4 Anvendelighed

Trykkerier

Producenter af anlæg og kemikalier

Tilsynsmyndigheder

Serigrafiske trykkerier vil især kunne drage nytte af de beskrevne anbefalinger i kap. 10, og hvis de benytter et af de undersøgte rammevaskeanlæg, vil bilag 3 og afsnit 5.2 være relevant. Beskrivelserne af ideer til renere teknologier i kap. 8 og bilag 5 samt forsøgene beskrevet i kap. 9 og bilag 7 vil være relevante for producenter/leverandører af anlæg til rammevask. Producenter/leverandører af rammevaskekemikalier vil især kunne drage nytte af kapitel 4 og 9 samt bilag 4 og 8. Tilsynsmyndigheder, rådgivere m.fl. vil kunne anvende nærværende rapport til at få indsigt i og overblik over, hvilke processer/teknikker/anlæg der anvendes og/eller tilbydes i dag, samt hvilke ressourceforbrug og emissionsforhold de afstedkommer ("state of the art"). Hertil kommer, hvilke kemikalier der anvendes/tilbydes, og

hvilken iboende farlighed de besidder for miljø og sundhed. Endelig vil der kunne opnås indsigt i renere teknologier på området.

Miljøaspekter

Det skal understreges, at hovedvægten i forbindelse med arbejdet har ligget på vurderinger af miljøaspekter, der på den ene eller anden måde knytter sig til anvendelsen af vand. Der er således ikke foretaget detaljerede arbejdsmiljø- og luftemissionsvurderinger, men farlighedsvurderingerne af kemikalier med hensyn til sundhed og luftemission kombineret med de opstillede massebalancer, procesbeskrivelser og eksponeringsvurderinger har stor værdi for disse to områder.

Farlighedsvurderinger Enkeltstoffer

De enkeltstoffer (f.eks. cyclohexanon og citronsyre), der er farlighedsvurderet, er konstateret i et eller flere produkter af rammevaskekemikalierne. Det skal dog bemærkes, at f.eks. mediet, hvori stoffet forekommer, samt anvendelsen kan have stor betydning for f.eks. mulig eksponering i arbejdsmiljøet. Et stof, der f.eks. er uønsket eller problematisk, fordi det er giftigt eller sundhedsskadeligt ved indånding, kan forekomme i vandige fortyndinger, hvorfra det ikke fordamper, og vil derfor umiddelbart ikke kunne medføre eksponering i arbejdsmiljøet. Hvis stoffet derimod indgår i processer, hvor der opstår aerosoldannelse (f.eks. højtryksspuling), er eksponering dog mulig.

Stofgrupper

Farlighedsvurderingen af stofgrupper (f.eks. nonioniske tensider og aromatiske kulbrinter) er foretaget konservativt, hvilket vil sige, at gruppen er tildelt farlighedsscore efter de mest belastende enkeltstoffer, der indgår i gruppen. Dette betyder, at der inden for stofgruppen sagtens kan forekomme enkeltstoffer, der er mindre miljøfarlige end andre stoffer i gruppen.

Produkttyper

De udførte farlighedsvurderinger af produkttyper (f.eks. glycoletherbaserede farvefjernere og hypokloritbaserede skyggefjernere) er udført pga. konstateret indhold af stoffer i produkter, der tilhører typen. Vurderingen er udført konservativt, således at der sagtens kan forekomme produkter inden for typen, der er mindre farlige. Vurderinger kan bruges som rettesnor for hvilke typer produkter, der kan have høj farlighed. Hertil kommer, at de opstillede stoflister for hver type vil kunne bruges til at se hvilke enkeltstoffer/stofgrupper, der bør undgås.

1.5 Afgrænsning

Serigrafisk produktion

Nærværende projektarbejde koncentrerer sig om rammevask efter egentlig serigrafisk produktion - dvs. primært tryk på trykemnerne papir, karton og plast - men da der ved stort set al serigrafisk produktion (herunder f.eks. tekstiltryk) foretages rammevask, vurderes det udførte arbejde i væsentligt omfang at være relevant for øvrig serigrafisk virksomhed (se endvidere kap. 2).

1.6 Metode

<i>Udredningsforsøg</i>	For at kunne beskrive eksisterende rammevaskeprocesser og renere teknologier samt opstille massebalancer og nøgletal er der anvendt en kombination af udredningsforsøg på 5-6 udvalgte "repræsentative" serigrafiske trykkerier samt litteratursøgninger, hvilket er sammenholdt med oplysninger fra mere end 50 leverandører/producenter/-videncentre/branchefolk.
<i>Oplysninger fra branchefolk</i>	
<i>Datablade</i>	Oplysninger om anvendte stoffer i rammevaskekemikalier stammer primært fra ca. 125 indsamlede datablade samt oplysninger (herunder fortrolige) fra branchefolk og producenter af råvarer, der indgår i de enkelte produkter.
<i>Produkttyper</i>	Rammevaskekemikalier er grupperet i 17 produkttyper, der er farlighedsvurderet og beskrevet i form af stoffister.
<i>Farlighedsvurdering</i>	Enkeltstoffer, stofgrupper og produkttyper er farlighedsvurderet med hensyn til afledning med spildevand (ABC-systemet iht. Spildevandsvejledningen /25,35/), sundhed (UPH-systemet iht. /29/) og luftemission (scoresystem baseret på B-værdier). Ved vurderingen af produkttyperne er anvendt modellen fra Miljøprojekt 284 /1/. Alle scoringsmodellerne er beskrevet i kapitel 3.
<i>Forbrugs- og emissionsnøgletal</i>	Ved målinger og registreringer af ressourceforbrug (kemikalier, el, vand) og spild/emissioner ved forskellige rammevaskeanlæg på serigrafiske trykkerier er der opstillet forbrugs- og emissionsnøgletal. Ved kemiske, fysiske og biologiske analyser er spildevand fra processerne karakteriseret.
<i>Størst miljøbelastning</i>	Farlighedsvurderingerne af de anvendte kemikalier er sammenholdt med de opstillede nøgletal samt spildevandskarakteriseringerne, og samlet status for rammevask er vurderet. Områder med størst miljøbelastning er på denne baggrund udvalgt til nærmere undersøgelser af muligheder for renere teknologier.
<i>Renere teknologier</i>	Ved arbejde med renere teknologier er der bl.a. anvendt substitutionsværktøj (SUBTEC /39/), laboratorieforsøg, forsøg på pilotanlæg og computersimuleringer (VisSim).

2 Det serigrafiske område

Små oplag
Store formater

Det serigrafiske område udgør en delbranche under den grafiske branche. Der trykkes primært små oplag af store formater - såsom plakater, streamers og skilte - på flere forskellige trykemner, hvor papir, karton og plast er dominerende. Der anvendes primært papir-, plast-, og UV-farver samt vandfortyndbare farver. Heraf er brug af de to førstnævnte klart dominerende, mens udbredelsen af vandfortyndbare trykfarver (endnu) er meget lille ($< 5\%$) /1/. Nedenstående er produktionsenheder og processer kort behandlet.

2.1 Produktionsenheder

Serigrafiske virksomheder

Små trykkerier

Det skønnes, at der eksisterer knap 200 egentlige serigrafiske virksomheder, og hvis alle virksomheder, hvor der foregår serigrafisk trykning, medtages - herunder textiltryk, elektronikbranchen og jern- og metalindustrien - er dette antal 2 til 3 gange større /53,1/. De serigrafiske virksomheder er domineret af små trykkerier med under 10 ansatte (udgjorde 80% i 1990 /53/). For yderligere detaljer henvises til Miljøprojekt 176 /35/ og Miljøprojekt 284 /1/.

Det skal bemærkes, at der ved stort set al serigrafisk trykning foretages rammevask, så selvom nærværende projekt har koncentreret sig om rammevask ved serigrafisk produktion, vurderes det udførte arbejde i væsentligt omfang at være relevant for øvrig serigrafisk virksomhed.

2.2 Fra prepress til trykning

Skabelontrykteknik

Stencil
Formfremstilling

Fremstilling af serigrafiske tryksager foregår ved skabelontrykteknik, hvilket vil sige, at der som trykform anvendes en ramme, hvorpå der er opspændt et væv. Vævet er på de ikke trykbærende partier belagt/-lukket med hærdet fotoemulsion og/eller filler, mens de trykbærende partier (motivet) består af åbent væv. Denne struktur kaldes for en stencil. Stencilen fremkommer under formfremstillingen. Før formfremstillingen er der ved reproarbejde fremstillet film med motivet, der ønskes på den endelige tryksag. Reproarbejdet og trin før dette samt formfremstillingen kaldes tilsammen for prepress. Ved formfremstillingen påføres vævet på den genbrugte eller nye ramme våd fotoemulsion ved oprakling på en side (1+0), begge sider (1+1) eller flere gange på hver side (f.eks. 2+2). Efter tørring lægges den positive film oven på vævet, der belyses og motivet overføres hermed til vævet. Til sidst fremkaldes ved at skylle ikke-hærdet fotoemulsion af vævet med vand, og slutteligt lukkes ikke tilsigtede åbne vævspartier med filler. Efter tørring er rammen klar til trykning.

Trykproces

Før trykning spændes rammen fast (f.eks. i profilhjørnerne) til trykmaskinen. Under selve trykprocessen presses trykfarve vha. en rakel

ned gennem de åbne partier i vævet, hvorved trykfarven (dvs. motivet) overføres til det underliggende trykemne - f.eks. papir. For yderligere beskrivelser af den serigrafiske trykteknik - fra prepress til færdiggørelse - henvises til Miljøprojekt 284 /1/.

2.3 Rammevask

Afvaske af farverest og stencil

Når der ikke længere skal trykkes med den anvendte ramme, går denne til rammevask for at kunne genbruges. Den farverest og hærde emulsion inklusiv filler (stencil), der sidder i/på vævet, skal vaskes af. Dette foregår i 2-4 delprocesser:

1. Afvaskning af farve
2. Afvaskning af stencil
3. Skyggeffjernelse
4. Affedtning

Farveffjernelse

Stencilffjernelse

Skyggeffjernelse

Affedtning

Afvaskningen af farve kaldes også farveffjernelse og foregår typisk ved, at rammen først vaskes med en opløsningsmiddelbaseret farveffjerner, der recirkuleres, hvor efter der spules med vand. Trin 2 benævnes stencilffjernelse og foregår typisk ved, at rammen påføres en perjodat/perjodsyre-baseret stencilffjerner, der ligeledes spules af med vand. Hvis rammen ikke er helt ren efter stencilffjernelsen, anvendes i visse tilfælde skyggeffjernelse med en alkalisk eller opløsningsmiddelbaseret skyggeffjerner. Endelig påføres vævet typisk en tensidbaseret affedter, der spules af med vand (affedtning), for at gøre den helt klar til en ny formfremstilling. De nævnte fire delprocesser udgør tilsammen processen rammevask, der er detaljeret beskrevet i kap. 5.

3 Farlighedsvurderingsstrategi

Vandmiljø, sundhed
og luft

Screeningsværktøj

De aktuelle enkeltstoffer/stofgrupper, der indgår i rammevaskekemikalier, er vurderet på basis af en farlighedsvurderingsstrategi, der omfatter vandmiljø, sundhed og luft. Stofferne farlighedsscores i tre kategorier på baggrund af deres iboende egenskaber. Der er her tale om et screeningsværktøj og ikke en risikovurdering, som bl.a. ville omfatte en eksponeringsvurdering. Det er således stoffernes potentielle skæbne og effekter, der er basis for farlighedsvurderingen.

De følgende afsnit beskriver kort principperne, der er anvendt ved scoring af enkeltstoffer og stofgrupper indenfor henholdsvis vandmiljø, sundhed/arbejdsmiljø og luftemission. Efterfølgende beskrives princippet, der er anvendt ved vurdering af produkttyper. De konkrete vurderinger fremgår af kap. 4.4 og bilag 4.

3.1 Vurdering af enkeltstoffers/stofgruppers farlighed i vandmiljø

Spildevandsvejledningen

Farlighedskategorier -
vandmiljø (A, B og C)

Ved vurderingen af kemikaliers miljøfarlighed er det antaget, at spildevandet fra de serigrafiske trykkerier tilledes et offentligt renseanlæg med biologisk behandling. Strategien, der er anvendt, bygger på udkastet til den nye reviderede spildevandsvejledning "Tilslutning af industrispildevand til offentlige renseanlæg - Udkast til vejledning, Marts 1997" /25/, hvor primært organiske stoffer inddeles i 3 farlighedskategorier (A, B og C) baseret på deres uhelbredelige skadevirkning på mennesker, bionedbrydelighed samt kroniske og akutte effekter i vandige miljøer. Idet der ikke kan tales om bionedbrydelighed af uorganiske stoffer, vurderes disse udelukkende ud fra deres øvrige iboende egenskaber samt i visse tilfælde kendte reaktionsprodukter. Inddelingen sker efter følgende kriterier:

A: *Stoffer, hvis egenskaber bevirker, at de er uønskede i afløbssystemet. Stofferne bør erstattes eller reduceres til et minimum.*

Gruppen omfatter stoffer med følgende egenskaber:

Stoffer, der er vurderet at kunne medføre uhelbredelig skadevirkning over for mennesker, og som typisk skal mærkes med en eller flere af risiko-sætningerne: R39, R40, R45, R46, R48, R60, R61, R62, R63 og R64

samt

Stoffer, der ikke er let nedbrydelige i OECDs screeningstest /26/ og desuden er karakteriseret ved følgende egenskaber:

Høj akut toksicitet over for vandlevende organismer (fisk, krebsdyr, alger), som angivet ved $EC_{50} \leq 1 \text{ mg/l}$

eller

Potentielt bioakkumulerbare i vandlevende organismer

Let nedbrydelighed

For stoffer, der betegnes som let nedbrydelige, kræves det, at OECDs kriterier for "let nedbrydelighed" i aerobe nedbrydelighedstest er opfyldt (OECD 301A-F) /26/.

EC₅₀

EC₅₀ beskriver et stofs toksicitet over for vandlevende organismer og angiver den koncentration af stoffet, der medfører en nærmere defineret effekt på 50% af en gruppe testorganismer. I følge miljøfareklassifikationen /27/ betegnes stoffer med $EC_{50} \leq 1$ mg/l som meget giftige over for vandlevende dyr og planter.

Bioakkumulerbarhed

Ved et stofs bioakkumulerbarhed forstås stoffets evne til at ophobes i en organisme i forhold til det omgivende miljø. Et stof anses som potentielt bioakkumulerbart, når $\log P_{ow} \geq 3$, med mindre der foreligger en forsøgsmæssigt bestemt biokoncentrationsfaktor, $BCF \leq 100$.

B: *Stoffer, der ikke bør forekomme i så store mængder i spildevandet, at miljøkvalitetskriterier overskrides i vand- og jordmiljøet. For disse stoffer fastsættes vejledende grænseværdier. Tillige bør stofferne reguleres efter princippet om anvendelse af bedste tilgængelige teknologi.*

Gruppen omfatter stoffer med følgende egenskaber:

Stoffer, der ikke er let nedbrydelige i OECDs screeningstest og desuden er karakteriseret ved en middel akut toksicitet over for vandlevende organismer (fisk, krebsdyr, alger), som angivet ved $1 \text{ mg/l} < EC_{50} \leq 100 \text{ mg/l}$

samt

Stoffer, der er kendt for at ophobes i slam eller i akvatiske sedimentter til betænkelige niveauer, eksempelvis fordi de ikke nedbrydes under anaerobe forhold.

Anaerob nedbrydelighed

Der er endnu ikke standardiserede kriterier for let nedbrydelighed under anaerobe betingelser, det vil sige forhold, hvor molekylært ilt ikke er tilstede.

Vejledende grænseværdier

Fastsættelse af vejledende grænseværdier for tilladning til kommunale renselanlæg sker ud fra stoffernes miljøkvalitetskriterier (nul-effekt koncentrationer), deres fjernelse i renselanlæg, fortynding ved udledning til vandområder samt jordkvalitetskriterier m.h.t. udbringning af slam på jord. Det er dog ikke formålet at fastsætte grænseværdier i nærværende projekt, men alene at anvende kategoriseringen for at kunne sammenligne potentiel miljøbelastning fra forskellige kemikalier og grupper af kemikalier.

- C: *Stoffer, der i kraft af deres egenskaber ikke giver anledning til fastsættelse af vejledende grænseværdier for tilledt spildevand. Disse stoffer reguleres efter princippet om anvendelse af bedste tilgængelige teknologi med lokalt fastsatte grænseværdier svarende hertil.*

Gruppen omfatter stoffer med følgende egenskaber:

Stoffer, der er let nedbrydelige i OECDs screeningstest

samt

Stoffer, der ikke er let nedbrydelige, under forudsætning af at stofferne har en toksicitet over for vandlevende organismer svarende til $EC_{50} > 100 \text{ mg/l}$, og at stofferne ikke er potentielt bioakkumulerbare ($\log P_{ow} < 3$)

Gruppe C kan således indeholde stoffer, der kan være meget toksiske over for akvatiske organismer. Ved vurdering af disse stoffer bør det undersøges, hvorvidt de nedbrydes 100% i renseanlæg, og om der er risiko for at stofferne udledes til vandige recipienter på trods af en let bionedbrydelighed. Sådanne undersøgelser ligger dog ikke inden for rammerne af nærværende projekt. Det skal desuden bemærkes, at afledning af gruppe C stoffer til renseanlæg kan være problematisk af andre årsager - f.eks. hvis stofferne udviser nitrifikationshæmmende effekt. Dette skyldes, at denitrifikationstrinnet på typiske danske kommunale renseanlæg ligger sammen med nedbrydningstrinnet i starten (opstrøms) af renseanlægget og ikke efter, som på visse udenlandske anlæg, hvor let nedbrydelige stoffer - i hvert fald delvist - bliver nedbrudt, inden de kan nå at hæmme nitrifikationen.

Nitrifikationshæmning

Dokumentationsgrundlag

I nærværende projekt er stoffer, hvis dokumentationsgrundlag er tilstrækkeligt til en entydig scoring, tildelt score A, B eller C. Øvrige stoffer, hvor dokumentationsgrundlaget er utilstrækkeligt, er tildelt scoren a (lille a), b (lille b) eller c (lille c) ud fra bedste skøn på det foreliggende grundlag eller ?, hvis et sådan ikke har været muligt.

Stofgrupper

Ved vurdering af stofgrupper tages der udgangspunkt i de stoffer, der repræsenterer stofgruppen. Hvis det entydigt gælder, at gruppen består af stoffer vurderet som liste A stoffer (f.eks. gruppen af alkylphenol-ethoxylater) får gruppen tildelt scoren A. Hvis det derimod drejer sig om en gruppe, der f.eks. består af nonioniske tensider uden nærmere specifikation, vil gruppen tildeles scoren a dels på baggrund af muligt indhold af alkylphenol-ethoxylater (scoret som A), og dels fordi der i gruppen af nonioniske tensider forekommer bionedbrydelige tensider f.eks. fedtalkohol-ethoxylater (scoret som C). Vurderingerne er således konservative, hvilket betyder, at scoringerne af stofgrupperne er foretaget ud fra mulig forekomst af det mest miljø- og sundhedsfarlige stof tilhørende gruppen. Stofgruppernes betegnelser er primært udvalgt på baggrund af angivelser i de i alt 125 indsamlede sikkerhedsdatablade på rammevaskekemikalier.

Konservativ vurdering

Tidligere ABC-scoringer

De stoffer, der er "ABC-scoret" i det tidligere kortlægningsprojekt /1/ er scoret på baggrund af kriterierne anført i den gældende spildevandsvejledning /35/. Da disse kriterier har en anderledes vægtning af sundhed end de her anvendte, der er baseret på udkastet til en ny vejledning /25/, samt ikke inddrager aspekter omkring anaerob nedbrydelighed, vil der forekomme uoverensstemmelser mellem miljøfarlighedsscoren for nogle stoffer/stofgrupper. Hertil kommer, at dokumentationsgrundlaget for nærværende vurdering er betydelig mere omfattende end i Miljøprojekt 284 /1/.

Resultatet af scoringen af enkeltstoffer og stofgrupper er beskrevet i afsnit 4.4 samt i bilag 4.

3.2 Vurdering af enkeltstoffers/stofgruppers sundhedsfarlighed

UPH-scoring

Det scoringssystem, der er anvendt til vurdering af mulige sundhedsmæssige effekter er udviklet i et samarbejdsprojekt mellem DTC, dk-TEKNIK, VKI og DTI/Miljøteknik /29/. Scoringssystemet kaldes UPH efter inddelingen af stoffer i grupperne Uønsket, Problematisk, Håndterbart. Udviklingen af principperne for UPH-systemet er en del af det etablerede Institutsamarbejde mellem de 4 institutter inden for områderne miljøstyring og livscyklusvurderinger. Institutsamarbejdet er finansieret af Erhvervsfremme Styrelsen som en øremærket del af de 4 institutters basisbevillinger.

UPH-systemet har taget udgangspunkt i det scoringssystem for sundhed, der er udviklet under det materialeteknologiske udviklingsprogram (MUP) /30/. Da herværende projekt startede var det hensigten at anvende principperne fra MUP. På det tidspunkt, hvor stofferne skulle scores m.h.t. deres sundhedsmæssige egenskaber var principperne for UPH netop færdiggjort, og det blev derfor besluttet i stedet at anvende denne videre udviklede metodik.

Farlighedsscoren - sundhed

Inddelingen af kemiske stoffer i de tre grupper Uønskede, Problematisk, Håndterbare tager udgangspunkt i, at enhver anvendelse af kemikalier kan udgøre en risiko, men at nogle kemikalier er så relativt ufarlige, at de under normale produktionsforhold vil kunne håndteres uden risiko for sundhed. Andre kemikalier er mere farlige, og vil kræve specielle forholdsregler ved anvendelse. Disse grupperes derfor som problematiske. Endelig er der en mindre gruppe af meget farlige kemikalier, som på grund af deres farlighed er besluttet uønskede i arbejdsmiljøet.

Effekttyper

Kriterierne for inddeling af stofferne tager udgangspunkt i de 8 forskellige effekttyper, som man normalt opererer med indenfor i human toksikologien, nemlig:

- Akut toksicitet
- Ætsende/irriterende virkning

- Allergi/sensibilisering
- Organtoksicitet
- Genotoksicitet
- Kræftfremkaldende effekt
- Reproduktionstoksisk effekt
- Nerveskadende effekt

Kategorisering af sundhedseffekter

IARC

Inden for hver af disse effekttyper er foretaget en inddeling i 4 kategorier. Herudover er der for hver effekttype en kategori 0, som er beskrevet samlet for alle effekttyper nedenfor. Kriterierne for inddeling i kategorierne fremgår af tabel 3.1, og som det ses, er der tale om en graduering med hensyn til såvel styrken af som evidensen for den pågældende effekt. Til at supplere og uddybe selve kriterierne er der tillige oversigter over, hvilke sundhedseffekter der kendetegner de enkelte grupper, samt hvilken klassificering (efter Miljøministeriets regler /27/), der karakteriserer den enkelte kategori. Udviklingen af disse kriterier er som nævnt ovenfor inspireret af den kategorisering, der er foreslået i MUP. Det er dog fundet mere hensigtsmæssigt at operere med 4 kategorier inden for hver sundhedseffekt i stedet for 3, idet systemet så mere naturligt kan spille sammen med Miljøstyrelsens klassificeringsregler /27/ og andre klassificeringssystemer (f.eks. IARCs klassificering af kræftfremkaldende stoffer).

4 kategorier

Inden for hver effekttype er kategori 1 udtryk for den alvorligste situation inden for den pågældende effekt. Med denne opdeling er der imidlertid ikke taget stilling til den indbyrdes relation mellem de forskellige effekttyper. Inddelingen i de 4 kategorier betyder derfor ikke, at alvorligheden af effekter inden for de enkelte kategorier entydigt kan sidestilles.

Langtidseffekter

KRAN-stoffer

I den samlede vurdering af et stofs sundhedseffekt er der taget det udgangspunkt, at de stoffer, der har alvorlige langtidseffekter (kræftfremkaldende, reproduktionsskadende og nervebeskadigende), er særligt problematiske. Herved følges Arbejdstilsynets indsats over for de såkaldte KRAN-stoffer (Kræft, Reproduktionsskader, Allergi, Nerveskader), idet det dog er valgt ikke at betragte de allergifremkaldende stoffer som hørende til i samme klasse som de tre øvrige. Konsekvensen af at udpege disse 3 effektområder som særligt alvorlige er, at *kategori 1 og kategori 2 betragtes som lige alvorlige. Tilsvarende betragtes ætsende/irriterende virkning som et effektområde, der generelt er muligt at beskytte sig mod, hvorfor effekterne betragtes som mindre alvorlige.* Herudfra fås følgende kriterier for inddeling i de tre overordnede grupper (uønsket, problematisk, håndterbar):

Uønsket: Én effekt i kategori 1 eller 2 for KRN effekter eller
Én effekt i kategori 1 for øvrige effekter med undtagelse af ætsende/irriterende effekt

Problematiske: Én effekt i kategori 3 for KRN effekter,
Kategori 1 eller 2 for ætsende/irriterende effekt, eller
Én effekt i kategori 2 for øvrige effekter

Håndterbart: Alle KRN effekter i kategori 4, og
Alle øvrige effekter i kategori 3 eller 4.

I nedenstående tabel 3.1 er der givet en oversigt over denne kategorisering.

Kategori 0

Som nævnt ovenfor opererer UPH-systemet også med en kategori 0. Denne anvendes i de tilfælde, hvor der ikke er tilgængelige data om det pågældende effektområde, eller hvor de tilgængelige data ikke er anvendelige i forhold til de opstillede kriterier. Dette kan f.eks. være tilfældet, hvis et stof har østrogenlignende effekt - en effekttype, der ikke er dækket af de opstillede kriterier. I tilfælde af manglende data kan det være relevant at forsøge at indplacere stoffet i en af de øvrige 4 kategorier på baggrund af analogislutninger ud fra stoffets kemiske struktur.

Østrogenlignende effekt

I herværende projekt har vi dog anvendt en anden tilgang til at håndtere stoffer, om hvilke der ikke er tilstrækkelige data. Alle stoffer bliver tildelt et af bogstaverne U, P eller H; men i de tilfælde, hvor der ikke er tilstrækkelige data, er der anvendt et lille bogstav (u, p eller h) for at indicere, at dokumentationsgrundlaget er utilstrækkeligt til en egentlig scoring. I disse tilfælde er scoringen "med små bogstaver" udført på baggrund af det foreliggende datagrundlag. I de tilfælde, hvor der ikke er tilstrækkelige data om KRN-effekter, er der dog af forsigtighedsgrunde tildelt et "p" (hvis ikke andet taler meget kraftigt imod, f.eks. anvendelse i levnedsmidler eller hyppigt forekommende i kosmetikprodukter), selv om de tilgængelige data ville føre til vurderingen "h".

Utilstrækkelige data

Tabel 3.1
Effektkategorier for human toksicitet

Effekttype	Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3	Kategori 4
Akut toksicitet <i>LD₅₀ oral, rotte, mg/kg</i> <i>LD₅₀ hud, rotte/-kanin mg/kg</i> <i>LC₅₀ indånding, rotte mg/l/4h</i>	Tx "Meget giftig", R28: Meget giftig ved indtagelse. LD ₅₀ ≤ 25 Tx "Meget giftig", R27: Meget giftig ved hudkontakt. LD ₅₀ ≤ 50 Tx "Meget giftig", R26: Meget giftig ved indånding. LC ₅₀ ≤ 0,5	T, "Giftig", R25: Giftig ved indtagelse. 25 < LD ₅₀ ≤ 200 T, "Giftig", R24: Giftig ved hudkontakt. 50 < LD ₅₀ ≤ 400 T, "Giftig", R23: Giftig ved indånding. 0,5 < LC ₅₀ ≤ 2	Xn, "Sundhedsskadelig", R22 Farlig ved indtagelse. 200 < LD ₅₀ ≤ 2000 Xn, "Sundhedsskadelig", R21 Farlig ved hudkontakt. 400 < LD ₅₀ ≤ 2000 Xn, "Sundhedsskadelig", R20 Farlig ved indånding. 2 < LC ₅₀ ≤ 20	LD ₅₀ > 2000 LD ₅₀ > 2000 LC ₅₀ > 20
Ætsende/ Irriterende virkning	C "Ætsende", R35: Alvorlig ætsningsfare. Akut virkning. Xi "Lokalirriterende", R41: Risiko for alvorlig øjenskade.	C "Ætsende", R34: Ætsningsfare. Efter længere tids virkning. Xi "Lokalirriterende", R37: Irriterer åndedrætsorganer.	Xi "Lokalirriterende", R38: Irriterer huden. Xi "Lokalirriterende", R36: Irriterer øjnene.	Ingen ætsende eller irriterende virkning.
Allergi/ Sensibilisering	Xn, "Sundhedsskadelig", R42: Kan give overfølsomhed ved indånding. Human evidens. Xi, "Lokalirriterende", R43: Kan give overfølsomhed ved kontakt med huden. Human evidens.	Xn, "Sundhedsskadelig", R42: Kan give overfølsomhed ved indånding. Evidens fra eksperimentelle test. Xi, "Lokalirriterende", R43: Kan give overfølsomhed ved kontakt med huden. Evidens: Eksperimentelle test.	Enkelte isolerede tilfælde eller svage testresultater	Ingen sensibiliserende virkning.
Organtoksicitet <i>Oral: mg/kg</i> <i>Dermal: mg/kg</i> <i>Indånding: mg/l/4h</i>	Tx "Meget giftig", R39: Fare for varig alvorlig skade på helbred. oral ≤ 25 dermal ≤ 50 indånding ≤ 0,5	T "Giftig", R39: Fare for varig alvorlig skade på helbred. 25 < oral ≤ 200 50 < dermal ≤ 400 0,5 < indånding ≤ 2	Xn "Sundhedsskadelig", R40: Mulighed for varig skade på helbred. 200 < oral ≤ 2000, 400 < dermal ≤ 2000 2 < inhalation ≤ 20	Ingen irreversibel skadevirkning.
Genotoksicitet	T, "Giftig", R46: Kan forårsage arvelige genetiske skader. EU: Mut1.	T, "Giftig", R46: Kan forårsage arvelige genetiske skader. EU: Mut2.	Xn, "Sundhedsskadelig", R40: Mulighed for varig skade på helbred. EU: Mut3.	Ingen mutagen effekt.
Kræftfremkaldende effekt	T, "Giftig", R45: Kan fremkalde kræft. R49: Kan fremkalde kræft ved indånding. IARC:1 eller EU:Carc1.	T, "Giftig", R45: Kan fremkalde kræft. R49: Kan fremkalde kræft ved indånding. IARC:2A/2B eller EU:Carc2.	Xn, "Sundhedsskadelig", R40: Mulighed for varig skade på helbred. IARC:3 eller EU: Carc3.	IARC gruppe 4. Ingen kræftfremkaldende effekt.
Reproduktions-toksisk effekt	T, "Giftig", R60: Kan skade forplantningsevnen. EU: Rep1 T, "Giftig", R61: Kan skade barnet under graviditeten. EU: Rep1.	T, "Giftig", R60: Kan skade forplantningsevnen. EU: Rep2 T, "Giftig", R61: Kan skade barnet under graviditeten. EU: Rep2.	Xn, "Sundhedsskadelig", R62: Mulighed for skade på forplantningsevnen. EU: Rep3. Xn, "Sundhedsskadelig", R63: Mulighed for skade på barnet under graviditeten. EU: Rep3.	Ingen reproduktionstoksisk effekt
Nerveskadende effekt	T, "Giftig", R48: Alvorlig sundhedsfare ved længere tids påvirkning.	Xn, "Sundhedsskadelig", R48: Alvorlig sundhedsfare ved længere tids påvirkning.	R33: Kan ophobes i kroppen efter gentagen brug.	Ingen nerveskadende virkning.



U: uønsket



P: problematisk



H: håndterbart

3.3 Vurdering af enkeltstoffers/stofgruppers farlighed ved luftemission

Luftvejledningen
Hovedgruppe 1

Hovedgruppe 2

Ved vurdering af stoffernes farlighed ved udledning til luften er der valgt at tage udgangspunkt i de principper, som Miljøstyrelsen anvender i forbindelse med fastsættelse af krav til udledninger til luft, som beskrevet i "Luftvejledningen" /31,50/. Heri inddeles de stoffer, som det er relevant at opstille krav for, i 2 hovedgrupper, hvor hovedgruppe 1 indeholder stoffer, der er særligt farlige for sundheden eller særligt skadelige for miljøet, mens hovedgruppe 2 udgøres af sundheds- eller miljøskadelige stoffer. Hovedgruppe 2 er inddelt i 6 stofgrupper (efter kemisk identitet, f.eks. uorganisk støv) og visse af disse er igen opdelt i klasser efter stoffernes farlighed. En opdeling i 3 grupper på basis af klasseinddelingen er derfor umiddelbart ikke særlig let gennemskuelig, hvorfor det i stedet er valgt at foretage grupperingen på basis af *B-værdien*.

B-værdi

B-værdien for et stof er den enkelte virksomheds maksimalt tilladelige bidrag til tilstedeværelsen af forurenende stoffer i luften som immission. Ved immission forstås forekomst af forurenende stoffer ved jordoverfladen (1,5 m højde). Fastsættelse af B-værdier bygger på sundheds- og miljømæssige principper, der er beskrevet i vejledningen /31/, og disse skal ikke nærmere omtales her.

Luftscore

Der anvendes en inddeling (scoring) i tre grupper (1, 2 eller 3 med 1 som de farligste) efter følgende kriterier:

Luftscore 1: $B\text{-værdi} \leq 0,01 \text{ mg/m}^3$ eller hovedgruppe 1
Luftscore 2: $0,01 \text{ mg/m}^3 < B\text{-værdi} \leq 0,2 \text{ mg/m}^3$
Luftscore 3: $B\text{-værdi} > 0,2 \text{ mg/m}^3$

Som det fremgår, er inddelingen baseret på B-værdier suppleret med det kriterium, at alle stoffer, der tilhører hovedgruppe 1 tildeles scoren 1, også selv om de skulle have en B-værdi, der er større end $0,01 \text{ mg/m}^3$.

Da der kun er fastsat officielle B-værdier for et endeligt antal stoffer, har den anvendte inddelingsmetode den konsekvens, at en række stoffer ikke kan indplaceres. Disse får i stedet notationen "-".

3.4 Vurdering af produkttypers farlighed

Sammensatte produkter

Kriterierne, der er beskrevet for vurdering af miljø, sundhed og emission til luft, er anvendelige for enkeltstoffer. I langt de fleste tilfælde optræder enkeltstofferne i produkter, og det er derfor relevant med en strategi, der kan anvendes til vurdering af sammensatte produkter. Ved en sådan vurdering tages der udgangspunkt i vurderingen af enkeltstofferne samt deres andel af produktet. Vurderingen kræver kendskab til den præcise sammensætning af et produkt. Oplysninger om et produkts sammensætning er i mange tilfælde beskyttet af kom-

Vurdering af produkttyper

Screeningsvurdering

Screeningsmodel for produkttype

mercielle årsager, og det er derfor vanskeligt at få adgang til sådanne oplysninger. Samtidigt eksisterer der ikke oplysninger om præcise sammensætninger af en del produkter inden for den serigrafiske branche, fordi de indeholder komponenter, der endog af producenten ikke er fuldstændig kendt (f.eks. kulbrinteblandinger). Der er bl.a. derfor i dette projekt foretaget en vurdering af produkttypen på screeningsniveau, idet der er indhentet oplysninger fra leverandører og producenter på de enkelte produkter samt mere generelt på typer (grupper) af produkter. Grupperingen af produkter i typer fremgår af kap. 4, mens lister over de kemikalier, der kan forekomme i de i alt 17 produkttyper findes i bilag 4. Denne form for screeningsvurdering er behæftet med en vis usikkerhed for de enkelte produkter, idet der er taget hensyn til alle kemikalier, der forekommer inden for produkttypen. Det er derfor vigtigt at bemærke, at der inden for hver produkttype sagtens kan forekomme produkter, der ville få tildelt en anden score, hvis de enkeltvis blev vurderet efter samme kriterier som produkttypen eller efter de produktvurderingskriterier, der er beskrevet i udkast til den kommende nye spildevandsvejledning /25/.

Kategoriseringen af produkttyperne sker efter samme principper for miljø, sundhed og emission til luft og er baseret på modellen anvendt i Miljøprojekt 284 /1/. Følgende scoringsmodel er anvendt for produkttyperne:

- | | |
|------------------------------|--|
| A_p (1_p eller U_p): | Den samlede mængde af enkeltstoffer tilhørende farlighedskategori A (1 eller U) er potentielt $\geq 10\%$ |
| B_p (2_p eller P_p): | Den samlede mængde af enkeltstoffer tilhørende farlighedskategori A (1 eller U) er $< 10\%$, men potentielt $\geq 1\%$, og/eller den samlede mængde af enkeltstoffer tilhørende farlighedskategori B (2 eller P) er potentielt $\geq 25\%$. |
| C_p (3_p eller H_p): | Den samlede mængde af enkeltstoffer tilhørende farlighedskategori A (1 eller U) er $< 1\%$, og den samlede mængde af enkeltstoffer tilhørende farlighedskategori B (2 eller P) er $< 25\%$. |

"Cut-off-værdier"

Scoringsmodellen her anvender højere "cut off" værdier (25%, 10%, 1%) end modellen for miljøfarlighedskategorisering af produkter beskrevet i udkast til spildevandsvejledning ("cut off" værdier: 2,5% og 0,25%) /25/. Sidstnævnte klassificering er ikke anvendt i nærværende projekt, fordi der her ikke er foretaget vurdering af produkter men af grupper af produkter (dvs. produkttyper), og at brug af de lave "cut off" værdier derfor vurderes at ville medføre for lille spredning på farlighedskategoriene.

4 Karakterisering af kemikalier der indgår ved rammevask

Fokus i dette kapitel

Ved vask og klargøring af serigrafirammer anvendes en del kemikalier - farvefjernere, stencilfjernere, skyggefjernere og vævsaffedtere. Under rammevasken vil disse kemikalier sammen med de kemikalier, der sidder tilbage på vævet efter trykningen - trykfarve og formkemikalier - spildes/emitteres i varierende omfang. Under typiske forhold er det primært selve vaskekemikalierne og især farvefjernerne, der emitteres i større mængder, hvilket er bekræftet ved opstilling af massebalancer for vaskeprocessen, se kap. 6. På baggrund heraf vil fokus i dette kapitel hovedsageligt være på de kemikalier, der anvendes i forbindelse med afvaskning af serigrafirammerne. Det er produkterne farvefjernere, stencilfjernere, skyggefjernere samt vævsaffedtere/befugtere. I nærværende afsnit beskrives den kemiske sammensætning, som danner grundlag for den efterfølgende farligheds-vurdering, der er udført for både sundhed og miljø. I bilag 4 fremgår mere detaljeret den kvalitative og kvantitative sammensætning af produkttyperne samt farlighedsvurderingen af de kemikalier, der anvendes ved rammevask.

4.1 Trykfarver og formkemikalier

Kemikalier fra formfremstilling og trykning

Afvaskning af serigrafirammerne foretages for at fjerne de kemikalier, der stadig sidder tilbage på rammerne fra formfremstillingen og selve den serigrafiske trykning - emulsion, filler samt trykfarverester. Emulsionen er hærdet, mens trykfarverester typisk er mere eller mindre indtørrede efter anvendelse af opløsningsmiddelbaserede eller vandfortyndbare trykfarver og våde efter tryk med UV-farver. Hvilke komponenter, der kan indgå i serigrafifarver - opdelt i produktgrupperne opløsningsmiddelbaserede papirfarver (26), vandfortyndbare papirfarver (27), opløsningsmiddelbaserede plastfarver (28), vandfortyndbare plastfarver (29) samt UV-farver (30) findes beskrevet i Miljøprojekt 284 /1/. Her er produktgrupper for formkemikalierne serografiemulsion (7) og filler (14) ligeledes beskrevet. De anførte tal i parentes henviser til produktgruppenummeret, se bilag 4.

4.2 Status for rammevaskekemikalier

Kemikalier til fjernelse af trykfarve og stencil

Kemikalier, der anvendes til fjernelse af trykfarve og stencil (emulsion og filler) fra vævet på serigrafirammerne, kan efter deres primære funktion inddeles i følgende undergrupper:

- Farvefjernere (38)
- Stencilfjernere (39)
- Skyggefjernere (40)

Vævsaffedtere og befugtere

Detaljeret systematik

17 kemikalietyper

Hertil kommer vævsaffedtere og befugtere (18), som typisk anvendes til forbehandling af vævet inden fremstilling af stencil. Tal i parentes angiver den nummerering, der blev anvendt ved gruppering af kemikalier i Miljøprojekt 284 /1/. En yderligere detaljering af systematikken er foretaget ved indførsel af kemikalietyper inden for tre af de fire grupper af kemikalier, der anvendes i forbindelse med serigrafirammevask (38, 39 og 40). Systematikken fremgår af bilag 4, hvor der er listet hvilke stoffer, der kan optræde inden for hver af de i alt 17 typer. Dette betyder, at listerne ikke repræsenterer sammensætningen af et bestemt produkt men af en gruppe/type af produkter. Listerne er primært baseret på datablade samt mundtlige og skriftlige oplysninger indhentet hos kemikalieproducenterne og er derfor ikke nødvendigvis fuldt dækkende for de enkelte kemikalietyper.

Flygtige farvefjernere

VOC

Arbejdsmiljø

Tungere kulbrinter

Benzen

4.2.1 Farvefjernere

Tidligere blev typisk anvendt ikke-vandemulgerbare farvefjernere, der var baserede på aromatiske eller alifatiske kulbrinteblandinger med et lavt flammepunkt og dermed en høj flygtighed. De organiske kulbrinter kan på grund af deres flygtighed give anledning til arbejdsmiljøproblemer samt relativ stor VOC (Volatile Organic Compounds) emission, og de er derfor i Danmark i et vist omfang blevet erstattet med tungere kulbrinter med et højere flammepunkt (for eksempel estere og glycoler). I stedet for at afdampe fra serigrafirammerne skylles disse farvefjernere af med vand, som typisk afledes med spildevandet til kloak (se kap. 5 og 6). Særligt sundhedsproblematisk stoffer, som for eksempel kræftfremkaldende typer som benzen, er ligeledes i vidt omfang fjernet fra farvefjernerne af hensyn til arbejdsmiljøet.

Sammensætning af farvefjernere

I dag kan farvefjernere bestå af enten rene blandinger af organiske opløsningsmidler eller opløsningsmidler iblandet emulgatorer. Additiver som farvestoffer og i begrænset omfang korrosionsinhibitorer eller antiskummidler bliver tilsat i det omfang, det er nødvendigt. Sammensætningen af farvefjernere er typisk 95-100% organiske opløsningsmidler, 0-5% emulgatorer (for de vandemulgerbare typer) samt additiver. Formuleringen af farvefjernerne er typisk som en væske, der både kan anvendes ved manuel afvask og i automatiske rammevaskeanlæg og i sjældnere tilfælde en renses pasta (anvendes dog normalt som skyggefjerner), der påsmøres vævet manuelt. Afrensningprocessen er nærmere beskrevet i kap. 5.

Ikke-vandemulgerbar og vandemulgerbar

For at foretage en systematisk opdeling af farvefjernerne skelnes der mellem ikke-vandemulgerbare og vandemulgerbare herunder vandopløselige farvefjernere. En yderligere inddeling kan ske på basis af opløsningsmidlernes type, som har betydning for farvefjernerens opløsningssevne og dermed for dens anvendelsesområde. Farvefjernerens indhold af opløsningsmidler bestemmer fordampningen af farvefjerner fra rammen under og efter afvaskningen samt farvefjernerens flammepunkt. Ved flammepunkt forstås den laveste temperatur, hvor en væske fordamper til en sådan koncentration, at der dannes

Flammepunkt

antændelige dampe over væskens overflade. Der er her foretaget en inddeling efter flammepunkt i tre intervaller:

- $\leq 55^{\circ}\text{C}$
- $> 55^{\circ}\text{C}$ og $\leq 100^{\circ}\text{C}$
- $> 100^{\circ}\text{C}$.

EU's klassificeringsregler

Intervallerne er taget fra de tyske retningslinier /23/ baseret på EU's klassificeringsregler (som beskrevet i /27/), hvor inddelingen i intervallerne er foretaget af sikkerhedsmæssige årsager ud fra opløsningernes brandfarlighed. Farvefjernere med lavt flammepunkt ($\leq 55^{\circ}\text{C}$) vil fortrinsvist fordampe fra vævet under og efter vask af rammen, mens farvefjernere med højt flammepunkt derimod fordamper meget langsomt og må skylles af, se kap. 5. Sidstnævnte indeholder derfor typisk en emulgator, som gør dem vandemulgerbare, eller de indeholder vandopløselige organiske opløsningsmidler, der øger deres vandopløselighed. Farvefjernere med højt flammepunkt indeholder typisk additiver i en større mængde (op til 4%) end dem med lavt flammepunkt. Eksempelvis findes korrosionsinhibitorer kun i vandemulgerbare farvefjernere med højt flammepunkt /9/.

Vandfortyndbare farvefjernere

Foruden vandemulgerbare og ikke-vandemulgerbare farvefjernere findes typer, der er vandfortyndbare og indeholder vand. Disse anvendes til fjernelse af vandfortyndbare farver og består - foruden vand - af organiske opløsningsmidler primært glycolethere, tensider samt additiver som farvestoffer, korrosionsinhibitorer og antiskummidler. Anvendelse af disse er dog unødvendig i langt de fleste tilfælde, idet afvaskning med rent vand er optimal, så længe den vandfortyndbare farve ikke er indtørret /17/.

Opdeling af farvefjernere

Opdelingen af farvefjernere sker efter følgende egenskaber:

<i>Vandemulgerbare:</i>	(38a)	Aromatholdige	flammepunkt $\leq 55^{\circ}\text{C}$
	(38b)	Aromatholdige	$55^{\circ}\text{C} < \text{flammepunkt} \leq 100^{\circ}\text{C}$
	(38e)	Aromatfrie	flammepunkt $\leq 55^{\circ}\text{C}$
	(38f)	Aromatfrie	$55^{\circ}\text{C} < \text{flammepunkt} \leq 100^{\circ}\text{C}$
	(38h)	Diesterbaserede	flammepunkt $> 100^{\circ}\text{C}$
<i>Ikke-vandemulgerbare:</i>	(38i)	Glycoletherbaserede	flammepunkt $> 100^{\circ}\text{C}$
	(38c)	Aromatholdige	flammepunkt $\leq 55^{\circ}\text{C}$
	(38d)	Aromatholdige	$55^{\circ}\text{C} < \text{flammepunkt} \leq 100^{\circ}\text{C}$
	(38g)	Aromatfrie	flammepunkt $\leq 55^{\circ}\text{C}$
<i>Vandfortyndbare</i>	(38j)		

Produkttyper

Numre i parentes angiver produkttypen (se bilag 4). En oversigt over sammensætningen af produkttyperne er vist i tabel 4.1, mens en detaljeret sammensætning fremgår af bilag 4.

Tabel 4.1

Sammensætning af farvefjernere. Numrene refererer til de ovennævnte produkttyper. Indholdet er angivet i procent.

	38a	38b	38c	38d	38e	38f	38g	38h	38i	38j
Opløsningsmidler	95-100	95-100	≈ 100	≈ 100	95-100	95-100	≈ 100	95-100	85-100	5-50
heraf aromater	25-100	10-50	10-100	20-50	-	-	-	-	-	?
Emulgatorer	0-5	0-5	-	-	0-5	0-5	-	0-5	0-?	0-50
Additiver	0-0,1	0-5	0-0,1	0-0,1	0-0,1	0-5	0-0,1	0-1	0-0,1	0-5 (20)

Vandemulgerbare farvefjernere

De vandemulgerbare farvefjernere kan anvendes bredt indenfor opløsningsmiddelbaserede, vandfortyndbare samt UV hærdende trykfarvesystemer. Der skelnes mellem aromatholdige og aromatfrie farvefjernere, hvor der ved aromatholdig forstås et indhold på $\geq 0,1\%$ aromater, mens der ved ikke-aromatholdig forstås et indhold på $< 0,1\%$ aromater. Den spredning, der i nærværende undersøgelse er fundet for sammensætningen af de vandemulgerbare farvefjernere er vist i tabel 4.2.

Aromatholdige og aromatfrie farvefjernere

Sammensætning af aromatholdige farvefjernere

De aromatiske kulbrinter, der indgår, er typisk kulbrinteblandinger af C_9 - C_{11} aromater, mens der for opløsninger med flammepunkt over $55^\circ C$ kan forekomme C_{12} aromater (38b). Aromaterne udgør fra 5% til 100% af sammensætningen for farvefjernere med lavt flammepunkt og typisk 20-30% for dem med højt flammepunkt. Til forskel fra solvent naphtha, som består af en næsten ren aromatblanding, udgør aromaterne op til 12% i solvent naphtha (petroleum) light aromatic (C_8 - C_{10} aromater) /24/. Solvent naphtha (petroleum) light aromatic er angivet i koncentrationer på 24-36% i de aromatholdige farvefjernere.

Solvent naphtha

Solvent naphtha (petroleum) light aromatic

Aromatholdige farvefjernere

De aromatholdige farvefjernere med lavt flammepunkt ($\leq 55^\circ C$) (38a) kan foruden aromater også indeholde glycolethere, acetater, ketoner og alkoholer, mens aromatholdige farvefjernere med højt flammepunkt (38b) desuden kan indeholde diestere og nitrogenholdige organiske komponenter (pyrrolidon).

Sammensætning af aromatfrie farvefjernere

Sammensætningen af de aromatfrie farvefjernere (38e og 38f) ligner sammensætningen af aromatholdige farvefjernerne med højt flammepunkt (38b) bortset fra indholdet af aromater. Hovedkomponenten i de aromatfrie farvefjernere kan være alifatiske kulbrinter eller glycolethere og acetater. Diestere tilsættes kun i mindre mængder, da de er langsomt fordampende (flammepunkt $> 100^\circ C$) /9/.

Diesterbaseret type

En type farvefjernere (38h) er baseret på diestere (69-100%), som er en blanding af dimethylsuccinat, dimethylglutarat og dimethyladipat. Foruden diesterne kan der forekomme glycolethere, propylenglycol

Glycoletherbaseret type

(dialkohol), pyrrolidon samt små mængder laktater. De diesterbaserede farvefjernere har et meget højt flammepunkt. Endnu en gruppe af farvefjernere med meget højt flammepunkt adskiller sig. Denne type (38i) er baseret på glycolethere og kan desuden indeholde cyklisk diether (dioxolan) og pyrrolidon.

Tabel 4.2

Sammensætning af vandemulgerbare farvefjernere til rammevask efter serigrafitrykning.

Type → Opløsnings- middel ↓	Aromat- holdige * 38a	Aromat- holdige ** 38b	Aromat- frie * 38e	Aromat- frie ** 38f	Diester- baserede *** 38h	Glycol- etherbas. *** 38i
Aromatiske kulbrinter	5-100%	10-50%	-	-	-	-
Alifatiske kulbrinter	-	?	0-50%	ja	-	-
Alicykliske kulbrinter	-	?	0-5%	?	-	-
Glycolethere	0-20%	0-25%	0-100%	0-20%	0-5%	? - 85%
Acetater	0-50%	0-50%	0-25%	0-50%	-	-
Ketoner	0-50%	0-20%	0-20%	0-10%	-	-
Alkoholer	0-20%	-	-	-	0-20%	-
Diestere	-	ja	ja	ja	70-100%	-
Diethere	-	-	-	-	-	ja
N-holdige	-	0-10%	-	ja	0-10%	ja

* Flammepunkt $\leq 55^{\circ}\text{C}$

** $55^{\circ}\text{C} < \text{flammepunkt} \leq 100^{\circ}\text{C}$

*** Flammepunkt $> 100^{\circ}\text{C}$

Indhold af tensider

De vandemulgerbare farvefjernere indeholder mellem 0-5 % tensider, som oftest er enten anioniske eller nonioniske. De nonioniske tensider, der anvendes, er ethoxylater f.eks. fedtalkoholethoxylater, fedtsyreet-hoxylater og alkylphenoethoxylater. Anioniske tensider kan være sulfater (f.eks. alkylsulfater) eller sulfonater (f.eks. alkylbenzensulfonat).

Ikke-vandemulgerbare farvefjernere

Vævsåbner

De ikke-vandemulgerbare farvefjernere anvendes både som rammevaskemiddel og vævsåbner (vævs- og stencilåbner) i forbindelse med selve trykningen. Sammensætningen af de ikke-vandemulgerbare farvefjernere er vist i tabel 4.3.

Her skelnes også mellem aromatholdige (38c og 38d) og aromatfrie

Aromatiske kulbrinter

Alifatiske kulbrinter

(38g) farvefjernere. Aromaterne kan udgøre fra 20% til 100% af sammensætningen og vil typisk være C₉-C₁₁ aromater. Hertil kommer xylener (C₈). Foruden de aromatiske kulbrinter kan forekomme glycolethere, acetater, ketoner, estere, alkoholer og pyrrolidon (nitrogenholdig). De aromatfrie farvefjernere (38g) kan desuden indeholde alifatiske kulbrinter som eksempelvis paraffiner eller terpen (cykliske kulbrinter). I sidstnævnte produkttype findes en sjældent anvendt type (til vævsåbning), hvor væsken findes i sprayform med lavere alkaner som drivmiddel.

Tabel 4.3

Sammensætning af ikke-vandemulgerbare farvefjernere til rammevask efter serigrafitrykning

	Aromat-holdige* 38c	Aromat-holdige** 38d	Aromat-frie* 38g
Aromatiske kulbrinter	10-100%	20-50%	-
Alifatiske kulbrinter	-	-	0-50%
Alicykliske kulbrinter	-	-	0-50%
Glycolethere	0-50%	-	0-100%
Acetater	0-50%	5-20%	0-50%
Ketoner	0-20%	5-20%	0-50%
Alkoholer	0-20%	-	-
Estere	0-50%	-	-
Diestere	ja	ja	-
N-holdige	ja	-	0-5%

* Flammepunkt ≤ 55°C

** 55°C < flammepunkt ≤ 100°C

Vandfortyndbare farvefjernere

Anvendelsesområdet for de vandfortyndbare farvefjernere er begrænset til afrensning af vandfortyndbare trykfarver. De vandfortyndbare farvefjernere (38j) er vandbaserede opløsninger af opløsningsmidler og tensider. De adskiller sig bl.a. herved fra de vandemulgerbare farvefjernere - der i mere eller mindre omfang er vandopløselige - ved at indeholde vand i væsentlig mængde. Sammensætningen er vist i tabel 4.4. Opløsningsmidlerne kan være aromater forekommende i små mængder (op til 5%) eller glycolethere, som almindeligvis kan udgøre 20-50%. Glycoletherne er repræsenteret ved f.eks. propylen-glycolethere (methoxypropanol, butoxypropanol). Aromaterne tilsættes eksempelvis som solvent naphtha (petroleum) light aromatic. Som emulgatorer kan anvendes både anioniske og nonioniske tensider. De

Vandbaserede opløsninger af opløsningsmidler og tensider

Opløsningsmidler

Emulgatorer

Antiskummidler

Korrosionsinhibitorer

Farvestoffer

anioniske tensider kan være sulfater (f.eks. alkylsulfater), sulfonater (f.eks. dodecylbensensulfonater) eller carboxylater (sæber). Sulfater og sulfonater er angivet i mindre mængder ($< 5\%$), mens carboxylater kan udgøre 20-50% af farvefjernerens. De nonioniske tensider er typisk fedtalkoholethoxylater i en mængde under 5%. Mineralolie eller siliciumdioxid kan tilsættes ($< 1\%$) som antiskummidler for at undgå kraftig skumdannelse under vaskeprocessen. Der anvendes forskellige aminer som korrosionsinhibitorer (f.eks. aminomethylpropanol, propanamin, diethanolamin). Typiske mængder er 0-4%. For diethanolamin er konstateret højere mængder (5-20%) på grund af diethanolamins øvrige funktioner (f.eks. som opløsningsmiddel). Farvestoffer kan tilsættes i en meget lille mængde ($< 0.1\%$) og har udover visuel funktion (man kan kende forskel på kemikalietyper visuelt) ingen teknisk funktion.

Tabel 4.4

Sammensætning af vandfortyndbare farvefjernere til rammevask efter serigrafitrykning

Opløsningsmidler	Aromatiske kulbrinter	0-5%
	Glycolethere	0-50%
Emulgatorer	Carboxylater	0-50%
	Anioniske tensider	0-5%
	Nonioniske tensider	0-5%
Additiver	Antiskummidler	0-1%
	Korrosionsinhibitorer	0-5%
	Farvestoffer	0-0,1%

4.2.1.1 Funktion af farvefjernere

Opløsning af bindemiddel

Farvefjernerens funktion er at opløse den trykfarve, der sidder i vævet, således at den kan fjernes. Opløsningsmidlerne i farvefjernerens gør dette ved at opløse bindemidlet i farven (se bilag 8). Ved denne proces kan pigmentet frigøres fra bindemidlet, hvorefter pigmenterne i mere eller mindre omfang søger sammen i agglomerater og givetvis kan bundfældes [10]. Denne i hvert fald delvise bundfældning af pigmenterne betyder at den øverste fase af den brugte farvefjerner primært indeholder bindemiddel.

Pigmenter

Opløselighedsparametre

De organiske opløsningsmidlers opløselighed af trykfarver er bestemt af bindemidlets affinitet over for opløsningsmidlet. Affiniteten kan forudsiges ved hjælp af opløselighedsparametre. Opløsningsmiddeltypens evne til at opløse forskellige bindetyper er behandlet udførligt i bilag 8.1. Her fremgår det, at især alifater men også aromater generelt er dårligt egnede til opløsning af de bindertyper, der an-

vendes inden for serigrafi. Derimod er diestere, ketoner, estere samt højere alkoholer de bedst egnede. Dette stemmer overens med de praktiske erfaringer, der siger, at aromatiske kulbrinter kan opløse omkring 20-30% af de typisk anvendte serigrafifarver, mens alifatiske kulbrinter generelt er dårlige til at opløse farverne. Acetater og estere opløser henholdsvis 80% og 60-70% af serigrafifarverne, mens ketoner stort set kan opløse alle. En farvefjerner, der består af lige dele aromater, ketoner, acetater og estere, vil i princippet kunne opløse alle kendte serigrafifarver /10/.

Tensider

Foruden opløsningsmidler indeholder de vandemulgerbare og de vandfortyndbare farvefjernere emulgatorer i form af tensider. Tensidernes overfladeaktive egenskab bevirker udover at emulgere opløsningsmidlerne under afskylning med vand, at partikler som smuds og farverester fjernes fra overfladen af vævet og holdes emulgeret i væsken. Tensiderne er således med til at forstærke opløsningsmidlernes effekt. Kationiske tensider kan anvendes ligeledes til at dispergere pigmenter, men forekomsten af disse tensider er ikke udbredt for farvefjernerne.

4.2.1.2 Forbrug af farvefjernere

100 - 300 ton årligt

Det samlede forbrug af farvefjernere, der anvendes ved vask af serigrafirammer i Danmark, blev i det foregående kortlægningsprojekt /1/ fastsat til at udgøre mellem 100 og 300 ton pr. år. Forbruget skønnes i dag at fordele sig med 20-40% aromatholdige typer, 5-10% aromafrie typer (flammepunkt $\leq 100^\circ\text{C}$) og 50-70% diester/glycolbaserede typer /11,17,9/. Hvad angår sidstnævnte, er den diesterbaserede type helt klart dominerende.

*Diesterbaseret type
dominerende*

4.2.2 Stencilfjernere

Efter farvefjernelsen fjernes den hærdede fotoemulsion (stencilen) ved hjælp af en stencilfjerner. To grupper af stencilfjernere kan anvendes til afrensning af stencils, der typisk er baseret på polyvinylalkohol - se afsnit 4.2.2.1 og Miljøprojekt 284 /1/ for yderligere beskrivelse. Stencilfjernerne (39a og 39b) er vandige opløsninger af oxidationsmidler, som er de aktive komponenter. Disse er typisk perjodsyre (39b) eller salte heraf, perjodater (39a), i kombination med andre uorganiske syrer som svovlsyre eller salpetersyre. Perjodaterne udgør 3-100%, uorganiske syrer 0-5% og additiver 0-10%, mens resten er vand (0-95%). Sammensætningen fremgår af tabel 4.5. Additiverne kan omfatte emulgatorer i form af tensider ($<1\%$) og antiskummere. Antiskummere (39c) - som oftest siliciumdioxid (5-10%) - kan til sættes separat under afvaskningen eller være indeholdt i stencilfjernerne. Gruppen af antiskummere omfatter endvidere mineralolie- eller silikonebaserede typer, der desuden kan indeholde tensider.

*Oxidationsmidler
Perjodsyre
Perjodater*

*Sammensætning af
stencilfjerner
Antiskummere*

Tabel 4.5

Sammensætning af stencilfjernere til rammevask efter serigrafitrykning

	Perjodاتبaserede 39a	Perjodsyrebaserede 39b
Perjodsyre	-	5-100%
Perjodat	5-100%	?
Uorganiske syrer	0-5%	-
Additiver	0-10%	0-1%
Vand	0-95%	0-95%

4.2.2.1 Funktion af stencilfjernere

Stencilen består af en hærdet emulsion af polymer (polyvinylalkohol-co-vinylacetat), der er forgrenet ved hjælp af f.eks. diazogruupper. Stencilen fremstilles ved belysning af en polymeremulsion, bestående af polyvinylalkohol-co-vinylacetat og f.eks. en diazosensibilisator, hvorved der dannes en etherforbindelse imellem diazosensibilisatoren og polyvinylalkohol-co-vinylacetat. Når stencilen først er hærdet, er den uopløselig i vand. Stencilfjernerens funktion er at "ødelægge" bindingerne mellem polymeren og diazogrupperne. Dette kræver et stærkt oxidationsmiddel som f.eks. perjodat eller perjodsyre. Perjodaten selv bliver reduceret til jodat under oxidation og brydning af polymeren. Tidligere blev anvendt hypoklorit som stencilfjerner, men på grund af reaktion med stencilen under dannelse af klorholdige organiske forbindelser (se afsnit 4.2.3.1 - hypokloritbaseret skyggefjerner), er man gået bort fra dette. Perjodat reagerer meget specifikt med polymere - under dannelse af aldehyder eller syrer - fordi reaktionen kun vil ske med de bindinger i polymeren, hvor to nabokulstoffer begge er bundet til hydroxyl (-OH) eller oxo (=O), eller når et hydroxyl-bundet kulstof er sidestillet med oxo- eller amin (-NH₂)-bundet kulstof. Forgreninger af polyvinylalkohol kan resultere i sidestillede alkoholgrupper, der nemt oxideres med perjodat. Herved afklippes forgreningen i polyvinylalkohol-co-vinylacetat. Endvidere kan den aromatisk bundne amingruppe i sensibilisatoren oxideres /49/, hvorved sensibilisatoren går i stykker. Reaktionsprodukterne fra denne reaktion er polyvinylalkohol-co-vinylacetat bundet til en enkelt benzengruppe og oxiderede phenylaminforbindelser. Reaktionsprodukterne er delvist opløselig i vand og kan derfor skylles væk. Som det fremgår, er det teoretisk ikke sandsynligt, at der dannes organiske jodforbindelser ved oxidationen. Det skal desuden bemærkes, at den kemiske struktur af de hovedkomponenter, der indgår i farvefjernere, ikke giver anledning til at denne reaktion finder sted, og i rammevaskeanlæg med recirkulation af stencilfjerner vil perjodat således teoretisk vurderet ikke forbruges til oxidation af farvefjernerens.

Fremstilling af stencil

*Polyvinylalkohol-co-vinylacetat
Diazosensibilisator*

Hypoklorit

Perjodat/perjodsyres reaktion med stencil

Reaktionsprodukter

Organiske jodforbindelser

10 - 30 ton årligt

4.2.2.2 Forbrug af stencilfjernere

Forbruget af stencilfjernere i Danmark er vurderet til at ligge mellem 10 og 30 ton årligt /1/, og fordelingen på perjodatbaserede og perjodsyrebaserede typer kan ikke anslås, da handelsvarerne i vid udstrækning forekommer som blandinger af de to typer.

4.2.3 Skyggeffjernere

Fjerner genstridige rester

Hvis der stadig er farve- eller emulsionsrester tilbage i vævet efter afvaskning med farve- og stencilfjerner, kan der anvendes en skyggeffjerner, som fjerner mere genstridige rester samt indfarvninger af vævet. Der findes to typer af skyggeffjernere: Opløsningsmiddelbaserede (40c) samt alkaliske opløsninger (40a og 40b).

Opløsningsmiddelbaserede skyggeffjernere

De opløsningsmiddelbaserede skyggeffjernere er karakteriseret ved deres indhold af "skrappe" opløsningsmidler (ketoner), som er blandinger af flere forskellige typer tilsat emulgatorer, typisk anioniske (sulfosuccinater) eller nonioniske tensider (ethoxylater). I nogle tilfælde kan skyggeffjerner indeholde myresyre, der virker som afkalker. De organiske komponenter kan være aromater (C_{10} - C_{12}), alifater, glycolethere, ketoner, acetater, estere, diestere, alkoholer og nitrogenholdige komponenter (pyrrolidon). De opløsningsmiddelbaserede skyggeffjernere anvendes ofte i kombination med de alkaliske skyggeffjernere.

Alkaliske skyggeffjernere

De alkaliske skyggeffjernere er stærke basiske opløsninger af enten hydroxider (5-50%) (40a) eller hypoklorit (<5%) (40b). Sammensætningen af de alkaliske skyggeffjernere er vist i tabel 4.6. De alkali-baserede skyggeffjernere (40a) tilsættes emulgatorer enten som anioniske tensider (alkylsulfater) eller som polymere (ravsyre/methyloxirane). Additiver tilsættes i form af alkoholer og aminer. De hypoklorit-baserede skyggeffjernere (40b) indeholder generelt under 5% hypoklorit. De kan have et indhold af hydroxider (1-10%) samt anioniske tensider (2-10% alkylbenzensulfonat). Der kan tilsættes fortykkelsesmidler (polymere) samt dispergeringsmidler f.eks. silikater.

Hypokloritbaserede skyggeffjernere

Tabel 4.6

Typisk sammensætning af alkaliske skyggeffjernere til rammevask efter serigrafitrykning

	Alkalibaserede 40a	Hypokloritbaserede 40b
Hydroxid	5-50 %	0-10 %
Hypoklorit	-	<5 %
Emulgatorer	0-10 %	0-2 %
Additiver	0-15 %	0-10 %
Vand	50-95 %	90-99 %

4.2.3.1 Funktion af skyggeffjernere

De alkaliske skyggeffjernere indeholder både hydroxider og tensider. Funktionen af hydroxider (natrium eller kalium) er at fjerne naturligt fedt fra vævet, hvorimod indhold af tensider også vil fjerne de syntetiske fedtholdige stoffer fra vævet. De alkaliske skyggeffjernere anvendes ofte sammen med de opløsningsmiddelbaserede skyggeffjernere. Skyggeffjernerens formål er bl.a. at fjerne skygger i vævet fra f.eks. den brugte farvefjernerens indhold af bindemiddel. Dette kræver et opløsningsmiddel, der kan opløse den pågældende bindertype (se afsnit 4.2.1.1), og anvendelsen af de alkaliske og de hypokloritbaserede skyggeffjernere suppleres derfor ofte med de opløsningsmiddelbaserede. Kalkudfældninger i vævet fjernes ved hjælp af organiske syrer, der kompleksbinder de divalente ioner: Mg^{2+} og Ca^{2+} . Hvad angår de hypokloritbaserede skyggeffjernere, oxiderer hypoklorit rester af stencilen og blegger eventuelt indfarvet væv. Hypoklorit kan reagere med de tilstedeværende organiske forbindelser (rester af stencil og farvefjerner eller opløsningsmidler ved den kombinerede anvendelse af opløsningsmiddel- og hypokloritbaserede skyggeffjernere) under dannelse af klorerede organiske forbindelser.

4.2.3.2 Forbrug af skyggeffjernere

Forbruget af skyggeffjernere i Danmark er vurderet til 10-30 ton pr. år /1/ og skønnes fordelt med 10-15% alkalibaseret, 70-80% hypokloritbaseret og 5-10% opløsningsmiddelbaseret /11,17/.

4.2.4 Vævsaffedtere/befugtere

Vævsaffedtere/befugtere (18) anvendes til forbehandling af væv på rammen inden fremstilling af stencil. Vævsaffedtere er vandfortyndbare og består af overfladeaktive stoffer, organiske opløsningsmidler samt additiver. Sammensætningen fremgår af tabel 4.7. Opløsningsmidlerne der anvendes er terpen, glycolethere eller organiske aminer, og indholdet af opløsningsmidlerne kan udgøre op til 50% af

Overfladeaktive stoffer

Additiver

vævsaffedteren. Indhold af overfladeaktive stoffer kan være enten anioniske, kationiske eller nonioniske tensider i en mængde op til 50%. Additiver kan være kompleksdannere som fosfater og organiske syrer, samt dispergeringsmidler, f.eks. silikater. Isothiazoliner til-sættes som biocid i nogle produkter. Endvidere kan garvesyre forekomme.

Tabel 4.7

Sammensætning af vævsaffedtere/befugtere til forbehandling af væv til serigrafitrykning

Opløsningsmidler	-	0-50%
Affedtere/befugtere	Anioniske tensider	0-50%
	Nonioniske tensider	0-50%
	Kationiske tensider	0-5%
Additiver	Kompleksdannere	0-15%
	Dispergeringsmidler	0-5%
	Biocider	0-0,01%

Rengøring af væv

4.2.4.1 Funktion af vævsaffedtere/befugtere

Funktionen af vævsaffedtere er dels rengøring af vævet, hvilket især er aktuelt efter længere tids henstand af en ellers ren ramme, dels at lette befugtningen og derved fremstilling af stencil. De overfladeaktive stoffer bevirker, at fedt og snavs, der sidder i vævet, emulgeres og holdes i opløsning, således at det kan skylles af vævet. Samtidigt øger de overfladeaktive stoffer befugtningsevnen af vævet, således at stencilen kan fordeles på vævet uden "huller".

10 - 30 ton årligt

4.2.4.2 Forbrug af vævsaffedtere/befugtere

Forbruget af vævsaffedtere/befugtere er anslået til 10-30 ton årligt i Danmark /1/.

4.3 Udviklingstendenser

Vandemulgerbare typer
Tyskland

Fornyelige ressourcer

Udviklingstendensen inden for farvefjernere til afvaskning af serigrafirammer i Danmark går mod brug af vandemulgerbare typer. I Tyskland vender udvikling sig derimod mod flygtige typer, der anvendes i lukkede systemer med udsug og genbruges efter destillation. Længere ude i fremtiden må forventes at tendensen går mod farvefjernere, der er baserede på fornyelige ressourcer (vegetabiliske olier) samt vand til vandfortyndbare farver. Brugen af vandfortyndbare trykfarver er ikke for alvor slået igennem endnu og forventes ikke at

få betydning de nærmeste år. Med de nuværende udviklingstendenser må vandfortyndbare farvesystemer dog forventes at få væsentlig betydning i fremtiden.

4.4 Farlighedsvurdering af kemikalier der indgår ved rammevask

4.4.1 Farlighedsvurdering af trykfarver og formkemikalier

Der er ikke udført en decideret farlighedsvurdering af trykfarver og formkemikalier i nærværende projekt. Dels fordi afvaskningskemikalierne er identificeret som hovedproblemet (alt dominerende hvad angår spild), se kap.6, dels fordi detaljerede farlighedsvurderinger af trykfarvekomponenter forventes udført under det netop opstartede projekt "Miljøoptimering ved anvendelse af vandfortyndbare flexofarver" /48/. Der henvises til Miljøprojekt 284 /1/, hvor der er udført en miljøfarlighedsvurdering af de relevante trykfarver og formkemikalier.

4.4.2 Farlighedsvurdering af rammevaskekemikalier

Undergrupper

Der er foretaget en farlighedsvurdering for hver af de produkttyper, der indgår i undergrupperne: *Farvefjernere (38)*, *stencilfjernere (39)*, *skyggefjernere (40)* og *vævsaffedtere/befugtere (18)* efter metoden beskrevet i kap. 3.

Farlighedsscorer

I oversigten over produkttyper og indholdskomponenter i bilag 4 er resultatet af vurderingen vist i form af farlighedsscorer for vandmiljø (VS), luft (LS) og sundhed (SS). Grundlaget for tildeling af sundhedsscoren (SS) for enkeltstoffer i produktgrupperne er skematisk vist i bilag 4. I det følgende gennemgås baggrunden og resultatet af farekategoriseringen af de behandlede produkttyper.

4.4.2.1 Farvefjernere

Farvefjernerne opdeles i typer, som beskrevet i afsnit 4.2.1., og hver af grupperne er behandlet ud fra sammensætningen, som fremgår af bilag 4.

Tabel 4.8
Farlighedsscorer af farvefjernere

Nr.	Produkttyper	VS	LS	SS	Bemærkning
38a	Aromatholdige vand-emulgerbare *	A _p	1 _p	U _p	Indeholder aromater og evt. alkylphenoethoxylater
38b	Aromatholdige vand-emulgerbare **	A _p	1 _p	U _p	Indeholder aromater og evt. alicykliske og alifatiske kulbrinter
38c	Aromatholdige ikke-vandemulgerbare *	A _p	2 _p	U _p	Indeholder aromater
38d	Aromatholdige ikke-vandemulgerbare **	A _p	3 _p	U _p	Indeholder aromater
38e	Aromatfrie vandemulgerbare *	A _p	1 _p	U _p	Kan indeholde alifatiske kulbrinter
38f	Aromatfrie vandemulgerbare **	A _p	1 _p	U _p	Kan indeholde alifatiske og alicykliske kulbrinter samt kat- og nonioniske tensider
38g	Aromatfrie ikke-vandemulgerbare *	A _p	1 _p	U _p	Kan indeholde alifatiske kulbrinter
38h	Diesterbaserede vandemulgerbare ***	C _p	3 _p	P _p	Kan indeholde anioniske tensider i små mængder (< 1 %)
38i	Glycoletherbaserede vandemulgerbare ***	C _p	3 _p	P _p	Indeholder ingen liste A og B stoffer
38j	Vandfortyndbare	B _p	1 _p	P _p	Kan indeholde aromater i små mængder

* Flammepunkt ≤ 55°C

** 55°C < flammepunkt ≤ 100°C

*** Flammepunkt > 100°C

Aromatiske og alifatiske kulbrinter

Methoxypropylacetat

Farvefjernere, som er baserede på aromatiske eller alifatiske kulbrinter, tildeles scoren A_p, idet der inden for de nævnte grupper af kulbrinter kan forekomme komponenter, der er listet som A-stoffer, og derved er uønskede i vandmiljøet. Eksempelvis er trimethylbenzen samt n-decan kategoriseret som A-stoffer. Sundhedsmæssigt er farvefjernere, der indeholder aromatiske samt alifatiske kulbrinter generelt uønskede på grund af deres mulige KRN effekter (se bilag 4 samt kap. 3). Indhold af methoxypropylacetat gør at produkttyperne 38a, 38b, 38e, 38f og 38g tildeles luftscoren 1_p, idet methoxypropylacetat anses for meget farlig ved emission til luft. De aromatholdige ikke-vandemulgerbare farvefjernere indeholder stoffer med luftscoren 2 i koncentrationer under 25% for typer med flammepunkt højere end 55°C (38d), mens typer med flammepunkt under 55°C (38c) kan indeholde

høje koncentrationer (op til 50%, enkelte tilfælde 100%) af stoffer, der kan være skadelige for sundhed/miljø i lave koncentrationer og hermed - som f.eks. n-butylacetat - tildelt luftscoren 2.

Diester- og glycolether-baserede farvefjernere

Hovedkomponenterne i diester- og glycoletherbaserede farvefjernere er biologisk let nedbrydelige. Ved udledning med spildevandet til et renseanlæg med biologisk behandling må det derfor normalt antages, at tilnærmelsesvis al farvefjerner nedbrydes inden udledning til recipienten. Dette udelukker dog på ingen måde at stofferne f.eks. pga. nitrifikationshæmning bør emissionsbegrænses (se kap. 6 og 8). Sundhedsmæssigt er diesterne og glycoletherne dårligt undersøgt og betegnes derfor som problematiske. Anvendelse af farvefjernere baserede på diester og glycolether giver stort set ikke anledning til emission til luften.

Vandfortyndbare farvefjernere

De vandfortyndbare farvefjernere kan indeholde små mængder af aromatiske kulbrinter og på baggrund af dette tildeles de vandmiljøscoren B_p . Sundhedsmæssigt anses de som problematiske på grund af det begrænsede indhold af aromater. Farvefjernerne kan indeholde diethanolamin samt butoxypropanol, som er meget farlige ved emission til luften. Stofferne er dog ikke let fordampelige i vandige opløsninger, og emission vil derfor kun forekomme som aerosoldannelse.

Perjodat og perjodsyre

4.4.2.2 Stencilfjernere

Der foreligger ikke data for giftigheden af perjodat og perjodsyre i vandmiljøet. De anses dog ikke som farlige i vandmiljøet, og som beskrevet i afsnit 4.2.2.1, giver stencilfjernelsen ikke anledning til dannelse af organiske jodforbindelser. Perjodat og perjodsyre tildeles derfor vandmiljøscoren c. De perjodat- og perjodsyrebaserede stencilfjernere indeholder således kun komponenter, der tildeles miljøfarlighedsscoren C eller c, og begge grupper (39a og 39b) scores derfor C_p .

Tabel 4.9

Miljøfarlighedsscorer af stencilfjernere

Nr.	Produkttyper	VS	LS	SS	Bemærkning
39a	Perjodadbaserede	C_p	1_p	P_p	Kan indeholde svovlsyre og salpetersyre
39b	Perjodsyrebaserede	C_p	3_p	P_p	
39c	Antiskummere	?	?	?	

Antiskummere

Svovlsyre eller salpetersyre

På grund af manglende oplysninger på sammensætningen af antiskummere er det ikke muligt at udføre en farlighedsvurdering af denne produkttype. De perjodadbaserede stencilfjernere kan indeholde svovlsyre eller salpetersyre, som kan være farlige i luftmiljøet, og der er

derfor strenge krav for emissionen af disse stoffer. Sundhedsmæssigt er håndteringen af disse stoffer ligeledes problematisk. Svovlsyre tildeles kategorien som uønsket, idet syren vurderes at være kræftfremkaldende ved eksponering via luftvejene. De perjodsyrebaserede stencilfjernere giver ikke anledning til emission til luften.

4.4.2.3 Skyggeffjernere

Tabel 4.10

Miljøfarlighedsscorer af skyggeffjernere

Nr.	Produkttyper	VS	LS	SS	Bemærkning
40a	Alkalibaserede	C _p	1 _p	P _p	Indeholder hydroxider
40b	Hypokloritbaserede	B _p	1 _p	P _p	Indeholder hypoklorit
40c	Opløsningsmiddelbaserede	A _p	1 _p	U _p	Kan indeholde aromater, alifater, alicykliske kulbrinter og alkylphenolethoxylater

Alkaliske skyggeffjernere

Methanol

Hypoklorit-baserede skyggeffjernere

Mens de alkaliske skyggeffjernere er uproblematisk for det eksterne miljø er de sundhedsmæssigt problematiske. Det skal dog bemærkes, at der er konstateret et enkelt produkt med indhold af methanol (13-15%), hvilket ville medføre en score på C_p 1_p U_p for produktet på grund af methanols neurotoksiske effekter. Alkali- og hypokloritbaserede skyggeffjernere indeholder natrium- eller kaliumhydroxid som er meget farlige ved emission til luften. Til forskel fra flygtige organiske forbindelser sker emissionen af hydroxiderne via aerosoler og ved håndteringen af skyggeffjernerne, der spules af med vand, er der derfor risiko for høje koncentrationer af hydroxider i luften.

Opløsningsmiddelbaserede skyggeffjernere

De opløsningsmiddelbaserede skyggeffjernere er uønskede i det vanlige miljø, på baggrund af deres mulige indhold af aromatiske og alifatiske kulbrinter, som ikke er biologisk let nedbrydelige og samtidig har en høj toksicitet over for vandlevende organismer. Denne produkttype er derfor placeret som en A_p-produkttype. For luftmiljøet kan de opløsningsmiddelbaserede skyggeffjernere være meget farlige på grund af indhold af methoxypropylacetat. Sundhedsskadelige stoffer som aromater samt alifatiske og alicykliske kulbrinter kan være indeholdt, og typen tildeles derfor sundhedsscoren U_p.

4.4.2.4 Vævsaffedtere/befugtere

Kationiske tensider

Vævsaffedtere/befugtere tildeles scorerne: B_p, 1_p og P_p for henholdsvis miljø, luft og sundhed. Vandmiljøscoren, B_p tildeles på baggrund af det mulige indhold af kationiske tensider samt alkylphenolethoxylater, som kan forekomme i små mængder (<10%). Triethanolamin, som er farlig ved emission til luften kan findes i en koncentration op

Biocider

til 50% i vævsaffedtere, og gruppen tildeles derfor luftscoren 1_p. Der kan forekomme biocider, som generelt er sundhedsmæssigt uønskede, men forekomsten er i meget lave koncentrationer (0,01%).

5 Karakterisering af hovedprocessen rammevask

Trykfarverest
Vævsåbner

Når trykkeren er færdig med at trykke, står han/hun med en "beskidt" ramme, dvs. at der i og på vævet - og i mange tilfælde tillige på rammeprofilen - er en rest af den anvendte trykfarve. Typisk fjerner trykkeren en væsentlig del af trykfarveresten - f.eks. med en papskive - og fører denne overskydende trykfarvemængde tilbage i farvebøtten. Når der på nogle trykkerier har været anvendt opløsningsmiddelbaserede trykfarver, påfører trykkeren rammen vævsåbner, hvorefter han/hun aftørre den med en klud, der typisk bortskaffes som fast affald. Dette kan også være tilfældet efter trykning med vandfortyndbare farver - her anvendes blot vand som vævsåbner - der sprayes udover vævet før aftørring. Under alle omstændigheder vil der, når rammen går til rammevask, sidde en farverest tilbage, hvis størrelse i udpræget grad afhænger af, hvor omhyggelig trykkeren har været med at fjerne (genbruge) overskydende farve.

5.1 Status for rammevask

Genbrug af rammer
Urenheder

Formålet med rammevask er at kunne genbruge rammerne så mange gange som muligt, dvs. typisk 10 - 50 gange /20/ - afhænger bl.a. af trykemne og vævstørrelse. For at rammen skal kunne genbruges til formfremstilling, skal vævet være så rent at fotoemulsion og filler, der påføres ved den "nye" oprakling, binder til vævet i en kvalitetsmæssig tilfredsstillende grad. De "urenheder" der skal fjernes, udover evt. tape og papirfibre, består af følgende

1. Farverest
2. Stencil (hærdet fotoemulsion og filler)

Fjernelse af disse to væsentlige "urenheder" foregår ved rammevaskens to hovedtrin, nemlig farvefjernelse og stencilfjernelse.

5.1.1 Status for farvefjernelse

Tre metoder

Farvefjernelse foretages først og kan foregå ved tre principielt forskellige metoder:

1. Manuel farvefjernelse (uden recirkulation)
2. Manuel farvefjernelse (med recirkulation)
3. Automatisk (halvautomatisk) farvefjernelse

1. **Manuel farvefjernelse (u. recirk.):** Ved denne teknik påføres rammen farvefjerner vha. en børste/pensel/klud dyppet i en spand med farvefjerner - i sjældne tilfælde sprøjtes farvefjerner på vha. sprøjteflaske. Typisk bearbejdes farvefjerner ind i vævet med en børste, og i nogle tilfælde aftørres rammen efterfølgende med en tør klud. Hvis dette er tilfældet, bortskaffes en delmængde af

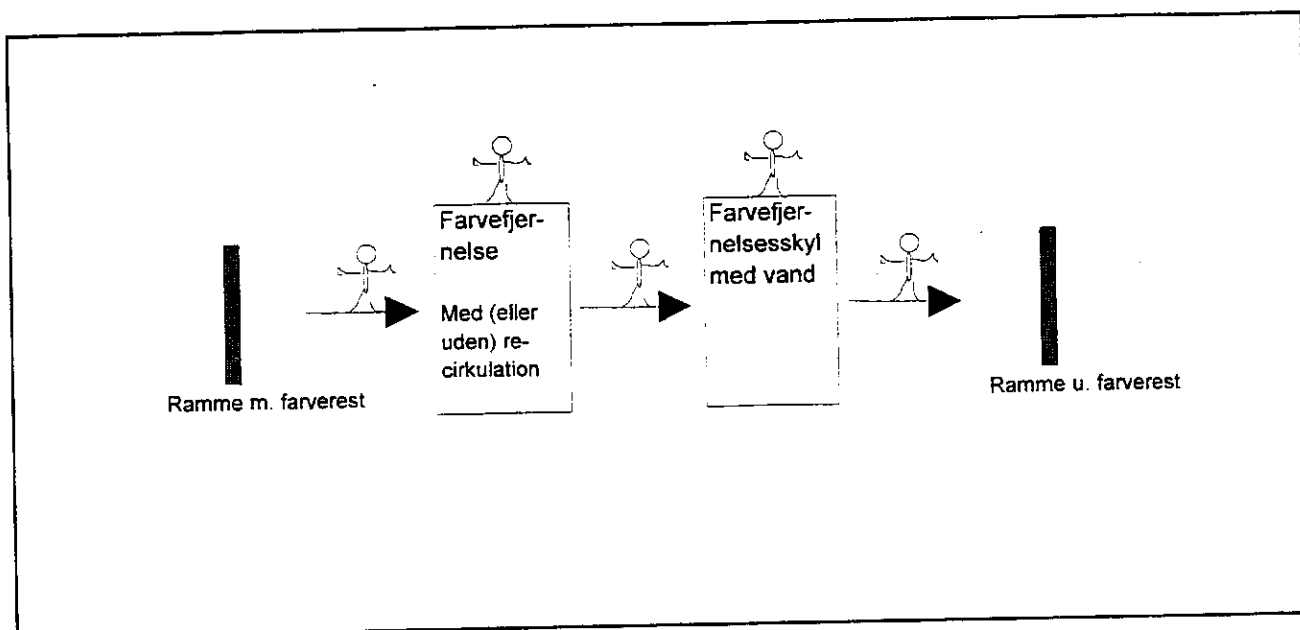
farveresten og af den påførte farvefjerner som fast affald via klu-
den. Ved afslutning skylles rammen med vand vha. en håndbruser
eller en højtryksspuler, og den er herefter klar til stencilfjernelse.
Hele processen foregår typisk i samme vask, og spild fra påførsel
(og bearbejdning) af farvefjerner og afskyllet farverest/farvefjerner
føres med skyllevandet til kloak. Metoden har i dag en begrænset
udbredelse og foregår typisk kun på virksomheder, hvor serigrafisk
trykning er meget begrænset (biproduktion), ved hobbyaktiviteter
eller som "nødløsning", hvis normalt anvendte farvefjerneranlæg
er ude af funktion.

Semi-automatisk

2. **Manuel farvefjernelse (m. recirk.):** Kaldes af nogle leveran-
dører/producenter for "semi-automatisk". Denne metode er i dag
den alt dominerende, inden for manuel farvefjernelse. Den beskidte
ramme placeres i en vask og påføres farvefjerner med børste
(håndbørste), hvor til der kontinuert pumpes farvefjerner. Børsten
er monteret på en slange, der via en pumpe er forbundet med et
farvefjernerreservoir bestående af et kar, der typisk er placeret
under vasken. Afløb fra vasken føres til farvefjernerreservoiret, og
således recirkuleres den farvefjerner (med farverest), der løber af
rammen under processen. Når operatøren er færdig med at børste,
står rammen typisk et kort øjeblik og drypper af, hvorefter den
bæres over i en "skyllevask" og skylles med vand, der føres til
kloak. Skylningen foregår typisk med håndbruser eller højtryks-
spuler. Hvis der som hyppigst er anvendt vandopløselig filler
(vandbaseret filler) i stencilen, vil den i lighed med farvefjerner
blive fjernet ved afskylningen. Der findes systemer, hvor hele pro-
cessen foregår i samme vask - men hvor der kan skiftes mellem
farvefjernertilførsel og vandtilførsel samt mellem afløb til farvefjer-
nerreservoir og kloak afløb.

Farvefjernerreservoir

I figur 5.1 findes en skematisk fremstilling af manuel farvefjernelse.
Den anvendte symbolik er beskrevet i bilag 1, hvor alle figurer i dette
kapitel er taget fra.

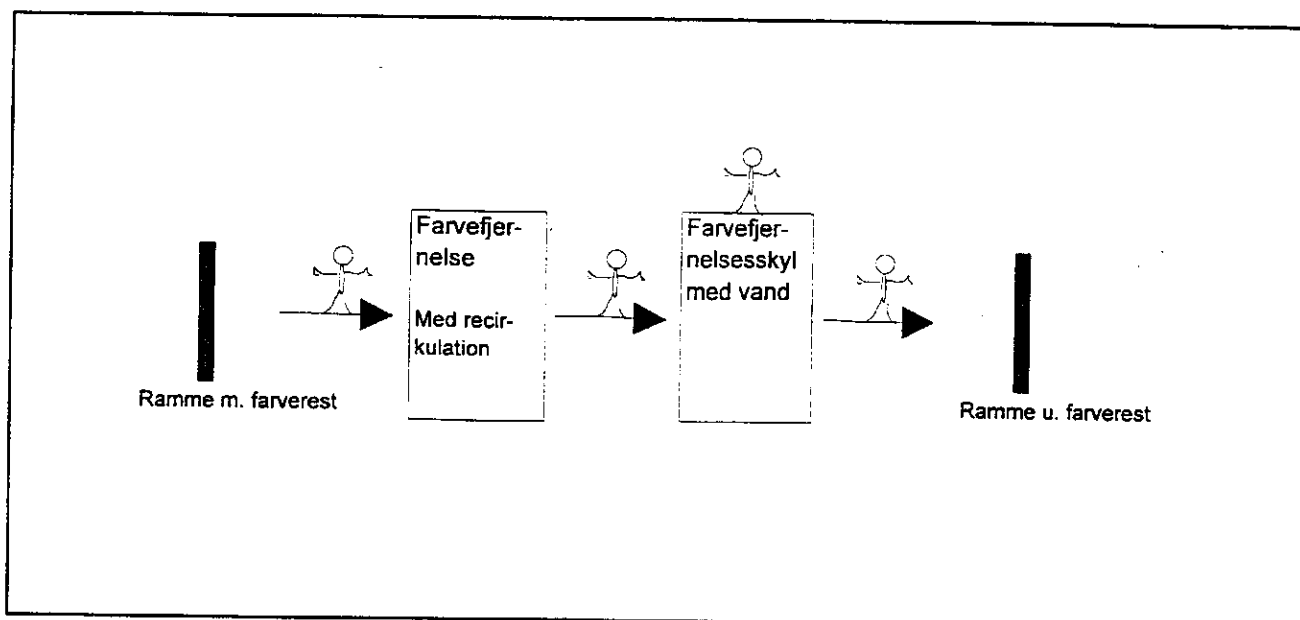


Figur 5.1
Manuel farvefjernelse

Farvefjerner-kammer

Grov- og finvask

3. **Automatisk (halvautomatisk) farvefjernelse:** Ved denne metode føres rammen typisk manuelt ind i et farvefjerner-kammer, hvor påføring af farvefjerner foregår automatisk. Dyser, placeret i serier på rør, som i mange tilfælde bevæger sig op og ned (evt. til siden eller roterer), sprøjter farvefjerner på rammen. I nogle systemer anvendes højtryk mens andre kombinerer farvefjernerpåførsel under lavt tryk med mekanisk bearbejdning af rammen vha. roterende børster. Afløbet i bunden af kammeret står i forbindelse med farvefjernerreservoir, og farvefjernerer recirkuleres således. Nogle systemer benytter to farvefjernerreservoirer - ét groft og ét fint. Først vaskes den beskidte ramme med farvefjerner fra grovreservoir, og efterfølgende vaskes den nu mindre beskidte ramme med farvefjerner fra finreservoir. Hele processen foregår i det samme kammer.

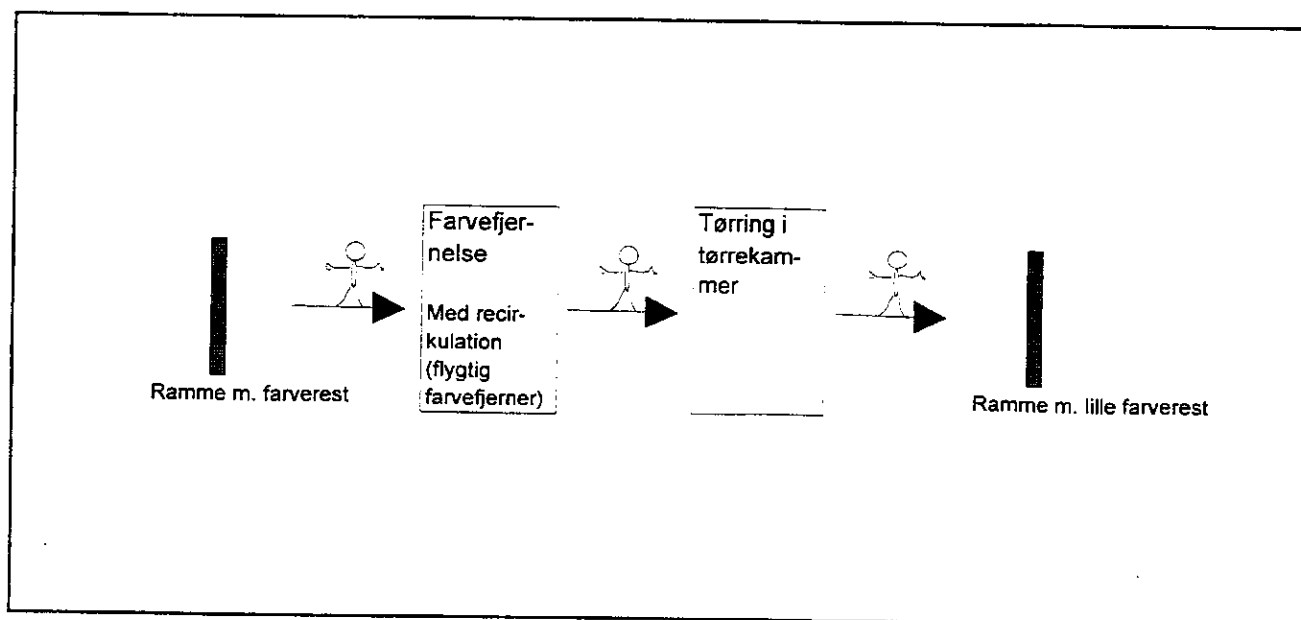


Figur 5.2
Automatisk farvefjernelse efterfulgt af manuel skyl

Udsug

Tørrekammer

De systemer, der anvendes i dag, har typisk undertryk i farvefjerner-kammeret ved udsug med afkast i det fri. De nyeste af de systemer, hvor producenten anbefaler brug af flygtige farvefjernere, kører kun med kraftigt undertryk, når kammeret åbnes (dvs. når rammen tages ind eller ud). Her kan til gengæld være indskudt et separat tørrekammer (se figur 5.3), hvor rammen placeres efter udtagning fra farvefjernervask. Nogle systemer anvender højtryksluft i selve farvefjerner-kammeret til tørring af rammen.



Figur 5.3
Automatisk farvefjernelse efterfulgt af tørring

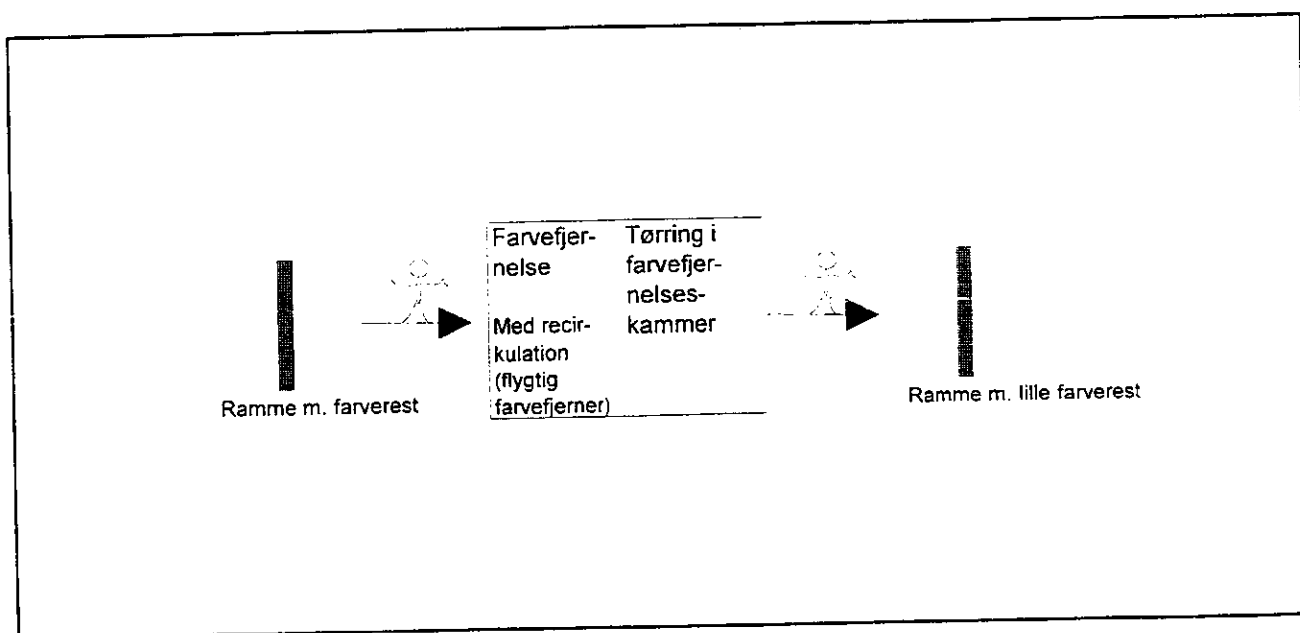
*Farvefjernervedhæng
Vandbaseret filler*

Skyl med vand

*Definition af automatisk
farvefjernelse*

Skyl med ren farvefjerner

Efter vask med farvefjerner og evt. tørring skylles rammen typisk med vand for at fjerne farvefjernervedhæng og/eller vandbaseret filler. Efter at rammen er blevet skyllet med vand, er den klar til stencilfjernelse. Så vidt vides, eksisterer der ikke et separat fuldautomatisk farvefjernelsessystem, der inkluderer skylletrin med vand. Skyl med vand foretages enten manuelt (se figur 5.2) eller lige før stencilfjernerpåførsel i halvautomatiske og automatiske rammevaskeanlæg eller slet ikke som i en bestemt type automatisk rammevaskeanlæg, se afsnit 5.2.1. Leverandører/producenter, der anbefaler brug af flygtige farvefjerner i deres rammevaskeanlæg, opfatter farvefjernelsen som afsluttet, når farvefjernerens er fordampet fra rammen. Lægges denne opfattelse til grund for definition af automatisk farvefjernelse, eksisterer der separate fuldautomatiske farvefjernelsessystemer, nemlig dem med indbygget lufttørring af rammen (se figur 5.4). Her skylles rammen godt nok efterfølgende med vand i stencilfjernersektionen - men argumentet for dette er at fjerne vandbaseret filler. Problemet med at opfatte farvefjernelsen som fuldendt når farvefjernerens er fordampet fra rammen er, at den anvendte recirkulerede farvefjerner i mere eller mindre omfang indeholder trykfarvekomponenter, som afsættes i vævet ved inddampningen - rammen kan derfor ikke siges at være helt "ren", hvad angår trykfarverester, når den føres til stencilfjernelse. Dette problem kan dog imødegås ved at skylle med hel ren farvefjerner som sidste trin i farvefjernerwaskeprocessen (ekstra finskyl/finvask).



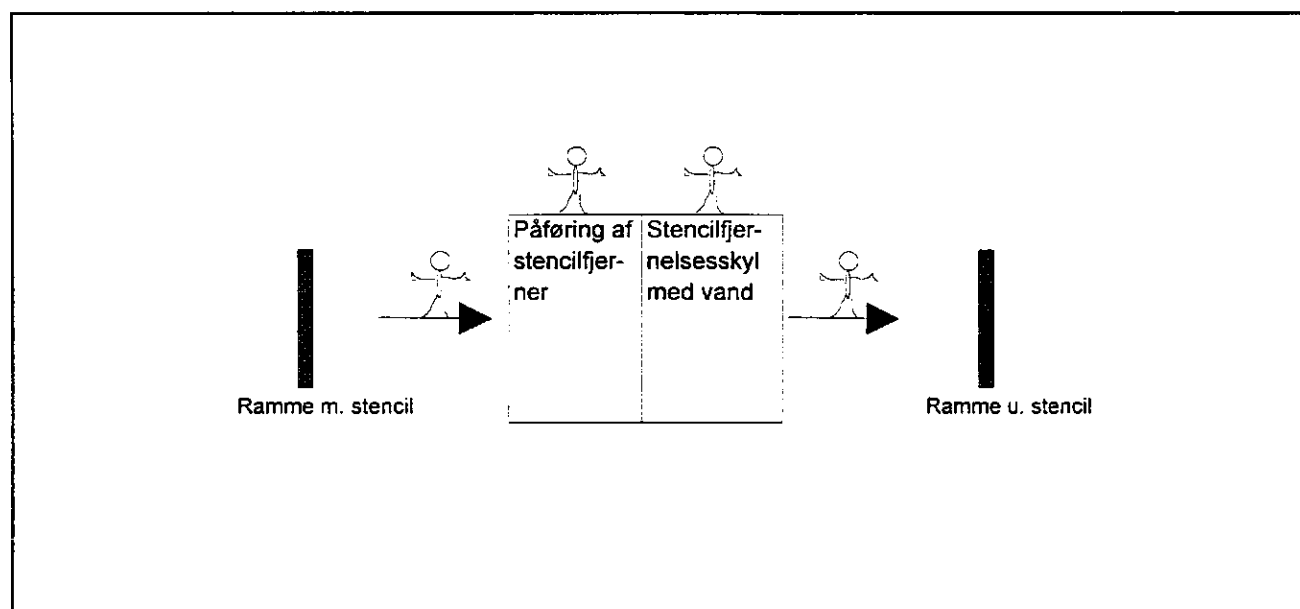
*Figur 5.4
Automatisk farvefjernelse efterfulgt af automatisk tørring*

5.1.2 Status for stencilfjernelse

Når trykfarveresten er fjernet fra rammen, er næste trin at fjerne stencilen. I sjældne tilfælde genbruges rammen med den pågældende stencil - f.eks. hvis der i første omgang blev trykt med en forkert farve, eller hvis der skal trykkes med flere farver ved brug af den samme stencil. Stencilfjernelse foregår i dag ved to forskellige metoder:

1. Manuel stencilfjernelse
2. Automatisk stencilfjernelse

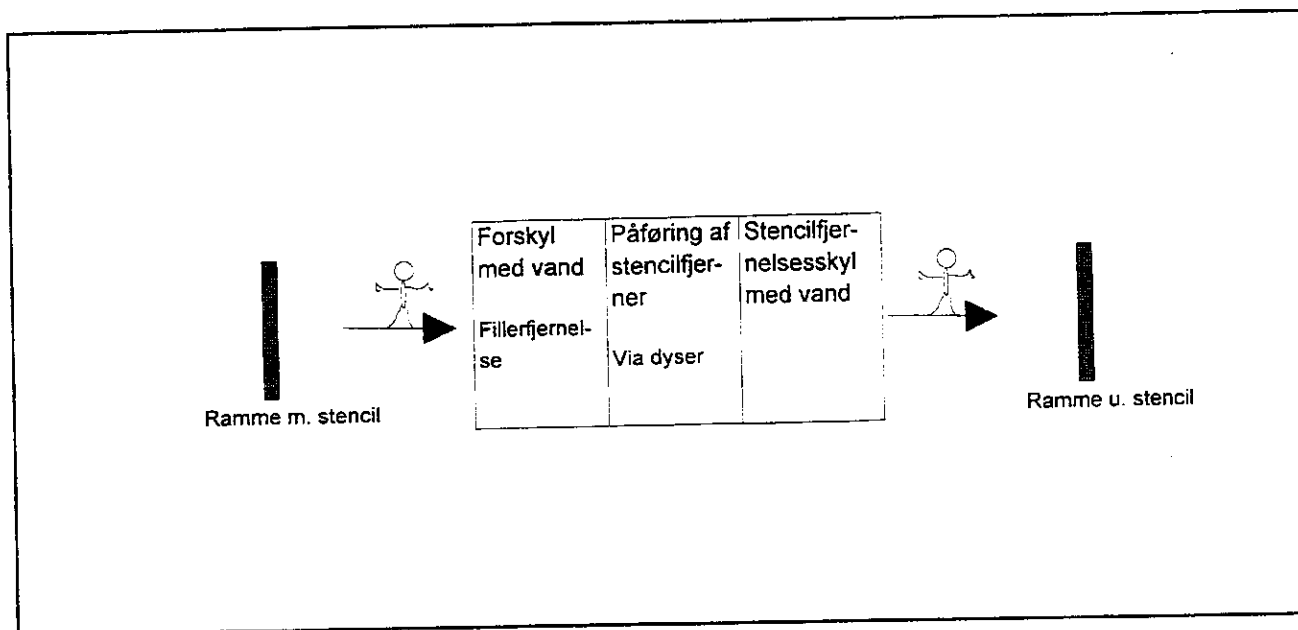
1. **Manuel stencilfjernelse:** Ved denne metode påføres rammen (primært vævet) stencilfjerner vha. børste/pensel/klud eller vha. en sprøjteflaske. Kemikaliet arbejdes evt. ind i vævet ved roterende bevægelser med en pensel/børste. Efter kortere eller længere indvirkningstid højtryksspules med vand. Hele processen foregår typisk i én vask, hvor al spild og påført mængde stencilfjerner samt oxideret stencil (hærdet fotoemulsion og evt. i mindre omfang opløsningsmiddelbaseret filler) føres til kloak (se figur 5.5).



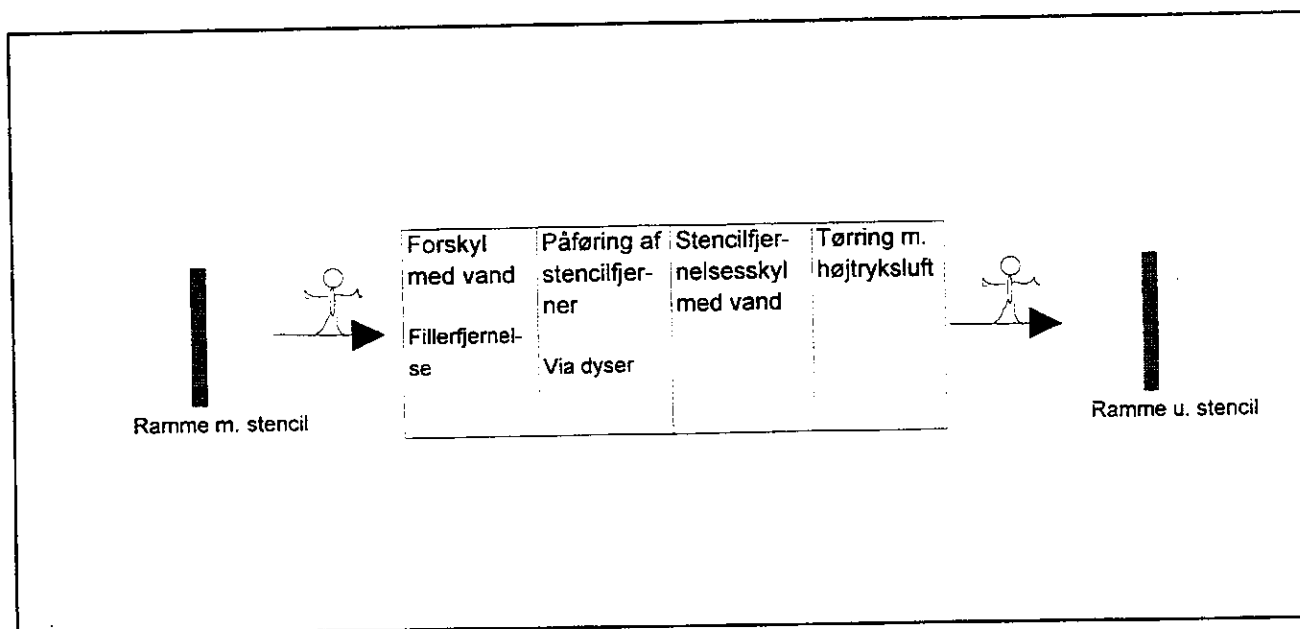
Figur 5.5
Manuel stencilfjernelse

2. **Automatisk stencilfjernelse:** Når rammen (tør eller våd) føres ind i stencilfjerner-kammeret bliver den, afhængig af det pågældende system, først skyllet (højtryksspulet) med vand (for at fjerne evt. vandfortyndbar filler, figur 5.6) eller umiddelbart påført stencilfjerner (figur 5.8). Stencilfjerner påføres typisk via dyser placeret i serier på rør, der i mange tilfælde samtidig bevæges op og ned. Efter en vis indvirkningstid højtryksspules rammen med vand ligeledes via dyser. Skyllevandet med indhold af anvendt stencilfjerner og oxideret stencil føres typisk til kloak. Flere systemer afslutter

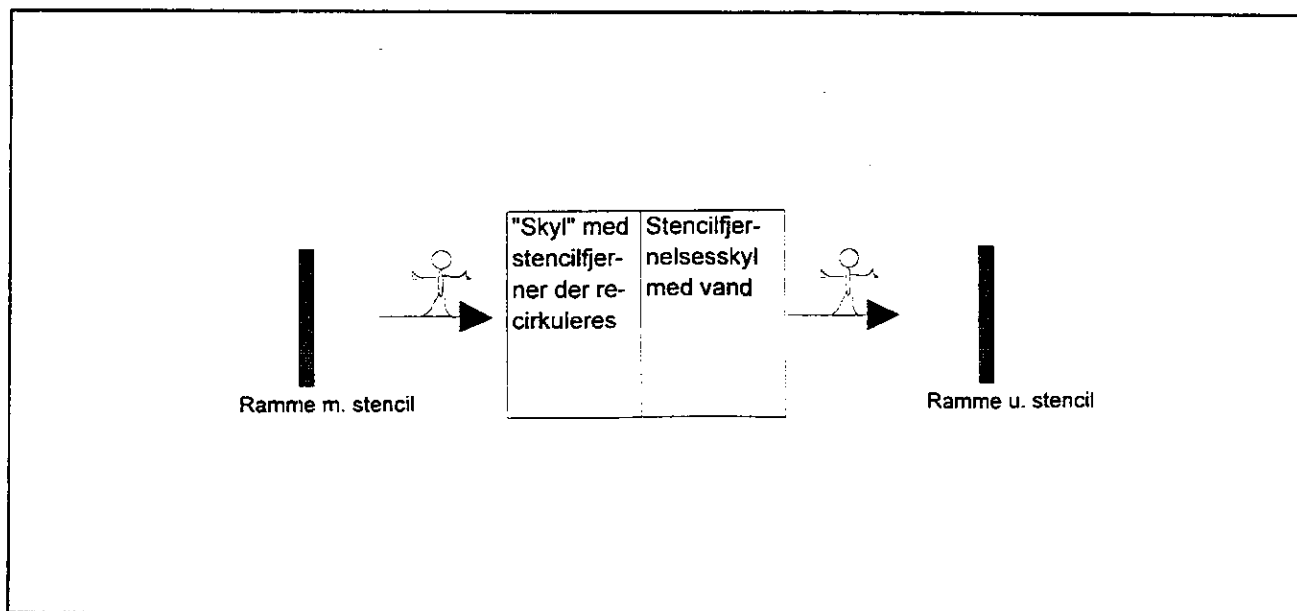
processen med en lufttørring af rammen f.eks. vha. højtryksluft (figur 5.7). Som anført nedenfor, kan der endvidere være indbygget affedtningstrin i automatiske stencilfjernelsesystemer (se figur 5.11 og 5.12).



Figur 5.6
Automatisk stencilfjernelse med forskyl



Figur 5.7
Automatisk stencilfjernelse med forskyl og tørring



Figur 5.8
Automatisk stencilfjernelse uden forskyl

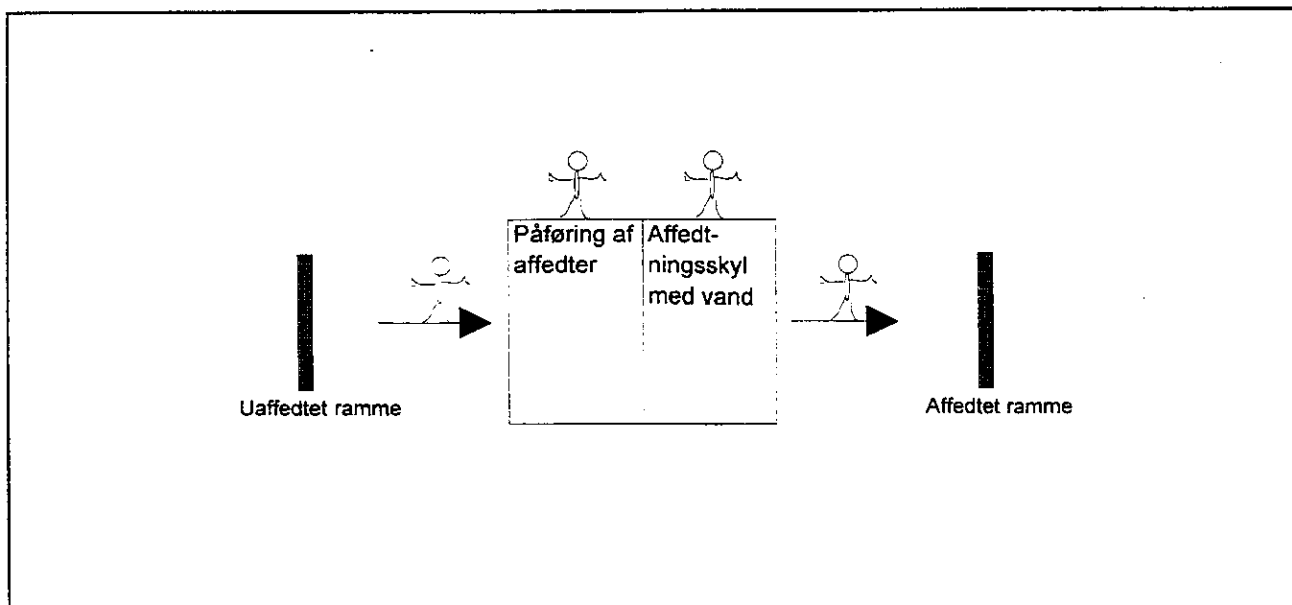
5.1.3 Status for affedtning

Efter stencilfjernelse og tørring er rammen i princippet klar til en ny formfremstilling, men i langt de fleste tilfælde vil rammen dog blive affedtet inden genbrug. Dette behøver dog ikke at være nødvendigt, hvis rammen genbruges kort tid efter endt stencilfjernelse. Hvis den får lov at stå, vil der efterhånden dannes en "fedtfilm" af forskellige urenheder fra luften afsat på vævet, og affedtning er derfor påkrævet før oprakling med fotoemulsion. Affedtning foretages ved to forskellige metoder:

1. Manuel affedtning
2. Automatisk affedtning

1. **Manuel affedtning:** Rammen (dvs. primært vævet) påføres affedter vha. sprøjteflaske eller børste/pensel/klud. I nogle tilfælde arbejdes affedteren derefter ind i vævet i roterende bevægelser med en børste. Efter en kort indvirkningstid skylles eller højtryksspules rammen med vand. Hele processen foregår typisk i én vask med afløb til kloak. Rammen er efter tørring klar til oprakling med fotoemulsion. Processen er skematisk beskrevet i figur 5.9.

Fedtfilm



Figur 5.9
Manuel affedtning

*Integreret del af
rammevaskeanlæg*

2. **Automatisk affedtning:** Denne proces forekommer næsten udelukkende som en integreret del af et rammevaskeanlæg og i mange tilfælde som en del af stencilfjernersektionen (se figur 5.11 og 5.12). Affedtning foretages altid efter stencilfjernelse, men der tilbydes i dag rammevaskeanlæg, hvor affedtning tillige kan foretages før stencilfjernelse (anbefales af nogle leverandører). Ved processen påsprøjtes rammen affedter vha. dyser placeret i serier på rør, der typisk samtidig bevæger sig op og ned. Efter en kort indvirkningstid skylles eller højtryksspules rammen med vand fra et tilsvarende dysesystem. Skyllevand med anvendt affedter føres typisk til kloak.

Urenheder

5.1.4 Status for skyggefjernelse

Hvis der efter farve- og stencilfjernelse stadig forekommer urenheder som farverester, stencilrester, indfarvning af vævet, kalkaflejringer m.m. (såkaldte skygger), anvendes en skyggefjerner til at færdiggøre rammen. Hvis der ses bort fra indfarvning, sidder disse urenheder typisk i hjørnerne af vævsmaskerne, og når rammen genbruges, kan dette medføre, at der under trykningen passerer for lidt farve gennem ellers tilsigtede fuldt åbne vævspartier. Der kan herved fremkomme "skyggebilleder" på den fremstillede tryksag. Skygger kan opdeles i følgende typer /20/:

Skyggebilleder

- I Indfarvning af væv
- II Farverester/emulsionsrester, evt. i kombination med kalkaflejringer
- III Fysisk slitage af vævet

*Diazobaserede
fotoemulsioner*

Type I kan fremkomme fordi visse typer pigmenter, f.eks. carbon black, kan indfarve vævstrådene /10/. Denne type giver ikke skygebilleder på tryksagen, og kan fjernes med hypokloritbaserede skygeffjernere af rent "kosmetiske" grunde /20/. Anvendelse af diazobaserede fotoemulsioner kan dog give skygger, der ved genbrug af rammen kan medføre problemer med korrekt overførsel af motiv ved belysningen under formfremstillingen. Fjernelse af denne typer skygger kræver ligeledes anvendelse af hypokloritbaserede skygeffjernere /17/.

Indtørring af trykfarve

Type II opstår primært, fordi vævet ikke rengøres ordentligt ved farve- og stencilfjernelsen. Dette hænger gerne sammen med at trykfarven får lov at indtørre i vævet - f.eks. over flere uger - inden rammen vaskes. Problemet kan være specielt stort ved trykning med sorte farver og vandfortyndbare farver /10,21/. I mange tilfælde kan problemet klares med en alkalibaseret skygeffjerner, og kun i få tilfælde er det nødvendigt at anvende opløsningsmiddelbaserede skygeffjernere /20,21/.

Fysisk slitage

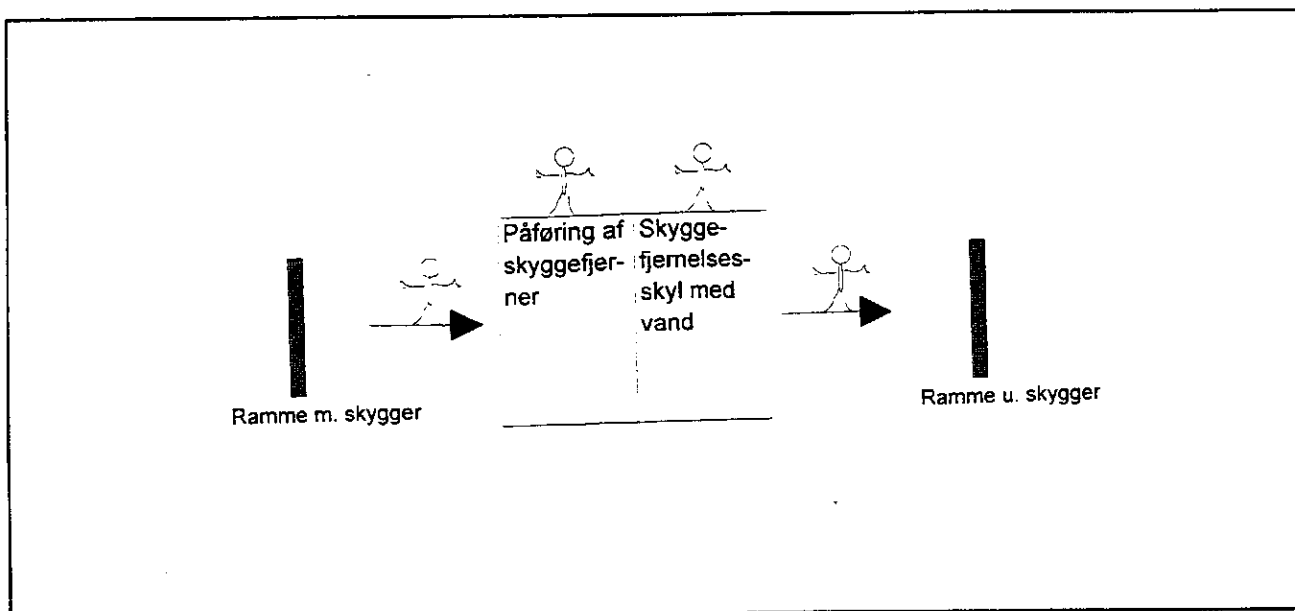
Problemet med skygebilleder, der opstår pga. fysisk slitage af vævet (type III), kan kun løses ved udskiftning af vævet. Fænomenet kan f.eks. opstå, fordi raklen på trykmaskinen, efter et stort antal tryk, har fladtrykt vævet i visse områder.

*Altid manuel
skygeffjernelse*

Skygeffjernelse foretages, så vidt vides, altid manuelt - evt. skylles med vand i automatiske anlæg (se figur 5.10). En årsag til dette er sandsynligvis, at på mange serigrafiske trykkerier skygefjernes kun en mindre del af de vaskede rammer og for nogle trykkeriers vedkommende skygefjernes stort set ikke, idet farve- og stencilfjernelse udføres rengøringsmæssigt effektivt. Visse automatiske rammevaskeanlæg er dog forberedt til skygeffjernelsestrin - har f.eks. et ekstra kemikaliepåsprøjtningssystem udover stencilfjerner og affedter - men så vidt vides, anvendes det ikke i Danmark. En undersøgelse af brug af skygeffjerner på 5 trykkerier, der har indgået i nærværende projekt (se bilag 3 og 7) eller har bidraget med oplysninger, viser at ét trykkeri skygefjerner rutinemæssigt ved alle afvaskninger (trykkeri A), ét i 50% af tilfældene (trykkeri E), ét i 10% af tilfældene (trykkeri F) og to i 1% af tilfældene (trykkeri C og /36/). Disse trykkerier trykker alle primært med opløsningsmiddelbaserede plast- og/eller papirfarver samt i mindre omfang UV-farver, bortset fra (trykkeri E) hvor UV-farver og vandfortyndbare UV-farver er dominerende.

*Automatiske
rammevaskeanlæg*

*Undersøgelse af brug af
skygeffjerner*



Figur 5.10
Manuel skyggeffjernelse

Type A og B

Skyggeffjernerer består typisk af et alkalibaseret (type A) eller hypokloritbaseret (type B) kemikalie (se kap. 4), der anvendes enten sammenblandet eller hver for sig. Skyggeffjernelse foretages ved at oprakle rammen med skyggeffjerner A eller A+B vha. en hulraket. Påførsel kan også foregå med pensel/børste. Efter en længere indvirkningstid (op til flere timer) påføres evt. manglende skyggeffjerner B med børste, og efter yderligere kort indvirkningstid højtryksspules rammen med vand i en vask med afløb til kloak. Al spild og afskyl føres således til kloak.

Definition af rammevask

5.1.5 Sammenfatning vedrørende rammevask

Samlet skal det anføres, at rammevask i nærværende sammenhæng defineres til at omfatte følgende fire processer:

- a) Farveffjernelse
- b) Stencilffjernelse
- c) Affedtning
- d) Skyggeffjernelse

I praksis vil a) og b) altid blive udført - bortset fra sjældne tilfælde hvor f.eks. stencilen genbruges (b udelades), eller ved fejl på stencilen som derfor ikke har været anvendt til trykning (a udelades). Proces c) vil som minimum være nødvendig efter længere tids henstand af rammen, mens behovet for d) er tvivlsomt hvis a) og b) udføres korrekt.

Skematisk fremstilling af rammevasketeknikker

En samlet skematisk fremstilling af de forskellige rammevasketeknikker samt de nedenfor beskrevne rammevaskeanlæg findes i bilag 1.

5.1.6 Status for rammevaskeanlæg

Definition af rammevaskeanlæg

I dag tilbydes, udover de ovenfor nævnte manuelle og automatiske "enkeltprocesanlæg", egentlige rammevaskeanlæg, der kombinerer flere processer i samme anlæg. Rammevaskeanlæg defineres her som anlæg, der mindst omfatter processerne farve- og stencilfjernelse. Flere anlægstyper indeholder tillige affedtning og/eller tørreproces. Ideen med rammevaskeanlæg er for flere typers vedkommende, at man anbringer beskidte rammer i den ene ende, og der så kommer rene rammer ud i den anden ende. Der anvendes og tilbydes i dag flere forskellige typer rammevaskeanlæg. Disse kan opdeles i to hovedtyper:

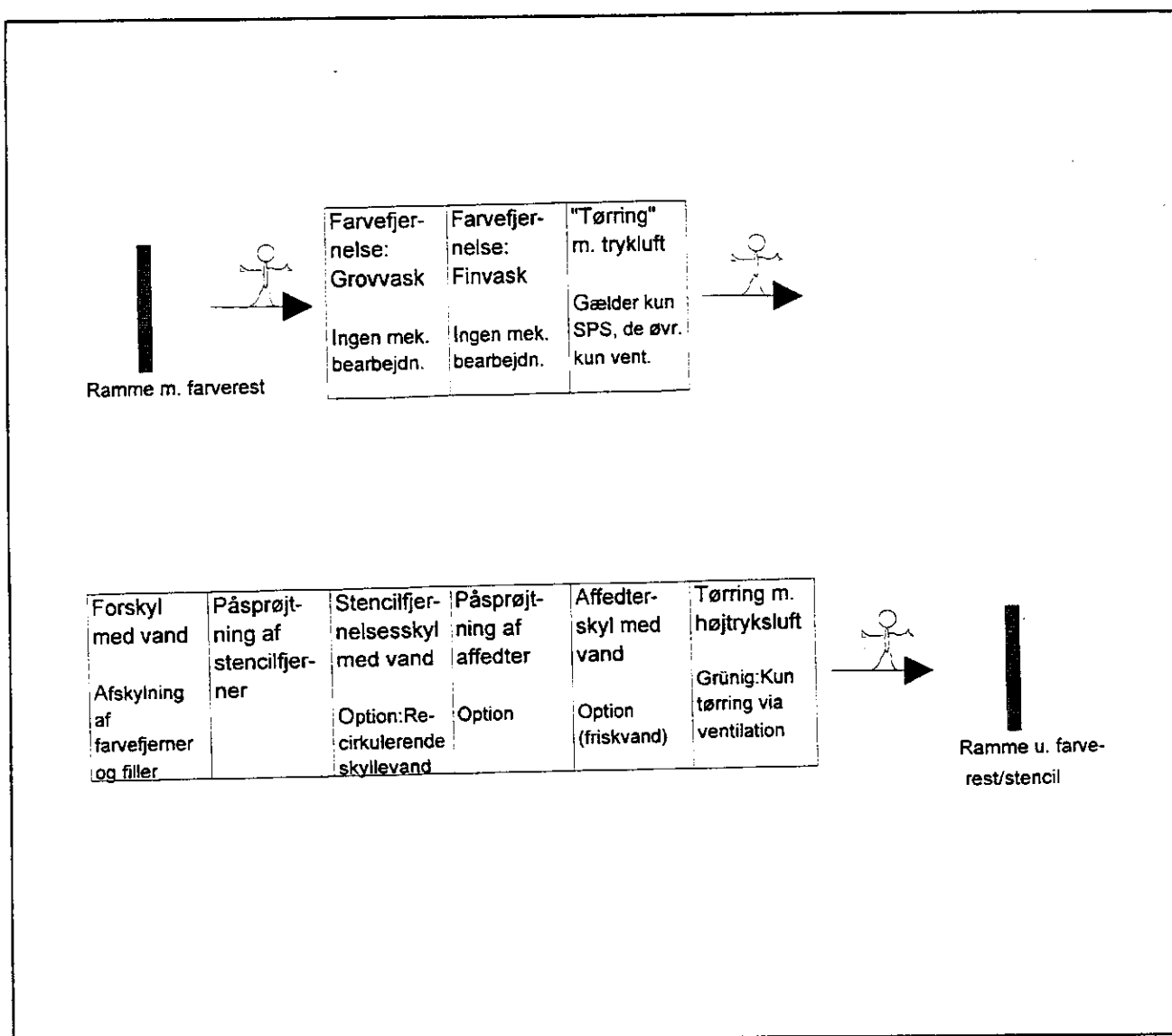
To hovedtyper

1. Halvautomatiske rammevaskeanlæg ("parallelanlæg")
2. Automatiske rammevaskeanlæg ("serieanlæg")

Manuel håndtering

1. **Halvautomatiske rammevaskeanlæg:** I disse anlæg er farvefjerner-kammeret og stencilfjerner-kammeret adskilt og typisk parallelstillet, således at rammen skal udtages manuelt af farvefjerner-kammeret, inden den manuelt føres ind i stencilfjerner-kammeret (se figur 5.11). På mange anlæg indsættes og udtages rammen i samme ende af vaskekammeret, men typer, hvor rammen automatisk transporteres gennem kammeret og udtages i modsatte ende, tilbydes også. Nogle af de nyeste typer anlæg kører med delvist afskærmede robotsystemer, der indsætter og udtager rammerne automatisk.

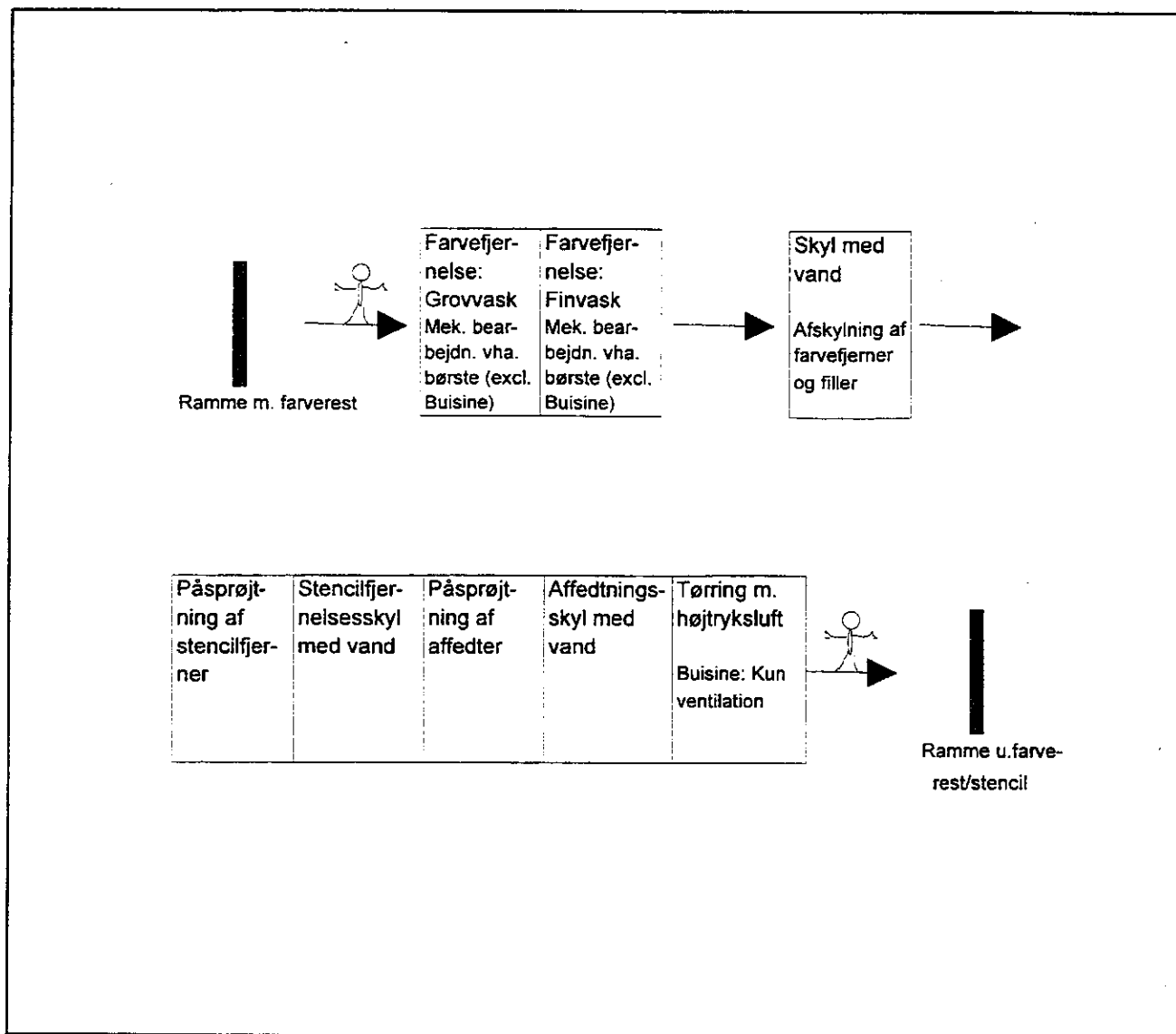
Robotsystemer



Figur 5.11

Eksempel: Halvautomatisk rammevaskeanlæg uden separat tørremodul

2. **Automatiske rammevaskeanlæg:** Her drejer det sig om anlæg, hvor farvefjerner- og stencilfjernersektion er serieforbundet, således at rammen automatisk (f.eks. vha. kæder eller ruller) føres fra den ene sektion over i den anden i en kontinuert eller sekvensvis bevægelse, se figur 5.12.



Figur 5.12

Eksempel: Automatisk rammevaskeanlæg uden recirkulation af stencilfjerner

De to hovedtyper af anlæg kan underinddeles ud fra forskellige kriterier, f.eks. hvorvidt følgende er tilstede eller ej:

- mekanisk bearbejdning af ramme i farvefjernersektionen
- vandskyl efter farvefjernerpåførsel
- anbefalet flammepunkt for farvefjerner

I næste afsnit (5.2) er eksisterende rammevaskeanlæg beskrevet mere detaljeret.

*Vask af rakel,
modskraber, m.m.*

5.1.7 Øvrige vaskeanlæg

Udover rammevaskeanlæg tilbydes tillige vaskemaskiner til vask af rakel, modskraber, farvebøtter o.lign. anvendt ved trykprocessen og herved "forurennet" med trykfarve. Vaskemaskinerne er principielt opbygget som de automatiske farvefjerneranlæg - hvoraf visse typer har indsatser for rakel og modskraber, således at disse løsdele kan vaskes sammen med rammen. Mange serigrafiske trykkerier afvasker dog rakel, modskraber m.m. manuelt med vævsåbner og klud - helt uden brug af vand. Vask af løsdele vil ikke blive behandlet yderligere i nærværende rapport.

5.2 Eksisterende rammevaskeanlæg

*Producenter af
rammevaskeanlæg*

Farvefjerneranlæg

Europæiske virksomheder

*Rammevaskeanlæg
i funktion*

Udgåede modeller

Pris

Der eksisterer i dag omkring 5 - 7 større producenter af rammevaskeanlæg på verdensmarkedet - hertil kommer minimum 10 producenter, der tilbyder automatiske farvefjerneranlæg samt et større antal leverandører. De fleste af disse producenter/leverandører tilbyder udover egentlige rammevaskeanlæg/automatiske farvefjerneranlæg også anlæg (dvs. vaske med tilbehør) til manuel farvefjernelse (med eller uden recirkulation) samt vaske til manuel stencil- og skyggefjernelse - herunder manuel affedtning. Markedet er domineret af europæiske virksomheder med Tyskland i spidsen (bl.a. omnitec og ESC), men også schweiziske (bl.a. Grünig), franske (bl.a. Buisine) og nordiske (Svecia og WJM) m.fl. er fremme i front (se bilag 2, tabel B2-1).

Der er i dagens Danmark (januar 1997) omkring 20 egentlige rammevaskeanlæg i funktion (se bilag 2, tabel B2-1) samt et formodet større antal farvefjerneranlæg (hovedparten sandsynligvis udgåede dyseanlæg), der ikke er forsøgt kortlagt i nærværende undersøgelse. Ud af de omkring 20 rammevaskeanlæg er ca. to tredjedele udgåede modeller, hvor de tidligere dansk producerede Notio-anlæg er dominerende. Egentlige rammevaskeanlæg koster i dag i området fra 500.000 kr til 1.000.000 kr, hvilket betyder, at det kun er de større serigrafiske trykkerier, der investerer i disse anlæg.

5.2.1 Karakterisering af eksisterende rammevaskeanlæg

De eksisterende rammevaskeanlæg/automatiske farvefjerneranlæg kan karakteriseres vha. et antal emner:

- rammens fremdrift
- farvefjernerens skyl
- mekanisk bearbejdning
- anbefalet flammepunkt
- vandskyl efter farvefjernelse
- recirkulation af stencilfjerneropløsning
- recirkulation af skyllevand
- indbygget affedtning
- indbygget ventilation
- indbygget tørring
- anbefalede optioner (muligheder)

Disse emner er behandlet nedenstående og fremgår desuden af tabel B2-1 i bilag 2.

Manuelt eller automatisk

Risiko for eksponering

Automatisk rammeffremføring

Dryppekar på rammeffremfører

Dyser

Udsløb af farvefjerner

Et- og to-tank anlæg

Adskilte sektioner

Roterende børster

Plastkugler

Rammens fremdrift kan enten foregå manuelt eller automatisk afhængig af om anlægget er henholdsvis halvautomatisk eller automatisk (fuldautomatisk). På halvautomatiske anlæg skal rammen, efter at den er blevet vasket i farvefjerner enheden, tages ud manuelt og føres over i stencilfjernerenheden. Dette medfører risiko for hudkontakt, (sprøjt/-stænk) og indånding af farvefjerner. Næsten alle aktuelle rammevaskeanlæg - dvs. de som stadig er på markedet - leveres dog i dag med automatisk rammeffremføring som option (evt. inklusiv magasin). Dette fjerner problemet med hudkontakt under normal drift - men afdampning af farvefjerner til lokalet vil stadig kunne forekomme. Transporten af rammen inde i selve anlægget (gælder primært automatiske anlæg) kan enten foregå med kæder eller ruller, der kører sekvensvis eller kontinuert. Nogle halvautomatiske rammevaskeanlæg leveres med dryppekar på rammeffremføreren. Dryppekaret bevirker at afdrypning (spild) af farvefjerner på gulv ved udtagning af rammen fra farvefjernerenheden begrænses væsentligt (afdryppet løber tilbage i farvefjernerenheden).

Farvefjerner skyl foregår på alle anlæg vha. dyser som beskrevet i afsnit 5.1.1. Visse udgåede anlæg kører ved meget højt dysetryk (op til 25 - 40 bar) for herved effektivt at rengøre rammen for farverester. Dette kan dog give problemer i form af overophedning af dyser og opvarmning farvefjerner med deraf følgende risiko for eksplosion samt meget kraftig aerosoldannelse og fordampning. Anlæggene kan være opbygget med en eller to farvefjernerforlag (tanke) og afvaskning med farvefjerner foregår i et og samme kammer. Antallet af forlag har betydning for hvor beskidt udslæbet er - dvs. hvor meget farverest det indeholder. Udslæbet består af den farvefjerner, der hænger på rammen, når den skylles med vand eller recirkuleret stencilfjerneropløsning. Alt andet lige vil udslæbet fra et ét-tank anlæg være mere beskidt end et tilsvarende udsløb fra et to-tank anlæg med grov-/finvask i én sektion, der igen vil være mere beskidt end et tilsvarende udsløb fra et to-tankanlæg med grov- og finvask i adskilte sektioner. At udslæbet - alt andet lige - ville være mindre "beskidt" ved sektion-sopdeling skyldes, at det her kun er rammen, der bærer "beskidt" farvefjerner fra grovvasken til finvasken - ikke hele kammeret, som det er tilfældet på anlæg med kun én sektion. Der er dog ikke ved nærværende kortlægning af eksisterende rammevaskeanlæg konstateret typer med sektionsoptelt grov- og finvask.

I visse anlæg er indbygget **mekanisk bearbejdning** i farvefjernersektionen. Det drejer sig først og fremmest om roterende horisontale eller vertikale børster. Formålet med børsterne er at få masseret farvefjerner ind i vævet for herved at opnå en bedre opløsning af tilstedeværende farverester og hermed et bedre rengøringsresultat. Samme effekt søges opnået ved at tilsætte plastkugler til farvefjerner på en enkelt anlægstype. Med den hensigt at mindske udslæbet af farvefjerner til stencilfjernersektionen har en enkelt producent indskudt en

<i>Mekanisk tørre-sektion</i>	såkaldt mekanisk tørre-sektion mellem farvefjerner- og stencilfjernersektionerne, hvor roterende vertikale børster angiveligt "slår/børster" farvefjerner af rammen. En del af farvefjerner vedhængen bliver herved ført tilbage til farvefjernerforlaget.
<i>Flammepunkt</i>	Hvad angår anbefalet flammepunkt (fp) for farvefjernere opereres med to hovedgrupper, nemlig $21^{\circ}\text{C} \leq \text{fp} \leq 55^{\circ}\text{C}$ og $\text{fp} > 55^{\circ}\text{C}$. Som beskrevet i afsnit 4.2.1 hænger dette bl.a. sammen med EU's klassificeringsregler for brandfarlighed og hermed krav til eksplosionssikring af vaskeanlæggene. En enkelt nordisk producent satser bevidst på anlæg, der udelukkende må køres med farvefjernere med flammepunkt over 55°C . I Danmark køres i dag i stor udstrækning - primært af arbejdsmiljø/luftemissions årsager - med farvefjernere med flammepunkter over 100°C , se afsnit 4.2.1. Disse typer er vandemulgerbare og/eller vandopløselige og skal skylles af med vand, fordi de ikke, som typerne med meget lavt flammepunkt, i mere eller mindre omfang forsvinder fra rammen ved fordampning, se kap. 6. Tyske producenter m.fl. anbefaler brug af farvefjernere med flammepunkt i det lave område, bl.a. fordi det hævdes, at der opnås en bedre rengøringskvalitet /17/ samt mulighed for at destillere farvefjerner med henblik på genbrug. Hvad angår behandling af farvefjerner, skal det desuden bemærkes, at bl.a. visse tyske automatiske farvefjerneranlæg leveres med sedimentationstank, som giver mulighed for at bundfælde/udslamme pigmenter i den brugte farvefjerner - angiveligt med henblik på at forlænge dens levetid og forbedre kvaliteten af farvefjerner samt mindske udsløb af pigmenter til skylletrin.
<i>Nordisk producent</i>	
<i>Tyske producenter</i>	
<i>Sedimentationstank</i>	
<i>Skyl med recirkuleret stencilfjerner</i>	Vandskyl efter farvefjernelse findes på et flertal af de rammevaskeanlæg, der er i funktion i Danmark og/eller tilbydes på verdensmarkedet. Det er placeret i stencilfjernersektionen og tjener, udover at afskylle rammen for indslæbt farvefjerner, den funktion at fjerne tilstedeværende vandbaseret filler. Et par producenter leverer anlæg, hvor der i stedet for skyl med vand anvendes en vandig opløsning af stencilfjerner. Herved udføres afskylning af indslæbt farvefjerner og vandbaseret filler samt stencilfjernelse i et trin.
	På anlæg, hvor der skylles med en vandig opløsning af stencilfjerner, er der samtidig indbygget recirkulation af stencilfjerneropløsningen . Et enkelt type anlæg leveres endvidere med vertikale børster i stencilfjernersektionen. Under påsprøjtning af stencilfjerneropløsningen masserer børsterne opløsningen ind i vævet (og slår stencilfragmenter af), hvorved rengøringsprocessen angiveligt effektiviseres. At farvefjerner ikke er skyllet af (med vand), inden der påføres stencilfjerner, kan give problemer med skum i stencilfjernerrecirkulatet. Anvendelse af skumdæmper kan derfor blive aktuel.
<i>Skumdæmper</i>	
<i>Recirkulering af skyllevand</i>	Flere anlæg er enten "født med" indbygget recirkulering af skyllevand fra afskylninger i stencilfjernersektionen - dvs. afskylning af indslæbt brugt farvefjerner, brugt stencilfjerner samt evt. brugt affedter - eller også tilbydes det som option. Sidste skyl er med friskvand. Under recirkuleringen behandles vandet i mere eller mindre

<i>Vandbehandling</i>	omfang afhængig af anlægstype. Behandlingen spænder fra simpel bundfældning kombineret med grovfiltrering (dvs. partikelfjernelse) til multiple filtersystemer kombineret med slamfang/olieudskillere. Overløb føres typisk direkte til kloak (evt. vandbehandles før afledning, se afsnit 5.3). De fleste anlæg har affedtning indbygget som en del af stencilfjernersektionen, men hvorvidt det reelt tages i anvendelse er varierende.
<i>Ventilation</i>	Ventilation (udsugning) er indbygget i stort set alle anlægs farvefjernersektion, typisk med direkte afkast til det fri. Formålet er at skabe undertryk i farvefjernersektionen (kammeret) under drift for herved at undgå afdampning af farvefjerner til lokalet. Systemet kan være udbygget med f.eks. automatisk kraftigere udsug, når der åbnes for kammeret.
<i>Luftemission</i> <i>Separat tørremodul</i>	Tørring i farvefjernersektionen forefindes på de fleste anlæg. Det kan enten foregå vha. trykluft eller kraftig ventilation. Problemet med at tørre rammen, mens den befinder sig i farvefjernersektionen, er, at ikke blot rammen men alle andre overflader i kammeret tørres. Herved bliver tab af farvefjerner som luftemission stort. Dette er forsøgt imødegået af to tyske producenter, som tilbyder et separat tørremodul som option. Princippet er, at rammen efter afdrypning i farvefjerner-kammeret tages våd ud og føres ind i tørremodulet, hvor den tørrer, inden den føres ind i stencilfjernersektionen. Flere anlæg har desuden installeret trykluft i stencilfjernersektionen til afblæsning af vand efter sidste skyl af rammen. En enkelt type anlæg har indbygget mekanisk tørring efter sidste vandskyl i form af roterende vertikale børster.
<i>Mekanisk tørring</i>	
<i>Destillationsanlæg</i> <i>Olieudskillere med coalescer</i> <i>Emulsionsspalteanlæg</i> <i>Destillation af spildevand</i>	Af anbefalede optioner skal nævnes, at for flere anlæg, hvor det anbefales at anvende farvefjernere med flammepunkt under eller lig med 55°C, tilbydes der destillationsanlæg til genbrug af farvefjerner, se kap. 8 for yderligere beskrivelse. Hertil kommer forskellige vandbehandlingsteknikker såsom olieudskillere med coalescer (f.eks. SOLVEX), emulsionsspalteanlæg (f.eks. Spilt-O-Mat) samt som noget relativt nyt destillation af spildevand (omni-AquaLoop). Disse systemer anvendes i dag primært som "end of pipe" løsninger og "end-nu" i mindre udstrækning til opgradering af recirkuleret skyllevand. De forskellige typer af vandbehandlingsteknikker findes beskrevet i afsnit 5.3. Ingen producenter tilbyder luftemissionsbehandlingsanlæg. Dette kan bl.a. hænge sammen med, at det i de fleste tilfælde ikke er påkrævet at emissionsbegrænse fra rammevask (isoleret betragtet) med de nuværende gældende regler /31/, se endvidere kapitel 6. Ifølge en tysk leverandør, der tidligere tilbød luftemissionsbehandlingsanlæg, anvendes disse ikke ved rammevask i Tyskland, selvom man her typisk anvender meget flygtige farvefjernere i endog meget store rammevaskeanlæg. Til behandling af afkastluften med dampformig farvefjerner kan anvendes kulfiltre.
<i>Luftemissionsbehandlingsanlæg</i>	
<i>Kulfiltre</i>	

Kortlægning af status Spørgeskema

5.2.2 Detaljeret karakterisering af visse anlæg

I forbindelse med kortlægning af status for rammevask blev der udsendt spørgeskemaer til i alt ca. 15 producenter/leverandører af rammevaskeanlæg. Spørgeskemaet omfattede de emner, der fremgår af "processkemaerne" i bilag 2. Kun fra 3-4 producenter er lykkedes at få brugbare oplysninger. Det drejer sig om Bochonow/omnitec GmbH (dansk agent: Udesens), SPS Siebdruckmaschinen GmbH (tidligere dansk agent: Hjelm), SVECIA (dansk producent: Grønlund Maskinfabrik) og Notio (tidligere dansk producent: Notio/Hem Maskinfabrik). Processkemaer (svarende til udfyldte spørgeskemaer) for anlæg fra disse fire findes i bilag 2, og anlæggene findes desuden beskrevet som procesflow i bilag 1.

Anlæg fra Bochonow

Anlæg fra ESC

Udelukkende emission til luft

Rammevaskeanlægget fra Bochonow (se processkema i bilag 2) repræsenterer en type nyere udviklede primært tyske rammevaskeanlæg, hvor ESC's og til dels SPS's anlæg, der dog er af ældre type og nu udgået, tilhører samme type - se skema B2-1 og processkemaer i bilag 2. Det drejer sig om halvautomatiske anlæg uden mekanisk bearbejdning af rammen, og de er bygget med henblik på anvendelse af flygtige farvefjernere, der regenereres ved destillation. De er endvidere karakteriseret ved recirkulering af skyllevand og mulighed for tilkobling af forskellige vandbehandlingsteknikker. I processkemaet for Bochonow-anlægget i bilag 2, angives et relativt lavt farvefjerner-spild (og hermed forbrug) udelukkende som emission til luft. Dette skyldes først og fremmest, at det er taget for givet, at den brugte farvefjerner destilleres med 100% regenerering, og at der anvendes en flygtig farvefjerner. At spild til vand og kemikalieaffald, som angivet er 0, vurderes som urealistisk. Det har desværre ikke været muligt at få dette bekræftet ved "massebalancemålinger", idet ingen anlæg af denne type, så vidt vides, var opstillet i Danmark på det aktuelle tidspunkt. Der er dog udført målinger på et SPS-anlæg (se kap. 6), men her er man af arbejdsmiljømæssige årsager gået over til at anvende en ikke flygtig farvefjerner og udnytter derfor ikke anlæggets muligheder.

SPS-anlægget

Leverandørens/producentens oplysninger vedrørende SPS-anlægget, hvor det forudsættes, at der anvendes en flygtig farvefjerner, fremgår af processkema i bilag 2. Som det ses, er anlægget opbygget efter samme princip som Bochonow's. Der er anført et farvefjernerforbrug på 184 g/ramme, som omregnet på basis af max. rammestørrelse giver ca. 25 g/m², hvilket er lavere end Bochonow-anlæggets forbrug. Dette vurderes at være urealistisk, idet Bochonow anlægget skønnes at have det laveste forbrug, fordi det kan køre med separat tørremodul - hele farvefjerner-kammeret skal ikke tørres som i SPS men kun rammen - og fordi det er et nyere anlæg med generelt større ressourceforbrugs-optimering.

Svecia-anlægget

Svecia-anlægget (se processkema i bilag 2) repræsenterer en egenartet type, hvor der bevidst er satset på anvendelse af ikke flygtige farvefjernere. Anlægget adskiller sig endvidere fra de øvrige, ved at rammen føres gennem anlægget ved en kontinuer transport vha. vertikale

*Anlæg fra Muller
Anlæg fra WJM*

ruller. Hertil kommer, at der i vid udstrækning er gjort brug af mekanisk bearbejdning og "mekanisk tørring" i form af vertikale børster. Mekanisk bearbejdning af rammen findes desuden i anlæg fra Muller og Notio (begge børster) samt WJM (plastkugler) men slet ikke i det omfang, som det ses i Svecia-anlægget. Endvidere skiller anlægget sig ud ved at benytte recirkulering af stencilfjerner, hvilket herudover kun ses i Muller's anlæg. Anlæggets angivne farvefjernerforbrug er højt (147 g/m^2) i forhold til Bochonow-anlæggets forbrug (40 g/m^2), hvilket primært hænger sammen med, hvorvidt der regenereres farvefjerner eller ej. Som det fremgår af nøgletallene for Svecia-anlægget, ender farvefjerner primært som kemikalieaffald og i spildevandet - og ikke som i Bochonow-anlægget i luften - hvilket afspejler, at der her anvendes en ikke flygtig farvefjerner, som primært fjernes fra rammen ved afskylning med stencilfjernerrecirkulat. Hvad angår nøgletal for stencilfjernerforbrug, er de kun sammenlignelige ved kendskab til aktivt stofindhold - men det skønnes, at det er muligt at have et lavere forbrug af aktivt stof (perjodat/perjodsyre) i Svecia-anlægget end i de øvrige anførte anlæg i processkemaerne i bilag 2, fordi Svecia-anlægget benytter recirkulation. Vandforbruget er moderat, dvs. at det ligger mellem Bochonow-anlæggets lave forbrug - som nok primært skyldes anvendelse af skyllevandsrecirkulation - og det noget ældre Notio-anlægs meget høje forbrug. Svecia-anlæggets nøgletal for energiforbrug udgør kun ca. halvdelen af Bochonow-anlæggets - hvilket afspejles i de tilsvarende størrelser af installeret effekt.

Notio-anlægget

Notio-anlægget (se processkema i bilag 2) er en ældre og udgået type, der er karakteriseret ved et meget stort kemikalie- og vandforbrug. Dette fremgår af nøgletallene, der ligger væsentligt over Bochonow- og Svecia-anlæggenes nøgletal. Ved de udførte målinger er der anvendt en ikke flygtig farvefjerner, der skylles af med vand, hvilket i det givne tilfælde ses på det meget store udsløb (spild) til vand.

5.3 Eksisterende vandbehandlingsteknikker

I dette afsnit gennemgås kort de spildevandsbehandlingsmetoder, der vides at have en vis udbredelse for spildevand fra rammevaskeanlæg, idet der for en gennemgang af potentielle vandbehandlingsteknikker henvises til kapitel 8. Udgangspunktet for gennemgangen har været tilgængelig litteratur om emnet og kendskabet til praksis i Danmark og til dels i Tyskland.

*Sammensætning af
spildevand*

5.3.1 Karakterisering af spildevand fra rammevask

Mængde og sammensætning af spildevand fra vask af serigrafirammer vil afhænge af en lang række forhold. Først og fremmest vil spildevandet fra vask af en enkelt ramme være afhængigt af det antal operationer rammen udsættes for - f.eks. farvefjernelse, stencilfjernelse, skyggefjernelse og affedtning. Herudover vil mængden og især typen

af indholdsstoffer afhænge af den indslæbte farve samt typen af kemikalier, der anvendes i de enkelte operationer.

I det følgende er kort nævnt de overordnede karakteristika for spildevandet, der kan være af betydning for valg og virkemåde af en spildevandsbehandlingsmetode.

Partikulært stof. Spildevandet indeholder partikulært stof dækkende et stort variationsområde lige fra store taperester og skaller af stencilfarverest til submikroskopiske farvepigmenter. Større partikler lader sig let fjerne ved simpel filtrering, hvorimod fjernelse af især visse farvepigmentrester vil kræve en videregående behandlingsmetode.

Opløst stof. Indholdet af opløste stoffer i vandfasen vil typisk være domineret af vandopløselige opløsningsmidler, uorganiske salte samt i begrænset omfang pigmenter. Fjernelse af opløst stofindhold kræver en videregående vandbehandlingsmetode.

Emulgeret stof. For tilsatte kemikalier med en begrænset vandopløselighed vil der typisk kunne dannes stabile emulsioner bestående af findispergerede dråber af det pågældende kemikalie. For fjernelse af dette stofindhold kræves en videregående behandling.

5.3.2 Eksisterende vandbehandlingsteknikker

I det følgende skal omtales to principper til spildevandsbehandling, der har fundet en vis udbredelse for behandling af spildevand fra rammevask. Efter disse principper fjernes især indholdet af partikulært og emulgeret stof, hvorimod fraktionen af opløst stof kun delvis reduceres. Endvidere omtales kort en inddampningsproces, der i begrænset omfang finder anvendelse i udlandet.

Fysisk separation (gravimetrisk). Princippet i denne metode er "passivt", dvs. behandlingen foretages uden aktiv tilførsel af kemikalier eller energi. Ved gravimetrisk behandling af spildevand udnyttes, at tilstedeværende stoffer kan være tungere eller lettere end vand, hvorved de enten bundfældes eller skilles fra som overløb. Dette kan foregå i en simpel olieudskiller, eller mere avanceret ved at spildevandet ledes gennem et filter af coalescer-typen, der i princippet består af en række vandrette bølgeformede plader med lille indbyrdes afstand. Ved passage af dette arrangement af plader bundfældes de tungere og større partikler i spildevandet og kan tages ud som et slam. Fine dråber slår sig sammen til større dråber, der sammen med øvrige lette svævestoffer stiger op gennem huller i pladerne og kan tages ud som et overløb. I en udbygget version af dette apparatur passerer det rensede spildevand et fyldlegeme, hvorved de fineste ikke-fjernede emulsionsdråber adsorberes til fyldlegemet.

Dette princip er velafprøvet, relativt billigt i anskaffelse og kræver ikke den store pasning. Der fremkommer et spildevand, hvor reduktionen i indholdet af forurenende stoffer er relativt stor, omend der

*To principper med
en vis udbredelse*

Coalescerfilter

Fyldlegeme

næppe kan tales om en rensning til et absolut lavt niveau. Processen giver - som mange øvrige rensningskoncepter - nogle spildstrømme, der bør bortskaffes som kemikalieaffald, og for hvilke bortskaffelsesomkostningerne er relativt høje pga. et relativt højt vandindhold i kemikalieaffaldet.

Rensningsprincippet har nok sin største berettigelse, når der ønskes opnået et rensat spildevand, der kan recirkuleres, idet et restindhold af opløste stoffer i så tilfælde ikke er meget kritisk. Princippet er indført i i hvert fald én dansk serigrafisk virksomhed, hvor det primære sigte netop er opnåelse af et relativt rent spildevand til recirkulation.

Apparatur efter dette princip forhandles f.eks. under navnet SOLVEX, der produceres af det tyske firma Remco Chemie.

Kemisk/fysisk separation (fældning/flokkulering). Ved at tilsætte spildevandet et fældnings- og flokkuleringskemikalie opnås at selv meget små partikler "bindes" sammen i større agglomerater. Ved denne dannelsesproces (flokdannelse) indfanges også - til en vis grad - mindre emulgerede dråber. Teknikken kaldes derfor også for "emulsionsbrydning". De dannede flokke lader sig efterfølgende separere fra vandfasen ved simpel filtrering. Virkningsmekanismen er hovedsagelig af fysisk natur idet en fældning i egentlig kemisk forstand kun i beskedent omfang er ansvarlig for stofreduktionen.

Flokdannelse

"Emulsionsbrydning"

Processen gennemføres batchvis og oftest automatisk med kontrolleret kemikalietsætning og omrøring i flokdannelsesfasen. Efter endt flokdannelse overføres det behandlede spildevand til en filtreringsenhed, typisk et båndfilter eller siposer. Pasningen af anlægget indskrænker sig typisk til efterfyldning af kemikalier i forlag og bortskaffelse af frafiltreret materiale.

*Rensning for suspenderet
og emulgeret stof*

Som for den forrige procestype fremkommer der efter dette princip et spildevand med en relativt god rensning for suspenderet og emulgeret stof, idet der sjældent vil være tale om rensning til absolut set lave stofindhold. Det vurderes, at det rensede spildevand vil kunne recirkuleres til rammevask til delvis erstatning for friskvand. Også efter dette princip fremkommer et reststof, der typisk bør bortskaffes som kemikalieaffald, for hvilket der må påregnes en relativ høj omkostning - igen til dels på grund af et relativt stort vandindhold.

Apparatur efter dette princip forhandles f.eks. under navet Split-O-Mat, der produceres af det tyske firma Enviro-Chemie.

Fysisk separation (inddampning). Ved at underkaste spildevandet en inddampning opnås afdestillering af "ren" vanddamp. Ved kondensering af vanddampen opnås vand af en høj renhed, der muliggør ubegrænset genbrug i rammevaskeprocessen. Spildevandets ikke-flygtige og svært flygtige komponenter opkoncentreres herved i en koncentratstrøm, der bør bortskaffes som kemikalieaffald.

Ubegrænset genbrug

Normalt betragtes processen som både investeringstung og dyr i drift, det sidste primært på grund af høje energiomkostninger og udgifter til bortskaffelse af koncentratstrømmen. For at reducere disse omkostninger skal der derfor primært minimeres i den spildevandsmængde, der underkastes behandling. Metoden vides implementeret på et tysk trykkeri, der da også opererer med en høj primær direkte vandrecirkulation for processen, således at der kun er behov for inddampning af en relativt lille mængde spildevand. Endvidere formodes det, at denne virksomhed arbejder med en letflygtig farvefjerner, hvorved mængden af koncentratstrøm fra inddamperen vil være mindre end ved brug af f.eks. diesterbaserede farvefjernere, der uvægerligt typisk vil udslæbes til skylletrinnet i større omfang.

Spildevandsfri drift

Den omtalte tyske virksomhed påstås drevet "spildevandsfrit" /32, 17/. Det anvendte apparatur forhandles under navnet omni-AquaLoop og produceres af firmaet omnitec.

Ovennævnte teknikker skal tages som repræsentanter for teknikker, der vides at have en vis udbredelse i branchen og skal altså ikke betragtes som en fuldstændig listning. Der findes sandsynligvis også implementeret andre teknikker eller varianter af de ovennævnte.

Spildevandsteknikker efter andre principper

I takt med en forventet øget fokus på udledning af industrispildevand - i Danmark såvel som i udlandet - vil der uden tvivl også blive fokuseret på spildevandet fra den serigrafiske branche. Dette kan forventes at ville give anledning til en videreudvikling af de kendte teknikker, men måske i højere grad udvikling af spildevandsteknikker efter principper kendt fra andre typer spildevand. I kapitel 8 vil der således blive gennemgået en række potentielle teknikker med en kort vurdering af teknik og økonomi.

Oversigt over leveran- dører

Det skal desuden bemærkes, at der i bilag 9 findes en oversigt over leverandører af vandbehandlingsteknikker til rammevask.

6 Udredningsundersøgelser udført på serigrafiske trykkerier

5 serigrafiske trykkerier	For at få indsigt i hvilke parametre (procesbetingelser) der ved rammevask er styrende for den potentielle miljøbelastning, er der udført undersøgelser på 5 serigrafiske trykkerier. Disse er beskrevet i bilag 3 sammen med detaljerede beskrivelser af undersøgelserne og resultaterne. Nedenstående gennemgås hovedresultaterne af undersøgelsen.
Spild og ressourceforbrug	Det er her valgt at betragte størrelsen af spild (emission) og af ressourceforbrug (herunder energi og vand), ved den pågældende proces/teknik, som udtryk for størrelsen af potentiel miljøbelastning. I kap. 4 er de indgående rammevaskekemikaliers miljø- og sundhedsfarlighed vurderet, og en samlet vurdering af proces/teknik og farlighed af kemikalierne fremgår af kap. 7.
Potentiel miljøbelastning	
Nøgleenhed	At kunne sammenligne ressourceforbrug/spild ved rammevask udført under forskellige betingelser kræver, at de fundne måledata relateres til den samme "nøgleenhed", dvs. funktionelle enhed. Man skal altså finde den enhed, der mest repræsentativt giver et udtryk for ressourceforbrug/spild set i forhold til "produktet" (værdien) af processen. Hvis der for rammevask skal defineres et "produkt", må det være rene rammer (til genbrug). Antal rammer er i visse tilfælde - som f.eks. vandforbrug på visse rammevaskeanlæg - en god funktionel enhed, men dårlig hvad angår f.eks. udsløb af kemikalie til skylletrin, idet udslæbet i udpræget grad afhænger af rammens størrelse. Vævsarealet (dvs. rammeareal excl. profiler) eller stencilareal (dvs. vævsareal excl. åbne partier) er i nogle tilfælde anvendelig - f.eks. udsløb af hærdet fotoemulsion og filler - mens det i andre tilfælde er mindre repræsentativt, f.eks. hvad angår spild af rammevaskekemikalier. Opgørelse af vævs/stencilareal er desuden omstændelig, mens brug af rammens dimensioner (og hermed areal) er udbredt inden for serigrafi. Det er her vurderet, at den mest hensigtsmæssige funktionelle enhed er arealet af den behandlede ramme (dvs. pr. kvadratmeter ramme), fordi den mest repræsentativt relaterer sig til processens ressourceforbrug/spild og "produkt", samt er en let målelig størrelse.
Funktionel enhed	
Areal af behandlet ramme	
Massebalancer	Som det fremgår af bilag 3, er der ved undersøgelserne på virksomhederne opstillet massebalancer for den pågældende proces under veldefinerede betingelser. Endvidere er den anvendte proces/teknik detaljeret beskrevet, og typer af indgående kemikalier anført. Registreringen er i øvrigt udført på baggrund af den antagelse, at primært følgende parametre/betingelser kan have indflydelse på ressourceforbrug/spild fra processerne:
Betydende parametre	• teknik (afdrypningstid, indsløb af farverest, $\pm$ afskrabning) • procestype (manuel, halvautomatisk eller automatisk) • kemikalier (type - herunder flygtig/ikke flygtig)

Karakteristik af spildevand

For at få en karakteristik af spildevandet fra de forskellige rammevaskeprocesser, blev spildevandsprøver analyseret for pH, tørstof (TS), glødetab (GT), adsorberbart organisk halogen (AOX), kemisk iltforbrug (COD), biokemisk iltforbrug (BOD₅) og nitrifikationshæmning. De anvendte metoder m.m. fremgår af bilag 3. Parametrene er udvalgt på baggrund af Miljøstyrelsens Spildevandsvejledning /25,35/ kombineret med en vurdering af relevans over for spildevand fra rammevask.

pH

pH: Angiver spildevandets surhedsgrad. Primært medtaget for at afklare hvorvidt anvendte syrer (f.eks. i stencilfjernere) og baser (f.eks. i skyggefjernere) er neutraliseret ved afledning med spildevand.

Tørstof

Tørstof (TS): Medtaget som et generelt udtryk for spildevandets indhold af både uorganisk og organisk stof (excl. flygtige forbindelser). Er i visse tilfælde brugt til at estimere fortyndinger.

Glødetab

Glødetab (GT): Giver et rimeligt udtryk for spildevandets indhold af organisk stof (excl. flygtige forbindelser).

AOX

Adsorberbart organisk halogen (AOX): Bestemmer spildevandets indhold af halogenerede organiske forbindelser (klor, brom og jod) omregnet til mikrogram klor pr. liter, selvom der ikke behøver at være tale om klorerede forbindelser. Ved anvendelse af hypoklorit-baserede skyggefjernere (40b) er der velbegrundet mistanke om dannelse af klorerede organiske forbindelser (se kap. 4). Her til kommer, at en meget væsentlig del af de hyppigst anvendte organiske pigmenter er klorerede /1/. Fra starten af undersøgelserne var der mistanke om mulig dannelse af joderede organiske forbindelser ved stencilfjernelse, hvor der oxideres med perjodater /1/. Dette forhold er desuden behandlet i kap. 4.

COD

Kemisk iltforbrug (COD): Giver et udtryk for den mængde ilt, der skal bruges for kemisk at oxidere tilstedeværende organisk stof fuldstændig og er hermed et udtryk for den iltmængde, der er nødvendig for fuldstændig nedbrydning til kuldioxid, vand og salte. COD-analyser er endvidere brugt som indirekte målinger af farvefjernerindhold i skyllevand (se kap. 9 og bilag 7).

BOD₅

Biokemisk iltforbrug (BOD₅): Er en analysemetode til bestemmelse af prøvens biologiske iltforbrug. Prøven podes med husspildevand - henstår i 5 dage og iltforbruget registreres. Målingen giver derfor et udtryk for hvor meget biologisk omsætteligt organisk materiale, der er tilstede i spildevandsprøven. Sammenlignes målingen med målingen for COD, fås et udtryk for hvor meget af det tilstedeværende organiske materiale, der kan omsættes på 5 dage (COD/BOD₅-forholdet). Hvis forholdet er større end 3, er der grund til at have mistanke om tilstedeværelse af tungt nedbrydelige/persistente stoffer i spildevandet /35/.

COD/BOD₅-forholdet

Nitrifikationshæmning: Testresultatet giver et udtryk for den hæmning, spildevandsprøven under standardiserede betingelser udøver over for den mikrobielle nitrifikation. Spildevandet fortyndes i forholdet 1 + 4 med vand (dvs. 200 ml/l) og podes med aktivt slam fra et kommunalt biologisk renseanlæg. Den evt. opståede hæmning af nitrifikationen angives i procent af kontrol (blanding uden spildevand). Der er her anvendt let industribelastet slam fra Nivå renseanlæg. Den forholdsvis følsomme proces nitrifikation (bakteriel omdannelse af ammoniak til nitrit og videre til nitrat) er en forudsætning for den denitrifikation (fjernelse af næringssaltene ammonium og nitrat), der i dag foregår på stort set alle danske kommunale rensningsanlæg. Hæmninger under 20% opfattes som ubetydelige mens hæmninger over 50% er uacceptable /25,35/.

Nedenstående er hovedresultaterne af undersøgelserne på de deltagende trykkerier opdelt i processerne farve-, stencil- og skyggeffjernelse samt affedtning. I bilag 3 findes en detaljeret beskrivelse af undersøgelserne - herunder hvordan datagrundlaget for hovedresultaterne er fremkommet.

Til sidst i nærværende kapitel findes en kvalitativ sammenfatning af resultaterne vedr. betydende parametre/forhold for den potentielle miljøbelastning ved rammevask samt opsummering af spildevandskarakteriseringen.

6.1 Nøgletal for farveffjernelse

I tabel 6.1 er vist hovedresultaterne af undersøgelserne vedr. farveffjernelsesteknikker på de deltagende trykkerier.

Tabel 6.1
Nøgletal for processen farvefjernelse (pr. m² ramme)

Trykkeri: Procestype	Farvefjernertype (nr. *)	Farve- fjerner- forbrug (g/m ²)	Farvefjer- nerspild til vand (g/m ²)	Farvefjer- nerspild til luft (g/m ²)	Farvefjerner til kemikalieaffald (g/m ²)	Trykfarveindsløb (nr. *) (g/m ²)	Fillerind- sløb (nr. *) (g TS/m ²)	Vandfor- brug** (l/m ²)	El-for- brug (kWh/m ²)
A: Manuel m. recirk.	Aromat. ikke vandemul. (38c)	127	40	55	32	7 (26,28,30a)	1,4 (14b)	6,2 (10,9)	0,29
C: Manuel u. recirk.	Aromatfri van- demul. (38f)	257	257	≈ 0	0	? (26,28,30a)	1,5 (14b)	?	0 ***
B: Manuel u. recirk (vand)	Vand	5000	4900	100	0	12 (27)	-	5 (15)	0 ***
C: Halvaut. (SPS-anlæg)	Diesterbaseret (38h)	243	83	7	153	? (26,28,30a)	1,5 (14b)	0 (14)	0,50 #
D: Aut. (Svecia-anlæg)	Diesterbaseret (38h)	226	86	6	134	9 (26,28,30a)	1,2 (14b)	0 (52)	0,35 ##
E: Aut. (Notio-anlæg)	Diesterbaseret (38h)	216	150	6	60	5 (30b,30a,26,28)	0,9 (14b)	21 (190)	0,77 ##

TS: Tørstof

* Henviser til typenummeret, se bilag 4: Hovedskema

** Angiver det målte eller estimerede forbrug ved farvefjernelse (tallet i parentes er inklusiv stencilfjernelse)

*** Der var ikke monteret ventilation på vasken, og der blev kun skyllet med postevand via slange (ikke højtryksspuler)

Inklusiv stencilfjernelse og affedtning

Inklusiv stencilfjernelse

6.1.1 Forbrug af farvefjerner

Som det fremgår af tabel 6.1 ligger forbruget af farvefjerner mellem 127 g/m² og 257 g/m². Det laveste forbrug stammer fra manuel afvaskning med recirkulation på trykkeri A, hvor farvefjernereren "udpines" meget (farverestindhold ca. 9% ved udskiftning). Kvaliteten af afvaskningen forringes derfor kraftigt hen mod det benyttede tidspunkt for udskiftning. Dette kan bl.a. lade sig gøre, fordi trykkeriet som standardprocedure skyggefjerner samtlige vaskede rammer (her anvendes bl.a. en opløsningsmiddelbaseret type (40c)). Det lave farvefjernerforbrug vurderes derfor helt klart til ikke at være bestemt af farvefjernertypen (f.eks. vurderes de diesterbaserede til at være mere "drøje" i brug, se bilag 8), ej heller teknikken (manuel farvefjernelse med recirkulation), men trykkeriets udbredte anvendelse af skyggefjernelse.

Ved manuel farvefjernelse uden recirkulation (trykkeri C) er målt det største forbrug. Dette hænger sandsynligvis primært sammen med, at den mængde farvefjerner, der løber af rammen under påførsel, ikke recirkuleres men løber direkte i kloak.

De målte forbrug på et halvautomatisk og to automatiske rammevaskerianlæg ligger på 216 - 243 g/m². Forskellen i forbrug afspejles primært i kemikalieaffaldsmængden. Grunden til at trykkeri E har det laveste forbrug, selvom spildet (udslæbet) til vand er næsten dobbelt så stort som for trykkerierne C og D, er nok primært, at der her er

Udpint farvefjerner

*Diesterbaseret
farvefjerner*

Størst forbrug

<i>Udsløb af trykfarve</i>	målt de laveste udsløb af trykfarve fra trykkeriafdelingen, se bilag 3 udslæbsskema 1 (trykkeren er omhyggelig med at skrabe trykfarveresten af rammen efter trykning, kombineret med at der anvendes vandfortyndbare UV-farver). Det vurderes, at der med de anlæg, der anvendes på trykkeri C og D, vil kunne opnås et lavere forbrug end det målte på trykkeri E, forudsat at de i tabel 4.1 anførte spild til vand fastholdes, samtidig med at udsløb af trykfarverest fra trykkeriafdelingerne på de to trykkerier minimeres. Den væsentlige betydning af størrelsen af trykfarverestindsløb er yderligere behandlet i kap. 8.
<i>Udskiftning af farvefjerner</i>	En farvefjerner kan typisk "bære" (dvs. indeholde) op til 5-6% farverest, før det ifølge /17/ er nødvendigt at udskifte den. Trykfarverestindholdet i kemikalieaffaldet for de i tabel 4.1 anførte undersøgelser kan estimeres til at ligge i området 2-5% samt > 9% for trykkeri A, der af ovenfor nævnte grunde afviger. I følge W. Deck /17/ skal der minimum bruges 60 g farvefjerner pr. kvadratmeter til at rengøre en ramme for farverest ($\approx 3-4$ g farverest/m^2), hvilket dog kun vil være muligt i et fuldstændigt lukket system. Det laveste forbrug, som nærværende projekt har fået kendskab til, er $40\text{ g}/m^2$, der vel at mærke er en leverandøroplysning på et bestemt anlæg (se processkema i bilag 2) og forudsætter, at den anvendte flygtige farvefjerner destilleres med 100% genindvinding.
<i>Farvefjernelse med vand</i>	Farvefjernelse på virksamhed B foretages ved at skylle de vandfortyndbare trykfarver af med vand. Det målte forbrug svarer til et typisk forbrug ved de øvrige manuelle skylleprocesser ved rammevask.
<i>Flammepunkt</i>	6.1.2 Spild af farvefjerner til vand De målte spild (udsløb) af farvefjerner til vand, der typisk afledes til kloak, varierer meget teknikkerne/trykkerierne imellem, se tabel 6.1. Betydningen af farvefjernerens flammepunkt og hermed flygtighed ses af måleresultatet fra virksamhed A (farvefjernerens flammepunkt = 39°C), der kun udgør knap halvdelen af de tilsvarende resultater fra virksomhederne C (SPS-anlæg) og D, hvor den anvendte farvefjernerens flammepunkt er større end 100°C. Bemærk at det samlede spild til vand og luft for hver af disse tre virksomheder ligger på samme niveau. Hvad angår ikke-flygtige farvefjerner, afspejles afdrypnings-tidens betydning for udslæbets størrelse i forskellen på målinger fra trykkeri C (SPS-anlæg) og D overfor trykkeri E. Ved de udførte målinger afdryppede rammerne kun 0,5 min. i Notio-anlægget, mens den samlede afdrypningstid i SPS-anlægget var minimum 5 min. Det skal bemærkes, at afdrypningstiden på Notio-anlægget nemt kan forlænges, så spild til vand på niveau med SPS-anlægget kan opnås. Betydningen af afdrypningstid er yderligere behandlet i kap. 8. Det største spild til vand på $257\text{ g}/m^2$ er målt på virksomhed C, og årsagen til at det er væsentligt højere (1,5 - 6 gange) end de øvrige nøgletal, hænger helt klart sammen med den anvendte procestype/teknik, hvor overskud af påført farvefjerner ikke recirkuleres. Hvad angår
<i>Afdrypningstid</i>	
<i>Største spild</i>	

afskylning af vandfortyndbare trykfarver (trykkeri B), føres hele skyllevandsmængden til kloak (dog fordamper ca. 2%).

*Flygtighed, ventilation
og recirkulering*

6.1.3 Spild af farvefjerner til luft

De estimerede tab til luft hænger primært sammen med hvor flygtig den anvendte farvefjerner er, hvorvidt den recirkuleres eller ej, samt om der anvendes ventilation eller ej. Det største tab til luft (55 g/m^2) er estimeret for manuel farvefjernelse med recirkulation af en flygtig farvefjerner (38c, flammepunkt = 39°C) og ved brug af ventilation (se tabel 6.1, A). Sammenlignes denne værdi med leverandøroplysninger på luftemissioner fra halvautomatiske anlæg ved brug af flygtige farvefjernere (se bilag 2) ses, at den ligger lidt over angivelsen for Bochonow-anlægget (40 g/m^2 , "optimeret" ventilation/tørring) og et stykke under angivelsen for SPS-anlægget (92 g/m^2 , meget kraftig ventilation af hele farvefjernelseskammeret). Luftemissionen ved manuel farvefjernelse uden recirkulation med en meget lidt flygtig vandemulgerbar farvefjerner (38f, flammepunkt = 90°C) er skønnet til 0 g/m^2 ($< 1 \text{ g/m}^2$), idet der ikke recirkuleres, samt fordi der i det konkrete tilfælde ikke ventileres (C). Ved anvendelse af de ikke-flygtige diesterbaserede farvefjernere (38h, flammepunkt $> 100^\circ\text{C}$) i halvautomatisk (C) og automatiske rammevaskeanlæg (D og E) er emissionen til luft estimeret/målt til 6 - 7 g/m^2 . At emissionen her er større, end ovenfor nævnte ved manuel farvefjernelse uden recirkulation, hænger sammen med at farvefjernerens recirkuleres adskillige gange, og at der anvendes ventilation. Luftemission af vand ved manuel afskylning af vandfortyndbare trykfarver er målt til 100 g/m^2 (B). Omkring 50% af denne mængde stammer fra det vand, der "hænger" på rammen efter afskylning, og som fordamper, hvis rammen for lov at tørre (se udslebsskema 3 i bilag 3).

Damptryk

De fundne nøgletal for luftemission af de anvendte farvefjernere afspejles endvidere delvist af deres damptryk ("jo højere damptryk jo nemmere fordampning"): 18 mm Hg (vand); 3,6 mm Hg (farvefjerner anvendt på trykkeri A) og $< 0,08 \text{ mm Hg}$ (farvefjerner anvendt på trykkeri C, D og E). Damptrykkene er angivet i millimeter kviksølv ved 20°C .

Udtjent farvefjerner

6.1.4 Kemikalieaffald ved farvefjernelse

*Stigende indhold af
bindemidler*

Når en givet mængde farvefjerner (et forlag) er genbrugt tilstrækkeligt mange gange, mister den sin evne til at afvaske farveresten tilfredsstillende af rammen - dvs. den er udtjent og skal bortskaffes som kemikalieaffald, hvis den ikke destilleres (se kap. 8). At evnen mistes skyldes primært et stigende indhold af bindemidler, der stammer fra trykfarveresten, og som ændre viskositeten af farvefjernerens (den bliver mere tyktflydende). Den bliver herved sværere at få af rammen igen (ved skylning/fordampning) - se endvidere bilag 8. Hvis der ses bort fra ikke-recirkulerende teknikker, er der fundet nøgletal for kemikalieaffald i området fra 32 g/m^2 til 153 g/m^2 , se tabel 6.1. At tallene varierer, hænger primært sammen med hvor mange gange

Indslæbt farverest

farvefjerner er recirkuleret i forhold til mængden af spild til vand og luft ved hver afvaskning. Hertil kommer, som tidligere omtalt i afsnit 6.1.1, betydningen af den indslæbte farverestmængde pr. kvadratmeter samt farverestindholdet i farvefjerner ved udskiftning (typisk 5%). Fundet af det lave nøgletal (32 g/m^2) på trykkeri A hænger først og fremmest sammen med, at farvefjerner her er "udpint" og indirekte sammen med den omfangsrige anvendelse af skyggefjerner. Det forholdsvis lave nøgletal for trykkeri E (60 g/m^2) hænger dels sammen med et lille indslæb af trykfarverest, dels et stort spild til vand. De to nøgletal fra trykkeri C og D ligger på samme niveau, og den lille forskel (153 g/m^2 i forhold til 143 g/m^2) kan skyldes mulig forskel på farverestindhold i farvefjerner ved udskiftning eller forskel i indslæb af trykfarverest trykkerierne imellem.

6.1.5 Trykfarveindslæb ved farvefjernelse

Påvirker ikke emission

Udnyttelsesgrad af farvefjerner

Vandfortyndbare papirfarver

Gennemsnitlig indslæb af trykfarverester til farvefjernelsesprocessen er, som det fremgår af udslæbsskema 1 i bilag 3, samlet for opløsningsmiddelbaserede farver og UV-farver bestemt til 7 g/m^2 . Hvis kun opløsningsmiddelbaserede farver, der har fået lov at tørre, medtages, fås $5,5 \text{ g/m}^2$. Disse nøgletal afhænger ikke af farvefjernelsesprocessen men udelukkende af processer/teknikker, der ligger før - primært afskrabning af overskydende farve efter tryk. Indslæbet påvirker ikke emissionen af farvefjerner til luft og spildevand og ved korrekt udført farvefjernelse med recirkulation end ikke emissionen af farverest til spildevand. Indslæbet har til gengæld stor indflydelse på udnyttelsesgraden af farvefjerner (dvs. forbrugsnøgletallet). Dette forhold vil yderligere blive behandlet i kap. 8. Forskellene på fundne nøgletal for trykfarveindslæb (5 g/m^2 - 12 g/m^2 , se tabel 6.1) hænger sandsynligvis sammen med forskel på grundighed ved afskrabning af farverest efter trykning kombineret med hvilke trykfarvetyper, der er dominerende. At det målte trykfarveindslæb ved anvendelse af vandfortyndbare papirfarver (trykkeri B) er størst, skyldes sandsynligvis, at der er sprøjtet vand (m. vandforstøver) på vævet efter endt trykning, og at dette vand er medbestemt. Vandet påsprøjtes for at undgå indtørring af farven i vævet.

6.1.6 Fillerindslæb ved farvefjernelse

Vandfortyndbar filler Opløsningsmiddelbaseret filler

I tabel 6.1 er kun medtaget vandfortyndbar filler (14b), der fjernes ved skylning efter farvefjernelsen før stencilfjernelsen. Opløsningsmiddelbaseret filler (14a), der anvendes på trykkeri B, og fotoemulsion - anvendt som filler på trykkeri E i forbindelse med brug af vandfortyndbare trykfarver - er ikke medtaget, fordi disse "fillertyper" først fjernes under stencilfjernelsen. Indslæbet af vandfortyndbar filler er, som det fremgår af "udslæbsskema 2" i bilag 3, gennemsnitligt beregnet til $1,3 \text{ g TS/m}^2$. Forskellene på de i tabel 6.1 anførte indslæb virksomhederne imellem kan på det foreliggende spinkle datagrundlag ikke siges at være signifikante.

6.1.7 Vandforbrug ved farvefjernelse

De målte nøgletal for vandforbrug spænder fra 0 l/m² til 21 l/m², og hvis stencilfjernelse medtages fra 10,9 l/m² til 190 l/m², se tabel 6.1. Forskellen i nøgletallene hænger primært sammen med, hvilken procestype der er tale om (manuel eller halvautomatisk/automatisk), om der i det hele taget skylles efter farvefjernelse (hænger primært sammen med om farvefjernerer er meget flygtig eller ikke-flygtig og samtidig vandopløselig/vandemulgerbar), samt om skyllevandet recirkuleres (kun når stencilfjernelse inkluderes). At nøgletallet for C (SPS-anlægget) er 0 l/m² skyldes, at anlægget er bygget til brug af en flygtig farvefjerner, der teoretisk set skal være fordampet fra rammen, inden rammen føres ind i stencilfjernersektionen og skylles med recirkuleret vand med henblik på fillerfjernelse (se bilag 1). På trykkeri C anvendes dog en ikke-flygtig farvefjerner, som hermed skylles af ved "fillerfjernelsesskyllet". Selvom dette anlæg (SPS) er automatiseret, er nøgletallet for det samlede vandforbrug lavt (14 l/m², svarer til forbruget af friskvand), hvilket skyldes at vandet recirkuleres. Nøgletallet for Svecia-anlægget på trykkeri D er sat til 0 l/m², fordi dette anlæg skyller farvefjernerer af rammen vha. en fortyndet stencilfjerneropløsning, der recirkuleres (se bilag 1 og 2). Nøgletallet for skyllet efter stencilfjernelse er til gengæld oppe på 52 l/m² for dette anlæg. De laveste vandforbrug er målt ved manuel afskylning af farvefjerner (trykkeri A og B) og andrager 5 - 6 l/m². Disse er 3 - 4 gange lavere end det højeste forbrug målt på Notio-anlægget (21 l/m²). Inkluderes skyl efter stencilfjernelse i sammenligningen, bliver forskellen på forbruget ved manuel rammevask og automatisk rammevask endnu større, idet der nu er tale om op til 17 ganges forskel i forbrug. Også når stencilskyl inkluderes, er det største forbrug målt på Notio-anlægget (E) og andrager 190 l/m². Disse meget høje forbrug på Notio-anlægget hænger til dels sammen med, at der her er tale om et "ældre" anlæg, hvor der ved dets konstruktion ikke er tænkt på vandbesparelser. Det skal dog bemærkes, at vandforbruget let kan reduceres væsentligt ved at reducere antallet af skyllerutiner ved omprogrammering af anlægget (se bilag 3).

6.1.8 El-forbrug ved farvefjernelse

De målte/estimerede el-forbrug ligger mellem 0 kWh/m² og 0,77 kWh/m² (se tabel 6.1). Ved de manuelle teknikker (trykkeri C og B), hvor der er angivet nul for el-forbrug, er der ikke installeret ventilation, og der skylles med vandslange med postevand (ikke højtryksspuler). El-forbruget ved manuelle teknikker vurderes generelt (dvs. også incl. ventilation) at være lavere end for de halvautomatiske/automatiske anlæg. Det estimerede el-forbrug for virksomhed A (manuel m. recirk.) kommer dog op på niveau med forbrugene målt på C og D (inkluderer minimum stencilfjernelse), hvis de estimerede forbrug ved stencilfjernelse og affedtning - se tabel 6.3 og tabel 6.7 - lægges til forbruget på 0,29 kWh/m² anført i tabel 6.1. At forbruget på virksomhed A er estimeret "så højt" skyldes, at det er skønnet, at rammevaskelokalet bruger en ikke uvæsentlig del af virksomhedens installerede ventilationseffekt. Den kraftige ventilation, som forbruger over

Procestype

Recirkulering af skyllevand

De laveste vandforbrug

Kraftig ventilation

80% af det i tabel 6.1 anførte el-forbrug, hænger bl.a. sammen med, at der på trykkeri A anvendes en flygtig farvefjerner. Forskellen i forbrugene på SPS-, Svecia- og Notio-anlægget kan overordnet skyldes forskel i alder - dvs. hvorvidt der er tænkt på "energiforbrugsop-timering" ved produktion af anlægget (Notio er ældst og har højest forbrug). At energiforbruget er lavere på Svecia-anlægget end på SPS-anlægget afspejles helt tydeligt i leverandørernes angivelser af installeret effekt (se bilag 2).

6.2 Karakterisering af farvefjernerenspildevand

I tabel 6.2 findes en oversigt over analyseresultaterne af skyllevand fra farvefjernelsesprocessen eller processpildevand, hvor skyllevandet indgår. Der er både lavet analyser af skyllevandet opsamlet på virksomheden og af en tilsvarende vandig fortynding af den anvendte farvefjerner i ren form. Dette er primært gjort for at få en indikation på, om tilstedeværelsen af farverester i farvefjernerens påvirker analyseresultaterne.

Analysen af skyllevand

Tabel 6.2

Analyseresultater af skyllevand fra processen farvefjernelse

Trykkeri: Farvefjerner-type (nr. *)	Fortyndingsfaktor (Farvefj.:Vand)	pH	TS (mg/l)	GT (mg/l)	AOX (µg/l)	COD (mg O ₂ /l)	BOD ₅ (mg O ₂ /l)	COD/BOD ₅	Nitrifikationshæmn. 200 ml/l (%)	Nitrifikationshæmn. 20 ml/l (%)
A: Aromat, ikke vandemul. (38c) <u>spild</u>	1:230	8,22	760	416	-	6000	840	7,1	81	26
A: Aromat, ikke vandemul. (38c) <u>ren</u>	1:200	7,95	498	118	-	12000	660	18	97	47
E: Diesterbaseret (38h) <u>spild</u>	1:150	7,89	822	488	-	12000	7200	1,7	99	89
E: Diesterbaseret (38h) <u>ren</u>	1:150	7,82	743	424	-	12000	6500	1,8	99	89
D: Diesterbaseret (38h) blandet m. stencilfj. (39b) <u>spild</u>	(1: > 7500)	8,2	500	132	28	145	47	3,1	3	-
D: Diesterbaseret (38h) blandet m. stencilfj. (39b) <u>recirk.</u>	(1: > 20)	2,7	4230	3570	2900	29400	17000	1,7	100	97
B: Vand <u>spild</u>	1:510 **	8,08	1110	464	1300	1230	200	6,2	9	0
C: Blandet prøve <u>før</u> spildevandsbehandling ***	(1: > 500)	7,6	1240	620	570	5340	740	7,2	76	2
C: Blandet prøve <u>efter</u> spildevandsbehandling ***	(1: > 500)	7,7	1240	491	130	4950	1200	4,3	73	-

recirk.: Recirkulat. Stencilfjerneropløsningen recirkuleres og bruges til at skylle farvefjernerens af rammen, se bilag 3 og 2

* Henviser til type/gruppenummeret, se bilag 4: Hovedskema

** Gælder for fortyndingen af trykfarveresten

*** Sammenblanding af farvefjernerenspild (diesterbaseret (38h) + aromatfri-vandemulgb. (38c)), stencilfjerner (39b), hypokloritbaseretskyggefjerner (40b), vævsaffedter (18), skyllevand, skyllevand fra reproafd. (fremkalder- + fixerester) samt div. afvaskere (opløsningsmidler/detergenter). Prøver udtaget før og efter stationært vandbehandlingsanlæg (Split-O-Mat), se bilag 3

6.2.1 Fortyndingsfaktor for farvefjerner

De estimerede fortyndinger af farvefjerner i det afledte spildevand er 150 gange (A: Notio-anlæg) og 230 gange (B: manuel med recirk.). Hertil kommer, at den anvendte farvefjerner på virksomhed D (Svecia-anlæg) på prøvetagningstidspunktet formodentlig var fortyndet mere end 20 gange i recirkulatet (recirk) og antageligt mere end 7500 gange i skyllevandet (spild). I det sammenblandede spildevand fra trykkeri C er farvefjernerne formodentlig fortyndet mere end 500 gange. I skyllevandsprøven fra virksomhed B er den vandfortyndbare trykfarve fortyndet ca. 510 gange.

6.2.2 Farvefjernerenspildevandets pH

Svagt basiske

De målte pH-værdier i spildevandsprøverne er generelt svagt basiske 7,6 - 8,2, hvilket nok primært hænger sammen med, at den rene farvefjerner i vandig opløsning reagerer svagt basisk. Den eneste prøve der afviger, er recirkulatet fra Svecia-anlægget (trykkeri D), som er stærkt sur (pH = 2,7), hvilket må tilskrives indholdet af syre i den tilstedeværende stencilfjerner.

6.2.3 Tørstof (TS) og glødetab (GT) i farvefjernerenspildevand

Rent skyllevand

Tørstofindholdet i spildevandsprøverne varierer mellem 500 mg/l og 4230 mg/l. På tilsvarende vis varierer glødetabet mellem 132 mg/l og 3570 mg/l. Tørstofindholdet og glødetabet i det anvendte rene skyllevand på hver af virksomhederne er målt til A (350 mg TS/l; 40 mg GT/l), B (590 mg TS/l; 70 mg GT/l), C (600 mg TS/l; 100 mg GT/l), D (450 mg TS/l; 50 mg GT/l) og E (390 mg TS/l og 70 mg GT/l). Vandet brugt til at fortynde den rene farvefjerner (ren) havde et tørstofindhold på 400 mg/l og et glødetab på 30 mg/l. Hvis de respektive tørstofindhold af det rene skyllevand trækkes fra de tilhørende målte tørstof-værdier i spildevandet fra hver virksomhed, fremgår det af tabel 6.2, at glødetabet (korrigeret for det rene skyllevands glødetab) i de fleste tilfælde kan forklare 80% til 100% af differensen - altså at forhøjelsen af tørstofindholdet i skyllevandet efter brug næsten udelukkende skyldes tilførsel af organisk stof. Det høje glødetab i recirkulatet fra virksomhed D skyldes ikke udelukkende indhold af ikke-flygtige farvefjernerkomponenter men også indhold af delvist nedbrudt hærde emulsion.

6.2.4 AOX i farvefjernerenspildevand

*Interferens på
analysemetode*

Som det fremgår af tabel 6.2, ligger resultaterne af AOX analyserne mellem 28 µg/l og 2900 µg/l. I spildevandsprøverne fra virksomhed D stammer indholdet sandsynligvis primært fra indholdet af perjodat/jodat (dvs. interferens på analysemetoden, se afsnit 6.4.4) og i mindre omfang fra klorerede organiske pigmenter. Analyser af en brugt diesterbaseret farvefjerner fra trykkeri F (omtalt i bilag 7) gav AOX-indhold på 53 - 66 mg/l. Dette vil f.eks. ved en 200 ganges fortynding med skyllevand give et teoretisk AOX-indhold på 265 - 330 µg/l. Der kunne ikke konstateres interferens fra uorganisk halo-

Suspenderet pigment

gen på analyserne, idet femdobling af tilsat sulfitmængde ved analyserne ikke ændrede på resultatet (se endvidere afsnit 6.4.4). Den konstaterede AOX-mængde i den brugte farvefjerner stammer derfor givetvis fra indhold af klorerede organiske pigmenter. Det skal bemærkes, at den analyserede brugte farvefjerner indeholdte suspenderet pigment, som i et vist omfang sedimenterer ved få døgn's henstand. Det vurderes derfor som sandsynligt, at der kan opnås en lavere AOX-værdi hvis pigmentrester i en brugt farvefjerner for lov at sedimentere.

Klorerede organiske pigmenter

AOX-indholdet i skyllevandet fra trykkeri B vurderes at stamme fra klorerede organiske pigmenter i trykfarven. AOX-indholdet i spildevandet fra virksomhed C kan foruden oven nævnte kilder, komme fra skyllevand med skyggefjerner baseret på hypoklorit, der ved reaktion med organisk stof kan danne klorerede organiske forbindelser (se kap. 4). Det komplekse spildevand fra trykkeri C indeholder desuden andre kilder, der kan påvirke AOX-måleresultatet - f.eks. skyllevand fra reproafdelingen med indhold af bromid, der interfererer på AOX-analysen.

6.2.5 COD i farvefjernerenspildevand

Farvefjerner

COD-indholdet i skyllevandsprøverne varierer mellem 145 mg O₂/l og 29400 mg O₂/l. (se tabel 6.2). Årsagen til, at det laveste indhold er målt i skyllevand fra virksomhed D (spild), er den kraftige fortynding - dvs. recirkulering af stencilfjerneropløsning kombineret med et rimeligt højt friskvandsforbrug ved sidste skyl. COD-indholdet i denne prøve stammer fra både delvist nedbrudt hærdet fotoemulsion og farvefjerner, hvilket ligeledes er gældende for prøven af recirkulat (recirk) og delvist skyllevandsprøverne fra virksomhed C. For virksomhed A og E vurderes farvefjernerens at være den altoverskyggende bidragsyder til COD-indholdet - trykfarverestindholdene i de brugte farvefjerner er estimeret til henholdsvis 9% (A) og 3% (E) lige før udskiftning. Indholdene er med al sandsynlighed generelt mindre i farvefjernerudslæbet (se afsnit 9.2) og i særdeleshed ved de aktuelle prøvetagninger, der ikke blev foretaget umiddelbart før udskiftning af farvefjernerforlag. Årsagen til at COD-indholdet i den fremstillede fortynding af den rene farvefjerner fra virksomhed A (ren) er dobbelt så høj som spildevandsprøven (spild) - kan ikke alene forklares ud fra forskellen i fortyndingsfaktoren - men kan dels skyldes problemer ved selve prøveudtagningen (se bilag 3), og/eller at der reelt fordamper mere af farvefjernerens end beregnet ud fra massebalancen. COD-indholdet i skyllevandsprøven fra virksomhed B skyldes udelukkende tilstedeværelse af trykfarverest.

6.2.6 BOD₅ i farvefjernerenspildevand

Der er målt BOD₅-indhold på mellem 47 mg O₂/l og 17000 mg O₂/l (se tabel 6.2). Måleværdierne følger kun delvist COD-analyseresultaterne, hvilket afspejles i COD/BOD₅-forholdet, se nedenstående. De højeste BOD₅-værdier, er fundet i skyllevand fra virksomhed E og D

(recirk) og indikerer, at der her er relativt meget biologisk let omsætteligt organisk stof tilstede. Det drejer sig om diesterbaserede farvefjernere og for virksamhed D tillige delvist nedbrudt hærde-fotoemulsion.

6.2.7 COD/BOD₅-forhold i farvefjerner-spildevand

Dette forhold svinger mellem 1,7 og 7,1 for de opsamlede skyllevandsprøver (se tabel 6.2). Forholdende i den lave ende (1,7 - 3,1) er fundet i det spildevand, hvor enten en diesterbaseret farvefjerner er altdominerende (E), eller hvor den forekommer i kombination med delvist nedbrudt hærde-fotoemulsion (D). Dette stemmer godt overens med, at diesterblandingen er let nedbrydelig (se kap. 4). Dog er forholdet 1,7 for recirkulatet (recirk) fra virksamhed D ikke i overensstemmelse med andre analyser af skyllevand fra stencilfjernelse (se afsnit 6.4.7 om stencilfjernelse). Dette kan muligvis dels hænge sammen med, at der er farvefjerner bestående af let nedbrydelige diestere tilstede ("trækker forholdet ned"), og dels at prøven af recirkulatet er udtaget fra overløbet fra recirkulatforlaget og dermed svarer til en bundfældet prøve. Det er teoretisk vurderet (se kap. 4), at der ved stencilfjernelsen dannes lange kæder af polyvinylalkohol-co-vinylacetat, der kun delvist er opløselige i vand og dermed vil kunne bundfældes.

*Diesterbaseret
farvefjerner*

*De højeste COD/BOD₅-
forhold*

De højeste COD/BOD₅-forhold er fundet i skyllevandet fra virksamhed A. Her indgår der en farvefjernerstype, der bl.a. indeholder ikke let nedbrydelige komponenter (se kap. 4). Den store forskel på de to COD/BOD₅-forhold, der dels er beregnet på grundlag af analyser af spildevandsprøven (spild) og dels beregnet for den tilsvarende fortyndede rene farvefjerner (ren), kan skyldes, at en væsentlig del af de ikke let nedbrydelige komponenter er fordampet under processen på virksomheden eller hæmning (giftvirkning) af respirationen (iltforbruget) ved BOD₅-testen ved den højeste koncentration. De høje COD/BOD₅-forhold i spildevandet fra virksamhed C kan skyldes indholdet af aromafri vandemulgerbar farvefjerner, der indeholder ikke let nedbrydelige komponenter (se kap. 4). Resultatet er dog svært at tolke på grund af kompleksiteten af spildevandet. Sammenligning af det fundne forhold i spildevandsprøven før og efter spildevandsbehandling indikerer at behandlingen sænker COD/BOD₅-forholdet. I skyllevandsprøven fra virksamhed B er ligeledes fundet et forholdsvis højt forhold, hvilket kan skyldes indhold af ikke let nedbrydelige bindemiddelfraktioner og pigmenter i den tilstedeværende trykfarverest.

Spildevandsbehandling

6.2.8 Farvefjerner-spildevands nitrifikationshæmning

I alle prøver, bortset fra D (spild), er der konstateret meget kraftig nitrifikationshæmning. At skyllevandsprøven fra virksamhed D (spild) ikke udviser signifikant hæmning - trods recirkulatets meget kraftige hæmning - skyldes mest nærliggende den meget store fortynding af farvefjernerindholdet. Skyllevandet fra virksamhed A hæmmer stadig

COD/BOD₅-forhold

Diesterbaseret farvefjerner

betydende (26%) efter 10 ganges fortynding, og hæmningen må tilskrives indholdet af aromatholdig ikke vandemulgerbar farvefjerner. Betydningen af denne hæmning skærpes af, at COD/BOD₅-forholdet indikerer tilstedeværelse af tungt nedbrydelige stoffer. Skyllevandsprøven fra virksomhed E indeholder en diesterbaseret farvefjerner og udviser meget kraftig hæmning selv efter 10 ganges fortynding. Betydningen af hæmningen skærpes dog ikke som for virksomhed A's vedkommende, fordi COD/BOD₅-forholdet er lavt (der er her tale om let nedbrydelige stoffer, se kap 4). Samme forhold gør sig gældende for virksomhed D (recirk). Den hæmmende effekt af spildevandet fra virksomhed C forsvinder efter 10 ganges fortynding og kan til dels skyldes indhold af diesterbaseret farvefjerner. Bemærk dog at der er indikation på indhold af tungt nedbrydelige stoffer, som måske bidrager til hæmningen. At hæmningen ikke reduceres signifikant efter vandbehandlingen, kan tyde på, at det drejer sig om opløste stoffer, der ikke fjernes ved emulsionsbrydning (den anvendte vandbehandlingsteknik, se afsnit 5.3). Diesterne er netop rimeligt vandopløselige (5-6%). Der blev ikke konstateret signifikant hæmning i skyllevandsprøven fra trykkeri B - skyllevand med trykfarverest.

6.2.9 Trykfarveresternes betydning for analyseresultaterne

På baggrund af de udførte analyser af spildevandsprøverne og af fortyndingerne af den rene farvefjerner (se tabel 6.2) er der ikke grund til at antage, at tilstedeværelsen af trykfarverester, når der ses bort fra virksomhed B, påvirker de her anvendte analyseparametre betydende. Dette gælder dog ikke AOX-målingerne, der vurderes til næsten udelukkende at være bestemt af pigmentindholdet i den udslebte brugte farvefjerner.

6.3 Nøgletal for stencilfjernelse

I tabel 6.3 er vist hovedresultaterne af undersøgelserne vedr. stencilfjernelsesteknikker på de deltagende trykkerier.

Tabel 6.3
Nøgletal for processen stencilfjernelse (pr. m² ramme)

Trykkeri: Pro- cetype	Stencilfjernerstype (nr. *)	Stencilfjerner- forbrug ### (g/m ²)	Stencilfjerner- spild til vand ### (g/m ²)	Stencilfjerner- spild til luft (g/m ²)	Stencilfjerner til kemikalieaffald (g/m ²)	Stencilindsløb (nr. *) (g TS/m ²)	Vandforbrug** (l/m ²)	El-forbrug (kWh/m ²)
A: Manuel	Perjodsyrebaseret (39b)	90 (0,6)	90 (0,6)	0	0	19 (7c)	4,7 (10,9)	0,12
B: Manuel	Perjodsyrebaseret (39b)	61 (0,4)	61 (0,4)	0	0	17 (7c, 14a)****	10 (15)	0,027 ***
C: Aut. u. re- cirk. (SPS)	Perjodsyrebaseret (39b)	790 (4,3)	790 (4,3)	0	0	10 (7a)	14 (14)	0,50 #
D: Aut. m. re- cirk. (Svecia)	Perjodsyrebaseret (39b)	152 (1,1)	152 (1,1)	0	0	13 (7c)	52 (52)	0,35 ##
E: Aut. u. re- cirk. (Notio)	Perjodsyrebaseret (39b)	652 (0,8)	652 (0,8)	0	0	14 (7c)####	169 (190)	0,77 ##

* Henviser til typenummeret, se bilag 4: Hovedskema

** Angiver det målte eller estimerede forbrug ved stencilfjernelse (tallet i parentes er inklusiv farvefjernelse)

*** Der var ikke monteret ventilation på vasken

**** Indsløb af opløsningsmiddelbaseretfiller (14a) andrager 0,4 g TS/m²

Inklusiv farvefjernelse og affedtning

Inklusiv farvefjernelse

Brugsopløsning- tallet i parentes angiver nøgletallet beregnet pba. aktivt stof (perjodat)

Når der benyttes vandfortyndbare UV-farver (30b), anvendes fotoemulsion (7c) som filler. Denne mængde indgår i det angivne nøgletal

6.3.1 Forbrug af stencilfjerner

Som det fremgår af tabel 6.3, ligger forbruget af stencilfjerner som brugsopløsning på 61 g/m² - 790 g/m². Det drejer sig her om handelsvarer i forskellige vandige fortyndinger (1:25 og 1:50), og de anførte nøgletal svarer til et handelsvareforbrug på 2,4 g/m² - 16 g/m². Mere relevant er imidlertid forbruget af aktivt stof (perjodat), der svinger mellem 0,4 g/m² og 4,3 g/m². De laveste forbrug af aktivt stof er målt ved de manuelle teknikker anvendt på trykkerierne A og B. At forbruget på trykkeri A er målt til at være ca. en halv gang større end forbruget på trykkeri B hænger sandsynligvis sammen med forskellen i spild ved de anvendte teknikker. På trykkeri A anvendes nemlig klud til påførsel af stencilfjerner, mens der på trykkeri B anvendes sprøjteflaske (se bilag 3). Ved automatisk stencilfjernelse (halvautomatiske-/automatiske rammevaskeanlæg) er der målt op til mere end 10 ganges højere forbrug end ved de manuelle teknikker. Det største forbrug er målt på virksomhed C (SPS) og andrager 4,3 g aktivt stof/m², mens der på virksomhederne E (Notio) og D (Svecia) er målt henholdsvis 0,8 g aktivt stof/m² og 1,1 g aktivt stof/m².

I følge en undersøgelse udført af en tysk kemikalieproducent /17/ omfattende ca. 200 tyske serigrafiske trykkerier, var forbruget ved manuelle teknikker 3-5 g aktivt stof/m² og ved automatiske teknikker 1-3 g aktivt stof/m². Denne undersøgelse viser altså det omvendte billede af det, der er fundet i nærværende projekt. Producenten /32/ af et nyere tysk rammevaskeanlæg (se bilag 2, side B2-3) angiver et

Aktivt stof
De laveste forbrug

Det største forbrug

forbrug af stencilfjerner på 5 g/m², der er en del højere end de her fundne forbrug ved manuelle teknikker.

Dosering

Det vurderes, at det ved manuelle teknikker er muligt at opnå de laveste forbrug af aktivt stof, fordi doseringen her bedre kan styres, men at det bl.a. ved recirkulering af stencilfjerner er muligt at opnå lave forbrug ved automatiske teknikker, fordi stencilfjernerens oxidative virkning herved bedre kan udnyttes.

Spild lig med forbrug

6.3.2 Spild af stencilfjerner til vand

Spildet (udslæbet) af stencilfjerner til vand svarer til forbruget, fordi hele mængden af stencilfjerner ender i skyllevandet, der typisk føres til kloak. Dog er det for virksomhed D kun en delmængde, der ender direkte i skyllevandet (stencilfjerner recirkuleres i Svecia-anlægget), mens resten - dvs. recirkulatet - tilføres kloaksystemet via overløb og ved udskiftning.

Aerosoler

6.3.3 Spild af stencilfjerner til luft

Må antages at være negligibelt, fordi det aktive stof perjodat/-perjodsyre normalt ikke fordamper i vandig opløsning. Det skal dog bemærkes, at der i mindre grad kan dannes aerosoler ved påførsel og i udpræget grad ved afskylning (højtryksspuling), og disse indeholder sandsynligvis mindre mængder stencilfjerner.

6.3.4 Kemikalieaffald ved stencilfjernelse

Da al brugt stencilfjerner tilføres kloaksystemet ender intet som kemikalieaffald.

Filler

Primært hærdet fotoemulsion

6.3.5 Stencilindslæb ved stencilfjernelse

Gennemsnitlig indslæb af stencil til stencilfjernelsesprocessen er, som det fremgår af udslæbsskema 2 i bilag 3, målt til 15,7 g TS/m². Medtages filleren, som dog typisk skylles af efter farvefjernelse, fås 16,2 g TS/m². Stencilen, der altså her primært består af hærdet fotoemulsion, nedbrydes delvist af stencilfjerner og føres typisk til kloak med skyllevandet.

Diazobaseret fotoemulsion

De indslæbte mængder stencil målt på de enkelte trykkerier svinger mellem 10 g/m² og 19 g/m² (se tabel 6.3). At der er forskel på de målte mængder skyldes flere forskellige faktorer. Af de væsentligste skal nævnes: Antal opraklinger pr. side (1+1 eller 1+2 eller 2+2), bredden af den anvendte hulraket i forhold til rammens bredde, vævs-type (maskeåbning) /45/ samt typen af fotoemulsion. Flere af disse forhold er i udpræget grad bestemt af den ønskede stenciltykkelse, der er afgørende for trykkvaliteten. Den væsentligste årsag, til at der på trykkeri C er målt det laveste stencilindslæb, er nok, at der her er anvendt diazobaseret fotoemulsion med et "lavt" tørstofindhold (26%),

mens der på de øvrige trykkerier er anvendt hybridbaserede typer (f.eks. på virksomhederne B og D med et tørstofindhold på 38%).

6.3.6 Vandforbrug ved stencilfjernelse

Procestype

Recirkulering

Størst forbrug

De målte nøgletal for vandforbrug spænder fra 4,7 l/m² til 169 l/m² og hvis farvefjernelse medtages fra 10,9 l/m² til 190 l/m², se tabel 6.3. Forskellen i nøgletallene er primært bestemt af, hvilken procestype der er tale om (manuel eller halvautomatisk/automatisk), samt om skyllevandet recirkuleres. At nøgletallet for SPS-anlægget "kun" er 0,5 til 3 gange større end nøgletallene for de to manuelle processer (A og B), der udviser de laveste forbrug, hænger sammen med, at der er indbygget recirkulering af skyllevand på SPS-anlægget. De største forbrugsnøgletal er målt på virksomhederne D og E, der benytter automatiske anlæg. Disse nøgletal er op til mere end 35 gange højere end nøgletallene for de manuelle teknikker (trykkeri A). At forbruget på virksomhed E's anlæg (Notio) er mere end tre gange højere end virksomhed D's (Svecia) skyldes at Notio-anlægget er ældst og ikke bygget med vandbesparelse for øje. Det skal dog bemærkes, at vandforbruget let kan reduceres på Notio-anlægget ved at reducere antallet af skyllerutiner ved omprogrammering. Tilsvarende kan forbruget også reduceres i et vist omfang på Svecia-anlægget ved at omprogrammere, hvornår en funktion slås til og fra (zoneværdier), se bilag 3.

I følge en undersøgelse udført af en tysk kemikalieproducent /17/ omfattende ca. 200 tyske serigrafiske trykkerier var vandforbruget ved manuelle afskylninger 15 - 20 l/m² og ved automatiske afskylninger 100 - 120 l/m². Denne undersøgelse viser altså forbrug, der ligger i overkanten af det her fundne, hvis der ses bort fra det meget store forbrug på virksomhed E. Producenten /32/ af et nyere tysk rammevaskeanlæg (se bilag 2, omnitec) angiver et forbrug af friskvand på kun 5,5 l/m² under optimale betingelser og anvendelse af recirkulering. Dette forbrug ligger på niveau med det i nærværende projekt målte vandforbrug ved manuelle teknikker.

6.3.7 El-forbrug ved stencilfjernelse

De målte/estimerede el-forbrug ligger mellem 0,027 kWh/m² og 0,77 kWh/m². De laveste forbrug er målt/estimeret ved de manuelle teknikker, og at forbruget på virksomhed B er væsentligt lavere end virksomhed A's hænger primært sammen med, at der ikke her er installeret ventilation. Selvom der tages højde for, at farvefjernelse og evt. affedtning ikke er inkluderet i nøgletallene for de manuelle teknikker - i modsætning til tallene for de halvautomatiske/automatiske anlæg - vurderes det generelt, at manuelle teknikker udviser lavere el-forbrug end halvautomatiske/automatiske (se tabel 6.3 og 6.1). Forskellen i forbrugene på SPS-, Svecia- og Notio-anlægget kan overordnet hænge sammen med alder - dvs. hvorvidt der er tænkt på "energiforbrugs-optimering" ved produktion af anlægget (Notio har højest forbrug og er ældst). At energiforbruget er lavere på Svecia-anlægget end på

SPS-anlægget afspejles helt tydeligt i leverandørernes angivelser af installeret effekt (se bilag 2).

6.4 Karakterisering af stencilfjernerispildevand

I tabel 6.4 findes en oversigt over analyseresultaterne af skyllevand fra stencilfjernelsesprocessen. Analyseresultater af blandet spildevand, hvor skyllevand fra stencilfjernelse indgår (trykkeri C og D), fremgår af tabel 6.2. Der er både lavet analyser af skyllevandet opsamlet på virksomheden og af en tilsvarende vandig fortynding af den anvendte stencilfjerner i ren form. Dette er primært gjort for at få en indikation på om tilstedeværelsen af delvist nedbrudt hærdet-fotoemulsion i skyllevandet påvirker analyseresultaterne. Det skal dog bemærkes, som det bl.a. fremgår af kap. 4, at stencilfjernerens kemiske sammensætning ændres (dvs. perjodaten reduceres) ved selve stencilfjernelseren.

Perjodat reduceres

Tabel 6.4
Analyseresultater af skyllevand fra processen stencilfjernelse

Trykkeri: Stencilfjerner-type (nr. *)	Fortyndingsfaktor** (Stencilfj.: Vand)	pH	TS (mg/l)	GT (mg/l)	AOX (µg/l)	COD (mg O ₂ /l)	BOD ₅ (mg O ₂ /l)	COD/BOD ₅	Nitrifikationshæmn. 200 ml/l (%)	Nitrifikationshæmn. 20 ml/l (%)
A: Perjodsyrebaseret (39b) <u>spild</u>	1:2700 (1:16000)	7,28	1480	1060	4500	2200	< 2	> 1100	10	-
A: Perjodsyrebaseret (39b) <u>ren</u>	1:2800 (1:16000)	7,18	509	86,3	-	-	-	-	2	-
B: Perjodsyrebaseret (39b) <u>spild</u>	1:4400 (1:25000)	8,12	2270	1600	210	3380	380	9,0	3	-
E: Perjodsyrebaseret (39b) <u>spild</u>	1:7400 (1:120000)	8,18	498	185	44	350	110	3,1	21	-
E: Perjodsyrebaseret (39b) <u>ren</u>	1:3600 (1:60000)	7,62	430	82	-	-	-	-	0	-

* Henviser til type/gruppenummeret, se bilag 4: Hovedskema

** Angiver fortyndingen af handelsvaren (tallet i parentes angiver fortyndingen af aktivt stof)

6.4.1 Fortyndingsfaktor for stencilfjerner

Aktivt stof

De estimerede fortyndinger af stencilfjernerens som aktivt stof (dvs. perjodat) i de udtagne prøver af skyllevand fra stencilfjernelse svinger mellem 16000 og 120000 gange - altså foregår der en meget kraftig fortynding ved skylleprocessen. Som det fremgår af tabel 6.3, skyldes forskellen i fortyndingerne virksomhederne imellem kombinationen af stencilfjernerforbrug og vandforbrug.

6.4.2 Stencilfjernerispildevands pH

Svagt basiske

De målte pH-værdier i spildevandsprøverne er alle svagt basiske 7,3 - 8,2 - når der ses bort fra recirkulatet fra Svecia-anlægget (trykkeri D, se tabel 6.2). Dette tyder på, at der ved perjodsyrens reaktion med

stencilen dannes basisk reagerende forbindelser, og/eller at der er små mængder farvefjerner tilstede - hvilket er tilfældet for prøven "E: spild", der udviser den højeste pH-værdi. At den rene perjodsyre fortyndet med vand (se ren i tabel 6.4) giver en meget svag basisk reaktion ($\text{pH} = 7,18 - 7,62$) kan skyldes, at den er meget kraftigt fortyndet med postevand, der har en pH-værdi på omkring 7,6. Det skal dog bemærkes, at der i stencilfjerner-spildevandet fra virksomhed F (se tabel 9.4) er målt et meget svagt surt pH ($\text{pH} = 6,7$).

6.4.3 Tørstof (TS) og glødetab (GT) i stencilfjerner-spildevand

Tørstofindholdet i spildevandsprøverne varierer mellem 498 mg/l og 2270 mg/l. På tilsvarende vis varierer glødetabet mellem 185 mg/l og 1600 mg/l. Tørstofindholdet og glødetabet i det anvendte rene skyllevand på hver af virksomhederne samt for vandet brugt til at fortynde den rene stencilfjerner (ren) med fremgår af afsnit 6.2.3. Hvis de respektive tørstofindhold af det rene skyllevand trækkes fra de tilhørende målte tørstof-værdier for hver virksomhed, fremgår det af tabel 6.4 at glødetabet i væsentligt omfang kan forklare 90 - 100% af differensen - altså at forhøjelsen af tørstofindholdet i skyllevandet efter brug skyldes tilførsel af organisk stof. Det organiske stof består næsten udelukkende af delvist nedbrudt hærdet-fotoemulsion (polyvinylalkohol-co-vinylacetat).

Delvist nedbrudt hærdet-fotoemulsion

6.4.4 AOX i stencilfjerner-spildevand

Resultaterne af AOX analyserne ligger mellem 44 $\mu\text{g/l}$ og 4500 $\mu\text{g/l}$. De fundne mængder stammer givetvis primært fra indholdet af perjodat/jodat (dvs. interferens på analysemetoden) og i meget lille omfang fra klorerede organiske pigmenter (utilsigtet meget lille farverest - specielt i skyllevandsprøverne fra virksomhed A og E). Flere undersøgelser har påvist interferens fra uorganiske halogenforbindelser (perjodat, jodat m.fl.) på AOX-bestemmelsen, og at denne interferens kan begrænses væsentligt ved tilsætning af sulfit /46,17/. Ved de i nærværende undersøgelse udførte AOX-målinger efter DIN 38409-14 (se bilag 3) blev der tilsat 0,25 g sulfit pr. liter spildevand, mens der i dag på VKI's laboratorium - af hensyn til interferensproblemerne - tilsættes 1,26 g sulfit/l. For at undersøge sandsynligheden for at de fundne AOX mængder i stencilspildevandsprøverne skyldes interferens - fordi den tilsatte sulfitmængde (0,25 g/l) har været for lille - blev der udført AOX-analyser af rene vandige opløsninger af perjodat og jodat i koncentrationer på 62 - 68 mg pr. liter ved tilsætning af 0,25 g sulfit/l eller 1,26 g sulfit/l. Ved tilsætning af den lave sulfitmængde blev der fundet AOX-værdier på større end 36 $\mu\text{g/l}$ og større end 400 $\mu\text{g/l}$ for henholdsvis perjodat og jodat. Til gengæld blev der ved tilsætning af den høje sulfitmængde (1,26 g/l) fundet en AOX-værdi på 15 $\mu\text{g/l}$ for jodat. Spildevandsprøverne fra trykkeri A, B og E kan teoretisk set indeholde henholdsvis i størrelsesordenen 60 mg jodat/l, 8 mg jodat/l og 40 mg jodat/l, hvis al perjodat er reduceret til jodat.

Interferens fra uorganiske halogenforbindelser

Hvis disse resultater sammenholdes med, at der teoretisk ikke er grundlag for at antage dannelse af joderede organiske forbindelser ved stencilfjernelse (se kap. 4), må det konkluderes, at de fundne forhøjede AOX-værdier i stencilfjernerenskylllevand ikke er reelle men skal tilskrives interferens på analysemetoden.

6.4.5 COD i stencilfjernerenspildevand

COD-indholdet i skyllevandsprøverne varierer mellem 350 mg O₂/l og 3380 mg O₂/l. De fundne COD-indhold må i alt væsentlighed tilskrives indholdet af delvist nedbrudt hærde-fotoemulsion. At der er op til knap ti gange forskel på de fundne COD-værdier (se tabel 6.4) vurderes primært at hænge sammen med den store forskel på den anvendte mængde skyllevand (fortyndingsforholdet) samt forskel i mængden af stencil, der blev vasket af ved den pågældende måling.

6.4.6 BOD₅ i stencilfjernerenspildevand

Der er målt BOD₅-indhold på op til 380 mg O₂/l. Måleværdierne følger kun delvist COD-analyseresulaterne hvilket afspejles i COD/-BOD₅-forholdet, se nedenstående. Den højeste BOD₅-værdi er fundet i skyllevand fra virksomhed B og indikerer, at der her er mest biologisk let omsætteligt organisk stof tilstede. Dette stof må henføres til biologisk nedbrydelige fraktioner af delvist nedbrudt hærde-fotoemulsion. At der ikke kunne konstateres biologisk omsætteligt stof i prøven fra virksomhed A (BOD₅ < 2 mg O₂/l), kan ikke umiddelbart forklares, men kan skyldes tilstedeværelse af kraftigt hæmmende stoffer, eller at der udelukkende er tungt nedbrydelige stoffer tilstede. At pågældende prøve ikke udviser betydende nitrifikationshæmning (se tabel 6.4), samt at stenciltype (fotoemulsion) og stencilfjernerstype er identisk med, hvad der blev anvendt på virksomhederne B og E, indikerer, at der kan være tale om en analysefejl ved BOD₅-testen.

6.4.7 COD/BOD₅-forhold i stencilfjernerenspildevand

Dette forhold svinger fra 3,1 og til over 1100 for de opsamlede skyllevandsprøver. Den meget høje værdi (> 1100) skyldes det meget lave BOD₅-indhold, som er kommenteret ovenfor og vurderes ikke til at være repræsentativ for stencilfjernerenskylllevand. Forhold i den lave ende (3,1 - 9,0), der er fundet i skyllevandsprøverne fra virksomhed B og E, indikerer, at der er tungere nedbrydelige stoffer tilstede, dvs. fraktioner af den delvist nedbrudte hærde-fotoemulsion. At forholdet for virksomhed E er knap tre gange lavere end for virksomhed B, kan bl.a. skyldes, at en vis del af det tilstedeværende organiske stof i prøven fra virksomhed E består af let nedbrydelige diestere (se kommentarer i næste afsnit).

*Tungere nedbrydelige
stoffer*

6.4.8 Stencilfjernerenspildevands nitrifikationshæmning

Der er hverken konstateret betydende nitrifikationshæmning i skyllevandsprøverne (spild) eller i fortyndingerne af den rene stencilfjerner

(ren), når der ses bort fra skyllevandsprøven fra virksomhed E. Sidstnævnte prøve var "forurennet" med diesterbaseret farvefjerner, som hæmmer kraftigt, og den konstaterede hæmning (21 %) vurderes at skyldes tilstedeværelsen af farvefjerner.

6.4.9 Betydning af tilstedeværende oxideret stencil for analyseresultaterne

Tilstedeværelsen af oxideret stencil - dvs. delvist nedbrudt hærde-fotoemulsion - i spildevandet forøger mængden af organisk stof kraftigt og forøger hermed analyseresultaterne betydeligt, hvad angår tørstof, glødetab, COD og antageligt BOD₅ i forhold til den "rene" fortynding af stencilfjerner. Der er til gengæld ikke tale om betydende påvirkning af spildevandets nitrifikationshæmmende egenskaber. Tilstedeværelsen påvirker ligeledes heller ikke spildevandets AOX-indhold.

6.5 Nøgletal for skyggefjernelse

I tabel 6.5 er vist hovedresultaterne af undersøgelserne vedr. skyggefjernelsesteknikker på de deltagende trykkerier.

*Tabel 6.5
Nøgletal for processen skyggefjernelse (pr. m² ramme)*

Trykkeri: Procestype	Skyggefjernertype (nr. *)	Skyggefjerner- forbrug ### (g/m ²)	Skyggefjerner- spild til vand (g/m ²)	Skyggefjerner- spild til luft (g/m ²)	Skyggefjerner til kemikalief- fald (g/m ²)	Skyggeindsløb #### (g/m ²)	Vandforbrug** (l/m ²)	El-forbrug (kWh/m ²)
A: Manuel, skyggefjerner system "A" og "B" adskilt	Hypokloritbaseret (40b)	33,3 (3,3)	8,3 #	25 ##	0	0	6,1	0,22
	Opløsningsmid- delbaseret (40c, egenl. 38c)	78 (78)	65	13	0			
B: Manuel, skyggefjerner system "A" og "B" blandet	Alkalibas. (39b) og opløsningsmiddel- bas. (40c), blandet 1:1	158 (103)	158	0	0	0	9	0,054 ***
E: Manuel, kun system "A" med automatisk skyl ****	Hypokloritbaseret (40b)	37 (3,7)	9 #	28 ##	0	0	130	< 0,5

* Henviser til typenummeret, se bilag 4: Hovedskema

** Angiver det målte eller estimerede forbrug ved skyggefjernelse

*** Der var ikke monteret ventilation på vasken

**** Baseret på en kombination af målinger beskrevet i /2/ og bilag 3

Vurderes til primært at være aktivt stof og fortykkelsesmiddel

Vurderes til primært at være vand

Brugsopløsning, dvs. handelsvare - tallet i parentes angiver nøgletallet beregnet pba. aktivt stof (natriumhypoklorit, natriumhydroxid, tensid og opløsningsmidler)

Ikke kvantificerbar ved den anvendte metode. Formodentlig typisk ubetydelig lille

6.5.1 Forbrug af skyggeffjerner

*Opløsningsmiddelbaseret
skyggeffjerner*

*Alkalibaseret
skyggeffjerner
Hypokloritbaseret
skyggeffjerner*

Påføringsteknik

Som det fremgår af tabel 6.5, ligger forbruget af skyggeffjerner som handelsvare på $33,3 \text{ g/m}^2$ - 158 g/m^2 . Forbrugene i den lave ende udgøres af hypokloritbaserede skyggeffjerner, hvor der er anvendt aktivt stof (natriumhypoklorit og natriumhydroxid) i mængder på $3,3$ - $3,7 \text{ g/m}^2$. Forbruget af opløsningsmiddelbaserede skyggeffjerner er målt til 78 g/m^2 i det ene tilfælde (virksomhed A, hvor der egentlig er tale om en farveffjerner af typen 38c anvendt som skyggeffjerner) og 79 g/m^2 (dvs. $158/2$) i det andet tilfælde (virksomhed B). Brugen af alkalibaseret skyggeffjerner er på virksomhed B målt til 79 g/m^2 ($158/2$), hvilket svarer til 24 g aktivt stof/ m^2 (natriumhydroxid og tensid). At forbruget af de hypokloritbaserede skyggeffjerner (som handelsvare) kun udgør omkring halvdelen af forbruget af den alkalibaserede kan bl.a. hænge sammen med, at der på virksomhed A og E anvendes hulrakel ved påførsel, mens der på virksomhed B anvendes pensel. Forbruget af den opløsningsmiddelbaserede skyggeffjerner på virksomhed A (påføres med børste) svarer til forbruget på virksomhed B. Det vurderes, at den observerede forskel på forbruget af hypokloritbaseret og alkalibaseret skyggeffjerner ville være ubetydelig ved anvendelse af samme påføringsteknik.

Ved tidligere omtalt tysk undersøgelse /17/ (se afsnit 6.3.1) var forbruget af opløsningsmiddelbaseret skyggeffjerner ved både manuelle og automatiske teknikker 30 - 50 g/m^2 , hvilket ligger i underkanten af det her fundne. Det skal bemærkes, at der, så vidt vides, ikke udføres automatisk skyggeffjerner i Danmark.

6.5.2 Spild af skyggeffjerner til vand

Indvirkningstid

Spildet af skyggeffjerner til vand er målt til $8,3 \text{ g/m}^2$ - 158 g/m^2 . De laveste nøgletal ($8,3$ - 9 g/m^2) er fundet på virksomhed A og E, og det drejer sig her om tørstofindhold i hypokloritbaserede skyggeffjerner. Hvad angår de opløsningsmiddelbaserede skyggeffjerner er spildet på virksomhed A og B målt til henholdsvis 65 g/m^2 og 79 g/m^2 (dvs. $158/2$). Forskellen skyldes primært at førstnævnte er flygtig i modsætning til sidstnævnte. At al alkalibaseret skyggeffjerner ender i spildevandet (virksomhed B) skyldes, at der i det aktuelle tilfælde kun anvendes en indvirkningstid på 20 min. . Virksomhed A og E benytter væsentlig længere indvirkningstid ("natten over"), hvorved en væsentlig del af skyggeffjernerens vandindhold fordamper.

6.5.3 Spild til luft ved skyggeffjernerse

Vandfordampning

Er estimeret/målt til 0 - 28 g/m^2 . De to højeste nøgletal (25 og 28 g/m^2) antages næsten udelukkende at være udtryk for vandfordampning, mens målingen på 13 g/m^2 består af flygtige opløsningsmidler. At der ikke kunne måles tab til luft på virksomhed B tilskrives først og fremmest, at indvirkningstiden var kort, og at der anvendtes en tungt flygtig opløsningsmiddelbaseret skyggeffjerner. Det skal dog bemærkes, at der dannes aerosoler ved afskylning (højtryksspuling), som sandsynligvis kan indeholde mindre mængder skyggeffjerner.

6.5.4 Kemikalieaffald ved skyggefjernelse

Al brugt skyggefjerner tilføres enten kloaksystemet eller fordamper, og ender ikke som kemikalieaffald. Spild i form af rester ($< 0,1 \text{ g/m}^2$), der sidder på papstykke anvendt til at skrabe hulraket ren efter brug på trykkeri A, bortskaffes som brændbart affald sammen med tømt emballage.

6.5.5 Skyggeindsløb ved skyggefjernelse

Skyggeindsløb består primært af farve-, stencil- og evt. kalkrester og antages at være mængdemæssigt ubetydelig. Mængden er ikke kvantificerbar ved den i nærværende undersøgelse anvendte differensvejningsteknik.

6.5.6 Vandforbrug ved skyggefjernelse

De målte nøgletal for vandforbrug spænder fra $6,1 \text{ l/m}^2$ til 130 l/m^2 , se tabel 6.5. Forskellen i nøgletallene hænger primært sammen med, om der er tale om manuel eller automatisk højtryksspuling. Nøgletallet for den automatiske højtryksspuling er op til over 21 gange højere end for de manuelle teknikker. Det skal dog bemærkes, at vandforbruget let kan reduceres på Notio-anlægget ved at reducere antallet af skylle-rutiner ved omprogrammering.

*Manuel eller automatisk
højtryksspuling*

Ved den flere gange tidligere omtalte tyske undersøgelse /17/ (se f.eks. afsnit 6.3.1) var forbruget ved både manuelle og automatiske højtryksspulinger $15 - 20 \text{ l/m}^2$ og $5 - 10 \text{ l/m}^2$, hvis der var installeret recirkulation på de automatiske anlæg. Undersøgelse viser altså forbrug, der ligger i overkanten af det her fundne for manuelle teknikker men langt under for den automatiske højtryksspuling.

6.5.7 El-forbrug ved skyggefjernelse

De målte/estimerede el-forbrug ligger mellem $0,054 \text{ kWh/m}^2$ og $0,22 (< 0,5) \text{ kWh/m}^2$. De laveste forbrug er målt/estimeret ved de manuelle teknikker. At forbruget på virksomhed B er væsentligt lavere end virksomhed A's hænger primært sammen med, at der her ikke er installeret ventilation.

6.6 Karakterisering af skyggefjernerens spildevand

I tabel 6.6 findes en oversigt over analyseresultaterne af skyllevand fra skyggefjernelsesprocessen. Desuden indgår tilsvarende skyllevand i prøven af blandet spildevand, der fremgår af tabel 6.2 (virksomhed C, før). Der er både lavet analyser af skyllevandet opsamlet på virksomheden og af en tilsvarende vandig fortynding af den (de) anvendte skyggefjerner(e) i ren form. Dette er primært gjort for at få en indikation på om den aktuelle anvendelse (reaktioner, fordampning m.m. under processen) påvirker analyseresultaterne. Det skal dog

Hypoklorit reduceres

bemærkes, som det bl.a. fremgår af kap. 4, at primært de hypoklorit-baserede skyggeffjernerers kemiske sammensætning ændres (dvs. hypoklorit reduceres) ved selve skyggeffjernelser.

Tabel 6.6

Analyseresultater af skyllevand fra processen skyggeffjernelser

Trykkeri: Skyggeffjerner-type(r) (nr. *)	Fortyndingsfaktor** (Skyggeffj.:Vand)	pH	TS (mg/l)	GT (mg/l)	AOX (µg/l)	COD (mg O ₂ /l)	BOD ₅ (mg O ₂ /l)	COD/BOD ₅	Nitrifikations-hæmn. 200 ml/l (%)	Nitrifikations-hæmn. 20 ml/l (%)
A: Hypokloritbaseret (40b) <u>spild</u>	1:200 (1:2000)	9,60	1730	303	2100	790	230	3,4	57	-
A: Hypokloritbaseret (40b) <u>ren</u>	1:290 (1:2900)	10,2	1040	161	-	-	-	-	99	0
A: Hypokl.bas. (40b) + opl.midl.bas. (40c) # i forholdet 1:2 <u>spild</u>	1:50 (1:70)	8,37	1810	340	-	20000	870	23	95	47
A: Hypokl.bas. (40b) + opl.midl.bas. (40c) # i forholdet 1:2 <u>ren</u>	1:50 (1:70)	11,7	1190	206	-	20000	1600	12	99	57
B: Alkali.bas. (40a) + opl.midl.bas. (40c) i forholdet 1:1 <u>spild</u>	1:75 (1:115)	12,0	4310	1550	94	12300	3900	3,1	62	1

* Henviser til type/gruppenummeret, se bilag 4: Hovedskema

** Angiver fortyndingen af handelsvaren (tallet i parentes angiver fortyndingen af aktivt stof, dvs. natriumhypoklorit, natriumhydroxid, tensid og opløsningsmidler)

Egentlig en vævsåbner (38c)

6.6.1 Fortyndingsfaktor for skyggeffjerner

De estimerede fortyndinger af skyggeffjernerer som aktivt stof i de udtagne prøver af skyllevand fra skyggeffjernelser svinger mellem 70 og 2000 gange - altså er fortyndingen ikke nær så kraftig som ved stencilfjernelse (se tabel 6.6 og 6.4). De aktive stoffer er her natriumhypoklorit og natriumhydroxid samt evt. tensid i de hypokloritbaserede, mens de alkalibaserede typisk indeholder natriumhydroxid og tensid. Opløsningsmidler er de aktive stoffer i de opløsningsmiddelbaserede skyggeffjernerer. Som det fremgår af tabel 6.5, er forskellen i fortyndingerne virksomhederne imellem en konsekvens af kombinationen af skyggeffjernerforbrug og vandforbrug.

6.6.2 Skyggeffjernererspildevands pH

To af de analyserede spildevandsprøver var stærkt basiske 9,6 - 12,0 (virksomhed A: Hypokloritbas. og virksomhed B) og én mindre basisk (8,37). Det er indholdet af meget stærk base i de hypoklorit- og alkalibaserede skyggeffjernerer (typisk natriumhydroxid), der forårsager de meget høje pH-værdier i spildevandet.

6.6.3 Tørstof (TS) og glødetab (GT) i skyggeffjernererspildevand
Tørstofindholdet i spildevandsprøverne varierer mellem 1730 mg/l og 4310 mg/l. På tilsvarende vis varierer glødetabet mellem 303 mg/l og

Fortykkelsesmidler

1550 mg/l. Tørstofindholdet og glødetabet i det anvendte rene skyllevand på hver af virksomhederne er målt til A (350 mg TS/l; 40 mg GT/l) og B (590 mg TS/l; 70 mg GT/l). Vandet brugt til at fortynde den rene skyggefjerner (ren) havde et tørstofindhold på ca. 400 mg/l og et glødetab på 30 mg/l. Hvis de respektive tørstofindhold af det rene skyllevand trækkes fra de tilhørende målte tørstof-værdier for hver virksomhed, fremgår det af tabel 6.6, at glødetabet kan forklare en væsentlig del (40%) i prøven fra trykkeri B. Dette skyldes givetvis et højt indhold af tensider og mulig tilstedeværelse af organisk baseret fortykkelsesmiddel i skyggefjernerblandingen. I de øvrige spildevandsprøver udgør glødetabet kun omkring 20% af tørstofindholdet, hvilket sandsynligvis hænger sammen med, at den opløsningsmiddelbaserede skyggefjerner anvendt på virksomhed A er domineret af flygtige opløsningsmidler (der ikke medbestemmes ved TS analysen) samt at den hypokloritbaserede type primært består af uorganiske salte og muligvis indeholder uorganisk fortykkelsesmiddel.

Klorerede organiske forbindelser

6.6.4 AOX i skyggefjerner-spildevand

Resultaterne af de to AOX-analyser ligger på 94 µg/l og 2100 µg/l. Indholdet i spildevandsprøven, hvor der er anvendt hypoklorit (virksomhed A), er væsentlig højere (over 20 gange, selv om prøven er kraftigst fortyndet) end prøven fra virksomhed B, hvor der er anvendt alkalibaseret skyggefjerner. Dette bekræfter, at der som beskrevet i kap. 4, kan dannes klorerede organiske forbindelser ved brug af hypokloritbaserede skyggefjerner, hvilket ligeledes er konstateret ved tyske undersøgelser /17/.

Tensider

6.6.5 COD i skyggefjerner-spildevand

COD-indholdet i skyllevandsprøverne varierer mellem 790 mg O₂/l og 20000 mg O₂/l. De tre højeste COD-indhold (se tabel 6.6) må primært tilskrives indholdet af opløsningsmiddel og til dels indholdet af tensider og fortykkelsesmidler. COD-indholdet (790 mg O₂/l) i prøven fra virksomhed A, hvor der kun er benyttet hypokloritbaseret skyggefjerner, skal sandsynligvis forklares ud fra indhold af tensider (muligvis også organisk fortykkelsesmiddel). At den er væsentlig lavere end de øvrige målinger skyldes nok først og fremmest, at der her ikke er en opløsningsmiddelbaseret type tilstede samt i mindre omfang, at den er kraftigere fortyndet end de øvrige tre.

6.6.6 BOD₅ i skyggefjerner-spildevand

Der er målt BOD₅-indhold på mellem 230 mg O₂/l og 3900 mg O₂/l. Måleværdierne følger kun delvist COD-analyseresultaterne, hvilket afspejles i COD/BOD₅-forholdet, se nedenstående. Den højeste BOD₅-værdi er fundet i skyllevandet fra virksomhed B og indikerer, at der her er mest biologisk let omsætteligt organisk stof tilstede. Dette stof må henføres til let nedbrydelige fraktioner af indgående opløsningsmidler.

6.6.7 COD/BOD₅-forhold i skyggefjernerospildevand

Dette forhold svinger mellem 3,1 og 23 for de opsamlede skyllevandsprøver. De to laveste forhold (3,1 og 3,4 - se tabel 6.6) indikerer at det organiske stof i disse prøver er forholdsvis let omsætteligt. I modsætning her til er de meget høje forhold (12 - 23), der er fundet for virksamhed A, en kraftig indikation på mulig tilstedeværelse af tungt nedbrydelige fraktioner. Sidstnævnte kan forklares ud fra indholdet af ikke let nedbrydelige opløsningsmidler i den anvendte opløsningsmiddelbaserede skyggefjerner (egentlig en vævsåbner, 38c). At der er forskel på forholdet målt på den aktuelle spildevandsprøve (23) og den fortyndede skyggefjerner (12) kan muligvis skyldes, at visse fraktioner ikke er tilstede i førstnævnte prøve, fordi de er fordampet ved anvendelsen på virksamheden. Det skal dog bemærkes, at specielt indholdet af hypoklorit kan have udøvet respirationshæmning på BOD₅-testen og hermed givet "for lave" BOD₅-resultater.

6.6.8 Skyggefjernerospildevands nitrifikationshæmning

Der er konstateret mere eller mindre kraftig nitrifikationshæmning fra samtlige prøver af skyllevand fra skyggefjernelse (spild) samt i fortyndinger af de rene skyggefjerner (ren). Hæmningen fra skyllevandsprøverne indholdene hypokloritbaseret skyggefjerner alene (virksamhed A) skyldes med al sandsynlighed indholdet af hypoklorit, der er meget giftig over for mikroorganismer. I de to prøver (spild og ren) fra virksamhed A, hvor der indgår opløsningsmiddelbaseret skyggefjerner, og hvor hæmningen er meget kraftig, bidrager nitrifikationshæmmende opløsningsmidler sandsynligvis. Hæmningen konstateret i skyllevandsprøven fra virksamhed B skal sandsynligvis tilskrives tilstedeværelse af opløsningsmidler.

Giftig over for mikroorganismer

6.6.9 Betydningen af den konkrete anvendelse af skyggefjerner for analyseresultaterne

Under skyggefjernelsesprocessen ændres skyggefjernerens sammensætning. F.eks. reduceres hypoklorit ved oxidation af urenheder og tilstedeværende opløsningsmidler fordampes i mere eller mindre omfang. En sammenligning af analyseresultaterne for fortyndingerne af de rene skyggefjerner (rene) og de tilsvarende spildevandsprøver (spild) tyder på, at der under den aktuelle brug bl.a. kan ske et fald i pH, tilførsel af organisk stof samt fordampning af flygtige opløsningsmidler. Dette afspejles i analyseresultater for pH, tørstof, glødetab, BOD₅ og COD/BOD₅-forholdet. Hertil kommer, at der under oxidationen kan dannes klorerede organiske forbindelser, der forøger spildevandets AOX-indhold.

6.7 Nøgletal for affedtning

I tabel 6.7 er vist hovedresultaterne af undersøgelserne vedr. affedtningsteknikker på de deltagende trykkerier.

Tabel 6.7
Nøgletal for processen affedtning (pr. m² ramme)

Trykkeri: Procestype	Affedtertype (nr. *)	Affedterforbrug # (g/m ²)	Affedterspild til vand (g/m ²)	Affedterspild til luft (g/m ²)	Affedter til kemikalieaffald (g/m ²)	"Fedtindsløb" ## (g/m ²)	Vandforbrug** (l/m ²)	El-forbrug (kWh/m ²)
A: Manuel affedtning	Vævsaffedter (18)	30 (< 1)	30 (< 1)	0	0	0	3,0	0,057
B: Manuel affedtning	Vævsaffedter (18)	10,7 (< 0,5)	10,7 (< 0,5)	0	0	0	3	0 ***
E: Manuel affedtning ****	Vævsaffedter (18)	13 (< 0,5)	13 (< 0,5)	0	0	0	6	?
C: Automatisk affedtning (SPS)	Vævsaffedter (18)	480 (ca. 5)	480 (ca. 5)	0	0	0	14 ###	< 0,5 ####

* Henviser til typenummeret, se bilag 4: Hovedskema

** Angiver det målte eller estimerede forbrug ved affedtning

*** Der var ikke monteret ventilation på vasken, og der blev ikke anvendt højtryksspuler

**** Baseret på målinger beskrevet i /2/.

Brugsopløsning- tallet i parentes angiver nøgletallet beregnet pba. aktivt stof (primært tensid - men også komplexdannere og evt. opløsningsmidler)

Ikke kvantificerbar ved den anvendte metode. Formodentlig typisk ubetydelig lille.

Friskvand der i kombination med recirkulat desuden indgår ved stencilfjernelse

Baseret på det målte forbrug 0,5 kWh/m², der inkluderer alle øvrige indgående procestrin dvs. farvefjernelse og stencilfjernelse

6.7.1 Forbrug af affedter

Som det fremgår af tabel 6.7, ligger forbruget af affedter som brugsopløsning på 10,7 g/m² - 480 g/m², hvilket svarer til 0,7 g/m² - 16 g/m² som handelsvarer. Mest relevant er dog forbrug af aktivt stof (dvs. tensid/komplexdannere m.m.), som andrager fra ca. 5 g/m² til < 0,5 g/m². Forskellen i forbrug vurderes først og fremmest at hænge sammen med, om der er anvendt manuel eller automatisk påførselsteknik. Som det fremgår af tabel 6.7, kan forbruget af aktivt stof være omkring 10 gange større ved automatisk end ved manuel påførsel. Det vurderes dog, at nyere automatiske anlæg kan have et væsentlig lavere forbrug end målt her (SPS-anlæg under givne driftsbetingelser), hvilket bl.a. fremgår af leverandøroplysninger på et tysk anlæg, se bilag 2 (omnitec). At forbruget på virksomhed A er 2-3 gange højere end på virksomhederne B og E kan hænge sammen med, at der på førstnævnte virksomhed anvendes børste til påførsel, mens der på de to sidstnævnte benyttes sprøjteflaske.

I tidligere omtalt tysk undersøgelse /17/ var forbruget af affedter (som aktivt stof) 15 - 20 g/m² for manuelle teknikker og 5 -10 g/m² ved automatiske teknikker. Disse nøgletal ligger væsentligt over det her fundne, og giver det omvendte billede hvad angår manuelle teknikker overfor automatiske.

6.7.2 Spild af affedter til vand

Spildet (udslæbet) af affedter til vand svarer til forbruget, fordi hele mængden af affedter ender i skyllevandet, der typisk føres til kloak.

*Manuel eller automatisk
påføringsteknik*

6.7.3 Spild til luft ved affedtning

I det der er set bort fra aerosoldannelse og fordampning af vand, er spild til luft negligibelt. Det kan dog ikke udelukkes, at typer af affedtere der indeholder mere eller mindre flygtige opløsningsmidler kan give begrænset spild til luft.

6.7.4 Kemikalieaffald ved affedtning

Da al brugt affedter typisk tilføres kloaksystemet ender intet som kemikalieaffald. Spild i form af rester i emballage ender dog typisk som brændbart affald.

6.7.5 "Fedtindslæb" ved affedtning

Fedtindslæb er "fedtfilm" og "snavs" typisk aflejret på/i vævet ved henstand af rammen. Forekommer givetvis i så små mængder at de ikke er kvantificerbare ved den i nærværende undersøgelse anvendte differensvejningsteknik.

6.7.6 Vandforbrug ved affedtning

De målte nøgletal for vandforbrug spænder fra 3 l/m² til 14 l/m², se tabel 6.7. Forskellen i nøgletallene skyldes primært om der er tale om manuel eller automatisk højtryksspuling. Nøgletallet for den automatiske højtryksspuling er op til mere end 4 gange højere end de manuelle teknikker. Det skal dog bemærkes, at vandforbruget kan reduceres på SPS-anlægget ved at reducere antallet af skyllerutiner ved omprogrammering af anlægget, samt at der for nyere anlæg (hvor der ligeledes recirkuleres) angives lavere forbrug, se bilag 2 (omnitec).

I tidligere omtalt tysk undersøgelse /17/ var forbruget ved manuelle skylninger 10 - 15 l/m². Ved automatiske skylninger var friskvandsforbruget, uanset om der var installeret recirkulation eller ej, 15 - 20 l/m². Denne undersøgelse viser altså forbrug, der ligger i overkanten af det her fundne for manuelle teknikker, men på niveau hvad angår den automatiske skylning.

6.7.7 El-forbrug ved affedtning

De to målte/estimerede el-forbrug ligger på henholdsvis 0,057 kWh/m² og < 0,5 kWh/m². Det vurderes at forbruget typisk vil være lavest ved manuelle teknikker.

6.8 Karakterisering af spildevand fra affedtning

I tabel 6.8 findes en oversigt over analyseresultaterne af skyllevand fra affedterprocessen. Desuden indgår tilsvarende skyllevand i prøven af blandet spildevand, der fremgår af tabel 6.2 (virksomhed C, før). Der er både lavet analyser af skyllevandet opsamlet på virksomheden og af en tilsvarende vandig fortynding af den anvendte affedter i ren

*Manuel eller automatisk
højtryksspuling*

form. Dette er primært gjort for at få en indikation på, om den aktuelle anvendelse påvirker analyseresultaterne.

Tabel 6.8
Analyseresultater af skyllevand fra processen affedtning

Trykkeri: Affedtertype (nr. *)	Fortyndingsfaktor** (Affedter: Vand)	pH	TS (mg/l)	GT (mg/l)	AOX (µg/l)	COD (mg O ₂ /l)	BOD ₅ (mg O ₂ /l)	COD/BOD ₅	Nitrifikationshæmn. 200 ml/l (%)	Nitrifikationshæmn. 20 ml/l (%)
A: Vævsaffedter (18) <u>spild</u>	1:1400 (1: > 5000)	9,53	515	161	-	730	66	11	0	0
A: Vævsaffedter (18) <u>ren</u> ***	1:1500 (1: > 5000)	8,73	63	63	-	120	8,2	15	0	0
B: Vævsaffedter (18) <u>spild</u>	1:6500 (1: > 20000)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Henviser til type/gruppenummeret, se bilag 4: Hovedskema

** Angiver fortyndingen af handelsvaren (tallet i parentes angiver fortyndingen af aktivt stof, dvs. tensid, komplexdannere, opløsningsmidler m.m.)

*** Der blev ved en fejl anvendt demineraliseret vand til fortynding.

6.8.1 Fortyndingsfaktor for affedter

De ud fra massebalancer estimerede fortyndinger af affedtere som aktivt stof i de udtagne spildevandsprøver ligger over 5000 gange. Den reelle fortynding af aktivt stof for virksomhed A ligger, som det fremgår af afsnit 6.8.3, sandsynligvis på omkring 16000 gange. De aktive stoffer er her tensider, komplexdannere og evt. opløsningsmidler. Forskellen i fortyndingerne virksomhederne imellem hænger, som det fremgår af tabel 6.7, sammen med forskel i anvendt mængde affedter.

Aktive stoffer

6.8.2 Affedterspildevands pH

Både spildevandsprøven og den fortyndede affedter var basiske med en pH-værdier på henholdsvis 9,53 og 8,73. Det skal bemærkes, at der både findes alkaliske, neutrale og sure affedtere, således at spildevandet ikke nødvendigvis behøver at være basisk.

6.8.3 Tørstof (TS) og glødetab (GT) i affedterspildevand

Tørstofindholdet i spildevandsprøven og den fortyndede affedter ligger på henholdsvis 515 mg/l og 63 mg/l. På tilsvarende vis er glødetabet henholdsvis 161 mg/l og 63 mg/l. Tørstofindholdet og glødetabet i det anvendte rene skyllevand på virksomhed A er henholdsvis 350 mg TS/l og 40 mg GT/l. Hvis tørstofindholdet af det rene skyllevand på virksomhed A trækkes fra den tilhørende målte tørstof-værdi i spildevandet (og differensen korrigeres for det rene vands glødetab), fremgår det af tabel 6.8, at glødetabet udgør 73% af differensen - altså at der primært er tale om organisk stof. Der blev utilsigtet anvendt demineraliseret vand (tørstofindhold = 0 mg/l) til at fortynde den rene affedter (ren). Dette afspejles i, at tørstofindholdet er lig med glødetab

bet. Glødetabsanalysen indikerer altså, at der er 63 mg affedter (aktivt stof) pr. liter, hvilket svarer til en fortynding på ca. 16000 gange.

6.8.4 AOX i affedterspildevand

Der er ikke foretaget AOX-analyser, da der ikke er grund til at have mistanke om forekomst af halogenerede organiske forbindelser i skyllevand fra affedtning.

6.8.5 COD i affedterspildevand

COD-indholdet er målt til 730 mg O₂/l og 120 mg O₂/l i henholdsvis spildevandet og den vandige fortynding af affedteren anvendt på virksomhed A. At COD-indholdet er ca. 6 gange højere i spildevandet (spild) end i den rene prøve (ren), skyldes mest nærliggende den mængde organisk stof, der vaskes fra rammen (< 1 g/m²).

6.8.6 BOD₅ i affedterspildevand

Der er målt BOD₅-indhold på 66 mg O₂/l og 8,2 mg O₂/l i henholdsvis spildevandsprøve (spild) og den "rene" prøve (ren). Måleværdierne følger delvist COD-analyseresultaterne, hvilket afspejles i COD/BOD₅-forholdet, se nedenstående.

6.8.7 COD/BOD₅-forhold i affedterspildevand

Dette forhold ligger på 11 og 15 for henholdsvis spildevandsprøve og den fortyndede affedter. Disse forholdsvis høje forhold er en indikation på, at der kan være tungt nedbrydelige organiske stoffer tilstede. Det kan, som det fremgår af bilag 4 og 8, bl.a. dreje sig om ikke let nedbrydelige tensider.

*Tungt nedbrydelige
organiske stoffer*

6.8.8 Affedterspildevands nitrifikationshæmning

Som det fremgår af tabel 6.8, er hverken spildevandsprøven eller den fortyndede affedter nitrifikationshæmmende.

6.8.9 Indflydelse af den konkrete anvendelse af affedteren på analyseresultaterne

Kan ikke udredes på nærværende spinkle datagrundlag. Sammenligning af de to analysesæt (se tabel 6.8) peger dog på en vis tilførsel af organisk stof til skyllevandet udover affedter, hvilket bl.a. afspejles i forskel på COD-værdier.

6.9 Sammenfatning vedr. udredningsundersøgelserne

Sammenfattende skal det anføres, at de udførte undersøgelser peger på at nedenstående procesparametre/forhold er af væsentlig betydning for den potentielle miljøbelastning fra rammevask, som den typisk

Potentiel miljøbelastning udføres i Danmark i dag. Det skal bemærkes, at der her med potentiel miljøbelastning menes ressourceforbrug og spild/emission, samt at der er set bort fra farligheden af de anvendte kemikalier. Sidstnævnte aspekt inddrages i kap. 7. Der er endvidere nedenstående udført en sammenfattende karakterisering af de forskellige skyllevandstyper fra rammevask.

6.9.1 Generelle procesparametre/forhold

Følgende punkter har generel betydning for potentiel miljøbelastning:

- procestype (manuel, halvautomatisk, automatisk)
- omfanget af skyggeffjernelse

Kemikalieforbrug

Hvad angår stencilfjernelse og affedtning er kemikalieforbruget typisk væsentligt højere ved halvautomatiske/automatiske teknikker i forhold til manuelle. Dette skyldes sandsynligvis problemer med optimeret dosering ved automatiske processer. Det samme er tilsyneladende ikke gældende for farveffjernelse - sandsynligvis fordi farvefjernerens stort set altid recirkuleres, og "doseringen" bliver hermed af mindre betydning. Vand og el-forbrug er ligeledes generelt højere ved halvautomatiske/automatiske teknikker i forhold til manuelle, men hvad angår nyere halvautomatiske/automatiske anlæg, hvor kemikalier og skyllevand recirkuleres, udlignes forskellen i forbrug på kemikalie- og vandområdet betydeligt - specielt hvis kemikalier opgraderes (destillation af farvefjerner), og der udføres vandbehandling.

Vand og el-forbrug

Brug af skyggeffjerner

Udpræget anvendelse af skyggeffjerner forøger den potentielle miljøbelastning betydeligt, fordi al anvendt skyggeffjerner tilføres kloaksystemet og/eller emitteres til luft.

6.9.2 Specielle forhold ved farveffjernelse

Følgende parametre/forhold er afgørende for potentiel miljøbelastning:

- indsløb af trykfarverest (farvefjernerens "levetid")
- farveffjernerstype/indvirkningstid/mekanisk bearbejdning (behov for skyggeffjernelse)
- afdrypningstid (udsløb til kloak)
- flygtighed(flammepunkt) af farvefjerner (luftemission)
- ventilation/udsug (arbejds miljø/luftemission)
- recirkulering af farvefjerner og skyllevand (ressourceforbrug)
- destillation af farvefjerner (ressourceforbrug/kemikalieaffald)
- vandbehandling (ressourceforbrug/emission til kloak)

Farvefjernerens skyllevand

På baggrund af analyserne af de udtagne spildevandsprøver og de vandige fortyndinger af de rene farvefjernerer samt udredningsundersøgelsen i øvrigt kan typisk skyllevand fra farveffjernelse generelt karakteriseres ved:

- farvefjernerer er fortyndet nogle få hundrede gange med vand
- trykfarveresten (i farvefjernerer) er minimum fortyndet flere tusinde gange med vand (der ses bort fra vandfortyndbare trykfarver)
- pH er svagt basisk
- relativt højt COD-indhold (hidrører fra farvefjernerer)
- varierende BOD₅-indhold (afhængig af farvefjernertype)
- varierende indikation (COD/BOD₅) på indhold af tungt nedbrydelige stoffer (afhængig af farvefjernertype)
- udviser kraftig nitrifikationshæmning
- mulighed for "forhøjet" AOX-indhold (klorerede pigmenter)

6.9.3 Specielle forhold ved stencilfjernelse

Følgende parametre/forhold er især afgørende for potentiel miljøbelastning:

- indslæb af stencil (ressourceforbrug/emission til kloak)
- optimal dosering af aktivt stof (ressourceforbrug/emission til kloak)
- indvirkningstid/mekanisk bearbejdning (behov for skyggeffjernelse)
- ventilation/udsug (arbejds miljø)
- recirkulering af stencilfjerner og skyllevand (ressourceforbrug)
- vandbehandling (ressourceforbrug/emission til kloak)

Stencilfjernererskyllevand

På baggrund af analyserne af de udtagne spildevandsprøver og de vandige fortyndinger af rene stencilfjernerer samt resultater af udrædningsundersøgelsen i øvrigt kan typisk skyllevand fra stencilfjernelse generelt karakteriseres ved:

- stencilfjernerer (dvs. aktivt stof; perjodsyre mere eller mindre reduceret til jodsyre) er meget kraftigt fortyndet - dvs. flere titusinde gange med vand
- den delvist nedbrudte hærdede-fotoemulsion udgør fra i størrelsesordenen hundrede milligram per liter op til få gram per liter
- pH er svagt basisk til svagt sur
- relativt højt COD-indhold (hidrører fra den delvist nedbrudte hærdede-fotoemulsion)
- "moderate" BOD₅-indhold
- indikation (COD/BOD₅) på indhold af tungt nedbrydelige stoffer (fraktioner af den delvist nedbrudte hærdede-fotoemulsion)
- udviser ikke nitrifikationshæmning
- ingen reel forhøjelse af AOX-indhold (analyseinterferens fra jodat/-perjodat)

6.9.4 Specielle forhold ved skyggeffjernelse

Følgende parametre/forhold er især afgørende for potentiel miljøbelastning ved skyggeffjernelse set isoleret:

- praksis på virksomhed - skyggeffjernelsesfrekvens; skyggeffjernes f.eks. alle rammer som standard (meget stor betydning for potentiel miljøbelastning)

- skyggetype og omfang (valg af skyggeffjernerstype/ressourceforbrug/emission til kloak)
- optimal dosering af aktivt stof (ressourceforbrug/emission til kloak og/eller luft)
- indvirkningstid/mekanisk bearbejdning - afhænger af skyggeffjernerstype (ressourceforbrug/emission til kloak og/eller luft)
- ventilation/udsug (arbejdsmiljø/luftemission)

Skyggeffjerner-skyllevand

På baggrund af analyserne af de udtagne spildevandsprøver og de vandige fortyndinger af rene skyggeffjernerer samt resultater af udredningsundersøgelsen i øvrigt kan typisk skyllevand fra skyggeffjernerelse (dvs. kombineret hypoklorit-/alkalibaseret med opløsningsmiddelbaseret) generelt karakteriseres ved:

- skyggeffjernerer (dvs. aktivt stof) er fortyndet i størrelsesordenen hundrede gange med vand (kraftigere fortynding hvis kun én skyggeffjernerstype indgår)
- pH er stærkt basisk
- højt COD-indhold (hidrører primært fra opløsningsmiddelindholdet, antageligt relativt lavt hvis dette ikke er tilstede)
- varierende BOD₅-indhold
- varierende indikation (COD/BOD₅) på indhold af tungt nedbrydelige stoffer (antagelig primært afhængig af nedbrydelighed af tilstedeværende opløsningsmidler)
- udviser kraftig nitrifikationshæmning
- "forhøjet" AOX-indhold (klorerede organiske forbindelser)

6.9.5 Specielle forhold ved affedtning

Følgende parametre/forhold er især afgørende for potentiel miljøbelastning:

- optimal dosering af aktivt stof (ressourceforbrug/emission til kloak)
- mekanisk bearbejdning/indvirkningstid (ressourceforbrug/emission til kloak)

Affedter-skyllevand

På baggrund af analyserne af den udtagne spildevandsprøve og den vandige fortynding af ren affedter samt resultater af udredningsundersøgelsen i øvrigt kan skyllevand fra affedtning (alkalisk) generelt karakteriseres ved:

- affedteren (dvs. aktivt stof) kraftigt fortyndet - dvs. få titusinde gange med vand
- pH er basisk for alkaliske affedtere men antagelig sur/neutral for sure/neutrale affedtere
- relativt lavt COD-indhold (hidrører fra affedteren og afvasket organisk stof)
- "lave" BOD₅-indhold
- mulig indikation (COD/BOD₅) på indhold af tungt nedbrydelige stoffer men afhænger nok primært af de indgående tensidtyper i affedteren

- udviser sandsynligvis typisk ikke betydende nitrifikationshæmning (bl.a. pga. den kraftige fortynding) - men betydende hæmning vil muligvis kunne forekomme, hvis kraftigt hæmmende stoffer indgår i affedteren
- ingen grund til at antage AOX-indhold

7 Samlet vurdering af status for rammevask

Manuelle teknikker

Rammevask udføres i Danmark i dag (1997) primært ved manuelle teknikker. Kun omkring 20 større serigrafiske virksomheder benytter rammevaskeanlæg. Disse udgør omkring 10% af det samlede antal egentlige serigrafiske virksomheder i Danmark (200 - 250 /1/) og vasker skønsmæssigt ¼-del af det samlede rammeareal, der årligt vaskes i Danmark. På grund af bl.a. virksomhedssammenlægninger, og stigende automatisering i øvrigt vurderes andelen af automatiske afvaskninger at være stigende. På baggrund af nærværende og tidligere undersøgelser /1/, skønnes det samlede årlige rammeareal, der undergår rammevask, at udgøre omkring 1.000.000 kvadratmeter.

Stigende automatisering

Nedenstående er der foretaget status for farve-, stencil-, og skyggefjernelse samt affedtning, og til sidst er der udført en sammenligning af de vurderede potentielle miljøbelastninger for de enkelte processer. Gennemgangen er fortrinsvis baseret på data fra kap. 4, 5 og 6, hvor dataene er opdelt i processer/produkttyper og mere detaljeret beskrevet. Hvis ikke andet er anført, gælder de udførte vurderinger for forhold i Danmark 1996/97.

7.1 Samlet vurdering af status for farvefjernelse

Manuel farvefjernelse med recirkulation

Hovedparten (ca. ¾) af den farvefjernelse, der foretages i Danmark i dag, foregår ved manuel farvefjernelse med recirkulation. De mest udbredte farvefjernertyper er diesterbaserede og glycoetherbaserede typer. Tilsammen dækker de over halvdelen af det samlede forbrug, som udgør omkring 200 ton/år /1/. Brug af vandfortyndbare farvefjernere er yderst begrænset, fordi anvendelsen af vandfortyndbare farver endnu er meget lille (under 5% af det samlede trykfarveforbrug ved serigrafi /1/), og fordi der i et vist omfang anvendes rent vand som farvefjerner i stedet for.

Indslæbet af trykfarverest

Indslæbet af trykfarverest til farvefjernelsesprocessen udgør typisk 5 - 9 g/m² og indsatsen for at fjerne (dvs. genbruge) så meget som muligt af trykfarveresten - før rammen går til rammevask - vurderes at være meget varierende inden for serigrafibranchen.

Forbruget af farvefjerner

Forbruget af farvefjerner ligger typisk på 200 - 250 g/m² og tiltag til nedbringelse af forbruget - såsom reduceret udslæb til skyllevand eller destillation - er, udover simpel bundfældning, ikke udbredt. Der tilbydes dog i dag systemer til destillation af meget flygtige farvefjernertyper, og sådanne anlæg kan ifølge producentoplysninger sænke det samlede forbrug til 40 g/m² (se bilag 2). Det vurderes, at disse anlæg (som decentrale enheder) af økonomiske årsager ikke er tilgængelige for "den lille serigraf".

<i>Spild til offentlig kloak</i>	Spild af farvefjerner til offentlig kloak ligger for de ikke-flygtige farvefjernere (flammpunkt $> 100^{\circ}\text{C}$) typisk i området $80 - 150 \text{ g/m}^2$, mens det for de meget flygtige typer (flammpunkt $\leq 55^{\circ}\text{C}$) sandsynligvis udgør i størrelsesordenen 40 g/m^2 , når rammen ikke tørres inden afskylning med vand. De øvrige farvefjernertyper (moderat flygtige, dvs.: $55^{\circ}\text{C} < \text{flammpunkt} \leq 100^{\circ}\text{C}$) ligger formentligt i området mellem 40 g/m^2 og 80 g/m^2 . Hvis rammen, ved anvendelse af meget flygtige farvefjernere, tørres inden afskylning, kan spildet til vand reduceres betydeligt (udsløb $< 5 \text{ g/m}^2$), idet farvefjernerens i stedet ender som luftemission. Dette princip, der er udbredt for tyske rammevaskeanlæg, anvendes, så vidt vides, kun på et par rammevaskeanlæg i Danmark. Den samlede årlige mængde farvefjerner, der afledes med spildevand, anslås til omkring 100 ton. Farveresten i farvefjernerenspildet vurderes at udgøre $0 - 5\%$ og består primært af bindemidler. Mængden af farverest, der årligt afledes med spildevand, kan hermed anslås til omkring $2 - 3$ ton. Vandbehandling i kombination med recirkulering af skyllevand har i lighed med vandbehandling som "end of pipe" løsning, en meget begrænset udbredelse i Danmark.
<i>Farverest</i>	
<i>Vandbehandling</i>	
<i>Vandfortyndbar filler</i>	Den mængde vandfortyndbar filler, der afskylles med skyllevandet, udgør omkring $1,3 \text{ g TS/m}^2$. Den samlede årlige afledte mængde med spildevandet kan hermed anslås til godt 1 ton.
<i>Emission til luft</i>	Emission af farvefjernere til luften er generelt betydeligt lavere end spild til kloak. For ikke-flygtige farvefjernere er emissionen ringe, dvs. i størrelsesordenen 6 g/m^2 , mens den for de meget flygtige typer når op i området omkring $40 - 60 \text{ g/m}^2$. Et groft skøn giver en samlet årlig luftemission af farvefjernere på $10 - 20$ ton. Anvendelse af filtre o.lign. som luftemissionsbegrænsende foranstaltninger/genindvinding forekommer, så vidt vides, ikke.
<i>Kemikalieaffald</i>	Mængden af farvefjerner, der ender som kemikalieaffald (udtjent farvefjerner), er meget varierende og ligger i området $30 - 150 \text{ g/m}^2$. Den samlede mængde af kemikalieaffald ved farvefjernelse anslås til omkring 100 ton årligt. I Danmark i dag forekommer der, hvis der ses bort fra meget flygtige farvefjernere på et par tysk producerede rammevaskeanlæg, ikke regenerering af den udtjente farvefjerner, der typisk bortskaffes til Kommunekemi som kemikalieaffald.
<i>Friskvandsforbrug</i>	Friskvandsforbruget (skyllevand) ved farvefjernelse ligger typisk i området $5 - 20 \text{ l/m}^2$, men kan i princippet være udeladt på få specielle anlæg. Det samlede årlige vandforbrug til farvefjernelse skønnes at udgøre i størrelsesordenen 10.000 m^3 . Recirkulering af skyllevand har kun en meget begrænset udbredelse.
<i>El-forbrug</i>	El-forbruget ved farvefjernelsen vurderes typisk at være $< 0,3 \text{ kWh/m}^2$. Hermed kan det årlige forbrug anslås til $< 300.000 \text{ kWh}$.
<i>Farlighedsvurdering</i>	Af de farvefjernertyper, der anvendes i dag, er alle meget flygtige (38a, 38c, 38e, 38g) og moderat flygtige (38b, 38d, 38f) tildelt vand-

miljøscoren A_p og sundhedsscoren U_p ved farlighedsvurderingen, og er således uønskede i kloaksystemet og i arbejdsmiljøet, se kap. 4. Ved farlighedsvurderingen i forhold til luftemission er fem af ovennævnte typer tildelt luftscoren 1_p og er således vurderet til at være meget farlig ved emission med luft. De ikke flygtige typer (diesterbaseret (38h) og glycoletherbaserede (38i)) er begge tildelt vandmiljøscoren C_p og sundhedsscoren P_p og er således vurderet til at være uproblematisk ved afledning til kloak og problematiske i forhold til arbejdsmiljøet. Sundhedsscoren er dog tildelt af forsigtighedshensyn (manglende data) og evt. indhold af N-methylpyrrolidon. Hvad angår luftscoren er begge de to sidstnævnte produkttyper tildelt den mindst belastende kategori 3_p . Den vandfortyndbare type af farvefjernere (38j) er tildelt vandmiljøscoren B_p , sundhedsscoren P_p og luftscoren 1_p . Det drejer sig om en meget "broget" type, der undertypemæssigt kan have vidt forskellig sammensætning - f.eks. typer bestående af vand og detergenter i modsætning til mere komplekse typer med indhold af større mængder organiske opløsningsmidler, korrosionsinhibitorer m.m. Anvendelse af den vandfortyndbare type er, som tidligere anført, yderst begrænset.

Det vurderes hermed samlet for processen farvefjernelse, at det helt klart er spildet af farvefjernere til kloak, der er dominerende for den potentielle miljøbelastning, ved den måde farvefjernelse foretages på i Danmark i dag. Af arbejdsmiljø- og luftemissionsbegrænsende årsager er udviklingen herhjemme, i modsætning til i Tyskland, gået mod stadig stigende anvendelse af ikke-flygtige typer, der afvaskes med vand.

Karakterisering af spildevand

AOX-indhold

Farvefjernerer kan udgøre op til adskillige gram pr. liter i det afledte skyllevand, og der er altså her i omkring halvdelen af tilfældene tale om typer af farvefjernere, der pba. de tildelte farlighedsscoringer er uønskede i kloaksystemet og arbejdsmiljøet. Spildevandet er generelt karakteriseres ved bl.a. at være svagt basisk, have et AOX-indhold på typisk i størrelsesordenen nogle få hundrede mikrogram pr. liter (stammer fra klorerede pigmenter) og udvise kraftig nitrifikationshæmning. Hvad angår AOX-indholdet kan til sammenligning anføres, at f.eks. husspildevand typisk indeholder 70 - 400 $\mu\text{g/l}$, grundvand 1 - 80 $\mu\text{g/l}$ /46/, og at der f.eks. i Susåen er målt 30 - 40 $\mu\text{g/l}$. Det skal dog bemærkes, at AOX-indholdet i de anførte eksempler hidrører fra mange kilder - bl.a. "naturligt" forekommende humus i grundvand og vandløb.

COD/BOD₅-forhold

Spildevandet fra afskylning af en de farvefjernertyper (38c), der i henhold til farlighedsvurderingen er uønsket, udviste udover kraftig nitrifikationshæmning et højt COD/BOD₅-forhold, som indikerer muligt indhold af tungt nedbrydelige stoffer. Dette stemmer godt overens med tildelingen af vandmiljøscoren A_p til denne type farvefjernere, der netop er udført på grundlag af muligt indhold af ikke let nedbrydelige, meget giftige og/eller bioakkumulerbare stoffer. Skyllevand fra afvaskning af en diesterbaseret farvefjernertype (38h), der er tildelt vandmiljøscoren C_p , viste som forventet, ikke indikation på tungt

<i>Nitrifikationshæmning</i>	nedbrydelige stoffer men dog kraftig nitrifikationshæmning. Der er altså her tale om en type farvefjerner, der pba. vurdering af iboende vandmiljøfarlighed, karakteriseres umiddelbart som "uproblematisk" ved afledning til kloak, men som udviser kraftig nitrifikationshæmning. Selvom indholdsstofferne i denne farvefjernertype er let nedbrydelige, er hæmningen på et niveau ($> 50\%$), der isoleret betragtet er uacceptabelt /25,35/ for danske forhold (se kap. 3).
7.2 Samlet vurdering af status for stencilfjernelse	
<i>Manuelle teknikker</i>	I lighed med farvefjernelse foregår hovedparten (ca. 3/4) af de stencilfjernelser, der udføres i Danmark i dag, ved manuelle teknikker. Det skønnes at omkring 1.000.000 m ² rammeareal stencilfjernes årligt. De stencilfjernerne, der anvendes i dag, er domineret af blandinger af den perjodsyrebaserede og den perjodatbaserede type. Det skønnes, at der i alt bruges omkring 15 ton/år (handelsvare) - baseret på nærværende og tidligere undersøgelser /1/. Det samlede årlige forbrug af aktivt stof (perjodsyre) skønnes til omkring 3 ton.
<i>Indslæbet af hærdet fotoemulsion (stencil)</i>	Indslæbet af hærdet fotoemulsion (stencil) til stencilfjernelsesprocessen udgør omkring 16 g/m ² og kan således anslås til 16 ton TS/år.
<i>Forbruget af stencilfjerner</i>	Forbruget af stencilfjerner ligger typisk på 0,4 - 4,3 g aktivt stof/m ² og tiltag til nedbringelse af forbruget - såsom optimering af mængde der påføres, indvirkningstid eller recirkulering - er ikke udbredt.
<i>Recirkulation af stencilfjerner</i>	Der tilbydes og anvendes i mindre omfang (ca. 4 anlæg i Danmark i dag) rammevaskeanlæg, som recirkulerer stencilfjernerne. Der kunne dog ikke konstateres specielt lavt forbrug (1,1 g aktivt stof/m ²) ved målinger udført under aktuel drift på et sådan anlæg, se kap. 6.
<i>Antiskummere</i>	Brug af separate antiskummere forekommer kun i specielle tilfælde ved automatiske anlæg og i meget lille mængde ($< 0,5$ g/m ²). Det samlede årlige forbrug skønnes at være mindre end 20 kg.
<i>Spild til offentlig kloak</i>	Spild af stencilfjerner til offentlig kloak er på størrelse med forbruget. Dette gælder uanset om stencilfjernerne recirkuleres eller ej, idet recirkulat typisk føres til kloak ved udskiftning. Den samlede årlige mængde stencilfjerner, der afledes med spildevand, kan hermed anslås til omkring 3 ton aktivt stof. Mængden af hærdet fotoemulsion, der nedbrydes delvist af stencilfjernerne og tilledes kloak med skyllevandet, udgør ca. 16 ton TS pr. år. Anvendelse af bundfældning og andre vandbehandlingsteknikker i forbindelse med recirkulering af skyllevandet eller som "end of pipe" løsning vurderes at have en meget begrænset udbredelse.
<i>Luftemission Kemikalieaffald</i>	Det vurderes, at luftemission er uden betydning ved stencilfjernelse. Endvidere vurderes, at der ikke opstår kemikalieaffald, fordi al stencilfjerner og delvist nedbrudt hærdet-fotoemulsion typisk tilføres kloaksystemet.

<i>Friskvandsforbrug</i>	Friskvandsforbruget (skyllevand) ved stencilfjernelse ligger typisk i området 5 - 170 l/m ² . Det samlede årlige vandforbrug til stencilfjernelse skønnes at udgøre i størrelsesordenen 30.000 m ³ . Recirkulering af skyllevand har kun en meget begrænset udbredelse.
<i>El-forbrug</i>	El-forbruget ved stencilfjernelsen vurderes typisk at være mindre end 0,3 kWh/m ² . Hermed kan det årlige forbrug anslås til mindre end 300.000 kWh.
<i>Farlighedsvurdering</i>	Af de stencilfjernertyper, der anvendes i dag, er de perjodsyrebaserede tildelt vandmiljøscoren C_p og sundhedsscoren P_p, og betegnes som umiddelbart "uproblematisk" ved afledning til kloaksystemet og problematiske i forhold til arbejdsmiljøet. Hvad angår farlighed ved emission til luften, er den perjodsyrebaserede type tildelt den mindst belastende kategori 3_p. Den perjodatbaserede type er tildelt tilsvarende vandmiljø og sundhedsscore men 1_p, hvad angår luftemission og betegnes hermed som meget farlig ved emission med luft. Dette hænger sammen med muligt indhold af svovlsyre (score C 1 U). I de i dag meget anvendte blandinger af de to typer vil det således være afgørende for tildeling af sundhedsscore, om der er svovlsyre tilstede eller ej. Som det fremgår af ovenstående, er det kun spildet af stencilfjerner til kloak, der har mængdemæssig betydning.
<i>Karakterisering af spildevand</i> <i>Aktivt stof</i>	Stencilfjernerer kan udgøre op til i størrelsesordenen 8 - 60 milligram aktivt stof pr. liter i det afledte skyllevand. Der er her primært tale om perjodsyre (perjodat) - som i mere eller mindre omfang er reduceret til jodsyre (jodat) samt andre uorganiske syrer. Spildevandet efter brug af den perjodsyrebaserede type kan generelt karakteriseres ved at være meget svagt basisk og ved ikke at udvise nitrifikationshæmning. Hvad angår AOX-indhold, er der målt 44 µg/l - 4500 µg/l, men disse værdier er ikke udtryk for et reelt indhold af halogenerede organiske forbindelser men, som det fremgår af kap. 6, et udtryk for interferens fra tilstedeværende jodat/perjodat på analysemetoden. Selvom der ikke dannes joderede organiske forbindelser ved selve stencilfjernelsen, kan det ikke udelukkes, at der efter at skyllevandet er blandet med det komplekse kloakvand, teoretisk kan ske reaktioner, hvorunder der joderes - f.eks. hvis jodat reduceres til jodid, der derefter reagerer med organisk stof.
<i>Interferens på AOX-analyse</i>	
<i>COD/BOD₅-forhold</i>	De udførte analyser på skyllevand fra stencilfjernelse viser desuden COD/BOD ₅ -forhold der er højere end 3 og indikerer hermed muligt indhold af tungt nedbrydelige stoffer. Det kan skyldes indhold af polymerer (substitueret polyvinylalkohol), der dannes ved perjodsyrens oxidation af stencilen. Disse polymerer er givetvis ikke let nedbrydelige (men sandsynligvis potentielt nedbrydelige /51/), ugiftige og ikke bioakkumulerbare, og skal derfor umiddelbart ikke betragtes som specielt problematiske ved afledning til offentlig kloak. Det kan dog ikke udelukkes, at nedbrydningsprodukter fra nedbrydningen af den
<i>Oxidation af stencilen</i>	

substituerede polyvinylalkohol, som kan indeholde forgreninger af benzen- og phenylaminforbindelser, kan være miljøfarlige.

7.3 Samlet vurdering af status for skyggeffjernelse

<i>Manuel skyggeffjernelse</i>	Al skyggeffjernelse, der foretages i Danmark i dag, foregår så vidt vides manuelt. Det samlede årlige forbrug (som handelsvare) er i Miljøprojekt 284 /1/ skønnet til 10 - 30 ton handelsvare. Ved et antaget gennemsnitligt forbrug på 100 g handelsvare/m ² (samlet for alle tre typer skyggeffjernere), kan det beregnes, at 100.000 - 300.000 m ² rammeareal skyggeffjernes årligt i Danmark. Dette svarer til 10 - 30 % af det skønnede rammeareal, der årligt undergår farve- og stencilffjernelse, og vurderes at være et rimeligt realistisk bud på de faktiske forhold, hvis der sammenlignes med undersøgelsen beskrevet i afsnit 5.1.4.
<i>Forbrug af skyggeffjerner</i>	Forbruget af skyggeffjerner er målt til 3 - 4 g aktivt stof/m ² for den hypokloritbaserede type, ca. 80 g aktivt stof/m ² for den opløsningsmiddelbaserede type og 24 g aktivt stof/m ² for den alkalibaserede type. Det vurderes, at skyggeffjernelse stort set kun er nødvendig, hvis farveffjernelse og stencilffjernelse ikke er udført optimalt, og at forbruget i dag bl.a. kan være styret af fast indkørt praksis, der ikke kan begrundes med trykqualitetsmæssige krav.
<i>Spild til offentlig kloak</i>	Spild af skyggeffjerner (aktivt stof) til offentlig kloak er for den hypokloritbaserede type og den alkalibaserede type stort set lig med forbruget, mens der for den opløsningsmiddelbaserede type er målt op til omkring 20% tab til luft. Anvendelse af pH-neutralisering og andre vandbehandlingsteknikker i forbindelse med recirkulering af skyllevandet eller som "end of pipe" løsning vurderes at have en meget begrænset udbredelse.
<i>Luftemission</i>	Luftemission af skyggeffjernere er - når der ses bort fra vanddamp - kun aktuel for den opløsningsmiddelbaserede type. Her er der i to tilfælde målt henholdsvis 0 g/m ² og 13 g/m ² .
<i>Kemikalieaffald</i>	Da al brugt skyggeffjerner, bortset fra en mindre del der fordamper, tilføres kloaksystemet med skyllevandet, genereres ikke kemikalieaffald.
<i>Friskvandsforbrug</i>	Friskvandsforbruget ved skyggeffjernelse ligger typisk i området 6 - 9 l/m ² . Der er dog målt forbrug helt op til 130 l/m ² i et specielt tilfælde, hvor der blev anvendt automatisk skyl. Det samlede årlige vandforbrug til skyggeffjernelse ligger formodentligt i området 800 - 2400 m ³ . Recirkulering af skyllevand har kun en meget begrænset udbredelse.
<i>El-forbrug</i>	El-forbruget ved skyggeffjernelsen vurderes typisk at være mindre end 0,2 kWh/m ² . Hermed kan det årlige forbrug anslås til mindre end 60.000 kWh.

Farlighedsvurdering

De skyggejernertyper, der anvendes i dag, kan indeholde stoffer, der er meget farlige ved emission til luft og er hermed alle tildelt luftmiljøscoren 1_p. Det drejer sig for den alkalibaserede (40a) og den hypoklorit baserede type (40b) om stærke uorganiske baser, der hvis de forekommer på støvform er meget farlige ved emission til luft. De forekommer dog her som vandige opløsninger, men aerosoldannelse i forbindelse med højtryksspuling ved skyggejernelsesprocessen kan udgøre et arbejdsmiljøproblem - specielt hvis der ikke ventileres. Hvad angår farlighedsvurderingen med hensyn til sundhed, er den alkalibaserede type og den hypokloritbaserede type tildelt scoren P_p, mens den opløsningsmiddelbaserede type er tildelt U_p og hermed uønsket i arbejdsmiljøet. Med hensyn til afledning til offentlig kloak (vandmiljøscore) er den alkalibaserede type tildelt C_p, den hypokloritbaserede type B_p og den opløsningsmiddelbaserede type A_p (pga. muligt indhold af aromater). Førstnævnte er hermed som type vurderet umiddelbart "uproblematisk" med hensyn til afledning til kloak, mens sidstnævnte er uønsket i kloaksystemet. Den hypokloritbaserede type er problematisk, fordi den kan danne klorerede organiske forbindelser ved reaktion med organisk stof.

Som det fremgår af ovenstående, er det helt klart spildet af skyggejern til kloak, der er dominerende, ved den måde skyggejernelse foretages på i dag.

Karakterisering af spildevand

Skyggejerneren kan udgøre op til adskillige gram pr. liter i det afledte skyllevand, og der er altså her - for to ud af tre typer vedkommende - tale om skyggejernertyper, der er uønskede eller problematiske i både kloaksystem og arbejdsmiljø. Spildevandet kan generelt karakteriseres ved bl.a. at være meget stærkt basisk, have et AOX-indhold på i størrelsesordenen 94 µg/l - 2100 µg/l og udvise kraftig nitrifikationshæmning.

Spildevandet opsamlet efter afskylning af skyggejern, hvor den opløsningsmiddelbaserede type (40c) indgik, udviste udover kraftig nitrifikationshæmning også et COD/BOD₅-forhold, der indikerer muligt indhold af tungt nedbrydelige stoffer. Dette stemmer godt overens med, at denne type skyggejern er tildelt vandmiljøscoren A_p, fordi grundlaget for tildelingen er et muligt indhold af ikke let nedbrydelige, meget giftige og/eller bioakkumulerbare stoffer.

7.4 Samlet vurdering af status for affedtning

Manuelle teknikker

Skønsmæssigt over 90% af den affedtning, der udføres i Danmark i dag, foregår ved manuelle teknikker. I lighed med farve- og stencilfjernelse anslås at omkring 1.000.000 m² rammeareal affedtes årligt. Der anvendes vævsaffedtere, der i sammensætning kan minde om håndopvaskemidler, der tilsyneladende også anvendes i et vist omfang. Det samlede årlige forbrug af handelsvare skønnes til mindre end 5 ton/år og som aktivt stof (tensid m.m.) til mindre end 0,5 ton.

Forbruget af affedter vurderes typisk at være på mindre end 0,5 g aktivt stof/m², men der er i nærværende undersøgelse målt op til 5 g aktivt stof/m². Forsøg på nedbringelse af forbruget - såsom optimering af mængde der påføres - vurderes ikke at være udbredt.

Spild til offentlig kloak

Spildet af vævsaffedter til offentlig kloak er lig med forbruget. Den samlede årlige mængde vævsaffedter, der afledes med spildevand, kan således anslås til mindre end 0,5 ton aktivt stof. Vandbehandling, i forbindelse med recirkulering af skyllevandet eller som "end of pipe" løsning, vurderes at have en meget begrænset udbredelse.

Luftemission Kemikalieaffald

Det vurderes, at luftemission er uden betydning ved affedtning, og at der ikke opstår kemikalieaffald, fordi al affedter i langt de fleste tilfælde tilføres kloaksystemet.

Friskvandsforbrug

Friskvandsforbruget ved affedtning ligger typisk i området 3 - 14 l/m². Det samlede årlige vandforbrug til affedtning skønnes at udgøre i størrelsesordenen 5.000 m³. Recirkulering af skyllevand har kun en meget begrænset udbredelse.

El-forbrug

El-forbruget ved affedtning vurderes typisk at være mindre end 0,05 kWh/m². Hermed kan det årlige forbrug anslås til mindre end 50.000 kWh.

Farlighedsvurdering

Vævsaffedter er tildelt vandmiljøscoren B_p og sundhedsscoren P_p og betegnes hermed som "problematiske" ved afledning til kloaksystemet og i forhold til arbejdsmiljøet. At vandmiljøscoren B_p er tildelt, skyldes først og fremmest muligt indhold af kationiske tensider og nonylfenoethoxylater, der dog ikke har udbredt anvendelse i vævsaffedter i dag. Sundhedsscoren P_p er her tildelt af forsigtighedshensyn og ikke pga. konkret viden. Luftscoren 1_p er tildelt pga. af muligt indhold af triethanolamin, men der er her tale om vandige opløsninger, hvorfra emission til luft er ubetydelig.

Som det fremgår af ovenstående, er det kun spildet af affedter til kloak, der har mængdemæssig betydning.

Karakterisering af spildevand

Affedteren udgør sandsynligvis typisk i størrelsesordenen 50 milligram aktivt stof pr. liter i det afledte skyllevand. Der er her primært tale om tensider og komplexdannere, men også opløsningsmidler kan indgå. Spildevandet er basisk, hvis der er anvendt en alkalisk affedter. Hvis der derimod anvendes sure eller neutrale affedter bliver skyllevandet surt eller neutralt. Der er ikke konstateret nitrifikationshæmning i den undersøgte spildevandsprøve. Det kan dog ikke udelukkes - trods den typiske kraftige fortynding - at spildevand fra afvaskning af andre vævsaffedter vil udvise nitrifikationshæmning. Der er ikke grund til at antage betydende AOX-indhold i skyllevand fra affedtning. De udførte analyser for COD og BOD₅ giver et COD/BOD₅-forhold der er højere end 3 og indikerer hermed muligt indhold af tungt nedbrydelige stoffer. Dette skyldes formodentligt indhold af ikke let nedbrydelige tensidtyper i det testede produkt.

7.5 Væsentligste miljøbelastninger fra rammevask

<i>Årligt kemikalieforbrug</i>	Det samlede årlige kemikalieforbrug ved rammevask i Danmark skønnes til godt 220 ton aktivt stof. Heraf udgør farvefjernere omkring 90 %, og må derfor betegnes som væsentligt mere betydende end de øvrige rammevaskekemikalier. Hertil kommer, at farvefjernere omfatter kemikalietyper, som enten både er uønskede i kloaksystem/-arbejds miljø og meget farlige ved emission med luft, eller typer, der selvom de umiddelbart er vurderet som "uproblematisk" i forhold til afledning til kloak, udviser kraftig nitrifikationshæmmende effekt.
<i>El-forbrug</i>	Det gennemsnitlige el-forbrug ved rammevask vurderes til væsentligt mindre end 1 kWh/m ² , og hermed kan et samlet årligt forbrug i Danmark anslås til betydeligt mindre end 1000 MWh. Dette forbrug vurderes at udgøre en relativ uvæsentlig miljøbelastning set i forhold til de øvrige belastninger ved rammevask.
<i>Samlet vandforbrug</i>	Det samlede vandforbrug ved rammevask skønnes til at udgøre i størrelsesordenen 50.000 m ³ pr. år, og heraf vurderes ca. 2/3 at gå til stencilfjernelse.
<i>Kemikalieaffald</i>	Kemikalieaffaldsmængden er væsentlig men generes kun ved farvefjernelse, og den andrager årligt ca. 100 ton bestående af brugt farvefjerner indeholdende trykfarverester (typisk 5 %).
<i>Spild til kloak og luft</i>	Hvad angår emissioner, er spild til skyllevand dominerende ved rammevask. Det samlede spild til kloak og luft kan skønnes til 140 ton, og heraf ender omkring 85 % i kloakken. Af de ca. 120 ton kemikalier, der tilføres kloakken, udgør farvefjernere godt 80 %, skyggefjernere godt 15 %, mens stencilfjerner og affedtere udgør resten. Da det samtidig forholder sig således, at det pba. farlighedsvurderinger og spildevandsanalyserne må konkluderes, at det i alt overvejende grad er farve- og skyggefjernere, der udgør miljøfare, må spildevandsafledning fra farve- og skyggefjernelsesprocesserne vurderes at være meget væsentlige for miljøbelastningen fra rammevask.
<i>Farverester og filler</i>	Mængden af farverester og filler, der årligt via skyllevandet tilføres kloaksystemet, andrager henholdsvis 2 - 3 ton og godt 1 ton. Farveresterne findes i den brugte farvefjerner og vurderes at kunne bidrage med den største miljøbelastning, idet mange af de typiske indholdstoffer i serigrafifarver er tildelt scoren A og B i Miljøprojekt 284 /1/, mens filleren som produktgruppe er scoret med C _p samme sted.
<i>Fotoemulsion</i>	Via skyllevandet fra stencilfjernelse tilføres kloaksystemet omkring 16 ton delvist nedbrudt hærde-fotoemulsion. Det vurderes dog, som diskuteret i afsnit 7.2, at afledningen ikke umiddelbart skal betragtes som specielt problematisk.

*Dominerende
miljøbelastninger*

Det skal hermed konkluderes, at de to væsentligste miljøbelastninger fra rammevask i Danmark i dag er spildevandsemissionerne ved farvefjernelse - som er dominerende - samt ved skyggefjernelse.

8 Ideer og anbefalinger vedrørende renere teknologi

<i>Forureningsbegrænsning</i>	Den mest ideelle tilgang til forureningsbegrænsning er at eliminere forureningskilden, det vil i princippet sige helt at undgå den pågældende produktion. Det ligger dog udenfor nærværende projekts rammer at vurdere berettigelsen af en serigrafisk produktion f.eks. i forhold til andre trykteknikker, der anvendes i Danmark. Det betragtes desuden for givet, at der ved den serigrafiske trykteknik anvendes rammer med væv og stencil, hvorpå der efter endt trykning befinder sig en farverest som - i lighed med stencilen - skal fjernes, fordi rammen genbruges.
<i>Renere teknologi</i>	Ved renere teknologi forstås her tiltag, der begrænser spild/emissioner og ressourceforbrug ved selve rammevaskeprocessen og/eller substitution af indgående kemikalier med mindre farlige alternativer. Tiltaget skal medføre, at den samlede miljøbelastning fra rammevask formindskes. Det skal bemærkes, at der her fokuseres på processen, og at livscyklusbetragtninger vedr. indgående kemikalier og materialer ikke indgår i den anvendte renere teknologitilgang, da det ligger uden for rammerne af nærværende projekt. Overordnede kvalitative betragtninger er dog inddraget ved behandlingen af substitution af farvefjernere.
<i>Udredningsundersøgelser</i>	Ved udredningsundersøgelserne på de serigrafiske trykkerier (se kap. 6) og det øvrige arbejde udført i forbindelse med nærværende projekt, er der indhøstet viden om eksisterende renere teknologier - herunder simple råd vedr. arbejdsgange m.m. - samt ideer til mulige nye tiltag, der kan begrænse den samlede miljøbelastning fra rammevask. Denne viden er opdelt i emner og skematisk beskrevet i bilag 5. I bilaget er hvert emne tildelt en økonomi- og teknologiklasse, der henholdsvis er et udtryk for omkostningsniveau og indgrebets "tekniske" omfang. Hertil kommer en angivelse af emnets miljømæssige potentiale, dvs. en kvalitativ vurdering af hvorvidt implementering af det pågældende vil have lille, mellem eller stor betydning for reduktion af processens miljøbelastning. Endvidere er det angivet, hvor relevant det pågældende emne er for de i dag eksisterende rammevaske-teknikker - herunder visse rammevaskeanlægstyper - og endelig er emnet kommenteret i et bemærkningsfelt.
<i>Vandfortyndbare trykfarver</i>	Renere teknologi i forbindelse med afvaskning af vandfortyndbare trykfarver med vand inden for flexo- og emballagedybtryk, hvor anvendelsen er udbredt, vil blive behandlet i et netop startet projekt "Miljøoptimering ved anvendelse af vandfortyndbare flexofarver" /48/. Denne undersøgelses resultater (bl.a. vedrørende farligheds-vurdering af trykfarvekomponenter samt opgradering af skyllevand) forventes at være relevant for anvendelse af vandfortyndbare serigrafifarver. Det vurderes dog, at hele processen omkring anvendelse af vandfortyndbare serigrafifarver bør undergå en renere teknologi undersøgelse omfattende aktuelle scenarier samt formfremstilling, der
<i>Renere teknologi undersøgelse</i>	

er et område inden for serigrafi med uafklarede spildevandsproblemer (MP284) /1/.

Fremme af anvendelse af vandfortyndbare serigrafifarver - som umiddelbart af sundheds- og miljømæssige årsager vurderes attraktiv - vil kræve en beskrivelse (håndbog) af den tekniske anvendelse /18,19/. En sådan beskrivelse kunne indgå i ovennævnte undersøgelse.

Farvefjernelse

Udvalgte emner fra bilag 5 er nedenstående behandlet. Hovedvægten er lagt på farvefjernelse og spild til skyllevand, fordi det er disse forhold, der er dominerende for miljøbelastningen ved rammevask (se kap. 7). For hvert emne er der i parentes angivet et nummer, der henviser til "emnenummeret" i bilag 5.

8.1 Emner for renere teknologi ved farvefjernelse

Emnerne er her dels delt op i en gruppe, der vedrører optimering af kemikalieforbrug og spildminimering ved selve farvefjernelsen, dels i en gruppe, der omhandler det efterfølgende skylletrin med vand.

8.1.1 Optimering af kemikalieforbrug/spildminimering ved farvefjernelse

Forbrug af farvefjerner

Reduceret indslæb af trykfarverest (1.1): Størrelsen af den mængde farverest, der sidder på rammen, når den går til rammevask, har stor betydning for levetiden og hermed forbruget af den recirkulerede farvefjerner. Til gengæld betyder den tilførte (indslæbte) farverest-mængde intet for udsættet af farvefjerner og farverest til skylletrin. Hvad angår farvefjernerforbruget, er betydningen af indslæbt farverest undersøgt ved computersimuleringer i bilag 6. Her fremgår det af tabel B6.1, at f.eks. en fordobling i farverestindslæbet fra 3,5 g/m² til 7 g/m² medfører en forøgelse i farvefjernerforbruget pr. vasket kvadratmeter på over 50%. Sammenlignes det laveste målte indslæb (3,5 g/m²) med et af de højeste (12,1 g/m²), andrager forøgelsen næsten 130%. Indslæbet af farverest vil kunne begrænses ved, at trykkeren efter endt trykning er omhyggelig med at opsamle (og genbruge) så meget af farveresten som muligt, at det åbne vævsparti (motivet) trykkes tørt, samt at der er anvendt mindste nødvendige rakelbredde/rammestørrelse - således at et så lille areal som muligt har været i kontakt med farven. Det er vigtigt at bemærke, at indslæb af trykfarverest kan begrænses men ikke undgås, og at det stort set "kun" påvirker farvefjernerforbruget samt mængden af udtjent farvefjerner til bortskaffelse/regenerering og ikke de øvrige spild/emissioner.

Indtørret trykfarve

Vask af våde rammer (1.2): Så længe trykfarveresten er våd, er den nem at vaske af rammen, både hvad angår mekanisk bearbejdning, indvirkningstid og "skraphed" af den anvendte farvefjerner. Hvis trykfarveresten er indtørret/hærdet i vævet, er det betydeligt vanskeligere at vaske rammen ren, og anvendelse af farvefjerner med skrap-

<i>Skrappere opløsningsmidler</i>	pere opløsningsmidler - f.eks. ketoner - kan komme på tale. Risiko for indfarvning af vævet er størst ved indtørring, hvilket kan føre til anvendelse af skyggefjernere. Det er derfor en god idé at vaske rammen umiddelbart efter endt trykning. Da dette i mange tilfælde ikke er særligt praktisk, kan systemer til at holde rammen fugtig, indtil den skal vaskes, være en mulighed. Man kunne f.eks. forestille sig lufttætte kamre, hvor rammerne - evt. efter påførsel af lille mængde meget langsomt fordampende farvefjerner - blev opbevaret inden rammevask.
<i>Lufttætte kamre</i>	
<i>Farvefjernerudsløb</i>	Forlænget afdrypningstid (1.4.1): Den tid, rammen står og drypper af efter vask med den recirkulerende farvefjerner, og inden den føres til skylletrin, er af væsentlig betydning for farvefjernerudslæbet til skyllevandet. Som det fremgår af "Procesdiagram: Aut. farvefjernelse - udslæbsforsøg (9 rammer); Tryk.E" og til dels af "Procesdiagram: Aut. farvefjernelse - udslæbsforsøg (10 rammer); Tryk.C" i bilag 3, kan afdrypning af rammen i 10 min. i stedet for godt 0,5 min. resulterer i knap en halvering af udslæbet. Resultaterne tyder endvidere på, at hovedparten af reduktionen i udslæbet opnås indenfor de første 1 - 1,5 min., hvorefter tabet er beskedent. Målingerne er udført på dieselbaserede farvefjerner, men det vurderes, at afdrypningstidens betydning for udslæb til skylletrin gælder alle farvefjerner typer. Det er desuden vigtigt, at rammen placeres, så den hælder mod rakelsiden og mest optimalt samtidig til siden (dvs. "hviler på et hjørne"), idet "den lille sø" af farvefjerner, der opsamles på den nederste profil, herved kan løbe af. Man kunne her forestille sig simple holdere/indsatser indbygget/placeret i vasken, hvor rammen blev sat til afdrypning. Der tilbydes i dag rammer med skråtstillede profiler (1.4.5), der sikrer, at farvefjerner lettere løber af. Ifølge trykkeri F medfører brug af disse rammer dog, at opsamling af trykfarverest efter endt trykning besværliggøres. Andre forhold, der skal nævnes, er opsamling af farvefjerner i rammens hule profiler, enten fordi der er slidt hul - typisk i hjørnerne fordi rammen slæbes hen over gulvet - eller via huller til tubtare nitter, der er åbne i bunden, dvs. ind til hulheden i profilen. Under vaskeprocessen med farvefjerner løber eller sprøjtes farvefjerner ind i den hule profil, og kemikaliet løber f.eks. først ud igen under skylletrinnet eller på gulvet under håndtering. Problemet kan imødegås ved mere lempelige håndtering af rammerne, reparation eller kassering af defekte rammer/profiler samt brug af rammer med "lukkede" huller til tubtare nitter. Tubtare nitter bruges til at fastgøre rammen på trykmaskinen.
<i>Rammens placering</i>	
<i>Defekte profiler</i>	
<i>Tubtare nitter</i>	
<i>Udslæb til skylletrin</i>	Afskrabning (1.4.3.1/1.4.3.2): Effekten af at afskrabe farvefjerner - f.eks. manuelt vha. en papskive - er stor med hensyn til udslæb til skylletrin. Som det fremgår af "Procesdiagram: Manuel farvefjernelse "rt" (én ramme); Tryk. A" i bilag 3, kan teknikken reducere udslæbet med 4 - 8 gange. Der er her tale om en flygtig farvefjerner, hvor fordampningen har væsentlig betydning for mængden til genbrug, men det vurderes, at teknikken vil have væsentlig effekt ved anvendelse af ikke-flygtige farvefjerner - dog ikke så kraftigt som i nævnte tilfælde. Manuel afskrabning med papskive eller vinduesskraber er en meget
<i>Manuel afskrabning</i>	

Automatiske skrabere

enkelt teknik. Brug af automatiske skrabere - f.eks. modskrabere på trykmaskiner - er udbredt inden for serigraf, og det er derfor ikke utænkeligt, at der kan udvikles automatiske rammevaskeanlæg med indbygget afskrabning før skylletrin.

Opsamling via dråbefang

"Vådstøvsugning" af rammer (1.4.3.4): Ved at støvsuge rammen/vævet vil en væsentlig del af den tilstedeværende farvefjerner sandsynligvis kunne fjernes fra rammen og delvist blive opsamlet via dråbefang og hermed genbrugt. Teknikken vurderes primært at være relevant for ikke-flygtige farvefjernere. For meget flygtige/flygtige farvefjernere, der fordampes inden skylletrin, vil tørretiden sandsynligvis kunne mindskes. Et meget væsentligt problem ved teknikken er eksplosionsfare, fordi farvefjernerens fordampningshastighed stiger voldsomt under vakuum, og brug af almindelige ikke eksplosions-sikrede støvsugere er derfor problematisk. Det skønnes dog, at det er muligt - specielt hvad angår de ikke-flygtige farvefjernere - at tage højde for dette problem ved el-drevne støvsugere eller ved f.eks. at anvende trykluftdrevne pumpe-systemer.

Mindste mulige rammestørrelse (1.4.6): Udslæbet af farvefjerner til skylletrin - og til dels emission til luft - er alle andre betingelser lige, tilnærmelsesvis lige frem proportional med rammens areal. At der derfor ikke anvendes unødvendige store rammer til givne trykopgaver er af afgørende betydning for det samlede spild/emission og forbrug af farvefjerner - men påvirker vel at mærke ikke nøgletallene beregnet pba. kvadratmeter rammeareal.

Recirkulering af farvefjerner (1.6.1): Det vurderes, at brug af recirkulering ved farvefjernelse er alt dominerende i dag, men at teknikker uden brug af recirkulering praktiseres i begrænset omfang. Betydningen af recirkulering for spildet til vand af både farvefjerner og farverest er meget stor, hvilket bl.a. fremgår af tabel 6.1 i kap. 6. Forbruget er endvidere antageligt væsentligt mindre ved recirkulering. Recirkulering af skyllevand anvendt som farvefjerner ved afvaskning af vandfortyndbare farver vil selvklart mindske ressourceforbrug og emission til vand, men bør kombineres med vandbehandling. Vandbehandlingsteknikker er behandlet i afsnit 8.1.2 (samt i afsnit 5.3).

Pigmentindhold

Slamudskillelse ved gravimetri/filtrering (1.6.3 og 1.6.2): Pigmentindholdet og andre partikler (f.eks. farveskaller) i den brugte farvefjerner kan i mere eller mindre omfang bundfældes og/eller filtreres fra som slam. Herved opnås en "renere" farvefjerner der - selvom det givetvis er indholdet af bindemidler, der primært afgør vaskeeffektiviteten - har længere levetid end en ubehandlet. Der tilbydes i dag slamudskillelssystemer til både manuelle og automatiske rammevaskeanlæg, se bl.a. bilag 2 og 5.

Regenerering

Destillation (1.6.5): Anvendelse af regenerering i form af destillation af den brugte farvefjerner har meget væsentlig betydning for farvefjernerens samlede forbrugsregnskab. Flere producenter af rammevaskeanlæg tilbyder i dag destillationsanlæg til flygtige farvefjernere (se

<i>Vakuum-distillation</i>	bilag 2), og effekten på farvefjernerforbruget fremgår f.eks. af "Processkema for rammevaskeanlæg: omni-Soltec/omni-Varitec" i bilag 2, hvor der er angivet et forbrug på 40 g/m² i modsætning til de typiske forbrug uden destillation på 200 - 250 g/m². Der anvendes så vidt vides ikke destillation af ikke-flygtige farvefjernere. Vakuum-distillation af de ikke-flygtige typer, der er dominerende på det danske marked, vurderes som realistisk, men bør nok foregå centralt da investering i vakuum destillationsanlæg (prisniveau 300.000 kr.) ikke er rentabelt for mindre serigrafiske virksomheder (se endvidere bilag B.7.2).
<i>Sundhed/arbejds miljø</i>	Substitution (1.8): De ikke flygtige diester- og glycoletherbaserede farvefjerner typer er pba. de udførte farlighedsvurderinger at foretrække frem for de øvrige typer. Hvad angår sundhed/arbejds miljø, gælder dette specielt ved manuel farvefjernelse, hvor operatøren risikerer eksponering via f.eks. stænk på hud og indånding af dampe, mens problemet er mindre på rammevaskeanlæg, der kører med mere eller mindre lukkede kredsløb. Det langsigtede mål må være at få udviklet farvefjernere, der miljø- og sundhedsmæssigt er uproblematisk/håndterbare og samtidigt baseret på fornyelige ressourcer. Denne type afvaskere, der i et vist omfang anvendes inden for offset, har endnu ikke fundet anvendelse (er ikke udviklet) i nævneværdigt omfang inden for rammevask. I dag eksisterer i hvert fald ét amerikansk produkt angiveligt baseret på soyaolie (markedsføres af FRANMAR Chemical Inc. /14/) til bl.a. manuel farvefjernelse ved serigrafi. Der foregår dog i stigende omfang udvikling på området /10/. Det drejer sig i første omgang om vegetabiliske fedtsyrer, der er forestret med alkoholer, og som i farvefjernerne optræder i blandinger med traditionelle opløsningsmidler.
<i>Fornyelige ressourcer</i>	
<i>Tyske rammevaskeanlæg</i>	8.1.2 Optimering af skyllevandsforbrug/vandbehandling ved farvefjernelse Helt at undgå spildevand med indhold af brugt farvefjerner kan tilnærmelsesvis opnås ved at anvende meget flygtige farvefjernere og lade rammen tørre inden "fillerskylletrin" med vand. Farvefjernerudslæbet ender altså her først og fremmest som luftemission og ikke i skyllevandet. Især ved manuel håndtering af rammen er der endvidere fare for, at operatøren indånder opløsningsmiddeldampe. Princippet anvendes i flere tyske rammevaskeanlæg f.eks. ESC og omnitec. På sidstnævnte anlæg anvendes ved sidste vasketrin/skyl med farvefjerner helt nyt/rent kemikalie, hvorved udslæb af farverest antageligt begrænses betydeligt.
<i>Manuelle teknikker</i>	Generel optimering af skyllevandsforbrug (2.1): Der er ved nærværende undersøgelse konstateret meget store forskelle, hvad angår anvendt mængde skyllevand pr. kvadratmeter ramme - trykkerier og teknikker imellem. Det vurderes, at forbruget af skyllevand ved manuelle teknikker, som bl.a. er beskrevet i bilag 3, maksimalt behøver at udgøre 5 l/m², og at dette kan opnås - både ved anvendelse af ledningsvand direkte fra hanen samt via højtryksspuler - ved simpel
<i>Max. friskvandsforbrug</i>	

<i>Automatiske rammevaskeanlæg</i>	omtanke/god husholdning. Hvad angår automatiske rammevaskeanlæg uden recirkulering, blev der f.eks. på det undersøgte anlæg på virksomhed E opnået en halvering af skyllevandsforbruget ved simpel
<i>Simpel omprogrammering</i>	omprogrammering af antal skyllerutiner, hvorved vandforbruget nåede ned omkring 17 l/m ² , se bilag 3. Det skønnes, at noget tilsvarende muligvis kan opnås på de ældre typer af de i alt ca. 20 rammevaskeanlæg, der er i funktion i Danmark i dag. Hvis der i nye rammevaskeanlæg installeres skyllesystemer, der vha. af følere kun påfører rammearealet skyllevand og benytter effektive dyser med lavt vandforbrug, kan der sandsynligvis opnås forbrug, der svarer til niveauet for manuel skylning.
<i>Simpel recirkulering</i>	Recirkulering af skyllevand (2.2): Simpel recirkulering af skyllevand fra farvefjernelse alene er ikke konstateret ved nærværende undersøgelse. Ved recirkulering uden vandbehandling vil givetvis kunne opnås en vis vandbesparelse (50 - 75%). Spildet af brugt farvefjerner til kloak vil dog være det samme, hvis recirkulat ubehandlet afledes til kloak.
<i>Genbrugskvalitet</i>	Recirkulering kombineret med opgradering (2.5): Ved at opgradere det recirkulerede skyllevand til genbrugskvalitet kan i teorien opnås at afledning til kloak ikke er nødvendig - kun bortskaffelse af koncentrat eller lignende som kemikalieaffald. I Tyskland har en integreret løsning med recirkulering og opgradering - primært baseret på indampningsteknik - ifølge /32,17/ holdt et serigrafisk trykkeris produktion spildevandsfrit med bortskaffelse af inddampningsrest som kemikalieaffald som eneste spild. Løsningen skønnes dog at udgøre en urealistisk stor investering for mindre serigrafiske virksomheder.
<i>Opgradering af skyllevand</i>	Gravimetrisk behandling/filtrering (2.5.1): Gravimetrisk behandling er primært relevant ved opgradering af skyllevand med indhold af ikke vandemulgerbare/ikke vandopløselige typer af farvefjernere (38c, 38d og 38g, se bilag 4). Der indgår i disse typer ikke emulgatorer, og flere af de indgående opløsningsmidler har en meget ringe vandopløselighed og er lettere end vand. De vil derfor kunne udskilles som topfase i en gravimetrisk udskiller (olieudskiller), hvor der evt. er indbygget coalescensfilter for at bryde mulig forekommende fysisk emulsion (se afsnit 5.3.2). Indhold af filler og til dels pigmenter/-farveskaller vil bundfælde i udskilleren. Grovfiltrering vil desuden kunne fjerne større partikler. Diesterblandingen, der bl.a. forekommer i typen af diesterbaserede farvefjernere (38h), er tungere end vand og har en begrænset (ca. 6%) vandopløselighed. Denne type farvefjerner vil derfor sandsynligvis delvist kunne bundfældes, når den opnår en koncentration over ca. 6% i skyllevandet, hvis den tilstedeværende emulgator ikke er for kraftig. Systemer til gravimetrisk behandling af skyllevand er vidt udbredt - f.eks. SOLVEX - og tilbydes bl.a. af flere producenter af rammevaskeanlæg som option/integreret del, se bilag 2. Gravimetrisk behandling er simpel og relativ billig set i forhold til de øvrige vandbehandlingsteknikker. Teknikken kan evt. kombineres med begrænset friskvandsskyl som slusksyl, der enten går i kloak eller til recirkulattank. Afhængig af farvefjerner typen vil
<i>Diesterblanding</i>	

metoden kunne begrænse vandforbrug og udslip af brugt farvefjerner til kloak i mere eller mindre omfang. Det vil dog være nødvendigt med overløb på recirkulattanken eller batchvis afledning til kloak ved udskiftning, hvis ikke hele recirkulatmængden behandles som kemikalieaffald, hvilket ikke anses for en god løsning. Da farvefjernerne typisk indeholder A eller B stoffer og/eller udviser nitrifikationshæmmende effekt vurderes, at gravimetrisk behandling ikke kan stå alene men bør kombineres med andre teknikker/tiltag. Principperne for gravimetrisk behandling samt filtrering er behandlet i afsnit 5.3.

Emulgatorer

Emulsionsspaltning (2.5.2): I de vandemulgerbare farvefjernerne (38a, 38b, 38e, 38f, 38h-j, se bilag 4) indgår typisk emulgatorer, der medfører at farvefjernerne emulgeres i skyllevandet. Anvendelse af emulsionsbrydning med efterfølgende bundfældning/filtrering kan derfor være relevant ved opgradering af recirkulat, hvor disse typer farvefjerner indgår. Der tilbydes i dag forskellige systemer, f.eks. SPLIT-O-MAT, som ligeledes markedsføres af visse producenter af rammevaskeanlæg som option/integreret del, se bilag 2. Hvis teknikken er standardiseret er den rimelig simpel og ikke speciel dyr i forhold til mere avancerede teknikker. Vandopløselige stoffer fjernes ikke, og det vurderes derfor, at behandling typisk ikke kan stå alene men bør kombineres med andre teknikker/tiltag. Princippet er desuden behandlet i afsnit 5.3.

Vandopløselige stoffer

Elektroflokkulering (2.5.3): Virkemåde: Ved at påtvinge et i spildevandet nedsænket elektrodesystem af jern og aluminium en elektrisk spænding, igangsættes en række elektrokemiske og fysiske processer. Atomart dannet ilt og brint vil bevirke gunstige oxidations- og reduktionsbetingelser. Emulsioner vil brydes i det elektriske felt. Hertil kommer, at opløsning af jern- og aluminiumelektroderne har en fældnings- og flokkuleringseffekt. Dannede flokke stiger med dannet gasudvikling op til overfladen i reaktionskammeret.

Trykfarveholdigt spildevand

Metoden har angiveligt en meget positiv rensningseffekt på trykfarveholdigt spildevand, men egentlig dokumentation på forskellige typer spildevand fra rammevaskeanlæg forefindes ikke. Det skønnes, at teknikken reelt kan være meget interessant, men at der bør søges yderligere information om driftsudgifter - især elektrisk energi - og anlægsinvestering. Endvidere bør metodens indvirkning på især opløst organisk stof afklares nøjere, dels med hensyn til fjernelse og dels evt. omdannelse af dette. I princippet vil opløst organisk stof efter dette princip kunne omdannes til CO₂ og vand eller lavere organiske syrer, omend en så vidtrækkende reaktion sandsynligvis vil være meget dyr i elektrisk energi. Systemet forhandles under navnet Klose-Clearox af bl.a. Depea.

Opløste stoffer

Inddampning (2.5.4): Afhængig af de i farvefjernerne indgående opløsningsmidlers kogepunkter i forhold til vand vil inddampningsteknikker kunne separere disse fra vandfasen. Dette gælder vel at mærke de opløste stoffer. Metoden vurderes at være meget effektiv til behandling af recirkuleret farvefjernerens skyllevand, men den er rimelig dyr i

investering og drift. Anlæg forhandles bl.a. under navnet omni-Aqua-Loop af en tysk virksomhed, og er, som ovenfor omtalt, teknikken der anvendes i det omtalte spildevandsfrie tyske serigrafiske trykkeri. Princippet for inddampning er beskrevet i afsnit 5.3.

Store skyllevandsmængder

Membranfiltrering (2.5.5): Meget dyr teknik, der vurderes kun at være relevant ved behandling af meget store skyllevandsmængder. Membranfiltreringsteknikker finder hovedsageligt anvendelse ved opgradering af friskvand til kedelfødevand samt i procesindustrien som en enhedsoperation. Teknikken vinder dog større og større udbredelse i spildevandssammenhæng, idet der generelt - afhængig af membrantype - kan opnås store rensningsgrader. Metodens udbredelse begrænses dog i mange tilfælde af en høj anlægsinvestering, en høj driftsomkostning (membranskift og elenergi) samt en ofte høj omkostning til bortskaffelse af den frafiltrerede forurening.

Anvendelsesbegrænsning

Af ovennævnte grunde har metoden så vidt vides ikke fundet anvendelse til behandling af spildevand fra serigrafiske virksomheder. Der skal her peges på, at der potentielt eksisterer en begrænsning for anvendelse af princippet til spildevand fra rammevask, da membranerne er kendt for at være følsomme for indhold af opløsningsmidler (visse farvefjernertyper) og oxidationsmidler (uomsat stencilfjerner). Anvendelse af dette princip vil i alle tilfælde kun være relevant ved behandling af større spildevandsmængder.

Ozon eller brintperoxid

Fotokemisk oxidation (2.5.6): Metoden vurderes at være effektiv til behandling af skyllevand forurenet med meget lidt organisk stof - herunder opløst stof, men meget dyr hvis kraftigere forurenet skyllevand skal behandles. Princippet ved denne behandling er en oxidation af organisk stof til lavere syrer og evt. CO₂ og vand. Under samtidig bestråling med UV-lys opnås en større effekt af oxidationsmidlet, der oftest vil være f.eks. ozon eller brintperoxid.

Metoden har sandsynligvis sin største berettigelse ved behandling af større spildevandsmængder, der skal "poleres" (dvs. "spormængder" fjernes) for et lille indhold af stof som evt. måtte restere efter en forudgående grovere - og billigere - rensningsforanstaltning.

Adsorption (aktiv kulfiltrering)(2.5.7): Denne teknik ses oftest anvendt, når det handler om en næsten total fjernelse af meget lavt indhold af typisk organisk stof i især drikkevand (ikke i Danmark) og spildevand.

Poleringsformål

Metoden er velafprøvet for mange spildevandstyper og er billig både i anlæg og drift, når den indsættes med et "poleringsformål" for øje. For den serigrafiske branche vurderes denne teknik som en potentiel gunstig poleringsteknik, der kan indsættes efter en af de grovere behandlingsmetoder.

Besparelse på vandforbrug
Skumproblemer

Skylletrin udelades (2.6): Skylletrin omfattende afskylning af farvefjerner og/eller filler kan slås sammen med stencilfjernelse ved at skylle med en "tynd" vandig opløsning af stencilfjerner, der recirkuleres og f.eks. pulsmæssigt tilføres frisk stencilfjerner. Man opnår herved en væsentlig besparelse på vandforbruget til farvefjernerens skyllevand men får til gengæld blandet brugt farvefjerner med stencilfjerner og oxideret stencil. Der kan herved opstå skumproblemer, som påvirker vaskeprocessen, og brug af skumdæmpere kan komme på tale. Man får altså et mere komplekst sammensat recirkulat, der typisk er oxiderende og meget surt, og neutralisering kan udover andre af de ovenfor nævnte teknikker være nødvendig.

8.2 Emner for renere teknologi ved stencilfjernelse

Emnerne er her dels delt op i en gruppe, der vedrører optimering af kemikalieforbrug og spildminimering ved selve stencilfjernelsen, dels i en gruppe, der omhandler det efterfølgende skylletrin med vand.

8.2.1 Optimering af kemikalieforbrug/spildminimering ved stencilfjernelse

Mindst mulige areal

Reduceret indslæb af stencil (3.1): Mængden af stencilfjerner, der er nødvendig for at oxidere en stencil, afhænger givetvis af stencilmængden. Brug af mindste mulige areal ved oprakling med fotoemulsion og mindste mulige rammestørrelse til den pågældende trykopgave vil alt andet lige skabe grundlag for en optimering af det samlede stencilfjernerforbrug. Hvis der ved manuelle teknikker kun påføres stencilfjerner på områder med hærdet emulsion vil forbrugsnøgletallet beregnet pr. kvadratmeter rammeareal stencilfjernet optimeres.

Forlænget afdrypningstid
Afskrabning

Reduceret udslib af stencilfjerner (3.3): Som beskrevet for farvefjernere i afsnit 8.1.1 vil tiltag såsom forlænget afdrypningstid (3.3.1) og afskrabning (3.3.2.1 og 3.3.2.2) kunne medføre mindre udslib til skylletrin og bedre udnyttelse af stencilfjerner - hvis den opsamlede mængde genbruges/recirkuleres. På tilsvarende vis ville sprayskyl over opsamlingskar med lille mængde rent vand, der kompenserer for udslib, sandsynligvis kunne mindske forbrug og udslib af stencilfjerner.

Recirkulering
Slamudskillelse

Optimal udnyttelse af stencilfjerner (3.4): Ved at recirkulere stencilfjerner (3.4.1) kan dens oxidative kapacitet bedre udnyttes. Kombineres recirkuleringen med slamudskillelse ved gravimetri (3.4.6) og/eller filtrering (3.4.5) af den delvist oxiderede stencil, kan recirkulatets viskositet holdes nede, og der opnås sandsynligvis en bedre udnyttelse af stencilfjerner. Recirkulering forekommer så vidt vides ikke på manuelle anlæg. Nogle producenter tilbyder rammevaskeanlæg med indbygget recirkulering, beskrevet under afsnit 8.1.2, hvor recirkulatet tillige bruges til at skylle farvefjerner af med. Ved den altdominerende måde at stencilfjerne på i dag ender al brugt stencilfjerner direkte i kloakken via skylletrinet, og doseringen

Manuelle rutiner

(3.4.2) er i disse tilfælde afgørende for udnyttelsen. Manuel påførsel af stencilfjerner foregår typisk "på slump", hvor store mængder spildes direkte ned i vasken fra f.eks. børste eller klud, der anvendes til påførsel. "Gode rutiner" som f.eks. at lade "børsten løbe af" i spanden med stencilfjerner, inden rammen børstes, vurderes at kunne reducere forbruget betydeligt. Nærværende undersøgelse peger desuden på, at påførsel med sprøjteflaske kombineret med børste kan give et væsentligt lavere forbrug end anvendelse af klud. Hvad angår automatiske rammevaskeanlæg, blev det f.eks. konstateret, at omprogrammering af dosering på virksamhed E og D samt seriekørsel (3.2) på virksamhed D gav væsentlig reduktion i forbruget.

Automatiske rammevaskeanlæg

8.2.2 Optimering af skyllevandsforbrug/vandbehandling ved stencilfjernelse

Generel optimering af skyllevandsforbrug (4.1): Der er ved nærværende undersøgelse konstateret meget store forskelle, hvad angår anvendt mængde skyllevand pr. kvadratmeter ramme - trykkerier og teknikker imellem. Det vurderes, at forbruget ved manuelle teknikker, som bl.a. er beskrevet i bilag 3, ikke behøver at udgøre mere end 5 l/m², og at dette kan opnås, ved simpel omtanke/god husholdning samt brug af højtryksspulere med effektiv udnyttelse af vandforbrug. Hvad angår automatiske rammevaskeanlæg uden recirkulering, vil der f.eks. på de to undersøgte anlæg på virksamhed D og E kunne opnås væsentlige vandbesparelser ved optimering vha. omprogrammering og desuden på virksamhed D ved at køre rammerne i serie, se bilag 3. Dette skønnes ikke at være tilfældigt, men gælder sandsynligvis for flere af de 20 rammevaskeanlæg - specielt de ældre - der er i funktion i Danmark i dag. Hvis der i nye rammevaskeanlæg installeres skyllesystemer, der vha. af følere kun påfører rammearealet skyllevand og benytter effektive højtryksdyser med lavt vandforbrug, kan der sandsynligvis opnås forbrug, der når ned i nærheden af niveauet for manuel skylning.

Manuelle teknikker

Max. friskvandsforbrug

Automatiske rammevaskeanlæg

Recirkulering af skyllevand (4.2): Flere af de rammevaskeanlæg, der tilbydes på markedet i dag, har integrering af simpel recirkulering - evt. kombineret med vandbehandling - som option. Det drejer sig typisk om skyllevand fra stencilfjernelse blandet sammen med skyllevand fra farvefjernelse/fillerfjernelse samt evt. affedtning. Ved recirkulering uden vandbehandling vil der givetvis kunne opnås en vis vandbesparelse (50%). Dette afspejles i virksamhed C's friskvandsforbrug, der er væsentlig lavere end virksamhed D's og E's (se tabel 6.3). Det skal dog bemærkes, at recirkulatet på virksamhed C behandles gravimetrisk, hvorved partikler og oxideret stencil bundfældes, men at systemet stort set ingen effekt har på farvefjernerens, da den er vandemulgerbar. Der er ikke ved nærværende undersøgelse konstateret anvendelse af recirkulering ved manuelle skylninger. Recirkulering har kun betydning for vandforbruget og ikke spildet af kemikalier m.m., når recirkulat afledes ubehandlet til kloak.

Kombineret med vandbehandling

Manuelle skylninger

Recirkulering kombineret med opgradering (4.5): Ved at opgradere det recirkulerede skyllevand til genbrugskvalitet kan i teorien opnås, at afledning til kloak ikke er nødvendig, idet bortskaffelse af koncentrat eller lignende sker som kemikalieaffald. Se omtalen af tysk anlæg i afsnit 8.1.2.

Bundfældning

Begrænset friskvandsskyl

Gravimetrisk behandling/filtrering (4.5.1): Gravimetrisk behandling vil medføre at bundfældelige polymerfraktioner fra den oxiderede stencil samt partikler m.m. vil blive fjernet ved bundfældning, hvorved der opnås et "renere" recirkulat. Teknikken kan evt. kombineres med begrænset friskvandsskyl som sluts skyl, der enten går i kloak eller til recirkulattank, som set på virksamhed C. Det er dog nødvendigt med overløb på recirkulattanken eller batchvis afledning til kloak ved udskiftning, såfremt hele recirkulatmængden ikke behandles som kemikalieaffald, der ikke anses for en god løsning. Da stencilfjerner typisk indeholder C stoffer, og den oxiderede stencil ikke skønnes at være specielt miljøproblematisk, vurderes på nærværende grundlag, at gravimetrisk behandling afhængig af de givne betingelser vil kunne stå alene (gælder kun stencilfjerner skyllevand uden farvefjerner/farverester). Dog kan pH-neutralisering være relevant. For yderligere beskrivelse af teknikken, se afsnit 5.3.

Øvrige vandbehandlingsteknikker vurderes kun at være relevante, hvis der er farvefjerner tilstede (f.eks. emulsionsspaltning) eller for at begrænse vandforbruget (f.eks. inddampning). Se i øvrigt afsnit 8.1.2 for omtale.

8.3 Emner for renere teknologi ved affedtning

Dosering

Recirkulering

Max. friskvandsforbrug

Hvad angår optimal dosering (5.1) af affedter, gælder nogenlunde de samme principper, som beskrevet for stencilfjerner i afsnit 8.2.1. Recirkulering af affedter samt skyllevand fra affedtning (5.1.3) forekommer, så vidt vides, ikke separat, men kun i forbindelse med recirkulering af samlet skyllevand på nogle rammevaskeanlæg. Det vurderes, at skyllevandsforbruget uden recirkulering maksimalt behøver at udgøre 3 l/m². Anvendelse af simpel recirkulering (6.2) vurderes at kunne sænke forbruget væsentligt. Anvendes let nedbrydelige tensider og i øvrigt kun C-stoffer som affedter vurderes vandbehandling kun at være nødvendig af hensyn til genbrug af vand. For yderligere beskrivelser henvises til bilag 5.

8.4 Emner for renere teknologi ved skyggefjernelse

Det vurderes, at den væsentligste årsag til at foretage skyggefjernelse er, at farve- og stencilfjernelse ikke er udført optimalt. Renere teknologitiltag, der er nærliggende og vil give langt den største effekt, er derfor at optimere farve- og stencilfjernelsen for herved stort set helt at kunne undgå anvendelse af skyggefjerner. Farve- og stencilfjernelse

se er behandlet i det ovenstående, og her skal blot tilføjes nogle bemærkninger, der mere specielt relaterer sig til skygge fjernelse.

*Vandfortyndbare farver
Diazobaserede fotoemul-
sioner*

Der er vigtigt, at al farverest bliver fjernet inden påførsel af stencilfjerner, idet reaktionen mellem stencilfjerner og farverest kan medføre at farven "hårder op" på vævet, og brug af skygge fjerner derfor bliver nødvendig /17/. Hvis der anvendes vandfortyndbare farver, er det vigtigt at undgå indtørring i vævet. Anvendelse af diazobaserede fotoemulsionser ved formfremstillingen kan give brun indfarvning af vævet. Indfarvningen kan ved genbrug af rammen give problemer med optimal motivoverførsel ved belysning/eksponeringen under formfremstilling, og brug af hypokloritbaserede skygge fjernere kan derfor komme på tale /17/. I øvrigt er det specielt sorte farver, og det vil egentlige sige pigmentet carbon black, der skaber problemer med indfarvning af vævet. Ved brug af sorte farver er det derfor særligt vigtigt at udføre farve fjernelsen optimalt.

Sorte farver

Farlighedsvurdering

I de få tilfælde, hvor det reelt er nødvendigt at anvende skygge fjerner, er det ud fra farlighedsvurderingen på typeniveau mindre problematisk at anvende den alkalibaserede skygge fjernertype i forhold til den hypokloritbaserede, der igen er mindre problematisk end den opløsningsmiddelbaserede type. Sidstnævnte er dog i princippet en farve fjerner, hvis farlighed vil afhænge af den konkrete sammensætning.

For yderligere beskrivelse af emner for renere teknologi ved skygge fjernelse henvises til bilag 5.

9 Prioritering og forsøgsdesign af renere teknologi-ideer samt resultater

Dominerende teknik

Som det fremgår af kap. 6 og 7, stammer den væsentligste miljøbelastning ved rammevask fra farvefjernelsen. Den dominerende teknik, der anvendes til farvefjernelse i Danmark i dag, er manuel afvaskning med vandemulgerbare farvefjernere, der skylles af med vand. Den mest anvendte type farvefjerner er den diesterbaserede, som er kendetegnet ved ikke at være flygtig. Set i forhold til de flygtige typer er dette valg fornuftigt ud fra et arbejdsmiljømæssigt og luftemissionsmæssigt synspunkt. Selvom diestertypen typisk kun indeholder C-stoffer, udviser skyllevandet kraftig nitrifikationshæmning. Forbruget er meget højt, hvilket primært hænger sammen med, at farvefjernerne ikke regenereres.

Udsløb af farverester til skyllevandet er nemmest at begrænse ved at mindske udsløb af brugt farvefjerner.

Små virksomheder

Fordi den serigrafiske branche er domineret af små virksomheder, er der ved det videre arbejde med renere teknologier udvalgt simple manuelle teknikker, der er omkostningslave, og som vurderes at være brugbare på disse virksomheder. Dette udelukker dog på ingen måde, at de behandlede grundliggende teknikker vil kunne indbygges i automatiske/halvautomatiske rammevaskeanlæg.

Indsatsområder for renere teknologi

På baggrund af ovenstående og beskrivelserne i kap. 8 og bilag 5 skal følgende indsatsområder for renere teknologi inden for farvefjernelse prioriteres til videre behandling:

- begrænsning af udsløb af brugt farvefjerner til skylletrin vha. afskrabning og vådstøvsugning
- gravimetrisk behandling af brugt farvefjerner
- regenerering af diesterbaseret farvefjerner ved destillation
- recirkulering af skyllevand kombineret med opgradering ved gravimetrisk behandling og/eller emulsionsspaltning
- substitution af opløsningsmidler og emulgatorer

9.1 Begrænsning af farvefjernerudsløb ved hjælp af afskrabning og "vådstøvsugning"

Diesterbaseret farvefjerner

Forsøgene vedr. afskrabning og vådstøvsugning er udført på trykkeri F's manuelle anlæg og er detaljeret beskrevet i bilag B7.4. Forsøgene er udført på en diesterbaseret farvefjerner.

Afskrabning

Ved at skrabne både rakel- og trykside på rammen med en vinduesskraber i i alt knap 30 sekunder kan farvefjernerudsløbet reduceres fra 122 g/m² til 55 g/m² - altså en reduktion på omkring 55%. De 122 g/m² svarer til udsløbet efter 30 sekunders afdrypning uden afskrab-

Vådstøvsugning

ning. Hvis rammen i stedet vådstøvsuges kan opnås et udslib på 46 g/m², og hvis der både afskrabes og vådstøvsuges kan opnås et udslib på 31 g/m².

Hvis en ramme, der vaskes manuelt med diesterbaseret farvefjerner, skylles med vand umiddelbart efter farvefjernerpåførsel, vil udslibet udgøre omkring 150 g/m². Sammenholdes dette med undersøgelserne beskrevet i bilag 3 og bilag B7.4, kan følgende tabel over relative reduktioner i udslibsstørrelser opstilles.

Tabel 9.1

Reduktion i udslib af diesterbaseret farvefjerner ved forskellige tiltag

Tiltag	0 sek. afdrypning	30 sek. afdrypning	60 sek. afdrypning	5-6 min. afdrypning	Mere end 10 min. afdrypning	30 sek. afskrabning	1,5 min. vådstøvsugning	30 sek. afskrabning + 1,5 min. vådstøvsugning
Relativ reduktion af udslib	0%	19%	27%	45%	52%	63%	69%	79%

Afdrypning

Som der fremgår af tabel 9.1, er afdrypningstiden meget afgørende for reduktionen i udslibet, hvis der ikke afskrabes eller vådstøvsuges. Der kan dog ikke, selv ved mere end 10 min. afdrypning, opnås samme reduktion som ved f.eks. 30 sek. afskrabning. Den yderligere reduktion, der kan opnås ved at vådstøvsuge i stedet for at afskrabe, er beskeden, og vådstøvsugning vurderes at være betydelig mere besværlig end afskrabning. Hertil kommer, at forsøgene indikerer, at en ikke ubetydelig mængde farvefjerner fordamper under vådstøvsugningen, som derfor ikke kan genbruges/recirkuleres. Anvendelse af afskrabning vurderes derfor samlet at være den mest optimale teknik til begrænsning af udslib og optimering af genbrug/recirkulering af farvefjerner.

Mest optimale teknik

Computersimuleringer

På grundlag af de opnåede nøgletal for udslib af farvefjerner er der foretaget computersimuleringer til illustration af den mulige effekt på ressourceforbrug, emissioner og økonomi. I tabel 9.2 er vist et uddrag af de fundne resultater, der er mere detaljeret beskrevet i bilag 6. Der er her bl.a. regnet med et farvefjernerforlag på 50 liter, en pris på 25 kr pr. liter farvefjerner og en bortskaffelsespris på 1,50 kr pr. liter udtjent farvefjerner. Der er ikke taget hensyn til andre udgifter - såsom drift af støvsuger - ej heller forøget fordampningstab ved vådstøvsugning.

Tabel 9.2
Resultater af computersimuleringer vedr. effekter af reduceret farvefjernerudsløb

Tiltag	30 sek. afdrypning	30 sek. afskrabning	1,5 min. vådstøvsugning	30 sek. afskrabning + 1,5 min. vådstøvsugning
Udsløb til skylletrin (g/m ²)	122	55	46	31
Total antal kvadratmeter vasket (m ²)	256	310	318	332
Farvefjerner forbrug (g/m ²)	195	161	157	151
Farvefjerner spild til kloak (g/m ²)	119	54	45	30
Farverestspild til kloak (g/m ²)	3,1	1,4	1,2	0,8
Udgift til farvefjerner (kr/m ²)	4,89	4,03	3,93	3,76
Udgift til bortskaffelse (kr/m ²)	0,12	0,17	0,17	0,19
Udgift i alt (kr/m ²)	5,01	4,20	4,10	3,95

Økonomisk besparelse

På baggrund af simuleringerne kan der altså vaskes godt 20% flere kvadratmeter rammer ved at skrabe i 30 sek. i stedet for at lade rammen dryppe af i samme tidsperiode. Hertil kommer en ca. 55% reduktion i emissionen til kloak af farvefjerner og farverest. Den tilsvarende økonomiske besparelse på den totale udgift til indkøb af ny farvefjerner og bortskaffelse af brugt farvefjerner udgør godt 16%.

9.2 Gravimetrisk behandling af brugt farvefjerner

Laboratorieforsøg

Udskillelse af pigmentindhold

På baggrund af laboratorieforsøg udført på VKI med gravimetrisk udskillelse af pigmenter i forskellige blandinger med diesterbaserede farvefjernere kan det konkluderes, at det er muligt at udskille hovedparten af pigmentindholdet. Ved henstand i knapt et døgn ender hovedparten af den brugte farvefjerner pigmentindhold i de nederste 12-25% af farvefjerner volumet. Dette reduceres til 11-14% efter 3 døgn, og efter 45-62 døgn opnås at indholdet befinder sig i de nederste 3-7% af farvefjerner volumet. I en delvist udslammet prøve af brugt farvefjerner fra trykkeri F befandt 4% af det tilstedeværende tørstof sig i den nederste ene procent af væskevolumenet efter 6 døgn henstand. I en prøve fremstillet i laboratoriet bestående af ca. 95% diesterbaseret farvefjerner og ca. 5% trykfarve befandt 29% af prøvens tørstofindhold sig i de nederste 3% af væskevolumenet efter mere end 3 måneders henstand. Den nederste fase var kornet (pigmentagglomerater) og blev observeret allerede efter 3 døgn henstand (udgjorde da 14% af væskevolumenet). Forsøgene er detaljeret beskrevet i bilag B7.1.

Laboratorieundersøgelserne viste desuden, at ikke al pigment bundfælder - idet alle øvre faser forblev gullige af det indgående Pigment Gul 13 uafhængig af tid.

Farvefjernerens sammensætning

De udførte forsøg peger endvidere på, at farvefjernerens sammensætning har betydning for, hvor effektivt pigmenterne sedimenterer. Således sedimenterede pigmenterne betydeligt langsommere i en ren diesterblanding i forhold til en farvefjerner bestående af diesterblanding, propylenglycol og emulgator. Undersøgelser med henblik på optimering af farvefjernerens sammensætning i forhold til fældning af pigmenter kunne derfor være relevant.

Anvendelse af recirkuleringssystemer

På baggrund af ovenstående vurderes det, at anvendelse af recirkuleringssystemer, hvor der er indbygget gravimetrisk fældning/sedimentation af pigmenter, antagelig er af betydning for farvefjernerens levetid, men i væsentligt omfang har betydning for pigmentindholdet i den farvefjerner, der udslæbes til skylletrin.

Måling af farvefjernerens renhed

Undersøgelser af forskellige metoder til at kvantificere, hvor "ren" en farvefjerner er, viste, at brydningsindexmålinger og tørstofbestemmelser er anvendelige. Det drejer sig her om simple forholdsvis billige analysemetoder, der kan bruges som indirekte målinger for, hvornår en farvefjerner er udtjent. Se endvidere bilag B7.1.

9.3 Regenerering af diesterbaseret farvefjerner ved destillation

Vakuum-destillering

Forsøg med vakuum-destillering af brugt diesterbaseret farvefjerner viste, at det endog ved ikke optimeret destillation er muligt at opnå et tørstofindhold på mindre end 0,1 - 1,5% i ca. 40% af destillatet af en brugt farvefjerner med oprindeligt 3,3% tørstof. Inddampningsresten (koncentratet), der udgjorde 6%, havde et tørstofindhold på 19%. Energiforbruget udgjorde mindre end 1 kWh/l på det anvendte pilotanlæg med en kapacitet på 2 l pr. time. Det vurderes, at destillationen kan optimeres i væsentligt omfang, således at en regenereringsprocent på omkring 95% med et tørstofindhold på mindre end 1,5% kan opnås. Det skal bemærkes, at den rene farvefjerner har et tørstofindhold på 1,3%. Se bilag B7.2 for yderligere detaljer.

Energiforbrug

Regenereringsprocent

Anbefalinger

På baggrund af resultaterne af pilotforsøget anbefales det, at muligheden for regenerering af farvefjernere med indhold af højt kogende opløsningsmidler (diestere m.fl.) undersøges nærmere - herunder kvaliteten af det fremkomne destillat som farvefjerner eller som ingrediens ved blanding af en ny farvefjerner. Hvad angår hovedparten af serigrafiske trykkerier, vurderes det, at regenerering ved destillation bør foretages centralt. Dette skyldes, at en investering i destillationsanlæg vil være urentabel for små serigrafiske trykkerier, der dominerer branchen. Destillationsanlæg med en kapacitet på 5 - 50 l pr. time koster i størrelsesordenen 200.000 - 700.000 kr. /52/.

Destillationsanlæg

9.4 Recirkulering af skyllevand kombineret med opgradering

Der er udført forsøg dels i laboratoriet og dels på et pilotanlæg opstillet på trykkeri F. Laboratorieforsøgene er detaljeret beskrevet i bilag B7.3 og forsøgene på pilotanlægget i bilag B7.4.

9.4.1 Laboratorieforsøg vedr. opgradering af skyllevand fra farvefjernelse

COD-indhold

Diesterbaseret

farvefjerner

Omsætningsfaktor

I forbindelse med forsøgene blev sammenhængen mellem COD-indhold og farvefjernerindhold i blandinger af vand og diesterbaseret farvefjerner bestemt. Et gram brugt diesterbaseret farvefjerner bidrager med ca. 1,66 g O₂ ved COD-analysen. Det vurderes derfor, at en omsætningsfaktor på 1,7 mellem målt COD-indhold og estimeret farvefjernerindhold vil være anvendelig, når det drejer sig om skyllevand, der udelukkende har været brugt ved farvefjernelse med diesterbaseret farvefjerner. Nedenstående angivelser af farvefjernerindhold er baseret på COD-analyseresultater, hvis der ikke er tale om udvejede mængder farvefjerner og vand, der er blandet.

*Faseudskillelse/
bundfældning*

*Diesterbaserede
farvefjernere*

Gravimetrisk behandling

Ved forsøg med faseudskillelse/bundfældning blev der fremstillet kunstige skyllevandsprøver bestående af brugt diesterbaseret farvefjerner blandet med vand samt farvefjerner iblandet trykfarve og derefter blandet med vand. Det skal bemærkes, at de diesterbaserede farvefjernere er tungere end vand og har en vandopløselighed på omkring 6%. Forsøgene viste bl.a., at det efter ca. tre dages henstand af skyllevand med 10 - 11% farvefjerner er det muligt at bundfælde omkring 40% (37 - 42%) af farvefjerner, og at denne mængde vil kunne fjernes som slam, der kun udgør ca. 5% (4 - 6%) af den samlede mængde skyllevand. Farvefjernerindholdet i slammet udgør endvidere knap 90%, hvilket gør, at regenerering muligvis er rentabelt, se afsnit 9.3. Væskefaserne, der var tilbage efter slamudskillelsen, udgjorde 94 - 96% af den oprindelige skyllevandsmængde og indeholdte 7 - 8% farvefjerner. Forsøg, hvor der ikke blev udført kemiske analyser men kun observeret faseudskillelse, viste endvidere, at der kan dannes en topfase udgørende omkring 3% af det samlede volumen.

Opgradering af skyllevand

På baggrund af disse forsøg vurderes det, at inddragelse af gravimetrisk udskillerenhed til opgradering af skyllevand i recirkuleringsanlæg vil være særdeles fordelagtigt, når det drejer sig om afskylning af diesterbaseret farvefjerner, der indeholder en forholdsvis svag emulgator af f.eks. fedtsyreethoxylattypen. Yderligere forsøg (se afsnit 9.4.2) - bl.a. på trykkeri F - tyder dog på, at det ikke er muligt efter gentagne behandlinger at få farvefjernerkoncentrationen i skyllevandet ned på 6 - 8%, hvis der udelukkende anvendes gravimetri. Der blev bl.a. derfor udført forsøg med emulsionsbrydning.

Emulsionsbrydning

Fældningskemikalier

På grundlag af indledende fældningsforsøg med forskellige fældningskemikalier og teknikker, blev det besluttet at udføre forsøg med henholdsvis bentonit/kationisk polyelektrolyt og aluminiumsulfat.

Gentagne fældninger

Forsøget blev udført således, at der først blev fældet på en skyllevandsprøve med 11% diesterbaseret farvefjerner. Filtratet fra denne fældning blev efter tilsætning af brugt farvefjerner (ny koncentration ca. 11%) påny udsat for fældning og filtratet herfra behandlet tilsvarende. Der blev således "simuleret" en situation, hvor skyllevand recirkuleres, indtil der opnås en farvefjernerkoncentration på 11 - 12%, hvorefter der fældes, og filtratet fra denne fældning anvendes påny som skyllevand indtil farvefjernerkoncentrationen når 11 - 12%, hvorefter der fældes osv.

Slam

Bentonit/kation

Forsøgsresultaterne viste, at det selv ved tredje fældning på "det samme" skyllevand var muligt at få farvefjernerkoncentrationen ned på 7 - 8%. Den opståede slammængde udgjorde omkring 10% af den samlede skyllevandsmængde, og indholdet af farvefjerner i slammet lå mellem 190 og 420 g/l. Resultaterne peger endvidere på, at fældning med bentonit/kation tilsyneladende er mere effektiv end fældning med aluminiumsulfat, og at der ved optimering muligvis vil kunne opnås bedre fældning og/eller mindre kemikalieforbrug. Det skal bemærkes, at diesterblandingen (se bilag B7.3), der udgør ca. 85% af farvefjerner, består af 3 diester med forskellig vandopløselighed (30 g/l - 130 g/l). Det er således teoretisk sandsynligt, at der kan foregå en opkoncentrering af den mest vandopløselige diester (dimethylsuccinat), hvilket ligeledes er gældende for farvefjernerens indhold af propylenglycol. Der kunne dog ikke konstateres stigning i det fældede skyllevands COD-indhold ved de gentagne fældninger. Forsøgene er detaljeret beskrevet i bilag B7.3.

På baggrund af resultaterne af fældningsforsøgene blev det besluttet at anvende bentonit/kationfældning ved forsøg på "pilot-recirkuleringsanlægget" på virksomhed F.

9.4.2 Undersøgelser på "pilot-recirkuleringsanlæg"

For at undersøge effekten af at anvende recirkuleret skyllevand ved afskylning af diesterbaseret farvefjerner under tilnærmelsesvis realistiske forhold blev der opstillet et "pilot-recirkuleringsanlæg" på trykkeri F. Anlægget og forsøgene er detaljeret beskrevet i bilag B7.4.

Anvendelighed af recirkulat Udsløb til kloak

Formålet med forsøgene var først og fremmest at få afklaret, hvorvidt recirkuleret skyllevand er anvendeligt til afskylning af farvefjerner, samt at udrede i hvilket omfang anvendelse af denne teknik på manuelle anlæg kan reducere udslæbet af farvefjerner til kloak. Hertil kommer undersøgelse af, hvor effektivt opgradering af skyllevandet er under tilnærmelsesvis realistiske forhold på et trykkeri.

Sæbevand

Fasefordeling

Ved den første forsøgskørsel med anlægget d. 23/10-96 skyllede en erfaren medarbejder fra virksomhed F (herefter kaldet operatøren) syv rammer med et samlet areal på 10 m². Recirkulatforlaget indeholdte 25 liter skyllevand. Ved afslutning af forsøget fik recirkulatet karakter af sæbevand, men evnen til at skylle farvefjerner af rammen var ifølge operatøren stadig god. Recirkulatet blev pumpet op i en skilletragt, og efter 22 timers henstand blev det tappet af i 3 faser (top, mellem og bund). Farvefjernerkoncentrationen i bundfasen, der udgjorde 9% af den samlede recirkulatmængde, var kun 15% højere end "top" og "mellem" fasens. Dette hænger givetvis sammen med, at farvefjernerindholdet i det blandede recirkulat var omkring 2,8%, hvilket er langt under farvefjernerens vandopløselighed på ca. 6%. En prøve af det blandede recirkulat, der blev hældt på skilletragt i laboratoriet og henstod i 7 døgn, gav dog en "bundfase" med en godt 60% højere koncentration af farvefjerner end "mellemfasen" samt en lille "topfase", der var 3 gange så koncentreret som "mellemfasen". Bundfasen udgjorde her 8% og topfasen 4% af det samlede volumen. En tilsvarende "topfase" er ligeledes observeret ved laboratorieforsøg, se bilag B7.3. At "topfasen" har et forhøjet indhold af komponenter fra den brugte farvefjerner, kan muligvis hænge sammen med, at emulgatoren, der er lettere end vand, skiller ud, samt forekomst af lette opløsningsmidler m.m. med ringe vandopløselighed, som stammer fra indholdet af trykfarverester.

Afskrabning af recirkuleret skyllevand

Hvad angår fasefordeling af recirkulatet, fremkom samme billede allerede efter 14 timers henstand af en recirkulatprøve med 4,6% brugt farvefjerner fra forsøg udført på anlægget d. 15/1-97. Topfasen var dog her betydeligt mere dominerende i forhold til bundfasen, når der sammenlignes med ovennævnte prøve med 2,8% brugt farvefjerner. Forsøget gik i øvrigt ud på at undersøge betydningen af afskrabning og/eller vådstøvsugning for udsłæbet af recirkuleret skyllevand til sluts skyl med friskvand eller stencilskyl med friskvand, der føres til kloak. Forsøgene blev teknisk udført på samme måde som ved afskrabning/vådstøvsugning af farvefjerner, der er beskrevet i afsnit 9.1. I nærværende tilfælde drejer det sig blot om afskrabning/vådstøvsugning af skyllevandsrecirkulat, som herved ikke tilføres kloakken men går tilbage til recirkuleringsanlægget. Resultaterne af forsøgene fremgår af tabel 9.3.

Tabel 9.3

Resultater af forsøg med henblik på reducere af udsłæb af recirkuleret skyllevand til sluts skyl

Tiltag	30 sek. afdrypning	30 sek. afskrabning	1,5 min. vådstøvsugning	30 sek. afskrabning + 1,5 min. vådstøvsugning
Udsłæb til sluts skyl (g/m ²)	116	56	46	36

Som det fremgår af tabel 9.3 opnås stort set samme resultat som ved begrænsning af farvefjernerudsløb, se tabel 9.2.

<i>Kvalitet af recirkulat</i>	Ved en ny kørsel på recirkuleringsanlægget d. 18/1-97 skyllede operatøren i alt 15 rammer svarende til 23,7 m². Det anvendte skyllevandsrecirkulat indeholdt fra starten ca. 4,5% brugt farvefjerner og ved afslutning 12,6%. Rammerne afdryppede i ca. 30 sek. inden de blev fjernet fra vasken, og der blev således ikke anvendt afskrabning eller vådstøvsugning. Operatørens vurdering var, at recirkulatets evne til skylle farvefjerner af rammen ikke blev forringet ved stigende farvefjernerkoncentration. Der var dog problemer med afskylning af filler mod afslutning af forsøget, fordi vandstråletrykket faldt. Dette skyldtes sandsynligvis for lav vandstand i recirkulatforlaget kombineret med skumdannelse. Filleren kan dog fjernes ved det efterfølgende friskvandsskyl eller stencilskyl. Skum- og aerosoldannelse kan givetvis begrænses ved at udskifte sprøjtepistolen med en håndbruser, hvilket blev gjort inden den sidste kørsel på anlægget, se nedenstående. Ud fra en massebalance opstillet for kørslen blev det gennemsnitlige udsløb af farvefjerner til kloak groft estimeret til 12 g/m². Recirkulatet blev ved forsøgsafslutning pumpet op i skilletragten og efter 2,5 døgn henstand (svarende til én weekend) tappet af i 2 faser, dvs. bund/top og mellem. Bundfasen befandt sig primært - på trods af anvendelse af vibratorer - på den koniske bunds overflade (hældning omkring 45°C) i tragten og ikke helt nede i bunden ved aftapningshanen. "Mellemfasen" kom derfor først ud ved aftapningen og til sidst "bund" og "topfasen". Dette problem kunne givetvis være undgået ved anvendelse af en tragt med konisk bund med hældning større end 60°C. Farvefjernerindholdet i bund-/topfasen udgjorde knap 0,5 kg/l, og det var således muligt at få 15% af den tilstedeværende farvefjerner ud i en bund-/topfase, der udgjorde 4% af den samlede recirkulatmængde. "Mellemfasen", som bør kunne genbruges som skyllevand, indeholdt 11% farvefjerner og levede således ikke op til resultaterne på 7 - 8% farvefjerner opnået ved laboratorieforsøg, se afsnit 9.4.1. En prøve af det blandede recirkulat udtaget ved forsøgsafslutning gav efter henstand i 2 døgn i laboratorieskilletragt 10,0% farvefjerner i fasen til genbrug og godt 0,7 kg farvefjerner/l slam svarende til 23% af den tilstedeværende farvefjerner mængde og 4% af det samlede skyllevandsvolumen. Det var altså heller ikke muligt i laboratoriet at få koncentrationen ned på 7 - 8% i fasen til genbrug. Det blev derfor besluttet at benytte emulsionsbrydning ved den sidste kørsel på anlægget.
<i>Skum- og aerosoldannelse</i>	
<i>Massebalance</i>	
<i>Fasedeling</i>	
<i>Bund-/topfase</i>	
<i>"Mellemfase"</i>	
<i>Udslæbsforsøg</i>	Ved den sidste kørsel på anlægget d. 18/2-97, blev der først udført et udslæbsforsøg med henblik på at afklare om stigende farvefjernerkoncentration i recirkulatet medfører forøget udsløb af recirkulatet til slusksyl (dvs. kloak). Tidligere udslæbsforsøg blev udført med en farvefjernerkoncentration på 2,8% (se tabel 9.3), men da kørslen på anlægget d. 18/1-97 gav ekstraordinært stort tab af recirkulat, dog primært som spild på gulv, blev det besluttet at køre et udslæbsforsøg med 12% farvefjerner i recirkulatet. Som det fremgår af bilag B7.4,

kan der ikke konstateres forskel på udslæbet ved dette forsøg og forsøget med 2,8% farvefjerner.

Det fremstillede recirkulatforlag med 12% farvefjerner blev ved start af sidste kørsel opgraderet ved emulsionsbrydning med bentonit og kationisk polyelektrolyt. Dette blev gjort for at afklare, hvor langt det er muligt at komme ned i farvefjernerkoncentration ved fældning på anlægget samt afprøve det opgraderede recirkulats evne til at afskylle farvefjerner. Dertil kommer et ønske om at spildevandsprøverne, der blev udtaget ved afslutning af kørslen, skulle indeholde udslæb af recirkulat, der var blevet opgraderet ved emulsionsbrydning.

Emulsionsbrydning

Emulsionsbrydningen blev udført som beskrevet i bilag B7.4. Der blev ved fældningen opnået 32% reduktion i recirkulatets farvefjernerindhold og koncentrationen af farvefjerner i filtratet til genbrug blev 6,7%. Slammængden udgjorde 8,4% af den behandlede recirkulatmængde. Der blev således genereret 84 g slam pr. liter behandlet recirkulat, og dette slam indeholdte 450 g farvefjerner pr. liter.

Det opgraderede recirkulat med 6,7% farvefjerner blev inden sidste kørsel tilsat brugt farvefjerner, således at der blev opnået en koncentration på 8,6% farvefjerner. Denne blanding blev brugt som forlag ved den sidste kørsel.

To rammer, hver på 2,32 m², blev kørt gennem hele proceduren; påførsel af farvefjerner - afskrabning - spuling med skyllevandsrecirkulat - afskrabning. Den ene ramme blev derefter højtryksspulet med friskvand, der blev opsamlet, udmålt og prøve udtaget til analyse (forsøg A). Den anden ramme blev påført stencilfjerner og derefter højtryksspulet med friskvand, der også blev opsamlet, udmålt og prøve udtaget til analyse (forsøg B). Ved både forsøg A og B blev der pba. massebalancer målt/estimeret et farvefjernerudslæb med recirkulatet på 5,1 g/m². Vandforbruget ved forsøg A blev målt til 3,4 l/m² og ved forsøg B til 5,8 l/m². Analyseresultaterne af de udtagne prøver af slutskillevandet fremgår af tabel 9.4.

Vandforbrug

Slutskillevand

Tabel 9.4

Analyseresultater af spildevandsprøver fra sidste kørsel på anlægget

Parameter→ Prøve↓	Fortynd.	pH	TS mg/l	GT mg/l	AOX µg/l	COD mgO ₂ /l	BOD ₅ mgO ₂ /l	COD/BOD ₅	Nitrif. hæmn. (200 ml) %	Nitrif. hæmn. (20 ml) %
U.stencilfj.(A)	1:600 *	7,99	960	360	440	5000	3000	1,6	99	82
M.stencilfj. (B)	1:1100 *	6,71	2880	2100	890	5300	1900	2,7	99	65

* Estimeret og gældende for farvefjernerindholdet.

<i>Fortyndingsfaktor</i>	Ved at sammenligne tabel 9.4 med tabel 6.2 og til dels tabel 6.4 fås et indtryk af, hvilken betydning anvendelse af pilotrecirkuleringsanlægget har - i forhold til typisk anvendt afvaskningsteknik - på det generede spildevands egenskaber. Den altafgørende faktor er fortyndingen af den udslebte farvefjerner (og stencilfjerner).
<i>Nitrifikationshæmning</i>	Det skal bemærkes, at der ved anvendelse af pilotrecirkuleringsanlægget opnås en kraftig fortynding af farvefjerner, selvom vandforbruget er meget lavt. Dette skyldes det lave udsleb af farvefjerner. Problemet med afledning til offentlig kloak af spildevandet karakteriseret i tabel 9.4 er nitrifikationshæmning. Dette forhold er behandlet i afsnit 9.5.3. I øvrigt henvises til kap. 6 for fortolkning af analyseparametrene i tabel 9.4.
<i>Indhold af brugt farvefjerner</i>	I skyllevandsprøven uden stencilfjerner (A) er den brugte farvefjerner eneste kilde til COD. Indholdet af brugt farvefjerner kan derfor estimeres til $5/1,66 \text{ g/l} = 3,0 \text{ g/l}$, hvilket svarer til et totalindhold på $3,4 \text{ l/m}^2 \cdot 3,0 \text{ g/l} = 10 \text{ g/m}^2$. Dette tal er dobbelt så stort, som beregnet ud fra massebalancen, hvilket kan skyldes, at rammen ikke blev skyllet grundigt nok ved skyl med recirkulatet. Forsøget er mere detaljeret beskrevet i bilag B7.4.
<i>Computersimulering</i>	På baggrund af de opnåede resultater ved den sidste kørsel er der udført en computersimulering, som fremgår af bilag 6. Ved denne simulering er det forudsat, at udskiftning af farvefjerner og opgradering af skyllevandsrecirkulatet foregår samtidig, f.eks. én gang pr. 1-2 måneder ved årlig vask af omkring 3000 m^2 rammeareal. Farvefjernerforlaget er sat til 50 liter, hvilket medfører, at skyllevandsforlaget kan beregnes til 300 liter, når der forudsættes "steady state", dvs. at der er 7% farvefjerner i skyllevandsrecirkulatet ved start og 12% ved afslutning (opgradering ved emulsionsbrydning). Resultaterne af simuleringen fremgår af tabel 9.5.

Tabel 9.5

Resultater af computersimuleringer vedr. "koblet" kørsel af farvefjernelse og skyl med skyllevandsrecirkulat

	Enhed	Resultat
Udsløb af farvefjerner til recirkulat	g/m ²	55
Udsløb af skyllevandsrecirkulat til sluts skyl	g/m ²	56
Total areal vasket	m ²	305
Farvefjernerforbrug	g/m ²	164
Spild af farvefjerner til kemikalieaffald (excl. slam fra opgradering)	g/m ²	114
Fordampet farvefjerner	g/m ²	2,4
Farvefjerner udslæbt til sluts skyl	g/m ²	5,3
Slam fra opgradering af skyllevandsrecirkulat	g/m ²	83
Udgift til farvefjerner	(kr/m ²)	4,10
Udgift til bortskaffelse af farvefjernerkemikalieaffald	(kr/m ²)	0,17
Udgift til fældningskemikalier	(kr/m ²)	0,0055
Udgift til bortskaffelse af slam fra opgradering af skyllevandsrecirkulatet	(kr/m ²)	0,12
Udgift i alt	(kr/m ²)	4,40

Som det fremgår af tabel 9.5, er det gennemsnitlige farvefjernerudsløb til sluts skyl 5,3 g/m². Dette ligger på niveau med 5,1 g/m², der blev fundet ved målingerne ved sidste kørsel på anlægget (se ovenfor), hvor farvefjernerkoncentrationen i skyllevandsrecirkulatet var 8,6%. Hvis det forudsættes, at der stencilfjernes umiddelbart efter skyl med skyllevandsrecirkulat (eller skylles med en friskvandsmængde svarende til et stencilfjerner skyl) kan det gennemsnitlige farvefjernerindhold i stencilskyllevandet beregnes til 0,9 g/l, hvilket er en faktor 22 mindre, end hvis der ikke blev benyttet recirkulation og afskrabning. Der kan altså opnås omkring 95% reduktion i udsløb af farvefjerner til sluts skyl ved afskrabning kombineret med recirkulering af skyllevand i forhold til typisk manuel farvefjernelse med 30 sek. afdrypning af farvefjerner efterfulgt af sluts skyl til kloak.

Reduktion i udsløb

Driftsudgift

Den beregnede samlede driftsudgift (4,40 kr., se tabel 9.5) er lavere end udgiften (5,01 kr.) ved "traditionel" farvefjernelse uden afskrabning men med 30 sek. afdrypning, se tabel 9.2. Hvis der tages højde for den vandbesparelse, der kan opnås ved at stencilfjerne umiddelbart efter skyl med recirkulat, kommer den beregnede driftsudgift (4,40 kr./m²) til at ligge på niveau med driftsudgiften (4,20 kr./m²) beregnet for den tilsvarende metode uden brug af skyllevandsrecirkulat

(tabel 9.2, 30 sek. afskrabning). Det skal bemærkes, at der ikke er indregnet udgift til arbejdstid, elforbrug og afskrivning af anlæg. Udgift til el-forbrug skønnes til mindre end 0,01 kr/m², og anskaffelsesprisen for et anlæg af typen beskrevet i bilag B7.4 med en kapacitet på 300 liter skyllevand anslås at ligge i området 10.000 - 15.000 kr.

Simuleringen er mere detaljeret beskrevet i bilag 6.

9.5 Substitution af opløsningsmidler og emulgatorer

Undersøgelser af muligheder for substitution inden for de to væsentligste farvefjernerkomponenter - opløsningsmidler og emulgatorer - er detaljeret beskrevet i bilag 8. Nedenstående er hovedresultaterne kort beskrevet. Til sidst er udvalgte opløsningsmidlers nitrifikationshæmmende egenskaber behandlet.

9.5.1 Substitution af opløsningsmidler

*Opløsningsmidler
-typer*

Opløsningsmidler udgør typisk 95 - 100% af indholdet i en farvefjerner og er derfor den altdominerende komponent. De typer opløsningsmidler der anvendes omfatter kulbrinteblandinger, alifatiske kulbrinter, aromatiske kulbrinter, glycolethere, estre, ketoner, diestere samt alkoholer og diethere. Af disse grupper skiller især de tre førstnævnte sig ud ved at være domineret af stoffer, der er uønsket i kloakafløb og/eller arbejdsmiljø.

Opløsningssevne

Ved hjælp af SUBTEC /39/, der bl.a. indeholder Hansens opløselighedsparametre /38/ og aktivitetskoefficientmodellen UNIFAC /37/ - er de forskellige opløsningsmiddeltypers teoretiske evne til at opløse typisk forekommende bindertyper i serigrafiske trykfarver undersøgt. Både de rene opløsningsmidler og visse blandinger heraf er behandlet. Hertil kommer forslag til blandinger med indhold af "mindre farlige" komponenter - herunder fornyelige ressourcer - til erstatning af traditionelle typer.

Fornyelige ressourcer

*Alifater
Aromater*

Undersøgelserne peger på, at især alifater men også aromater er dårlige opløsningsmidler overfor de fleste af de forekommende bindertyper. Det vurderes da også, at de primært anvendes, fordi de er billige. Diestere, ketoner, estere og højere alkoholer er de bedst egnede opløsningsmidler.

*Diestere, ketoner, estere
og højere alkoholer*

2-ethoxyethanol

Det er f.eks. fundet, at 2-ethoxyethanol, der er farlighedsscoret C 2 U og dermed uønsket i arbejdsmiljøet, teoretisk kan erstattes af en blanding bestående af 45% diethylenglycol og 55% diesterblanding - begge er tildelt farlighedsscoren C - p.

*Vegetabilsk baserede
opløsningsmidler*

Hvad angår brugen af fornyelige ressourcer, dvs. vegetabilsk baserede opløsningsmidler (vegetabiliske afvaskere), er det fundet, at de typer, der eksisterer i dag, ikke alene vil kunne erstatte traditionelle opløs-

ningsmidler. En blanding af 50% vegetabilsk afvasker og 50% butyldiglycol er dog teoretisk et godt opløsningsmiddel for bindemidlerne polyvinylklorid og acrylater, der begge er meget anvendt i serigrafifarver. Butyldiglycol har fået tildelt farlighedsscoren C - p. Et vegetabilsk baseret opløsningsmiddel består typisk af en vegetabilsk fedtsyre (planteolie), der er forestret med en alkohol (fremstillet på basis af ikke fornyelige kulbrinter). Se endvidere afsnit 9.5.3.

For mere detaljeret beskrivelse opløsningsmiddelsubstitution henvises til bilag B8.1.

9.5.2 Substitution af emulgatorer

Tensider

Miljøfarlighedsscore

Emulgatorer, dvs. tensider, udgør typisk 1-5% af indholdet i bl.a. de vandemulgerbare farvefjernere. De udførte substitutionsvurderinger er her udelukkende foretaget pba. den tildelte miljøfarlighedsscore for afledning til kommunalt renseanlæg. Dette skyldes, at vurderinger af teknisk egnethed ville være for omfattende og uden for rammerne af nærværende projekt, og hvad angår sundhedsvurderinger er datagrundlaget for spinkelt. Tensiderne er derfor konservativt stort set alle tildelt sundhedsfarlighedsscoren p.

Anioniske tensider

Hvad angår anvendelse af anioniske tensider anbefales det, at typer af alkylbenzensulfonater (lineære og forgrenede) erstattes med de mindre miljøbelastende alkylsulfater, carboxylater eller alkylethersulfater, hvor de to først nævnte har højeste prioritet. Det anbefales ligeledes at alkylphenoethoxylatsulfat og sulfosuccinater erstattes med de mindre miljøbelastende typer.

Nonioniske tensider

Af nonioniske tensider bør alkylphenoethoxylater erstattes med andre nonioniske tensider f.eks. andre ethoxylater som fedtalkoholethoxylat eller fedtsyreethoxylat. Et endnu bedre alternativ er anvendelse af glykosid-baserede tensider.

For mere detaljeret beskrivelse henvises til bilag B8.2.

9.5.3 Udvalgte opløsningsmidlers nitrifikationshæmmende effekt

Nitrifikationshæmning

Nitrifikationstest

Som det bl.a. fremgår af kap. 6, udviser spildevand fra farvefjernelse nitrifikationshæmning. Dette skyldes givetvis opløsningsmiddelindholdet i farvefjernerens. Udvalgte opløsningsmidler, herunder et vegetabilsk baseret opløsningsmiddel (isopropyllaurat) og en enkelt emulgator (polyethylenglycol 400-dioleat), blev derfor testet for nitrifikationshæmning. Testmetoden angivet i bilag 3 blev anvendt og samme slamtype, som er anvendt ved de øvrige nitrifikationstest i nærværende undersøgelse - dvs. let industribelastet slam fra Nivå renseanlæg blev benyttet. De udvalgte kemikalier og resultaterne af de udførte test fremgår af tabel 9.6.

Tabel 9.6
Resultater af test for nitrifikationshæmning

Stofnavn ***	CAS nr.	EC ₂₀ * (mg/l)	EC ₅₀ * (mg/l)	Teoretisk koncentration der i farvefjerner skyllevand vil udvise uacceptabel hæmning iht. spildevandsvejledningen /25,35/ (mg/l)
Diesterbaseret farvefjerner (ca. 85% diester) (d = 1,06)	-	13	31	160
Diesterblanding, (55-75% DMG, 10-25% DMS og 10-23% DMA)** (d = 1,09)	119-40-0 106-65-0 627-93-0	-	ca. 22	ca. 110
Butyldiglycol (d = 0,953)	112-34-5	240	640	3200
Propylenglycol (d = 1,036)	57-55-6	2200	5600	28000
4-Methyl-1,3-dioxolan-2-on (Propylencarbonat) (d = 1,204)	108-32-7	36	220	1100
4-Methoxy-4-methylpentan-2-on (Pentoxone) (d = 0,902)	107-70-0	270	850	4200
Polyethylenglycol400 - dioleat (d = 0,977)	9005-07-6	1800	15000	73000
Isopropyllaurat (d = 0,854)	10233-13-3	-	> 34000	> 170000

* Den koncentration af stoffet der medfører henholdsvis 20 og 50% hæmning i forhold til kontrolprøve (ikke hæmmet prøve)

** DMG Dimethylglutarat
DMS Dimethylsuccinat
DMA Dimethyladipat

*** d = densitet

Diesterblanding

Som det fremgår af tabel 9.6, hæmmer diesterblandingen 10 - 280 gange kraftigere end de øvrige testede, ikke vegetabilsk baserede opløsningsmidler. Denne relativ kraftige hæmning (EC₅₀ = ca. 22 mg/l) forklarer, at den testede diesterbaserede farvefjerner udviser en EC₅₀ værdi på 31 mg/l, hvilket er på niveau med den rene diesterblanding. Teoretisk vil en koncentration på 160 mg/l af den testede diesterbaserede farvefjerner i spildevand medføre, at spildevandet udviser uacceptabel hæmning (dvs. 50% iht. proceduren foreskrevet i spildevandsvejledningen /25, 35/), hvis ikke andre forhold påvirker spildevandets nitrifikationshæmmende egenskaber. Farvefjerneranvendt ved forsøgene på virksomhed F var identisk med den her testede, og som det fremgår af tabel 9.4, er der i spildevandsprøverne fra sidste kørsel på recirkuleringsanlægget målt henholdsvis 82% og 65% hæmning ved ti ganges fortynding af spildevandet. Farvefjernerkoncentrationerne i de to spildevandsfortyndinger kan estimeres til henholdsvis ca. 300 mg/l og ca. 170 mg/l. Disse estimater ligger på niveau med testresultaterne (hæmningskurven) for den rene farvefjerner fundet ved laboratorietestene.

Hvis der ses bort fra pentoxone, for hvilken det ikke har været muligt at fremskaffe tilstrækkelige data, er alle de testede stoffer biologisk let nedbrydelige. Diesterblandingen, butyldiglycol og propylencarbonat er alle tildelt farlighedsscorerne C - p. Propylenglycol er tildelt C - h og polyethylenglycol-400-dioleat (emulgator) samt isopropyllaurat, der er et vegetabilsk baseret opløsningsmiddel, vurderes begge umiddelbart til at kunne tildeles scoren C - p. Det drejer sig altså her om

Butyldiglycol
Propylcarbonat

<i>Butyldiglycol</i>	stoffer, der alle har fået tildelt "lave" farlighedsscorer, men som varierer kraftigt i nitrifikationshæmmende egenskaber. Ved ønske om begrænsning af en farvefjerner's nitrifikationshæmmende egenskaber, vil det derfor i teorien være fordelagtigt at erstatte diesterblandingen helt eller delvist med mindre hæmmende opløsningsmidler - f.eks. propylenglycol eller butyldiglycol - i det omfang det teknisk kan lade sig gøre. Her skal det bemærkes, at butyldiglycol, udover at være blandbar med diesterblandingen, har opløselighedsparametre, der ligger rimeligt tæt på diesterblandingen (se bilag 8.1) og dermed teoretisk kan erstatte denne i mange tilfælde.
<i>Emulgator</i>	Den testede emulgator (polyethylenglycol 400 dioleat) udviser nitrifikationshæmmende effekter, der er mere end 600 gange mindre end diesterblandingen.
<i>Isopropyllaurat</i>	Det vegetabilsk baserede opløsningsmiddel, isopropyllaurat, hvoraf laurinsyredelen er en fornyelig ressource, udviser mindst hæmning af de testede stoffer, og ved blanding af f.eks. lige dele isopropyllaurat og propylencarbonat fremkommer en farvefjerner, der teoretisk vil kunne opløse bindemidlerne cellulosederivater, acrylater, polyurethener og polyvinylchlorid. Blandingens opløsningsevne over for de nævnte bindemidler er betydelig bedre end de rene opløsningsmidlers opløsningsevne. Se endvidere bilag 8.1.
<i>Substitueret farvefjerner</i>	Det skal understreges, at der i nærværende sammenhæng kun er undersøgt 6-9 stoffer for nitrifikationshæmning. Det kan derfor på ingen måde udelukkes, at der blandt øvrige opløsningsmidler med "lave" farlighedsscorer eksisterer stoffer, der udviser ringe nitrifikationshæmning.

10 Miljøoptimeret rammevask; anbefalinger og udviklingsbehov

Valg af teknik og kemikalie

Valg af teknik og kemikalie til rammevask baseres traditionelt på parametrene økonomi (udgift, tidsforbrug), kvalitet (ren ramme), praktisk anvendelighed og arbejdsmiljømæssige aspekter. Nedenstående anbefalinger fokuserer på ydre miljøaspekter, men som det fremgår af tidligere kapitler (især kap. 8), behøver inddragelse af miljø ikke at påvirke de øvrige parametre negativt - i visse tilfælde tværtimod. For uddybning og konkretisering af de nedenfor beskrevne anbefalinger henvises specielt til bilag 5 samt kap. 4, 7, 8, 9 og bilag 8, 4 og 3.

10.1 Generelle anbefalinger

Nedenstående anbefalinger styres af forhold før selve rammevasken men er af afgørende betydning for kvaliteten af vaskeresultatet, tidsforbrug, ressourceforbrug og miljøbelastning fra rammevask:

Farverester

- optimer fjernelse (genbrug) af farverester på rammen efter endt trykning (afsnit 8.1.1 og bilag 5)

Indtørring

- undgå at farverester på rammen tørrer ind (afsnit 8.1.1 og bilag 5)

Diazobaserede fotoemulsioner

- bemærk at brug af diazobaserede fotoemulsioner kan medføre behov for brug af hypokloritbaserede skyggeffjerner, der i videst muligt omfang bør undgås (afsnit 8.4 og bilag 5)

Mindste mulige rammestørrelse

- brug den mindst mulige rammestørrelse til den pågældende trykopgave (afsnit 8.1.1 og bilag 5)

Farlighedsscore

- vælg kemikalier uden indhold af stoffer med høj farlighedsscore (A,1 eller U) - foretræk om muligt stoffer farlighedsscoret C 3 H (bilag 4 og 8 samt afsnit 4.4).

10.2 Anbefalinger vedrørende farvefjernelse

Der kan vælges mellem at foretage farvefjernelse manuelt, halvautomatisk eller automatisk. Da de fleste serigrafiske trykkerier i Danmark er små, falder valget naturligt på manuel afvask.

10.2.1 Anbefalinger vedrørende manuel farvefjernelse

Følgende anbefalinger skal anføres:

Recirkulering

- brug altid recirkulering af farvefjerner (afsnit 8.1.1 og bilag 5)

<i>Ikke-flygtige farvefjernere</i>	• brug ikke-flygtige farvefjernere (f.eks. diesterbaserede eller glycol-etherbaserede) (afsnit 4.4.2.1 og bilag 4 samt 7)
<i>Stoffer der bør undgås</i>	• undgå indhold af kulbrinteblandinger, aromater og alifater, cyclohexanon, 1-methoxy-2-propylacetat, 1-butoxy-2-propanol, diethanolamin, alkylphenoethoxylater, alkylbenzensulfonater, alkylphenoethoxylatsulfat og kationiske tensider (bilag 4, afsnit 4.4 og bilag 8)
<i>Nitrifikationshæmning</i>	• brug en farvefjerner der ikke medfører at skyllevandet til kloak udviser betydende (uacceptabel) nitrifikationshæmning (se tabel 9.6 i kap. 9)
<i>AOX-indhold</i>	• vask rammen helt ren for farverester inden den skylles med vand for at undgå forhøjet AOX-indhold i skyllevandet (afsnit 6.2.4)
<i>Afskrabning/afdrypning</i>	• skrab overskydende farvefjerner af rammen (bedste løsning) eller alternativt brug forlænget afdrypningstid med henblik på genbrug inden rammen skylles med vand (afsnit 8.1.1, bilag 5 samt afsnit 9.1)
<i>Sedimentationstank</i>	• anvend et farvefjernerrecirkulationssystem med sedimentationstank og ventileret vask (afsnit 9.2)
<i>Defekte rammer</i>	• kasser/reparer rammer, hvor der er huller i profilerne - undgå typer med huller til tubtare nitter, der er åbne i bunden (afsnit 8.1.1)
<i>Regenerering af farvefjerner</i>	• send om muligt den udtjente farvefjerner til regenerering i stedet for bortskaffelse som kemikalieaffald
<i>Skyllevandsrecirkulat</i>	• anvend recirkulering af skyllevand kombineret med opgradering i form af gravimetri og emulsionsbrydning - afhængig af farvefjerner typen (afsnit 5.3, 8.1.2 og 9.4) • skrab vedhængende skyllevandsrecirkulat af rammen inden sluts skyl med friskvand eller påførsel af stencilfjerner (afsnit 9.4.2)
<i>Sparet friskvandsskyl</i>	• ved at påføre stencilfjerner umiddelbart efter skyl med skyllevandsrecirkulat spares friskvandsskyllet før stencilfjernerpåførsel (afsnit 9.4.2).

10.2.2 Anbefalinger vedrørende halvautomatisk (automatisk farvefjernelse

Her gælder de fleste af de anførte anbefalinger i foregående afsnit. Dog er betydningen af at anvende ikke-flygtige farvefjernere ikke så stor her, hvis selve rammevasken foregår i et lukket system. På typer af anlæg, hvor der anvendes ikke-flygtige farvefjernere, afsluttes farvefjernelsesprocessen typisk med manuel skylning med vand. Farvefjerneranlæg til flygtige farvefjernere, der benytter samme

Farvefjerneranlæg

princip, og hvor der ikke indgår separat tørrekammer, kan ikke anbefales, fordi der her enten er tale om stor farvefjerneremission til luft (tørring af hele farvefjerner-kammeret) og/eller eksponering af operatør ved håndtering (udtagning) og skylning af rammen. Automatiserede farvefjerneranlæg indgår desuden som enheder, der tilbydes sammen med stencilfjernerenheder i egentlige rammevaskeanlæg, der er behandlet i afsnit 10.6. Farvefjerneranlæg, der tilbydes i dag, er endvidere beskrevet i afsnit 5.2 samt tabel B2.1 i bilag 2.

10.2.3 Udviklingsbehov

Substitution

Fornyelige ressourcer

Der bør udvikles effektive farvefjernere baseret på stoffer med lav farlighedsscorer (optimalt scoret som C 3 H), der samtidig ikke udviser betydende nitrifikationshæmning. Målet er farvefjernere baseret på fornyelige ressourcer (vegetabiliske opløsningsmidler), se bilag 8 og afsnit 9.5.

Regenerering af farvefjerner

Det vurderes både teknisk og økonomisk muligt at regenerere brugt ikke-flygtig farvefjerner (flammepunkt over 100°C) ved vakuum destillation. Dette bør dog, med udgangspunkt i forsøget udført under nærværende projekt, undersøges i detaljer (bilag B7.2 og afsnit 9.3).

10.3 Anbefalinger vedrørende stencilfjernelse

Der kan vælges mellem at foretage stencilfjernelsen enten manuelt eller automatisk. Da de fleste serigrafiske trykkerier i Danmark er små falder valget naturligt på manuel stencilfjernelse.

10.3.1 Anbefalinger vedrørende manuel stencilfjernelse

Ved manuel stencilfjernelse skal følgende anbefales:

Optimal dosering

- doser optimalt - f.eks. med sprøjteflaske - undgå unødigt spild (afsnit 8.2.1 og 6.3.1 samt bilag 5)
- påfør kun stencilfjerner på det vævsareal, hvor der er stencil tilstede (afsnit 8.2.1 og bilag 5)

Mekanisk bearbejdning

- masser stencilfjerner ind i vævet med børste og lad den virke i 2-5 min. inden højtryksspuling (afsnit 8.2.1 og bilag 5)

Svovlsyre

- brug perjodsyre/perjodat-baserede stencilfjernere uden indhold af svovlsyre (bilag 4 og kap. 4)

Aerosoldannelse

- brug ventileret vask pga. aerosoldannelse ved højtryksspuling (afsnit 6.3.3. og 6.9.3)

Vandbehandling

- sedimenter polymerrester i skyllevandet (f.eks. vha. slamfang) inden recirkulering eller afledning til kloak (afsnit 8.2.2 og bilag 5)

Friskvandsforbrug

- brug kun højest nødvendig mængde friskvand (5-6 l/m²) til slutskyl.

10.3.2 anbefalinger vedrørende automatisk stencilfjernelse

Behandles under rammevaskeanlæg.

10.3.3 Udviklingsbehov

Substitution af svovlsyre

Substitution af svovlsyre. Der eksisterer dog allerede i dag typer, der indeholder salpetersyre og/eller perjodsyre i stedet for svovlsyre, se bilag 4.

10.4 anbefalinger vedrørende skyggeffjernelse

Angående skyggeffjernelse skal følgende anføres:

Undgå brug af skyggeffjernere

- undgå i videst muligt omfang at bruge skyggeffjernere ved at optimere farve- og stencilfjernelse (afsnit 8.4)

Alkalibaseret skyggeffjerner

- hvis skyggeffjernelse undtagelsesvis er nødvendig, anvend da om muligt en alkalibaseret type (afsnit 8.4 og bilag 4)

Aktivator

- hvis brug af opløsningsmiddelbaseret skyggeffjerner (aktivator) ikke kan undgås, anvend da typer baseret på ikke-flygtige opløsningsmidler (f.eks. diestere) og skyl med recirkuleret skyllevand (farvefjerner skyllevand) inden slutskyl med friskvand til kloak (bilag 4)

Hypokloritbaseret skyggeffjerner

- hvis brug af hypokloritbaseret skyggeffjerner ikke kan undgås, påføres den med hulrakel, og overskydende mængde skrubes af hulraklen (f.eks. vha. papskive) og genbruges. Hulraklen skylles ikke med vand men aftørres med klud (bilag 5)

Optimal dosering

- doser i øvrigt optimalt - det vil bl.a. sige: Påfør kun skyggeffjerner på de områder af vævet, hvor der er skygger, og undgå spild (afsnit 6.5.1 og bilag 5)

Friskvandsforbrug

- anvend kun højest nødvendig mængde friskvand til slutskyl (max. ca. 6 l/m²) (afsnit 6.5.6)

Aerosoldannelse

- anvend ventileret vask pga. kemikalieafdamning og aerosoldannelse ved højtryksspuling (afsnit 6.5.3 og 6.9.4).

10.4.1 Udviklingsbehov

Hypoklorit

Substitution af hypoklorit i hypokloritbaserede skyggeffjernere.

10.5 anbefalinger vedrørende affedtning

Ved affedtning skal man især være opmærksom på følgende:

- | | |
|--------------------------------|--|
| <i>Tensider</i> | <ul style="list-style-type: none">• vælg affedtere uden indhold af stoffer med høj farlighed - det vil f.eks. sige vælg tensider af typerne alkylsulfater, carboxylater (sæber), lineære alkoholethoxylater eller fedtsyreethoxylater (bilag 4 og bilag B8.2). |
| <i>Optimal dosering</i> | <ul style="list-style-type: none">• doser optimalt, f.eks. vha. sprøjteflaske (afsnit 6.7.1 og 6.9.5 samt bilag 5) |
| <i>Mekanisk bearbejdning</i> | <ul style="list-style-type: none">• masser affedteren ind i vævet (f.eks. vha. børste), og lad den indvirke i få minutter, inden der skylles med vand (afsnit 6.7.1 og 6.9.5 samt bilag 5) |
| <i>Recirkuleret skyllevand</i> | <ul style="list-style-type: none">• anvend recirkuleret skyllevand (evt. opgraderet) som første skyl (bilag 5) |
| <i>Friskvandsforbrug</i> | <ul style="list-style-type: none">• anvend kun højest nødvendig mængde friskvand til sluts skyl (max. ca. 3 l/m²) (afsnit 6.7.6 og bilag 5) |

10.5.1 Udviklingsbehov

- | | |
|---------------------------------|--|
| <i>Substitution af tensider</i> | Substitution af tensider der er miljøfarlige/-skadelige (scoret A eller B). Affedtere, der udelukkende indeholder tensider tildelt vandmiljøscoren C, eksisterer allerede i dag (bilag 4 og bilag B8.2). |
|---------------------------------|--|

10.6 anbefalinger vedrørende rammevaskeanlæg

- | | |
|------------------------------|--|
| <i>Halvautomatiske anlæg</i> | Rammevaskeanlæg forefindes i de to hovedtyper halvautomatiske og automatiske, hvor førstnævnte typisk er bygget til brug af flygtige farvefjernere, mens sidstnævnte kan være bygget til både flygtige og ikke-flygtige farvefjernere. Den væsentligste ulempe ved de halvautomatiske anlæg er brugen af flygtige opløsningsmidler, der i mere eller mindre omfang emitteres til luft (ydre miljø og arbejdsmiljø). For de automatiske anlæg, hvor der anvendes ikke-flygtige farvefjernere, er den største ulempe typisk meget stort spild af farvefjerner til kloak. De rammevaskeanlæg, der tilbydes i dag, er beskrevet i afsnit 5.2 og bilag 2. |
| <i>Automatiske anlæg</i> | |

Vælges et halvautomatisk anlæg, skal følgende anbefales:

- | | |
|----------------------------|--|
| <i>Separat tørrekammer</i> | <ul style="list-style-type: none">• vælg typer med separat tørrekammer (afsnit 5.2.1 og bilag 2) |
| <i>Dryppekar</i> | <ul style="list-style-type: none">• vælg typer, hvor rammefremfører har dryppekar (afsnit 5.2.1 og bilag 2) |
| <i>Destillationsenhed</i> | <ul style="list-style-type: none">• anvend regenerering af farvefjerner f.eks. vha. indbygget destillationsenhed (afsnit 5.2.1 og bilag 2) |

<i>To-tank typer</i>	vælg to-tank-typer (grov- og finvask), der skyller med ren farvefjerner som sidste vasketrin med farvefjerner (afsnit 5.1.1 og 5.2.1)
<i>Recirkulering af skyllevand</i>	indbyg (evt. integreret del af anlæg) recirkulering af opgraderet skyllevand (afsnit 5.2, 5.3 og bilag 2) Vælges et automatisk anlæg til brug af ikke-flygtige farvefjernere, skal følgende anbefales:
<i>Mekanisk bearbejdning</i>	vælg typer med mekanisk bearbejdning af ramme ved kemikaliepåførsel (afsnit 5.2.1 og bilag 2 og 5)
<i>Recirkulering af stencilfjerner</i>	- vælg typer med recirkulering af stencilfjerner eller optimal stencilfjernerpåførsel (afsnit 5.2.1, bilag 2 og 5) - indbyg (evt. integreret del af anlæg) recirkulering af opgraderet skyllevand (afsnit 5.2, 5.3 og bilag 2)
<i>Drift af automatiske rammevaskeanlæg</i>	Vedrørende drift af automatiske rammevaskeanlæg skal det desuden bemærkes at:
<i>Svecia-anlæg</i>	kørsel med rammer i serie medfører mindre ressourceforbrug (f.eks. mindre kemikalie- og vandforbrug på Svecia-anlæg) og typisk mindre kemikalieemission (f.eks. mindre udsløb af farvefjerner til skylletrin på Notio-anlæg).
<i>Notio-anlæg</i>	

Dette er givetvis også gældende for halvautomatiske anlæg, hvad angår luftemission (tørring af farvefjernerkammer). Se endvidere bilag 5 og bilag 3 for konkrete "optimeringsforsøg" på de enkelte undersøgte anlægstyper.

10.6.1 Udviklingsbehov

Sektionsopdelt grov- og finvask
Mekanisk afskrabning

Udvikling af anlæg med sektionsopdelt grov- og finvask ved farvefjerner-
vask kunne være en mulighed for begrænsning af farverestudsløb (afsnit 5.2.1). Udvikling af anlæg med mekanisk afskrabning (eller vådstøvsugning) af farvefjerner (der genbruges) inden skyl med vand ville givetvis kunne medføre kraftig reduktion i farvefjernerudsløb til skylletrin og bl.a. længere levetid af farvefjernerforlaget.

11 Referencer

- /1/ Larsen, H.F., Tørsløv, J., Damborg, A. (1995). "Indsatsområder for renere teknologi i den grafiske branche. Spildevandsvurdering". Miljøprojekt nr. 284. Miljøstyrelsen.
- /2/ Larsen, H.F., Christensen, B.H., Rasmussen, J.O. (1995). "Nøgletalsdatabase. Aktivitetsrapport: Massebalancer og nøgletal for Seritryk ApS i uge 43 og hele året 1994". CIMIPP, Hovedvej 3, delprojekt B. Marts 1995
- /3/ Personlige oplysninger fra Niels C. Grønlund og Arne Nielsen samt udleveret materiale vedr. rammevaskanlæg, Grønlund Maskinfabrik A/S, 1995 og 1996.
- /4/ Personlige oplysninger fra Søren Mikkelsen samt udleveret materiale vedr. rammevaskanlæg, Notio/Hem Maskinfabrik A/S, 1995
- /5/ Personlige oplysninger fra Povl Hansen og Palle Toft, Penta Serigrafi ApS, 1995 og 1996.
- /6/ Tørsløv, J., Werther, I. (1995). "Kildesporing af miljøfremmede stoffer i industriemissioner". CIMIPP, Hovedvej 3, delprojekt C. Marts 1995.
- /7/ Larsen, H.F., Christensen, B.H. (1995). "Miljøteknisk beskrivelse af Seritryk ApS". CIMIPP, Hovedvej 3, delprojekt B. Marts 1995.
- /8/ Leach, R.H., R.J. Pierce, E.P. Hickman, M.J. Mackenzie & H.G. Smith (Eds.) (1992). "The Printing Ink Manual" - Blueprint (Chapman & Hall), London. ISBN nr. 0-948905-81-6.
- /9/ Anonymous (1996). Oplysninger fra producent af rammevaskemidler.
- /10/ Personlige oplysninger fra Arne Nicolaisen, Coates Screen, 1996 og 1997.
- /11/ Personlige oplysninger fra Egon Lindholdt, Udesens Grafiske Fagcenter as, 1995, 1996 og 1997.
- /12/ Personlige oplysninger fra Lars Wendelboe, WJM, 1995, 1996 og 1997.
- /13/ Oplysninger indhentet ved besøg på Drupa-messe i Düsseldorf, d. 8. - 9. maj 1995.

- /14/ Oplysninger indhentet ved besøg på Fespa-messe i Lyon, d. 10. - 11. juni 1996.
- /15/ Personlige oplysninger fra John Dahlkvist, OC Service, 1996 og 1997.
- /16/ Personlige oplysninger fra Knud Hjelm, Hjelm Graphic ApS (dansk agent for SPS frem til 95/96), 1995.
- /17/ Personlige oplysninger fra Werner Deck, Remco Chemie GmbH, Tyskland, 1996 og 1997.
- /18/ Personlige oplysninger fra Carsten Bøg, Grafisk Arbejdsgiverforening, 1996.
- /19/ Personlige oplysninger fra Gerhard Trepile, Lunøe Serigrafi, 1996.
- /20/ Personlige oplysninger fra Niels Juhl, Juhl A/S, 1996 og 1997.
- /21/ Personlige oplysninger fra Poul Larsen, Københavns Tekniske Skole, 1997.
- /22/ Personlige oplysninger fra Reinhard Kusters, ESC GmbH, Tyskland, 1996 og 1997.
- /23/ Remco Chemie (1994). "Umweltschutz-Handbuch, Siebdruckbranche", Rentzsch GmbH, Heidelberg, Tyskland, April 1994.
- /24/ Hansen T.B., P. Gregersen (1986). Organiske opløsningsmidler, Miljøprojekt 70, Miljøstyrelsen, 1986.
- /25/ Tilslutning af industrispildevand til offentlige renseanlæg, Oplæg til vejledning (Miljøstyrelsens spildevandsvejledning), udarbejdet af VKI, April 1997.
- /26/ OECD Guidelines for testing of chemicals, 1993.
- /27/ Miljøministeriet, Bekendtgørelse nr. 829 af 15. oktober 1993 om klassificering, emballering, mærkning, salg og opbevaring af kemiske stoffer og produkter, 1993.
- /28/ Landner L., E. Walterson, L. Lander, J. Niemelä, L. Olsen (1995). "Classification of Chemical Preparations - consequences of different criteria for environmental danger". The Nordic Council of Ministers. TemaNord 1995:562.
- /29/ Hansen L.E., B.H. Christensen, C.B. Nielsen, D. Petersen, L. Frost, S.H. Mikkelsen, B.M. Jakobsen, I. Grønning, J.O.

Rasmussen, H.F. Larsen, F. Pedersen (1996). "Prioritering af kemikalieforbrug på industrivirksomheder (forprojekt)". dk-TEKNIK, DTI, DTC, VKI, København, 1996.

- /30/ Schmidt A., K. Christiansen, K. Pommer (1994). "Livscyklusmodel til vurdering af nye materialer. Metoder, vurderingsgrundlag og fremgangsmåde". Det materialeteknologiske UdviklingsProgram - Rammeprogrammet for integrerede miljø- og arbejdsmiljøvurderinger. dk-TEKNIK; Søborg, 1994.
- /31/ Miljøstyrelsen. Begrænsning af luftforurening fra virksomheder. Vejledning nr. 6. København, 1990.
- /32/ Skriftlige og personlige oplysninger fra Klemens Bochonow, Bochonow GmbH/omnitec GmbH, Tyskland, 1996.
- /33/ Kristensen P., J. Tørslev, L. Samsøe-Petersen, J.O. Rasmussen (1996). "Anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål". Miljøprojekt nr. 328, Miljøstyrelsen, 1996.
- /34/ Damborg A., N. Thygesen (1991). "Overfladeaktive stoffer - spredning og effekter i miljøet". Miljøprojekt nr. 166. Miljøstyrelsen, 1991.
- /35/ Miljøstyrelsen. Tilslutning af industrispildevand til kommunale spildevandsanlæg. Vejledning fra Miljøstyrelsen. Nr. 6, 1994.
- /36/ Skriftlige og personlige oplysninger fra Lene Dahl, Setiket, 1997.
- /37/ Fredenslund Aa., J. Gmehling, P. Rasmussen (1977). "Vapor-Liquid Equilibria using UNIFAC". Elsevier.
- /38/ Hansen C.M. (1969). "The universality of the solubility parameter". Ind. Eng.Chem.Prod.Res.Dev., Vol. 8, side 2-11.
- /39/ SUBTEC (1992), EDB-program udviklet af EnPro ApS og Arbejdsmiljøinstituttet for Miljøstyrelsen og Arbejdstilsynet.
- /40/ Miljøstyrelsen (1996). "Listen over farlige stoffer.
- /41/ Prausnitz (1969). "Molecular thermodynamics of "Fluid-Phase Equilibria". Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- /42/ Rasmussen D. og Wallström E. (1994). "Karakterisering af vegetabiliske olier som afvaskere". Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, Nr. 21.

- /43/ Saarnak A., Hansen C.M.H. og Wallström E. (1990). "Solubility Parameters. Characterization of Paints and Polymers". NIF rapport T 10-82 M+T.
- /44/ Personlige oplysninger fra Birger Smedegaard, CPS, 1997.
- /45/ SST-Håndbog for Serigrafi og Textiltryk. (19??). Udgivet af Seidengazefabrik AG Thal Schweiz/Juhl a/s.
- /46/ Grøn C. (1989). "Organic halogens in danish ground waters". Licentiatarbejde nr. 5, ITG, DTH.
- /47/ Personlige oplysninger fra Nils Chr. Berggren, A/S Alfred Gad, 1997.
- /48/ "Miljøoptimering ved anvendelse af vandfortyndbare flexofarver", (1997-1998). Igangværende RT-projekt finansieret af Miljøstyrelsen og med VKI som projektleder.
- /49/ Personlige oplysninger fra Christian Pedersen, Institut for organisk kemi, DTU, 1997.
- /50/ Miljøstyrelsen (1996). B-værdier - Oversigt over samtlige B-værdier fastsat af Miljøstyrelsen. Orientering fra Miljøstyrelsen, Nr. 15.
- /51/ Swift G. (1994). "Water-soluble polymers". Polymer degradation and stability, 45, 215-231.
- /52/ Personlige oplysninger fra Leif Gram Nielsen, BJØRNKJÆR A/S, 1997.
- /53/ Seedorff L. (1991). "Opløsningsmiddelfattige serfigrafifarver". Miljøprojekt nr. 176. Miljøstyrelsen.

Bilag 1 Skematisk fremstilling af rammevasketeknikker

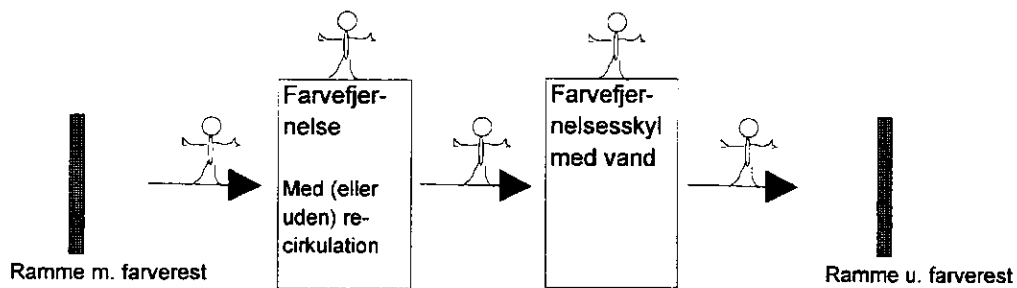
De eksisterende rammevasketeknikker og rammevaskeanlæg, som er behandlet i kap. 5 og bilag 2, er her beskrevet skematisk. Der er anvendt flg. notation:

Symbol	Betydning
Skraveret rektangel	Serigrafiramme
"Tændstikmand"	Manuel operation
Pil	Håndtering/transport af ramme
Pil (alene)	Automatisk transport af ramme i lukket system
Box med tekst	Procestrin der udføres i et/en kammer/vask
Sammenhængende boxe	Flere procestrin der udføres i samme kammer/vask
ROBOT + pil	Transport ved hjælp af robot i ikke lukket system

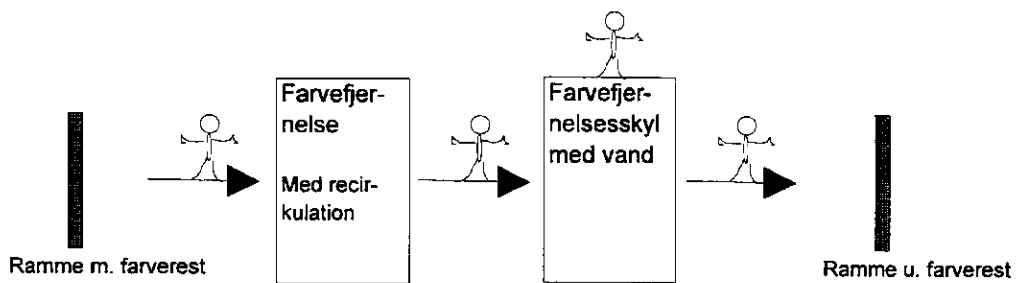
Hvad angår rammevaskeanlæg, kan sammenhængen mellem de anførte producentnavne og de pågældende anlæg findes i tabel B2-1 i bilag 2.

Farvefjernelse

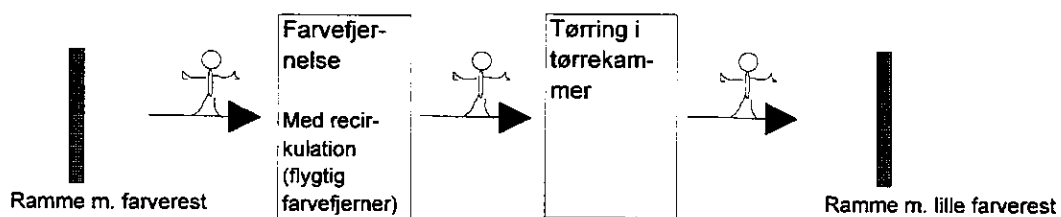
Manuel farvefjernelse:



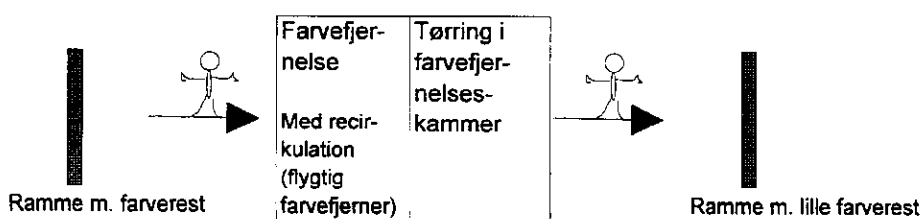
Automatisk farvefjernelse efterfulgt af manuelt skyl:



Automatisk farvefjernelse efterfulgt af tørring:

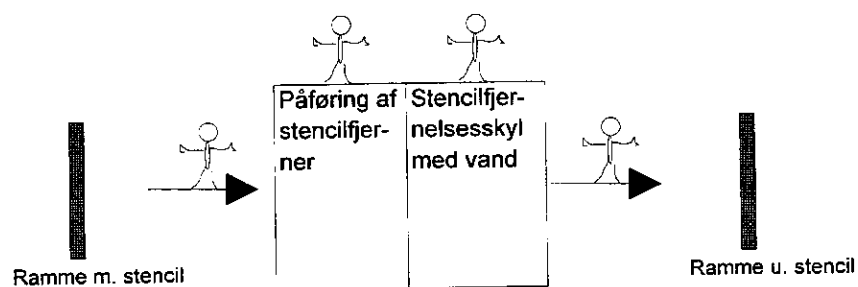


Automatisk farvefjernelse efterfulgt af automatisk tørring:

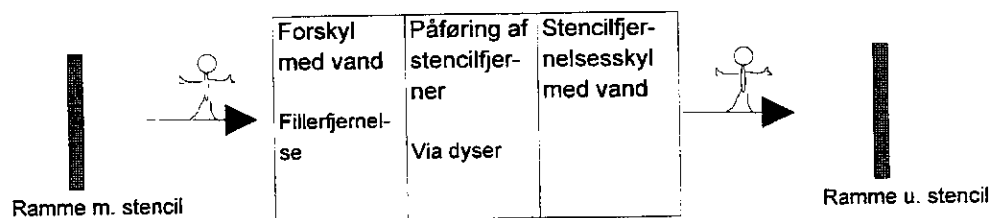


Stenciljernelse

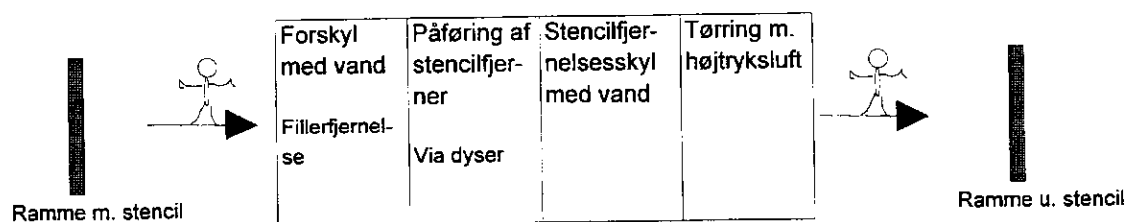
Manuel stenciljernelse:



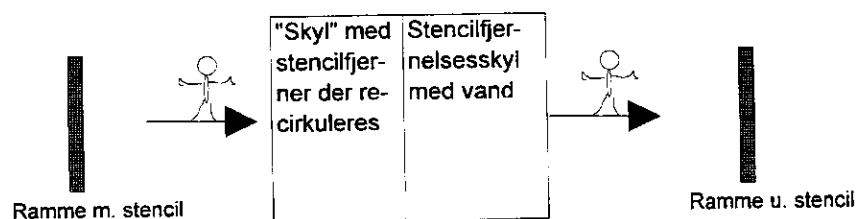
Automatisk stenciljernelse med forskyl:



Automatisk stenciljernelse med forskyl og tørring:

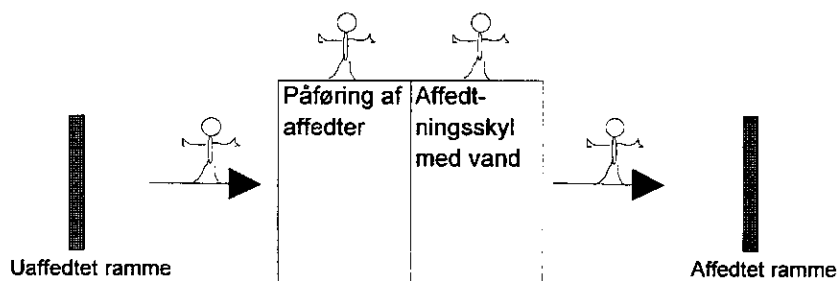


Automatisk stenciljernelse uden forskyl:



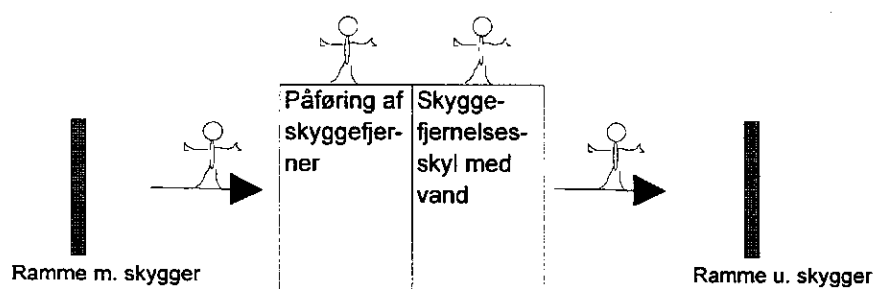
Affedtning

Manuel affedtning:



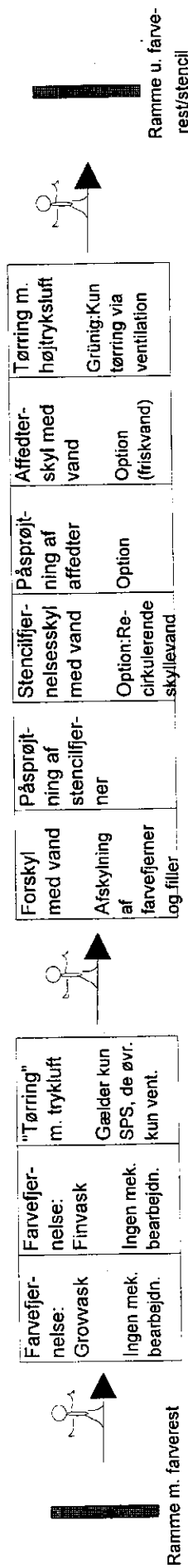
Skyggefjernelse

Manuel skyggefjernelse:

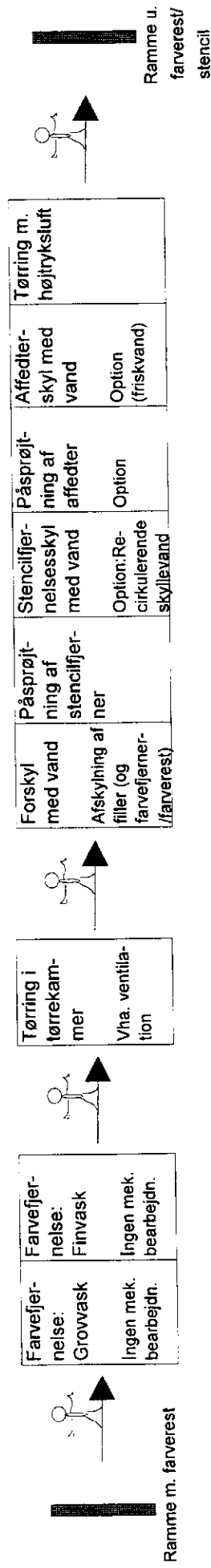


Halvautomatiske rammevaskeanlæg

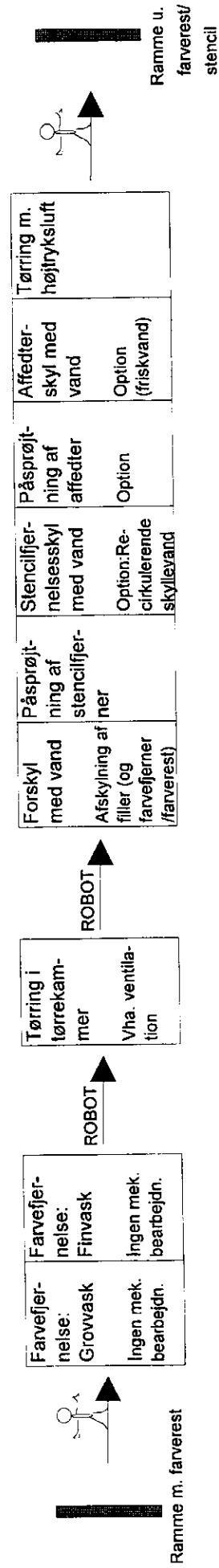
Halvaut. rammevaskeanlæg uden separat tørremodul (f.eks. SPS/Grünig (og Omnitec/ESC)):



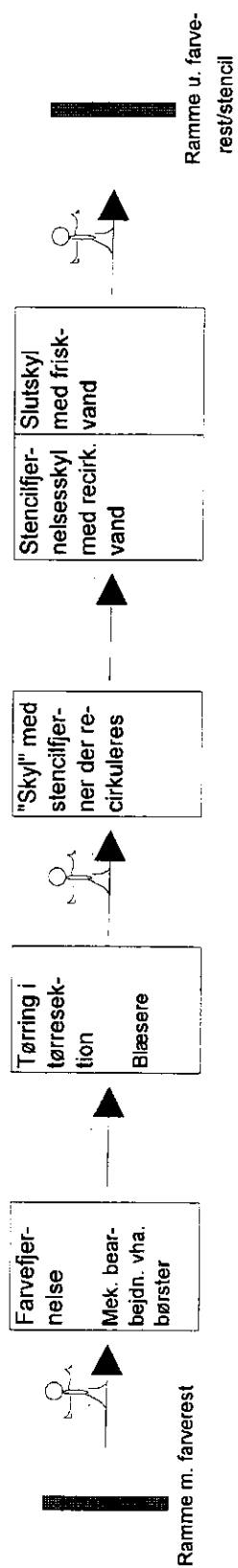
Halvaut. rammevaskeanlæg med separat tørremodul (f.eks. Omnitec/ESC):



Halvaut. rammevaskeanlæg med separat tørremodul og aut. rammeafrenser - dvs. egentlig fuldautomatisk (f.eks. Omnitec/ESC):

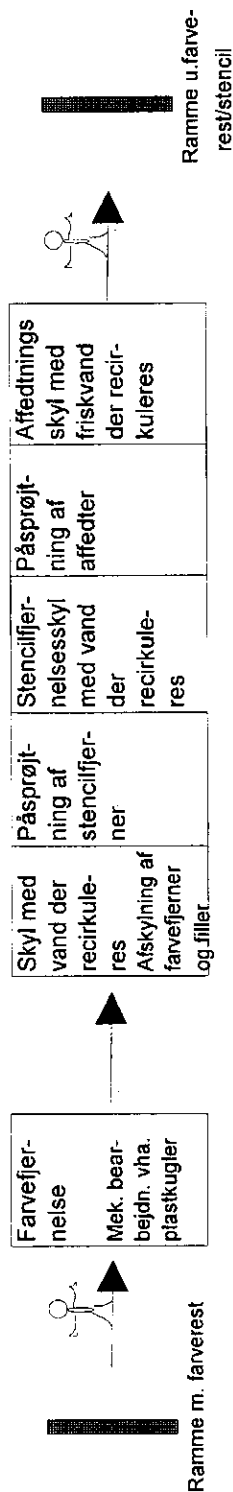


Halvaut. rammevaskeanlæg med indbygget separat lufttørremodul og recirk af stencilfierner (f.eks. Muller):

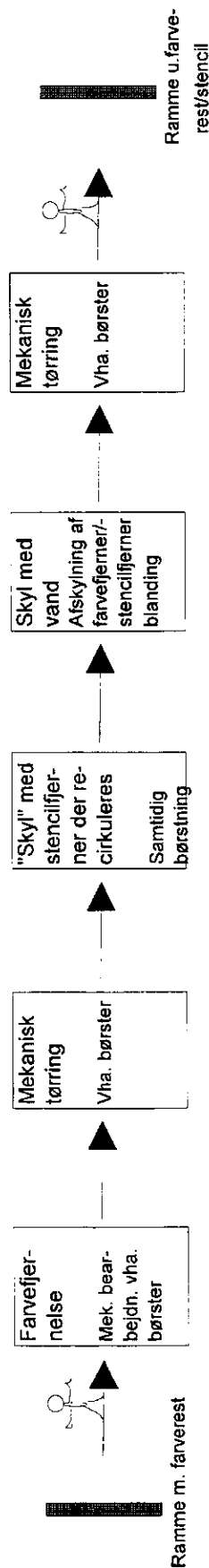


Automatiske rammevaskeanlæg

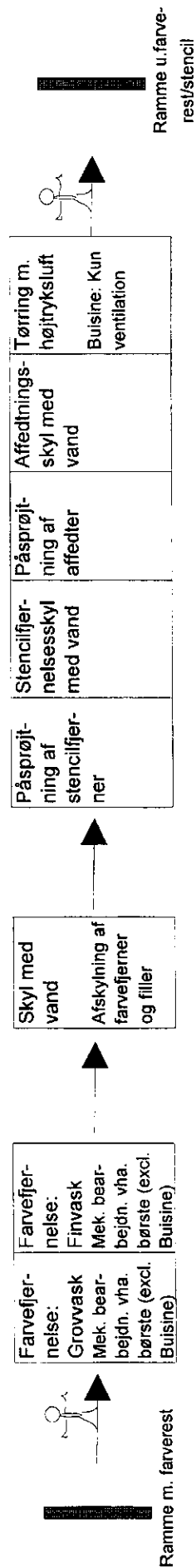
Aut. rammevaskeanlæg med plastkugler (WJM):



Aut. rammevaskeanlæg med mekanisk tørring og recirk. af stencilfjerner (f.eks. Svecia):



Aut. rammevaskeanlæg uden recirk. af stencilfjerner (f.eks. Notio (og Buisine)):



Bilag 2 Eksisterende rammevaskeanlæg (leverandørkarakterisering)

Skema og diagrammer i dette bilag giver en karakterisering af eksisterende rammevaskeanlæg og er primært baseret på oplysninger fra producenter/leverandører. Data i tabel B2-1 er fortrinsvis baseret på indhentede brochurer, udsendte spørgeskemaer, besøg på messer m.m., mens de efterfølgende "processkemaer" repræsenterer de anlæg, det har været muligt at få detaljerede oplysninger om via de udsendte spørgeskemaer. Bortset fra måledata (nøgletal) på Notio-anlægget, der i stor udstrækning stammer fra målinger udført ved et tidligere projekt /2/, er der altså ikke tale om data fremkommet ved målinger/massebalancer udført under nærværende projekt.

Eksisterende rammevaskeanlæg er behandlet i kapitel 5.2, og de enkelte emner (kolonneoverskrifter) i tabel B2-1 er behandlet i kapitel 5.2.1. Hertil kommer skematisk karakterisering af udvalgte typer anlæg i bilag 1. De anlæg, der er karakteriseret nedenstående i "processkemaerne", er desuden kort behandlet i kap. 5.2.2.

Tabel B2-1
Karakterisering af rammevaskeanlæg og automatiske farvefjerneranlæg

Producent*	Navn (mærke eller farvefj./stencilfj.)	Type	Status	Anlæg i DK, 1996	Rammenes fremdrift	Farvefjerner- skyl	Mak. bearbejd.	Anbudslet flammepkt. for farvefj. (fp, °C)	Vandskyl efter farvefj.	Indbygget reclk. af stencilfj.	Indbygget reclk. af skyllevand	Afledning indbygget	Ventilation indbygget	Tæring indbyg- get	Anbefalede options		
SPS	SPS-Autojet W/E	Hålvaut.	(Aktuel)	1	Manuel	Dyser To-tank-anlæg	Nej	21 ≤ fp ≤ 55	Ja, i sten- cliff, kammer	Nej	Ja (option)	Ja	Ja (option)	Ja i begge kamre (option)	- Farvefj. destillation - Recirk. af skyllevand - Spildevandsbeh. (SOLVEX, SPLIT-O-MAT)		
Omolec	Soltac/Vattec	Hålvaut.	Aktuel	1	Manuel (rammefermter med dryppekar) Option: Aut. rammefermter (trobøl m. magasin)	Dyser (5,5 bar) Et-tank-anlæg	Nej	21 ≤ fp ≤ 55	Ja, i sten- cliff, kammer	Nej	Ja, incl. multipel filtersystem	Ja	Ja	Option: Tryklut i stencilfj. kam- mer	- Teremodul (farvefj.) - Farvefj. destillation - Spildevandsbeh. (SOLVEX, SPLIT-O-MAT) - Spildevandsdestillation (omni-Aqualoop)		
ESC	ESC Perfecta 'S'	Hålvaut.	Aktuel	1 + 2 (eldiel)	Manuel (rammefermter med dryppekar ?) Option: Aut. rammefermter m. magasin	Dyser To-tank-anlæg	Nej	21 ≤ fp ≤ 55	Ja, i sten- cliff, kammer	Nej	Ja, incl. filtersystem	Ja	Ja	Ja, tryklut i både farvefj. og stencilfj. kam- mer	- Teremodul (farvefj.) - Farvefj. destillation - Spildevandsbeh. (AWA 180; emul. spalt. comb. m. filterposer)		
Grund	Type G-11E / G-12E	Hålvaut.	Aktuel	0	Manuel Rammen indføres fra toppen der åbnes via "rullede"	Dyser To-tank-anlæg	Nej	21 ≤ fp ≤ 55	(Ja, i sten- cliff, enhed)	Nej	(Nej), option	Ja	Ja	Nej, dog kravlig ventilation i farvefj. enhed (farvefj. enhed farvefj. enhed)	- Farvefj. destillation - Recirk. af skyllevand (RECYCLEAN) - Spildevandsbeh. (emul.spalt. comb. m. bløddilt)		
Müller	Müller Serie 3	Hålvaut. (aut.)	Aktuel	0	(Manuel) Rammen transport. aut. gennem hver enhed. Option: Enhedskoblet aut. ram- mefermter	Dyser Et-tank-anlæg	Ja To roterende bærer i farvefjernerheden	21 ≤ fp ≤ 55	Nej	Ja	Ja	(Nej), option	Ja	Ja, afbøsning i separat sektion i farvefj. enhed. Option: i sten- cliff, enhed	- Farvefj. destillation - Spildevandsbeh. (SOLVEX, SPLIT-O- MAT)		
Alstrøm	Alstrøm 7 (ombygget)	Hålvaut.	Udgået	1	Manuel (kædefremter, i hver enhed)	Dyser (25-40 bar)	Nej	fp > 55	Nej	(Ja)	Nej	Nej	Ja, i begge enheder	Nej, afbøsning dog foresgt v. farvefj.			
WJM	Cleanomatic	Hålvaut.	Udgået	1	Manuel, horizontalanlæg	Dyser	Ja, farvefjerner bæret på plastlugter	fp > 21	Ja, i stencilfj. enhet	Nej	Nej	Ja	Ja	Nej, men venti- lation			
WJM	Cascade Cleaner	Aut. halv- aut.)	Aktuel	2	Sekversvis (kæde u. medbringer) Når enheder koblet: kædestransp. gennem hele rammevaskeanlæg	Dyser Et-tank-anlæg	Ja Farvefjerner i tilan- det plastlugter	fp > 21 Sedimentationsstank	Ja, i stencil- fj. sektion	Nej	Ja	Ja	Ja	Nej, option			
Svecla	Dane W/Stencil Re- mover	Hålvaut.	Udgået	2	Manuel	Dyser (20 bar) To-tank-anlæg	Nej	fp > 55, vandemug.	Nej	Ja	(Ja), vandet løber ned i stencilfj. rektikulat	Ja	Ja	Ja, tryklut i stencilfj. enhed			
Svecla	SAW-A	Aut.	Aktuel	2	Kontinuer (fuller)	Dyser Et-tank-anlæg	Ja Roterende vertikale bærer v. farvefj. på- fæst og farvefj. fæst	fp > 55, vandemug.	Nej	Ja Roterende vertikale bærer under stencil- puffeset	(Ja), option	(Nej), op- tion	Ja	Ja	Ja, mekanisk tæring i far- vefj. enhed hænder v. far- vefj. enhed		
Notio	SRVA/85-86	Aut.	Udgået	5 - 8	Sekversvis (kæde) Option: Aut. rammefermter m. magasin	Dyser To-tank-anlæg	Ja Roterende første i farvefj. sektionen	fp > 30	Ja, i sten- cliff, sektion	Nej	Nej	Ja	Ja	Ja, tryklut i stencilfj. sektion			
Busine	Ligne De Lavage/Dé- gravage	Aut.	Aktuel	0	Manuel Kammeret åbnes med svingdør fra langsiden	Dyser To-tank-anlæg	Nej	21 ≤ fp ≤ 55 ?	Ja, i sten- cliff, sektion	Nej	Nej	Ja	Ja	Nej, men venti- lation		- Farvefj. destillation	
Rem	ASW 6	Aut. farvefj.	Aktuel	0	Manuel Kammeret åbnes med svingdør fra langsiden	Dyser (4,5 bar) Et-tank-anlæg	Nej	7 Sedimentationsstank til bestand (no)	Nej	-	-	-	Ja	Nej, men venti- lation			
Ecumeur	DSW	Aut. farvefj.	Aktuel	0	Manuel	Dyser Et-tank-anlæg	Nej	7 Sedimentationsstank til bestand (no)	Nej	-	-	-	Ja	Nej, men venti- lation			
Viprotech	Viprotech	Aut. farvefj.	Aktuel	0	Manuel	Dyser (2 bar) Et-tank-anlæg	Nej	7 Sedimentationsstank til bestand (no)	Nej	-	-	-	Ja	Nej, men venti- lation			
PRAC	SERWASH	Aut. farvefj.	Aktuel	0	Manuel	Dyser Et-tank-anlæg	Nej	21 ≤ fp ≤ 55 ?	Nej	-	-	-	Ja	Nej, men venti- lation		- Farvefj. destillation	

* Adresser findes i bilag 9.

Note: Oplysningerne i skemaet er primært baseret på indhentede brochurer, udsendte spørgeskemaer, telefoniske/personlige kontakter, besøg på messer /13,14/, besigtigelse af visse anlæg samt /3,4,11,12,15/.

Udover de i skemaet anførte producenter tilbyder Systronic, MBS, Aqualet, JCS m.fl. diverse typer af rammevaskere. Flere af de anførte producenter tilbyder et antal forskellige anlæg, men i skemaet er der dog kun medtaget det anlæg fra den pågældende producent, som vurderes at være mest avanceret (automatiseret), samt anlæg der er i funktion i Danmark. Det vurderes, at de medtagne producenter er førende på området og dækker hovedparten af de rammevaskeanlæg, der tilbydes på verdensmarkedet.

Processkema for rammevaskeanlæg: *omni-Soltec/omni-Varitec*

Navn	:	<i>omni-Soltec Type II (farvefjernerenhed) + omni-Varitec Type II (stencilfjernerenhed): Max. rammestørrelse 160 x 200 cm²</i>
Status	:	<i>Produceret siden 1989</i>
Producent/leverandør	:	<i>Bochonow GmbH (omnitec GmbH)/Udesens Grafiske Fagcenter A/S</i>
Pris	:	<i>Ca. 1 mill. kr (excl. destillationsanlægget VUKUTEC og vandbehandlingsenhederne SOLVEX, Split-O-Mat og omni AquaLoop)</i>
Kapacitet	:	<i>Ca. 5 rammer/time, dvs. max. 16 m²/time</i>
Antal anlæg i funktion i DK	:	<i>1 - 2</i>
Indgående trin	:	<i>Farveff.- lufttør. - stencilff.- affedtning - (lufttør.)</i>
Automatiseringsgrad	:	<i>Manuelt skift mellem de to enheder (Soltec/Varitec) der hver er fuldauto.</i>
Princip	:	<i>Soltec: Dyseanlæg (5,5 bar) Varitec: Dyseanlæg (Kemikalier: 3 bar \ Højtryksvand: 60 bar)</i>
Manuelle håndteringstrin	:	<i>Risiko for hudkontakt: Nej* sprøjt/stænk: Nej* indånding: Nej*</i>
Udsugningseffekt (m ³ /h)	:	<i>Soltec: ca. 1000 \ Varitec: 1000 (option)</i>
Energiforbrug, installeret (kW)	:	<i>Tot.: 20 (Soltec: 3,5 (pumpe=3, vent.=0,5) \ Varitec:16,5 (pumpe=14, vent.=0,5, andet=2)</i>
Recirkulering af tørreluft	:	<i>Nej</i>
Justerbar kemikalieforbrug	:	<i>Ja, vha. horisontale sensorer</i>
Justerbar skyllevandsforbrug	:	<i>Ja, vha. horisontale sensorer (kun Varitec)</i>
Justerbar afdrypningstid	:	<i>Ja, 0 - 30 min.</i>
Anbefalet farvefjernerstype	:	<i>Destillerbar (f.eks. aromatholdige ikke-vandemulgerb., fl.pkt ≤ 55°C)</i>
- forbrug pr. cyklus el. lign.	:	<i>120 l/min (5,5 bar).</i>
- recirkuleringsgrad (%)	:	<i>100 (der ses bort fra fordampning og udsløb)</i>
Anbefalet stencilfjernerstype	:	<i>Perjodat eller perjodsyre baseret</i>
- forbrug pr. cyklus el. lign.	:	<i>120 ml brugsoopløsning/min. ved. max rammestørrelse (3,2 m²)</i>
- recirkuleringsgrad (%)	:	<i>0</i>
Anbefalet affedter	:	<i>Valgfri</i>
Skyllevandsforbrug pr. cyklus el. lign.	:	<i>17 l friskvand/ramme (max. størrelse= 3,2 m²)</i>
- recirkuleringsgrad	:	<i>"100%" hvad angår højtrykscyklus (der er set bort fra overløb)</i>
Kriterie for farvefjerner skift	:	<i>Farverestindhold (slam) ≥ 5% => destillering eller bortskaffelse</i>
Regenerering af farvefjerner	:	<i>Ja, destillationsanlæg VUKUTEC (option): 100% regenereres **</i>

* Dette er tvivlsomt, idet der udføres et manuelt trin ved skift mellem de to enheder, hvorunder risiko for hudkontakt og indånding (samt sprøjt/stænk) vil være tilstede.

** Andre kilder /16,17/ angiver 95 - 97% regenerering af farvefjerner ved vakuum destillation

Nøgletal (pr. m² ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Farvefjerner	g/m ²	40	40	0*	40	0*
Stencilfjerner	g/m ²	5**	5	5	0	0
Affedter	g/m ²	1**	1	1	0	0
Vand (skyllevand)	l/m ²	5,5	5,5	5,5	0*	0
Energi (el)	kWh/m ²	1,1	-	-	-	-

* Vurderes at være urealistisk under aktuel drift

** Excl. ialt 1 l vand til fortynding pr. kvadratmeter ramme

Kilder: Baseret på oplysninger fra den tyske producent /32/. Specifikke "nøgletalsbetingelser" ikke opgivet.

Processkema for rammevaskeanlæg: SPS-AUTOJET W/E

Navn	:	SPS-Autojet W/E (Screen Wash (W) + Stripping-Unit (E) + Recycling system)
Status	:	Produceret siden 1987
Producent/leverandør	:	SPS Siebdruckmaschinen GmbH/Hjelm Graphic ApS
Pris	:	Ca. 1 mill. kr (excl. recycling system, dvs. bl.a. SOLVEX)
Kapacitet	:	Ca. 350 m ² /8 timer (arbejdsdag), dvs. 44 m ² /h eller 6 rammer/h *
Antal anlæg i funktion i DK	:	1
Indgående trin	:	Farveff.- lufttør. - affedning - stencilff.- affedning - (lufttør.)
Automatiseringsgrad	:	Manuelt skift mellem de to enheder (W og E) der hver er fuldaut.
Princip	:	Dyseanlæg
Manuelle håndteringstrin	:	Risiko for hudkontakt: Ja## sprøjt/stænk: Ja## indånding: Ja##
Udsugningseffekt (m ³ /h)	:	Screen Wash (W): 22.000 - Stripping-Unit: 22.000
Energiforbrug, installeret (kW)	:	Tot.: 41,6 (Screen Wash: 24,0 Stripping-Unit: 16 Recyc.system: 1,6)
Recirkulering af tørreluft	:	Nej
Justerbar kemikalieforbrug	:	Ja, mht. vertikal dysevandring **
Justerbar skyllevandsforbrug	:	Ja, iht. vertikal dysevandring **
Justerbar afdrypningstid	:	Ja
Anbefalet farvefjernertype	:	Destillerbar (f.eks. aromatholdige ikke-vandemulgerb., fl.pkt ≤ 55°C)
- forbrug pr. cyklus el. lign.	:	?
- recirkuleringsgrad (%)	:	100 (der ses bort fra fordampning og udslib)
Anbefalet stencilfjernertype	:	Valgfri - dog skumfri
- forbrug pr. cyklus el. lign.	:	2,4 kg brugsopløsning/rutine (37 g/sek.) #
- recirkuleringsgrad (%)	:	0
Anbefalet affedter	:	Valgfri - dog indeholdende skumdæmper
Skyllevandsforbrug pr. cyklus el. lign.	:	? (friskvand = 22l/rutine(0,34l/sek.))-justerb. mht. vertikal dysevandring.***
- recirkuleringsgrad	:	67% ?
Kriterie for farvefjerner	:	Farvestindhold ca. 4-5% => destillering
Regenerering af farvefjerner	:	Ja, destillationsanlæg indbygget. Ca. 95% regenereres ved hver dest.

* 4 rammer mere realistisk iht. udførte målinger på trykkeri C (det tog 15 min. at stencilfjerne én ramme på 2,15 m²; 145 x 148)

** Automatisk justering (vha. følere) kunne ikke konstateres ved forsøg d. 14-15/9-95 på BB. - antal rutiner justerbar på styrepanel

Iht. egne målinger på trykkeri C d. 14-15/9-95, se bilag 3. ## Egen vurdering - leverandøren anførte "Ikke under processen"

Nøgletal (pr. ramme (> 3 m²) afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Farvefjerner	g/ramme	184	184	?	92	92
Stencilfjerner	g/m ²	?				
Affedter	g/m ²	?				
Vand (skyllevand)	l/m ²	?				
Energi (el)	kWh/m ²	?				

"Nøgletalsbetingelser": Baseret på oplysninger fra den danske leverandør (vedr. fordampning og forbrug af farvefjerner og destillation). Det antages, at den destillerbare farvefjerner har en densitet på 0,92 kg/l.

Kilder: Baseret på oplysninger fra den danske leverandør /16/.

Processkema for rammevaskeanlæg: SAW-A

Navn	:	Svecia Dane Automatic Wash-In-Line	Type; SAW-A-1200 -> 2500
Status	:	1990 ->	
Producent/leverandør	:	Grønlund Maskinfabrik A/S	
Pris	:	ca. 1 mill. kr.	
Kapacitet	:	0,32 m/min. (rammelængde) ($\approx 24 \text{ m}^2/\text{time}$, ved ramnehøjde: 1,7 m)	
Antal anlæg i funktion i DK	:	2	
Indgående trin	:	Farveff. - mekanisk tørring(børster) - stencilff. - (affedtning) - mek. tør.	
Automatiseringsgrad	:	Fuld	
Princip	:	Roterende vertikale børster kombineret med dyser	
Manuelle håndteringstrin	:	Risiko for hudkontakt: Nej sprøjt/stænk: Nej indånding: Nej	
Udsugningseffekt (m^3/h)	:	350 - 400 (installeret: 1200)	
Energiforbrug, installeret (kW)	:	Tot.: 10,2 (Pump.:5,1 Vent.:1,1 Fremdr.:0,2 Børst.:3,0 Øvr.:0,8)	
Recirkulering af tørreluft	:	Nej	
Justerbar kemikalieforbrug	:	Nej (kun stencilfjerner konc. via doseringspumpe, 1:30 anbefales)	
Justerbar skyllevandsforbrug	:	(Nej) - kun via ændring af zoneværdier (se bilag 3)	
Justerbar afdrypningstid	:	Nej (men med "tørrebørster")	
Anbefalet farvefjernertype	:	Flammepunkt > 55°C og vandemulgerbar (f.eks. diesterbaseret)	
- forbrug pr. cyklus el. lign.	:	166 l/min.	
- recirkuleringsgrad (%)	:	100 (filter: Polypropylendug) - der ses bort fra fordampning og udslib	
Anbefalet stencilfjernertype	:	Valgfri - dog skumfri (natrium- eller kaliumperjodat-baseret)	
- forbrug pr. cyklus el. lign.	:	166 l/min. (der kan doseres 0 - 4 l ny brugsopløsning pr. time)	
- recirkuleringsgrad (%)	:	≈ 100 (filter: Polypropylendug) - overløb + udslib udgør op til 4 l/h*	
Anbefalet affedter	:	Valgfri (affedtningsstrin kun forberedt - ikke færdigmonteret)	
Skyllevandsforbrug pr. cyklus el. lign.	:	17 l/min. (18 bar)	
- recirkuleringsgrad	:	Valgfri (0-100%) - erfaringsmæs. ca. 50% (filter: Polypropylendug)	
Kriterie for farvefjerner skift	:	Individuelt - f.eks. baseret på farveslam mængde (el. vaske kvalitet)	
Regenerering	:	Nej (system under overvejelse)	

* Stencilfjerner tankens indhold (240 l brugt kemikalie og oxideret hærde fotoemulsion) kan opsamles og behandles som kemikalieaffald men hældes typisk i kloak

Nøgletal (pr. m^2 ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Farvefjerner	g/m^2	147	147	30 ?	10 ?	107
Stencilfjerner	g/m^2	8,07	8,07	8,07 ?	0 ?	0
Affedter	g/m^2	-	-	-	-	-
Vand total	l/m^2	37,4	37,4	37,4 ?	0 ?	0
-skyllevand	l/m^2	37,2	37,2	37,2 ?	0 ?	0
-fortyndn.vand	l/m^2	0,141	0,141	0,141 ?	0 ?	0
Energi (el)	kWh/m^2	0,536	-	-	-	-

"Nøgletalsbetingelser": Opgørelse fra trykkeri D for SAW-A-1700 over en 4 måneders periode i 1994. Som farvefjerner blev anvendt en diesterbaseret type og som stencilfjerner en perjodsyrebaseret type (6% perjodsyre). Ialt 1150 rammer svarende til 2026 m^2 blev vasket. Solventbaserede papir- og plastfarver dominerende og i mindre omfang UV-farver og UV-lak. El-forbruget er beregnet ud fra effekt og drifttid.

Kilder: Baseret på oplysninger fra producenten /3/.

Processkema for rammevaskeanlæg: *Notio*

Navn	:	Notio model SRVA/85-86 Type; 2.2
Status	:	Udgået i 1990
Producent/leverandør	:	Notio maskiner a/s (i dag Notio/Hem Maskinfabrik A/S)
Pris	:	?
Kapacitet	:	Min. 18 m ² /time #
Antal anlæg i funktion i DK	:	5 - 6
Indgående trin	:	Farveff. - stencilff. - (affedtning) - lufttørring (afblæsning)
Automatiseringsgrad	:	Fuld
Princip	:	Påsprøjtning med dyser kombineret med roterende børste v. farveff.
Manuelle håndteringstrin	:	Risiko for hudkontakt: Nej sprøjt/stænk: Nej indånding: Nej
Udsugningseffekt (m ³ /h)	:	7.200 (trykkeri E's anlæg)
Energiforbrug, installeret (kW)	:	Tot.: ? (Pump.: ? Vent.: ? Fremdr.: ? Børst.: ? Øvr.: ?)
Recirkulering af tørreluft	:	Nej
Justerbar kemikalieforbrug	:	Ja (beh. areal juste. ift. rammestør. vha. vert. og horisont. følere [*]
Justerbar skyllevandsforbrug	:	Ja (beh. areal juste. ift. rammestør. vha. vert. og horisont. følere [*]
Justerbar afdrypningstid	:	Ja
Anbefalet farvefjernertype	:	Flammepunkt > 30°C
- forbrug pr. cyklus el. lign.	:	?
- recirkuleringsgrad (%)	:	100 (filter: Selektfilter), der ses bort fra fordampning og udsløb
Anbefalet stencilfjernertype	:	?
- forbrug pr. cyklus el. lign.	:	128 l brugsopløsning/197 m ² rammer rengjort (målt på trykkeri E)
- recirkuleringsgrad (%)	:	0
Anbefalet affedter	:	Valgfri (affedtningstrin benyttes ikke på trykkeri E)
Skyllevandsforbrug pr. cyklus el. lign.	:	37 m ³ /197 m ² rammer vasket (målt på trykkeri E)
- recirkuleringsgrad	:	0
Kriterie for farvefjernerskift	:	Individuelt - f.eks. baseret på farveslammængde (el. vaskeekvalitet)
Regenerering	:	Nej

^{*} Antal påsprøjtning-, børstnings-, skylle- og tørrerutiner samt trækketid og tider for afdrypning og afblæsning justerbare.
[#] Beregnet pga. målinger udført på anlægget, se bilag 3: 6 rammer à 3 m² pr. time

Nøgletal (pr. m² ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Farvefjerner	g/m ²	216	216	150	6 ?	60
Stencilfjerner	g/m ²	14,4	14,4	14,4 ?	0 ?	0
Affedter	g/m ²	-	-	-	-	-
Vand total	l/m ²	188	188	188 ?	0 ?	0
-skyllevand	l/m ²	187	187	187 ?	0 ?	0
-fortyndn.vand	l/m ²	0,638	0,638	0,638 ?	0 ?	0
Energi (el)	kWh/m ²	?	-	-	-	-

"Nøgletalsbetingelser": 9 rutiner forvask/4 ru. finvask/0,5 min. afdrypning/2 ru. afskyl/3 ru. stencilff. påsprøjtning/1,5 min. trækketid/6 ru. højtryksrens/2 ru. koldlufttørring. Der blev anvendt en diesterbaseret farvefjerner (29 l) og en perjodsyrebaseret stencilfjerner (2,6 l, 6% perjodsyre). Ialt 88 rammer svarende til 196,6 m² blev vasket. Trykkeri E trykker med UV-farver/lak og vandfortyndbare UV-farver samt solventbaserede papir- og plastfarver.

Kilder: Baseret på tidligere undersøgelser /1,2/ samt oplysninger fra oprindelig producent /4/.

Bilag 3 Procesdiagrammer (udredningsundersøgelser)

Procesdiagrammer og udslibsskemaer i dette bilag er baseret på målinger/analyser udført på deltagende serigrafiske trykkerier. Det drejer sig om:

Trykkeri A: Trykkeri med serigrafi og ark-offset. 8 er ansat i serigrafiafdelingen. Trykker primært med papir- og plastfarver men også monomerfortyndbare UV-farver. Vasker manuelt ca. 3000 m² rammer pr. år.

Trykkeri B: Serigrafisk trykkeri med 2 - 3 ansatte. Trykker alt overvejende med vandfortyndbare serigrafifarver og i mindre omfang med opløsningsmiddelbaserede. Vasker manuelt ca. 700 m² rammer pr. år.

Trykkeri C: Trykkeri med serigrafi og ark-offset. Ca. 30 ansatte i serigrafiafdelingen. Trykker primært med papir- og plastfarver samt i mindre omfang monomerfortyndbare UV-lakker. Vasker ca. 13000 m² rammer pr. år i halvautomatisk rammevaskeanlæg.

Trykkeri D: Serigrafisk trykkeri med 10 ansatte. Trykker primært med papir- og plastfarver men også monomerfortyndbare UV-farver. Vasker ca. 8000 m² rammer pr. år i automatisk rammevaskeanlæg.

Trykkeri E: Serigrafisk trykkeri med 14 ansatte. Trykker primært med vand- og monomerfortyndbare UV-farver men også opløsningsmiddelfortyndbare. Vasker ca. 10000 m² rammer pr. år i automatisk rammevaskeanlæg.

Hvert enkelt af "procesdiagrammerne" omfatter en enkelt afsluttet undersøgelse/undersøgelsesrække

De massebalancer/registreringer, der fremgår af "procesdiagrammerne", og hvor det drejer sig om mindre end 15 rammer, er udført af VKI på virksomheden med deltagelse af 1 - 2 medarbejdere fra virksomheden. Ved undersøgelser, der omfatter 15 rammer eller derover, har virksomheden typisk stået for registreringen af antal og størrelse m.m. af de vaskede rammer, mens VKI har stået for udvejning af brugt kemikalie. Massebalancerne er først og fremmest baseret på differensvejninger vha. en transportabel elektronisk vægt med en følsomhed på 0,1 g. Dette vil sige, at f.eks. forbrug af stencilfjerner (manuelt påført) er kvantificeret ved at veje bøtte med indhold af stencilfjerner før og efter påføring - differensen mellem de to vejninger giver hermed forbruget. På tilsvarende måde er f.eks. vedhæng (dvs. udslib) af farvefjerner kvantificeret ved at veje rammen før og efter påførsel. De indhentede data er i nogle tilfælde behandlet statistisk (gennemsnit, standardafvigelse). Disse beregninger er udført på grundlag af den antagelse, at der er tale om normalfordel-

te data. Da dette ikke behøver at være tilfældet, skal gennemsnit og standardafvigelse kun betragtes som estimater.

Nedenstående beskrives de gennemgående emner behandlet i "proceskemaerne" mens de mere specielle emner beskrives under indledningen til hver af de indgående virksomheders sæt af "procesdiagrammer".

Følgende gennemgående emner indgår i procesdiagrammerne:

Procestype: Angiver den(de) proces(ser) der er omfattet af undersøgelsen. Refererer til procesbeskrivelserne afsnit 5.1 og 5.2 samt bilag 1 og 2.

Anlægstype: Angiver den(de) typer anlæg der er omfattet af undersøgelsen. Refererer til anlægsbeskrivelserne i afsnit 5.1 og 5.2 samt bilag 1 og 2.

Kemikalietyper: Angiver den(de) typer processpecifikke kemikalie(r) der indgik ved undersøgelsen. Refererer til systematikken anvendt i kap. 4 og bilag 4. De anførte numre i parentes refererer til hovedskemaet i bilag 4.

Udført: Her er anført i hvilken periode undersøgelsen er udført samt på hvilket trykkeri.

Forsøgsbetingelser: Her oplyses om hvilke forsøgsbetingelser, undersøgelsen er udført under. Det drejer sig primært om hvilken rammestørrelse(r) og antal, der er anvendt; vævstypen af vævet på rammen(erne); emulsionsdækningsgrad, dvs. et groft skøn over hvor stor en del af vævet der er lukket (udfyldt med hærdet emulsion eller filler); indvirkningstid, dvs. den tid det processpecifikke kemikalie for lov at virke inden afskylning; afdrypningstid, dvs. den tid det processpecifikke kemikalie for lov at dryppe/løbe af rammen inden nyt procestrin igangsættes; trykfarvetype, dvs. typen af de(n) trykfarverest(er) der sidder på rammen inden vask; fotoemulsionstype, dvs. typen af hærdet fotoemulsion der sidder på rammen inden vask; fillertype, dvs. typen af filler der sidder på rammen inden vask. De tre sidstnævnte refererer alle til systematikken beskrevet i kap. 4 og bilag 4.

Procesbeskrivelse: Her er den konkrete proces, der er udført, beskrevet trinvis. Ved undersøgelsen på virksomheden er det desuden rent kvalitativt ("ja" eller "nej") vurderet, om der ved udførsel af den konkrete proces er risiko for hudkontakt/sprøjt/stænk/indånding, hvad angår det processpecifikke kemikalie.

Massebalancer/Nøgletal: Der er her opstillet en massebalance for den udførte proces under de givne betingelser. "Produktet" af processen er den afvaskede ramme og alle indgående tal er relateret til den "funktionelle enhed": Antal kvadratmeter rammeareal afvasket. "Vær-

dien" (dvs. det antal funktionelle enheder der er midlet over) er identisk med det antal kvadratmeter ramme, der er vasket, og fremgår af teksten ud for "rammestørrelse" under "forsøgsbetingelser". Balancen er opstillet i skema hvor "ressource"-type, "enhed", total "forbrug" og "spild" er angivet. Spildet er angivet som "total" der er underinddelt i spild "til vand" (dvs. spildevand der typisk afledes til kloak), spild "til luft" (som fordampning/luftemission) og spild der ender som "kemikalieaffald". Det er her valgt at estimere spildet til luft ved at kvantificere spildet til vand og kemikalieaffald og trække summen af disse to fra det totale spild (svarer her til forbruget). Der er derfor ikke udført luftemissionsmålinger. Hvad angår luftemission af diesterbaserede farvefjernere (38h), er der typisk regnet med 2-3% af total forbrug baseret på måling/massebalancer fra CIMIPP rapport /2/. Balancerne for de enkelte ressourcetyper er typisk opstillet på følgende grundlag:

Farvefjerner: Forbrug pr. m² ramme er typisk kvantificeret ved opgørelse af hvor mange rammer af givne størrelser der er vasket med en given startmængde af farvefjerner (given forlagsstørrelse) inden farvefjernereren var udtjent (kasseres som kemikalieaffald). Alternativt er anvendt differensvejning af bøtten/dunken med farvefjernerindhold (manuel farvefjernelse uden recirkulation) eller svindet (målt som niveausænkning) i farvefjernerforlaget på rammevaskeanlæg. Udsløb til spildevand (dvs. spild til vand) er kvantificeret ud fra differensen mellem rammens masse (vægt) før påførsel af farvefjerner og efter - dvs. umiddelbart før rammen skylles med vand. Kemikalieaffaldsmængden er kvantificeret ved at udmåle det udtjente farvefjernerforlags størrelse (afvejning eller niveaumåling).

Trykfarveudsløb: Den trykfarverest, der sidder på rammen inden farvefjernelse og som typisk tilsigtet ender i farvefjernereren, er kvantificeret ved at veje rammen før og efter, der er trykt med den. Hermed kvantificeres altså indsløb af trykfarverest fra trykkeriafdeling til rammevask-afdeling. Dette er typisk ikke udført i forbindelse med den enkelte undersøgelse (procesdiagram) men som nogle få kampagner. Resultatet af disse fremgår af "udlæbsskema 1", sidst i bilaget.

Filler- og stenciludsløb: Opgørelsen af fillerudsløb og til dels stenciludsløb (hærdet fotoemulsion) er ligeledes baseret på kampagner, se udlæbsskemaerne 2 og 3, sidst i bilaget.

Stencilfjerner: Forbruget er kvantificeret ved vejning af bøtte/dunk (forlag) før og efter vask af et registreret antal kvadratmeter rammer. Mængden er typisk opgjort som brugsopløsning (dvs. handelsvare fortyndet med vand til f.eks en 1% w/w aktiv stof opløsning). Da al stencilfjerner typisk skylles i kloak, og indholdsstofferne (se kap. 4 og bilag 4) er fuldstændig vandblandbare og ikke flygtige, er det her antaget, at forbruget er lig med spildet til vand.

Skyggefjerner: Forbruget, der er lig med det totale spild, er kvantificeret ved vejning af bøtte/dunk før og efter vask af et registreret antal

kvadratmeter rammer. Spild til vand er kvantificeret ved at veje rammen før påførsel af skyggefjerner og umiddelbart før skylning med vand. Ved at trække spild til vand fra forbruget er spild til luft estimeret.

Skygge- og fedtudsløb: Den mængde "skygge" eller "fedt" (fedt/-snavs-film), der fjernes ved henholdsvis skyggefjernelse eller affedtning, er som forventelig ikke kvantificerbar ved den her anvendte måleteknik. De totale udsløb er derfor $< 1 \text{ g/m}^2$.

Vand (skyllevand): Forbruget af skyllevand er primært kvantificeret ved montering af vandure på vandtilgangssiden. Aflæsningen på vanduret er i nogle tilfælde kontrolleret ved at sammenholde det med en udvejning af den tilsvarende vandmængde opsamlet i en spand. Spild til vand (dvs. kloak) er kvantificeret ved at opsamle og udveje den afledte mængde vand. Ved at trække denne mængde fra forbruget er fordampningen (spild til luft) estimeret.

Energi (el): Energiforbruget i form af el-forbrug er på rammevaskeanlæggene målt ved opsætning af el-målere. Montering/demontering, registrering og databehandling er udført af NESAs, Hillerød Kommune Teknisk Forvaltning og Knud Kristensen Aut. El-installatør (kun opsætning/nedtagning). El-forbruget på de manuelle anlæg er estimeret ud fra de indgående el-forbrugende enheders (bl.a. pumper og ventilation) aflæste/beregnete effekt og målt drifttid ved behandling af det samtidig registrerede antal kvadratmeter rammer.

Spildevands/kemikalie karakteristik: På hver af de deltagende virksomheder er der udtaget spildevandsprøver (til fysisk/kemisk/biologisk analyse) dækkende proces typerne: Farvefjernelse, stencilfjernelse, skyggefjernelse og affedtning. Prøverne er udtaget under veldefinerede procesbetingelser (se det aktuelle "procesdiagram"), og al processpildevand opstået ved den pågældende proces er opsamlet og udmålt ved afvejning. En repræsentativ delprøve af den totale opsamlede mængde blev inden for 12 timer afleveret til analyse på VKI's laboratorium. Der blev desuden udtaget prøver af de rene afvaskningskemikalier (dvs. handelsvarer) m.m., som indgik ved den pågældende proces. Følgende parametre indgår i skemaerne med analyseresultater:

Prøve id: Typisk er den udtagne prøve, samt det rene afvaskningskemikalie i en tilsvarende vandig fortynding, analyseret.

Fortynd.: Angiver den estimerede fortynding (spildevandsprøven) og fortyndingen af det rene afvaskningskemikalie udført i laboratoriet. Den estimerede fortynding er typisk beregnet ved at dividere skyllevandsforbruget med spild til vand af det pågældende afvaskningskemikalie opgjort som handelsvare (data fremgår typisk af "Massebalance/Nøgletal"-skemaet i det pågældende "procesdiagram").

pH, Tørstof (TS), Glødetab (GT), Adsorberbart Organisk halogen (AOX), Kemisk iltforbrug (COD) og Biokemisk iltforbrug-5 dage (BOD₅): Prøverne er analyseret for disse parametre efter følgende metoder:

Analyseparameter	Metode	Detektionsgrænse	Rel. standardafvigelse (CV)
pH	DS 287:1978	-	± 1%
TS	DS 204:1980	10 mg/l	2 - 5%
GT	DS 204:1980	10 mg/l	2 - 5%
AOX	DIN 38409-14	10 µg/l	10 - 15%
COD _{Cr}	DS 217:1991	10 mg O ₂ /l	± 5%
BOD ₅	prEN1899-1	1 mg O ₂ /l	± 7%

COD/BOD₅: Giver et groft udtryk for om der i spildevandsprøven er svært nedbrydelige organiske stoffer tilstede. "Tommelfingerreglen" siger, at hvis dette forhold er større end 3, er der grund til at have mistanke om tilstedeværelse af svært nedbrydelige stoffer /35/.

Nitrif.hæmn. (200 ml eller 20 ml): Prøvens nitrifikationshæmmende effekt er bestemt ved en fortynding på 1+4 med vand (200 ml prøve i 800 ml vand, svarende til 5 ganges fortynding) som anbefalet i den gældende Spildevandsvejledning /35/ og i udkastet til den nye /25/ efter screeningsmetoden beskrevet i udkastet til den nye vejledning /25/. Detektionsgrænsen ligger på 10-15%. I de tilfælde hvor hæmningen er over 50% er prøven yderligere fortyndet 10 gange og testet (dvs. 20 ml i 980 ml vand, svarende til 50 ganges fortynding).

Procesdiagrammer for trykkeri A

Generelle bemærkninger til diagrammerne:

- virksomheden benytter udelukkende manuelle teknikker
- alle vaskede rammer skyggefjernes og affedtes

Procesdiagram: Manuel farvefjernelse (188 rammer); Tryk. A

Procestype	:	Farvefjernelse
Anlægstype	:	Manuel (vask m. børste m. recirk. farveff. + vask m. højtryksspuler med vand)
Kemikaliertype	:	Aromatholdig ikke-vandemulgerbar farvefjerner (38c) (Flammepunkt = 39°C)
Udført	:	4/9 - 16/10 1995 på trykkeri A
Forsøgsbetingelser	:	Rammestørrelse: 78 à 1,53 m ² + 40 à 2,57 m ² + 70 à 1,43-2,52 m ² : ialt 358,4 m ² (gennemsnitlig 1,91 m ² /ramme) Væv: Ca. 95% af alle behandlede rammer: 120T (polyester) - derudover 90T (neonfarver, stoftryk) og 150T/165T ("UV") Emulsionsdækningsgrad: To stikprøver gav henholdsvis 85% og 90% (heraf < 5% filler) Afdrypningstid: Max. 30 sek. Trykfarvetyper: Opløsningsmiddelbaserede farver (dominerende) (26 og 28) + UV-farver (30a) Fillertype: Vandfortyndbar (14b)
Procesbeskrivelse	:	1. Rammen påføres løbende farvefjerner med børste (recirk. farveff.) på både tryk- og rakeside, mens der børstes. Totaltid ca. 2 - 5 min. 2. Efter endt børstning bliver rammen stående i vasken og afdrypper/afdamper i ca. 30 sek. (hyppigst max. 30 sek.). 3. Rammen bæres over i "spulevask" og spules på begge sider med højtryksvand i ialt max. 30 - 50 sek. (hvorved farvefjerner og filler spules af). - rammen er klar til stencilfjernelse

Risiko for hudkontakt: Ja Risiko for sprøjt/stænk: Ja Risiko for indånding: Ja

Massebalance/Nøgletal (pr. m² ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Farvefjerner	g/m ²	127	127	40 *	55 **	32 ***
Trykfarveudsløb	g TS/m ²	-	7 #	4 ##	0	3
Fillerudsløb	g TS/m ²	-	2 ###	2	0	0
Skyllvand	l/m ²	6,2 &	6,2	5,6	0,6 &&	0
Energi (el)	kWh/m ²	0,29 &&&	-	-	-	-

TS: Tørret få timer ved stuetemperatur

* Beregnet som et gennemsnit af de to stikprøver (se Procesdiagrammer: Manuel farvefjernelse trykkeri A, 5/9-95 og 19/10-95) på 26 g (ca. 30 sek. afdryp) og 54,4 g (< 15 sek. afdryp).

** Beregnet som differensen mellem det totale forbrug og den samlede mængde, der tilføres spildevand og bortskaffes som kemikalieaffald.

*** Der blev ialt i forsøgsperioden genereret 35 g kemikalieaffald/m². Heraf antages trykfarverester at udgøre 3 g/m². Farvefjerner blev recirkuleret langt ud over det niveau, hvor der stadig afvaskes tilfredsstillende (udpint). Derfor det høje (9%) farverest-indhold i kemikalieaffaldet. Stop ved indhold på ca. 5% er nok mere rimeligt, hvis effektiv afvaskning ønskes (og ikke efterfølgende skyggeffjernelse).

Beregnet som et gennemsnit af de to stikprøver (se Udsløbsskema 1: Udsløb af resttrykfarve fra trykkeri til rammevask) taget d. 5/9-95 på trykkeri A ("farve tørret ved stuetemperatur").

Det antages, at trykfarveresten er jævnt fordelt i den del af farvefjerner, der ikke fordamper. Dette skyldes bl.a., at der her er tale om et lille forbrug (25 l)

Ligger på niveau med målingerne angivet i Udsløbsskema 2. Er beregnet ud fra et kemikalieforbrug på 11,5g/m² med et antaget vandindhold på 81% (oplysninger fra datablade). Ved filning af ramme med papstykke blev målt en våd fillerest på papstykket efter brug på < 0,1 g, svarende til < 1% af forbrug.

& Beregnet som et gennemsnit af de to stikprøver (se Procesdiagram: Manuel farvefjernelse trykkeri A, 5/9-95 og 19/10-95) på 5,9 l/m² (rammestørrelse = 1,67 m²) og 6,4 l/m² (rammestørrelse = 1,53 m²). Der blev ialt i forsøgsperioden brugt 12,173 m³ vand til farve-, stencil- og skyggeffjernelse samt affedtning. Beregnes forbruget ud fra antal behandlede kvadratmetre ved de forskellige processer og de ved stikprøver målte vandforbrug, fås 7,14 m³. Det reelle tal er altså 70% større end det estimerede. Hovedårsagen til dette er sandsynligvis varierende forbrug afhængig af operatør (mindst 3 for trykkeri A's vedkommende), samt at operatøren ved stikprøvemålinger bruger en urealitisk (set ift. dagligt brug men ikke nødvendigt brug) lille mængde skyllevand. Virksomhedens reelle skyllevandsforbrug ved farvefjernelse ligger derfor sandsynligvis omkring 11 l/m².

&& Baseret på stikprøvemåling (se Procesdiagram: Manuel farvefjernelse trykkeri A, 5/9-95)

&&& Baseret på målingerne (estimererne) foretaget på trykkeri A, d. 5/9-95 og 19/10-95 (se Procesdiagrammer: Manuel farvefjernelse trykkeri A, d. 5/9-95 og 19/10-95).

Procesdiagram: Manuel farvefjernelse (én ramme); Tryk. A

Procestype	:	Farvefjernelse
Anlægstype	:	Manuel (vask + børste m. recirkulerende farvefjerner / vask med højtryksvand)
Kemikalietype	:	Aromatholdig ikke-vandemulgerbar farvefjerner (Flammepunkt = 39°C) (38c)
Udført	:	5/9-95 på trykkeri A
Forsøgsbetingelser	:	Rammestørrelse: 115 x 145 = 1,67 m ² (vævsareal = 1,53 m ²) Væv: 120T (polyester) Emulsionsdækningsgrad: 50% (heraf ca. 20% filler) Afdrypningstid: 30 s Trykfarvetype: Opløsningsmiddelbaseret plastfarve (28) (rød) Fillertype: Vandfortyndbar (14b)
Procesbeskrivelse	:	1. Rammen påføres løbende farvefjerner med børste (recirk. farveff.) på både tryk- og rakelside, mens der børstes. Totaltid ca. 2 - 5 min. 2. Efter endt børstning bliver rammen stående i vasken og afdrypper/afdamper i ca. 30 sek. (hyppigst max. 30 sek.). 3. Rammen bæres over i "spulevask" og spules på begge sider med højtryksvand i ialt max. 30 - 50 sek. (hvorved farvefjerner og filler spules af). - rammen er klar til stencilfjernelse
Risiko for hudkontakt: Ja Risiko for sprøjt/stænk: Ja Risiko for indånding: Ja		

Massebalance/Nøgletal (pr. m² ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Farvefjerner	g/m ²	?	?	26	?	?
Trykfarveudsløb	g/m ²	-	6,0	?	0	?
Fillerudsløb	g/m ²	-	?	?	0	0
Vand (skyllevand)	l/m ²	5,9	5,9	5,3 *	0,6	0
Energi (el)	kWh/m ²	0,29 **	-	-	-	-

* Svarer til den ved prøvetagningen opsamlede mængde spildevand - resten (0,6 l) fordamper fra vask, ramme og stænk i lokalet (herunder aerosoldannelse). Betydningen af fordampning fra vask vil minimeres, hvis flere rammer spules i træk.

** Farvefjernerpumpes (0,011 kWh/min., 3,5 min.), højtryksspulers (0,11 kWh/min., 40 sek.) og ventilationssanlæg (0,074 kWh/min., 5 min.) energiforbrug. Energiforbruget til ventilation er skønnet ud fra det beregnede energiforbrug af virksomhedens centrale ventilationsanlæg (ca. 0,23 kWh/min.).

Spildevands-/kemikaliekarakteristik:

Parameter → Prøve id ↓	For-tynd.	pH	TS mg/l	GT mg/l	AOX µg/l	COD mgO ₂ /l	BOD ₅ mgO ₂ /l	COD/-BOD ₅	Nitrif. hæmn. (200 ml) %	Nitrif. hæmn. (20 ml) %
Farveff. spild	1:230 *	8,22	760	416	-	6000	840	7,1	81	26
Farveff. ren	1:200 **	7,95	498	118	-	12000	660	18	97	47

* Estimeret

** Udført i lab.

Procesdiagram: Manuel farvefjernelse "rt" (én ramme); Tryk. A

Procestype	:	Farvefjernelse
Anlægstype	:	Manuel (vask + børste m. recirkulerende farvefjerner / vask med højtryksvand)
Kemikalietype	:	Aromatholdig ikke-vandemulgerbar farvefjerner (Flammepunkt = 39°C) (38c)
Udført	:	19/10-95 på trykkeri A
Forsøgsbetingelser	:	Rammestørrelse: 110 x 139 = 1,53 m ² (vævsareal = 1,43 m ²) Væv: 120T (polyester) Emulsionsdækningsgrad: Ca. 80% Afdrypningstid: "Varieret" Trykfarvetype: Opløsningsmiddelbaseret plastfarve (28) (blå) Fillertype: Vandfortyndbar (14b)
Procesbeskrivelse	:	1. Rammen blev løbende påført farvefjerner med børste (recirk. farveff.) på både tryk- og rakelside, mens der blev børstet. Totaltid ca. 2 - 5 min. 2. Efter endt børstning blev rammen enten vejet umiddelbart (< 15 sek. afdrypning) eller vejet efter at farvefjerner på rammens væv var skrabet af med firkantet papskraber ("rt"). Denne afskrabning tog ca. 15 sek. 3. Rammen blev båret over i "spulevask" og spulet på begge sider med højtryksvand i ialt max. 30 - 50 sek. (hvorved farvefjerner og filler spules af). - rammen var klar til stencilfjernelse
først		
Risiko for hudkontakt:	Ja	Risiko for sprøjt/stænk: Ja Risiko for indånding: Ja

Massebalance/Nøgletal (pr. m² ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Farvefjerner (÷ as)	g/m ²	-	?	54,4	?	?
Farvefjerner (+ as)	g/m ²	-	?	6,9	?	?
Farvefjerner (+ as)	g/m ²	-	?	12,7	?	?
Trykfarveudsløb	g/m ²	-	?	?	0	?
Fillerudsløb	g/m ²	-	?	?	0	0
Vand (skyllevand)	l/m ²	6,4	6,4	?	?	0
Energi (el)	kWh/m ²	0,29 *	-	-	-	-

as: Afskrabning af farvefjerner på væv med papskive.

* Farvefjernerpumpes (0,011 kWh/min., 3,5 min.), højtryksspulers (0,11 kWh/min., 40 sek.) og ventilationss anlægs (0,074 kWh/min., 5 min.) energiforbrug. Energiforbruget til ventilation er skønnet ud fra det beregnede energiforbrug af virksomhedens centrale ventilationsanlæg (ca. 0,23 kWh/min.).

Procesdiagram: Manuel stencilfjernelse (196 rammer); Tryk. A

Procestype	:	Stencilfjernelse
Anlægstype	:	Manuel (vask med højtryksvand)
Kemikalietype	:	Perjodsyrebaseret stencilfjerner (39b)
Udført	:	5/9 - 19/10 1995 på trykkeri A
Forsøgsbetingelser	:	Rammestørrelse: $81 \text{ à } 1,53 \text{ m}^2 + 41 \text{ à } 2,57 \text{ m}^2 + 74 \text{ à } 1,43-2,52 \text{ m}^2$: ialt 368,2 m^2 (gennemsnitlig 1,89 m^2 /ramme) Væv: Ca. 95% af alle behandlede rammer: 120T (polyester) - derudover 90T (neonfarver, stoftryk) og 150T/165T ("UV") Emulsionsdækningsgrad: Tre stikprøver gav henholdsvis 80%, 82% og 83% (heraf < 5% filler) Indvirkningstid: < 10 sek. = indvirkningstid (fra start af påførsel til afskyl ca. 1 min.) Fotoemulsionstype: Hybridbaseret emulsion (7c) Filler: Ikke relevant - normalt fjernet ved farvefjernelsen.
Procesbeskrivelse	:	1. Rammen påføres fortyndet stencilfjerner (brugsopløsning) med klud dyppet i spand - på begge sider. Tid < 1 min. 2. Rammen højtryksspules umiddelbart (trækketid < 10 sek.) i ca. 30 sek. - kun tryksiden. - rammen er klar til skyggeffjernelse (udføres på nærværende trykkeri på alle rammer)

Risiko for hudkontakt: Ja Risiko for sprøjt/stænk: Ja Risiko for indånding: (Ja)

Massebalance/Nøgletal (pr. m^2 ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Stencilfjerner (b.o.)	g/m^2	90 *	90	90	0	0
Emulsionsudslæb	$\text{g (TS)}/\text{m}^2$	-	19 **	19	0	0
Vand (skyllevand)	l/m^2	4,7 ***	4,7	4,2	0,5 #	0
Energi (el)	kWh/m^2	0,12 ##	-	-	-	-

b.o.: Brugsopløsning med ca. 0,6% aktivt stof.

* Der blev samlet brugt 33,0 kg b.o. (målt ved differensvejning) til at stencilfjerne et rammeareal på ialt 368,2 m^2 . Da stencilfjernerkoncentratet fortyndes 1:25 med vand, svarer forbruget til 3,6 g handelsvare/ m^2 eller ca. 0,6 g perjodsyre/ m^2 .

** Det samlede emulsionsforbrug til oprakling af 368,2 m^2 rammer var 19,7 kg. Dette giver 53,5 g/m^2 . Da fordampelig vandindhold i fotoemulsionen ved tre uafhængige stikprøver blev bestemt til $57,6\% \pm 0,2\%$ (tørreskabstørring > 20°C) bliver forbruget 22,7 $\text{g(TS)}/\text{m}^2$. Ud fra 3 stikprøver ($n = 3$) kan den ikke udvaskede (uhærdet emulsion udvaskes ved fremkaldelse) del af emulsionsforbruget (der ses bort fra spild via vask af rakel - vurderes i nærværende tilfælde at være negligerbart) beregnes til $82\% \pm 2\%$ (se Udslæbsskema 2). På dette grundlag bliver udslæb af hærdet fotoemulsion: $0,82 \times 22,7 \text{ g(TS)}/\text{m}^2 = 19 \text{ g(TS)}/\text{m}^2$.

*** Vandforbruget er baseret på to uafhængige stikprøver, der begge gav 4,7 l/m^2 (se Procesdiagram: Manuel stencilfjernelse trykkeri A, 5/9-95 og 19/10-95). Der blev ialt i forsøgsperioden brugt 12,173 m^3 vand til farve-, stencil- og skyggeffjernelse samt affedtning. Beregnes forbruget ud fra antal behandlede kvadratmetre ved de forskellige processer og de ved stikprøver målte vandforbrug fås 7,14 m^3 . Det reelle tal er altså 70% større end det estimerede. Hovedårsagen til dette er sandsynligvis varierende forbrug afhængig af operatør (mindst 3 for trykkeri A's vedkommende), samt at operatøren ved stikprøvemålinger bruger en urealistisk lille mængde skyllevand (set ift. dagligt brug men ikke nødvendigt brug). Virksomhedens reelle skyllevandsforbrug ved stencilfjernelse ligger derfor sandsynligvis omkring 8 l/m^2 .

Max. værdi (10% af forbrug) - baseret på stikprøvemåling (se Procesdiagram: Manuel farvefjernelse trykkeri A, 5/9-95)

Baseret på målingerne (estimerne) foretaget på trykkeri A, d. 5/9-95 og 19/10-95 (se Procesdiagrammer: Manuel stencilfjernelse trykkeri A, 5/9-95 og 19/10-95).

Procesdiagram: Manuel stenciljernelse (én ramme); Tryk. A

Procestype	:	Stenciljernelse
Anlægstype	:	Manuel (vask med højtryksvand)
Kemikaliotype	:	Perjodsyrebaseret stenciljerner (39b)
Udført	:	5/9-95 på trykkeri A
Forsøgsbetingelser	:	Rammestørrelse: $115 \times 145 = 1,67 \text{ m}^2$ (vævsareal = $1,53 \text{ m}^2$) Væv: 120 T (polyester) Emulsionsdækningsgrad: 50% (heraf ca. 20% filler) Indvirkningstid: < 10 s Fotoemulsionstype: Hybridbaseret emulsion (7c)
Procesbeskrivelse	:	1. Rammen påføres fortyndet stenciljerner (brugsopløsning) med klud dyppet i spand - på begge sider. Tid < 1 min. 2. Rammen højtryksspules umiddelbart (trækketid < 10 sek.) - kun tryksiden i ca. 30 sek. - rammen er klar til skyggejernelse (udføres på nærværende trykkeri på alle rammer)
Risiko for hudkontakt: Ja Risiko for sprøjt/stænk: Ja Risiko for indånding: (Ja)		

Massebalance/Nøgletal (pr. m^2 ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Stenciljerner (b.o.)	g/m^2	?	?	43 *	0	0
Stenciludsløb	g/m^2	-	19	19	0	0
Vand (skyllevand)	l/m^2	4,7	4,7	> 3,7 **	< 1,0 **	0
Energi (el)	kWh/m^2	0,12 ***	-	-	-	-

b.o.: Brugsopløsning med 0,6% aktivt stof. Mængden svarer til 1,7 g handelsvare/ m^2 fortyndet 25 gange med vand. Handelsvaren indeholder 15-20% perjodsyre.

* Kun den mængde der hænger på rammen - ikke spild i vasken, der bør medregnes

** Der blev kun opsamlet 3,7 l spildevand/ m^2 ramme pga. problemer ved prøvetagningen (utætheder). Baseret på måling med mere realistisk mængde (se Procesdiagram for farvejernelse af 5/9-95) andrager bidraget til luft max. 0,5 l (dvs. 0,6 l korrigeret for rammestørrelse).

*** Højtryksspulers (0,11 kWh/min., 30 sek.) og ventilationss anlægs (0,074 kWh/min., 2 min.) energiforbrug. Energiforbruget til ventilation er skønnet ud fra det beregnede energiforbrug af virksomhedens centrale ventilationsanlæg (ca. 0,23 kWh/min.).

Spildevands-/kemikaliekarakteristik:

Parameter → Prøve id. ↓	For-tynd.	pH	TS mg/l	GT mg/l	AOX $\mu\text{g/l}$	COD mgO_2/l	BOD ₅ mgO_2/l	COD/- BOD ₅	Nitrif. hæmn. (200 ml) %	Nitrif. hæmn. (20 ml) %
Sten- cilfj. spild	1:2700 *	7,28	1480	1060	4500	2200	< 2	> 1100	10	-
Sten- cilfj. ren	1:2800 **	7,18	509	86,3	-	-	-	-	2	-

* Estimeret

** Udført i lab.

Procesdiagram: Manuel stencilfjernelse (én ramme); Tryk. A

Procestype	:	Stencilfjernelse
Anlægstype	:	Manuel (vask med højtryksvand)
Kemikalietype	:	Perjodsyrebaseret stencilfjerner (39b)
Udført	:	19/10-95 på trykkeri A
Forsøgsbetingelser	:	Rammestørrelse: $110 \times 139 = 1,53 \text{ m}^2$ (vævsareal = $1,43 \text{ m}^2$) Væv: 120 T (polyester) Emulsionsdækningsgrad: Ca. 80% Indvirkningstid: < 10 s Fotoemulsionstype: Hybridbaseret emulsion (7c)
Procesbeskrivelse	:	1. Rammen påføres fortyndet stencilfjerner (brugsopløsning) med klud dyppet i spand - på begge sider. Tid < 1 min. 2. Rammen højtryksspules umiddelbart (trækketid < 10 sek.) - kun tryksiden i ca. 20 sek. - rammen er klar til skyggefjernelse (udføres på nærværende trykkeri på alle rammer)
Risiko for hudkontakt:	Ja	Risiko for sprøjt/stenk: Ja Risiko for indånding: (Ja)

Massebalance/Nøgletal (pr. m^2 ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Stencilfjerner (b.o.)	g/m^2	85,2	85,2 *	85,2	0	0
Stenciludsløb	g/m^2	-	20	20	0	0
Vand (skyllevand)	l/m^2	4,7	4,7	? **	? ***	0
Energi (el)	kWh/m^2	0,12 #	-	-	-	-

b.o.: Brugsopløsning med 0,6% aktivt stof. Mængden svarer til 3,4 g handelsvare med 15-20% aktivt stof.

* Det totale spild - ikke kun den mængde der hænger på rammen, men også det der spildes i vasken (løber af klud og ramme ned i vasken under påførsel).

** Antages pba. af andet forsøg (se Procesdiagram for farvefjernelse af 5/9-95) at andrage min. 4,2 l.

*** Antages pba. af andet forsøg (se Procesdiagram for farvefjernelse af 5/9-95) at andrage max. 0,5 l.

Højtryksspulers (0,11 kWh/min., 20 sek.) og ventilationssanlægs (0,074 kWh/min., 2 min.) energiforbrug. Energiforbruget til ventilation er skønnet ud fra det beregnede energiforbrug af virksomhedens centrale ventillationsanlæg (ca. 0,23 kWh/min.).

Procesdiagram: Manuel skyggeffjernelse A + B (189 rammer); Tryk. A

Procestype : Skyggeffjernelse (med type A + B)

Anlægstype : Manuel (vask med højtryksvand)

Kemikalietype : A: Hypokloritbaseret skyggeffjerner (40b) + B: Opløsningsmiddelbaseret skyggeffjerner (40c)

Udført : 5/9 - 19/10 1995 på trykkeri A

Forsøgsbetingelser : Rammestørrelse: $78 \text{ à } 1,53 \text{ m}^2 + 40 \text{ à } 2,57 \text{ m}^2 + 71 \text{ à } 1,43\text{-}2,52 \text{ m}^2$: Ialt $353,5 \text{ m}^2$ (gennemsnitlig $1,87 \text{ m}^2/\text{ramme}$)
 Væv: Ca. 95% af alle behandlede rammer: 120T (polyester) - derudover 90T (neonfarver, stoftryk) og 150T/165T ("UV")
 Opraklet areal: Der anvendes hulraket, $l = 80 \text{ cm}$; 2 + 2 (A) og børste (B)
 Indvirkningstid: Min. 2 - 4 timer (hyppigst "natten over") gældende for (A)

- Procesbeskrivelse :
1. Rammen påføres skyggeffjerner A med hulraket på begge sider et antal gange afhængig af behov (1 + 1 eller 1 + 2 eller 2 + 2)
 2. Rammen stilles til lufttørring i min 2 - 4 timer - overskud af skyggeffjerner i hulraket hældes tilbage i skyggeffjernerdunk (der anvendes papskraber) og hulraklen skylles med vand i vask ($\Rightarrow$ spild af skyggeffjerner).
 3. Rammen påføres skyggeffjerner B (vævsåbner) med børste på begge sider. Tid ialt ca. 30 sek.
 4. Efter kort indvirkningstid højtryksspules rammen i vask i 30 - 40 sek.
 - rammen er klar til affedtning (udføres på nærværende trykkeri på alle rammer)

Risiko for hudkontakt: Ja Risiko for sprøjt/stænk: Ja Risiko for indånding: Ja

Massebalance/Nøgletal (pr. m^2 ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Skyggeffj. (A)	g/m^2	33,3 *	33,3	8,3 **	25 **	< 0,1 ***
Skyggeffj. (B)	g/m^2	78 #	78	65	13 ***	0
"Skyggeudsløb"	g/m^2	-	0 ***	0 ***	0	0
Vand (skyllevand)	l/m^2	6,1 $\pm$ 1,1 ##	6,1	5,5 ***	0,6 ***	0
Energi (el)	kWh/m^2	0,22 ***	-	-	-	-

* Der blev ialt brugt 11,78 kg handelsvare til at skyggeffjerne $353,5 \text{ m}^2$ rammeareal. Dette giver et forbrug på $33,3 \text{ g}/\text{m}^2$. Handelsvaren indeholder ca. 10% aktivt stof (ca. 5% hypoklorit og ca. 5% natriumhydroxid). Den anførte mængde svarer derfor til ca. $3,3 \text{ g}$ aktivt stof/ m^2 .

** Fordampelig del (vand) af skyggeffjerner A blev ved differensvejning af stikprøve d. 19/10-95 bestemt til 75%. Bidraget til vand andrager derfor $8,3 \text{ g(TS)}/\text{m}^2$ og $25 \text{ g (vand)}/\text{m}^2$ fordampes til luft.

*** Se "Procesdiagram: Manuel skyggeffjernelse A + B (to rammer); Tryk.A" fra 19/10-95.

Baseret på 2 enkeltmålinger foretaget d. 19/10-95 se "Procesdiagram: Manuel skyggeffjernelse A + B (to rammer); Tryk.A". Der blev ialt brugt 57,9 kg skyggeffjerner B i forsøgsperioden hvoraf virksomheden oplyste, at ca. halvdelen blev brugt som vævsåbner i trykkeriet. Antages dette at være korrekt, fås et forbrug som skyggeffjerner på $28950 \text{ g}/353,5 \text{ m}^2 = 82 \text{ g}/\text{m}^2$. Dette tal afviger 5% fra de målte $78 \text{ g}/\text{m}^2$.

Baseret på tre stikprøver ($n = 3$) foretaget d. 5/9-95 og 19/10-95. Der blev ialt i forsøgsperioden brugt $12,173 \text{ m}^3$ vand til farve-, stencil- og skyggeffjernelse samt affedtning. Beregnes forbruget ud fra antal behandlede kvadratmetre ved de forskellige processer og de ved stikprøver målte vandforbrug fås $7,14 \text{ m}^3$. Det reelle tal er altså 70% større end det estimerede. Hovedårsagen til dette er sandsynligvis varierende forbrug afhængig af operatør (mindst 3 for trykkeri A's vedkommende) samt at operatøren ved stikprøvemålinger bruger en urealitisk lille mængde skyllevand (set ift. dagligt brug men ikke nødvendigt brug). Virksomhedens reelle skyllevandsforbrug ved skyggeffjernelse ligger derfor sandsynligvis omkring $10 \text{ l}/\text{m}^2$.

Procesdiagram: Manuel skyggeffjernelse A (én ramme); Tryk. A

Procestype	:	Skyggeffjernelse (med type A)
Anlægstype	:	Manuel (vask med højtryksvand)
Kemikalietype	:	Hypokloritbaseret skyggeffjerner (40b)
Udført	:	5/9-95 på trykkeri A
Forsøgsbetingelser	:	Rammestørrelse: $115 \times 145 = 1,67 \text{ m}^2$ (vævsareal = 1,53) Væv: 120 T ₁ (polyester) Opraklet areal: $1,0 \text{ m}^2$ (rakelbredde 80 cm; h = 120 cm); 1 + 1 (dvs. én gang på begge sider) Indvirkningstid: min. 2 - 4 timer (hyppigst "natten over")
Procesbeskrivelse	:	1. Rammen påføres skyggeffjerner med hulrakel på begge sider et antal gange afhængig af behov (1 + 1 eller 1 + 2 eller 2 + 2) 2. Rammen stilles til lufttørring i min 2 - 4 timer - overskud af skyggeffjerner i hulrakel hældes tilbage i skyggeffjerner dunk og hulraklen skylles med vand i vask (= > spild af skyggeffjerner. 3. Efter tørring (indvirkning) højtryksspules rammen i vask i 30 - 40 sek. - rammen er klar til affedning (udføres på nærværende trykkeri på alle rammer)

Risiko for hudkontakt: Ja

Risiko for sprøjt/stænk: Ja

Risiko for indånding: Ja

Massebalance/Nøgletal (pr. m^2 ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Skyggeffjerner (A)	g/m^2	28	28	28 *#	0 *	0
"Skyggeudsløb"	g/m^2	-	? **	? **	0	0
Vand (skyllevand) ##	l/m^2	7,3	7,3	> 5,4 ***	< 1,9 ***	0
Energi (el)	kWh/m^2	0,22 ###	-	-	-	-

* Ved nærværende forsøg blev rammen ikke sat til tørring men spulet umiddelbart efter påførsel - derfor ingen fordampning til luft. Spildevandsprøve ikke udtaget ved denne skylning.

** Antages på baggrund af måling foretaget på trykkeri B d. 28/9-95 at være ikke detekterbar ved differensvejning (< 1 g).

*** Der blev kun opsamlet 5,4 l spildevand/ m^2 ramme pga. problemer ved prøvetagningen (utætheder). Baseret på måling med mere realistisk mængde (se Procesdiagram for farveffjernelse af 5/10-95) andrager bidraget til luft max. 0,6 l.

Heraf udgør den opraklede mængde 23g/ m^2 , og den mængde der skylles af raklen efter brug 5,4g/ m^2 .

Målt ved forsøg med ramme opraklet dagen før: Rameareal = 110×140 ($1,5 \text{ m}^2$) / Opraklet areal = 90×120 ($1,1 \text{ m}^2$) 1 + 2. Spildevandsprøve opsamlet ved skylning af denne ramme.

Højtryksspulers (0,11 kWh/min., 35 sek.) og ventilationssanlægs (0,074 kWh/min., 4 min.) energiforbrug. Tørretiden er ikke medregnet. Energiforbruget til ventilation er skønnet ud fra det beregnede energiforbrug af virksomhedens centrale ventilationsanlæg (ca. 0,23 kWh/min.).

Spildevands-/kemikaliekarakteristik:

Parameter Prøve id ↓	For- tynd.	pH	TS mg/l	GT mg/l	AOX $\mu\text{g/l}$	COD mgO_2/l	BOD ₅ mgO_2/l	COD/- BOD ₅	Nitri- f. hæmn. (200 ml) %	Nitri- f. hæmn. (20 ml) %
Skyg- gefj. spild	1:200 *	9,60	1730	303	2100	790	230	3,4	57	-
Skyg- gefj. ren	1:290 **	10,2	1040	161	-	-	-	-	99	0

* Estimeret ud fra den antagelse at 23 g skyggeffjerner/ m^2 opraklet 1+1 svarer til 35 g skyggeffjerner/ m^2 opraklet 1+2. 35 g fortyndet med 7,3 l vand svarer til en fortynding på ca. 1:200.

** Udført i lab. (svarer til udslib fra en ramme opraklet 1+1 og skyllet med 6,7 l/ m^2)

Procesdiagram: Manuel skyggeffjernelse A + B (to rammer); Tryk. A

Procestype : Skyggeffjernelse (med type A + B)
 Anlægstype : Manuel (vask med højtryksvand)
 Kemikalietype : A: Hypokloritbaseret skyggeffjerner (40b) + B: Opløsningsmiddelbaseret skyggeffjerner (40c)
 Udført : 19/10-95 på trykkeri A
 Forsøgsbetingelser : Rammestørrelse: 2 stk.: $125 \times 155 = 1,94 \text{ m}^2$ (vævsareal = 1,83)
 Væv: 120 T (polyester)
 Opraklet areal (A): Ca. $1,7 \text{ m}^2$ (vævets areal ÷ limkant); rakelbredde 80 cm; 2+2
 Indvirkningstid (A): Min. 2 - 4 timer (hyppigst "natten over")

- Procesbeskrivelse :
1. Rammen påføres skyggeffjerner A med hulrakel på begge sider et antal gange afhængig af behov (1 + 1 eller 1 + 2 eller 2 + 2)
 2. Rammen stilles til lufttørring i min 2 - 4 timer - overskud af skyggeffjerner A i hulrakel hældes tilbage i skyggeffjernerbøtte (der anvendes papskraber) og hulraklen skylles med vand i vask (= > spild af skyggeffjerner).
 3. Rammen påføres skyggeffjerner B (vævsåbner) med børste på begge sider. Tid ialt ca. 30 sek.
 4. Efter kort indvirkningstid højtryksspules rammen i vask i 30 - 40 sek.
 - rammen er klar til affedtning (udføres på nærværende trykkeri på alle rammer)

Risiko for hudkontakt: Ja Risiko for sprøjt/stænk: Ja Risiko for indånding: Ja

Massebalance/Nøgletal (pr. m^2 ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Skyggeffjerner (A)	g/m^2	37,7	37,7	9,3 *	28,4 *	< 0,1 **
Skyggeffjerner (B)	g/m^2	78	78	65	13 ***	0
"Skyggeudsløb"	g/m^2	-	0 #	0 #	0	0
Vand (skyllevand)	l/m^2	5,5	5,5	> 4,5 ##	< 1,0 ##	0
Energi (el)	kWh/m^2	0,22 ###	-	-	-	-

* De 9,3 g/m^2 udgør den ikke-fordampelige del, dvs. tørstoffet, og de 28,4 g/m^2 den fordampelige del (vand) efter 2 timers tørring i varm luft > 20°C. Skyggeffjernerens vandindhold blev således bestemt til 75%.

** Mængden på papstykket, der blev brugt til at skrabes overskydende skyggeffjerner på rakel tilbage i skyggeffjernerbøtten efter oprakling af de to rammer, udgjorde 0,2 g.

*** Groft estimat baseret på forskellen mellem den mængde, der sad på rammen umiddelbart før spuling og den mængde, der var fjernet fra skyggeffjernerbøtten ved påførslen (differensvejning).

Antages på baggrund af måling foretaget på trykkeri B d. 28/9-95 at være ikke detekterbar ved differensvejning (< 1 g).

Der blev kun opsamlet 4,5 l spildevand/ m^2 ramme pga. problemer ved prøvetagningen (utætheder). Baseret på måling med mere realistisk mængde (se Procesdiagram for farveffjernelse af 5/9-95) andrager bidraget til luft max. 0,6 l.

Højtryksspulers (0,11 kWh/min. , 35 sek.) og ventilationss anlæg (0,074 kWh/min. , 5 min.) energiforbrug. Tørretiden er ikke medregnet. Energiforbruget til ventilation er skønnet ud fra det beregnede energiforbrug af virksomhedens centrale ventilationsanlæg (ca. 0,23 kWh/min.).

Spildevands-/kemikaliekarakteristik:

Para- meter → Prøve id. ↓	For- tynd.	pH	TS mg/l	GT mg/l	AOX μg/l	COD mgO ₂ /l	BOD ₅ mgO ₂ /l	COD/- BOD ₅	Nitrif. hæmn(200 ml) %	Nitrif. hæmn(20 ml) %
Skyg- gefj. A + B spild	1:50 *	8,37	1810	340	-	20000	870	23	95	47
Skyg- gefj. A + B ren	1:50 **	11,7	1190	206	-	20000	1600	12	99	57

* Estimeret.

** Udført i lab. - Skyggeffjerner A og B blandet sammen i forholdet 1:2 og fortyndet 1:50 med postevand.

Procesdiagram: Manuel affedtning (189 rammer); Tryk. A

Procestype : Affedtning

Anlægstype : Manuel (vask med højtryksvand)

Kemikalietype : Vævsaffedter (18)

Udført : 5/9 - 19/10 1995 på trykkeri A

Forsøgsbetingelser : Rammestørrelse: 78 à 1,53 m² + 40 à 2,57 m² + 71 à 1,43-2,52 m²: ialt 353,5 m² (gennemsnitlig 1,87 m²/ramme)
 Væv: Ca. 95% af alle behandlede rammer: 120T (polyester) - derudover 90T (neonfarver, stoftryk) og 150T/165T ("UV")
 Affedt areal: Der anvendes børste 1 + 0 dvs. kun på trykside (affedt vævsareal ialt ca. 330 m²)
 Indvirkningstid: 2 min.

Procesbeskrivelse : 1. Rammens trykside påføres affedter med børste i < 30 sek.
 2. Rammen trækker i < 10 sek.
 3. Der højtryksspules med vand i ca. 20 sek. (kun tryksiden) - hvorefter rammen sættes til tørring.
 - rammen er klar til oprakling med fotoemulsion

Risiko for hudkontakt: Ja Risiko for sprøjt/stænk: Ja Risiko for indånding: (Ja)

Massebalance/Nøgletal (pr. m² ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Vævsaffedter (b.o.)	g/m ²	30,0 *	30,0	30,0	0	0
"Fedtudsløb"	g/m ²	-	0 **	0	0	0
Vand (skyllevand)	l/m ²	3,0 ***	3,0	2,7 #	0,3 #	0
Energi (el)	kWh/m ²	0,057 #	-	-	-	-

b.o.: Brugsopløsning. Handelsvare der er fortyndet med vand 1:25.

* Der blev ialt brugt 10,59 kg vævsaffedter som brugsopløsning til affedtning af 353,5 m² rammeareal. Dette giver et forbrug på 30,0 g/m², svarende til 1,2 g handelsvare/m².

** Antages bl.a. på baggrund af måling foretaget på trykkeri B d. 28/9-95 at være ikke detekterbar ved differensvejning (< 1 g).

*** Baseret på to stikprøver - se "Procesdiagram: Manuel affedtning" af 19/10-95. Der blev ialt i forsøgsperioden brugt 12,173 m³ vand til farve-, stencil- og skyggejernelse samt affedtning. Beregnes forbruget ud fra antal behandlede kvadratmetre ved de forskellige processer og de ved stikprøver målte vandforbrug fås 7,14 m³. Det reelle tal er altså 70 % større end det estimerede. Hovedårsagen til dette er sandsynligvis varierende forbrug afhængig af operatør (mindst 3 for trykkeri A's vedkommende) samt at operatøren ved stikprøvemålinger bruger en urealistisk lille mængde skyllevand (set ift. dagligt brug men ikke nødvendigt brug). Virksomhedens reelle skyllevandsforbrug ved affedtning ligger derfor sandsynligvis omkring 5 l/m².

Se "Procesdiagram: Manuel affedtning" af 19/10-95.

Procesdiagram: Manuel affedtning (to rammer); Tryk. A

Procestype : Affedning
 Anlægstype : Manuel (vask med højtryksvand)
 Kemikalietype : Vævsaffedter (18)
 Udført : 19/10-95 på trykkeri A
 Forsøgsbetingelser : Rammestørrelse: 2 stk.: 125 x 155 = 1,94 m² (vævsareal = 1,83 m²)
 Væv: 120 T (polyester)
 Affedt areal: Der anvendes børste 1 + 0, dvs. kun på trykside (areal = 1,69 - 1,83 m²/ramme)
 Indvirkningstid: < 10 sek.

Procesbeskrivelse : 1. Rammens trykside påføres affedter med børste i < 30 sek.
 2. Rammen trækker i < 10 sek.
 3. Der højtryksspules med vand i ca. 20 sek. (kun tryksiden) - hvorefter rammen sættes til tørring.
 - rammen er klar til oprakling med fotoemulsion

Risiko for hudkontakt: Ja Risiko for sprøjt/stænk: Ja Risiko for indånding: (Ja)

Massebalance/Nøgletal (pr. m² ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Vævsaffedter (b.o.)	g/m ²	53,6	53,6	53,6	0	0
"Fedtudsløb"	g/m ²	-	0 *	0	0	0
Vand (skyllevand)	l/m ²	3,0	3,0	2,7 **	0,3 **	0
Energi (el)	kWh/m ²	0,057 #	-	-	-	-

b.o.: Brugsopløsning. Den anførte mængde svarer til 2,1 g handelsvare fortyndet 1:25 med postevand.

* Antages bl.a. på baggrund af måling foretaget på trykkeri B d. 28/9-95 at være ikke detekterbar ved differensvejning (< 1 g).

** Der blev kun opsamlet 1,2 l spildevand/m² ramme pga. problemer ved prøvetagningen (utætheder). Baseret på måling med mere realistisk mængde (se Procesdiagram for farvefjernelse af 5/9-95) antages bidraget til luft max. at udgøre 0,3 l.

Højtryksspulers (0,11 kWh/min., 20 sek.) og ventilationssanlægs (0,074 kWh/min., 1 min.) energiforbrug. Tørretiden er ikke medregnet. Energiforbruget til ventilation er skønnet ud fra det beregnede energiforbrug af virksomhedens centrale ventilationsanlæg (ca. 0,23 kWh/min.).

Spildevands-/kemikaliekarakteristik:

Parameter→ Prøve id. ↓	For- tynd.	pH	TS mg/l	GT mg/l	AOX µg/l	COD mgO ₂ /l	BOD ₅ mgO ₂ /l	COD/- BOD ₅	Nitrif. hæmn.(200 ml) %	Nitrif. hæmn.(20 ml) %
Vævs- affedt. spild	1:1400 *	9,53	515	161	-	730	66	11	0	0
Vævs- affedt. ren	1:1500 **	8,73	63	63	-	120	8,2	15	0	0

* Estimeret.

** Udført i lab. Der er ved en fejl anvendt demineraliseret vand til fortynding - derfor den lave TS-værdi (VKI's postevand indeholder ca. 400 mg TS/l)

Procesdiagrammer for trykkeri B

Generelle bemærkninger til diagrammerne:

- virksomheden benytter udelukkende manuelle afvaskningsteknikker
- da der stort set kun trykkes med vandfortyndbare serigrafifarver anvendes næsten udelukkende vand som farvefjerner.

Procesdiagram: Manuel farvefjernelse (15 rammer); Tryk. B

Procestype	:	Farvefjernelse
Anlægstype	:	Manuel (vask + bruser med vand)
Kemikalietype	:	Vand
Udført	:	20/9 - 28/9 1995 på trykkeri B
Forsøgsbetingelser	:	Rammestørrelse: $7 \text{ à } 1,50 \text{ m}^2 + 6 \text{ à } 2,45 \text{ m}^2 + 1 \text{ à } 2,06 \text{ m}^2 + 1 \text{ à } 1,2 \text{ m}^2$: Ialt $28,5 \text{ m}^2$ Væv: 10 stk 90T + 5 stk 120T (alle af polyester) Emulsionsdækningsgrad: To stikprøver gav henholdsvis 85% og 90% (heraf < 5% filler) Afdrypningstid: - Trykfarvetype: Vandfortyndbar papirfarve (27) Fillerstype: Opløsningsmiddelbaseret (14a)
Procesbeskrivelse	:	1. Rammen bruses med vand i ca. 10 - 20 sek., hvorefter den skrubbes med en vandfugtet svamp i ca. 1 min. 2. Derefter bruses påny (5 -10 sek.) efterfulgt af skrubning med svamp (1 min.). 3. Afslutningsvis bruses (5 - 10 sek.). - rammen er klar til stencilfjernelse

Risiko for hudkontakt: (Ja) Risiko for sprøjt/stænk: (Nej) Risiko for indånding: (Nej)

Massebalance/Nøgletal (pr. m^2 ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Farvefjerner (vand)	kg/m^2	$5 \pm 2 *$	$5 \pm 2 *$	5 ± 2	0,1 **	0
Trykfarveudsløb	g/m^2	-	$12 \pm 6 \#$	12 ± 6	0	0
Fillerudsløb	g/m^2	-	0	0	0	0
Energi (el)	kWh/m^2	0 ##	-	-	-	-

* Baseret på 4 enkeltmålinger ($n = 4$) foretaget i forsøgsperioden ved aflæsning af vandure (aflæsningsnøjagtighed 1 l) før og efter farvefjernelse. Summen af dette gennemsnitsforbrug og de øvrige gennemsnitsforbrug (f.eks. forbrug ved stencilfjernelse), der ligeledes er baseret på enkeltmålinger, er efter multiplikation med antal behandlede kvadrater sammenholdt med det totale vandforbrug (aflæsning af vandure før og efter forsøgsperioden). Forskellen på de to opgørelser udgjorde 1%.

** Udgør ifølge måling udført ved prøvetagning d. 28/9-95 omkring 0,1 l ($\approx 2\%$).

Våd farve, baseret på 3 enkeltmålinger ($n = 3$) foretaget i forsøgsperioden ved differensvejninger af rammer før og efter trykning (se Udsløbsskema 1).

El-forbruget er sat til 0, da der ikke er installeret ventilationssystem.

Procesdiagram: Manuel farvefjernelse (én ramme); Tryk. B

Procestype	:	Farvefjernelse
Anlægstype	:	Manuel (vask + bruser med vand)
Kemikalietype	:	Vand
Udført	:	28/9-95 på trykkeri B
Forsøgsbetingelser	:	Rammestørrelse: $115 \times 130 = 1,50 \text{ m}^2$ (væv = $1,31 \text{ m}^2$; væv excl. limkant = $1,19 \text{ m}^2$) Væv: 120T (polyester) Emulsionsdækningsgrad: 85-90% (heraf ca. 5% filler) Afdrypningstid: - Trykfarvetype: Vandfortyndbar papirfarve (okkerfarvet) (27) Fillertype: Opløsningsmiddelbaseret (14a)
Procesbeskrivelse	:	1. Rammen bruses med vand i 10 - 20 sek., hvorefter den skrubbes med en vandfugtet svamp i ca. 1 min. 2. Derefter bruses påny (5 - 10 sek.) efterfulgt af skrubning med svamp (1 min.). 3. Afslutningsvis bruses (5 - 10 sek.). - rammen er klar til stencilfjernelse

Risiko for hudkontakt: (Ja) Risiko for sprøjt/stænk: (Nej) Risiko for indånding: (Nej)

Massebalance/Nøgletal (pr. m^2 ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Farvefjerner (vand)#	kg/m^2	2,7	2,7	2,6 *	0,1 *	0
Trykfarveudsløb	g/m^2	-	5,4	5,4	0	0
Fillerudsløb	g/m^2	-	0	0	0	0
Energi (el)	kWh/m^2	0 **	-	-	-	-

* Svarer til den ved prøvetagningen opsamlede mængde spildevand - resten (0,1 l) fordamper fra vask, ramme og stæk i lokalet (herunder aerosoldannelse). Betydningen af fordamper fra vask vil minimeres, hvis flere rammer spules i træk. Aerosoldannelsen ved brusning (der foregår ikke højtryksspul) vurderes at være meget ringe. Mængden af vand, der sidder på rammen, når den stilles til tørring, vurderes at være ikke uvæsentlig - der er målt 43 - 58 g vand/ m^2 på forskellige rammestørrelser med forskellige typer væv, se Udsløbsskema 3.

** El-forbruget er sat til 0, da der ikke er installeret ventilationssystem.

Farvefjerner (vand) er her identisk med skyllevand.

Spildevands-/kemikaliekarakteristik:

Parameter → Prøve id. ↓	For-tynd.	pH	TS mg/l	GT mg/l	AOX $\mu\text{g}/\text{l}$	COD mgO_2/l	BOD ₅ mgO_2/l	COD/- BOD ₅	Nitrif. hæmn. (200 ml) %	Nitrif. hæmn. (20 ml) %
Tryk- farve spild	1:510 *	8,08	1110	464	1300	1230	200	6,2	9	0
Tryk- farve ren	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Estimeret fortynding af den udslæbte farverest.

Procesdiagram: Manuel stenciljernelse (15 rammer); Tryk. B

Procestype	:	Stenciljernelse
Anlægstype	:	Manuel (vask med højtryksvand)
Kemikalietype	:	Perjodsyrebaseret stenciljerner (39b)
Udført	:	20/9 - 28/9 1995 på trykkeri B
Forsøgsbetingelser	:	Rammestørrelse: $7 \text{ à } 1,50 \text{ m}^2 + 6 \text{ à } 2,45 \text{ m}^2 + 1 \text{ à } 2,06 \text{ m}^2 + 1 \text{ à } 1,2 \text{ m}^2$: ialt $28,5 \text{ m}^2$ Væv: 10 stk 90T + 5 stk 120T (alle af polyester) Emulsionsdækningsgrad: To stikprøver gav henholdsvis 85% og 90% (heraf < 5% filler) Indvirkningstid: 3 - 5 min. Fotoemulsionstype: Hybridbaseret emulsion (7c) Filler: Opløsningsmiddelbaseret filler (14a)
Procesbeskrivelse	:	1. Rammen påføres fortyndet stenciljerner (brugsopløsning) ved spraying (håndsprayflaske) på rakensiden i ca. 10 sek. 2. Der børstes med stor pensel (dvs. stenciljernerens masseres ind i vævet) i ca. 30 sek. 3. Rammen vendes - der bruses en lille mængde vand på (< 200 ml), og tryksiden påføres stenciljerner ved spraying (10 sek.), hvorefter der børstes i ca. 2 min. 4. Rammen trækker i 3 - 5 min. 5. Der højtrykspules (kun tryksiden) i 1 - 1,5 min.

Risiko for hudkontakt: Ja Risiko for sprøjt/stænk: Ja Risiko for indånding: (Ja)

Massebalance/Nøgletal (pr. m^2 ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Stenciljerner (b.o.)	g/m^2	61 *	61	61	0	0
Emulsionsudsløb	$\text{g (TS)}/\text{m}^2$	-	17 **	17	0	0
Fillerudsløb	$\text{g (TS)}/\text{m}^2$	-	0,4 ***	0,4	0	0
Vand (skyllevand)	l/m^2	10 ± 5 #	10 ± 5	10 ± 5	0,5 ##	0
Energi (el)	kWh/m^2	0,027 ###	-	-	-	-

b.o.: Brugsopløsning. Den anførte mængde svarer til $2,4 \text{ g}$ handelsvare/ m^2 fortyndet 1:25 med postevand. Handelsvaren indeholder 15-20% perjodsyre.

* Der blev samlet brugt $1734,4 \text{ g}$ (målt ved differensvejning) til at stenciljerne et rammeareal på ialt $28,5 \text{ m}^2$.

** Det samlede emulsionsforbrug til oprakling af 31 m^2 rammer var $1637,1 \text{ g}$. Dette giver $53 \text{ g}/\text{m}^2$. Fordampeligt vandindhold i fotoemulsionen blev ved to uafhængige stikprøver i begge tilfælde bestemt til 62% (61,7%). Ud fra 3 stikprøver ($n = 3$) kan den ikke udvaskede (uhærdet emulsion udvaskes ved fremkaldelse) del af emulsionsforbruget (der ses bort fra spild via vask af rakel - vurderes i nærværende tilfælde at være negligerbart) beregnes til $86\% \pm 4\%$ (se Udslibsskema 2).

*** Det samlede fillerforbrug til oprakling af $28,5 \text{ m}^2$ rammer var $59,9 \text{ g}$. Dette giver $2,1 \text{ g}/\text{m}^2$. Fordampeligt del (opløsningsmiddelindhold) i filleren blev ved to uafhængige stikprøver bestemt til henholdsvis 83% og $> 70\%$. Det antages at fordampelig del andrager 83% (se endvidere Udslibsskema 2).

Baseret på 7 enkeltmålinger ($n = 7$) foretaget i forsøgsperioden ved aflæsning af vandure (aflæsningsnøjagtighed 1 l) før og efter stenciljernelse. Summen af dette gennemsnitsforbrug og de øvrige gennemsnitsforbrug (f.eks. forbrug ved farvejernelse) - der ligeledes er baseret på enkeltmålinger - er efter multiplikation med antal behandlede kvadratmeter sammenholdt med det totale vandforbrug (aflæsning af vandure før og efter forsøgsperioden). Forskellen på de to opgørelser udgjorde 1%.

Udgør ifølge undersøgelser udført d. 28/9-95 (se "Procesdiagram: Manuel stenciljernelse" af 28/9-95) omkring 0,5 l ($\approx 5\%$).

Beregnet, se "Procesdiagram: Manuel stenciljernelse" af 28/9-95.

Procesdiagram: Manuel stencilfjernelse (én ramme); Tryk. B

Procestype	:	Stencilfjernelse
Anlægstype	:	Manuel (vask med højtryksvand)
Kemikalietype	:	Perjodsyrebaseret stencilfjerner (39b)
Udført	:	28/9-95 på trykkeri B
Forsøgsbetingelser	:	Rammestørrelse: $115 \times 130 = 1,50 \text{ m}^2$ (væv = $1,31 \text{ m}^2$; væv excl limkant = $1,19 \text{ m}^2$) Væv: 120T (polyester) Emulsionsdækningsgrad: 50% (heraf ca. 20% filler) Indvirkningstid: 3 - 5 min. Fotoemulsionstype: Hybridbaseret emulsion (7c) Filler: Opløsningsmiddelbaseret filler (14a)
Procesbeskrivelse	:	1. Rammen påføres fortyndet stencilfjerner (brugsopløsning) ved spraying (håndsprayflaske) på rakelsiden i ca. 10 sek. 2. Der børstes med stor pensel (dvs. stencilfjernerens masseres ind i vævet) i ca. 30 sek. 3. Rammen vendes - der bruges lille mængde vand på (< 200 ml) - og trykksiden påføres stencilfjerner ved spraying (10 sek.), hvorefter der børstes i ca. 2 min. 4. Rammen trækker i 3 - 5 min. 5. Der højtryksspules (kun trykksiden) i 1 - 1,5 min.

Risiko for hudkontakt: Ja Risiko for sprøjt/stænk: Ja Risiko for indånding: (Ja)

Massebalance/Nøgletal (pr. m^2 ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Stencilfjerner (b.o.)	g/m^2	36	36	36	0	0
Stenciludsløb	g/m^2	-	-	-	0	0
Fillerudsløb	g/m^2	-	-	-	0	0
Vand (skyllevand)	l/m^2	6,3	6,3	5,8 *	0,5	0
Energi (el)	kWh/m^2	0,027 #	-	-	-	-

b.o.: Brugsopløsning. Den anførte mængde svarer til $1,4 \text{ g}$ handelsvare/ m^2 fortyndet 1:25 med postevand. Handelsvaren indeholder 15-20% perjodsyre.

* Svarer til den ved prøvetagningen opsamlede mængde spildevand - resten (0,5 l) fordamper fra vask, ramme og stæk i lokalet (herunder aerosoldannelse). Betydningen af fordampning fra vask vil minimeres, hvis flere rammer spules i træk.

Det skal bemærkes, at energiforbruget angiver højtryksspulerens forbrug (beregnet på basis af effekt af højtryksspuler og drifttid) - der er ikke installeret ventilation.

Spildevands-/kemikaliekarakteristik:

Parameter → Prøve id. ↓	Fortynd.	pH	TS mg/l	GT mg/l	AOX $\mu\text{g}/\text{l}$	COD mgO_2/l	BOD ₅ mgO_2/l	COD/- BOD ₅	Nitrif. hæmn. (200 ml) %	Nitrif. hæmn. (20 ml) %
Stencilfj. spild	1:4400 *	8,12	2270	1600	210	3380	380	9,0	3	-
Stencilfj. ren	1:2800 **	7,18	509	86,3	-	-	-	-	2	-

* Estimeret

** Udført i lab. ifm. analyser af prøver fra trykkeri A som anvender samme stencilfjerner (se "Procesdiagram: Manuel stencilfjernelse (én ramme); Tryk. A" af 5/9-95).

Procesdiagram: Manuel skyggeffjernelse A + B (9 rammer); Tryk. B

Procestype	:	Skyggeffjernelse (med type A + B)
Anlægstype	:	Manuel (vask med højtryksvand)
Kemikalietype	:	Blanding 1:1 af A: Alkalibaseret skyggeffjerner (40a) + B: Opløsningsmiddelbaseret skyggeffjerner (40c)
Udført	:	20/9 - 28/9 1995 på trykkeri B
Forsøgsbetingelser	:	Rammestørrelse: 4 à 1,50 m ² + 4 à 2,45 m ² + 1 à 1,2 m ² : Ialt 17,0 m ² Væv: 8 stk 90T + 1 stk 120T (alle af polyester) Opraklet areal: Der anvendes ikke hulraket - skyggeffjernerblandingen pensles/børstes på vævet (1 + 0). Indvirkningstid: 20 min.
Procesbeskrivelse	:	1. Rammens trykside påføres (1 + 0) skyggeffjernerblandingen med pensel (dyppes gentagne gange i bøtte) og kemikaliet børstes over ca. 2 min. ind i vævet. 2. Rammen står og trækker i ca. 20 min. 3. Tryksiden højtryksspules med vand over 2 - 3 min. Afslutningsvis bruses med vand i 10 - 20 sek. - rammen er klar til affedning

Risiko for hudkontakt: Ja Risiko for sprøjt/stænk: Ja Risiko for indånding: Ja

Massebalance/Nøgletal (pr. m² ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Skyggeffj. (A+B)	g/m ²	158 *	158	158 **	0 **	0
"Skyggeudsløb"	g/m ²	-	0 **	0	0	0
Vand (skyllevand)	l/m ²	9 ± 1 #	9 ± 1	9 ± 1	0,7 **	0
Energi (el)	kWh/m ²	0,054 **	-	-	-	-

* Der blev ialt brugt 2689,1 g skyggeffjernerblanding til at skyggeffjerne 17 m² rammeareal. Dette giver et forbrug på 158 g/m². Den alkalibaserede skyggeffjerner indeholder ca. 30% aktivt stof (¾ natriumhydroxid og ¼ tensid). Den anførte mængde svarer derfor til ca. 103 g aktivt stof/m².

** Se "Procesdiagram: Manuel skyggeffjernelse" af 28/9-95.

Baseret på 3 enkeltmålinger (n = 3) foretaget i forsøgsperioden ved aflæsning af vandure (aflæsningsnøjagtighed 1 l) før og efter skyggeffjernelse. Summen af dette gennemsnitsforbrug og de øvrige gennemsnitsforbrug (f.eks. forbrug ved farveffjernelse), der ligeledes er baseret på enkeltmålinger, er efter multiplikation med antal behandlede kvadratmeter sammenholdt med det totale vandforbrug (aflæsning af vandure før og efter forsøgsperioden). Forskellen på de to opgørelser udgjorde 1%.

Procesdiagram: Manuel skyggeffjernelse A + B (én ramme); Tryk. B

Procestype : Skyggeffjernelse (med type A + B)

Anlægstype : Manuel (vask med højtryksvand)

Kemikalietype : Blanding 1:1 af A: alkalibaseret skyggeffjerner (40a) + B: opløsningsmiddelbaseret skyggeffjerner (40c)

Udført : 28/9-95 på trykkeri B

Forsøgsbetingelser : Rammestørrelse: $115 \times 130 = 1,50 \text{ m}^2$ (væv = $1,31 \text{ m}^2$; væv excl limkant = $1,19 \text{ m}^2$)
 Væv: 120T (polyester)
 Opraklet areal: Der anvendes ikke hulraket - skyggeffjernerblandingen pensles/børstes på 1 + 0 (areal = $1,19 - 1,31 \text{ m}^2$)
 Indvirkningstid: 20 min.

Procesbeskrivelse : 1. Rammens trykside (i sjældne tilfælde også rakelside) påføres (1 + 0) skyggeffjernerblandingen med pensel (dyppes gentagne gange i bøtte), og kemikaliet børstes over ca. 2 min. ind i vævet.
 2. Rammen står og trækker i ca. 20 min.
 3. Tryksiden højtryksspules med vand over 2 - 3 min. (af praktiske grunde højtryksspules rakelsiden ikke, da det ville "stænke for meget"). Afslutningsvis bruses med vand i 10 - 20 sek.
 - rammen er klar til affedtning

Risiko for hudkontakt: Ja

Risiko for sprøjt/stænk: Ja

Risiko for indånding: Ja

Massebalance/Nøgletal (pr. m^2 ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Skyggeffj. (A+B)	g/m^2	151	151	151 *	0 **	0
"Skyggeudsløb"	g/m^2	-	0 ***	0	0	0
Vand (skyllevand)	l/m^2	11,3	11,3	10,6 #	0,7	0
Energi (el)	kWh/m^2	0,054 ##	-	-	-	-

* Heraf udgør den mængde, der sidder på rammen 136 g - de resterende 15 g sidder på penslen, som skylles med vand i vasken.

** Der kunne ikke måles noget vægttab af rammen efter de 20 minutters trækkeetid.

*** Der kunne ikke måles noget vægttab af rammen efter skyggeffjernelse og tørring - udgør sandsynligvis $< 1 \text{ g}$.

Svarer til den ved prøvetagningen opsamlende mængde spildevand - resten (0,7 l) fordamper fra vask, ramme og stænk i lokalet (herunder aerosoldannelse). Betydningen af fordampling fra vask vil minimeres, hvis flere rammer spules i træk.

Det skal bemærkes, at energiforbruget angiver højtryksspulerens forbrug (beregnet på basis af effekt af højtryksspuler og drifttid) - der er ikke installeret ventilation.

Spildevands-/kemikaliekarakteristik:

Parameter→ Pøve id. ↓	For- tynd.	pH	TS mg/l	GT mg/l	AOX $\mu\text{g/l}$	COD mgO_2/l	BOD ₅ mgO_2/l	COD/- BOD ₅	Nitrif. hæmn. (200 ml) %	Nitrif. hæmn. (20 ml) %
Skyg- gefj. spild	1:75 *	12,0	4310	1550	94	12300	3900	3,1	62	1
Skyg- gefj. ren	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Estimeret.

Procesdiagram: Manuel affedtning (15 rammer); Tryk. B

Procestype : Affedtning
 Anlægstype : Manuel (vask med højtryksvand)
 Kemikalietype : Vævsaffedter (18)
 Udført : 20/9 - 28/9 1995 på trykkeri B
 Forsøgsbetingelser : Rammestørrelse: 7 à 1,50 m² + 6 à 2,45 m² + 1 à 2,06 m² + 1 à 1,2 m²: Ialt 28,5 m²
 Væv: 10 stk 90T + 5 stk 120T (alle af polyester)
 Affedt areal: Der anvendes sprøjteflaske + pensel/børste (1 + 1) - samlet vævsareal = 24,9 m²
 Indvirkningstid: 2 min.

Procesbeskrivelse : 1. Rammen bruses med vand i ca. 5 sek.
 2. Der sprøjtes affedter på begge sider, som børstes ind i vævet med pensel - samlet tid ca. 2 min.
 3. Rammen trækker i ca. 2 min.
 4. Der bruses med vand i 0,5 - 1 min. - hvorefter rammen sættes til tørring.
 - rammen er klar til oprakling med fotoemulsion

Risiko for hudkontakt: Ja Risiko for sprøjt/stænk: (Ja) Risiko for indånding: (Ja)

Massebalance/Nøgletal (pr. m² ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Vævsaffedter (b.o.)	g/m ²	10,7 *	10,7	10,7	0	0
"Fedtudsløb"	g/m ²	-	0 **	0	0	0
Vand (skyllevand)	l/m ²	3 ± 1 #	3 ± 1	3 ± 1	0,1 **	0
Energi (el)	kWh/m ²	0 **	-	-	-	-

b.o.: Brugsopløsning. Den angivne mængde svarer til ca. 0,7 g handelsvare/m² fortyndet 1:15 med postevand.

* Der blev ialt brugt 306,1 g vævsaffedter som brugsopløsning til affedtning af 28,5 m² rammeareal. Dette giver et forbrug på 10,7 g/m².

** Se "Procesdiagram: Manuel affedtning" af 20/9-95

Baseret på 4 enkeltmålinger (n = 4) foretaget i forsøgsperioden ved aflæsning af vandure (aflæsningsnøjagtighed 1 l) før og efter skyggeffjernelse. Summen af dette gennemsnitsforbrug og de øvrige gennemsnitsforbrug (f.eks. forbrug ved farveffjernelse), der ligeledes er baseret på enkeltmålinger, er efter multiplikation med antal behandlede kvadratmeter sammenholdt med det totale vandforbrug (aflæsning af vandure før og efter forsøgsperioden). Forskellen på de to opgørelser udgjorde 1%.

Procesdiagram: Manuel affedtning (én ramme); Tryk. B

Procestype : Affedtning
 Anlægstype : Manuel (vask med højtryksvand)
 Kemikalietype : Vævsaffedter (18)
 Udført : 20/9-95 på trykkeri B
 Forsøgsbetingelser : Rammestørrelse: $125 \times 165 = 2,06 \text{ m}^2$ (væv = $1,84 \text{ m}^2$; væv excl limkant = $1,75 \text{ m}^2$)
 Væv: 120 HD (polyester)
 Affedt areal: Der anvendes sprøjteflaske + pensel/børste (1 + 1) - areal = $1,75 - 1,84 \text{ m}^2$
 Indvirkningstid: 2 min.

Procesbeskrivelse :

1. Rammen bruses med vand i ca. 5 sek.
2. Der sprøjtes affedter på begge sider, som børstes ind i vævet med pensel - samlet tid ca. 2 min.
3. Rammen trækker i ca. 2 min.
4. Der bruses med vand i ca. 0,5 - 1 min. - hvorefter rammen sættes til tørring.

 - rammen er klar til oprakling med fotoemulsion

Risiko for hudkontakt: Ja Risiko for sprøjt/stænk: (Ja) Risiko for indånding: (Ja)

Massebalance/Nøgletal (pr. m^2 ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Vævsaffedter (b.o.)	g/m^2	6,9	6,9	6,9	0	0
"Fedtudsløb"	g/m^2	-	0 *	0	0	0
Vand (skyllevand) »	l/m^2	3,0	3,0	2,9 **	0,1	0
Energi (el)	kWh/m^2	0 #	-	-	-	-

b.o.: Brugsopløsning. Den angivne mængde svarer til ca. 0,5 g handelsvare/ m^2 fortyndet 1:15 med postevand.

* Der kunne ikke måles noget vægttab af rammen efter affedtning og tørring - udgør sandsynligvis $< 1 \text{ g}$.

** Mængde af vand, der sad på rammen, da den gik til tørring, blev målt til 54 g/m^2 . På grundlag af denne måling samt forsøget med farvefjernelse (se "Procesdiagram: Manuel farvefjernelse" af 28/9-95) antages fordampet vand at udgøre 0,1 l.

El-forbruget er sat til 0, da der ikke er installeret ventilationssystem.

Spildevands-/kemikaliekarakteristik:

Parameter→ Prøve id. ↓	For-tynd.	pH	TS mg/l	GT mg/l	AOX $\mu\text{g/l}$	COD mgO_2/l	BOD ₅ mgO_2/l	COD/- BOD ₅	Nitrif. hæmn. (200 ml) %	Nitrif. hæmn. (20 ml) %
Vævs- affedt. spild	1:6500 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vævs- affedt. ren	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Estimeret

Procesdiagrammer for trykkeri C

Generelle bemærkninger til diagrammerne:

- virksomheden anvender primært et halvautomatisk rammevaskeanlæg (SPS, se bilag 2) til farve- og stencilfjernelse samt affedting. Manuel rammevask (stencilfjernelse) anvendes typisk som ekstra afvaskning pga. dårligt fungerende stencilfjerner sektion (Autojet E) i anlægget. Mindre rammer farvefjernes manuelt.
- for rammevask i det halvautomatiske anlæg gælder generelt, når der anvendes diesterbaseret farvefjerner:
Risiko for hudkontakt: *Ja* Risiko for sprøjt/stænk: *Ja* Risiko for indånding: (*Ja*)
- farvefjernerdelen (Autojet W) i anlægget indeholder en destillationsenhed, der ikke benyttes
- til stencilfjernerdelen (Autojet E) er koblet recirkulering af skyllevand med vandbehandling (slamfælde + olieudskiller: SOLVEX50)
- overløb fra recirkulationsanlægget løber - sammen med spildevand fra to vaske (hvor der udføres manuel farve- stencil- og skyggefjernelse m.m.) samt skyllevand fra reproafdelingen - over i en buffertank. Dette samlede spildevand pumpes batchvis over i et emulsionsspaltningssanlæg (SPLIT-O-MAT), hvor det behandles inden afledning til kloak.

Procesdiagram: Aut. farve- og stenciljernelse (1996 rammer); Tryk. C

Procestype : Farve- og stenciljernelse (+ affedning)

Anlægstype : Halvautomatisk; SPS Autojet W (m. destillationsenhed - ikke i funktion)
SPS Autojet E (m. SOLVEX (og SPLIT-O-MAT))

Farvejernertype : Diesterbaseret farvejernere (38h)

Stenciljernertype : Perjodsyrebaseret stenciljernere (39b)

Affedter : Vævsaffedter (18)

Udført : 17/3-95 til 8/9-95 (ialt 7 farvejernerskit på anlægget)

Forsøgsbetingelser : Rammestørrelser: 781 à 2,85-3,25 m² + 690 à 3,63 m² + 525 à 1,96-2,15 m²
Antal rammer (kva.meter): 1996 rammer (5992 m² svarende gennemsnitlig 3,00 m²/ramme).
Væv: 120T (polyester) alt dominerende
Emulsionstype: Diazobaseret fotoemulsion (7a)
Fillertype: Vandfortyndbar filler (14b)
Trykfarvetyper: Opl.midl.bas. papir- (26) og plastfarver (28) samt UV-farver (30a)
Skumdæmper: Nej

Maskinparametre : "Normal vaskeprogram" (program 2)

Trin	Antal rutiner	Tid/rutine	Tid ialt	Forbrug/rutine	Forbrug/s	Bemærkninger
Vaske (påsprjt. af f.fj.)	5	75 sek. *	375 sek. *	?	?	Autojet W
Afdrypning I	-	-	30 sek.	-	-	Autojet W
Skylning (ren f.fj.)	0	?	0	?	?	Autojet W
Afdrypning II	-	-	180 sek.	?	?	Autojet W
Tørring (trykluft)	-	-	60 sek.	-	-	Autojet W
Udluftning	-	-	30 sek.	?	?	Autojet W
Ramme udtages og overføres til Autojet E		< 30 sek.	-	-	-	Manuelt
Forbehandling (affedtn.)	0 ? #	? sek.	30 sek. ##	-	-	Autojet E
Vand I (recirk. højtryk)	2	65 sek. *	130 sek. *	? l recirk. vand	?	Autojet E
Påsprjt. af stenc.fj.	1	65 sek. *	65 sek. *	2,4 kg (b.o.) **	37 g (b.o.)	Autojet E
Træktid (4,5)	-	-	120 sek.	-	-	Autojet E
Vand II (recirk. højtryk)	2	65 sek. *	130 sek. *	? l recirk. vand	?	Autojet E
Efterbehandling (affedtn.)	0 (1?) #	65 sek. *	65 sek. *	1,4 kg (b.o.)	22 g (b.o.)	Autojet E
Vand III (recirk. højtryk)	0	65 sek.	0 sek.	? l recirk. vand	?	Autojet E
Skylning m. rent vand	2	65 sek. *	130 sek. *	22 l rent vand ###	0,34 l	Autojet E
"Afslutning" ?	-	-	170 sek. ***	-	-	Autojet E

Antal rutiner angiver antal dyssevandringer op og ned - bortset fra træktid, der angiver indstilling af potentiometer.

* Målt (tidsforbrug registreret) for rammestørrelsen 2,15 m² (145 cm x 148 cm)

** Baseret på et gennemsnit af tre målinger - se nedenstående massebalance

*** Der går ca. 3 minutter, fra skyl med vand ifølge vandur er færdig, til displayet skifter fra "Skylning m/rent vand" til "Driftsklar".

Ifølge display var denne funktion ikke aktiveret - men der blev brugt affedter - sandsynligvis kun ved efterbehandlingen, se nedenstående massebalance

Der går 30 sek. fra rammen er inde (og kammeret lukket), til displayet viser "Vand I".

Baseret på "Procesdiagram: Aut. stenciljern.: Vandforbrug (15 rammer + div.)" af 14-15/9-95.

Massebalance/Nøgletal (pr. m² ramme afvasket) - før vandbehandling

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Farvejernere	g/m ²	243 ± 67	243	83 *	7	153
Stenciljernere (b.o.)	g/m ²	790 **	790	790	0	0
Affedter (b.o.)	g/m ²	480 ***	480	480	0	0
Trykfarveudsløb	g (TS)/m ²	-	7 ####	2	0	5
Stenciludsløb	g (TS)/m ²	-	10 #	10	0	0
Vand (skyllevand)	l/m ²	14 ##	14	14	< 1	0
Energi (el)	kWh/m ²	0,50 ###	-	-	-	-

b.o.: Brugsopløsning. Handelsvare fortyndet 1:50 med vand. Den angivne stenciljernermængdesvarer til ca. 4,3 g aktivt stof/m²

* Gennemsnit af 8 stikprøver, se "Procesdiagram: Aut. farvejernelse - udslebsforsøg (10 rammer)" af 15/9-95

** Gennemsnitligt (n = 3) forbruges 2,4 ± 0,5 kg/ramme - baseret på stikprøver, se Procesdiagrammerne: "Aut. farve- og stenciljernelse (5-6 rammer)" af 14/9-95 og "Aut. stenciljern.: Kemikalieforbrug (4 + 1 rammer)" af 15/9-95

*** Gennemsnitligt (n = 3) forbruges 1,4 ± 0,2 kg/ramme - baseret på stikprøver, se Procesdiagrammerne: "Aut. farve- og stenciljernelse (5-6 rammer)" af 14/9-95 og "Aut. stenciljern.: Kemikalieforbrug (4 + 1 rammer)" af 15/9-95

Både hårdet fotoemulsion og filler. Baseret på 7 stikprøver, se Udslebskema 2

Der forbruges gen.sn. 43,3 l/ramme, se "Procesdiagram: Aut. stenciljern.: Vandforbrug (15 rammer + div.)" af 15/9 (14-15/9-95)

Til farvefj. af 43,58 m² (13 rammer) og stencilfj. af 50,84 m² (15 rammer) blev der d. 15/9-95 ialt brugt 23,37 kWh. Dette giver et forbr. på ca. 0,50 kWh/m². #### Baseret på målinger fra andre trykkerier, se Udslebskema 1.

Procesdiagram: Aut. farvefjernelse - udsblæbsforsøg (10 rammer); Tryk.C

Procestype : Farvefjernelse (og stencilfjernelse (+ affedning))
 Anlægstype : Halvautomatisk; SPS Autojet W (m. destillationsenhed - ikke i funktion)
 (SPS Autojet E (m. SOLVEX (og SPLIT-O-MAT)))
 Farvefjernertype : Diesterbaseret farvefjerner (38h)
 Udført : 15/9-95
 Forsøgsbetingelser : Rammestørrelser: 8 à 3,63 m² (165 x 220) + 2 à 2,15 m² (145 x 148)
 Antal rammer (kva.meter): 10 rammer (33,3 m² svarende gennemsnitlig 3,33 m²/ramme).
 Væv: 120T (polyester)
 Emulsionstype: Diazobaseret fotoemulsion (7a)
 Fillertype: Vandfortyndbar filler (14b)
 Trykfarvetyper: Opl.midl.bas. papir- (26) og plastfarver (28) samt UV-farver (30a)
 Skumdæmper: Nej
 Maskinparametre : "Normal vaskeprogram" (program 2 - kun Autojet W)

Trin	Antal rutiner	Tid/rutine	Tid ialt	Forbrug/rutine	Forbrug/s	Bemærkninger
Vaske (påsprjt. af f.fj.)	5	75 sek. *	375 sek. *	?	?	Autojet W
Afdrypning I	-	-	30 sek.	-	-	Autojet W
Skylning (ren f.fj.)	0	?	0	?	?	Autojet W
Afdrypning II	-	-	180 sek.	?	?	Autojet W
Tørring (trykluft)	-	-	60 sek.	-	-	Autojet W
Udluftning	-	-	30 sek.	?	?	Autojet W
Ramme udtages og overføres til Autojet E			< 30 sek.	-	-	Manuelt

Antal rutiner angiver antal dyssevandringer og ned.

* Målt (tidsforbrug registreret) for rammestørrelsen 2,15 m² (145 cm x 148 cm)

Rammen blev først vejlet (vægt med følsomhed på 0,1 g), før den manuelt blev ført ind i rammevaskeanlægget (Autojet W). Efter endt farvefjernelse blev rammen taget ud og påny vejlet, før den blev ført ind i Autojet E. Differensen mellem de to vejninger er et mål for den til stencilfjernelse (Autojet E) udsblæbte mængde farvefjerner m. farverest. Den samlede afdrypningstid andrager minimum 5 min.

Massebalance/Nøgletal (pr. m² ramme afvasket)

Dato	Rammestørrelse	Vævstype	Stencil-dæknings %	Afdryp-ningstid s	Udsløb g/ramme	Udsløb g/m ² ramme
15/09-94	3,63 m ² (165x220)	120T	? *	300 - 360	301 ± 51 #	83 ± 14 #
15/09-95	2,15 m ² (145x148)	120T	? *	300 - 360	193	90
15/09-95	2,15 m ² (145x148)	120T	? *	> 600	154	72

* Ikke registreret - sandsynligvis i gennemsnit omkring 80%.

Baseret på afvejninger af 8 forskellige rammer (n = 8)

Procesdiagram: Aut. stenciljern.:Vandforbrug(15 ramm. + div.);Tryk.C

Procestype : (Farve- og) stenciljernelse (+ affedtning)

Anlægstype : Halvautomatisk; (SPS Autojet W (m. destillationsenhed - ikke i funktion))
SPS Autojet E (m. SOLVEX (og SPLIT-O-MAT))

Forsøg udført d. 15/9-95 med henblik på kvantificering af vandforbrug ved skyl med rent vand.

Forsøgsbetingelser : Rammestørrelser: 12 à 3,63 m² (165x220) + 2 à 2,15 m² (145x148) +
1 à 2,98 m² (153x195)
Antal rammer (kva.meter): 15 rammer (50,8 m² svarende gennemsnitlig 3,39 m²/ramme).

Maskinparametre : "Normal vaskeprogram" (program 2)

Trin	Antal rutiner	Tid/rutine	Tid ialt	Forbrug/rutine	Forbrug/s	Bemærkninger
Forbehandling (affedtn.)	0 ? #	? sek.	30 sek. ##	-	-	Autojet E
Vand I (recirk. højtryk)	2	65 sek. *	130 sek. *	? l recirk. vand	?	Autojet E
Påsprøjt. af stenc.fj.	1	65 sek. *	65 sek. *	2,4 kg (b.o.) **	37 g (b.o.)	Autojet E
Træktid	(4,5)	-	120 sek.	-	-	Autojet E
Vand II (recirk. højtryk)	2	65 sek. *	130 sek. *	? l recirk. vand	?	Autojet E
Efterbehandling (affedtn.)	0 (1?) #	65 sek. *	65 sek. *	1,4 kg (b.o.)	22 g (b.o.)	Autojet E
Vand III (recirk. højtryk)	0	65 sek.	0 sek.	? l recirk. vand	?	Autojet E
Skylning m. rent vand	2	65 sek. *	130 sek. *	22 l rent vand	0,34 l	Autojet E
"Afslutning" ?	-	-	170 sek. ***	-	-	Autojet E

Antal rutiner angiver antal dyssevandringer op og ned - bortset fra træktid, der angiver indstilling af potentiometer.
* Målt (tidsforbrug registreret) for rammestørrelsen 2,15 m² (145 cm x 148 cm)

** Baseret på et gennemsnit af tre målinger - se Procesdiagrammerne: "Aut. farve- og stenciljernelse (5-6 rammer)" af 14/9-95 og "Aut. stenciljern.: Kemikalieforbrug" af 15/9-95

*** Der gik ca. 3 minutter, fra skyl med vand ifølge vandur var færdig, til displayet skiftede fra "Skylning m/rent vand" til "Driftsklar".

Ifølge display var denne funktion ikke aktiveret - men der blev brugt affedter, sandsynligvis ved efterbehandlingen, se massebalancer på "Procesdiagram: Aut. stenciljern.: Kemikalieforbrug" af d. 15/9-95

Der gik 30 sek. fra rammen var inde (og kammeret lukket), til displayet viste "Vand I".

Massebalance/Nøgletal (pr. m² ramme afvasket)

Rammestørrelser	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
3,63/2,15/2,98 m ²	l/m ²	13 *	13	13 **	< 1 **	0

* Totalt vandforbrug for de 15 rammer androg 649 l (målt med vandur) hvilket svarer til 43,3 l/ramme.

** Opsamling af spildevand (batchvis) ikke mulig - spild til luft derfor antaget bl.a. ud fra målinger foretaget på Notio rammevaskeanlæg (trykkeri E).

Forsøg udført d. 14-15/9-95 med henblik på kvantificering af vandforbrug ved skyl med rent vand (stikprøver).

Forsøgsbetingelser : Rammestørrelser: 1 à 3,63 m² (165x220) + 1 à 2,15 m² (145x148) +
1 à 2,98 m² (153x195) + 2 à 2,85 m² (154x185)
Antal rammer (kva.meter): 5 rammer (14,5 m² svarende gennemsnitlig 2,9 m²/ramme).

Maskinparametre : Se ovenstående

Massebalance/Nøgletal (pr. m² ramme afvasket)

Rammestørrelser	Forbrug pr. ramme (l/ramme)	Forbrug pr. kvadratmeter (l/m ²)
3,63 m ² (165x220)	43	12
2,98 m ² (153x195)	45	15
2,85 m ² (154x185)	41	14
2,85 m ² (154x185)	45	16
2,15 m ² (145x148)	44	20

Som det fremgår af ovenstående skema, er vandforbruget afhængig af antal rammer men ikke af størrelsen af de her testede rammestørrelser.

Procesdiagram: Aut. farve- og stenciljernelse (5-6 rammer); Tryk. C

Procestype	:	Farve- og stenciljernelse (+ affedtning)
Anlægstype	:	Halvautomatisk; SPS Autojet W (m. destillationsenhed - ikke i funktion) SPS Autojet E (m. SOLVEX (og SPLIT-O-MAT))
Farvejernertype	:	Diesterbaseret farvefjerner (38h)
Stenciljernertype	:	Perjodsyrebaseret stencilfjerner (39b)
Affedter	:	Vævsaffedter (18)
Udført	:	14/9-95
Forsøgsbetingelser	:	Rammestørrelser: Autojet W: 4 à 2,85 m ² + 1 à 2,98 m ² Autojet E: 4 à 2,85 m ² + 1 à 2,98 m ² + 1 à 3,63 m ² Antal rammer (kva.meter): Autojet W; 6 ram. (18,01 m ²) og Autojet E; 5 ram. (14,38 m ²) Væv: 120T (polyester) Emulsionstype: Diazobaseret fotoemulsion (7a) Fillertype: Vandfortyndbar filler (14b) Trykfarvetyper: Opl.midl.bas. papir- (26) og plastfarver (28) samt UV-farver (30a) Skumdæmper: Nej
Maskinparametre	:	"Normal vaskeprogram" (program 2)

Trin	Antal rutiner	Tid/rutine	Tid ialt	Forbrug/rutine	Forbrug/s	Bemærkninger
Vaske (påsprjt. af f.fj.)	5	75 sek. *	375 sek. *	?	?	Autojet W
Afdrypning I	-	-	30 sek.	-	-	Autojet W
Skylning (ren f.fj.)	0	?	0	?	?	Autojet W
Afdrypning II	-	-	180 sek.	?	?	Autojet W
Tørring (trykluft)	-	-	60 sek.	-	-	Autojet W
Udluftning	-	-	30 sek.	?	?	Autojet W
Ramme udtages og overføres til Autojet E			< 30 sek.	-	-	Manuelt
Forbehandling (affedtn.)	0 ? #	? sek.	30 sek. ##	-	-	Autojet E
Vand I (recirk. højtryk)	2	65 sek. *	130 sek. *	? 1 recirk. vand	?	Autojet E
Påsprjtn. af stenc.fj.	1	65 sek. *	65 sek. *	2,4 kg (b.o.) **	37 g (b.o.)	Autojet E
Træktid (4,5)	-	-	120 sek.	-	-	Autojet E
Vand II (recirk. højtryk)	2	65 sek. *	130 sek. *	? 1 recirk. vand	?	Autojet E
Efterbehandling (affedtn.)	0 (1?) #	65 sek. *	65 sek. *	1,4 kg (b.o.)	22 g (b.o.)	Autojet E
Vand III (recirk. højtryk)	0	65 sek.	0 sek.	? 1 recirk. vand	?	Autojet E
Skylning m. rent vand	2	65 sek. *	130 sek. *	22 l rent vand ###	0,34 l	Autojet E
"Afslutning" ?	-	-	170 sek. ***	-	-	Autojet E

Antal rutiner angiver antal dyssevandringer og ned - bortset fra træktid, der angiver indstilling af potentiometer.

* Målt (tidsforbrug registreret) for rammestørrelsen 2,15 m² (145 cm x 148 cm)

** Baseret på et gennemsnit af tre målinger - se nedenstående massebalance og "Procesdiagram: Aut. stenciljern.: Kemikalieforbrug...." af 15/9-95

*** Der gik ca. 3 minutter, fra skyl med vand ifølge vandur var færdig, til displayet skiftede fra "Skylning m/rent vand" til "Driftsklar".

Ifølge display var denne funktion ikke aktiveret - men der blev brugt affedter, sandsynligvis kun ved efterbehandlingen, se nedenstående massebalance

Der gik 30 sek. fra rammen var inde (og kammeret lukket), til displayet viste "Vand I".

Baseret på "Procesdiagram: Aut. stenciljern.: Vandforbrug (15 rammer + div.); Tryk. C" af 14-15/9-95.

Massebalance/Nøgletal (pr. m² ramme afvasket) - før vandbehandling

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Farvefjerner	g/m ²	-	-	-	-	-
Stencilfjerner (b.o.)	g/m ²	640 *	640	640	0	0
Affedter (b.o.)	g/m ²	490 **	490	490	0	0
Vand (skyllevand)	l/m ²	15	15	15	< 1 ***	0
Energi (el)	kWh/m ²	0,5 #	-	-	-	-

b.o.: Brugsopløsning. Handelsvare fortyndet 1:50 med vand. Den angivne mængde svarer til ca. 3,5 g aktivt stof/m²

* Der blev ialt brugt 1,8 kg/ramme.

** Der blev ialt brugt 1,4 kg/ramme.

*** Spild til luft er antaget bl.a. ud fra målinger foretaget på Notio rammevaskeanlæg (trykkeri E).

Der blev ialt brugt 7,61 kWh over 1 time og 40 minutter.

Procesdiagram: Aut. stenciljern.: Kemikalieforbrug (4 + 1 rammer); Tryk. C

Procestype : (Farve- og) stenciljernelse (+ affedning)

Anlægstype : Halvautomatisk; (SPS Autojet W (m. destillationsenhed - ikke i funktion))
SPS Autojet E (m. SOLVEX (og SPLIT-O-MAT))

Forsøg udført d. 15/9-95 med henblik på kvantificering af stencilfj. og affedter forbrug ved stenciljernelse.

Forsøgsbetingelser : Rammestørrelser: 3 à 3,63 m² (165x220) + 1 à 2,15 m² (145x148)
Antal rammer (kva.meter): 3 rammer (13,04 m² svarende gennemsnitlig 3,26 m²/ramme).

Maskinparametre : "Normal vaskeprogram" (program 2)

Trin	Antal rutiner	Tid/rutine	Tid ialt	Forbrug/rutine	Forbrug/s	Bemærkninger
Forbehandling (affedtn.)	0 ? #	? sek.	30 sek. ##	-	-	Autojet E
Vand I (recirk. højtryk)	2	65 sek. *	130 sek. *	? l recirk. vand	?	Autojet E
Påsprøjtning af stenc.fj.	1	65 sek. *	65 sek. *	2,4 kg (b.o.) **	37 g (b.o.)	Autojet E
Træktid	(4,5)	-	120 sek.	-	-	Autojet E
Vand II (recirk. højtryk)	2	65 sek. *	130 sek. *	? l recirk. vand	?	Autojet E
Efterbehandling (affedtn.)	0 (1?) #	65 sek. *	65 sek. *	1,4 kg (b.o.)	22 g (b.o.)	Autojet E
Vand III (recirk. højtryk)	0	65 sek.	0 sek.	? l recirk. vand	?	Autojet E
Skylning m. rent vand	2	65 sek. *	130 sek. *	22 l rent vand	0,34 l	Autojet E
"Afslutning" ?	-	-	170 sek. ***	-	-	Autojet E

Antal rutiner angiver antal dyssevandringer op og ned - bortset fra træktid, der angiver indstilling af potentiometer.

* Målt (tidsforbrug registreret) for rammestørrelsen 2,15 m² (145 cm x 148 cm)

** Baseret på et gennemsnit af tre målinger - se nedenstående massebalancer og "Procesdiagram: Aut. farve- og stenciljern. (5-6 rammer) ..." af 14/9-95

*** Der gik ca. 3 minutter, fra skyl med vand ifølge vandur var færdig, til displayet skiftede fra "Skylning m/rent vand" til "Driftklar".

Ifølge display var denne funktion ikke aktiveret - men der blev brugt affedter, sandsynligvis kun ved efterbehandlingen, se nedenstående massebalancer.

Der gik 30 sek. fra rammen var inde (og kammeret lukket), til displayet viste "Vand I".

Massebalance/Nøgletal (pr. m² ramme afvasket)

Kemikalie	Forbrug pr. ramme (kg/ramme)	Forbrug pr. kvadratmeter (g/m ²)
Stenciljern (b.o.)	2,5	770
Affedter (b.o.)	1,6	480

b.o.: Brugsopløsning. Både stenciljern- og affedterkoncentrat (dvs. handelsvarer) fortyndet 1:50 med vand.

Forsøg udført d. 15/9-95 med henblik på kvantificering af stencilfj. og affedter forbrug ved stenciljernelse.

Forsøgsbetingelser : Rammestørrelse: 1 à 2,15 m² (145x148)
Antal rammer (kva.meter): 1 ramme (2,15 m²)

Maskinparametre : Se ovenstående

Massebalance/Nøgletal (pr. m² ramme afvasket)

Kemikalie	Forbrug pr. ramme (kg/ramme)	Forbrug pr. kvadratmeter (g/m ²)
Stenciljern (b.o.)	2,8	1300
Affedter (b.o.)	1,3	590

b.o.: Brugsopløsning. Både stenciljern- og affedterkoncentrat (dvs. handelsvarer) fortyndet 1:50 med vand.

Det skal bemærkes, at samtlige rammer, der blev vasket i Autojet E d. 14 - 15/9 1995, blev "eftervasket" manuelt med stenciljern (pletvis påførsel) og højtryksspuling med vand. Dette skyldes, at Autojet E ikke vaskede optimalt - muligvis pga. blokerede dyser ?.

Procesdiagram: Manuel farve- og stencilfjernelse (2 + 4 rammer); Tryk. C

Procestype	:	Farvefjernelse + stencilfjernelse
Anlægstype	:	Manuel: Vask + bølge m. kemikalie og børste samt højtrykssvund
Kemikalietyper	:	Aromafri vandemulgerbar farvefjerner (Flammepunkt = 90°C) (38f) Perjodsyrebaseret stencilfjerner (39b)
Udført	:	14/9-95 på trykkeri C
Forsøgsbetingelser	:	Rammestørrelse: 145 x 148 = 2,15 m ² (2 farveff. + 4 stencilff.) Væv: 120T (polyester) Emulsionsdækningsgrad: ? Afdrypningstid: Irrelevant da alt kemikalie blev spulet af med vand Trykfarvetyper: Opløsningsmiddelbaserede farver (26 og 28) Emulsionstype: Diazobaseret fotoemulsion (7a) Fillertype: Vandfortyndbar (14b)
Procesbeskrivelse	:	1. Rammen påføres farvefjerner eller stencilfjerner med børste på både tryk- og rakelside. Tid ca. 1 min. 2. Rammen skylles med vand fra slange (kun farvefjernelse) eller højtryksspules (kun stencilfjernelse) - i 30 - 60 sek. 3. Rammen skylles med vandslange i ca. 30 sek. (kun v. stencilfjernelse).
Risiko for hudkontakt: Ja Risiko for sprøjt/stænk: Ja Risiko for indånding: Ja		

Massebalance/Nøgletal (pr. m² ramme afvasket) - før vandbehandling

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Farvefjerner	g/m ²	257	257	257	0	0
Trykfarveudsløb	g/m ²	-	5 *	5	0	0
Fillerudsløb	g/m ²	-	1-2 **	1-2	0	0
Vand (skyllevand)	l/m ²	?	?	?	0	0
Energi (el)	kWh/m ²	? ***	-	-	-	-

* Baseret på målinger fra andre trykkerier, se Udslibsskema 1

** Baseret på 7 stikprøver, se Udslibsskema 2

*** "Kun" højtryksspuleren bruger el. Der er ikke monteret ventilationssanlæg på vasken. Energiforbruget andrager derfor sandsynligvis omkring 0,1 kWh/min (iht. målinger på trykkeri A's anlæg) i 1 min svarende til 0,05 kWh/m². Stencilfjernerforbruget kunne pga. fejl ikke registreres - derfor ingen massebalance for stencilfjernelsen.

Procesdiagram: Vandbehandling koblet på aut. rammevaskeanlæg; Tryk. C

Procestype	:	Olie/slamudkillelse efterfulgt af "flokkuleringsanlæg" (emulsionsspaltning)
Anlægstype	:	SPS-SOLVEX, system H, type SOLVEX 50 (slamfælde + olieudskiller incl. koalescens) SPLIT-O-MAT, type 1000 VA (flokkulering kombineret med papirbåndfilter)
Udført	:	15/9-95
Spildevandsindhold	:	Farvefjerner: Diesterbas. farveff. (38h) + Aromatfri vandemul. farveff. (38f) Stencilfjerner: Perjodsyrebaseret stencilfjerner (39b) Affedtere: Vævsaffedtere (18) Hærdet fotoemulsion: Diazobaseret fotoemulsion (7a) Trykfarverester: Opl. midl. bas. papir- (26) og plastfarver (28) samt UV-farver (30a) Fillertype: Vandfortyndbar (14b) Skyggefjerner: Hypokloritbaseret (40b) - blev ikke anvendt 14 - 15/9 1995 Øvrigt 1: Skyllvand fra reproafd. (fremkalder- og fixerrester) Øvrigt 2: Diverse afvaskninger af udstyr (f.eks. offservalser) m. opløsningsmidler og detergenter
Procesbetingelser	:	Beh. spildevandsmængde: Ialt 1224 l (4 fulde batches + én lille), heraf stammer 230 l fra dagen før SOLVEX: Opholdstid: ? min. SPLIT-O-MAT: Kan max. behandle 8 m ³ /d iflg. leverandør Flokkuleringsmiddel: Aluminiumssulfat (EC 2000) Dosering (flok. midl.): ? kg/batch (anbefalet dosering = 1-1,5 kg/m ³) Batchstørrelse: 260 l Opholdstid: 40 min

Massebalance/Nøgletal (pr. m³ spildevand behandlet)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Farvefjerner *	g/m ³	?	?	?	?	?
Trykfarveudsløb	g/m ³	-	?	?	0	?
Stencilfjerner	g/m ³	?	?	?	?	?
Stenciludsløb	g/m ³	-	?	?	0	?
Vand (vaskeanlæg)	l/m ³	388	388	388	≈ 0	≈ 0
Vand (manuel afv.)	l/m ³	112	112	112	≈ 0	≈ 0
Vand (repro-afd.)	l/m ³	494	494	494	≈ 0	≈ 0
Energi (el)	kWh/m ³	0,2 ***	-	-	-	-

* Det skal bemærkes, at farvefjernerne indeholder emulgatorer.

*** Ifølge leverandøroplysninger.

Det har ikke været muligt at opstille massebalancer for kemikalierne - bl.a. pga. de mange ukendte bidrag til det komplekse spildevand.

Spildevands-/kemikaliekarakteristik:

Parameter→	pH	TS mg/l	GT mg/l	AOX µg/l	COD mgO ₂ /l	BOD ₅ mgO ₂ /l	COD/- BOD ₅	Nitrif. hæmn. (200 ml) %	Nitrif. hæmn. (20 ml) %
Prøve id. ↓									
Før spildv. beh.	7,6	1240	620	570	5340	740	7,2	76	2
Efter spildv. beh.	7,7	1240	491	130	4950	1200	4,3	73	-

Procesdiagrammer for trykkeri D

Generelle bemærkninger til diagrammerne:

- virksomheden vasker stort set alle rammer i et automatisk rammevaskeanlæg af typen Svecia SAW (se bilag 2). Bemærk at anlægget kører med recirkulation af stencilfjerner.
- for rammevask i det automatiske anlæg under drift (der ses bort fra kemikalieskift o.lign.) gælder generelt:
Risiko for hudkontakt: *nej* Risiko for sprøjt/stænk: *nej* Risiko for indånding: *nej*.
- det automatiske rammevaskeanlæg registrerer bl.a. automatisk (visning på display) antal rammer og kvadratmeter rammer vasket siden sidste nulstilling. Et forsøg med manuel registrering af antal rammer og størrelser vasket over 17 dage gav 277 rammer og 387 m² svarende til 1,40 m²/ramme i gennemsnit. Rammevaskeanlægget registrerede samme antal rammer men et samlet areal, der var 16% højere. I "Procesdiagrammet: Aut. farve- og stencilfjernelse (1076 rammer)" er der derfor brugt antal rammer registreret af anlægget ganget med 1,40 m²/ramme. De understregede rammestørrelser er dominerende på trykkeri D.
- de angivne "funktioner til/fra på maskine" styres ved indstilling af "zoneværdier" på anlægget.

Procesdiagram: Aut. farve- og stencilfjernelse (1076 rammer); Tryk. D

Procestype	:	Farve- og stencilfjernelse
Anlægstype	:	Automatisk; Svecia SAW-A-1700
Farvefjernertype	:	Diesterbaseret farvefjerner (38h)
Stencilfjernertype	:	Perjodsyrebaseret stencilfjerner (39b)
Udført	:	Uge 31 - uge 39 (30/9) 1995 på trykkeri D
Forsøgsbetingelser	:	Rammestørrelser: 0,79 m ² ; 1,08 m ² ; 1,55 m ² ; 1,65 m ² ; 1,94 m ² ; 2,52 m ² Antal rammer (kva.meter): 1076 rammer (1506 m ²) svarende til ét farvefjerner skift Væv: 120T (polyester) alt dominerende Emulsionstype: Hybridbaseret fotoemulsion (7c) Fillertype: Vandfortyndbar filler (14b) Trykfarvetyper: Opl. midl. bas. papir- (26) & plastfarver (28) + UV-farver (30a) Skumdæmper: Antiskummer (39c)
Maskinparametre	:	Hastighed - transportbånd: 0,31 m/min (37 Hz) Ventilator - udsugning: Ca. 1/3 af max. (svarende til 400 m ³ /h) Stencilfj. doseringspumpe: 55 slag i min. Recirk. af brugt stencilfj.: "100% i starten" - men med overløb og fast frisk dosering Recirk. af skyllevand: 0%

Funktioner til/fra på maskine (afh. af rammens forkants*/bagkants** placering ifht. afstand fra passeret føler):

Funktion	Slås til ved *	Slås fra ved **	Driftid v. 115 cm »	Bemærkninger
Børster	9,9 cm	462 cm	1180 sek. (1117 sek. estimeret)	≈ maskinens længde
Farvefjernerpumpe	6,6 cm	165 cm	535 sek. (542 sek. estimeret)	
Stencilfjernerpumpe	215 cm	125 cm	470 sek. (465 sek. estimeret)	
Doseringspumpe (stencil)	215 cm	125 cm	465 sek. estimeret	
Højtrykspumpe	343 cm	36,3 cm	245 sek. (293 sek. estimeret)	
Dyssedrev - højtryk	347 cm	9,9 cm	242 sek. estimeret	
Blokeringsføler	178 cm	9,9 cm	242 sek. estimeret	
* Rammens forkant		** Rammens bagkant	» Målt på ramme: 115 cm x 135 cm	

Massebalance/Nøgletal (pr. m² ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Farvefjerner	g/m ²	226	226	86 *	6	134
Stencilfjerner (b.o.)	g/m ²	152	152	152	0	0
Skumdæmper	g/m ²	0,44	0,44	0,44	0	0
Trykfarveudsløb	g/m ²	-	9 #	3	≈ 0	6
Hærdet fotoemulsion	g TS/m ²	-	11,8	11,8	0	0
Fillerudsløb	g TS/m ²	-	1,2 ##	1,2	0	0
Vand (skyllevand)	l/m ²	52	52	51	1 **	0
Energi (el)	kWh/m ²	0,35	-	-	-	-

b.o.: Brugsopløsning. Indeholder ca. 0,7% aktivt stof. Den anførte mængde svarer til ca. 1,1 g aktivt stof/m²

* Direkte måling ikke mulig. Baseret på differencen mellem forbrug og summen af spild til luft og kemikalieaffald

** Estimeret på grundlag af forsøg med opsamling af spildevand relateret til forbrug.

Baseret på gennemsnit af 5 stikprøver (se Udslæbsskema 1)

Baseret på gennemsnit af henholdsvis 4 stikprøver (hærdet fotoemulsion) og 3 stikprøver (filler) (se Udslæbsskema 2)

Spildevands-/kemikaliekaraktæristikprøver udtaget d. 12/9-95, dvs. da ca. 2/3 af de 1076 rammer var vasket):

Param. → Prøve id. ↓	Fortynd.	pH	TS mg/l	GT mg/l	AOX µg/l	COD mgO ₂ /l	BOD ₅ mgO ₂ /l	COD/- BOD ₅	Nitrif. hæmn. (200 ml) %	Nitrif. hæmn. (20 ml) %
Stencilfj. spild »	380 *	8,2	500	132	28	145	47	3,1	3	-
Recirk. overløb #	0	2,7	4230	3570	2900	29400	17000	1,7	100	97

» Blanding af skyllevand og udslået recirkulat (stencilfjerner og farvefjerner) m. farverest.

Overløb, der føres til kloak fra recirkulerende stencilfjernerblanding (recirkulat) indeholdende udsløb af farvefjerner fra farvefjernelsestrin. Hele mængden føres til kloak ved kemikalieskift på maskinen.

* Gældende for recirkulatet og beregnet på grundlag af TS i de to prøver.

Procesdiagram: Aut. farve- og stencilfjernelse (enkelt-rammer); Tryk D

Procestype	:	Farve- og stencilfjernelse
Anlægstype	:	Automatisk; Svecia SAW-A-1700
Farvefjernertype	:	Diesterbaseret farvefjerner (38h)
Stencilfjernertype	:	Perjodsyrebaseret stencilfjerner (39b)
Udført	:	11/9 og 12/9 1995 på trykkeri D
Forsøgsbetingelser	:	Rammestørrelser: $85 \times 93 = 0,79 \text{ m}^2$; $90 \times 120 = 1,08 \text{ m}^2$; $115 \times 135 = 1,55 \text{ m}^2$ Antal rammer (kva.meter): 1 à 0,79 + 2 à 1,08 + 2 à 1,55 kørt diskontinuert dvs. adskilt Væv: 120T (polyester) Emulsionstype: Hybridbaseret fotoemulsion (7c) Fillertype: Vandfortyndbar filler (14b) Trykfarvetyper: Opl. midl. bas. papir- (26) og plastfarver (28) Skumdæmper: Antiskummer (39c)
Maskinparametre	:	Hastighed - transportbånd: 0,31 m/min (37 Hz) Ventilator - udsugning: Ca. 1/3 af max. (svarende til 400 m ³ /h) Stencilfj. doseringspumpe: 55 slag i min. Recirk. af brugt stencilfj.: "100% i starten" - men med overløb og fast frisk dosering Recirk. af skyllevand: 0%

Funktioner til/fra på maskine (afh. af rammens forkants*/bagkants** placering ift. afstand fra passeret føler):

Funktion	Slås til ved *	Slås fra ved **	Driftid v. 115 cm »	Bemærkninger
Børster	9,9 cm	462 cm	1180 sek. (1117 sek. estimeret)	≈ maskinens længde
Farvefjernerpumpe	6,6 cm	165 cm	535 sek. (542 sek. estimeret)	
Stencilfjernerpumpe	215 cm	125 cm	470 sek. (465 sek. estimeret)	
Doseringspumpe (stencil)	215 cm	125 cm	465 sek. estimeret	
Højtrykspumpe	343 cm	36,3 cm	245 sek. (293 sek. estimeret)	
Dyssedrev - højtryk	347 cm	9,9 cm	242 sek. estimeret	
Blokeringsføler	178 cm	9,9 cm	242 sek. estimeret	

* Rammens forkant

** Rammens bagkant

» Målt på ramme: 115 cm x 135 cm

Massebalance/Nøgletal (pr. m² ramme afvasket)

Forsøg udført d. 11/9-95 med henblik på kvantificering af vandforbrug; 2 rammer à 1,08 m² og 1 ramme à 0,79 m² alle kørt separat:

Rammestørrelse	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
90 x 120 (1,08 m ²)	l/m ²	57**	57	> 52	?	0
85 x 93 (0,79 m ²) #	l/m ²	81,6	81,6	80,4 *	1,2	0

* Svarer til den opsamlede spildevandsmængdepr. m².

** De to målinger for rammestørrelsen 90 x 120 gav samme værdi

Lægges ned - i modsætning til alle andre rammestørrelser, der stilles på højkant, når de føres ind i rammevaskeren.

Forsøg udført d. 12/9-95 med henblik på kvantificering af vand-, energi og stencilfj. forbrug; 2 rammer à 115 x 135 = 1,55 m² kørt separat (over en tidsperiode på ialt 40 min.):

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Farvefjerner *	g/m ²	?	?	?	?	?
Stencilfjerner (b.o.)	g/m ²	156	156	156	0	0
Vand (skyllevand)	l/m ²	47	47	?	?	0
Energi (el)	kWh/m ²	0,39 **	-	-	-	-

b.o.: Brugsopløsning. Indeholder ca. 0,7% aktivt stof.

* Det er ikke muligt at kvantificere forbrug på få rammer (pga. stort forlag), og udslib lader sig ikke kvantificere ved differensvejning, fordi det ikke er muligt at udtage rammer af maskinen. Forsøg med at stoppe børstefunktion og øvrige funktioner efter farvefjernerpåførsel (incl. "afdrypningsbørste") og lade rammen køre videre igennem maskinen (transportruller kører 0,31 cm/min) gav urealistiske lave værdier (8,6 g/m² - 26,1 g/m²), hvilket sandsynligvis skyldes passage af flere typer børster (bl.a. stencilbørster og tørrebørster) kombineret med forlænget afdrypningstid.

** Energiforbruget ved standby (kun standbyfunktioner på maskine samt ventilation i brug) blev d. 11/9-95 målt til 0,1 kWh/h over en periode på 3 timer.

Procesdiagram: Aut. farve- og stencilfjernelse (11 rammer i serie); Tryk. D

Procestype	:	Farve- og stencilfjernelse
Anlægstype	:	Automatisk; Svecia SAW-A-1700
Farvefjernertype	:	Diesterbaseret farvefjerner (38h)
Stencilfjernertype	:	Perjodsyrebaseret stencilfjerner (39b)
Udført	:	12/9 1995 på trykkeri D
Forsøgsbetingelser	:	Rammestørrelser: $115 \times 135 = 1,55 \text{ m}^2$ Antal rammer (kva.meter): 11 ($17,1 \text{ m}^2$) kørt i serie over ca. 57 min. Væv: 120T (polyester) Emulsionstype: Hybridbaseret fotoemulsion (7c) Fillertype: Vandfortyndbar filler (14b) Trykfarvetyper: Opl.midl.bas. papir- (26) og plastfarver (28) Skumdæmper: Antiskummer (39c)
Maskinparametre	:	Hastighed - transportbånd: 0,31 m/min (37 Hz) Ventilator - udsugning: Ca. 1/3 af max. (svarende til $400 \text{ m}^3/\text{h}$) Stencilfj. doseringspumpe: 55 slag i min. Recirk. af brugt stencilfj.: "100% i starten" - men med overløb og fast frisk dosering Recirk. af skyllevand: 0%

Funktioner til/fra på maskine (afh. af rammens forkants*/bagkants placering ift. afstand fra passeret føler):**

Funktion	Slås til ved *	Slås fra ved **	Drifttid v. 115 cm *	Bemærkninger
Børster	9,9 cm	462 cm	1180 sek. (1117 sek. estimeret)	≈ maskinens længde
Farvefjernerpumpe	6,6 cm	165 cm	535 sek. (542 sek. estimeret)	
Stencilfjernerpumpe	215 cm	125 cm	470 sek. (465 sek. estimeret)	
Doseringspumpe (stencil)	215 cm	125 cm	465 sek. estimeret	
Højtrykspumpe	343 cm	36,3 cm	245 sek. (293 sek. estimeret)	
Dyssedrev - højtryk	347 cm	9,9 cm	242 sek. estimeret	
Blokeringsføler	178 cm	9,9 cm	242 sek. estimeret	

* Rammens forkant

** Rammens bagkant

* Målt på ramme: 115 cm x 135 cm

En gennemkørsel tager ca. 16 min. + rammens længde divideret med 31 cm/min.

Massebalance/Nøgletal (pr. m^2 ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Farvefjerner *	g/m^2	?	?	?	?	?
Stencilfjerner (b.o.)	g/m^2	83	83	83	0	0
Vand (skyllevand)	l/m^2	43	43	?	?	0
Energi (el)	kWh/m^2	0,22 **	-	-	-	-

b.o.: Brugsopløsning. Indholder ca. 0,7% aktivt stof.

* Det er ikke muligt at kvantificere forbrug på få rammer (pga. stort forlag), og udslib lader sig ikke kvantificere ved differensvejning, fordi det ikke er muligt at udtage rammer af maskinen. Forsøg, med at stoppe børstefunktion og øvrige funktioner efter farvefjernerpåførsel (incl. "afdrypningsbørste") og lade rammen køre videre igennem maskinen (transportruller kører 0,31 cm/min), gav urealistiske lave værdier ($8,6 \text{ g}/\text{m}^2$ - $26,1 \text{ g}/\text{m}^2$), hvilket sandsynligvis skyldes passage af flere typer børster (bl.a. stencilbørster og tørrebørster) kombineret med forlænget afdrypningstid.

** Energiforbruget ved standby (kun standbyfunktioner på maskine samt ventilation i brug) blev d. 11/9-95 målt til 0,1 kWh/h over en periode på 3 timer.

Procesdiagrammer for trykkeri E

Generelle bemærkninger til diagrammerne:

- trykkeriet farve- og stencilfjerner næsten udelukkende i et automatisk rammevaskeanlæg af typen Notio (se bilag 2).
- trykkeriet afviger fra de øvrige deltagende trykkerier ved bl.a. at anvende vandfortyndbare UV-farver, der i 1994 udgjorde godt 1/4 af virksomhedens samlede trykfarve/lak forbrug /2/.
- for rammevask i det automatiske anlæg under drift (der ses bort fra kemikalie-skift o.lign.) gælder generelt:
Risiko for hudkontakt: *nej* Risiko for sprøjt/stænk: *nej* Risiko for indånding: *nej*

Procesdiagram: Aut. farve- og stencilfjernelse (88 rammer); Tryk. E&

Procestype	:	Farve- og stencilfjernelse
Anlægstype	:	Automatisk; Notio model SRVA/85-86 Type; 2.2
Farvefjernertype	:	Diesterbaseret farvefjerner (38h)
Stencilfjernertype	:	Perjodsyrebaseret stencilfjerner (39b)
Udført	:	Uge 43, 1994 på trykkeri E (reference /2/, /6/, /7/)
Forsøgsbetingelser	:	Rammestørrelser: 28 à 2,93 m ² + 25 à 2,04 m ² + 18 à 2,19 m ² + 17 à 1,42 m ² Antal rammer (kva.meter): 88 rammer (197 m ² svarende gennemsnitlig 2,24 m ² /ramme). Væv: 150T (polyester) dominerende Emulsionstype: Hybridbaseret fotoemulsion (7c) Fillertype: Hybridbaseret fotoemulsion (7c)/Vandfortyndbar filler (14b) Trykfarvetyper: UV-farver (vandf. (30b) + monomerfortynd. (30a)) + opl.-midl.bas. papir- (26) og plastfarver (28) Skumdæmper: Nej
Maskinparametre	:	Fuld program (program II)

Trin	Antal rutiner	Tid/rutine	Tid ialt	Forbrug/rutine	Forbrug/s	Bemærkninger
Påsprøjt. af farvefj.	1	30 sek.	30 sek.	?	?	Sektion I
Forvask	9	35 sek.	315 sek.	?	?	Sektion I
Finvask	4	35 sek.	140 sek.	?	?	Sektion I
Afdrypningstid	-	30 sek.	30 sek.	-	-	Sektion I
Afskyllning	2	40 sek. #	80 sek. #	24 l vand #	0,60 l vand	Sektion II
Påsprøjt. af stenc.fj.	3	15 sek.	45 sek.	0,55 kg (b.o.)	37 g (b.o.)	Sektion II
Træktid	-	90 sek.	90 sek.	-	-	Sektion II
Højtryksrens	6	70 sek. #	420 sek. #	41,5 l vand #	0,59 l vand	Sektion II
Skyl - begge sider	0					Sektion II
Lufttørring (kold)	2	20 sek.	40 sek.	-	-	Sektion II

Målt/beregnet for rammestørrelsen 2,19 m². Afhænger af rammens højde og længde (følere installeret i rammevaskeanlægget)

Massebalance/Nøgletal (pr. m² ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Farvefjerner	g/m ²	216	216	150	6	60
Stencilfjerner (b.o.)	g/m ²	652	652	652	0	0
Trykfarveudsløb	g/m ²	-	5	4 *	0	1 *
Stenciludsløb **	g/m ²	-	15	15	0	0
Vand (skyllevand)	l/m ²	190	190	189 ***	1 ***	0
Energi (el)	kWh/m ²	?	-	-	-	-

b.o.: Brugsopløsning. Handelsvare fortyndet 1:50 med vand ($\approx 0,1\%$ aktivt stof). Den angivne mængde svarer til 0,8 g aktivt stof/m²

* Det er antaget af farveresten er jævnt fordelt i farvefjerner.

** Incl. filler. Baseret på 2 stikprøver, se Udslæbskema 2

*** Baseret på fordeling fremkommet ved målinger foretaget d. 23/8 1995, (se "Procesdiagram: Aut. farve- og stencilfjern.: Vandforbrug (4 rammer)" af 23/8 1995).

Spildevands-/kemikaliekarakteristik (prøve udtaget i uge 44, 1994 som tidsproportional prøve i afløb fra rammevaskeanlægget over 3 timer med løbende rammevask. Prøven indeholder udslæbt farvefjerner m. farverester samt stencilfjerner med afvasket stencil) /6/:

Parameter→	NVOC mg/l	AOX µg/l	Tot. Kulbrinter mg/l	Xyle- ner µg/l	Naph- thalen µg/l	Nitrif. hæmn. (200 ml) %	Nitrif. hæmn. (20 ml) %
Prøve id. ↓							
Samleprøve	507	220	110	9,0	24	70	4

&: Baseret på referencerne /2/, /6/ og /7/.

Procesdiagram: Aut. farve- og stencilfjernelse (1 ramme + prøvetagn.); Tryk.E

Procestype	:	Farve- og stencilfjernelse
Anlægstype	:	Automatisk; Notio model SRVA/85-86 Type; 2.2
Farvefjernertype	:	Diesterbaseret farvefjerner (38h)
Stencilfjernertype	:	Perjodsyrebaseret stencilfjerner (39b)
Udført	:	24/8 1995 på trykkeri E
Forsøgsbetingelser	:	Rammestørrelser: 1,42 m ² (105 cm x 135 cm) Antal rammer (kva.meter): 1 (1,42 m ²) Væv: 150T (polyester) Emulsionstype: Hybridbaseret fotoemulsion (7c) Füllertype: Hybridbaseret fotoemulsion (7c)/Vandfortyndbar filler (14b) Trykfarvetype: Vandfortyndbar UV-farve (30b)
Maskinparametre	:	Fuld program (program II)

Trin	Antal rutiner	Tid/rutine	Tid ialt	Forbrug/rutine	Forbrug/s	Bemærkninger
Påsprøjt. af farvefj.	1	30 sek.	30 sek.	?	?	Sektion I
Forvask	5	35 sek.	175 sek.	?	?	Sektion I
Finvask	3	35 sek.	105 sek.	?	?	Sektion I
Afdrypningstid	-	60 sek.	60 sek.	-	-	Sektion I
Afskyllning	1	40 sek.	40 sek.	24 l vand	0,60 l vand	Sektion II
Påsprøjt. af stenc.fj.	2	15 sek.	30 sek.	0,58 kg (b.o.)	38 g (b.o.)	Sektion II
Træktid	-	80 sek.	80 sek.	-	-	Sektion II
Højtryksrens	4	70 sek.	280	41,5 l vand	0,59 l vand	Sektion II
Skyl - begge sider	0					Sektion II
Lufttørring (kold)	1	20 sek.	20 sek.	-	-	Sektion II

Massebalance/Nøgletal (pr. m² ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Farvefjerner	g/m ²	?	?	116 #	?	?
Stencilfjerner (b.o.)	g/m ²	776	776	776	0	0
Trykfarveudsløb	g/m ²	-	14 *	?	0	?
Stenciludsløb	g/m ²	-	5 **	5 **	0	0
Vand (skyllevand)	l/m ²	132	132	131 ***	1 ***	0
Energi (el)	kWh/m ²	?	-	-	-	-

b.o.: Brugsopløsning. Handelsvare fortyndet 1:50 med vand. Den anførte mængde svarer til ca. 16 g handelsvare (≈ 0,9 g aktivt stof).

Baseret på målinger foretaget d. 23/8-95, se "Procesdiagram: Aut. farvefjernelse - udslæbsforsøg (9 rammer)"

* Påført kunstigt af operatør i ikke urealistisk mængde.

** Vurderes til at være for lav (målefejl) - burde ifølge flere målinger (se Udslæbskema 2) ligge imellem ca. 10 g/m² og 20 g/m².

*** Baseret på målinger foretaget d. 23/8 1995, se "Procesdiagram: Aut. farve- og stencilfjern.: Vandforbrug (4 rammer)"

Spildevands/kemikaliekarakteristik (prøver udtaget d. 24/8-95):

Param. → Pr. id. ↓	Fortynd.	pH	TS mg/l	GT mg/l	AOX μg/l	COD mgO ₂ /l	BOD ₅ mgO ₂ /l	COD/- BOD ₅	Nitrif. hæmn. (200 ml) %	Nitrif. hæmn. (20 ml) %
Farvefj. spild	1:150 *	7,89	822	488	-	12000	7200	1,7	99	89
Farvefj. ren	1:150 **	7,82	743	424	-	12000	6500	1,8	99	89
Stencilfj. spild	1:7400 *	8,18	498	185	44	350	110	3,1	21 ***	-
Stencilfj. ren	1:3600 **	7,62	430	82	-	-	-	-	0	-

* Estimeret ** Udført i lab. *** Signifikant lille hæmning - kan skyldes indhold af visuelt konstateret farvefjernerrest

Procesdiagram: Aut. farve- og stencilfjernelse (10 rammer); Tryk. E

Procestype	:	Farve- og stencilfjernelse
Anlægstype	:	Automatisk; Notio model SRVA/85-86 Type; 2.2
Farvefjernertype	:	Diesterbaseret farvefjerner (38h)
Stencilfjernertype	:	Perjodsyrebaseret stencilfjerner (39b)
Udført	:	24/8 1995 på trykkeri E
Forsøgsbetingelser	:	Rammestørrelser: 10 à 1,42 m ² (105 cm x 135 cm) Antal rammer (kva.meter): 10 (14,2 m ²) kørt kontinuert dvs. i serie Væv: 150T/120T (polyester) Emulsionstype: Hybridbaseret fotoemulsion (7c) Fillertype: Hybridbaseret fotoemulsion (7c)/Vandfortyndbar filler (14b) Trykfarvetyper: UV-farver (vandf. (30b) + monomerfortynd. (30a)) + opl.-midl.bas. papir- (26) og plastfarver (28) Skumdæmper: Nej
Maskinparametre	:	Fuld program (program II)

Trin	Antal rutiner	Tid/rutine	Tid ialt	Forbrug/rutine	Forbrug/s	Bemærkninger
Påsprøjt. af farvefj.	1	30 sek.	30 sek.	?	?	Sektion I
Forvask	5	35 sek.	175 sek.	?	?	Sektion I
Finvask	3	35 sek.	105 sek.	?	?	Sektion I
Afdrypningstid	-	60 sek.	60 sek. *	-	-	Sektion I
Afskylning	1	40 sek.	40 sek.	24 l vand **	0,60 l vand	Sektion II
Påsprøjt. af stenc.fj.	2	15 sek.	30 sek.	0,58 kg (b.o.) **	38 g (b.o.)	Sektion II
Træktid	-	80 sek.	80 sek.	-	-	Sektion II
Højtryksrens	4	70 sek.	280	41,5 l vand **	0,59 l vand	Sektion II
Skyl - begge sider	0					Sektion II
Lufttørring (kold)	1	20 sek.	20 sek.	-	-	Sektion II

* Ved kø-dannelse (gælder for alle rammer på nær den første) er afdrypningstiden forlænget til ca. 148 sek. ($\approx + 88$ sek.).

** Bekræftet ved aktuelle målinger under forsøget.

Den første ramme kører igennem anlægget på 15 min. - de efterfølgende på 8,5 min., således at den samlede drifttid ved vask af 10 rammer à 1,43 m² andrager ca. 91,5 min. (1,5 time).

Massebalance/Nøgletal (pr. m² ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Farvefjerner	g/m ²	?	?	?	?	?
Stencilfjerner (b.o.)	g/m ²	806	806	806	0	0
Trykfarveudsløb	g/m ²	-	?	?	0	?
Stenciludsløb	g/m ²	-	?	?	0	0
Vand (skyllevand)	l/m ²	133	133	132 *	1 *	0
Energi (el)	kWh/m ²	0,77 **	-	-	-	-

b.o.: Brugsopløsning. Handelsvare fortyndet 1:50 med vand ($\approx 0,1\%$ aktivt stof). Den angivne mængde svarer til ca. 1,0 g aktivt stof/m².

* Baseret på målinger foretaget d. 23/8 1995, se "Procesdiagram: Aut. farve- og stencilfjern.: Vandforbrug (4 rammer)

** El-måler (NESA, registrering hvert 15 minut) monteret på rammevaskeanlæggets el-tavle af Hillerød Kommune. Målingen foretaget over 2 timer. Den angivne værdi er excl. kompressorens el-forbrug. Når rammevaskeanlægget står på standby (ventilationssystemet kører) blev forbruget målt til ca. 0,1 kWh/time.

Procesdiagram: Aut. farvefjernelse -udslæbsforsøg (9 rammer); Tryk.E

Procestype : Farve- (og stencilfjernelse)
 Anlægstype : Automatisk; Notio model SRVA/85-86 Type; 2.2
 Farvefjernertype : Diesterbaseret farvefjerner (38h)
 Stencilfjernertype : -
 Udført : 26/10-94 /2/ samt 23-24/8-95 på trykkeri E
 Forsøgsbetingelser : Rammestørrelser: 7 à 1,42 m² (105 cm x 135 cm) + 2 à 2,19 m² (135 x 162)
 Antal rammer (kva.meter): 9 (14,3 m²) udtaget til vejning umiddelbart efter afdrypning
 Væv: 150T/120T (polyester)
 Emulsionstype: Hybridbaseret fotoemulsion (7c)
 Fillertype: Hybridbaseret fotoemulsion (7c)/Vandfortyndbar filler (14b)
 Trykfarvetyper: UV-farver (vandf. (30b) + monomerfortynd. (30a)) + opl.-midl.bas. papir- (26) og plastfarver (28)

Maskinparametre : Afbrudt fuld program (program II)

Trin	Antal rutiner	Tid/rutine	Tid ialt	Forbrug/rutine	Forbrug/s	Bemærkninger
Påsprøjt. af farvefj.	1	30 sek.	30 sek.	?	?	Sektion I
Forvask	5(9*)	35 sek.	175 sek.(315sek.*)	?	?	Sektion I
Finvask	3(4*)	35 sek.	105 sek.(140sek.*)	?	?	Sektion I
Afdrypningstid	-	30-600 sek.	30-600 sek.	-	-	Rammen udtages
Afskylning	0					
Påsprøjt. af stenc.fj.	0					
Træktid	0					
Højtryksrens	0					
Skyl - begge sider	0					
Lufttørring (kold)	0					

* Gælder for forsøget udført 24/10-94 /2/, se nedenstående massebalanceskemaer.

Rammen blev vejet (vægt med følsomhed på 0,1 g), før den kørte ind i rammevaskeanlægget. Der efter blev den taget ud af Sektion I umiddelbart efter endt afdrypning - puttet i plastpose (for at undgå fejl ved afdrypning på gulv) og påny vejet. Differensen mellem de to vejninger (korrigeret for masse af pose og restfarve(mindre betydende)) er et mål for den til skylletrinet (Sektion II) udslebte mængde farvefjerner m. farverest. Ved målingen foretaget d. 24/10-94 /2/ blev rammen udtaget umiddelbart efter at den var kommet ind i Sektion II, og der blev ikke anvendt plastpose.

Massebalance/Nøgletal (pr. m² ramme afvasket)

Dato	Rammestørrelse	Vævstype	Stencil-dæknings %	Afdryp-ningstid s	Udslæb g/ramme	Udslæb g/m ² ramme
24/10-94*	2,19 m ² (135x162)	120T ?	ca. 80	> 30; < 60	298	136
23/08-95	1,42 m ² (105x135)	120T ?	ca. 80	60	162 ± 9 **	114 ± 6 **
23/08-95	1,42 m ² (105x135)	120T ?	ca. 80	60	168 ± 8 **	118 ± 6 **
23/08-95	1,42 m ² (105x135)	120T ?	0	60	133 ± 6 **	94 ± 4 **
24/08-95	2,19 m ² (135x162)	120T ?	ca. 80	90	178	81
24/08-95	1,42 m ² (105x135)	120T ?	0	600	100	71

* Reference /2/.

** Dobbeltmålinger med samme ramme (n = 2).

Procesdiagram: Aut. farve- og stencilfjern.: Vandforbrug (4 rammer); Tryk. E

Procestype : Farve- og stencilfjernelse
 Anlægstype : Automatisk; Notio model SRVA/85-86 Type; 2.2
 Udført : 23/8 1995 på trykkeri E
 Forsøgsbetingelser : Rammestørrelser: 4 à 1,42 m² (105 cm x 135 cm)
 Antal rammer (kva.meter): 4 (5,7 m²)

Forsøg udført d. 23/8-95 med henblik på kvantificering af vandforbrug ved højtryksspuling og efterskyl (skyl begge sider).

Maskinparametre : "Skyggefjernelsesprogram" (program VII)

Trin	Antal rutiner	Tid/rutine	Tid ialt	Forbrug/rutine	Forbrug/s	Bemærkninger
Påsprøjt. af farvefj.	0					
Forvask	0					
Finvask	0					
Afdrypningstid	-					
Afskylning	0					
Påsprøjt. af stenc.fj.	0					
Træktid	-					
Højtryksrens	4	70 sek.	280	41,5 l vand *	0,6 l vand	Sektion II
Skyl - begge sider	?	30 sek.	30 sek.	18,0 l vand	0,6 l vand	Sektion II
Lufttørring (kold)	1	20 sek.	20 sek.	-	-	Sektion II

* Baseret på målinger foretaget på 10 tilsvarende rammer (se "Procesdiagram: Aut. farve- og stencilfjernelse (10 rammer" af 24/8-95)

Massebalance/Nøgletal (pr. m² ramme afvasket)

Rammestørrelse	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
1,42 m ² (105x135)	l/m ²	130 ± 1 *	130	129 **	1	0

* Vandforbruget for tre rammer (n = 3) blev målt (m. vandur) til henholdsvis 185 l, 185 l og 183 l (gnsn = 184 l). Den opsamlede mængde spildevand androg i gennemsnit 183 l/ramme.

** Svarer til den opsamlede spildevandsmængde pr. m².

Forsøg udført d. 23/8-95 med henblik på kvantificering af vandforbrug ved skylletrin (afskylning) - én ramme.

Maskinparametre : Afbrudt fuld program (program II)

Trin	Antal rutiner	Tid/rutine	Tid ialt	Forbrug/rutine	Forbrug/s	Bemærkninger
Påsprøjt. af farvefj.	1	30 sek.	30 sek.	?	?	Sektion I
Forvask	5	35 sek.	175 sek.	?	?	Sektion I
Finvask	3	35 sek.	105 sek.	?	?	Sektion I
Afdrypningstid	-	60 sek.	60 sek.	-	-	Sektion I
Afskylning	1	40 sek.	40 sek.	24 l vand	0,60 l vand	Sektion II
Påsprøjt. af stenc.fj.	0					
Træktid	0					
Højtryksrens	0					
Skyl - begge sider	0					
Lufttørring (kold)	0					

Massebalance/Nøgletal (pr. m² ramme afvasket)

Rammestørrelse	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
1,42 m ² (105x135)	l/m ²	17 *	17	17 **	< 1	0

* Vandforbruget blev målt (m. vandur) til 24 l. Den opsamlede mængde spildevand androg ligeledes 24 l.

** Svarer til den opsamlede spildevandsmængde pr. m².

Procesdiagram: Aut. farve- og stencilfjernelse (1 ramme); Tryk. E

Procestype	:	Farve- og stencilfjernelse
Anlægstype	:	Automatisk; Notio model SRVA/85-86 Type; 2.2
Farvefjernertype	:	Diesterbaseret farvefjerner (38h)
Stencilfjernertype	:	Perjodsyrebaseret stencilfjerner (39b)
Udført	:	24/8 1995 på trykkeri E
Forsøgsbetingelser	:	Rammestørrelser: 2,19 m ² (135 cm x 162 cm) Antal rammer (kva.meter): 1 (2,19 m ²) Væv: 150T/120T (polyester) Emulsionstype: Hybridbaseret fotoemulsion (7c) Fillertype: Hybridbaseret fotoemulsion (7c)/Vandfortyndbar filler (14b) Trykfarvetype: UV-farver (vandf. (30b) + monomerfortynd. (30a)) + opl.-midl.bas. papir- (26) og plastfarver (28)
Maskinparametre	:	Fuld program (program II)

Trin	Antal rutiner	Tid/rutine	Tid ialt	Forbrug/rutine	Forbrug/s	Bemærkninger
Påsprøjt. af farvefj.	1	30 sek.	30 sek.	?	?	Sektion I
Forvask	5	40 sek.	200 sek.	?	?	Sektion I
Finvask	3	40 sek.	120 sek.	?	?	Sektion I
Afdrypningstid	-	90 sek.	90 sek.	-	-	Sektion I
Afskyllning	1	40 sek.	40 sek.	24 l vand	0,60 l vand	Sektion II
Påsprøjt. af stenc.fj.	2	15 sek.	30 sek.	0,59 kg (b.o.)	40 g (b.o.)	Sektion II
Træktid	-	80 sek.	80 sek.	-	-	Sektion II
Højtrykssrens	4	90 sek.	360	52 l vand	0,58 l vand	Sektion II
Skyl - begge sider	0					Sektion II
Lufttørring (kold)	1	20 sek.	20 sek.	-	-	Sektion II

Rammen var ca. 17 min. om at komme igennem rammevaskeanlægget.

Massebalance/Nøgletal (pr. m² ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Farvefjerner	g/m ²	?	?	81 #	?	?
Stencilfjerner (b.o.)	g/m ²	542	542	542	0	0
Trykfarveudsløb	g/m ²	-	?	?	0	?
Stenciludsløb	g/m ²	-	?	?	0	0
Vand (skyllevand)	l/m ²	106	106	> 105 *	< 1	0
Energi (el)	kWh/m ²	0,50 **	-	-	-	-

b.o.: Brugsopløsning. Stencilfjernerkoncentrat fortyndet 1:50 med vand (den anførte mængde svarer til ca. 11 g koncentrat ≈ 0,7% aktivt stof).

Bemærk 90 sek. afdrypning.

* Der blev ialt opsamlet 230,6 l spildevand svarende til 105,3 l/m². Dette svarer til at under 1% af vandforbruget spildes til luft (fordamper direkte eller som aerosoler).

** El-måler (NESA, registrering hvert 15 minut) monteret på rammevaskeanlæggets el-tavle af Hillerød Kommune. Målingen foretaget over 0,5 time. Den angivne værdi er *excl. kompressorens el-forbrug*. Når rammevaskeanlægget står på standby (ventilationssystemet kører) blev forbruget målt til ca. 0,1 kWh/time.

Udslæbsskemaer

Nedenstående findes tre "udslæbsskemaer", der omhandler:

- udslæb af resttrykfarve fra trykkeriafdeling til rammevask
- udslæb af hærdet fotoemulsion og filler til rammevask
- udslæb af vand/vandfilm på rammer

Dataene er indhentet ved undersøgelser på de deltagende trykkerier. De er her opgjort separat, fordi de er uafhængige af den anvendte vasketeknik men afhængig af processer (formfremstilling og trykning), der ligger før rammevasken. Udslæb af vand/vandfilm, dvs. kvantificering af hvor meget, der kan "hænge" på en ramme, er bl.a. medtaget af hensyn til massebalancer for vand og vandige opløsninger af kemikalier.

Udslæbsskema 1: Udslæb af resttrykfarve fra trykkeri til rammevask

Nedenstående skema angiver den mængde resttrykfarve, der sidder på rammen (i vævet), når trykkeren er færdig med at trykke og har skrubet overskydende trykfarve af. De angivne mængder, der er kvantificeret ved differensvejning (vægtens følsomhed = 0,1 g), svarer til den mængde, der tilføres farvefjernelsesprocessen.

Dato	Tryk-keri	Ramme-størrelse m ²	Vævstype	Trykfarvetype	Trykfarve g/m ² ramme	Trykfarve g/m ² væv	Bemærkninger
26/10-94*	E	2,19	150T	UV-v. (30b)	5,89	6,32	"Våd" (rød)
26/10-94*	E	2,19	150T	UV-v. (30b)	4,98	5,34	"Våd" (rød)
26/10-94*	E	2,93	120T	Pla.f. (28)	3,79	4,08	"Tør" (rød)
26/10-94*	E	2,93	120T	Pla.f. (28)	3,52	3,79	"Tør" (cyan)
23/08-95	E	1,42	120T ?	?	7,32 **	7,88 **	
24/08-95	E	1,42	150T	UV-v. (39b)	13,9 ***	14,9 ***	"Våd" (rød)
05/09-95	A	1,67	120T	Pla.f. (28)	8,4	9,2	"Tør" (sølv)
05/09-95	A	1,67	120T	Pla.f. (28)	6,0	6,5	"Tør" (rød)
11/09-95	D	0,791	120T	Pla.f. (28)	10	?	"Våd" (grøn)
12/09-95	D	1,55	120T	Pap.f. (26)	5,7	?	"Tør" (refl.blå)
12/09-95	D	1,55	120T	Pap.f. (26)	12,1	?	"Våd" (refl.blå)
12/09-95	D	1,55	120T	26?/28?/30a?	7,23	?	
12/09-95	D	1,55	120T	26?/28?/30a?	9,29	?	
21/09-95	B	1,50	90T	Vandf. (27?/29?)	12,9 #	14,7	"Våd"
22/09-95	B	2,45	90T	Vandf. (27?/29?)	18,2 #	20,8	"Våd"
28/09-95	B	1,50	120T	Vandf. (27?/29?)	5,4 ***	6,2	"Våd" (okker)

* /2/

** Beregnet på grundlag af vejning før og efter farvefjernelse i Notio-anlæg. Tallet ikke korrigeret for mulig afvasket fillermængde (afhænger af farvetype - som ikke blev registreret). Udslæb af vandfortyndbarfiller udgør i størrelsesordenen 1 - 2 g(TS)/m² (se Udslæbsskema 2).

*** Kunstigt påført af medarbejder i ikke urealistisk mængde.

Når der benyttes vandfortyndbare farver, vil vævet i mange tilfælde blive påført lille mængde vand fra vandforstøver (for at undgå indtørring) og derefter i flere tilfælde blive tørret med klud (for at fjerne restfarve), før rammen går til farvefjernelse. De angivne mængder afspejler derfor en vandig fortynding af farven.

På baggrund af dataene i tabellen kan følgende beregnes:

For opløsningsbaserede farver (26 og 28) og UV-farver (30a og 30b) - måling mærket *** udelukket:

$$n = 11 \quad x_{\text{mean}} = 7,0 \text{ g/m}^2 \pm 2,7 \text{ g/m}^2 (39\%) \quad \text{range} : 3,52 \text{ g/m}^2 - 12,1 \text{ g/m}^2$$

For tørre opløsningsbaserede farver alene (26 og 28):

$$n = 5 \quad x_{\text{mean}} = 5,5 \text{ g/m}^2 \pm 2,0 \text{ g/m}^2 (36\%) \quad \text{range} : 3,52 \text{ g/m}^2 - 8,4 \text{ g/m}^2$$

De tørrede trykfarverester (opløsningsbaserede farver) vil primært bestå af bindemiddel og pigment. I trykfarver med organiske pigmenter udgør pigmentdelen typisk omkring 20% af trykfarvens tørstofindhold - resten er bindemiddel.

Udslæbsskema 2: Udslæb af hærde fotoemulsion og filler til rammevask

Nedenstående skema angiver den mængde hærde fotoemulsion (og filler) som tørstof (TS), der sidder på rammen (i vævet), før fremkaldelse og efter at rammen er fremkaldt, samt efter at der yderligere er påført filler (svarer til total stencilmængde). Sidstnævnte svarer til den mængde der sidder på rammen, når trykkeren er færdig med at trykke, og som tilføres den efterfølgende rammevask. Mængden afhænger i udpræget grad af hvor stor en del af vævet, der er åbent efter fremkaldelse (emulsion udvasket), og som forbliver åbent (motivet) eller fyldes (afhænger primært af det oprakte areal, dvs. hulrakens længde). De angivne totale stencilmængder svarer til den mængde (TS), der primært tilføres stenciljernelsesprocessen (vandfortyndbar filler skylles af ved afskyning af farvefjerner med vand). Mængderne er kvantificeret ved differensvejning (vægtens følsomhed = 0,1 g).

Dato	Trykkeri	Ramme-størrelse m ²	Vævstype	Fotoemulsionstype	Fotoemulsion, før g/m ² ramme	Fotoemulsion, efter g/m ² ramme	Fotoemulsion, rest eft. fremkald. %	Filler g/m ² ramme	Total stencilmængde g/m ² ramme	Bemærkninger
26/10-94*	E	2,19	150T	Hybrid **	15,7	9,50	60,5	4,93 (f.e.) #	14,4	115 cm hulraket
26/10-94*	E	0,998	120T	Hybrid **	14,4	-	-	? (v.f.f.)	-	80 cm hulraket
26/10-94*	E	2,93	120T	Hybrid **	17,3	14,3	82,7	0,92 (v.f.f.)	15,2	115 cm hulraket
05/09-95	A	1,67	120T	Hybrid ***	?	?	?	? (v.f.f.)	19	Fjernet mængde angivet
11/09-95	D	0,791	120T	Hybrid ***	?	?	?	? (v.f.f.)	13	Ca. 20% åbent væv
11/09-95	D	1,55	120T	Hybrid ***	?	?	?	1,0 (v.f.f.)	?	Filler dækkede 20-30%
12/09-95	D	1,55	120T	Hybrid ***	10,8	9,6	89	< 1 (v.f.f.)	9,6	
12/09-95	D	1,55	120T	Hybrid ***	15,0	12,3	81,7	1,1 (v.f.f.)	13,4	
12/09-95	D	1,55	120T	Hybrid ***	?	14,6	?	1,6 (v.f.f.)	16,2	
21/09-95	B	1,50	90T	Hybrid	17,1	-	-	(o.f.) #	-	1 + 1 (95 cm raket)
22/09-95	B	2,45	90T	Hybrid	19,6	16,9	85,4	0,5 (o.f.) #	17,4	1 + 2 (95 cm raket)
23/09-95	B	1,50	90T	Hybrid	19,7	17,9	89,6	(o.f.) #	?	1 + 2 (95 cm raket)
23/09-95	B	1,50	90T	Hybrid	29,1	24,1	82,6	(o.f.) #	?	1 + 2 (95 cm raket)
25/09-95	B	2,45	90T	Hybrid	24,2	?	?	(o.f.) #	?	1 + 2 (95 cm raket)
25/09-95	B	2,45	90T	Hybrid	?	18,9	?	1,4 (o.f.) #	20,3	1 + 2 (95 cm raket)
26/09-95	B	2,45	90T	Hybrid	?	21,6	?	0,4 (o.f.) #	22,0	1 + 2 (95 cm raket)
19/09-95	A	2,57	120T	Hybrid ***	23,9	19,6	81,9	? (v.f.f.)	?	1 + 2 (120 cm raket)
19/09-95	A	2,57	120T	Hybrid ***	23,0	19,2	83,5	0,82 (v.f.f.)	20,0	1 + 2 (120 cm raket)
19/09-95	A	2,57	120T	Hybrid ***	22,7	18,1	79,6	1,9 (v.f.f.)	20,0	1 + 2 (120 cm raket)
14/09-95	C	1,96	120T	Diazob. ##	10,7	-	-	-	-	?
14/09-95	C	1,96	120T	Diazob. ##	10,3	-	-	-	-	?

Dato	Tryk-keri	Ramme-størrelse m ²	Vævstype	Fotoemul-sionstype	Fotoemul-sion, for g/m ² ramme	Fotoemulsi-on, efter g/m ² ramme	Fotoemul-sionstest eft. fremkald. %	Filler g/m ² ramme	Total sten-cilmængde g/m ² ramme	Bemærkninger
14/09-95	C	2,15	120T	Diazob. ##	11,3	-	-	-	-	?
14/09-95	C	2,15	120T	Diazob. ##	11,7	10,1	86,1	-	-	?
14/09-95	C	3,20	120T	Diazob. ##	11,6	8,84	76,5	1,5 (v.f.f.)	10,4	?
14/09-95	C	3,63	120T	Diazob. ##	11,1	-	-	-	-	?
14/09-95	C	3,63	120T	Diazob. ##	10,0	-	-	-	-	?

f.e.: Fotoemulsion; her er anvendt fotoemulsion som filler (indebærer ekstrabelysning), fordi der skulle trykkes med vandfortyndbar UV-farve. Fotoemulsionens vandindhold andrager ifølge /2/ 63 %.

v.f.f.: Vandfortyndbar filler. Vandindhold = 93 % /2/.

o.f.: Opløsningsmiddelbaseret filler (til vandfortyndbare farver). Fordampelig del (opløsningsmiddel)målt til 83 % ved stikprøve.

* /2/

** Vandindhold 63 % /2/.

*** Vandindhold målt til 57,6 % ± 0,2 % (n = 3), ved differensvejning (vægtens følsomhed 0,1 g).

Fjernes ikke ved skylning med vand efter farvefjernelse men først ved stencilfjernelse.

Vandindhold ifølge sikkerhedsdatabladlig med 60,7 %.

På baggrund af ovenstående data i skemaet kan følgende gennemsnit udregnes for den uhærdede/hærdede fotoemulsion og filleren:

Tør uhærdet fotoemulsion på rammen før fremkaldelse: $x_{\text{mean}} = 16,5 \text{ g/m}^2 \pm 5,8 \text{ g/m}^2$ (35 %) range : 10,0 g/m² - 29,1 g/m²

Tør hærdet fotoemulsion på rammen efter fremkaldelse (dvs. udslæb): $x_{\text{mean}} = 15,7 \text{ g/m}^2 \pm 4,8 \text{ g/m}^2$ (31 %) range : 8,8 g/m² - 24,1 g/m²

Procentdel af den tørre fotoemulsion tilbage efter fremkaldelse : $x_{\text{mean}} = 81,6\% \pm 7,6\%$ (9,3 %) range : 60,5 % - 89,6 %

Udslæb af tør filler (kun vandfortyndbar filler): $x_{\text{mean}} = 1,3 \text{ g/m}^2 \pm 0,4 \text{ g/m}^2$ (32 %) range : 0,82 g/m² - 1,9 g/m²

Udslæb af tør stencil (dvs. summen af hærdet fotoemulsion og filler): $x_{\text{mean}} = 16,2 \text{ g/m}^2 \pm 4,0 \text{ g/m}^2$ (24 %) range : 9,6 g/m² - 22 g/m²

Fotoemulsionsforbruget kan på grundlag af data fra tidligere undersøgelser /2/ beregnes til 19 g (TS)/m² rammeareal til stencilfremstilling på ialt 64 rammer i forskellige størrelser (1,42 m² - 2,93 m²) med forskellige motiver. Ved undersøgelse på Trykkeri A (se "Procesdiagram: Manuel stencilfjernelse (196 rammer); Trykkeri A" af 5/9 - 19/10 1995) er det totale forbrug bestemt til 22,7 g(TS)/m².

Fillerforbruget er ved undersøgelserne på trykkeri A (se "Procesdiagram: Manuel farvefjernelse (188 rammer); Trykkeri A" af 4/9 - 16/10 1995) beregnet til 2 g (TS)/m² ramme. Dette tal er baseret på et kemikalieforbrug på 11,5 g/m² med et antaget vandindhold på 81 % (baseret på oplysninger i datablade). Ved filning af ramme med papstykker blev målt en våd fillerrest på papsykket efter brug på < 0,1 g, svarende til < 1 % af forbrug. Fillerforbruget kan på grundlag af data fra undersøgelse /2/ beregnes til 1,9 g(TS)/m² rammeareal.

Udslæbsskema 3: Udsløb af vand/vandfilm på ramme

Nedenstående skema angiver den mængde vand, der kan sidde på rammen (i vævet) med og uden stencil. Mængderne indikerer hvor meget væske (vand) der kan sidde/"hænge" i/på vævet, f.eks. når rammen stilles til tørring. De angivne mængder er kvantificeret ved differensvejning (vægtens følsomhed = 0,1 g) - typisk mens rammen stadig dryppede lidt - dvs. < 30 sek. efter ophør af vandtilførsel.

Dato	Tryk-keri	Ramme-størrelse m ²	Vævstype	Fotoemul-sionstype	Fillertype	Stencillens dæknings-grad %	Måling foretaget efter	Vand-mængde g/m ² ramme	Vand-mængde g/m ² væv	Bemærkninger
20/09-95	B	2,06	120HD	-	-	0	affedning	54,4	60,9	Hel ny ramme
28/09-95	B	1,50	120T	-	-	0	skyggejern.	45,8	52,4	
22/09-95	B	2,45	90T	Hybrid	Opl.midl.b.	85	fremkaldelse	47,3	54,0	
23/09-95	B	1,50	90T	Hybrid	Opl.midl.b.	90	fremkaldelse	57,7	66,0	
23/09-95	B	1,50	90T	Hybrid	Opl.midl.b.	83	fremkaldelse	42,6	48,8	
19/10-95	A	1,53	120T	Hybrid	Vandf.f. *	ca. 80	farvejernelse	75,2	81,0	Meget våd - vand løber
19/10-95	A	1,53	120T	-	-	0	stenciljern.	73,2	78,8	Meget våd - vand løber

* Den vandfortyndbare filler vaskes af rammen under skylleprocessen ved farvejernelse.

På baggrund af måleværdierne i skemaet kan det gennemsnitlige udsløb af vand beregnes til:

$$n = 7 \quad x_{\text{mean}} = 56,6 \text{ g/m}^2 \pm 13 \text{ g/m}^2 (23\%) \quad \text{range : } 42,6 \text{ g/m}^2 - 75,2 \text{ g/m}^2$$

Bilag 4 Kemikalieinddeling og farlighedsscorer

Indhold

Hovedskema: Kemikalietyper, der indgår ved rammevask

Skemaer over de enkelte produkttyper (TYPER) med angivelse af mulig sammensætning og farlighedsscorer af de enkeltstoffer/stofgrupper, der kan indgå, samt samlet farlighedsscore af produkttypen (typens farlighedskategori).

- Skema I: Scorer og forekomst af enkeltstoffer
- Skema II: Scorer og forekomst af stofgrupper
- Skema III: Scorer og forekomst af mulige enkeltstoffer
- Skema IV: UPH-scorer for enkeltstoffer
- Skema V: UPH-scorer for stofgrupper
- Skema VI: UPH-scorer for mulige enkeltstoffer
- Referenceliste anvendt ved vurdering af vandmiljøfarlighed
- Referenceliste anvendt ved vurdering af luft- og sundhedsfarlighed

I "hovedskemaet", der viser en oversigt over kemikalietyper, der indgår ved rammevask, er medtaget såvel formkemikalier/trykfarver som rammevaskekemikalier. Der er her anvendt samme nummerering af undergrupper som i Miljøprojekt 284 /1/. Det er dog kun rammevaskekemikalierne, der her er beskrevet på typeniveau, og det er således kun for rammevaskekemikalierne, at der er foretaget farlighedsvurdering (vandmiljø, luft, sundhed).

I tilfælde af tvivl om forekomsten af et stof inden for de enkelte kemikalietyper, er dette markeret med et spørgsmålstegn.

Med hensyn til formkemikalierne serigrafiemulsjoner (i dag anvendes primært hybrid-typer, der er blandinger af diazobaserede og fotopolymerbaserede fotoemulsjoner) og filler samt de forskellige trykfarvetyper henvises til beskrivelsen i kap. 4 samt Miljøprojekt 284 /1/.

Kriterierne for tildeling af vandscore (VS), luftscore (LS) og sundhedsscore (SS) er beskrevet i kap. 3.

HOVEDSKEMA: Kemikalietyper der indgår ved rammevask

GRUPPER	UNDERGRUPPER	TYPER	NR.
Serigrafi-emulsioner #	Fotoemulsioner	Diazobaserede fotoemulsioner	7a
		Fotopolymerbaserede fotoemulsioner	7b
		Hybridbaserede fotoemulsioner	7c
Serigrafi-korrekturmidler #	Filler	Opløsningsmiddelbaserede filler	14a
		Vandfortyndbare filler	14b
Serigrafifarver #	Papirfarver-org.opl.midl.b.	Papirfarver-organisk opløsningsmiddelbaseret	26
	Papirfarver-vandfortyndbare	Papirfarver-vandfortyndbare	27
	Plastfarver-org.op.midl.b.	Plastfarver-organisk opløsningsmiddelbaseret	28
	Plastfarver-vandfortyndbare	Plastfarver-vandfortyndbare	29
(UV-farver) #	UV-farver	Monomerfortyndbare	30a
		Vandfortyndbare	30b
Rammevaskemidler ##	Farvefjernere	Aromatholdige vandemulgerbare *	38a
		Aromatholdige vandemulgerbare **	38b
		Aromatholdige ikke-vandemulgerb. *	38c
		Aromatholdige ikke-vandemulgerb. **	38d
		Aromatfrie vandemulgerbare *	38e
		Aromatfrie vandemulgerbare **	38f
		Aromatfrie ikke-vandemulgerbare *	38g
		Diesterbaserede vandemulgerbare ***	38h
		Glycoletherbaserede vandemulgerbare ***	38i
		Vandfortyndbare (til vandfortyndbare farver)	38j
	Stencilfjernere (additiv)	Perjodatsaltbaserede	39a
		Perjodsyrebaserede	39b
	Skyggefjernere	Antiskummere	39c
		Alkalibaserede	40a
		Hypokloritbaserede	40b
		Opløsningsmiddelbaserede	40c
(Forbehandling)	Vævsaffedtere/befugtere	Vævsaffedtere/befugtere	18

Der henvises til Miljøprojekt 284 /1/ for beskrivelse af sammensætning og miljøfarlighedsscore.

Ved aromatholdig forstås et indhold på $\geq 0,1\%$ aromater. Ved ikke-aromatholdig forstås et indhold på $< 0,1\%$ aromater

* Flammepunkt $\leq 55^\circ\text{C}$

** $55^\circ\text{C} < \text{flammepunkt} \leq 100^\circ\text{C}$

*** Flammepunkt $> 100^\circ\text{C}$

GRUPPE: *Midler til afvaskning af serigrafiammer*
 UNDERGRUPPE: *38. Farvefjernere*
 TYPE: *38a. Aromatholdige vademulgerbare (flammep. ≤ 55°C) **

FUNKTIONSGRUPPE	(% w/w)	KOMPONENTER	STOFGRUPPE	ENKELTSTOF	SCORER VS LS SS	
Organiske opløsningsmidler	95 - 100	Aromatiske kulbrinter (≥ 0,1%)	C ₉ -C ₁₁ aromater (50-100%)		a - U	
		Solvent naphtha	Solvent naphtha (petroleum) light aromatic (24%)	A 2 U		
		Glycolethere	Glycoletheracetater	Methoxypropanol	C 2 p	
				Diethylenglycol (5-20%)	C - p	
		Acetater		n-Butylacetat (20-50%)	C 2 p	
				1-Methoxy-2-propylacetat (5-20%)	c 1 P	
		Ketoner		Cyclohexanon (20-50%)	C 2 U	
				Diacetonealkohol (5-20%)	C 2 p	
		Alkoholer		Alifatiske alkoholer	Isobutanol (5-20%)	C 3 P
				Aromatiske alkoholer	Benzylalkohol (0-5%)	C 2 P
Emulgatorer	0 - 5	Noniondetergenter	Alkylphenolethoxylater (0-5%)	A - p		
Additiver	0 - 0,1	Farvestoffer Duftstoffer		A - p		

TYPENS FARLIGHEDSKATEGORI

A_p 1p U_p

* Anvendes primært som manuelle afvaskere

Ref.: Diverse datablade; /9,10,17/

GRUPPE: *Midler til afvaskning af serigrafirammer*
 UNDERGRUPPE: *38. Farvefjernere*
 TYPE: *38b. Aromatholdige vandemulgerbare (55°C < flammep. ≤ 100°C) **

FUNKTIONSGRUPPE	(% w/w)	KOMPONENTER	STOFGRUPPE	ENKELTSTOF	SCORER VS LS S		
Organiske opløsningsmidler	95 - 100	Aromatiske kulbrinter (≥ 0,1%)	C ₉ -C ₁₁ -aromater (20-50%)		a	-	U
			C ₁₀ -aromater (10-25%)		a	-	U
			C ₁₀ -C ₁₂ -aromater		a	-	U
			C ₁₀ -C ₁₁ -aromater		a	-	U
		Solvent naphtha	Solvent naphtha (petroleum) light aromatic (24-36%)		A	2	U
		Alicykliske forbindelser			a	3	U
		Alifatiske kulbrinter			a	3	U
		Glycolethere		Propylenglycolethere	Dipropylenglycol- monomethylether (10-25%)	C	3
		Acetater	Glycoletheracetater	1-Methoxy-2-propylacetat (10-50%)	c	1	P
				1-Ethoxy-2-propylacetat (?)	?	2	p
				3-Methoxy-n-butylacetat (?)	C	-	p
		Ketoner		γ-Butyrolacton (1-17%)	C	-	P
				Pentoxone (5-10%)	?	-	p
				Diacetonealkohol (5-19%)	C	2	p
		Diestere	Dimethylestere	Dimethylsuccinat	C	-	p
				Dimethylglutarat	C	-	p
				Dimethyladipat	C	-	p
		Nitrogenholdige		N-methyl-2-pyrrolidon (1-12%)	C	3	P
Emulgatorer	0 - 5	Aniondetergenter	Alkylbenzensulfonater	Dodecylbenzensulfonsyre /2-propanamin (<4%)	b	-	p
Additiver	0 - 4	Korrosionsinhibitorer/emulgatorer	Aminer	2-Propanamin (<4%)	b	-	p
		Farvestoffer (0-0,1%) Duftstoffer			A	-	p
		TYPENS FARLIGHEDSKATEGORI				A _p	1 _p

* Anvendes primært i automatiske ramnevaskeanlæg ("ikke-eksplosionssikrede").

Ref.: Diverse datablade; /9,10,17/

GRUPPE: Midler til afvaskning af serigrafiammer
 UNDERGRUPPE: 38. Farveffjernere
 TYPE: 38c. Aromatholdige ikke-vandemulgerbare (flammep. $\leq 55^{\circ}\text{C}$) *

FUNKTIONSGRUPPE	(% w/w)	KOMPONENTER	STOFGRUPPE	ENKELTSTOF	SCORER VS LS SS		
Organiske opløsningsmidler	100	Aromatiske kulbrinter ($\geq 0,1\%$)	Aromatblandinger (20-100%) C ₉ -C ₁₀ aromater C ₉ -C ₁₁ aromater (50-100%) C ₉ -aromater C ₁₀ -aromater Xylener (8%)		a	-	U
					a	-	U
					a	-	U
					a	-	U
					a	-	U
					C	2	U
		Solvent naphtha (30-100%)			a	-	U
		Glycolethere	Propylenglycolethere	Methoxypropanol (5-50%)	C	2	P
		Acetater	Glycoletheracetater	1-Ethoxy-2-propylacetat (5-50%)	?	2	P
				n-Butylacetat (20-50%)	C	2	P
		Ketoner		Diacetonealkohol (5-20%)	C	2	P
				Cyclohexanon (5-20%)	C	2	U
		Estere		Glycolsyre-n-butylester (20-50%) ^b	-	-	P
		Diestere (<10%)	Dimethylestere	Dimethylsuccinat	C	-	P
				Dimethylglutarat	C	-	P
				Dimethyladipat	C	-	P
		Alkoholer		Isobutanol (5-20%)	C	3	P
		Nitrogenholdige		N-Methyl-2-pyrrolidon	C	3	P
Additiver	0 - 0,1	Farvestoffer Duftstoffer			A	-	P

TYPENS FARLIGHEDSKATEGORI

A_p 2_p U_p

* Vævsåbnere, manuelle afvaskere og afvaskere til eksplosionssikrede rammevaskeanlæg.

Ref.: Diverse datablade; /9,10,17/

GRUPPE: *Midler til afvaskning af serigrafirammer*
 UNDERGRUPPE: *38. Farvefjernere*
 TYPE: *38d. Aromatholdige ikke-vandemulgerbare (55°C < flammep ≤ 100°C) **

FUNKTIONSGRUPPE	(% w/w)	KOMPONENTER	STOFGRUPPE	ENKELTSTOF	SCORE VS LS
Organiske opløsningsmidler	100	Aromatiske kulbrinter	Aromatblandinger (20-50%)		a -
		Acetater	Glycoletheracetater	3-Methoxy-n-butylacetat (5-20%)	C -
		Ketoner		Diacetonealkohol (5-20%)	C 2
		Diestere	Dimethylestere	Dimethylsuccinat Dimethylglutarat Dimethyladipat	C - C - C -
Additiver	0 - 0,1	Farvestoffer			A -

TYPENS FARLIGHEDSKATEGORI

A_p 3_p 1

* Anvendes primært ved manuel afvaskning

Ref.: Diverse datablade

GRUPPE: *Midler til afvaskning af serigrafier*
 UNDERGRUPPE: *38. Farvefjernere*
 TYPE: *38e. Aromafrie vandemulgerbare (flammep. ≤ 55°C) **

FUNKTIONSGRUPPE	(% w/w)	KOMPONENTER	STOFGRUPPE	ENKELTSTOF	SCORER VS LS SS
Organiske opløsningsmidler	95 - 100	Alifatiske kulbrinter	C ₁₀ -C ₁₃ n-paraffiner (25-50%)		a - U
		Alicykliske kulbrinter	Terpener	Limonen (0-5%)	C - p
		Glycolethere	Propylenglycolethere	Methoxypropanol (50-100%)	C 2 p
		Ketoner		γ-Butyrolacton (5-10%) Diacetonealkohol (5-20%)	C - P C 2 p
		Acetater	Glycoletheracetater	1-Methoxy-2-propylacetat (10-25%)	c 1 P
		Diestere (<10%)	Dimethylestere	Dimethylsuccinat Dimethylglutarat Dimethyladipat	C - p C - p C - p
Emulgatorer	0 - 5	Nonioniske tensider	Alkoholethoxylater		C - p
Additiver	0 - 0,1	Farvestoffer			A - p
		Lactat			c - h

TYPENS FARLIGHEDSKATEGORI

A_p 1_p U_p

* Primært til manuel afvask

Ref.: Diverse datablade; /9,10,17/

GRUPPE:
UNDERGRUPPE:
TYPE:

Midler til afvaskning af serigrafiammer

38. Farveffjernere

38f. Aromatfrie vandemulgerbare ($55^{\circ}\text{C} < \text{flammep.} \leq 100^{\circ}\text{C}$)*

FUNKTIONSGRUPPE	(% w/w)	KOMPONENTER	STOFGRUPPE	ENKELTSTOF	SCORE VS LS
Organiske opløsningsmidler	95 - 100	Alifatiske kulbrinter	Propylenglycolethere		a 3
		Alicykliske kulbrinter			a 3
		Glycolethere		1-Butoxy-2-propanol (5%)	? 3
				Butyldiglycol	C -
				2-Butoxyethanol (5-20%)	C 2
		Acetater	Glycoletheracetater	1-Methoxy-2-propylacetat	c 1
		3-Methoxy-n-butylacetat (20-50%)		C -	
		Ketoner		γ-Butyrolacton (1-5%)	C -
				Diacetonealkohol (9%)	C 2
		Diestere	Dimethylestere	Dimethylsuccinat	C -
	Dimethylglutarat	C -			
	Dimethyladipat	C -			
	Nitrogenholdige		N-Methyl-2-pyrrolidon (1-25%)	C 3	
Emulgatorer	0 - 5	Anioniske tensider	Alkylsulfater (0-5%)		C -
			Alkylbenzensulfonater ?	Dodecylbenzensulfonat (0-1%) ?	B -
				Dodecylbenzensulfonsyre/2-propanamin ?	b -
		Kationiske tensider		A -	
		Nonioniske tensider		a -	
Additiver	0 - 3	Korrosionsinhibitorer/emulgatorer	Aminer	Diethanolamin (0-5%)	C 1
				2-Propanamin (0-1%)	b -
				Natrium-N,N-bis-(2-hydroxyethyl)-glycin (2%)?	? -
		Farvestoffer (0-0,1%)		A -	

TYPENS FARLIGHEDSKATEGORI

A_p 1_p U

* Anvendes primært i automatisk rammevaskeanlæg

Ref.: Diverse datablade; /9,10,17/

GRUPPE: *Midler til afvaskning af serigrafiammer*
 UNDERGRUPPE: *38. Farvefjernere*
 TYPE: *38g. Aromatfrie ikke-vandemulgerbare (flammep. ≤ 55°C) **

FUNKTIONSGRUPPE	(% w/w)	KOMPONENTER	STOFGRUPPE	ENKELTSTOF	SCORER VS LS SS
Organiske opløsningsmidler	100	Kulbrinteblending (20-50%)	Terpener	Limonen (25-50%)	a - U
		Alicykliske carbonhydrider			C - p
		Isoparaffiner			a - U
		Glycolethere	Propylenglycolethere	Methoxypropanol (10-100%)	C 2 p
		Acetater	Glycoletheracetater	1-Methoxy-2-propylacetat (25-50%)	c 1 P
				1-Ethoxy-2-propylacetat (5-20%)	? 2 p
				n-Butylacetat	C 2 p
		Ketoner		Cyclohexanon (20-50%)	C 2 U
Additiver	0 - 0,1	Farvestoffer			A - p
Drivgasser **		Kulbrinter	Alkaner	Butan (20-50%)	
				Propan (5-20%)	

TYPENS FARLIGHEDSKATEGORI

A_p 1_p U_p

* Primært vævsåbnere

** Findes kun i spray (f.eks. Pregan 235 S, KIWO)

Ref.: Diverse datablade; /9,10,17/

GRUPPE:
UNDERGRUPPE:
TYPE:

Midler til afvaskning af serigrafiammer
38. Farvefjernere
*38h. Diesterbaserede vandemulgerbare (flammep. > 100°C)**

FUNKTIONSGRUPPE	(% w/w)	KOMPONENTER	STOFGRUPPE	ENKELTSTOF	SCORE VS LS
Organiske opløsningsmidler	95 - 100	Diesterer (64-100%)	Dimethylestere	Dimethylsuccinat (13-17%)	C -
				Dimethylglutarat (39-66%)	C -
				Dimethyladipat (12-17%)	C -
		Glycolethere		Butyldiglycol (1-5%)	C -
		Alkoholer	Divalente alkoholer	Propylenglycol (5-20%)	C -
Emulgatorer	0 - 5	Nitrogenholdige		N-Methyl-2-pyrrolidon (0-10%)	C 3
		Anioniske tensider			a -
		Nonioniske tensider	Alkoholethoxylater (Fedtalk.) (0-5%) Fedtsyreethoxylater (0-5%)	C - C -	
Additiver	0 - 1	Lactater	Lactater	Ethyllactat (0-1%)	? -
		Farvestoffer (0-0,1%)			A -
TYPENS FARLIGHEDSKATEGORI					C _p 3 _p

* Anvendes både ved manuel afvaskning og i rammevaskeanlæg

Ref.: Diverse datablade; /9,10,17/

GRUPPE: *Midler til afvaskning af serigrafirammer*
 UNDERGRUPPE: *38. Farvefjernere*
 TYPE: *38i. Glycoletherbaserede (flammep. > 100°C)*

FUNKTIONSGRUPPE	(% w/w)	KOMPONENTER	STOFGRUPPE	ENKELTSTOF	SCORER VS LS SS
Org. opløsningsmidler	85 - 100	Glycolether (? - 80%)		Butyldiglycol	C - p
		Nirogenholdig		N-Methyl-2-Pyrrolidon	C 3 P
		Cyklisk diether	Dioxoloner	4-methyl-1,3-dioxolan-2-on	C - p
Emulgatorer	0 - ?	Nonioniske tensider	Fedtsyreethoxylater		C - p
Additiver	0 - 0,1	Farvestoffer			A - p

TYPENS FARLIGHEDSKATEGORI

C_p 3_p P_p

Ref.: Diverse datablade; /9, 44/

GRUPPE:
UNDERGRUPPE:
TYPE:

Midler til afvaskning af serigrafiammer
38. Farvefjernere
38j. Vandfortyndbare farvefjernere (til vandfortyndbare farver) *

FUNKTIONSGRUPPE	(% w/w)	KOMPONENTER	STOFGRUPPE	ENKELTSTOF	SCORE VS LS
Org. opløsningsmidler	5 - 100	Solvent naphtha #	Solvent naphtha (petroleum) light aromatic (4%)		A 2
		Glycolethere	Propylenglycolethere	Methoxypropanol (20-50%)	C 2
			-	1-Butoxy-2-propanol (5%)	? 3
				Butyldiglycol (20-50%)	C -
Fortyndingsmiddel	0 - 95	Vand	Vand	Vand (0-80%)	C
Emulgatorer	5 - 50	Aniondetergenter	Alkylsulfater (0-5%)		C - 1
			Alkylbenzensulfonater	Dodecylbenzensulfonat (4%)	B - 1
				Dodecylbenzensulfonat/ 2-propanamin	b - 1
			Carboxylater "Sæber" (20-50%)		C - 1
		Noniondetergenter	Alkohoethoxylat (Fedtalk.) (0-5%)		C - 1
Additiver	(0 - 5)	Antiskummidler (< 1%)	Mineralolie	Siliciumdioxid	C 1 F a - 1
		Korrosionsinhibitorer/emulgatorer	-	Natrium-N,N-bis- (2-hydroxyethyl)-glycin (2%)?	? - F
			Aminer	2-Amino-2-methyl-1-propanol (4%)?	B - F
			-	2-Propanamin (< 4%)	b - p
				Diethanolamin (5-20%)	C 1 p
		Farvestoffer (0-0,1%)			A - p
TYPENS FARLIGHEDSKATEGORI					B _p 1 _p P

* Primært manuel brug
Kun i mindre mængde

Ref.: Diverse datablade; /9,10,17/

GRUPPE: *Midler til afvaskning af serigrafiammer*
 UNDERGRUPPE: *39. Stencilfjernere*
 TYPE: *39a. Perjodatsaltbaserede stencilfjernere **

FUNKTIONSGRUPPE	(% w/w)	KOMPONENTER	STOFGRUPPE	ENKELTSTOF	SCORER VS LS SS
Oxidationsmiddel	3 - 100	Perjodater		Natriumperjodat (3-100%) (Kaliumperjodat)	c - p c - P
Fortyndingsmiddel	0 - 95	Vand	Vand	Vand	C
Syrer	0 - 6	Uorganiske syrer		Svovlsyre (0-6%) Salpetersyre	C 1 U C 1 P
Additiver	0 - 10	Fyldstoffer/antiskummere	"Aerosil" Silicone (hydrofiliseret)	Siliciumdioxid (5-10%)	C 1 p
		Farvestoffer (0-0,1%)			A - p
TYPENS FARLIGHEDSKATEGORI					C _p 1 _p P _p

* Forefindes primært som vandige koncentrerede opløsninger og i mindre omfang som pulver.

Ref.: Diverse datablade; /9,10/

GRUPPE: *Midler til afvaskning af serigrafirammer*
 UNDERGRUPPE: *39. Stencilfjernere*
 TYPE: *39b. Perjodsyrebaserede stencilfjernere*

FUNKTIONSGRUPPE	(% w/w)	KOMPONENTER	STOFGRUPPE	ENKELTSTOF	SCOREI VS LS
Oxidationsmiddel	4 - 100	Uorganiske syrer		Perjodsyre (5-100%)	c -
		(Oxiderende natriumsalt)		(Natriumperjodat)	c -
Fortyndingsmiddel	0 - 96	Vand	Vand	Vand	C
Additiver	< 1%	Nonioniske tensider	Fedtsyreethoxylater		C -
		Farvestoffer (0-0,1%)			A -
TYPENS FARLIGHEDSKATEGORI					C _p 3 _p 1

Ref.: Diverse datablade; /9,10/

GRUPPE: *Midler til afvaskning af serigrafirammer*
 UNDERGRUPPE: *39. Stencilfjernere (additiv)*
 TYPE: *39c. Antiskummere til stencilfjernere*

FUNKTIONSGRUPPE	(% w/w)	KOMPONENTER	STOFGRUPPE	ENKELTSTOF	SCORER VS LS SS
Skumdæmpere		Mineralolie *	Alifater		a - U
	10 - 30 ?	Silicone #		Polydimethylsiloxan #	? - p
		Mineraler		Siliciumdioxid	C 1 p
Fortykkelsesmiddel					
Fortyndingsmiddel		Vand #			C
Emulgatorer		Tensider			a - p

TYPENS FARLIGHEDSKATEGORI

?_p ?_p ?_p

* I mineraloliebaserede typer eller i blandinger med silikone

I silikonebaserede typer eller i blandinger med mineralolie

Ref.: Diverse datablade; /8,9,10/

GRUPPE: *Midler til afvaskning af serigrafiammer*
 UNDERGRUPPE: *40. Skyggeffjernere*
 TYPE: *40a. Alkalibaserede skyggeffjernere **

FUNKTIONSGRUPPE	(% w/w)	KOMPONENTER	STOFGRUPPE	ENKELTSTOF	SCOREI VS LS
Baser	5 - 50	Uorganiske baser		Natriumhydroxid (20-50%)	C 1
				Kaliumhydroxid (16-19%)	C 1
Fortyndingsmiddel	25 - 90	Vand	Vand	Vand	C
Emulgatorer	5 - 10	Anioniske tensider	Alkylsulfater (2-10%)		C -
Additiver	0 - 15	Opløsningsmidler	Alkoholer	Glycerol (2%)	C -
				Methanol (13-15%)#	C 3
		-	Aminer	Triethanolamin (1-5%)	C 1
		-	Ketoner	γ-Butyrolacton (5%)	C -
		Fortykkelsesmiddel/emulgator	Polymer	Ravsyre/Methyloxirane-polymer (6%)	b -
		Fortykkelsesmiddel	Aerosil (5%)	Siliciumdioxid	
		TYPENS FARLIGHEDSKATEGORI			

* Benævnes også skyggeffjerner part A (eller part I).

Kun konstateret i et enkelt produkt - ikke typisk

Ref.: Diverse datablade; /9,10/

GRUPPE:
UNDERGRUPPE:
TYPE:

Midler til afvaskning af serigrafirammer
40. Skyggeffjernere
*40b. Hypokloritbaserede skyggeffjernere **

FUNKTIONSGRUPPE	(% w/w)	KOMPONENTER	STOFGRUPPE	ENKELTSTOF	SCORER VS LS SS
Oxidationsmiddel	< 5			Natriumhypoklorit (< 5%)	a - P
Baser	1 - 10	Uorganiske baser		Natriumhydroxid (5-10%)	C 1 P
Fortyndingsmiddel	75 - 95	Vand	Vand	Vand	C
Emulgatorer	0 - 5	Anioniske tensider	Alkylbenzensulfonater	Dinatriumdodecyl(sulfophenoxy)-benzensulfonat (2%)	a - p
Additiver	0 - 10	Fortykkelsesmidler (1-6%)	Aerosil (5%)	Carboxyvinylpolymer (1-2%) Siliciumdioxid	? - h
		Dispergeringsmiddel	Silikater	Natriummetasilikat (1-10%)	b - P
			TYPENS FARLIGHEDSKATEGORI		B _p 1 _p P _p

* Benævnes også skyggeffjerner part A (eller part D).

Ref.: Diverse datablade; /9,10/

GRUPPE: Midler til afvaskning af serigrafiammer
 UNDERGRUPPE: 40. Skyggefejernere
 TYPE: 40c. Opløsningsmiddelbaserede skyggefejernere *

FUNKTIONSGRUPPE	(% w/w)	KOMPONENTER	STOFGRUPPE	ENKELTSTOF	SCOREI VS LS
Opløsningsmidler	85 - 100	Aromatiske kulbrinter Kulbrinteblending (5-20%)	C ₁₀ -C ₁₂ -aromater		a -
				a -	
		Alicykliske forbindelser		a 3	
		Glycolethere	Propylenglycolethere	Dipropylenglycolmonomethylether (5-20%)	C 3
			-	Diethylenglycol (5-20%)	C -
				Methoxypropanol (20-50%)	C 2
		Ketoner		Diacetonealkohol (5-20%)	C 2
				Cyclohexanon (0-5%)	C 2
				γ-Butyrolacton (5-20%)	C -
		Acetater	Glycoletheracetater	3-Methoxy-n-butylacetat (5-50%)	C -
		1-Methoxy-2-propylacetat		c 1	
		Nitrogenholdige		N-methyl-2-pyrrolidon (20-100%)	C 3
		Estere		Glycolsyre-n-butylester (5-20%)	b -
Diestere	Dimethylestere	Dimethylsuccinat	C -		
		Dimethylglutarat	C -		
		Dimethyladipat	C -		
Alkoholer	Aromatiske alkoholer	Benzylalkohol (5-20%)	C 2		
Emulgatorer	(0 - 10)	Anioniske tensider	Sulfosuccinater	Sulfo-1,4-bis(2-ethylhexyl)- ravsyrediester-natrium (2%)	B -
		Nonioniske tensider	Alkoholethoxylater (Fedtalk.) (0-20%)		C -
			Alkylphenoethoxylater	Octylphenoxy-polyethoxyethanol (2%)	A -
			Additiver	0 - 5	Fortykkelsesmiddel
Afkalker	Organiske syrer	Myresyre (0-5%)			C -
Farvestoffer (0-0,1%)					A -
TYPENS FARLIGHEDSKATEGORI					A _p I _p U

* Kaldes også skyggefejerner type B eller type II eller aktivator (primært N-methylpyrrolidon)

Ref.: Diverse datablade; /9,10/

GRUPPE: Midler til afvaskning af serigrafirammer (forbehandling)
 UNDERGRUPPE: 18. Vævsaffedtere/vævsbefugtere
 TYPE: 18. Vævsaffedtere/vævsbefugtere*

FUNKTIONSGRUPPE	(% w/w)	KOMPONENTER	STOFGRUPPE	ENKELTSTOF	SCORER VS LS SS
Fortyndingsmiddel	30 - 95	Vand	Vand	Vand (86-94%)	C
Opløsningsmidler	0 - ?	Alicykliske kulbrinter	Terpener	Limonen (0-2%)	C - p
		Glycolethere		Butyldiglycol (0-20%)	C - p
		Nitrogenholdige	Aminer	Triethanolamin (20-50%)	C 1 p
Affedtere/befugtere		Anioniske tensider	Alkylbenzensulfonater	Natriumcumolsulfonat	? - p
			Alkylsulfater (20-50%)		C - p
			Alkylethersulfater (0-5%)		C - p
		Kationiske tensider (< 5%)			A - p
		Nonioniske tensider	Alkoholethoxylater (Fedtalk.) (5-50%)		C - p
			Alkylphenolethoxylater	Octylphenoxypolyethoxyethanol (2%)	A - p
Additiver		Komplexdannere/blødgørere	Phosphater	Natriumtripolyphosphat ?	? - p
				Tetrakaliumpyrophosphat (5-15%)	? - h
			Organiske syrer	Citronsyre (3%)	C - h
				Mælkesyre (0-5%)	C - h
		Dispergeringsmidler/buffere	Silikater	Natriummetasilikat (<5%)	b - P
		Biocider	Isothiazoliner	5-Chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-on (0,01%)	a - U
				2-Methyl-3(2H)-isothiazolon-hydrochlorid (0,01%)	? - p
		Farvestoffer (0-0,1%) (forlækningsmiddel til farvestoffer)		Garvesyre (0-5%)	A - p c - p
TYPENS FARLIGHEDSKATEGORI					B _p 1 _p P _p

* Manuelle typer skummer typisk meget for at sikre at alt affedtningsmiddel er fjernet før opraktning.

Ref.: Diverse datablade; /9,10/

SKEMA I: Enkeltstoffer

Stofnavn	CAS nr.	VS	LS	SS	Forekomst
1-Butoxy-2-propanol	29387-86-8	?	3	U	38f;38j
1-Ethoxy-2-propylacetat	54839-24-6	?	2	P	38b;38c;38g
1-Methoxy-2-propylacetat	108-65-6	c	1	P	38a;38b;38c;38f;38g;40c
2-Amino-2-methyl-1-propanol	124-68-5	B	-	P	38j
2-Butoxyethanol	111-76-2	C	2	P	38f
2-Methyl-3(2H)-isothiazolone-hydrochlorid	26172-54-3	?	-	P	18
2-Propanamin	75-31-0	b	-	P	38b;38f;38j
3-Methoxy-n-butylacetat	4435-53-4	C	-	P	38b;38d;38f;40c
4-methyl-1,3-dioxolan-2-on (propylencarbonat)	108-32-7	C	-	P	38i
5-Chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-on	26172-55-4	a	-	U	18
Benzylalkohol	100-51-6	C	2	P	38a;40c
Butyldiglycol; 2-(2-Butoxyethoxy)ethanol	112-34-5	C	-	P	38f;38h;38i;38j;18
Citronsyre	5949-29-1	C	-	h	18
Cyclohexanon	108-94-1	C	2	U	38a;38c;38g;40c
Diacetonealkohol	123-42-2	C	2	P	38a;38b;38c;38d;38e;38f;40c
Diethanolamin	111-42-2	C	1	P	38f;38j
Diethylen glycol	111-46-6	C	-	P	38a;40c
Dimethyladipat	627-93-0	C	-	P	38b;38c;38d;38e;38f;38h;40c
Dimethylglutarat	1119-40-0	C	-	P	38b;38c;38d;38e;38f;38h;40c
Dimethylsuccinat	106-65-0	C	-	P	38b;38c;38d;38e;38f;38h;40c
Dinatrium-dodecyl(sulphenoxy)benzensulfonat	28519-02-0	a	-	P	40b
Dipropylenglycolmonomethylether	34590-94-8	C	3	P	38b;40c
Dodecylbenzensulfonat	27176-87-0	B	-	P	38f;38j

Stofnavn	CAS nr.	VS	LS	SS	Forekomst
Ethyllactat	97-64-3	?	-	p	38h
γ -Butyrolacton	96-48-0	C	-	P	38b;38c;38f;40a;40c
Glycerol	56-81-5	C	-	h	40a
Glycolsyre-n-butylester	7397-62-8	b	-	P	38c;40c
Isobutanol	78-83-1	C	3	P	38a;38c
Kaliumhydroxid	1310-58-3	C	1	P	40a
Kaliumperjodat		c	-	P	39a
Limonen	138-86-3	C	-	p	38e;38g;18
Methanol	67-56-1	C	3	U	40a
Methoxypropanol	107-98-2	C	2	p	38a;38c;38e;38g;38j;40c
Myresyre	64-18-6	C	-	P	40c
Mælkesyre	50-21-5	C	-	h	18
n-Butylacetat	123-86-4	C	2	p	38a;38c
N-Methyl-2-pyrrolidon	872-50-4	C	3	P	38b;38c;38f;38g;38h;38i;40c
Natrium-N,N-bis(2-hydroxyethyl)glycin	139-41-3	?	-	P	38f;38j?
Natriumcumolsulfonat	32073-22-6	?	-	P	18
Natriumhydroxid	1310-73-2	C	1	P	40a;40b
Natriumhypoklorit	7681-52-9	a	-	P	40b
Natriummetasilikat	6834-92-0	b	-	P	40b;18
Natriumperjodat	7790-28-5	c	-	P	39a;39b
Natriumtripolyphosphat	7758-29-4	?	-	p	18?
Octylphenoxypolyethoxyethanol	9036-19-5	A	-	p	40c;18
Pentoxone	107-70-0	?	-	p	38b;
Perjodsyre	10450-60-9	c	-	P	39b

Stofnavn	CAS nr.	VS	LS	SS	Forekomst
Polydimethylsiloxan	164009-11-4	?	-	p	39c
Propylenglycol	57-55-6	C	-	h	38h
Salpetersyre	7697-37-2	C	1	p	39a
Siliciumdioxid	7631-86-9	C	1	p	38j;39a;39c
Sulfo-1,4-bis(2-ethylhexyl)-ravsyrrediester	577-11-7	B	-	p	40c
Svovlsyre	7664-93-9	C	1	U	39a
Tetrakaliumpyrofosfat	7320-34-5	?	-	h	18
Triethanolamin	102-71-6	C	1	p	40a;18

SKEMA II: Stofgrupper

Stofgruppenavn	CAS nr.	VS	LS	SS	Forekomst
Alicykliske kulbrinter		a	3	U	38b;38f;40c
Alifatiske kulbrinter		a	3	U	38b;38e;38f
Alkoholethoxylater, lineære		C	-	P	38e;38h;38j;40c;18
Alkylbenzensulfonater, forgren.		a			40b
Alkylbenzensulfonater, lineære (LAS)		B	-	P	38f;38j
Alkylethersulfater		C		P	18
Alkylphenoethoxylater		A	-	P	38a
Alkylphenoethoxylatsulfat (APES)		a		P	?
Alkylsulfater		C	-	P	38f;38j;40a;18
Alkylsulfonater		b			?
Anioniske tensider		a	-	P	38h
Aromatiske kulbrinter		a	-	U	38e;38d
Blokkpolymerer (EPE)		?		h	38
C ₁₀ -aromater		a	-	U	38b;38c
C ₁₀ -C ₁₁ aromater		a	-	U	38b
C ₁₀ -C ₁₂ aromater		a	-	U	38b;40c
C ₉ -aromater		a	-	U	38c
C ₉ -C ₁₀ -aromater	90641-13-7	a	-	U	38c
C ₉ -C ₁₁ aromater		a	-	U	38a;38b;38c
Carboxylater (sæber)		C	-	h	38j
Carboxypolymethylen	9007-20-9	?		h	40b
Dodecylbenzensulfonsyre/2-propanamin	26264-05-1	b	-	P	38b;38f;38j
Ekstraktionsbenzin 60/140 (C ₅ -C ₁₀)		a	-	U	38

Stofgruppenavn	CAS nr.	VS	LS	SS	Forekomst
Farvestoffer (dyes)		A	-	p	38a;38b;38c;38d;38e;38f;38g;38h;38i;38j;39a;39b;40c;18
Fedtsyrethoxylater (FEO)		C	-	p	38h;39b;38i
Garvesyre		c	-	p	18
Isoparaffiner		a	-	U	38g
Kationiske tensider		A	-	p	38f;18
Kulbrinteblanding (C ₉ -C ₁₁)		a	-	U	38g;40c
Min. terpentin (C ₇ -C ₁₂ , 20% aromat)	8052-41-3	A	3	U	38
Mineralolie		a	-	U	38j;39c
n-paraffiner C ₁₀ -C ₁₃	8002-74-2	a	-	U	38e
Nonioniske tensider		a	-	p	38f
Petroleum 180/300 (C ₁₀ -C ₁₄)		a	-	U	38
Ravsyre/methyloxirane-polymer		b	-	h	40a
Solvent naphtha		a	-	U	38c
Solvent naphtha (petrol.) light arom.	64742-95-6	A	2*	U	38a;38b;38j
Solvesso (98-99% aromat, C ₉ -C ₁₃ -C ₇)		a	-	U	38
Sulfosuccinater		b			40c
Tensider		a	-	p	39c
Xylener (isomerer, blandinger)	1330-20-7	C	2	U	38c

*) Er ikke nævnt specifikt i luftvejledningen og dens tillæg. Er derfor "administrativt" tildelt samme score som xylener.

SKEMA III: Mulige enkeltstoffer

Stofnavn	Cas nr.	VS	LS	SS	Forekomst
1,2,3-Trimethylbenzen	526-73-8	A	3	U	38, indgår bl.a. i aromatiske kulbrinteblandinger
1,2,4,5-Tetramethylbenzen	95-93-2	a		P	C ₁₀ - aromat, indgår bl.a. i aromatblandinger
2,2,4,4,6,8,8-Heptamethylnonan	4390-04-9	A		P	38, tilhører gruppen af isoparaffiner
2-Ethoxyethanol	110-80-5	C	2	U	38
4-Nonylphenol	104-40-5	A	-	U	Nedbrydningsprodukt af nonylphenolethoxylater
Basic Violet 10, CI No. 45170, Rhodamin B	81-88-9	a		P	38, eksempel på et farvestof der tilbydes af lev.
Basic Yellow 2, CI No. 41000, Auramin	2465-27-2	A		P	38, eksempel på et farvestof der tilbydes af lev.
Cyclododecan	294-62-2	A		P	38, tilhører gruppen af alicykliske kulbrinter
Cyclohexan	110-82-7	A		P	38, tilhører gruppen af alicykliske kulbrinter
m-Xylen, 1,3-Xylen, 1,3-Dimethylbenzen	108-38-3	C	2	U	38, indgår i xylen-blandinger
n-Decan	124-18-5	A		P	38, indgår bl.a. i alifatiske kulbrinteblandinger
n-Heptan	142-82-5	a	-	U	38, indgår bl.a. i alifatiske kulbrinteblandinger
o-Xylen, 1,2-Xylen, 1,2-Dimethylbenzen	95-47-6	C	2	U	38, indgår i xylen-blandinger
p-Xylen, 1,4-Xylen, 1,4-Dimethylbenzen	106-42-3	C	2	U	38, indgår i xylen-blandinger
Tetrahydro-2-furanmethanol	97-99-4	?	-	P	40a?

SKEMA IV: Enkeltstoffer

Stofnavn	CAS nr.	UPH-score	Kategori i forhold til UPH-kriterier							
			Akut tox.	Irritation	Sensibili- sering	Organtox.	Genotox.	Cancer	Neurotox.	Reprotox.
1-Butoxy-2-propanol	29387-86-8 (5131-66-8)	U	1	?	?	?	?	?	2	?
1-Ethoxy-2-propylacetat	54839-24-6	P	?	?	?	?	?	?	?	?
1-Methoxy-2-propylacetat	108-65-6	P	4	3	4	3	4	?	3	3
2-Amino-2-methyl-1-propanol	124-68-5	P	4	2	?	?	?	?	?	?
2-Butoxyethanol	111-76-2	P	3	3	4	?	?	?	3	?
2-Methyl-3(2H)-isothiazolonyldrochlorid	26172-54-3	P	?	?	?	?	?	?	?	?
2-Propanamin	75-31-0	P	3	3	4	?	?	?	?	?
3-Methoxy-n-butylacetat	4435-53-4	P	4	3	?	?	?	?	?	?
4-Methyl-1,3-dioxolan-2-on	108-32-7	P	4	3	?	?	?	?	?	?
5-Chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-on	26172-55-4	U	2	1	1	?	?	?	?	?
Benzylalkohol	100-51-6	P	3	4	2	?	?	?	?	?
Butyldiglycol	112-34-5	P	4	3	?	?	?	?	?	?
Citronsyre	5949-29-1 (77-92-9)	h	4	3	?	?	?	?	?	?
Cyclohexanon	108-94-1	U	3	4	4	3	3	?	1	3
Diacetonealkohol	123-42-2	P	4	3	4	3	?	?	4	?
Diethanolamin	11-42-2	P	4	3	?	?	?	?	4	?
Diethyleneglycol	111-46-6	P	3	3	?	?	?	?	?	?
Dimethyladipat	627-93-0	P	3	?	?	?	?	?	?	?

Stofnavn	CAS nr.	UPH-score	Kategori i forhold til UPH-kriterier							
			Akut tox.	Irritation	Sensibili- sering	Organtox.	Genotox.	Cancer	Neurotox.	Reprotox.
Dimethylglutarat	1119-40-0	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Dimethylsuccinat	106-65-0	p	4	3	?	?	?	?	?	?
Dinatrium-dodecyl(sulfophenoxy)benzensulfonat	28519-02-2	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Dipropylenglycolmonomethylether	20324-32-7	p	4	2	?	?	?	?	4	?
Dodecylbenzensulfonat	27176-87-0	P	3	1	?	?	?	?	?	3
Ethylacetat	97-64-3	p	4	4	?	?	?	?	?	?
γ-Butyrolacton	96-48-0	P	3	3	4	4	3	?	3	3
Glycerol	56-81-5	h	4	4	4	?	?	?	?	?
Glycolsyrebutylester	7397-62-8	P	4	1	?	?	?	?	?	?
Isobutanol	78-83-1	P	3	4	?	?	?	?	3	?
Kaliumhydroxid	1310-58-3	P	3	1	4	?	?	?	?	?
Kaliumperjodat		P	?	1	1	?	?	?	?	?
Limonen	138-86-3	p	4	3	3	?	?	?	?	?
Methanol	67-56-1	U	2	4	4	?	?	4	1	3
Methoxypropanol	107-98-2	p	4	4	?	?	?	?	?	?
Myresyre	64-18-6	P	4	1	?	3	3	?	?	?
Mælkesyre	50-21-5	h	3	3	?	?	?	?	?	?
n-Butylacetat	123-86-4	p	4	4	3	3	4	?	4	4
N-Methyl-2-pyrrolidon	872-50-4	P	4	3	4	4	3	?	4	3
Natriumcumolsulfonat	32073-22-6	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Natriumhydroxid	1310-73-2	P	3	1	4	?	?	?	?	?
Natriumhypoklorit	7681-52-9	P	2	1	3	?	?	?	?	?

Stofnavn	CAS nr.	UPH-score	Kategori i forhold til UPH-kriterier							
			Akut tox.	Irritation	Sensibili- sering	Organtox.	Genotox.	Cancer	Neurotox.	Reprotox.
Natriummetasilikat	6834-92-0	P	3	1	?	?	4	?	?	?
Natrium-N,N-bis(2-hydroxyethyl)glycin	139-41-3	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Natriumperjodat	7790-28-5	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Natriumtripolyfosfat	7758-29-4 (13573-18-7)	p	4	4	?	?	?	?	?	?
Octylphenoxypolyethoxyethanol	9036-19-5	p	4	?	?	?	?	?	?	?
Pentoxone	107-70-0	p	4	4	?	?	?	?	?	?
Perjodsyre	10450-60-9	P	?	1	?	?	?	?	?	?
Polydimethylsiloxan	164009-11-4 (9016-00-6)	p	4	4	?	?	?	?	?	?
Propylenglycol	57-55-6	h	4	4	3	3	4	4	4	?
Salpetersyre	7697-37-2	P	3	1	?	?	?	?	?	?
Siliciumdioxid ²	7631-86-9	p	4	4	4	4	4	4	?	?
Sulfo-1,4-bis(2-ethylhexyl)-ravsyrediethylester	577-11-7	p	3	3	?	?	?	?	?	?
Svovlsyre	7664-93-9	U	4	1	?	?	?	1 ³	?	?
Tetrakaliumpyrofosfat	7320-34-5	h	4	4	?	?	?	?	?	?
Triethanolamin	102-71-6	p	4	3	3	3	3	?	?	?

1) *d*-Limonen er vurderet af IARC og placeret i gruppe 3

2) Vurderingen gælder *amorf* siliciumdioxid. Krystallinsk siliciumdioxid anses for at være kræftfremkaldende

3) Aerosoler af svovlsyre er vurderet af IARC og placeret i gruppe 1

SKEMA V: Stofgrupper

Stofnavn	UPH-score	Kategori i forhold til UPH-kriterier							
		Akut tox.	Irritation	Sensibilisering	Organtox.	Genotox.	Cancer	Neurotox.	Reprotox.
Alicykliske kulbrinter	U	4	4	4	?	4	?	1	?
Alifatiske kulbrinter	U	4	4	4	?	4	?	1 ¹	?
Alkoholethoxylater, linære	P	4	3	4	4	4	4	?	?
Alkylbenzensulfonater, forgrenede									
Alkylbenzensulfonater, lineære	P	3	3	4	4	3	?	?	?
Alkylethersulfater	P	3	3	?	?	?	?	?	?
Alkylphenoethoxylater	P	3	3	4	?	4	4	?	?
Alkylphenoethoxylatsulfater	P	?	?	?	?	?	?	?	?
Alkylsulfater	P	3	3	4	?	4	4	?	?
Alkylsulfonater									
Anioniske tensider	P	3	3	4	4	3	?	?	?
Aromatiske kulbrinter	U	4	4	4	?	1	1	1	2
Blokpolymere	h	?	?	?	?	?	?	?	?
C ₉ -aromater	U	3	4	4	?	?	2	3	?
C ₉ -C ₁₀ -aromater	U	3	4	4	?	?	2	3	?
C ₉ -C ₁₁ -aromater	U	3	4	4	?	?	2	3	?
C ₁₀ -aromater	U	3	4	4	?	?	2	3	?
C ₁₀ -C ₁₁ -aromater	U	3	4	4	?	?	2	3	?
C ₁₀ -C ₁₂ -aromater	U	3	4	4	?	?	2	3	?
Carboxylater, sæber	h	4	3	4	?	?	?	?	?
Carboxypolyethylen	h	?	?	?	?	?	?	?	?
Dodecylbenzensulfonsyre/2-propanamin	P	?	?	?	?	?	?	?	?

Stofnavn	UPH-score	Kategori i forhold til UPH-kriterier							
		Akut tox.	Irritation	Sensibilisering	Organotox.	Genotox.	Cancer	Neurotox.	Reprotox.
Ekstraktionsbenzin 60/140	U	4	4	4	?	?	?	1	?
Farvestoffer	P	?	?	?	?	?	?	?	?
Fedtsyreethoxylater	P	?	?	?	?	?	?	?	?
Garvesyre	P	4	?	?	?	?	?	?	?
Isoparaffiner	U	4	4	4	?	?	?	1	?
Kationiske tensider	P	3	3	3	?	?	?	?	?
Kulbrinteblending C ₉ -C ₁₁	U	4	4	4	?	?	?	1	?
Mineralolie	U	4	4	3	?	3	1 el. 4 ²	?	?
Mineralsk terpentin	U	3	4	4	?	?	2	2	?
Nonioniske tensider	P	3	3	4	?	4	4	?	?
n-paraffiner	U	4	4	4	?	?	?	1	?
Petroleum 180/300	U	4	3	?	?	?	?	1	?
Ravsyre/methyloxiranpol.	h ³	?	?	?	?	?	?	?	?
Solvent naphtha ⁴	U	4	4	4	?	1	1	1	2
Solvent naphtha (petrol.) light aromatic	U	4	3	4	?	?	2	?	?
Solvesso	U	4	3	?	?	?	?	1	?
Sulfosuccinater									
Tensider	P	3	3	3	?	?	?	?	?
Xylener	U	3	3	4	3	4	?	1	1

1) På baggrund af effekter af n-hexan, octan, nonan.

2) Afhænger af raffineringsgraden. Grundigt solventraffinerede mineralolier er ikke kræftfremkaldende, mens mindre godt oprensede olier er vist kræftfremkaldende i mennesker.

3) Der er ikke fundet oplysninger om selve polymeren. Det må imidlertid med stor sandsynlighed forventes, at der ikke er sundhedseffekter, der medfører gruppering som U eller P. Den ene monomer (methyloxiran = propylenoxid) er kræftfremkaldende. Grupperingen af de enkelte handelsvarer afhænger af restmonomerindholdet og kan variere.

4) Scoret som aromatiske kulbrinter

SKEMA VI: Mulige enkeltstoffer

Stofnavn	CAS nr.	UPH-score	Kategori i forhold til UPH-kriterier							
			Akut tox.	Irritation	Sensibili- sering	Organtox.	Genotox.	Cancer	Neurotox.	Reprotox.
1,2,3-Trimethylbenzen	526-73-8	U	4	3	?	?	?	?	1	?
1,2,4,5-Tetramethylbenzen	95-93-2	P	4	?	?	?	?	?	?	?
2,2,4,4,6,8,8-Heptamethylnonan	4390-04-9	P	?	?	?	?	?	?	?	?
2-Ethoxyethanol	110-80-5	U	3	4	4	3	?	?	3	2
4-Nonylphenol	04-40-5	U	3	3	?	?	?	?	?	1
Auramin	2465-27-2	P	3	3	?	?	?	3	?	?
Cyclododecan	294-62-2	P	?	?	?	?	?	?	?	?
Cyclohexan	110-82-7	P	4	4	?	?	?	?	3	?
m-Xylen	108-38-3	U	3	3	4	3	4	?	1	1
n-Decan	124-18-5	P	?	?	?	?	?	?	?	?
n-Heptan	142-82-5	U	4	4	4	?	4	?	2	?
o-Xylen	95-47-6	U	3	3	4	3	4	?	1	1
p-Xylen	106-42-3	U	3	3	4	3	4	?	1	1
Rhodamin	81-88-9	P	3	?	?	?	?	3	?	?
Tetrahydro-2-furanmethanol	97-99-4	P	4	3	?	?	?	?	?	?

Referenceliste anvendt ved vurdering af miljøfarlighed

Data of Existing Chemicals Based on the CSCL Japan. Ministry of International Trade and Industry (MITI) (1992).

Verschuere K. (1983). Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals. Van Nostrand Reinhold Company

Nikunen et al. (1990). Environmental Properties of Chemicals. Ministry of Environment. Research Report 91. VAPK-Publ. Helsinki.

Howard P.H. (1989). Handbook of Environmental Fate and Exposure Data For Organic Chemicals. Lewis Publ. Vol. I (1989), II (1990), III (1991), IV (1993).

Howard P.H. et al. (1991). Handbook of Environmental Degradation Rates. Lewis Publ.

Baumann W., B. Herberg-Liedtke (1991). Druckereicheimikalien. Daten und Fakten zum Umweltschutz. Springer Verl.

AQUIRE DATABASE (1993). US-EPA, Environmental Research Laboratory, Duluth, MN 55804.

Miljøministeriet (1996). Bekendtgørelse af listen over farlige stoffer. Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 69 af 7. februar 1996.

Sangster J. (1989). Octanol-water partition coefficients of simple organic compounds. J. Phys. Ref. Data, Vol. 18, No. 3.

Kemikalieinspektionen (1989). Miljöfarlige ämnen. Rapport från kemikalieinspektionen, KEMI Utredningsavdelningen, nr. 10/89, Sverige.

Björndal H. L. Düring, P.S. (1984). Miljöeffekter av tillsatskemikalier använda vid papperstillverkning. SSVL-85, Rapport nr. 16

Roth L. (1994). Wassergefährdende Stoffe. Bind 1, 2 og 3. 23 udgave. Ecomed.

The Merck Index (1983) 10. edition. Windholz, M. et al editors. MERCK & CO. Inc. Rahway, N.J. USA.

BIODEG DATABASE (1985). Syracuse Research Corporation, USA.

BIODEG PROGRAM (1993). Prediction of biodegradation. Version 3.03. US-EPA.

Tema Nord Database (1994): 643. Environmental Hazard Classification - classification of selected substances as dangerous for the environment (I), version 1.3a. Nordic Council of Ministers, Copenhagen.

LOGKOW PROGRAM (1994). Estimation of log octanol/water partition coefficient. Version 1.35a, aug. 1994. Syracuse Research Corporation, New York, USA.

De Waart J., Van der Most M. M. (1986). Biodegradation test for microbiocides. *International Biodeterioration*, Vol. 22, No. 2, p. 113-120.

Damborg A., Thygesen N. (1991). Overfladeaktive stoffer - spredning og effekter i miljøet. Miljøprojekt 166. Miljøstyrelsen.

Hutzinger O. (ed.) (1992). The handbook of environmental chemistry. Vol. 3. Part F: Anthropogenic Compounds, DETERGENTS. Springer-Verlag.

Naturvårdsverket (1995). Färgkemikalier. Kartläggning & riskbedömning - yttre miljö. Rapport 4460.

IUCLID (1996). International Uniform Chemical Information Database. Existing chemicals. 1 ed. European Chemicals Bureau. Environment Institute, Ispra (Italy).

Madsen T., Damborg A., Rasmussen H.B., Seierø C. (1994). Evaluation of methods for screening surfactants. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen Nr. 38. Miljøstyrelsen.

Karsa D.R., Porter M.R. (eds.) (1995). Biodegradability of surfactants. Chapman & Hall, Great Britain.

Tryland Ø., Haraldstad Ø. (1991). Miljøvurdering av tensider og andre komponenter i vaske- og rengjøringsmidler. SFT-rapport nr. 91:06C, Statens Forurensningstilsyn, Norge.

Referenceliste anvendt ved vurdering af luft- og sundhedsfarlighed

Sax N. I., Lewis R. J. (1992). *Dangerous properties of Industrial Materials*. Van Nostrand Reinhold. New York.

Listen over stoffer, der anses for at være kræftfremkaldende (1994). Grænseværdier for stoffer og materialer. At-anvisning Nr. 3.1.0.2. Arbejdstilsynet. København.

Haa U., Jakobsen B. M., Brandorff N. P., Jelnes J. E., Petersen S. H. (1991). Reproduktionsskadende stoffer i arbejdsmiljøet. AMI-rapport nr 35. Arbejdstilsynet. København.

Arbejdstilsynet (1990). Nervesystemskadende stoffer i arbejdsmiljøet. At-rapport nr. 13. København.

Criteria documents (1992-1993). Occupational Exposure Limits. Health and Safety. European Commission. Directorate General. Employment, Industrial Relations and Social Affairs. Luxembourg.

Arbeta och Hälsa (1978-). Vetenskabelig skriftserie. Arbetsmiljöinstitutet. Solna.

ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) (4 ed. 1980-). *Documentation of Threshold Limit Values*. Cincinnati.

Snyder R. (ed). (1987). *Ethel Browning's Toxicity and Metabolism of Industrial Solvents*. 2. ed. Elsevier. Amsterdam.

IUCLID (1996). *International Uniform Chemical Information Database*. European Commission, JRC. ISPRA.

Miljø- og Energiministeriet (1996). *Bekendtgørelse af listen over farlige stoffer*. København.

Toppari J. et al (1995). *Male Reproductive Health and Environment Chemicals with Estrogenic Effects*. Miljøprojekt nr. 290. Miljøstyrelsen. København.

Stouten J.T.J. (1993). *Health-based Recommended Occupational Exposure Limit for n-Heptane*. RA 6/93. Sdu Uitgeverij Plantijnstraat. Den Haag.

Nordisk Ministerråd (1992). *Health Effects of Selected Chemicals*. Volume 1. Nord 1992:6. København.

Nordisk Ministerråd (1993). *Health Effects of Selected Chemicals*. Volume 2. Nord 1993:29. København.

Miljøstyrelsen. Begrænsning af luftforurening fra virksomheder.
Vejledning nr. 6. København, 1990.

Miljøstyrelsen (1996). B-værdier - Oversigt over samtlige B-værdier fastsat af Miljøstyrelsen. Orientering fra Miljøstyrelsen, Nr. 15.

Bilag 5 Skematisk fremstilling af renere teknologi ideer

I nedenstående tabeller findes en oversigt over de ideer (emner) omkring renere teknologi ved rammevask, der er fremkommet under nærværende projektarbejde. Tabellerne indeholder kolonner med kvalitative vurderinger af det pågældende emnes økonomiklasse, teknologiklasse og mulig miljømæssig betydning ved implementering. Herudover relateres emnet til udvalgte eksisterende teknikker og kommenteres i en kolonne for bemærkninger. Hvordan renere teknologi begrebet er brugt her er defineret i kap. 8, hvor de enkelte emner er behandlet samt udvalgte i kap. 9.

I tabellerne er følgende notation benyttet:

Økonomiklasse	I:	Kræver stort set ingen eller kun lille investering i materiel men i nogle tilfælde forøget behandlingstid og/eller flere mandetimer.
	II:	Kræver større investeringer i materiel og i nogle tilfælde afprøvnings-/tilpasningsomkostninger.
	III:	Kræver egentlige udviklingsomkostninger i større omfang.
Teknologiklasse	I:	Forbedret husholdning/optimering af forhåndenværende teknik, dvs. ændringer i procedurer/arbejdsgange/maskinprogrammering med videre med henblik på optimering af ressourceforbrug og spildminimering.
	II:	Teknik-/procesændringer. Modifikationer af eksisterende teknologi. Materiel og teknik umiddelbar tilgængelig - kun evt. mindre tilpasning nødvendig.
	III:	Teknologiændring. Egentlig teknologiudvikling nødvendig.

Miljømæssigt potentiale

- lille:** Implementering af emnet vurderes kun at have en potentiel lille betydning for processens miljøbelastning.
- mellem:** Implementering af emnet vurderes at have en potentiel betydende effekt på processens miljøbelastning.
- stor:** Implementering af emnet vurderes at have en potentiel væsentlig betydende effekt på processens miljøbelastning.

Eksisterende teknik

- +++ Emnet meget relevant
- ++ Emnet relevant
- +
- ÷ Emnet mindre relevant
- ÷ Emnet ikke relevant
- i Findes implementeret
- ? Relevans uafklaret

Tabel B5-1
Emner for indsatsområde: Farvefjernelse - optimering mht. ressourceforbrug og spildminimering m.m.

Emne	Øko- nomi klasse	Tekno- logi klasse	Miljø- messigt poten- tiale	Eksisterende teknik *						Bemærkning
				Man. (fly.)	Man. (vand)	Halvaut. (fly.)	Halvaut. (÷fly.)	Aut. (SAW)	Aut. (Notio)	
1.1. Reduceret indsløb af farve	I	I	mellem	+++	+++	+++	+++	+++	+++	Forslaget sigter mod en minimering af farverest på væv/ramme efter trykning. Dette kan bl.a. tilstræbes ved at anvende mindste nødvendige raketbredde (mindste ramme) og at optimere den manuelle farvefjernelse fra rammen/vævet umiddelbart efter trykprocessen samt "trykke tørt". En formindskelse i trykfarverestmængde på vævet vil forlænge farvefjernernes levetid markant.
1.2. Vask af våde rammer	I	I	mellem	+++	+++	+++	+++	+++	+++	Vask af våde rammer (friske eller opbevaret lufttæt) medfører nemmere og mere effektiv afvaskning af farverest. Samtidig reduceres indfarvning af vævet sandsynligvis væsentligt, hvorved behovet for anvendelse af skyggefjerner mindskes.
1.3. Kørsel i serier	I-II	I-II	mellem	+	+	+++	++	+++	++	Ved kørsel i serier opnås direkte ressourcebesparelser for visse maskiner. Generelt vurderes det at være en miljømæssig fordel at afvikle rammevask i serier, da der derved vil være længerevarende perioder, hvor det indre af maskinen/ anlægget vil være "tørt" med reduceret farvefjernerdampning til luft til følge. Automatisk rammefødnings er ikke nødvendigt for praktisering af ideen, men vil være praktisk og økonomisk attraktiv i nogle tilfælde (f.eks. på større trykkerier).
1.4. Reduceret udslob af farvefjerner til skyllevand (spildevand)										Ved at reducere udslob af farvefjerner med farverest til skyllerin mindskes emissionen med spildevandet, og udnyttelsen af farvefjernerne forbedres.
1.4.1 Forlænget afdrøppningstid	I	I	mellem	+++	+	+++	+++	+	+++	Ideen medfører naturligvis en forlænget behandlingstid.
1.4.2 Kontrolleret tilbageførsel af afdrupp (dryppekar)	I	II	lille	÷	÷	i+++	i+++	÷	÷	Ideen kan praktiseres, hvor rammen udlages af maskinen efter farvefjernelsestrinnet. Dryppekar findes monteret på f.eks. Soltec men ikke på f.eks. SPS-Autojet W, se bilag 2.
1.4.3 Reduktion af farvefjernervedhæng (mekanisk/fysisk)										Fleer af de foreslåede ideer kræver teknologiudvikling/forsøg. Her tænkes på nye principper for aftræk af farvefjernervedhæng eller forbedring af eksisterende systemer.
1.4.3.1 Manuel afskrabning med f.eks. en papskive	I	I	stor	+++	÷	÷	÷	÷	÷	Ved at skrabte farvefjerner af vævet med papskive eller anden skraber mens rammen står i vasken (tilbageførsel af farvefjerner) reduceres udslob betydeligt.
1.4.3.2 Rakelafskrabning	II	II	stor	++	+	++	+++	++	+++	Kan selvfølgelig anvendes manuelt (tilsvarende 1.4.3.1) men her tænkes primært på automatisk afskrabning i halvautomatiske og automatiske rammevaskelanlæg/farvefjerneranlæg. Vil kræve tilpasning af den eksisterende automatiserede "rakelteknologi" der anvendes ved andre processer inden for serigrافي (opråkning ved formfremstilling, trykning).
1.4.3.3 Afbtæsning	I-II	(I)-II	(mellem)	+++	++	i++	i+	+	+	Afbtæsning af farvefjerner kunne f.eks. foretages med trykluftpistol på manuelle anlæg men ville medføre forøget fordampning og aerosoldannelse. På nogle halvautomatiske og nogle automatiske rammevaskelanlæg er trykluft installeret, se bilag 2. Effekten er sandsynligvis størst, når der anvendes flygtige farvefjerner men almindelig ventilation (udsugning) også betydende. Effekten af trykluft, afprøvet på Alstrøm-anlæg (se bilag 2) under anvendelse af diesterbaseret farvefjerner, var ubetydelig /15/.

Emne	Øko-nomi-klasse	Tekno-logi-klasse	Miljø-mæssigt poten-tiale	Eksisterende teknik *						Bemærkning	
				Man. (fly.)	Man. (+ fly.)	Man. (vand)	Halvaut. (fly.)	Halvaut. (+ fly)	Aut. (SAW)		Aut. (Notto)
1.4.3.4 "Vådstøvsugning" af rammer	I-(III)	II-(III)	stor	+++	++	÷	++	+++	++	+++	Ved at "vådstøvsuge" vævet vil en væsentlig del af farvefjernerens sandsynligvis kunne tilbageføres til forlaget og udsleb mindskes. Ved manuel farvefjernelse (og på halv-automatiske rammevaskeanlæg/farvefjerneranlæg) vil ideen muligvis kunne gennemføres v.hj.a. eksisterende "vådstøvsugningsudstyr" (kun for farvefjernerne med højt flammepunkt; problemer omkring eksplosionsfare skal afklares; afkastluften bør muligvis føres gennem kulfilter). Vandstøvsugere anvendes idag på nogle trykkerier til tørring af våde (vand) rammer før oprakling (formfremstilling). Det skønnes at installation i rammevaskeanlæg ikke er umiddelbar gennemførlig.
1.4.3.5 Sprayskyl i farvefjernersektion	(I)-II	I-II	mellem-stor	+	+++	÷	+	+++	+++	+++	Kræver at der anvendes en vandfortyndbar farvefjerner hvis effektivitet ikke påvirkes betydende ved opblanding med vand. Ideen er taget fra et anvendt princip inden for galvanoidindustrien. Ved at sprayskylle med en mængde vand der udligner udsleb (og fordampning) mindskes udsleb af farvefjerner og en større mængde bliver i forlaget. På manuelle anlæg vil det sandsynligvis kunne gennemføres v.hj.a. eksisterende højtrykspulvere (spraydyser ?), mens gennemførelse på automatiske anlæg vil større modifikation.
1.4.4 Forbedret afskærmning mht. farvefjernerstank/aerosoler fra farvefjernersektion ind i skylsektion	I-II	II	lille	÷	÷	÷	÷	÷	+	+++	Implementering af og/eller forbedring af eksisterende systemer til mekanisk adskillelse mellem farvefjernersektion/stencilfjernersektion for at reducere direkte udslib af stænk og/eller aerosoler.
1.4.5 Reparation af utætte rammer/nye rammetyper	I-II	I-II	lille-mellem	++	++	÷	++	++	++	+++	Uætte ramme profiler (huller ind til hulhed) kan under væk tilføres farvefjerner, der på et senere tidspunkt ukontrolleret slipper ud igen (f.eks. i skylsektion). Der findes nyere rammetyper med "skrånstillede" profiler hvilket medfører at en større mængde farvefjerner kan løbe af rammen.
1.4.6 Mindste rammestørrelse	I	I-(II)	stor	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	Valg af mindste nødvendige rammestørrelse til den pågældende trykkopgave har afgørende betydning for størrelse af farvefjerner (og farverest) udsleb.
1.5. Minimering af farvefjernerstab til luft											Ved seriekørsel mindskes samlet tab.
1.5.1 Styring af vacuum på maskinen (eller styring af ventilation)	I-II	I-II	lille	++	+	÷	+++	+	+	+	Højt vacuum på maskinen giver højt fordampnings- og aerosolab af farvefjerner. Dette tab kan reduceres ved automatisk at styre vacuum ved måling/regulering.
1.5.2 Installation af aerosolfilter/aktiv kulfilter	II	II	lille	+	÷	÷	++	+	+	+	Vil reducere den luftformige emission af farvefjerner. I tilfældet med aerosolfilter kan farvefjernerens tilbageføres til forlaget.
1.6. Optimal udnyttelse af farvefjerner											Vurdering af objektive kriterier for skift af farvefjerner (udnyttes farvefjernerens potentiale optimalt). Kan bedre udnyttelse opnås ved f.eks. løbende tilspædning ? Installation af/optimering af flerkørsforlag.
1.6.1 Recirkulering af farvefjerner (vand)	I-II	II	stor	i	i	+++	i	i	i	i	Idag anvendes recirkulering ved stort set al farvefjernelse - men når der anvendes vand som farvefjerner (v. vandfortyndbare farver, ikke særlig udblede - endnu) føres dette typisk direkte til kloak.

Emne	Øko- nomi klasse	Tekno- logi klasse	Miljø- mæssigt poten- tiale	Eksisterende teknik *							Bemærkning
				Man. (fly.)	Man. (÷ fly.)	Man. (vand)	Halvaut. (fly.)	Halvaut. (÷ fly)	Aut. (SAW)	Aut. (Notio)	
1.6.2 Slamudskillelse: Filtrering	I-II	II	stor	+++	+++	÷	+++	+++	+++	+++	Princippet blev angiveligt tidligere anvendt på et dansk serigrafisk trykkeri og effekten var i fig. /10/ betydelig for udnyttelsen af farvefjerneren. Flere af de eksisterende rammevaskeanlæg/farvefjernere har installeret mere eller mindre grove mekaniske filtersystemer hvis reelle effekt dog ikke kendes.
1.6.3 Slamudskillelse: Gravimetrisk	I-II	(I)-II	stor	+++	+++	÷	+++	+++	+++	+++	System til manuelle anlæg produceres bl.a. af CPS i Danmark og sedimentationstanke er indbygget i bl.a. to typer automatiske farvefjernere, se bilag 2.
1.6.4 Udskillelse v. h.j.a. kemisk/fysisk manipulation	?	?	?	?	?	÷	?	?	?	?	Kan udskillelse af trykfarvekomponenter (f.eks. bindemidler) foretages v.h.j.a. kemisk/fysisk manipulation (pH-skift, temperatur) ?
1.6.5 Destillering	II-(III)	II-(III)	mellem- stor	+++	?	÷	+++	?	?	?	Princippet veludviklet - primært tyske anlæg (Bochonow, ESC) når der anvendes farvefjernere med flammepunkt < 55°C. Kunne tænkes udført centralt og tilknyttet mange brugere.
1.7. Optimering af dysefunktion og mekanisk bearbejdning af vævet antal/udformning/arbejdstryk	I	I	lille - (stor)	÷	÷	÷	++	++	++	++	Idéen vedrører primært sikring af, at den maskinelle proces fungerer optimalt, og således at manuel efterbehandling kan undgås. Farvefjernedyrsers antal, udformning og arbejdstryk samt evt. børste funktion er optimeret.
1.8. Substitution af farvefjernere/farvefjernerkomponenter	I-III	I-III	stor	+++	+++	÷	+++	+++	+++	+++	Substitution af særligt miljøfarlige/sundhedsskadelige farvefjernere eller farvefjernerkomponenter.
1.9. Udvikling af nye vaskekoncepter	III	III	stor ?	÷	÷	÷	÷	÷	÷	÷	
1.9.1 Ultralydsvask	III	III	stor ?	÷	÷	÷	÷	÷	÷	÷	Anvendelse af ultralyd ved "vådrængning" har en vis udbredelse inden for andre områder - f.eks. affedning af metaller. Teknikken kunne tænkes anvendt ved rammevask, f.eks. i kombination med vandig detergentopløsning. Teknikken anvendes i fig. /9/ på nogle få serigrafiske virksomheder i kombination med diesterbaserede farvefjernere.

* Man. (fly.): Manuel farvefjernelse (med recirkulation) ved brug af flygtige farvefjernere (typisk flammepunkt $\leq 55^{\circ}\text{C}$), f.eks. som trykkeri A, se bilag 3.

Man. (÷ fly.): Manuel farvefjernelse (med recirkulation) ved brug af ikke flygtig farvefjernere (flammepunkt $> 55^{\circ}\text{C}$ (i DK typisk diesterbaseret med flammepunkt $< 100^{\circ}\text{C}$)).

Man. (vand): Manuel farvefjernelse (vandfortyndbare farver) med vand uden recirkulation. Teknik anvendt af trykkeri B, se bilag 3.

Halvaut. (fly.): Farvefjernelse på halvautomatiske rammevaskeanlæg (og automatiske farvefjernere) ved brug af flygtige farvefjernere. Omfatter her i princippet også farvefjernelse på automatiske rammevaskeanlæg, hvor der anvendes flygtige farvefjernere.

Halvaut. (÷ fly.): Farvefjernelse på halvautomatiske rammevaskeanlæg (og automatiske farvefjernere) ved brug af ikke flygtige farvefjernere, f.eks. som trykkeri C, se bilag 3.

Aut. (Notio): Gruppen omfatter her i princippet også farvefjernelse i automatiske rammevaskeanlæg, når der anvendes ikke flygtige farvefjernere (dog excl. SAW og Notio)

Aut. (SAW): Automatisk rammevaskeanlæg hvor der kun anvendes ikke flygtige farvefjernere. Trykkeri D benytter anlægget (SAW). Se bilag 2 (leverandørkarakteristik) og bilag 3 (udredningsundersøgelser) for beskrivelse.

Aut. (Notio): 3 (udredningsundersøgelser) for beskrivelse.

Aut. (Notio): Automatisk rammevaskeanlæg hvor der typisk (i Danmark) anvendes ikke flygtige farvefjernere. Trykkeri E benytter anlægget (Notio). Se bilag 2 (leverandørkarakteristik) og bilag 3 (udredningsundersøgelser) for beskrivelse.

Tabel B5-2
Emner for indsatsområde: Skytletrin efter farvefjernerpåførsel - optimering, recirkulering og vandbehandling

Emne	Øko-nomi klasse	Tekno-logi klasse	Miljø-mæssigt poten-tiale	Eksisterende teknik *						Bemærkning	
				Man. (fly.)	Man. (+fly.)	Man. (vand)	Halvaut. (fly.)	Halvaut. (+fly.)	Aut. (SAW)		Aut. (Notto)
2.1. Optimering af skyllevandsforbrug (reduktion ved generel besparelse)	I-II	I-II	lille	++	++	++	+++	+++	÷	++	Den aktuelle mængde skyllevand, der påføres rammen, er i mange tilfælde unødigt stor, specielt på automatiske anlæg. God husboldning (man. anlæg) eller optimeret automatisk skyl (f.eks. nht. tid, dyser m.m.) vil kunne reducere forbruget betydeligt. SAW og flere andre rammevaskeanlæg (se bilag 3) kører uden skyl før stencilpåførsel.
2.2. Simpel recirkulation af skyllevand	I	II	lille-mellem	+++	+++	+++	+++	+++	÷	+++	Ved at recirkulere skyllevandet opnås friskvandsbesparelse og opkoncentrering af indslæbt farvefjerner (m. trykfarverester) i recirkulatet. Afhængig af om recirkulatet tilføres kloak (overløb) eller behandles som kemikaleffald er det miljømæssige potetiale "lille" eller "mellem".
2.3. Simpel recirkulation af skyllevand kombineret med friskvandsskyl	I-II	II	lille-mellem	+++	+++	+++	+++	+++	÷	+++	Som sidste skyl anvendes et friskvandsskyl, som efter brug enten føres til recirkulat-tank eller i kloak.
2.4. Modstrømsskyl	II	II	lille-mellem	+	+	+	÷++	÷++	÷	++	Kendt og anvendt teknik bl.a. inden for galvanoidindustri. Vil mindst kræve to "buffer-tanker".
2.5 Opgradering af skyllevand, f.eks. fra punkt 2.2, 2.3 og 2.4	I-III	II-III	stor								"Alt" skyllevand opgraderes bachvis (eller "løbende") til genbrugskvalitet, "DEN SPILDEVANDSERIE RAMMEVASK". Resiprodkttet i form af koncentrat behandles som kemikaleffald. Et tysk rammevaskeanlæg (Bochonow, Remco Chemie) kører angiveligt spildevandsfrit (inddampningsteknik).
2.5.1 Gravimetrisk behandling/filtrering	I-II	II	mellem-stor	++	++	+++	÷++	÷++	÷	++	Visse farvefjerner (diestere) er tungere end vand, mens andre er lettere. Tilstedeværende filler (vandblandbar) og farveskaller/pigmenter vil kunne bundfældes/filtreres fra. De fleste producenter/leverandører af halvautomatiske rammevaskeanlæg anbefaler og tilbyder gravimetriske vandbehandlingssystemer (incl. filtrering).
2.5.2 "Kemisk" fældning/flokkulering (emulsionsspaltning)	II-(III)	II-(III)	mellem-stor	++	++	++	÷++	÷++	÷	++	Der er udviklet anlæg, der kombinerer flokkulering med båndfiltre eller posefiltre (f.eks. Split-O-Mat). Trykkeri C anvender i sådan, se bilag 3. Anlæggene anvendes dog så vidt vides primært som "end of pipe" løsninger.
2.5.3 Elektroflokkulering	II-(III)	II-(III)	mellem-stor ?	?	?	?	÷?	÷?	÷	?	Systemet markedsføres bl.a. af fransk virksomhed (dansk agent Coates Screen). Hvorvidt det har været anvendt på spildevand med farvefjernerindhold vides ikke.
2.5.4 Inddampning	II-(III)	II-(III)	stor	++	++	++	÷+++	÷+++	÷	+++	Tysk (Ornitec) anlæg er udviklet og i funktion på rammevaskeanlæg.
2.5.5 Membranfiltrering	II-(III)	II-(III)	stor	+	+	+	+	+	÷	+	Kendt "dyr" teknik til vandbehandling - hvorvidt den har været prøvet på farvefjernerholdigt spildevand vides ikke. Vil evt. kun være relevante som centrale behandlingsanlæg, hvad angår manuelle anlæg (små trykkerier).
2.5.6 Fotokemisk oxidation	II-(III)	II-(III)	stor ?	?	?	?	?	?	÷	?	Velkendt teknik. Anvendes bl.a. ved behandling af grundvand forurenet med klorerede organiske forbindelser. Indgående organiske stoffer (f.eks. opløsningsmidler) destrueres (oxideres). Såvidt vides har metoden ikke været afprøvet på farvefjerner-spildevand.

Emne	Øko-nomi klasse	Tekno-logi klasse	Miljø-mæssigt poten-tiale	Eksisterende teknik *						Bemærkning	
				Man. (fly.)	Man. (+ fly.)	Man. (vand)	Halvaut. (fly.)	Halvaut. (+ fly.)	Aut. (SAW)		Aut. (Notio)
2.5.7 Aktiv kulfiltrering	II	II	mellem-stor?	?	?	?	?	?	?	?	Velkendt teknik. Anvendes bl.a. ved behandling af grundvand forurenet med klorerede organiske forbindelser. Såvidt vides har metoden ikke været alprøvet på farvefjernerspildevand.
2.6 Skylletrin udelades	I-II	I-II	?	+	+	+	?	?	?	+	SAW har ikke indbygget skylletrin efter påførsel af farvefjernere - men rammen går direkte ind i stencilfjernelse og får tilført stencilfjernere i stor mængde (recirkuleret i løbende tilsættes frisk). Herved blandes farvefjernersindsøb med stencilfjernere ved påførsel og således også i skyllevandet ved den efterfølgende skylleproces (højtryksspuling). Skyllevandet vil derfor være forurenet med både farvefjernere (m. farverest) og stencilfjernere samt oxideret stencil.

* Man. (fly.): Manuel farvefjernelse (med recirkulation) ved brug af flygtige farvefjernere (typisk flammepunkt $\leq 55^{\circ}\text{C}$), f.eks. som trykkeri A, se bilag 3.
 Man. (÷ fly.): Manuel farvefjernelse (med recirkulation) ved brug af ikke flygtig farvefjernere (flammepunkt $> 55^{\circ}\text{C}$ (i DK typisk diesterbaseret med flammepunkt $< 100^{\circ}\text{C}$)).
 Man. (vand): Manuel farvefjernelse (vandfortyndbare farver) med vand uden recirkulation. Teknik anvendt af trykkeri B, se bilag 3.
 Halvaut. (fly.): Farvefjernelse på halvautomatiske rammevaskeanlæg (og automatiske farvefjernere) ved brug af flygtige farvefjernere. Omfatter her i princippet også farvefjernelse på halvautomatiske rammevaskeanlæg hvor der anvendes flygtige farvefjernere.
 Halvaut. (÷ fly.): Farvefjernelse på halvautomatiske rammevaskeanlæg (og automatiske farvefjernere) ved brug af ikke flygtige farvefjernere, f.eks. som trykkeri C, se bilag 3.
 Aut. (SAW): Gruppen omfatter her i princippet også farvefjernelse i automatiske rammevaskeanlæg, når der anvendes ikke flygtige farvefjernere (dog excl. SAW og Notio).
 Aut. (Notio): Automatisk rammevaskeanlæg hvor der kun anvendes ikke flygtige farvefjernere. Trykkeri D benytter anlægget (SAW). Se bilag 2 (leverandørkarakteristik) og bilag 3 (udredningsundersøgelser) for beskrivelse.
 Aut. (Notio): Automatisk rammevaskeanlæg hvor der typisk (i Danmark) anvendes ikke flygtige farvefjernere. Projektdeltagende trykkeri benytter anlægget (Notio). Se bilag 2 (leverandørkarakteristik) og bilag 3 (udredningsundersøgelse) for beskrivelse.

Tabel B5-3
Emner for indsatsområde: Stenciljernelse - optimering mht. ressourceforbrug og spildminimering m.m.

Emne	Øko- nomi klasse	Tekno- logi klasse	Miljø- mæssigt poten- tiale	Eksisterende teknik *			Bemærkning
				Man.	Aut. (u.recirk.)	Aut. (m.recirk.)	
3.1. Reduceret indsløb af stencil	I	I	lille	+++	+++	+++	Mængden af stenciljern, der behøves for at fjerne stencil fra en ramme, afhænger givet af stencilmængden (og typen m.m.). Mængden af stencil til stenciljernelse kan minimeres ved at optimere ved formlerstillingen dvs. kun oprakle nødvendigt antal gange og anvende mindste rammetørrelser, der passer til ordene (de pågældende tryksager).
3.2. Kørsel i serier	I-II	I-(II)	lille- mellem	÷	+	++	Ved kørsel i serier opnås direkte ressourcebesparelser på bestemte maskiner (f.eks. SAW). For øvrige maskiner og manuelle systemer tilføres stenciljerneren i en bestemt mængde enten uafhængig eller delvis afhængig af rammetørrelse, men ikke hvorvidt rammerne kommer i serie eller ej.
3.3. Reduceret udslib af stenciljern (og oxideret stencil) til skyllevand (spildevand)							Kræver at stencilpåførsel foregår i separat trin (evt. separat sektion), hvor stenciljern, der løber af rammen (med oxideret stencil), kan opsamlles og recirkuleres som på f.eks. SAW (se bilag 2). Dette er dog ikke typisk forekommende, fordi påført stenciljern (incl. afdrup/afløb fra rammen og oxideret stencil) hyppigst skylles bort med højtryksvand, der føres til kloak.
3.3.1. Forlænger afdrupningstid komb. m. recirk.	I-(II)	I-II	lille	++	+++	+i	Ideen medfører naturligvis en forlænget behandlingstid.
3.3.2. Reduktion af stenciljernervedhæng (mekanisk/fysisk)							Flere af de foreslåede ideer kræver teknolog udvikling/forsøg. Her tænkes på nye principper for aftræk af stenciljernervedhæng eller forbedring af eksisterende systemer.
3.3.2.1. Manuel afskræbning med papskive komb. m. recirk.	I-(II)	I-II	mellem	+++	+	÷	Ved at skrabe stenciljern (med oxideret stencil) af vævet med f.eks. en papskive mens rammen står i vasken (tilbageførsel af stenciljern) reduceres udslib givetvis betydeligt.
3.3.2.2. Rakelafrabning komb. m. recirk.	I-II	I-II	mellem	+	+++	+++	Kan selvfølgelig anvendes manuelt (tilsvarende 3.4.2.1) men her tænkes på automatisk afskræbning i automatiske rammevaskelanlæg. Vil kræve tilpasning af den i branchen eksisterende automatiserede "rakelleknologi" ved processerne oprakling under formlerstilling og trykning.
3.3.2.3. Sprayskyl i stenciljernersektion komb. m. recirk.	I-II	(I)-II	lille- mellem	+++	+++	+++	Brugslospningen af en stenciljernere er vandig. Sekvensvis (eller kontinuert) tilførsel af stenciljernerkoncentrat kunne kompensere for evt. lille fortynding (sprayskyllevand) og forbrugt oxidativ kapacitet. Ideen er taget fra et anvendt princip inden for galvanoidindustrien. Ved at sprayskylle med en mængde vand der udligner udslib (og fordampning) mindskes udslib af stenciljern (og oxideret stencil), og en større mængde bliver i forlaget. På manuelle anlæg vil det sandsynligvis kunne gennemføres v.h.j.a. eksisterende højtrykspulvere (spraydyser ?), mens gennemførsel på automatiske anlæg vil kræve større modifikationer.
3.4. Optimal udnyttelse af stenciljern							Optimering vedr. påført mængde. Vurdering af objektive kriterier for skift af recirkuleret stenciljern (udnyttes stenciljernerens potentiale optimalt). Kan bedre udnyttelse opnås ved f.eks. løbende tilspædning ?.
3.4.1. Recirkulering af stenciljern	(I)-II	II	mellem	++	+++	i	Recirkulering forekommer så vidt vides kun på nogle få typer rammevaskelanlæg (se bilag 2) og ikke ved manuelle teknikker. Fordelen ved at recirkulere er bl.a. en bedre udnyttelse af stenciljernerens oxidative potentiale, og at en mindre mængde ender i skyllevand.
3.4.2. Generel besparelse	I	I	mellem	+++	+++	+	Her tænkes på at stenciljernerdoseringen ofte er på "slump" eller sat "erfaringsmæssigt" og derfor typisk (konservativt) høj.
3.4.3. Procedure ændringer	I-II	I-(II)	lille	+	+	++	Stenciljernerens potentiale (oxidative styrke) udnyttes sjældent fuldt ud. Mindre forbrug men med bedre udnyttelse kunne sandsynligvis opnås ved forlænget reaktionsstid og/eller forhøjede temperaturer.

Ernæ	Økono- mi klasse	Tekno- logi klasse	Miljø- mæssigt poten- tiale	Eksisterende teknik *			Bemærkning
				Man.	Aut. (u.recirk.)	Aut. (m.recirk.)	
3.4.4. Parameterkontrolleret stencilfjernerforbrug	II	II	lille- mellem	÷	÷	+++	Ved kontinuerlig måling af redoxpotential under recirkulering af stencilfjerner kunne frisk stencilfjerner automatisk tilspædes til opretholdelse af det nødvendige/tilstrækkelige oxidationspotentiale.
3.4.5. Slamudskillelse: Filtrering	I-II	II	mellem	÷	÷	+++	Kræver recirkulering af stencilfjerner. Slam (oxideret stencil) er observeret på trykkeri D's anlæg, der kører med recirkulering af stencilfjerner. Fjernelse af slam hyppigt (kontinuerligt) vil muligvis forlænge levetiden af stencilfjerner (anagelse: Tilstedeværende slam vil forbruge en del af stencilfjernerens oxidative virkning).
3.4.6 Slamudskillelse: Gravimetrisk	I-II	(I)-II	mellem	÷	÷	+++	Kræver recirkulering af stencilfjerner. Idag afledes typisk alt brugt stencilfjerner med indhold af oxideret stencil til kloak.
3.5. Optimering af dysefunktion og mekanisk bearbejdning af vævet antal/udformning/arbejdstryk	I	I	lille	÷	++	++	Ideen vedrører primært sikring af, at den maskinelle proces fungerer optimalt, og således at manuel efterbehandling kan undgås. Stencilfjernerdyrsers antal, udformning og arbejdstryk samt evt. børste funktion er optimeret.
3.6. Substitution af stencilfjerner/stencilfjernerkomponenter	I-III	I-III	lille- mellem	+++	+++	+++	Substitution af jodsyre-/iodatbaserede stencilfjerner med andre oxidationsmidler eller evt. substitution af enkeltkomponenter, f.eks. svovlsyre.
3.7. Udvikling af nye vasketeknoper	III	III	stor ?	÷	÷	÷	

- * Man. : Manuel stencilfjernelse (praktiseres så vidt vides altid uden recirkulation idag)
Aut. (u. recirk.): Stencilfjernelse i automatiske og halvautomatiske rammevaskelanlæg uden recirkulation af stencilfjerner og med vandafsky af farvefjernerudsløb før stencilfjernerpåførsel.
Aut. (m. recirk.): Stencilfjernelse i automatiske og halvautomatiske rammevaskelanlæg med recirkulation af stencilfjerner og uden vandafsky af farvefjernerudsløb før stencilfjernerpåførsel.

Tabel B5-4

Emner for indsatsområde: Skylletrin efter stencilfjernerpåførsel - optimering, recirkulering og vandbehandling

Emne	Øko-nomi klasse	Tekno-logi klasse	Miljø-mæssigt poten-tiale	Virksomhed			Bemærkning
				Man.	Aut. (u. recirk.)	Aut. (m. recirk.)	
4.1. Optimering af skyllevandsforbrug (reduktion ved generel besparelse)	I-II	I-(II)	lille	++	+++	++	Den aktuelle mængde skyllevand er i mange tilfælde unødigt stor, specielt på automatiske anlæg. God husholdning (man. anlæg) eller optimeret automatisk skyl (f.eks. mht. tid, dyser m.m.) vil kunne reducere forbruget betydeligt. Hvad angår visse automatiske rammevaskelanlæg (f.eks. SAW), reducerer kørsel i serier forbruget - omfanget afhænger af rammetørrelsen.
4.2. Simpel recirkulation af skyllevand	I	II	lille-mellem	+++	+++	+++	Ved at recirkulere skyllevandet opnås friskvandsbesparelse og opkoncentrering af indslæbt stencilfjerner (m. oxideret stencil) i recirkulatet. En del eksisterende rammevaskelanlæg kører med recirkulation, se bilag 2.
4.3. Simpel recirkulation af skyllevand kombineret med friskvandskyl	I-II	II	lille-mellem	+++	+++	+++	Som sidste skyl anvendes et friskvandskyl, som efter brug enten føres til recirkulationstank eller i kloak. Eksisterende rammevaskelanlæg der kører med recirkulation kombinerer typisk med friskvandskyl, se bilag 2.
4.4. Modstrømskyl	II	II	lille-mellem	+	++	++	Kendt og anvendt teknik bl.a. inden for galvanoidindustri. Vil mindst kræve to "buffertanke"
4.5. Opgradering af skyllevand, f.eks. fra punkt 4.2, 4.3 og 4.4.	I-III	II-III	mellem-stor	++	+++	+++	"Alt" skyllevand opgraderes batchvis (eller "løbende") til genbrugskvalitet, "DEN SPILDEVANDSFRIE RAMMEVASK". Resproduktet i form af koncentrat behandles som kemikaleffald. Et tysk rammevaskelanlæg (Bochonow, Remco Chemie) kører angiveligt spildevandsfrit. Til nogle rammevaskelanlæg tilbydes vandbehandlingsudstyr som option, se bilag 2.
4.5.1. Gravimetrisk behandling/filtrering evt. kombineret med aktivkulfiler	I-II	II	mellem	++	+++	+++	Oxideret stencil vil i større eller mindre omfang kunne bundfældes/filtreres fra.
4.5.2. "Kemisk" fældning/flokulering/emulsionsspaltning ("farvefjernerforurennet")	II-(III)	II-(III)	mellem	+	++	++	Givetvis kun relevant hvis farvefjerner er iblandet, dvs. at de to spildestrømme (farvefjerner- og stencilfjerner skyllevand) ikke holdes adskilt. På eksisterende rammevaskelanlæg foregår de to skyl i samme kammer (kun adskilt tidsmæssigt) eller som et skyl (f.eks. SAW). Der er udviklet anlæg, der kombinerer flokkulering med båndfilter/posefilter (f.eks. Split-O-Mar), se bilag 2. Trykkeri C anvender et sådan. De anvendes dog så vidt vides kun som "end of pipe" løsninger.
4.5.3. Elektroflokkulering ("farvefjernerforurennet")	II-(III)	II-(III)	mellem?	?	?	?	Givetvis kun relevant hvis farvefjerner er iblandet. Systemet produceres bl.a. af fransk virksomhed (dansk agent Coates Screen). Hvorvidt det er afprøvet på spildevand med farvefjerner vides ikke.
4.5.4. Inddampning	II-(III)	II-(III)	mellem-stor	+	+++	+++	Givetvis mest relevant hvis farvefjerner er iblandet. Tysk (Bochonow) anlæg er udviklet og i funktion på rammevaskelanlæg.
4.5.5. Membranfiltrering	II-(III)	II-(III)	mellem-stor	+	+++	+++	Kendt "dyr" teknik til vandbehandling - hvorvidt den har været prøvet på spildevand fra stencilfjernelse vides ikke.
4.5.6. Fotokemisk oxidation	II-(III)	II-(III)	mellem-stor?	?	?	?	Velkendt teknik. Anvendes bl.a. ved behandling af grundvand forurennet med chlorerede organiske forbindelser. Såvidt vides har metoden ikke været afprøvet på spildevand fra stencilfjernelse.

* Man. : Manuel stencilfjernelse (praktiseres så vidt vides altid uden recirkulation idag)

Aut. (u. recirk.):

Stencilfjernelse i automatiske og halvautomatiske rammevaskelanlæg uden recirkulation af stencilfjerner og med vandafskyl af farvefjernerudsløb før stencilfjernerpåførsel.

Aut. (m. recirk.):

Stencilfjernelse i automatiske og halvautomatiske rammevaskelanlæg med recirkulation af stencilfjerner og uden vandafskyl af farvefjernerudsløb før stencilfjernerpåførsel.

Tabel B5-5
Emner for indsatsområde: Affedning - optimering mht. ressourceforbrug og spildminimering m.m.

Emne	Økonomi klasse	Teknologisk klasse	Miljø-mæssigt potentiale	Eksisterende teknik *		Bemærkning
				Man.	Aut.	
5.1. Optimal udnyttelse af affedter	I-II	I-II	lille	+++	+++	Optimering vedr. påført mængde. I tilfælde af recirkulering vurdering af objektive kriterier for skift af recirkuleret affedter (udnyttes affedterns potentiale optimalt). Kan bedre udnyttelse opnås ved f.eks. løbende tilspænding ?.
5.1.2. Generel besparelse	I	I	lille	+++	+++	Her tænkes på at affedterdoseringsen oftest er på "slump" eller på "erfaringsmæssigt" og derfor typisk (konservativt) højt.
5.1.3. Procedure ændringer (recirkulation)	I-II	I-II	lille	++	+++	Affedtnings foregår typisk uden recirkulering af affedter. Affedterns potentiale udnyttes derfor givetvis ikke tilnærmelsesvis fuldt ud. Mindre forbrug men med bedre udnyttelse kunne sandsynligvis opnås ved recirkulering.
5.2. Optimering af dysfunktion og evt. mekanisk bearbejdning af vævet antal/udformning/arbejdsdruk	I	I	lille	÷	+++	Idéen vedrører primært sikring af, at den maskinelle proces fungerer optimalt, og således at manuel efterbehandling kan undgås. Affedterdysers antal, udformning og arbejdsdruk (samt evt. mekanisk bearbejdningsfunktion som f.eks. børste) er optimeret.
5.3. Substitution af affedtere/affedterkomponenter	I-III	I-III	lille	+++	+++	Substitution af særligt miljøfarlige affedtere med mindre miljøbelastende eller tilsvarende for affedterkomponenter. Anvendelse af finmalet kridt i stedet for detergentbaserede affedtere.
5.4. Udvikling af nye affedtningskoncepter	III	III	lille	÷	÷	?

* Man. : Manuel affedtnings
Aut. : Affedtnings indgående i automatiske og halvautomatiske rammevaskeanlæg

Tabel B5-6

Emner for indsatsområde: Skylletrin efter affedterpåførsel - optimering, recirkulering og vandbehandling

Emne	Øko- nomi klasse	Tekno- logi klasse	Måle- massigt poten- tiale	Eksisterende teknik *			Bemærkning
				Man.	Aut. (u.recirk.)	Aut. (m.recirk.)	
6.1. Optimering af skyllevandsforbrug (reduktion ved generel besparelse)	I-II	I-(II)	lille	++	+++	++	Skylning med vand ved affedtning foregår hyppigst manuelt. Den aktuelle mængde skyllevand, der påføres rammen, er i mange tilfælde unødigt stor, specielt på automatiske anlæg. God husholdning (man. anlæg) eller optimeret automatisk skyl (f.eks. mht. tid, dyser m.m.) vil kunne reducere forbruget betydeligt. Indsatsen gælder selvfølgelig primært for friskvands skyl.
6.2. Sempel recirkulation af skyllevand	I	II	lille- (mellem)	+++	+++	i	Ved at recirkulere skyllevandet opnås friskvandsbesparelse og opkoncentrering af indslagt affedter i recirkulatet.
6.3. Sempel recirkulation af skyllevand kombineret med friskvands skyl	I-II	I-II	lille- (mellem)	+++	+++	i	Som sidste skyl anvendes et friskvands skyl som efter brug enten føres til recirkulatet eller i kloak.
6.4. Modstrømsskyl	II	II	lille- (mellem)	+	++	++	Kendt og anvendt teknik bl.a. inden for galvanøindustri. Vil mindst kræve to "buffertanke"
6.5. Opgradering af skyllevand, f.eks. fra punkt 6.2, 6.3 og 6.4.	I-(III)	II-(III)	(mellem)	++	+	+++ + i	"Alt" skyllevand opgraderes batchvis (eller "løbende") til genbrugs-kvalitet, "DEN SPILDEVANDSFRIE RAMMEVASK". Resproduktet i form af koncentrat behandles som kemikalieaffald. Et tysk rammevaskanlæg (Bochonow, Remco Chemie) kører angiveligt spildevandsfrit.
6.5.1. "Kemisk" fældning/flokkulering/e-mulsionsbrydning	II-(III)	II-(III)	(mellem)	+	÷	+++	Der er udviklet anlæg, der kombinerer flokkulering med båndfiltre eller posefiltre (f.eks. Split-O-Mat). Trykkeri C anvendes et sådan. De anvendes dog så vidt vides kun som "end of pipe" løsninger.
6.5.2. Elektroflokkulering	II-(III)	II-(III)	(mellem)	+	÷	++?	Systemet produceres bl.a. af fransk virksomhed (dansk agent Coates Screen). Dette system har været anvendt på spildevand med detergentindhold.
6.5.3. Inddampning	II-(III)	II-(III)	(mellem)	+	÷	++ i	Tysk (Bochonow) anlæg er udviklet og i funktion på serigrafisk trykkeri til behandling af alt spildevand fra formfremstilling til og med rammevask.
6.5.4. Membranfiltrering	II-(III)	II-(III)	(mellem)	+	÷	++	Kendt "dyr" teknik til vandbehandling - er vel afprøvet over for olie-/detergentforurenet spildevand.
6.5.5. Fotokemisk oxidation	II-(III)	II-(III)	(mellem)	?	÷	?	Velfundet teknik. Anvendes bl.a. ved behandling af grundvand forurenet med chlorerede organiske forbindelser. Indgående organiske stoffer (f.eks. organiske opløsningsmidler) destrueres. Metoden har sandsynligvis været anvendt overfor detergentforurenet spildevand.

* Man. : Manuel affedtning (praktiseres så vidt vides altid uden recirkulation af skyllevand idag)

Aut. (u. recirk.): Affedtning i automatiske og halvautomatiske rammevaskanlæg uden recirkulation af skyllevand.

Aut. (m. recirk.): Affedtning i automatiske og halvautomatiske rammevaskanlæg med recirkulation af skyllevand blandet med farvefjerner- og stencilfjerner skyllevand.

Tabel B5-7
Emner for indsatsområde: Skyggeffjernelse - optimering mht. ressourceforbrug og udsleb til skytletrin

Emne	Øko-nomi klasse	Tekno-logi klasse	Miljø-mæssigt poten-tiale	Eksisterende teknik *		Bemærkning
				Man.	Aut.	
7.1. Undgå/minimer brug af skyggeffjern	I	I	stor	+++	+++	Det vurderes, at forbruget af skyggeffjern primært styres af følgende faktorer. 1) Ikke optimal farve- og stencilfjernelse. 2) Visuelle (æstetiske) grunde til fjernelse af for trykprocessen ubetydelige skygger. 3) Indkøbt fast praksis (f.eks. skyggeffjernelse af alle rammer) der på ingen måde er nødvendig og slet ikke af trykvalitetsmæssige grunde. Det vurderes derfor muligt helt at undgå brug af skyggeffjern eller kunne begrænse det til helt specielle sjældne tilfælde.
7.2. Reduceret udsleb af skyggeffjern til skytlevand (spildevand)						Ved at reducere udsleb af skyggeffjern til skytletrin mindskes emissionen (pr. m ² ramme vasket) med spildevandet.
7.2.1. Sprayskyl med opsamling	I-II	I-II	mellem	+++	+++	Kræver at spildevandet fra sprayskyl opsamles og behandles som kemikalfald (evt. efter et antal recirkuleringer). Skyggeffjernelse foretages typisk manuelt, og sprayskyl vil her sandsynligvis kunne gennemføres v.h.j.a. eksisterende højtrykspulvere (spraydyser ?) kombineret med omskifter på afløb (kemikalfaldsafbø/kloak). Efterfølgende højtryksskyl føres til kloak.
7.3. Udskiftning af væv	I	I	(lille)	+	+	Ideen går ud på at væv, der kræver skyggeffjernelse, udskiftes i stedet for. Ideen vil med al sandsynlighed kun have miljø-mæssig (og økonomisk) berettigelse i de tilfælde, hvor skyggeffjernelse i praksis er umulig, eller hvor det kræver en urimeligt stor mængde skrap skyggeffjern (opløsningsmiddelbaseret).
7.4. Optimal udnyttelse af skyggeffjern						Drejer sig primært om kun at påføre vævet den nødvendige mængde skyggeffjern og herunder undgå spild under påførsel.
7.4.1. Pietbehandling	I	I	mellem	+++	+	Ved skyggeffjernelse opskrækkes hele vævsarealet med skyggeffjern (A) og efter indtørring påføres i mange tilfælde (med f.eks. børste) tilsvarende hele vævsarealet skyggeffjern (B) (evt. påføres kun én gang med en blanding af A og B). Ideen her går ud på kun at påføre kemikalie på de områder af vævet, hvor skyggerne forekommer. Dette vil kræve anvendelse af korte hultrakter og "små" pensler/børster.
7.4.2. Spildminimering	I	I	mellem	+++	+	Overskydende mængde skyggeffjern i hultrækter efter påførsel tilbageføres optimalt til skyggeffjernerbætte - f.eks. ved at skrabe rent med papskive - før rækten skylles med vand eller mere optimalt aftørres med klud. Påførsel af skyggeffjern med pensel/-børste foretages på en sådan måde, at det undgås at skyggeffjern løber af vævet/rammen dvs. spildes ned i vasken/på gulvet.
7.5. Substitution af skyggeffjerner/skyggeffjernerkomponenter	I-III	I-III	stor	+++	+++	Substitution af særligt miljøfarlige/sundhedsskadelige skyggeffjerner eller skyggeffjernerkomponenter
7.6. Udvikling af nye skyggeffjernelses-koncepter	III	III	stor	+	+	?

* Man. : Manuel skyggeffjernelse - den alt dominerende teknik
Aut. : Skyggeffjernelse indgående i automatiske og halvautomatiske rammevaskeanlæg - sjældent forekommende

Tabel B5-8

Emner for indsatsområde: Skytletrin efter skyggeffjernerpåførsel - optimering, recirkulering og vandbehandling

Emne	Økono- misk klasse	Tekno- logi klasse	Miljø- mæssigt poten- tiale	Eksisterende teknik *		Bemærkning
				Man.	Aut.	
8.1. Optimering af skyllevandsforbrug (reduktion ved generel besparelse)	I-II	I-(II)	lille	+++	+++	Den aktuelle mængde skyllevand der påføres rammen er i mange tilfælde unødig stor, specielt på automatiske anlæg (trykkeri B anvender aut. rammevaskemaskine til at højtrykspule en del af rammerne påført skyggeffjerner - resten højtrykspules manuelt). God husholdning (man. anlæg) eller optimeret automatisk skyl (f.eks. mht. tid, dyser m.m.) vil kunne reducere forbruget betydeligt.
8.2. Sempel recirkulation af skyllevand	I	II	(mellem)	+++	+++	Ved at recirkulere skyllevandet opnås friskvandsbesparelse og opkoncentrering af skyggeffjerner i recirkulatet.
8.3. Sempel recirkulation af skyllevand kombineret med friskvandskyl	I-II	II	(mellem)	+++	+++	Som sidste skyl anvendes et friskvandskyl, som efter brug enten føres til recirkulatank eller i kloak.
8.4. Modstrømskyl	II	II	(mellem)	+	++	Kendt og anvendt teknik bl.a. inden for galvanoidindustri. Vil mindst kræve to "buffertanke"
8.5. Opgradering af skyllevand, f.eks. fra punkt 8.2, 8.3 og 8.4.	I-III	II-III	stor	+++	+++	"Alt" skyllevand opgraderes batchvis (eller "løbende") til genbrugskvalitet, "DEN SPILDEVANDSFRIE RAMMEVASK". Resproduktet i form af koncentrat behandles som kemikaleaffald. Et tysk rammevaskelanlæg (Bochonow, Renco Chemie) kører angiveligt spildevandsfrit - men der skygges fjernes kun i meget begrænset omfang fordi farvefjernelse og stencilfjernelse er effektiv.
8.5.1. Gravimetrisk behandling/filtrering evt. kombineret med aktiv-kulfilter	II	I-II	lille	+	+	Teknikken vil sandsynligvis ikke have synderlig effekt, da forureningskomponenter bl.a. udgøres af opløste stoffer (skyggeffjerner A) og emulgerede opløsningsmidler (skyggeffjerner B).
8.5.2. "Kemisk" fældning/flokulering/-emulsionsspaltning	II-(III)	II-(III)	mellem	++	++	Givetvis kun relevant hvis skyggeffjerner B (opløsningsmidler) indgår. Der er udviklet anlæg, der kombinerer flokkulering med håndfiltrering eller posefilter (f.eks. Split-O-Man). Trykkeri C anvender et sådant. De anvendes dog så vidt vides stort set kun som "end of pipe" løsninger.
8.5.3. Elektroflokkulering	II-(III)	II-(III)	mellem	?	?	Givetvis kun relevant hvis skyggeffjerner B er iblandet. Systemet markedsføres bl.a. af fransk virksomhed (dansk agent Coates Screen). Hvorvidt det har været anvendt på spildevand med skyggeffjernerindhold vides ikke.
8.5.4. Inddampning	II-(III)	II-(III)	mellem- stor	+	++	Givetvis mest relevant hvis skyggeffjerner B er iblandet. Tysk (Bochonow) anlæg er udviklet og i funktion på rammevaskeanlæg.
8.5.5. Membranfiltrering	II-(III)	II-(III)	mellem- stor	+	++	Kendt "dyr" teknik til vandbehandling - hvorvidt den har været prøvet på skyggeffjernerholdigt spildevand vides ikke.
8.5.6. Fotokemisk oxidation	II-(III)	II-(III)	mellem	?	?	Velkendt teknik. Anvendes bl.a. ved behandling af grundvand forurenet med chlorerede organiske forbindelser. Indgående organiske stoffer (f.eks. opløsningsmidler) destrueres (oxideres). Såvidt vides har metoden ikke været afprøvet på skyggeffjerner spildevand.

* Man. : Manuel skyggeffjernerse - den alt dominerende teknik

Aut. : Skyggeffjernerse indgående i automatiske og halvautomatiske rammevaskelanlæg - sjældent forekommende

Bilag 6 Computersimuleringer af rammevask

I nærværende bilag er beskrevet resultatet af computersimuleringer foretaget på grundlag af udredningsundersøgelserne (se kap. 8) samt for de efterfølgende renere teknologi tiltag (se kap. 9).

Fordelen ved at lave computersimuleringer er, at der på baggrund af få eksperimentelle værdier kan opstilles en model for processen, som kan forudsige resultatet af processen under flere forskellige betingelser.

Modellen

Modellen er opbygget i et simuleringsprogram kaldet VisSim fra firmaet Visual Solutions Inc. Programmeringen er objektorienteret, dvs. at selve den matematiske programmering foregår ved, at alle tal, matematiske operatorer, funktioner etc. fremstår på skærmen som "blokke", hvor signalvejene mellem blokkene symboliseres ved streger/pile.

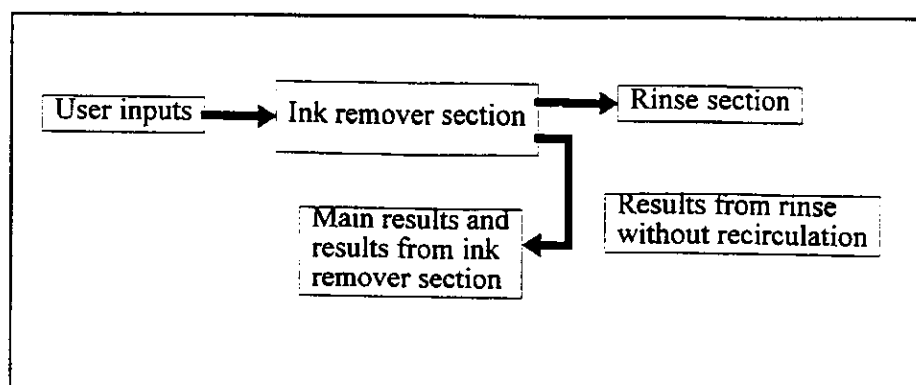
Selve det matematiske grundlag kan skjules i bagved liggende skærbilleder i forhold til det øverste skærbillede. Således vil tilgængelige billeder af relevans for f.eks. en slutbruger befinde sig i det øverste lag - typisk i form af flowsheets eller billeder - der overordnet symboliserer den virkelige verden. Når først den grundliggende programmering er udført, tilføjes brugerdata. Resultaterne af en simulering vil være ét eller flere tal (datasæt), der kan variere under simuleringsforløbet. Uddata kan løbende følges under kørslen og evt. bagefter overføres til viderebehandling i f.eks. et regneark.

I den udviklede model - der er begrænset til kun at omhandle forholdene omkring farvefjernelse og tilhørende skylleprincipper - simuleres bl.a. udviklingen i farvefjernerforlag, div. skyllevandsforlag og spildevandssammensætningen som funktion af behandlede rammer. Herved kan de fundne resultater for f.eks. emissioner relateres til arealet af behandlede rammer eller alternativt antallet af behandlede rammer. Som inputdata til de enkelte scenarier kan nævnes produktionsstørrelsen, fordelingen af rammestørrelser, aktuelle rammestørrelser, mængden af ren farvefjerner før en kørsel, indsløb/udsløb af farve/farvefjerner/skyllevand for de enkelte trin i afvikling af rammevasken, stopkriterium for simuleringen (f.eks. at farveindholdet i farvefjernerforlaget når en bestemt øvre grænse) etc.

Endelig skal det nævnes, at modellen under kørsel afvikler alle scenarier samtidig, idet der med scenarium menes en valgt behandlingsprocedure. Resultaterne af de enkelte scenarier vil naturligvis variere som funktion af de ovenfor nævnte brugerinput.

I det følgende præsenteres kort programmets brugerflade, idet der henvises til efterfølgende afsnit vedr. resultater af konkrete scenariekørsler.

I figur B6.1 er vist det overordnede flowsheet for programmet.

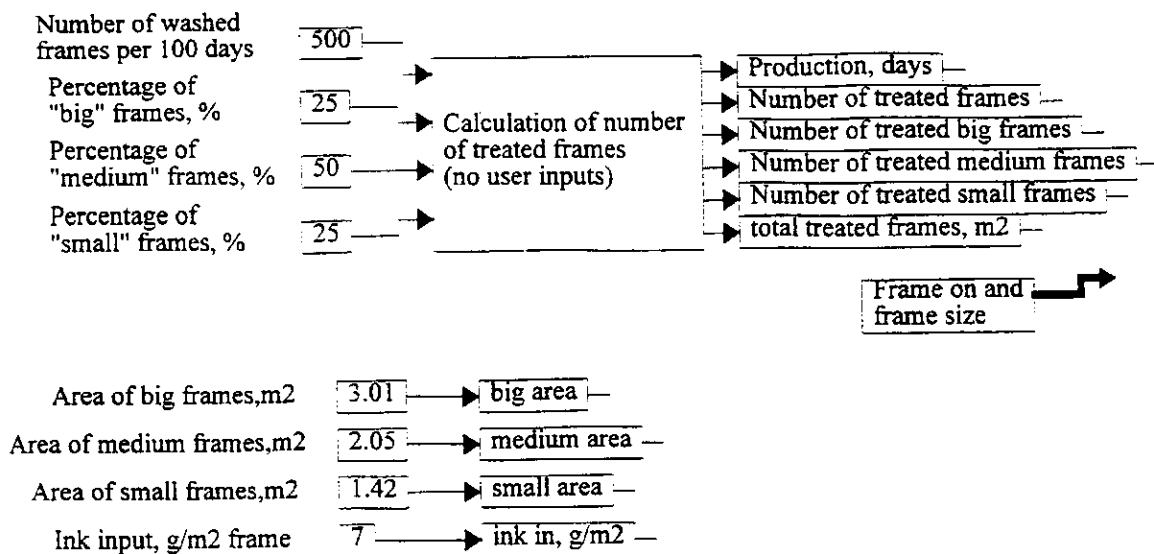


Figur B6.1

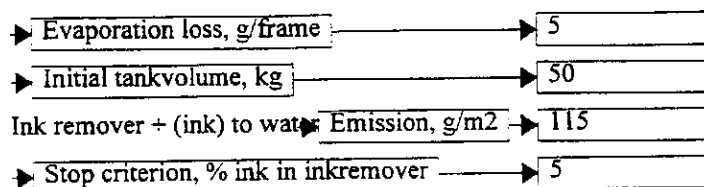
Overordnet flowsheet for simulering af rammevask

Ved at "klikke" på de enkelte bokse fremkommer mere detaljerede skærbilleder, og i figur B6.2 er vist indholdet af boksene "User inputs" og "Ink remover section" med et konkret eksempel på datainput.

User inputs :



Ink remover section:

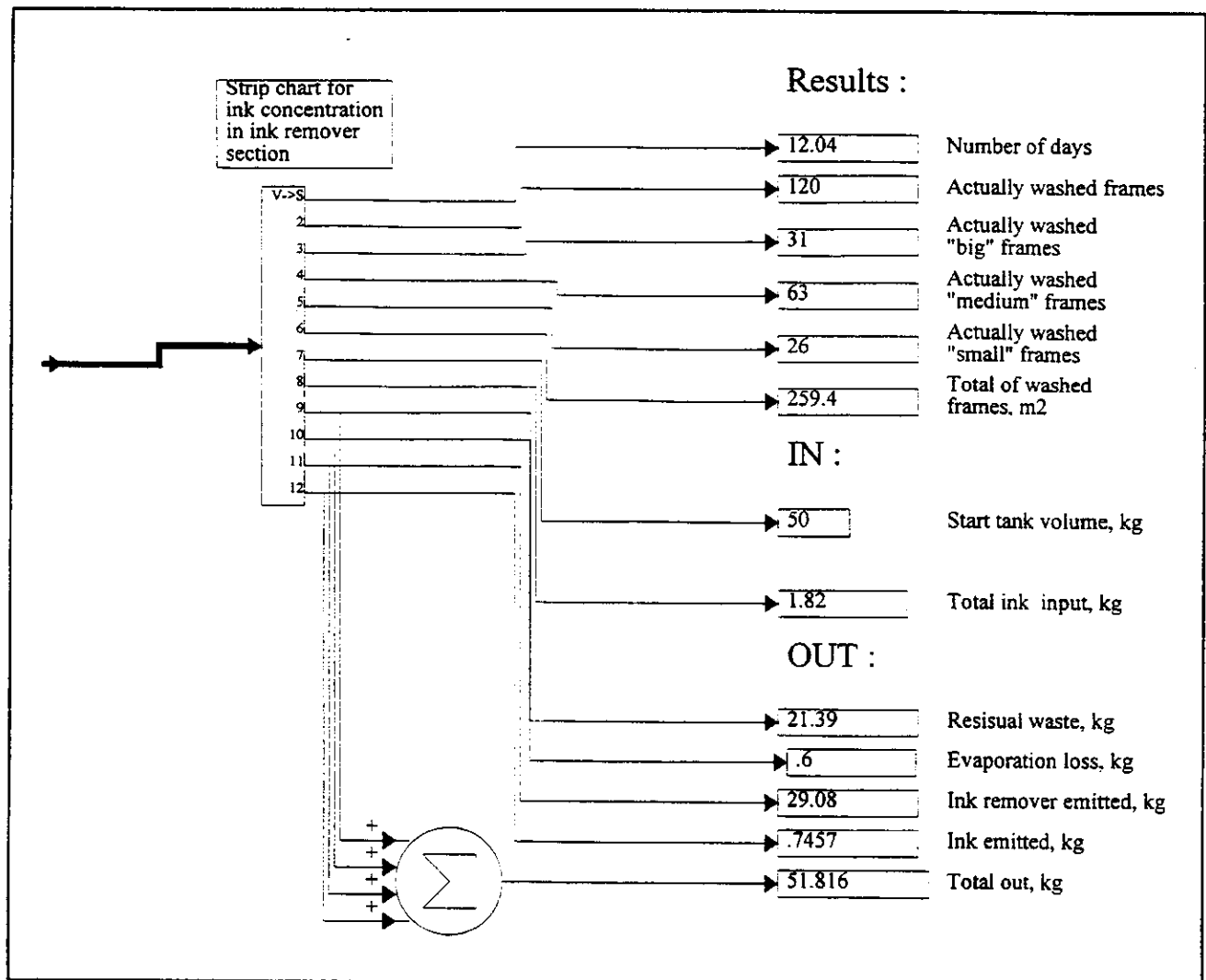


Figur B6.2

Indhold af "User inputs" og "Ink remover section" med eksempel på datainput

Det fremgår af figur B6.2, at der på dette skærm billede kan indtastes basale data om omfanget af rammevask (number of washed) og rammekarakteristika (percentage of) inkl. størrelsen (area of) af farveindslæbet (ink input) fra trykkeriafdelingen. Endvidere er det valgt også at præsentere brugerinput for forholdene omkring farvefjernelsesdelen; disse data indtastes dog i boksen "Ink remover section" (farvefjernelsessektion).

I figur B6.3 er vist indholdet af boksen "Main results and results from ink remover section". Figuren viser resultaterne efter en kørsel, hvor rammer som ovenfor defineret behandles, indtil et niveau (stopkriterie) på 5% farve i farvefjernerforlaget er nået.

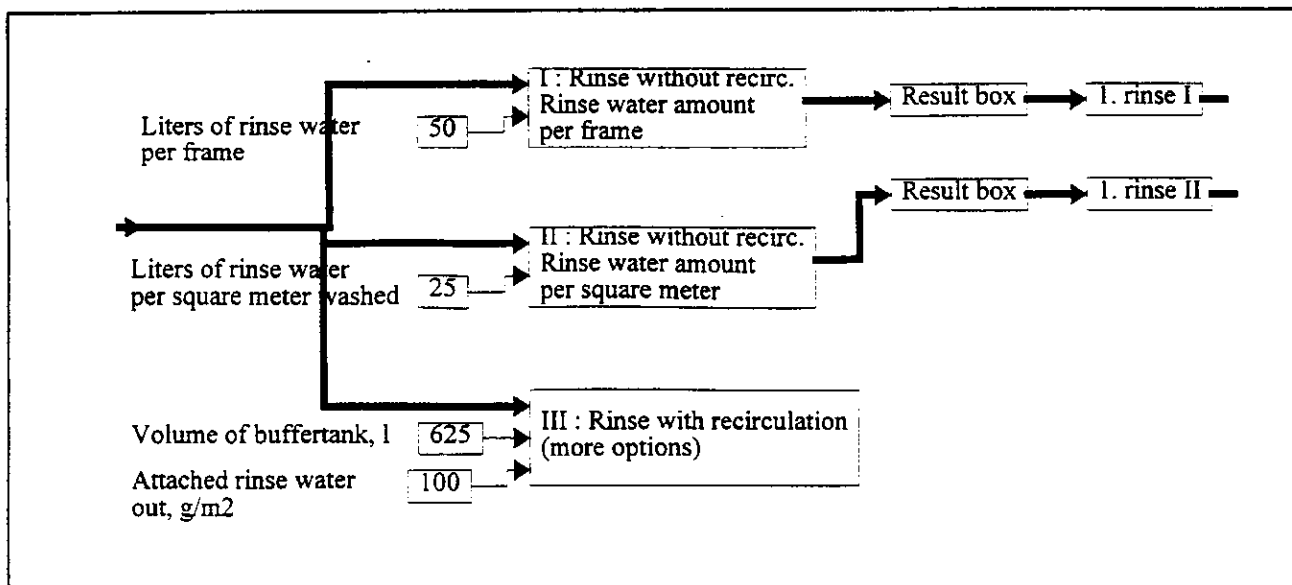


Figur B6.3
Indhold af "Main results" med eksempel

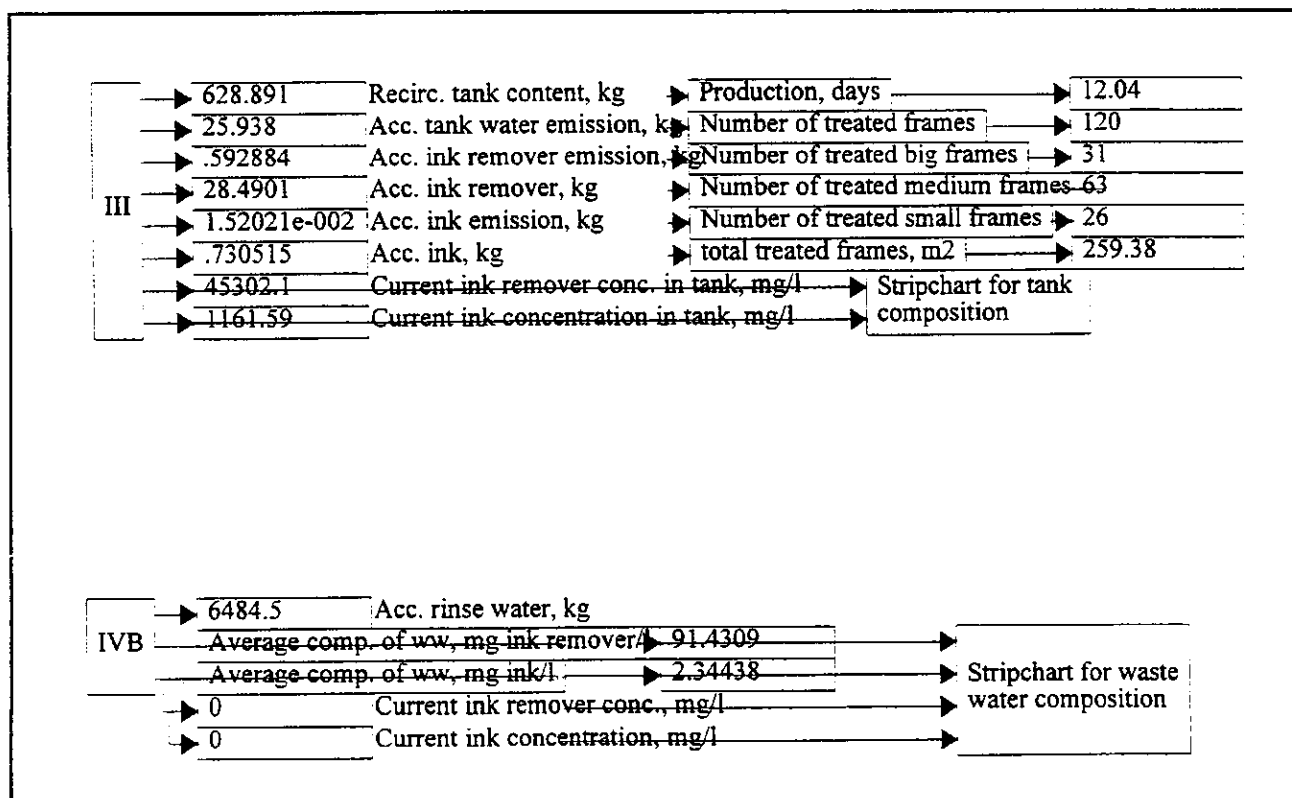
Et centralt punkt i nærværende projekts praktiske fase har været fastlæggelse af nuværende emissionsforhold og på denne baggrund vælge væsentlige indsatsområder for renere teknologi. På dette grundlag er det valgt at fokusere på mulighederne for at nedsætte emissionen af især farvefjernere med spildevand.

Der er derfor i modellen indlagt forskellige scenarier, der kan belyse effekten af forskellige tiltag, bl.a. recirkulering af en skyllevandsstrøm med mellemliggende vandbehandling, der benyttes ved "renere teknologi-simuleringer", se afsnit B6.2.

I figur B6.4 er vist startbilledet for scenarium valgmuligheder, hvor det skal tilføjes, at hovedscenarium III er den overliggende boks for yderligere valg af scenarier - bl.a. valg af om skyllevand (rinse water) skal gå retur til recirkulationsbufferen eller direkte ud sammen med f.eks. et stencilskyl. Det ses endvidere, at der i modellen både kan opereres med skyllevandsmængder som funktion af rammen eller som funktion af rammestørrelsen.



Figur B6.4
Oversigt over valgmuligheder for scenarium



Figur B6.5
Eksempel på resultater ved scenarium III og IV

I figur B6.5 er vist et eksempel på et resultatbillede fra en kørsel med scenarium IVB (udsløb fra recirkulationsskyl ender i stencilskyllet, se under afsnit B 6.2), idet disse resultater primært vedrører den totalt udledte spildevandsmængde samt karakteristika for det udledte spildevand. Resultater ud for boksen III vedrører forhold for selve recirkulationen.

lationsbufferen. På billedet vises - for overskuelighedens skyld - også data for produktionsstørrelsen. Det skal nævnes, at udviklingen gennem tiden i karakteristika for spildevandsudledningen kan følges som en skrivevisning ved at klikke i de anførte "Stripchart"-bokse.

I det følgende præsenteres resultaterne af de afviklede scenarier, idet afsnit B 6.1 vedrører udredningsdelen, og afsnit B 6.2 vedrører scenarier for renere teknologitiltag.

B 6.1 Udredningsdelen

I udredningsdelen er foretaget simulering af farvefjernelsen samt den efterfølgende skylning. I simuleringen undersøges effekten af to variable: Indsløb af trykfarve fra trykkeprocessen samt emission af farvefjerner og trykfarverest til spildevand. Indsløb af trykfarve er afhængig af de forhold, der er beskrevet i kap. 8 omkring renere teknologi. Når al skyllevand ved farvefjernelsen ledes ubehandlet til kloak, hvilket er typisk idag, er emission af farvefjerner - inklusiv rester af trykfarver - til spildevand i praksis bestemt af udslibet (vedhæng på rammen) fra farvefjernervasken. De afgørende faktorer i denne sammenhæng er beskrevet i kap. 6, 7 og 8.

Der er foretaget i alt 9 simuleringer med forskellige betingelser for de to variable. De anvendte talstørrelser stammer primært fra konkrete målinger/indsamlede data fra udredningsundersøgelserne (se kap. 6).

Konstante størrelser:

Farvefjernerforlag	50	kg (diesterbaseret)
Antal vaskede rammer pr. dag	5	
Fordeling af rammestørrelse	25%	store rammer
	50%	mellem rammer
	25%	små rammer
Rammestørrelse	Store	3,01 m ²
	Mellem	2,05 m ²
	Små	1,42 m ²
Fordampning af farvefjerner	5	g/ramme
Stop kriterium	5	% trykfarve i farvefjerner
		eren

Variable størrelser:

Trykfarve indsløb (<i>Ink input</i>):	3,5	g/m ² ramme
	7,0	g/m ² ramme
	12,1	g/m ² ramme
Emission af farvefjerner (<i>Emission</i>):	71	g/m ² ramme
	81	g/m ² ramme
	109	g/m ² ramme
	115	g/m ² ramme
	150	g/m ² ramme

Ved "Emission af farvefjerner (Emission)" forstås udslib af brugt farvefjerner til spildevand, der føres til kloak.

Resultater:

Resultatet af de 9 simuleringer er vist i tabel B6.1. Der er beregnet udgifter til forbrug af farvefjerner samt bortskaffelse af kemikalieaffald. Prisen for farvefjerner er sat til 25 kr. pr. kg (diesterbaseret farvefjerner), mens prisen for bortskaffelse af kemikalieaffald er sat til 1,50 kr. pr. kg.

Tabel B6.1
Resultat af computersimuleringer i udredningsdelen

	Enhed	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
<i>Ink input</i> *	<i>g/m² ramme</i>	7	3,5	12,1	7	7	7	7	3,5	12,1
<i>Emission</i> **	<i>g/m² ramme</i>	115	115	115	150	109	81	71	71	150
Antal dage	dage	25,04	39,98	15,64	22,44	25,5	27,28	27,8	48,36	14,94
Antal vaskede rammer		126	193	85	116	128	138	142	233	79
- store rammer	%	19	19	20	21	19	19	20	19	22
- mellem rammer	%	53	54	51	53	54	55	54	53	48
- små rammer	%	28	27	29	26	27	26	26	28	30
Totalt areal vasket	m ²	259,3	396,8	174,8	241,3	263,4	285,2	294,7	478,9	163,2
Totalt input af trykfarve	g	1,82	1,39	2,12	1,69	1,84	2,00	2,06	1,68	1,97
Farvefjerner forbrug	g/m ²	193	126	286	207	190	175	170	104	306
Spild til kemikalieaffald	g/m ²	82,4	12,1	181	61,8	85,4	98,9	103	34,5	166
Fordampet farvefjerner	g/m ²	2,43	2,43	2,43	2,40	2,43	2,42	2,41	2,44	2,42
Farvefjerner udledt med spildevand	g/m ²	112	112	112	146	106	79,0	69,2	69,2	146
Trykfarve udledt med spildevand	g/m ²	2,88	2,88	2,88	3,75	2,72	2,02	1,77	1,78	3,75
<i>Udgift til farvefjerner</i>	<i>kr/m²</i>	4,82	3,15	7,15	5,18	4,75	4,38	4,24	2,61	7,66
<i>Udgift til bortskaffelse (kemikalieaffald)</i>	<i>kr/m²</i>	0,12	0,02	0,27	0,09	0,13	0,15	0,15	0,05	0,25
<i>Total udgift</i>	<i>kr/m²</i>	4,94	3,17	7,42	5,27	4,88	4,53	4,39	2,66	7,91

* Trykfarveindsløb

** Udslib af brugt farvefjerner til spildevand, der føres til kloak

Resultatet viser, at forbruget af farvefjerner er meget afhængig af udslibet af trykfarve fra trykkeprocessen, jo mindre udslib, jo mindre forbrug af farvefjerner. Dette påpeger vigtigheden af at farverester på rammen fjernes så godt som muligt af trykkeren, inden rammen går videre til rammevask. Ved "vørste tilfælde" (scenarium IX) i forhold til det "mest optimale" (scenarium VIII) er f.eks. udslib af farvefjerner og farverest mere end dobbelt så stort, der er kun vasket godt 1/3 rammeareal, og udgiften til farvefjerner og bortskaffelse af kemikalieaffald er næsten 3 gange højere. Sidstnævnte hænger sammen med, at forbruget er næsten 3 gange større og kemikalieaffaldsmængden næsten 5 gange større. Udledning af farvefjerner til spildevand er ligeledes undersøgt, og det drejer sig om mere end en halvering af emissionen til spildevand (scenarium VII i forhold til scenarium IV) samtidig med næsten en fordobling i antal vaskede kvadratmeter. Her (scenarium VII) ses der kun en mindre effekt på den samlede udgift i forhold til scenarium I, IV, V og VI, hvor udslibet til kloak er større.

B 6.2A Renere teknologi tiltag: Afskrabning/vådstøvsugning

I forbindelse med "pilot-forsøgene" på trykkeri F (se bilag 7) blev der udført forsøg vedrørende betydning af afskrabning, "vådstøvsugning" og kombination af begge for farvefjernerudslæbets størrelse. Disse måleresultater er lagt til grund for følgende simuleringer, hvis resultater er vist i tabel B6.2.

Konstante størrelser:

Farvefjernerforlag	50	kg (diesterbaseret)
Antal vaskede rammer pr. dag	5	
Fordeling af rammestørrelse	25	% store rammer
	50	% mellem rammer
	25	% små rammer
Rammestørrelse	Store	3,01 m ²
	Mellem	2,05 m ²
	Små	1,42 m ²
Fordampning af farvefjerner	5	g/ramme
Stop kriterium	5	% trykfarve i farvefjerner

Variable størrelser:

Trykfarve indslæb (<i>Ink input</i>):	7,0	g/m ² ramme
Emission af farvefjerner (<i>Emission</i>):	31	g/m ² ramme (<i>IV-afskrab + støvsugn.</i>)
	46	g/m ² ramme (<i>III-støvsugn.</i>)
	55	g/m ² ramme (<i>II-afskrab</i>)
	122	g/m ² ramme (<i>I-ingen tiltag, kun 30 sek. afdrypning</i>)

Resultater:

Som det fremgår af tabel B6.2 (scenarium I i forhold til scenarium II) medfører afskrabning mere end en halvering af emissionen af farvefjerner og farverester med spildevand. Hertil kommer en samtidig forøgelse på ca. 21% af det antal kvadratmeter rammer, der kan vaskes med farvefjerner (forlaget), inden den skal udskiftes. Dette slår ligeledes igennem på den totale udgift med godt 16%. Effekten af at "vådstøvsuge" (scenarium III) er lidt større end ved afskrabning (f.eks. kan der vaskes ca. 24% flere kvadratmeter end ved scenarium I), mens kombination af afskrabning og "vådstøvsugning" giver størst effekt - f.eks. 4 gange mindre emission med spildevand og ca. 30% flere kvadratmeter vasket end scenarium I.

Tabel B6.2

Resultat af computersimuleringer ved renere teknologi tiltag

	Enhed	I*	II**	III#	IV##
Ink input	g/m ² ramme	7	7	7	7
Emission	g/m ² ramme	122	55	46	31
Antal dage	dage	24,86	29,38	30,54	33,7
Antal vaskede rammer		124	148	153	161
- store rammer	%	19	21	20	19
- mellem rammer	%	53	54	54	53
- små rammer	%	28	25	26	28
Totalt areal vasket	m ²	255,8	309,9	318,2	332,1
Totalt input af trykfarve	g	1,79	2,17	2,23	2,32
Farvefjerner forbrug	g/m ²	195	161	157	151
Spild til kemikalieaffald	g/m ²	78,0	111	116	124
Fordampet farvefjerner	g/m ²	2,42	2,39	2,40	2,42
Farvefjerner udledt med spildevand	g/m ²	119	53,6	44,8	30,2
Trykfarve udledt med spildevand	g/m ²	3,05	1,37	1,15	0,78
Udgift til farvefjerner	kr/m ²	4,89	4,03	3,93	3,76
Udgift til bortskaffelse (kemikalieaffald)	kr/m ²	0,12	0,17	0,17	0,19
Total udgift	kr/m ²	5,01	4,20	4,10	3,95

* Ingen tiltag - kun 30 sek. afdrypning

** Afskrabning

Vådstøvsugning

Afskrabning + vådstøvsugning

B 6.2B Renere teknologi tiltag: Recirkulering mm.

Ved hovedscenarium III foretages der afskrabning af rammen både ved farvefjernelse og efter skyl med vand, der recirkuleres. Formålet med dette er først og fremmest at mindske emission af farvefjerner til kloak samt at minimere vandforbruget til afskylning. Ved recirkulationen opsamles farvefjerner i det recirkulerede skyllevand, og på et tidspunkt bliver kapaciteten af skyllevandet opbrugt og må enten udskiftes med nyt skyllevand, eller farvefjernerkoncentrationen må sænkes (recirkulatet skal opgraderes). Kapaciteten af skyllevandet er sat til 12%, det vil sige, at recirkulationsvæsken kan indeholde 12% farvefjerner, før der skal gøres tiltag til at fjerne farvefjerner. Der er under de praktiske forsøg valgt at foretage en fældning (dvs. emulsionsbrydning) af farvefjerner ved denne koncentration, se bilag B 7.4.

Det er her valgt at anvende et stop kriterium på 5% farve i farvefjerner samt et udslæb af farvefjerner på 55 g/m^2 svarende til at der bliver foretaget en afskrabning af rammen (svarende til scenarium II fra afsnit B6.2A). Udslæbet af recirkuleret skyllevand til slusky (stencilskyl) er sat til 56 g/m^2 .

Konstante størrelser:

Farvefjernerforlag	50	kg (diesterbaseret)
Antal vaskede rammer pr. dag	5	
Fordeling af rammestørrelse	25	% store rammer
	50	% mellem rammer
	25	% små rammer
Rammestørrelse	Store	$3,01 \text{ m}^2$
	Mellem	$2,05 \text{ m}^2$
	Små	$1,42 \text{ m}^2$
Fordampning af farvefjerner	5	g/ramme
Stop kriterium	5	% trykfarve i farvefjerner
Trykfarve indslæb (<i>Ink input</i>):	7,0	g/m^2 ramme
Udslæb af farvefjerner:	55	g/m^2 ramme (<i>afskrabning</i>)
Udslæb af recirk. skyllevand (<i>Emis.</i>):	56	g/m^2 ramme (<i>afskrabning</i>)

Der er ved simuleringerne set bort fra afdampning af vand til luften. I praksis kan dette udover almindelig fordampning forekomme ved aerosoldannelse, og betydende mængder af vand kan på denne måde emitteres til luften.

Resultater:

Fældningen kan bringe koncentrationen af farvefjerner i det recirkulerede skyllevand ned på 6-7%, se bilag B 7.4. For at koordinere udskiftning af farvefjerner (ved 5% farveindhold) og fældning af farvefjerner i skyllevandsrecirkulatet er der vha. simuleringen fundet

det nødvendige volumen af buffertanken til skyllevandsrecirkulatet: Ved 300 liter opnås stopkriteriet på 5% farve i farvefjernerens samt 12% farvefjerner i skyllevandsrecirkulatet samtidig.

Resultatet af simuleringen med et 300 liters skyllevandsforbrug er vist i tabel B6.3. Her er der ligeledes beregnet udgifter, hvor der tages hensyn til fældning af farvefjernerens. Fældningsteknikken er beskrevet nærmere i bilag B 7.3. Der er anvendt følgende forbrug og priser af fældningskemikalierne:

Bentonit:	1,25 kg pulver/m ³ spildevand	pris 4,50 kr/kg
Zetag 7899:	200 ml koncentrat/m ³ spildevand	pris 30 kr/kg

Efter fældningen bortskaffes den fældede farvefjerner som kemikalieaffald. Prisen herfor er sat til 1,50 kr/liter, og der bortskaffes ca. 25 kg pr. 300 liter recirkulat (massefylde af fældningsslammet er antaget til 1 kg/liter).

Tabel B6.3

Resultat af computersimuleringer ved renere teknologi tiltag. Hovedscenarium III

	Enhed	III
Ink input	$\text{g/m}^2\text{ramme}$	7
Udsløb af farvefjerner	$\text{g/m}^2\text{ramme}$	55
Udsløb af recirk. skyllevand (Emission)	$\text{g/m}^2\text{ramme}$	56
Antal dage	dage	28,64
Antal vaskede rammer		146
- store rammer	%	21
- mellem rammer	%	54
- små rammer	%	25
Totalt areal vasket	m^2	304,8
Totalt input af trykfarve	g	2,13
Farvefjerner forbrug	g/m^2	164
Spild til kemikalieaffald	g/m^2	114
Fordampet farvefjerner	g/m^2	2,40
Farvefjerner udslæbt til sluts skyl	g/m^2	5,3
Trykfarve ¹ udslæbt til sluts skyl	g/m^2	0,136
Udgift til farvefjerner	kr/m^2	4,10
Udgift til bortskaffelse (farveff. kemikalieaffald)	kr/m^2	0,17
Udgift til fældningskemikalie	kr/m^2	0,0055
Udgift til bortskaffelse (fældn.kem. kemikalieaffald)	kr/m^2	0,12
Total udgift	kr/m^2	4,40

1) Fortrinvis bindemiddel

Ved sammenligning med udgiften for processen uden recirkulation men med afskrabning (se tabel B6.2, Scenarie II), der andrager $4,20 \text{ kr/m}^2$ ses, at recirkulationen kun giver anledning til en mindre stigning af udgiften.

Ved at sammenligne udslæbet af farvefjerner til sluts skyl uden tiltag (scenarium I i tabel B6.2) med resultatet i tabel B6.3 ses, at anvendelse af recirkulation kombineret med afskrabning teoretisk kan reducere det gennemsnitlige farvefjernerudsløb fra 119 g/m^2 til $5,3 \text{ g/m}^2$ - altså en reduktion på over 95%.

Ved scenarium IVB, der er et underscenarium under hovedscenarium III, ender udsløb fra recirkulationsskyl i det efterfølgende stencils skyl-

levand (friskvandskyl, sluts kyl), som er fastsat til 6 liter pr. m². Der er foretaget en simulering, der viser hvor meget farvefjerner samt farverest, der er indeholdt i stencilskyllevandet efter den forudgåede afskrabning af rammen samt recirkulation af farvefjerner skyll vand. Resultatet er i tabel B6.4 vist sammen med tallene fra simulering af farvefjernerprocessen uden renere teknologi tiltag (Scenarium I, tabel B6.2).

Tabel B6.4

Teoretisk indhold af farvefjerner og farverest i sluts kyllevand ved renere teknologi tiltag (IVB) og uden tiltag (I)

Scenarium	Farvefjerner i sluts kyllevand	Farverest i sluts kyllevand
IVB (m. recirk. af skyllevand)	0,888 g/liter	22,7 mg/liter
I (uden tiltag)	19,8 g/liter	500 mg/liter

Af tabel B6.4 kan ses, at koncentrationen af farvefjerner og farverest i spildevand til kloak kan begrænses betydeligt ved at recirkulere skyllevandet og kombinere med afskrabning efter farvefjerner påførsel og efter endt skylning med skyllevandsrecirkulatet. Hvad angår vandforbrug, skal der anføres, at der i alt er brugt 1,83 m³ friskvand til at skylle de 304,8 m² rammeareal. Hvis der ikke var benyttet skyl med recirkulat inden sluts kyl, ville vandforbruget kunne have været ca. dobbelt så stort, fordi skyl med friskvand inden stencilfjerner påførsel havde været nødvendigt. Indregnes besparelsen på vandforbruget i den samlede driftudgift vil en vandudgift (afgift og afledning) på 30 kr/m³ teoretisk udligne forskellen på udgiften med og uden recirkulation. Der er set bort fra afskrivning af anlæg, el-udgift og arbejds løn. Prisen for et anlæg, tilsvarende det i bilag 7.4 beskrevne men med en 300 liter forlagstank, kan anslås til 10.000-15.000 kr, og driftudgifter til el-pumpe vil udgøre i størrelsesordenen 1 øre pr. m² ramme.

Bilag 7 RT-diagrammer og lab-diagrammer (rt-forsøg)

I nærværende bilag findes resultaterne af de forsøg/test, der er udført i forbindelse med afprøvning af prioriterede ideer til renere teknologitiltag. Det drejer sig om laboratorieforsøg og "pilot-forsøg" udført på trykkeri F. Bilaget er opdelt i følgende afsnit:

- B 7.1: Laboratorieforsøg vedrørende optimering af farvefjernerens levetid.
- B 7.2: Forsøg med regenerering af diesterbaseret farvefjerner ved vacuum-destillering udført af Bjørnkjær A/S.
- B 7.3: Laboratorieforsøg udført på VKI vedrørende opgradering af skyllevand fra farvefjernelsen.
- B 7.4: "Pilot-forsøg" udført på trykkeri F vedrørende minimering af farvefjernerudsløb - herunder opgradering af skyllevand fra farvefjernelsen.

Ved forsøgene blev der anvendt diesterbaserede farvefjernere med og uden tilsætning af trykfarve, hvilket fremgår af de enkelte afsnit.

Som farvefjernere er anvendt ren diesterblanding (DBE: 55 - 65 % dimethylglutarat (DMG), 15 - 25 % dimethylsuccinat (DMS) og 10 - 25 % dimethyladipat (DMA)) og denne blandet med propylenglycol og emulgator (type: DP), samt en type hvor der yderligere er iblandet butyldiglycol (type: DPB).

Som trykfarver er valgt to typer med indhold af hyppigt anvendte bindemidler og pigment. Det drejer sig dels om en papirfarve (PF) baseret på nitrocellulose (20 - 30 %) og 7 % Pigment Gul 13 (benzidinalgul), dels en plastfarve (PF) baseret på 20 - 30 % acrylharpiks (neutral)/celluloseacetatbutyrat og 7 % Pigment Gul 13.

B 7.1 Laboratorieforsøg vedrørende optimering af farvefjernerens levetid

For at afklare hvorvidt tilstedeværende pigmenter i den brugte farvefjerner bundfælder ved henstand, blev der udført bundfældningsforsøg (faseudskillelse) i laboratoriet. Det drejer sig dels om blandinger af trykfarve(r) og farvefjerner(e) fremstillet i laboratoriet, dels om brugt farvefjerner fra trykkeri F. Blandingerne blev dels anvendt alene og dels iblandet vand.

Resultaterne af faseudskillelsesforsøgene fremgår af nedenstående to LAB-diagrammer.

LAB-diagram: Optimering af farvefjerners levetid

RT-tiltag : I.6.3: Slamskillelse: Gravimetrisk

Farvefjernere : Ren diesterblanding (DBE)

Tilsat i lab.: PF = Papirfarve

PLF = Plastfarve

Udført : 8/10 - 11/12 1996 på VKI's laboratorium

Forsøgsprincip : Udvæjede mængder af farvefjernere udrystes med trykfarve og evt. vand i måleglas (25 ml, 50 ml eller 100 ml). Hensidr derefter i sinkskab v. 20°C og faseudskillelse observeres

Forsøgsresultater:

Prøve id	Samlet prøve-mængde i g ≈ ml	Farvefjernere i % af tot.	Trykfarve i % af tot. (type)	Vand i % af tot.	Tid efter start	Topfase i % af tot. (farve)	Øverste midtfase i % af tot. (farve)	Nederste midtfase i % af tot. (farve)	Bundfase i % af tot. (farve)
IF-P	58	90,8	9,2 (PF, våd)	0	15 timer	< 1 (lysegul)	> 98 (kraftig gul)	0	< 1 (lysegråt, kornet)
IF-P'	110	95,2	4,8 (PF, våd)	0	24 timer ¹	< 1 (lysegul)	> 98 (kraftig gul)	0	< 1 (lysegråt, kornet)
IF-P''	22	97,7	2,3 (PF, våd)	0	63 døgn	< 1 (klar-gullig)	76 (lysegul)	22 (mørkegul)	2 (gråt bundfald)
IF-P'''	43	98,8	1,2 (PF, våd)	0	22 timer	2 (klar-gullig)	98 (gul)	0	< 1 (lysegråt, kornet)
IIF-Pv	56	90,8	4,5 (PF, våd) ³	4,7	3 døgn ²	5 (klar-gullig)	95 (gul, grynet)	0	< 1 (lysegråt, kornet)
IIF-Pv'	63 ⁴	80	4,0 (PF, våd)	16	6 timer	< 1 (lysegul)	100 (kraftig gul)	0	0
IIF-Pv''	24	70,5	3,5 (PF, våd)	26	17 timer	1 (gul/vandklar) ⁶	99 (kraftig gul)	0	< 1 (lysegråt, kornet)
IIF-Pv'''	34	47,6	2,4 (PF, våd)	50	41 timer ⁵	12 (gul/vandklar) ⁶	3 (mørkegul)	85 (gul)	< 1 (lysegråt, kornet)
IIF-PL	30	91,7	8,3 (PLF, våd)	0	22 timer	4 (gul/vandklar) ⁶	96 (gul)	0	< 1 (lysegråt, kornet)
IIF-PL'	55	95,4	4,6 (PLF, våd)	0	13 timer	79 (gul/vandklar) ⁶	21 (gullighvid)	0	< 1 (lysegråt, kornet)
IIF-PL''					62 døgn	71 (gul/vandklar) ⁶	29 (gullighvid)	0	< 1 (lysegråt, kornet)
IIF-PL'''					15 timer	4 (kraftig gul)	4 (mælkehvid)	92 (gul/hvid) ⁷	< 1 (lysegråt, kornet)
IIF-PL''v	19	80,7	3,9 (PLF, våd)	15,4	6 timer	3 (lysegul)	8 (mælkehvid)	89 (gul/hvid) ⁷	< 1 (lysegråt, kornet)
					3 døgn	3 (lysegul)	69 (mælkehvid)	28 (gul, grynet)	< 1 (lysegråt, kornet)
					62 døgn	59 (lysegul)	33 (mælkehvid)	8 (gul, grynet)	< 1 (lysegråt, kornet)
					7 timer	70 (gul-grumset) ⁸	30 (gul, næsten gennemsigtig)	0	< 1 (lysegråt, kornet)
					3 døgn	8 (gul/vandklar) ⁶	27 (gul, grynet)	65 (gul, næsten gennemsigtig)	< 1 (lysegråt, kornet)
					62 døgn	22 (gul/vandklar) ⁶	0	78 (gul, næsten gennemsigtig)	< 1 (lysegråt, kornet)

1) Efter 31 timer og efter 4 døgn ingen ændring.

2) Efter 7 timer ingen faseinddeling og efter 61 døgn samme fordeling som efter 3 døgn

3) Opløsning af trykfarven (4,9%) i diesterblanding (for tilsætning af vand) krævede 45 min. voldsom omrystning

4) Delprøve udtaget til centrifugering: 5000 rpm i 2 min. medførte en fasefordeling med ca. 36% vandklar fase øverst

5) Stort set samme billede efter 5 døgn og 62 døgn

6) Vandklare dråber blandet ind i den gule fase

7) Gul med hvide områder (planer)

8) Øverste del med små vandklare dråber

LAB-diagram: Optimering af farvefjernerens levetid

RT-tiltag : 1.6.3: Slamudskillebe: Gravimetrisk
 Farvefjerner : Diesterbaserede farvefjerner: DP og DPB
 Brugt diesterbaseret farvefjerner (bDP). Taget fra trykkeri F's automatiske dyseanlægs forlag d. 15/10-96
 Tilslut i lab.: PF = Papirfarve
 PLF = Plastfarve
 Udført : 10/10 - 11/12 1996 på VKI's laboratorium
 Forsøgsprincip : Udvæjede mængder af farvefjerner udrystes med trykfarve og evt. vand i måleglas (25 ml, 50 ml eller 100 ml). Henslår derefter i stinkskab v. 20°C og faseudskillelse observeres

Forsøgsresultater:

Prove id	Samlet prøvemængde i g ≈ ml	Farvefjerner i % af tot. (type)	Trykfarve i % af tot. (type)	Vand i % af tot.	Tid efter start	Topfase i % af tot. (farve)	Øverste midtfase i % af tot. (farve)	Nederste midtfase i % af tot. (farve)	Bundfase i % af tot. (farve)
IVF-P	29	91,4 (DP)	8,6 (PF, våd) ¹	0	22 timer	4 (gul)	71 (grøn-gul)	25 (gul, kornet)	< 1 (lysegråt, kornet)
IVF-P'	53	95,3 (DP)	4,7 (PF, våd)	0	3 døgn ²	89 (gullig-grøn)	11 (gul, grynet)	0	< 1 (lysegråt, kornet)
IVF-Pv	19	82,4 (DP)	4,1 (PF, våd)	13,5	62 døgn	97 (gullig-grøn, gennemsligtig)	0	0	3 (gult og gråt bundfald)
					16 timer	14 (vand-klar)	86 (gul, grumset) ³	0	< 1 (gult og gråt bundfald)
					3 døgn	14 (vand-klar)	74 (lysegul + grønlig) ⁴	9 (gul, grynet)	3 (kraftig gul, (kornet))
VF-PL	29	91,3 (DP)	8,7 (PLF, våd) ¹	0	61 døgn	19 (vand-klar)	75 (lysegul + grønlig) ⁵	0	6 (kraftig gul, (kornet))
VF-PL'	53	95,3 (DP)	4,7 (PLF, våd)	0	16 timer	4 (gul)	33 (grønlig-hvid)	63 (gul, kornet)	< 1 (lysegråt, kornet)
					6 timer	3 (gul)	23 (grønlig-hvid)	74 (gul, kornet)	< 1 (lysegråt, kornet)
					3 døgn	4 (gul) ⁶	82 (hvid-grønlig)	14 (kraftig gul)	< 1 (lysegråt, kornet)
VF-PL'v	19	81 (DP)	4,0 (PF, våd)	15	61 døgn	93 (gullig-grøn, gennemsligtig)	0	0	7 (kraftig gul, kornet)
VIF-b	96	100 (bDP)	< 10	0	6 timer	58 (gul, grumset)	42 (gul-grøn, næsten gennemsligtig)	0	< 1 (kraftig gul, kornet)
					3 døgn ⁷	42 (gul, grumset) ⁸	56 (gul-grøn, næsten gennemsligtig)	0	2 (kraftig gul, kornet)
VIF-bv	31	81 (bDP)	< 8	19	18 timer ⁹	1 (lys-grønlig)	98 (sort)	0	1 (sort kornet bundfald)
VIIIF-P(L)F	29	95,7 (DP)	4,3 (PF:PLF=1:1,våde) ¹	0	5 timer ¹⁰	27 (gullig-brun)	73 (gråsort)	0	< 1 (lysegråt, kornet)
VIIIIF-P(L)F	28	95,1 (DPB)	4,9 (PF:PLF=1:1,våde) ¹	0	22 timer ¹¹	2 (gul, næsten gennemsligtig)	86 (kraftig gul)	0	12 (gul, kornet)
					22 timer	2 (gul)	81 (kraftig gul)	17 (kraftig gul, svagt kornet)	< 1 (lysegråt, kornet)
					54 døgn	58 (gul)	36 (grønlig-hvid)	0	6 (kraftig gul, kornet)

- 1) Opbløsning af trykfarven(erne) i farvefjerner krævede ca. 45 min. voldsom omrystning efterfulgt af voldsomme omrystninger (ca. 5 min.) hver time over fem timer. PLF svarer at opløse end PF
- 2) Efter 6 timer ingen faseudskillelse bortset fra lidt gråt bundfald
- 3) Tillaget i gulfarvning mod bunden
- 4) Vandklare dråber blandede ind i den øverste gule fase (udgør ca. 14%, "fluffy-agtig") derunder en grøn-gul fase
- 5) Vandklare dråber blandede ind i den øverste gule fase (udgør ca. 5%, "fluffy-agtig") derunder en gul-hvid fase (28%) og nederst en grøn-gul fase (42%)
- 6) Delt op i en gul del af øverst og derunder en gennemsligtig del af fase
- 7) Stort set samme billede efter 61 døgn - dog var den gul-grønne-fase helt gennemsligtig
- 8) Vandklare dråber blandede ind i den gule fase ("fluffy-agtig")
- 9) Efter 42 timer ingen yderligere ændring, men efter 56 døgn steg det sorte bundfalds andel til 2%
- 10) Sorte fragmentnagte flager på overfladen og 2-3 mm ned i væsken bundfaldede (forsvandt) helt efter 56 døgn. Den øverste del af den sortgrå fase var "fluffy-agtig"
- 11) Efter 54 døgn var en lille fløversvarende rest (1,5 ml) - resten af prøven brugt til andet forsøg d. 18/10-96 - skilt ud i ca. 80% gennemsligtig gul fase og ca. 20% gul kornet bundfase

Resultaterne i ovenstående LAB-diagrammer viser, at en visuelt bedømt mindre del af det gule pigment forbliver i de øverste faser selv efter 63 døgns henstand. Pigmentet har desuden betydeligt sværere ved at skille ud i den rene diesterblanding (DBE) i forhold til den diesterbaserede farvefjerner (DP). Ud fra en visuel bedømmelse befinder hovedparten af pigmentet i den diesterbaserede farvefjerner (DP) sig i de nederste 12 - 25% af væskesøjlen efter 22 timer, hvilket ikke er opnået efter 3 døgn for prøverne med ren diester - ja end ikke efter 63 døgn for visse prøver. Årsagen til at pigmentet skiller ud er sandsynligvis, at det i trykfarven er dispergeret "ind i" bindemidlet, der fortyndes kraftig ved tilsætning af farvefjerner hvorved pigmenterne kommer "ud i" farvefjerner, og her søger sammen i agglomerater, der kan bundfældes /10/. Denne effekt er tilsyneladende meget mere effektiv i blandinger af diesterblanding, emulgator og f.eks. propylenglycol end i den rene diesterblanding.

Efter 3 døgn befinder hovedparten af pigmentet sig i de nederste 11-14% af væskesøjlen ved forsøgende med den diesterbaserede farvefjerner (DP). Dette er reduceret til 3-7% efter 45-62 døgn. Efterfældning af udtaget slam er derfor sandsynligvis givtig.

Vands opløselighed i f.eks. den rene diesterblanding (DBE) kan vha. SUBTEC /39/ beregnes til ca. 14 g/100g (14%). På grundlag af HSP-systemet, som er beskrevet i bilag 8, kan det herudover beregnes at opløseligheden - af flere af de typisk anvendte bindertyper i trykfarver - forringes i den vandmættede farvefjerner i forhold til den ikke vandmættede. Man kunne derfor forestille sig, at en del af bindemiddelindholdet i den brugte farvefjerner kunne skilles ud ved tilsætning af vand. Som det fremgår af LAB-diagrammerne kunne dette dog ikke påvises ved de her udførte forsøg.

B 7.1.1 Målemetoder til at afgøre hvor "ren" en farvefjerner er
Ved afprøvning af forskellige teknikker til at måle "renheden" af en brugt farvefjerner - dvs. hvor tæt er man på, at den skal udskiftes - er der i begrænset omfang kørt forsøg med massefyldebestemmelser, brydningsindexbestemmelser og tørstofbestemmelser. Det der især er afgørende for, hvor "træt" farvefjerner er, er bindemiddelindholdet, der påvirker farvefjernerens viskositet. Forsøgene er dels udført på ren diesterblanding (DBE), dels på diesterbaseret farvefjerner (DP) i forskellige blandingsforhold med en tilsvarende brugt farvefjerner (bDP) fra trykkeri F.

Massefyldebestemmelserne er udført med densimeter (flydevægt, Aräometer) af typen Widder (M100 DIN 12791 Klasse H). Brydningsindex er bestemt på et refraktometer af typen Abbemat (digital automatisk refraktometer).

Ved tørstofbestemmelserne er brugt en modificeret udgave af "Standard Test Methods for Nonvolatile Content og Resin Solutions" ASTM, D 1259-85 (Reapproved 1994). I stedet for aluminiumsfolie

er der anvendt aluminiumsbakker. Her udover blev det pba. forforsøg - med vejninger efter 3 timer, 22 timer, 46 timer, 70 timer 147 timer og 170 timer - besluttet at tørre i 72 timer ved 105°C i ventileret ovn.

Resultaterne af de udførte undersøgelser fremgår af tabel B7.1 og figurerne B7.1 og B7.2.

Tabel B7.1

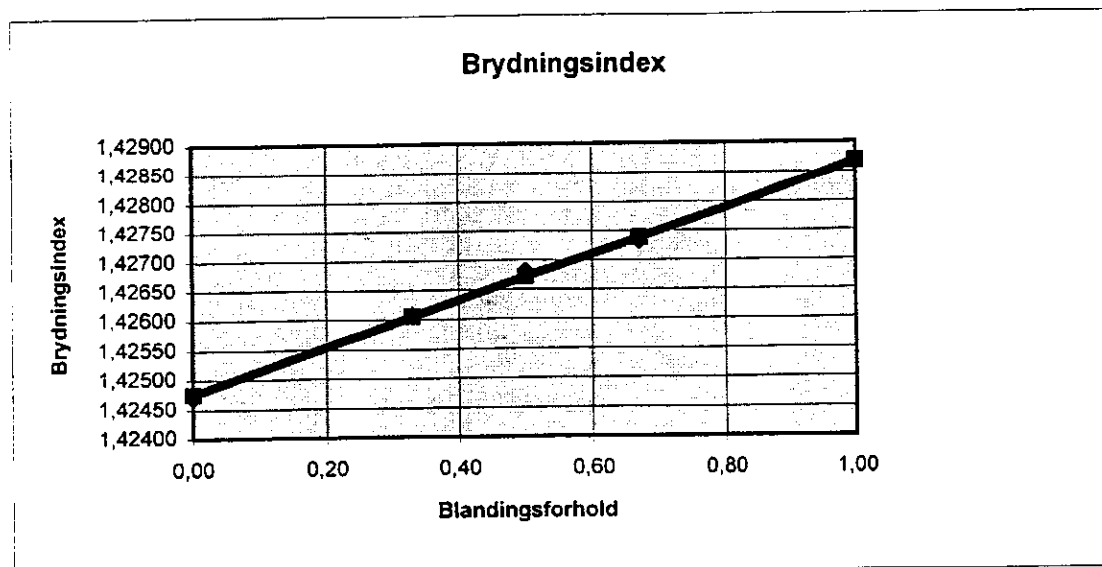
Sammenhæng mellem farvefjernerens "renhed" og resultater af forskellige målemetoder

Prøve	Blandingsforhold	Densitet (g/ml v. 21°C)	Brydnings- index	Tørstofindhold (g TS/kg) *
Ren diesterblanding (DBE)	-	-		0,0
Ren diesterbaseret farvefjerner (DP)	0,00	1,067 **	1,42470	13,2 ± 1,0
DP blandet med bDP (2:1)	0,33	1,065	1,42608	14,6 ± 1,4
DP blandet med bDP (1:1)	0,50	1,063	1,42682	17,8 ± 0,8
DP blandet med bDP (1:2)	0,67	1,062	1,42732	21,7 ± 0,8
Brugt diesterbaseret farvefjerner (bDP)	1,00	1,060	1,42866	26,7 ± 1,0

* Tredobbelbestemmelser

** Producenten angiver 1,06

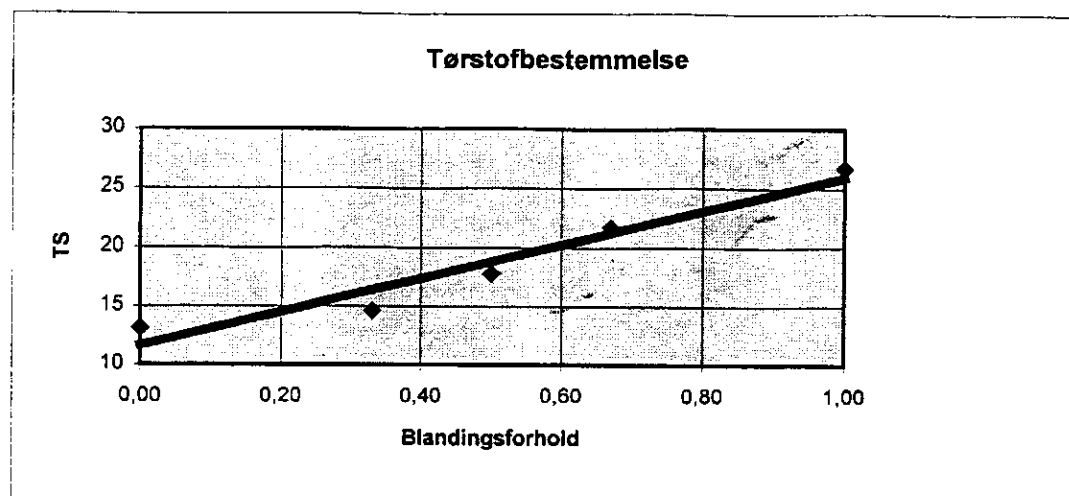
Prøve	Blandingsforhold (BL)	Brydningsindeks (RI)	
		Målt	Lineær regression : $RI = 1,4248 + 0,0039 \cdot BL$ RSQR= 0,9978
Ren farvefjerner	0,00	1,42470	1,4248
2:1	0,33	1,42608	1,4260
1:1	0,50	1,42682	1,4267
1:2	0,67	1,42732	1,4274
"Brugt farvefjerner"	1,00	1,42866	1,4287



Figur B7.1

Lineær sammenhæng mellem brydningsindex og "renhed" af farvefjerner

Prøve	Blandingsforhold (BL)	Tørstofindhold (TS)	
		Målt	Lineær regression : $TS = 11,67 + 14,26 \cdot BL$ RSQR = 0,94
Ren farvefjerner	0,00	13,2	11,7
2:1	0,33	14,6	16,4
1:1	0,50	17,8	18,8
1:2	0,67	21,7	21,2
"Brugt farvefjerner"	1,00	26,7	25,9



Figur B7.2

Lineær sammenhæng mellem tørstofindhold og "renhed" af farvefjerner

Undersøgelserne beskrevet i ovenstående skemaer indikerer, at måling af brydningsindex og tørstof er rimeligt følsomme metoder til at skelne mellem prøver med forskelligt farverestindhold (bindemiddelindhold). Bestemmelse af brydningsindex eller tørstof vurderes derfor at være anvendelig som indikatorer på, hvornår en diesterbaseret farvefjerner bør udskiftes.

B7.2 Forsøg med regenerering af diesterbaseret farvefjerner ved vacuum-destillering udført af Bjørnkær A/S

Formål

Inddampning/destillation af udtjent farvefjerner praktiseres i et vist omfang i rammevaskeanlæg, der anvender letflygtige farvefjernere. Såvidt vides, har kun et par danske anlæg (jan. 1997) integreret destillation af farvefjerner, og heraf er kun ét i funktion.

En udbredt farvefjernerstype i Danmark er den diesterbaserede. Denne farvefjerner er ret dyr i indkøb, og efter brug må resten afhændes som kemikalieaffald. Såvidt vides, eksisterer der ikke rammevaskeanlæg med integreret destillation af farvefjerner af diestertypen. Ved en

overordnet betragtning - og med kendskab til det store forbrug af diesterbaserede farvefjernere - vurderes det for rentabelt at indsamle udtjent farvefjerner af denne type og oparbejde den til en genanvendelig farvefjerner. Hvis der således skønmæssigt kunne indsamles 75 ton farvefjerner, og hvis dette kunne oparbejdes til f.eks. 50 ton genanvendelig farvefjerner, repræsenterer den samlede økonomiske gevinst ca. 1,4 mill. kr. (brutto - driftsudgifter mm. ikke indregnet), når det antages, at den oparbejdede farvefjerner kan sælges til kr. 25 pr. liter, og der samtidig spares omkostninger til bortskaffelse af 75 ton udtjent farvefjerner (kr. 1500 pr. ton til Kommunekemi). Udover at det vil være direkte økonomisk rentabelt at bygge og drive et destillationsanlæg på det foreliggende økonomiske skøn over driftsindtægter, skal det understreges, at de ressourcebesparende aspekter ved et sådant tiltag vil være store.

I dette afsnit omtales et inddampningsforsøg med en udtjent farvefjerner af diestertypen. Forsøgets primære formål var en vurdering af de tekniske aspekter ved inddampning af en udtjent farvefjerner af diestertypen.

B 7.2.1 Forsøg

Bjørnkær A/S i Brabrand valgtes til at udføre inddampningsforsøgene. Bjørnkær har stor erfaring med inddampning/destillation af organiske væsker i modsætning til andre kendte leverandører af inddampningsanlæg, hvis anlæg primært er designet til inddampning af vandige spildstrømme.

Bjørnkær fik tilsendt en 25 liters prøve af en udtjent farvefjerner af diestertypen fra trykkeri F (bDP). Prøvens sammensætning er behandlet i det efterfølgende resultatafsnit.

Apparatur og gennemførelse af forsøg. Inddampningsforsøget foregik på firmaets lille inddamper (EV2). Inddamperen har en 2 liters kogedel, hvor energitilførslen foregår ved hjælp af et elektrisk varmelegeme. Den dannede gas afledes via en vakuumpumpe og kondenseres i en vandkølet varmeveksler. Forløbet af en inddampning følges med en visning af gastemperaturen og det herskende vakuum. Apparaturet er designet til batchvis kørsel, dvs. at væskevoluminet i inddamperen holdes konstant ved løbende tilsætning. Der udtages ikke løbende en delstrøm af den opkoncentrerede fraktion i inddamperens kogedel.

I nærværende forsøg blev inddamperen tilført ca. 2 liter brugt farvefjerner pr. time. Den afdestillerede destillatmængde opsamledes i prøvebeholdere, som blev udskiftet således, at der ialt fremkom 7 destillatprøver (mængde og sammensætning, se nedenfor). Ved arbejdstids ophør første dag var der ialt opsamlet fire destillatprøver, og resten af forsøget afvikledes den næste dag. Ved forsøgets slutning - da hele fødestrømmen var kørt ind - aftappedes den stående fraktion i inddamperen, dvs. koncentratet.

Forsøget havde - ud over stoppet fra dag til dag - to stop omkring frokosttid begge dage. Stoppene betragtes ikke at have nogen indflydelse på udfaldet af forsøget. Først hen mod slutningen af forsøget konstateredes en markant stigning i gastemperaturen som tegn på en stigende koncentration af svært fordampeligt inddamperindhold. Vakuumbetragelse var meget stort under hele forsøget og varierede således mellem 0,97 bar og 0,99 bar.

Forsøget vurderes ikke at være afviklet optimalt. Inddamperen arbejdede således i perioder uden tilsyn, hvorfor der ikke blev opretholdt et konstant fyldningsniveau. Herved øges risikoen for at uønskede svært flygtige stoffer kan afdestillere p.g.a. stigende temperatur. Endvidere observeredes af samme grund voldsom stødkogning, når frisk farvefjerner blev tilsat. Dette kan forklare en evt. dråbemedrivning med destillatstrømmen. Dette forhold omtales nærmere i resultatafsnittet.

B 7.2.2 Resultater

De opsamlede destillatfraktioner og den aftappede koncentration blev udvejet. Prøver af disse fraktioner samt af udgangsmængden blev analyseret for tørstof efter metoden omtalt i foregående afsnit (B7.1). Resultaterne er sammenstillet i tabel B7.2.

Tabel B7.2

Vægt og sammensætning af strømme

Prøve	Vægt kg	Tørstof g/kg *	Tørstofmængde g
Udtjent farvefjerner *	ca. 25	33,2	ca. 830
Destillatmængde 1	1,14	<1	<1
Destillatmængde 2	1,19	8,2	9,8
Destillatmængde 3	3,53	12,9	45,4
Destillatmængde 4	4,74	22,0	104,1
Destillatmængde 5	3,76	37,9	142,5
Destillatmængde 6	5,40	35,2	189,9
Destillatmængde 7	4,00	15,1	60,3
Koncentrat	1,49	190,6	283,9
Sum	25,25	33,2	836

* gennemsnit af tre analyser

Jomfruelig farvefjerner af denne type fremstår som et klart, let blåligt produkt. Udtjent farvefjerner indeholder - visuelt bedømt - en lille

mængde suspenderet stof, som formodes at være bl.a. agglomerater af farvepigmenter.

De fremkomne destillatprøver fremstod alle som farvede med et mindre indhold af synligt svævestof. Den første destillatfraktion fremstod dog som rimeligt klar, og udskilte ved henstand en meget klar, ikke-farvet overfase. Indholdet af svævestof i de øvrige destillatfraktioner tilskrives dråbemedrivning fra inddamperens kogedel. Denne medrivning kan undgås i større anlæg, idet der her typisk vil være en form for mekanisk dråbefang.

Af tabellen ses, at tørstofindholdet med tiden stiger jævnt i destillatprøverne. Dette kan enten skyldes ren afdestillation af stoffer, som dog er så svært flygtige, at de bidrager til de fundne tørstofindhold, eller også kan det være et udtryk for medrivning af dråber. Af prøve syv - som er den sidste destillatfraktion - ses det dog, at tørstof hér er nede på et lavt niveau igen, hvilket ikke ville være tilfældet hvis der var tale om meddestillation af svært flygtige stoffer. Bjørnkær har da også senere bekræftet, at inddampningen ikke forløb gnidningsløst, idet man havde observeret en vis skumning og dermed risiko for dråbemedrivning.

Som et simpelt check på inddampningsforløbet er der i tabellen også angivet, hvor stor en mængde tørstof der er i de enkelte fraktioner. Det ses, at summen af tørstof i destillatfraktionerne og i koncentratet er i god overensstemmelse med den samlede tørstofmængde i den tilsatte farvefjerner.

Brugt farvefjerner indeholder de oprindelige komponenter (diestere, propylenglykol og emulgator). Hertil kommer farverester - det vil primært sige pigmenter og bindemidler samt i mindre omfang opløsningsmidler og additiver. Under en ideel inddampning - uden dråbemedrivning - med de under forsøget herskende temperaturer og trykforhold må det formodes, at især diestere og propylenglykol afdestillerer. Disse stoffer bidrager ikke med et tørstofindhold ved den efterfølgende analyse. Når der alligevel er observeret et måleligt tørstofindhold i destillatprøverne, kan det som ovenfor nævnt tilskrives en vis dråbemedrivning. Det kan dog ikke udelukkes, at farvefjernerens indhold af emulgator også vil kunne afdestillere, hvilket i givet fald kun er ønskværdigt.

For at vurdere den eksakte sammensætning af destillatprøverne og om de reelt ville kunne genanvendes, ville det naturligvis have været interessant med stofspecifikke analyser. Dette er bevidst fravalgt p.g.a. tilhørende meget høje analyseomkostninger.

B 7.2.3 Diskussion

Det vurderes på baggrund af det gennemførte inddampningsforsøg, at det vil være teknisk muligt at vakuumdestillere udtjent farvefjerner med henblik på genanvendelse.

Ved slutningen af forsøget er fremkommet et destillat med kun 15 g tørstof pr. kg. Netop mod slutningen af forsøget må det formodes, at inddampningen er foregået under intens overvågning, og der ses da også et klart bedre destillat end tidligere i forsøget, hvor anlægget har kørt uden kontinuer overvågning.

Når det påtænkes, at den rene farvefjerner indeholder ca. 13 g tørstof pr. kg, er det derfor nærliggende at antage, at kun komponenterne fra den rene farvefjerner afdestilleres, og at bindemidler og pigmenter forbliver i kogerdelen. Der er da også konstateret en klar opkoncentrering af disse komponenter i kogerdelen efter forsøget, hvor tørstof er analyseret til 190 g/kg (mod et indhold i den brugte farvefjerner på 33 g/kg).

Det har ikke ved stofspecifikke analyser i de fremkomne destillater været verificeret, at kun ønskelige stoffer afdestilleres. Der bør i et videre arbejde fokuseres på problematikken om dråbemedrivning samt sammesætning af destillatet med henblik på genanvendelsespotentialet.

B 7.3 Laboratorieforsøg udført på VKI vedrørende opgradering af skyllevand fra farvefjernerens

Nedenstående er beskrevet forskellige forsøg, der er udført på VKI's laboratorie med henblik på at afklare, hvorvidt det er muligt ved simple teknikker at behandle recirkuleret skyllevand indeholdende brugt diesterbaseret farvefjerner. Det drejer sig dels om gravimetri og dels om emulsionsbrydning.

Herudover er det undersøgt, hvorvidt COD-analyseresultater kan bruges som mål for farvefjernerindhold.

B 7.3.1 Sammenhæng mellem COD og farvefjernerindhold

Det kemiske iltforbrug COD i den rene diesterblanding er ved analyse bestemt til 1,69 kg/l, hvilket svarer til 1,55 g/g. Teoretisk kan iltforbruget (ThOD) beregnes til 1,59 g/g. Den her meget anvendte diesterbaserede farvefjerner DP's COD-indhold er målt til 1,74 kg/l, hvilket svarer til 1,64 g/g. Farvefjernerens teoretiske iltforbrug (ThOD) kan beregnes til 1,67 g/g. COD-indholdet i den tilsvarende brugte farvefjerner fra trykkeri F (bDP) er målt til 1,78 kg/l, hvilket svarer til 1,68 g/g. Der er derfor som gennemsnitsværdi regnet med en omsætningsfaktor på 1,66 mellem en skyllevandsprøves målte COD-indhold og indhold af mere eller mindre brugt diesterbaseret farvefjerner. Omsætningsfaktoren vil selvfølgelig kun kunne bruges i de tilfælde, hvor der stort set kun er brugt farvefjerner tilstede - dvs. på skyllevandet fra farvefjernerens med diesterbaserede farvefjerner.

B 7.3.2 Gravimetrisk behandling af recirkuleret skyllevand

For at undersøge hvorvidt det er muligt gravimetrisk at behandle recirkuleret skyllevand fra farvefjernelse med diesterbaserede farvefjernere, blev der fremstillet forskellige vandige opløsninger af farvefjerner i koncentrationer på 5 - 12%. Disse opløsninger fik efter kraftig blanding lov at stå i ro, og forekomst af faseudskillelse blev observeret. Resultaterne af disse forsøg fremgår af nedenstående LAB-diagram.

Det fremgår af diagrammet, at der efter 17 - 23 timer bundfælder 2 - 6% af det samlede volumen i de blandinger, der indeholder 9,5 - 11,3% farvefjerner. I blandinger med 1,4 - 4,7% skiller mindre end 0,5% ud inden for samme tidsrum. I de fleste prøver skiller desuden en topfase ud, der efter 17 - 23 timer udgør 2 - 3% - i et enkelt tilfælde 24%.

De her anvendte diesterbaserede farvefjernere har en massefylde på omkring 1,06 kg/l og er således tungere end vand. Den rene diesterblandings massefylde udgør 1,09 kg/l (DMA=1,06; DMG=1,09 og DMS=1,11). Diesterblandings vandopløselighed ligger på omkring 6%, hvoraf de enkelte diesters vandopløselighed er 29,9 g/l (DMA), ca. 50 g/l (DMG) og 131 g/l (DMS). Butyldiglycol har en massefylde på 0,95 kg/l og propylenglycol 1,04 kg/l, men begge er blandbare med vand. Her til kommer den indgående emulgator, der har en massefylde på 0,98 kg/l og emulgerer i vand.

Det er således mest sandsynligt, at det primært er diesterblandingen, der bundfælder (antageligt iblandet bindemiddel), og at den her anvendte emulgator ikke er så kraftig, at den kan holde al farvefjerner emulgeret når diesternes vandopløselighed overskrides.

LAB-diagram: Opgradering af farvefjernerskyllevand

RT-tiltag : 2.5.1: Gravimetrisk udskillelse
 Farvefjernere : Diesterbaserede farvefjernere: DP og (DPB)
 : Brugt diesterbaseret farvefjernere (bDP) taget fra trykkeri F's automatiske dyseanlægs forlag d. 15/10-96
 : Brugt diesterbaseret farvefjernere (bDPB) taget fra trykkeri D's automatiske rammevaskeanlægs forlag i sept. 1995
 Tilsat i lab.: PF = Papirfarve
 : PLF = Plastrfarve
 Udført : 16/10 - 11/12 1996 på VKI's laboratorium
 Forsøgsprincip : Udvejede mængder af farvefjernere tilsættes evt. trykfarve og udrystes i vand i måleglas (25 ml, 50 ml eller 100 ml). Henstår derefter i stinkskab v. 20°C og faseudskillelse observeres

Forsøgsresultater:

Prøve id	Samlet prøvemængde i g ≈ ml	Farvefjernere i % af tot. (type)	Trykfarve i % af tot. (type)	Vand i % af tot.	Tid efter start	Topfase i % af tot. (farve)	Øverste midtfase i % af tot. (farve)	Nederste midtfase i % af tot. (farve)	Bundfase i % af tot. (farve)
VIFS-b	50	10,7 (bDP)	< 1	89,3	5 timer	3 (mælkehvid)	96 (grønlig-sort)	0	1 (sort, beg-agtige dråber)
					23 timer ¹	3 (mælkehvid)	95 (grønlig-sort)	0	2 (sort, beg-agtig (dråber))
					56 døgn	3 (mælkehvid)	94 (grønlig-mælkehvid)	0	3 (sort, beg-agtig)
VIFS-b'	100	1,4 (bDP)	< 0,1	98,6	23 timer ²	2 (gulbrun)	98 (klar-lysegrøn)	0	< 0,1 (sort, kornet)
					2 døgn	3 (gulbrun)	97 (klar-lysegrøn)	0	< 0,1 (sort, kornet)
					56 døgn	3 (gulbrun)	96 (klar-lysegrøn)	0	< 0,1 (sort, kornet)
VIFS-P(L)F	27	11,3 (DP)	0,5 (PF:PLF=1:1,våde) ³	88,2	22 timer	9 (gul)	85 (kraftig gul)	0	6 (gulgrøn, kornet)
					55 døgn	15 ("mælkehvid", næsten gennemsigtig)	78 (svagt gullig-grøn)	0	7 (gul/grønlig, kornet) ⁴
VHFS-P(L)F	26	10,9 (DPB)	0,6 (PF:PLF=1:1,våde) ³	88,5	22 timer	2 (grålig-gul) ⁵	23 (gul, næsten gennemsigtig)	71 (kraftig gul)	4 (gul, kornet)
					55 døgn	96 (vandklar) ⁵	0	0	4 (gul, kornet)
XIFS-b	26	9,5 (bDPB)	< 1	90,5	17 timer	94 (grå)	0	0	6 (sort kornet bundfald)
					55 døgn	43 (uklar/brunlig, men gennemsigtig)	51 (vandklar)		6 (sort kornet bundfald)
XFS-b	31	4,7 (bDPB, supernatant)	< 0,5	95,3	17 timer	24 (brunlig, uklar)	76 (vandklar)	0	< 0,5 (sort, kornet)
					55 døgn	6 (brunlig, uklar)	93 (vandklar)	0	1 (sort, kornet)

1) Ingen ændring efter 2 døgn

2) Efter 5 timer ingen faseudskillelse bortset fra meget lidt sort bundfald

3) Opløsning af trykfarven(erne) i farvefjerneren krævede ca. 45 min. voldsom omrystning efterfulgt af voldsomme omrystninger (ca. 5 min.) hver time over fem timer. PLF sværere at opløse end PF

4) Øverste 1/4 del kraftig gul (pigment) og nederste 3/4 del grønlig

5) Lille mængde gule "pigmentkorn" flød på overfladen

Der blev på denne baggrund fremstillet to blandinger af farvefjerner og vand, som efterfølgende blev hældt på skilletragte og efter cirka 3 døgn blev faseudskillelse observeret og blandingen ved aftapningen adskilt i faser, der efterfølgende blev analyseret for COD-indhold samt diester- og propylenglycolindhold ved gaschromotografi. Sidstnævnte analyser blev udført med kapillarkolonne, temperaturprogrammering og flammeionisationsdetektion (GC-FID) - detektionsgrænse 1 mg/l.

Den ene blanding bestod af ca. 10% brugt farvefjerner (bDP) fra trykkeri F. Resultater af analyser på denne blanding fremgår af tabel B7.3.

Tabel B7.3

Analyseresultater af blanding bestående af ca. 10% brugt farvefjerner (bDP) fra trykkeri F med vand

Faser	Mængde i gram og (% af tot.)	COD (g O ₂ /l)	Estimeret indh. af brugt farvefjerner (g/l)	Totalt indhold af brugt farvefjerner (g)	%-fordelig af brugt farvefjerner (% w/w)	Bemærkning
Bund	6,02 (6)	1480	890 **	5,1	42	Sort/grønlig
Mellem	78,65 (80)	124	75	5,9	49	Grønlig mælket
Øverste	13,38 (14)	137	83	1,1	9	Hvidlig mælket
Total	98,05 (100)	209*	126*	12,1	100	

* Vægtet gennemsnit

** Det er antaget, at massefylden er 1,05

Analyseresultaterne, hvad angår diester- og propylenglycolindhold for samme blanding, fremgår af tabel B7.4.

Tabel B7.4

Analyseresultaterne for diester- og propylenglycolindhold af 10% brugt farvefjerner (bDP) i vand

Faser	Diesterindhold bestemt ved GC-FID (g/l)	Propylenglycolindhold bestemt ved GC-FID (g/l)	Totalindhold (g/l)
Bund	590	34	630
Mellem	74	11	85
Øverste	77	11	88

Som det fremgår af resultaterne, bundfælder 42% af den tilstedeværende farvefjerner og ender i kun 6% af det tilstedeværende væskevolumen. Den øverste fases farvefjernerindhold afviger ikke betydende fra mellemfasen. Resultatet tyder altså på, at man i en recirkuleret

skyllevandsprøve med ca. 10% af en brugt diesterbaseret farvefjerner ved 3 dages henstand kan bundfælde i størrelsesordenen 40% af farvefjernerindholdet, og at dette vil kunne fjernes ved at aftappe omkring 6% af skyllevandsvolumet som slam. Indholdet af farvefjerner i slammet er endvidere så højt (890 g/l), at regenerering ved destillation kunne overvejes. Væskefasen (mellem og øverste) indeholder 7-8% farvefjerner, hvilket ligger lidt over diesterblandings vandopløselighed på 6%. Dette kan bl.a. skyldes, at der er emulgator og propylenglycol tilstede. Analyseresultaterne af GC-analysen for diester- og propylenglycolindhold stemmer rimeligt overens med de estimerede indhold i faserne "mellem" og "øverste", idet afvigelserne er mindre end 15%. GC-FID-analyseresultatet af bundfasen er knap 30% mindre end det estimerede indhold. Dette kan ikke udelukkende forklares med, at andre COD-bidragende komponenter såsom emulgator og bindemidler er tilstede, men må primært tilskrives problemer ved GC-FID-analysen, der bl.a. blev afspejlet i store standardafvigelser (40%) på tripelbestemmelser af hver af de tre diestere. GC-FID-analyserne for propylenglycolindhold indikerer, at en relativ større del befinder sig i de to øverste faser, således at stoffet ikke følger fordelingen af diesterne fuldstændig. Igen her kan en meget stor usikkerhed ved den anvendte analysemetode dog tilnærmelsesvis forklare forskellen.

Den anden blanding bestod af ca. 11% kunstigt fremstillet brugt farvefjerner (DP iblandet 5% lige dele PF og PLF) i vand. Forsøgsresultaterne er vist i tabel B7.5.

Tabel B7.5

Analyseresultater ved blanding bestående af ca. 11% kunstigt fremstillet brugt farvefjerner (DP iblandet 5% lige dele PF og PLF) i vand

Faser	Mængde i gram og (% af tot.)	COD (g O ₂ /l)	Estimeret indh. af brugt farvefjerner (g/l)	Totalt indhold af brugt farvefjerner (g)	%-fordeling af brugt farvefjerner (% w/w)	Bemærkning
Bund	4,28 (4)	1540	930 **	3,8	37	Gul-kornet
Mellem	74,74 (75)	113	68	5,1	50	Gul
Øverste	20,72 (21)	111	67	1,4	13	Lyse-gul/grøn
Total	99,74 (100)	174*	105*	10,3	100	

* Vægtet gennemsnit

** Det er antaget, at massefylden er 1,05

Som det fremgår af ovenstående skema, bekræfter resultaterne af forsøget med denne "kunstige" brugte farvefjerner resultaterne fra forsøget med den brugte farvefjerner (bDP).

B 7.3.3 Emulsionsbrydning (fældning)

De indledende forsøg med emulsionsbrydning af skyllevand med indhold af brugt diesterbaseret farvefjerner blev udført i samarbejde med Nils Chr. Berggren fra A/S Alfred Gad. Forskellige fældningskemikalier blev afprøvet - herunder anionpolymerer, bentonit, kationpolymerer, jernklorid, pH-skift - og heraf gav en kombination af bentonit og kationpolymer det mest lovende resultat rent visuelt bedømt. Efterfølgende forforsøg med denne kombination og omfattende COD-analyser viste, at det ikke var muligt at sænke koncentrationen af farvefjerner i skyllevand med 2,6% farvefjerner, men at en koncentration på 10,4% farvefjerner kunne sænkes til 7,5%.

På dette grundlag, og fordi samtidige undersøgelser på trykkeri F med pilotrecirkuleringssystemet viste (se bilag B7.4), at det tilsyneladende ikke er muligt at holde farvefjernerkoncentrationen nede i det recirkulerede skyllevand ved udelukkende at anvende gravimetri, blev der igangsat en forsøgsrække med fældninger. Formålet med forsøgene var at afklare, hvorvidt det er muligt at få farvefjernerkoncentrationen i recirkulerende skyllevand ned i nærheden af 6 - 8% farvefjerner, samt om dette er muligt ved gentagne behandlinger. Hensigten var således at undersøge, om det skulle være muligt at genbruge skyllevandet adskillige gange og samtidig holde farvefjernerkoncentrationen inden for intervallet 7 - 12%. Udover forsøg med bentonit/kation blev det besluttet at udføre fældningsforsøg med aluminiumssulfat, der bl.a. anvendes i emulsionsspalteanlægget SPILT-O-MAT, der tilbydes af flere rammevaskeanlægsleverandører som vandbehandlingsenhed.

Skyllevandsprøven, der blev anvendt som "udgangsprøve", var en "midtfaseprøve" af recirkulat udtaget fra "pilotrecirkuleringsanlæggets" skilletragt på virksomhed F, d. 21/1-97, se bilag B7.4. Prøvens indhold af brugt farvefjerner var ved COD-analyse estimeret til 11%.

Der blev udført fældningsforsøg med bentonit i kombination med kationisk polyelektrolyt. Efter reaktion (flokdannelse) blev skyllevandet filtreret gennem et forholdsvis groft filter af polyether-polyurethan (skumvaskeklud/engangsvaskeklud). Som bentonit blev anvendt Hydrocol O og som kation Zetag 7899, der begge vederlagsfrit blev leveret af A/S Alfred Gad. Til forsøgene med aluminiumssulfat blev anvendt EC 2000, og efter reaktion blev skyllevandet filtreret gennem tilhørende filterdug (relativ tæt/fin) - begge dele blev vederlagsfrit leveret af Udesens Grafiske Fagcenter.

Ved bentonit/kation forsøgene blev anvendt 1,25 kg bentonit/m³ skyllevand og 200 ml koncentreret kation/m³ skyllevand iht. anbefaling /47/. Først tilsættes bentonit under omrøring som 125 ml vandig brugsopløsning pr. liter skyllevand, der omrøres samlet i ca. 2 minutter, og derefter tilsættes kationen under omrøring som 100 ml brugsopløsning pr. liter skyllevand. Der omrøres ligeledes i ca. 2 minutter, indtil der opstår trådagtige flokke og derefter filtreres. Bentonit er et lermineral, og den anvendte kation (Zetag 7899, 50% aktivt stof) er en kationaktiv polyakrylamid dispergeret i let mineralo-

lie. Zetag 7899 anvendes i stort omfang til slamfældning på danske renseanlæg.

Ved aluminiumssulfatfældningen blev der anvendt 1,25 kg pulver/m³ skyllevand iht. til anbefaling /17/. Pulveret blev tilsat under omrøring og efter minimum 2 minutters omrøring, blev der filtreret.

Forsøgsrækken blev foretaget således, at der først blev fældet på udgangsprøven (delforsøg I) - og af filtraterne fra denne fældning, blev der derefter ved tilsætning af brugt farvefjerner (bDP) fremstillet opløsninger med ca. 12% farvefjernerindhold. Disse opløsninger undergik herefter fældning (delforsøg II), og filtraterne herfra blev ligeledes tilsat brugt farvefjerner for påny at blive fældet (delforsøg III).

Resultaterne af fældningsforsøgene fremgår af tabel B7.5 - B7.7.

Tabel B7.5

Delforsøg I (udgangsprøve 11% farvefjerner)

Prøve mængde (g)	Farvefjerner- indhold før fældning* Tot. g (g/l)	Tilsat mængde fældningskemikalie g (g/l)	Tilført vandmængde via fældnings- kemikalier g (g/l)	Opsamlet slam- mængde på filter g (g/l)	Farvefjerner- indhold i filtrat * g (g/l)	Mængde farve- fjerner i slammet g (g/l)
500	55 (110)	Bentonit: 0,72 (1,4) Kation: 0,1 (0,2) Ialt: 0,82 (1,6)	120 (240)	37,3 (75)**	46 (79)	9 (240)
501	55 (110)	Aluminiumssulfat: 0,69 (1,38)	0 (0)	41,1 (82)***	44 (97)	11 (270)

* Estimeret ud fra COD-analyser

** Filteret vejer 1,74 g

*** Filterduken vejer 1,91 g

Hvis der tages højde for det tilførte vand ved betonit/kationfældningen, kan det beregnes at farvefjernerkoncentrationen falder fra 11,0% til 9,8% efter fældning. De tilsvarende tal for fældningen med aluminiumssulfat er 11,0% til 9,7%.

De fremkomne filtrater ved delforsøg I var grågrønne og meget uklare.

*Tabel B7.6
Delforsøg II*

Prøve mængde (g)	Farvefjerner- indhold før fældning* Tot. g (g/l)	Tilsat mængde fældningskemikalie g (g/l)	Tilført vandmængde via fældnings- kemikalier g (g/l)	Opsamlet slam- mængde på filter g (g/l)	Farvefjerner- indhold i filtrat * g (g/l)	Mængde farve- fjerner i slammet g (g/l)
304	35 (114)	Bentonit: 0,38 (1,3) Kation: 0,06 (0,2) Ialt: 0,44 (1,5)	69 (230)	31,3 (103)**	22 (66)	13 (420)
253	29 (115)	Aluminiumssulfat: 0,40 (1,58)	0 (0)	23,2 (92)***	20 (89)	9 (390)

* Estimeret ud fra COD-analyser

** Filteret vejer 1,78 g

*** Filterdugen vejer 1,90 g

Hvis der tages højde for det tilførte vand ved betonit/kationfældningen, kan det beregnes at farvefjernerkoncentrationen falder fra 11,4% til 8,1% efter fældning. De tilsvarende tal for fældningen med aluminiumssulfat er 11,5% til 8,9%.

De fremkomne filtrater ved delforsøg II var mere klare end ved delforsøg I. Specielt var filtratet fra fældningen med bentonit/kation klar - næsten gennemsigtig. Dette kan hænge sammen med, at bentonitten ved delforsøg I ikke havde fået lov at kvælle i den vandige opløsning i tilstrækkeligt lang tid inden anvendelse (fremstillet samme dag).

*Tabel B7.7
Delforsøg III*

Prøve mængde (g)	Farvefjerner- indhold før fældning* Tot. g (g/l)	Tilsat mængde fældningskemikalie g (g/l)	Tilført vandmængde via fældnings- kemikalier g (g/l)	Opsamlet slam- mængde på filter g (g/l)	Farvefjerner- indhold i filtrat * g (g/l)	Mængde farve- fjerner i slammet g (g/l)
100 (A)	10,1 (101)	Bentonit: 0,14 (1,4) Kation: 0 (0) Ialt: 0,14 (1,4)	14 (140)	8,9 (89)**	7,2 (74)	2,9 (330)
100 (B)	10,1 (101)	Bentonit: 0,13 (1,3) Kation: 0,01 (0,1) Ialt: 0,14 (1,4)	19 (190)	9,71 (97)**	7,6 (70)	2,5 (260)
100	10,4 (104)	Aluminiumssulfat: 0,52 (5,2)	0 (0)	10,2 (102) ***	8,5 (97)	1,9 (190)

* Estimeret ud fra COD-analyser

** Filteret vejer 1,85 g

*** Filterdugen vejer 2,12 g

Der blev ved delforsøg III forsøgt med ændrede doseringer. Hvis der tages højde for det tilførte vand ved betonit/kationfældningen, kan det beregnes, at farvefjernerkoncentrationen falder fra 10,1% til 8,4% efter fældning for forsøg A og 10,1% til 8,3% efter fældning for

forsøg B. De tilsvarende tal for fældningen med aluminiumssulfat er 10,4% til 9,7%.

De fremkomne filtrater ved delforsøg III var meget klare, hvad angår fældningerne med bentonit/kation. Filtratet fra fældningen med aluminiumssulfat var uklar brun/grønlig.

Resultaterne af den udførte forsøgsrække indikerer, at det er muligt at behandle recirkuleret skyllevand fra farvefjernelse med diesterbaseret farvefjerner ved at udføre emulsionsbrydning med bentonit/kation eller aluminiumssulfat. Resultaterne peger endvidere på, at de bedste resultater tilsyneladende opnås med bentonit/kation-fældning, og at det ved denne metode vil være muligt at holde farvefjernerkoncentrationen mellem 8% og 12% for herved at kunne genbruge vandet flere gange. Farvefjernerkoncentrationen vil reelt maksimalt komme til at ligge i området 6 - 7% efter fældning, hvis der tages højde for tilført vand via fældningskemikalier og evt. ekstra tilspædning som kompensation for udsløb af recirkuleret skyllevand til kloak og øvrigt spild/fordampning. Pilotforsøg med et recirkuleringsanlæg på virksomhed F er beskrevet i bilag B7.4 og omfatter fældning med bentonit/kation.

B 7.4 "Pilot-forsøg" vedrørende minimering af farvefjernerudsløb - herunder opgradering af skyllevand

Nærværende bilagsafsnit indeholder RT-diagrammer over "pilot-forsøg" udført på trykkeri F.

Trykkeri F: Serigrafisk trykkeri med 18 ansatte. Trykker med papir- og plastfarver. Vasker i størrelsesordenen 10.000 m² rammeareal pr. år. Rammevasken foregår primært i automatisk Notio-anlæg men også i automatisk farvefjerneranlæg (frontbetjent dyseanlæg af ukendt fabrikat). Desuden vaskes en variende mængde manuelt - primært pga. driftstop og ikke optimal farvefjernelse på de to automatiske anlæg.

Forsøgene blev udført ved manuel farvefjernelse, hvor det frontbetjente dyseanlæg i slukket tilstand blev brugt som farvefjerner-vask, og recirkuleret farvefjerner taget fra forlaget blev påført rammerne med børste. Ved det første forsøg blev dyseanlægget dog brugt i funktion med umiddelbart reduceret udsløb til følge, fordi anlægget kun påfører en del af rammearealet farvefjerner, hvilket dog medfører ufuldstændig afvaskning med efterfølgende behov for manuel farvefjernelse.

Forsøgene omfatter dels kvantificering af mulig reduktion i farvefjernerudsløb ved afskrabning/vådstøvsugning af farvefjerner vedhæng samt forsøg vedr. recirkulering af skyllevand kombineret med gravimetrisk behandling og emulsionsbrydning. Der blev desuden udført forsøg med afskrabning/vådstøvsugning af rammer efter skyl med skyllevandsrecirkulat med henblik på reduktion af udsløb til kloak.

Ved de udførte forsøg med afskrabning blev der brugt en vinduesskraber (25 cm bred), og tiden til f.eks. at skrabe en 2,3 m² stor ramme på begge sider udgjorde mindre end 30 sek.

Ved vådstøvsugning er brugt en Nilfisk vandstøvsuger med separat luftkøl og metalmøbelmundstykke. Mellem mundstykke og støvsuger var placeret et 25 liters drådefang (kraftig plastikdunk med adskilt tilgangs- og afgangsstuds).

Afløbet i metalvasken, hvor skylning med vand foregik, blev påmonteret en omskifterventil, således at der kunne skiftes mellem afløb til kloak og afløb til recirkuleringssystemets forlagskasse.

Recirkuleringssystemet bestod af en 90 liters forlagskasse (RAKO-kasse fra METAS) påmonteret stålsi med indlagt grovfilter (engangsvaskeklud af polyether-polyurethan) på tilløbssiden (dvs. afløb fra stålvaske). I bunden af kassen var monteret en afløbsstuds, der via en slange stod i forbindelse med en pumpe (JP6 Jetpumpe fra Grundfos). Pumpens afgangsside stod via slange i forbindelse med en sprøjtepistol (Nito), der af operatøren blev brugt til at skylle den pågældende ramme med recirkuleret skyllevand. Sprøjtepistolen blev senere udskiftet med en håndbruser (Gardenasprøjte) for at begrænse aerosol- og skumdannelse. Når recirkulatet skulle undergå opgradering, blev det vha. pumpen pumpet op i en 60 liters skilletragt (PE beholder med konisk bund og aftapningshane i bunden), hvor der dels blev foretaget gravimetrisk udskillelse (faseudskillelse) og dels emulsionsbrydning med bentonit kombineret med kationisk polyelektrolyt. De dannede flokke ved emulsionsbrydningen blev opsamlet ved at filtrere vandet igennem engangsvaskeklude af polyether-polyurethan.

I diagrammerne anvendes forkortelsen FF, der enten betyder farvefjerner eller farvefjernelse, og FFS der betyder farvefjernerens skyl - dvs. afskylning af brugt farvefjerner med vand.

RT-diagram: Farvefjern. komb. m. afskrabn. og recirk. af skyllevand; Tryk.F

- RT-tiltag : 1.4.3.1 (1.4.3.2): Manuel afskrabning af FF med vinduesskraber
2.2 (2.3): Recirkulering af FF-skyllvand
2.5.1: Opgradering af skyllevand ved gravimetrisk udskillelse
- Procestype : Farvefjernelse
- Anlægstype : FF: Automatisk farvefjerneranlæg (frontbetjent dyseanlæg)
FFS: Vask m. modif. afløb dvs. mulighed for skift mellem kloak og recirk. forlag
Recirk. anlæg (skyllev.): Forlagskasse (90l) + centrifugalpumpe + sprøjtepistol + slanger/fittings
Skilletragt: 60 l skilletragt (PE plastbeholder m. konisk bund og aftapningshane)
- Kemikalietype : Diesterbaseret farvefjerner
- Udført : 23 - 24/10-96 på trykkeri F
- Forsøgsbetingelser : Rammestørrelser: 112x127 = 1,42 m² (vævsareal = 1,33 m²) og 114x132 = 1,50 m²
Væv: 120T (polyester)
Emulsionsdækningsgrad: Omkring 50-80% (heraf ca. 20-30% filler)
Afdrypningstid: 30 sek. - 3 min.
Trykfarvetype: Opløsningsmiddelbaserede plast- og papirfarver
Fillertype: Vandfortyndbar
Farvefjernerforlag: 50 l ny (skiftet 23/10-96) + ca. 4 l brugt (rest)
Skyllvandsforlag: 25 l postevand (fyldt på forlag d. 23/10-96)
- Procesbeskrivelse : 1. Rammen(erne) (max. to) placeres i det automatiske dyseanlæg hvor de(n) påsprøjtes farvefjerner fra dyser (lav tryk) på både tryk- og rakelside. Dyserne på rakelsiden bevæges fra side til side, mens dyser på tryksiden er stationære. Totaltid 14 min.
2. Når anlægget stopper står rammen(erne) og drypper af (typisk) 30 sek. - 3 min., hvorefter maskinen åbnes og evt. skrubes farvefjerner af tryksiden (NB: Typisk procedure på trykkeri F) eller begge sider hvorved afskrab tilbageføres til farvefjernerforlaget
3. Rammen bæres over i "spulevasken" og spules på begge sider med skyllevand fra recirkuleringsanlægget i ialt ca. 3 min. (herved spules farvefjerner og filler af). NB: Typisk anvendes højtryksspuler med friskvand på trykkeri F. Fordi dyseanlægget typisk ikke vasker ret meget af farveresten af rammen ("bløder kun delvist op") anvendes hyppigt ekstra manuel farvefjernerpåførsel med børste (masseres ind i væv), som efterfølgende skylles af med vand - her recirkulat. (NB: Trykkeri F anvender typisk friskvand).
- rammen er klar til stencilfjern. (højtrykspul. m. friskv. iflg. operatør ikke nødvendig)
- Risiko for hudkontakt: Ja Risiko for sprøjt/stænk: Ja Risiko for indånding: (Ja)

Rammeareal (m ²)	Udsløb: Tot. gram (g/m ²)				
	Uden afskrabning	Med afskrabning (trykside)	Med afskrabning (tryk- og rakelside)	Ekstra påført farvefjerner	Total udsløb til recirkulat *
A: 1,42	119,3 (83,9)	104 (73,1)	-	51,2 (36,0)	155,2 (109,1)
B: 1,42	114,2 (80,3)	95,2 (66,9)	-	91,4 (64,3)	186,6 (131,2)
C: 1,42	119,6 (84,1)	97,6 (68,6)	-	0	97,6 (68,6)
D: 1,42	136,0 (95,6)	98 (68,9)	-	35,1 (24,7)	133,1 (93,6)
E: 1,42	133 (93,5)	96 (67,5)	-	43,2 (30,4)	138,3 (97,2)
F: 1,50	125 (83,1)	95 (63,1)	64 (42,5)	40,1 (28,2)	104,1 (69,2)
G: 1,42	148 (104,0)	115 (80,8)	94 (66,1)	61,1 (43,0)	155,1 (109,0)
Tot: 10,04	Mean = 128 ± 12 (89 ± 8,7)	Mean = 100 ± 7,2 (70 ± 5,7)	Mean = 79 ± 21 (54 ± 17)	Mean = 46 (32)	Tot. = 970 (96,6)

* Der er set bort fra den mængde brugt farvefjerner, der findes i det skyllevand, der sidder på rammen efter skylning (se nedenstående).

Under skylning af sidste ramme (G) fik det recirkulerede skyllevand karakter af sæbevand.

To tørrede rammer ($1,42 \text{ m}^2$) blev udvejet før og efter påførsel af recirkuleret skyllevand (afdrypning $< 15 \text{ sek.}$) med henblik på at kvantificere potentielt udslob af recirkulatet til kloak ved efterfølgende stenciljernelse (eller friskvands-skyl). De to målinger gav henholdsvis 170 g (120 g/m^2) og 210 g (148 g/m^2) svarende til et gennemsnit på 134 g/m^2 .

Behandling af recirkuleret skyllevand:

Efter sidste skylning (G) blev recirkulatet pumpet op i skilletrugten - der blev udtaget en blandet prøve (ca. $1/2 \text{ l}$) til lab. analyser - og skyllevandet stod til bundfældning (faseudskillelse) "et lille døgn" (dvs. 22 timer). Skyllevandet blev derefter aftappet i følgende faser:

Faser	Mængde (gram)	Bemærkning
Bund	2097	Udover en vis mængde sort bundfald (tappet af i ryk) var hovedparten visuelt bedømt lig med mellemste fase
Nedre mellem	4784	Blåfarvet "klar" fase iblandet mindre mængder sort bundfald (kom i ryk under aftapning - måske p.gr.a. skilletrugtens struktur)
Midt mellem	5128	Blåfarvet "klar" fase iblandet lille mængde sort bundfald
Øvre mellem	5007	Blåfarvet "klar" fase iblandet lille mængde sort bundfald
Øvre	4175	Blåfarvet "klar" fase iblandet lille mængde sort bundfald
Øverste	1258	Blåfarvet "klar" fase iblandet mindre mængder sort bundfald, trykfarveskaller m.m.
Total mængde aftappet	22449	

Skyllvandsforlaget udgjorde ca. 25000 g fra starten og antages (forsimpelt) en fuldstændig jævn opblanding af den tilførte farvefjernermængde (970 g) - og hvis der ses bort fra afvasket fillermængde og farverest - fås et samlet estimeret skyllvandsforlag på 26000 g . Den mængde skyllvand, der blev udslobt med de vaskede rammer (ville "normalt" blive stenciljernet umiddelbart - men blev her stillet i venteposition), skal fratrækkes. Den udgør ca. $10,04 \text{ m}^2 \cdot ((120 + 148)/2) \text{ g/m}^2 \approx 1350 \text{ g}$ - heraf udgør brugt farvefjerner omkring: $((970 \text{ g}/26 \text{ l})/2) \cdot 1,35 \text{ l} \approx 25 \text{ g}$. Yderligere skal fratrækkes prøven udtaget d. 23/10-96 på 654 g (heraf udgør brugt farvefjerner ca. $(970 \text{ g}/26 \text{ l}) \cdot 0,654 \text{ l} \approx 24 \text{ g}$). Den estimerede mængde skyllvand der blev pumpet over i skilletrugten andrager derfor: $26000 \text{ g} - 1350 \text{ g} - 654 \text{ g} \approx 24000 \text{ g}$. Da der ialt blev aftappet 22449 , giver dette en genfindingsprocent på ca. 94% .

Et forsimpelt estimat af farvefjernerkoncentrationen i forlaget ved forsøgsafslutning giver: $970 \text{ g}/26 \text{ l} \approx 37 \text{ g/l}$. Dette svarer til en estimeret COD-værdi på: $1,66 \text{ g O}_2/\text{g} \cdot 37 \text{ g/l} \approx 61 \text{ g O}_2/\text{l}$. Der blev dog, som det fremgår af nedenstående, kun fundet en COD-værdi på $41 - 46 \text{ g O}_2/\text{l}$ svarende til en farvefjernerkoncentration på $25 - 28 \text{ g/l}$. Den højeste koncentration vurderes at ligge tættest på den sande værdi, fordi prøverne, der gav dette resultat som vægtet gennemsnit, blev analyseret umiddelbart efter prøvetagning (de øvrige efter 7 dages udskilning i laboratoriet ved stuetemperatur, se nedenstående). Værdien udgør dog kun ca. 75% af den forventede, hvilket formodentligt bl.a. hænger sammen med afsætning af farvefjerner i systemet (pumpe, slanger, forlagskasse m.m.). Der regnes dog nedenstående med 37 g/l som bedste bud på "steady state".

På baggrund af ovenstående kan følgende massebalance opstilles for vaskeprocessen:

Massebalance/Nøgletal (pr. m^2 ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Indsløb-/forbrug	Spild			Recirkulat
			Total	Kloak	Til luft	
Farvefjerner (brugt)	g/m^2	96,6	2,5	2,5 *	≈ 0	94,1
Vand (skyllevand)	l/m^2	2,5	0,23	0,13 *	0,10 **	2,27

* Det er her antaget, at den skyllvandsmængde (134 g/m^2 , se ovenfor) der "hænger" på rammen med indhold af brugt farvefjerner (medianværdi på $37/2 \text{ g/l} = 19 \text{ g/l}$), tilføres kloaksystemet ved en efterfølgende skylning (f.eks. efter påførsel af stenciljern). Denne skylning indgår ikke i balancen.

** Er estimeret på baggrund af den antagelse at to tredjedele af ikke genfundet vand (ca. 4%) er fordampet (herunder sprøjt/stænk og aerosoler) - resten "står i systemet" (pumpe, slanger m.m.).

Analysér af recirkulat

To af de skyllevandsfaser, der blev aftappet fra skilletragten på virksomheden, blev analyseret for COD-værdi. Det drejer sig om "midt mellem" og "bund". I det der antages at den fundne COD-værdi for fasen "midt mellem" kan repræsentere de to andre "mellem faser" samt de to øverste faser kan følgende opstilles:

Faser	Mængde i gram og (% af tot.)	COD (g O ₂ /l)	Estimeret indh. af brugt farvefjerner (g/l)	Totalt indhold af brugt farvefjerner (g)	%-fordelig af brugt farvefjerner (% w/w)
Bund	2097 (9)	52	31	66	11
Mellem	14919 (67)	45	27	404	65
Øvre + øverste	5433 (24)	45	27	147	24
Total mængde	22449 (100)	46*	28*	617	100

* Vægtet gennemsnit

Den totale mængde brugte farvefjerner beregnet på grundlag af de to COD målinger udgør: $(617g/(970-25-24)g) \cdot 100 \approx 67\%$ af mængden estimeret ud fra massebalancer (se ovenfor).

En delprøve af den blandede prøve (se ovenfor), udtaget umiddelbart efter at recirkulatet var pumpet over i skilletragten (d. 23/10-96), blev samme dag hældt på en 100 ml skilletragt og stod i laboratorium i ca. 7 døgn, inden de udskilte faser blev aftappet (30/10-96) og analyseret for COD-værdi:

Faser	Mængde i gram og (% af tot.)	COD (g O ₂ /l)	Estimeret indh. af brugt farvefjerner (g/l)	Totalt indhold af brugt farvefjerner (g)	%-fordelig af brugt farvefjerner (% w/w)	Bemærkning
Bund	9,7 (8)	61	37	0,36	10	Sort/gråt kornet
Mellem	114 (88)	39	23	2,7	79	Blågrøn
Top	5,3 (4)	115	69	0,37	11	Klar
Total mængde	129 (100)	44*	27*	3,43	100	
Blandet råprøve	129**	41	25	3,19	100	Mørkeblågrøn

* Vægtet gennemsnit

** Mængde hældt på skilletragt

RT-diagram: Afskrabning og/eller vådstøvsugning af rammer; Tryk. F

RT-tiltag	: 1.4.3.1 (1.4.3.2): Manuel afskrabning af FF med vinduesskraber 1.4.3.4: Vådstøvsugning af FF 2.2 (2.3): Afskrabning og/eller vådstøvsugning af recirkuleret FF-skyllenvand
Procestype	: Farvefjernelse
Anlægstyper	: FF: Manuel påførsel udført i slukket automatisk farvefjerneranlæg (frontbetjent dyseanlæg) FFS: Vask m. modif. afløb dvs. mulighed for skift mellem kloak og recirkl. forlag Recirkl. anlæg (skyllev.): Forlagskasse(90l) m. grovfilter (si m. polyether-polyurethan-filter = "skumvaskeklude") + centrifugalpumpe + sprøjtepestol + slanger/fittings Vådstøvsugeranlæg: Vandstøvsuger (separat lufikøl) + slanger + 25l dråbefang + møbelmundstykke
Kemikalietyper	: Diesterbaseret farvefjerner
Udført	: 15/1-97 på trykkeri F
Forsøgsbetingelser	: Rammestørrelse: 112x127 = 1,42 m ² (vævsareal = 1,33 m ²), 2 stk Væv: 90 (polyester) Emulsionsdækningsgrad: 80% (påført som 2+1, filler fjernet inden forsøg) Afdrypningstid: 30 sek. Trykfarvetype: Trykfarverester fjernet fra rammerne inden forsøgsstart Fillertype: Ingen filler Farvefjernerforlag: Ca. 54 l, kun brugt til vask af 10 m ² (se forsøg af 23-24/10-96) Skyllenvandsforlag: 25 l postevand + 1,25 kg brugt farvefjer. fra farvefjernerforlag (svare til 4,8% farvefjerner)
Procesbeskrivelse	: 1. Rammen påføres manuelt farvefjerner, der masseres ind i vævet med børste på begge sider i ca. ét minut. Rammen afdrypper derefter i ca. 30 sek. 2. Vævet skræbes på begge sider med vinduesskraber i ialt 30 sek. for at fjerne (genbruge) overskydende farvefjerner 3. Vævet vådstøvsuges på begge sider i ialt ca. 1,5 min. 4. Rammen bæres over i "spulevasken" og spules på begge sider med skyllevand fra recirkuleringsanlægget i ialt ca. 30 sek. (herved spules farvefjerner af). 5. Vævet skræbes på begge sider med vinduesskraber i ialt ca. 30 sek. for at tilbageføre recirkuleret skyllevand (med farvefjernerrest) til skyllevandsforlaget 6. Rammen vådstøvsuges på begge sider i ialt ca. 1,5 min. - rammen er klar til stencilfjern. (højtrykspul. m. friskv. iflg. operatør ikke nødvendig) Risiko for hudkontakt: Ja Risiko for sprøjt/stænk: Ja Risiko for indånding: (Ja)

Forsøgende blev udført over to omgange på to lige store rammer (I og II). Første omgang omfattede farvefjernerpåførsel (trin 1) efterfulgt af skrabning (trin 2) og/eller vådstøvsugning (trin 3). Anden omgang omfattede skylning af rammerne med skyllevand dvs. recirkulat (trin 4) efterfulgt af skrabning (trin 5) og/eller vådstøvsugning (trin 6). Rammerne blev vejlet mellem hvert trin, og opsamlet farvefjerner/skyllenvand i dråbefang ved vådstøvsugning blev ligeledes udvejet.

Resultater af første omgang (trin 1, 2 og/eller 3):

Ramme: Mærke og tot. m ²	Udsløb: Tot. gram farvefjerner (g/m ²)				Opsamlet farvefjerner mængde i dråbefang tot. gram (g/m ²) *
	Uden afskrabning og/eller vådstøvsugning	Efter afskrabning (begge sider)	Efter vådstøvsugning	Efter afskrabning og vådstøvsugning	
I	158 (111)	76 (53)	-	38 (27)	0 (0)
I	178 (125)	80 (56)	-	47 (33)	3 (2)
I	180 (127)	-	57 (40)	-	71 (50)
II	170 (120)	69 (49)	-	41 (29)	4 (3)
II	183 (129)	75 (53)	-	?	2 (1)
II	156 (110)	-	64 (45)	-	42 (30)
II	173 (122)	-	68 (48)	-	58 (41)
II	198 (139)	-	71 (50)	-	62 (44)
II	172 (103)	88 (62)	-	61 (43)	9 (6)
Tot: 12,8	Mean=174±13 (122 ± 9,0)	Mean=78±7,0 (55 ± 4,9)	Mean=65±6,1 (46 ± 4,3)	Mean=44±11 (31 ± 7,9)	% opsamlet af fjernet:0-58

* Afsætning i vådstøvsugerslange (efterfølgende kondensering) årsag til fejlmålinger, dvs. at det reelt er muligt at opsamle lidt større mængder

Resultater af anden omgang (trin 4, 5 og/eller 6):

Ramme: Mærke og tot. m ²	Udsløb: Tot. gram skyllevand dvs. recirkulat m. farvefjernerrest (g/m ²)				Opsamlet skyllevandsmængde i dråbefang tot. gram (g/m ²) *
	Uden afskrabning og/eller vådstøvsugning	Efter afskrabning (begge sider)	Efter vådstøvsugning	Efter afskrabning og vådstøvsugning	
I	152 (107)	78 (55)	-	45 (32)	2 (1)
I	155 (109)	77 (54)	-	47 (33)	5 (4)
I	149 (105)	-	55 (39)	-	51 (36)
II	183 (129)	83 (58)	-	58 (41)	4 (3)
II	155 (109)	82 (58)	-	-	-
II	190 (134)	-	71 (50)	-	40 (28)
II	187 (131)	-	68 (48)	-	57 (40)
II	151 (106)	-	68 (48)	-	31 (22)
II	168 (118)	77 (54)	-	55 (39)	4 (3)
Tot: 12,8	Mean=166±17 (116 ± 12)	Mean=79±2,9 (56 ± 2,0)	Mean=66±7,1 (46 ± 5,0)	Mean=51±6,2 (36 ± 4,4)	% opsamlet af fjernet:6-54

* Afsætning i vådstøvsugerslange (efterfølgende kondensering) årsag til fejlmålinger, dvs. at det reelt er muligt at opsamle lidt større mængder

En prøve af recirkulatet (860 g) blev udtaget umiddelbart efter forsøgsafslutning (efter kraftig opblanding) og sat i køleskab ved hjemkomst til laboratoriet d. 15/1-96. En delprøve (200 g) af denne prøve blev d. 17/1-97 hældt på en 100 ml skilletragt og henstod v. 20°C i stinkskab. Efter 14 timer var prøven skilt ud i en lille orange-brun topfase, derunder en stor vandklar midterfase og nederst en meget lille grågrøn bundfase. Efter ca. 4,5 døgn var fasefordelingen stort set uændret, og de enkelte faser blev aftappet og analyseret for COD-værdi:

Faser	Mængde i gram og (% af tot.)	COD (g O ₂ /l)	Estimeret indh. af brugt farvefjerner (g/l)	Totalt indhold af brugt farvefjerner (g)	%-fordelig af brugt farvefjerner (% w/w)	Bemærkning
Bund	1,50 (0,7)	286	172	0,26	3	Grågrønt bundf.
Mellem	182 (91,5)	59,3	36	6,5	72	Vandklar
Top	15,5 (7,8)	236	142	2,2	25	Orange-brun
Total mængde	199 (100)	74,8*	45*	8,96	100	
Recirk. råprøve	200,2**	76,6	46	9,24	100	Grålig-blågrøn

* Vægtet gennemsnit

** Mængde hældt på skilletragt

RT-diagram: Farvefjernelse kombin. m. recirk. og opgrad. af skyllev.; Tryk. F

RT-tiltag	:	2.2 (2.3): Recirkulering af FF-skyllvand 2.5.1: Opgradering af skyllevand ved gravimetrisk udskillelse
Procestype	:	Farvefjernelse
Anlægstype	:	FF: Halvautomatisk dyseanlæg (frontbetjent) FFS: Vask m. modif. afløb dvs. mulighed for skift mellem kloak og recirk. forlag Recirk. anlæg (skyllev.): Forlagskasse(90l) m. grovfilter (si m. polyether-polyurethan-filter = "skumvaskeklude") + centrifugalpumpe + sprøjtepistol + slanger/fitings Skilletragt: 60 l skilletragt (PE plasibeholder m. konisk bund og afslutningshane) påmonteret to vibratorer (akvariepumper)
Kemikalietype	:	Diesterbaseret farvefjerner
Udført	:	18/1 - 21/1, 1997 på trykkeri F
Forsøgsbetingelser	:	Rammestørrelser: 11 à 1,42 m ² + 4 à 2,03 m ² (ialt 23,7 m ²) Væv: 120T og 90 (polyester) Emulsionsdækningsgrad: Variende Afdrypningstid: 30 sek. - 3 min. (både farvefjerner og farvefjerner/skyllvand) Trykfarvetype: Opløsningsmiddelbaserede plast- og papirfarver Fillertype: Vandfortyndbar Farvefjernerforlag: 50 l ny (skiftet 23/10-96) + ca. 4 l brugt (rest) Skyllvandsforlag: Ca. 23 l med ca. 44 g/l (4,4%) brugt farvefjerner
Procesbeskrivelse	:	1. Rammen(erne) (max. to) placeres i det halvautomatiske dyseanlæg hvor de(n) påsprøjtes farvefjerner fra dyser (lavt tryk) på både tryk- og rakelside. Dyserne på rakelsiden bevæges fra side til side, mens dyser på tryksiden er stationære. Totaltid 14 min. 2. Når det halvautomatiske rammevaskeanlæg stopper står rammen(erne) og drypper af (typisk) 30 sek. - 3 min., hvorefter maskinen åbnes og farvefjerner skrubes af tryksiden 3. Rammen bæres over i "spulevasken" og spules på begge sider med skyllevand fra recirkuleringsanlægget i ialt ca. 3 min. (herved spules farvefjerner og filler af). Fordi dyseanlægget typisk ikke vasker ret meget af farveresten af rammen ("bløder kun delvist op") udføres tillige manuel farvefjernerpåførsel med børste (maseres ind i væv), som efterfølgende skylles af med det recirkulerede skyllevand. - rammen er klar til stencilfjern. (højtrykspul. m. friskv. iflg. operatør ikke nødvendig) Risiko for hudkontakt: Ja Risiko for sprøjt/stænk: Ja Risiko for indånding: (Ja)
Operatørens vurdering	:	Recirkulatet vaskede udmærket det brugte farvefjerner af rammen. Dog var der problemer med at få skyllet filleren af de sidste rammer pga. for lavt tryk på vandstrålen (årsagen var for lav vandstand i skyllevandsforlaget kombineret med skumdannelse).
Bemærkning	:	Vandstanden i forlaget var for lav, fordi der ved afslutning kun var ca. 13 l tilbage (se understående). Filleren kan fjernes ved det efterfølgende friskvandsskyl (eller stencilfjernelse). Aerosoldannelsen kan begrænses ved udskiftning af sprøjtepistolen med en håndbruger.

Behandling af recirkuleret skyllevand:

Ved forsøget d. 15/1-97 (se tidligere RT-diagram) blev skyllevandet (i recirkulationsforlaget) blandet med brugt farvefjerner således, at start skyllevandet havde en farvefjernerkoncentration på ca. 5% (baseret på forsøget udført 23-24/10-96 svarer dette til, at der er skyllet ca. 20 m² rammer efter metoden anvendt på trykkeri F). Efter forsøgsafslutning d. 15/1-97, var der ca. 23 l tilbage med et farvefjernerindhold på 44 g/l (iht. COD-måling). Der blev den 18/1-97 (mellem kl. 8 og kl. 11) vasket 15 rammer (lig med 23,7 m²) og samme dag kl. 16.30 blev recirkulatet pumpet op i skilletragten - der blev udtaget en blandet prøve (ca. 0,41 l) til lab. analyser - og skyllevandet stod til bundfældning (faseudskillelse) i ca. 2,5 døgn. Skyllevandet blev derefter aftappet i følgende faser:

Faser	Mængde (gram)	Bemærkning
Bund (+ top)	510	Sort bundfald med lille mængde grå væske. Fasen blev tappet sidst af, fordi bundfaldet - trods anvendelse af vibratorer - lå på den koniske bunds overflade og derfor først kom med ud til sidst.
Mellem	12066	Grå væske med lille mængde sort bundfald. Fasen blev tappet først af.
Skyl af skilletragt	17	For at få al bundslam ud blev skilletragten slutskyllet med 787 g vand.
Total mængde aftappet	12593	

Hvis resultaterne fra udslebsforsøgene udført d. 15/1-97 (se tidligere RT-diagram) lægges til grund, vil der i gennemsnit være tilført (udslæbt) $70 \text{ g/m}^2 + 32 \text{ g/m}^2 = 102 \text{ g/m}^2$ af den brugte farvefjerner til skyllevandet. Da der ialt blev vasket $23,7 \text{ m}^2$ rammer giver dette en total tilført mængde på ca. 2,42 kg. Hvad angår udsleb af recirkuleret skyllevand (til efterfølgende stencilfjernelse) andrager dette $116 \text{ g/m}^2 \cdot 23,7 \text{ m}^2 = 2,75 \text{ kg}$. Skyllevandsforlaget udgjorde ca. 23000 g fra starten og antages (forsimpelt) en fuldstændig jævn opblanding af den tilførte farvefjerner-mængde (2,42 kg) - og hvis der ses bort fra afvasket fillermængde og farverest - fås et samlet estimeret skyllevandsforlag på $23 \text{ kg} + 2,42 \text{ kg} - 2,75 \text{ kg} - 2,38 \text{ kg}$ (fordampet vand) = 20,3 kg.

Et forsimpelt estimat af farvefjernerkoncentrationen i forlaget ved forsøgsafslutning giver: $((44 \text{ g/l} \cdot 23 \text{ l}) + 2420 \text{ g}) / 20,3 \text{ l} = 170 \text{ g/l}$ (17%). Dette svarer til en estimeret COD-værdi på: $1,66 \text{ g O}_2/\text{g} \cdot 170 \text{ g/l} = 280 \text{ g O}_2/\text{l}$.

Der blev kun aftappet 12593 g + 411 g (prøve) = 13,00 kg, hvilket udgør 64% af den forventede mængde. I prøven udtaget den 18/1-97 af recirkulatet blev målt en COD-værdi på 209 g O₂/g (svarende til 126 g farvefjerner/l (12,6%)), hvilket udgør 75% af den forventede værdi. At der "mangler" over 35% af den forventede mængde recirkulat, skyldes sandsynligvis først og fremmest uheld med spild af større mængde recirkulat på gulv.

På baggrund af ovenstående kan følgende massebalance opstilles for vaskeprocessen, idet der ses bort fra det ekstraordinære store spild:

Massebalance/Nøgletal (pr. m² ramme afvasket)

Ressource	Enhed	Indslæb-/forbrug	Spild			Recirkulat
			Total	Kloak	Til luft	
Farvefjerner (brugt)	g/m ²	102	12	12 *	≈ 0	90
Vand (skyllevand)	l/m ²	0,69**	0,22	0,12 *	0,10 ***	0,47

* Det er her antaget, at den skyllevandsmængde (116 g/m²), der "hænger" på rammen med indhold af brugt farvefjerner (medianværdi = ca. 100 g/l), tilføres kloaksystemet ved en efterfølgende skylning (f.eks. efter påførsel af stencilfjerner). Denne skylning indgår ikke i balancen.

** Det antal kvadratmeter rammeareal (12,3 m²), der kunne have været vasket med rent vand op til start forlagets niveau (4,4% farvefjerner), hvis samme procedure blev anvendt som nærværende, er indregnet.

*** Værdien fra forsøget d. 23-24/10-96 er brugt, fordi det aktuelle forsøgs tab primært må tilskrives uheld.

Denne massebalance er en grov forsimpelse - egentlige simuleringer af et tilsvarende scenarie findes i bilag 6.

Analysér af recirkulat

De to recirkulatfaser, der blev aftappet fra skilletragten på virksomheden samt skyllevandet brugt til at efterskylle tragten, blev analyseret for COD-værdi:

Faser	Mængde i gram og (%) af tot.)	COD (g O ₂ /l)	Estimeret indh. af brugt farvefjerner (g/l)	Totalt indhold af brugt farvefjerner (g)	%-fordelig af brugt farvefjerner (% w/w)
Bund (+ top)	510 (4)	794	478	240	15
Mellem	12066 (90)	182	110	1300	83
Skyl af tragt	804 (6)	60,8	37	30	2
Total mængde	13380 (100)	207*	125*	1570	100

* Vægtet gennemsnit, "Skyl af tragt" udeladt.

Den totale mængde brugt farvefjerner beregnet på grundlag af de to COD målinger udgør: $(1570\text{g}/(3429\text{g}-284\text{g}-0,41\text{g/l}\cdot 125\text{g/l})\cdot 100 \approx 51\%$ af mængden estimeret ud fra massebalancer (se ovenfor). At kun godt halvdelen af den forventede mængde genfindes skyldes med al sandsynlighed primært, at der som ovenfor nævnt er "forsvundet" (ved uheld) mere end 35% af den forventede recirkulatmængde.

En delprøve (101 g) af blandingsprøven (411 g) udtaget af recirkulatet d. 18/1-97 blev d. 20/1-97 hældt på en 100 ml skilletragt, stillet til udskillelse i lab. i ca. 2 døgn og faserne efterfølgende analyseret for COD-værdi. Denne 12,5% opløsning blev skilt ud i nedenstående to faser:

Faser	Mængde i gram og (%) af tot.)	COD (g O ₂ /l)	Estimeret indh. af brugt farvefjerner (g/l)	Totalt indhold af brugt farvefjerner (g)	%-fordelig af brugt farvefjerner (% w/w)	Bemærkning
Bund	4,12 (4)	1220	735	3,0	23	Sort**
Mellem +top	95,78 (96)	174	105	10,0	77	Grågrøn
Total mængde	99,9 (100)	217*	131*	13,0	100	
Blandet råprøve	100,96***	209	126	12,7	100	Mørkegrågrøn

* Vægtet gennemsnit

** Dekanteret efter aftapning - supernatant hældt over i "Mellem+top" fasen.

*** Mængde hældt på skilletragt

RT-diagram: Farvefj. komb.m. afskrabn., recirk. og fældn. af skyllev.; Tryk.F

RT-tiltag	: 1.4.3.1. (1.4.3.2): Manuel afskrabning af FF med vinduesskraber 2.2. (2.3): Recirkulering af FF-skyllvand 2.5.2: Opgradering af skyllevand ved fældning (emulsionsspaltning)
Procestype	: Farvefjernelse (og stencilfjernelse)
Anlægstype	: FF: Manuel påførsel udført i slukket halvautomatisk dyseanlæg (frontbetjent) FFS: Vask m. modif. afløb dvs. mulighed for skift mellem kloak og recirk. forlag Recirk.anlæg (skyllev.): Forlagskasse (90l) m. grovfilter (si m. polyether-polyurethan-filter = "skumvaskeklude") + centrifugalpumpe + håndbruser + slanger/fittings Skilletragt (her anvendt til fældning): 60 l skilletragt (PE plastbeholder m. konisk bund og aftapningshane)
Kemikalietype	: Diesterbaseret farvefjerner
Udført	: 18/2-97 på trykkeri F
Forsøgsbetingelser	: Rammestørrelser: 2 à 145x160 = 2,32 m ² pr ramme (vævsareal = 2,20 m ²) Væv: 120T (polyester) Emulsionsdækningsgrad: Omkring 80% (heraf ca. 20% filler), opraklet 1+2 Afdrypningstid: ca. 30 sek. Trykfarvetype: Opløsningsmiddelbaserede plast- og papirfarver Emulsionstype: Hybridbaseret Fillertype: Vandfortyndbar Stencilfjerner: Perjodatsaltbaseret Farvefjernerforlag: Ca. 50 l (skiftet 23/10-96) Skyllvandsforlag: Inden fældning: 17,6 l postevand + 2,4 kg brugt farvefjern. fra farvefjernerforlag (≈ 12,0% w/w farvefjerner) Fældningskemikalier: Hydrocol O (bentonit) i en 1% vandig opslemning Zetag 7899 (kationisk polyelektrolyt), 0,2% koncentrat i vand Filtre: Skumvaskeklude af polyether-polyurethan
Procesbeskrivelse	: 1. Rammen påføres manuelt farvefjerner, der masseres ind i vævet med børste på begge sider i ca. ét minut. Rammen afdrypper derefter i ca. 30 sek. 2. Vævet skræbes på begge sider med viduesskraber i ialt 30 sek. for at fjerne (genbruge) overskydende farvefjerner, der herved føres tilbage til farvefjernerforlaget. 3. Rammen bæres over i "spulevasken" og bruses på begge sider med skyllevand fra recirkuleringsanlægget i ialt ca. 1 min. (herved spules farvefjerner og filler af). 4. Rammen skræbes på begge sider med viduesskraber i alt ca. 30 sek. for at fjerne/genbruge (dvs. føre tilbage til recirk. forlag) overskydende recirkuleret skyllevand. 5a Rammen højtryksspules med friskvand på begge sider i ialt ca. 30 sek. - skyllevandet føres til kloak. 5b Rammen påføres stencilfjerner (kun tryksiden), der masseres ind i vævet med børste over ca. 1 min. Efter yderligere indvirkningstid på ca. 1 min. højtryksspules rammen med friskvand, der føres til kloak. Risiko for hudkontakt: Ja Risiko for sprøjt/stænk: (Ja) Risiko for indånding: (Ja)
Fældningsprocedure	: a) Skyllevand (recirkulat) til behandling pumpes fra forlaget op i skilletragten v.hj.a. recirk.anlæggets pumpe. b) Der tilsættes under omrøring bentonit (Hydrocol O, i 1% vandig opslemning) i en mængde svarende til 1,25 kg pulver/m ³ skyllevand (dvs. 0,125 l brugsopløsning/l skyllevand). Der omrøres i min. 2 min. c) Der tilsættes under omrøring kationisk polyelektrolyt (Zetag 7899, i 0,2% vandig opløsning) svarende til en mængde på 200 ml koncentrat/m ³ skyllevand (dvs. 0,1 l brugsopløsning/l skyllevand). Der omrøres i min. 2 min., dvs. indtil der dannes større trådagtige flokke. d) Det fældede skyllevand filtreres gennem et filter af polyether-polyurethan (skumvaskeklud) ved at åbne aftapningshanen i bunden af skilletragten og lade vandet langsomt løbe via filter (i plasttragt) ned i dunk placeret under skilletragten. Filtrene udskiftes efterhånden, som de "blokeres" af slam (flokke), og kasseres som kemikalieaffald. Flokkene vil typisk bundfælde, således at det første, der aftappes, er "ren" slam.
Udslæbsforsøg (ca. 12% FF)	

På grund af det ekstraordinære store spild af recirkulat konstateret ved forsøget d.18/1-97 (se tidligere RT-diagram) blev der i nærværende sammenhæng udført et forsøg, med henblik på at afklare om et højt indhold af farvefjerner (12%) i recirkulatet medfører, at der udslæbes mere end ved den tidligere undersøgte lavere koncentration (ca. 4,8%). Der blev derfor inden fældning udført et udslæbsforsøg (trin 1 til 4) med det kunstigt fremstillede skyllevandsforlag (ca. 12% farvefjerner):

Rammeareal (m ²)	Udsløb til recirk.: Tot. gram (g/m ²)*	Udsløb til kloak: Tot. gram (g/m ²)*	
	Efter farvefj. og afskrab (trin 1 og 2)	Efter skyl uden afskrab (trin 3)	Efter skyl med afskrab (trin 4)
A: 2,32	97 (42)	269 (116)	119 (51)
B: 2,32	93 (40)	239 (103)	123 (53)
Tot: 4,64	Mean= 95 (41)	Mean= 254 (109)	Mean= 121 (52)

* Der er set bort fra den farverest, der sad på rammen inden vask - udgør typisk omkring 7 g/m²

Ved sammenligning af resultaterne for udsløb til kloak (henholdsvis med og uden afskrabning) med de tilsvarende resultater fra forsøgene d. 15/1-97 (se tidligere RT-diagram) fremgår det umiddelbart, at der ikke er signifikant forskel på udsløb af henholdsvis recirkulat med 12% farvefjerner og 4,8% farvefjerner.

Fældning af recirkulat (ca. 12% FF):

Recirk. mængde kg	Farvefjerner-indhold i recirk. før fældning* Tot. g (g/l)	Tilsat mængde fældningskemikalie g (g/l)	Tilført vandmængde via fældningskemikalier g (g/l)	Opsamlet (på filter) slammængde g (g/l)	Farvefjerner-indhold i filtrat*** g (g/l)	Mængde farvefjerner i slammet g (g/l)
19,0	2200 (116)	Bentonit: 25 (1,3) Kation: 4 (0,21) Ialt: 25 (1,5)	4500 (240)	1600** (84)	1500 (66,9)	700 (450)

* Iht. COD-måling af prøve (467 g) udtaget umiddelbart før fældning: COD = 192 g O₂/l hvilket svarer til 192/1,66 g/l = 116 g/l

** Her af udgjorde filtrene ca. 25 g

*** Iht. COD-måling af prøve udtaget af filtrat: COD = 111 g O₂/l hvilket svarer til 111/1,66 g/l = 66,9 g/l

Som det fremgår af skemaet gav den udførte fældning en reel reduktion (dvs. beregnet på totalmængder) på: (700/2200)·100 = 32% af den tilstedeværende farvefjerner. Den opståede slammængde, som udgør (1600/19000)·100 = 8,4% af den behandlede recirkulatmængde, indeholder de nævnte 32% og bør behandles som kemikalieaffald.

Slutskyl kombineret med spildevandsprøvetagning

Der blev fremstillet et "kunstigt" recirkulat-forlag ved at tilsætte brugt farvefjerner (401 g) til det opgraderede skyllevand. En prøve af det fremstillede forlag gav en COD-værdi på 143 g O₂/l, hvilket svarer til 143/1,66 g/l = 86 g farvefjerner pr. liter (8,6%).

De to rammer (A og B) blev herefter kørt gennem procestrinene 1 til 4 og udsløb kvantificeret.

Udsløbsskema (ca. 8,6% FF):

Rammeareal (m ²)	Udsløb til recirk.: Tot. gram (g/m ²)*	Udsløb til kloak: Tot. gram (g/m ²)*	
	Efter farvefj. og afskrab (trin 1 og 2)	Efter skyl uden afskrab (trin 3)	Efter skyl med afskrab (trin 4)
A: 2,32	103 (44)	299 (129)	102 (44)
B: 2,32	100 (43)	275 (119)	121 (52)
Tot: 4,64	Mean= 102 (44)	Mean= 287 (124)	Mean= 112 (48)

* Der er set bort fra den farverest, der sad på rammen inden første vask (se ovenfor) - udgør typisk omkring 7 g/m²

Ramme B blev herefter højtryksspulet med friskvand (trin 5a), som blev opsamlet, afvejet og analyseret som anført nedenfor. Rammen blev derefter på ny kørt gennem trin 1 til 4 men derefter påført stencilfjerner og højtryksspulet med friskvand (trin 5b), som blev opsamlet, udvejet og analyseret. Massebalancer og analyseresultater for de to scenarier omfattende henholdsvis trin 5a og trin 5b fremgår nedenstående:

Massebalance/Nøgletal (pr. m² ramme afvasket) for trin 5a:

Ressource	Enhed	Indslæb- /Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Farvefjerner	g/m ²	5,1*	5,1	5,1	≈ 0	0
Vand (skyllevand)	l/m ²	3,4**	3,4	3,0	0,4	0

* Farverestindholdet ikke opgjort særskilt - vurderes at udgøre mindre end 2%. Der er regnet med et recirkulanudslæb på (52+7)g/m²

** Der blev ialt opsamlet 6,973 l (hvoraf 0,121 l stammer fra indslæbt recirkulat). Hertil kommer 1,0 l, der antages at være fordampet (baseret på udredningsforsøgene, se bilag 3). Dette giver ialt ca. $8,0 \frac{1}{2,32} \text{ m}^2 = 3,4 \frac{1}{\text{m}^2}$.

Massebalance/Nøgletal (pr. m² ramme afvasket) for trin 5b:

Ressource	Enhed	Indslæb- /Forbrug	Spild			
			Total	Til vand	Til luft	Kem. affald
Farvefjerner	g/m ²	5,1	5,1	5,1	≈ 0	0
Stencil	g TS/m ²	15*	15	15	0	0
Stencilfjerner (b.o.)	g/m ²	388	388	388	0	0
Vand (skyllevand)	l/m ²	5,8**	5,8	5,4	0,4	0

b.o.: Brugsopløsning. Handelsvaren fortyndet 1:10 med vand. Den anførte mængde svarer til 39 g handelsvare pr m² eller 7 g aktivt stof (natriumperjodat)

* Målinger foretaget på samme fotoemulsionstype og oprakling men 80 - 90% dækning (se udredningsforsøg bilag 3) gav 19,5 g/m². Dækningen er her kun omkring 60 - 70%, hvilket medfører at mængden vurderes til ca. 15 g/m².

** Der blev ialt opsamlet 12,798 l (hvoraf 0,388 l stammer fra stencilfjerner). Hertil kommer 1,0 l, der antages at være fordampet (baseret på udredningsforsøgene, se bilag 3). Dette giver ialt ca. $13,4 \frac{1}{2,32} \text{ m}^2 = 5,8 \frac{1}{\text{m}^2}$.

Analyserne af de to spildevandsprøver gav:

Para- meter→ Prøve↓	Fortyn- d.	pH	TS mg/l	GT mg/l	AOX µg/l	COD mgO ₂ /l	BOD ₅ mgO ₂ /l	COD/- BOD ₅	Nitrif. hæv- n.(200 ml) %	Nitrif. hæv- n.(20 ml) %
U.sten- cilfj.(5a)	1:600 *	7,99	960	360	440	5000	3000	1,6	99	82
M.sten- cilfj. (5b)	1:1100 *	6,71	2880	2100	890	5300	1900	2,7	99	65

* Estimeret og gældende for farvefjernerindholdet.

Som ekstra analyseparametre blev prøverne (ifbm. AOX analyserne) analyseret for NVOC (Non Volatile Organic Carbon) hvilket gav:

U. stencilfj. (5a): 1500 mg C/l

M. stencilfj. (5b): 1700 mg C/l

Bilag 8 Substitution af opløsningsmidler og emulgatorer

De to mængdemæssigt væsentligste komponenter i farvefjernere er opløsningsmidler og emulgatorer. Det er her forsøgt at angive substitutionsmuligheder for disse, hvor både tekniske egenskaber (opløselighedsparametre) og iboende egenskaber vedrørende miljø- og sundhedsfarlighed er inddraget for opløsningsmidler, mens kun miljøfarlighed er inddraget ved behandling af emulgatorer.

B 8.1 Substitution af opløsningsmidler i farvefjernere

Nedenstående redegøres der for det arbejde, der er udført for at søge alternative opløsningsmidler til de farvefjernere, der oftest benyttes ved rammevask.

De for tiden anvendte opløsningsmidler i farvefjernere kan inddeles i følgende grupper

- Kulbrinteblandinger
- Alifatiske kulbrinter
- Aromatiske kulbrinter
- Glycolethere
- Estre
- Ketoner
- Diestere
- Andre (herunder alkoholer og diethere)

Stoffer, der tilhører ovennævnte stofgrupper og som anvendes i farvefjernere idag, er blevet vurderet mht. miljø- og sundhedsfarlighed (vand, luft og sundhed). Ved denne vurdering blev det bl.a. fundet, at alifatiske og aromatiske kulbrinter skiller sig ud som specielt miljø- og sundhedsmæssigt problematiske opløsningsmidler.

Der er her lagt vægt på at undersøge, hvorvidt de opløsningsmidler, der er tillagt en score på A og/eller U (i forhold til vand og/eller sundhed), kan erstattes med andre stoffer, der vurderes at være mindre farlige.

De opløsningsmidler, der teoretisk er de bedst egnede til at kunne opløse de bindere, der typisk benyttes i serigrafifarver, er endvidere fundet frem.

B 8.1.1 Metode

Der er benyttet to principper ved opstilling af alternative muligheder for opløsningsmidler i farvefjernere:

- 1) Da farvefjernere primært benyttes til opløsning af binderen i farven, er der søgt efter opløsningsmidler, der teoretisk kan opløse binderen
- 2) Det primære krav til de alternative opløsningsmidler, har været formuleret som, at disse skal have tilsvarende evne til at opløse de relevante stoffer som det stof, de skal erstatte. Der er endvidere for nogle enkelte opløsningsmidler, været søgt efter binære blandinger som alternativer. Det er en forudsætning, at stofferne i den binære solventblanding er indbyrdes blandbare. Blandbarheden af to opløsningsmidler er beregnet ved brug af UNIFAC-modellen /37/, som er kort beskrevet i afsnit B 8.1.3.

Opløselighedsevnen, er i nærværende karakteriseret ved Hansen's opløselighedsparametre (HSP-parametre) /38/. Definition og beskrivelse af disse opløselighedsparametre er givet i næste afsnit.

Substitutionsprogrammet SUBTEC /39/ er blevet benyttet som primær datakilde til de fysisk-kemiske data for opløsningsmidlerne. Klassificeringen og mærkningen af stofferne er hentet fra "Listen over farlige stoffer" fra 1996 /40/. SUBTEC er kort beskrevet i afsnit B 8.1.4.

B 8.1.2 Opløselighedsparametre

Opløselighedsparameteren, δ_{tot} , blev oprindeligt introduceret af Hildebrandt i 1949 (for nærmere beskrivelse se /41/), som et mål for størrelsen på de attraktive kræfter mellem molekylerne i et materiale:

$$\delta_{\text{tot}} = \sqrt{\frac{\Delta H^{\text{vap}}}{V_m}}$$

hvor

δ_{tot}	er den totale opløselighedsparameter
ΔH^{vap}	er fordampningsvarmen af stoffet
V_m	er det molære væskevolumen af stoffet

Det blev vist, at to ikke-polære stoffer, var indbyrdes blandbare, hvis deres opløselighedsparametre var næsten identiske. Dette gælder imidlertid ikke for polære stoffer og for stoffer, som danner hydrogenbindinger med sig selv eller andre stoffer.

For at kunne forklare opløselighedsevnen af polære og hydrogenbindende stoffer, introducerede Hansen /38/ den tre-dimensionale opløselighedsparameter. Den totale opløselighedsparameter blev inddelt i tre bidrag:

$$\delta_{\text{tot}}^2 = \delta_{\text{D}}^2 + \delta_{\text{P}}^2 + \delta_{\text{H}}^2$$

hvor

- δ_{D} er den dispersive opløselighedsparameter
- δ_{P} er den polære opløselighedsparameter, som beskriver de polære kræfters bidrag til opløselighedsparameteren. Ikke polære stoffer har således en δ_{P} på 0.
- δ_{H} er den hydrogenbindende opløselighedsparameter, som beskriver de hydrogenbindende kræfters bidrag til opløselighedsparameteren. Ikke hydrogenbindende stoffer har således en δ_{H} på 0.

Den dispersive opløselighedsparameter, δ_{D} , for de forskellige opløsningsmidler varierer ikke meget, hvorfor det oftest kun er nødvendigt at studere den polære opløselighedsparameter (δ_{P}) og den hydrogenbindende opløselighedsparameter (δ_{H}).

Hansen /38/ postulerede endvidere, at stoffer med lignende opløselighedsparametre (δ_{D} , δ_{P} , δ_{H}) kan opløse de samme stoffer, f.eks. bindere.

Opløselighedsparametrene for en opløsningsmiddelblanding, som består af en række fuldstændigt blandbare opløsningsmidler, bestemmes simpelt som et vægtet (m.h.t. sammensætning) gennemsnit af opløselighedsparametrene for de opløsningsmidler, der indgår i blandingen.

Et fast stof, f.eks. binder (polymer) eller pigment, karakteriseres ved hjælp af de tre opløselighedsparametre ($\delta_{\text{D}}^{\text{P}}$, $\delta_{\text{P}}^{\text{P}}$, $\delta_{\text{H}}^{\text{P}}$) samt en opløselighedsradius R^{P} . Opløsningsmidler, hvis opløselighedsparametre ligger indenfor den kugle, der er defineret ved centrum ($\delta_{\text{D}}^{\text{P}}$, $\delta_{\text{P}}^{\text{P}}$, $\delta_{\text{H}}^{\text{P}}$) og radius R^{P} , kan således (teoretisk) opløse binderen.

B 8.1.3 Undersøgelse om indbyrdes blandbarhed af to opløsningsmidler

Følgende definitioner gøres:

- Molbrøken af et stof i en blanding: x_i
- Aktivitetskoefficienten af et stof i en blanding: γ_i
- Aktiviteten af et stof i en blanding: $a_i = x_i \gamma_i$
- Gibbs frie blandingsenergi : $\Delta G_{\text{mix}} = \sum RT x_i \ln(a_i)$
(R er gaskonstanten, T er den absolutte temperatur)

Aktivitetskoefficienten for et stof giver et udtryk for "hvor godt stoffet befinder sig i blandingen i forhold til i det rene stof". En aktivitetskoefficient mindre end 1 angiver således, at stoffet befinder sig godt i blandingen, hvorimod en aktivitetskoefficient større end 1 angiver, at stoffet har det bedre som rent stof end i blandingen. Aktivitetskoefficienten er afhængig af størrelsen på tiltræknings- og frastødningskræfterne mellem stofferne, samt af hvor meget plads stofferne har til at

bevæge sig rundt i blandingen - set i forhold til forholdene i det rene stof.

UNIFAC /37/ er en såkaldt gruppebidragsmodel til beregning af aktivitetskoefficienterne af stoffer i en blanding, d.v.s. den beregner aktivitetskoefficienter udfra de grupper som molekylerne er opbygget af. Som et eksempel kan nævnes ethanol, som i følge UNIFAC er bygget op af én CH₃-gruppe, én CH₂-gruppe og én OH-gruppe.

UNIFAC benyttes til beregning af en lang række blandingsegenskaber f.eks.: flammepunkt, damptryk, fordampningshastighed og blandbarhed.

For en binær blanding kan det vises, at hvis:

$$\frac{\partial^2 \Delta G_{\text{mix}}}{\partial x_1^2} < 0$$

ved et givet blandingsforhold (x_1 og x_2), splitter blandingen op i to faser, d.v.s. stofferne er ikke indbyrdes blandbare ved dette koncentrationsforhold. Dette kriterie er benyttet til at undersøge om to stoffer er indbyrdes blandbare, hvor x_1 har været varieret imellem 0,5 og 0,95.

B 8.1.4 SUBTEC

SUBTEC /39/ er et såkaldt substitutionsprogram, som kan anvendes til at finde frem til alternativer til et givet stof eller blanding. SUBTEC er udviklet af EnPro ApS (og det tidligere Nordisk Forskningsinstitut for Maling og Trykfarver) samt Arbejdsmiljøinstituttet. Projektet var finansieret af Miljøstyrelsen og administreret igennem Arbejdstilsynet.

SUBTEC består af en database, hvori fysisk-kemiske data for rene stoffer er lagret. Der er endvidere koblet beregningsmoduler til databasen, hvorfra de krævede data til beregningerne automatisk bliver hentet.

En lang række tekniske egenskaber for både rene stoffer og blandinger kan således hentes frem fra SUBTEC, f.eks. flammepunkt, fordampningshastighed, damptryk.

B 8.1.5 Resultater

Karakterisering af stofgrupper

I tabel B8.1, er en række stofgrupper karakteriseret ved deres opløselighedsparametre, flammepunkt, flygtighed og log K_{ow} . Denne karakterisering er grov, d.v.s. der vil kunne findes stoffer indenfor hver stofgruppe, som ikke omfattes af denne karakterisering.

Erfaringerne har vist /10/, at rangordningen af diverse opløsningsmiddelgrupper mht. deres evne til at opløse bindere er:

- 1) ketoner
- 2) estre
- 3) glycolethere
- 4) propylenglycolether, glycoletheracetater tilsat lidt keton

Karakterisering af bindere, der benyttes i farver

I følge Larsen *et al.* (1994) /1/ anvendes typisk følgende bindertyper i farver:

- Akrylat og akrylharpiks
- Polyamid
- Polyvinylklorid
- Polyurethaner
- Cellulosederivater (nitrocellulose, ethylcellulose, celluloseacetat-butyrat)
- Maleinsyreharpikser
- Polyurethaner

Af de nævnte bindertyper er nitrocellulose og ethylcellulose dominerende i papirfarver mens celluloseacetat-butyrat, akrylater og polyvinylklorider er dominerende i plastfarver /10/. I UV-farver anvendes akrylater og i vandfortyndbare papir- og plastfarver anvendes bl.a. polystyrene-acryl-emulsioner og carboxylholdige maleinsyre-polyesterharpikser samt urethaner.

HSP-parametre for en række bindere tilhørende disse binderfamilier er givet i tabel B8.2. HSP-parametrene er primært hentet fra Saarnak (1990) /43/.

Undersøgelse af hvilke opløsningsmidler, der kan opløse de anvendte bindere

Evnen til at opløse de nævnte bindere er blevet bestemt for samtlige opløsningsmidler, der har specificerede HSP-parametre i SUBTEC. Kravene til de alternative opløsningsmidler har været:

- skal (i teorien) kunne opløse de relevante bindere (karakteriseret ved deres HSP-parametre)
- det må ikke tilhøre samme kemiske familie som det stof, det skal substituere
- kogepunktet skal være over 50°C
- smeltepunktet skal være under 20°C
- flammepunkt over 21°C
- må ikke være mærket med R39, R40, R45, R46, R48, R60, R61, R62, R63, R64

Ingen af de opløsningsmidler, der er indlagt i SUBTEC, kan (teoretisk) opløse alle de her nævnte bindere. I tabel B8.3 er de (teoretisk) bedste opløsningsmidler for de nævnte binderfamilier angivet. De opløsningsmidler, der er angivet i tabel B8.3, har kunnet opløse mellem 65 og 70 af de 73 undersøgte bindere. Det fremgår af tabel B8.3, at de mest altfavnende opløsningsmidler for de nævnte bindertyper, har HSP-parametre, der ligger i området:

δ_D	ca. 17-20
δ_P	ca. 5-11
δ_H	ca. 5-11

For hver bindertype er der opstillet et katalog af alternative opløsningsmidler. Disse er ikke medtaget her, da det drejer sig om over 100 sider.

I tabel B8.4 er de solventgrupper, der teoretisk er fundet mest velegnet til at opløse de forskellige bindertyper angivet. Det fremgår af tabellen, at aromater og alkaner, generelt ikke er specielt velegnede opløsningsmidler for de undersøgte bindere. Generelt er ketoner, estre og de højere alkoholer velegnede opløsningsmidler. Fra disse grupper kan f.eks. diester og phthalater fremhæves som relativt altfavnende opløsningsmidler. Phthalater er dog af miljømæssige og sundhedsmæssige årsager ikke gode alternativer. Ketoner og estre er ligeledes gode opløsningsmidler for en række bindertyper, hvilket er i fin overensstemmelse med de praktiske observationer /10/.

Vegetabilske afvaskere

De vegetabilske afvaskere (VCA) er baseret på fornyelige ressourcer. De er endvidere som gruppe betragtet generelt mindre miljø- og sundhedsfarlige end traditionelle opløsningsmidler. De er oftest dannet udfra en forestring - oftest med lavere alkoholer - af diverse fedtsyrer. Det er fundet /42/, at et udvalg af disse afvaskere har opløselighedsparametre omkring (δ_D ca. 15; δ_P ca. 1-2,5; δ_H ca. 4-8). Disse afvaskere vil således ikke uden videre være generelt anvendelige som farvefjernere. En mulighed er dog at blande dem med andre opløsningsmidler. Som et eksempel kan nævnes, at en blanding bestående af 50% (vol) vegetabilsk afvasker og 50% (vol) butyldiglycol (δ_D : 16,0; δ_P : 7,0; δ_H : 10,6), vil resultere i en blanding, der teoretisk er et godt opløsningsmiddel for polyvinylchlorid og acrylater. Tilsvarende vil en opløsning af ca. 50% propylencarbonat - CAS nr. 108-32-7 (δ_D : 20,0; δ_P : 18,0; δ_H : 4,0) med VCA danne en blanding, der (teoretisk) kan opløse cellulosederivater, acrylater, polyurethaner og polyvinylchlorid. Det skal bemærkes, at både butyldiglycol og propylencarbonat er farlighedsscoret C-p.

B 8.1.6 Alternativer til de anvendte opløsningsmidler: Rene stoffer

For hver stofgruppe, nævnt i afsnit B 8.1, er der opstillet et katalog af alternative muligheder. Disse er ikke medtaget her, da datamængden er for omfangsrig.

I tabel B8.5 er de solventgrupper, der teoretisk er fundet mest velegnet til at erstatte stoffer tilhørende en anden solventgruppe, angivet.

Der er ikke fundet velegnede alternative opløsningsmidler til alkanerne. Imidlertid, som vist tidligere, er der ingen teknisk grund til at anvende disse. Alkanerne anvendes primært fordi de er billige og fordi visse af alkanerne er lugtfrie /10/. Visse ethere kan (teoretisk) benyttes som alternativer til aromaterne.

B 8.1.7 Alternativer til de anvendte opløsningsmidler: Solventblandinger

I visse tilfælde, kan der kun findes acceptable alternativer til et opløsningsmiddel, ved at blande forskellige opløsningsmidler. Der kan i princippet opstilles et utal af mulige opløsningsmiddelblandinger, der opfylder et specificeret krav til opløselighedsevnene.

Kravene til blandingens egenskaber har været formuleret som:

- blandingen skal have samme opløselighedsparametre, som det opløsningsmiddel, det skal erstatte
- opløsningsmidlerne er indbyrdes fuldstændigt blandbare.

UNIFAC er benyttet til at checke om de udvalgte opløsningsmidler er blandbare. På basis af de angivne intervaller for opløselighedsparametre er der søgt efter mulige alternativer.

Eksempel 1: 2-ethoxyethanol (CAS-NR: 110-80-5)

Stoffet er scoret med C 2 U og er således pga. dets potentielle sundhedsskadelige egenskaber uønsket.

Stoffets HSP-parametre: δ_D : 16,2; δ_P : 9,2; δ_H : 14,3

Der blev primært søgt efter opløsningsmidler, der sammen med en vegetabilsk afvasker resulterer i en blanding med tilsvarende opløselighedsparametre som 2-ethoxyethanol. Det var ikke muligt at finde et opløsningsmiddel, der resulterer i tilfredsstillende opløselighedsegenskaber.

Som et alternativ, blev der søgt efter opløsningsmidler, der sammen med en diesterblanding, resulterer i en blanding med tilsvarende opløselighedsparametre som 2-ethoxyethanol. En blanding bestående af ca. 45% diethyleneglycol (scoret C - p) og 55% diesterblanding (scoret C - p) har beregnede opløselighedsparametre på δ_D : 16,8; δ_P : 9,9; δ_H : 14,0. Disse vurderes at være tilstrækkeligt tæt på 2-ethoxyethanols HSP-parametre.

Eksempel 2: Glycolsyre-n-butylester (CAS-NR: 7397-62-8)

Stoffet er scoret med b - P og er således pga. dets potentielle sundhedsskadelige og miljømæssige egenskaber problematisk.

Stoffets HSP-parametre: δ_D : 16,4; δ_P : 4,6; δ_H : 14,9

De fleste C5-alkoholer har tilsvarende HSP-parametre som Glycolsyre-n-butylester. Endvidere har nogle af glycoleterne - f.eks. har 2-butoxyethanol (scoret C 2 P), isobutoxy-2-propanol, 1-propoxy-2-propanol - tilsvarende opløselighedsparametre.

Der er ikke fundet velegnede binære blandinger med hverken et VCA-produkt eller en diester, der giver tilsvarende opløselighedsparametre som glycolsyre-n-butylester. Det kan dog ikke udelukkes, at der kan findes binære blandinger - med VCA eller diester, der kan anvendes i de aktuelle tilfælde, hvor glycolsyre-n-butylesteren bliver anvendt.

Eksempel 3: Cyclohexanon (CAS-NR: 108-94-1)

Stoffet er scoret med C 2 U og er således pga. dets iboende sundhedsskadelige egenskaber uønsket.

Stoffets HSP-parametre : δ_D : 17,8; δ_P : 6,3; δ_H : 5,1

Der blev primært søgt efter opløsningsmidler, der sammen med en vegetabilsk afvasker resulterer i en blanding med tilsvarende opløselighedsparametre som cyclohexanon. En blanding bestående af ca. 40% 4-methyl-1,3 dioxolan-2-on (propylencarbonat) og ca. 60% VCA har beregnede opløselighedsparametre på δ_D : 16,7; δ_P : 7,5; δ_H : 5,4. Disse vurderes at være så tilstrækkeligt tæt på cyclohexanons HSP-parametre, at blandingen teoretisk vil kunne erstatte cyclohexanon i mange tilfælde.

B 8.1.8 Diskussion og konklusion

Alkaner og aromater benyttes stadig i et vist omfang i farvefjernere. Disse stofgrupper er imidlertid miljø- og/eller sundhedsmæssigt problematiske og er derfor ikke ønskværdige at bruge. De anvendes primært, fordi de er billige. Endvidere er nogle af alifaterne fordelagtige at bruge, da de er lugtfrie. Endelig er der en tradition for brug af aromater i serigrafibranchen.

Rent teknisk er der ikke fundet noget argument for at anvende alkanerne og aromaterne.

Der er her gennemført en analyse af, hvilke opløsningsmidler, der teoretisk er mest velegnede som farvefjernere. Det er fundet, at ketoner og estre (især diestere) teoretisk er betydelig bedre egnede farvefjernere end alkaner og aromater.

Forhold som flygtigheden af opløsningsmidlet og hvor meget binder, opløsningsmidlet kan opløse, har betydning for "drøjheden" af op-

løsningsmidlet. Flygtige opløsningsmidler samt opløsningsmidler, som binderen kun er lidt opløselig i, er derfor ikke så drøje i brug, som tungt flygtige og velegnede opløsningsmidler. Det bør dog bemærkes, at viskositeten, der er afhængig af en lang række faktorer¹, kan være af betydning for, hvornår opløsningsmidlet skiftes ud.

Muligheden for at anvende fornyelige ressourcer i form af vegetabil-ske afvaskere som alternativer til de anvendte opløsningsmidler er undersøgt. Disse skal imidlertid blandes op med andre opløsningsmidler, for teoretisk at kunne fungere som farvefjernere. Som eksempel kan nævnes, at en blanding bestående af 50% (vol) vegetabilsk afvasker og 50% (vol) propylencarbonat, vil resultere i en blanding, der teoretisk er et godt opløsningsmiddel for cellulosederivater, polyvinylklorid, acrylater og polyurethaner. Tilsvarende vil en opløsning af ca. 50% butyldiglycol med VCA danne en blanding, der (teoretisk) kan opløse polyvinylklorid og acrylater.

Der er opstillet kataloger for alternativer til de opløsningsmidler, der sædvanligvist benyttes (alkaner, aromater, estre, glycolethere, ketoner). Disse er dog så omfangsrige, at de ikke er medtaget i nærværende rapport. Ved opstilling af disse kataloger er der kun taget hensyn til opløselighedsevnen, at stofferne skal være på væskeform ved stuetemperatur, at de skal have et flammepunkt højere end 21°C og at de ikke må være mærket med R39, R40, R45, R46, R48, R60, R61, R62, R63, R64. Ethere kan måske være et alternativ til aromaterne. For estre, ketoner og glycolethere er der tilsyneladende gode substitutionsmuligheder.

Endelig er der givet et par eksempler på, hvorledes et opløsningsmiddel kan erstattes med en blanding, hvori der indgår f.eks. vegetabilsk afvasker og diesterblanding.

Der findes således alternativer til de alkaner og aromater, der i et vist omfang benyttes som farvefjernere. Disse alternativer vurderes at være teknisk og miljømæssigt/sundhedsmæssigt bedre end alkanerne og aromaterne og samtidig væsentligt drøjere i brug. Sidstnævnte forhold vil i hvertfald delvist kunne kompensere for, at alternativerne (diesterbaserede) er ca. 5 gange dyrere end de alifat/aromatbaserede typer.

¹ Viskositeten af en blanding af opløsningsmiddel og binder afhænger af en række forhold:

- type af binder
- molekylévægten af binderen, jo højere molekylévægt jo højere vil viskositeten være
- koncentrationen af binderen i blandingen. Viskositeten vokser kraftigt med voksende binderkoncentration
- hvor velegnet opløsningsmidlet er for binderen - jo bedre opløsningsmidlet er -jo højere vil viskositeten af blandingen være

Tabel B8.1
Karakterisering af stofgrupper

Stofgruppe	Oplosningsparametre (J/cm ³) ^{1/2}			Flammepunkt	Flygtighed	log K _{ow}
	δ _D	δ _P	δ _H			
Alkaner	13-16	0-1	0-1	Lavt	Høj	Høj
Aromater	15-20	0-2	1-4	Lavt	Høj	Høj
Ketoner	15-20	5-10	3-7	Lavt	Høj	Lav-Mellem
Estre	15-20	3-8	4-8	Mellem-Højt	Mellem-Høj	Mellem-Høj
Glycolethere	13-16	2-9	8-15	Højt	Lav	Lav
Etere	10-17	2-6	4-7	Lavt	Høj	Lav-Mellem
Vegetabiliske afvaskere	15	1-2,5	4-8	Højt	Lav	Høj
Diestere	17,2	6,3	9,2	Højt	Lav	Lav
Alkoholer				Højt	Lav	Lav-Mellem
Halogenerede forbindelser	12-20	2-6	2-6	Lavt-højt	Høj	Høj
Aminer	15-20	2-4	4-12	Højt	Lav	Lav-Høj
Nitriler	9-17	10-30	3-7	Lavt-højt	Lav til Høj	Lav-Mellem
Aldehyder						

Tabel B8.2

Oversigt over HSP-parametre for bindere /43/

Navn	Binderfamilie	Opløselighedsparameter (J/cm^3) ^{1/2}			Radius
		δ_D	δ_P	δ_H	
Lucite 2042	Acrylate	17,2	9,4	3,9	10,4
Lucite 2044	Acrylate	16,2	6,8	5,7	9,1
Plexigum MB313	Acrylate	18,6	10,8	4,1	11,5
Plexigum MB517	Acrylate	18,4	9,4	6,5	10,7
PMMA	Acrylate	18,2	10,3	7,7	8,4
Uracon 15	Acrylate	19,2	7,7	5,7	10,6
Paraloid P400	Acrylate	19,2	9,6	9,3	12,2
Paraloid P410	Acrylate	19,6	9,1	6,8	12,2
Paraloid P954	Acrylate	18,4	9,8	10	12,4
PBMA	Acrylate	16,5	4,1	7,6	11
PiBMA	Acrylate	19,7	5,9	7,8	10,1
PBA	Acrylate	16,5	5,1	7,1	11,7
Primal hy 44	Acrylate	23,8	8,5	17,6	15,1
Neocryl B728	Acrylate	17	7,8	2,2	6,3
Nitrocellulose	Cellulosederivat	14,5	16,7	5,6	13,6
Ethocel HE	Cellulosederivat	17,9	4,3	3,9	5,9
Celler BP-300	Cellulosederivat	16,6	12	6,7	10,2
Celidora A	Cellulosederivat	18,2	12,4	10,8	7,4
Ethocel std 20	Cellulosederivat	20,1	6,9	5,9	9,9
Araldite DY 025	Epoxy	14	7,4	9,4	13,7
Epikote 828	Epoxy	21,3	14,2	6,1	17,7
Epikote 1001	Epoxy	18,1	11,4	9	9,1
Epikote 1004	Epoxy	17,4	10,5	9	7,9
Epikote 1007	Epoxy	21	11,1	13,4	11,7
Epikote 1009	Epoxy	18,9	9,6	10,7	7,8
Phenoxy DKHH	Epoxy	23,4	7,2	14,8	14,9
Versamid 100	Epoxy	23,8	5,3	16,2	16,1
Versamid 115	Epoxy	20,3	6,6	14,1	9,6
Versamid 125	Epoxy	24,9	3,1	18,7	20,3
Versamid 140	Epoxy	26,9	2,4	18,5	24
Versamid 930	Polyamid	17	-1,9	14,6	7,4
Versamid 961	Polyamid	18,9	9,6	11,1	6,2
Versamid xx	Polyamid	20,4	0,4	14	12,9
BE 370	Polyamin	20,7	6,1	12,7	14,8
Beetle 681	Polyamin	22,2	-0,4	10,1	18,4
Cymid 300	Polyamin	19,9	8,3	10,4	14,4
Cymid 324	Polyamin	25,5	15,2	9,5	22,2

Navn	Binderfamilie	Opløselighedsparameter (J/cm ³) ^{1/2}			Radius
		δ_D	δ_P	δ_H	
Dynomin MM9	Polyamin	18,8	14	12,3	10,5
Dynomin UM 15	Polyamin	19,9	15,8	13,4	11,7
Soamin M60	Polyamin	20,7	6,1	12,7	14,8
Synresin A560	Polyamin	22,1	5	11,3	15,5
Plastopal H	Polyamin	20,3	8,1	14,6	12,4
Uformite MX--61	Polyamin	22,7	2,8	5,4	16,2
Alftalat AC 366	Polyester	18,6	10	5	5
Alftalat AC 756	Polyester	23	2,2	4,2	16,9
Alftalat AC 896	Polyester	22,9	15,2	7,6	18,1
Alftalat AC 950	Polyester	22,6	13,8	8,1	17,1
Alftalat AC 316	Polyester	20,5	9,3	9,1	12,4
Alftalat AC 576	Polyester	19,2	5,3	6,3	11,9
Alkynat F 261 HS	Polyester	23,6	1	7,6	19
Alkynat F 41	Polyester	20,6	4,6	5,5	12,6
Duraftal T 354	Polyester	17,3	4,2	7,9	9,3
Dynapol L 812	Polyester	22,6	13,1	5,8	16,8
Dynapol L 850	Polyester	20	6,2	7	9,5
Plexal C-34	Polyester	18,1	9	4,8	10,4
Soalkyd 1935-EGAX	Polyester	18	11,6	8,5	9
Vesturit BL 908	Polyester	18,8	12	6	11,5
Vesturit BL 915	Polyester	17,7	13	7,6	11,5
Polystyrene N700	Polystyrene	17,3	3,8	12,3	6,3
Desmophen 651	Polyurethan	17,7	10,6	11,6	9,5
Desmophen 800	Polyurethan	19,1	12,2	9,9	8
Desmophen 850	Polyurethan	21,1	14,6	12	16,2
Desmophen 1100	Polyurethan	16	13,1	9,2	11,4
Desmophen 1150	Polyurethan	20,6	7,8	11,6	13,1
Desmophen 1200	Polyurethan	19,4	7,4	6	9,8
Desmophen 1700	Polyurethan	17,9	9,6	5,9	8,2
Desmolac 4200	Polyurethan	18,7	9,6	9,9	8,2
Macrynol SM 510 N	Polyurethan	19,9	8,1	6	9,8
Desmodur L	Polyurethan	17,5	11,3	5,9	8,5
Desmodur N	Polyurethan	17,6	10	3,7	9,3
Surpase F-5100	Polyurethan	19,7	12,9	12,8	11,4
Polyvinylklorid	Polyvinylklorid	17,4	10,2	5,9	7,8
Polyvinylklorid	Polyvinylklorid	18,4	7,6	6,7	6,8

Tabel B8.3

Oversigt over opløsningsmidler med HSP-parametre, svarende til bindere i tabel B8.2

Stof	CAS nr.	Opløselighedsparametre (J/cm ³) ^{1/2}			Mærkning	Gruppering		
		δ_D	δ_P	δ_H		VS	LS	SS
1,1,2-TRICHLOROETHANE	79-00-5	18,0	8,5	6,8	Xn; R20/21/22 S(2)-9			
ACETANILIDE	103-84-4	18,7	7,2	6,5				
QUINOLINE	91-22-5	19,4	7,0	7,6				
ISOQUINOLINE	119-65-3	19,4	7,0	7,6				
DI-N-BUTYL SULFONE	598-04-9	17,0	8,4	8,1				
BENZOIC ACID	65-85-0	19,1	6,7	10,3	Xn; R10-20/21/22-36/37 S(2)-26-36			
1,1,3,3-TETRAMETHYLUREA	632-22-4	16,7	8,2	11,0				
2-METHYLPYRIDINE	109-06-8	20,4	8,1	7,1				
DI-N-PROPYL SULFONE	598-03-8	17,3	10,3	9,0				
2,6-DIMETHYLPYRIDINE	108-48-5	19,8	7,2	7,7				
Estisol 150, Diesterblanding	430005	17,2	6,3	9,2	Xn; R22 S(2)-24	C	-	P
3-METHYL-1-BUTANOL	123-51-3	18,8	4,9	9,2				
PHENYLTHIOL	108-98-5	19,0	5,5	6,7				
BENZALDEHYDE	100-52-7	19,4	7,4	5,3				
O-TOLUIC ACID	118-90-1	20,0	6,1	9,7				
DIMETHYL TEREPHTHALATE	120-61-6	18,3	11,4	6,6	Xn; R22-36 S(2)-26			
O-CHLOROBENZOIC ACID	118-91-2	20,3	9,1	10,0				
DICHLOROACETALDEHYDE	79-02-7	17,0	11,0	9,3				
ACETOPHENONE	98-86-2	19,6	8,6	3,7				
METHYL BENZOATE	93-58-3	17,7	7,5	5,3				
DIMETHYL PHTHALATE	131-11-3	18,6	10,8	4,9	Xi; R36/38 S(2)-41 Xn; R20/21-36 S(2)-26-28-36	C	3	P
O-CHLOROANILINE	95-51-2	20,7	7,9	9,9				
M-CHLOROANILINE	108-42-9	20,7	7,9	9,9				
N-METHYL-2-PYRROLIDONE	872-50-4	18,0	12,3	7,2				
N,N-DIMETHYLACETAMIDE	127-19-5	16,8	11,5	10,2				
2-CHLOROACETOPHENONE	532-27-4	20,0	9,6	4,9				

Stof	CAS nr.	log K _{ow}	Henry kPa m ³ /mol	S _w g/l	R-BuAc	Flammpunkt °C	p ^{sat} mmHg
1,1,2-TRICHLOROETHANE	79-00-5	2,1	0,1	4,4	2,5	32,0	17,8
ACETANILIDE	103-84-4	1,2	-	-	-		3,8E-4
QUINOLINE	91-22-5	2,0	-	6,1	5,0E-3		0,0
ISOQUINOLINE	119-65-3	2,1	-	-	-		0,0
DI-N-BUTYL SULFONE	598-04-9	1,8	-	-	-		5,2E-4
BENZOIC ACID	65-85-0	1,9	-	-	-		3,7E-3
1,1,3,3-TETRAMETHYLUREA	632-22-4	-0,1	-	Blandbar	0,1	75,0	0,6
2-METHYLPYRIDINE	109-06-8	1,1	1,0E-3	-	0,8	39,0	8,5
DI-N-PROPYL SULFONE	598-03-8	0,7	-	-	-		2,7E-3
2,6-DIMETHYLPYRIDINE	108-48-5	2,0	1,1E-3	-	0,4	33,0	3,9
Estisol 150, Diesterbland	430005			56,0	1,0E-10		
3-METHYL-1-BUTANOL	123-51-3	1,2	-	27,2	0,2	43,0	2,1
PHENYLTHIOL	108-98-5	2,5	0,0	-	0,1	73,0	1,1
BENZALDEHYDE	100-52-7	1,5	2,8E-3	3,0	0,1	64,5	0,8
O-TOLUIC ACID	118-90-1	2,3	-	-	-		2,2E-3
DIMETHYL TEREPHTHALATE	120-61-6	-	-	-	-		6,9E-3
O-CHLOROBENZOIC ACID	118-91-2	2,0	-	-	-		3,8E-4
DICHLOROACETALDEHYDE	79-02-7	1,0	-	-	5,5	60,0	42,6
ACETOPHENONE	98-86-2	1,7	1,1E-3	5,5	0,0	82,0	0,3
METHYL BENZOATE	93-58-3	2,1	1,8E-3	2,1	0,0	83,0	0,3
DIMETHYL PHTHALATE	131-11-3	2,6	-	5,0	3,4E-4		1,9E-3
O-CHLOROANILINE	95-51-2	1,9	-	-	0,0	90,5	0,2
M-CHLOROANILINE	108-42-9	1,9	-	-	5,6E-3		0,0
N-METHYL-2-PYRROLIDONE	872-50-4	-	-	Blandbar	0,0	95,5	0,2
N,N-DIMETHYLACETAMIDE	127-19-5	-0,8	-	Blandbar	0,1	63,0	1,4
2-CHLOROACETOPHENONE	532-27-4	2,2	-	-	9,7E-3	59,0	0,1

Tabel B8.4
Oversigt over bindertyper med angivelse af teoretisk egnede opløsningsmidler

Stofgruppe	Bindertype								
	Akryla-ter	Cellulosederivat	Epoxy	Polyamin	Polyester	Polyurethan	Polyvinylklorid	Polystyrene	Polyamid
Alkaner	(X)								
Aromater	X								
Ketoner	X	X			X	(X)	X		
Estre	X	X			X	X			
Glycolethere	X			X		(X)	X	X	X
Etere	(dieter)				(diether)				
Vegetabiliske afvaskere	(X)								
Diestere	X	X	X		X	X	X	X	X
Alkoholer*	X		X	X	X		X	X	X
Halogerede forbindel-ser	X	X			X		X		
Aminer	X			X					
Nitriler									
Aldehyder	X		X						

*) Kun højere alkoholer

Tabel B8.5
Oversigt over teoretisk velegnede alternative opløsningsmidler til andre solventgrupper

Stofgruppe	Opløsningsmiddel				
	Alkaner	Aromater	Ketoner	Estre	Glycolethere
Alkaner	X				
Aromater		X			
Ketoner			X	X	
Estre			X	X	
Glycolethere			X		X
Etere		X		X	
Vegetabiliske afvaskere					
Diestere					(X)
Alkoholer					X
Halogenerede forbindelser			X	(X)	
Aminer					
Nitriler			X		
Aldehyder				X	

B 8.2 Substitution af emulgatorer

I vandemulgerbare og vandfortyndbare farvefjernere samt i skyggefjernere indgår der overfladeaktive stoffer, også kaldet tensider, som anvendes, dels for at emulgere opløsningsmidlerne under afskylning med vand, dels for at emulgere farverester og bindemiddel, der sidder tilbage i vævet efter trykningen. I stencilfjernere kan indgå små mængder af tensider ($< 1\%$), mens vævsaffedtere/befugtere primært er baseret på tensider.

Emulgatorernes opgave er udover ovennævnte at fjerne ikke opløste stoffer og partikler. Ved at fjerne stoffer fra overfladen af vævet og holde dem i opløsning er emulgatorerne med til at fremme effekten af opløsningsmidlerne. På denne måde skal der anvendes mindre mængder af opløsningsmidler. Mange af de anvendte tensider er dog meget giftige i miljøet, således at uønskede effekter i forbindelse med udladningen af disse stoffer ikke kan udelukkes. Det er derfor vigtigt at overveje, hvad der er den bedste miljømæssige løsning, samtidigt med at der tages hensyn til økonomien i processen.

Tensidernes egenskaber er afhængigt af det miljø, de befinder sig i. Det vil være meget omfattende at behandle de tekniske aspekter af emulgatorerne i de meget varierende rammevaskekemikalier, og noget sådan ligger ikke inden for rammerne af nærværende projekt.

Fokus er her på tensiders farlighed over for det akvatiske miljø. Tensider giver ikke anledning til betydende emission til luften, og sundhedsmæssigt har de stort set alle fået tildelt scoren p (der er tildelt konservativt, se kapitel 3 og bilag 3), idet de er for dårligt undersøgt, til at der kan foretages en egentlig vurdering, hvor der skelnes mellem mere eller mindre sundhedsfarlige tensider.

B 8.2.1 Beskrivelse af tensider

Tensider er opbygget af en hydrofil (vand-elskende) og en hydrofob (olie-/fedt-elskende) del. Denne opbygning betyder, at tensiderne helst vil befinde sig i overfladen mellem sådanne faser med den hydrofile del i vandfasen og den hydrofobe del i en olie- eller fedtfase (svært vandopløselig fase). Egenskaben betyder, at svært vandopløselige opløsningsmidler holdes emulgeret i den vandige fase ved hjælp af tensiderne. Strukturen gør også, at tensiderne kan holde f.eks. olie og fedtholdige partikler i opløsningen, idet de danner såkaldte miceller, der omslutter de ikke polære partikler, f.eks. bindemidler i trykfarver.

En opdeling af tensiderne kan foretages efter den hydrofile del, der kan have forskellig ladning og dermed aktivitet:

- Anionaktive
- Nonionaktive
- Kationaktive

Hertil kommer amphotere tensider, som optræder enten som anionaktive (ved højt pH) eller kationaktive (ved lavt pH). Disse tensider optræder dog, så vidt vides, ikke i produkter tilhørende rammevaskekemikalier.

De anioniske tensider er negativt ladede, og gruppen er repræsenteret ved sulfater, sulfonater og carboxylater. Nonioniske tensider har ingen ladning, og i rammevaskeprodukter er de primært konstateret i form af ethoxylater. Blokpolymerer, som er sammensatte kæder af propylen- og ethylenoxid, kan evt. forekomme. De kationaktive tensider er positivt ladet og anvendes almindeligvis ikke i produkterne inden for rammevaskekemikalier.

Den hydrofobe del af tensiderne består af lineære eller forgrenede kulstofkæder med længder mellem 8 og 20 kulstofmolekyler (C_8-C_{20}). Kæderne kan indeholde aromatiske kulstofforbindelser som f.eks. i LAS (lineær alkyl benzensulfonat).

I tabel B8.6 er der listet de mest typiske tensider, hvoraf de fleste er konstateret i farvefjernere, skyggefjernere samt i vævsaffedtere/befugtere. Miljøscoren, der er tildelt de enkelte grupper af tensider på baggrund af strategien beskrevet i kapitel 3, fremgår af tabellen.

Inden for de anioniske tensider findes der flere tensider, der er biologisk let nedbrydelige (og samtidig ikke medfører risiko for uhelbredelige skadevirkninger over for mennesker) og derfor har fået tildelt miljøscoren C. Dette er tensiderne: alkylsulfater, alkylethersulfater samt carboxylaterne. Mens giftigheden over for vandlevende organismer for alkylethersulfater er høj ($EC_{50} < 1$ mg/l), er giftigheden af alkylsulfater og carboxylaterne generelt mindre /34/. Skal der vælges blandt disse tensider, som alle anses for at være miljøbelastende i mindre grad, hvis spildevandet ledes til renseanlæg med biologisk behandling, bør anvendes alkylsulfater eller carboxylater. De generelt mest anvendte tensider er lineære alkylbensensulfonater (LAS), der på trods af en hurtig bionedbrydelighed under aerobe forhold er blevet påvist i spildevandsslam fra danske renseanlæg /33/. Af hensyn til anvendelsen af slam på landbrugsjord bør anvendelsen af LAS i følge udkast til den reviderede spildevandsvejledning /25/ derfor begrænses. Ophobning af LAS i slam sker især ved anaerob behandling af slam, idet LAS ikke nedbrydes under anaerobe betingelser. Alkylsulfonater nedbrydes heller ikke under anaerobe forhold, og der kan være mistanke om at alkylsulfonaterne vil ophobes i slam ligesom LAS.

Tabel B8.6

Udvalg af tensid-typer, hvoraf flere er konstateret i rammevaskeprodukter. VS står for vandmiljøscore.

Tensider	VS
Anioniske tensider	a
Alkylsulfater	C
Alkylethersulfater	C
Alkylsulfonater	b
Alkylbenzensulfonater, lineære (LAS)	B
Alkylbenzensulfonater, forgrenede	a
Alkylphenoethoxylatsulfat	a
Sulfosuccinater	b
Carboxylater	C
Nonioniske tensider	a
Alkoholethoxylater, lineære	C
Alkylphenoethoxylater	A
Fedtsyreethoxylater	C
Kationiske tensider	A

Af de nonioniske tensider kan fremhæves alkoholethoxylater (fedtalkoholethoxylater) og fedtsyreethoxylater, som er tildelt miljøscoren C. Giftigheden af ethoxylaterne overfor akvatiske organismer er høj, og andre nonioniske tensider end de, der her er nævnt, udviser mindre giftighed. Det gælder især for de såkaldte glykosid-tensider (f.eks. alkylpolyglykosider), som har en lav akvatisk giftighed samtidigt med, at de er biologisk let nedbrydelige. Opbygningen af blokpolymerer kan variere og er afgørende for deres skæbne og effekt i miljøet, og en miljømæssig vurdering forudsætter et nærmere kendskab til den kemiske struktur. Flere blokpolymerer opfylder dog ikke betingelserne for let nedbrydelighed i standardtest /34/. Alkylphenoethoxylaterne er ikke let nedbrydelige under aerobe forhold. Nedbrydningen af alkylphenoethoxylater kan føre til dannelse af de svært nedbrydelige og mere giftige alkylphenoler. Anvendelse og udledning af alkylphenoethoxylater er derfor uønsket, selvom spildevandet ledes til renseanlæg.

De traditionelle kationiske tensider (f.eks. alkyltrimethylammoniumklorid, alkyltrimethylammoniumklorid) er ikke biologisk let nedbrydelige, og på grund af den kvaternære ammoniumstruktur er de meget giftige over for vandlevende dyr og planter. Ved anvendelsen af de traditionelle kationiske tensider er der derfor risiko for toksiske effekter i vandmiljøet. Nye let nedbrydelige kationiske tensi-

der baseret på en diester struktur er udviklet, men disse er dyrere end de traditionelle typer.

B 8.2.2 Konklusion

For de anioniske tensider anbefales det, at typer af alkylbenzensulfonater (lineære og forgrenede) erstattes med de mindre miljøbelastende alkylsulfater, carboxylater eller alkylethersulfater, hvor de to først nævnte har højeste prioritet. Det anbefales ligeledes at alkylphenolethoxylatsulfat og sulfosuccinater erstattes med de mindre miljøbelastende typer.

Alkylphenolethoxylater bør erstattes med andre nonioniske tensider f.eks. andre ethoxylater som fedtalkoholethoxylat eller fedtsyreethoxylat. Et endnu bedre alternativ er anvendelse af glykosid-baserede tensider.

De traditionelle kationiske tensider (alkyldimethylbenzylammoniumklorid, alkyltrimethylammoniumklorid) bør undgås. Det bør overvejes at anvende de nyere diesterbaserede.

Bilag 9 Leverandøroversigt

B 9.1 Producenter/leverandører af rammevaskeanlæg

Producent:

Bochonow/omnitec GmbH
Johannes Kepler Strasse 8
D-74354 Besigheim-Ottmarsheim
Telefon: 0049 7143 5775
Fax: 0049 07143 59574

Buisine S.A.
44 Rue du Lourve
F-75001 Paris
Telefon: 0033 1 42330511
Fax: 0033 1 40261009

Eickmeyer GmbH
Daimlerstr. 28-32
D-32257 Bünde
Telefon: 0049 5223 6711
Fax: 0049 05223 63936

Europea-Siebdruck-Center (ESC)
Heldmannstr. 30
D-32108 Bad Salzuflen
Telefon: 0049 5222 8090
Fax: 0049 5222 81070

Grünig AG
Ringgenmatt 14
CH-3150 Schwarzenburg
Telefon: 0041 317312626
Fax: 0041 317311965

IRAC SRL
Via Maresciallo Tito n. 12
I-42020 Montecavolo di Quattro Castella
Telefon: 0039 0522 880321
Fax: 0039 0522 880812

Klein Graphisher Gerätebau
Hammerkampstrasse 26
D-4983 Kirchlengern 3
Telefon: 0049 5223 73859
Fax: 0049 05223 75447

Muller Siebdruckmaschinen GmbH
Zaunbusch 5
D-42329 Wuppertal
Telefon: 0049 2027 320067
Fax: 0049 02027 36619

Tilhørende leverandør:

Udesens Grafiske Fagcenter A/S
Valdemar Poulsensvej 7
7100 Vejle
Telefon: 75 72 21 00
Fax: 75 82 87 10

Buisine S.A.
44 Rue du Lourve
F-75001 Paris
Telefon: 0033 1 42330511
Fax: 0033 1 40261009

Eickmeyer GmbH
Daimlerstr. 28-32
D-32257 Bünde
Telefon: 0049 5223 6711
Fax: 0049 05223 63936

Europea-Siebdruck-Center (ESC)
Heldmannstr. 30
D-32108 Bad Salzuflen
Telefon: 0049 5222 8090
Fax: 0049 5222 81070

Grünig AG
Ringgenmatt 14
CH-3150 Schwarzenburg
Telefon: 0041 317312626
Fax: 0041 317311965

IRAC SRL
Via Maresciallo Tito n. 12
I-42020 Montecavolo di Quattro Castella
Telefon: 0039 0522 880321
Fax: 0039 0522 880812

Klein Graphisher Gerätebau
Hammerkampstrasse 26
D-4983 Kirchlengern 3
Telefon: 0049 5223 73859
Fax: 0049 05223 75447

Muller Siebdruckmaschinen GmbH
Zaunbusch 5
D-42329 Wuppertal
Telefon: 0049 2027 320067
Fax: 0049 0202 736619

Producent:**Tilhørende leverandør:**

SPS Screen Printing Systems GmbH¹
Schwelmer Str. 108
D-42329 Wuppertal
Telefon: 0049 0202 26580
Fax: 0049 0202 2658185

Hjelm Graphic Aps
Hejrevang 21B
3450 Allerød
Telefon: 48 17 49 11
Fax: 42 27 31 66

Svecia Siebdrucktechnik GmbH
Mühlach 11
D-90552 Röthenbach
Telefon: 0049 0911 957890
Fax: 0049 0911 578739

Grønlund Maskinfabrik A/S
Standlodsvej 67
2300 København S
Telefon: 31 55 60 00
Fax: 31 55 61 55

Viprotech BV
A. Hofmanweg 36
NL-2031 BL Haarlem
Telefon: 0031 0235319123
Fax: 0031 0235311240

Viprotech BV
A. Hofmanweg 36
NL-2031 BL Haarlem
Telefon: 0031 0235319123
Fax: 0031 0235311240

WJM Serigrafimaskiner
Risdalsvej 2A
8260 Viby J.
Telefon: 86 11 09 78
Fax: 86 11 90 96

WJM Serigrafimaskiner
Risdalsvej 2A
8260 Viby J.
Telefon: 86 11 09 78
Fax: 86 11 90 96

B 9.2 Producenter/leverandører af rammevaskekemikalier

Producent:

Coates Screen A/S
Brydehusvej 30A
2750 Ballerup
Telefon: 44 68 64 09
Fax: 44 68 72 66

CPS KEMI²
Hejreskovvej 22
3490 Kvistgaard
Telefon: 49 13 81 10
Fax: 49 13 80 77

Franmar Chemical, Inc.
P.O. Box 97
Normal, Illinois 61761
USA
Telefon: 001 1309 452 7526
Fax: 001 1309 862 1005

Grafo-Clean
Tingstedvej 20, Reerslev
2640 Hedehusene
Telefon: 46 59 08 77
Fax: 46 59 09 77

Kiwo
In den Ziegelwiesen 6
D-69168 Wiesloch
Telefon: 0049 6222 5780
Fax: 0049 6222 578100

Marabuwerke GmbH & CO
Asperger Str. 4
D-71732 Tamm
Telefon: 0049 7141 6910
Fax: 0049 7141 691242

Tilhørende leverandør/er:

Coates Screen A/S
Brydehusvej 30A
2750 Ballerup
Telefon: 44 68 64 09
Fax: 44 68 72 66

CPS KEMI
Hejreskovvej 22
3490 Kvistgaard
Telefon: 49 13 81 10
Fax: 49 13 80 77

Grafo-Clean
Tingstedvej 20, Reerslev
2640 Hedehusene
Telefon: 46 59 08 77
Fax: 46 59 09 77

Udesens Grafiske Fagcenter A/S
Valdemar Poulsensvej 7
7100 Vejle
Telefon: 75 72 21 00
Fax: 75 82 87 10

og

Spacio
Greve Bygade 28C
2670 Greve
Telefon: 43 40 41 11
Fax: 43 40 41 12

Udesens Grafiske Fagcenter A/S
Valdemar Poulsensvej 7
7100 Vejle
Telefon: 75 72 21 00
Fax: 75 82 87 10

og

Spacio
Greve Bygade 28C
2670 Greve
Telefon: 43 40 41 11
Fax: 43 40 41 12

Producent:**Tilhørende leverandør/er:**

Remco Chemie Rentzsch GmbH
Kurpfalzring 100 a
D-69123 Heidelberg
Telefon: 0049 06221 74850
Fax: 0049 06221 775604

Udesens Grafiske Fagcenter A/S
Valdemar Poulsensvej 7
7100 Vejle
Telefon: 75 72 21 00
Fax: 75 82 87 10

Saati-Scandinavia
Bakkeskovvej 10
2665 Vallensbæk Strand
Telefon: 43 73 70 10
Fax: 43 73 70 65

Coates Screen A/S
Brydehusvej 30A
2750 Ballerup
Telefon: 44 68 64 09
Fax: 44 68 72 66

Sericol Limited
Westwood Road, Broadstairs
UK-Kent CT 10 2PA
Telefon: 0044 1843 866668
Fax: 0044 1843 872068

Levison Erik ApS
Tempovej 10-12, Postboks 223
2750 Ballerup
Telefon: 44 87 82 00
Fax: 44 97 47 60

***Cromaline Corporation**
8, Quai du Canal
F-67700 Saverne
Telefon: 0033 88712929
Fax: 0033 88710828

Juhl A/S
Sofienlystvej 21
8340 Malling
Telefon: 86 93 13 33
Fax: 86 93 15 11

***Europa-Siebdruck-Centrum (ESC)**
Borghoff & Wilk GmbH
Heldmannstr. 30
D-32108 Bad Salzuflen
Telefon: 0049 5222 8090
Fax: 0049 5222 81070

Europa-Siebdruck-Centrum (ESC)
Borghoff & Wilk GmbH
Heldmannstr. 30
D-32108 Bad Salzuflen
Telefon: 0049 5222 8090
Fax: 0049 5222 81070

***Foteco Fotec AG**
Pob. 1123
CH-8700 Küsnacht-Zürich
Telefon: 0041 9103000
Fax: 0041 9104525

Hjelm Graphic ApS
Hejrevej 21B
3450 Allerød
Telefon: 48 17 49 11
Fax: 42 27 31 66

***Farbenfabrik Pröll GmbH**
Teuchtinger Str. 29
D-91781 Weissenburg
Telefon: 0049 9141 9060
Fax: 0049 9141 90649

Hugo V. Larsen
Hejrevej 30-32
2400 København NV
Telefon: 31 19 00 65
Fax: 38 33 00 63

***REAL KEMI ApS**
Rødslet 10, Postbox 12
9430 Vadrum
Telefon: 98 27 12 33
Fax: 98 27 13 06

REAL KEMI ApS
Rødslet 10, Postbox 12
9430 Vadrum
Telefon: 98 27 12 33
Fax: 98 27 13 06

***Ruco A.M. Ramp & CO GmbH**
Lorsbacher Str. 28
D-65817 Eppstein
Telefon: 0049 6198 3040
Fax: 0049 6198 32288

Aluplast Emballage
Smutvej 11
2920 Charlottenlund
Telefon: 31 64 13 66
Fax: 31 64 52 80

Producent:

***CU Chemie Uetikon AG**
CH-8707 Uetikon
Telefon: 0041 1 922 9111
Fax: 0041 1 920 6205

***Ulano International Inc.**
Waldstrasse 39
D-22846 Norderstedt
Telefon: 0049 40 5264970
Fax:

Tilhørende leverandør/er:

Juhl A/S
Sofienlystvej 21
8340 Malling
Telefon: 86 93 13 33
Fax: 86 93 15 11

Hugo V. Larsen
Hejrevej 30-32
2400 København NV
Telefon: 31 19 00 65
Fax: 38 33 00 63

¹ Produktionen af rammevaskeanlæg er ophørt 1995.

² Ejers af Autotype

* Hovedproducent/leverandør af formkemikalier og/eller trykfarver og/eller rammevaskeanlæg. Producerer/forhandler rammevaskekemikalier i kun mindre omfang.

B 9.3 Producenter/leverandører af vandbehandlingsanlæg

Producent:

Tilhørende leverandør:

A/S Roulunds Fabriker

Hestehaven 51
DK-5260 Odense S
Telefon: 63 11 50 00
Fax: 66 11 23 80
(Ozon-behandlings anlæg)

BEKO Kondensat-Technik GmbH

D-41468 Neuss
Telefon:
Fax:
(Emulsionsspaltningssanlæg: Bekosplit)

CMB machinebouw b.v.

Intec Services BV
P.O. Box 92
1260 AB Blaricum
Grootzeil 13-14
NL-3891 KH Zeewolde
Telefon: 0031 36522 6080
Fax: 0031 36522 44 23
(filtereringsanlæg, solvent separator)

DEPEA' systèmes

TecnoLand, BP 100
F-25461 Etudes Cedex
Telefon: 0033 8132 6166
Fax: 0033 8132 6160
(Elektroflokkulering: Klose Clearox System)

Coates Screen A/S

Brydehusvej 30A
2750 Ballerup
Telefon: 44 68 64 09
Fax: 44 68 72 66

Enviro-Chemie

Eichbergstrasse 1-3
D-6100 Darmstadt
Telefon: 0049 06151 26413
Fax: 0049 06151 293238
(Emulsionsspaltningssanlæg: Split-O-Mat System)

Udesens Grafiske Fagcenter A/S

Valdemar Poulsensvej 7
7100 Vejle
Telefon: 75 72 21 00
Fax: 75 82 87 10

IWAT

Hanferstrasse 28
D-79108 Freiburg i. Br.
Telefon: 0049 0761 152 620
Fax: 0049 0761 152 6264
(Elektroflokkulering: Klose Clearox System)

Coates Screen A/S

Brydehusvej 30A
2750 Ballerup
Telefon: 44 68 64 09
Fax: 44 68 72 66

MBS

Limmatstrasse 2
Postfach 8577
CH-8957 Spreitenbach
Telefon: 0041 056 4012566
Fax: 0041 056 4014037
(Vandbehandlingsanlæg, vandfortyndbare farver)

omnitec GmbH
Ruhrstrasse 40-42
D-58332 Schwelm
Telefon: 0049 02336 2077
Fax: 0049 02336 2087
(Inddampning: omni-AquaLoop-System)

Udesens Grafiske Fagcenter A/S
Valdemar Poulsensvej 7
7100 Vejle
Telefon: 75 72 21 00
Fax: 75 82 87 10

REMCO-CHEMIE
Postfach 10 45 40
D-69035 Heidelberg
Telefon: 0049 06221 74850
Fax: 0049 06221 775604
(Gravimetri: Solvex, samt vandbehandlingssystemer)

Udesens Grafiske Fagcenter A/S
Valdemar Poulsensvej 7
7100 Vejle
Telefon: 75 72 21 00
Fax: 75 82 87 10

Simon GmbH
Im Stüble 1
D-79331 Teningen-Heimbach
Telefon: 0049 07641 91740
Fax: 0049 07641 917450
(Vandbehandlingssystemer)

Udgiver: Miljø- og Energiministeriet. Miljøstyrelsen
Strandgade 29, 1401 København K
<http://www.mst.dk>

Serietitel, nr.: Miljøprojekt, 381

Udgivelsesår: 1998

Titel:
Miljøoptimering af rammevask ved serigrafi

Undertitel:

Forfatter(e):
Larsen, Henrik Fred; Pedersen, Anne Rathmann; Birch, Henrik;
Rasmussen, Dorte; Hansen, Lisbeth Engel

Udførende institution(er):
Miljøstyrelsen. Rådet vedr. genanvendelse og mindre forurenende
teknologi (spons); VKI institut for vandmiljø; dk-TEKNIK

Resumé:
Formålet med projektet har været at beskrive og anbefale renere teknologier ved rengøring af serigrafirammer kaldet rammevask. Forbrug og emissioner af rammevaskkemikalier er kortlagt, og der er foretaget en farlighedsvurdering af kemikalierne. Forsøg har vist, at simple tiltag som f.eks. afskrabning af rammer kan reducere spildet til kloak væsentligt, og suppleres med recirkulering af skyllevand, fås endnu større reduktion. Der peges endvidere på mulige substitutioner af farlige kemikalier.

Emneord:
serigrafi, spildevand; renere teknologier; farlige stoffer; substitution

Andre oplysninger:

Md./år for redaktionens afslutning: september 1997

Sideantal: 343

Format: A4

Oplag: 300

ISBN: 87-7810-975-2

ISSN: 0105-3094

Tryk: Miljøstyrelsen

Pris (inkl. moms): 200 kr.

Kan købes hos: Miljøbutikken, tlf. 33379292 - telefax 33927690

Må citeres med kildeangivelse

Trykt på 100% genbrugspapir **Cyclus**

Miljøprojekt (Environmental Project)

- Nr. 337: Activated Sludge Biodegradability Simulation Test
- Nr. 338: Miljøvenlige komfurer og ovne
- Nr. 339: VOC-reduktion i grafisk industri
- Nr. 340: Test af glasindsamling med farveseparering
- Nr. 341: Miljøeffekter og ressourceforbrug for 3 grafiske produkter i et livscyklusperspektiv
- Nr. 342: Ozonlagsnedbrydende stoffer og visse drivhusgasser - 1995
- Nr. 343: Affaldsstruktur i 6 EU-lande
- Nr. 344: Massestrømsanalyse for kviksølv
- Nr. 345: Miljømæssig screening af emballager til malk
- Nr. 346: Modelling of Herbicide Use in Genetically Modified Herbicide Resistant Crops - 1
- Nr. 347: Miljøvurdering i byfornyelsen
- Nr. 348: Metoder til reduceret kemikalieanvendelse i skov
- Nr. 349: Survey of the Content of Heavy Metal in Packagings on the Danish Market
- Nr. 350: Industry Analysis, Concrete - Cleaner Technology in Concrete Production
- Nr. 351: Hygiejniske aspekter ved behandling og genanvendelse af organisk affald
- Nr. 352: Sundhedsmæssig vurdering af luftforurening fra vejtrafik
- Nr. 353: Mekanisk renholdelse af kulturer plantet på agerjord
- Nr. 354: Medarbejderdeltagelse ved indførelse af renere teknologi - hovedrapport
- Nr. 355: Miljøfremmede stoffer i overfladeafstrømning fra befæstede arealer
- Nr. 356: AMAP Greenland 1994-1996
- Nr. 357: Miljøfremmede stoffer i husholdningsspildevand
- Nr. 358: Fyring med biomassebaserede restprodukter
- Nr. 359: Jorddækning som alternativ til kemisk ukrudtskontrol
- Nr. 360: Nøgletal for afløbssystemer
- Nr. 361: Forekomst af antibiotikaresistente bakterier i akvatiske miljøer
- Nr. 362: Regulering af uønsket vegetation i pyntegrøntskultur ved afgræsning med får
- Nr. 363: Herbicide Resistant Crops and Impact of their Use
- Nr. 364: Establishment and Survival of Bacteria in Soil
- Nr. 365: Insekticidreduktion ved bekæmpelse af nåletræsnudebillen
- Nr. 366: Use of Waste Products in Agriculture
- Nr. 367: Emissioner fra skibe i danske farvande 1995-1996
- Nr. 368: Evaluering af informationssystemet om renere teknologi
- Nr. 369: Environmental Assessment of Textiles
- Nr. 370: Miljøregnskabet
- Nr. 371: Miljøteknisk revision i den offentlige laboratoriesektor
- Nr. 372: Genanvendelse af dagrenovation
- Nr. 373: Samfundsøkonomiske omkostninger ved reduktion af drivhusgasudslip
- Nr. 374: Genbrug af procesvand fra reaktivfarvning af bomuld
- Nr. 375: Miljørelateret leverandørstyring i tekstilindustrien
- Nr. 376: Miljøvurdering og udvikling af et reolsystem
- Nr. 377: Bly
- Nr. 378: Alternative transportløsninger i landdistrikterne : Bilagsrapport. - 2. udg.
- Nr. 379: Borgernes adfærd og holdninger på affaldsområdet
- Nr. 380: Status for lukkede borer og holdninger ved almene vandværker
- Nr. 381: Miljøoptimering af rammevask ved serigraf

Formålet med projektet har været at beskrive og anbefale renere teknologier ved rengøring af serigrafirammer kaldet rammevask. Forbrug og emissioner af rammevaskkemikalier er kortlagt, og der er foretaget en farlighedsvurdering af kemikalierne. Forsøg har vist, at simple tiltag som f.eks. afskrabning af rammer kan reducere spildet til kloak væsentligt, og suppleres med recirkulering af skyllevand, fås endnu større reduktion. Der peges endvidere på mulige substitutioner af farlige kemikalier.

ISSN 0105-3094 ISBN 87-7810-975-2

Pris (inkl. 25% moms): kr. 200,-

Kan købes i Miljøbutikken

Telefon: 33 37 92 92 Fax: 33 92 76 90 e-post milbut@si.dk

Miljø- og Energiministeriet **Miljøstyrelsen**

Strandgade 29 · 1401 København K · Telefon 32 66 01 00