

# Miljøprojekt

nr. 730 2002

## Miljøoptimering af afvaskning ved tryk med vandfortyndbar flexotrykfarve

Henrik Fred Larsen, DHI - Institut for Vand og Miljø

Christian Helweg, DHI - Institut for Vand og Miljø

Anne Rathmann Pedersen, DHI - Institut for Vand og Miljø

Martin Andersen, DHI - Institut for Vand og Miljø

Eva Wallström, EnPro ApS

Leif Hoffmann, dk-TEKNIK

# Indhold

FORORD	7
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	9
SUMMARY AND CONCLUSIONS	13
<b>1 INDLEDNING</b>	<b>17</b>
1.1 BAGGRUND	17
1.2 FORMÅL	17
1.3 LÆSEVEJLEDNING	18
1.4 ANVENDELIGHED	18
1.5 AFGRÆNSNING	19
1.6 METODE	19
<b>2 EMBALLAGEINDUSTRIEN</b>	<b>21</b>
2.1 PRODUKTIONSENHEDER	21
2.2 FLEXOGRAFISK TRYK	21
2.3 AFVASKNING AF VANDFORTYNDBARE FLEXOTRYKFARVER	22
<b>3 FARLIGHEDSVURDERINGSSTRATEGI</b>	<b>23</b>
3.1 VURDERING AF KEMISKE STOFFERS FARLIGHED I VANDMILJØ	23
3.2 VURDERING AF KEMISKE STOFFERS SUNDHEDSFARLIGHED	25
<b>4 KARAKTERISERING AF KEMIKALIER, DER INDGÅR VED AFVASKNING AF VANDFORTYNDBAR FLEXOTRYKFARVE</b>	<b>29</b>
4.1 VANDFORTYNDBARE FLEXOTRYKFARVER	29
4.1.1 <i>Bindemidler</i>	30
4.1.2 <i>Pigmenter</i>	32
4.1.3 <i>pH-regulatorer og opløsningsmidler</i>	34
4.1.4 <i>Additiver</i>	36
4.1.5 <i>Separate additiver</i>	38
4.1.6 <i>Specielle forhold for trykfarver til ikke sugende substrater</i>	39
4.2 AFVASKNINGSKEMIKALIER	39
4.3 UDVIKLINGSTENDENSER	40
4.4 FARLIGHEDSVURDERING AF INDHOLDSSTOFFER I VANDFORTYNDBARE FLEXOTRYKFARVER	41
4.4.1 <i>Farlighedsvurdering af bindemidler</i>	41
4.4.2 <i>Farlighedsvurdering af pH-regulatorer</i>	43
4.4.3 <i>Farlighedsvurdering af opløsningsmidler, herunder co-solventer</i>	43
4.4.4 <i>Farlighedsvurdering af pigmenter</i>	44
4.4.5 <i>Farlighedsvurdering af additiver</i>	46
4.5 FARLIGHEDSVURDERING AF SEPARATE ADDITIVER	51
4.6 FARLIGHEDSVURDERING AF AFVASKNINGSKEMIKALIER	51
<b>5 KARAKTERISERING AF AFVASKNING</b>	<b>53</b>
5.1 FARVEVÆRKER	53
5.2 STATUS FOR AFVASKNINGSTEKNIKKER	56
5.2.1 <i>Principbeskrivelse for vaske-/rengøringsmetoder</i>	57
5.2.2 <i>Procedurer for vask af farveværk eller dele heraf</i>	58

5.2.2.1	Afvaskning af samlede farveværker/farvefremføringssystemer	59
5.2.2.2	Vask af klicheer og klichevalser	62
5.2.2.3	Separat rensning af aniloxvalser	64
5.2.2.4	Separat vask af kammerrakler og farvebakker	69
5.2.2.5	Separat rensning af pumper og rør samt øvrige løsdele	70
5.3	EKSISTERENDE AFVASKNINGSSANLÆG	72
5.3.1	<i>Karakteristika for eksisterende afvaskningsanlæg</i>	73
5.4	EKSISTERENDE VANDBEHANDLINGSTEKNIKKER	74
5.4.1	<i>Karakterisering af spildevand fra vandbaseret flexotryk</i>	74
5.4.2	<i>Partikulært stof</i>	75
5.4.3	<i>Eksisterende vandbehandlingsteknikker</i>	75
<b>6</b>	<b>UDREDNINGSUNDERSØGELSER PÅ EMBALLAGETRYKKERIER</b>	<b>79</b>
6.1	TRYK PÅ IKKE SUGENDE SUBSTRAT	79
6.2	FUNKTIONEL ENHED	79
6.3	BETINGELSER FOR UDREDNINGSUNDERSØGELSER	80
6.4	NØGLETAL FOR VASK AF FARVEVÆRK (FARVEFREMFORINGSSYSTEM)	82
6.4.1	<i>Farverest i system før vask</i>	83
6.4.2	<i>Forbrug af vand</i>	83
6.4.3	<i>Forbrug af afvaskningsmiddel</i>	84
6.5	KARAKTERISERING AF SPILDEVAND FRA AFVASKNING	84
6.5.1	<i>Fortynding af farve</i>	85
6.5.2	<i>Vaskevandets kobberindhold</i>	85
6.5.3	<i>Vaskevandets pH</i>	85
6.5.4	<i>Tørstof (TS) og glødetab (GT) i vaskevandet</i>	85
6.5.5	<i>AOX i vaskevandet</i>	85
6.5.6	<i>COD, BOD<sub>5</sub> og COD/BOD<sub>5</sub>-forhold i vaskevand</i>	86
6.5.7	<i>Vaskevandets nitrifikationshæmning</i>	86
6.6	NØGLETAL FOR VASK AF KLICHEER	86
6.6.1	<i>Forbrug af afvaskningsmiddel</i>	86
6.6.2	<i>Forbrug af vand</i>	87
6.7	KARAKTERISERING AF SPILDEVAND FRA KLICHEVASK	87
6.7.1	<i>Fortynding af afvasker</i>	88
6.7.2	<i>Klichevaskevandets pH</i>	88
6.7.3	<i>Tørstof (TS) og glødetab (GT) i klichevaskevand</i>	88
6.7.4	<i>AOX i klichevaskevand</i>	88
6.7.5	<i>COD, BOD<sub>5</sub> og COD/BOD<sub>5</sub>-forhold i klichevaskevand</i>	88
6.7.6	<i>Vaskevandets nitrifikationshæmning</i>	88
6.7.7	<i>Tungmetalindhold i klichevaskevand</i>	89
6.8	NØGLETAL FOR VANDBEHANDLINGSANLÆG	89
6.9	KARAKTERISERING AF SAMLET SPILDEVAND FRA VANDBEHANDLINGSANLÆG	90
6.10	EGENREGISTRERING PÅ BØLGEPAP EMBALLAGETRYKKERI	91
6.10.1	<i>Nøgletal for de to trykpresser</i>	91
6.10.2	<i>Egenregistrering på vandbehandlingsanlæg</i>	93
6.10.3	<i>Massebalance for hele virksomheden</i>	94
<b>7</b>	<b>SAMLET VURDERING AF STATUS FOR AFVASKNING AF VANDFORTYNDBAR FLEXOTRYKFARVE</b>	<b>97</b>
7.1	SAMLET VURDERING AF STATUS FOR FARVEVÆRKER	97
7.2	SAMLET VURDERING AF STATUS FOR AFVASKNING AF FARVEVÆRKER	98
7.3	SAMLET VURDERING AF STATUS FOR KLICHEVASK	100
7.4	SAMLET VURDERING AF STATUS FOR VASK AF ANILOXVALSER	100

7.5	VÆSENTLIGE MILJØBELASTNINGER FRA AFVASKNING AF VANDFORTYNDBAR FLEXOTRYKFARVE	101
<b>8</b>	<b>IDEER TIL RENERE TEKNOLOGI</b>	<b>103</b>
8.1	EMNER FOR RENERE TEKNOLOGI VEDRØRENDE BEGRÆNSNING AF FARVESPILD	103
8.1.1	<i>Organisering af kørsler samt drift af farveværk</i>	103
8.1.2	<i>Minimering af farverest i farveværk før vask</i>	105
8.1.3	<i>Afvaskning af farveværk samt vandbehandling</i>	107
8.2	EMNER FOR RENERE TEKNOLOGI VED VASK AF KLICHEER	109
8.3	EMNER FOR RENERE TEKNOLOGI VED VASK AF ANILOXVALSER	110
<b>9</b>	<b>PRIORITERING AF RENERE TEKNOLOGI EMNER OG RESULTATER AF FORSØG</b>	<b>111</b>
9.1	BEGRÆNSNING AF FARVESPILD VED TØMNING VED HJÆLP AF FORLÆNGET TØMNINGSTID OG PUMPNING	112
9.2	BEGRÆNSNING AF FARVESPILD VED AFVASKNING	114
9.2.1	<i>Genanvendelse af det første boostvand ved højtryksvask som farve</i>	114
9.2.2	<i>Genanvendelse af det første skyllevand som farve ved flush</i>	122
9.2.3	<i>Betydningen af fortynding med vand for trykfarvens egenskaber</i>	126
9.2.4	<i>Samlet vurdering vedrørende genanvendelse af skyllevand som farve</i>	128
9.3	POTENTIALER FOR GENBRUG AF SKYLLEVAND OG KONCENTRAT FRA VANDBEHANDLING	129
9.3.1	<i>Reduktion af skyllevandsvolumen ved direkte genbrug</i>	129
9.3.2	<i>Modstrømsskyl</i>	129
9.3.3	<i>Modstrømsskyl kombineret med returskyl til farvespand</i>	132
9.3.4	<i>Genbrug af opkoncentreret skyllevand/koncentrat</i>	134
9.3.5	<i>Genbrug af vand via opgradering</i>	135
9.3.6	<i>Skyllevandsmængdens betydning for valg af rensningsteknologi</i>	135
9.3.7	<i>Økonomiske potentialer ved implementering af renere teknologi og forbedret spildevandsrensning</i>	136
<b>10</b>	<b>ANBEFALINGER OG UDVIKLINGSBEHOV</b>	<b>139</b>
10.1	GENERELLE ANBEFALINGER	139
10.1.1	<i>Udviklingsbehov</i>	139
10.2	ANBEFALINGER VEDRØRENDE VALG AF FARVEVÆRKER	139
10.2.1	<i>Udviklingsbehov</i>	140
10.3	ANBEFALINGER VEDRØRENDE TØMNING AF FARVEVÆRKER	140
10.4	ANBEFALINGER VEDRØRENDE AFVASKNING AF FARVEVÆRKER	141
10.4.1	<i>Udviklingsbehov</i>	142
10.5	ANBEFALINGER VEDRØRENDE KLICHE- OG ANILOXVASEVASK	142
	Bilag A: Skematisk fremstilling af afvaskningsteknikker	143
	Bilag B: Eksisterende afvaskningsanlæg	153
	Bilag C: Virksomheds- og procesdiagrammer (udredningsundersøgelser)	163
	Bilag D: Kemikalieinddeling og farlighedsscorer	197
	Bilag E: Skematisk fremstilling af renere teknologi ideer	213
	Bilag F: Rensning af spildevand	221
	Bilag G: RT-forsøg og -udregninger	229
	Bilag H: Substitution af farve- og afvaskningsmiddelkomponenter	257
	Bilag I: Leverandøroversigt	261
	Stikordsregister	267
	Litteraturliste	277



# Forord

Dette projekt er finansieret af "Rådet vedrørende genanvendelse og mindre forurenende teknologi". Det omhandler miljøoptimering af afvaskning ved tryk med vandfortyndbar flexotrykfarve inden for emballageindustrien. Dette emne er ét af de to hovedindsatsområder for renere teknologi, som er udpeget i Miljøprojekt nr. 284: "Indsatsområder for renere teknologi i den grafiske branche – spildevandsvurdering". Det andet hovedindsatsområde, der omhandler afvaskning inden for den serigrafiske branche, er behandlet i Miljøprojekt nr. 381: "Miljøoptimering af rammevask ved serigrافي".

Projektet er udført af Henrik Fred Larsen (projektleder), Christian Helweg, Anne Rathmann Pedersen og Martin Andersen, alle DHI - Institut for Vand og Miljø, samt Eva Wallström, EnPro ApS, og Leif Hoffmann, dk-TEKNIK.

Til projektet har været knyttet en styringsgruppe, der har afholdt i alt 5 styregruppemøder. Gruppen bestod af:

Rikke Traberg/Jørn L. Hansen	Miljøstyrelsen
Kate Andersen/John Niklasson	EMBALLAGEINDUSTRIEN
Jens Müller	De grafiske Fags Leverandørforening
Annette Harbo Dahl	Foreningen for Danmarks Lak- og Farveindustri
Gitte Herreborg Olsen	Direktoratet for Arbejdstilsynet
Ritta Ærø/Sven Rose	HK-Industri
Leif Hoffmann/Lisbeth E. Hansen	dk-TEKNIK
Eva Wallström	EnPro ApS
Henrik Fred Larsen	DHI - Institut for Vand og Miljø

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

Tak skal desuden rettes til de 6 trykkerier, der har indgået i udredningsundersøgelserne og aktivt bidraget med oplysninger til projektet samt til de knap 30 danske trykkerier, der har indgået i spørgeskemaundersøgelsen. Yderligere skal de omkring 30 danske og udenlandske leverandører/producenter af maskiner og kemikalier til branchen takkes for deres bidrag til projektet. En særlig tak skal rettes til Henrik Leimand, TRESU, for at have stillet pilotanlæg og faciliteter til rådighed for forsøg samt for givtige diskussioner.

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

December 2000



# Sammenfatning og konklusioner

Målet med dette projekt er at beskrive renere teknologier ved afvaskning af vandfortyndbare flexotrykfarver i emballageindustrien.

Projektet koncentrerer sig om miljøvurdering af processer og kemikalier i forhold til spildevand. Det omfatter både afvaskning i forbindelse med tryk på sugende substrater (f.eks. bølgepap) og ikke sugende substrater (f.eks. plastfilm). Branchemæssigt omfatter projektet industrier, der ved brug af vandfortyndbar flexotrykfarve producerer emballager i form af papkasser, papirposer, kuverter, kartonnage og fleksibel emballage (f.eks. plastposer).

De redskaber, der er brugt ved udredning af status for afvaskning af vandfortyndbare flexotrykfarver, omfatter: udredningsundersøgelser på 6 emballagetrykkerier, spørgeskemaundersøgelse (20 emballagetrykkerier), litteratursøgninger, deltagelse i fagmesser mm. og oplysninger fra mere end 30 personer med branchekendskab. Anvendte kemikalier, dvs. trykfarver og afvaskningsmidler, er farlighedsscreenet ved hjælp af scoringssystemer for vandmiljø og sundhed.

Ved arbejdet med renere teknologier er der bl.a. anvendt laboratorieforsøg, computersimuleringer, undersøgelser på forsøgsanlæg og på fungerende anlæg på et af de deltagende trykkerier. Herudover er der angivet umiddelbare kemikaliesubstitutionsmuligheder.

Afvaskning af vandfortyndbar flexotrykfarve foregår i dag i størst omfang på bølgepapemballagetrykkerier (ca. 15), men også kuverttrykkerier (ca. 3), "papirposetrykkerier" (ca. 2) og ét enkelt kartonnagetrykkeri samt 1-2 fleksibel emballagetrykkerier afvasker vandfortyndbar flexotrykfarve dog for sidstenævnte kun i begrænset omfang (kun lak og hvid trykfarve). Egentligt tryk med én enkelt eller flere farver på ikke sugende substrat (fleksibel emballage, plast) er stadig af tryktekniske årsager ikke særligt udbredt og kun registreret på ét enkelt trykkeri, som trykker på plastaffaldssække.

30% (svarende til ca. 75 produktionsenheder) af den samlede produktion ved emballagetryk i Danmark vurderes at foregå ved flexografisk trykteknik. Heraf trykker 20-30 produktionsenheder med vandfortyndbar flexotrykfarve.

Til at transportere trykfarven fra farvespanden og frem til trykformen (klicheen), der overfører farven til trykemnet (f.eks. bølgepap), sidder der på flexotrykpresserne nogle farveværker (farvefremføringssystemer). Disse farveværker består bl.a. af pumper, slanger og rør samt en åben farvebakke eller lukket kammerrakel, som sidder i tæt kontakt med aniloxvalsen. Aniloxvalsen sørger for, at farven overføres til klicheen. Farveværk (herunder aniloxvalse) samt kliché er de dele på flexotrykpressen, der kommer i kontakt med trykfarve og derfor kræver afvaskning. Udover spild af farve ved selve afvaskningen af farveværket forekommer der også spild af farve under drift på grund af utætheder.

Det vurderes, at der i dagens Danmark er omkring 300 farveværker med åben farvebakke (ældre system) og 150 med kammerrakler (nyere system).



Det vurderes, at der kun er installeret højtryksdyseafvaskningsanlæg på 40-50 farveværker og automatisk gennemskyl på 5-10 farveværker i branchen i dag. Hovedparten af farveværkerne afvaskes derfor manuelt.

Det vurderes endvidere, at der samlet foretages i størrelsesordenen 150.000 afvaskninger af vandfortyndbar flexotrykfarve pr. år, og at mere end 90% af disse foretages på bølgepapemballagetrykkerier.

Direkte farvespild under drift på farveværker med åben farvebakke anslås typisk at udgøre 5-10 kg trykfarve beregnet pr. afvaskning i branchen i dag. Tilsvarende vurderes direkte spild på kammerrakelsystemer at udgøre 0,2-2 kg pr. afvaskning. Direkte farvespild på mindre værker (f.eks. til poser og kuverter) er dog formodentlig lavere.

Farvespildet ved selve afvaskningen vurderes at være omkring 3-6 kg pr. afvaskning for åbne farvebakker og 2-4 kg pr. afvaskning for kammerrakelsystemer.

Samlet farvespild (direkte spild + spild ved afvaskning) i branchen i dag vurderes at udgøre omkring 8 kg farve pr. afvaskning. Dette giver et totalt spild i branchen pr. år på omkring 1.200 tons farve svarende til i størrelsesordenen 38 mill. kr.

Det årlige forbrug af vandfortyndbar flexotrykfarve vurderes til at andrage omkring 3.000 tons. Heraf udgør vandfortyndbar flexotrykfarve til tryk på ikke sugende substrat under 1%. Det samlede farvespild på 1.200 tons pr. år udgør 40% af forbruget.

Forbruget årligt af afvaskningsmiddel og vand i branchen til afvaskning af farveværker anslås at udgøre henholdsvis 20 tons og 50.000 m<sup>3</sup>.

Det vurderes, at omkring halvdelen af virksomhederne i branchen behandler deres spildevand før afledning til kloak. Hyppigst anvendte teknik er flokkulering og enkelte anvender membranfiltrering og inddampning. På den baggrund vurderes det, at i størrelsesordenen 600 tons trykfarve årligt ender i kloakken.

De vandfortyndbare flexotrykfarver indeholder komponenter, der er farlighedsvurderet til at være uønskede i kloaksystemet og visse uacceptable af sundhedsmæssige årsager. Det kan dreje sig om visse bindemidler (kolophoniumforbindelser), et enkelt opløsningsmiddel (ethylenglycolmonomethylether), organiske pigmenter, visse dispergeringshjælpemidler (alkylphenoethoxylater, visse kvaternære ammoniumforbindelser), visse tværbindere (aziridin) og befugtere samt stort set alle anvendte konserveringsmidler.

Vaskevand fra afvaskning af vandfortyndbare flexotrykfarver kan karakteriseres ved en svagt basisk pH-værdi, AOX-indhold på op til omkring 30 mg/L afhængig af pigmenttyp(e) (er) herunder tilstedeværende mængde, COD/BOD<sub>5</sub>-forhold på omkring 20-30 og svagt til moderat nitrifikationshæmning.

Stort set al klichevask vurderes at foregå ved separat (off-press), manuel afvaskning og i cirka halvdelen af tilfældene udelukkende med rent vand.

Samlet for branchen skønnes det, at der foretages i størrelsesordenen 500.000 klichevaske årligt med et forbrug af afvaskningsmiddel på ca. 15 tons. Størrelsen af den farverest, der afvaskes, er ubetydelig i forhold til farverestmængden ved afvaskning af farveværker. Forbruget af friskvand anslås til 2.500 m<sup>3</sup>, og vaskevandet behandles typisk sammen med vaskevandet fra afvaskning af farveværker.

Det typiske indhold i afvaskningsmidler anvendt i branchen er domineret af stoffer, der betragtes som forholdsvis uproblematisk, så længe de afledes til offentligt renseanlæg og ikke i meget store mængder. Der kan dog forekomme stoffer, som er uønskede i kloaksystemet eller uacceptable af sundhedsmæssige årsager. Det drejer sig bl.a. om visse kationiske detergenter og visse kompleksdannere (trinatriumnitriloacetat, og nitriloacetat).

Vaskevand fra klichevask, hvor der er anvendt en alkalisk, detergentbaseret afvasker, kan karakteriseres ved en svagt basisk pH-værdi, AOX-indhold på op til omkring 1,5 mg/L afhængig af pigmenttype(r) herunder tilstedeværende mængde, COD/BOD<sub>5</sub>-forhold på omkring 2 og moderat til uacceptabel nitrifikationshæmning (afhænger af afvaskertype).

Den dominerende teknik ved separat (off-press) vask af aniloxvalser i dag er blæsning med bagepulver. Dette foregår typisk højst et par gange om året.

Det vurderes samlet, at mængden af genereret kemikalieaffald og luftemission ved afvaskning af vandfortydbare flexotrykfarver er ubetydelig.

Det kan hermed som samlet status for afvaskning af vandfortydbare flexotrykfarver konkluderes, at den proces, der i dominerede grad er mest potentiel miljøbelastende, er afvaskning af farveværker, og belastningen stammer primært fra den farverest, der afvaskes.

Kandidater for substitution blandt komponenter i vandfortydbare flexotrykfarver er især at finde blandt bindemidler og emulgatorer. Det drejer sig bl.a. om kolophoniumbaserede bindemidler, der af miljømæssige årsager bør substitueres med miljømæssigt bedre alternativer som f.eks. polyakrylater med meget lavt monomerindhold («200 ppm). Af emulgatorer/dispergeringsmidler drejer det sig bl.a. om alkylphenolethoxylater og traditionelle, kvaternære ammoniumforbindelser, der kunne erstattes af henholdsvis lineære alkoholethoxylater og nyere, kvaternære ammoniumforbindelser med indbyggede esterforbindelser (DEEDMAC, DEEDMAMS). Andre funktionsgrupper, der indeholder trykfarvekomponenter, som af sundheds- eller miljømæssige årsager bør substitueres, omfatter bl.a. skumdæmpere, befugtere, konserveringsmidler og tværbindere. Hertil kommer pigmenter, hvoraf hovedparten savner undersøgelser, der kan afklare især miljømæssige egenskaber. Kandidater for substitution blandt komponenter i afvaskningsmidler er få. Det drejer sig kun om traditionelle, kvaternære ammoniumforbindelser samt visse kompleksbindere (NTA).

Målinger udført under dette projekt på fungerende trykpresser på et bølgepapemballagetrykkeri viser, at den første liter skyllevand fra to ikke optimerede afvaskninger, dvs. manuel afvask af åben farvebakke og højtryksdyseafvaskning af kammerrakel, kan indeholde henholdsvis ca. 25% og 40% af farveresten (farvedødvolumenet) på værket. I begge tilfælde er farveindholdet i skyllevandet 70-80%, og ender denne første liter i

farvespanden med indhold af 15 liter farve, vil det kun medføre en fortynding på omkring 1%. På optimerede højtryksdyseanlæg med meget lavt farvedødvolumen (0,6 liter) kan der ved anvendelse af korte vandboost opnås genvindingsprocenter på over 80 ved at tilføje den første liter skyllevand til farvespanden med en resulterende fortynding på kun omkring 1%. Undersøgelser af, hvilken betydning en mindre fortynding med vand har på typiske flexotrykfarvers tryktekniske egenskaber, tyder kraftigt på, at i størrelsesordenen 1-8% fortynding ikke påvirker farven afgørende. Det vurderes endvidere, at skyllevand med indhold af i hvert fald sort trykfarverest vil kunne genbruges som trykfarve ved opspædning med koncentreret farve. Dette er givetvis også gældende for andre farver.

Det vurderes samlet, at der med den eksisterende teknologi i branchen, blot ved at opsamle den første liter skyllevand og genbruge den som farve, vil kunne spares mellem 25% og 50% af farvespildet ved afvaskning. Ved opmærksomhed på undgåelse af farvespild under drift (tætte pakninger, optimale rakler, undgå overløb og længerevarende "tomgangskørsel") vurderes det, at der som minimum vil kunne opnås en tilsvarende, procentvis reduktion af det direkte farvespild. Det vurderes derfor, at der med den eksisterende teknologi ved forholdsvis simple tiltag vil kunne opnås en besparelse på minimum 25 til 50% af det nuværende totale farvespild, svarende til 300-600 tons trykfarve pr. år (10-20 mill. kr.). Ved at optimere disse tiltag vil der kunne opnås højere genvindingsprocenter. Ved indføring af nyere teknologi, dvs. optimerede dyseafvaskningssystemer med kammerrakler og farveopsamlingsbakker, vurderes det, at der vil kunne opnås farvegenvindingsprocenter på over 80% og det vel at mærke af en meget lille farverestmængde (ca. 0,6 liter). Det anslås på denne baggrund, at farvespildet kan reduceres til i størrelsesordenen 1-2% af det vurderede nuværende niveau.

Ved forholdsvis simple tiltag (opmærksomhed på undgåelse af unødigt friskvandforbrug dvs. god husholdning) vurderes det, at vandforbruget i branchen med den nuværende teknologi vil kunne reduceres med 70-80%. Indføres den nyeste, optimerede teknologi, kan der opnås en reduktion på i størrelsesordenen 95% i forhold til det skønnede nuværende niveau. Kombineres med modstrømsskyl vil der sandsynligvis kunne opnås en reduktion på over 98%.

Hvis ovennævnte tiltag til minimering af farvespild kombineres med modstrømsskyl i skylleprocesserne, og konceptet omkring opspædning af farveholdigt skyllevand med koncentreret farve kombineres med indførelse af automatisk, løbende kontrol af viskositet og pH, kan der opnås yderligere væsentlig reduktion i farvespildet. Virksomheder, der indfører optimeret vandbehandling i form af ultrafiltrering (eventuelt kombineret med efterpolering) eller inddampning, vil muligvis kunne opnå spildevandsfri drift. Falder eventuelle undersøgelser af mulighederne for genbrug af koncentrat fra ultrafiltrering heldigt ud, vil der kunne opnås næsten 100% genbrug af farveresten.

Af udviklingsbehov skal nævnes: udvikling af farveværker med meget lavt farvedødvolumen (farverestmængde), afprøvning/udvikling af koncepter omkring genbrug af skyllevand ved opspædning med koncentreret farve samt afprøvning/udvikling af konceptet omkring genbrug af koncentrat fra vandbehandling. Hvad angår anvendte kemikalier og afledning med spildevand til kloak, er især en afklaring af pigmenternes miljømæssige egenskaber væsentlig.

# Summary and conclusions

The objective of this project was to describe cleaner technologies in the process of washing off water-based flexographic inks in the packaging printing industry.

The project concentrates on environmental assessment of processes and chemicals in relation to waste water. This includes cleaning in connection with the printing on absorbing materials (e.g. corrugated cardboard) and non-absorbing materials (e.g. plastic film). As regards types of industries, the project covers those using water-based flexographic inks in the production of packaging such as cardboard boxes, paper bags, envelopes, cartons and flexible packaging (e.g. plastic bags).

The tools used in this review of the current state of the process of washing off water-based flexographic inks comprise investigations at six packaging printing companies, a questionnaire survey (twenty packaging printing companies), literature search, participation in trade fairs etc. and information from more than thirty individuals with a thorough understanding of the packaging printing industry. Chemicals used, i.e. inks and cleaning agents, were hazard screened by use of ranking systems for the aquatic environment and health.

In the cleaner technology work, i.a. laboratory tests, computer simulations, investigations at pilot plants and at a system in operation at one of the participating printing firms were used. Furthermore, immediate possibilities of substitution of chemicals are given.

In Denmark today, the process of washing off water-based flexographic inks is mainly carried out within the corrugated cardboard printing industry (approx. 15 companies) but also envelope printing firms (approx. 3), "paper bag" printing firms (approx. 2), a single cardboard printing company and 1-2 flexible packaging printing firms are washing off water-based flexographic inks. The latter, however, only on a very limited scale (only lac/coating and white ink). For technical reasons, proper printing with a single or more inks on non-absorbing material (flexible packaging, plastic) is still not particularly widespread and was only recorded at a single printing firm printing on plastic rubbish bags.

30% (corresponding to approx. 75 production units) of the total production of packaging printing in Denmark are considered to be produced by use of flexographic printing techniques. Of these, 20-30 production units print with water-based flexographic inks.

In order to transport the ink from the ink container to the plate, which transfers the ink to the printing object (e.g. corrugated cardboard), some ink units (ink feeding systems) are placed on the flexographic printing machines. These ink units consist of i.a. pumps, tubes, pipes and an open ink fountain or a closed doctor blade system placed in close contact with the anilox-roller. The anilox-roller secures the transfer of the ink to the plate. The ink unit (including anilox-roller) and the plate are the parts of the flexographic printing machine that get in contact with the ink and thus require cleaning.

Apart from the waste of ink during the actual washing of the ink unit, spillage of ink also occurs during the printing operation due to leakage.

In today's Denmark, it is estimated that there exist approx. 300 ink units with open ink fountains (earlier systems) and 150 with doctor blade systems (recent systems).

Estimates indicate that there have only been installed high pressure nozzle washing units at 40-50 ink units and automatic flow at 5-10 ink units in the printing industry today. The bulk of the ink units are thus manually washed.

Furthermore, it is estimated that a total of around 150,000 wash-offs of water-based flexographic inks are made a year and that more than 90% of these wash-offs are made within the corrugated cardboard packaging printing industry.

Within today's printing industry, direct ink spillage during operation of ink units with open ink fountains is estimated typically at 5-10 kg ink calculated per wash-off. Correspondingly, direct spillage using doctor blade systems is estimated at 0.2-2 kg per wash-off. Direct ink spillage at minor ink units (e.g. for bag and envelope printing) is in all probability less.

The ink waste from the actual wash-off is estimated at around 3-6 kg per wash-off for open ink fountain and at 2-4 kg per wash-off for doctor blade systems.

Within the flexographic printing industry today, the total ink spillage (direct spillage + waste during wash-off) is estimated at around 8 kg ink per wash-off, which amounts to a total annual ink waste in this industry of approx. 1,200 tons corresponding to around DKK 38 mill.

The annual consumption of water-based flexographic inks is estimated to amount to around 3,000 tons, of which water-based flexographic inks for printing on non-absorbing materials account for less than 1%. The total ink waste of 1,200 tons a year constitutes 40% of the consumption.

Within the flexographic printing industry, the annual consumption of cleaning agents and water for washing of ink units is estimated to constitute 20 tons and 50.000 m<sup>3</sup>, respectively.

Estimates indicate that around half the printing firms are treating their waste water prior to discharge to sewer. The most frequently applied technique is flocculation and a few companies use membrane filtering and evaporation. On this basis, it is estimated that around 600 tons of ink is annually ending up in the sewerage systems.

The water-based flexographic inks contain components that, based on hazard screening, are assessed to be undesirable in the sewerage system or unacceptable for health reasons. These components might be certain binders (rosin compounds), a single solvent (ethylene glycol monomethyl ether), organic pigments, certain dispersing agents (alkyl phenol ethoxylates, certain quaternary ammonium compounds), certain cross-linking agents (aziridine), moisteners and almost all applied preservatives.

Wash water from washing off water-based flexographic inks may be characterised by a weakly basic pH value, an AOX content of up to around 30 mg/L dependent on type(s) and actual amount of pigment, COD/BOD<sub>5</sub> ratio of around 20-30 and weak to moderate inhibition of nitrification.

Practically all washing of plates is reckoned to be performed by separate (off-press) manual washing and in approx. half the cases using water only. An overall estimate for the packaging printing industry indicates that around 500,000 plate washes are made annually with a consumption of approx. 15 tons of cleaning agents. The volume of the ink residues that are washed off is insignificant compared to the volume of ink residues from washing of ink units. The consumption of fresh water is estimated at 2,500 m<sup>3</sup> and the wash water is typically treated together with the wash water from the washing of ink units.

The typical content in cleaning agents used in this industry is predominated by substances considered relatively unproblematic if they are discharged to public wastewater treatment plants in not too large volumes. However, substances may occur that are undesired in the sewage system or unacceptable for health reasons. I.a. they are some cationic detergents and some complexing agents (trisodium nitrilo acetate and nitrilo acetate).

Wash water from plate washing, in which an alkaline detergent-based cleaning agent has been used, may be characterised by a weakly basic pH value, an AOX content of up to around 1.5 mg/L dependent on type(s) and actual amount of pigment, COD/BOD<sub>5</sub> ratio of around 2 and moderate to unacceptable inhibition of nitrification (dependent on type of cleaning agent).

Today, the predominant technique used in separate (off-press) wash of anilox-rollers is blasting with baking powder. This will typically take place twice a year at the most.

An overall estimate indicates that the volume of chemical waste and air emission generated during wash-off of water-based flexographic inks is insignificant.

As an overall assessment of the wash-off of water-based flexographic inks, it can thus be concluded that the process, which is predominantly the most potential hazard to the environment, is the washing of ink units and that the impact primarily originates from the ink residues washed off.

Candidates for substitution among components in water-based flexographic inks are especially found among binders and emulsifiers. I.a. they are rosin-based binders, which, for environmental reasons, should be replaced by environmentally less harmful alternatives as e.g. polyacrylates with a very low monomer content («200 ppm). Among emulsifiers/dispersing agents are i.a. alkyl phenol ethoxylates and traditional quaternary ammonium compounds, which should be replaced by linear alcohol ethoxylates and more recent quaternary ammonium compounds containing ester compounds (DEEDMAC, DEEDMAMS), respectively. Other functional groups containing ink components, which, for health or environmental reasons, should be substituted, comprise i.a. antifoaming agents, moisteners, preservatives and cross-linking agents. To these may be added pigments, of which the majority is lacking studies to clarify especially their environmental properties. There are few candidates for substitution among the components in the cleaning agents. They are only the traditional quaternary ammonium compounds and certain complexing agents (NTA).

Measurements made during this project on working printing machines at a corrugated cardboard packaging printing firm show that the first litre of rinsing water from two not optimised washing processes, i.e. manual washing of open ink fountain and high pressure nozzle washing of doctor blade system, may contain approx. 25% and 40%, respectively, of the ink residues

(the ink dead volume) in the ink unit. In both cases, the ink content of the rinsing water was 70-80%. If this first litre of rinsing water ends up in the ink container with a content of 15 litres of ink, it will only result in a dilution of approx. 1%. At optimised high pressure nozzle units with very low ink dead volumes (0.6 litres), the use of short water boosts may result in recovery percentages above 80 by adding the first litre of rinsing water to the ink container with a resultant dilution of only around 1%. Investigations of the impact of minor dilutions with water on the printing properties of typical flexographic inks strongly indicate that dilution in the order of 1-8% does not decisively influence the ink. Furthermore, it is assessed that rinsing water with a content of ink residues (in any case black) will be recyclable as ink with an addition of concentrated ink. Presumably, this should also apply to other colours.

With the existing technology within this printing industry, an overall estimate is that simply by catching the first litre of rinsing water and recycling it as ink, 25-50% of the ink waste from wash-offs may be avoided. By paying attention to the avoidance of ink spillage during operation (leak-tight gaskets, optimal doctor blade systems, avoiding overflow and long-term idle running), it is considered possible to achieve a reduction of the direct ink spillage of at least an equivalent percentage. It is thus assumed that with the existing technology by relatively simple measures, savings of at least 25-50% of the present total ink waste may be achieved, corresponding to 300-600 tons of ink annually (DKK 10-20 mill.). By optimising these initiatives, even higher recovery percentages may be achieved. By introducing more recent technology, i.e. optimised nozzle washing systems with doctor blade systems and ink drip trays, it is estimated that ink recovery percentages of more than 80% might be achieved and notably from a very small ink residual volume (approx. 0.6 litres). On this basis, it is estimated that the ink waste may be reduced to around 1-2% of the estimated current level.

By relatively simple measures (attention to avoidance of unnecessary consumption of fresh water, i.e. "good housekeeping"), it is estimated that, with the existing technology, the water consumption of the packaging printing industry could be reduced by 70-80%. If the newest optimised technology is implemented, a reduction in the order of 95% compared to the estimated current level may be achieved. If these measures are combined with reverse flow flushing, a reduction of more than 98% may be achievable.

If the above measures regarding the minimising of ink waste are combined with reverse flow flushing in the rinsing processes, and the concept regarding addition of concentrated ink to ink-containing rinsing water is combined with the introduction of automatic continuous control of viscosity and pH, an additional considerable reduction of the ink waste may be achieved. Printing companies introducing optimised water treatment such as ultrafiltration (possibly combined with after-polishing) or evaporation may achieve wastewater-free operation. If potential investigations of the possibilities of recycling of concentrate from ultrafiltration turn out well, almost 100% recycling of the ink residues should be achievable.

Some development is required, e.g.: Development of ink units with very small ink dead volumes (quantity of ink residues), testing/development of concepts regarding recycling of rinsing water with addition of concentrated ink and testing/development of the concept regarding recycling of concentrate from water treatment. As for applied chemicals and discharge of waste water to sewer, especially a clarification of the environmental properties of the pigments is essential.

# 1 Indledning

Dette projekt omhandler en undersøgelse af miljø- og sundhedsmæssige aspekter med hovedvægt på spildevandsproblematikker ved afvaskning af vandfortyndbare flexotrykfarver inden for emballageindustrien. 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

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 med hensyn til 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 med hensyn til 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.

Afvaskning af vandfortyndbare flexotrykfarver blev udpeget i kortlægningsprojektet som et af de to højest prioriterede indsatsområder. Dette skyldes, at de nuværende anvendte/kendte teknikker til afvaskning af trykpressen genererer store mængder spildevand, hvor der indgår og emitteres miljøfarlige kemikalier (primært trykfarver). I kortlægningsprojektet /1/ blev det desuden vurderet, at udviklingen inden for området, som konsekvens af forventet stigende anvendelse af vandfortyndbare flexotrykfarver på bekostning af de opløsningsmiddelbaserede, vil kunne skabe potentiale for en stigning i emitterede kemikaliemængder.

## 1.2 Formål

Det er formålet med projektet at afklare mulighederne for renere teknologiløsninger med henblik på miljøoptimering af afvaskning af trykpresser (herunder flexoklicheer mm.) efter anvendelse af vandfortyndbare flexotrykfarver. Ved miljøoptimering 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 forhold, energi og luftemission medtages i begrænset omfang for at sikre, at renere teknologitiltag ikke medfører forværringer på disse områder. Formålet er søgt indfriet ved at

- beskrive status for anvendte kemikalier, afvaskningssystemer og teknikker
- beskrive de styrende parametre (f.eks. driftsparametre) for miljøbelastning
- designe tekniske løsninger og angive umiddelbare substitutionsmuligheder
- afprøve løsningsmuligheder i "pilotanlæg" under kontrollerede betingelser



Det er målet, at det samlede arbejde skal kunne anvendes af trykkerier, producenter/leverandører og tilsynsmyndigheder m.fl. ved arbejde med mindst forurenende teknologi på området omkring anvendelse af vandfortyndbare trykfarver i emballageindustrien og den grafiske branche generelt.

### 1.3 Læsevejledning

I kapitel 2 findes en kort beskrivelse af produktionsenheder inden for emballagetryk med vandfortyndbare flexotrykfarver samt de anvendte processer. De i projektet anvendte farlighedsscoringsystemer findes beskrevet i kapitel 3. Resultaterne af farlighedsvurderingerne fremgår af kapitel 4 og bilag D, hvor typisk sammensætning af trykfarver og afvaskningskemikalier desuden er beskrevet. Kapitel 5 beskriver de eksisterende teknikker til afvaskning af vandfortyndbare flexotrykfarver - der ligeledes er beskrevet i bilag A og B - samt eksisterende vandbehandlingsteknikker, der er yderligere behandlet i bilag F. Udredningsundersøgelserne udført på emballagetrykkerier med henblik på at opstille nøgletal mm. er beskrevet i kapitel 6 og bilag C. I kapitel 7 er resultaterne af farlighedsvurderinger 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 E. De udførte "renere teknologiforsøg" samt overvejelser vedrørende umiddelbare substitutionsmuligheder og muligheder for genbrug af skyllevand mm. er beskrevet i kapitel 9 samt i bilag G og H. De samlede anbefalinger for miljøoptimering ved afvaskning af vandfortyndbare flexotrykfarver fremgår af kapitel 10. I bilag I findes en oversigt over producenter/leverandører af afvaskningssystemer, trykfarver, afvaskningskemikalier og vandbehandlingsanlæg.

### 1.4 Anvendelighed

Emballagetrykkerier, der trykker med vandfortyndbare flexotrykfarver, vil især kunne drage nytte af de beskrevne anbefalinger i kapitel 10. Beskrivelserne af ideer til renere teknologier i kapitel 8 og bilag E samt forsøgene beskrevet i kapitel 9 og bilag G vil være relevant for producenter/leverandører af afvaskningsanlæg. Producenter/leverandører af vandfortyndbare flexotrykfarver og afvaskningskemikalier vil især kunne drage nytte af kapitel 4 og 9 samt bilag D og H. 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 (status og "state-of-the-art" på området). 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.

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. Da der er tale om anvendelse af vandige systemer og primært ikke-flygtige opløsningsmidler i meget begrænset omfang, vurderes luftemissionen at være ubetydelig. Hvad angår arbejdsmiljø, vil farlighedsvurderingerne af kemikalier med hensyn til sundhed kombineret med de opstillede massebalancer, procesbeskrivelser mm. have stor værdi.

De enkeltstoffer (f.eks. ethanolamin og butyldiglycol), der er farlighedsvurderet, er konstateret i et eller flere trykfarve- eller afvaskningsmiddelprodukter. Det skal dog bemærkes, at f.eks. mediet, hvori stoffet forekommer, samt anvendelsen kan have stor betydning for mulig eksponering i arbejdsmiljøet. Et stof, der f.eks. er uacceptabelt 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.

Farlighedsvurderingen af stofgrupper (f.eks. nonioniske tensider og acrylater) 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.

## 1.5 Afgrænsning

Dette projektarbejde har koncentreret sig om afvaskning af vandfortyndbare flexotrykfarver i emballageindustrien. Projektet omfatter både vandfortyndbare flexotrykfarver til tryk på sugende substrat (f.eks. bølgepap) og ikke sugende substrat (f.eks. plastfilm) og vask af farveværker, klicheer og aniloxvalser er omfattet, se endvidere kapitel 2. Miljø- og sundhedsvurderingerne af trykfarvekomponenter og afvaskningsmidler samt vurderinger af spildevand og afvaskningssystemer vurderes at være relevante for andre delbrancher i den grafiske branche (f.eks. serigraf), hvor der anvendes og afvaskes vandfortyndbare trykfarver.

## 1.6 Metode

For at kunne beskrive eksisterende teknikker til afvaskning af vandfortyndbare flexotrykfarver og renere teknologier på området samt opstille massebalancer og nøgletal, er der anvendt en kombination af udredningsforsøg og besøg på 6 udvalgte, "repræsentative" emballagestrykervirksomheder samt litteratursøgninger. Dette er sammenholdt med en spørgeskemaundersøgelse i branchen omfattende 20 emballagestrykkerier, der trykker med vandfortyndbare flexotrykfarver, og oplysninger fra mere end 30 leverandører/producenter/videncentre/branchefolk.

Oplysninger om indgående stoffer i trykfarver og afvaskningskemikalier stammer primært fra ca. 70 indsamlede datablade samt oplysninger (herunder fortrolige) fra branchefolk og producenter af råvarer, der indgår i de enkelte produkter.

Enkeltstoffer og stofgrupper, der indgår i produkttyperne, er farlighedsvurderet med hensyn til afledning med spildevand (ABC-systemet i henhold til Spildevandsvejledningen /95, 21/) og sundhed (UPH-systemet i henhold til /24/).

Ved målinger og registreringer af ressourceforbrug (kemikalier, vand) og spild/emissioner ved forskellige afvaskningsteknikker på emballagestrykkerier er der opstillet forbrugs- og emissionsnøgletal. Ved kemiske, fysiske og biologiske analyser er spildevand fra processerne karakteriseret.

Farlighedsvurderingerne af de anvendte kemikalier er sammenholdt med de opstillede nøgletal samt spildevandskarakteriseringerne, og samlet status for afvaskning af vandfortyndbare flexotrykfarver er vurderet. Områder med størst miljøbelastning er på denne baggrund udvalgt til nærmere undersøgelser af muligheder for renere teknologier.

Ved arbejde med renere teknologier er der bl.a. anvendt laboratorieforsøg, forsøg på pilotanlæg og simuleringer på baggrund af målte værdier.

## 2 Emballageindustrien

Emballagetryk omfatter, som betegnelsen angiver, tryk på emballage. Det drejer sig primært om emballage af bølgepap, karton, papir og plastfolie, såsom papkasser, mælkekartoner, papirsposer, konvolutter og plastemballage til f.eks. slik. Hovedparten af de trykkerier, der trykker på bølgepap/karton/papir, er branchemæssigt organiseret i EMBALLAGEINDUSTRIEN, mens trykkerier, der trykker på plastfilm/folie, desuden kan være organiseret i Plastindustrien. Endvidere kan etiketrykkerier være organiseret i EMBALLAGEINDUSTRIEN.

De dominerende trykteknikker er offset og flexotryk, men bogtryk, serigrafi og i meget lille omfang dybtryk anvendes også. De trykfarver, der anvendes, omfatter først og fremmest offsetfarver og flexotrykfarver, men også bogtrykfarver, serigrafifarver og UV-farver. Anvendelsen af vandfortyndbare trykfarver er især udbredt ved tryk på bølgepap, hvor der anvendes vandfortyndbare flexotrykfarver. Nedenstående er produktionsenheder og processer kort behandlet.

### 2.1 Produktionsenheder

Flexografisk tryk anslås i Miljøprojekt nr. 481 /2/ at dække omkring 30% af den samlede produktion (dvs. økonomisk omsætning) ved emballagetryk i Danmark. Produktionen udføres ifølge samme reference /2/ af omkring 76 trykkerier. Det drejer sig især om bølgepapindustrier, "fleksibel emballage trykkerier" (f.eks. tryk på plastfilm), kartonagestrykkerier, konvoluttrykkerier, "papirsposetrykkerier" og etiketrykkerier. Alle disse trykkerier, på nær sidstnævnte, er domineret af større virksomheder (produktionsenheder) med mere end 100 ansatte /1/.

Dette projekt dækker tryk med vandfortyndbar flexotrykfarve på alle de nævnte typer af trykkerier bortset fra etiketrykkerier, hvor der primært trykkes med UV-farver, bogtrykfarver og offset. Den meget lidt anvendte dybtrykteknik (f.eks. ved tryk på fleksibel emballage) er heller ikke omfattet, men der anvendes farver svarende til de her behandlede, dvs. vandfortyndbare flexotrykfarver. For yderligere beskrivelse af branchestrukturen henvises til Miljøprojekt nr. 481 /2/ og Miljøprojekt nr. 284 /1/.

Spørgeskemaundersøgelsen udført under dette projekt viser, at der i Danmark i dag (år 2000) er minimum 22 trykkerier (sandsynligvis 20-30), der trykker med vandfortyndbar flexotrykfarve. Af disse udgør bølgepapemballagestrykkerier ca. 15, konvoluttrykkerier ca. 3, papirsposetrykkerier ca. 2, kartonagestrykkerier ca. 1 og trykkerier, der trykker på fleksibel emballage, 1-2.

### 2.2 Flexografisk tryk

Flexotryk er en højtryks- og rotationsteknik, hvor trykfarve på trykformens (dvs. klicheens) ophøjede partier overføres til trykemnet (f.eks. bølgepap). Processen foregår typisk ved, at en såkaldt aniloxvalse (dvs. en rastervalse med fordybninger kaldet kopper) henter trykfarven fra en påmonteret

farvebakke eller lukket kammerrakel og overfører denne til flexoklicheen, der typisk er af kunststof (fotopolymer) og monteret på klichevalsen. Motivet overføres til trykemnet, når klicheen presses mod dette, se figur 5.1 i kapitel 5. Selve trykmaskinen (trykpresse) består typisk af flere trykværker/farveværker (f.eks. 2-farvetryk- eller 8-farvetrykpresse) opbygget med forskellig konstruktion (Stokpressen, Satellitpressen, in-line-trykværker). For yderligere beskrivelse af flexotrykpresser henvises til Miljøprojekt nr. 481 /2/ og Miljøprojekt nr. 284 /1/.

De dele af trykpresse, der har været i kontakt med trykfarven, skal typisk ved farveskift og fyraften rengøres for at sikre, at den næste trykopgave kan udføres kvalitetsmæssigt forsvarligt. Det drejer sig typisk om at skylle systemet rent for den farverest, der står tilbage i farvefremføringssystemet/farveværket (kammerrakel, slanger, pumper mm.), når trykkeren har tømt hovedparten af med henblik på genbrug. Hertil kommer separat rengøring af klicheen og periodevis separat rengøring af aniloxvalsen.

### 2.3 Afvaskning af vandfortyndbare flexotrykfarver

Den daglige afvaskning af flexotrykpressen foregår typisk ved, at farveværket skylles igennem med vand eller vand indeholdende et alkalisk afvaskningsmiddel. Afhængig af automatiseringsgraden anvendes tillige at gå pressen igennem manuelt for "helligdage" med børste, spand og vandslange. Vask af klicheer foregår typisk separat og næsten udelukkende manuelt f.eks. ved først at påføre afvaskningsmiddel med børste og derefter spule med vandslange eller udelukkende ved brug af rent vand. Aniloxvalser rengøres separat periodevis (f.eks. hvert halve år), og her er den dominerende teknik at blæse overfladen ren med bagepulver.

## 3 Farlighedsvurderingsstrategi

Enkeltstoffer og stofgrupper i kemikalier, der indgår ved afvaksning af vandfortyndbare flexotrykfarver, er vurderet på basis af en farlighedsvurderingsstrategi, der omfatter vandmiljø og sundhed. 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 vurdering af enkeltstoffer og stofgrupper inden for henholdsvis vandmiljø og sundhed/arbejdsmiljø.

### 3.1 Vurdering af kemiske stoffers farlighed i vandmiljø

Ved vurderingen af kemikaliers miljøfarlighed er det antaget, at spildevandet fra de flexografiske 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" /21/, hvor primært organiske stoffer inddeles i 3 farlighedskategorier (A, B og C) baseret på deres eventuelle, uhelbredelige skadevirkning på mennesker, deres bionedbrydelighed, bioakkumulerbarhed og akutte effekter i vandmiljøer. 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 skal mærkes med en eller flere af risikosætningerne:

R39, R40, R45, R46, R48, R60, R61, R62, R63 og R64

samt

- Stoffer, der ikke er let nedbrydelige i OECDs screeningstest /22/ 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

For stoffer, der betegnes som let nedbrydelige, kræves det, at OECDs kriterier for "let nedbrydelighed" i aerobe nedbrydelighedstest er opfyldt (OECD 301A-F) /22/.

$EC_{50}$  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 Miljøstyrelsens kriterier for miljøfareklassifikation /23/ betegnes stoffer med  $EC_{50} \leq 1$  mg/L som meget giftige over for vandlevende organismer.

Ved et stofs bioakkumulerbarhed forstås stoffets evne til at ophobes i en organisme i forhold til det omgivende miljø. Et stof anses for at være potentielt bioakkumulerbart, når  $\log P_{ow} \geq 3$ , med mindre der foreligger en forsøgsmæssigt bestemt biokoncentrationsfaktor (BCF), der er mindre end eller lig med 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 påvist ikke at være nedbrydelige under anaerobe forhold (mulighed for ophobning i slam eller i akvatiske sedimenter) og desuden er kendetegnet ved et eller begge af følgende kriterier:

$$EC_{50} \leq 10 \text{ mg/L}$$

$$\text{Potentielt bioakkumulerbare } (\log P_{ow} \geq 3)$$

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

Fastsættelse af vejledende grænseværdier for tilledning til kommunale renseanlæg sker ud fra miljøkvalitetskriterier for stofferne (nul-effekt koncentrationer), deres fjernelse i renseanlæg, fortynding ved udledning til vandområder samt jordkvalitetskriterier med hensyn til 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  $EC_{50} > 100$  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. Under normale forhold vil dette ikke give anledning til uønskede effekter, idet disse stoffer er biologisk let nedbrydelige, men under forhold, hvor der ikke sker optimal fjernelse af stofferne i renseanlægget, kan udledningen være årsag til toksiske effekter i recipienten. Emission af C-stoffer til renseanlæg begrænses bl.a. ud fra stoffernes fysisk/kemiske påvirkning af kloakledninger, pumpestationer mm. 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 nitrifikationsprocessen i danske anlæg almindeligvis er kombineret med "nedbrydningstrinnet" i starten af renseanlægget og således kan nitrifikationsprocessen hæmmes, inden stoffet er fuldstændigt nedbrudt.

Det skal bemærkes, at ifølge nyeste forslag til revidering af "Spildevandsvejledningen" (udarbejdet af DHI - Institut for Vand og Miljø, 29/6-2000) vil potentielt bioakkumulerbare, ikke let nedbrydelige stoffer, der samtidig ikke er meget giftige, blive scoret B. Det er her valgt ikke at tage hensyn til denne mulige ændring, som i givet fald kun vil give ganske få ændringer for de her vurderede stoffer.

I nærværende projekt er stoffer, hvis dokumentationsgrundlag er tilstrækkeligt til en entydig vurdering, tildelt scoren 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, og såfremt et sådan ikke har været muligt, er stoffet/stofgruppen tildelt et spørgsmålstegn. Ved vurdering af stofgrupper tages der udgangspunkt i de stoffer, der repræsenterer stofgruppen. Hvis det entydigt gælder, at gruppen består af stoffer vurderet til scoren A (f.eks. gruppen af alkylphenoethoxylater), 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 alkylphenoethoxylater (scoret som A), og dels fordi der i gruppen af nonioniske tensider forekommer let bionedbrydelige tensider som f.eks. fedtalkoholethoxylater (scoret som C). Vurderingerne er således konservative, hvilket betyder, at vurdering af stofgrupper er foretaget ud fra mulig forekomst af det mest miljøfarlige stof, der tilhører den pågældende gruppe.

### 3.2 Vurdering af kemiske stoffers sundhedsfarlighed

Vurderingen af enkeltstoffers/stofgrupperes sundhedsfarlighed er foretaget ved hjælp af et scoringssystem udviklet i et samarbejdsprojekt mellem DTC, dk-TEKNIK, DHI - Institut for Vand og Miljø og Teknologisk Institut /24/ finansieret af Erhvervsfremme Styrelsen. Det anvendte scoringssystem kaldes UPH-systemet efter inddelingen af stoffer i grupperne Uacceptable, Problematisk og Håndterbare.



Inddelingen tager udgangspunkt i, at enhver anvendelse af kemiske stoffer kan udgøre en risiko. Nogle kemiske stoffer er dog relativt ufarlige, hvorfor de under normale produktionsforhold vil kunne håndteres uden risiko for sundhed. Andre stoffer er mere farlige og vil kræve særlige forholdsregler ved anvendelse; disse betragtes derfor som problematiske. Endelig er der en gruppe af meget farlige, kemiske stoffer, som på grund af deres farlighed er uacceptable i arbejdsmiljøet.

Kriterierne for inddeling af stofferne i de tre grupper tager udgangspunkt i de otte forskellige effekttyper, som man normalt arbejder med inden for humantoksikologien:

- akut toksicitet
- ætsende/irriterende virkning
- allergi/sensibilisering
- organotoksicitet
- genotoksicitet
- kræftfremkaldende effekt
- reproduktionsskadende effekt
- nerveskadende effekt

Inden for hver af disse effekttyper er der foretaget en inddeling i fire kategorier. Kriterierne for inddeling i kategorierne fremgår af tabel 3.1. Som det ses, er der tale om en graduering med hensyn til såvel styrke som evidens for den pågældende effekt. Tabellen indeholder ligeledes oversigter over de sundhedseffekter samt de klassificeringer /23/, der kendetegner de forskellige effekttyper og kategorier.

Inden for hver effekttype er kategori 1 udtryk for den alvorligste situation. Denne opdeling vægter ikke de forskellige effekttyper mod hinanden, dvs. inddelingen i de fire kategorier betyder ikke, at alvorligheden af forskellige effekter inden for samme kategori kan sammenlignes.

Den samlede vurdering af stoffers sundhedsfarlighed tager udgangspunkt i, at de stoffer, der har alvorlige langtidseffekter (kræftfremkaldende, reproduktionsskadende, nerveskadende effekter), er særligt problematiske. Herved følges Arbejdstilsynets indsats over for KRAN-stofferne (kræftfremkaldende, reproduktionsskadende, allergene eller nerveskadende stoffer), idet det dog ikke er valgt at betragte de allergene stoffer som hørende til i samme klasse som de tre øvrige.

Konsekvensen af at udpege disse tre effekttyper som særligt alvorlige er, at kategori 1 og kategori 2 betragtes som lige alvorlige. Tilsvarende betragtes ætsende/irriterende virkninger som en effekttype, det generelt er mulig at beskytte sig imod, hvorfor effekterne betragtes som mindre alvorlige. Herudfra fås følgende kriterier for inddeling i de tre overordnede grupper (uacceptable, problematiske og håndterbare stoffer):

Uacceptable: 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 eller  
kategori 1 eller 2 for ætsende/irriterende effekter eller

én effekt i kategori 2 for øvrige effekter

Håndterbare: alle KRN-effekter i kategori 4 og  
alle øvrige effekter i kategori 3 eller 4

Se tabel 3.1 for en oversigt over kriterier for scoring af kemiske stoffer med hensyn til sundhedsfarlighed inden for forskellige effekttyper.

UPH-systemet opererer desuden med en kategori 0 (ikke vist i tabel 3.1), som kan anvendes i tilfælde, hvor der ikke er tilgængelige data for de pågældende effekttyper, eller hvor de tilgængelige data ikke er anvendelige i forhold til de opstillede kriterier. Stoffer med østrogenlignende effekter er således ikke dækket af de opstillede kriterier. I tilfælde af manglende data kan det være relevant at forsøge at indplacere stofferne i de øvrige fire kategorier på baggrund af analogislutninger ud fra kendskab til stoffernes kemiske struktur. Det er her valgt for effekttyper, hvor der ikke er fundet tilstrækkelige data til at kunne tildele en kategori (dvs. 1, 2, 3 eller 4), at tildele et spørgsmålstegn (?).

I nærværende projekt er det desuden valgt, at stoffer, som det ikke har været muligt at finde tilstrækkelige data for, tildeles et lille bogstav (u, p eller h) på grundlag af det foreliggende datagrundlag for at indikere, at dokumentationsgrundlaget er utilstrækkeligt til en egentlig scoring. I de tilfælde, hvor der ikke er tilstrækkelige data om KRN-effekter, er der af forsigtighedsgrunde tildelt et "p" (hvis ikke andet taler meget kraftigt imod), selv om de tilgængelige data ville føre til vurderingen "h".

Tabel 3.1  
Kriterier for scoring af kemiske stoffer med hensyn til  
sundhedsfarlighed inden for forskelle i effekttyper /24/

Effekttype	Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3	Kategori 4
Akut toksicitet <i>LD<sub>50</sub> oral, rotte, mg/kg</i> <i>LD<sub>50</sub> hud, rotte/-kanin, mg/kg</i> <i>LC<sub>50</sub> indånding, rotte, mg/L/4h</i>	Tx "Meget giftig", R28: Meget giftig ved indtagelse. LD <sub>50</sub> ≤ 25 Tx "Meget giftig", R27: Meget giftig ved hudkontakt. LD <sub>50</sub> ≤ 50 Tx "Meget giftig", R26: Meget giftig ved indånding. LC <sub>50</sub> ≤ 0,5	T, "Giftig", R25: Giftig ved indtagelse. 25 < LD <sub>50</sub> ≤ 200 T, "Giftig", R24: Giftig ved hudkontakt. 50 < LD <sub>50</sub> ≤ 400 T, "Giftig", R23: Giftig ved indånding. 0,5 < LC <sub>50</sub> ≤ 2	Xn, "Sundhedsskadelig", R22: Farlig ved indtagelse. 200 < LD <sub>50</sub> ≤ 2000 Xn, "Sundhedsskadelig", R21: Farlig ved hudkontakt. 400 < LD <sub>50</sub> ≤ 2000 Xn, "Sundhedsskadelig", R20: Farlig ved indånding. 2 < LC <sub>50</sub> ≤ 20	LD <sub>50</sub> > 2000 LD <sub>50</sub> > 2000 LC <sub>50</sub> > 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: uacceptabelt    
 P: problematisk    
 H: håndterbart

# 4 Karakterisering af kemikalier, der indgår ved afvaskning af vandfortyndbar flexotrykfarve

Ved emballagetryk med vandfortyndbare trykfarver indgår en lang række kemikalier, dels ved selve trykprocessen - trykfarver og additiver - dels ved afvaskning af trykpresser og klicheer. De kemikalier, der anvendes ved trykningen, indgår i højere eller mindre grad i det færdige produkt. Rester af trykfarve og additiver, der sidder tilbage på flexotrykpresse og klicheer, afvaskes efter endt trykning og ender sammen med eventuelle afvaskningskemikalier i skyllevand. I dag behandles dette spildevand i enkelte tilfælde som kemikalieaffald, men den dominerende håndtering er afledning til offentlig kloak enten direkte eller efter en mere eller mindre effektiv vandbehandling.

Inden for emballagetryk er det udelukkende anvendelsen af de vandfortyndbare trykfarver, der potentielt giver anledning til spild, der ender i spildevand<sup>1/</sup>. Fokus i dette projekt er derfor specielt rettet mod disse typer. Vandfortyndbare flexotrykfarver anvendes primært til tryk på sugende substrater, f.eks. bølgepap, og endnu i betydeligt mindre grad til tryk på ikke-sugende substrater som plastfilm. I forbindelse med tryk på sugende substrater anvendes udover selve trykfarven separate additiver med forskellige formål (anticurl, antiskum, fortynding mm.). Nedenstående beskrives sammensætningen af de to typer af trykfarver til henholdsvis sugende og ikke-sugende substrater, samt separate additiver og afvaskningsmidler til flexotrykpresser og klicheer. Funktionen af de pågældende kemikalier beskrives, og der foretages, så vidt det er muligt, en farlighedsvurdering af kemikalierne både miljø- og sundhedsmæssigt. For stoffer, hvor det er relevant, er der foretaget en gruppering på baggrund af den kemiske struktur, som ligeledes danner grundlag for den efterfølgende farlighedsvurdering.

En detaljeret oversigt over produktsammensætningen af de to typer trykfarver, additiver og afvaskningskemikalier fremgår af bilag D.

En samlet oversigt over farlighedsvurderingen er ligeledes vist i bilag D. Der er foretaget en opdeling på enkeltstoffer, stofgrupper og mulige enkeltstoffer, som danner grundlag for vurderingen af stofgrupperne. Endvidere findes i samme bilag en oversigt over enkeltstoffer/stofgrupper grupperet efter funktion.

## 4.1 Vandfortyndbare flexotrykfarver

Beskrivelsen i nærværende afsnit omfatter både trykfarver til sugende substrater og ikke sugende substrater, hvis ikke en skelnen er anført.

Vandfortyndbare trykfarver består af følgende hovedkomponenter:

Bindemidler  
pH-regulatorer, co-solventer og opløsningsmidler

Pigmenter (og opløselige farvestoffer)  
Additiver  
Vand

Farvestoffer (dyes), der er karakteriseret ved at være opløst i vandfasen, anvendes kun yderst sjældent. Dette skyldes bl.a. risiko for blødning under brug af emballagen (farven "smitter af" ved kontakt med vand). Opløselige farvestoffer vil ikke blive behandlet yderligere her.

For at pigmenter skal kunne bindes til substratet, anvendes et bindemiddel i trykfarven. Ved høj pH (dvs. basisk miljø) forekommer bindemidlet som en emulsion i vandfasen, mens det ved lavere pH (dvs. surt miljø) udfælder og binder pigmentet. pH holdes derfor højt i trykfarven ved flygtige pH-regulerende kemikalier, indtil trykfarven når substratet. Under trykningen og den efterfølgende tørring fordamper de flygtige pH-regulatorer, og pigmentet bindes (coates) til substratet i en film. De pH-regulerende kemikalier, der også benævnes forsæbningsmidler, er typisk aminer. Der kan anvendes additiver med forskellige funktioner f.eks. forbedring/opnåelse af opløselighed, blødgøring, gnidefasthed mm., hvor det generelle formål er at forbedre kvaliteten af det trykte (emballagen).

De vandfortyndbare flexotrykfarver er, som navnet antyder, baseret på vand med et indhold fra 5% til ca. 45%. Indhold af bindemiddel i trykfarven varierer i størrelsesordenen fra 25% til 75%, mens det i lakker kan være lidt højere (op til 81%). Indhold af pigmenter varierer også en del, og det kan være fra intet indhold i lakker og op til ca. 25% i trykfarverne. De såkaldte forsæbningsmidler eller pH-regulatorer forekommer i trykfarverne i en koncentration på ca. 1-5%. Additiverne forekommer generelt i lave koncentrationer oftest kun nogle få procent, men for co-solventerne/opløsningmidlerne kan koncentrationer op til 5-10% optræde. Det præcise indhold af de enkelte additiver kendes ikke, idet der normalt ikke foreligger oplysninger om stoffernes forekomst, når dette er i meget lave koncentrationer.

#### 4.1.1 Bindemidler

Bindemidler i vandfortyndbare trykfarver er baseret på polymerer, som kan være opbygget af forskellige monomerer.

##### *Polyakrylater og polymethakrylater*

Akrylater og methakrylater, som er syntetiske bindere fremstillet på basis af olieprodukter, har stor kommerciel anvendelse som bindemidler i vandfortyndbare systemer. Poly(meth)akrylaterne (P(M)A) repræsenterer en meget stor stofgruppe, hvor brugen kan varieres med sammensætningen. P(M)A anvendes enten som emulsionspolymerer (dispersion) klar til brug eller som opløselige polymerer (polymerisat), hvor polymeren gøres brugsklar ved tilsætning af aminer eller en alkalisk opløsning. P(M)A finder anvendelse som bindemiddel både inden for trykfarver (sugende substrat, molekulvægt (MW) = 50.000/ikke sugende substrat MW = 100.000-400.000) og overtrykslakker (MW = ca. 2.000). Desuden anvendes P(M)A som pigmentdispergeringshjælpemiddel og som fortykker. Eksempler på disse er polymerer baseret på methylmethakrylat, butylakrylat, ethylakrylat samt kombinationer af disse. Nedenstående tabel 4.1 viser eksempler på monomerer, der anvendes i P(M)A. Monomerindholdet i det færdige bindemiddel er typisk mindre end 200 ppm.

Tabel 4.1  
 Eksempler på monomerer anvendt i P(M)A (monomererne er angivet i prioriteret rækkefølge)

Anvendelsens omfang	Monomerer
Stor	Methylmethakrylat Butylakrylat
Lille	2-ethylhexylakrylat Butylmethakrylat Isobutylmethakrylat Ethylakrylat Ethylmethakrylat

#### *Akrylatcopolymerisater*

Egenskaberne af akrylater (og methakrylater) kan modificeres ved copolymerisering (kædedannelse af to eller flere forskellige monomerer) med andre monomerer, som inden for flexografisk trykning typisk er styren. Deres egenskaber kan ofte sammenlignes med de "rene" (meth)-akrylater, og de indeholder stort set de samme monomerer som P(M)A. Disse bindere anvendes ofte som vandige emulsioner.

#### *Maleinater og fumarater*

Maleinater og fumarater anvendes sammen med polyakrylaterne. De er isomere forbindelser fremstillet ud fra kolofonium, som er en naturlig harpiks. For at kunne anvendes i flexografiske trykfarver modificeres maleinaterne (fumaraterne) ofte ved at forestre syregrupperne med polyoler (glykoler). Maleinater (fumarater) karakteriseres ofte ved deres blødgøringsstemperatur og syretal, hvor sidstnævnte er et udtryk for indholdet af frie syrer i bindemidlet udtrykt i mg KOH/g tørstof (målt ved titrering). Rent teknisk er maleinater (fumarater) i vandfortyndbare flexotrykfarver kendetegnet ved at være hårde bindere og give god glans til tryksagen. Maleinater og fumarater med høje syretal (ca. 280-320) anvendes i vandfortyndbare flexotrykfarver og normalt i en basisk opløsning (aminholdig eller alkaliholdig) for at sikre opløselighed. Generelt anvendes de kun til sugende substrater.

#### *Polyvinylacetat*

Polyvinylacetat fremstilles syntetisk ud fra olieprodukter. Polyvinylacetat besidder gode adhæsive egenskaber og anvendes primært som bindemiddel i varmebestandige, klare overtrykklakker. Anvendelsen finder sted som vandfortyndbare dispersioner af polymeren.

#### *Shellak*

Shellak er et naturligt bindemiddel, som stammer fra et insekt (*Lacifer lacca/Tachardia lacca*). Shellak er spritopløseligt og kan gøres vandopløseligt ved tilsætning af alkali eller aminer. I dag er anvendelsen af shellak inden for den flexografiske industri af mindre betydning, hvilket dels skyldes stigende priser og forsyningsknaphed, dels at shellaks tryktekniske egenskaber i dag overgås af syntetiske bindere. Shellak har for eksempel dårlige tørre- og varmeresistensegenskaber og ringe glansegenskaber.

Tabel 4.2  
Bindemidler til vandfortyndbare flexografiske trykfarver

Bindemiddel	Anvendelsesområde	Anvendelsens omfang
Poly(meth)akrylater (dispersion og polymerisat) (MW = 50.000-400.000)	PE, OPP, PETFP, Alu- og plastfilm Papir og bølgepap	Stor
Poly(meth)akrylater (MW = 2.000)	Overtrykslakker	Middel
Styren-akrylcopolymerer (dispersion) (MW = ca. 50.000)	Papir og bølgepap	Stor
Maleinater/fumarater (højt syretal 280-320)	Anvendes sammen med polyakrylater	Stor
Polyvinylacetat (dispersion)	Overtrykslakker	Middel
Shellak (dispersion)	Aluminium, PVC og cellofan	Lille
Shellak (basisk vandig opløsning)	Papir	Meget lille
Kolophoniummodificeret harpiks (dispersion)	Etiketter	Lille
Kolophonium estere (rosin ester)	Bølgepap og kraftpapir	Kendes ikke
PUR-dispersion	P.t. ny råvare, anvendelsesområde ukendt	Kendes ikke

#### *Kolophoniummodificeret harpiks*

En mindre anvendelse af kolophoniumharpiks, der er behandlet med varme og/eller katalysator (for at ændre syredelen uden at ændre karboxylgruppen), finder sted. Syren i denne harpiks er abietic syre, som er en polyaromatisk syre.

#### *Kolophonium estere (rosin ester)*

Denne type bindemiddel er ny, og anvendelsesomfanget er derfor ukendt. Binderen er en polyesterharpiks også kaldet kolophonium-ester baseret på harpiks (rosin-syrer) og polyoler.

#### *PUR-dispersion*

Dispersioner af denne type indeholder blokerede isocyanater. Binderen hærdner ved forhøjet temperatur, normalt over 120°C. Varmen dekomponerer de blokerede isocyanatgrupper og aktiverer reaktionen mellem disse og polyurethangrupperne. Eksempel på en urethanmonomer er butylcarbamat. Der tilsættes en tværbinder, der kan være af melamintypen, som under hærdningen reagerer med formaldehyd. Binderen er meget elastisk, hvorfor den kan finde anvendelse i flexografi. Typen er af nyere dato, og anvendelsen er derfor endnu begrænset, men der kan forventes et stort anvendelsespotentiale.

I tabel 4.2 er anvendelsesområderne for de forskellige bindertyper angivet. De vigtigste bindemidler er P(M)A, styren-akrylcopolymerer og maleinater/fumarater med højt syretal (280-320). P(M)A anvendes som dispersioner eller polymerisat både til trykning på plast og papir. De øvrige bindemidler finder anvendelse inden for trykning på papir og bølgepap. Anvendelsens omfang, der er angivet i tabel 4.2, er en subjektiv vurdering baseret på diskussioner med trykfarveleverandører og EnPro's råvarekendskab.

### **4.1.2 Pigmenter**

Der anvendes en del forskellige pigmenter i vandfortyndbare flexotrykfarver. Pigmenterne kan være enten organiske eller uorganiske, og ens for begge

grupper er, at de er uopløselige i trykfarven og derfor forekommer som partikler heri. Udvalget af pigmenter er stort, og de fleste af disse er karakteriseret i Colour Index, som udarbejdes af Society of Dyers and Colourists.

De organiske pigmenter kan inddeles i grupper på baggrund af deres kemiske opbygning. Nedenstående liste viser de mest anvendte typer af organiske pigmenter inden for vandfortyndbare flexo/emballagedybtrykfarver. Hertil kommer en gruppe af øvrige organiske pigmenter, som er repræsenteret ved forskellige kemiske strukturer. De hyppigst anvendte typer er:

- Monoazo-pigmenter
- Diazo-pigmenter
- Benzimidazoler (monoazo)
- Phthalocyaniner
- Triarylcarbonium-pigmenter
- Naphtholer (monoazo)
- Pyrazoloner (monoazo)
- Anthraquinoner
- Dioxaziner
- Diazomethiner

Eksempler på de ti forskellige typer er vist i bilag D. De mest anvendte pigmenter inddelt efter farve og type er følgende:

#### *Gule pigmenter*

Arylidgule pigmenter (monoazo), som også kendes under navnet Hansa-gul pigmenter:

- Pigment Gul 1, 3, 4, 5, 73, 74, 98 og 111.

Diarylidgule pigmenter (diazo), som kendes under navnet benzidingul:

- Pigment Gul 12, 13, 14, 17, 55, 83, 126 og 127.

Diazomethin-pigment:

- Pigment Gul 101.

#### *Orange pigmenter*

Orange pigmenter baseret på benzimidazoler:

- Pigment Orange 16 og 36.

Orange pigmenter med anden kemisk struktur:

- Pigment Orange 5 ( $\beta$ -naphthol, monoazo), 13 (pyrazolon), 34 (naphthol), 38 (naphthol) og 41 (anthraquinon).

#### *Røde pigmenter*

Røde azo-pigmenter (naphtholer, BON-pigmenter):

- Pigment Rød 3 og 4.

Arylamid røde pigmenter (naphtholer, monoazo), som også kendes under navnene Naphthol rød eller BON arylamid rød-pigmenter:

- Pigment Rød 2, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 23, 112, 147, 170, 184 og 187.

Røde azo-metalsalte pigmenter. Pigmenterne findes ofte med calcium (Ca), magnesium (Mg), strontium (Sr), eller barium (Ba) forbindelser:

- Pigment Rød 48, 49, 52, 53, 57 og 63.



Røde pigmenter med triarylcarboniumstruktur:

- Pigment Rød 81 og 169.

#### *Grønne pigmenter*

Phthalocyanin grøn:

- Pigment Grøn 7 og 36.

#### *Blå pigmenter*

Phthalocyanin blå:

- Pigment Blå 15 og 16.

Blå pigmenter med triarylcarboniumstruktur:

- Pigment Blå 1, 9 og 62.

#### *Violette pigmenter*

Dioxazinviolet pigmenter:

- Pigment Violet 23 og 37.

Violette pigmenter med triarylcarboniumstruktur:

- Pigment Violet 1, 2, 3 og 27.

#### *Hvide pigmenter*

Titandioxid,  $\text{TiO}_2$ , som er det eneste dækkende hvide pigment, der anvendes i trykfarver:

- Pigment Hvid 6.

Hvide og transparente pigmenter, der anvendes som fyldstoffer:

- Pigment Hvid 5 Litophon:  $\text{BaSO}_4$  (60-72%) og  $\text{ZnO}$  (28-40%).
- Pigment Hvid 18 Kalciumkarbonat,  $\text{CaCO}_3$ .
- Pigment Hvid 19 Kaolin:  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (37-45%),  $\text{SiO}_2$  (44-53%) og  $\text{FeO}$ ,  $\text{CaO}$  eller  $\text{MgO}$  (12-14%).
- Pigment Hvid 21 Blanc Fixe:  $\text{BaSO}_4$  (97-99%),  $\text{SiO}_2$  (0-2%).
- Pigment Hvid 24 Aluminhydrat,  $5\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ .
- Pigment Hvid 26 Talkum med variende sammensætning.
- Pigment Hvid 27 Silika:  $\text{SiO}_2$  (98%), andet (0-2%).

#### *Sorte pigmenter*

Carbon black (furnace black) er det mest anvendte sorte pigment:

- Pigment Sort 7.

### **4.1.3 pH-regulatorer og opløsningsmidler**

pH-regulatorers, co-solventers og visse andre opløsningsmidlers samlede funktion i trykfarven er at sikre, at farven først tørrer efter den er påført trykemnet, dvs. under tørreprocessen. pH-regulatoren er tilstede af hensyn til den vandige bindemiddelemulsions stabilitet, der er pH afhængig (stabil i basisk miljø), hvilket ligeledes gælder for pigmentdispersionen. Co-solventet er med til at styre fordampningsforløbet, og hermed hvor hurtigt farven tørrer. Andre opløsningsmidler i trykfarven fungerer som "opløsningsmiddel" for bindemidlet og fordeler sig således mellem binderen og vandfasen. De anvendte organiske opløsningsmidler har høj affinitet til vandfasen og vil i lighed med pH-regulator fordampe under trykprocessen. Når dette er sket, er

bindemiddelemulsionen ikke længere stabil, og de små bindemiddeldråber (emulsionen) søger (smelter) sammen og indfanger (coater) pigmenterne.

Eksempler på pH-regulatorer (forsæbningsmidler) og co-solventer er vist i tabel 4.3, som ikke skal betragtes som fuldstændig.

Tabel 4.3  
Eksempler på anvendte pH-regulatorer og co-solventer i vandfortyndbare flexotrykfarver

Type	Stofgruppe	Stof
pH-regulatorer	Aminer	Ammoniakvand Ethanolamin Triethanolamin Dimethylethanolamin
Co-solventer	Alkoholer	Ethanol Isopropanol (2-propanol) n-propanol (1-propanol)
	Glykolethere	Methoxypropanol Ethoxypropanol

Udover styring af fordampningen af pH-regulatoren fra trykemnet har opløsningsmidlerne i trykfarven også den funktion at give den rette viskositet. Herudover anvendes opløsningsmidler som befugtere (eksempelvis 2,4,7,9-tetramethyl-5-decyn-4,7-diol) eller som filmdannere (eksempelvis glykolethere), som beskrevet under additiver i afsnit 4.1.4.

Anvendelsen af opløsningsmidler i vandfortyndbare trykfarver er stadig udbredt, omend dette er i et væsentligt lavere indhold end i de opløsningsmiddelbaserede farver. Normalt er indholdet under 5%, men visse typer, især amerikanske, kan indeholde op til 20%. Ved lavt indhold af opløsningsmiddel er farven ikke brandfarlig og den er derfor lettere at håndtere. Typen af opløsningsmidler, der kan anvendes i trykfarverne, er vist i nedenstående tabel 4.4.

Tabel 4.4  
Opløsningsmidler i vandfortyndbare flexotrykfarver

Ethanol
Isopropanol (2-propanol) (kun konstateret i trykfarver til sugende substrater)
n-propanol (1-propanol)
Glycerol
Hexylenglykol
Propylenglykol
Diethylenglykol
Butyldiglykol
Dipropylenglykolmethylether
Ethylenglykolmonoethylether
Methoxypropanol
Ethoxypropanol

#### 4.1.4 Additiver

Normalt forekommer additiver i små mængder - typisk under 1%, men de kan være tilstede i helt op til 5-10%. Følgende additiver kan forekomme i forskellige kombinationer i en flexotrykfarve: dispergeringshjælpemidler, blødgørere, filmdannere, gnidefasthedshjælpemidler, skumdæmpere, befugtere, konserveringsmidler og tværbindere. Oplysninger på repræsentanter inden for de enkelte grupper af additiver er indhentet dels fra datablade på trykfarver, dels fra Foreningen for Danmarks Lak- og Farveindustri, samt fra trykfarveleverandørers og EnPro's kendskab til råvarer inden for vandfortyndbare flexotrykfarver.

##### *Dispergeringshjælpemidler/emulgatorer*

Tensider anvendes som dispergeringshjælpemiddel i alle trykfarver for at fordele og stabilisere pigmentet i vandfasen. Foruden tensider kan der anvendes polymerer samt styrenmaleinsyreanhydrid som emulgator.

Forskellige tensidtyper kan anvendes som dispergeringshjælpemidler i en trykfarve. Hvilken type, der anvendes, er afhængig af hvilke pigmenter, der forekommer i trykfarven. Ofte vil der derfor forekomme flere typer af tensiderne i samme trykfarve. Det skønnes, at 98% af de anvendte dispergeringshjælpemidler tilhører de an- og nonioniske tensider, mens de resterende 2% udgøres af amfotere og kationiske tensider. Anvendelse af nonioniske tensider har den fordel, at de på grund af deres manglende ladning ikke laver konkurrerende adsorption og reagerer med de øvrige stoffer, der er tilstede i trykfarven. Ammoniumpolymerer af akrylat og vinylacetat anvendes ligeledes som dispergeringshjælpemiddel. Hovedtyper samt repræsentanter inden for hver enkelt gruppe af dispergeringsmidlerne er listet i nedenstående tabel 4.5.

Tabel 4.5  
Dispergeringshjælpemidler i vandfortyndbare flexotrykfarver

Stoftyper	Stofgrupper
Anioniske tensider (negativt ladede tensider)	Alkylbenzensulfonater Alkylethersulfater Alkylethersulfosuccinater Fedtsyrer, ammoniumsalt
Nonioniske tensider (ikke-ladede tensider)	Alkoholethoxylater Alkylphenoethoxylater Alkylpolyglykosider EO/PO-blokpolymerer
Kationiske tensider (positivt ladede tensider)	Kvaternære ammoniumforbindelser
Amfotere tensider (ladning afhængig af pH)	Alkylbetainer Alkylamidobetainer Alkylamidoglycinater
Øvrige stoftyper	Styrenmaleinsyre anhydrid Polyakrylater, ammonium Copolymer vinylacetat, ammonium

##### *Blødgørere*

Blødgørere forekommer i vandfortyndbare flexotrykfarver med det formål at gøre filmen/binderen mere fleksibel. Blødgørere har høj affinitet til binderen og forbliver således i systemet (den hærdede trykfarve). Tidligere har

dibutylphthalat været meget anvendt, men er nu i vidt omfang erstattet af andre typer. Af mulige substitutter for phthalaterne kan nævnes polyglykolyter (eksempelvis polyethylenglykol, molekylvægt formentlig 850-1.300), triphenylfosfat, diphenyl-1-decyl-fosfat og diethylenglykoldibenzoat/dipropylenglykoldibenzoat.

#### *Filmdannere*

Filmdanner kan tilsættes vandfortyndbare flexotrykfarver for at hjælpe filmdannelsen, når den diffusionsstyrede fordampning af opløsningsmidlerne indtræder. Filmdannere er altid højt kogende opløsningsmidler eksempelvis glykolethere (f.eks. propylenglykolethere).

#### *Gnidefasthedshjælpemidler*

Voks forekommer i alle typer af flexotrykfarver for at øge gnidefastheden af tryksagen. Desuden medfører voks ofte en nedsættelse af glansen af tryksagen. Eksempler på gnidefasthedshjælpemidler er polyethylen-, polypropylen-, polytetrafluoroethylen-, paraffin- og amidvoks.

#### *Skumdæmpere*

Skumdæmper tilsættes vandfortyndbare flexotrykfarver for at reducere/eliminere skumdannelse. Skumdæmpere virker ved at nedsætte overfladespændingen af væsken. Der skelnes mellem to hovedtyper af skumdæmpere: silikoneholdige og ikke-silikoneholdige skumdæmpere, hvor sidstnævnte er baseret på mineralolie eller acetylen. Tabel 4.6 viser eksempler på de to hovedtyper. Som det fremgår af tabel 4.6, er de silikoneholdige ofte stærkt hydrofobe emulsioner af dimethylsiloxan.

Tabel 4.6  
Skumdæmpere i vandfortyndbare flexotrykfarver

Type	Eksempler
Silikoneholdige	Polydimethylsiloxan Emulsion af polydimethylsiloxan/hydrofob silika Polyethermodificeret polydimethylsiloxan (EO/PO-copolymer) Dimethicone
Mineraloliebaserede	80% mineralolie, 15% hydrofobe partikler (SiO <sub>2</sub> ), 5% additiv (f.eks. emulgator og biocid)
Acetylenbaserede	2,5,8,11-tetramethyl-6-dodecyn-5,8-diol

#### *Befugtere*

De silikone-baserede forbindelser anvendes ligeledes som befugtere. Hertil anvendes lavmolekylære, polyethermodificerede siloxaner samt fluorsilikoner. Befugtningshjælpemidler kan også være acetylenbaserede som f.eks. 2,4,7,9-tetramethyl-5-decyn-4,7-diol. En befugter påvirker trykfarvens overfladespænding og fremmer befugtningen af underlaget.

#### *Konserveringsmidler*

Konserveringsmiddel tilsættes til de vandfortyndbare flexotrykfarver for at forhindre vækst af alger, svampe og bakterier i trykfarven. Eksempler på anvendte forbindelser er vist i nedenstående tabel 4.7. De hyppigst anvendte konserveringsmidler er Bronopol og isothiazolinonerne, dvs. 1,2-benzisothiazolin-3-on, methylchloroisothiazolinon og 2-methyl-4-isothiazolin-3-on, der tilsammen vurderes at dække 90% af forbruget.

Tabel 4.7  
 Konserveringsmidler i vandfortyndbare flexotrykfarver

Stofgrupper	Eksempler
Isothiazolinoner	Isothiazolinon 1,2-benzisothiazolin-3-on Tetramethylglykoluril o-formal 2-methyl-4-isothiazolin-3-on Benzimidazolderivat Methylchlorisothiazolinon
Kvarternære ammoniumforbindelser	n-methylolchloracetamid, kvat.
Diverse	2-brom-2-nitropropan-1,3-diol (Bronopol) Morpholin Hydroxyalkylaminer o-phenylphenol

#### *Tværbindere*

Tværbindere, også kaldet crosslinkere, tilsættes for at fremskynde hærkning af trykfarven, og deres anvendelse er især udbredt ved trykning på ikke-sugende materialer. Funktionen af tværbinderen er at reagere med binderens polymerkæder under dannelse af tværbindinger (broer, netværk) mellem disse, hvorved binderstyrken forøges betydeligt. Den hurtige hærkning forbedrer både vedhæftningen og vandfastheden. Tværbindere, der anvendes i vandfortyndbare flexotrykfarver, kan være af melamintypen eller følgende forbindelser: polyaziridiner, triethanolamintitanat, aminosilaner, titan- eller zirkon-chelat. I hvide trykfarver kan zinkoxid anvendes som tværbinde.

#### **4.1.5 Separate additiver**

Udover selve trykfarven anvendes der ofte additiver som hjælpemiddel ved trykprocessen. Additiver er ofte stofgrupper, der allerede er indeholdt i selve trykfarven, og de tilsættes med det formål at forbedre trykprocessen. Eksempler på dette inden for tryk på sugende substrater er organiske opløsningsmidler, der kan tilsættes separat i form af en koncentreret opløsning typisk med en koncentration på 45-50%, selvom trykfarven allerede indeholder opløsningsmiddel. Opløsningsmidlerne, der tilsættes som additiver, kaldes ofte "fortynder". Der findes to typer af fortynder: hurtig og langsom, som beskriver fordampningshastigheden af opløsningsmidlet. Eksempler herpå er ethanol og methoxypropanol (1-methoxy-2-propanol), der anvendes som henholdsvis hurtig og langsom fortynder. Regulering af pH kan også foretages ved anvendelse af et separat additiv f.eks. i form af en opløsning af dimethylaminoethanol (20-30%). Idet de vandfortyndbare farver i modsætning til opløsningsmiddelbaserede har tendens til at skumme under trykningen, kan der tilsættes skumdæmpende additiver i form af enten polydimethylsiloxan eller dimethicone både ved tryk på sugende og ikke-sugende substrater. Desuden kan der anvendes antikrølmidler og vokspasta. Antikrølmidler tilsættes for at undgå at cellulosefibrene (sugende substrat) krøller sammen ved kontakt med trykfarven. Sammensætningen af antikrølmidler kendes ikke. Ved tryk på ikke-sugende substrater kan tværbindere tilsættes separat. Udover de nævnte additiver kan endvidere tilsættes postevand for at opnå korrekt viskositet af trykfarven under trykkeprocessen.

#### 4.1.6 Specielle forhold for trykfarver til ikke sugende substrater

Trykfarver, der anvendes til tryk på ikke-sugende substrater (f.eks. plastfilm), adskiller sig fra trykfarver til sugende substrater (f.eks. bølgepap) ved den anvendte type bindemiddel - herunder bindemidlets molekulvægt, som anført i afsnit 4.1.1.

De vandfortyndbare trykfarver til tryk på plastfilm er stadig under udvikling. Kravene til disse trykfarver afviger en smule fra de krav, der stilles ved tryk på sugende substrater. Bl.a. er der krav til både en høj vandfasthed og en høj varmefasthed. Ved tilsætning af en crosslinker opnås en netværksdannelse, hvorved der fås en bedre varme- og vandfasthed. Brug af nogle crosslinkere (andre end aziridin) kræver, at pH er højere end 9, således at en større tilsætning af aminer er nødvendig.

#### 4.2 Afvaskningskemikalier

Afvaskningskemikalier anvendes til afvaskning af trykpresse og klicheer ved f.eks. farveskift. Størstedelen af den overskydende trykfarve kan skylles af med vand, så længe farveresterne ikke har fået lov til at indtørre på klicheer og trykpresse. Ved indtørrede farverester samt de rester, der sidder i trykpressens og klicheens fordybninger og hjørner, kan det være nødvendigt at tage skrappe midler i brug. Her anvendes der oftest en kombination af afvaskningskemikalier og en mekanisk renseteknik f.eks. børster (se beskrivelse af afvaskningsteknikker i afsnit 5.2).

Afvaskningskemikalierne er for det meste vandige, alkaliske opløsninger med indhold af vaske- og overfladeaktive stoffer (emulgatorer). Indholdet af de vaske- og overfladeaktive stoffer varierer fra nogle få procent og op til 60%, mens hydroxider forekommer i en mængde på ca. 0,5-10%.

Afvaskningsmidlerne kan indeholde opløsningsmidler oftest i mindre mængder (ca. 1%), men også produkter med højt indhold (op til 90%) findes. Yderligere består afvaskningsmidlerne af kompleksdannere i en koncentration på typisk 1-5%. Skrappe midler, der kun anvendes lejlighedsvis, kan være sure vandige opløsninger indeholdende op til ca. 50% syre. Separate blæse-/poleringsmidler baseret på uorganiske stoffer finder ligeledes anvendelse, når skrappe rengøring er nødvendig.

Produkternes basiske pH skyldes indhold af kalium- eller natriumhydroxid, som fungerer som affedtningsmiddel. Fedtsyreester kan også anvendes som affedtningsmiddel. De vaske- og overfladeaktive stoffer er repræsenteret ved både anioniske, nonioniske og kationiske tensider. I tabel 4.8 er der vist hvilke stofgrupper af de enkelte tensidtyper, der anvendes i afvaskningsmidler inden for tryk med vandfortyndbare flexotrykfarver. Yderligere kan anvendes de såkaldte kombinationstensider, hvor betegnelsen kan dække over en blanding af an- og nonioniske tensider eller over amfotere tensider, hvis ladning (negativ eller positiv) er pH-afhængig. Som emulgator-hjælpstof kan anvendes hydrotroper i form af arylsulfonater f.eks. xylensulfonat.

Tabel 4.8  
Vaske- og overfladeaktive stoffer i afvaskningsmidler

Stoftyper	Stofgrupper
Anioniske tensider (negativt ladede tensider)	Alkylethersulfater Arylsulfonater
Nonioniske tensider (ikke-ladede tensider)	Alkoholethoxylater Alkylpolyglykosider Fedtsyreestere
Kationiske tensider (positivt ladede tensider)	Kvaternære fedtsyreforbindelser

Organiske opløsningsmidler, som kan forekomme i mindre mængde, anvendes for at fremme opløsningen af indtørrede farverester, der sidder tilbage i maskinellens fordybninger mm. De anvendte opløsningsmidler er alicykliske forbindelser (terpener, n-methyl-pyrrolidon), alkoholer (isopropanol) og glykolethere (butyldiglykol). Kompleksdannere tilsættes bl.a. for at fremme virkningen af de overfladeaktive stoffer og derved selve vaskeprocessen. De er repræsenteret ved fosfater, fosfonater, EDTA, nitriloacetater samt silikater/metasilikater. Silikaterne kan samtidigt optræde som et slags fortykningsmiddel og gøre afvaskningsmidlerne mere tykflydende. Nogle produkter indeholder aminer i en koncentration op til 5%. Formålet med aminerne i afvaskningskemikalierne er at opløse farverester, når disse ikke er helt indtørrede. Aminerne virker i princippet som under selve trykkeprocessen, nemlig at holde pH basisk så farve og bindemiddel er dispergerede, blot når aminerne under vaskeprocessen ikke at fordampe, før der sker en afskylning af afvaskningsmiddel samt opløst farverest.

Afvaskningsmidlerne kan yderligere indeholde additiver i form af citronolie, som givetvis fungerer som duftmiddel.

Afvaskningsmidler med surt pH kan anvendes, hvis der gennem længere tid er sket en ophobning af farverest mm. på aniloxvalserne. Disse midler anvendes kun på aniloxvalser og i gennemsnit med 6-12 måneders interval til forskel fra de alkaliske typer, der typisk anvendes jævnligt til vedligeholdelse af flexotrykpresser og klicheer. Som syre anvendes svovlsyre, fosforsyreanhydrid eller fosforpentoxid. Amorft silika kan optræde som fortykningsmiddel.

Kalciumkarbonat og natriumbikarbonat anvendes separat som blæsemidler. Funktionen af kalciumkarbonat er en mekanisk slibeeffekt, mens natriumbikarbonat, som i daglig tale kaldes bagepulver, tilsættes for at fremme rengøringsprocessen, idet stoffet udvikler kuldioxid i vandigt miljø. Stoffet sprøjtes direkte på aniloxvalserne og trænger ind i det restlag af farve, der sidder i valsernes såkaldte kopper. Der sker en gasudvikling og derved en mekanisk påvirkning, som løsner farven. Stoffet fungerer således som et slags poleringsmiddel.

#### 4.3 Udviklingstendenser

Udviklingen af vandfortyndbare trykfarver er styret af bindemiddeludviklingen. De nyere bindemidler har betydet, at man i dag kan anvende vandfortyndbare flexotrykfarver til tryk på plast med godt resultat. De egenskaber, der er forbedret, er typisk farvens vedhæftning til underlaget, mindre blocking og mindre afsmitning fra trykket. Dette betyder, at man må

forvente, at vandfortyndbare flexotrykfarver vil kunne erobre væsentlige markedsandele fra opløsningsmiddelbaserede farver. Denne udvikling er dog kun i en startfase. Endvidere er behovet for blødgørere til bindemidlet stort set elimineret. Dette kan gøres ved, at blødgøreren indgår i polymeren. De typer polymerer, der anvendes i dag, er typisk styren-akrylater eller akrylater.

Det vurderes, at udviklingen, hvad angår "daglige" afvaskningsmidler, går mod stadig stigende forbrug af typer baseret på ikke-flygtige opløsningsmidler og detergenter på bekostning af de ældre typer baseret på flygtige opløsningsmidler. Hertil kommer en tendens til udelukkende at anvende vand. Hvad angår aniloxvalserensmidler, går udviklingen helt klart mod stadig større anvendelse af blæsemidler - dvs. bagepulver.

#### 4.4 Farlighedsvurdering af indholdsstoffer i vandfortyndbare flexotrykfarver

Der er her foretaget en farlighedsvurdering af indholdsstoffer i vandfortyndbare flexotrykfarver. Farlighedsvurderingen er foretaget for miljø og sundhed og er baseret på oplysninger indhentet primært i databaser og i håndbogslitteraturen. Vurderingen, der fremgår her, er foretaget dels for enkeltstoffer, dels for grupper af stoffer. Kriterierne for farlighedsvurderingerne fremgår af kapitel 3.

##### 4.4.1 Farlighedsvurdering af bindemidler

Sundhedsvurderingen og miljøfarlighedsvurderingen af bindemidler er vist i tabel 4.9. Det skal understreges, at den miljømæssige farlighedsvurdering, der fremgår i tabel 4.9, er foretaget under den antagelse, at de væsentlige miljøeffekter af polymererne kan beskrives ved hjælp af monomerernes miljøegenskaber. Generelt er polymerer med høj molekylvægt (over ca. 1000) ikke umiddelbart biologisk nedbrydelige /5/, og de kan normalt ikke optages i levende celler, idet de ikke kan passere cellemembraner på grund af den store molekylestruktur, dvs. de er ikke biotilgængelige. F.eks. falder mikroorganismers optagelse af syntetiske polymerer voldsomt ved molekylvægte over 500, og passiv diffusion over gællemembraner er begrænset til molekylvægte på 1.000 eller derunder /5/. De udviser bl.a. derfor typisk en meget lav giftighed /5/, så længe de ikke forekommer i så store mængder, at de giver anledning til fysiske effekter, f.eks. hæmning af lystilgang og blokering af fisks gæller. Idet molekylvægten af polyakrylater, polymethakrylater og styren-akryl-copolymer ligger mellem 2.000 og 400.000 (se afsnit 4.1.1) og for de øvrige bindetyper antageligt typisk i samme område /5, 4/, er farlighedsvurderingen her foretaget udelukkende på baggrund af den kemiske struktur af de monomerer, som de enkelte polymerer er opbygget af. Farlighedsvurderingen af monomererne har endvidere betydning, idet der kan forekomme rester af ureagerede monomerer i den færdige polymer.



Tabel 4.9  
 Farlighedsvurdering af bindemidler i vandfortyndbare  
 flexotrykfarver

Bindemiddel	ABC	UPH
Polyakrylater og polymethakrylater	c	h-p
Styren-akrylcopolymerer	c	h-p
Fumarater	c	p
Polyvinylacetat	c	h-p
Shellak	c	p
Maleinsyreharpikser (maleinater)	b	P
Kolophoniummodificeret harpiks	a	p
Kolophonium estere/rosin estere	a	p
Polyurethanemulsion (PUR-dispersion)	c	h-p

Abiotisk nedbrydning kan også give anledning til frigørelse af monomerer. Dette er dog ikke sandsynligt for de fleste af de anvendte polymerer, idet polymererne er opbygget af en C-C-kæde. Dette gælder dog ikke for rosin estere samt PUR, som indeholder monomerer, der kan hydrolyseres. I dette tilfælde er en abiotisk og en efterfølgende biologisk nedbrydning derfor mulig. Generelt har de fleste polymerer, der er opbygget af en C-C-kæde, og som har en molekylvægt op til 1.000, en begrænset biologisk nedbrydelighed, idet de kun kan nedbrydes via en endestillet proces /25/. Undersøgelser har vist, at polymer-emulsioner samt harpikser adsorberes til slam i renseanlæg, hvorved der opnås en mere eller mindre total fjernelse af disse polymerer fra spildevandet /26, 5/. I tilfælde, hvor spildevandsslammet anvendes som gødning på landbrugsjord, vil polymererne føres med slammet til jordmiljøet. Vurdering af giftigheden i jordmiljøet af de kemikalier, der anvendes inden for vandfortyndbare flexografiske trykfarver, ligger uden for rammerne af nærværende projekt og er derfor ikke foretaget her.

Miljøfarlighedsvurderingen foretaget på baggrund af monomerernes kemiske struktur viser, at kolophoniumbaserede harpikser er uønskede i spildevandet, og at udledningen af maleinater bør kontrolleres. Polymerer af maleinater vurderes dog at have en høj stabilitet, således at vurderingen af monomererne skal tages med et forbehold, og disse polymerer vurderes derfor generelt som uproblematisk i vandmiljøet, så længe de ikke forekommer i større mængder. Polymerer baseret på både kolophonium og rosin-esterforbindelser kan i teorien nedbrydes til monomerer, der er uønskede i vandmiljøet.

Som udgangspunkt for sundhedsvurderingen af de polymerbaserede bindemidler er de indgående monomerer vurderet (se bilag D, skema D.3 og tabel 4.9). Koncentrationen af fri monomer i bindemidlerne er ikke kendt, men monomerindholdet i polyakrylater og polymethakrylater er typisk mindre end 200 ppm (svarende til 0,02%) (se afsnit 4.1.1). Grænseværdien for klassificering af produkter indeholdende kræftfremkaldende, mutagene og reprotoxiske stoffer er henholdsvis 0,1%, 0,1% og 0,5% for indhold af stoffer med den skrappeste klassificering inden for hver af de nævnte effekter; det samme gør sig gældende for de øvrige betragtede effekter /23/. Reglerne for klassificering giver således ikke anledning til klassificering af polyakrylater eller polymethakrylater på grundlag af indholdet af monomerer.

Ud fra en worst-case betragtning er det dog valgt at score polymererne "h-p" eller "p" for at indikere, at der er en potentiel risiko ved at anvende de pågældende polymerer.

#### 4.4.2 Farlighedsvurdering af pH-regulatorer

Farlighedsvurderingen af aminer, der anvendes til pH-regulering af vandfortyndbare flexotrykfarver, fremgår af tabel 4.10. Vurderingen af co-solventerne, der anvendes i forbindelse med pH-regulering, fremgår under vurderingen af opløsningsmidler (afsnit 4.5.3).

Tabel 4.10  
Farlighedsvurdering af pH-regulatorer i vandfortyndbare flexotrykfarver

pH-regulator	ABC	UPH
Ammoniakvand	C	P
Ethanolamin	C	P
Dimethylethanolamin	C	P
Diethylethanolamin	b	P
Triethanolamin	C	P
Ethylamin	C	P
Methylpropanolamin	C	h-p

De anvendte aminer vurderes alle, pænær diethylethanolamin, at være miljømæssigt uproblematisk, så længe de ikke udledes i meget store mængder. Vurderingen af diethylethanolamin er baseret på dårligt kendskab til bionedbrydeligheden, og som udgangspunkt bør udledning af dette stof kontrolleres. Forekomst af diethylethanolamin er dog kun set i amerikanske trykfarver og ikke i de danske.

Sundhedsmæssigt er pH-regulatorerne alle relativt godt undersøgt, og såvel ammoniakvand som de aminbaserede, organiske forbindelser er vurderet som problematiske. For methylpropanolamin er dokumentationen ikke fundet tilstrækkelig, og stoffet er derfor tildelt scoren "h-p".

#### 4.4.3 Farlighedsvurdering af opløsningsmidler, herunder co-solventer

Farlighedsvurderingen af opløsningsmidler er vist i tabel 4.11. De fleste af de anvendte opløsningsmidler er biologisk let nedbrydelige og anses bl.a. derfor for at være uproblematisk i vandmiljøet. Ethylenglykolmonoethylether, som ligeledes er vurderet som uønsket i vandmiljøet, er ikke fundet i vandfortyndbare flexotrykfarver, der anvendes i Danmark, men er fundet i amerikanske recepter.

Tabel 4.11  
Farlighedsvurdering af opløsningsmidler i vandfortyndbare flexotrykfarver

Opløsningsmiddel	ABC	UPH
Ethanol	C	P-U
Isopropanol (2-propanol)	C	P
n-propanol (1-propanol)	C	p
Glycerol	C	h
Hexylenglykol	C	h-p
Propylenglykol	C	h

Diethylenglykol	C	P
Butyldiglykol	C	h-p
Dipropylenglykolmethylether	C	P
Ethylenglykolmonoethylether	A	U
Methoxypropanol	C	h
Ethoxypropanol	c	h-p

Sundhedsmæssigt er opløsningsmidlerne alle relativt godt undersøgt. Scoren for potentielle humantoksikologiske effekter er vurderet at variere mellem håndterbar og uacceptabel, hvoraf en del af stofferne er tildelt scoren "p" og "h" på grund af utilstrækkelig dokumentation.

#### 4.4.4 Farlighedsvurdering af pigmenter

Der foreligger kun meget få oplysninger for miljøfarligheden af pigmenter. Det er derfor for de fleste pigmenter ikke muligt at foretage en vurdering af det enkelte pigment. I stedet er der på baggrund af de undersøgelser, der fremgår af litteraturen, foretaget en vurdering for grupper af pigmenter baseret på den kemiske struktur, når denne har været kendt. Når der ikke foreligger data for egenskaber i vandmiljøet, skyldes dette især, at pigmenter pr. definition er uopløselige i vand. Vandopløseligheden er typisk væsentligt lavere end 1 mg/L /6/. De uopløselige stoffer udgør i deres oprindelige form ikke en risiko for de vandlevende organismer, så længe stofferne ikke forekommer i så store mængder, at de giver anledning til fysiske effekter. Dette afspejles bl.a. i den undersøgelse af 56 pigmenters giftighed over for fisk, hvor alle, pånær ét pigment, udviste ringe giftighed ( $LC_{50} > 10$  mg/L) /7/. Nogle organiske pigmenter (f.eks. forlakkede farvestoffer) kan dog sandsynligvis under ændrede fysisk/kemiske forhold (f.eks. ændret pH) blive mere vandopløselige og derfor potentielt udvise giftvirkning i vandmiljøet. De sparsomme undersøgelser, der er lavet om pigmenters nedbrydning i miljøet /8, 9, 10/, peger på, at de generelt er meget persistente. Pigmenter generelt og azo-pigmenter i særdeleshed nedbrydes dog formodentlig i lighed med f.eks. azo-farvestoffer men betydeligt langsommere /8/. Mange pigmenter udviser høje octanol-vandfordelingskvotienter ( $\log K_{ow} = 4-17$ ) /6/ og er derfor potentielt bioakkumulerbare. Det er dog sandsynligt, at et flertal af disse ikke bioakkumuleres på grund af manglende biotilgængelighed (meget store molekyler med meget lav vandopløselighed), hvilket undersøgelser tyder på /9, 6, 11/.

På baggrund af ovenstående generelle vurdering af pigmenter, som ikke let nedbrydelige, ikke bioakkumulerbare og forholdsvis ugiftige, dvs.  $LC_{50}$  typisk over 100 mg/L, vil de typisk blive tildelt scoren C. Det vurderes dog som urimeligt ikke at tage hensyn til, at f.eks. azo-pigmenterne sandsynligvis langsomt spaltes i arylaminer (de byggesten de oprindeligt er syntetiseret ud fra), og at visse andre pigmenter kan blive mere vandopløselige og hermed mere biotilgængelige. Spaltning af azo-farvestoffer i arylaminer under iltfattige forhold (f.eks. i spildevandsslam eller sediment) er påvist ved flere undersøgelser f.eks. /12, 13/, men er så vidt vides ikke velundersøgt for azo-pigmenter.

Det kan således ikke udelukkes, at monoazo- og diazo-pigmenter kan fraspalte arylaminer. Nogle af disse arylaminer er, som angivet i Europakommissionens forslag til liste over forbudte arylaminer, der kan være anvendt i azo-farvestoffer/-pigmenter, mistænkt for at være kræftfremkaldende /14/. Ifølge en opgørelse fra ETAD /15/ indgår disse arylaminer i bl.a. følgende

pigmenter: Pigment Orange 13, Pigment Orange 16, Pigment Orange 34, Pigment Gul 13, Pigment Gul 14, Pigment Gul 17, Pigment Gul 55 og Pigment Gul 83. Flere af de omtalte, kræftmistænkte arylaminer (f.eks. p-chloranilin og chlorerede benzidiner) er i lighed med flere andre arylaminer, der indgår i azo-pigmenter, uønskede i vandmiljøet, fordi de typisk er ikke let nedbrydelige og meget giftige /16/. Pigmenter, der i hvert fald teoretisk set vil kunne spaltes i arylaminer, omfatter både de egentlige monoazo- og diazoforbindelser samt pyrazoliner, benzimidazoler og naphtholer, hvor der ligeledes indgår azoforbindelser. Disse pigmenttyper er derfor af forsigtighedsgrunde (konservativ vurdering) tildelt scoren a.

Phthalocyaninerne er tildelt scoren b på baggrund af undersøgelser, der viser, at repræsentanter for denne gruppe ikke er biologisk nedbrydelige men har en lav giftighed over for vandlevende organismer /9/. Triarylcarboniumpigmenter er baseret på kationiske, opløselige farvestoffer, som er forlakkede med en anion (f.eks. fosfortungstenmolybdat) /17/. Da kationiske (basiske), opløselige stoffer ikke er let nedbrydelige, og flere er meget giftige over for vandlevende organismer (fisk) /8, 9, 18/, tildeles triarylcarboniumpigmenter af forsigtighedsgrunde scoren a, fordi det ikke umiddelbart kan udelukkes, at deres vandopløselighed (og hermed biotilgængelighed) kan forøges under ændrede fysisk/kemisk forhold i miljøet.

Det har ikke umiddelbart været muligt at tildele dioxaziner, diazomethiner og anthraquinoner en vandmiljøscore.

Det skal i øvrigt bemærkes, at der i udpræget grad savnes undersøgelser af organiske pigmenters nedbrydning i miljøet, herunder især hvilke nedbrydningsprodukter, der dannes, og i hvilket omfang disse udgør en miljørisiko.

Farlighedsvurderingen af pigmentgrupperne baseret på stoffernes kemiske struktur er vist i tabel 4.12.

Tabel 4.12  
Farlighedsvurdering af organiske pigmenter der anvendes i vandfortyndbare flexotrykfarver

Pigment	ABC	UPH
Monoazoforbindelser	a	p-U
Diazoforbindelser	a	p
Pyrazoloner (diazo)	a	p
Benzimidazoler (monoazo)	a	p
Naphtholer (monoazo)	a	P-U
Phthalocyaniner	b	p
Triarylcarboniumforbindelser	a	p
Dioxaziner	?	p
Anthraquinoner	?	p
Diazomethiner	?	p

Hvad angår sundhed er de organiske pigmenter generelt problematiske til uacceptable. Der er kun få sundhedsmæssige oplysninger om enkeltstoffer. Monoazo- og diazoforbindelserne kan være produceret ud fra én eller flere af de 21 kræftfremkaldende arylaminer. Pigmenterne er meget lidt opløselige,

hvorfor farligheden af pigmenterne dannet af de relevante arylaminer er væsentligt lavere end af de tilsvarende farvestoffer. Nogle få pigmenter er nævnt som kritiske og skal derfor undgås, jævnfør ”5th amendment” /35/, mens en række pigmenter, der tidligere var reguleret, nu er taget af listen. De pågældende pigmenter kan dog indeholde ikke reageret amin, hvorfor der bør hentes dokumentation fra leverandøren vedrørende indhold og mulighed for fraspaltning af kræftfremkaldende arylaminer.

Alle uorganiske pigmenter pånær lithophon, der på grund af zinkindhold er tildelt scoren b, er vurderet som uproblematisk i vandmiljøet på grund af bl.a. en meget lav giftighed (se tabel 4.13).

Tabel 4.13  
Farlighedsvurdering af uorganiske pigmenter der anvendes i vandfortyndbare flexotrykfarver

Pigment	ABC	UPH
Kalciumkarbonat (Pigment Hvid 18)	C	h
Kaolin (Pigment Hvid 19)	C	h
Blanc fixe (Pigment Hvid 21)	C	p
Aluminahydrat (Pigment Hvid 24)	C	p
Silika, amorft (Pigment Hvid 27)	C	p
Lithophon (Pigment Hvid 5)	b	p
Titandioxid (Pigment Hvid 6)	C	P
Talkum (Pigment Hvid 26)	C	p
Carbon black (Pigment Sort 7)	C	U

Hvad angår sundhedsvurderingerne, er de uorganiske pigmenter vurderet at være fra håndterbare til problematiske med carbon black som enkeltstående eksempel på et uacceptabelt pigment.

#### 4.4.5 Farlighedsvurdering af additiver

##### *Emulgatorer/dispergeringshjælpemidler*

Miljøfarlighedsvurderingen af dispergeringshjælpemidler er for størstedelen af de anvendte midler foretaget for grupper af stoffer på baggrund af den kemiske struktur. I nedenstående tabel 4.14 er vist vurderingen for både miljø og sundhed.

Tabel 4.14  
 Farlighedsvurdering af tensider der anvendes som  
 dispergeringshjælpemidler i vandfortyndbare flexotrykfarver

Dispergeringshjælpemiddel		ABC	UPH
Tensid type	Stofgruppe		
Anioniske	Alkylbenzensulfonater*	B	P
	Alkylethersulfater**	C	p
	Alkylethersulfosuccinater***	b	p
	Fedtsyrer, ammoniums salt	c	p
Nonioniske	Alkoholethoxylater, lineære	c	p
	Alkylpolyglykosider	C	p
	Alkylphenolethoxylater	A	P
	EO/PO-blokpolymerer	c	h-p
Amfotere	Alkyldimethylbetainer	c	p
	Fedtsyreamidobetainer	c	p
	Fedtsyreamidoglycinater	c	p
Kationiske	Kvat. ammoniumforb.	a	p

\* F.eks. dodecylbenzensulfonat

\*\* F.eks. natriumlaurylethersulfat

\*\*\* F.eks. fedtalkoholpolyglycoether sulfosuccinater

For de anioniske tensider vurderes det, at brugen af alkylethersulfater samt fedtsyrer i vandfortyndbare flexotrykfarver ikke giver anledning til uønskede effekter i vandmiljøet, så længe spildevandet udledes til kommunale renseanlæg, hvor stofferne er fuldstændigt nedbrydelige. Derimod anbefales krav til udledning af alkylbenzensulfonater samt alkylethersulfosuccinater på grund af deres manglende anaerobe bionedbrydelighed. Blandt de nonioniske tensider er de mest anvendte alkoholethoxylater og polyglykosider fuldstændigt nedbrydelige under både aerobe og anaerobe forhold, og de vurderes derfor som uproblematisk ved udledning til renseanlæg. EO/PO-blokpolymerer er ikke påvist at være fuldstændigt biologisk nedbrydelige, men på grund af en ringe giftighed ( $EC/LC_{50} > 100 \text{ mg/L}$ ) vurderes brugen af disse i vandfortyndbare flexotrykfarver ikke at give anledning til uønskede effekter i vandmiljøet. Alkylphenolethoxylater nedbrydes under aerobe forhold til stabile produkter, der er meget giftige over for vandlevende organismer. Alkylphenolethoxylaterne er derfor uønskede i vandmiljøet, og brugen af disse i trykfarver bør erstattes med mindre giftige og biologisk nedbrydelige tensider. Vurderingen af de amfotere tensider viser, at de anvendte typer alle er vurderet som C-stoffer. Der foreligger dog kun få data for anaerob bionedbrydelighed af disse tensider. De traditionelle kvaternære ammoniumsforbindelser baseret på fedtsyre er generelt meget giftige, samtidig med at de ikke er let nedbrydelige. Disse bør derfor ikke udledes med spildevandet. Polyakrylat og polyvinylacetat, som også anvendes som dispergeringshjælpemidler, vurderes begge som uproblematisk i vandmiljøet.

Der er kun fundet toksikologiske oplysninger om et fåtal af dispergeringshjælpemidlerne: alkylbenzensulfonater, alkylethersulfater og alkoholethoxylater samt alkylphenolethoxylater. For de tre første stofgruppers vedkommende er dodecylforbindelsen antaget at være repræsentativ for gruppen.

#### *Blødgørere*

På baggrund af data for bionedbrydelighed samt giftighed over for vandlevende organismer vurderes dibutylphthalat, triphenylfosfat og polyethylenglykol alle til at kunne udledes med spildevandet uden at medføre

problemer i vandmiljøet. For benzoaterne samt diphenyl-1-decyl-fosfat er der ikke fundet tilstrækkelige oplysninger til at foretage en vurdering af stofferne.

Der er kun fundet toksikologiske oplysninger om dibutylphthalat, triphenylfosfat samt polyethylenglykol. De to førstnævnte er scoret som P, mens de øvrige stoffer er scoret som "p", som følge af utilstrækkelig dokumentation.

Tabel 4.15  
Farlighedsvurdering af blødgørere til vandfortyndbare flexotrykfarver

Blødgøringsmiddel	ABC	UPH
Dibutylphthalat	C	P
Diethylenglykoldibenzoat	?	p
Dipropylenglykoldibenzoat	?	p
Diphenyl-1-decyl-fosfat	?	p
Triphenylfosfat	C	P
Polyethylenglykol	c	p

#### *Gnidefasthedshjælpemidler*

Tabel 4.16  
Farlighedsvurdering af midler til opnåelse af gnidefasthed til vandfortyndbare flexotrykfarver

Gnidefasthedshjælpemiddel	ABC	UPH
Paraffinvoks	C	p
Polyethylenvoks	c	p
Polypropylenvoks	c	p
Polytetrafluoroethylenvoks	?	h-p
Amidvoks	c	p

Generelt vurderes anvendelsen af voks i vandfortyndbare flexotrykfarver ikke at give anledning til uønskede effekter i vandmiljøet på grund af stoffernes ringe giftighed.

Der er kun fundet toksikologiske oplysninger for to af vokstyperne, og de er alle scoret som "p" eller "h-p" som følge af utilstrækkelig information.

#### *Skumdæmpere*

De silikonebaserede skumdæmpere såsom polydimethylsiloxan samt modificerede polymerer heraf anses ikke for at være problematiske i vandmiljøet. De mineraloliebaserede typer består af ca. 80% mineralolie, men den præcise sammensætning er ikke kendt, så vurderingen her er baseret på sammensætningen af en typisk mineralolie. På denne baggrund vurderes de mineraloliebaserede typer at kunne give anledning til uønskede effekter i vandmiljøet, idet der kan forekomme kemiske stoffer i mineralolien, som er meget giftige samt svært biologisk nedbrydelige. De silikonebaserede skumdæmpere bør derfor af miljømæssige hensyn vælges fremfor de mineraloliebaserede skumdæmpere. En enkelt acetylenbaseret skumdæmper

(2,5,8,11-tetramethyl-6-dodecyn-5,8-diol) er blevet vurderet her og tildelt miljøscoren a, så konklusionen er, at også denne bør fravælges til fordel for de silikonebaserede skumdæmpere.

Hvad angår sundhedsvurderingen er polydimethylsiloxan (silicone) tildelt scoren "h" og de øvrige "h-p" eller p på grund af datamangel.

#### *Befugtere*

Det har ikke været muligt at foretage farlighedsvurdering af fluorsilikoner eller polyethermodificeret siloxan, mens 2,4,7,9-tetramethyl-5-decyn-4,7-diol, som anvendes i trykfarver til ikke-sugende substrater, er vurderet som uønsket i vandmiljøet. Dette er gjort på baggrund af manglende påvist letnedbrydelighed samt høj giftighed over for vandlevende organismer. De silikonebaserede skumdæmpere finder også anvendelse som befugtere og er således det miljømæssigt bedste valg, idet de vurderes at være uproblematisk i vandmiljøet.

Der er ikke i den anvendte håndbogslitteratur fundet toksikologiske informationer om befugtningshjælpemidlerne.

Tabel 4.17

Farlighedsvurdering af befugtere til vandfortyndbare flexotrykfarver

Befugtningshjælpemiddel	ABC	UPH
Fluorsilikoner	?	p
Polyethermodificeret siloxan, lavmolekylær	?	h-p
2,4,7,9-tetramethyl-5-decyn-4,7-diol	a	p

#### *Konserveringsmidler*

Konserveringsmidlernes formål er at virke hæmmende på vækst af mikroorganismer i trykfarven, og disse stoffer er normalt også meget giftige over for vandlevende organismer. De er derfor her med enkelte undtagelser vurderet som uønskede i vandmiljøet. Morpholin har fået tildelt miljøscoren B, mens o-phenylphenol er tildelt scoren C.



Tabel 4.18  
 Farlighedsvurdering af konserveringsmidler til vandfortyndbare flexotrykfarver

Konserveringsmiddel	ABC	UPH
Isothiazolinoner	A	p
1,2-benzisothiazolin-3-on	a	U
Tetramethylglykoluril, isothiazolinon	A	p
o-formal, isothiazolinon	A	p
2-methyl-4-isothiazolin-3-on	A	p
Benzimidazol-derivat	?	p
Methylchlorisothiazolinon	A	p
2-brom-2-nitropropan-1,3-diol (Bronopol)	A	P
Morpholin	B	P
o-phenylphenol	C	U
Hydroxyalkylaminer	a	p
Kvat. ammoniumforbindelser	a	h-p
n-methylolchloracetamid	a	p

Der er fundet toksikologiske informationer for en del af konserveringsmidlerne. Isothiazolinonerne er vurderet på grundlag af få repræsentanter for stofgruppen (5-chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-on og 2-methyl-3(2H)-isothiazolinon-hydrogenchlorid), og de er på grundlag af scoren for de specifikke stoffer alle givet scoren "p". 1,2-benzisothiazolin-3-on og o-phenylphenol er vurderet at være uacceptable, og begge er givet scoren U. Morpholin og 2-brom-2-nitropropan-1,3-diol er vurderet at være problematiske med scoren P.

#### *Tværbindere*

Tabel 4.19  
 Farlighedsvurdering af tværbindere til vandfortyndbare flexotrykfarver

Tværbinder	ABC	UPH
Zinkoxid	b	p
Triethanolamintitanat	?	p
Aziridin	A	U
Polyaziridin	?	p
Aminosilaner	c	p
Titanchelat	?	p
Zirkonchelate, zirkoniumforbindelser	?	p

Inden for gruppen af tværbindere, der anvendes i de vandfortyndbare flexotrykfarver, bør aminosilanerne af miljømæssige årsager vælges fremfor aziridinerne og zinkoxid.

Der er generelt kun fundet begrænsede oplysninger om tværbinderne med hensyn til sundhedsvurderingen. Heraf er aziridin givet scoren U, idet aziridin vurderes at være uacceptabel i trykkeprocessen. De øvrige er givet scoren "p" som følge af utilstrækkelig dokumentation.

#### 4.5 Farlighedsvurdering af separate additiver

De kemikalier, der forekommer i separate additiver, er alle farlighedsvurderet i afsnittet om farlighedsvurdering af additiver, der er indeholdt i selve trykfarven (se afsnit 4.4.5).

#### 4.6 Farlighedsvurdering af afvaskningskemikalier

Farlighedsvurderingen af kemikalier, der anvendes ved afvaskning af flexotrykpresser og klicheer, er foretaget for stoffer, hvor der har været tilstrækkelige oplysninger tilstede. Vurderingen er foretaget for miljø og sundhed (se kapitel 3 for kriterier) og er baseret på oplysninger indhentet primært i databaser og i håndbogslitteraturen. Resultaterne er detaljeret beskrevet i bilag D.

Affedtningmidlerne anses ikke for at være et miljømæssigt problem. Hydroxiderne er uproblematisk, idet de vil neutraliseres i vandmiljøet, så længe de ikke forekommer i uforholdsmæssigt store mængder. Fedtsyreesterne er biologisk let nedbrydelige og vil omdannes fuldstændigt under normale forhold ved biologisk behandling i renseanlæg.

Farlighedsvurdering af opløsningsmidler er vist i tabel 4.20. De fire opløsningsmidler, der kan forekomme i afvaskningskemikalierne, er alle scoret som C (uproblematisk) i vandmiljøet. Opløsningsmidlerne er sundhedsmæssigt scoret som håndterbare til problematiske.

Tabel 4.20  
Farlighedsvurdering af opløsningsmidler i afvaskningskemikalier

Opløsningsmiddel	ABC	UPH
dL-Limonen	C	h-p
N-methyl-2-pyrrolidon	C	h
Butyldiglykol	C	h-p
Isopropanol	C	P

Vedrørende farlighedsvurdering af vaske- og overfladeaktive komponenter, der forekommer i afvaskningsmidler, henvises til afsnit 4.4.5 samt tabel 4.14. Blandt tensiderne, der anvendes i afvaskningskemikalierne, vurderes det, at de anioniske alkylethersulfater samt nonioniske alkoholethoxylater, alkylpolyglykosider samt fedtsyreester, der anvendes i forbindelse med affedtning, ikke giver anledning til uønskede effekter i vandmiljøet. Dette under forudsætning af, at spildevandet gennemgår en aerob, biologisk behandling, hvor alle de nævnte tensider vil kunne nedbrydes fuldstændigt. De kationiske forbindelser i form af kvaternære ammoniumsforbindelser bør på grund af deres manglende biologiske nedbrydelighed og høje giftighed derimod ikke udledes med spildevandet. Arylsulfonaterne, som er kortkædede benzensulfonater, er tildelt scoren b, på baggrund af deres lighed med lineære alkylbensensulfonater. Det er ikke muligt at give en miljøvurdering af kombinationstensiderne, så længe der ikke foreligger præcise oplysninger om deres sammensætning.

Farlighedsvurderingen af kompleksdannere er vist i tabel 4.21. Kompleksdannerne er miljømæssigt vurderet som uproblematisk (C-stoffer)

eller som b-stoffer, hvor udledning til spildevand bør kontrolleres. Dette gælder for EDTA samt nitriloacetaterne.

Kompleksdannerne er sundhedsmæssigt scoret som problematiske til uacceptable. Nitriloacetat og trinatriumnitriloacetat er fundet uacceptable.

Tabel 4.21  
Farlighedsvurdering af kompleksdannere der anvendes i  
afvaskningsmidler til flexotrykpresser/klicheer

Kompleksdannere	ABC	UPH
EDTA	B	p
Tetrakaliumpyrofosfat	c	p
Trinatriumnitriloacetat	b	U
Nitriloacetat	b	U
Natriumsilikat	C	p
Natriummetasilikat	c	P
Kaliumnatriumsilikater	c	p

Syrer (svovlsyre, fosforpentoxid) og additiver (silika) samt blæsemidler (natriumbikarbonat, calciumkarbonat), der alle anvendes i "afvaskere" til især aniloxvalser, er tildelt scoren C (uproblematiske), og hvad angår sundhed scoret som håndterbare til problematiske.

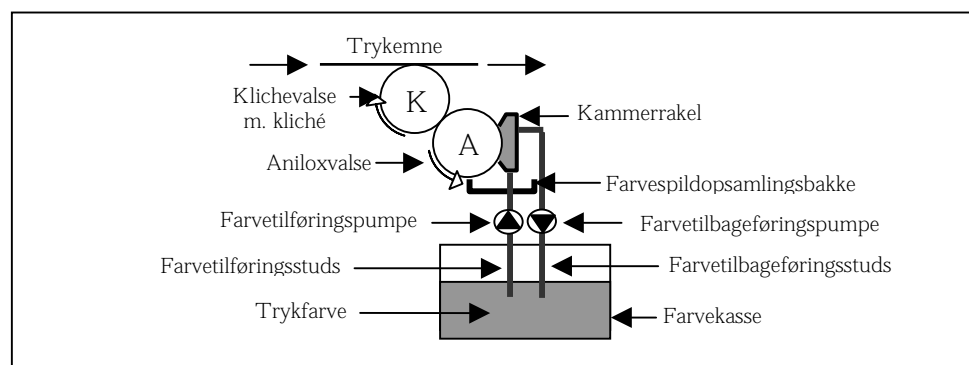
# 5 Karakterisering af afvaskning

I dette kapitel er beskrevet hvilke farveværker, afvaskningsteknikker og vandbehandlingsteknikker, der anvendes i dag.

## 5.1 Farveværker

Som anført i afsnit 1.5 omfatter nærværende projekt rengøring af de dele af en flexotrykpresse, der har været i kontakt med trykfarven under trykningen. Det vil med andre ord sige farvekar, farvebakker, kammerrakler, rakler, aniloxvalser, klichevalser, klicheer, eventuelle andre valser og trykfarvepumper og rør, der tilsammen udgør det pågældende farveværk.

Ved et farveværk forstås her det farvefremføringssystem, der fører farven fra farvekassen eller farvespanden frem til trykemnet (f.eks. bølgepap eller plastfilm). Det skal her bemærkes, at farvespande - i modsætning til farvekasser - ikke nødvendigvis rengøres af trykkeriet, idet de kan gå retur til farveleverandøren, og at klicheer i næsten alle tilfælde rengøres separat. En skematisk, typisk opbygning af et farveværk fremgår af figur 5.1. Hvordan farveværket indgår i en flexotrykpresse, er beskrevet i kapitel 2.



Figur 5.1  
Typisk opbygning af et farveværk

Nedenstående er de forskellige komponenter, der kan indgå i et farveværk beskrevet.

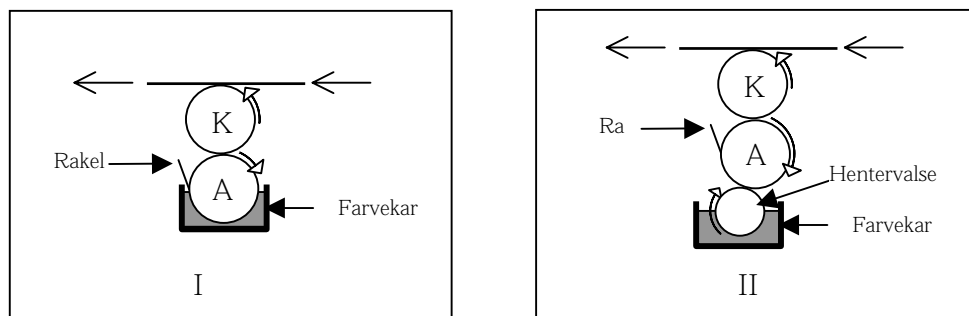
*Klicheen* i flexotryk er en fleksibel kunststof- eller gummiplade med forhøjninger, som udgør trykmønstret. Klicheen monteres på klichevalsen, når der skal trykkes.

*Klichevalsen* er den valse, som overfører trykfarven til trykemnet via den påmonterede kliché.

*Aniloxvalsen* er den valse, der overfører trykfarven til klichevalsen. Overfladen af valsen kan være af metal (krom) eller keramisk materiale og er dækket af små fordybninger, såkaldte kopper, i et tæt mønster. Fordybningerne kan have forskellig facon og kan f.eks. være fire-, seks- eller ottekantede. Volumen af

fordybningerne pr. arealenhed er en vigtig egenskab med hensyn til optimal tryk kvalitet.

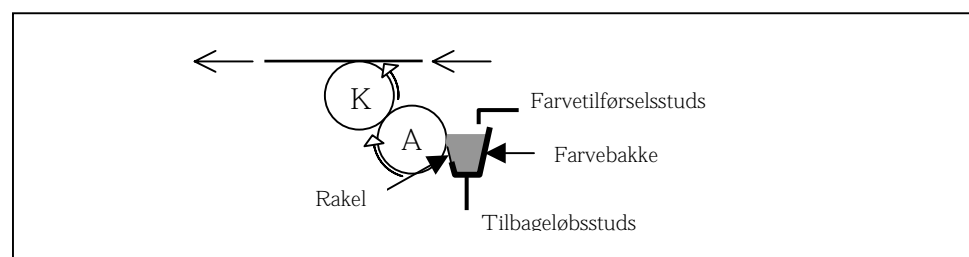
I systemer uden farvebakke eller kammerrakel kan forekomme et såkaldt *farvekar*. Der er her tale om et kar, som aniloxvalsen, eller på ældre systemer hentervalsen (gummivalse), kører rundt i for at optage farve, der så videregives til henholdsvis kliche- eller aniloxvalsen (figur 5.2).



Figur 5.2  
I: Farveværk hvor aniloxvalsen kører direkte i trykfarve, der skræbes af af en negativ rakel, inden den kommer i kontakt med klichevalsen.  
II: Tilsvarende farveværk hvor der er indskudt en hentervalse

På visse ældre anlæg anvendes der slet ikke nogen rakel, idet opsætningen er den samme som på figur 5.2 (II) blot uden rakel.

*Farvebakken* er den bakke, hvorfra trykfarven overføres til aniloxvalsen i åbne rakelsystemer (modsat lukkede kammerrakelsystemer). Farvebakken er normalt lavet af metal og har i nogle tilfælde afløb i bunden med studse, som er forbundet med et rør eller en slange, der fører tilbage til farvekassen. I andre tilfælde er der ingen tilbageløbsstudse, og så sker tilbageløb ved overløb i enderne af farvebakken. Raklen er en integreret del af farvebakken og udgør den side af bakken, der vender mod aniloxvalsen, se figur 5.3.

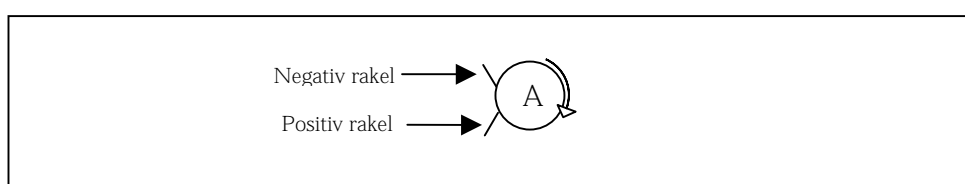


Figur 5.3  
Farveværk med åbent rakel system (farvebakke)

*Kammerrakler* er lukkede systemer, der i lighed med de åbne har til formål at overføre den rette mængde trykfarve til aniloxvalsen. Kammerrakler består af et aflangt kammer af samme længde som aniloxvalsen og har en åbning i hele kammerets længde i den side, som ligger an mod aniloxvalsen. Oversiden og undersiden af åbningen udgøres af to rakler, mens enderne udgøres af pakninger. Kammerraklen er typisk af et let materiale såsom aluminium eller

kulfiber /73/. Der er indgangsstudse i bunden for tilføring af trykfarve til kammeret og udgangsstudse i toppen for tilbageføring af trykfarve til farvekassen, se figur 5.1.

*Rakler*, også kaldet doctor blades, er tynde smalle fleksible blade af samme længde som aniloxvalsen. De kan være fremstillet i f.eks. plastik (PE), metal eller kulfiber og benyttes til at skrabe overflødig farve af aniloxvalsen. Dette gøres ved at anbringe raklen meget tæt på aniloxvalsen således, at overflødig trykfarve fjernes, inden aniloxvalsen møder klichevalsen. Der kan anvendes enkelte rakler, som vist i figur 5.2 og 5.3, eller flere rakler som i kammerrakelsystemerne, se figur 5.1. I kammerrakler har den første rakel, som valsen møder, i princippet kun den funktion at holde tæt kontakt med valsen, således at spild undgås /74/. Er raklen monteret således, at dens skarpe kant er rettet imod aniloxvalsens rotationsretning kaldes den negativ og omvendt, hvis den er rettet med rotationsretningen, kaldes den positiv (se figur 5.4).



Figur 5.4  
Positiv og negativ rakel

Kanten af raklerne, der skal ligge mod aniloxvalsen, kan være mere eller mindre skarpt afsluttet alt efter den aktuelle trykopgave.

*Farvespildopsamlingsbakker* er de bakker, som er anbragt under aniloxvalser, farvebakker og/eller kammerrakler til opsamling af spildt trykfarve, se figur 5.1. Opsamlingsbakkerne består typisk af en metal bakke, som løber i aniloxvalsens fulde længde. I den ene ende eller i begge ender er der et afløb med en studs, som kan forbindes med et rør eller en slange til passivt tilbageløb af farve til farvekasse/-spand eller sump/afløb.

*Farvekassen* er den kasse, hvorfra trykfarven pumpes rundt i farveværket, se figur 5.1. Farvekasser er typisk metalkasser i f.eks. rustfrit stål, med eller uden låg. Volumen er ofte omkring 100 liter (50 · 50 · 40 cm). På nogle farveværker (især nyere), sættes farvetilføringsstuds og farvetilbageføringsstuds direkte ned i en farvespand, og i disse tilfælde anvendes ingen farvekasse.

*Farvepumper* er de pumper, der pumper trykfarven fra farvekassen/-spanden til farvebakken, farvekarret eller kammerraklen og i nogle tilfælde tilbage til farvekassen/-spanden, se figur 5.1. De benævnes her henholdsvis farvetilføringspumpen og farvetilbageføringspumpen. På ældre farveværker anvendes typisk kun én pumpe (farvetilføringspumpe), mens nyere systemer typisk har to pumper. Farvepumperne kan være membranpumper, centrifugalpumper, skruepumper, peristaltiske pumper /60, 61/, dykpumper og modificerede gearpumper /62/.

## 5.2 Status for afvaskningsteknikker

Når der skal skiftes trykfarve på et farveværk - f.eks. ved farve- eller ordreskift - eller typisk når dagens produktion er til ende, skal farveværket rengøres. Denne rengøring benævnes her *daglig rengøring*.

På grund af det trykteknisk betingede ønske om kort tørretid for trykfarven er denne sammensat således, at den forholdsvis nemt indtørres - ikke kun på trykemnet, men også på andre overflader. I tidens løb vil der således kunne opbygges indtørrede rester af trykfarve på overfladerne i farveværket, specielt i aniloxvalsens kopper. Dette fører med tiden til en dårligere kvalitet af det trykte, og med jævne mellemrum er der derfor behov for en grundigere rengøring. Denne rengøring benævnes her *periodevis rengøring*.

Historisk set foregik afvaskning af trykpresser tidligere typisk manuelt med klud/børste og vand indeholdende opløsningsmidler, detergenter mm. Farvehentervalsen (i dag aniloxvalsen) blev, hvis den ikke var for stor, med jævne mellemrum afmonteret og lagt i blød i kar med organiske opløsningsmidler og senere typisk alkalibaserede opløsninger. Disse måder at afvaske på foregår stadig i et vist omfang, men i dag er nyere (tidsbesparende) metoder - som f.eks. automatisk in-press afvaskning eller afblæsning - på vej til at blive dominerende.

De afvaskningsteknikker, som i dag anvendes til rengøring af trykpressedele, der har været i kontakt med trykfarve, kan overordnet opdeles i manuelle og automatiske teknikker, som anvendes enten in-press eller off-press. *Manuelle vasketeknikker* defineres her som de teknikker, hvor selve rengøringen er manuel, dvs. at der manuelt spules, skrubbes, højtryksblæses eller skylles. *Automatiske vasketeknikker* defineres som det, at selve vaskeprocessen er automatisk. Det vil sige, at selve rengøringen af trykpressedele sker uden manuelt arbejde. *In-press rensning* defineres her som det, at trykpressedelen rengøres uden demontage, mens *off-press rensning* defineres som det, at trykpressedelen fjernes fra trykpressen for at blive rengjort. Typisk vil den daglige vask, f.eks. ved farveskift, være in-press, bortset fra klicherensning som typisk er off-press, mens den periodevise vask typisk vil blive foretaget off-press. I næsten alle tilfælde foregår rengøringen i "pausen" ved ordre-, farve- eller klicheskift, hvor flexotrykpressen er standset. Undtagelsen er en klicherenser fra TRESU, der kan rense klicheen under selve trykningen (in-line).

Selve *vaskemetoderne*, der anvendes, hvadenten vasken foregår manuelt eller automatisk, in-press eller off-press, er hovedsageligt: blæsning/erodering, opløsning ved ultralyd, mekanisk behandling med børster, gel, højtryksvæskerensning, mikrovæskepartikler og skylning uden mekanisk påvirkning. Disse vaskemetoder kan anvendes på forskellige dele af trykpressen, som vist nedenfor i tabel 5.1. Rengøringen kan, hvadenten den er manuel eller automatisk, foretages på maskinen (in-press) eller efter afmontering af den pågældende trykpressedel (off-press).

Tabel 5.1  
Vaskemetoder til rengøring af dele fra farveværket

Trykpressedel	Manuel in-press	Manuel off-press	Automatisk in-press	Automatisk off-press
Komplet farveværk	(skyl + skrub)	-	Flush Højtryksvæskerensning	-
Kliché	Skyl + skrub	Skyl + skrub	Mikrovæskepartikler Højtryksspulning og børster	"Sprayvaskemaskine"
Klichevalse	Skyl + skrub	-	Mikrovæskepartikler Højtryksspulning og børster	-
Aniloxvalse	Gel Skyl + skrub	Skyl + skrub Alkalisk afvaskningsmiddel	Blæsning/erodering Skylning (flush) Højtryksvæskerensning Højtryksvæskerensning og skrubning med børster Højturbulent skyl	Blæsning/erodering Ultralyd Skyl + skrub Højtryksvæskerensning
Kammerrakel	Skyl + skrub	Vaskemaskine	Højtryksvæskerensning Skylning Højturbulent skyl	Højtryksvæskerensning
Farvebakke	Skyl + skrub	Blæsning/erodering	-	-
Pumper og rør	Skyl + skrub	Blæsning/erodering	Skylning Højturbulent skyl	-
Farvekar/ farvekasse	Skyl + skrub	Blæsning/erodering	-	-
Rakel (doctor blades)	Skyl + skrub	Skyl + skrub	Ultralyd	-

Princippet i hver af de i skemaet nævnte rensemetoder er grundlæggende beskrevet i afsnit 5.2.1 efterfulgt af en detaljeret beskrivelse i afsnit 5.2.2 af, hvordan de forskellige rensemetoder anvendes på et komplet farveværk/farvefremføringssystem eller dele heraf. De anvendte figursymboler er forklaret i bilag A.

### 5.2.1 Principbeskrivelse for vaske-/rengøringsmetoder

Nedenstående er principperne i forskellige vaske-/rengøringsmetoder beskrevet, uafhængig af på hvilken del af trykpressen de anvendes.

#### *Blæsning, erodering*

Rensning af trykpressedele ved blæsning forgår ved at delen, ved hjælp af trykluft, bombarderes med partikler, som på grund af deres store hastighed eroderer farve væk fra delens overflade /63/. Partiklerne er typisk bagepulver ( $\text{NaHCO}_3$ ) /63, 68, 67/, men kan også være plastikkugler /75/, kalk eller muligvis knust marmor. Der er også forsøgt med tøris med foreløbigt lovende resultater /76/.

Der er mulighed for at opsamle blæsemediet sammen med den frigjorte trykfarve ved hjælp af forstøvet vand og en vandstøvsuger /63/, ved støvsugning alene /67, 68/ eller ved hjælp af et elektrisk felt /76/.

Blæsning/erodering er specielt anvendeligt til periodevis rensning, da metoden egner sig godt til fjernelse af indtørret farve.



### *Opløsning ved ultralyd*

Rensning ved ultralyd foregår ved, at ultralyden frigør bobler, som imploderer og derved renses overfladen af trykpressedele for trykfarve /69, 70/. Der kan anvendes rent vand eller forskellige vandbaserede rensemedier - f.eks. detergent- eller opløsningsmiddelbaserede, alkaliske afvaskningsmidler. Normalt er 3-5% afvasker i vand tilstrækkeligt /70/.

### *Mekanisk behandling med børster*

Trykpressedele kan renses ved behandling (skrubning) med børster med forskellige rensemedier /71/. Typisk anvendes vand kombineret med detergent- eller opløsningsmiddelbaserede, alkaliske afvaskningsmidler.

### *Gel*

Trykpressedele kan renses med en gel bestående af en opløsningsmiddelbaseret afvasker, f.eks. indeholdende en organisk ester og detergenter. Rensningen med gel anvendes typisk til periodevis rengøring /72/.

### *Mikrovæskepartikler*

Trykpressedele kan renses ved væske, der presses gennem en dyse med komprimeret luft, hvorved der dannes mikrovæskepartikler. Væsken er typisk vand /71/.

### *Højtryksspuling*

Trykpressedele kan renses ved højtryksspuling, dvs. at de spules kraftigt med væske (f.eks. med 10-12 bar). Denne metode anvendes f.eks. ofte i kombinerede kammerrakel- og aniloxvalserensere /71, 77/.

### *Flush*

En del trykpressedele eller hele farveværket /78/ vaskes ofte uden anden mekanisk påvirkning, end den strømmende vand giver, enten fordi det ikke er nødvendigt, eller fordi det på grund af delens udformning ikke er muligt. Det kan f.eks. være tilfældet for pumper, slanger og lignende.

Der kan anvendes forskellige vaskemedier /79/, dvs. rent vand /71/ eller vandige fortyndinger af opløsningsmiddel- eller detergentbaserede, alkaliske afvaskningsmidler, og væsken kan være opvarmet. Endvidere kan anvendes syrebaserede afvaskningsmidler til periodevis rengøring af aniloxvalser. I nogle tilfælde anvendes en speciel form for skyl, såkaldt *højturbulent skyl*. Ved hurtigt at skifte rotationsretning på aniloxvalsen kan der skabes et turbulent miljø i kammerraklen, hvorved denne renses grundigt.

## **5.2.2 Procedurer for vask af farveværk eller dele heraf**

Den daglige afvaskning (ved farveskift mm.) foregår typisk ved gennemskylning af hele farveværket med rent vand eller vand blandet med afvaskningsmiddel. Enkelte løsdele - såsom farvekasser og klicheer - rengøres dog typisk separat. Den periodevise rengøring foretages primært på løsdele, især aniloxvalser. Nedenstående er de enkelte procedurer systematisk beskrevet med anførsel af typisk skyllevæske. Afvaskningsmiddel og vand ender i de fleste tilfælde i en sump og passerer derefter i nogle tilfælde et mere eller mindre effektivt vandbehandlingsanlæg, før det resulterende spildevand afledes til offentlig kloak. I tilfælde, hvor den brugte skyllevæske typisk opsamles som kemikalieaffald, er dette anført under beskrivelsen af de enkelte vasketeknikker.

### 5.2.2.1 Afvaskning af samlede farveværker/farvefremføringsystemer

Rengøring af komplette farveværker (eventuelt visse løselede separat) er den hyppigst anvendte metode, og samtidig er det her, det samlede største farvespild forekommer. Dette skyldes, at metoden indgår som daglig rengøring (farveskift/fyraften), og at al restfarve, der er i hele systemet, skylles ud samtidig.

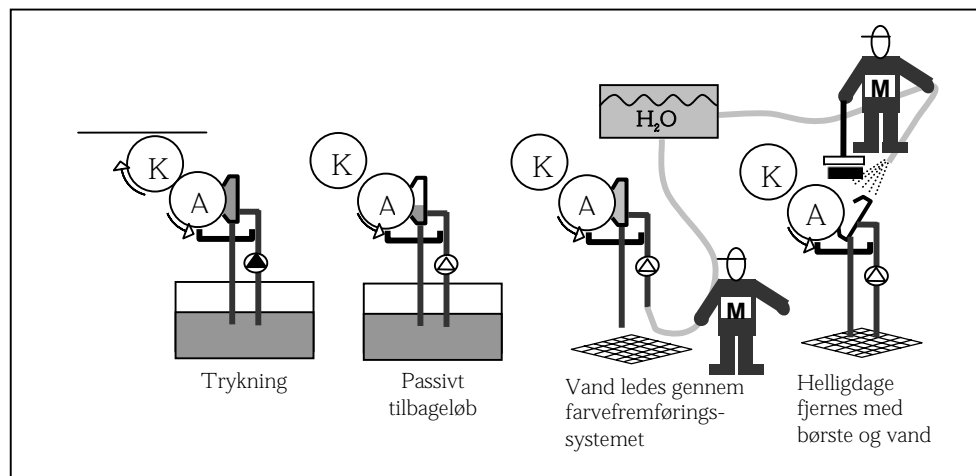
Der anvendes typisk rent vand som skyllevæske, men vand iblandet alkaliske afvaskningsmidler forekommer også.

*Recirkulering af skyllevæske* under gennemskylning ved det enkelte farveskift (skyllevæske går i sump/kloak efterfølgende) har en vis udbredelse.

I modsætning hertil er systemer til *genanvendelse af skyllevæske* fra et farveskift til det næste meget lidt udbredt. Der er dog for nyligt udviklet et dansk system, som er beskrevet i bilag B.

#### *Manuel in-press vask af farveværker*

Denne teknik bliver ikke anvendt på samlede farvefremføringsystemer, idet systemet i mere eller mindre omfang skal være skilt ad for at kunne rengøres manuelt. F.eks. anvendes en teknik, hvor pumpe og farvekasse afmonteres (rengøres separat), hvorefter der monteres en vandslange (tilkoblet postevandshane) på farveværkets farvetilføringsstuds, og systemet gennemskylles. Efter skylningen gås kammerrakel mm. manuelt efter med spand og børste for eventuelle "helligdage". Typisk procedure er vist i figur 5.5.



Figur 5.5  
Manuel in-press vask af farveværk

#### *Manuel off-press vask af farveværker*

Som nævnt ovenfor skal systemet i mere eller mindre omfang skilles ad inden manuel rengøring. Rengøring af løselede er beskrevet i afsnittene 5.2.2.2 – 5.2.2.5.

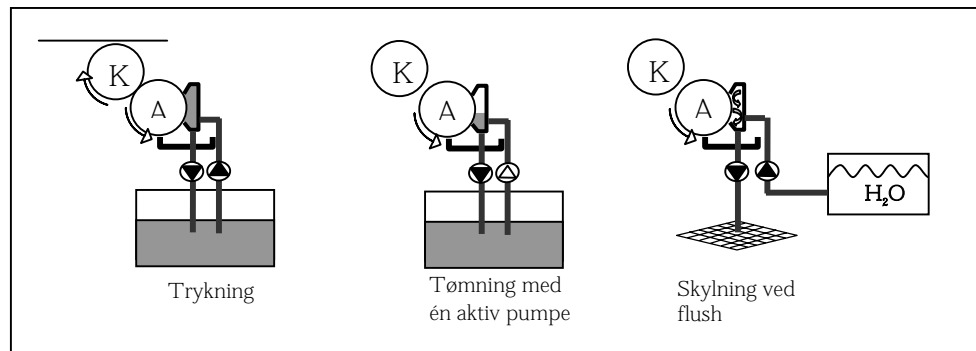
#### *Automatisk in-press vask af farveværker*

In-press er der grundlæggende to tilgange, som benyttes til den daglige vask, nemlig flush (dvs. gennemskyl) og højtryksspuling. Skylningen kan foregå normalt eller højturbulent.

Automatisk, in-press rensning ved skylning (*flush*) har stor udbredelse på både ældre og nye maskiner.

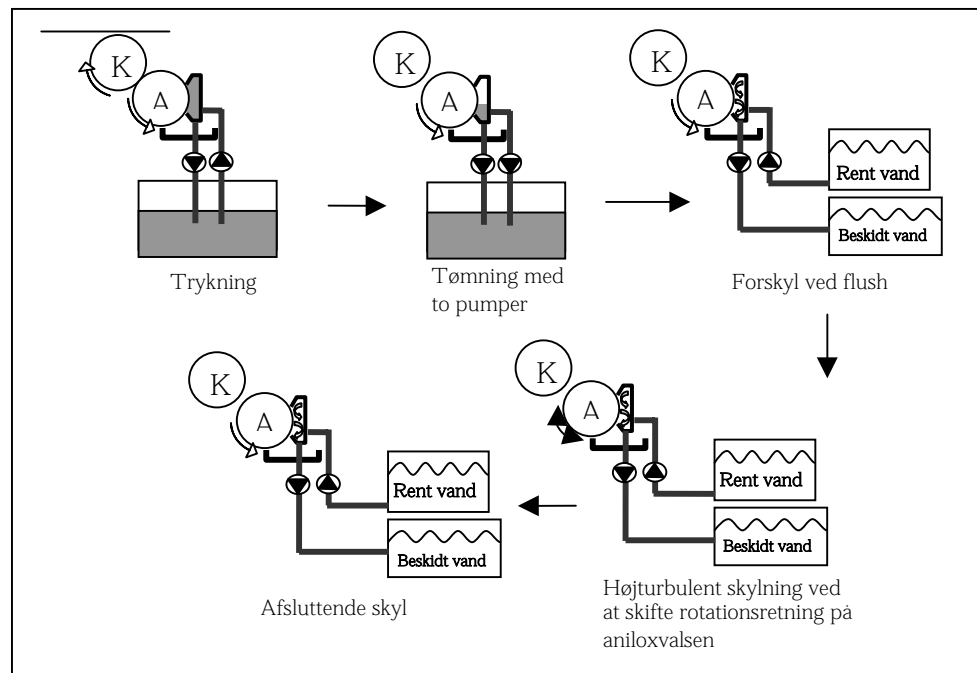
Farveværket stoppes og pumpes "tomt" for trykfarve ved hjælp af farvetilbageføringspumpen (eventuelt tillige farvetilføringspumpe ved at vende pumperetning) eller ved simpelt, passivt tilbageløb (gravimetrisk, på ældre trykpresser). Den opsamlede trykfarve genbruges typisk senere.

Der tilsluttes herefter en vandledning eller et kar med skyllevæske (typisk rent vand eller vand/afvaskningsmiddelblanding) til farvetilføringspumpen, og den pumper rensenvæsken igennem systemet ad samme vej, som trykfarven følger under trykning. Farvetilbageføringspumpen sørger for udpumpningen af det brugte skyllevæske. Anvendes kar med rensenvæske recirkuleres væsken typisk (f.eks. i 20 min., afhængig af bl.a. farvenuance og farveværkets størrelse), hvorefter der i mange tilfælde skylles med rent vand, f.eks. fordi der skal trykkes med en lysere farve. I andre tilfælde tilføres rent vand løbende til karret (postevandsslange liggende i karret), der herved kører med overløb til sump/kloak. Proceduren er skematisk vist i figur 5.6.



Figur 5.6  
Automatisk vask af farveværk ved flush

Automatisk, in-press rensning ved *højturbulent skylning* er en forholdsvis ny metode, men tilbydes af flere firmaer /80, 81/. Metoden fungerer i et tilfælde ved, at systemet tømmes, og rør, pumper og kammerrakel skylles igennem med rent vand, som kan opsamles. Herefter renses specielt aniloxvalsen og kammerraklen, ved at aniloxvalsen roterer med hurtigt skiftende retning, mens der pumpes rent vand igennem. De turbulente forhold gør rensningen effektiv. Til sidst skylles systemet igennem med rent vand /80/. Metoden er vist i figur 5.7

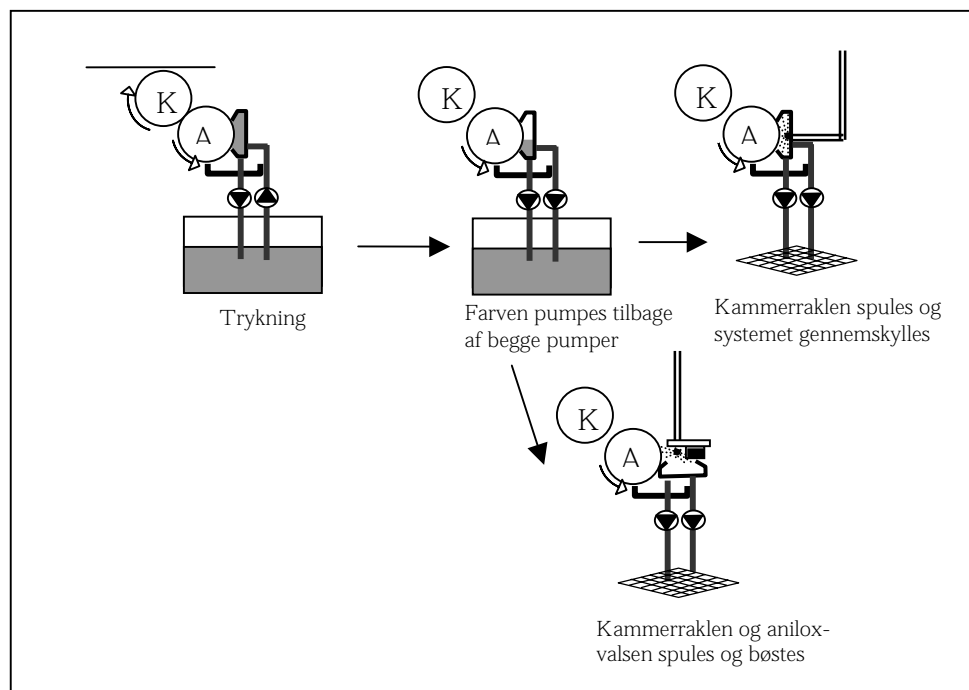


Figur 5.7  
Automatisk in-press vask af farveværk ved højturbulent skylning

Automatisk, in-press rensning ved *højtryksspuling alene* (dyseanlæg) /71, 82/ og *i kombination med børster* /77/ er udbredt.

Farveværket stoppes og pumpes tomt for trykfarve ved hjælp af farvetilbageføringspumpen og eventuelt også farvetilføringspumpen, hvis denne kan køre baglæns. Trykfarven ledes tilbage til farvekassen/-spanden og kan gemmes til senere brug.

En separat vaskepumpe pumper skyllevæske (rent vand - eventuelt opvarmet - eller vand iblandet afvaskningsmiddel) igennem dyser i kammerraklen, hvorved kammeraklen og aniloxvalse rengøres. I det tilfælde, hvor højtryksspuling er kombineret med børster, er børster og højtryksdyse monteret på en slæde, der kører hen langs farveværket på en skinne og renser rakelsystem og aniloxvalse /77/. Skyllevæsken pumpes løbende ud af farvetilbageføringspumpen og eventuelt også farvetilføringspumpen, hvorved hele systemet skylles "tomt" for trykfarve. Se figur 5.8.



Figur 5.8  
Automatisk vask af farveværk ved højtryksspuling alene og i kombination med børster

I nogle tilfælde recirkuleres skyllevæsken, idet farvetilføringspumpen og farvetilbageføringspumpen er forbundet, hvorved den brugte skyllevæske igen pumpes igennem systemet ad samme vej, som trykfarven følger under trykning. Til slut pumper begge pumper ud, mens der skylles med rent vand fra vaskepumpen.

#### 5.2.2.2 Vask af klicheer og klichevalser

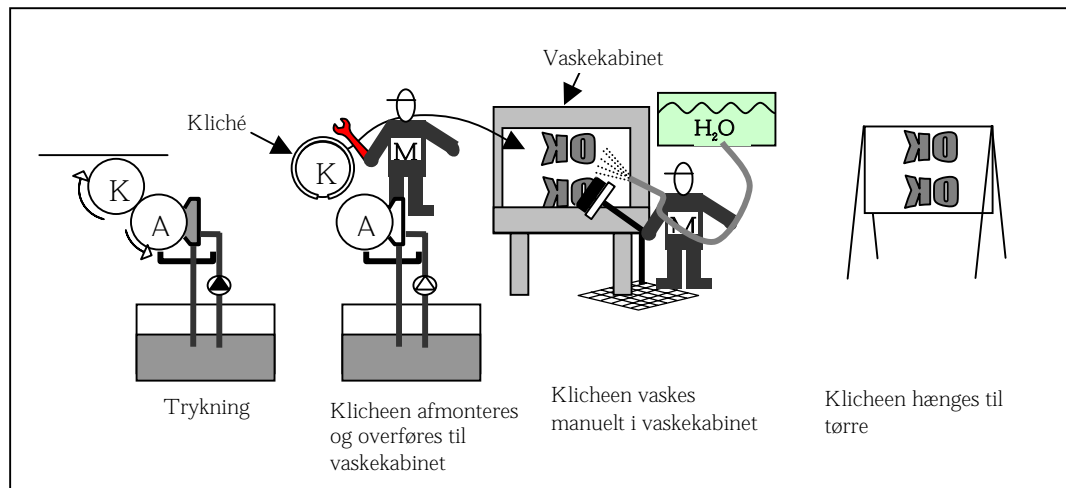
Rengøring af klicheer forgår i de fleste tilfælde dagligt ved manuelle teknikker. Når der skiftes kliché på trykpressen (f.eks. ved ordre- og/eller farveskift), rengøres og tørres den brugte kliché, og den vil derefter typisk blive hængt i arkiv til eventuelt senere brug.

Der anvendes typisk vand i kombination med alkaliske afvaskningsmidler.

Recirkulering af skyllevand er i lighed med genbrug af skyllevand meget lidt udbredt.

#### Manuel off-press vask af klicheer

Manuel, off-press vask af klicheer med børster og spuling foregår ved, at farveværket først stoppes og klicheen afmonteres. Derefter overføres den til et vaskekabinet, hvor den skrubbes med børste og vand (eller vand og alkalisk afvaskningsmiddel) for derefter at blive spulet med vand. Til sidst hænges klicheen til tørre, se figur 5.9.



Figur 5.9  
Demontage og manuel vask af cliché

#### Enkel aftørring

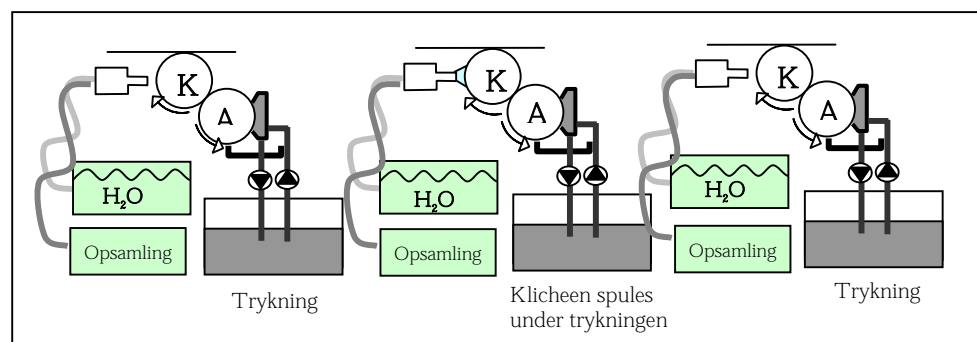
Udover den ovenfor beskrevne, manuelle teknik anvendes også blot at aftørre clichéen (afmonteret eller på flexotrykpresse) med en våd/fugtig klud med vand eller alkalisk afvaskningsmiddel og afslutte med at tørre af med en tør papirserviet. Ved denne teknik anvendes altså ikke skyllevand, men vaskevandet ender typisk i sump/kloak.

#### Automatisk in-press rensning af clichéer

Der eksisterer nogle få systemer for in-press rensning af cliché /71, 83, 78/, og et enkelt er endda in-line /71/, hvilket vil sige, at det fungerer under trykningen.

#### Rensning med mikrovæskepartikler

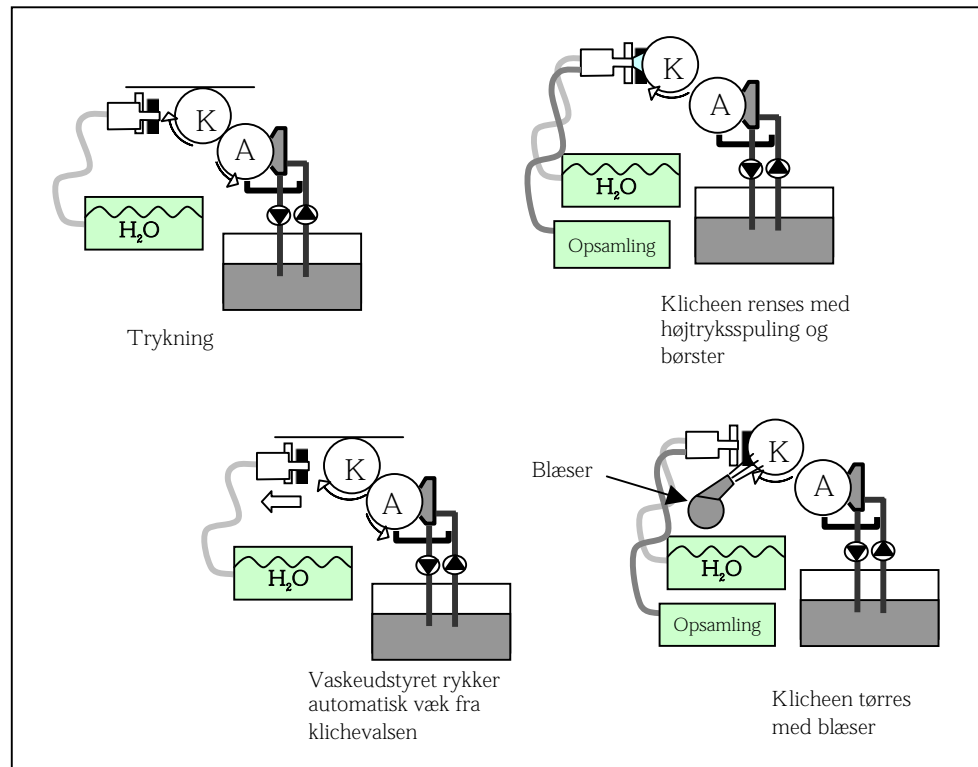
Automatisk, in-press rensning af clichéer med mikrovæskepartikler foregår under trykningen (in-line), mens clichéen er monteret i farveværket. Renseintervaller vælges via PLC-styring. Resten er automatisk. Ved forudbestemt tidspunkt bevæger renehovedet sig på langs af clichévalsen og sprøjter med trykluft og mikrovæskepartikler. Samtidig suges vandet og de frigjorte partikler op ved hjælp af en støvsuger, se figur 5.10. Formålet med systemet er primært at forbedre trykkvaliteten (fjerne papir/papfragmenter fra clichéen under trykningen). Clichéen behøver ikke manuel rengøring efter endt brug.



Figur 5.10  
Automatisk in-line klicherensning med mikrovæskepartikler

### *Rensning med højtryksspuling og børster*

Ved automatisk, in-press rensning af klicheer med højtryksspuling og børster føres klichevalsen væk fra aniloxvalsen, og vaskesystemet bevæger sig i position til vask. Klichevalsen roteres og passerer vaskesystemets fastmonterede børster og en række vanddyser, der på kort afstand spuler klicheen ren med vand. Vandspildet opsamles ved udsugning. Herefter tørres klicheen med luftblæsere. Efter afsluttet vask og tørring bevæger systemet sig automatisk væk fra valsen. Metoden kan dels anvendes til vask i løbet af en ordrekørsel for at opretholde en høj trykkvalitet, og dels anvendes til en afsluttende vask af klicheen efter ordrekørsel, før den afmonteres. Se figur 5.11.



Figur 5.11  
Automatisk in-press rensning af klicheer med højtryksspuling og børster

### *Automatisk off-press vask af klicheer*

Automatisk vask af afmonterede klicheer kan foregå ved brug af alkalisk afvaskningsmiddel i en sprayvaskemaskine /1/. Klicheen føres ind i vaskekabinettet, hvor den først påsprøjtes afvaskningsmiddel og efterfølgende frisk vand. Systemet kan f.eks. køre med recirkulation af afvaskningsmidlet kombineret med overløb til kloak.

### *Rensning af klichevalser*

Klichevalser rengøres typisk in-press ind imellem manuelt med børste/klud kombineret med rent vand eller vand iblandet alkalisk afvaskningsmiddel.

#### *5.2.2.3 Separat rensning af aniloxvalser*

Daglig rengøring af aniloxvalser foregår i de fleste tilfælde som en del af den samlede rengøring af det pågældende farveværk, som beskrevet i afsnit 5.2.2.1. Der er dog behov for periodevis (f.eks. halvårlig) separat rengøring af

aniloxvalsen, fordi det er vanskeligt at dybderense cellerne i aniloxvalsen ved in-press rensning.

Ved den periodevise rengøring anvendes typisk vand iblandet opløsningsmiddel og/eller detergentbaserede, alkaliske afvaskningsmidler eller tilsvarende rent afvaskningsmiddel. Der kan også være tale om syrebaserede afvaskningsmidler, blæsemidler eller gel.

Afvaskningsmidler anvendt i bade genbruges flere gange, før de bortskaffes som kemikalieaffald eller afledes til kloak.

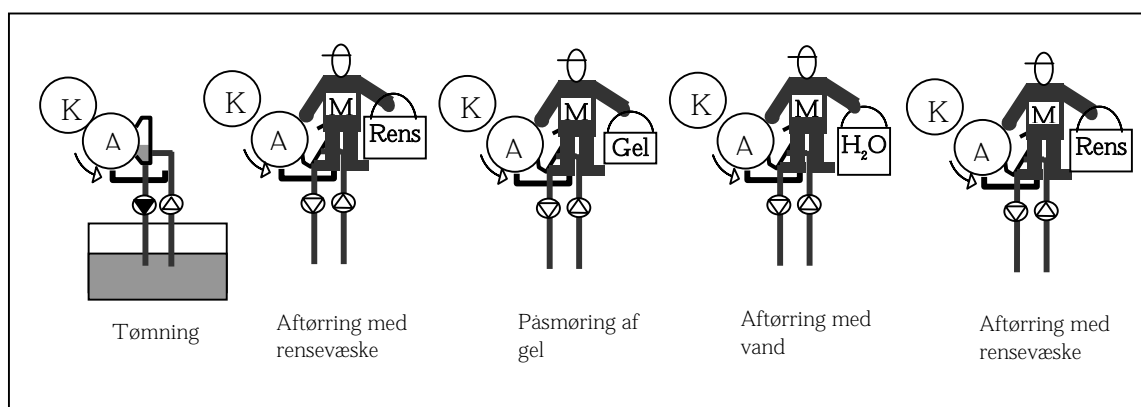
Recirkulering/genbrug af skyllevand er meget lidt udbredt.

#### *Manuel in-press rensning af aniloxvalser*

Manuel, in-press rensning af aniloxvalser kan foretages på store såvel som på små valser. Daglig, manuel rensning udføres specielt på ældre anlæg, hvor der ikke er mulighed for automatisk rensning, mens der også på nyere anlæg kan være behov for en periodevis, manuel rensning.

#### *Rensning med gel*

Før manuel, in-press rensning af aniloxvalser med gel tømmes farveværket, og aniloxvalsen kobles fra klichevalsen. Mens aniloxvalsen stadig roterer, tørres den hurtigt over med en alkalisk detergentholdig renevæske, hvorefter gelen påsmøres med svamp eller klud. Gelen får lov til at sidde 8-10 min., hvorefter valsen tørres af med en klud dyppet i vand. Til sidst tørres valsen igen hurtigt over med den alkaliske renevæske /72/. Proceduren er vist i figur 5.12.



Figur 5.12  
In-press manuel rensning af aniloxvalser med gel

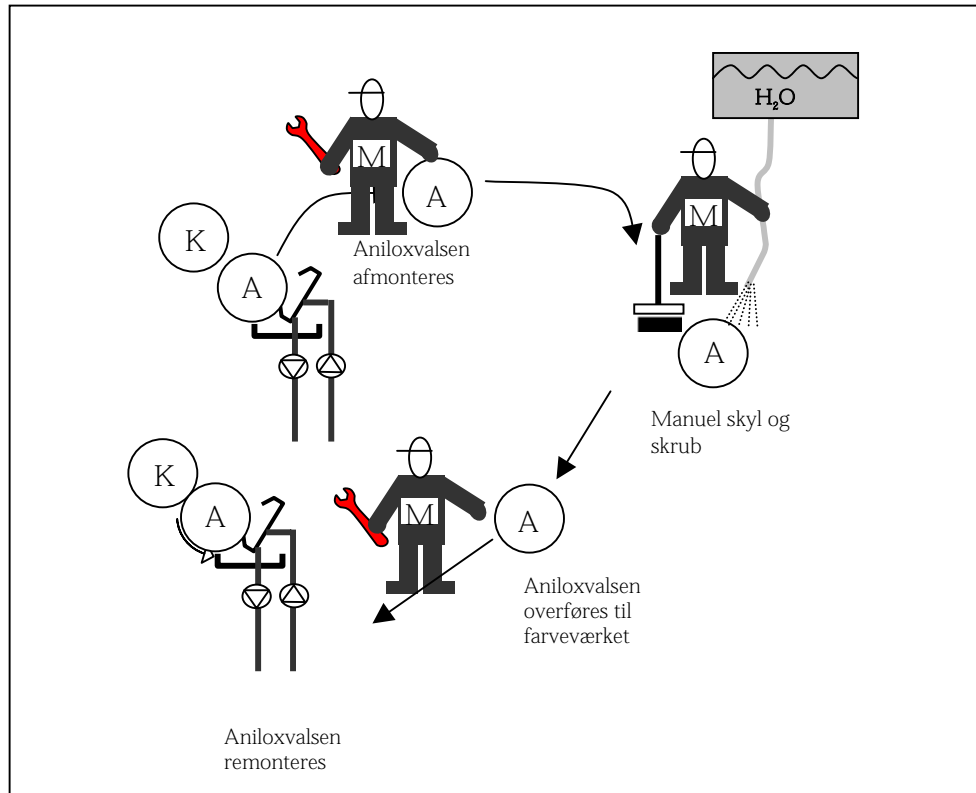
#### *Rensning med skylning og skrubning*

Manuel in-press rensning af aniloxvalser med skylning og skrubning foretages ofte i forbindelse med rensning af det samlede farveværk, se afsnit 5.2.2.1. Proceduren er, at farveværket stoppes, og kammerraklen tømmes for trykfarve ved tilbagepumpning eller passiv tilbageløb. Efter gennemskylning af farveværket vippes kammerraklen fra aniloxvalsen, som derefter kan rengøres med børstning og spuling. Der kan eventuelt anvendes afvaskningsmiddel. Proceduren er identisk med det angivne i figur 5.5.



### *Manuel off-press rensning af aniloxvalser*

Det vurderes, at udbredelsen af denne metode i dag er begrænset, men manuel, off-press rensning udføres bl.a. på mindre valser med længder mindre end 1.000 mm. Der anvendes typisk vand i kombination med alkalisk afvaskningsmiddel. Se figur 5.13.



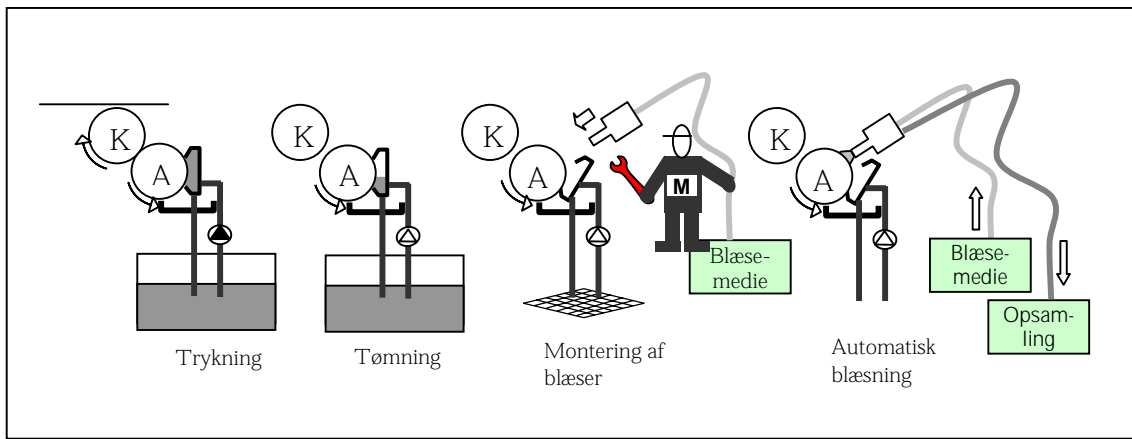
Figur 5.13  
Manuel off-press rensning af aniloxvalser

### *Automatisk in-press rensning af aniloxvalser*

Automatisk, in-press rensning af aniloxvalser vil ofte være den valgte teknik til daglig vask af store valser, som kun med stort besvær kan fjernes fra farveværket. I mange vaskesystemer foregår den daglige vask af aniloxvalsen som en del af den samlede rengøring af det pågældende farveværk (se afsnit 5.2.2.1).

### *Blæsning/erodering in-press*

Automatisk, in-press blæsning anvendes hovedsageligt til periodevis rengøring af store aniloxvalser. Farveværket stoppes, og styreskiner og blæseenhed monteres på farveværket. Mens valsen langsomt roteres, bevæges blæseren på langs af valsen og blæser blæsemedie og eventuelt vand på valsen. Blæsemedie og vand opsamles løbende i en støvsuger, der er monteret sammen med blæsedysen. Når blæsningen er færdig, afmonteres blæsedyseenheden, styreskinerne flyttes til en ny valse/nyt farveværk, blæsedyseenheden monteres, og blæsningen fortsætter /63, 67/. Se skematisk beskrivelse i figur 5.14.

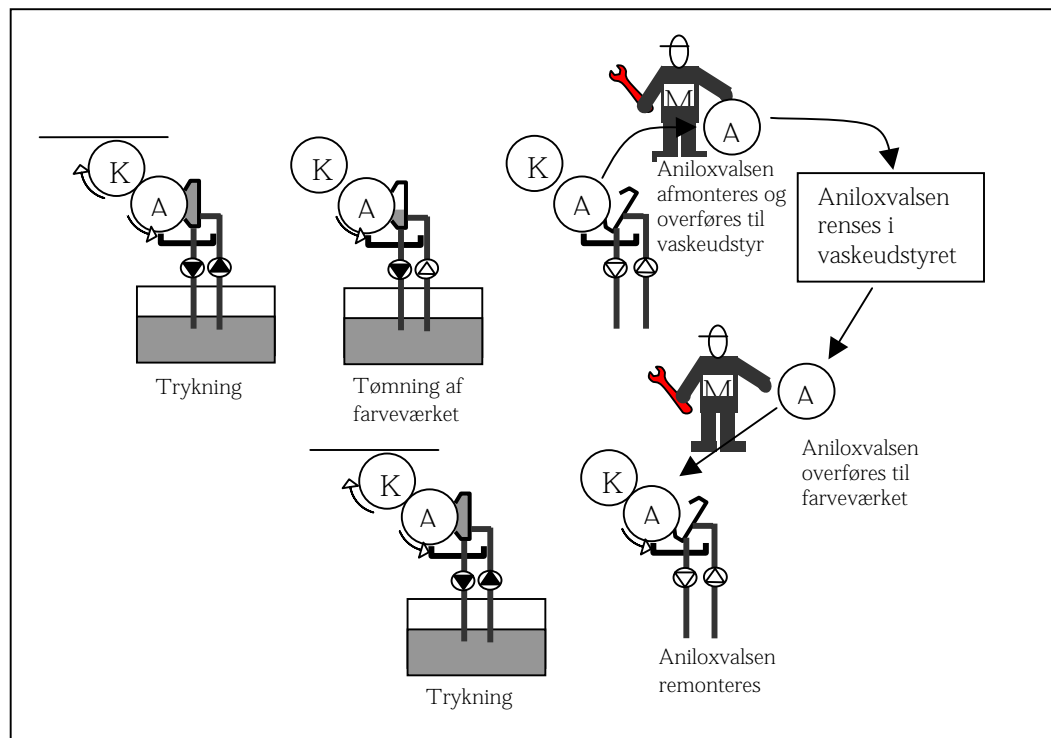


Figur 5.14  
Automatisk in-press rensning af aniloxvalser ved blæsning

#### *Automatisk off-press rensning af aniloxvalser*

Automatisk, off-press rensning af aniloxvalser anvendes typisk ved den periodevise rengøring. Specielt små valser renses off-press, men også store valser kan periodevis renses automatisk off-press, hvis man ikke har et in-press rensesystem, eller hvis rensningen skal være specielt grundig. I nogle tilfælde kan valserne tages ud af trykpressen med et automatisk system, således at selv store valser kan rengøres off-press /85/.

Generel procedure for automatisk, off-press rensning af aniloxvalser er vist i figur 5.15. Selve rensningen i forskellige typer vaskeudstyr er vist i figur 5.16-5.19.

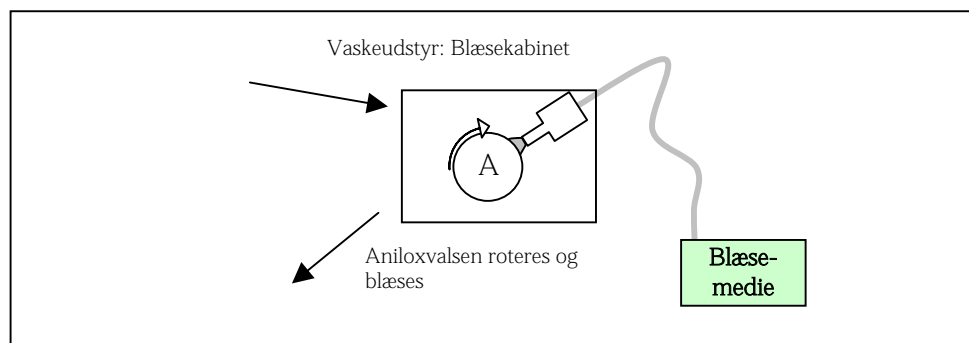


Figur 5.15  
Generel procedure for automatisk off-press rensning af aniloxvalser. Der eksisterer dog også anlæg, hvor afmontering, flytning og remontering af aniloxvalsen er automatiseret.

Nedenstående er de enkelte typer af vaskeudstyr, dvs. blæsekabinet og vaskekabinetter, beskrevet.

#### *Blæsning/erodering off-press*

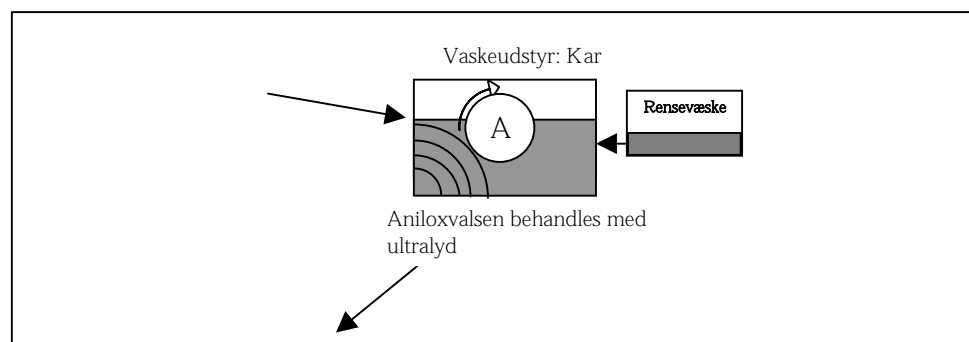
Automatisk, off-press blæsning/erodering af aniloxvalser starter med, at farveværket stoppes, aniloxvalsen afmonteres og anbringes i et separat lukket blæsekabinet. Processen startes, og blæseren bevæger sig på langs af valsen, som roteres langsomt. Blæsemedie og eventuelt tilsat vand opsamles løbende i en støvsuger forsynet med filter. Når blæsningen er færdig, overføres valsen igen til farveværket og monteres, eller den arkiveres /63, 68, 67/.



Figur 5.16  
Automatisk off-press blæsning af aniloxvalser i separat blæsekabinet

#### *Rensning ved ultralyd*

Automatisk, off-press rensning af aniloxvalser ved ultralyd foregår ved, at farveværket stoppes, aniloxvalsen afmonteres og anbringes i et separat lukket vaskekabinet, hvor valsen er helt eller delvist neddykket i rensenvæske. Processen startes, og kombinationen af ultralyd og afvaskningsmiddel opløser og frigør trykfarven fra valsen. Når vasken er færdig, overføres valsen igen til farveværket og monteres, eller den arkiveres. Se figur 5.17 /69, 70/.

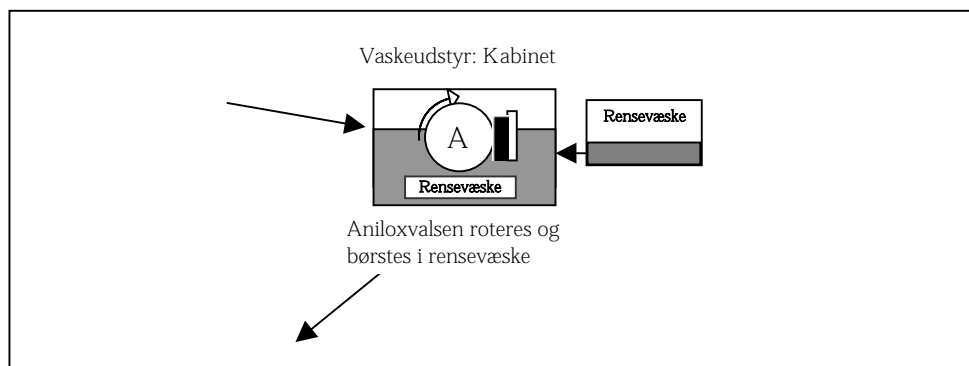


Figur 5.17  
Automatisk off-press rensning af aniloxvalser med ultralyd og rensenvæske

#### *Rensning ved mekanisk behandling med børster*

Automatisk, off-press rensning af aniloxvalser ved mekanisk behandling med børster udføres ved at farveværket stoppes, aniloxvalsen afmonteres og anbringes i et separat lukket vaskekabinet. Processen startes, hvorunder børster mekanisk behandler valsen, som roteres rundt i opvarmet rensenvæske.

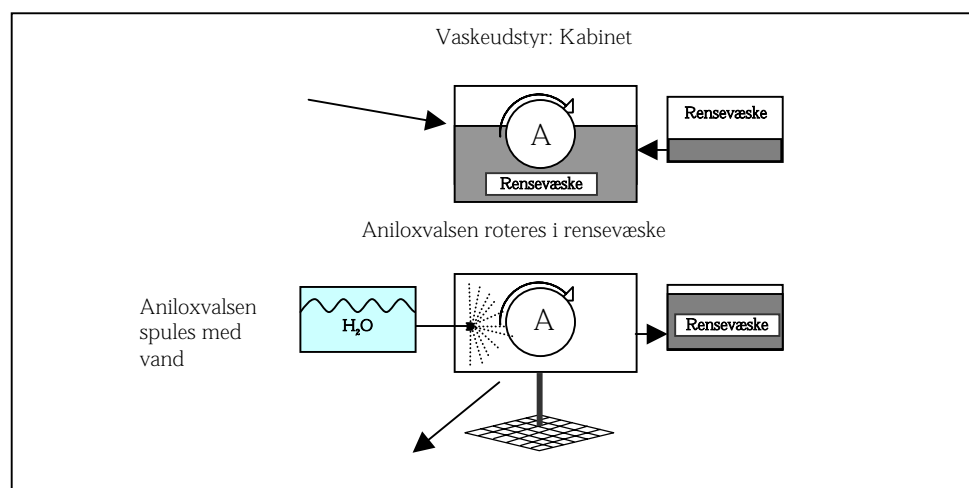
Når vasken er færdig, overføres valsen igen til farveværket og monteres, eller den arkiveres. Vaskeprocessen kan f.eks. foregå i 40-60 liter rensesvæske, der skiftes og bortskaffes som kemikalieaffald hver tredje måned. Teknikken er udbredt for trykpresser med korte valser - f.eks. valser, der er kortere end 2,5 m og anvendes på kuverttrykmaskiner /62/. Se figur 5.18.



Figur 5.18  
Automatisk off-press rensning af aniloxvalser ved mekanisk behandling med børster

#### *Rensning ved højtryksspuling*

Automatisk, off-press rensning af aniloxvalser med højtryksspuling foregår ved at farveværket stoppes, aniloxvalsen afmonteres og anbringes i et separat lukket vaskekabinet. Derefter vaskes først med et opvarmet, alkalisk afvaskningsmiddel, der opløser trykfarven, og til sidst spules der kraftigt med rent, varmt vand.



Figur 5.19  
Off-press automatisk rensning af aniloxvalser ved rensesvæske og spuling

#### *5.2.2.4 Separat vask af kammerrakler og farvebakker*

Selvom rengøring af kammerrakler og farvebakker ofte foregår som en integreret del af rensningen af det samlede farveværk, se afsnit 5.2.2.1, forekommer der andre måder at rengøre især kortere kammerrakler og farvebakker på.

Som ved de andre teknikker anvendes også her rent vand eller vand i kombination med alkaliske afvaskningsmidler.

Recirkulering og genbrug af skyllevand er ikke udbredt

#### *Manuel in-press vask af kammerrakler, enkeltrakler og farvebakker*

Manuel, in-press rengøring af kammerrakler, enkeltrakler og farvebakker kan, som beskrevet i afsnit 5.2.2.1, indgå som daglig rengøring på ældre trykpresser.

#### *Vask med børste og skylning*

Manuel, in-press rensning af kammerrakler eller enkeltrakler og farvebakker med børste og skylning foregår ved, at farveværket stoppes, og kammerraklen/farvebakken tømmes for trykfarve ved tilbagepumpning eller passiv tilbageløb. Efter gennemskylning vippes kammerraklen/farvebakken fra aniloxvalsen, og kammerrakel og farvebakke vaskes med vandslange og skrubbes med børste. Svarer i princippet til det viste i figur 5.5.

#### *Automatisk in-press rensning af kammerrakler*

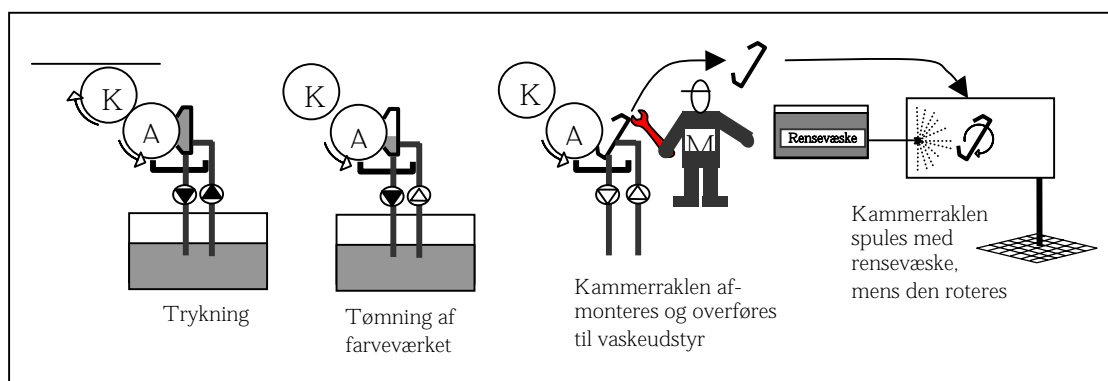
Er beskrevet i afsnit 5.2.2.1, se figur 5.6, 5.7 og 5.8.

#### *Automatisk off-press rensning af kammerrakler*

Automatisk, off-press rensning af kammerrakler anvendes ved periodevis, grundigere rengøring af kammerraklen og er især udbredt for kortere kammerrakler (som f.eks. anvendes ved kuverttryk).

#### *Rensning ved højtryksspuling*

Automatisk, off-press rensning af kammerrakler ved højtryksspuling indledes med, at farveværket stoppes. Kammerraklen tømmes for trykfarve ved passiv tilbageløb eller ved farvetilbageføringspumpen, afmonteres manuelt og anbringes i en separat kammerrakelvasker. Her startes vaskeprocessen, som forløber automatisk. Kammerraklen roteres langsomt samtidig med, at den spules med opvarmet rensningsvæske /71/. Se figur 5.20.



Figur 5.20

Off-press automatisk rensning af kammerrakel ved spuling med rensningsvæske

#### *5.2.2.5 Separat rensning af pumper og rør samt øvrige løsdele*

Pumper og rør renses som regel in-press, ved at de skylles med vand eventuelt iblandet et afvaskningsmiddel og eventuelt skrubbes med en børste. Dette gælder også farvebakken og raklen i enkeltrakelsystemer.

## Manuel in-press rensning af pumper og rør

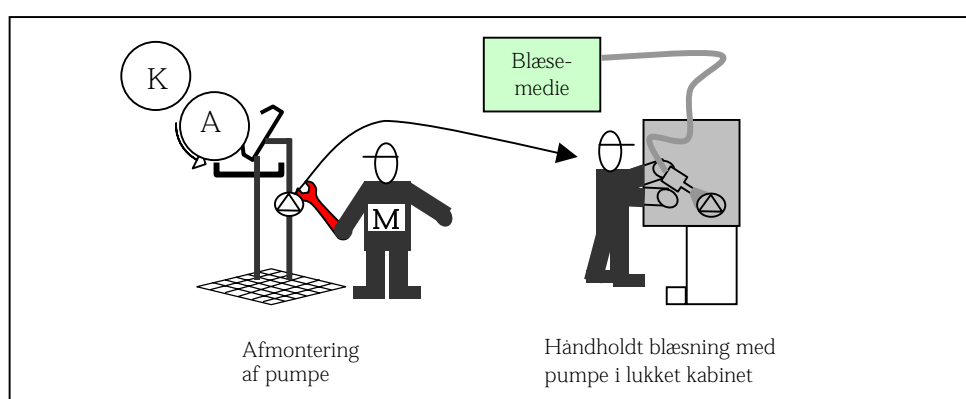
### Rengøring af studs

I de fleste tilfælde skal der laves en lille, manuel rengøring af den udvendige side af studsene på farvetilførings- og farvetilbageføringspumperne, og denne rengøring foregår med børste, afvaskningsmiddel/vand og skylning.

### Manuel off-press rensning af pumper samt løsdele

#### Rensning ved blæsning off-press

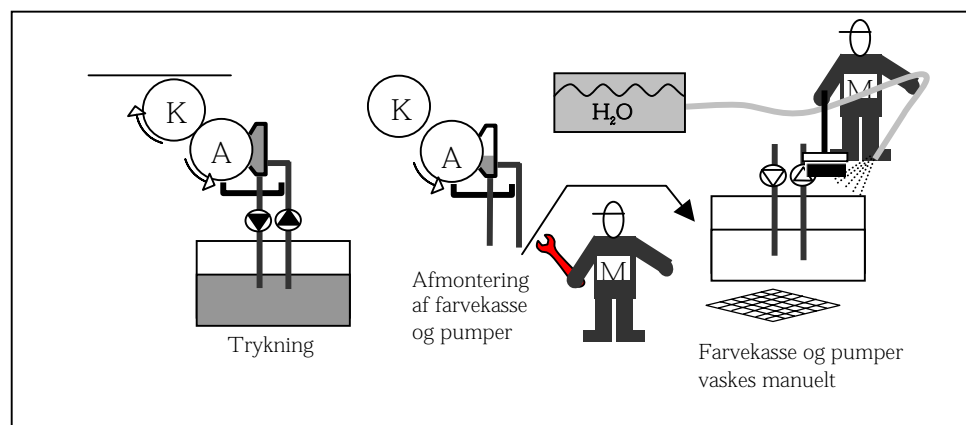
Den periodevise, manuelle, off-press rensning af pumper og løsdele kan foregå ved blæsning. Pumpen afmonteres og anbringes i blæsekabinettet som lukkes. Herefter anbringer operatøren hænderne i gummihandsker, som er monteret i huller i kabinettet, og benytter den håndholdte blæser i kabinettet til at rense pumpen. Se figur 5.21.



Figur 5.21  
Manuel rensning af pumpe ved blæsning i lukket handskekabinet

#### Rensning ved børstning off-press

Som omtalt i afsnit 5.2.2.1 eksisterer der et system, hvor farvekasse (påmonteret pumpe og eventuelt slangestykker) afmonteres farveværket, før dette gennemskylles. Farvekasser med pumper rengøres her typisk manuelt med vand (og eventuelt afvaskningsmiddel) og børste, hvis ikke samme farve skal bruges umiddelbart på et andet farveværk, se figur 5.22.



Figur 5.22  
Manuel off-press vask af pumper og farvekasse ved børstning

### *Øvrige renseteknikker for pumper, rør mm.*

Som beskrevet under afsnit 5.2.2.1 er automatisk, in-press rensning af pumper og rør oftest en integreret del af en komplet, automatiseret vaskeprocedure for farveværker. Der er så vidt vides ingen isolerede systemer til in-press vask af rør og pumper.

I øvrigt vil det være normalt, at farvekasser samt eventuelle, andre løsdele, så som skærme og slanger, vaskes manuelt med børste, vand og eventuelt afvaskningsmiddel.

### 5.3 Eksisterende afvaskningsanlæg

Udbuddet på verdensmarkedet af anlæg til afvaskning af flexotrykpresser efter brug af vandfortyndbar flexotrykfarve er relativt stort. Der eksisterer især to typer af producenter, der beskæftiger sig med afvaskningsanlæg.

Den ene type fremstiller vaskeudstyr, der kan anvendes til rengøring af separate dele og/eller monteres på eller eventuelt indbygges i forskellige flexotrykpresser. Her kan nævnes de tre danske virksomheder TRESU (bl.a. kammerrakelvaskemaskine), Flexowash (bl.a. separat alkalisk valseafrensning) og Accustrip Denmark (bl.a. "bagepulverblæseanlæg" til valser) samt de tre amerikanske firmaer FIT (dyseanlæg), Apex (bl.a. bagepulverblæseanlæg og højturbulent flush) og Harris & Bruno (bl.a. kammerrakel med hældning kombineret med flush skyl). Øvrige producenter fremgår af tabel B.3 i bilag B.

Den anden type - med visse overlap til den første type - fremstiller andet flexotrykudstyr (presser, kammerrakler), hvori de har indbygget vaskefunktion af eget fabrikat. Denne gruppe omfatter Harris & Bruno, FIT, Fischer & Krecke, Bobst, Windmüller & Hölcher og TRESU. Af disse producerer Fischer & Krecke, Bobst, Windmüller & Hölcher og TRESU egentlige flexotrykpresser.

Hertil kommer firmaer som f.eks. Göpfert, der "kun" fremstiller flexotrykpresser, men som standard selv indbygger afvaskningsanlæg fra udvalgte afvaskningsanlægsproducenter.

Kombinerede, indbyggede vaskesystemer er almindelige på store "nye" flexotrykkepresser til den daglige vask. Disse anlæg kan vaske hele farveværket, herunder aniloxvalsen og kammerraklen samt pumper og rør/slanger.

Der er på flexotrykkerier i dagens Danmark (2000) installeret omkring 40-50 egentlige større, integrerede, automatiske afvaskningsanlæg (dyseanlæg) til rensning af farveværker efter brug af vandfortyndbar flexotrykfarve. Øvrige farveværker skønnes at blive vasket ved simpel gennemskylning, heraf dog 5-10 automatisk (flush). Det vurderes endvidere, at i størrelsesordenen 10-20 separate vaskeanlæg (blæseanlæg) baseret på "bagepulverprincippet" er i funktion samt et ukendt, formodentligt lille antal anlæg baseret på "alkalisk bad vask" i kombination med ultralyd eller børster til vask af fortrinsvis aniloxvalser. Udbredelsen af vaskemaskiner til vask af klicheer vurderes at være meget begrænset.

Egentligt integrerede, automatiske afvaskningssystemer (dyse) til farveværker ligger i dag prismæssigt i området 500.000-1.000.000 kr. (1,5-6 m valser) Separate systemer såsom "bagepulverblæsekabinetter" ligger prismæssigt på

300.000 kr., mens "alkaliske bad"-systemer kombineret med ultralyd eller børster koster fra ca. 50.000 kr. (små valser  $\leq 0,5$  m) og op til 500.000 kr. (2,5 m valser) /62, 84/.

### 5.3.1 Karakteristika for eksisterende afvaskningsanlæg

I forbindelse med kortlægningen af status for afvaskning af vandfortyndbare flexotrykfarver er der skriftligt, telefonisk og personligt (bl.a. deltagelse i messe) indhentet oplysninger til karakterisering af de afvaskningsanlæg, der tilbydes på verdensmarkedet i dag. De emner, som er forsøgt afklaret, er angivet i bilag B, hvoraf nogle gennemgås nedenfor. Ud af de i alt ca. 15 producenter/leverandører (omfattende i alt godt 25 forskellige afvaskningssystemer) er det kun lykkedes at få detaljerede, miljørelevante oplysninger fra nogle få, det vil først og fremmest sige TRESU og Accustrip. Alle anlæg er karakteriseret i bilag B (tabel B.2) samt et enkelt (TRESU's pump unit) lidt mere detaljeret i tabel B.1. Sidstnævnte er endvidere yderligere beskrevet i bilag G (som forsøgsanlæg).

De eksisterende afvaskningsanlæg kan karakteriseres ved et antal egenskaber, bl.a.:

- In-press/off-press rensning
- Trykpressedele som anlægget kan vaske
- Vaskeprincip som anlægget anvender
- Manuelle trin
- Vaskefrekvens (daglig/periodevis rengøring)
- Anbefalet rensemedie (afvasker)
- Recirkulationsgrad og eventuelt genbrug af brugt rensemedie/skyllevand

#### *In-press/off-press rensning*

En vigtig karakteristika af vaskeanlægget er, om anlægget kan vaske trykpressedelen, mens den sidder på trykpressen, eller om delen først må afmonteres. På store trykpresser afmonterer man kun sjældent delene, bortset fra klicheen, og her er in-press rengøring derfor hovedreglen til den daglige rengøring. For små trykpresser (f.eks. etikettrykpresser) er det et mindre problem at fjerne delene for vask, og her findes derfor en lang række anlæg, der rengør delene off-press.

#### *Trykpressedele som anlægget kan vaske*

Der findes en del anlæg, som vasker det meste af farveværket, f.eks. aniloxvalser, kammerrakel, pumper, rør og slanger, i samme arbejdsang.

Herudover findes der en række anlæg, der er specialiserede til at vaske en enkelt eller få trykpressedele, og som kan være både in-press og off-press. Af in-press anlæg findes der anlæg til separat vask af monterede klicheer og aniloxvalser. Af off-press anlæg findes der anlæg til vask af alle dele, der let kan afmonteres, hvilket vil sige aniloxvalse (små), kammerrakel/farvebakke og klicheer samt pumper, farvekasser mm. Der findes dog også off-press anlæg til store (lange) aniloxvalser, der afmonteres sjældent (f.eks. én gang pr. år).

#### *Vaskeprincip som anlægget anvender*

En grundig oversigt over vaskeprincipper/-metoder er givet i afsnit 5.2, og de principper som anvendes i anlæg i dag er blæsning, højtryksspuling ved dyser, skrubning med børster og skylning, skylning uden mekanisk påvirkning,



ultral lyd og mikrovæskepartikler. Som det fremgår af tabel 5.1, anvendes ikke alle vaskeprincipper til alle trykpressedele.

#### *Vaskefrekvens (daglig/periodevis rengøring)*

Der er forskel på, om anlægget er bygget til daglig og/eller periodevis rengøring. F.eks. anvendes dysesystemer til farveværker/kammerrakler dagligt, mens stationære "bagepulverblæseanlæg" typisk anvendes periodevis på aniloxvalser.

#### *Anbefalet rensemedie*

Normen er, at der anvendes vand (eventuelt tilsat afvaskningsmidler - typisk alkaliske) til daglig rensning, mens også sure afvaskningsmidler og blæsemidler anvendes til den periodemæssige rensning af flexotrykpresseudstyr (primært aniloxvalser). En række producenter af renseudstyr tilbyder doseringsenheder til automatisk dosering af afvaskningsmiddel til vandet.

#### *Recirkulationsgrad og eventuelt genbrug af brugt rensemedie/skyllevand*

Kun i få in-press anlæg er der indbygget recirkulation af rensemedie, dvs. vand (to anlæg fra TRESU). I langt de fleste tilfælde går det én gang brugte vand direkte i sump/kloak. I de anlæg, hvor rensemediet fra in-press vask recirkuleres, sker det ved, at en del af rensemediet skylles igennem systemet nogle gange, hvorefter der skylles efter med rent vand. Alt brugt rensemedie og skyllevand ender i sump/kloak efter den enkelte vask.

I et enkelt, mobilt pumpe-/vaskeanlæg (TRESU) deles rengøringen op i en forvask og en eftervask, hvor det brugte rensemedie fra sidste eftervask gemmes og bruges til forvask i næste vask. Anlægget er beskrevet i bilag B.

Alkaliske bade til rengøring af aniloxvalser kan genbruges i størrelsesordenen 200 gange /62, 84/.

### 5.4 Eksisterende vandbehandlingsteknikker

I dette afsnit gennemgås kort de spildevandsteknologier, der vides at have en vis udbredelse i dag til rensning af skyllevand fra rengøring af flexotrykpresser, og som derfor forhandles kommercielt. Andre potentielle teknologier, som endnu ikke kan karakteriseres som veletablerede teknologier til behandling af spildevand af den aktuelle type, er beskrevet i bilag F og kapitel 8.

#### **5.4.1 Karakterisering af spildevand fra vandbaseret flexotryk**

Mængde og sammensætning af spildevandet fra vask/skyl af flexotrykpresser vil afhænge af en række forhold. Spildevandsmængden vil afhænge af hvilken procedure, der anvendes ved vask/skyl af trykpressen, og herunder især af, om der er gjort bestræbelser på at minimere spildevandsmængden gennem direkte genbrug under vaske-/skylleprocessen.

Spildevandssammensætningen afhænger af sammensætningen af de anvendte trykfarver og af de eventuelle afvaskningskemikalier, der tilsættes ved vaskeproceduren. Sammensætningen af trykfarver og afvaskningskemikalier er detaljeret beskrevet i kapitel 4.

I det følgende er kort beskrevet de overordnede karakteristika for spildevandet, der kan være af betydning for valg af teknologi til opnåelse af bestemte

vandkvalitetskriterier for det rensede vand; enten af hensyn til udlederkrav til offentlig kloak eller af hensyn til de kvalitetskrav, der stilles for recirkulering af vandet til produktionsprocessen.

#### 5.4.2 Partikulært stof

Spildevandet indeholder partikulært stof i form af pigmenter fra de udskyllede trykfarverester. Disse pigmenter er meget små, typisk i området 0.02-0.2  $\mu\text{m}$ , og lader sig kun i begrænset omfang fjerne ved traditionel filtrering eller bundfældning.

*Opløst/emulgeret stof.* Spildevandets indhold af opløste/emulgerede stoffer i vandfasen, udover det naturlige baggrundsindhold af salte, vil typisk udgøres af bindemidler, emulgatorer mm. fra trykfarverne samt eventuelle detergenter og organiske opløsningsmidler fra afvaskningskemikalier, som kan være anvendt ved rengøring af flexotrykpresserne. Herudover tyder erfaringer med ultrafiltrering af spildevand på, at der i spildevandet findes en lille fraktion af makromolekylært, bundet tungmetal, der ikke er partikulært bundet til et pigment.

De kvalitetskrav, der vedrører genbrug af skyllevandet, knytter sig især til opgradering af skyllevandet med hensyn til vandets restindhold af farve samt eventuelle stoffer, som ved recirkulering i vask/skyl processen kan opbygges i vandsystemet, f.eks. salte.

Ser vi derimod på anvendelsen af vandbehandlingsteknikker som "end of pipe" løsning, er det mulige miljøpåvirkningerne knyttet til de vandbaserede flexotrykfarverester i spildevandet, der er i fokus. Udover indholdet af specifikke, miljøfarlige stoffer (A- og B-stoffer, se kapitel 4) fokuseres meget på risiko for hæmning af processer i kommunale renseanlæg (nitrifikationshæmning) og trykfarvers indhold af tungmetaller, der ligeledes kan være problematiske for de kommunale renseanlæg i form af akkumulering i slammet, med deraf følgende vanskeligheder ved anvendelse på landbrugsjord.

Den mest følsomme proces i de kommunale renseanlæg er nitrifikationsprocessen, og der er derfor stillet vejledende krav til indholdet af nitrifikationshæmmende stoffer i spildevand, der udledes til offentlig kloak. Nærværende undersøgelse (se kapitel 6) og andre undersøgelser /94/ har vist, at urensset spildevand af den aktuelle type kan udvise betydende nitrifikationshæmmende effekt. Dette koblet med forekomsten af tungmetaller og andre miljøfarlige stoffer (A- og B-stoffer) nødvendiggør typisk en rensning af spildevandet inden udledning.

#### 5.4.3 Eksisterende vandbehandlingsteknikker

I det følgende beskrives to principielt forskellige teknologier til behandling af spildevandet. Begge teknologier har fundet udbredelse til rensning af spildevand fra flexotryk med vandfortyndbare trykfarver såvel i Danmark som i udlandet. Princippet i begge teknologier er en fjernelse af de partikulært (pigment) bundne forureningsstoffer. Ingen af teknologierne er særlig effektive til fjernelse af opløste stoffer, bortset fra at den ene teknologi (ultrafiltrering) også er i stand til at fjerne eventuelle, opløste makromolekyler.

*Kemisk/fysisk separation (fældning/flokkulering).* Pigmenterne i trykfarverne er meget små og af en sådan overfladekemisk beskaffenhed, at de ikke klumper

sammen. Det er derfor ikke muligt at fjerne hovedparten af pigmenterne ved simpel filtrering eller bundfældning. Ved at tilsætte visse kemikalier (koagulanter og flokkulanter) til spildevandet er der imidlertid mulighed for at ændre på dette forhold, og få pigmenterne til klumpe sig sammen i store flokke. De dannede flokke lader sig efterfølgende fjerne ved bundfældning, flotation eller ved filtrering. De grundlæggende virkningsmekanismer er en kobling mellem en fysisk sammenklumpning af pigmenterne og en indfangning af mindre partikler, undertiden understøttet af en kemisk fældning, afhængig af de valgte tilsætningskemikalier.

Et flow-diagram for en sådan proces er vist i figur 5.23. Spildevandet samles i en udligningstank, hvorfra det tilføres en behandlingstank forsynet med omrører. I behandlingstanken tilsættes diverse kemikalier til spildevandet, hvorved pigmenterne bringes til at samle sig i store flokke. Efterfølgende separeres flokkene fra vandfasen, enten ved bundfældning, flotation eller ved filtrering. Bundfældningen kan foregå i behandlingstanken selv (batch-proces) eller i en separat bundfældningstank (kontinuer proces), eventuelt forsynet med lameller. Flotation vil tilsvarende ske kontinuert i et separat flotationsanlæg. Til filtreringen kan anvendes forskelligt udstyr, eksempelvis båndfilter, roterende filter, posefilter eller sandfilter. Det rensede vand kan enten udledes eller recirkuleres til skyllevand.

Ved anvendelse af bundfældning eller flotation bør det dannede slam af hensyn til minimering af omkostningerne til slutdisponering opkoncentreres ved afvanding i filterpresse eller centrifuge, og eventuelt yderligere tørres, inden det slutdisponeres som kemikalieaffald. Ved filtreringsløsningerne med roterende filter, båndfilter eller posefilter er der som hovedregel ikke behov for slamopkoncentrering, hvorimod tørring af slammet stadig vil kunne være relevant.

Processen kan opbygges som kontinuert proces eller som batch-proces. Ved mindre vandmængder vil det ofte være en fordel at anvende en batch-proces, mens det ved større vandmængder vil kunne være en fordel at anvende et kontinuert drevet anlæg. Anlæggene er ofte forsynet med automatisk styring af de forskellige delprocesser.

Procesopbygningen, som beskrevet ovenfor og vist i figur 5.23, resulterer i en effektiv rensning for suspenderet stof dannet ved koagulering/flokkulering, mens rensningen for opløst stof er meget beskeden. Processens effektivitet afgøres primært af effektiviteten af koaguleringen/flokkuleringen af pigmenterne, idet den fysiske separering er en relativt ukompliceret proces, når først forureningskomponenterne er bragt på flokkuleret form. Det rensede vand vil som regel ikke kunne genbruges ved rensningen af trykpresserne.

Den traditionelle anlægsopbygning kan, som vist i figur 5.24, udbygges med et poleringstrin til opnåelse af yderligere forbedring af det rensede vands kvalitet. Poleringstrinnet kan eksempelvis være et aktivt kulfilter til fjernelse af restfarve og eventuelle tungmetaller. Ved anvendelse af et poleringstrin vil kvaliteten af det rensede vand kunne opgraderes således, at anvendelsesmulighederne ved recirkulering forbedres betydeligt, se figur 5.24.

På nogle anlæg i Danmark har der været observeret problemer med at overholde grænseværdierne for kobber i forbindelse med koagulering/flokkulering af spildevand indeholdende især blå og grønne pigmenter. I kapitel 8 og bilag F vurderes disse problemer i relation til den

anvendte teknik, og afhjælpningsmuligheder i form af ændrede rensningsteknologier vil blive præsenteret.

*Membranfiltrering.* En anden teknologi, der kan betegnes som etableret til rensning af spildevand fra flexotryk, er membranfiltrering ved ultrafiltrering. Teknologien anvendes dog i betydeligt mindre omfang end den oven for nævnte rensningsteknologi baseret på koagulering og flokkulering.

Et procesdiagram for et rensenanlæg baseret på ultrafiltrering er vist i figur 5.25. Spildevandet opsamles i en udligningstank, hvorfra det ledes til en mellemlagertank, der typisk batchvist fyldes fra udligningstanken. Mellemlagertanken fungerer som fødetank til membranlægget, hvor spildevandet filtreres gennem meget fine membraner, der tilbageholder (langt hovedparten af) spildevandets indhold af pigmenter. Membranlægget separerer således spildevandet i en rensset fraktion og et koncentrat. Den rensede fraktion ledes til offentlig kloak eller recirkuleres til genbrug ved rensning af trykpresserne eller til andre formål, hvor den opnåede vandkvalitet er tilfredsstillende. Koncentratet med højt indhold af farvepigmenter tilbageføres til mellemlagertanken, hvor der gennem en batch-behandling således sker en opkoncentrering. Når opkoncentreringen i mellemlagertanken har nået et passende niveau, aftappes koncentratet, eventuelt til yderligere opkoncentrering eller blot til en lagertank, hvorfra det slutdisponeres.

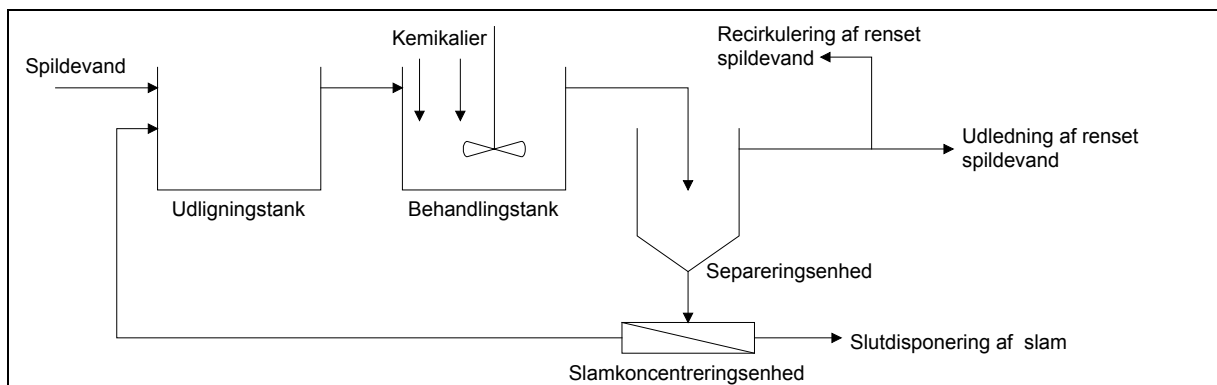
Membranfiltrering resulterer, som koagulering/flokkulering, i en effektiv rensning for partikulært stof og tilbageholder herudover også eventuelle, makromolekylære stoffer. Teknologien er endnu ikke så veletableret som koagulering/flokkulering, og det må tilrådes kun at benytte anlægsleverandører med tilsvarende referenceanlæg, da sammenhængen mellem de anvendte trykfarver og de hertil velegnede ultrafiltreringsmembraner ikke er alment tilgængelig viden.

Den ved rensningen opnåede vandkvalitet vil forventeligt være bedre end ved koagulering/flokkulering, og det rensede vand vil være velegnet til genbrug som skyllevand ved rensning af trykpresserne. Som ved den førstnævnte renseteknologi, kan der dog være tale om restfarve i det rensede vand, og der må eventuelt en polering med f.eks. aktivt kul til for at fjerne restfarven, så denne ikke udgør nogen begrænsning for vandets genanvendelsesmuligheder.

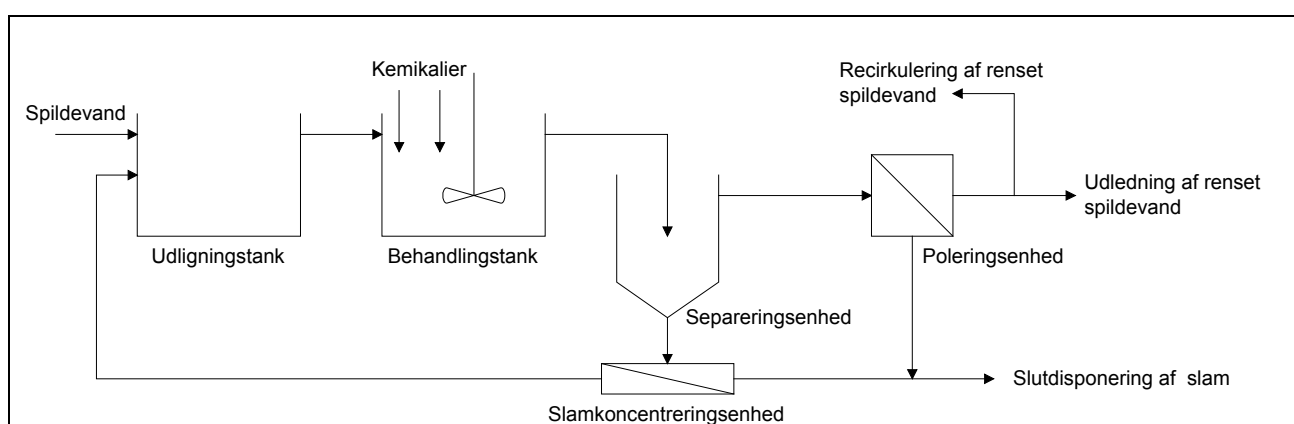
I lighed med de aktuelle forhold for visse fungerende flokkuleringsanlæg i Danmark er der observeret problemer med overholdelse af udlederkravværdier for kobber på membranfiltreringsanlæg.

For begge rensningsteknologier gælder, at både teknologiernes tekniske og økonomiske potentiale kan forbedres ved opkoncentrering af stofferne fra vask/skyl af trykpressen i en mindre vandmængde. Opkoncentrering kan opnås ved renere teknologi i form af direkte genbrug af vand i vaskeprocessen. Muligheden og potentialet for dette vil blive præsenteret i kapitel 8 og 9.

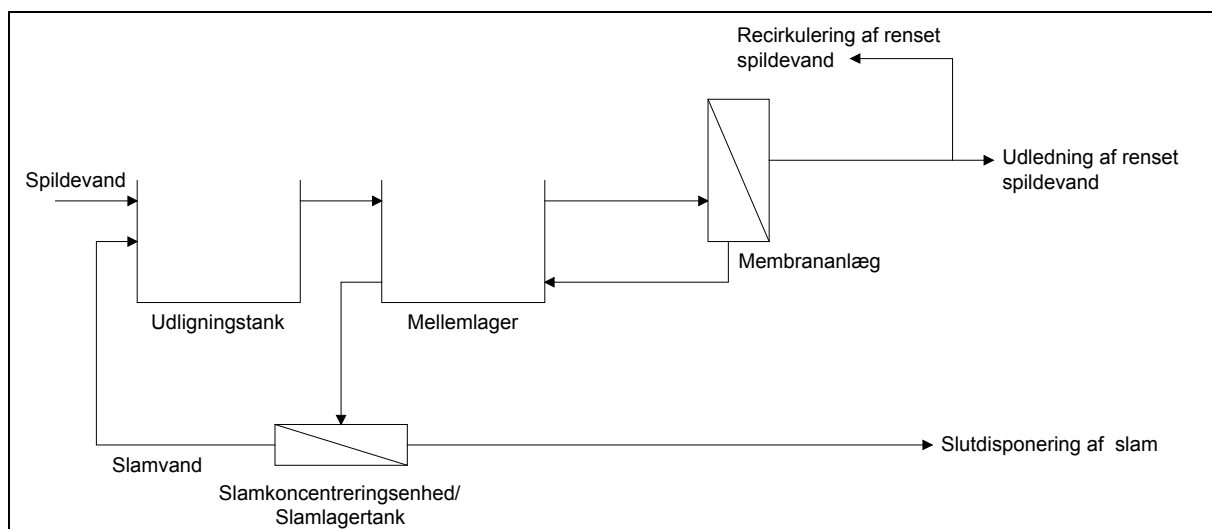
*Potentielle renseteknologier.* De beskrevne, to anvendte renseteknologier udgør basis for den helt overvejende del af de i praksis implementerede rensenanlæg. Herudover er der imidlertid flere teknologier repræsenteret, ligesom der, som følge af den gennem de senere år øgede fokus på udledning og genanvendelse af spildevandsstrømme i industrien, også sker en hastig udvikling inden for området. I kapitel 8 og bilag F er kort beskrevet nogle potentielle metoder, der forventes at kunne blive interessante inden for en kort årrække.



Figur 5.23  
 Generel opbygning af renselanlæg baseret på kemisk fældning af spildevandet



Figur 5.24  
 Generel opbygning af renselanlæg baseret på kemisk fældning og kombineret med en poleringsenhed for opnåelse af bedre kvalitet af det rensede vand



Figur 5.25  
 Procesdiagram for renselanlæg baseret på membranfiltrering (ultrafiltrering)

# 6 Udredningsundersøgelser på emballagestrykkerier

For at få indsigt i hvilke parametre (procesbetingelser), der ved afvaskning af flexotrykpresser efter anvendelse af vandfortyndbare farver, er styrende for den potentielle miljøbelastning, er der udført undersøgelser/registreringer på 6 flexografiske trykkerier. Det drejer sig om to emballagestrykkerier (trykkeri A og B), som trykker på bølgepap/liner, to der trykker på plastfilm (trykkeri C og F) og ét konvoluttrykkeri (trykkeri E) samt ét kartonagestrykkeri (trykkeri D). Af disse er der udført detaljerede undersøgelser på ét bølgepaptrykkeri (trykkeri A), mens der på de øvrige er indhentet oplysninger/data ved besøg og telefonisk/skriftlig kontakt. Alle trykkerierne er kort beskrevet i bilag C sammen med detaljerede beskrivelser af undersøgelserne og resultaterne. Hovedresultaterne af undersøgelsen gennemgås nedenstående.

## 6.1 Tryk på ikke sugende substrat

Anvendelsen af vandfortyndbare flexotrykfarver til tryk på ikke sugende substrat er, som det fremgår af bilag C, ikke særligt udbredt i branchen. Der er dog kørt flere forsøg på trykkerier, der trykker på fleksibel emballage. Et større trykkeri (virksomhed nr. 9 i /1/), som ikke har indgået direkte i dette projekt, kørte i starten af 90'erne forsøg med tryk på plastfilm men opgav på grund af problemer med afdampning af ammoniak fra farven (arbejds miljøproblem) samt for dårlig vandfasthed og dårlig trykbarhed. Trykkeri C, der ligeledes trykker på fleksibel emballage, opgav at bruge vandfortyndbare farver (udover lak og hvid farve) til tryk på plastfilm, fordi tryk kvaliteten ikke var god nok. Herudover gav brug af tværbinderen aziridin for høj viskositet. Trykkeriets vurdering er, at de vandfortyndbare flexotrykfarver endnu ikke har gode nok trykegenskaber (især bindemiddelsystem), og at der ikke er sket noget afgørende inden for de sidste 10 år. Kun trykkeri F anvender vandfortyndbare farver til tryk på plast i større omfang. At dette kan lade sig gøre skyldes ifølge trykkeriet, at kravet til tryk kvalitet på affaldssække ikke er særligt stort. Hvad angår tryk på sugende substrater, skal det endvidere anføres, at trykkeri E, der trykker på konvolutter, opgav at bruge vandfortyndbare flexotrykfarver til udvendigt tryk, fordi det gav striber. Trykkeriet anvender i stedet offsettryk til tryk på den udvendige side af konvolutter.

Yderligere skal anføres, at det generelle indtryk fra undersøgelserne på de seks virksomheder er, at de ikke kender størrelsen af deres farvespild, og at de ikke har planer om at indføre recirkulering af skyllevand.

## 6.2 funktionel enhed

Det er her valgt at betragte størrelsen af spild (emission) og af ressourceforbrug (herunder vand) ved den pågældende proces/teknik, som udtryk for størrelsen af potentiel miljøbelastning. Forbrug af ressourcer i form af energi (elforbrug) er kun medtaget i meget begrænset omfang, fordi det umiddelbart vurderet ikke betragtes som en væsentlig faktor teknikkerne i mellem. I kapitel 4 er de indgående rammevaskekemikaliers miljø- og sundhedsfarlighed vurderet, og en

samlet vurdering af proces/teknik og farlighed af kemikalierne fremgår af kapitel 7.

At kunne sammenligne ressourceforbrug/spild ved afvaskning 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, ydelsen) af processen.

Produktet fra selve flexotrykkeprocessen er et antal trykte enheder (tryksager, typisk emballage) med et vist areal og en vis masse. Umiddelbart vurderet ville det derfor være mest relevant at relatere den potentielle miljøbelastningen til det producerede areal (eller masse). Der er dog det problem, at den potentielle miljøbelastning i udpræget grad hænger sammen med farvespildet, som ikke er relateret til det samlede, producerede areal men til antallet af ordre/kørsler eller mere præcist antallet af afvaskninger. Farvespildet er endvidere afhængig af farveværkets konstruktion (herunder valse længde), og den potentielle miljøbelastning er desuden afhængig af bl.a. hvilken farvetype og eventuelt afvaskningsmiddel, der anvendes. "Produktet" af selve afvaskningen er et rent farveværk, og her kunne relateres til farveværkets indre overflade (dvs. den overflade der rengøres), hvilket dog vurderes som for kompliceret i nærværende projekt. Den potentielle miljøbelastning kunne også relateres til farveforbruget, men her ryger man ind i det problem, at det areal på trykemnet, der belægges med farve, er stærkt varierende - f.eks. under 1% ved visse tryk på bølgepap og 100% ved fuldtone tryk på konvolutter. Af ovenstående grunde vurderes det mest hensigtsmæssigt at relatere spild og ressourceforbrug til antal afvaskninger og hermed anvende gram spild eller gram ressourceforbrug pr. afvaskning som funktionel enhed. Andre opgørelsesmåder vil dog blive inddraget i begrænset omfang.

### 6.3 Betingelser for udredningsundersøgelser

Som det fremgår af bilag C, 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:

- farveværkets konstruktion
- teknik (afdrypningstid, manuel afskrabning af farvebakke)
- procestype (farvebakke, kammerrakel)
- kemikalier (rent vand versus afvaskningsmiddel)

I et enkelt tilfælde er den anvendte trykfarves viskositet målt, og her blev anvendt udløbsbæger. Trykfarvens viskositet er et udtryk for, hvor tyktflydende den er, se detaljeret beskrivelse i kapitel 8.

For at få en karakteristik af spildevandet fra de forskellige afvaskningsprocesser blev spildevandsprøver analyseret for pH, tørstof (TS), glødetab (GT), adsorberbart, organisk halogen (AOX), kemisk iltforbrug (COD), biokemisk iltforbrug ( $BOD_5$ ) og nitrifikationshæmning. Herudover blev der i nogle tilfælde analyseret for kobber og i få tilfælde desuden for bly, cadmium, kobolt, krom, nikkel, zink, barium, tin, arsen og kviksølv. Endvidere blev der i nogle få tilfælde analyseret for turbiditet og suspenderet stof. De

anvendte metoder mm. fremgår af bilag C. Parametrene er bl.a. udvalgt på baggrund af Miljøstyrelsens Spildevandsvejledning /21, 95/ kombineret med en vurdering af relevans over for spildevand fra afvaskning af flexotrykpresser.

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

Tørstof (TS): Medtaget som et generelt udtryk for spildevandets indhold af både uorganisk og organisk stof (excl. flygtige forbindelser). Er bl.a. brugt til at bestemme trykfarveindholdet i spildevandet herunder at estimere fortyndinger.

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

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. En meget væsentlig del af de hyppigst anvendte organiske pigmenter er klorerede /1/. Hyppigt anvendt ved kontrol af spildevandsafledning til offentlig kloak.

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. Hyppigt anvendt ved kontrol af spildevandsafledning til offentlig kloak.

Biokemisk iltforbrug ( $BOD_5$ ): Er en analysemetode til bestemmelse af prøvens biologiske iltforbrug. Prøven podes med husholdningsspildevand - 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 ( $COD/BOD_5$ -forholdet). Hvis forholdet er større end 3, er der grund til at have mistanke om tilstedeværelse af svært nedbrydelige/persistente stoffer i spildevandet /21, 95/. Anvendes i nogle tilfælde ved kontrol af spildevandsafledning til offentlig kloak.

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 eventuelt 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 renseanlæg. Hæmninger under 20% opfattes som ubetydelige, mens hæmninger over 50% er uacceptable /21, 95/.

Kobber indgår bl.a. i phthalocyaninblå og -grøn, og analyser for kobberindhold er i nogle tilfælde udført for at bestemme farveindhold i



vaskevand ved opstilling af massebalancer. Af de øvrige metaller kan i hvert fald barium indgå i anvendte pigmenter. Kobolt, krom, nikkel, zink, bly og cadmium kan indgå i pigmenter men næppe i de her anvendte. Disse metaller kan dog i lighed med tin, arsen og kviksølv forekomme som urenheder /4, 17, 96/.

Analysen for turbiditet ("uklarhed") og indhold af suspenderet stof er bl.a. udført af hensyn til at kunne vurdere muligheder for at behandle og recirkulere spildevandet. Ved analysen for suspenderet stof (egentlig suspenderet tørstof) medbestemmes kun partikler med en størrelse (diameter) over ca. 1,6  $\mu\text{m}$ , dvs. at typiske pigmenter (størrelse omkring 0,02-0,2  $\mu\text{m}$ ) og opløste stoffer, som f.eks. salte, ikke vil blive medbestemt.

Nedenstående er opdelt i afsnit vedrørende:

- Vask af farveværker (herunder aniloxvalser) (6.4-6.5)
- Manuel vask af kliché (6.6-6.7)
- Vandbehandling (6.8-6.9)
- Registrering af forbrug/emission på virksomhedsniveau (6.10)

Hver af disse processer/emner er herunder beskrevet med hensyn til bl.a. nøgletal for vand- og kemikalieforbrug/emission, og vaskevand/spildevand er karakteriseret.

Trykkeri A, hvor de detaljerede udredningsundersøgelser foregik, har to store flexotrykpresser med hver to farveværker. Den ene af de to store trykpresser er et ældre anlæg med åben farvebakke, mens den anden trykpresse er mere moderne med kammerrakel. Begge bliver benyttet til tryk på bølgepap. De to flexotrykpresser er anbragt side om side i samme hal ovenpå en sump, der er en rektangulær fordybning i betongulvet dækket af en rist. I indgangsenden af trykpresserne er der indfødningssystemer til automatisk indfødning af papark, mens der er stanse-/foldeværk og stablingsystemer i udgangsenden. I samme hal er der installeret et vandbehandlingsanlæg (flokkulering) til behandling af spildevand, der næsten udelukkende stammer fra vask af trykpresserne. Vandbehandlingsanlægget fødes med spildevand fra sumpen ved oppumpning.

#### 6.4 Nøgletal for vask af Farveværk (farvefremføringsystem)

Hovedresultaterne af undersøgelserne på to flexotrykpresser på trykkeri A fremgår af tabel 6.1. Da der her er tale om afvaskning af ikke flygtige vandfortyndbare flexotrykfarver med vand (eventuelt kombineret med ikke flygtigt afvaskningsmiddel), betragtes emission til luft som ubetydelig og vil ikke blive behandlet her. Da der heller ikke direkte genereres affald ved afvaskningen, vil dette emne kun blive behandlet under spildevandsbehandling, se afsnit 6.8.

Tabel 6.1  
Nøgletal for afvaskning af farveværker

Procestype	Farverest (spild) i system før vask (kg/afvask)	Forbrug af vand (kg/afvask)	Forbrug af afvasker (kg/afvask)
Manuel afvaskning af værk med åben farvebakke	2,8-5,9 (2,2-4,7)*	91-103 (koldt) (73-82)*	0
Automatisk vask af værk med kammerrakel	1,7-3,9	62-84 (varmt)	0,02

\* Normaliseret til samme længde som kammerrakel

#### 6.4.1 Farverest i system før vask

Som det fremgår af tabel 6.1, er der tilsyneladende en mindre forskel på den farverest, der står tilbage i farveværket efter udtømning af et system med åben farvebakke i forhold til et system med kammerrakel. Der kan således være op til godt en halv gang mere farverest i et åbent system. Forskellen er dog reelt større, idet der i det åbne system forekommer spild af trykfarveholdigt vaskevand direkte i sump (dvs. ikke som hovedparten via farvetilbageføringsstuds), og dette spild var det ikke muligt at opsamle og kvantificere. Den målte forskel udjævnes delvist, hvis farverestmængden pr. afvaskning normaliseres til samme valsebreddde (dvs. samme længde af kammerrakel og farvebakke). Det vurderes, at forskellen på de to systemers farverestmængder bl.a. skyldes, at der returpumpes, når farven tømmes af kammerrakelsystemet, mens farvebakken tømmes ved passiv tilbageløb (gravitation).

Udover den målte farverest, der står tilbage i systemet inden vask, og som typisk i dag spildes (ender i sumpen), kan der under trykning foregå et væsentligt spild på grund af f.eks. utætte endepakninger og overløb. Dette spild bliver forværret væsentligt, hvis systemet får lov at køre (farve pumpes rundt), efter at trykning er ophørt, men inden afvaskning foretages - f.eks. flere timer efter. Problemet er størst for systemet med farvebakke. Ud fra en visuel bedømmelse kan farvespildet herved blive forøget med en faktor 1,5-2, altså nå op på omkring 8-10 kg pr. afvaskning for det åbne system og omkring 6-8 kg for det lukkede. Denne vurdering støttes af resultaterne af kampagnen på trykkeri A, se nedenstående afsnit om egenregistrering (6.10).

Udover farvespildet blev mængde af farve, der er på systemet under kørsel (trykning), målt på de to trykpresser. På kammerrakelsystemet blev målt en mængde på max. 10-13 kg og på systemet med farvebakke max. 17-20 kg, når der i begge tilfælde er korrigeret for dødvolumen (residualvolumen). Ved dødvolumen forstås den mængde farve eller vand, der står tilbage i farveværket, når det er tørt (svarer til farvespildet), eller efter at det er skyllet med det sidste hold skyllevand (svarer til det vand der står i systemet, når der igen pumpes farve på).

#### 6.4.2 Forbrug af vand

Vandforbruget ved den manuelle afvaskning på systemet med åben farvebakke ligger på 91-103 liter, og normaliseres dette til samme valselængde som på kammerrakelsystemet, når det ned på 73-83 liter, der stort set ligger på niveau med forbruget på 68-70 liter målt på kammerrakelsystemet.

Det skal dog bemærkes, som det fremgår af afsnit 6.10.1, at der over et større antal afvaskninger er målt gennemsnitlige vandforbrug på op til 410 liter pr. afvaskning.

Det skal endvidere bemærkes, at afvaskningssystemet med kammerrakel i dette tilfælde benytter varmt vand (35°C), som kræver et ekstra energiforbrug på omkring 2-3 kWh pr. vask.

De fem øvrige trykkerier anvender alle koldt vand bortset fra trykkeri B, der kører forsøg med, at der skiftes mellem koldt og lunkent vand under afvaskningen.

### 6.4.3 Forbrug af afvaskningsmiddel

Det afvaskningsmiddel, der blev brugt ved afvaskning af kammerrakelsystemet, var af den tensidbaserede type (41b). Forbruget var meget lavt, kun 0,02 kg/afvaskning, hvilket hænger sammen med, at kun tilgangs- og afgangsstuds blev vasket med afvaskningsmiddel. Cirka en gang om ugen anvendes en større mængde til vask af hele systemet. Ved vask af farveværket med farvebakke blev der ikke anvendt afvasker, men resultater af registreringer i egenregistreringsperioden (se afsnit 6.10) viste, at der blev anvendt tensidbaseret afvasker i tre ud af fire afvaskninger. Forbruget ved disse afvaskninger, hvor en større mængde anvendes, kan, på baggrund af resultater fra egenregistreringen (se bilag C) og oplyst årligt forbrug, estimeres til i gennemsnit at udgøre ca. 400 g tensidbaseret afvasker pr. afvaskning, hvor tensidbaseret afvasker benyttes.

Trykkeri B, der ligeledes trykker på bølgepap (egentlig liner), anvender også tensidbaseret afvasker men ifølge egne oplysninger i tilsyneladende mindre omfang. Trykkeri C og F, der begge trykker på fleksibel emballage, anvender opløsningsmiddelbaseret afvasker i et vist omfang. Trykkeri D (kartonage) anvender kun rent vand, mens trykkeri E (konvolutter) anvender rent vand til at gennemskylle farveværker, men opløsningsmiddelbaseret afvasker til vask af farvekasser.

### 6.5 Karakterisering af spildevand fra afvaskning

I tabel 6.2 er vist resultaterne af analyser af vaskevand dels fra automatisk afvaskning af farveværk med kammerrakel og dels fra manuel afvaskning af farveværk med åben farvebakke. Herudover er vist analyseresultater af det anvendte, rene postevand samt den blå farve, der blev afvasket på de to flexotrykpresser.

Tabel 6.2  
Analyseresultater af vaskevand fra afvaskning af flexotrykpresser

Prøve	Fortyndningsfaktor *	Cu mg/L	pH	TS g/L	GT g/L	AOX µg/L	COD g O <sub>2</sub> /L	BOD <sub>5</sub> g O <sub>2</sub> /L	COD/-BOD <sub>5</sub>	Nitrif. hæmn. (200 mL) %	Nitrif. hæmn. (20 mL) %
Rent vaskevand	-	-	-	0,39	0,05	-	-	-	-	-	-
Brugt vaskev. (man., åben farvebakke)	19	343	7,9	23	15	940	41,3	2,13	19,4	?	10
Brugt vaskevand (aut., kammerrakel)	120	52,8	7,9	4,1	2,5	130	7,11	0,36	19,8	14	0
Blå trykfarve	0	4540	8,1	430	285		658	43	15,3	-	-

\* Fortyndningsfaktoren er beregnet på grundlag af tørstofmålingerne

### 6.5.1 Fortynding af farve

Fortyndingen med vand af den farve, der afvaskes, kan på grundlag af tørstofmålingerne af det rene vaskevand og det brugte, beregnes til 19 og 120 for henholdsvis den manuelle afvaskning og den automatiske. At der er omkring en faktor seks til forskel, hænger næsten udelukkende sammen med, at der under de givne forsøgsbetingelser (se bilag C) var en tilsvarende forskel i farverestmængden på de to systemer. Forskel i anvendt mængde skyllevand er af mindre betydning. Tørstofindhold er valgt som hovedparameter ved indirekte måling af trykfarveindhold i vand. At denne parameter er et pålideligt udtryk for trykfarveindholdet i vand, fremgår af målinger på fortyndningsrækker (standardkurver), som vist i bilag G.

### 6.5.2 Vaskevandets kobberindhold

Der er målt relativt høje kobberindhold i vaskevandet, hvilket afspejler, at der er afvasket blå farve, der givetvis er baseret på bl.a. phthalocyaninblå (Pigment Blå 15), som er kobberholdigt. Dette bekræftes af det målte kobberindhold i den rene farve (4.540 mg/L). Det mest anvendte, blå pigment (Pigment Blå 15:3) /1/ har et kobberindhold på 11% (vægt/vægt) /20/. Den målte mængde svarer derfor til et indhold af Pigment Blå 15:3 på i størrelsesordenen 4% i trykfarven. Det normale indhold af organisk pigment i bølgepapflexotrykfarver er 8-12% /1/. At der her estimeres et indhold på kun 4% skyldes sandsynligvis, at der er tale om en speciel blå nuance, hvor andre ikke kobberholdige, organiske pigmenter indgår.

### 6.5.3 Vaskevandets pH

At vaskevandets pH i begge tilfælde ligger på 7,9 afspejler, at der er tale om mere eller mindre stærkt fortyndet, basisk trykfarve med en oprindelig pH-værdi på 8,1.

### 6.5.4 Tørstof (TS) og glødetab (GT) i vaskevandet

De målte tørstofindhold i de to vaskevandsprøver (23 g/L og 4,1 g/L) vurderes altovervejende at stamme fra pigment og bindemiddelindholdet i den afvaskede farve. At kun trykfarve bidrager bekræftes af, at glødetabet i både vaskevandsprøver og trykfarve udgør 63-66%. At glødetabet, der er et groft udtryk for indholdet af organisk stof, "kun" udgør disse 63-66% af tørstofindholdet, vurderes primært at hænge sammen med, at trykfarven typisk indeholder en del uorganiske fyldstoffer (f.eks. kaolin og titandioxid) samt i mindre omfang kobberindholdet.

### 6.5.5 AOX i vaskevandet

Der blev målt AOX-indhold på 130 µg/L og 940 µg/L i vaskevandet fra vask af henholdsvis farveværket med åben farvebakke og kammerrakelsystemet. Den eneste betydende bidragsyder til AOX (dvs. halogenerede, organiske forbindelser) i vaskevandet vurderes at være pigmenter i trykfarven. Det skal her bemærkes, at det hyppigst anvendte blå pigment, Pigment Blå 15, findes i flere nuancer, hvoraf nogle er klorerede /17/.

### 6.5.6 COD, BOD<sub>5</sub> og COD/BOD<sub>5</sub>-forhold i vaskevand

COD-indholdet, der er et indirekte udtryk for indholdet af organisk stof, blev, som det fremgår af tabel 6.2, målt til 7,11 g/L og 41,3 g/L. Disse tal vurderes i lighed med de målte glødetab at afspejle indholdet af især bindemiddel og organisk pigment. BOD<sub>5</sub> blev målt til 0,36 g/L og 2,13 g/L og er et indirekte udtryk for den del af det tilstedeværende organiske stof, der under standardiserede betingelser nedbrydes på 5 dage. Som det ses i tabel 6.2 er COD/BOD<sub>5</sub>-forholdet for begge vaskevandsprøver omkring 20 - dvs. at kun omkring 5% af den tilstedeværende trykfarves organiske indhold nedbrydes forholdsvis let. Det drejer sig her sandsynligvis især om organiske opløsningsmidler (alkoholer) og forsæbningsmidler (aminer). Hvad angår de resterende 95%, dvs. forholdsvis svært nedbrydelige (eventuelt persistente) stoffer, er der tale om især bindemidler og pigmenter. At der tilsyneladende er lidt mere forholdsvis let nedbrydeligt, organisk stof i den rene trykfarve (COD/BOD<sub>5</sub> ca. 15, svarer til 6-7%) end i vaskevandsprøverne, kan bl.a. hænge sammen med, at indholdet af forholdsvis flygtige stoffer (alkoholer og aminer) er lidt højere i den rene "ikke brugte" trykfarve.

### 6.5.7 Vaskevandets nitrifikationshæmning

Som det fremgår af tabel 6.2, kunne der kun konstateres en signifikant, men ubetydelig nitrifikationshæmning (14%) i vaskevandet fra vask af farveværket med kammerakel, hvor fortyndingen af trykfarven er estimeret til 120 gange. Hvad angår vaskevandet fra vask af farveværket med åben farvebakke, hvor den estimerede fortynding af trykfarven kun er 19 gange, kunne prøven af analysetekniske grunde desværre ikke testes ved den foreskrevne procedure (200 mL, i henhold til Spildevandsvejledningen /21, 95/). Prøven blev dog testet efter 10 ganges fortynding med vand (udført i laboratorium, 20 mL) og her kunne der lige netop konstateres en ubetydelig, signifikant hæmning (10%).

## 6.6 Nøgletal for vask af klicheer

Hovedresultaterne af undersøgelserne af klichevask på trykkeri A fremgår af tabel 6.3. Da der her afvaskes med vand og ikke-flygtigt afvaskningsmiddel, betragtes emission til luft som ubetydelig og vil ikke blive behandlet her. Da der heller ikke direkte genereres affald ved afvaskningen, vil dette emne kun blive behandlet under vandbehandling, se afsnit 6.8.

Tabel 6.3  
Nøgletal for manuel klichevask

Ressource	Enhed	Forbrug	Til vand (sump)	Enhed	Forbrug	Til vand (sump)
Tensidbaseret afvasker	g/vask	65-67	65-67	g/m <sup>2</sup> kliché	850-1.100	850-1.100
Vand	L/vask	5,2-5,9	5,2-5,9	L/m <sup>2</sup> kliché	92-100	92-100
Trykfarverest på kliché	g/vask	-	10	g/m <sup>2</sup> kliché	-	170

### 6.6.1 Forbrug af afvaskningsmiddel

Som det fremgår af tabel 6.3, er der kun målt på manuel klichevask, som er den langt hyppigste måde at afvaske klicheer på off-press. Forbruget blev målt til 65-67 gram detergentbaseret afvasker (41b) pr. afvaskning af klicheer.

Aktivt stofindhold i den anvendte afvasker udgjorde i området 20-50%. Beregnes nøgletallet på grundlag af det afvaskede klicheareal fås et forbrug på 850-1.100 gram pr. kvadratmeter. Det er i princippet kun dette areal, der påføres afvasker, dog smøres der i variende omfang udover på det tilstødende bæreladeareal. Beregnes forbruget på baggrund af bæreladearealet (selve klicheen med ophøjede trykbærende partier er limet på bæreladen af plast), kan forbruget af afvasker angives som 53 g pr. kvadratmeter bærelade. Det skal dog bemærkes, at hovedparten af forbruget vurderes at skyldes afløb/afdrypning af afvasker fra børsten under påføring i starten af processen. Den mængde afvasker, der løber af, går direkte i sumpen. Farverest på klicheerne før vask er estimeret til at udgøre omkring 10 gram pr. kliché ved den aktuelle afvaskning eller omkring 170 gram pr. kvadratmeter kliché.

Forbruget på 850-1.100 gram afvasker pr. kvadratmeter klicheareal er 3-4 gange højere end forbruget af tilsvarende afvaskninger ved rammevask inden for serigrafisk (vask af en anden type trykform), hvor der dog typisk afvaskes en mindre mængde farve ( $5-12 \text{ g/m}^2$ ) /3/. Tages der højde for aktivt stofindhold, kommer forbruget ved klichevask dog ned på niveau med forbruget ved manuel rammevask uden recirkulation af afvasker.

For de i undersøgelsen indgående klicheer blev det skønnet, at de ophøjede partier på klicheerne (dvs. det areal der er trykfarvebærende) udgjorde 50% af klicheens samlede areal. Det samlede klicheareal blev udmålt til at udgøre 1-2% af bæreladearealet. Ved de ordrer, hvor klicheerne blev anvendt, blev der kun farvebelagt 2-3% af tryknetts (bølgepappets) areal (én side). At kun en lille del af bølgepappets areal farvebelægges, vurderes som typisk for virksomhed A. Det kan f.eks. dreje sig om et lille sort genbrugsmærke på siden af en papkasse.

### 6.6.2 Forbrug af vand

Vandforbruget ved manuel afvaskning af klicheer er målt til 5,2-5,9 liter pr. afvaskning svarende til 92-100 liter pr. kvadratmeter klicheareal. Dette forbrug må vurderes som meget højt. Da operatøren imidlertid spuler hele bæreladearealet (er mere eller mindre tilsmudset), er det mere rimeligt at beregne nøgletallet på grundlag af bæreladearealet. Gøres dette, svarer vandforbruget til ca. 4,2-4,8 liter pr. kvadratmeter bæreladeareal. Dette forbrug er sammenligneligt med forbruget af vand ved manuel afvaskning af serigrafirammer efter brug af vandfortyndbare farver, der ligger på omkring 5 liter pr. kvadratmeter /3/.

### 6.7 Karakterisering af spildevand fra klichevask

I tabel 6.4 er vist resultaterne af analyser af vaskevand fra klichevask med en detergentbaseret afvasker.

Tabel 6.4  
Analyseresultater af vaskevand fra afvaskning af klicheer

Prøve	Fortyndingsfaktor	pH	TS g/L	GT g/L	AOX µg/L	COD g O <sub>2</sub> /L	BOD <sub>5</sub> g O <sub>2</sub> /L	COD/BOD <sub>5</sub>	Nitrif. hæmn. (200 mL) %	Nitrif. hæmn. (20 mL) %
Rent vaskevand	-	-	0,39	0,05	-	-	-	-	-	-
Brugt klichevaskevand	190 *	8,3	1,5	0,91	1.500	4,1	2,0	2,0	50	10

Detergentbaseret afvasker	0	9,7	74	61	-	-	-	2,0	51 **	< 10 **
Rød trykfarve	0	7,9	410	310	820.000	-	-	-	-	-

\* Fortyndningsfaktor for den tensidbaserede afvasker, beregnet på grundlag af tørstofmålingerne

\*\* Fortyndet 60 gange med vand.

### 6.7.1 Fortynding af afvasker

Fortyndingen med vand af den brugte, tensidbaserede afvasker er baseret på tørstofmålingerne. Den andrager omkring 190 gange, når der korrigeres for bidrag af tørstof fra farven, der afvaskes. Fortyndingen af den røde trykfarve kan ud fra AOX-målingene estimeres til 500-600 gange.

### 6.7.2 Klichevaskevandets pH

Vaskevandets pH er, som det fremgår af tabel 6.4, svagt basisk, dvs. 8,3. Dette skyldes givetvis, at den anvendte, tensidbaserede afvasker er stærkt basisk.

### 6.7.3 Tørstof (TS) og glødetab (GT) i klichevaskevand

Til vaskevandets tørstofindhold bidrager både den afvaskede farverest samt den tensidbaserede afvasker. Baseret på AOX-målingerne kan det estimeres, at trykfarveresten bidrager med 0,73 g TS/L, dvs. ca. 65% af de målte 1,5 g TS/L, når det rene vands tørstofindhold (0,39 g TS/L) trækkes fra. Afvaskeren bidrager altså med det resterende, dvs. ca. 35% svarende til 0,38 g TS/L. Glødetabet i vaskevandet (0,91 g/L) udgør ca. 77% af tørstofindholdet (der ses bort fra bidrag fra det rene vand) og er en kombination af bidrag fra afvaskeren, relativt glødetab 82%, og bidrag fra trykfarven med et relativt glødetab på 76%.

### 6.7.4 AOX i klichevaskevand

AOX-indholdet i vaskevandet er målt til 1.500 µg/L. Det vurderes udelukkende at stamme fra den afvaskede trykfarve, der, som det fremgår af tabel 6.4, indeholder AOX i en mængde på 820.000 µg/L. Flere af de røde pigmenter, der anvendes i bølgepapflexotrykfarver, f.eks. Pigment Rød 53 og Pigment Rød 112 /1/, er klorerede /17/.

### 6.7.5 COD, BOD<sub>5</sub> og COD/BOD<sub>5</sub>-forhold i klichevaskevand

Den målte COD-værdi på 4,1 g/L i vaskevandet afspejler bidraget af organisk stof fra afvaskeren og trykfarven. Som det fremgår af den målte BOD<sub>5</sub>-værdi og COD/BOD<sub>5</sub>-forholdet, nedbrydes halvdelen af dette stof relativt nemt. Dette hænger givetvis sammen med, at det væsentlige bidrag af organisk stof fra den tensidbaserede afvasker består af let nedbrydelige stoffer i modsætning til bidraget fra trykfarven, der er domineret af svært nedbrydelige stoffer i form af bindemidler og pigmenter.

### 6.7.6 Vaskevandets nitrifikationshæmning

Som det fremgår af tabel 6.4, er der i vaskevandet målt en nitrifikationshæmning på 50%. Det vurderes, at hæmningen skal tilskrives tilstedeværelsen af den tensidbaserede afvasker. Den estimerede fortynding af afvaskeren er 190 gange, og som det ses af tabellen, hæmmer den rene

afvasker godt 51% i en 60 ganges fortynding. Selvom den altså er ca. tre gange mere fortyndet i vaskevandsprøven, vurderes det som sandsynligt, at den stadig kan hæmme kraftigt. Hvis den fortyndes 600 gange ( $60 \cdot 10$ ), forsvinder hæmningen dog, som det fremgår af måleværdien i tabel 6.4 ( $< 10\%$  for nitrifikationshæmning (20 mL)). Til gengæld vurderes det som usandsynligt, at den røde trykfarve bidrager betydende til nitrifikationshæmningen i vaskevandet, idet den estimerede fortynding udgør 500-600 gange, og fordi de fem trykfarver, der er målt hæmning på (se bilag C og bilag G), ikke udviser hæmning i så kraftige vandige fortyndinger, som der her er tale om.

### 6.7.7 Tungmetalindhold i klichevaskevand

Vaskevandet fra klichevask blev screenet for tungmetallerne kobber, bly, cadmium, krom, nikkel, zink, kobolt, barium, tin, kviksølv og arsen. Kun zink blev konstateret og det i en koncentration på 1 mg/L. Denne koncentration er ubetydelig lav og fundet kan bl.a. skyldes afsmitning fra zinkholdige metaloverflader og urenheder i pigmenterne i den røde farve.

### 6.8 Nøgletal for vandbehandlingsanlæg

Ved rundspørge til en række trykkerier i branchen (ca. 24) er de anvendte teknologier til behandling af spildevand identificeret. Af de adspurgte trykkerier fordeler de anvendte rensningsteknologier sig som:

- 7-8 afleder skyllevand direkte til kloakken, af disse udfører 3 dog simpel bundfældning
- 5 har kemisk behandling i form af koagulering/flokkulering inden afledning til kloak
- 1-2 anlæg behandler spildevandet med membranfiltrering inden afledning
- 1 anlæg anvender inddampning af vaskevandet
- 1 anlæg afleverer vaskevandet som kemikalieaffald til Kommunekemi
- 1 anlæg sprøjter vaskevandet ind i papmakulatur, der bortskaffes som brændbart affald

I branchen er der således stor spredning på graden af anvendt teknologi til behandling af vaskevandet. Internationalt er den dominerende teknologi kemisk behandling i form af koagulering/flokkulering inden afledning til kloak.

Der er udført målinger på et koagulerings-/flokkuleringsanlæg på trykkeri A. Anlægget er detaljeret beskrevet i bilag C. I tabel 6.5 er gengivet nøgletal for anlægget.

Tabel 6.5  
Massebalance for flokkuleringsanlæg på trykkeri A (nøgletal pr. kubikmeter spildevand)

Ressource	Enhed	Input	Output			
			Total	Til vand	Til luft	Fast affald
Trykfarve	kg TS/m <sup>3</sup>	13	13	0,2	≈ 0	13
Vand	L/m <sup>3</sup>	986	986	896	≈ 0	90
Tensidbaseret afvasker	kg/m <sup>3</sup>	1,4	1,4	1,4	≈ 0	0
Flokkuleringsmidler	kg TS/m <sup>3</sup>	4,9	4,9	1,9	≈ 0	3
Håndsæbe	kg/m <sup>3</sup>	< 0,05	<0,05	?	≈ 0	?



Massebalancen i tabel 6.5 er baseret på målinger foretaget på trykkeri A over 8 arbejdsdage, hvor der i gennemsnit dagligt blev behandlet 1.225 liter spildevand svarende til 3,5 batches à 350 liter. 1 m<sup>3</sup> spildevand gav ved tilsætning af ca. 22 kg flokkuleringskemikalier ca. 100 kg drænet slam svarende til 16 kg TS.

Som det fremgår af tabel 6.5, dominerer tørstof fra trykfarve (13 kg TS/m<sup>3</sup>, der ses bort fra vand) i det genererede slam (fast affald). Til gengæld vurderes den tensidbaserede afvasker at være dominerende (der ses bort fra flokkuleringsmiddel) i det rensede spildevand.

## 6.9 Karakterisering af samlet spildevand fra vandbehandlingsanlæg

Renseanlæggets renseseffektivitet over for en række parametre blev analyseret ved samhörende målinger af spildevandet før og efter renselanlægget. Resultaterne er gengivet i tabel 6.6.

Tabel 6.6  
Resultater af spildevandsmålinger før og efter vandbehandlingsanlæg på trykkeri A

Parameter → Prøve ↓	pH	TS g/kg	GT g/kg TS	AOX µg/L	COD mg O <sub>2</sub> /L	BOD <sub>5</sub> mg O <sub>2</sub> /L	COD/ BOD <sub>5</sub>	Nitrif. hæmn. (200 mL) %	Nitrif. hæmn. (20 mL) %
Før rensanlæg	8,0	12	940	26.000	30.000	940	32	29	<10
Efter rensanlæg	8,8	3,7	>120	450	3.600	990	3,7	25	<10
Rent vand	-	0,39	0,05	-	-	-	-	-	-

Ud over de i tabel 6.6.angivne parametre blev der bl.a. målt for indhold af metaller (Cu, Pb, Cd, Cr, Ni, Zn, Co, Ba, Sn, Hg og As) før og efter renselanlæg. I spildevandet før renselanlæg blev der kun konstateret indhold af kobber (Cu), krom (Cr) og zink (Zn) i koncentrationer på henholdsvis 8,6 mg Cu/L, 0,07 mg Cr/L og 1 mg Zn/L. I det rensede vand var alle tre koncentrationer reduceret til under detektionsgrænsen.

Af måleværdierne kan udledes en række konklusioner på den anvendte teknologi:

- Der foregår en væsentlig fjernelse af organisk stof i form af pigmenter og bindemidler. Dette ses dels i væsentlig reduktion af AOX-forbindelser og COD samt glødetab.
- Der sker ingen fjernelse af lavmolekylære, organiske forbindelser i form af BOD<sub>5</sub>.
- Der sker ingen reduktion af den nitrifikationshæmmende effekt. Dette tyder på, at nitrifikationshæmningen stammer fra lavmolekylært, organisk stof.
- Rest-COD i spildevandet er stadig betragtelig, og en væsentlig del er stadig givetvis svært nedbrydelige stoffer (stadig relativt højt COD/BOD<sub>5</sub>-forhold).
- Der sker en reduktion i metalindhold til under detektionsgrænsen.

Sammefattende kan det vurderes, at den anvendte teknologi resulterer i en væsentlig mængde fast affald, som må slutdisponeres til Kommunekemi i

form af kemikalieaffald. Samtidig er spildevandet stadig moderat nitrifikationshæmmende og betydeligt belastet med organisk stof, hvoraf en del muligvis er svært nedbrydeligt.

## 6.10 Egenregistrering på bølgepap emballagestrykkeri

På trykkeri A blev der i en periode på knap en måned udført egenregistrering. En gruppe relevante medarbejdere (trykkere m.fl.) på virksomheden registrerede forbrug af sort farve og antal afvaskninger på de to tidligere omtalte trykpresser, dvs. én med kammerrakel og dyseafvaskningssystem, og én med åben farvebakke. Forbruget af tensidbaseret afvasker samt vandforbrug blev bestemt af DHI - Institut for Vand og Miljø. Samtlige ordresedler benyttet i perioden med oplysninger om bl.a. anvendt trykfarve og areal bølgepap blev udleveret til DHI - Institut for Vand og Miljø. Herudover gennemførte operatøren på virksomhedens vandbehandlingsanlæg (se forrige afsnit) en registrering af antal kørsler (batches) på anlægget. Alle disse registreringer kan, når de sammenholdes med virksomhedens oplysninger om årligt forbrug og de ovenfor beskrevne proces- og spildevandsmålinger, bruges til at opstille nøgletal og massebalancer for virksomheden. En detaljeret beskrivelse af egenregistreringen og dens resultater findes i bilag C, og nedenstående er hovedresultaterne beskrevet.

### 6.10.1 Nøgletal for de to trykpresser

Nøgletal for de to trykpresser med hver to farveværker er vist i nedenstående tabeller. Tal for trykpressen med kammerrakel er vist i tabel 6.7.

Tabel 6.7  
Nøgletal for trykpresse med kammerrakel

Nøgletal	Enhed	Værdi
Produceret areal bølgepap pr. afvaskning	m <sup>2</sup> /afvask	3.500
Antal afvaskninger pr. arbejdsdag	afvask/dag	2,33
Antal afvaskninger pr. ordre	afvask/ordre	0,42
Vandforbrug pr. afvaskning	L/afvask	410
Vandforbrug pr. arbejdsdag	L/dag	960
Forbrug af tensidbaseret afvasker pr. daglig vask	g/dag	20
Forbrug af tensidbaseret afvasker pr. ugentlig vask	g/uge	400 *

\* Tallet er skønnet

Som det fremgår af tabel 6.7, produceres der altså ca. 3.500 m<sup>2</sup> bølgepap med tryk for hver vask, der foretages på flexotrykpressen med kammerrakel. Der udføres to og en trediedel afvaskning pr. dag svarende til, at der køres godt to ordrer ( $1/0,42 = 2,4$ ) for hver afvaskning. Vandforbruget er overraskende højt, dvs. 410 liter pr. afvaskning. Som tidligere omtalt, se afsnit 6.4, bruges kun 20 g tensidbaseret afvasker ved den daglige vask, mens der én gang ugentligt foretages en afvaskning, hvor en større mængde indgår, skønnet til omkring 400 g pr. afvaskning.

Den ældre trykpresse med åben farvebakke udviser lidt anderledes nøgletal, se tabel 6.8.

Tabel 6.8  
Nøgletal for trykpresse med åben farvebakke

Nøgletal	Enhed	Værdi
Produceret areal bølgepap pr. afvaskning	m <sup>2</sup> /afvask	2.300
Antal afvaskninger pr. arbejdsdag	afvask/dag	1,64
Antal afvaskninger pr. ordre	afvask/ordre	0,25
Vandforbrug pr. afvaskning	L/afvask	300
Vandforbrug pr. arbejdsdag	L/dag	490
Forbrug af tensidbaseret afvasker ved hver fjerde afvaskning	g/afvask	0
Forbrug af tensidbaseret afvasker ved tre ud af fire afvaskninger	g/afvask	400 *

\* Tallet er skønnet

Som det ses i tabel 6.8, producerer trykpressen med åben farvebakke mindre pr. afvaskning (2.300 m<sup>2</sup>) end pressen med kammerrakel. Til gengæld udføres færre afvaskninger pr. dag (1,64) og pr. ordre (0,25). Normaliseres antal afvaskninger og vandforbrug til samme producerede areal som på pressen med kammerrakel, kommer disse nøgletal til at ligge på niveau med nøgletallene for pressen med kammerrakel. Årsagen, til at der foretages færre afvaskninger pr. ordre på pressen med åben farvebakke, er sandsynligvis, at der fortrinsvist trykkes med sort farve på denne, og at antallet af farveskift og hermed afvaskninger herved mindskes. Vandforbruget er også her overraskende højt men inkluderer forbrug til klichevask. Hvis det antages, at der pr. ordre udføres én klichevask med et vandforbrug på ca. 5,5 liter fås, da virksomheden udfører ca. 2,9 ordrer pr. afvaskning (se bilag C), et forbrug til klichevask på ca. 16 liter pr. afvaskning. Forbruget af vand til klichevask udgør altså kun skønnet omkring 5% af de i tabel 6.8 anførte 300 liter pr. vask. Forbruget af tensidbaseret afvasker er væsentlig højere end på pressen med kammerrakel, idet der bruges afvasker i tre ud af fire afvaskninger i en skønnet mængde på omkring 400 g pr. afvaskning, hvor afvasker anvendes.

Procesvandforbruget til afvaskning på de to trykpresser (henholdsvis 410 liter pr. afvaskning og 300 liter pr. afvaskning) i egenregistreringsperioden ligger altså minimum en faktor 3-5 over de målte vandforbrug under udredningsforsøgene (henholdsvis max. 84 liter pr. afvaskning og max. 103 liter pr. afvaskning). At der ikke er tale om fejlvisning eller fejlaflysning af vandure bekræftes af massebalancen på vandbehandlingsanlægget (se afsnit 6.6.2), der kun afviger godt 20%. En anden forklaring kunne være, at der er registreret for få afvaskninger. Dette vurderes dog som usandsynligt, da det registrerede antal afvaskninger (4 pr. dag) stemmer godt overens med de af undersøgelserne uafhængige oplysninger fra virksomhedens ledelse, og fordi der ved gennemgang af alle ordresedler og registreringer ikke er noget, der tyder på, at afvaskninger fejlagtigt ikke er blevet registreret. Den mest sandsynlige forklaring vurderes at være, at når der, som observeret i nogle tilfælde, har forekommet læk af farve (på grund af utætte pakninger mm.), anvendes væsentlige mængder af vand til at spule opsamlingsbakke, skærme mv. rene under især "slutafvaskning" ved fyraften.

Estimer af vandforbruget på virksomhed B giver endvidere 500-900 liter pr. afvaskning, som hermed støtter, at vandforbruget ved afvaskning af farveværker med de pågældende teknikker er højt.

Ud fra ordresedler mv. kan det beregnes, at næsten halvdelen af kørslerne (svarer nogenlunde til halvdelen af ordrene) på de to trykpresser foregår uden brug af farve (kun stansning). Af kørsler med farve dominerer tryk med

sort (30%), blå (26%) og rød farve (24%), der i alt bruges ved ca. 80% af kørslerne.

Kendetegnende for produktionen er endvidere også, at ud af 72 registrerede trykpgaver blev der kun anvendt to farveværker samtidigt i ét tilfælde. I de 71 andre tilfælde blev der kun trykt med én farve.

Forbruget af sort farve blev registreret på de to trykpresser i egenregistreringsperioden. På baggrund heraf kan nøgletal for de to trykpresser opstilles. Da farveforbruget sandsynligvis fejlagtigt er registreret for lavt (se bilag C), er det valgt her at vise de korrigerede, gennemsnitlige nøgletal i nedenstående tabel 6.9.

Tabel 6.9  
Gennemsnitlige nøgletal for kørsler med sort farve på de to trykpresser

Nøgletal	Enhed	Gennemsnit
Forbrug af sort farve pr. kørsel	L/kørsel	6,3
Forbrug af sort farve pr. afvaskning	L/afvask	8,6
Forbrug af sort farve pr. trykt areal	L/m <sup>2</sup>	0,0085
Spild af sort farve pr afvaskning *	L/afvask	2,2-4,7
Spild i procent af forbrug	%	26-55

\* Bestemt ved udredningsforsøgene (se bilag C)

Det gennemsnitlige forbrug af sort farve på trykpresserne udgjorde 6,3 liter pr. kørsel svarende til 8,6 liter pr. afvaskning i egenregistreringsperioden. Da der på baggrund af de målte spild ved udredningsundersøgelserne kan estimeres et min. og max. spild ved afvaskningerne på henholdsvis 2,2 liter og 4,7 liter, kan spildprocenten ved afvaskning estimeres til 26-55%.

Virksomheden farvebelægger typisk kun en meget lille del (under 10%) af det bølgepapareal, der trykkes på. Antages det, at der i egenregistreringsperioden er farvebelagt 10% af det kørte areal, og at 5 gram våd farve pr. kvadratmeter (fuldtonetryk) er endt på bølgepappet, kan det estimeres, at kun omkring 0,5 kg sort farve er endt på bølgepappet. Resten, dvs. 8,1 kg, er spildt, og heraf udgør spild ved afvaskning de angivne 2,2-4,7 kg, mens de resterende 3,4-5,9 kg med al sandsynlighed skal forklares som direkte spild under drift. Det totale spild kan altså opgøres til at udgøre godt 90% af forbruget.

### 6.10.2 Egenregistrering på vandbehandlingsanlæg

I en periode på to uger omfattende 8 arbejdsdage blev antallet af kørsler på vandbehandlingsanlægget registreret. Der blev i alt behandlet ca. 9.800 liter spildevand svarende til 1.225 liter pr. dag. I den samme periode blev der i alt udført 34 afvaskninger svarende til, at der tilføres vandbehandlingsanlægget ca. 290 liter spildevand pr. afvaskning. Hvis mængden af spildevand fra afvaskninger beregnes på grundlag af vandursaflysninger (se tabel 6.7 og 6.8) og antal af afvaskninger på hver enkelt trykpresse i perioden fås:  $(20 \cdot 410 + 14 \cdot 300)/34 = 360$  liter pr. afvaskning. Denne mængde er 70 liter pr. afvaskning (godt 20%) større end de 290 liter pr. afvaskning. Forskellen kan delvist forklares ud fra fordampning, som f.eks. kan udgøre 5-10% ved afvaskninger inden for serigrافي /3/. Resten må siges at ligge inden for usikkerheden på opstilling af denne type massebalancer.

På baggrund af målinger af tørstof i slammet fra vandbehandlingsanlægget korrigeret for tørstofindholdet i fældningskemikalierne kan det beregnes, at der i alt i egenregistreringsperioden blev tilført minimum 112 kg tørstof til vandbehandlingsanlægget svarende til 3,3 kg tørstof pr. afvaskning. Da det kun er tørstof fra farverester, der bidrager betydende (se massebalance for vandbehandlingsanlæg i tabel 6.5), kan det estimeres, at tilført farverest udgør omkring 8 kg pr. afvaskning. Ved estimeringen er det antaget, at trykfarveresterne i gennemsnit indeholder 410 g tørstof pr. kg (gennemsnit af måleværdier for de tre dominerende farver sort, rød og blå). At farvespildet udgør omkring 8 kg pr. afvaskning, bekræfter de under udredningsforsøgene målte, høje spild på de to trykpresser (1,7-5,9 kg pr. afvaskning) kombineret med de observerede spild under kørsel (f.eks. læk fra utætte pakninger).

Det totale farvespild på en anden bølgepapvirksomhed (virksomhed B), der benytter ultrafiltreringsanlæg ved vandbehandling, kan ud fra tørstofmålinger af slam og afgangsvand samt oplysninger om antal afvaskninger og vandforbrug estimeres til 8-11 kg farve pr. afvaskning (antaget tørstofindhold: 410 g pr. kg farve).

### 6.10.3 Massebalance for hele virksomheden

På baggrund af resultater af egenregistreringen og udredningsundersøgelserne på trykkeri A kan nøgletal opstilles på virksomhedsniveau, se tabel 6.10.

Tabel 6.10  
Nøgletal for trykkeri A

Nøgletal	Enhed	Værdi
Totalt vandforbrug pr. arbejdsdag	L/dag	2.120
Procesvandforbrug pr. arbejdsdag	L/dag	1.450
Forbrug af tensidbaseret afvasker pr. arbejdsdag	kg/dag	1,36
Antal afvaskninger pr. arbejdsdag	antal/dag	4
Antal afvaskninger pr. farveværk pr. arbejdsdag	antal/farveværk/dag	1
Totalt farvespild pr. afvaskning	kg/afvask	8
Totalt farvespild i procent af forbrug	%	80

Virksomhedens totale vandforbrug blev målt ved hjælp af aflæsninger på hovedvandur i bl.a. egenregistreringsperioden og udgjorde 2.120 liter pr. arbejdsdag. Heraf udgjorde procesvand, dvs. vand til afvaskning af trykpresser og klicheer, 1.450 liter pr. dag svarende til godt 68% af totalforbruget. Resten, dvs. 670 liter pr. dag, anvendes som sanitært vand af virksomhedens 25 medarbejdere ved bl.a. brusebad og toiletbesøg. Da virksomheden årligt har ca. 242 arbejdsdage, svarer det totale, daglige vandforbrug til ca. 510 m<sup>3</sup> pr. år (1998). Til sammenligning kan angives, at virksomheden i 1996 havde et forbrug på 400 m<sup>3</sup> og i 1997 et forbrug på 590 m<sup>3</sup>.

Forbruget af tensidbaseret afvasker blev i egenregistreringsperioden målt til 1,36 kg pr. dag. Det årlige forbrug andrager derfor omkring 330 kg. Virksomheden har på grundlag af tal fra bogholderiet oplyst et årligt forbrug på 342 kg. Forskellen på de to angivne værdier er kun 12 kg svarende til en afvigelse på knap 4%. Med udgangspunkt i et årligt forbrug på 440 kg

vurderes, at omkring 200 kg anvendes til klichevask og de resterende 140 kg til afvaskning af trykpresser.

Virksomheden udførte fire afvaskninger pr. dag i egenregistreringsperioden svarende til én pr. farveværk pr. dag. Denne frekvens stemmer fint overens med den af virksomheden oplyste, gennemsnitlige frekvens. Da virksomheden jo har 242 arbejdsdage pr. år, udføres altså i alt omkring 1.000 afvaskninger pr. år.

Det totale farvespild, bestående af farvespild ved afvaskning og direkte farvespild under kørsel, er på grundlag af udredningsforsøg og massebalance for vandbehandlingsanlæg estimeret til ca. 8 kg pr. afvask. Da virksomheden årligt udfører ca. 1.000 afvaskninger, andrager det årlige, totale farvespild altså ca. 8 tons. Virksomheden bruger ifølge egne oplysninger 10,2 tons farve årligt. Tilsyneladende ender altså kun ca. 2,2 tons farve på bølgepappet. Regnes med et forbrug på 5 gram våd trykfarve pr. kvadratmeter fuldtonetrykt bølgepap, svarer de 2,2 tons farve til et samlet farvebelagt areal på 0,44 mill. kvadratmeter. Da virksomheden ifølge egne oplysninger trykker på 3,5 mill. kvadratmeter årligt, svarer det til, at godt 10% af arealet i gennemsnit farvebelægges. At farvebelægningsprocenten ligger på dette niveau, vurderes som rimeligt ud fra observationer på virksomheden.

Det estimerede spild af farve kan altså opgøres til knap 80% af forbruget. Hvis gennemsnitsprisen for et kg farve sættes til 32 kr. (oplyst af virksomhed A), har det årlige farvespild en værdi på 260.000 kr., og hertil kommer udgifter til vandbehandling af spildevand.



# 7 Samlet vurdering af status for afvaskning af vandfortyndbar flexotrykfarve

Afvaskning af vandfortyndbar flexotrykfarve foregår i dag (år 2000) i størst omfang på bølgepapemballagetrykkerier (ca. 15), men også kuverttrykkerier (ca. 3), "papirsposestrykkerier" (ca. 2) og ét enkelt kartonagetrykkeri samt 1-2 fleksibel emballagetrykkerier (dog kun fuldhvid og f.eks. guldfarve) afvasker vandfortyndbar flexotrykfarve. Egentligt tryk med en enkelt eller flere farver på ikke sugende substrat (fleksibel emballage, plast) er stadig af tryktekniske årsager ikke særligt udbredt og kun registreret på ét enkelt trykkeri, som trykker på plastaffaldssække.

Nedenstående er for Danmark foretaget en status for farveværkstyper, afvaskning af farveværker, klichevask og vask af aniloxvalser. Status for vandbehandlingssystemer er behandlet under status for afvaskning af farveværker. Til sidst er der udført en sammenligning af de vurderede potentielle miljøbelastninger ved de enkelte teknikker.

Statusen er baseret på det beskrevne i kapitel 4, 5 og 6 samt bilag B, C og D, og oplysninger fra branchefolk er inddraget. Hertil kommer en rundspørge med udsendelse af spørgeskemaer til hovedparten (skønnet mindst 90%) af de emballagetrykkerier i Danmark, der trykker med vandfortyndbar flexotrykfarve. I alt 40 potentielle emballagetrykkerier er kontaktet/undersøgt, og heraf trykker de 24 med vandfortyndbar flexotrykfarve. Af disse har 18 udfyldt spørgeskemaet, eller der er ved besøg indhentet tilsvarende oplysninger. Hvorledes de 24 trykkerier fordeler sig på delbrancher (bølgepap, kuverter osv.) er beskrevet ovenstående.

## 7.1 Samlet vurdering af status for farveværker

De to farveværkstyper, der er dominerende i branchen, er det ældre system med åben farvebakke og det nyere kammerrakelsystem. Det vurderes, at der i alt i branchen i dag er i størrelsesordenen 300 farveværker med åben farvebakke og 150 farveværker med kammerrakel. Farveværker med åben farvebakke er på vej ud, idet der løbende foregår en udskiftning til kammerrakler.

Direkte farvespild under drift vurderes at være størst for systemet med åben farvebakke. Det skyldes primært overløb i enderne af farvebakken, men kan også skyldes utætheder mellem rakel og aniloxvalse. Spildet kan på baggrund af undersøgelser på trykkeri A anslås til at udgøre i størrelsesordenen 5-10 kg trykfarve pr. afvaskning svarende til 1-3 kg pr. kørsel (ordre) afhængig af konstruktion, vedligeholdelsesstand og driftsbetingelser. Direkte spild på mindre trykpresser (f.eks. til poser og kuverter) er dog sandsynligvis lavere end det angivne minimum på 5 kg trykfarve pr. afvaskning.

Hvad angår kammerrakelsystemer, vurderes det gennemsnitlige, direkte spild under drift at være væsentlig mindre. Her afhænger spildet i udpræget grad af,



i hvilket omfang der forekommer læk ved endepakninger og/eller utætheder mellem nederste rakel og aniloxvalse, og i givet fald om der er monteret spildopsamlingsbakke med returløb til farvespand. Baseret på undersøgelse på trykkeri A anslås spildet at andrage i størrelsesordenen 0,2-2 kg pr. afvaskning svarende til 0,1-1 kg pr. kørsel (ordre) afhængig af konstruktion, vedligeholdelsesstand og driftsbetingelser.

## 7.2 Samlet vurdering af status for afvaskning af farveværker

Den metode, der dominerer i dag ved afvaskning af farveværker, er gennemskylning med vand (enten recirkulerende fra spand eller direkte fra postevandshane) kombineret med efterfølgende manuelt check med vandslange og børste for "helligdage". Anvendelsen af automatiske dyseafvaskningsanlæg er stadig ikke særligt udbredt og vurderes at være i funktion på max. 40-50 farveværker med kammerrakel (max. 30% af mulige). Hertil kommer max. 5-10 afvaskningssystemer med automatisk gennemskyl (flush).

Det vurderes, at der årligt foretages i størrelsesordenen 150.000 afvaskninger af vandfortyndbare flexotrykfarver i branchen. Mere end 90% af disse afvaskninger foretages på bølgepapemballagetrykkerier.

Den mængde restfarve, der vaskes ud af farveværket, varierer meget og er størst for de "gamle" farveværker med åben farvebakke i forhold til de nyere kammerrakelsystemer. På baggrund af undersøgelserne på trykkeri A vurderes, at farvespild ved afvaskning af farveværker med åben farvebakke ligger omkring 3-6 kg farve pr. afvaskning, mens det for kammerrakelsystemer ligger omkring 2-4 kg farve pr. afvaskning. De adspurgte trykkerier i branchen angiver selv farvespild spændende fra 0,5 kg til 5 kg pr. afvaskning. Farvespildets størrelse afhænger for begge typer farvevaskeres vedkommende i udpræget grad af farveværkets konstruktion (dvs. dødvolumenets størrelse) samt funktion, dvs. om farvetømning foregår ved passivt tilbageløb eller aktiv pumpning.

Det samlede, gennemsnitlige farvespild (incl. spild under drift, se afsnit 7.1) pr. afvaskning i branchen vurderes at andrage i størrelsesordenen 8 kg farve. Sammenholdes dette med det vurderede antal afvaskninger pr. år fås et samlet årligt farvespild i branchen på i størrelsesordenen 1.200 tons. Regnes med en gennemsnitlig pris på 32 kr. pr. kg trykfarve svarer spildet til omkring 38 mill. kr. pr. år.

Det årlige forbrug af vandfortyndbar flexotrykfarve i branchen vurderes at andrage omkring 3.000 tons. Heraf udgør vandfortyndbar flexotrykfarve til tryk på ikke sugende substrat under 1%. Det samlede farvespild på 1.200 tons pr. år udgør 40% af forbruget.

Forbruget af afvaskningsmiddel (farvefjerner) ved afvaskning af farveværker vurderes at være relativt lille i branchen, formodentlig i størrelsesordenen 20-400 g tensidbaseret afvasker pr. afvaskning. For trykkeri A andrager det gennemsnitlige forbrug af tensidbaseret afvasker pr. afvaskning 140 g. Ca. halvdelen af de adspurgte virksomheder anfører, at de ikke bruger afvaskningsmiddel ved vask af farveværker. Det vurderes, at forbruget er størst på de ældre farveværker med åben farvebakke, bl.a. fordi der her anvendes en del manuel rengøring. Der anvendes både tensidbaserede afvaskere og opløsningsmiddelbaserede typer. Samlet årligt forbrug af afvaskningsmiddel i branchen anslås til 20 tons.

Forbruget af friskvand ved afvaskning af farveværker vurderes at variere meget og at ligge i området 100-900 liter pr. afvaskning med dominans i den lavere ende af intervallet. Recirkulering af skyllevand (udover den enkelte vask) er meget lidt udbredt i branchen. Antages et gennemsnitligt vandforbrug på 350 liter pr. afvask, kan det årlige forbrug i branchen anslås til 50.000 m<sup>3</sup>.

Spildevandet med indhold af trykfarve og eventuel afvasker ender typisk i en sump, hvorfra det efter en eventuel vandbehandling føres til offentlig kloak. Den mængde vandfortyndbar trykfarve, der årligt ender i spildevandet, svarer til farvespildet under drift og afvaskning og andrager derfor omkring 1.200 tons, hvilket svarer til ca. 500 tons tørstof.

Spildevandet behandles i varierende omfang, inden det afledes til offentlig kloak. Således anvendes flokkuleringsanlæg på ca. 5 emballagetrykkerier, ultrafiltreringsanlæg på 1-2 og inddampning på et enkelt anlæg. 7-8 trykkerier oplyser, at de lukker spildevandet direkte i kloak (heraf udfører omkring halvdelen dog simpel bundfældning inden afledning). Et enkelt trykkeri bortskaffer alt vaskevand som kemikalieaffald, og på et andet sprøjtes vaskevandet ind i makulatur og bortskaffes som brændbart affald. Det vurderes på denne baggrund, at godt halvdelen af det trykfarveholdige vaskevand, der genereres i branchen, ledes direkte til kloak (dog for ca. halvdelen vedkommende efter simpel bundfældning). Det vurderes derfor, at der årligt ender minimum 600 tons trykfarve i kloakken.

Da der er tale om afvaskning af vandfortyndbar farve med et lavt indhold (2-5%) af opløsningsmidler samt eventuel brug af vandblandbare, typisk ikke flygtige afvaskningsmidler, er det vurderet, at emission til luft ikke er betydende for afvaskningsprocessens potentielle miljøbelastning. Der foregår dog begrænset emission til luft af vand, aminer og opløsningsmidler under især selve trykningen, som dog ikke har noget direkte at gøre med afvaskningen.

Kemikalieaffald opstår kun i det omfang, der anvendes genbrugsklude til afvaskningen. Anvendelse af klude vurderes at være meget begrænset og kemikalieaffald dermed ikke som en betydende potentiel miljøbelastning. Kemikalieaffald af betydning i form af slam forekommer dog indirekte, hvis vaskevandet inden afledning til offentlig kloak behandles i f.eks. et flokkuleringsanlæg eller ultrafiltreringsanlæg eller som væske, hvis vaskevandet direkte bortskaffes som kemikalieaffald. Den herved opståede mængde kemikalieaffald anslås at andrage omkring 1.000 tons pr. år. Regnes med en gennemsnitlig udgift til bortskaffelse på 5 kr. pr. kg, svarer de 1.000 tons til en udgift på 5 mill. kr. pr. år.

De vandfortyndbare flexotrykfarver, der afvaskes, indeholder typisk komponenter, der er er farlighedsvurderet til at være uønskede i kloaksystemet (scoret A) og visse uønskede af sundhedsmæssige årsager (scoret U). Det drejer sig især om visse bindemidler (kolophoniumforbindelser), et enkelt opløsningsmiddel (ethylenglycolmonomethylether), organiske pigmenter, visse dispergeringshjælpemidler (alkylphenoethoxylater, visse kvaternære ammoniumforbindelser), visse tværbindere (aziridin) og befugtere samt stort set alle anvendte konserveringsmidler.

Farveresten udgør typisk fra nogle få gram og op til flere hundrede gram pr. liter vand i vaskevandet, mens mængden af alkalisk afvasker typisk udgør fra

intet til nogle få gram. Vaskevandet kan karakteriseres ved en svagt basisk pH-værdi, AOX-indhold på op til omkring 30 mg/L afhængig af pigmenttype(r) herunder tilstedeværende mængde, COD/BOD<sub>5</sub>-forhold på omkring 20-30 og svag til moderat nitrifikationshæmning.

### 7.3 Samlet vurdering af status for klichevask

Stort set al klichevask off-press vurderes at foregå ved manuelle teknikker i dag. Vask af klicheer in-press (eller in line) foregår kun i begrænset omfang. Det skønnes, at der årligt i branchen foretages 500.000 klichevaske, hvoraf ca. halvdelen udelukkende udføres med rent vand. For de restende klichevaskes vedkommende antages et gennemsnitligt forbrug på 65 gram afvasker pr. vask svarende til et årligt forbrug i branchen på omkring 15 tons (aktivt stofindhold 50-100%).

Det samlede forbrug af friskvand anslås til 2.500 m<sup>3</sup> pr. år. Spildevandet blandes typisk med vaskevand fra afvaskning af farveværker og behandles i lighed hermed (se afsnit 7.2). Emission til luft vurderes at være ubetydelig, da der typisk anvendes ikke flygtigt afvaskningsmiddel eller rent vand. Der genereres ikke kemikalieaffald af betydning ved klichevask.

Den farverest, der afvaskes ved klichevask, er forsvindende lille set i forhold til mængden, der afvaskes fra farveværker. Tillige er der ved klichevask tale om, at farven er i størrelsesordenen 5-30 gange mere fortyndet end i vaskevand fra farveværker.

Det typiske indhold i afvaskere anvendt i branchen er domineret af stoffer tildelt scoren C og må derfor betragtes som forholdsvis uproblematisk, så længe de afledes til offentligt renselæg og ikke i meget store mængder. Stoffer, der kan indgå i afvaskere, og som er uønskede i kloaksystemet (tildelt A) eller uønskede af sundhedsmæssige årsager (tildelt U), omfatter bl.a. visse kationiske detergenter og visse kompleksdannere (trinatriumnitriloacetat og nitriloacetat).

Mængden af alkalisk afvasker i vaskevandet vurderes typisk at udgøre fra intet og op til omkring 10 gram pr. liter vaskevand. Vaskevand med indhold af alkalisk detergentbaseret afvasker kan i øvrigt karakteriseres ved en svagt basisk pH-værdi, AOX-indhold på op til omkring 1,5 mg/L afhængig af pigmenttype(r) herunder tilstedeværende mængde, COD/BOD<sub>5</sub>-forhold på omkring 2 og moderat til uacceptabel nitrifikationshæmning (afhænger af afvaskertype).

### 7.4 Samlet vurdering af status for vask af aniloxvalser

Den dominerende teknik ved vask af aniloxvalser off-press i dag er blæsning med bagepulver. Således benytter ¾ af de adspurgte trykkerier denne teknik. Der udføres dog stadig i meget begrænset omfang rengøring ved alkalisk affedtning o.a. - herunder manuel aftørring med klud. Da separat vask af aniloxvalser off-press typisk kun foregår et par gange om året, og da blæsning med bagepulver er dominerende, vurderes den potentielle miljøbelastning fra rengøring af aniloxvalser som ubetydelig i forhold til afvaskning af farveværker og klichevask.

Der er ikke udført analyser af spildevand fra vask af aniloxvalser, da det i miljømæssig sammenhæng vurderes som ubetydeligt i forhold til øvrigt vaskevand fra afvaskning af vandfortyndbar flexotrykfarve.

## 7.5 Væsentlige miljøbelastninger fra afvaskning af vandfortyndbar flexotrykfarve

Den samlede, årlige estimerede mængde trykfarve, der ender i vaskevandet, udgør 1.200 tons. Til sammenligning udgør den estimerede mængde afvasker omkring 35 tons. Trykfarverne indeholder - i modsætning til de typisk anvendte afvaskere - betydende mængder af flere komponenter (f.eks. pigmenter og visse bindere), der er uønskede i kloaksystemet. Den proces, hvor der i altoverskyggende grad emitteres mest farverest, er afvaskning af farveværker, mens emission i forbindelse med klichevask og vask af aniloxvalser vurderes som forsvindende. Den potentielle miljøbelastning fra vask af klicheer og aniloxvalser - herunder kemikalieforbrug - vurderes i øvrigt som ubetydelig set i forhold til den potentielle belastning fra vask af farveværker.

Det kan konkluderes, at den proces, der i dominerende grad er mest potentielt miljøbelastende ved afvaskning af vandfortyndbar flexotrykfarve, er afvaskning af farveværker (farvefremføringsystemer), og belastningen stammer primært fra den farverest, der afvaskes.



## 8 Ideer til renere teknologi

Ved renere teknologi forstås her tiltag, der begrænser spild/emissioner og ressourceforbrug ved selve afvaskningsprocessen og/eller substitution af indgående kemikalier (herunder komponenter i trykfarver) med mindre farlige alternativer. Tiltaget skal medføre, at den samlede miljøbelastning fra afvaskningen formindskes. Det skal bemærkes, at der her fokuseres på processen, og at livscyklusbetragtninger vedrørende indgående kemikalier og materialer ikke indgår i den anvendte renere teknologitilgang, da det ligger uden for rammerne af nærværende projekt.

Ved udredningsundersøgelserne på trykkeri A (se kapitel 6) og det øvrige arbejde udført i forbindelse med nærværende projekt er der indhøstet viden om eksisterende renere teknologier - herunder simple råd vedrørende arbejdsgange mm. - samt ideer til mulige nye tiltag, der kan begrænse den samlede miljøbelastning fra afvaskning af vandfortyndbar flexotrykfarve. Denne viden er opdelt i emner og skematisk beskrevet i bilag E. 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 tiltag 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 farveværker eller afvaskningsteknikker.

Udvalgte emner fra bilag E er nedenstående behandlet. Hovedvægten er lagt på afvaskning af farveværker herunder spild til skyllevand, fordi det er disse forhold, der er dominerende for miljøbelastningen ved afvaskning af vandfortyndbar flexotrykfarve (se kapitel 7). For hvert emne er der i parentes angivet et nummer, der henviser til "emnenummeret" i bilag E.

En gennemgående, væsentlig, styrende parameter ved udviklingen af nye teknikker/systemer inden for flexotryk er begrænsning af downtiden, dvs. den tid flexotrykpressen ikke kører på grund af farveskift/afvaskning eller skift af klicheer.

### 8.1 Emner for renere teknologi vedrørende begrænsning af farvespild

Emnerne er her delt op i områderne "organisering af kørsler samt drift af farveværk", "minimering af farverest" og "afvaskning af farvefremføringssystem samt vandbehandling".

#### 8.1.1 Organisering af kørsler samt drift af farveværk

*Minimering af antal vaske (1.1):* Antallet af afvaskninger er en af de væsentligste styrende parametre for farvespildet og hermed den potentielle miljøbelastning. Ved at planlægge ordreaftviklingen (1.1.1), således at ordrer med samme farve køres i serier og på samme trykpresse, undgås "unødvendige" afvaskninger. Antallet af afvaskninger kan ligeledes reduceres

ved at køre ordrer med lyse farver (f.eks. pastelfarver) først og successivt gå mod mørkere farver.

*Reduktion af direkte spild under drift (1.2):* Direkte tab af farve under drift (dvs. trykning og eventuel, efterfølgende "tomgangskørsel" før afvask) som følge af overløb i enderne eller utætheder mellem rakel og aniloxvalse kan typisk begrænses væsentligt ved at skifte fra åben farvebakke til kammerrakel. For begge systemer kan farvetabet i øvrigt begrænses væsentligt ved brug af opsamlingsbakke (1.2.1) i hele kammerraklens/farvebakkens længde kombineret med opsamlingstragte i enderne, som fører farven retur til farvespanden/-kassen. Det er vigtigt at koble det opsamlede spild sammen med farveværkets returløb så tidligt (dvs. så tæt på kilden) som muligt for at undgå indtørring af farve. En vis hældning på opsamlingsbakken vil kunne hjælpe med til en hurtigere transport. Farveværker med opsamlingsbakke eksisterer, og bl.a. TRESU markedsfører et kammerrakelsystem med opsamlingsbakke.

Læk af farve på kammerrakelsystemer kan endvidere begrænses ved at anvende så tætte pakninger som muligt i "rakelenderne" (1.2.2.1).

Læk af farve fra kammerrakler kan dog i praksis ikke undgås /89, 62/, og opsamlingsbakke med tragte i enderne vurderes derfor som en god løsning. Et enkelt, amerikansk firma (FIT, /82/) markedsfører dog et kammerrakelfarveværk med undertryk (1.2.2.2) og hævder, at læk af farve ikke forekommer i dette system.

Det er endvidere en fordel at lade den øverste rakel i kammerraklen være positiv, dvs. den der først møder den roterende aniloxvalse. Herved opnås, at overskudsfarve lægger sig som en "pølse" på ydersiden af den positive rakel og arbejder sig ud til siderne, hvor det løber ned i opsamlingstragterne og videre til returløbet /62/.

Ved tryk på bl.a. pap inden for emballageindustrien anvendes i begrænset omfang desuden en tryktechnik, hvor farven via dyser direkte sprøjtes på aniloxvalsen (i alt ca. seks farveværker i dagens Danmark). Der kan dog ikke opnås samme tryk kvalitet som ved brug af kammerrakler. Farvetabet ved den nævnte "dyseteknik" er angiveligt lavt, men der anvendes modificerede bogtrykfarver, såkaldte dysefarver. Da disse farver er baseret på glycolethere (f.eks. et indhold på ca. 50% diethylenglycol og kun 10-20% vand) og tørrer ved ind sugning /97/, falder de uden for dette projekts afgrænsning.

*Styring af trykfarvens viskositet og pH (1.3):* Trykfarvens viskositet og pH har stor, direkte betydning for tryk kvaliteten samt for i hvilket omfang, der opstår skumdannelse. Hvis disse to parametre ikke indstilles/styres korrekt, kan der opstå problemer med tryk kvaliteten og/eller for højt farveforbrug samt eventuelt behov for udskiftning/kassering af farve mm. med deraf følgende farvespild.

Viskositet er et mål for modstand imod flow og skyldes intern friktion mellem lag i væsken /98/. Populært sagt kan man sige, at det er et udtryk for, hvor tyktflydende farven er.

For høj viskositet vil resultere i /98/:

- Forøget farveforbrug, viskositeten kontrollerer vådfilmtykkelsen, og der skal ikke meget til, førend forbruget stiger.
- Tab af trykkvalitet. Kager af farve mm.
- For høj farvestyrke fordi for meget farve er blevet overført til substratet.

For lav viskositet kan resultere i /98/:

- Tab af farvestyrke. Lav viskositetsfarve vil ofte vise "prikvækst", som giver et uskarpt resultat.
- Svag farve.

Farven, der køres på farveværket, skal typisk have en viskositet på 20-35 (optimalt 25-30) sekunder (DIN 4).

Et af problemerne med at styre farvens viskositet er, at der efter en afvaskning af farveværket står en rest skyllevand tilbage på værket (vanddødvolumenet), der fortynder farven, når den køres på værket, hvorved farvens viskositet sænkes.

Farvens pH er, som beskrevet i kapitel 4, bl.a. afgørende for, hvorvidt der kan forekomme udfældninger i farven. Herudover er skumdannelse også pH-afhængig, og farven skal helst have en pH-værdi på 8-8,5, for at skumdannelse undgås /62/.

I kammerrakelsystemer opstår skumdannelse, fordi farven i kammeret fortrænger luft i den roterende aniloxvales fordybninger (kopper). Denne luft vil efter at have forladt aniloxvalse være at finde i farven som små bobler, og så længe valse roterer, er der en konstant produktion af disse små bobler i kammerraklen. For at undgå skumdannelse skal denne produktion modsvares af en transport ud af kammeret, og det sker med pumpningen af farven. Når farven når farvespanden, frigives boblerne dér, uden at det giver problemer, og farven kan igen pumpes til kammeret. Der skal derfor være tilstrækkeligt med farve på systemet, til at den kan pumpes rundt i tilpas hastighed (flow ca. 10 liter pr. minut). Herved undgås også bundfældning af især fyldstoffer i farven. Jo hurtigere der pumpes, desto mere luft kan der transporteres ud af kammeret, men hvis der pumpes meget hurtigt, ødelægges farven /62/.

Der udbydes i dag systemer til automatisk kontrol og justering af vandfortyndbare flexotrykfarvers viskositet og pH, bl.a. af Automatän /99/ og Brookfield /100/.

### **8.1.2 Minimering af farverest i farveværk før vask**

*Minimering af farverest (2.1):* Minimering af farverest i farveværk før afvaskning vil ikke kun reducere tabet af trykfarve, men også reducere det nødvendige skyllevandsvolumen under afvaskningen.

Det er vigtigt, at farveværket er konstrueret således, at det nødvendige volumen af trykfarve er så lille som muligt, og/eller at det kan tømmes så optimalt som muligt (2.1.1). Sagt på en anden måde er det den såkaldte residualfarvemængde (dvs. den farverest der står tilbage på værket efter tømning, "farvedødvolumenet"), der skal søges minimeret. Overordnet er kammerrakler at foretrække frem for åbne farvebakker, fordi styring af farveflow (herunder direkte farvespild) er nemmere i kammerrakler (2.1.1.3).



En optimering af farveværkets konstruktion (2.1.1) kan desuden opnås ved at anvende kammerrakler med mindst muligt volumen og ved at anvende korte slanger/rør samt pumper med mindst indre volumen (2.1.1.5). F.eks. er volumenet i almindelige membranpumper typisk 0,5 liter, mens det f.eks. i nyere modificerede gearpumper kun er 0,15 liter /62/.

En afgørende ting ved begrænsning af residualfarvemængden er endvidere, at der er fald hele vejen fra kammerrakel gennem slanger ned til pump(en)erne og ideelt set videre til farvespanden. Imidlertid ses det ofte, at slanger hænger ned mellem kammerrakel og farvepumpe, hvorved der opstår farvefyldte "vandlåse", som ikke kan tømmes med udpumpning. Ligeledes kan det også være et problem, at slangen fra pumpen til studsene i farvespanden er udformet som et omvendt u for at komme over kanten på farvespanden. Når tilgangssiden af pumpen er tom, kan pumpen ikke pumpe yderligere, selvom der stadig står en del farve mellem pumpen og toppen af "u-et" (2.1.1.6).

Opnåelse af fald fra pump(en)erne og ned til farvespanden (via tilløbs- og afløbsstuds) er vanskeligere end det første stykke ned til pumperne, fordi pumperne typisk er placeret i gulvniveau, og farven derfor skal føres op over kanten på farvespanden, der ligeledes typisk er placeret i gulvniveau. Problemet kunne tænkes løst ved at placere farveværket højt over gulvniveau og bevare farvespanden på gulvet eller lave en forsænkning i gulvet til farvespanden. En ikke så optimal, alternativ løsning er at placere ventiler på farveværkets lavest placerede punkt (typisk ved pumperne), hvorfra en del af restfarven kan tappes over i f.eks. bakker, der så manuelt tømmes over i farvespanden. Emnet er yderligere behandlet i kapitel 9.

Udover optimeret slangeføring kan hældning i bunden af kammerraklen (2.1.1.4) samt anvendelse af "slip let" overflader (f.eks. Teflon) (2.1.1.2) være med til at optimere tømningen af farveværket. "Slip let" belægninger vurderes desuden at være en stor fordel ved den efterfølgende afvaskning /62/.

Flere af ovennævnte tiltag findes allerede implementeret i farveværker, der markedsføres i dag. F.eks. sælger Harris and Bruno en kammerrakel med hældning, og TRESU anvender modificerede gearpumper med meget lille volumen samt ventiler i bunden af farveværket.

Udover farveværkets konstruktion er den teknik, der anvendes ved tømning væsentlig for optimeringen (2.1.2). I forhold til passivt tilbageløb (som på ældre trykpresser) opnås der bedre tømning, hvis både fremløbs- og tilbageløbspumpen anvendes til at pumpe farven ud (2.1.2.3). Den tid, farven får lov at løbe af værket (den såkaldte afdrypningstid), har endvidere stor betydning for, hvor effektivt værket tømmes (2.1.2.1). Dette emne er mere detaljeret behandlet i kapitel 9.

Især på ældre farveværker med åben farvebakke opnås en betydeligt mere effektiv tømning af farveværket, hvis farvebakken skræbes med dejskraber/papstykke eller lignende, således at farven føres hen i farvebakkens afløb, mens farveværket tømmes ved passiv tilbageløb eller pumping (2.1.2.2).

*Undgå indtørring af farve (2.2):* Hvis farveværket "tørlægges" for længe, f.eks. ved lang afdrypningstid, kan der opstå indtørring af farve i farveværket og især på den roterende aniloxvalse. Indtørring kræver en væsentligt grundigere og mere tidskrævende vask, ofte med skrapere midler, og bør derfor undgås.

I de tilfælde, hvor der er monteret et dysevaskesystem på kammerraklen, kan problemet løses ved i perioder, hvor der hverken er farve eller vand i kammeret, at spraye (booste) en lille vandmængde på aniloxvalsen (dvs. inde i kammerraklen). Dette emne er udførligt behandlet i kapitel 9.

### 8.1.3 Afvaskning af farveværk samt vandbehandling

*Optimering af afvaskning (3.1):* Det første skyllevand, der kommer ud ved vask af farveværket, indeholder typisk en hel del værdifuld trykfarve, og en vis del af dette skyllevand (svarer til fortyndet farve) vil givetvis kunne genanvendes som trykfarve (3.1.1.1). Det er da også konstateret i et enkelt tilfælde, at en trykker på trykkeri A netop udtog "første hold skyllevand" til genbrug som farve. Dette emne - herunder hvad fortynding med vand betyder for farvens pH og viskositet - er detaljeret behandlet i kapitel 9.

Hvorledes selve afvaskningen/gennemskylningen af farveværket foregår, har betydning for, hvor effektivt farveresten vaskes ud. Ved simpel gennemskylning (flush) er det vigtigt, at vandstrømmen er turbulent i kammerraklen. Det vurderes, at den mest effektive afvaskning (herunder lavest vandforbrug) kan opnås med dyseafvaskningssystemer, hvor skyllevandet sprayes ind i kammerraklen (3.1.2.1). Brug af varmt vand vurderes ligeledes at kunne forbedre effektiviteten men ikke afgørende (3.1.2.2).

Det vurderes, at det i de fleste tilfælde ikke er nødvendigt at bruge afvaskningsmiddel, men at farveværket kan rengøres ved blot at skylle med rent vand (3.1.2.3) eller genbrugsvand med afsluttende skyl med friskvand, se nedenstående. Som beskrevet i kapitel 7 benytter en række danske emballagestrykkerier da også i dag udelukkende eller i langt overvejende grad skyl med rent vand.

*Minimering af skyllevandsforbrug (3.2):* Minimering af skyllevandsforbruget er ikke kun en miljøforbedring med hensyn til forbruget af friskvand. Måske er det mere væsentligt, at mængden af spildevand samtidig reduceres, hvilket i sig selv udgør et væsentligt, miljømæssigt og økonomisk incitament til minimering af skyllevandsforbruget.

Forbruget af friskvand kan i mange tilfælde reduceres kraftigt ved god husholdning, dvs. simpel omtanke (3.2.1). F.eks. ved ikke at lade vandslangen med ledningsvand løbe, når det ikke er nødvendigt. Eksempler på dette er unødvendig lang tid ved gennemskylning af farveværker eller at lade slangen løbe ved manuel afvaskning under brug af børste og spand.

Ved at recirkulere vand i farveværket (svarer til at der i en spand svarende til farvespanden hældes rent vand, som køres på værket) og slutte af med gennemskyl med nyt friskvand kan vandforbruget yderligere reduceres (3.2.2).

En væsentlig vandbesparelse opnås ved som første skyl at anvende recirkulerende genbrugsvand fra en tidligere afvaskning og kun som sidste skyl at anvende friskvand, der så genbruges som første skyl ved den efterfølgende vask. Herved kan det opnås, at friskvandsforbruget ved en afvaskning kommer ned på omkring 15-20 liter (3.2.3).

Simpel recirkulation efter modstrømsprincippet (3.2.4) vil yderligere kunne reducere friskvandsforbruget med min. 50% ned til omkring 5 liter pr.

afvaskning. Princippet er her at skylle med genbrugsvand i f.eks. to eller tre renhedsgrader fra tidligere afvaskninger. Emnet er behandlet i kapitel 9.

Udover at der spares friskvand ved anvendelse af genbrugsvand, kan der også være den fordel, at genbrugsvandet, fordi det indeholder trykfarvekomponenter, er en anelse bedre til at afvaske farve end helt rent vand.

Forbruget af friskvand til afvaskning af farveværker i emballageindustrien er målt/estimeret til omkring 300-900 liter pr. afvask. Målinger under kontrollerede forhold har vist, at vandforbruget maksimalt bør ligge omkring 50-100 liter pr. afvaskning på ældre anlæg, og på nye dyse-/flushanlæg ligger det nødvendige vandforbrug omkring 8-15 liter pr. afvaskning (se bilag B).

*Opgradering af skyllevand/koncentrathåndtering (3.3):* Vandforbruget kan reduceres yderligere ved at rense det brugte skyllevand, og herefter genbruge det som skyllevand. Ved denne proces dannes samtidig en koncentratmængde, som skal håndteres. Særligt på koncentratsiden er det miljømæssige og økonomiske potentiale betydeligt. Processen kan samtidig ses som en del af spildevandsrensningen. De enkelte rensningsteknologier er uddybende behandlet i bilag F.

Gravimetrisk behandling/(simpel bundfældning) (3.3.1) er udbredt i branchen og anvendes umiddelbart inden afledning af spildevand til kloak. Det miljømæssige potentiale er dog begrænset, idet kun direkte bundfældeligt stof som visse fyldstoffer frasepareres, mens opløst samt emulgeret/dispergeret stof, som langt størstedelen af pigmenterne, stort set ikke påvirkes af behandlingen.

Der kan opnås væsentligt forbedret spildevandsrensning ved kemisk koagulering/flokkulering (3.3.2). I processen sker en væsentlig fjernelse af især emulgerede/dispergerede stoffer, men rensningsgraden er ikke god nok til at muliggøre genbrug af vandet. Teknologien er meget udbredt i branchen, med forskellig effektivitet til følge. På de virksomheder, hvor teknologien ikke fungerer optimalt med bl.a. problemer med kobber i spildevandet til følge, forventes disse problemer at kunne løses ved en nøjere gennemgang og optimering af processen. Det rensede vand kan ikke genbruges med mindre der sker en efterpolering i form af adsorption, kemisk oxidation eller membranfiltrering. Ved processen dannes en væsentlig koncentratmængde, som må håndteres som kemikalieaffald.

Yderligere forbedret spildevandsrensning kan opnås ved membranfiltrering (3.3.3). Der kan ofte opnås en meget tilfredsstillende vandkvalitet, som muliggør helt eller delvis genbrug som skyllevand. Valg af de rette membraner er dog afgørende for både teknologiens effektivitet og økonomiske rentabilitet. En del af koncentratet fra behandlingen kan eventuelt genbruges til produktion af sort farve (3.4.1), mens resterende koncentrat må håndteres som kemikalieaffald.

En optimal rensning forventes at kunne opnås ved brug af inddampningsteknologi (3.3.4). Det rensede vand vil være næsten fuldstændigt fri for sine oprindelige indholdsstoffer, og fuldstændigt genbrug af vand vil kunne opnås, såfremt det afdampede vand kondenseres. Det kondenserede vand vil være varmt og sandsynligvis forbedre skylleeffektiviteten på farveværket (3.1.2.2). Der er identificeret en særdeles

interessant teknologi (PAFA, se kapitel 9), hvor der opnås en meget høj tørstofkoncentration i koncentratet, hvilket muliggør håndtering som brændbart affald til væsentligt lavere disponeringsomkostninger, end tilfældet er med koncentratet fra de øvrige teknologier.

*Genbrug af koncentrat fra opgradering af spildevand (3.4):* Opgradering af skyllevandet ved membranfiltrering (3.4.1) vil føre til en koncentration med en tørstofkoncentration i samme størrelsesorden som brugsklar farve. Fra USA er fundet en enkelt reference vedrørende genbrug af koncentreret spildevand til opspædning af sort farve. Dette indikerer et genbrugspotentiale for genbrug af koncentrat i sort farve.

Genbrug af spildevand/koncentrater i farverecepterne er både økonomisk og miljømæssigt en optimal løsning, idet stofferne genbruges på det højeste mulige niveau som et fyldestgørende produkt. Råvareforbruget vil optimeres, og kemikalieaffaldsmængden vil reduceres til et minimum. Hvorvidt løsningen er teknisk mulig, er endnu uafklaret. Bl.a. vil løsningen sandsynligvis ikke være mulig, hvis der anvendes afvaskningskemikalier i skylleprocessen.

For at løsningen skal have reel betydning, skal forbruget af sort farve være af væsentligt omfang. På f.eks. virksomhed A udgør forbruget af sort farve ca. 30% af det total farveforbrug, hvilket indikerer et betydeligt genbrugspotentiale.

*Substitution af trykfarvekomponenter (3.5):* Kandidater for substitution blandt komponenter i vandfortyndbare flexotrykfarver er især at finde blandt bindemidler og emulgatorer. Det drejer sig bl.a. om kolophonumbaserede bindemidler, der af miljømæssige årsager bør substitueres med miljømæssigt bedre alternativer som f.eks. polyakrylater med meget lavt monomerindhold ( $\ll 200$  ppm). Af emulgatorer/dispergeringsmidler drejer det sig bl.a. om alkylphenolethoxylater og traditionelle kvaternære ammoniumforbindelser, der kunne erstattes af henholdsvis lineære alkoholethoxylater og nyere kvaternære ammoniumforbindelser med indbyggede esterforbindelser (DEEDMAC, DEEDMAMS). Andre funktionsgrupper, der indeholder trykfarvekomponenter, som af sundhedsmæssige eller miljømæssige årsager bør substitueres, omfatter bl.a. skumdæmpere, befugtere, konserveringsmidler og tværbindere. Hertil kommer pigmenter, hvoraf hovedparten savner undersøgelser, der kan afklare især miljømæssige egenskaber. Emnet er mere detaljeret behandlet i bilag H.

## 8.2 Emner for renere teknologi ved vask af klicheer

Det vurderes, at brug af afvaskningsmiddel ved klichevask i langt de fleste tilfælde kan undgås, hvilket da også er tilfældet for ca. halvdelen af de klichevaske, der foretages i dag. Det er typisk kun nødvendigt at anvende friskvand eller endnu bedre genbrugsvand og afslutte med friskvand (4.1). Specielt hvis det undgås, at farven tørrer ind (4.1.1), er der gode muligheder for kun at benytte vand. Er afvaskningsmiddel nødvendigt, vurderes det, at der kan spares en del afvasker ved at anvende en tynd, vandig opløsning, som i mange tilfælde vil være tilstrækkelig (4.2.1). Ved en normal, manuel vask af klicheer, som det foregår på mange, danske trykkerier, spildes der meget afvasker fra børste direkte til kloak/sump, uden at afvaskeren når at gøre gavn på klicheen. Ved at opsamle og genbruge afvaskeren kan der således spares betydeligt på forbruget (4.2.2). Ved en tilsvarende afvaskningsproces inden for rammevask ved serigrafi /3/ kunne forbruget halveres, og spildet til kloak reduceres til en sjettedel ved opsamling og genbrug.

*Substitution af afvaskningsmiddelkomponenter (4.3):* Kandidater for substitution blandt komponenter i afvaskningsmidler til klicheer og flexotrykpresser er få. Det drejer sig kun om kationiske tensider (dvs. kvaternære ammoniumforbindelser), som er behandlet ovenfor under trykfarvekomponenter samt visse kompleksbindere (NTA). Emnet er mere detaljeret behandlet i bilag H.

### 8.3 Emner for renere teknologi ved vask af aniloxvalser

Daglig vask af aniloxvalser på flexotrykmaskiner foregår som en del af afvaskningen af hele farveværket, som allerede er beskrevet i afsnit 8.1.3. Her beskrives derfor emner for periodevis vask, det vil sige den mere dybdegående vask, der ofte, undtagen for de største valser, typisk udføres off-press. Som tidligere nævnt kan behovet for disse dybdegående vaske minimeres ved at undgå indtørring af farve på aniloxvalsen. Indtrykket er, at man på trykkerierne i dag er meget opmærksom på at undgå indtørring, da dybdegående rensning af valser koster både tid og penge. Der eksisterer, som beskrevet i kapitel 5, en lang række metoder til rensning af aniloxvalser, og de har hver især forskellige, miljømæssige egenskaber. Fælles for metoderne er, at de frigør farven fra aniloxvalsen, hvorefter den enten opsamles eller ledes til kloak. Mængden af farve, der frigøres, er den samme for alle metoderne, og den er meget beskedent i forhold til farvespildet ved de andre afvaskningsprocesser, hvorfor det er parametre som afvaskertype og -mængde samt vand-, kemikalie- og energiforbrug, der er afgørende for miljøbelastningen ved processen. De væsentligste metoder er: ultralyd, opløsning kombineret med højtryksvask, gel, opløsning kombineret med børster samt blæsning. For alle disse metoder, bortset fra blæsning med bagepulver og muligvis ultralyd, anvendes typisk afvaskningsmidler og selvom afvaskningsmidlerne typisk ikke er specielt problematiske (ingen af de vurderede stoffer er umiddelbart kandidater for substitution), har blæsning den fordel, at der slet ikke anvendes nogen kemikalier, og eneste restprodukt er den frigjorte farve og bagepulver. De andre metoder bortset fra gel medfører også et vist forbrug af vand og dermed en vis produktion af spildevand. Ses der bort fra energiforbruget, som ikke er undersøgt, lader blæsning med bagepulver således til at være en miljømæssigt fordelagtig teknologi. En vurdering af andre afgørende faktorer for valg af renseteknologi såsom effektivitet, økonomiske omkostninger og skånsomhed (dvs. aniloxvalsens levetid) er ikke foretaget i dette projekt. Samlet vurderes det, at periodevis rensning af aniloxvalser efter tryk med vandfortyndbare flexotrykfarver er et mindre miljømæssigt problem i forhold til de andre afvaskningsprocesser, og at effekten af renere teknologitiltag på dette område vil være begrænset.

## 9 Prioritering af renere teknologi emner og resultater af forsøg

Som det bl.a. fremgår af kapitel 6 og 7, er afvaskning af farveværker den i altoverskyggende grad mest potentielt miljøbelastende proces, og hovedproblemet er den farverest, der afvaskes. Afvaskningen kan foregå ved gennemskylning eller ved hjælp af højtryksdyseanlæg, og i begge tilfælde udelukkende ved brug af vand.

Selvom farveresten, der ender i skyllevandet, begrænses optimalt, vil trykkeriet altid stå tilbage med noget farveholdigt skyllevand, som skal håndteres.

Branchen er domineret af forholdsvis store virksomheder, og investering i i hvert fald mindre omkostningsfulde vandbehandlingsanlæg/vandgenbrugsanlæg er derfor ikke urealistisk.

På baggrund af ovenstående og det beskrevne i kapitel 8 skal følgende renere teknologiemner prioriteres til videre behandling:

- begrænsning af farvespild ved tømning ved hjælp af forlænget tømningstid og pumpning
- begrænsning af farvespild ved afvaskning ved hjælp af udnyttelse af første skyllevand som genbrugsfarve
- begrænsning af skyllevandsmængder ved hjælp af genbrug af vand (modstrømsskyl), vandbehandling og genbrug/behandling af koncentrat

Metoder til reducere af farvespild ved tømning og vask af farveværk er i dette projekt hovedsageligt blevet undersøgt på et forsøgsanlæg hos TRESU (se bilag G), men også i mindre grad på to fungerende trykpresser på trykkeri A (se bilag C).

TRESUs forsøgsanlæg består af en kort aniloxvalse med tilhørende pumpeenhed med farvefremføringssystem samt højtryksdysevaskesystem. Et tilsvarende anlæg (Pump Unit med højtryksdysevaskesystem) er kommercielt tilgængeligt og beskrevet i bilag B. Forsøgsanlægget er detaljeret beskrevet i bilag G og afviger fra det kommercielle anlæg bl.a. ved at være påmonteret en kammerrakel af plexiglas.

Den ene trykpresse på trykkeri A er en Göpfert flexotrykpresse fra 1995 monteret med TRESU kammerrakel med indbygget højtryksvask. Trykmaskinen har to farveværker og en valsebredde på 3,6 meter. Farvefremføring og -tilbageføring varetages af to pneumatisk drevne membranpumper, og begge pumper deltager i udpumpning af farve, når farveværket tømmes før vask. Højtryksdyserne, som renser farveværket, bliver forsynet med varmt vand af en højtrykspumpe placeret over farveværket, og der er ingen genbrug af dette vand.

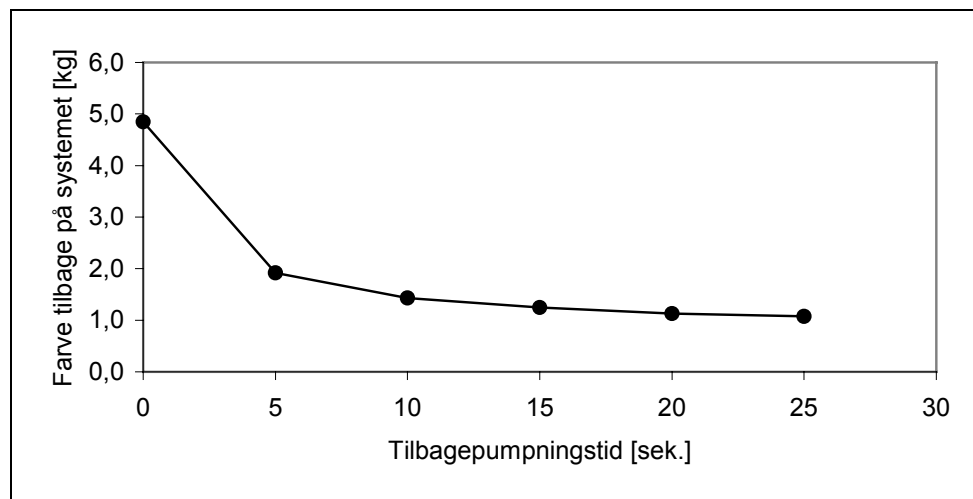
Den anden trykpresse på trykkeri A er en Göpfert flexotrykpresse fra 1972 med en åben farvebakke og en valsebredde på 4 meter. Farvefremføringen sker med en enkelt membranpumpe, som pumper farven op i en

gravitationsbeholder, hvorfra det løber til farvebakken. Tømning sker ved passiv gravitation, og afvaskningen foregår manuelt med vandslange og børste.

### 9.1 Begrænsning af farvespild ved tømning ved hjælp af forlænget tømningstid og pumpning

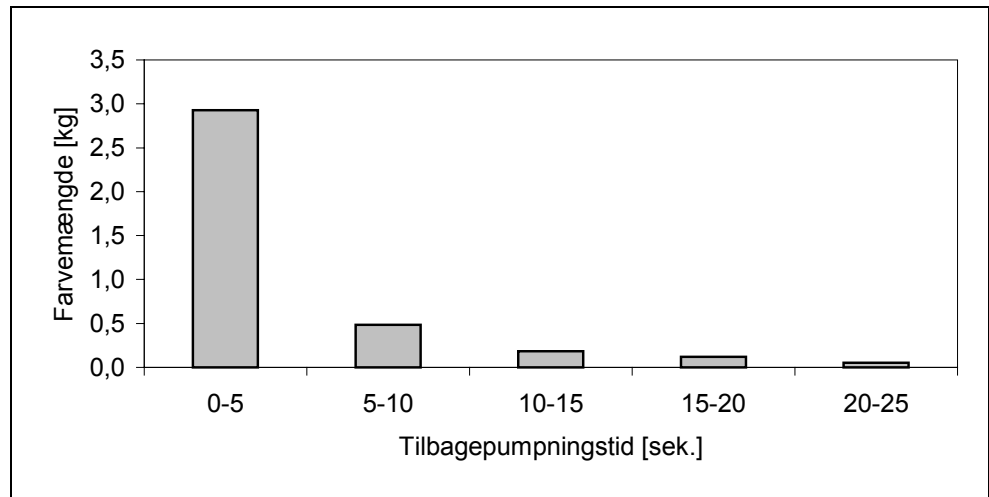
Den farvemængde, der står tilbage på et farveværk før vask, benævnes her residualfarvemængden (farvedødvolumenet) og afhænger af farveværkets udformning, volumen, og af hvor godt det er tømt. Residualfarvemængden er den maksimale mængde farve, der kan spildes under vask, og derfor vil det altid være en fordel at minimere denne. Residualfarvemængden for TRESUs forsøgsanlæg blev bestemt ved adskillige forsøg (se bilag G) udfra enten differensvejninger som i forsøget illustreret i figur 9.1 eller ved at skylle residualfarven ud med rent vand, måle tørstofindholdet og beregne mængden herudfra. Resultaterne varierede mellem 0,56 og 1,0 kg. De resultater, som blev anset for mest nøjagtige, lå omkring 0,6 kg, og det er derfor valgt at anvende denne værdi i alle udregninger, f.eks. af relativ genvinding af farve. Forsøgene viste endvidere, at omkring 85% af residualfarvemængden kan befinde sig i pumper (farvefremførings- og tilbageføringspumper) og tilstødende, vandrette rør.

Der er grundlæggende to metoder til tømning før vask, passivt tilbageløb og tilbagepumpning, og på TRESUs forsøgsanlæg tømmes der ved tilbagepumpning med to pumper. Der blev således gennemført et forsøg (se tabel G.1 i bilag G), hvor tilbagepumpningstiden blev varieret og residualfarvemængden blev beregnet.



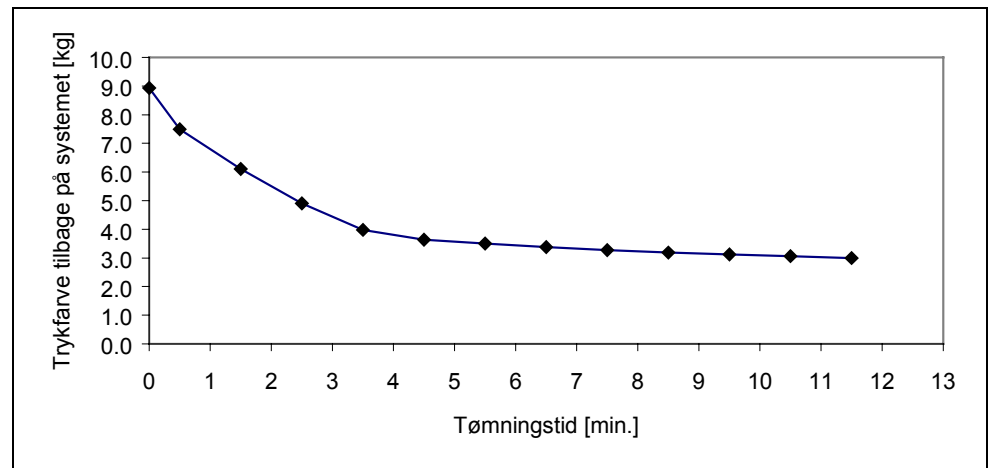
Figur 9.1  
Betydningen af tilbagepumpningstid for tømningen af TRESUs forsøgsanlæg

Resultaterne af undersøgelsen indikerer, som det ses af figur 9.1, at uanset hvor lang tid der pumpes tilbage, vil der være omkring 1 kg farve tilbage på dette anlæg. Under trykningen er der ca. 5 kg farve på farveværket. Som det ses af figur 9.2 herunder, pumpes der på de første 5 sekunder ca. 2,9 kg farve ud, mens der de næste 5 sekunder pumpes yderligere ca. 0,5 kg farve ud.



Figur 9.2  
Betydningen af tilbagepumpningstid for tømningen af TRESUs forsøgsanlæg. Søjlernerne angiver hvor meget farve, der pumpes ud i det givne tidsinterval.

Betydningen af udpumpningstiden blev også undersøgt på et fungerende full-size anlæg under normal drift på trykkeri A (se tabel C.6 i bilag C). Anlægget var en Göpfert trykpresse fra 1995 med TRESU kammerrakel. Farveværket blev også i dette tilfælde tømt ved, at begge pumper pumpede farven ud. Undersøgelsen viste, at tømningen de første 4 minutter foregik i et højt tempo ca. 1 kg/min., hvorefter hastigheden faldt til ca. 0,1 kg/min. Selv efter 11 minutter, hvor residualfarvemængden udgør ca. 3 kg, kunne der stadig pumpes lidt farve ud.



Figur 9.3  
Betydningen af tilbagepumpningstid for tømningen af farveværk på en Göpfert 1995 trykpresse

Undersøgelserne viser, at selvom det meste farve kommer hurtigt ud, kan man med fordel fortsætte så lang tid som muligt, eller til operatøren kan se, at der ikke kommer mere. For TRESUs forsøgsanlæg er der ikke nogen ide i at fortsætte længere end ca. 25 sekunder. Forsøgene her illustrerer, at



tilbagepumpningstiden/afløbstiden er kritisk for hvor meget farve, der tømmes af farveværket. For at kunne optimere tilbagepumpnings-/afløbstiden er det nødvendigt at måle på det konkrete anlæg på virksamheden. Målingen er ganske simpel (kræver spand, ur og vægt) og kan udføres af virksomheden selv.

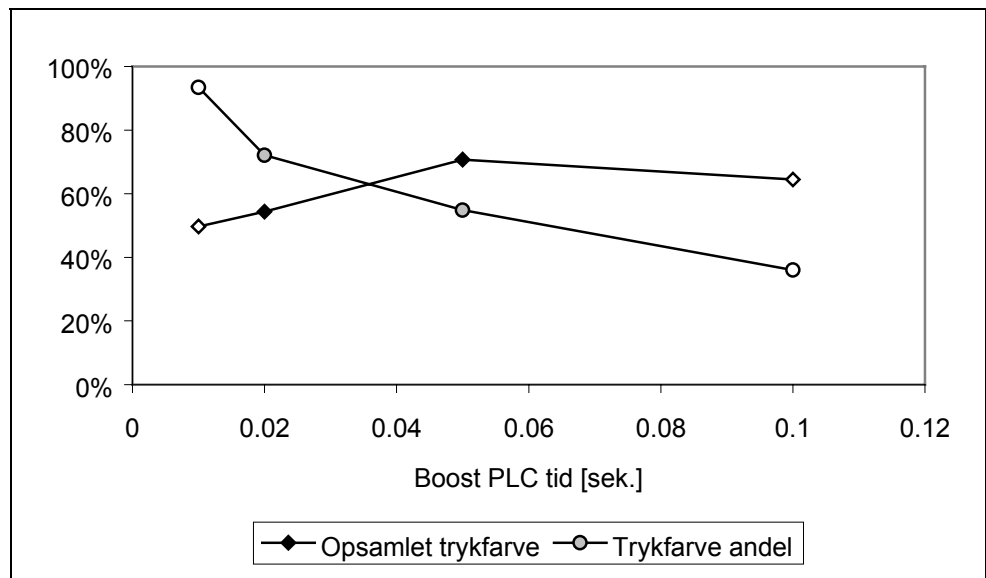
## 9.2 Begrænsning af farvespild ved afvaskning

Når farveværket er tømt så meget som muligt for farve påbegyndes afvaskningen. Farveværket vaskes normalt med vand ved skylning (flush) eller ved højtryksvask kombineret med flush. I begge tilfælde vil det første vaskevand, der kommer igennem systemet, have en høj andel af farve. Mulighederne for at genvinde farven ved at lade dette første vaskevand gå til farvespanden, afhænger dels af fordelingen mellem farve og vand i vaskevandet, og dels af hvordan en tilførsel af vaskevand påvirker farven. I dette afsnit gennemgås først undersøgelser af fordeling mellem vand og farve i det første vaskevand ved forskellige vaskemetoder og derefter betydningen for trykfarvens egenskaber.

### 9.2.1 Genanvendelse af det første boostvand ved højtryksvask som farve

TRESUs forsøgsanlæg kan indstilles således, at når vasken startes, er den første aktion et kort tryk (boost) med vand fra højtryksdyserne i kammerraklen, og den farve, som herved presses ud eller løber ud, går med vandet til farvespanden og genbruges. Hvor stor en del af residualfarvemængden, som kommer tilbage i farvespanden, afhænger af boosttiden, som er den tid, boostet varer.

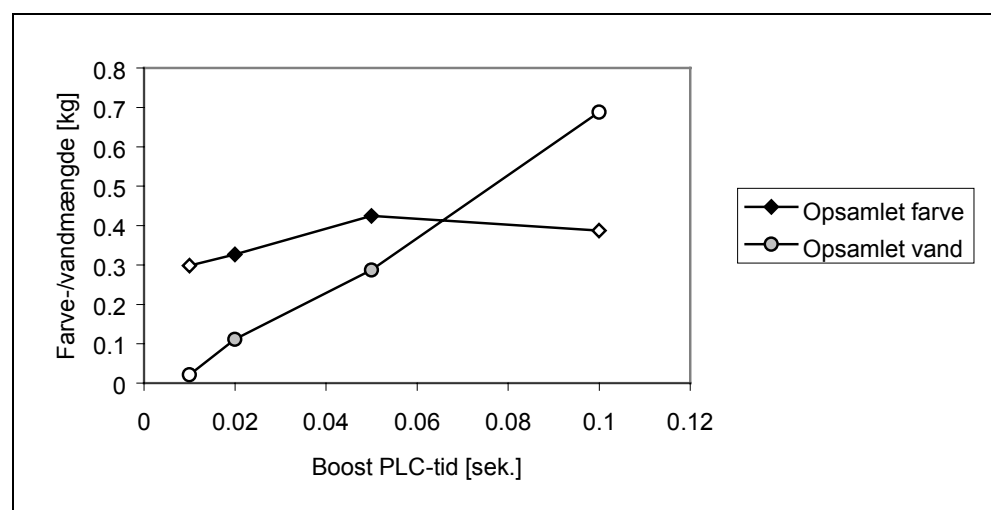
I figur 9.4 er resultaterne vist for et forsøg med boosttidens betydning på TRESUs forsøgsanlæg (se tabel G.2 i bilag G). Som det kunne forventes, betyder en øget boosttid, at en større del af residualfarvemængden går tilbage til farvespanden, men også at farveandelen, af det som går tilbage i farvespanden, er mindre. Under forsøget blev der opsamlet dels fra farvetilføringsstudsens og dels fra farvetilbageføringsstudsens, og ca. 80% af den fjernede farve kom ud af farvetilbageføringsstudsens, mens ca. 20% kom ud af farvetilføringsstudsens.



Figur 9.4

Boosttidens betydning for mængden af farve der går tilbage i farvespanden (opsamlet trykfarve i procent af residual farvemængden) og for fordeling mellem farve og vand i det som går tilbage til farvespanden. Hvide målepunkter er korrigerede værdier. Korrektionen var nødvendig, fordi der her kun er opsamlet fra farvetilbageføringsstudsens. TRESUs forsøgsanlæg.

Forsøget viser, at der kan opnås en rimelig stor forøgelse i den farvemængde, der genvindes ved at gå fra 0,01 sek. til 0,05 sek. Yderligere forlængelse af boosttiden medfører ikke større farvegenvinding, men blot at der går mere vand tilbage i farvespanden. Dette ses også tydeligt af figur 9.5. Det meget høje farveindhold i det boostvand, som går tilbage i farvespanden ved meget korte boost, skyldes antageligt, at boostet skaber et tryk (lufttryk) i systemet, der kan presse trykfarve ud af slanger og pumper med meget lidt vand.

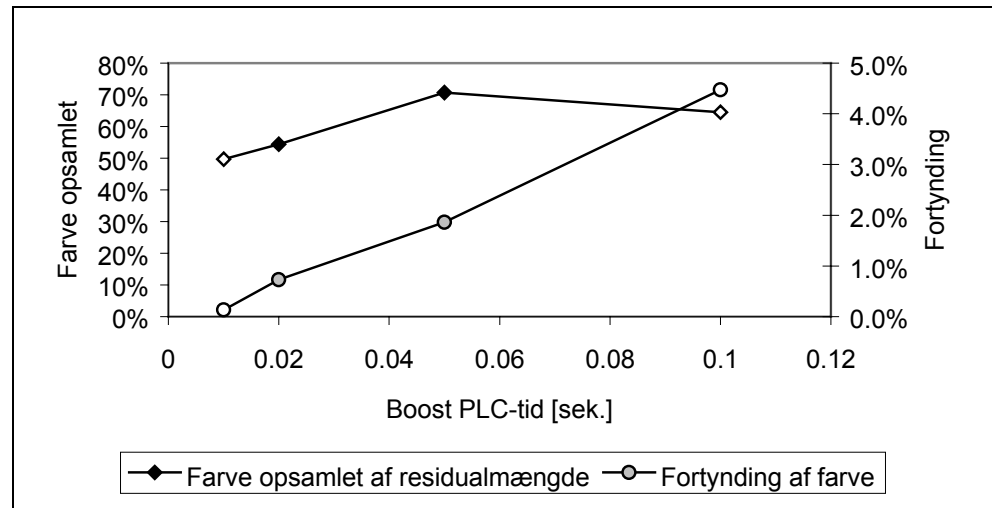


Figur 9.5

Mængden af farve og vand der går tilbage til farvespanden med boost af en given længde. Hvide målepunkter indikerer, at tallene er korrigeret tilsvarende figur 9.4. TRESUs forsøgsanlæg

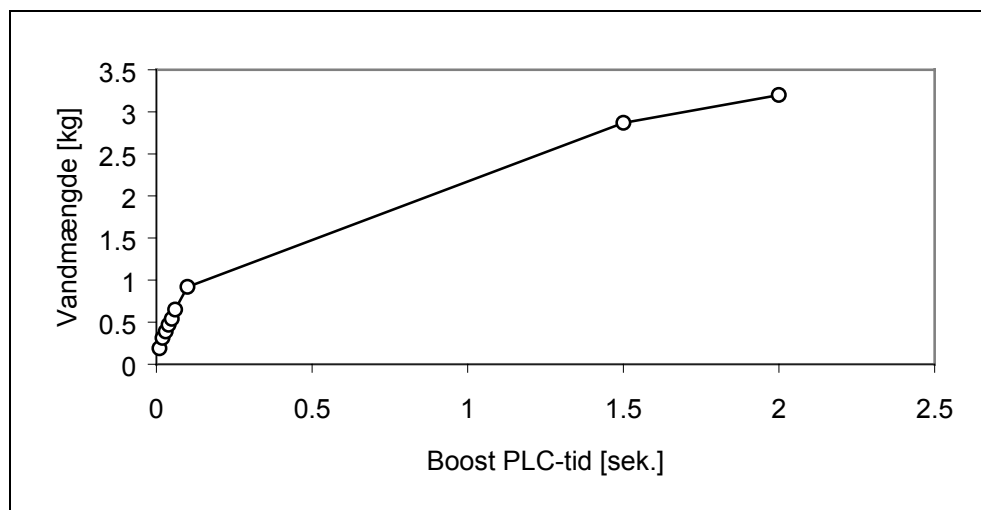
Ved et andet forsøg (tabel G.4 i bilag G) hvor der blev boostet i 0,02 sek. blev der genvundet 0,34 kg farve svarende til ca. 61% af residualfarvemængden bestemt til 0,56 kg.

I figur 9.6 er det vist, hvad de forskellige boosttider betyder for fortynding af 15 liter farve, som typisk er den mængde, der cirkuleres på farveværket under tryk (15-20 liters farvespand). Figuren viser, at man kan genvinde ca. 50% af residualtrykfarvemængden med en fortynding af trykfarven på under 1% eller ca. 70% ved en fortynding på under 2%.



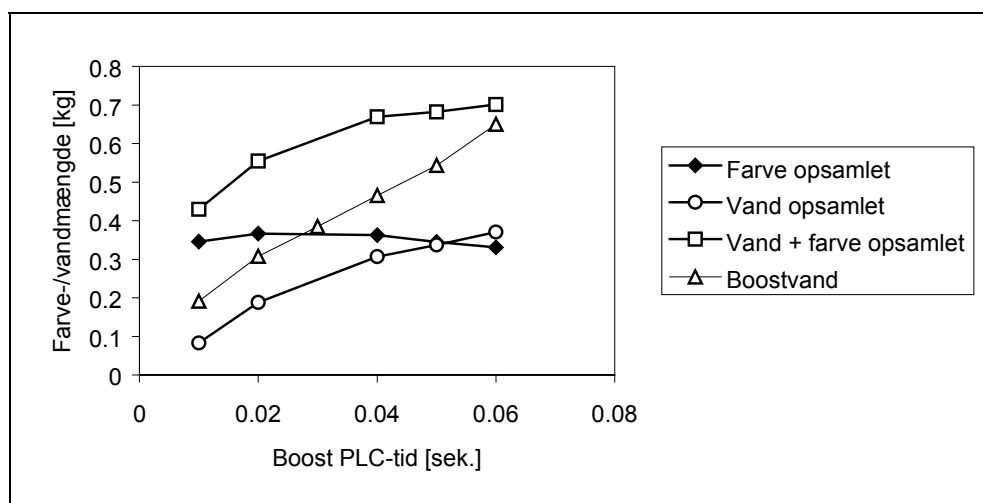
Figur 9.6  
Fortynding af 15 liter trykfarve som funktion af opsamlet vand- og farvemængde ved højtryksvask. Hvide mål punkter indikerer, at tallene er korrigeret til svarende figur 9.4. TRESUs forsøgsanlæg.

Når der boostes på TRESUs forsøgsanlæg, sker det ved, at PLC'en åbner for en ventil, således at der er forbindelse mellem dyserne i kammerraklen og højtrykspumpen. Ved PLC-tid forstås her den tid, PLC'en (Programable Logic Controller, lille computer der her styrer bl.a. vaskeanlæg) er programmeret til at holde dyserne åbne - svarer i princippet til den reelle boosttid. Betydningen af boosttiden, dvs. den tid ventilen er åben for mængden af vand, der kommer ud af dyserne, er blevet undersøgt ved en forsøgsrække (tabel G.7 i bilag G). Resultatet af forsøget er vist i figur 9.7. For de korte boosttider er der tilsyneladende en lineær sammenhæng mellem boosttid og vandmængde, svarende til et konstant output fra dysen, men ved længere boosttider falder output pr. tidsenhed.



Figur 9.7  
Boost PLC-tidens betydning for vandmængden der skylles med. TRESUs forsøgsanlæg.

I et andet forsøg (tabel G.9 i bilag G) blev det ved hjælp af monterede ventiler muligt at udtage boost til farvespand fra både farvefremførings- og tilbageføringsstuds samtidig. Resultatet af forsøget er vist i figur 9.8.

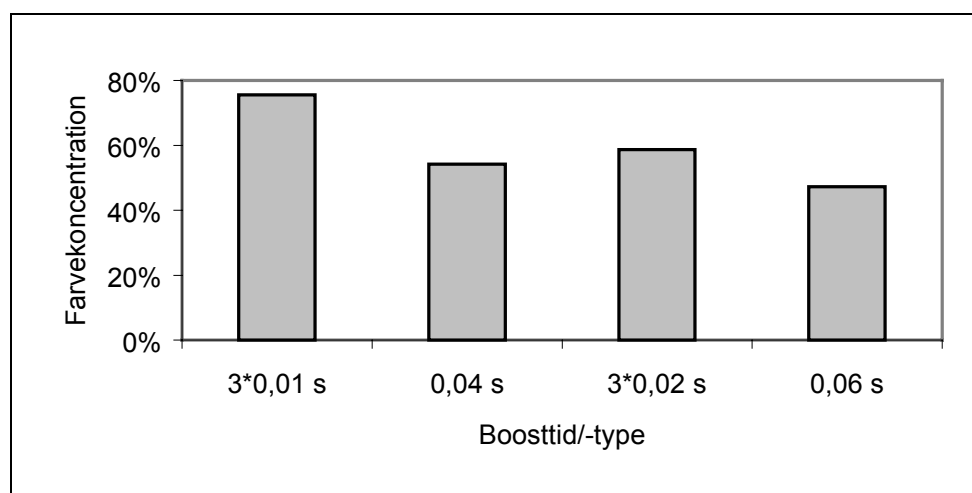


Figur 9.8  
Boost PLC-tidens betydning for vandmængden der skylles med (forsøg med fortrængning) og for farve og vand, der går i farvespanden (forsøg med opsamling med ventil). TRESU forsøgsanlæg.

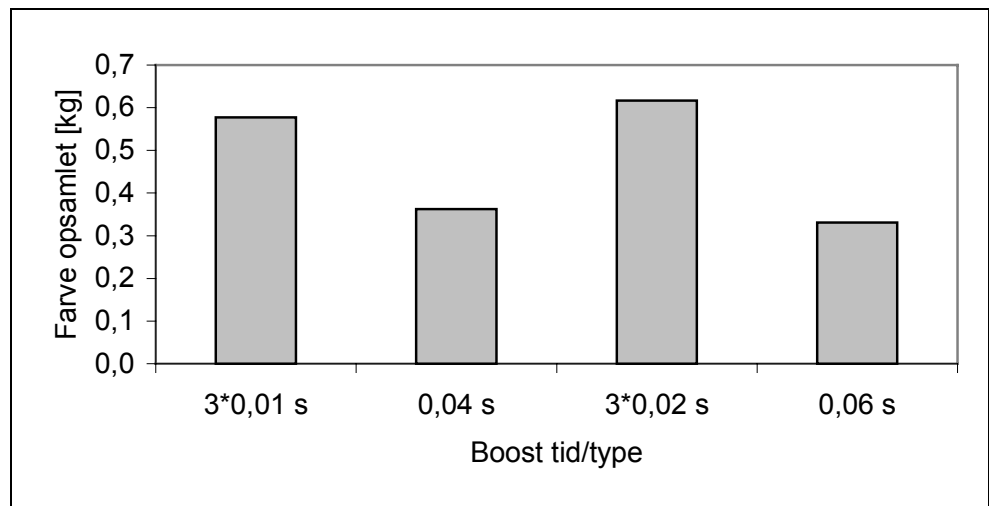
Som det fremgår af figur 9.8, går der en større mængde vand og farve til farvespanden end den mængde vand, der boostes med, specielt for de korteste boosttider, og det skyldes formodentlig, at det tryk, som boostet skaber, "skyder" farve ud. Herudover viser forsøget, at farvemængden, der går i farvespanden, i dette tilfælde stort set er den samme uanset boosttiden, mens vandmængden naturligvis stiger med længere boosttid. Dette indikerer

sammen med de andre omtalte forsøg, at det er fordelagtigt at anvende korte boosttider, hvis man vil lade boostvand gå i farvespanden.

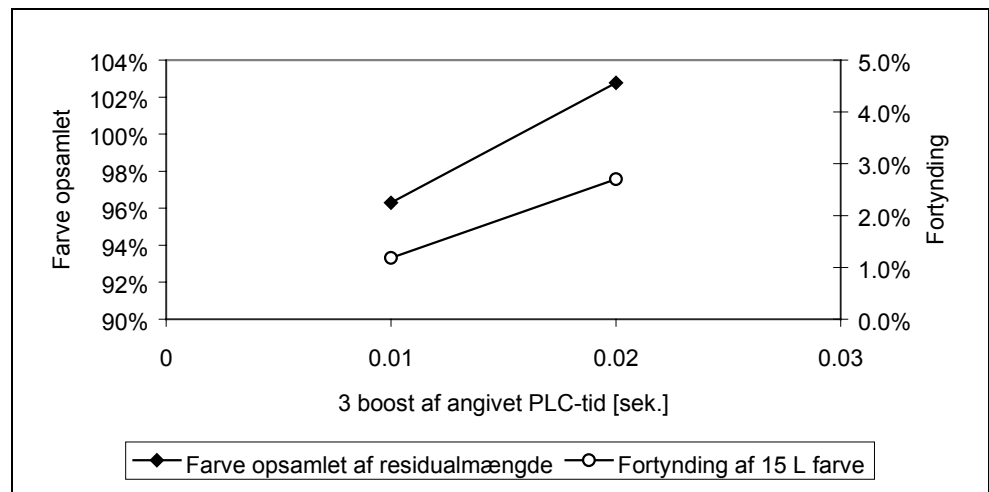
Undersøgelserne, som ovenfor beskrevet, viser, at der især ved meget korte boost tages meget farve med i forhold til vand. Muligheden for at anvende serier af korte boost til at genvinde farve blev derfor undersøgt ved samme forsøg. Der blev boostet først én gang og umiddelbart efter endnu 2 gange. Dette boostvand blev opsamlet ved hjælp af førnævnte ventil, hvorefter vaskecyklussen blev fortsat. Forsøget viste, at man kan opnå et højere farveindhold i det, som går til farvespanden, ved at benytte flere korte boost fremfor et længere. Ligeledes opnår man en bedre farvegenvinding ved at køre en serie af korte boost fremfor et langt. Det fremgår tydeligt af figur 9.9, 9.10 og 9.11. Figur 9.11 viser således, at der ved at booste 0,01 sek. 3 gange i serie kan opnås en farvegenvinding på over 90% ved en samtidig fortynding af farven i farvespanden på kun omkring 1%. At der, som det fremgår af figur 9.11, tilsyneladende kan genvindes over 100% farve skyldes, at residualfarvemængden ved de pågældende målinger har været lidt højere end 0,6 kg, som er anvendt ved beregningerne.



Figur 9.9  
Andelen af farve i det boostvand som går til farvespanden efter første boost/boostserie. TRESUs forsøgsanlæg.

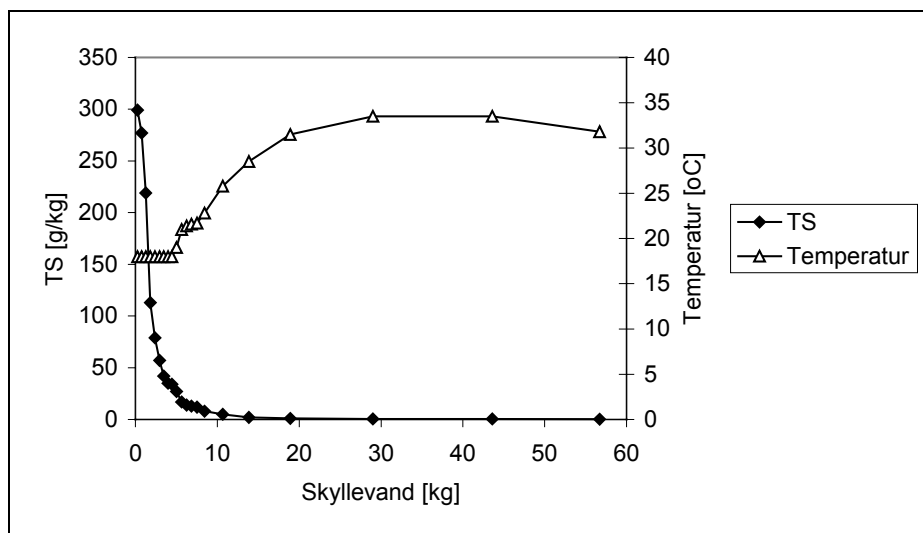


Figur 9.10  
Mængden af farve som går med boostvandet til bage til farvespanden efter første boost/boostserie. TRESUs forsøgsanlæg.



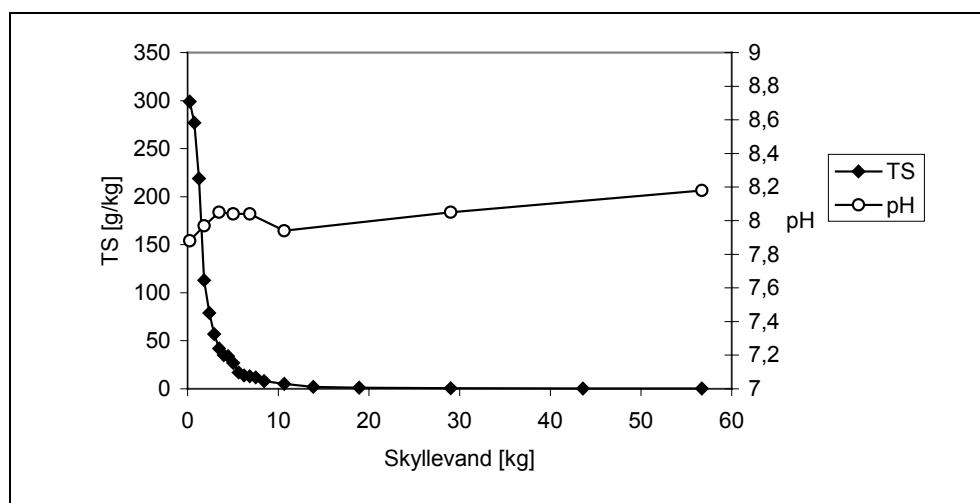
Figur 9.11  
Fortynding af 15 L trykfarve som funktion af opsamlet vand- og farvemængde ved triple boost på 0,01 sek. og 0,02 sek. TRESUs forsøgsanlæg.

Muligheden for at genbruge det første skyllevand er også blevet undersøgt på en stor flexotrykpresse (valsebredde 360 cm) under normal drift. Det drejer sig om forsøg på et Göpfert 1995 anlæg med TRESU kammerrakelrensesystem med højtryksdyser og opvarmet vand, se tabel C.4 og C.5 i bilag C. Dette anlæg er ældre end forsøgsanlægget (Pump Unit) og således ikke optimeret med hensyn til afvaskning. Vasken foregår her ved, at dyser spuler kammerraklen, mens fremførings- og tilbageføringspumperne pumper skyllevandet ud, men der er ikke tale om korte boost som på forsøgsanlægget. I dette tilfælde blev vaskevandet opsamlet i fraktioner. I hver fraktion blev der målt tørstofindhold, pH og temperatur. Resultaterne er vist på figur 9.12-14.



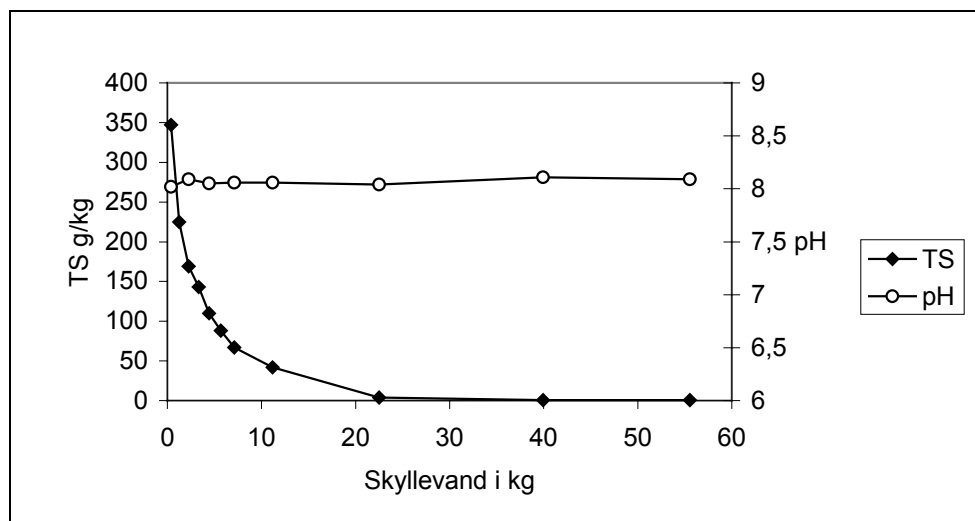
Figur 9.12  
Opsaml ing af skyllevand fra Göpfert 1995, rød farve

Figur 9.12 viser, hvordan tørstofindholdet i skyllevandet falder med mængden der pumpes ud. Grafen viser, hvordan stort set al farve kommer ud med de første 15 liter. På grund af det opvarmede vaskevand stiger temperaturen af det udpumpede også efterhånden, men de første ca. 5 liter har stuetemperatur ligesom trykfarven.

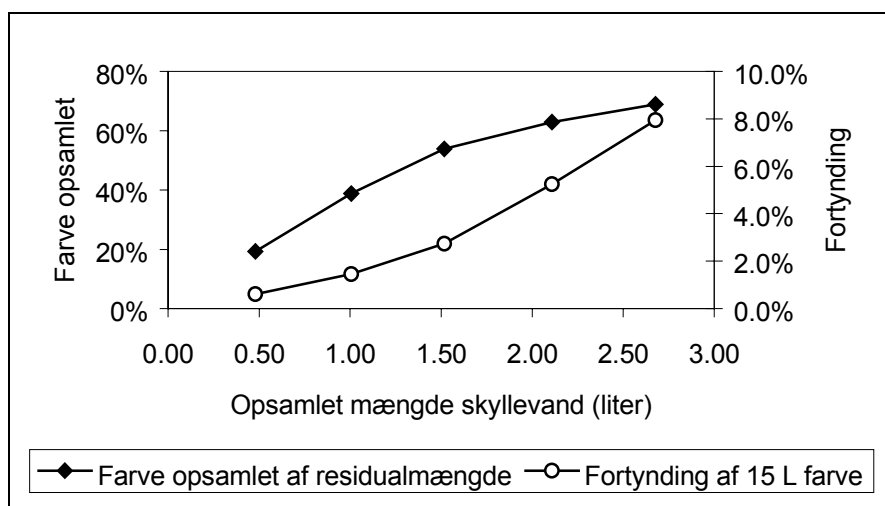


Figur 9.13  
Opsaml ing af skyllevand fra Göpfert 1995, rød farve

Figur 9.13 viser, hvordan pH varierer i det opsamlede vaskevand. Det ses, at pH varierer mellem ca. 7,9 og 8,2.



Figur 9.14 Opsamling af skyllevand fra Göpfert 1995, sort farve

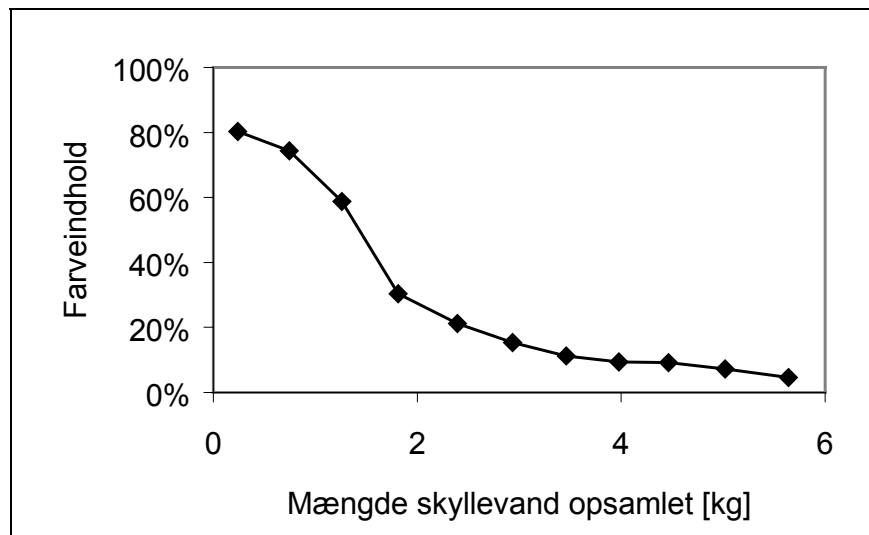


Figur 9.15 Fortynding af 15 L trykfarve som funktion af opsamlet vand- og farvemængde ved højtryksvask. Göpfert 1995 trykpresse med TRESU kammerrakel rensesystem.

Figur 9.14 viser, hvordan pH og tørstof varierer i opsamlede fraktioner for et forsøg med vask efter tryk med sort farve på Göpfert 1995. Også her er næsten al farve vasket ud med de første ca. 15 liter. pH varierer kun ganske lidt i vaskevandet og ligger omkring ca. 8,2.

Som det fremgår af figur 9.15, kan der på dette ikke optimerede afvaskningsanlæg opnås genvinding af ca. 40% farve med en resulterende fortynding på ca. 1,5% af de 15 L farve i farvespanden.





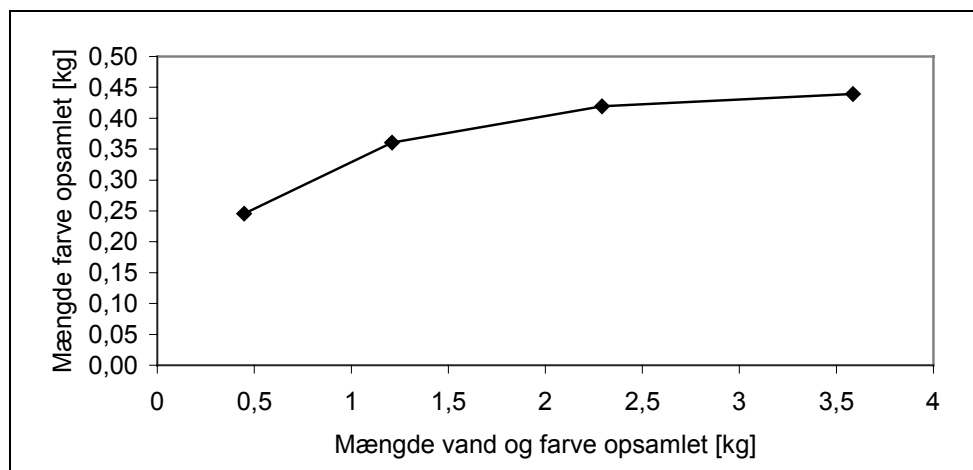
Figur 9.16  
Opsamling af skyllevand fra Göpfert 1995, rød farve

Figur 9.16 viser, hvordan farveindholdet er i de første liter af skyllevandet, og det ses, at farveindholdet i den første 0,5-1 liter er omkring 80%.

Som opsummering kan det anføres, at forsøgene beskrevet i dette afsnit tydeligt viser, at man på trykpresser, hvor højtryksvask benyttes, kan opnå stor genvinding af farve ved at opsamle det første skyllevand, og det vel at mærke uden at der sker en større fortynding af farven i farvespanden end ca. 1-5%. Specielt viser undersøgelserne, at den bedste genvinding og det bedste forhold mellem farve og vand, som giver den mindste fortynding, hvis det går i farvespanden, opnås ved at benytte korte boost. Forsøgene viste også, at det er mere fordelagtigt at anvende en serie af korte boost end et langt.

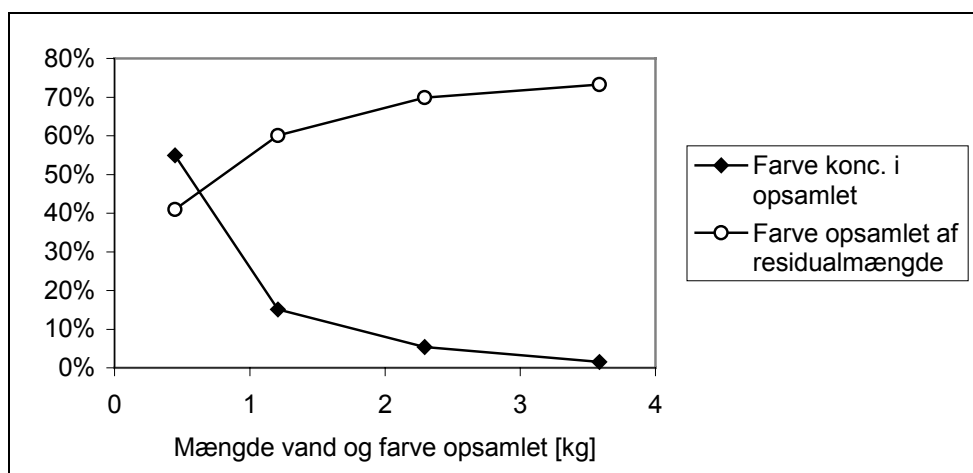
### 9.2.2 Genanvendelse af det første skyllevand som farve ved flush

Ved vask med flush vaskes farveværket ved, at der pumpes vand rundt i systemet med farvefremførings- og farvetilbageføringspumpen, og her vil det være muligt at lade det første skyllevand gå tilbage i farvespanden. Der blev gennemført et forsøg på TRESUs forsøgsanlæg, hvor højtryksvasken blev frakoblet, og systemet blev opereret som ved normal flush. Efter endt tømning af systemet for farve, ved tilbagepumpning som normalt, blev der skyllet med rent vand fra vandspanden, og skyllevandet blev opsamlet sekventielt. Mængden af farve, der blev opsamlet med det første skyllevand, er vist i figur 9.17.



Figur 9.17  
Mængden af farve i det første skyllevand ved flush. TRESU forsøgsanlæg.

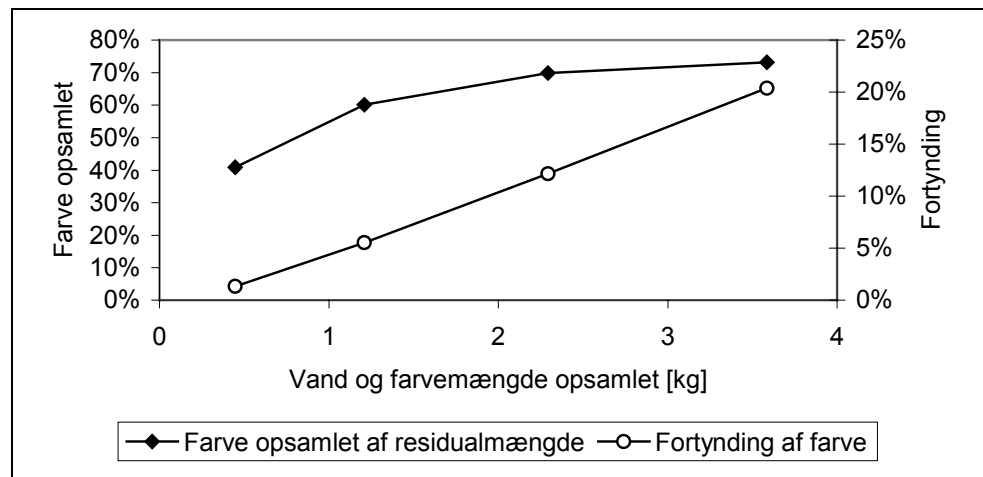
Som det ses af figur 9.17, er der omkring 0,25 kg farve i den første halve liter skyllevand, der kommer ud ved flush på TRESUs forsøgsanlæg.



Figur 9.18  
Den andel af trykfarvemængden, der er på anlægget efter tømning, og som opsaml es med den angivne mængde vand ved flush samt indholdet af trykfarve i skyllevandet. TRESUs forsøgsanlæg.

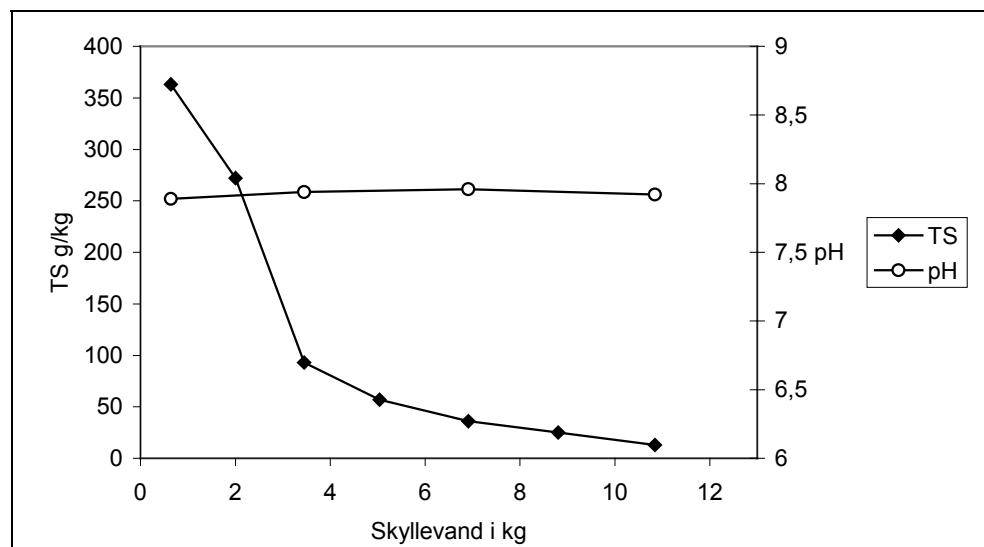
Af figur 9.18 ses det, at man i den første liter skyllevand kan opsamle omkring 50% af den trykfarve, der er tilbage på farveværket før vask. I denne første liter er omkring 25-30% trykfarve.

Det der er afgørende for hvor meget af skyllevandet, man kan lade gå til farvespanden, er den fortynding af farven, der sker. Dette er illustreret i figur 9.19, hvor det kan ses, at hvis man ved flush opsaml er ca. den første liter vaskevand, opnår man at genvinde ca. 50% af residualfarvemængden. Hvis der er 15 liter farve i farvespanden, fortyndes farven 3-4%.



Figur 9.19  
Fortynding af 15 liter trykfarve som funktion af opsamlet vand og farve mængde ved flush. TRESUs forsøgsanlæg.

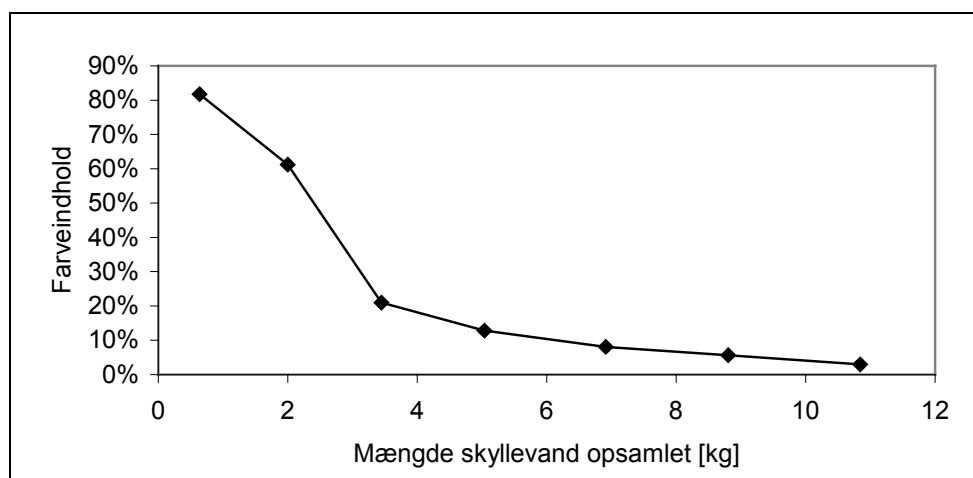
For at undersøge mulighederne for opsamling af det første skyllevand fra en stor trykpresse (valsebredde 450 cm) med manuel vask under normal drift, blev et forsøg med en ældre Göpfert 1972 trykpresse gennemført. Det drejer sig her om en gammel trykpresse med åben farvebakke og manuel afvaskning (se tabel C.8 i bilag C). Den manuelle vask foregik med vandslange og børste og metoden kan bedst sammenlignes med flush. Forsøget viste, at i lighed med forsøget på Göpfert 1995 (kammerrakel med højtryksdysesystem) får man næsten al farven ud med de første 15 liter. Resultaterne er illustreret i figur 9.20.



Figur 9.20  
Opsamling af skyllevand fra Göpfert 1972, blå farve

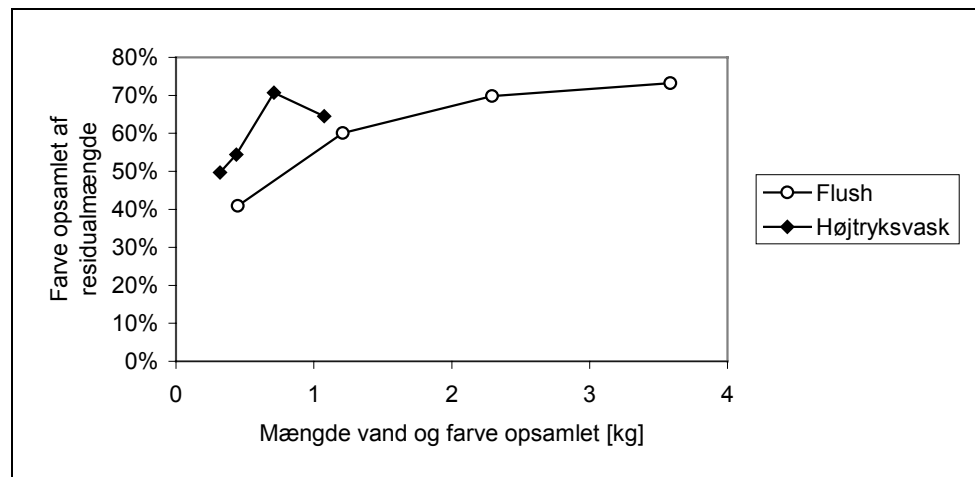
På figur 9.21 er farveindholdet i skyllevandet vist, og det ses, at der er omkring 80% farve i den første 0,5-1 liter skyllevand også ved manuel vask. Da residualfarvemængden er omkring 3-4 kg, vil man ved at opsamle de første 1,3 kg skyllevand kunne opnå en farvegeninding på 26-35%.

Tilbageføres dette i en farvespand med 15 L farve, vil det medføre en fortynding på godt 1%.



Figur 9.21  
Opsamling af skyllevand fra Göpfert 1972, blå farve

Sammenlignes flush og højtryksvask for TRESUs forsøgsanlæg ser man, at der ved højtryksvask, når der boostes i 0,05 sekunder (figur 9.4, 9.5 og 9.8), opsamles ca. 0,4 kg farve (i knap 0,3 kg vand) svarende til 70% af den farve, der er tilbage på anlægget. Koncentrationen af farve i dette første skyllevand bliver således ca. 60%. Ved flush derimod skal man lade de første godt to liter af skyllevandet gå i farvespanden for at opnå omtrent samme farvegenvinding (figur 9.17). Der ville altså i det tilfælde gå ca. 1,65 liter vand i farvespanden. Som illustreret i figur 9.22 er det altså muligt at opnå en større farvegenvinding ved højtryksvask end ved flush, og med undtagelse af den laveste farvegenvinding, går der langt mindre vand i farvespanden, når højtryksvask anvendes. Ved højtryksvask med gentagne korte boost (f.eks. 3 · 0,01 sek.), er det endvidere muligt at opnå i nærheden af 100% genvinding af farve ved en samtidig fortynding af farven i farvespanden på kun ca. 1%. Er flush den eneste mulighed, kan der dog på et anlæg som TRESUs forsøgsanlæg stadig genvindes omkring 40-50% af trykfarven på anlægget, ved at lade de første ca. 0,7 liter vand gå i farvespanden. Forsøgene udført på de to full-size trykpresser (Göpfert 1995 og 1972) under normal drift bekræfter, at det på ikke optimerede anlæg i hvert fald er muligt at opnå 30-40% genvinding af farven, og at den resulterende fortynding af 15 L farve kun vil udgøre omkring 1%.



Figur 9.22

Sammenligning af trykfarveopsamlingen i procent af det som står på anlægget før vask (residualmængden), som funktion af den mængde vand og trykfarve der opsaml es. TRESUs forsøgsanlæg.

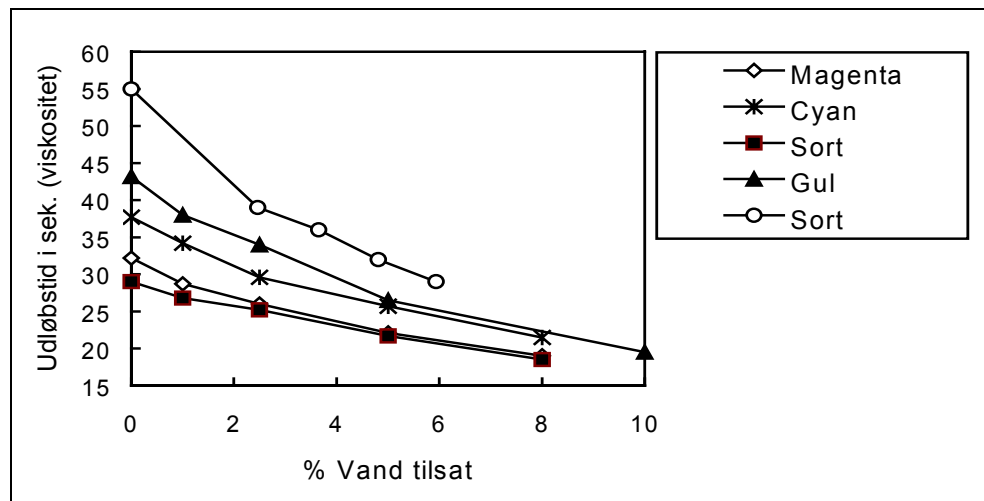
Efter vask med vand vil en del vand stå tilbage på systemet og fortynde den nye farve, der køres på farveværket. Denne mængde vand benævnes residualvandmængden (vanddødvolumenet). Når det vurderes, hvor meget vand man kan lade gå med i farvespanden med den genvundne farve, er det værd at huske, at der på alle anlæg, som vaskes med vand, allerede sker en fortynding af farven med denne residualvandmængde. Er der 15 liter i farvespanden, sker der for eksempel en fortynding på 1,9% på TRESUs forsøgsanlæg. På større anlæg af samme type kan det forventes, at residualvandmængden er lidt større og fortyndingen ligeledes lidt større.

### 9.2.3 Betydningen af fortynding med vand for trykfarvens egenskaber

Som de foregående afsnit viser, er der gode muligheder for at genvinde en del af residualfarvemængden ved at opsamle/udtage det første boostvand eller skyllevand. Dette afsnit omhandler hvilken indflydelse, en vandig fortynding af farven på 1-10% har på trykfarvens tryktekniske egenskaber. De fire procesfarver sort, cyan, magenta og gul blev undersøgt, og undersøgelserne er detaljeret beskrevet i bilag G (afsnit G.3).

#### *Fortyndingens indvirkning på viskositeten*

Betydningen af fortynding med vand for viskositeten er undersøgt ved at måle gennemløbstider med en DIN 4 kop, og resultaterne er vist på figur 9.23. Det ses, at viskositeten, især for farver med høj viskositet, falder kraftigst med det første vand. Ændringen i viskositet går fra lidt over 3 sekunder til ca. 1 sekund pr. procent fortynding.



Figur 9.23

Fortyndingskurver for vandfortyndbare flexotrykfarver. % vand beregnes som: masse vand/(masse vand+masse farve).

#### *Fortyndingens betydning for overfladespændingen*

Overfladespændingen har betydning for befugtningen af underlaget, og betydningen af fortynding blev undersøgt for den sorte farve. En 5% fortynding gav en reduktion i overfladespænding fra 35,4 mN/m til 34,8 mN/m, hvilket vurderes at ligge inden for målemetodens usikkerhed og være uden betydning for trykfarvens befugtning af underlaget.

#### *Fortyndingens betydning for lagtykkelsen*

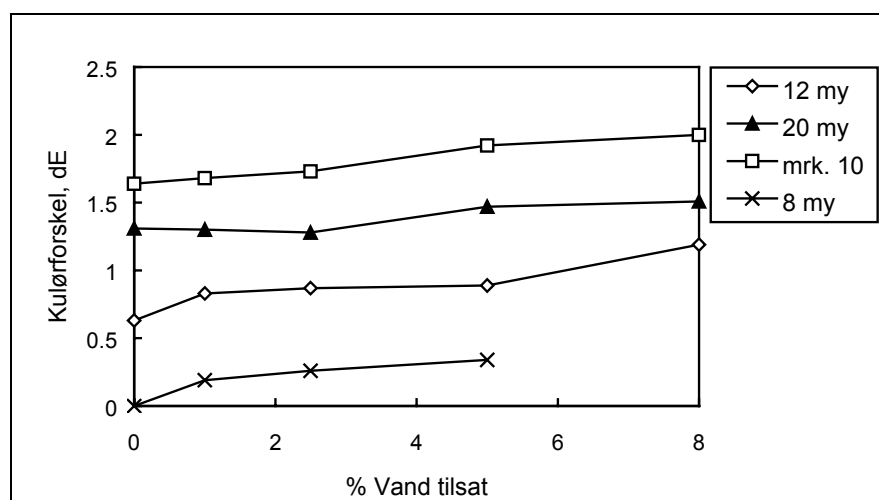
Lagtykkelsen på en liner efter påføring af mere eller mindre fortyndede farver med spiralapplikatorer blev uden held forsøgt målt ved differensvejning. En teoretisk overvejelse viser imidlertid, at lagtykkelsen af den tørre farve bliver reduceret svarende til fortyndingen af farve. For eksempel giver 8% fortynding et 8% tyndere lag. For det tykkeste lag, påført med applikator mrk. 10, vil en 8% fortynding således svare til, at laget reduceres fra 5,96 g/m<sup>2</sup> til 5,48 g/m<sup>2</sup>.

#### *Fortyndingens betydning for densiteten af det tørre tryk*

Indvirkningen af fortynding på densiteten af det færdige tryk blev undersøgt for sort farve. Densitet er en reflektionsmåling, som anvendes i trykkerierne til vurdering og kontrol af farvestyrken. Undersøgelsen viste, at der, uanset farvelagets tykkelse, ikke var nogen forskel på den målte densitet for tryk, der var fortyndet med fra 0 til 8% vand.

#### *Fortyndingens betydning for kuløren af det tørre tryk*

Kuløren af tryk skabt ved påføring af mere eller mindre fortyndet, sort farve blev undersøgt med et spektrofotometer, se figur 9.24.



Figur 9.24  
Kulørmåling på tørt tryk med ren og fortyndet sort farve

Som det ses af figuren, stiger kulørforskellen med fortynding, og forskellen i kulør på tryk med uforyndet farve og farve fortyndet med 8% vand ligger omkring 0,4-0,5 E enheder. Denne forskel er synlig for et trænet øje og svarer til, at der er påført ca. 1 g mindre pr. m<sup>2</sup>.

En forventet lagtykkelse i flexografi er formentlig af størrelsesordenen 1-3 µm. Det betyder, at der kan være en kulørforskel af størrelsesordenen 1 enhed, som alene skyldes indstilling af flexomaskinen fra gang til gang. Det vil sige, at den farveforskel, en 8% fortynding af farven afstedkommer, ligger inden for den usikkerhed, som allerede eksisterer i påføringsmetode og målemetode. Normalt kan en farveforskel på 1 enhed ses, om end denne farveforskel stort set altid vil ligge inden for den tolerance, som defineres ved kvalitetsstyring. Det skal dog understreges, at forskellige farver udviser forskellig følsomhed for fortynding, og at øjet ikke er lige følsomt over for alle farver, hvilket betyder, at man typisk laver individuelle tolerancer for de forskellige farver.

#### 9.2.4 Samlet vurdering vedrørende genanvendelse af skyllevand som farve

Undersøgelserne beskrevet ovenfor viste, at man ved at opsamle det første skyllevand kan opnå en betydelig farvegenvinding. Desuden viser undersøgelserne, at hvis dette skyllevand tilføres farvespanden (med 15 L farve i), vil den resulterende fortynding stort set ikke ændre farvens tryktekniske egenskaber, se tabel 9.1.

Tabel 9.1  
Undersøgelsesresultater

	Genvundet farve	Del af residualmængde	Farve konc. i skyllevand	Fortynding af 15 liter farve
Boost 0,02 s	0,4 kg	65%	60%	1%
Flush, første liter	0,3 kg	50%	35%	4%

Man kan f.eks. ved at lade det første boost på 0,02 sekunder gå i farvespanden opnå en genvinding på 65% eller ca. 0,4 kg farve på TRESUs forsøgsanlæg,

og ved flush kan man ved at lade den første liter af skyllevandet gå i farvespanden opnå en farvegenvinding på 50%. Blot med en større fortynding af farven i farvespanden. Undersøgelserne viser, at disse genvindinger kan opnås uden væsentlig effekt på trykfarvens egenskaber, så længe der ikke fortyndes mere end ca. 8%. Har anlægget mulighed for at generere en serie af korte boost, kan man opnå en endnu højere genvinding, mere end 80%. Hvis der spædes op med koncentreret farve, vil processen kunne gentages adskillige gange. Disse tal stammer fra målinger på et forsøgsanlæg, men alle dele af forsøgsanlægget, undtagen kammerraklen og farveslangerne, var i normal størrelse set i forhold til bølgepap. At der kan genvindes farve svarende til i hvert fald 40% af residualfarvemængden resulterer i en fortynding med vand på kun 1% i 15 liter trykfarve, bekræftes af forsøg på de to fungerende, ældre, full-size trykpresser. Derfor viser resultaterne af de her udførte forsøg, at der endog på ældre, ikke optimerede anlæg ved opsamling af det første skyllevand vil kunne spares meget farve.

### 9.3 Potentialer for genbrug af skyllevand og koncentrat fra vandbehandling

Genbrug af vand har til formål ikke kun at nedbringe forbruget af friskvand men mere væsentligt at minimere volumen af spildevand, der skal renses eller afledes. Der skelnes mellem tre typer af vandgenbrug:

*Direkte genbrug:* Vandet genbruges direkte fra én proces til en anden. Dette kan f.eks. gælde genbrug af vand fra sidste skyl som skyllevand i nyt, første skyl.

*Recirkulering:* Vandet genbruges flere gange i den samme proces. Dette kan f.eks. gælde recirkulering af skyllevand fremfor direkte skyl til sump.

*Genbrug via opgradering:* Vandet genbruges efter at have været gennem en rensningsproces. Dette kan gælde både direkte genbrug og recirkulering.

I dette afsnit gennemgås de forskellige genbrugsmuligheder.

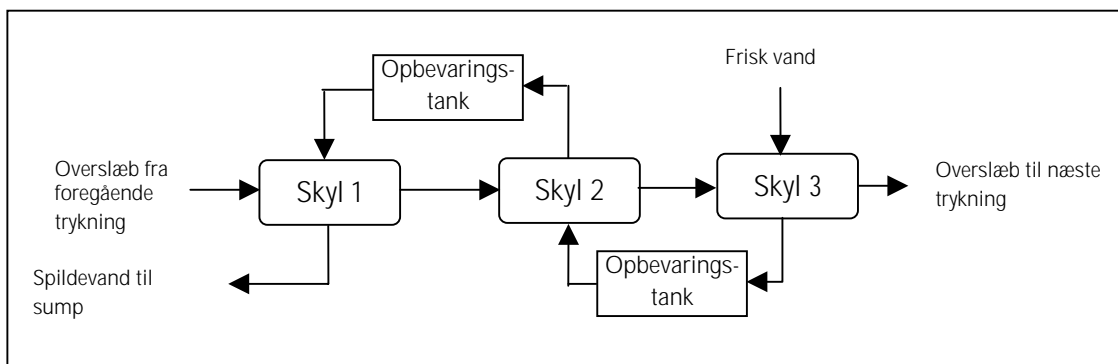
#### 9.3.1 Reduktion af skyllevandsvolumen ved direkte genbrug

Som nævnt ovenfor er det væsentligste formål med reduktion at reducere mængden af spildevand, som afledes fra vaskeprocessen til sumpen. Reduktionen bør i første omgang sigte mod direkte genbrug af skyllevandet internt i skylleprocessen. Dette vil opkoncentrere stofmængden i en mindre spildevandsmængde, hvorved den efterfølgende spildevandsrensning vil kunne forløbe mere effektivt ved en mindre økonomisk og miljømæssig belastning.

#### 9.3.2 Modstrømsskyl

Ved modstrømsskyl forstås en skylleprocedure, hvor skylningerne gennemføres i en række batches. Skyllevandet fra hvert skyl opbevares indtil den næste afvaskning, hvor skyllevandet genbruges i den umiddelbart foregående batch. Kun skyllevandet fra den første batch ledes til sumpen, mens der kun anvendes friskvand i den sidste batch. Modstrømsskyl sikrer et minimalt vandforbrug og en maksimal opkoncentrering af farve i det vand, som ledes til sumpen. Princippet er illustreret i figur 9.25.





Figur 9.25  
Princippet i et 3-trins modstrømsskyl

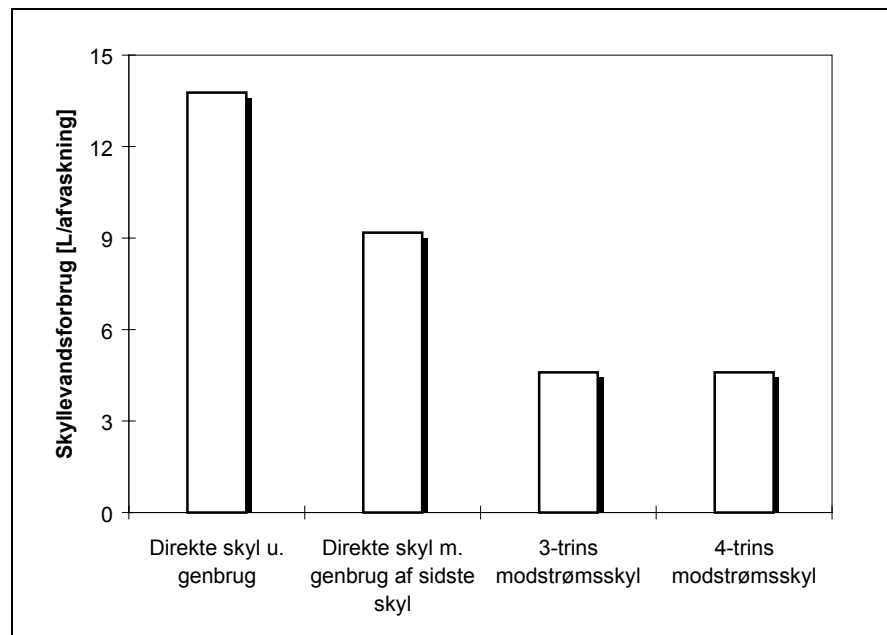
Et enkelt dansk anlæg (TRESUs Pump Unit, se bilag B) opererer i dag med direkte genbrug af brugt skyllevand i skylleprocessen. I dette anlæg recirkuleres først brugt skyllevand fra sidste vask. Dette vand føres efterfølgende til sump, og der skylles afslutningsvis med friskvand. Vandet fra dette sidste skyl opsamles og genbruges som første skyl i den næste afvaskning.

TRESUs Pump Unit opererer således med en kombination af recirkulering og modstrømsskyl (2-trin). Et minimalt skyllevandsforbrug ved den nuværende teknologi vil opnås ved omlægning til 3- eller 4-trins modstrømsskyl. Denne omlægning skal i givet fald ske under hensyn til skyllekvantiteten, som ikke må forringes af hensynet til den efterfølgende trykkeproces.

Der er gennemført en række målinger på det pågældende anlæg (dvs. TRESUs forsøgsanlæg som omtalt i starten af dette kapitel) bl.a. med det formål at opstille en massebalance for skylleprocessen og herved kunne regne på effekten af omlægninger til 3- eller 4-trins modstrømsskyl. Baggrunden for beregningerne er gennemgået i bilag G (afsnit G.5), hvor også en beskrivelse af udvalgte skylleprocedurer kan findes. I det følgende gennemgås resultaterne ved sammenligning af følgende scenarier:

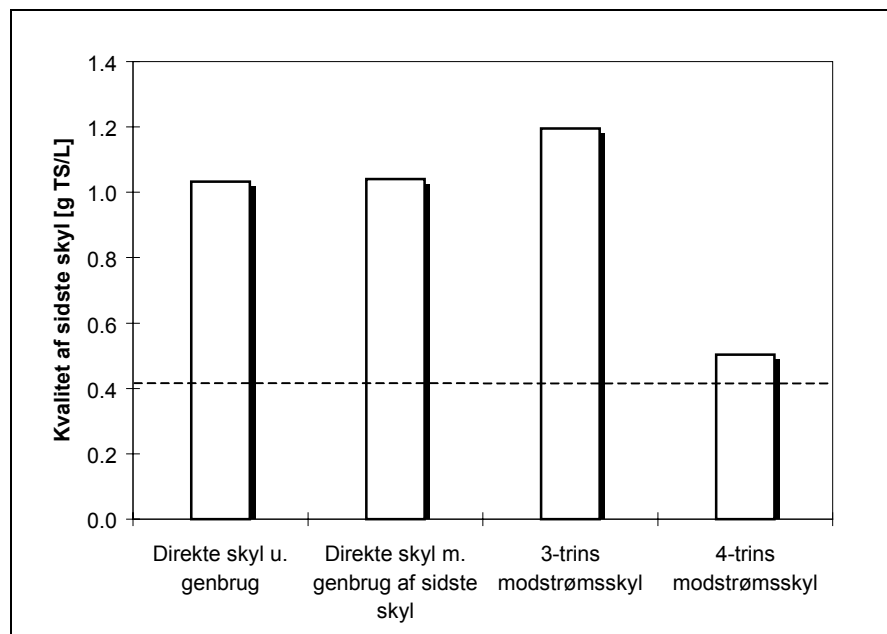
1. Direkte skyl uden genbrug (3 trin)
2. Direkte skyl med genbrug af sidste skyl (3 trin)
3. 3-trins modstrømsskyl
4. 4-trins modstrømsskyl

Det er ved beregningerne antaget, at farveværket kan rengøres tilfredsstillende med ca. 14 L friskvand (4,6 L pr. batch). Det nødvendige skyllevandsforbrug er illustreret i figur 9.26. Det fremgår, at genbrug af sidste skyl reducerer skyllevandsmængden med 1/3. Såfremt der omlægges til fuldstændigt modstrømsskyl, kan dette forbrug yderligere halveres og hermed kan opnås en besparelse på forbruget af friskvand. Det væsentligste økonomiske og miljømæssige potentiale vurderes dog at ligge i reduktionen af spildevand, som skal behandles.



Figur 9.26  
Nødvendigt skyllevandsforbrug ved de beregnede scenarier

Et vigtigt forhold ved omlægning af skylleproceduren er vandkvaliteten af det sidste skyl, idet denne svarer til koncentrationen i den vandmængde, som efter skyllet sidder i maskinen og overføres til næste trykkeproces. De beregnede vandkvaliteter fremgår af figur 9.27.

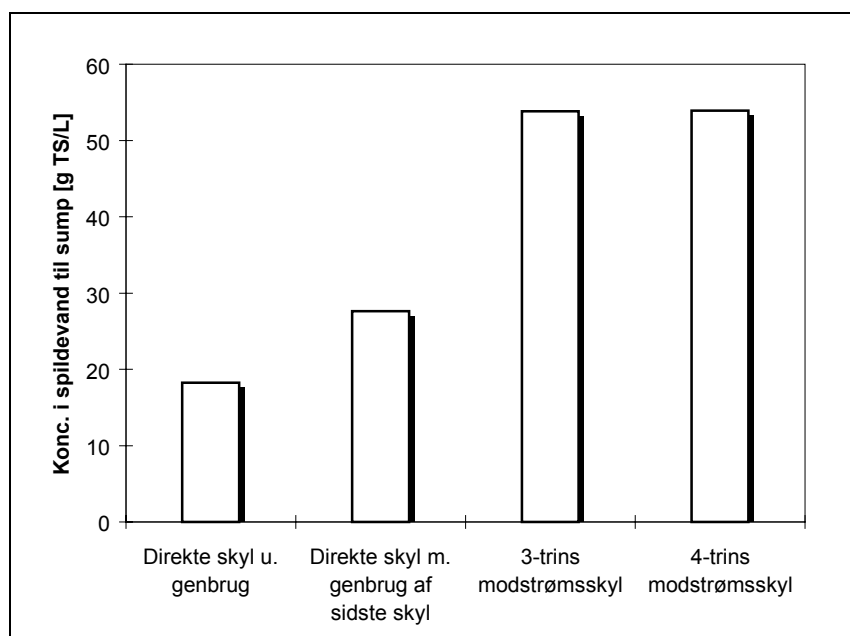


Figur 9.27  
Vandkvalitet af sidste skyl ved de beregnede scenarier. Den stiplede linie illustrerer vandkvaliteten af friskvand.

Det fremgår af figur 9.27, at der ved omlægning til 3-trins modstrømsskyl sker en svag forringelse af vandkvaliteten i sidste skyl. Hvorvidt dette er

acceptabelt, må baseres på testskylninger på anlægget, men umiddelbart vurderes det ikke som noget problem. Anvendes i stedet et 4-trins modstrømsskyl, vil en meget effektiv skylning kunne opnås.

Vandkvaliteten af det spildevand, som ledes til sumpen, har interesse i forbindelse med valg af rensningsteknologi. Beregninger af dette fremgår af figur 9.28.



Figur 9.28  
Forureningsgrad af brugt skyllevand som ledes til sump

Det fremgår af figur 9.28, at der opnås en væsentlig opkoncentrering ved brug af 3- eller 4-trins modstrømsskyl fremfor direkte skyl. Betydningen af dette for valg af rensningsteknologi vil blive gennemgået i afsnit 9.3.6.

Der vil således være en række tekniske og miljømæssige fordele forbundet med omlægning til 3- eller 4-trins modstrømsskyl. Anlægsomkostningerne ved omlægning fra genbrug af sidste skyl til 3- eller 4-trins modstrømsskyl forventes at være begrænsede. Anlægget (Pump Unit'en) har i dag én opbevaringstank til opbevaring af sidste skyl. Ved omlægning til 3- eller 4-trins modstrømsskyl vil det være nødvendigt med 2 –3 opbevaringstanke afhængigt af, om der vælges 3 eller 4 trin i skylleprocessen. Endvidere vil det være nødvendigt med en mindre ombygning af pumpeenheten samt omprogrammering af PLC-styringen. Det endelige antal af nødvendige opbevaringstanke må bestemmes ud fra en statistisk vurdering af antallet af nødvendige skyl kombineret med yderligere massebalanceberegninger samt på vurdering af de udgifter, der er forbundet med omlægning til 3- eller 4-trins modstrømsskyl.

### 9.3.3 Modstrømsskyl kombineret med returskyl til farvespand

Direkte vandgenbrug i form af modstrømsskyl vil således ikke reducere den samlede mængde stof, som ledes til sumpen, og som således ikke kan nyttiggøres i trykprocessen med tab af råvare til følge. Dette vil kræve

tilbageføring af en del af skyllevandet til farvespanden, således at den udskyllede farvemængde kan genbruges.

Som beskrevet i afsnit 9.2 er der udført forsøg med bl.a. at "booste" den første skyllevandsmængde igennem systemet og returnere denne lille mængde til farvespanden, her benævnt returskyl. Disse forsøg viste, at i hvert fald i størrelsesordenen 40-60% af den farvemængde, som sidder tilbage i maskinen, kan opsamles. Returskylningen kan således have den sidegevinst, at skyllevandsvolumenet kan nedsættes. I det følgende præsenteres en række regneeksempler på effekten af at returskylle farve til farvespanden efterfulgt af direkte skyl eller modstrømsskyl. Der regnes med, at 50% af farven på anlægget går tilbage til farvespanden med returskyllet, og følgende scenarier er analyseret:

*2-trins skyl:*

1. Direkte skyl uden genbrug
2. Direkte skyl med genbrug af sidste skyl (2-trins modstrømsskyl)

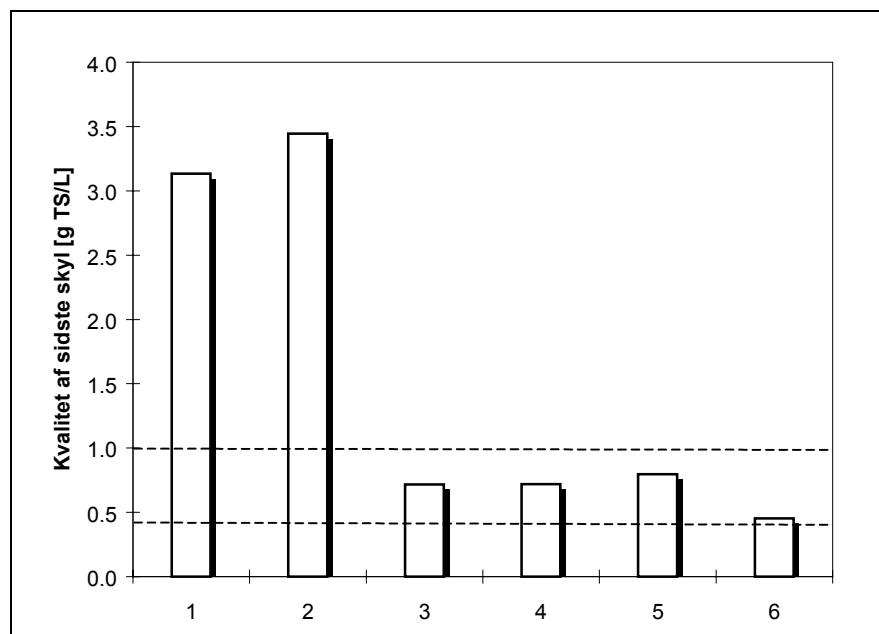
*3-trins skyl*

3. Direkte skyl uden genbrug
4. Direkte skyl med genbrug af sidste skyl
5. Modstrømsskyl

*4-trins skyl*

6. Modstrømsskyl

Som ved beregningerne i afsnit 9.3.2 er det her antaget, at farveværket kan rengøres tilfredsstillende med ca. 14 L friskvand (4,6 L pr. batch). I figur 9.29 er illustreret den beregnede vandkvalitet af det sidste skyl ved de beregnede scenarier. Det fremgår tydeligt, at returskylningen ikke ændrer ved, at det er nødvendigt med tre skyl for at opnå en tilstrækkelig god vandkvalitet i sidste skyl. Beregningerne viser dog også, at returskylningen sikrer, at et 3-trins modstrømsskyl giver en tilfredsstillende vandkvalitet i sidste skyl, hvorfor et 4. skyl ikke vurderes at være nødvendigt.



Figur 9.29

Vandkvalitet af sidste skyl ved de beregnede scenarier. Den øverste stiplede linie illustrerer vandkvaliteten ved direkte skyl med genbrug af sidste skyl (3-trin) uden returskyllning, mens den nederste stiplede linie illustrerer vandkvaliteten af frisk vand.

### 9.3.4 Genbrug af opkoncentreret skyllevand/koncentrat

Såfremt der gennemføres modstrømsskyl, vil spildevandet opkoncentreres væsentligt (se figur 9.28). Dette kan muliggøre genbrug af spildevand uden opgradering ved at spæde det urensede spildevand til sort farve, som i så fald skal leveres mere koncentreret fra leverandøren. En amerikansk virksomhed har med succes gennemført dette og herigennem reduceret mængden af kemikalieaffald med 90%. Opspædning af sort farve med spildevand havde ingen negativ effekt på kvaliteten af farven. Mindre mængder af spildevand vil sandsynligvis også kun bruges til opspædning af andre farver, f.eks. grå /106/.

For at denne strategi kan lykkes og have en reel betydning, skal en væsentlig del af den anvendte trykfarve være sort, samtidig med at vandforbruget skal reduceres til et minimum via direkte genbrug. Beregningerne på opkoncentreringsgraden ved introduktion af modstrømsskyl viser, at der kan opnås et tørstofindhold i størrelsesordenen 50 g/L. Dette er dog stadig kun godt 1/10 af tørstofkoncentration i brugsklar farve.

Opkoncentrering af spildevandet ved membranfiltrering eller inddampning vil væsentligt øge genanvendelsespotentialet af stoffraktionerne i spildevandet. Herigennem forventes det muligt at opnå tørstofkoncentrationer i samme størrelsesorden som brugsklar farve.

På virksomhed A foregår godt 30% af samtlige kørsler med sort farve, og forbruget af sort farve udgør tilsvarende godt 30% af det årlige farveforbrug. På denne baggrund ses der et væsentligt potentiale i genbrug af farve fra afvaskningen med eller uden opkoncentrering af skyllevandet.

Genbrug af spildevand/koncentrater i farverecepterne er både økonomisk og miljømæssigt en optimal løsning, idet stofferne genbruges på det højeste mulige niveau som et fyldestgørende produkt. Råvareforbruget vil optimeres, og kemikalieaffaldsmængden vil reduceres til et minimum. Hvorvidt løsningen er teknisk mulig, er endnu uafklaret. Bl.a. vil løsningen sandsynligvis ikke være mulig, hvis der anvendes afvaskningskemikalier i skylleprocessen.

### 9.3.5 Genbrug af vand via opgradering

Renset skyllevand kan i mange tilfælde ledes tilbage i processen og genbruges som skyllevand, såfremt rensningsteknologien er tilstrækkeligt effektiv. Dette vil typisk gælde vand fra membranfiltrering og inddampning men også vand fra koagulering/flokkulering efterfulgt af en efterpolering.

Incitamentet til genbrug af vandet ligger i besparelser på vandforbruget og dermed vandafgift og afledningsafgift. Der kan ved fuldstændigt genbrug af spildevandet opnås spildevandsfri drift, hvor vandforbruget kun skal substituere vand, der tabes som følge af fordampning mm.

I tilfælde af inddampning kan der eventuelt ske udnyttelse af vandets energiindhold til forbedring af skylleeffektiviteten. Såfremt der anvendes afvaskningskemikalier, kan der eventuelt samtidig ske et genbrug af disse, såfremt overskydende kemikalier kan genfindes i det rensede vand. Dette vil typisk gælde for membranfiltrering.

Det væsentligste økonomiske potentiale i rensningsteknologierne ligger dog ikke i vandbesparelsen men på besparelsen i mængden af kemikalieaffald, idet de miljøproblematiske stoffer koncentrerer i en mindre vandmængde.

Teknisk set kan der i visse tilfælde opstå problemer i forbindelse med meget lukkede vandkredsløb. Stoffer, som ikke frasepareres ved rensningen, vil opbygges i vandsystemet. Dette kan føre til problemer såsom udfældninger, biologisk vækst, lugt mm. En nærmere analyse er nødvendig for at afgøre, hvorvidt sådanne problemer kan forventes at opstå.

### 9.3.6 Skyllevandsmængdens betydning for valg af rensningsteknologi

Ved ændring af skylleproceduren til modstrømsskyl vil det reducerede skyllevandsvolumen resultere i, at koncentrationen af stof i det spildevand, som skal behandles, vil stige væsentligt (se figur 9.28). Baseret på en teknisk, økonomisk og miljømæssig vurdering har både mængden og sammensætningen af spildevandet betydning for valget af rensningsteknologi. Derfor vil ændringer i skylleproceduren have væsentlig betydning for hvilken teknologi, som vælges.

Et publiceret eksempel på dette er membranfiltrering af pigmenter stammende fra vandfortyndbare flexotrykfarver /107/. Dette studie viste, at ved lave pigmentkoncentrationer (< 10 g/L) forekom en betydelig tilsætning af membranerne (fouling), mens dette ikke forekom ved højere koncentrationer. Opkoncentrering af skyllevandet ved direkte genbrug kan således have væsentlig, positiv effekt på membranernes driftsøkonomi.

Uanset hvilken teknologi der vælges, vil reduktionen af skyllevandsvolumen føre til økonomiske og effektivitetsmæssige forbedringer af rensprocessen. Betydningen vil være størst på udstyrstunge teknologier som

membranfiltrering og inddampning og mindre på koagulering/flokkulering samt adsorptions- og oxidationsprocesser.

Modsat vil de udstyrstunge teknologier ikke være rentable under en vis vandmængde, hvor koagulering/flokkulering vil være den økonomisk mest attraktive løsning. I hvert enkelt tilfælde må således foretages en individuel vurdering af hvilken rensningsteknologi, som er mest fordelagtig ud fra en teknisk, økonomisk og miljømæssig vurdering.

Ved reduktion af skyllevandsvolumen og samtidig valg af rensningsteknologi skal der tages forbehold for eventuelle begrænsninger på baggrund af den offentlige regulering, som virksomheden er underlagt. Som før nævnt, forventes det reducerede skyllevandsvolumen at forøge rensprocessens effektivitet over for mængden af stof, som frasepareres i processen og dermed den stofmængde, som udledes til offentlig kloak. Da mængden af stof samtidig findes i en mindre vandmængde, kan det dog ikke udelukkes, at koncentrationen af stof vil stige i afløbsvandet. Dette vil være en begrænsning for indførelse af renere teknologi, såfremt virksomheden reguleres efter koncentrationen af stof i afløbet og ikke den samlede mængde af stof udledt. Denne begrænsning kan forventes at gælde ved både koagulering/flokkulering, membranprocesser, adsorptionsprocesser og oxidationsprocesser. Derimod kan der i den henseende ikke forventes begrænsninger ved valg af inddampning som rensningsproces. I dette tilfælde må det dog også forventes, at kondensatet vil blive genbrugt i skylleprocessen eller andre steder og ikke afledt til kloak.

### **9.3.7 Økonomiske potentialer ved implementering af renere teknologi og forbedret spildevandsrensning**

Det er meget vanskeligt at beregne de økonomiske konsekvenser ved implementering af renere teknologi og forbedret rensning af spildevand. Sammenlignet med andre brancher, er vandforbruget generelt relativt begrænset, hvorfor individuelle forhold på virksomhederne vil have væsentlig betydning for rentabiliteten af løsningerne.

For illustration af de økonomiske potentialer ved implementering af renere teknologi og forbedret spildevandsrensning er det i stedet valgt at vise besparelspotentialerne ved de nævnte løsninger, mens de yderligere omkostninger til anlæg og drift, som teknologierne omfatter, er udeladt. Herefter må en individuel analyse på de enkelte virksomheder afdække, om besparelspotentialerne er tilstrækkelige til at dække de udgifter, der er forbundet med implementering og drift.

Beregning af besparelspotentialerne er eksemplificeret ved to virksomheder, A og B. Nøgletal for de to virksomheder er givet i tabel 9.2.

Tabel 9.2  
Nøgletal for virksomhed A og B til beregning af  
besparelsespotentialer

Parameter	Enhed	Virksomhed A	Virksomhed B
Syllevandsforbrug	[m <sup>3</sup> /år]	350	3.000
Spild af farve	[kg/år]	8.000	35.000
Vandbehandlingsteknik		Koag-flok	UF
Kemikalieaffald	[kg/år]	34	170
Affaldskategori		Ikke pumpbart	Pumpbart

For at illustrere de økonomiske konsekvenser ved forbedret spildevandsrensning og renere teknologi gennemregnes fire scenarier for hver virksomhed, vel vidende at netop disse virksomheder allerede har investeret i spildevandsbehandlingsanlæg:

1. Koagulering/flokkulering
2. Ultrafiltrering
3. Ultrafiltrering med 30% genbrug af farve og 50% genbrug af vand
4. Inddampning med 100% genbrug af vand

I tabel 9.3 er beskrevet de variabler, som er anvendt til beregning af scenarierne.

Tabel 9.3  
Variabler anvendt for de enkelte scenarier

Scenario	Enhed	1	2	3	4
Vandafgift	kr/m <sup>3</sup>	8	8	8	8
Spildevandsafgift	kr/m <sup>3</sup>	15	15	15	15
TS i koncentrat	%	25	15	15	75
Bidrag fra kemikalier	%	25	0	0	0
Affaldskategori		Ej pumpbart	Pumpbart	Pumpbart	Brændbart
Affaldsafgift	kr/kg	3,25	5,75	5,75	0,75
Værdi af tabt farve	kr/kg	32	32	32	32

I tabel 9.4 og 9.5 er de enkelte poster værdisat for hvert scenario for hver virksomhed.

Tabel 9.4  
Værdisætning af posterne for de beregnede scenarier, virksomhed A

Scenario	Enhed	1	2	3	4
Vandafgift	kr/år	2.800	2.800	1.400	0
Spildevandsafgift	kr/år	5.250	5.250	2.625	0
Værdi af tabt farve	kr/år	256.000	256.000	179.200	256.000
Affaldsafgift	kr/år	53.300	127.733	88.013	3.280
Totalt	kr/år	317.350	389.783	271.238	259.283



Tabel 9.5  
Værdisætning af posterne for de beregnede scenarier, virksomhed B

Scenario	Enhed	1	2	3	4
Vandafgift	kr/år	24.000	24.000	12.000	0
Spildevandsafgift	kr/år	45.000	45.000	22.500	0
Værdi af tabt farve	kr/år	1.120.000	1.120.000	784.000	1.120.000
Affaldsafgift	kr/år	233.188	550.083	385.058	14.350
Totalt	kr/år	1.422.188	1.739.083	1.203.558	1.134.350

Det skal bemærkes, at der er regnet med meget runde tal og foretaget grove overslag i beregningerne.

Det fremgår af beregningerne, at der er et væsentligt besparelspotentiale ved brug af inddampning som rensningsteknologi (scenario 4), såfremt koncentratet kan kategoriseres som brændbart affald, hvad det givetvis kan.

Der er endvidere et væsentligt besparelspotentiale i at genbruge tabt farve efter opkoncentrering ved membranfiltrering (scenario 3). Som udgangspunkt er det dog ikke muligt at genbruge al brugt farve, hvorfor scenario 3 samlet set ikke er favorabel på grund af den høje afgift for disponering af restkoncentratet. Såfremt koncentratet kan afsættes til anden side, f.eks. leverandør af farve, vil dette scenario være det mest attraktive - både økonomisk og miljømæssigt. Det er dog vigtigt først og fremmest at minimere tabet af farve ved kilden, som beskrevet i afsnit 9.1 og 9.2.

Samlet set vurderes det, at især inddampere som f.eks. PAFAs (se bilag F) med et højt tørstofindhold i koncentratet vil være en attraktiv mulighed. Investering og drift er dog også klart det dyreste af de beregnede scenarier, hvorfor en mere detaljeret analyse vil være nødvendig for at fastlægge rentabiliteten af teknologien. For at minimere anlægs- og driftsomkostningerne bør skyllevandsforbruget minimeres, som beskrevet i afsnit 9.3.2-9.3.3.

Som opsummering på det i nærværende afsnit beskrevne (afsnit 9.3) skal det anføres, at der kan opnås væsentlige miljøforbedringer på økonomisk fordelagtig vis ved forbedring af spildevandsrensning integreret med renere teknologi i skylleprocesserne. Ved automatisering og omlægning til modstrømsskyl kan opnås en væsentlig reduktion af skyllevandsmængderne uden at forringe skylleeffektiviteten.

En reduktion af skyllevandsmængderne vil endvidere gøre spildevandsrensning mere økonomisk fordelagtig. Såfremt der ikke gennemføres spildevandsrensning, vil der opnås besparelser på den mængde spildevand, der bortskaffes som kemikalieaffald.

Der er væsentlige fordele ved valg af membranfiltrering eller inddampning som rensningsteknologi. Fordelene dækker forbedret rensningseffektivitet, mulighed for genbrug af vand som skyllevand, eventuelt genbrug af vandets indhold af energi og kemikalier, eventuelt genbrug af koncentratmængden til opspædning af sort farve og minimering af mængden af kemikalieaffald. De økonomiske og tekniske konsekvenser ved disse teknologier bør dog vurderes nærmere på de enkelte virksomheder.

# 10 anbefalinger og udviklingsbehov

Valg af trykfarver, afvaskningsteknikker og ordreafvikling mm. ved tryk med vandfortyndbare flexotrykfarver baseres traditionelt på parametrene økonomi (udgift, tidsforbrug – især downtid), kvalitet af tryksagen/emballagen, praktisk anvendelighed og arbejdsmiljømæssige aspekter. Forhold omkring ydre miljø – det vil især sige vandmiljø – er traditionelt søgt håndteret ved ”end of pipe” løsninger, dvs. rensning af spildevand før afledning til kloak. Nedenstående anbefalinger fokuserer på renere teknologiløsninger (dvs. tiltag ved eller tæt på kilden) i forhold til belastning af vandmiljøet. Som det fremgår af tidligere kapitler (især kapitel 8 og 9), behøver inddragelse af renere teknologi ikke at påvirke de øvrige, ovenfor nævnte parametre negativt – i mange tilfælde tværtimod. For uddybning og konkretisering af de nedenfor, beskrevne anbefalinger henvises til bilag E og kapitel 4, 7, 8 og 9 samt bilag H, D, G og C.

## 10.1 Generelle anbefalinger

Nedenstående anbefalinger vedrører forhold, der ikke har noget direkte at gøre med afvaskning af farve (eller tømning af farveværk), men som har afgørende betydning for det samlede farvespild og hermed ressourceforbrug og miljøbelastning.

- undgå unødige afvaskninger ved at afvikle ordrer med samme farve i serie og gå fra lyse nuancer mod mørkere (afsnit 8.1.1 og bilag E)
- vær opmærksom på læk af farve ved endepakninger (kammerrakler) og mellem rakel og aniloxvalse samt overløb – juster flow og juster/udskift rakel og pakninger i givet fald. Mest kritisk for farveværker uden opsamlingsbakke (afsnit 8.1.1 og bilag E)
- juster om nødvendigt trykfarvens pH og viskositet løbende – mest optimalt ved automatisk justering
- vælg trykfarver og eventuelle afvaskningsmidler uden indhold af stoffer med høj farlighedsscore (A, U) – foretræk om muligt stoffer med farlighedsscore C og H (h-p) (afsnit 4.4-4.6, 8.1.3 og 8.2 samt bilag D og H)

### 10.1.1 Udviklingsbehov

Hvad angår valg af trykfarver, er der især behov for afklaring af de indgående pigmenters miljømæssige egenskaber.

## 10.2 Anbefalinger vedrørende valg af farveværker

Farveværkets konstruktion er dels meget afgørende for, hvor effektivt det kan tømmes for farve, og dels hvor effektivt det kan rengøres.

- vælg kammerrakelfarveværker fremfor åbne farvebakker (afsnit 8.1.2 og bilag E)
- vælg farveværker med opsamlingsbakke til farvespild/-læk og returløb til farvespand (afsnit 8.1.1 og bilag E)
- vælg farveværker med så lille, indre volumen og overflade som muligt – herunder især minimeret pumpevolumen og slange-/rørdiameter og -længder (afsnit 8.1.2 og bilag E)
- vælg farveværker med ”slip let” overfladebelægninger og uden døde punkter, hvor restfarve opsamles (så lille farvedødvolumen som muligt, behøver max. at andrage 0,5-1 liter) (afsnit 8.1.2 og bilag E)
- vælg farveværker med fald hele vejen fra kammerrakel/farvebakke til pumpen og om muligt videre til farvespanden – herunder optimal slangeføring. Vælg eventuelt kammerrakler med hældning (afsnit 8.1.2 og bilag E)
- vælg farveværker med to pumper (afsnit 8.1.2 og bilag E)

### 10.2.1 Udviklingsbehov

Farveværker med farvedødvolumen under 0,5 liter – f.eks. typer med effektivt fald hele vejen fra kammerrakel til farvespand.

### 10.3 Anbefalinger vedrørende tømning af farveværker

Hvor effektivt farveværket tømmes inden afvaskning har stor betydning for genvindingen af ren farve.

- mål optimal tømningstid (ved hjælp af spand, ur og vægt) på de aktuelt anvendte farveværker. Indfør denne som standard, eventuelt ved automatisk tømning (afsnit 9.1)
- undgå dog indtørring af farve i farveværket under tømning (især aniloxvalsen er kritisk). Kan eventuelt imødegås ved et meget kort vandboost i kammerraklen mod afslutningen af tømningen (gælder kammerrakler med højtryksdyser) (afsnit 8.1.2 og bilag E og G)
- tøm om muligt farveværket ved hjælp af begge pumper (farvefremførings- og farvetilbageføringpumpe) (afsnit 8.1.2 og bilag E)
- undgå længerevarende ”tomgangskørsel” (farve pumpes rundt i farveværket, men der trykkes ikke), men tøm og afvask farveværket umiddelbart efter endt trykning (afsnit 6.4.1)
- brug skraber til at skrabe farve fra farvebakken og videre ned i farvespanden på især ældre farveværker med åben farvebakke og passivt tilbageløb (afsnit 8.1.2 og bilag E)

#### 10.4 Anbefalinger vedrørende afvaskning af farveværker

For at få et overblik over den konkrete virksomheds maksimale besparelspotentiale ved spildminimeringstiltag anbefales det, at virksomheden måler den farverest (farvedødvolumen), der står tilbage på de aktuelt anvendte farveværker efter tømning. Målingen er relativ simpel og udføres ved at recirkulere en kendt (udvejet) mængde rent vand på farveværket. En repræsentativ prøve af dette skyllevand udtages, og analyseres i lighed med en prøve af den rene farve for tørstofindhold. På baggrund af disse målinger kan farverestmængden bestemmes. Ud fra det totale antal årlige afvaskninger på virksomheden og den fundne farverestmængde kan det samlede, årlige farvespild beregnes og hermed det maksimale, økonomiske besparelspotentiale ved spildminimeringstiltag.

Det første skyllevand, der kommer ud af farveværket ved afvaskning, indeholder typisk en meget høj andel trykfarve. Opsamling og genbrug af denne farverest forøger den samlede farvegenvinding betydeligt med miljømæssig og økonomisk gevinst som konsekvens. Ved at udtage den første liter eller de første to liter skyllevand (afhængig af farveværkets størrelse) og analysere for tørstof kan farveindholdet, som ovenfor beskrevet, bestemmes. Målinger udført under dette projekt på fungerende trykpresser (bølgepapemballagetrykkeri) viser, at den første liter skyllevand fra to ikke optimerede afvaskninger, dvs. manuel afvask af åben farvebakke og højtryksdyseafvaskning af kammerrakel, kan indeholde henholdsvis ca. 25% og 40% af farveresten på værket. I begge tilfælde er farveindholdet i skyllevandet 70-80%, og ender denne første liter i farvespanden med indhold af 15 liter farve, vil det kun medføre en fortynding på omkring 1%. På optimerede højtryksdyseanlæg med meget lavt farvedødvolumen (0,6 liter) kan der opnås genvindingsprocenter på over 80 ved at tilføre den første liter skyllevand til farvespanden med en resulterende fortynding på kun omkring 1%.

Følgende generelle anbefalinger vedrørende afvaskning af farveværker skal anføres.

- lad minimum den første liter skyllevand gå i farvespanden. Optimal mængde baseres eventuelt på målinger som anført ovenstående (afsnit 9.2 og bilag G)
- brug altid kun rent vand ved første, korte skyl (går i farvespand) og så vidt muligt genbrugsvand ved de efterfølgende skyl (dog typisk rent vand som sidste skyl) (afsnit 8.1.3 og bilag E)
- er brug af afvaskningsmiddel undtagelsesvis nødvendigt, bruges det efter første skyl med rent vand, og der anvendes typer uden indhold af stoffer farlighedsscoret A og/eller U (bilag D og H samt afsnit 4.6)
- er det muligt at anvende koncentreret farve (som f.eks. ved sort farve), kan en større mængde skyllevand opsamles (større genvindingsprocent) og genbruges som farve ved opspædning med koncentrat (afsnit 9.3.4)
- vælg højtryksdyseafvaskningssystemer med mulighed for anvendelse af korte friskvandsboost i serier (f.eks. 3 · 0,02 sek.) i starten af vaskeprogrammet. Boostvandet føres til farvespand. Over 80% farvegenvinding er målt på disse systemer (afsnit 9.2.1 og bilag G)

- friskvandsforbruget på ældre, ikke optimerede afvaskningsanlæg bør ikke være højere end 50-100 liter pr. afvaskning. For nyere anlæg er et vandforbrug på 8-15 liter pr. afvaskning realistisk, og anvendes modstrømsskyl, vil man på små anlæg kunne komme ned på omkring 5 liter pr. afvaskning (afsnit 8.1.3 og 6.1 samt bilag C, B og G)
- brug recirkulering og modstrømsskyl (optimalt 3-trins) af skyllevand til begrænsning af spildevandsmængde og vandforbrug (afsnit 9.3 og bilag G)
- brug membranfiltrering eller inddampning (gælder kun større virksomheder – baseret på en konkret vurdering) til behandling af spildevand med henblik på genbrug af vand og om muligt genbrug af koncentrat. "Spildevandsfri" drift vil muligvis kunne opnås, hvor kun fordampet vand skal erstattes med friskvand (afsnit 8.1.3 og 9.3.5-9.3.7 samt bilag E og F)

#### 10.4.1 Udviklingsbehov

Afklaring af muligheder for at genbruge koncentrat fra opgradering af skyllevand (især membranfiltrering) til opspædning af koncentreret trykfarve.

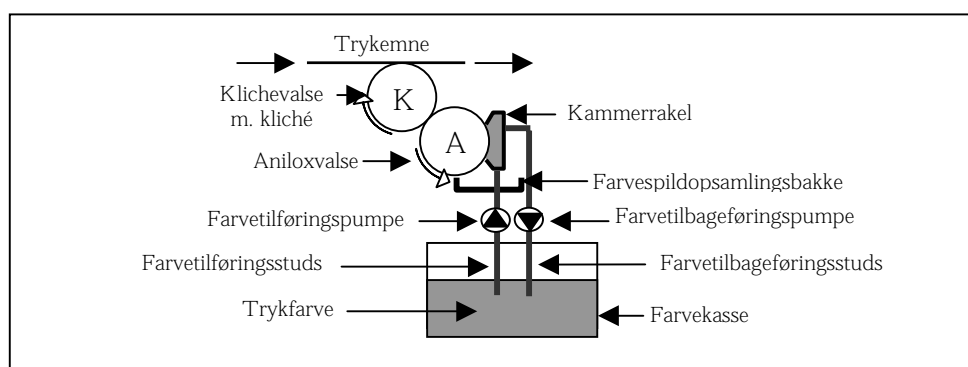
#### 10.5 Anbefalinger vedrørende kliche- og aniloxvalsevask

Renere teknologi tiltag, hvad angår kliche- og aniloxvalsevask, vil kun have en mindre betydning for den samlede miljøbelastning set i forhold til ovennævnte tiltag ved afvaskning. Følgende anbefalinger skal dog anføres.

- brug altid kun rent vand (eventuelt kombineret med genbrugsvand) ved klichevask (afsnit 8.2 og bilag E)
- undgå indtørring af farve på klicheen (afsnit 8.2 og bilag E)
- er brug af afvaskningsmidler undtagelsesvis nødvendig ved klichevask, brug da typer uden indhold af stoffer farlighedsscoret A og/eller U (afsnit 4.6 og 8.2 samt bilag D og H). Overskydende afvaskningsmiddel (det der løber af klicheen) opsamles eventuelt og genbruges, eller der doseres optimalt (f.eks. med sprøjteflaske) (afsnit 8.2 og bilag E)
- brug blæsning med bagepulver til rengøring af aniloxvalser.





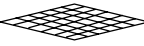



# Skematisk fremstilling af afvaskningsteknikker

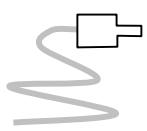
De eksisterende afvaskningsteknikker og anlæg, som er behandlet i kapitel 5 og bilag B, er her beskrevet skematisk.



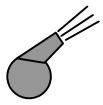
Figur A.1  
Typisk opbygning af et farveværk

## Symbolliste

	Klichevalse, pilen angiver at valse roterer i pilens retning
	Aniloxvalse, ingen pil betyder at valse ikke roterer
	Pumpe med kørselsretning. Er trekanten udfyldt er pumpen aktiv
	Kammerrakel, halvt fyldt med trykfarve, under skylning og under spulning
	Rist, angiver sump eller kloak
	Børster, manuelt opereret børste eller mekanisk børste
	Manuelt trin, symbolet indikerer, at der udføres manuelt arbejde, f.eks. at der skilles noget ad, eller at der vaskes med slange og børste.
	Vandslange



Højtryksblæser, til mikrovæskepartikler/luft, højtryksspuling . vand eller fast blæsemedie (bagepulver o. lign)



Luftblæser, til tørring af emner

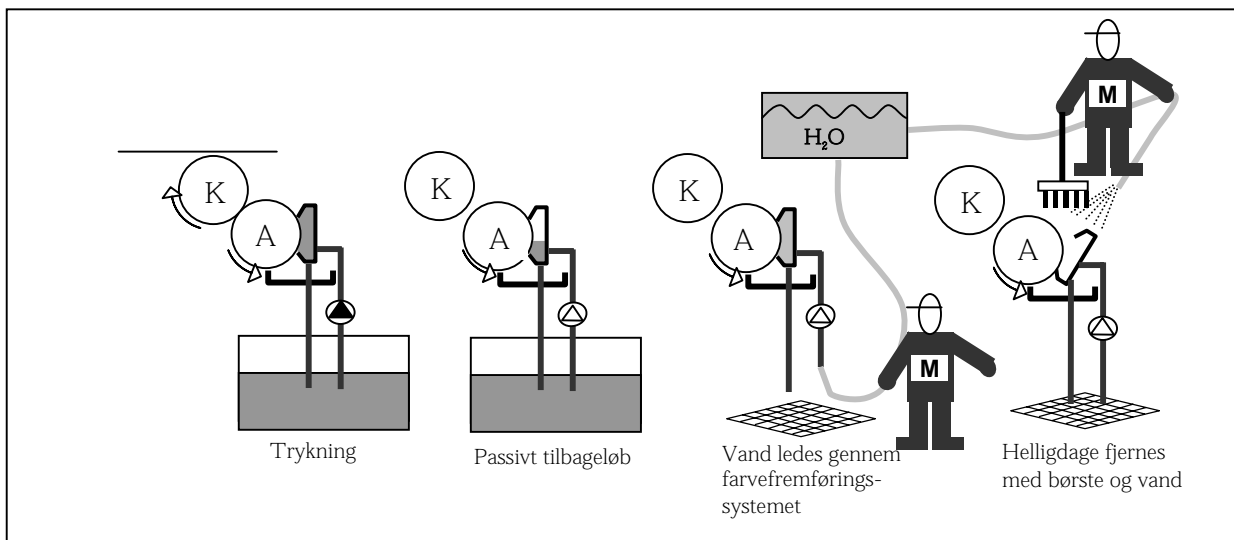


Ultralyd

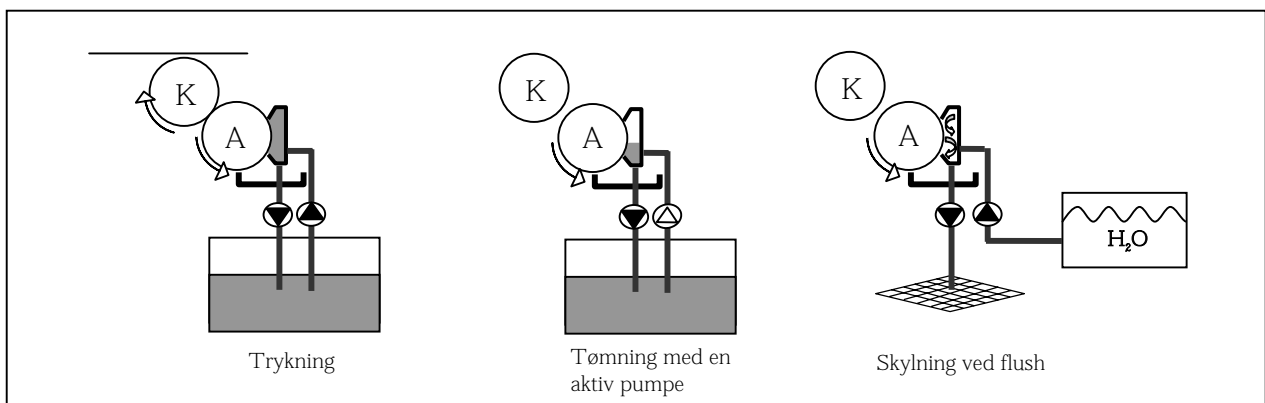


Farvebakke, med enkelt rakel, farvetilførrings- og farvetilbageførringsstudse.

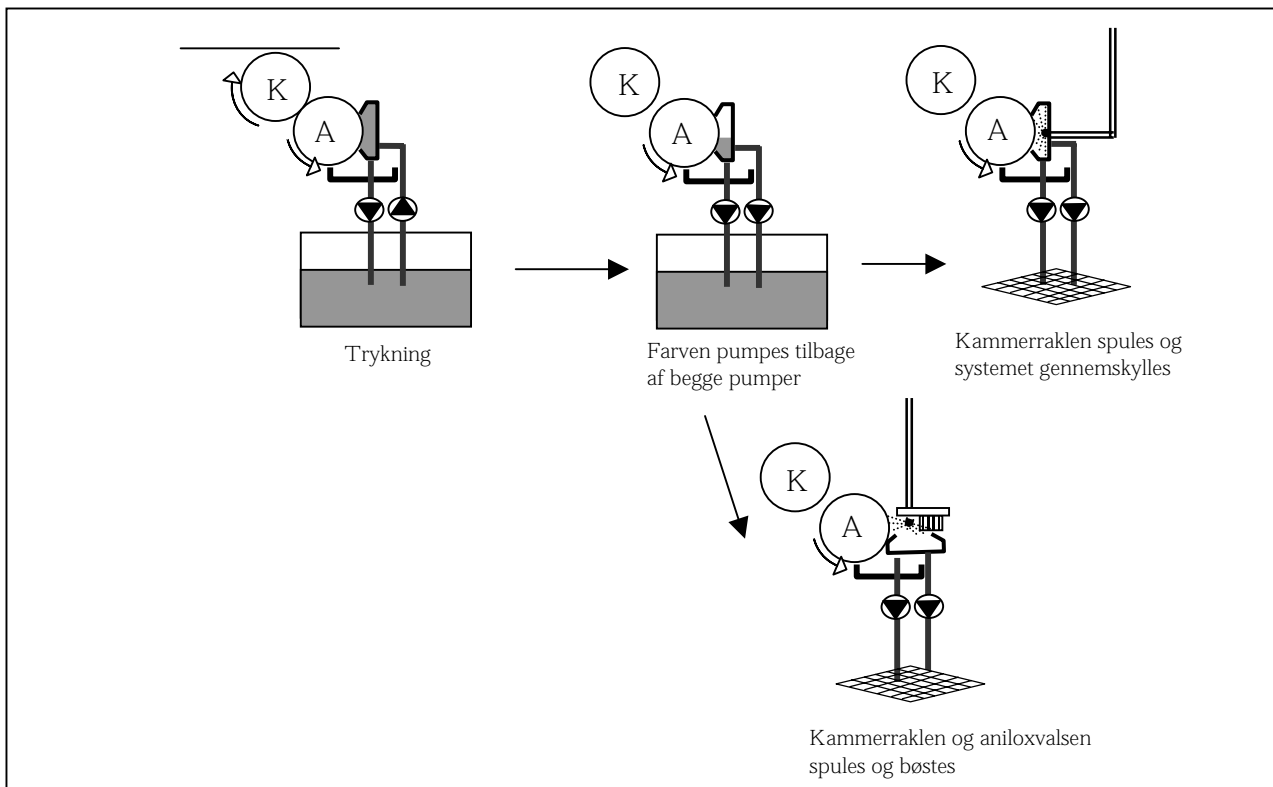
### Vask af farveværker



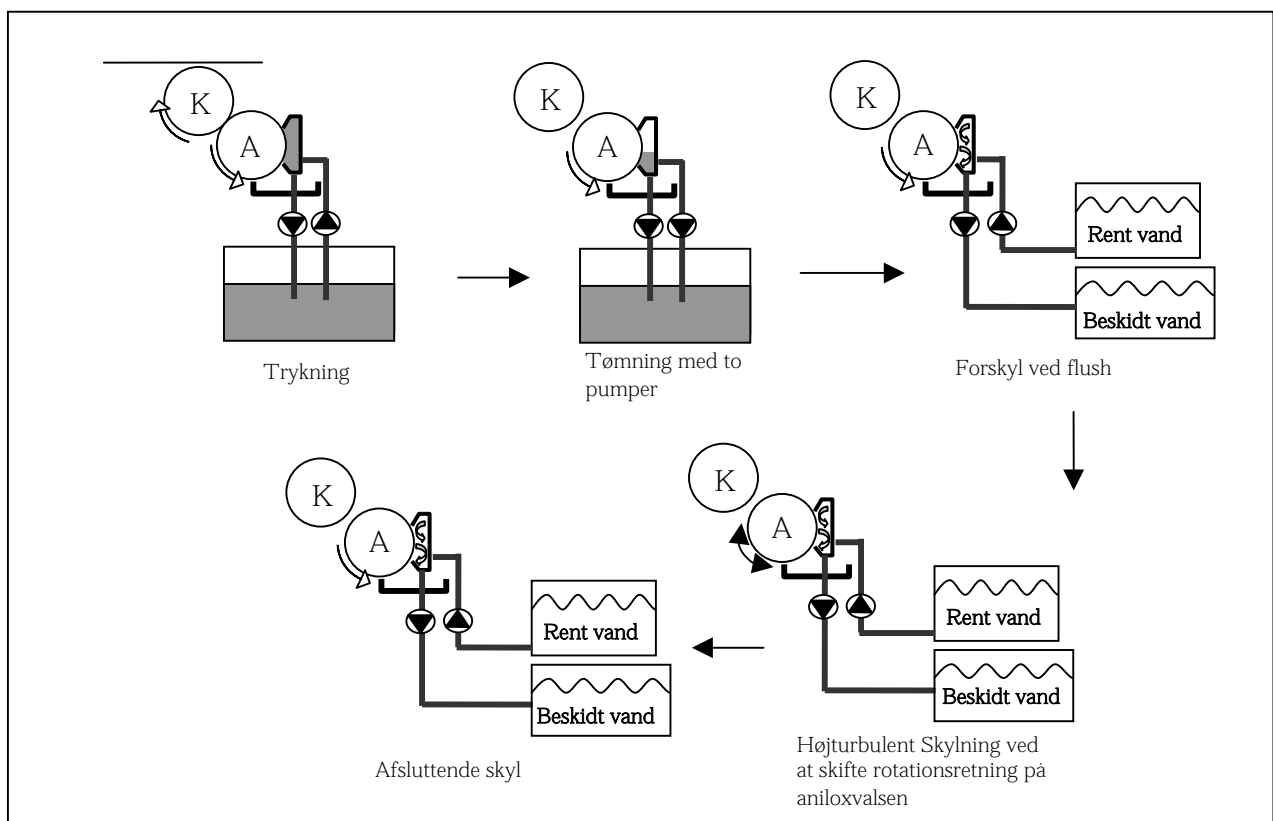
Figur A.2  
Manuel in-press vask af farveværk



Figur A.3  
Automatisk in-press vask af farveværk ved flush



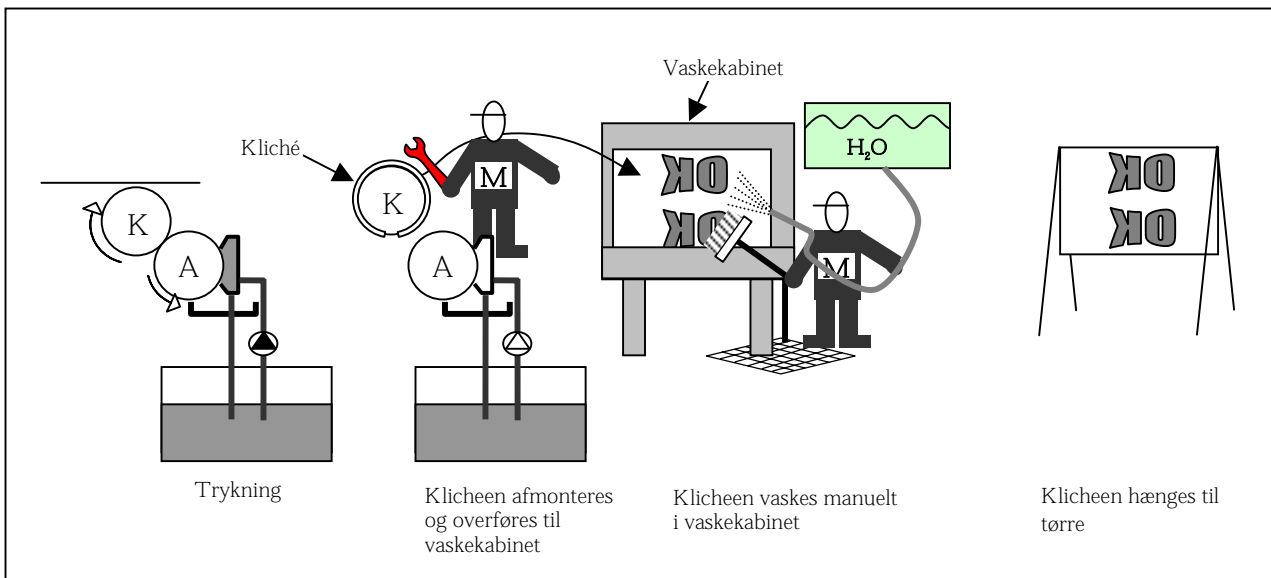
Figur A.4  
 Automatisk vask af farveværk ved højtryksspuling alene og i kombination med børster



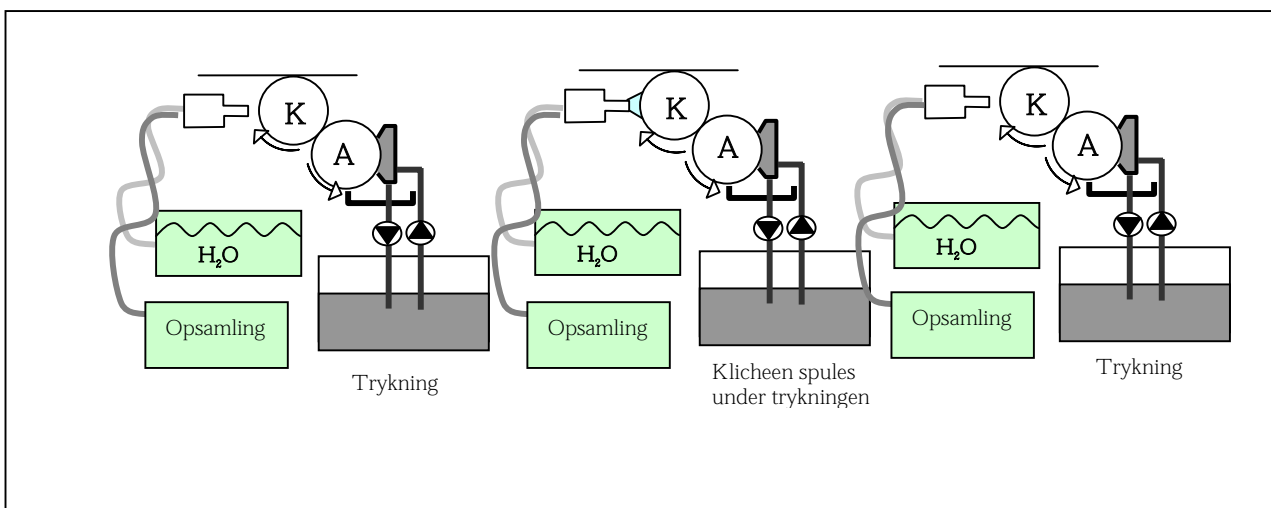
Figur A.5  
 Automatisk in-press vask ved højturbulent skylning



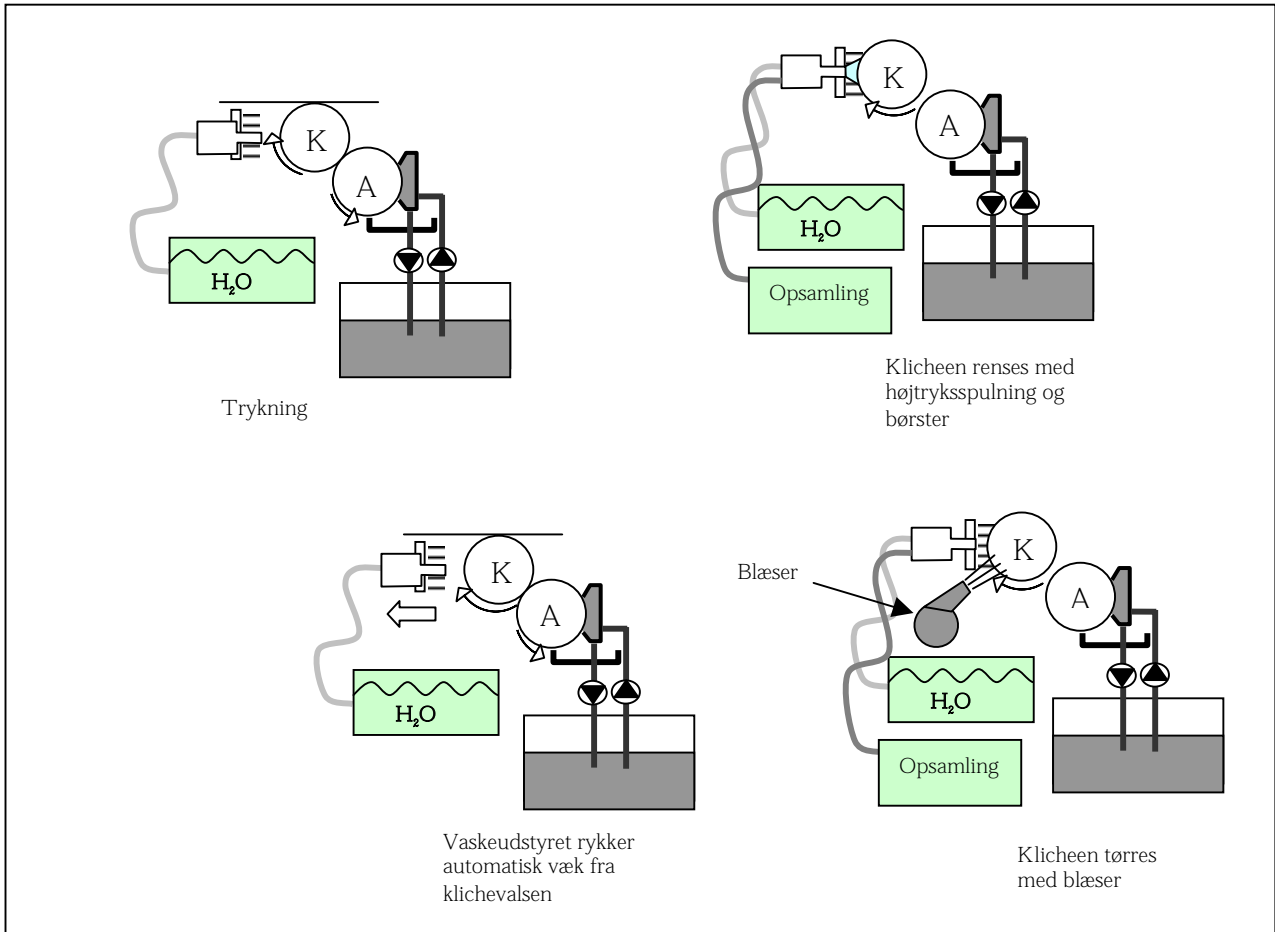
## Vask af klicheer



Figur A.6  
Manuel off-press vask af klicheer med børster og spuling

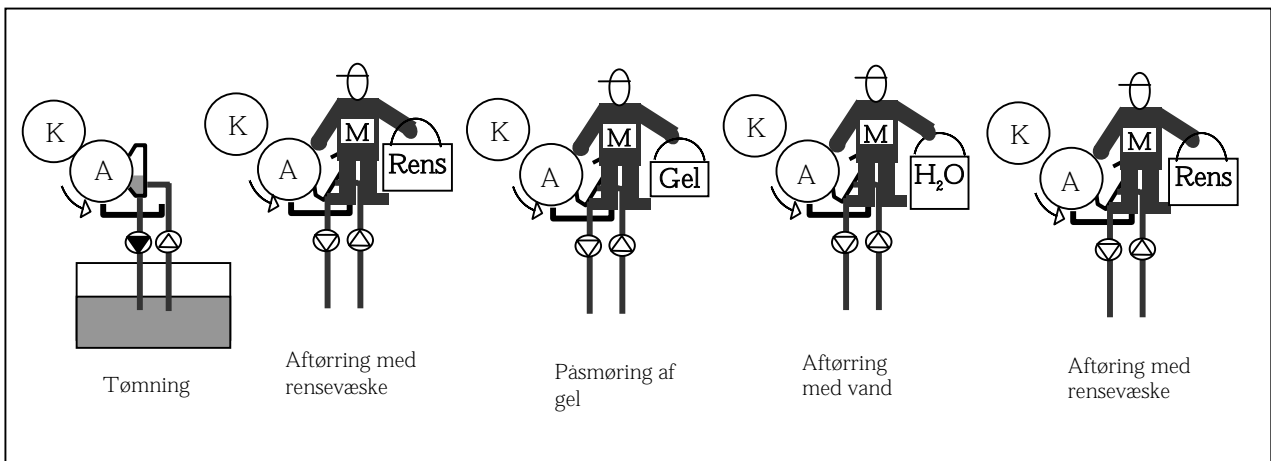


Figur A.7  
Automatisk in-line klicherensning med mikrovæskepartikler

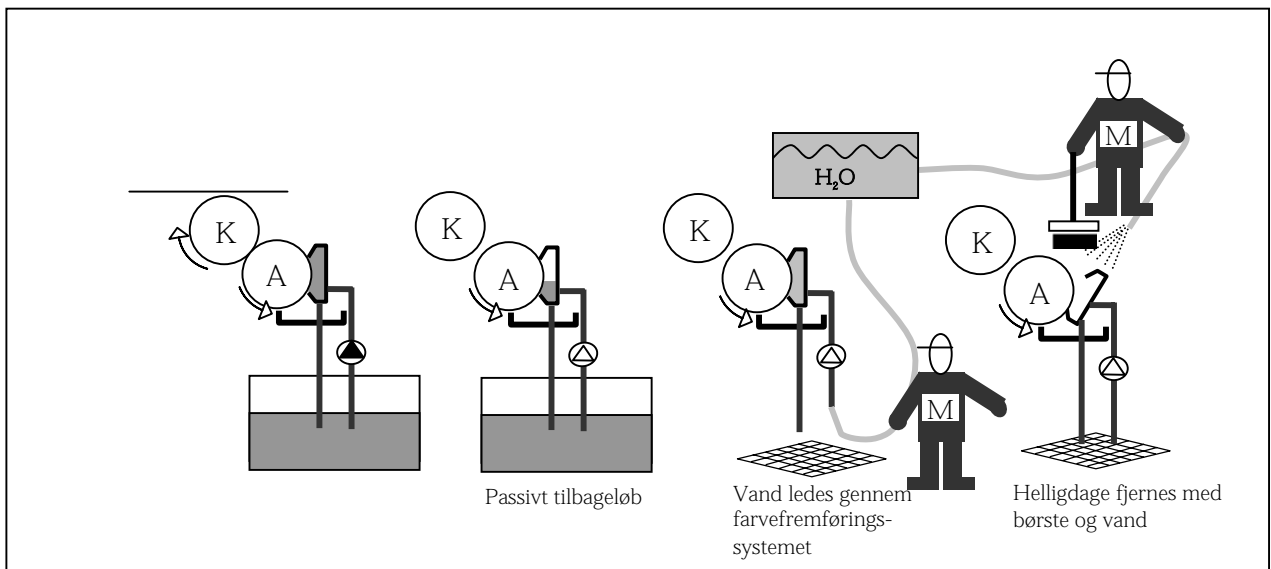


Figur A.8  
 Automatisk in-press rensning af klicheer med højtryksspuling og børster

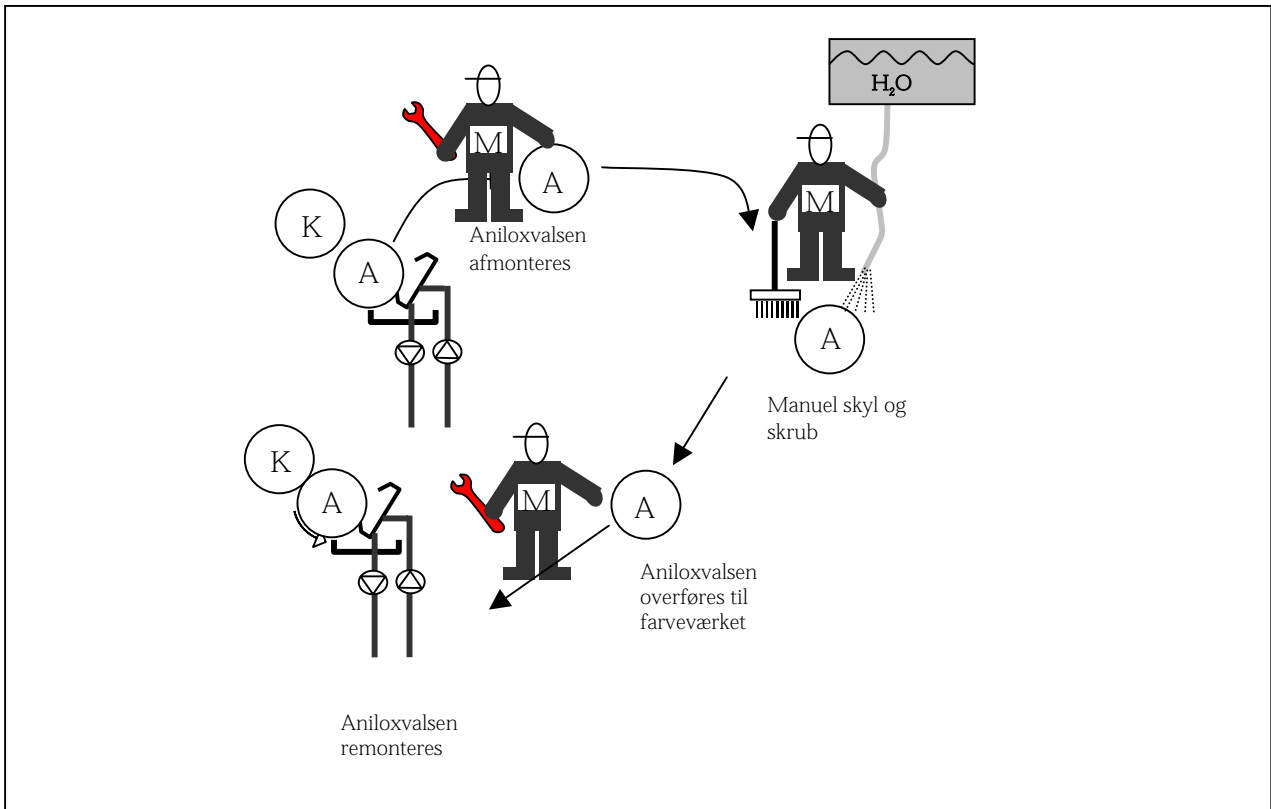
Rensning af aniloxvalse



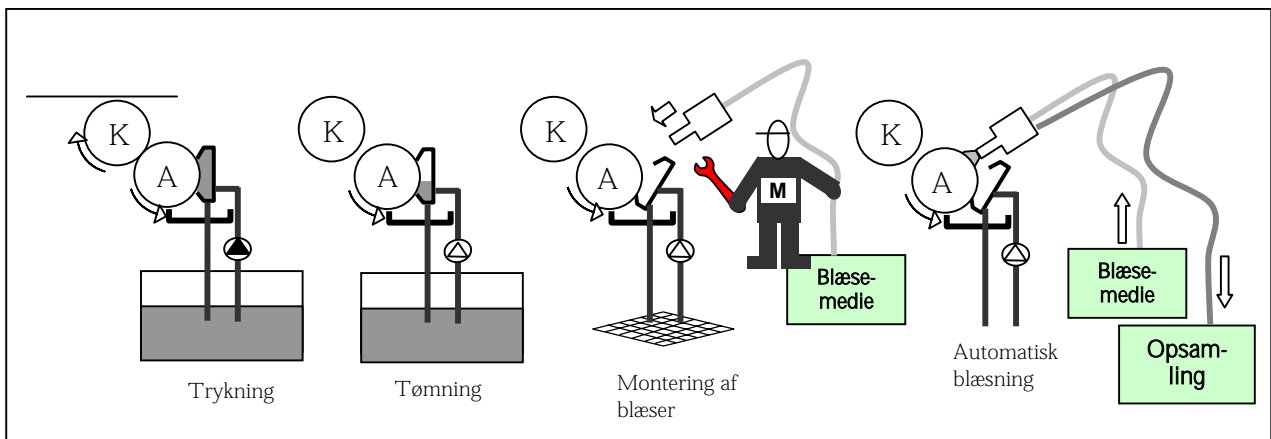
Figur A.9  
In-press manuel rensning af aniloxvalse med gel



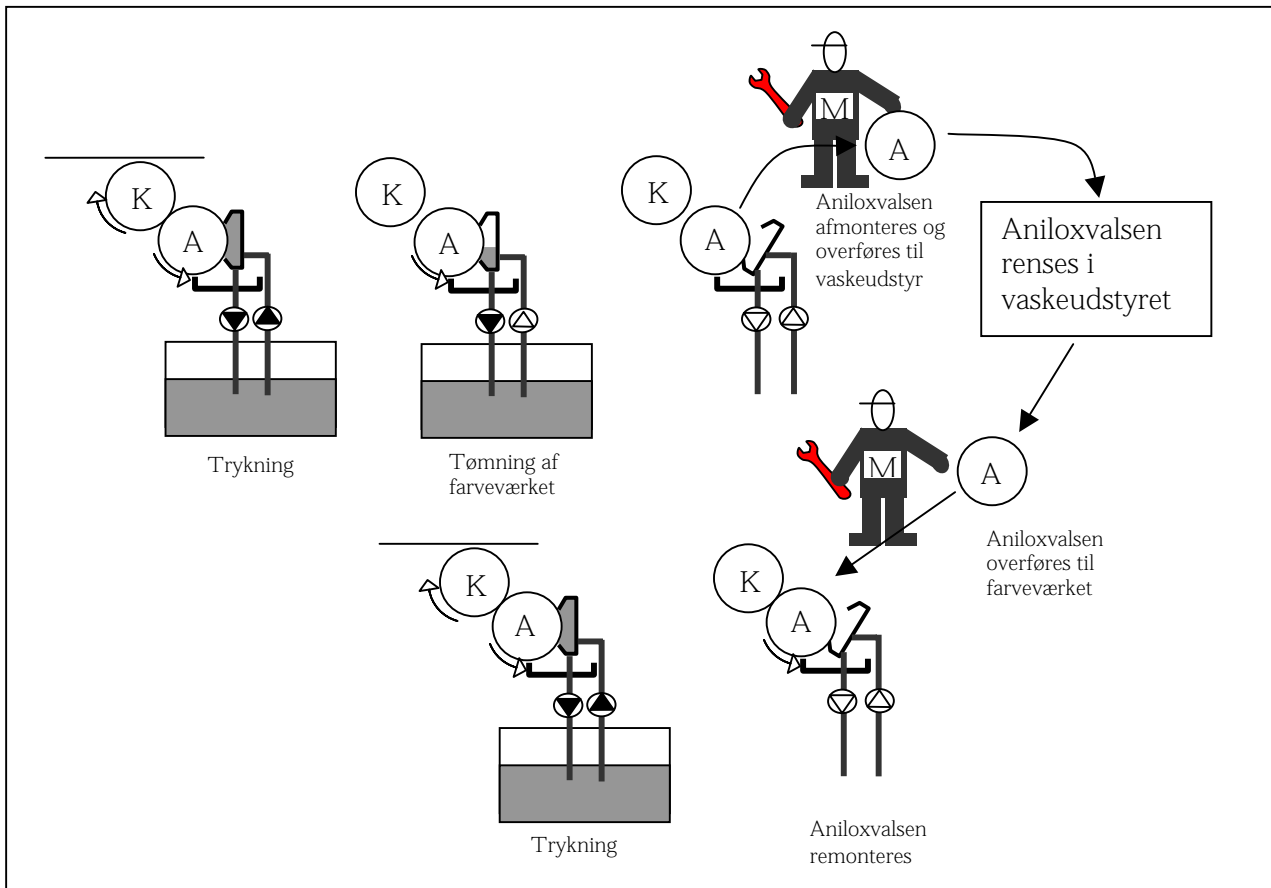
Figur A.10  
Manuel in-press rensning af aniloxvalse med skyl og skrub



Figur A.11  
Manuel off-press rensning af aniloxvalse

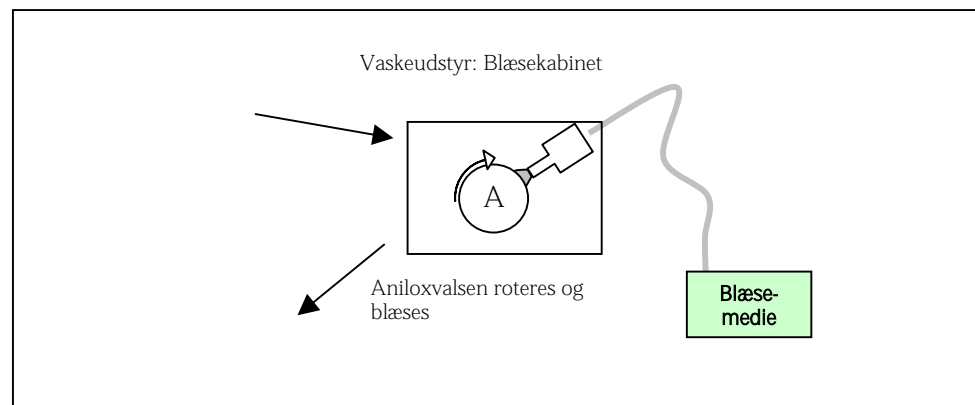


Figur A.12  
Automatisk in-press rensning af aniloxvalser ved blæsning

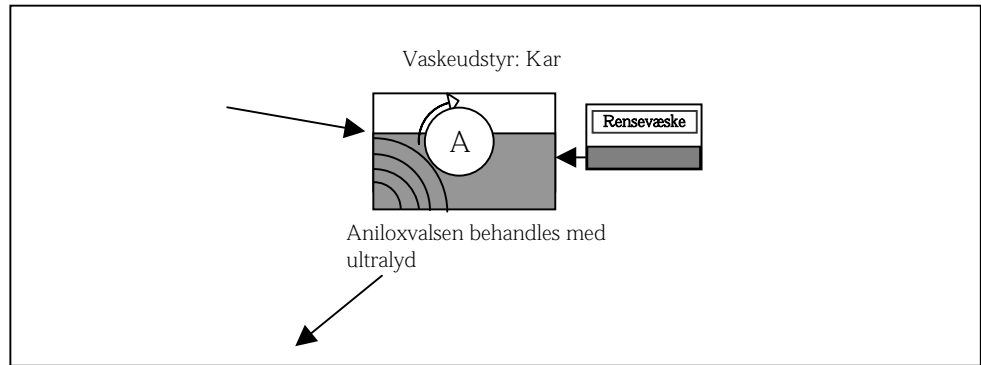


Figur A.13  
 Generel procedure for automatisk off-press rensning af anil oxval ser

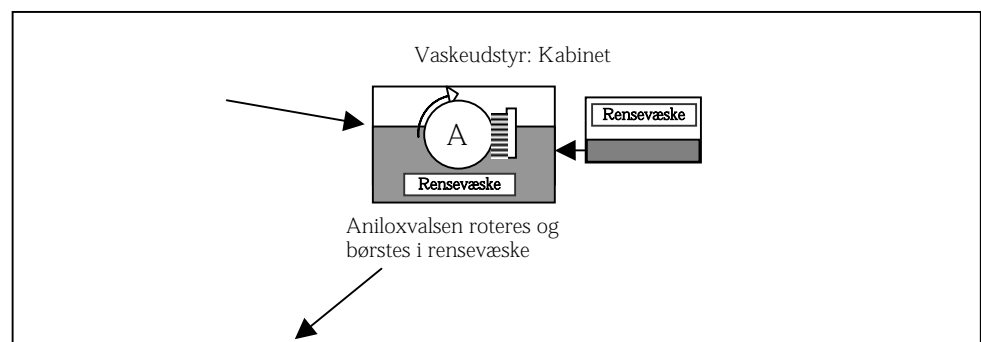
Der eksisterer dog også anlæg, hvor afmontering, flytning og remontering af aniloxvalsen er automatiseret. Nedenfor er almindelige typer af vaskeudstyr, der bruges i off-press rensning af aniloxvalser, illustreret.



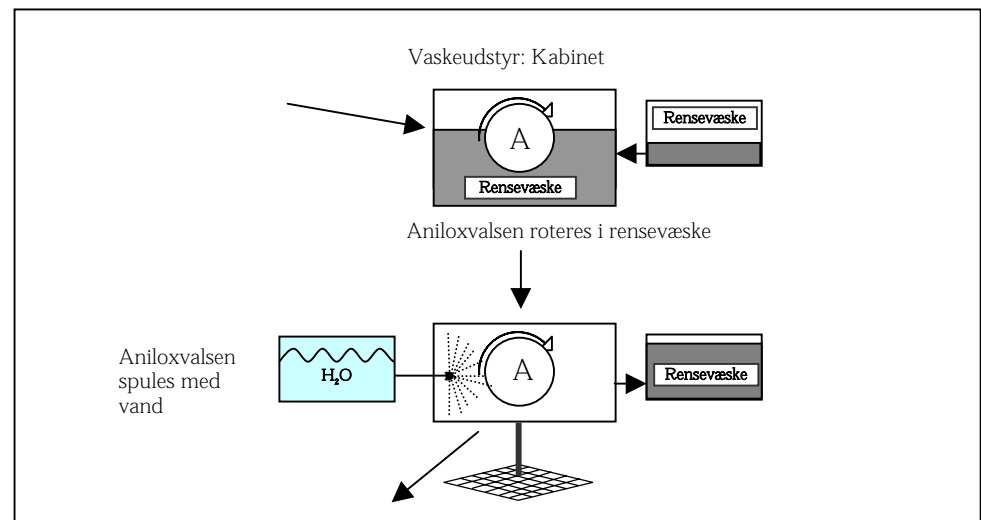
Figur A.13.1  
 Automatisk off-press blæsning af anil oxval se i separat blæsekabinet



Figur A.13.2  
Automatisk off-press rensning af aniloxvalse med ultralyd og rensesvæske

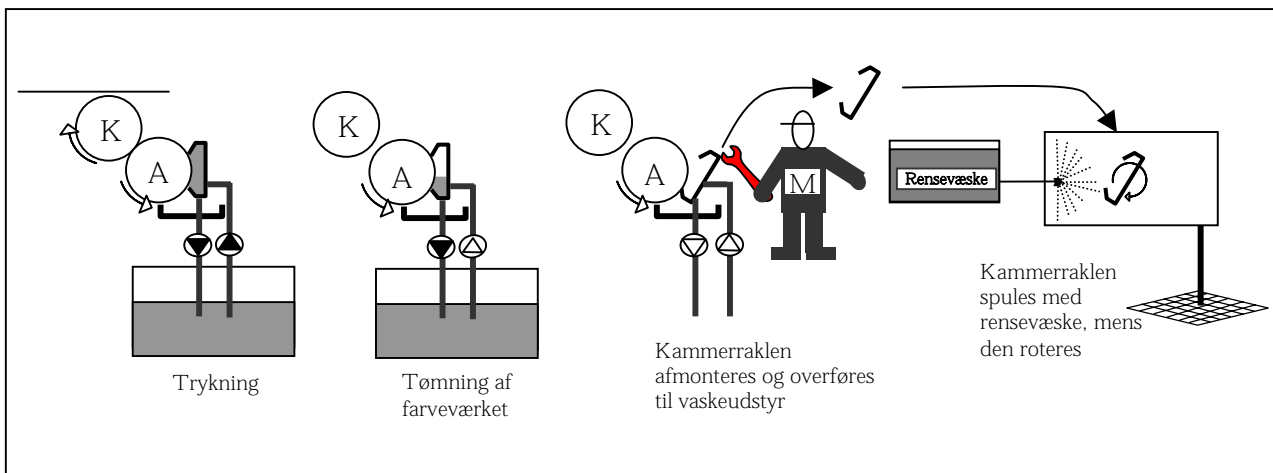


Figur A.13.3  
Automatisk off-press rensning af aniloxvalse med højtryksspuling



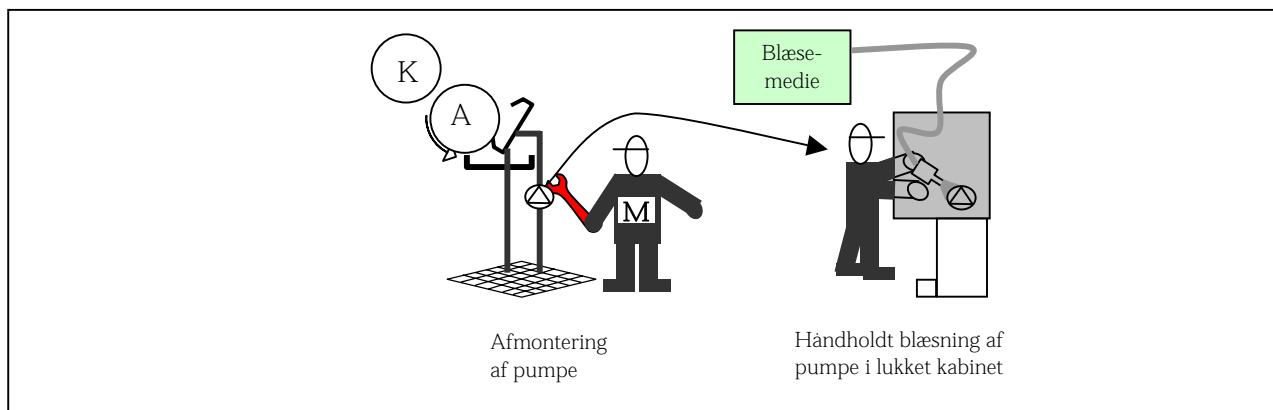
Figur A.13.4  
Automatisk off-press rensning af aniloxvalse ved rensesvæske og spuling

### Vask af kammerrakler

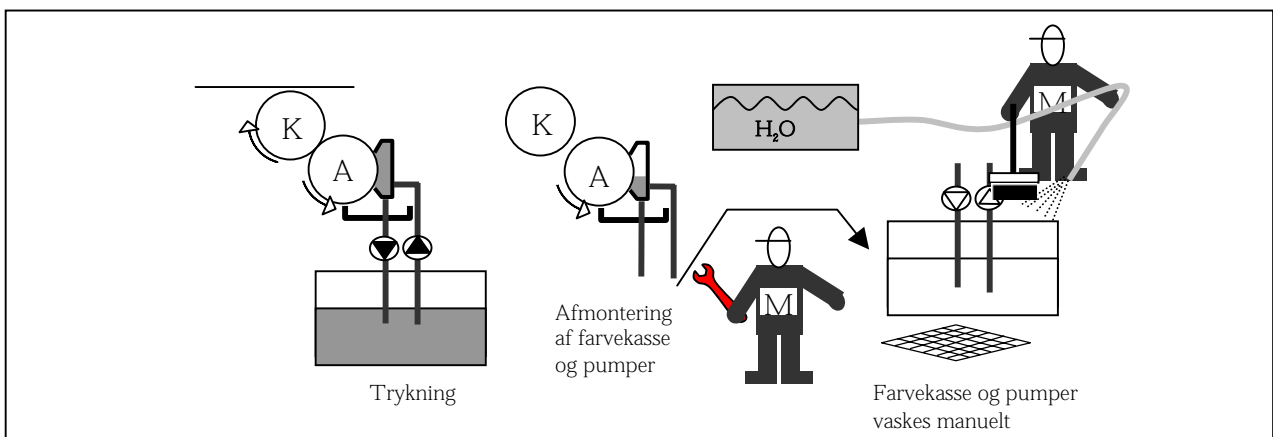


Figur A.14  
Off-press automatisk rensning af kammerrakel ved spuling med rene væske

### Rensning af forskellige trykpressedele



Figur A.15  
Manuel rensning af pumpe ved blæsning i lukket handskekabinet



Figur A.16  
Manuel off-press vask af pumper og farvekasse ved børstning

## Eksisterende afvaskningsanlæg

Eksisterende vaskeanlæg til vask af forskellige dele af flexotrykpresser er karakteriseret i dette bilag, se tabel B.2. Karakteriseringen er baseret på oplysninger givet af producenterne af de enkelte anlæg. Dog er producentoplysninger kombineret med resultater af målinger udført af DHI - Institut for Vand og Miljø, hvad angår den detaljerede karakterisering i tabel B.1 af TRESUs pumpunit samt TRESUs højtryksspuleanlæg i tabel B.2.

Tabel B.1  
TRESUs pumpunit kombineret med TRESU kammerrakel og højtryksvask

Vaskeproces	Rensning af helt farveværk
Vaskefrekvens	Daglig/ved farveskift
Anlægstype	Mobil pumpunit kombineret med kammerrakel med indbygget højtryksvask
Producent	TRESU
Leverandør	TRESU
Antal anlæg i funktion i DK	0
Emner der kan vaskes med anlægget	Kammerrakel, aniloxvalse, slanger, rør og pumper, dvs. hele farveværket
Vaskeprincip	Højtryksspuling af kammerrakel og flush af hele systemet
Tømningsprincip	Aktiv tilbagepumpning med begge pumper
In-press/off-press	In-press
Kapacitet	En pumpeenhed kan forsyne et farveværk
Trykpressekompatibilitet	Kan installeres på de fleste trykpresser (valsebredder op til 5 m)
Farve på systemet før vask	0,6 kg (1 m valse) heraf 80 % i pumperne
Vasketid	6-8 min.
Downtid pr. vask	6-8 min.
Automatiseringsgrad	100%
Manuelle håndteringstrin	Ingen bortset fra betjening via PLC
Lukkethed af systemet	Systemet er lukket
Vaskemedietype	Vand
Automatisk tilsætning af afvaskningsmiddel	Nej
Temperatur af vaskemedie	Koldt hanevandstemperatur
Energiforbrug: Installeret effekt gange tidsforbrug	0,5 kWh (estimeret)
Kemikalieforbrug	Brug af kemikalier ikke nødvendig
Vandforbrug	13 L/vask, vandet anvendes 2 gange
Recirkulation af rensmedie	Ja. Sidste hold skyllevand fra forrige vask bruges til forvask i den efterfølgende vask, hvor det recirkuleres rundt i systemet. Herefter vaskes med rent vand via dyser. Dette vand pumpes til spand uden recirkulation og gemmes til næste forvask.
Recirkuleringsgrad	50%, vaskevandet bliver anvendt 2 gange
Opsamling af brugt rensmedie/bortskaffelse	Brugt vaskevand ledes til sump (evt. via internt vandbehandlingsanlæg videre til kloak)
Spild til omgivelserne under vaskeprocessen	Meget begrænset



Tabel B.2  
Karakterisering af afvaskningsanlæg, der tilbydes på verdensmarkedet

Navn	TRESU off-press kammerrakelvaskeanlæg	TRESU klicheenser	Auto clean system
Vaskeproces	Rensning af kammerrakler	Rensning af klicheer	Rensning af monterede klicheer
Vaskefrekvens	Periodisk eller mellem farveskift	Daglig, løbende	Daglig
Anlægstype	Separat rensekar til kammerrakler	Indbygget klichevasker	Indbygget anlæg til rensning af klicheer
Producent	TRESU	TRESU	Duo-Technik
Leverendør	TRESU	TRESU	Duo-Technik
Antal anlæg i funktion i DK	0 (TRESU referenceliste)	0 (TRESU referenceliste)	Antagelig 0
Emner der kan vaskes med anlægget	Kammerrakler	Monterede klicheer	Monterede klicheer
Vaskeprincip	Højtryksvæskedyser sprøjter på den langsomt roterende kammerrakel	Trykluftdyser og mikrovæskepartikler	Højtryksspuling og børstning
Tømningsprincip	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
In-press/off-press	Off-press	Indbygget, monteret på klichevalsen (in-line)	In-press
Kapacitet	En kammerrakel ad gangen	Et anlæg betjener 1 klichevalse	Et system pr. trykværk
Trykpressekompatibilitet	Ikke relevant	Alle trykpresser	?
Vasketid pr. emne	15-20 min.	Ca. 1 min.	2 min., inklusiv tørring
Downtid pr. vask	Har man en ren kammerrakel til rådighed, kan man isætte den, mens den beskidte vaskes. Downtiden er i så fald kun den tid, det tager, at vaske resten af anlægget og skifte kammeret.	Ingen, fungerer in-line	2 min.
Automatiseringsgrad	Kammerraklen skal placeres i vaskeren, ellers automatisk. Timer til stoptid.	PLC-styret, aut. renseintervaller	100%
Manuelle håndteringstrin	Afmontering/montering og transport af kammerraklen til og fra vask	Ingen	Nej
Lukkethed af systemet	Lukket boks	Åbent trykluftanlæg, men med monteret støvsuger	Systemet er rimeligt lukket
Rensemedietype	Vand eller vand kombineret med afvaskningsmiddel	Vand	Kun vand
Automatisk tilsætning af afvaskningsmiddel	Nej	Ingen afvaskningsmiddel	Nej
Temperatur af vaskemedie	50°C	Givetvis som postevand	Givetvis som postevand
Kemikalieforbrug	Afhænger af om der anvendes afvasker	Intet	Intet
Vandforbrug	?	? (antageligt lavt)	2-3 L pr. valse
Recirkulation af rensemedie	Rensemediet recirkuleres 100% under renseprocessen. Der er indbygget et filter, hvor igennem vandet recirkuleres.	Ingen recirkulation af rensemedie	Ingen recirkulation
Recirkuleringsgrad	100% i hver vask	Ingen recirkulation	0
Opsamling af brugt rensemedie	Ja	Ja. Støvsuges op.	Ja. Spildet opsamles i bakke med sug, og luften skilles fra det beskidte vand
Bortskaffelse af brugt rensemedie	Typisk: kloak eller internt renseanlæg	Typisk: kloak eller internt renseanlæg	?
Bemærkninger			Systemet holdes tæt ved hjælp af silikonegummilæbe. Klicheen tørres efter vask, hvilket betyder, at den kan anvendes umiddelbart uden indkøring, med deraf følgende besparelse af materialer
Reference	TRESU produktblad: TRESU kammerrakelvaskeanlæg /71/	TRESU produktblad: TRESU klicheenser - en revolutionerende nyhed /71/	Duo-Technik produktblad: Duo clean auto clean system og Duo clean dokumentation /83/

Navn	Accu-18/Accu-60 universel blæser	Accu-2510 blæsekabinet	Parts cleaner
Vaskeproces	Rensning af farvebakker, pumper og andet med bagepulver	Rensning af farvebakker og pumper med bagepulver	Rensning af alle former for demonterbart udstyr
Vaskefrekvens	Periodisk	Periodisk	Periodisk
Anlægstype	Separat blæser, kan kombineres med kamre og indgår i al Accustrips udstyr	Kabinet til blæsning	Separat anlæg til rensning af forskelligt trykpresseudstyr
Producent	Accustrip Denmark ApS	Accustrip Denmark ApS	Absolutely Micro Clean
Leverandør	Accustrip Denmark ApS	Accustrip Denmark ApS	Absolutely Micro cClean
Antal anlæg i funktion i DK	0	0	Antagelig 0
Emner der kan vaskes med anlægget	Diverse emner, pumper, farvebakker	Diverse emner, pumper, farvebakker	Pumper, farvebakker og andre løsdele
Vaskeprincip	Trykluftdyser blæser bagepulver på emnerne med lidt vand, hvori bagepulveret opløses.	Trykluftdyser blæser bagepulver på emnerne med lidt vand, hvori bagepulveret opløses.	Blæsning med plastikkugler
Tømningsprincip	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
In-press/off-press	Off-press	Off-press	Off-press
Kapacitet	Ikke relevant	Plads til mindre emner såsom pumper, farvebakker mm.	Kabinetstørrelse: 72 x 36 inches
Trykpressekompatibilitet	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
Vasketid pr. emne	Afhængig af emne	Afhængig af emne	?
Downtid pr. vask	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
Automatiseringsgrad	Manuel rensning	Manuelt styret, selve rensningen er automatisk	Manuel rensning
Manuelle håndteringstrin	Blæsningen af emner, evt. demontage af emner	Demontage af emner, overførsel til vasker, styring af vasker	Selve rensningen foregår med håndholdt blæser
Lukkethed af systemet	Systemet er helt åbent,	Systemet er lukket i en boks, hvortil der kan sættes udsugning	Systemet er helt lukket
Rensemedietype	Bagepulverpartikler og lidt vand	Bagepulverpartikler og lidt vand	Plastikmedie
Automatisk tilsætning af afvaskningsmiddel	Ja	Ja	Ja
Temperatur af vaskemedie	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
Kemikalieforbrug	Kun bagepulver	Kun bagepulver	Kun plastikkugler
Vandforbrug	? (antageligt lavt)	? (antageligt lavt)	Intet
Recirkulation af rensemedie	Ingen recirkulation af rensemedie	Ingen recirkulation af rensemedie	Ja, plastikmediet renses og genbruges
Recirkuleringsgrad	Ingen recirkulation af rensemedie	Ingen recirkulation	100%, men efterhånden nedbrydes plastikmediet og må kasseres
Opsamling af brugt rensemedie	Brugt rensemedie mistes til omgivelserne	Brugt rensemedie ledes ud af rør eller udsugning	Ja. Alt opsamles
Bortskaffelse af brugt rensemedie	Firmaet angiver, at spildet kan ledes til kloak	Firmaet angiver, at spildet kan ledes til kloak	Kasseret medie og tør trykfarve bortskaffes som brændbart affald.
Bemærkninger	Al afrenset farve samt rensemedie tabes til omgivelserne, med mindre noget gøres for at opsamle det. Man kan anvende Accu 2510 blæsekabinet.	Skal kombineres med separat universel blæser, såsom Accu-18 eller Accu-60	
Reference	Accustrip Denmark brochure: Cleaning systems og Accustrip produktblad: Accu-18 og accu-60 /63/.	Accustrip Denmark brochure: Cleaning systems /63/.	/86/

Navn	Cellsonic	Flexo Wash (FW Anilox Roll Cleaner)	TRESU anilox rensesystem
Vaskeproces	Rensning af aniloxvalser, kammerrakel og forskellige løsdele	Rensning af aniloxvalser	Rensning af aniloxvalser
Vaskefrekvens	Periodisk	Periodisk	Periodisk
Anlægstype	Separat anlæg til rensning af forskelligt trykpresseudstyr	Separat anlæg til rensning af forskelligt trykpresseudstyr	Off-press system til rensning af valser
Producent	Cellsonic (Caresonic)	Flexo Wash	TRESU
Leverandør	Cellsonic (Caresonic)	Flexo Wash	TRESU
Antal anlæg i funktion i DK	Antagelig 0	3-4	0
Emner der kan vaskes med anlægget	Aniloxvalser og kammerrakler	Aniloxvalser	Aniloxvalser
Vaskeprincip	Ultral lyd	Varm rensesvæske, højtryksspuling med vand	Roterende børster + varmt vand med sæbe
Tømningsprincip	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
In-press/off-press	Off-press	Off-press	Off-press. Valserne skal anbringes i vaskeren.
Kapacitet	?	Afhængig af model, max. længde 3.600 mm	En valse ad gangen
Trykpressekompatibilitet	Ikke relevant	Ikke relevant	Kan leveres til alle længder valser
Vasketid pr. emne	?	Ca. 20 min.	?
Downtid pr. vask	?	?	?
Automatiseringsgrad	?	Afhængig af den aktuelle type	Valsen skal manuelt anbringes i vaskeren, ellers automatisk. Timer til stoptid
Manuelle håndteringstrin	Emner skal overføres til det separate kabinet	Emner skal overføres til det separate kabinet	Afmontering, flytning, reparation
Lukkethed af systemet	?	Lukkede bokse	Lukket system
Rensemedietype	Vand + afvaskningsmiddel	Der skylles med vand. Alkalisk afvasker med tensider; 3-4% KOH/NaOH.	Vand med afvaskningsmiddel
Automatisk tilsætning af afvaskningsmiddel	?	Ja	Nej
Temperatur af vaskemedie		Varmt	50°C, integreret varmelement
Kemikalieforbrug	3-5% i vand	?	?
Vandforbrug	?	?	?
Recirkulation af rensemedie	?	Ja, rensemediet cirkuleres gennem et filter	?
Recirkuleringsgrad	?	?	?
Opsamling af brugt rensemedie	?	Lukket system, kan opsamles fra afløb	Ja
Bortskaffelse af brugt rensemedie	?	Typisk: kloak eller internt renselanlæg	Typisk: kloak eller internt renselanlæg
Bemærkninger	Vandet holdes på 50-60°C	En in-press version er netop blevet lanceret	
Reference	/70/	Flexo Wash brochure /84/	TRESU produktblad: TRESU anilox rensesystem for raster og dybtrykvalser /71/

Navn	Accu-graphic mini	Accu-graphic standard	So clean label anilox
Vaskeproces	Rensning af valser med bagepulver	Rensning af valser med bagepulver	Rensning af mindre aniloxvalser med bagepulver
Vaskefrekvens	Periodisk	Periodisk	Periodisk
Anlægstype	Separat anlæg til rensning af aniloxvalser	Separat anlæg til rensning af aniloxvalser	Separat enhed til rengøring af aniloxvalser
Producent	Accustrip Denmark ApS	Accustrip Denmark ApS	Laserlife Australia
Leverendør	Accustrip Denmark ApS	Accustrip Denmark ApS	Laserlife Australia
Antal anlæg i funktion i DK	4	Samlet 10 (standard, de luxe og special)	Antagelig 0
Emner der kan vaskes med anlægget	Aniloxvalse	Aniloxvalse	Aniloxvalser < 880 mm
Vaskeprincip	Trykluftdyser blæser bagepulver på valserne med lidt vand, hvori bagepulveret opløses.	Trykluftdyser blæser bagepulver på valserne med lidt vand, hvori bagepulveret opløses.	Blæsning med bagepulver
Tømningsprincip	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
In-press/off-press	Off-press	Off-press	Off-press
Kapacitet	En valse ad gangen , max længde 1150 mm	En valse ad gangen	En valse ad gangen, op til 880 mm
Trykpressekompatibilitet	Ikke relevant	Ikke relevant	Etikettrykmaskiner
Vasketid pr. emne	"Få minutter"	"få minutter"	?
Downtid pr. vask	?	?	?
Automatiseringsgrad	Manuelt styret, selve rensningen er automatisk	Manuelt styret, selve rensningen er automatisk	100%
Manuelle håndteringstrin	Demontage af valser, overførsel til vasker, styring af vasker	Demontage af valser, overførsel til vasker, styring af vasker	Afmontering, flytning, remontering
Lukkethed af systemet	Systemet er lukket i en boks	Systemet er lukket i en boks	Systemet er helt lukket. Støv opsamles
Rensemedietype	Bagepulverpartikler og lidt vand	Bagepulverpartikler og lidt vand	Bagepulver
Automatisk tilsætning af afvaskningsmiddel	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
Temperatur af vaskemedie	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
Kemikalieforbrug	15 kg bagepulver/arbejdstime	15 kg bagepulver/arbejdstime	?
Vandforbrug	3 L/min	3 L/min	Der bruges ikke vand
Recirkulation af rensemedie	Ingen recirkulation af rensemedie	Ingen recirkulation af rensemedie	?
Recirkuleringsgrad	0	0	?
Opsamling af brugt rensemedie	Brugt rensemedie ledes ud af rør	Brugt rensemedie ledes ud af rør	?
Bortskaffelse af brugt rensemedie	Firmaet angiver, at spildet kan ledes til kloak	Firmaet angiver, at spildet kan ledes til kloak	?
Bemærkninger	Luftforbrug: 1,5-2 m <sup>3</sup> /min. ved 3 bar	Luftforbrug: 1,5-2 m <sup>3</sup> /min. ved 3 bar	
Reference	Accustrip Denmark brochure: Cleaning systems og produktblad: Accu-graphic mini /63, 87/	Accustrip Denmark brochure: Cleaning systems og produktblad: Accu-graphic standard /63, 87/	Laserlife Australia produktblad: So clean, label anilox cleaning /68/

Navn	Apex Blojet off press	Mid Web 72A Anilox Cleaning System	Accu-graphic In-line
Vaskeproces	Rensning af aniloxvalser med bagepulver	Rensning af aniloxvalser	Rensning af aniloxvalser og andre valser med bagepulver
Vaskefrekvens	Periodisk	Periodisk	Periodisk
Anlægstype	Blæser i lukket kabinet	Separat anlæg til rensning af mellem lange valser	Indbygget anlæg til rensning af aniloxvalser
Producent	Apex Europe	Absolutely Micro Clean	Accustrip Denmark ApS
Leverandør	Mr. Jorma Pirhonen	Absolutely Micro Clean	Accustrip Denmark ApS
Antal anlæg i funktion i DK	Antagelig 0	Antagelig 0	3
Emner der kan vaskes med anlægget	Anilox valser	Pumper, farvebakker og andre løsdele	Aniloxvalse
Vaskeprincip	Blæsning med bagepulver	Blæsning med plastikkugler	Trykluftdyser blæser bagepulver på valserne med lidt vand, hvori bagepulver etopløses. Spildet opsamlet med en vandstøvsuger
Tømningsprincip	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
In-press/off-press	Off-press	Off-press	Systemet er in-press. Styreskinner monteres på faste beslag ved de forskellige farveværker på hver trykmaskine. Den mobile enhed flyttes rundt til de forskellige opgaver.
Kapacitet	En aniloxvalse ad gangen	Valser kortere end 1,5 m med diameter mindre end 35 cm	En valse ad gangen
Trykpressekompatibilitet	Ikke relevant	Ikke relevant	Kan indbygges til alle længder valser
Vasketid pr. emne	5-60 min.	?	Ca. 25 min./2 m valse, inklusiv opsætning
Downtid pr. vask	?	?	25 min./2m valse
Automatiseringsgrad	?	?	Selve rensningen er automatisk, tilslutning af den mobile enhed og andet er manuelt
Manuelle håndteringstrin	Valser skal overføres til blæsekabinet	Selve rensningen foregår med håndholdt blæser	Tilslutning af den mobile enhed, tømnning af vandstøvsuger
Lukkethed af systemet	Systemet er helt lukket	Systemet er helt lukket	Blæseområdet, hvorfra der også suges, er afgrænset af børster
Rensemedietype	Bagepulver	Plastikmedie	Bagepulverpartikler og lidt vand
Automatisk tilsætning af afvaskningsmiddel	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
Temperatur af vaskemedie	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
Kemikalieforbrug	?	Kun plastikmedie	15 kg bagepulver/arbejdstime
Vandforbrug	Der bruges ikke vand	Der bruges ikke vand	3 L/min.
Recirkulation af rensemedie	?	Ja, plastikmediet renses og genbruges	Ingen recirkulation af rensemedie
Recirkuleringsgrad	?	100%, men efterhånden nedbrydes plastikmediet og må kasseres	0
Opsamling af brugt rensemedie	Ja. Alt opsamles	Ja. Alt opsamles	Brugt rensemedie opsamlet med vandstøvsuger og ender i beholder, der kan tømmes
Bortskaffelse af brugt rensemedie	?	Kasseret medie og tør trykfarve bortskaffes som brændbart affald	Firmaet angiver, at spildet kan ledes til kloak
Bemærkninger		Der eksisterer anlæg til både mindre valser: Narrow web 48A anilox cleaning system og til længere valser: Wide web 120 A anilox cleaning systems	Luftforbrug: 1,5-2 m <sup>3</sup> /min. ved 3 bar
Reference	Apex Europe brochure: The total Apex cleaning solution og Apex homepage /67, 81/	Microclean internet hjemmeside /75/	Accustrip Denmark brochure: Cleaning systems og produktblad: Accu-graphic in-line /67, 87/

Navn	Apex Blojet In press	So clean anilox cleaning	Turboclean
Vaskeproces	Rensning af aniloxvalser	Rensning af aniloxvalser	Rensning af et helt farveværk
Vaskefrekvens	Periodisk	Periodisk	Daglig/ved farveskift
Anlægstype	Indbygget anlæg til rensning af aniloxvalser	Indbygget anlæg til rensning af aniloxvalser	Indbygget anlæg, kombineret farvefremføring og vask
Producent	Apex Europe	Laserlife Australia	Windmöller & Hölscher
Leverandør	Mr. Jorma Pirhonen	Laserlife Australia	H. Normann Friis A/S
Antal anlæg i funktion i DK	Antagelig 0	Antagelig 0	0
Emner der kan vaskes med anlægget	Aniloxvalser	Aniloxvalser	Farveværk
Vaskeprincip	Blæsning med bagepulver	Blæsning med bagepulver	Højturbulent flush
Tømningsprincip	Ikke relevant	Ikke relevant	Pumpe
In-press/off-press	In-press	In-press	In-press
Kapacitet	En aniloxvalse ad gangen, herefter flyttes blæseren til næste valse	En valse ad gangen, 1.500-4.000 mm	Et farveværk
Trykpressekompatibilitet	Kan monteres på de fleste almindelige trykpresser	Kan monteres på de fleste almindelige trykpresser	W&H trykpresser
Vasketid pr. emne	5-60 min. pr. valse	?	?
Downtid pr. vask	5-60 min. pr. valse + den tid det tager at flytte blæseenheden	?	3 min.
Automatiseringsgrad	?	?	100%
Manuelle håndteringstrin	Montering af blæseenhed	?	Vask af studse
Lukkethed af systemet	Systemet er helt lukket	Systemet er åbent, men støv opsamles	Systemet er helt lukket
Rensemedietype	Bagepulver	Bagepulver	Vand
Automatisk tilsætning af afvaskningsmiddel	Ikke relevant	Ingen afvaskningsmiddel	Ikke relevant
Temperatur af vaskemedie	Ikke relevant	Ikke relevant	?
Kemikalieforbrug	?	?	Ikke relevant
Vandforbrug	Der bruges ikke vand	?	8-10 L/farveværk/vask
Recirkulation af rensemedie	?	?	Nej
Recirkuleringsgrad	?	?	Ingen recirkulation
Opsamling af brugt rensemedie	Ja. Alt opsamles	Ja. Støvopsamler medfølger	Ja. Brugt vand opsamles i en beholder
Bortskaffelse af brugt rensemedie	?	?	Typisk: kloak eller internt renselanlæg
Bemærkninger			
Reference	Apex Europe brochure: The total Apex cleaning solution /67, 81/	Laserlife Australia produktblad: So clean Anilox cleaning /68/	Windmöller & Hölscher blad/brochure, W & H aktuell, eco-plus /80, 93/

Navn	Apex easywash	Masterflex	Corrwash
Vaskeproces	Rensning af farveværk	Rensning af farveværk	Rensning af farveværk
Vaskefrekvens	Daglig/ved farveskift	Daglig/ved farveskift	Daglig/ved farveskift
Anlægstype	Indbygget anlæg, kombineret farvefremføring og vask	Indbygget anlæg, kombineret farvefremføring og vask	Indbygget anlæg, kombineret farvefremføring og vask
Producent	Apex Europe	Bobst S.A.	Harris & Bruno Machine Company
Leverandør	Mr. Jorma Pirhonen	F.L.Bie Grafisk A/S	Harris & Bruno Machine Company
Antal anlæg i funktion i DK	Antagelig 0	1	Antagelig 0
Emner der kan vaskes med anlægget	Farveværk	Farveværk	Farveværk
Vaskeprincip	Højturbulent flush	Højtryksspuling af kammerrakel og aniloxvalse komb. med børster. Pumper og slanger skylles.	Flush
Tømningsprincip	(pumpe)	Passivt, gravitation. Da valse og kammerrakel er placeret højt over farvespand, tømmes systemet ved gravitation alene	Aktiv tilbagepumpning, 1 Pumpe, kammerrakler med hældning
In-press/off-press	In-press, indbygget i Apex kammerrakel	In-press	In-press
Kapacitet	Et farveværk	Et farveværk	Et farveværk
Trykpressekompatibilitet	Passer til Apex Dynamic flow chamber closed doctorblade system	Integreret i Masterflex trykpressen	Alle trykpresser
Vasketid pr. emne	?	?	3-5 min.
Downtid pr. vask	5 min. med Apex DFC kammerrakel	?	3-5 min.
Automatiseringsgrad	100%	100%	100%
Manuelle håndteringstrin	Slanger skal flyttes af operatør	Vask af studse	Vask af studse
Lukkethed af systemet	Systemet er lukket bortset fra, at spildevand pumpes til kloak/sump	Bortset fra udledning af beskidt rensevand er systemet lukket	Bortset fra udledning af beskidt rensevand er systemet lukket
Rensemedietype	Vand og evt. afvaskningsmiddel	?	Vand, evt. med rensmiddel
Automatisk tilsætning af afvaskningsmiddel	?	?	Ja
Temperatur af vaskemedie	?	?	Koldt vand
Kemikalieforbrug	?	?	?
Vandforbrug	?	20-25 L, heraf 8-10 L til aniloxvalse(1,6-2 m) og kammerrakel pr. vask	15-30 L pr. vask
Recirkulation af rensemedie	?	Ikke normalt, men muligt	Nej
Recirkuleringsgrad	?	0	0
Opsamling af brugt rensemedie	Nej	Ikke indbygget	Ikke indbygget
Bortskaffelse af brugt rensemedie	?	Typisk: kloak eller internt renseanlæg	Typisk: kloak eller internt renseanlæg
Bemærkninger		Farverest efter tømnning <0,5L	95-97% af farven kan pumpes ud inden vask
Reference	/81/	Bobst produktblad: Masterflex 203-A matic 160-A matic /77, 88/	Harris & Bruno produktblad: Chambered doctor blade systems for corrugated flexo print stations /89, 90/

Navn	Autoflex C	TRESU højtryksspuleanlæg (dyseanlæg)	TRESU pump unit
Vaskeproces	Rensning af farveværk	Rensning af farveværk	Rensning af farveværk
Vaskefrekvens	Daglig/ved farveskift	Daglig/ved farveskift	Daglig/ved farveskift
Anlægstype	Indbygget anlæg, kombineret farvefremføring og vask	Anlægget indbygget i kammerrakel. Kombineret farvefremføring og vask	Møblit farvefremføringssystem med indbygget vask
Producent	FIT Flexo Inking Technologies	TRESU	TRESU
Leverandør	Mechatronic limited	TRESU	TRESU
Antal anlæg i funktion i DK	?	4	0
Emner der kan vaskes med anlægget	Farveværk	Farveværk	Farveværk
Vaskeprincip	Højtryksspuling via dyser 8,5 bar	Skylning af pumper og rør samt højtryksspuling af kammerrakel og aniloxvalse	Højtryksspuling når integreret med TRESU kammerrakel med dyser, ellers flush
Tømningsprincip	Aktiv tilbagepumpning	Aktiv tilbagepumpning, 2 pumper	Aktiv tilbagepumpning, 2 pumper
In-press/off-press	In-press	In-press	In-press
Kapacitet	Farveværker	Et farveværk	Et farveværk
Trykpressekompatibilitet	Trykpresser med FIT kammerrakelsystem	Alle trykpresser	Alle trykpresser
Vasketid pr. emne	5 min. for et farveværk. Eller 14-18 min. for 8 farveværker	10 min.	3 min.
Downtid pr. vask	5 min. pr. farveskift	22 min. (tømning + vask)	6-8 min. pr. farveskift (tømning + vask)
Automatiseringsgrad	100%	100%	100%
Manuelle håndteringstrin	Vask af studse	Vask af studse	Ingen
Lukkethed af systemet	Bortset fra udledning af beskidt vaskevand er systemet lukket	Bortset fra udledning af beskidt vaskevand er systemet lukket	Bortset fra udledning af beskidt rens vand er systemet lukket
Rensemiedietype	Vand evt. med automatisk doseret afvaskningsmiddel	Vand evt. med afvaskningsmiddel	Vand
Automatisk tilsætning af afvaskningsmiddel	Ja	Nej	Ikke relevant
Temperatur af vaskemedie	Stuetemperatur (< 38°C)	35°C	Koldt vand/rumtemperatur
Kemikalieforbrug	?	Afhængig af aktuel anvendelse	Ikke nødvendig
Vandforbrug	17 L v. 1,7 m 440 liniers aniloxvalse pr. vask	62-84 L ved 3,6 m valse pr. vask	15 L netto/vask
Recirkulation af rensmedie	Nej	Ja. Systemet kan recirkulere	Ja. Alt vand genanvendes 1 gang
Recirkuleringsgrad	0	Afhængig af aktuel anvendelse	50%
Opsamling af brugt rensmedie	Ikke indbygget	Ikke indbygget	Ikke indbygget
Bortskaffelse af brugt rensmedie	Typisk: kloak eller internt rensanlæg	Typisk: kloak eller internt rensanlæg	Typisk: kloak eller internt rensanlæg
Bemærkninger	< 10% farve tilbage på systemet før vask (1,8-4,5L), 2 rækker dyser top og bund.	Efter tømning før vask står der en farverest i systemet på 2-4 L	Farverest før vask: 0,6 L
Reference	Flexo Inking Technologies (FIT) produktblad: FIT Autoflex C /82, 91, 92/	TRESU kammerrakelsystem med automatisk rensesystem, brochure /71/, personlige/skriftlige oplysninger fra Henrik Leimand /62/ og undersøgelser udført på trykkeri A.	TRESU produktblad: TRESU pump unit /71/ og undersøgelser udført hos TRESU.



Navn	Ink management system 2000
Vaskeproces	Rensning af et helt farveværk
Vaskefrekvens	Daglig/ved farveskift
Anlægstype	Mobilt farvefremføringssystem med indbygget vask
Producent	Harris & Bruno Machine Company
Leverandør	Harris & Bruno Machine Company
Antal anlæg i funktion i DK	Antagelig 0
Emner der kan vaskes med anlægget	Pumper, slanger og kammerrakel
Vaskeprincip	Skylning af samme vej som trykfarven følger (flush)
Tømningsprincip	Aktiv tilbagepumpning, 1 pumpe, kammerrakler med hældning
In-press/off-press	In-press
Kapacitet	Et farveværk pr. enhed
Trykpressekompatibilitet	Alle trykpresser
Vasketid pr. emne	?
Downtid pr. vask	?
Automatiseringsgrad	100%
Manuelle håndteringstrin	Vask af studse
Lukkethed af systemet	Bortset fra udledning af beskidt rens vand er systemet lukket
Rensemedietype	Vand, evt. med rensmiddel
Automatisk tilsætning af afvaskningsmiddel	Ja
Temperatur af vaskemedie	Koldt vand
Kemikalieforbrug	?
Vandforbrug	?
Recirkulation af rensmediet	Nej
Recirkuleringsgrad	0%
Opsamling af brugt rensmediet	Ikke indbygget
Bortskaffelse af brugt rensmediet	Typisk: kloak eller internt rens anlæg
Bemærkninger	
Reference	Harris & Bruno produktblad: Introducing the new IMS2000 /90/

## Virksomheds- og procesdiagrammer (udredningsundersøgelser)

I dette bilag beskrives de trykkerier, der indgår i undersøgelsen samt de udredningsundersøgelser, der er udført på et af trykkerierne. Trykkerierne er beskrevet, som de var på det tidspunkt, undersøgelsen blev foretaget.

### C.1 Karakterisering af indgående trykkerier

Der indgik 6 trykkerier i undersøgelsen, hvoraf der på et enkelt er udført udredningsundersøgelser. Nedenstående beskrives alle trykkerier kort, baseret på data fra 1997 og/eller 1998. Trykkeri A, som der er udført udredningsundersøgelser på, er endvidere detaljeret karakteriseret i et virksomhedsdiagram.

*Trykkeri A:* Bølgepapemballagetrykkeri der udelukkende trykker med vandfortyndbare bølgepapflexotrykfarver. Produktionen omfatter trykning og færdiggørelse, mens klicheer produceres udenbys. Har 25 ansatte (20 i produktionen) og producerer årligt 4,4 mill. m<sup>2</sup> bølgepapemballage (trykker på ca. 80%). Har 2 trykpresser med hver 2 farveværker, dvs. i alt to kammerrakelsystemer og to farvebakker (enkeltrakelsystemer). Kammerrakler rengøres automatisk ved integreret dysesystem (TRESU, varmt vand) og farvebakker manuelt ved bl.a. direkte tilslutning af slange med ledningsvand på tilgangsstuds. Klicheer vaskes manuelt. Periodevis (årlig) rengøring af aniloxvalser ved blæsning med bagepulver foretages udenbys. Der anvendes primært rent vand ved afvaskning af farveværker og tensidbaseret afvasker kombineret med vand ved klichevask. Årligt forbrug af trykfarve udgør ca. 10,2 tons og af tensidbaseret afvasker ca. 0,4 tons. Årligt vandforbrug udgør 500 m<sup>3</sup> og heraf anvendes ca. 350 m<sup>3</sup> til afvaskninger. Al processpildevand behandles ved kemisk fældning (flokkulering) inden afledning til offentlig kloak.

*Trykkeri B:* "Bølgepapemballagetrykkeri", der trykker på liner og udelukkende med vandfortyndbare bølgepapflexotrykfarver. Produktionen omfatter kun trykning. Har 52 ansatte (31 i produktionen) og producerer årligt 70 mill. m<sup>2</sup> liner med tryk. Har 2 trykpresser med hver 6 farveværker og 1 lakværk, dvs. i alt 14 kammerrakelsystemer. Derudover gammel trykpresse med 6 kammerrakler, som er under udskiftning med ny presse med 8 farveværker (kammerrakler) og et lakværk. Alle farveværker (der ses bort fra den nye presse) rengøres manuelt, dvs. skylles igennem med rent vand fra påmonteret slange (på tilgangsstuds) med ledningsvand. Farvekar rengøres manuelt med lunkent vand blandet med 10% detergentbaseret, alkalisk afvasker. Kører forsøg på et farveværk med at lade "vaskeanlæg" (doseringsautomat), som skyller skiftevis med koldt vand og lunkent vand med afvasker, gennemskylle farveværket i stedet for kun at bruge ledningsvand. Klicheer vaskes manuelt off-line, men mens de stadig sidder på

valsen. Ved klichevask anvendes vand med 10% opløsningsmiddelbaseret alkalisk afvasker. Periodelvis rengøring af aniloxvalser foregår off-press med bagepulver i lukket blæsekabinet. Årligt forbrug af trykfarve udgør ca. 350 tons og af procesvand ca. 2.900 m<sup>3</sup>. Alt processpildevand behandles ved ultrafiltrering inden afledning til kloak.

*Trykkeri C:* Trykker på fleksibel emballage og i mindre omfang papir. Produktionen omfatter trykning og færdiggørelse. Herudover ekstruderes plastfilm, og trykfarver til eget brug fremstilles (blandes) på virksomheden i stort omfang. Klicheer produceres udenbys. Anvender kun vandfortyndbare flexotrykfarver i begrænset omfang, dvs. hvid farve, "guldlak" (alufolie) og klar lak, til tryk på papir og alufolie samt i meget lille omfang på plastfolie. Har ca. 140 ansatte (100 i produktionen) og producerer årligt ca. 42 mill. m<sup>2</sup> (år 1994). Fire flexotrykværker (lakmaskiner) og en dybtrykspresse anvendes til tryk med vandfortyndbar farve/lak. Alle farveværker (lakværker) på disse fem trykpresser har farvebakke (enkeltrakelsystem). Farveværkerne rengøres manuelt kombineret med, at de først gennemskylles med recirkulerende afvaskningsvæske. Som afvaskningsvæske anvendes enten med en blanding af isopropylalkohol og vand 1:1 eller rent vand. Vaskevandet (brugt afvaskningsvæske) genbruges ved fremstilling af lak eller bortskaffes som kemikalieaffald. Farvekasser, pumper, slanger og farvebakker mm. rengøres endvidere tildels manuelt og tildels i automatisk vaskemaskine med en blanding af methylethylketon og ethylacetat 1:1. Klicheer vaskes manuelt med vand eller vand/isopropylalkoholblanding. Dybtrykscylindre og aniloxvalser rengøres periodelvis off-press ved blæsning med bagepulver i lukket kabinet. Årligt forbrug af trykfarve (vandfortyndbar lak mm.) udgør ca. 49 tons. Årligt vandforbrug (år 1994) udgør ca. 1.700 m<sup>3</sup> og heraf udgør vand til afvaskninger ca. 100 m<sup>3</sup>. Stort set alt processpildevand fra afvaskning af vandfortyndbar farve/lak genbruges til farvefremstilling eller behandles som kemikalieaffald.

*Trykkeri D:* Egentlig en stansevirksomhed med en afdeling, der trykker på karton (kartonnagevirksomhed). Produktionen omfatter trykning og færdiggørelse. Klicheer produceres udenbys. Anvender kun vandfortyndbare flexotrykfarver. Har ca. 135 ansatte (98 i produktionen) og producerer årligt ca. 37 mill. m<sup>2</sup> bølgepap (stansning) og ca. 2,5 mill. m<sup>2</sup> karton (kartonnage med tryk). Kartonnagetrykmaskinen har otte farveværker (heraf ét lakværk) med kammerrakler. Farveværkerne rengøres ved først at recirkulere rent vand fra vandspand (tilløbs- og afløbsslange ligger i spanden) og derefter skylle med tilkoblet ledningsvand (slanger ligger frit på rist over sump). Alt vaskevandet ender i sumpen og sprøjtes ind i makulatur, der bortskaffes som brændbart affald. Klicheer vaskes manuelt med vand og opløsningsmiddelbaseret, alkalisk afvasker. Aniloxvalser rengøres periodelvis off-press ved blæsning med bagepulver udenbys. Det årlige totale forbrug af procesvand på hele virksomheden andrager ca. 5.500 m<sup>3</sup>, og heraf udgør vand til afvaskninger kun en mindre del.

*Trykkeri E:* Konvolutfabrik. Udover flexotryk med vandbaserede farver (primært tryk på inderside af konvolutter) anvendes også offsettryk til tryk på yderside af konvolutter. Produktionen omfatter fremstilling af konvolutter - herunder trykning og færdiggørelse. Klicheer produceres udenbys. Anvender ved flexotryk stort set kun vandfortyndbare farver, idet opløsningsmiddelbaserede kun udgør 5% og er på vej ud. Har ca. 130 ansatte (70 i produktionen) og producerer årligt ca. 500 mill. konvolutter, hvoraf der

trykkes med vandfortyndbar farve på ca. 75 mill. Der benyttes 8-10 trykpresser med hver 3 farveværker (i alt 24-30 farveværker) med farvebakke (enkeltrakelsystem). Farveværkerne rengøres ved at recirkulere vand fra farvespand/-kasse (tømt for farve) og skylle efter manuelt med rent vand. Farvekasser og farvespande dyppes (står i blød) i kar med opløsningsmiddelbaseret afvasker og spules efterfølgende med vand i vask. Brugt afvasker fra kar bortskaffes som kemikalieaffald. Klicheer vaskes manuelt med vand og opløsningsmiddelbaseret afvasker. Valser rengøres inpress manuelt med vand. Årligt forbrug af vandfortyndbar trykfarve udgør ca. 100 tons. Alt spildevand/afvasker vand afledes ubehandlet til kloak.

*Trykkeri F:* Plastfolievirksomhed der bl.a. trykker på plastsække med vandfortyndbar flexotrykfarver. Produktionen omfatter ekstrudering, indfarvning, trykning og svejsning (konfektionering). Klicheer produceres udenbys. Anvender vandfortyndbare flexotrykfarver til tryk på plastsække (og slangefolie) både simpel enkeltfarvetryk og trefarvetryk. Har ca. 300 ansatte (230 i produktionen) og heraf arbejder ca. 35 med flexotryk baseret på vandfortyndbar farve. Producerer årligt ca. 80 mill. m<sup>2</sup> plastfolie, hvoraf der trykkes på 40% (svarende til 4.200 tons) med vandfortyndbar farve. Seks flexotrykværker med i alt 8 farveværker anvendes til tryk med vandfortyndbar farve. Alle farveværker har farvebakke (enkeltrakelsystem). Farveværkerne rengøres dagligt med rent vand eller vand iblandet 20% opløsningsmiddelbaseret afvasker. Trykpresse med tre farveværker og Teflon-belagt farvebakke mm. rengøres desuden månedligt ved at recirkulere vand med 5% detergentbaseret afvasker i 8 timer. Farvebakker, klicheer mm. fra de øvrige 5 simple trykpresser med hver et farveværk vaskes desuden manuelt hver dag off-press i stor balje med vand, opløsningsmiddelbaseret afvasker (20% vandig opløsning) og børste. Klicheer rengøres desuden med vand og detergentbaseret afvasker ved brug af klud. Aniloxvalser rengøres periodevis off-press ved blæsning med bagepulver i lukket kabinet. Manuel blæsning med bagepulver kombineret med vand fra vandslange anvendes desuden til rengøring af skærme, bakker mm. Årligt forbrug af vandfortyndbare flexotrykfarver udgør ca. 9 tons. Årligt vandforbrug udgør ca. 15.000 m<sup>3</sup> (hovedparten til køling og råvaretransport), heraf vurderes det, at vand til afvaskninger udgør omkring 100 m<sup>3</sup>. Vaskevand fra recirkulering på trefarvetrykpresse og fra vaskekar bortskaffes som kemikalieaffald. Alt andet skyllevand afledes ubehandlet til kloak.

## C.2 Udredningsforsøg

Procesdiagrammerne vist i dette bilag omfatter hver især én enkelt afsluttet undersøgelse/undersøgelsesrække. De er opbygget med en beskrivelse af proces- og anlægstype efterfulgt af forsøgsbetingelser, procesbeskrivelse og nøgletal for processen samt i nogle tilfælde karakterisering af spildevand. I procesdiagrammerne beskrives både vaskeprocesser og andre processer såsom vandrensning i renseanlæg.

De massebalancer/registreringer, der fremgår af procesdiagrammerne, er udført af DHI - Institut for Vand og Miljø på virksomheden med deltagelse af 1-2 medarbejdere fra virksomheden i flere tilfælde. Egenregistreringen (antal afvaskninger, antal kørsler med renseanlæg mm.) er efter instruktion fra DHI - Institut for Vand og Miljø udført af medarbejdere på virksomheden - dog har DHI - Institut for Vand og Miljø stået for udvejning af brugt kemikalie og aflæsning af vandure i de fleste tilfælde. Massebalancerne er først og

fremmest baseret på differensvejninger ved hjælp af en transportabel, elektronisk vægt med en følsomhed på 0,1 g. Dette vil sige, at f.eks. forbrug af afvaskningsmiddel ved klichevask (manuelt påført) er kvantificeret ved at veje spand med indhold af afvasker og børste før og efter påføring - differensen mellem de to vejninger giver hermed forbruget. De indhentede data er i nogle tilfælde behandlet statistisk (gennemsnit). Disse beregninger er udført på grundlag af den antagelse, at der er tale om normalfordelte data. Da dette ikke behøver at være tilfældet, skal gennemsnit kun betragtes som estimater.

Nedenstående beskrives de gennemgående emner behandlet i procesdiagrammerne. Udover disse forekommer andre emner, f.eks. under udredningsforsøg på renseanlæg, som er selvforklarende eller beskrevet i diagrammet.

*Procestype:* Angiver den(de) proces(ser), der er omfattet af undersøgelsen. Refererer til procesbeskrivelserne i kapitel 5 samt bilag A og B.

*Anlægstype:* Angiver den(de) typer anlæg, der er omfattet af undersøgelsen. Refererer til anlægsbeskrivelserne i kapitel 5 samt bilag A og B.

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

*Udført:* Her er anført, at undersøgelsen er udført på trykkeri A og i hvilken periode.

*Forsøgsbetingelser:* Her oplyses om hvilke forsøgsbetingelser, undersøgelsen er udført under. Det drejer sig primært om hvilken *trykpresse* med hvilke dimensioner mm. samt hvilke(n) *trykfarvetype* mm., der blev anvendt/afvasket. Hertil kommer f.eks. *afdrypningstid*, dvs. den tid trykfarven fik lov at løbe af farveværket, før vaskeprocedure blev sat i gang.

*Procesbeskrivelse:* Her er den konkrete proces, der er udført, beskrevet trinvis.

*Massebalancer/Nøgletal:* Der er her opstillet en massebalance for den udførte proces under de givne betingelser. Tallene er typisk relateret til den "funktionelle enhed": En afvaskning. Balancen er opstillet i skema, hvor typisk "ressource"-type, "enhed", total "forbrug" og spild "til vand (sump)" er anført. Energiforbrug er ikke opgjort for de enkelte processer, fordi det umiddelbart vurderes at være uvæsentligt for processens samlede, potentielle miljøbelastning. Elforbruget kan estimeres ud fra effekt og drifttid til i størrelsesordenen 0-3 kWh afhængig af hvilken proces, det drejer sig om (højest for automatisk afvaskning med dysesystem og varmt vand og lavest for manuel afvaskning). Spildet er for forsøgene på trykpresser og klichevask kun angivet som spild "til vand (sump)", fordi det her er valgt at se bort fra de øvrige emissionsveje, der umiddelbart vurderes at være uvæsentlige for processens potentielle miljøbelastning. Dette skyldes bl.a., at det drejer sig om brug af vand, vandfortyndbare trykfarver og eventuelt ikke flygtige vandopløselige afvaskningsmidler, samt at der ikke genereres affald ved processen. Det skal dog bemærkes, at fordampning af vand ved afvaskninger i åbne eller delvist lukkede systemer i grafisk branche typisk udgør op til 10% af forbruget /3/. Spildet ved spildevandsbehandling er dog underinddelt i

spild "til vand" (dvs. spildevand der typisk afledes til kloak), spild "til luft" (fordampning/luftemission, som dog er vurderet til at svare til 0), og spild der ender som "fast affald" (slam, kemikalieaffald).

Balancerne for de enkelte ressourcetyper er typisk opstillet på følgende grundlag:

*Trykfarve:* Trykfarvespildet (den mængde der afvaskes) er identisk med spild til vand, som typisk er kvantificeret på grundlag af tørstofindholdet (eller kobberindhold i blå farver) i det brugte skyllevand sammenholdt med tørstofindhold (eller kobberindhold) i den anvendte trykfarve.

*Afvaskningsmidler:* Forbruget er kvantificeret ved vejning af spand før og efter afvaskning. Mængden er typisk opgjort som brugsopløsning (dvs. handelsvare eventuelt fortyndet med vand til f.eks. en 50% w/w aktivt stof opløsning). Da alt afvaskningsmiddel her ender i sumpen, og da det drejer sig om ikke flygtige, fuldstændigt vandblandbare stoffer, er det antaget, at spildet til vand er lig med forbruget.

*Vand (skyllevand):* Forbruget af skylle-/vaskevand er kvantificeret ved aflæsning af monterede vandure på vandtilgangssiden. Aflæsningen på vanduret er typisk kontrolleret ved at sammenholde værdien med en udvejning af den tilsvarende brugte skyllevandsmængde opsamlet i spande. Forekommende forskelle på de to måleværdier (vandur kontra afvejning) skyldes bl.a. fordampning af vand til luft. Alt skyllevand ender i sumpen og er derfor lig med spild til vand (dvs. kloak via vandbehandlingsanlæg).

*Spildevands-/kemikaliekarakteristik:* Der er udtaget spildevandsprøver (til fysisk/kemisk/biologisk analyse) dækkende proces typerne: automatisk in-press rensning af farveværk (kammerrakel), manuel in-press rensning af farveværk (farvebakke) og manuel off-press rensning af kliché. Prøverne er udtaget under veldefinerede procesbetingelser (se det aktuelle procesdiagram), og altprocesspildevand 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 DHI - Institut for Vand og Miljø's laboratorium. Der blev desuden udtaget prøver af bl.a. trykfarver og afvaskningskemikalie, som indgik ved den pågældende proces. Følgende parametre indgår i skemaerne med analyseresultater:

*Prøve:* Typisk er den udtagne prøve, samt de indgående rene kemikalier (f.eks. trykfarve), som handelsvare eller i en tilsvarende vandig fortynding analyseret.

*Fortynding:* Angiver den estimerede fortynding af kemikaliet (f.eks. trykfarven i spildevandsprøven) og eventuel fortynding af det rene kemikalie udført i laboratoriet. Den estimerede fortynding er typisk beregnet ved at sammenligne tørstofindholdet i skyllevandet med tørstofindholdet i det pågældende rene kemikalie. Fortyndingen af afvaskningskemikaliet er desuden beregnet ved at dividere skyllevandsforbruget med det udvejede spild til vand af afvaskningskemikaliet.

*pH, tørstof (TS), glødetab (GT), adsorberbart, organisk halogen (AOX), kobber, kemisk iltforbrug (COD) og biokemisk iltforbrug-5 dage (BOD<sub>5</sub>):* Prøverne er analyseret for disse parametre efter metoderne vist i tabel C.1.

Tabel C.1  
Analysemetoder for parametrene: pH, TS, GT, AOX, Cu, COD<sub>Cr</sub> og BOD<sub>5</sub>

Analyseparameter	Metode	Detektionsgrænse	Rel. standardafvigelse (CV)
pH	DS 287:1978	-	± 0,5%
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%
Kobber	DS 259, DS 2210, DS 263	10-50 µg/L	5-10%
COD <sub>Cr</sub>	DS 217:1991	30 mg O <sub>2</sub> /L	± 5%
BOD <sub>5</sub>	prEN1899-1	2 mg O <sub>2</sub> /L	± 7%

*COD/BOD<sub>5</sub>*: 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 /95/.

*Nitrifikationshæmning (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 /95/ og i udkastet til den nye /21/. Den anvendte screeningsmetode er beskrevet i udkastet til den nye vejledning /21/. 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).

*Metaller (tungmetaller)*: Visse af spildevandsprøverne er analyseret for et større antal metaller samtidig. Metallerne omfatter: bly (Pb), cadmium (Cd), kobber (Cu), kobolt (Co), krom (Cr), nikkel (Ni), zink (Zn), barium (Ba), tin (Sn), arsen (As) og kviksølv (Hg), se tabel C.2.

Tabel C.2  
analysemetoder for metal analyser

Analyseparameter	Metode	Detektionsgrænse	Rel. standardafvigelse (CV)
Bly (Pb)	EPA 200.8:1991 (ICPMS)	0,05 mg/L	5-10%
Cadmium (Cd)	EPA 200.8:1991 (ICPMS)	0,003 mg/L	5-10%
Kobber (Cu)	DS 259, DS 2210, DS 263 (FAAS)	0,5 mg/L	5-10%
Kobolt (Co)	EPA 200.8:1991 (ICPMS)	0,01 mg/L	5-10%
Krom (Cr)	EPA 200.8:1991 (ICPMS)	0,02 mg/L	5-10%
Nikkel (Ni)	EPA 200.8:1991 (ICPMS)	0,2 mg/L	5-10%
Zink (Zn)	DS 259, DS 2210, DS 263 (FAAS)	1 mg/L	5-10%
Barium (Ba)	EPA 200.8:1991 (ICPMS)	1 mg/L	5-10%
Tin (Sn)	EPA 200.8:1991 (ICPMS)	0,03 mg/L	5-10%
Arsen (As)	EPA 200.8:1991 (ICPMS)	0,02 mg/L	5-10%
Kviksølv (Hg)	SM 18 ed. 3112 B (CVAAS)	0,003 mg/L	10%

Herudover er der ved analyser af spildevand før og efter vandbehandlingsanlæg (flokkuleringsanlæg) samt for vaskevand fra klichevask udført analyser for: turbiditet efter DS 290 med en total relativ standardafvigelse (CV) på 4% og suspenderet tørstof (SSTS) efter DS 207:1985 med relativ standardafvigelse (CV) på 5-10% og en detektionsgrænse på 10 mg/L. Ved analysen for suspenderet tørstof bestemmes mængden af partikulært stof med en størrelse (diameter) over 1,6  $\mu\text{m}$ .

*Øvrige målinger/analyser*

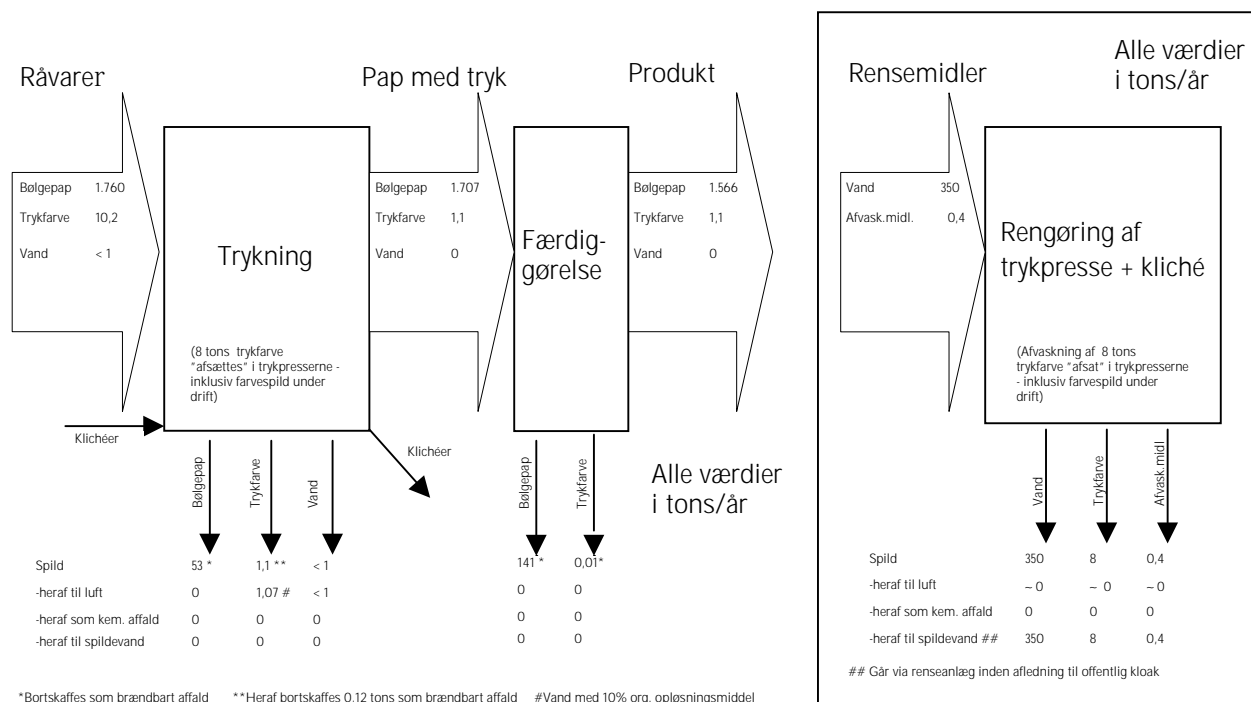
Trykfarven viskositet er i nogle tilfælde målt. Her er anvendt udløbsbæger (DIN 4) og stopur.



## Virksomhedsdiagram: Trykkeri A

<b>Virksomhedstype:</b>	Bølgepapemballage	<b>Procestrin:</b>	Trykning og færdiggørelse
<b>Antal ansatte:</b>	25 (20 i produktionen)	<b>Trykfarvetyper:</b>	Bølgepapflexotrykfarver
<b>Årlig produktion:</b>	4,4 mill. m <sup>2</sup> *	<b>Trykemner:</b>	Bølgepap
<b>Trykteknik:</b>	Flexo	<b>Årligt vandforbrug:</b>	500 m <sup>3</sup>
<b>Antal farveværker:</b>	2 · 2	<b>Vandbehandling:</b>	Kemisk fældning
		<b>Afvaskningsystem:</b>	Manuel + Aut. skyl (dyse)

\* Heraf trykkes på ca. 80%



## Nøgletal:

<b>Overordnede</b>		<b>Trykning:</b>	
Makulatur %:	11 (3+8)	Kg trykfarve/tons trykemne:	5,8
Farvespild %:	80	Kg antiskummiddel/tons trykemne:	0
m <sup>2</sup> bølgepap/tons bølgepap:	2.000	Kg vand/tons trykemne:	(0)
Kg vand/tons bølgepap:	230	Kg spildevand/tons trykemne:	(0)
		Kg kem. affald/ tons trykemne:	(0)
		<b>Rengøring:</b>	
		Kg opløsningsmiddel/tons trykemne:	0
		Kg detergenter/tons trykemne:	~ 0,22
		Kg vand/tons trykemne:	200
		Kg vand/vask:	350
		Kg spildevand/tons trykemne:	200
		Kg kem. affald/tons trykemne:	(0)

Vandforbrugsfordeling: 68% afvaskninger + 32% sanitet + < 1% farvefortyndning

Tabel C.3

Procesdiagram: Automatisk vask af kammerrakel farveværk på Göpfert presse med integreret TRESU vaskeanlæg. Forsøg 1: Farverest på trykværk efter tømning

Procestype	Automatisk in-press rensning af farveværk	
Anlægstype	Automatisk in-press	
Rensemedie	Vand (varmt: 38°C)	
Udført	Dato: 26-3-1998	Sted: Trykkeri A

#### Karakterisering af proces og anlæg

Emner anlægget vasker	Helt farveværk
Metode	Højtryksvæskedyser indbygget i kammerraklen

#### Forsøgsbetingelser

Trykkemaskine	Göpfert model FPS, 1995, 2 farveværker, 2 pumper pr. farveværk
Valsebredde	360 cm
Valseomkreds	Klichevalse: 168 cm
Aniloxvalse finhed	Farveværk 1: 80 linier Farveværk 2: 100 linier
Trykfarve	Blå bølgepapflexotrykfarve (22a)
Sidst anvendte substrat	Forsøg udført uden trykning på substrat
Afdrypningstid	Farven pumpes ud i løbet af 6 min.

#### Procesbeskrivelse

Der vaskes automatisk ét farveværk in-press med et TRESU vaskeanlæg. Alt vaskevand ledes normalt i sumpen, men opsamles i dette forsøg. Der er ikke nogen recirkulation under vasken. Aniloxvalsen roteres langsomt under hele vasken.
1. Tilløbs- og afløbsstudsene fra farvepumperne løftes lidt op af farvespanden, og farven pumpes tilbage i farvespanden af begge pumper, idet den normale tilførselspumpe kører baglæns. Der pumpes farve ud, til der kun kommer ganske lidt, eller raklen hviner. Afløbstid er ca. 6 min.
2. Farvespanden fjernes (og i dette tilfælde løb der en anelse mere farve fra, ned i sumpen). Derefter skylles automatisk med varmt vand (38°C) fra TRESU-anlægget gennem dyserne i kammerraklen, og vaskevandet pumpes ud af afløbene fra kammerraklen (og en lille mængde fra overløbet i enden af kammerraklen) via både farvetilbageførs- og farvetilførslinien. Der skylles i 3,5 min.
3. Studsene, som normalt er nede i farvespanden, vaskes manuelt med børste og tensidbaseret afvasker (41b) kombineret med skyl fra vandslange.

#### Nøgletal for drift

Trykfarvemængden på farveværket blev bestemt til 8,4 kg ved vejning (under drift) af farvespand før og efter, at farve var kørt på farveværket. Mængden af farve på farveværket efter tilbagepumpning (før vask) blev ligeledes ved differensvejning bestemt til 0,59 kg. Begge disse mængder er dog reelt større, idet der står vand ("gammelt skyllevand" i det såkaldte dødvolumen) i farveværket, som fortrænges af farven, når den pumpes på værket.

#### Nøgletal pr. vask

Ressource	Enhed	Forbrug	Til vand (sump)
Blå trykfarve	kg/vask	-	0,6-0,8*
Vand	L/vask	68-70**	68-70
Tensidbaseret afvasker	g/vask	20***	20

\* Bestemt ud fra henholdsvis tørstofindhold (TS) i vaskevand sammenlignet med TS i trykfarve (0,6 kg) og tilsvarende hvad angår kobberindhold (0,8 kg). Idet der løb ca. 0,5 L skyllevand med farve i sumpen før opsamling i prøvebeholder, er 0,6-0,8 kg farvespild for lavt. På baggrund af senere forsøg (se forsøg 2 og 3) vurderes, at farvespildet må have været min. 1,0-1,5 kg.

\*\* Bestemt ved henholdsvis vandursmåling (68 L) og ved differensvejning (70 L). Vand fra vandslange til vask af studie blev ved differensvejning målt til 0,234 L.

\*\*\* Bestemt ved differensvejning. Aktivt stofindhold ifølge producent 50 -100%

## Vaskevands-/kemikaliekarakteristik

Prøve	Fortynd .	Cu mg/L	pH	TS g/L	GT g/L	AOX mg Cl/L	COD g O <sub>2</sub> /L	BOD <sub>5</sub> g O <sub>2</sub> /L	COD/- BOD <sub>5</sub>	Nitrif. hæmn. (200 mL) %	Nitrif. hæmn. (20 mL) %
Rent vaskevand	-	-	-	0,39	0,05	-	-	-	-	-	-
Brugt vaskevand	116 *	52,8	7,93	4,1	2,5	0,13	7,11	0,36	19,8	14	0
Studsafvaskning	14 **	8,39	-	5,6	4,0	-	-	-	-	-	-
Blå trykfarve	0	4.540	8,1	430	285	-	658	43	15,3	-	-
Tensidbaseret afvasker <sup>#</sup>	0	-	9,69	61	50	-	221	111	1,99	-	-

\* Af trykfarven, baseret på TS-målingerne

\*\* Af den tensidbaserede afvasker. Baseret på TS, idet der er taget højde for, at afvasket trykfarverest bidrager med ca. 0,8 g TS/L (estimeret ud fra kobbermålinger)

# Prøven er udtaget fra den samme palletank som den aktuelt anvendte afvasker (samme batch/blanding fra producent)

Tabel C.4

Procesdiagram: Automatisk vask af kammerrakel farveværk på Göpfert presse med integreret TRESU vaskeanlæg. Forsøg 2: Farveindhold, pH, temperatur, mm. af første hold vaskevand: Rød farve

Procestype	Automatisk in-press rensning af farveværk	
Anlægstype	Automatisk in-press	
Rensemedie	Vand (varmt: 38°C)	
Udført	Dato: 19-11-1998	Sted: Trykkeri A

#### Karakterisering af proces og anlæg

Emner der vaskes i processen	Helt farveværk
Metode	Højtryksvæskedyse indbygget i kammerraklen

#### Forsøgsbetingelser

Trykmaskine	Göpfert model FPS, 1995, 2 farveværker, to pumper pr. farveværk
Valsebredde	360 cm
Valseomkreds	Klichevalse: 168 cm
Aniloxvalse finhed	Farveværk 1: 80 linier Farveværk 2: 100 linier
Trykfarve	Rød bølgepapflexotrykfarve (22a)
Sidst anvendte substrat	Pap
Afdrypningstid	11 min.
Antal ark	539
Areal/ark	2,58 m <sup>2</sup>
Bæreplademål (cm)	Røde klicheer: 1 stk. 130 · 111 + 1 stk. 127 · 111 Blå klicheer: 1 stk. 130 · 111 + 1 stk. 130 · 118
Klicheareal *	Røde klicheer: 552 cm <sup>2</sup> ; blå klicheer: 1.067 cm <sup>2</sup>

\* Det faktisk motivbærende (ophøjede, farvebærende) areal anslås at være ca. 50% af det angivne.

#### Procesbeskrivelse

Der vaskes automatisk ét farveværk in-press med et TRESU anlæg. Alt vaskevand ledes normalt i sumpen, men opsamles i dette forsøg. Aniloxvalse roteres langsomt under hele vasken.
1. Tilløbs- og afløbsstudsene fra farvepumperne løftes lidt op af farvespanden, og farven pumpes tilbage i farvespanden af begge pumper, idet den normale tilførsingspumpe kører baglæns. Der pumpes farve ud, til der kun kommer ganske lidt, eller raklen hviner. Afløbstid er ca. 11 min.
2. Farvespanden fjernes, og der skylles automatisk med varmt vand 38,5°C fra TRESU anlægget gennem dyserne i kammerraklen, og vaskevandet pumpes ud af afløbene fra kammerraklen (og en ganske lille anelse fra overløbet i enden af kammerraklen) via både farvetilbageførings- og farvetilførsingslinien. I dette forsøg blev blandingen af skyllevand og trykfarve opsamlet i spande med lidt over 0,5 L i hver i starten og op til 15 L til slut. Vasketiden var ca. 10 min.
3. Studsene, som normalt er nede i farvespanden, vaskes manuelt med børste og tensidbaseret afvasker (41b) kombineret med skyl fra vandslange.

#### Nøgletal pr. vask

Ressource	Enhed	Forbrug	Spild til vand
Trykfarve	kg/vask	-	1,69*
Trykfarve	g TS/vask	-	682
Vand	L/vask		61,9-83,5**
Tensidbaseret afvasker	g/vask	0	0

\* Mængden af trykfarve er bestemt ud fra det samlede tørstofindhold i prøvefraktionerne: 682 g TS/403 g TS pr. kg farve = 1,69 kg farve.

\*\* Bestemt ved henholdsvis vandursmåling (83,5 L) og ved differensvejning (61,9 L).

#### Opsamling af vaskevand

For at bestemme farvekoncentration i vaskevandet som funktion af tidspunkt i vaskeprocessen blev vaskevandet opsamlet i fraktioner, således at der i starten af vaskeprocessen, hvor der er en stor andel af farve i vaskevandet, blev taget mange små prøver, mens der senere i processen blev opsamlet færre og større prøver. Der blev i alt

opsamlet 21 fraktioner. Alt vaskevand blev opsamlet. Mængden af farve i vaskevandsfraktionerne blev bestemt ud fra tørstofindhold.

Kronologisk prøvenr. Parameter	Enhed	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Opsamlet mængde vaskevand	kg	0,48	0,53	0,51	0,59	0,57	0,51	0,54	0,48	0,49	0,62
Opsamlet mængde vaskevand (akk. *)	kg	0,24	0,74	1,26	1,81	2,39	2,93	3,46	3,98	4,46	5,02
Viskositet (DIN 4)	sek.	17,6	16,4	17,7	15,6	15,5					
Temperatur	°C	18	18	18	18	18	18	18	18	18	19
TS	g/kg	299	277	219	113	79	57	42	35	34	27
pH		7,88			7,97			8,05			8,04
Farveindhold	g TS	144	146	112	66,8	44,9	29,3	22,8	16,9	16,8	16,8
Farveindhold	%	74	69	54	28	20	14	10	9	8	7

Kronologisk prøvenr. Parameter	Enhed	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Total
Opsamlet mængde vaskevand	kg	0,62	0,56	0,67	0,67	1,20	3,21	3,20	6,88	13,3	15,9	10,3	61,9
Opsamlet mængde vaskevand (akk. *)	kg	5,64	6,23	6,84	7,52	8,45	10,7	13,9	18,9	29,0	43,6	56,7	
Viskositet (DIN 4)	sek.					15,1						15,5	
Temperatur	°C	21	21,4	21,6	21,7	22,8	25,8	28,5	31,5	33,5	33,5	31,8	
TS	g/kg	17	14	13	12	8	5	2	1	0,5	0,4	0,3	
pH				8,04			7,94			8,05		8,18	
Farveindhold	g TS	10,5	7,84	8,74	8,05	9,61	16,1	6,41	6,88	6,64	6,36	3,10	682
Farveindhold	%	4	3	3	3	2	1	<1	<1	<1	<1	<1	

\* De angivne, opsamlede, akkumulerede mængder er intervalmidtpunkter, dvs. midtpunktet mellem forrige og næste opsamling.

Mål te data for den røde trykfarve og rent skyllevand

Parameter	Enhed	Vand	Ren farve
Viskositet (DIN 4)	sekunder	-	29
TS	g/kg	0,39	403
pH	-	-	7,87

Tabel C.5

Procesdiagram: Automatisk vask af kammerrakel farveværk på Göpfert presse med integreret TRESU vaskeanlæg. Forsøg 3: Farveindhold, pH, temperatur, mm. af første hold skyllevand: Sort farve

Procestype	Automatisk in-press rensning af farveværk	
Anlægstype	Automatisk in-press	
Rensemedie	Vand (varmt, 38°C)	
Udført	Dato: 19-11-1998	Sted: Trykkeri A

#### Karakterisering af proces og anlæg

Emner der vaskes i processen	Helt farveværk
Metode	Højtryksvæskedyse indbygget i kammerraklen

#### Forsøgsbetingelser

Trykkemaskine	Göpfert model FPS, 1995, 2 farveværker, to pumper pr. farveværk
Valsebredde	360 cm
Valseomkreds	Klichevalse: 168 cm
Aniloxvalse finhed	Farveværk 1: 80 linier Farveværk 2: 100 linier
Trykfarve	Sort bølgepapflexotrykfarve (22a)
Sidst anvendte substrat	Pap
Afdrypningstid	11 min.
Antal ark	546
Areal/ark	3,01 m <sup>2</sup>
Bæreplademål (cm)	Ikke opmålt
Klicheareal *	217 cm <sup>2</sup>

\* Det faktisk motivbærende areal anslås at være ca. 50% af det ovenfor angivne.

#### Procesbeskrivelse

Der vaskes automatisk ét farveværk in-press med et TRESU anlæg. Alt vaskevand ledes normalt i sumpen, men opsamles i dette forsøg. Aniloxvalsen roteres langsomt under hele vasken.
1. Tilløbs- og afløbsstudsene fra farvepumperne løftes lidt op af farvespanden, og farven pumpes tilbage i farvespanden af begge pumper, idet den normale tilføringpumpe kører baglæns. Der pumpes farve ud, til der kun kommer ganske lidt, eller raklen hviner. Afløbstid er ca. 11 min.
2. Farvespanden fjernes, og der skylles automatisk med varmt vand 38,5°C fra TRESU anlægget gennem dyserne i kammerraklen, og vaskevandet pumpes ud af afløbene fra kammerraklen (og en ganske lille anelse fra overløbet i enden af kammerraklen) via både farvetilbageførings- og farvetilførlinien. I dette forsøg blev blandingen af skyllevand og trykfarve opsamlet i spande med lidt over 0,5 L i hver i starten og op til 15 L til slut. Vasketiden er ca. 10 min.
3. Studsene, som normalt er nede i farvespanden, vaskes manuelt med børste og tensidbaseret afvasker (41b) kombineret med skyl fra vandslange.

#### Nøgletal pr. vask

Ressource	Enhed	Forbrug	Til vand
Sort trykfarve	kg/vask	-	3,89 *
Sort trykfarve	g TS/vask	-	1.500
Vand	L/vask	61,8	61,8
Tensidbaseret afvasker	g/vask	0	0

\* Mængden af trykfarve er bestemt ud fra det samlede tørstofindhold i prøvefraktionerne: 1.504 g TS/387 g TS pr. kg farve = 3,89 kg farve.

#### Opsamling af vaskevand

For at bestemme farvekoncentration i vaskevandet som funktion af tidspunkt i vaskeprocessen blev vaskevandet opsamlet i fraktioner, således at der i starten af vaskeprocessen, hvor der er en stor andel af farve i vaskevandet, blev taget mange små prøver, mens der senere i processen blev opsamlet færre og større prøver. Der blev i alt opsamlet 11 fraktioner. Alt vaskevandet blev opsamlet. Mængden af farve i vaskevandsfraktionerne blev bestemt ud fra tørstofindholdet.

Kronologisk prøvenr. Parameter	Enhed	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Opsamlet mængde vaskevand	kg	0,80	0,90	1,13	1,00	1,19	1,29	1,58	6,58	16,1	18,8	12,5	61,8
Opsamlet mængde vaskevand (akk. *)	kg	0,40	1,25	2,27	3,34	4,43	5,67	7,10	11,2	22,5	39,9	55,6	
TS	g/kg	347	225	169	143	110	88	67	42	4	0,78	0,64	
pH		8,02		8,09		8,05		8,06	8,06	8,04	8,11	8,09	
Farveindhold	g TS	277	204	191	144	131	113	106	277	64	15	8	1500
Farveindhold	%	90	58	44	37	28	23	17	11	1	<1	<1	

\* De angivne, opsamlede, akkumulerede mængder er intervalmidtpunkter, dvs. midtpunktet mellem forrige og næste opsamling.

#### Mål te data for den sorte trykfarve og rent skyllevand

Parameter	Enhed	Vand	Ren farve
Viskositet	sekunder	-	-
TS	g/kg	0,39	387
pH	-	-	7,99

Farvespanden med farve blev vejet før og efter trykning (dvs. efter tilbagepumpning men før vask). Differencen på 2,58 kg farve er et udtryk for forbruget ved trykopgaven (når der ses bort fra dødvolumen). Forbruget (inkl. spild) er dog reelt større, idet der ved tilpumpning af farve på farveværket fortrænges vand (vand der står i farveværket fra sidste vask, det såkaldte vanddødvolumen, der skønnes at andrage omkring 2 kg).

Tabel C.6

Procesdiagram: Automatisk vask af kammerrakel farveværk på Göpfert presse med integreret TRESU vaskeanlæg. Forsøg 4: Tømningstiders betydning for farveopsamling

Procestype	Automatisk in-press rensning af farveværk		
Anlægstype	Automatisk in-press		
Udført	Dato: 19-11-1998	Sted: Trykkeri A	

#### Forsøgsbetingelser

Trykkemaskine	Göpfert model FPS, 1995, 2 farveværker, to pumper pr. farveværk
Valsebredde	360 cm
Valseomkreds	Klichevalse: 168 cm
Aniloxvalse finhed	Farveværk 1: 80 linier Farveværk 2: 100 linier
Trykfarve	Blå bølgepapflexotrykfarve (22a)

#### Procesbeskrivelse

1. Tilløbs- og afløbsstudsene fra farvepumperne løftes lidt op af farvespanden, og farven fra ét farveværk pumpes tilbage i farvespanden af begge pumper, idet den normale tilføringspumpe kører baglæns. Der pumpes farve ud, til der kun kommer ganske lidt, eller raklen hviner. Afløbstid er ca. 12 min.
--

For at bestemme betydningen af tilbagepumpningstiden for mængden af farve, der genvindes fra trykværket inden vask, blev den udpumpede farve opsamlet i fraktioner til forskellige tider, og mængden blev bestemt ved vejning. Som det fremgår tilbagepumpes i alt ca. 6 kg farve.

Kronologisk prøvenr. Opsamling	Enhed	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Udpumpningstid	min.	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5
Opsamlet mængde farve	kg	1,44	1,38	1,21	0,92	0,34	0,14	0,13	0,10	0,09	0,06	0,06	0,06
Opsamlet mængde farve, akk.	kg	1,44	2,83	4,03	4,95	5,30	5,44	5,56	5,66	5,75	5,81	5,88	5,94
Opsamlet mængde farve, omvendt akk.	kg	5,94	4,49	3,11	1,90	0,98	0,64	0,50	0,37	0,27	0,19	0,12	0,06



Tabel C.7

Procesdiagram: Manuel vask af farveværk på Göpfert presse. Forsøg 1: Farverest på trykværk efter tømning

Procestype	Manuel in-press rensning af farveværk	
Anlægstype	Processen udføres manuelt	
Rensemedie	Rent koldt vand	
Udført	Dato: 26-03-1998	Sted: Trykkeri A

#### Karakterisering af proces og anlæg

Emner der vaskes i processen	Helt farveværk inkl. farvekasse
Metode	Der vaskes manuelt med vandslange og børste

#### Forsøgsbetingelser

Trykkemaskine	Göpfert 1972, 2 farveværker, én pumpe pr. farveværk
Valsebredde	450 cm
Valseomkreds	Klichevalse: 168 cm, aniloxvalse: 76 cm
Aniloxvalse volumen	80 linier for begge farveværker
Trykfarve	Blå bølgepapflexotrykfarve (22a)
Sidst anvendte substrat	Pap

#### Procesbeskrivelse, vask af et farveværk

Aniloxvalsen roteres langsomt under hele vasken. Alt farvespild og vaskevand går normalt i sumpen, men opsamles i dette forsøg.
1. Farven ledes af farvebakken ned i farvekassen ved gravitation. Når der ikke løber mere ned i farvekassen (ca. 5 min.), tømmes farvekassen over i farvespanden, som arkiveres
2. Slinger, der har været anbragt i farvekassen, skrubbes og skylles udvendigt.
3. En vandslange monteres på indsugningsstudsens fra farvepumpen, og der pumpes vand gennem pumpen op i gravitationsbeholderen og ind gennem de tre farvestudse ind i farvebakken, hvor det også kommer på den roterende aniloxvalse. Der skylles yderligere ned i farvebakken og på valsen med vandslange, mens den roterer. Denne skylning tager ca. 10 min. Vandet løber for størstedelens vedkommende tilbage igennem farvetilbageføringsstudsens og ned i sumpen (opsamles), mens en del løber i sumpen via overløbsstudsens, der sidder i det opsamlingskar, som dækker bunden af hele trykværket. Sidstnævnte mængde skyllevand (via overløbsstudsens) kunne ikke opsamles.
4. Farvekassen renses ved at skylle med vand og skrubbe med en børste.
5. Farvebakke/rakelsystemet løsnes med fastnøgle, vippes ud, og raklen og farvebakken skrubbes med børste og skylles med slange. Vandet fra skylningen løber ud af studsene i bunden af opsamlingskarret og overløbet i enden af farvebakken og ned i sumpen (ikke opsamlet). Vasken afsluttes efter i alt ca. 21 min.

#### Nøgletal for drift

Trykfarvemængden på farveværket blev bestemt til 14,2 kg ved vejning (under drift) af farvespand før og efter, farve var kørt på farveværket. Mængden af farve på farveværket efter tilbagepumpning (før vask) blev ligeledes ved differensvejning bestemt til 3,16 kg. Begge disse mængder er dog reelt større, idet der står vand ("gammelt skyllevand" i det såkaldte vanddødvolumen, der skønnes at andrage omkring 3 kg) i farveværket, som fortrænges af farven, når den pumpes på værket.

#### Nøgletal pr. vask

Ressource	Enhed	Forbrug	Til vand (sump)
Trykfarve	kg/vask	-	4,3-5,9 *
Vand	L/vask	90,9-103 **	90,9-103 **
Afvasker	g/vask	0	0

\* Bestemt ud fra henholdsvis tørstofindhold (TS) i vaskevand sammenlignet med TS i trykfarve (4,3 kg) og tilsvarende hvad angår kobberindhold (5,9 kg). Skyllevand, der løb udenom farvetilbageføringslinien (afløbsstudsens), det vil især sige via overløbsstudsens direkte i sump, kunne ikke opsamles. Det angivne farvespild er derfor for lavt.

\*\* Bestemt ved henholdsvis vandursmåling (103 L) og ved differensvejning (90,9L). Af det angivne vandforbrug udgør forbrug til vask af farvekasse 14,5 L (bestemt ved differensvejning).

### Vaskevands-/kemikaliekarakteristik

Prøve	Fortynd.	Cu mg/L	pH	TS g/L	GT g/L	AOX mg Cl/L	COD g O <sub>2</sub> /L	BOD <sub>5</sub> g O <sub>2</sub> /L	COD/- BOD <sub>5</sub>	Nitrif. hæmn. (200 mL) %	Nitrif. hæmn. (20 mL) %
Rent vaskevand	-	-	-	0,39	0,05	-	-	-	-	-	-
Brugt vaskevand	19 *	343	7,9	23	15	0,94	41,3	2,13	19,4	**	10
Afvask farvekasse	60 *	36,3	-	7,5	6,1	-	-	-	-	-	-
Blå trykfarve	-	4.540	8,1	430	285	-	658	43	15,3	-	-

\* Fortynding af trykfarve (baseret på tørstofmålinger)

\*\* Der kunne ikke frafiltreres en tilstrækkelig mængde i nitrifikationstesten, til at nitrifikationshæmning kunne bestemmes.

Tabel C.8

Procesdiagram: Manuel vask af farveværk på Göpfert presse. Forsøg 2: Farveindhold, pH mm. af første hold skyllevand: Blå farve

Procestype	Manuel in-press rensning af farveværk	
Anlægstype	Processen udføres manuelt	
Rensemedie	Rent, koldt vand	
Udført	Dato: 19-11-1998	Sted: Trykkeri A

#### Karakterisering af proces og anlæg

Emner der vaskes i processen	Helt farveværk inkl. farvekasse
Metode	Der vaskes manuelt med vandslange og børste

#### Forsøgsbetingelser

Trykkemaskine	Göpfert 1972, 2 farveværker, én pumpe pr. farveværk
Valsebredde	450 cm
Valseomkreds	Klichevalse: 168 cm, aniloxvalse: 76 cm
Aniloxvalse volumen	80 linier for begge farveværker
Trykfarve	Blå bølgepapflexotrykfarve (22a)

#### Procesbeskrivelse

Vask af ét farveværk. Denne vask var overfladisk, da der skulle skiftes fra blåt til sort. Aniloxvalsen roteres langsomt under hele vasken. Alt farvespild og vaskevand går normalt i sumpen, men opsamles i dette forsøg.	
1.	Farven ledes af farvebakken ned i farvekassen ved gravitation og i dette tilfælde ved, at operatøren skræbde farven hen ad farvebakken med et stykke pap. Når der stort set ikke løber mere ned i farvekassen (ca. 5 min.), tømmes farvekassen over i farvespanden.
2.	Slanger, der har været anbragt i farvekassen, skrubbes og skylles udvendigt.
3.	En vandslange monteres på indsugningsstudsens fra farvepumpen, og der pumpes vand gennem pumpen op i gravitationsbeholderen og ind gennem de tre farvestudse ind i farvebakken, hvor det også kommer på den roterende aniloxvalse. Der skylles yderligere ned i farvebakken og på valsen med vandslange, mens den roterer. Denne skylning tager ca. 10 min. Vandet løber for størstedelens vedkommende tilbage igennem farvetilbageføringsstudsens og ned i sumpen (opsamles), mens en del løber i sumpen via overløbsstudsens, der sidder i det opsamlingskar, som dækker bunden af hele trykværket (kunne ikke opsamles). Den deltagende operatør fra virksomheden fortalte, at han typisk opsamlede den første liter skyllevand i farvespanden (genbrug).
4.	Farvekassen renses ved at skylle og skrubbe med en børste.
5.	Farvebakke/rakelsystemet løsnes med fastnøgle, vippes ud, og raklen og farvebakken skrubbes med børste og skylles med slange. Vandet fra skylningen løber ud af studsene i bunden af opsamlingskarret, og overløbet i enden af farvebakken og ned i sumpen. Vasken afsluttes efter i alt ca. 21 min.

#### Nøgletal pr. vask

Ressource	Enhed	Forbrug	Til vand (sump)
Trykfarve	kg/vask	-	(2,78)*
Vand	L/vask	?	?
Tensidbaseret afvasker	g/vask	0	0

\* I dette forsøg blev kun de første 12 liter opsamlet, og de indeholdt 1.232 g TS svarende til 1.232 g TS/444 g TS pr. kg farve = 2,78 kg farve. Der vil udvaskes lidt mere ved en normal vask. Forsøg på trykpressen med kammerrakel har dog vist, at i en vask med 61 L vand blev 96% af den totale, udvaskede mængde farve udvasket med de første 12 L.

#### Opsamling af vaskevand

For at bestemme farvekoncentration i vaskevandet som funktion af tidspunkt i vaskeprocessen blev vaskevandet opsamlet i fraktioner, således at der i starten af vaskeprocessen, hvor der er en stor andel af farve i vaskevandet, blev taget mange små prøver, mens der senere i processen blev opsamlet færre og større prøver. Der blev i alt opsamlet 7 fraktioner. I dette forsøg blev kun de første 12 liter af vaskevandet opsamlet. Mængden af farve i vaskevandsfraktionerne blev bestemt ud fra tørstofindholdet.

Kronologisk prøvenr.	Enhed	Ren farve	1*	2	3	4	5	6	7	Total
Opsamling										
Opsamlet mængde vaskevand	kg		1,28	1,44	1,45	1,72	2,02	1,76	2,31	12,00
Opsamlet mængde vaskevand (akk.)	kg		0,64	2,00	3,45	5,04	6,91	8,81	10,84	
TS	g/kg	444	363	272	93	57	36	25	13	
pH		7,87	7,89		7,94		7,96		7,92	
Farveindhold	g TS		464	393	135	98	73	44	30	1.232
Farveindhold	%		82	61	21	13	8	6	3	

\* Fraktion 1 blev genbrugt (tilsat trykfarven) af operatøren.

Tabel C.9

Procesdiagram: Manuel vask af kliché. Forsøg 1: Vand- og afvaskerforbrug

Procestype	Manuel off-press rensning af kliché	
Anlægstype	Kabinet og udstyr til manuel off-press vask af klicheer	
Rensemedie	Koldt vand og tensidbaseret afvasker (41b)	
Udført	Dato: 18-11-1998	Sted: Trykkeri A

## Karakterisering af proces og anlæg

Vaskekabinet	3-sidet, opretstående stålkabinet med opsamlingsbakke og lavtryksvanddyser. Afløbet fra opsamlingsbakken går til sump. Der benyttes almindelig vandslange og børste til rengøringen, som er manuel
Kapacitet af vaskekabinet	Kabinettet er designet til at indeholde klicheer af størrelser op til (2 · 130 cm) · 175 cm.

## Måleaktuelle procesbetingelser

Sidst anvendte substrat	Pap
Kliché	2 næsten ens klicheer
Klichemateriale	Polymer
Areal af kliché vasket	Samlet bærepladeareal 24.525 cm <sup>2</sup> Samlet klicheareal ca. 572 cm <sup>2</sup>
Trykfarve	Rød bølgepapflexotrykfarve (22a)

## Procesbeskrivelse

Klicheen hænges op i kabinettet og gøres våd med vandslange (indbyggede dyser bruges ikke). Der skrubbes meget hurtigt og kortvarigt med børste dyppet i tensidbaseret afvasker og spules med vandslange. Klicheen løber af, tages ud og hænges til tørre. Den anden kliché hænges op, skrubbes med børste dyppet i tensidbaseret afvasker, spules med vandslange og tages ud og hænges til tørre. Hele vasken af to klicheer tager 3 min. og 15 sek. Alt vandet går normalt i sumpen, men blev i dette forsøg opsamlet. Når klicheerne er tørre, pudres de med talkum og hænges i magasin.

## Nøgletal pr. vask og pr. kvadratmeter kliché

Ressource	Enhed	Forbrug	Til vand (sump)	Enhed	Forbrug	Til vand (sump)
Trykfarve	g/vask	-	10 ***	g/m <sup>2</sup>	-	170 ***
Vand	L/vask	5,24-5,9 *	5,24-5,9	L/m <sup>2</sup>	92-100 *	92-100
Tensidbaseret afvasker **	g/vask	65,3	65,3	g/m <sup>2</sup>	1.100	1.100

\* Bestemt ved henholdsvis vandursmåling (5,9 L/100 L) og ved differensvejning (5,24 L/92 L)

\*\* Fortyndet omkring 1:1-1:2 med vand. Aktivt stofindhold i handelsvare (koncentrat) i henhold til producent 50-100%.

\*\*\* Baseret på AOX-målinger

## Vaskevands-/kemikaliekarakteristik

Prøve	Fortynd.	pH	TS g/L	GT g/L	AOX µg/L	COD mg O <sub>2</sub> /L	BOD <sub>5</sub> mg O <sub>2</sub> /L	COD/-BOD <sub>5</sub>	Nitrif. hæmn. (200 mL) %	Nitrif. hæmn. (20 mL) %	SSTS mg/l	Turbiditet NTU
Rent vaskevand	-	-	0,39	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-
Brugt vaskevand	190 **	8,25	1,5	0,91	1.500	4.057	2.027	2,00	50	10	70	454
Rød trykfarve	0	7,87	410	310	820.000	-	-	-	-	-	-	-
Tensidbaseret afvasker	0	9,69 *	74	61	-	221 *	111 *	1,99 *	51 #	< 10	-	-

\* Data for identisk afvasker men med TS og GT på henholdsvis 61 g/L og 50 g/L (se diagram C.3)

\*\* Af den tensidbaserede afvasker (som handelsvare) Baseret på TS, idet der er taget højde for, at trykfarverest bidrager med 0,73 g TS/L (estimeret ud fra AOX-analyserene)

# Prøve af tensidbaseret afvasker fortyndet 60 gange med vand

## Vaskevandets indhold af tungmetaller

Parameter → Prøve ↓	Cu mg/L	Pb mg/L	Cd mg/L	Cr mg/L	Ni mg/L	Zn mg/l	Co mg/L	Ba mg/L	Sn mg/L	Hg mg/L	As mg/L
Brugt vaskevand	< 0,5	< 0,05	< 0,003	< 0,02	< 0,2	1	< 0,01	< 1	< 0,03	< 0,003	< 0,02

Tabel c.10

Procesdiagram: Manuel vask af kliché. Forsøg 2: afvaskerforbrug

Procestype	Manuel off-press rensning af kliché	
Anlægstype	Kabinet og udstyr til manuel off-press vask af klicheer	
Rensemedie	Koldt vand og tensidbaseret afvasker (41b)	
Udført	Dato: 18-11-1998	Sted: Trykkeri A

## Karakterisering af anlæg

Vaskekabinet	3-sidet, opretstående stålkabinet med opsamlingsbakke og lavtryksvanddyser. Afløbet fra opsamlingsbakken går til sump. Der benyttes almindelig vandslange og børste til rengøringen, som er manuel
Kapacitet af vaskekabinet	Kabinettet er designet til at indeholde klicheer af størrelser op til (2 · 130 cm) · 175 cm.

## Måleaktuelle procesbetingelser

Sidst anvendte substrat	Pap
Kliché	4 klicheer
Klichemateriale	Polymer
Areal af kliché vasket	Samlet bærepladeareal 55,120 cm <sup>2</sup> Samlet klicheareal ca. 782 cm <sup>2</sup>
Trykfarve	Rød (2 klicheer) og blå (2 klicheer) bølgepapflexotrykfarver (22a)

## Procesbeskrivelse

Klicheen hænges op i kabinettet og gøres våd med vandslange (indbyggede dyser bruges ikke). Der skrubbes meget hurtigt og kortvarigt med børste dyppet i tensidbaseret afvasker og derefter spules med vandslange. Klicheen løber af, tages ud og hænges til tørre. Samme procedure for de øvrige tre klicheer. Hele vasken af to klicheer tager ca. 6 min. Alt vandet går i sumpen. Når klicheerne er tørre, pudres de med talkum og hænges væk.

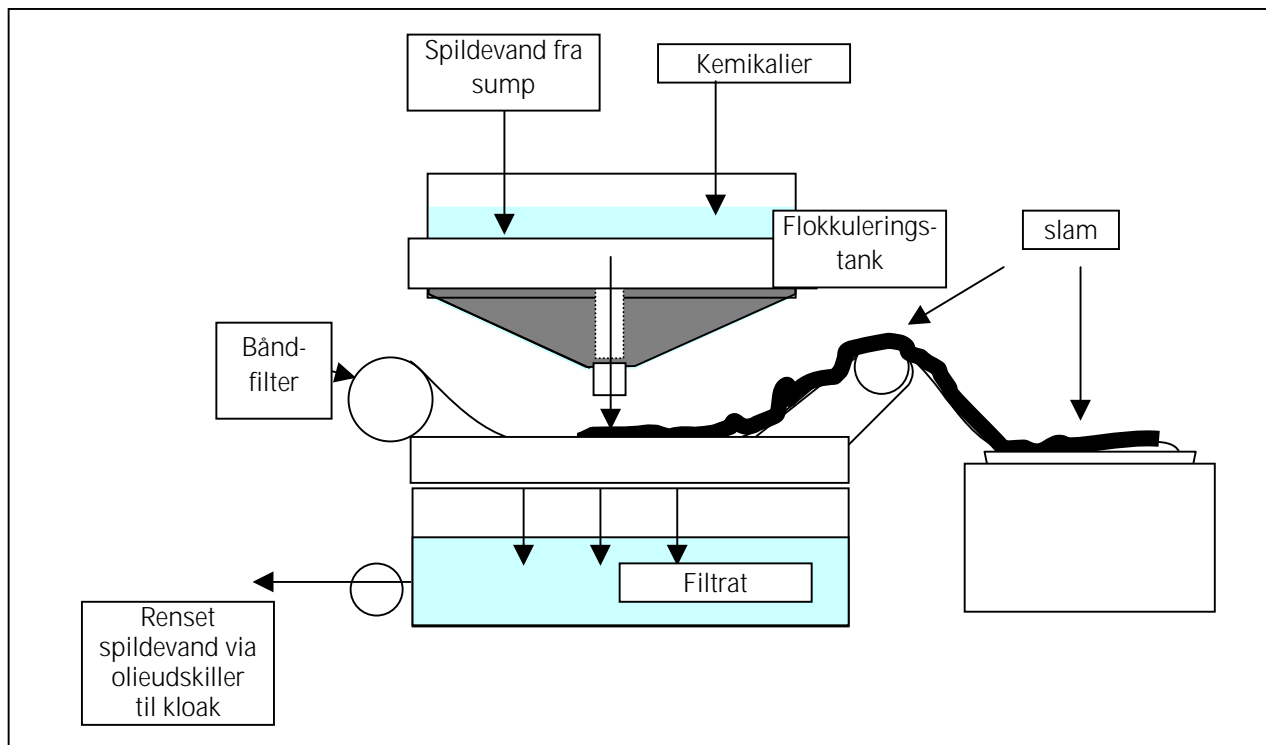
## Nøgletal pr. vask og pr. kvadratmeter kliché

Ressource	Enhed	Forbrug	Til vand (sump)	Enhed	Forbrug	Til vand (sump)
Trykfarve	g/vask	-	-	g/m <sup>2</sup>	-	-
Vand	L/vask	-	-	L/m <sup>2</sup>	-	-
Tensidbaseret afvasker *	g/vask	66,8	66,8	g/m <sup>2</sup>	850	850

\* Fortyndet omkring 1:1-1:2 med vand. Aktivt stofindhold i handelsvare i henhold til producent: 50-100%

Tabel c.11

Procesdiagram: Karakterisering af renseanlæg (flokuleringsanlæg) på trykkeri A, herunder karakterisering af spildevand før og efter behandling



Procestype	Rensning af spildevand fra vask af emner, der har været i kontakt med trykfarve	
Anlægstype	PWK ombygget Hebro anlæg	
Renseproces	Kemisk fældning (flokulering) kombineret med papirbåndfilter	
Udført	Dato: 18-19/11-1998 samt 26/3-1998	Sted: Trykkeri A

#### Karakterisering af vandbehandlingsanlæg

Opholdstid (min.)	Ca. 30 (fra påfyldning til afløb)
Kapacitet (m <sup>3</sup> /d)	3-4 batches à 350 L (290 L) om dagen
Batchstørrelse (L)	290 (330-350 L ifølge operatør)
Flokkuleringsmidler, typer	Uorganisk/organisk polymer (AC003), kationisk polymer (AC004), anionisk polymer (AC005) + natronlud
Papirbåndfilter, type	F.TEC 15 g/m <sup>2</sup>

#### Måleaktuelle procesbetingelser

Flokkuleringsmiddel, type	AC 003	AC 004	AC 005	Natronlud
Flokkuleringsmiddel, dos. (L/batch)	3,5	1,2	1,0	1,0
Antiskummiddel, type	Bruges ikke			
Antiskummiddel, dosering (g/m <sup>3</sup> )	Bruges ikke			
Spildevandets temperatur (°C)	17°C målt i lagertank, 18°C målt i reaktionstank ved bundfældning			
Spildevandstyper	Afvaskning af flexotrykpresser, klicheer samt vask af hænder			
Mængde spildevand behandlet	290 L (297 kg - ca. vægt inkl. kemikalier og ved massefyldte 1)			
Opholdstid (min.)	Ca. 24 min.			
Batchstørrelse (L)	Opmålt til 295 L, udvejet til 297 kg			
	Opmåling $V=(h \cdot l \cdot b)_{\text{kasse}} + 1/3 \cdot (h \cdot l \cdot b)_{\text{pyramide}}$			
Slammængde (kg/batch)	Våd vægt 38 kg (drænet 1 time) (total: 38 kg + 22,7 kg drænvand + 120 g filterdug = 60,8 kg)			

## Spildevandets sammensætning

Trykfarver	Bølgepapflexotrykfarver (22a)
Afvasningsmiddel	Tensidbaseret (41b)
Håndvaskemidler	Peva star og Peva plus

## Procesbeskrivelse

Processpildevandet pumpes batchvis fra intern, lukket sump via dykpumpe op i en spildevandslagertank (buffertank, 750 L). Herfra pumpes vandet over i en mixertank (300 L). Efter ca. 6 min. når væsken i mixertanken en føler, og 1 liter natronlud og 3,5 liter AC003 blandes automatisk i ved hjælp af doseringspumper, samtidig med spildevandet. Når endnu en føler er nået efter yderligere 2 min., stoppes tilførslen af spildevand, og omrøringen startes. Tilførslen af natronlud er færdig efter endnu 3 min., og her startes tilførslen af 1 liter AC005 og 1,2 liter AC004 med doseringspumper. Efter omrøring i ca. 6 min. i alt, stoppes omrøringen, og blandingen får lov til at stå i ca. 10 min. Efter bundfældningen ledes først væsken og sidenhen slammet ned på et papirbåndfilter. Når slammet/væsken på filteret når et vist niveau, registreret af følere, bevæges filteret frem mod en slamkasse, hvor slammet og filteret opsamles. Det filtrerede vand går til en mindre reservoirtank, hvorfra det føres til offentlig kloak via olieudskiller. Slamkassen får lov at stå i ca. et døgn og dræne, og dræningsvandet ledes til offentlig kloak via olieudskiller. NB: For at få mixertanken tømt helt for slam, spuler operatøren den slutteligt med ca. 11 liter rent vand, der efter filtrering gennem papirbåndfilteret føres til kloak.

## Nøgletal pr. m<sup>3</sup> spildevand

Ressource	Enhed	Input	Output			
			Total	Til vand	Til luft	Fast affald
Trykfarve	kg TS/m <sup>3</sup>	13 ***	13	0,2**	≈ 0	13
Vand	L/m <sup>3</sup>	986	986	896	≈ 0	90
Tensidbaseret afvasner	kg/m <sup>3</sup>	1,4*	1,4	1,4 #	≈ 0	0
Flokkuleringsmidler	kg TS/m <sup>3</sup>	4,9 ##	4,9 ##	1,9 ###	≈ 0	3
Peva (håndvask)	kg m <sup>3</sup>	< 0,05*	<0,05	?	≈ 0	?

\* Beregnet på baggrund af årsforbrug: 12 kg Peva pr. år samt 342 kg tensidbaseret afvasner pr. år.

\*\* Antaget værdi på baggrund af relativ fordeling ud fra AOX-målinger (gælder egentlig kun pigmenter)

\*\*\* Gennemsnit af to målinger, dvs. (11,6 + 14)/2 = 13

# Antaget på baggrund af høj vandopløselighed

## Svarende til 22 kg/m<sup>3</sup>

### Omfatter givetvis bl.a. natrium fra det anvendte NaOH

## Analysedata for flokkuleringskemikalier

	TS g/kg	GT g/kg TS	Massefylde kg/L	Anvendt mængde pr. batch à 350 L L	Anvendt mængde pr. batch à 350 L kg	kg TS/batch à 350 L
AC003	272	746	1,2	3,5	4,2	1,1424
AC004, kationisk polymer	55	225	1,05	1,2	1,26	0,0693
AC005 anionisk polyakrylamid copolymer i opløsning	101	61	1,05	1	1,05	0,10605
NaOH, 27,65%	292	31	1,303	1	1,303	0,380476
I alt					7,813	1,698226

## Data for genereret slam (pr. batch à 350 l)

### Nøgletal for slamgenerering

Parameter → Prøve ↓	Genereret slam pr. batch kg	Tørstof g/kg	Glødetab kg/kg TS	Total tørstof pr. batch kg
Slam drænet 1 time	-	87	-	-
Slam drænet ca. 4 timer	48,20	120	698	5,78
Slam drænet ca. ét døgn	37,08 *	151	651	5,60

\* To andre målinger gav henholdsvis 35,44 kg og 32,09 kg

På baggrund af ovenstående kan det beregnes, at der genereres omkring 16,3 kg TS slam pr. 1.000 liter behandlet spildevand.



## Spildevandskarakteristik

### Generel l e fysisk/kemiske og biologiske parametre

Parameter → Prøve ↓	pH	TS g/kg	GT g/kg TS	AOX µg/L	COD mg O <sub>2</sub> /L	BOD <sub>5</sub> mg O <sub>2</sub> /L	COD/- BOD <sub>5</sub>	Nitrif. hæmn. (200 mL) %	Nitrif. hæmn. (20 mL) %
Før rensanlæg *	7,97	11,6	938	26.000	30.000	940	32	29	<10
Efter rensanlæg **	8,77	3,7	124	450	3.600	991	3,7	25	<10
Rent vand	-	0,39	0,05	-	-	-	-	-	-

\* Prøve udtaget fra buffertank under pumpning til mixertank

\*\* Blandet prøve af 30 L udtaget midt i afløbsperiode - dvs. pumpning til kloak.

Prøver blev endvidere udtaget på forskellige tidspunkter ved afledning af det behandlede spildevand til kloak og viste følgende tørstofindhold: Prøve udtaget efter 50 L afløb (TS = 3,7 g/L), efter 160 L (TS = 3,8 g/L), og prøve udtaget af de sidste 25 L, der løb af rensanlægget (TS = 3,8 g/L).

Prøver udtaget d. 19/11-98 før og efter rensanlæg (ny batch) gav TS på henholdsvis 14 g/kg og 4,7 g/kg. Prøve udtaget fra mixertank efter flokkulering gav et TS på 22 g/kg. Efter filtrering i laboratorium gennem samme filterdug, som anvendes aktuelt, gav prøven et TS på 5,5 g/kg.

### Spildevandets indhold af metaller

Parameter → Prøve ↓	Cu mg/L	Pb mg/L	Cd mg/L	Cr mg/L	Ni mg/L	Zn mg/L	Co mg/L	Ba mg/L	Sn mg/L	Hg mg/L	As mg/L
Før rensanlæg	8,6	< 0,05	< 0,003	0,07	< 0,2	1	< 0,01	< 1	< 0,03	< 0,003	< 0,02
Efter rensanlæg	< 0,5	< 0,05	< 0,003	< 0,02	< 0,2	< 1	< 0,01	< 1	< 0,03	< 0,003	< 0,02

### Spildevandets turbiditet og indhold af suspenderet tørstof (SSTS)

Parameter → Prøve ↓	Turbiditet (ufortyndet) NTU	Turbiditet (x10) NTU	Turbiditet (x100) NTU	SSTS mg/L
Før rensanlæg			2.292-2.294	167*
Efter rensanlæg	922 - 934	92	9,56-12,0	131

\* Meget usikkert på grund af problemer med at filtrere prøven ved den udførte analyse

### C.3 Egenregistrering på trykkeri A: Trykfarve-, afvasker og vandforbrug

På trykkeri A blev der i en periode på knap én måned udført egenregistrering, dvs. at medarbejdere på virksomheden registrerede forbrug af sort trykfarve og antal afvaskninger. Forbruget af tensidbaseret afvaskningsmiddel blev af DHI - Institut for Vand og Miljø bestemt ved differensvejning, dvs. vejning af lagerdunk og spande ved start og slut af periode. Vandforbruget blev bestemt ved aflæsning af vandure. Herudover blev antal kørsler på vandbehandlingsanlæg registreret af operatøren på virksomheden.

Antallet af trykopgaver samt arealet af bølgepap (én side), der blev trykt på, blev af DHI - Institut for Vand og Miljø udledt af trykkeriets ordresedler, eventuelt korrigeret med den aktuelle trykkers bemærkninger. Antallet af trykopgaver kan beskrives ved ordrer og ved kørsler. Ordre angiver de job, som kunder har bestilt, dvs. typisk et antal ark med et givent tryk. Kørsler angiver de faktiske udførte kørsler. En ordre kan således deles op i flere kørsler, men for trykkeri A i egenregistreringsperioden var forskellen på antal ordrer og antal kørsler under 10%.

Perioden, hvor registreringerne blev foretaget, var 27-03-1998 til 24-04-1998. Der blev registreret trykninger på 2 trykpresser, Göpfert 1995 (2 farveværker, kammerrakler) og Göpfert 1972 (2 farveværker, farvebakker).

#### Göpfert 1995

Registreringsperiode	27-03-1998 til 24-04-1998
Arbejdsdage	18
Areal bølgepap med tryk produceret	152.550,2 m <sup>2</sup>
Ordrekørsler	108 (99 ordrer)
Antal afvaskninger	43
Procesvandforbrug i hele produktionen	26,122 m <sup>3</sup>
Vandforbrug på Göpfert 1995	17,257 m <sup>3</sup>

#### Göpfert 1972

Registreringsperiode	27-03-1998 til 20-04-1998
Arbejdsdage	14
Areal bølgepap med tryk produceret	53.498,43 m <sup>2</sup>
Ordrekørsler	94 (92 ordrer)
Antal afvaskninger	23
Procesvandforbrug i hele produktionen	20,3 *
Vandforbrug på Göpfert 1972	6,90 m <sup>3</sup> **

\* Estimeret værdi:  $(26,122/18) \cdot 14 = 20,3$

\*\* Estimeret værdi baseret på aflæsning d. 24/4-98:  $(8,865 \text{ m}^3/18) \cdot 14 = 6,895 \text{ m}^3$ . Denne mængde inkluderer vandforbrug til klichevask – vurderes at udgøre under 10%.

Virksomhedens daglige forbrug af procesvand kan på baggrund af ovenstående beregnes til 1,45 m<sup>3</sup> pr. arbejdsdag (26,122/18).

Hovedvanduret, der måler virksomhedens totale vandforbrug, viste i perioden 26/3 til 28/4 et forbrug på 38,193 m<sup>3</sup>. Virksomhedens totale, daglige vandforbrug kan hermed beregnes til 2,12 m<sup>3</sup> pr. arbejdsdag (38,193/18). I det virksomheden har ca. 242 arbejdsdage årligt, kan det årlige vandforbrug beregnes til 513 m<sup>3</sup>. Dette tal er højere end forbruget i 1996 på ca. 400 m<sup>3</sup> men lavere end forbruget i 1997 på 590 m<sup>3</sup>. Forbruget af sanitært vand er lig med det totale forbrug minus procesvandforbruget og andrager dagligt 0,67 m<sup>3</sup>. Disse 670 liter bruges primært til brusebad og toiletbesøg. Da der totalt er

ansat 25 personer (20 i produktionen), og da badefaciliteter kun benyttes i begrænset omfang, vurderes et forbrug på niveau med det angivne som sandsynligt (svarer f.eks. til 40-50 toiletbesøg og 5-10 brusebad dagligt).

Som det fremgår af nedenstående opgørelse over kørsler på spildevandsbehandlingsanlægget tilledes pr. arbejdsdag ca. 1,225 m<sup>3</sup> procesvand. Dette estimat ligger pænt på niveau med det ovenfor beregnede totale, daglige forbrug af procesvand på 1,45 m<sup>3</sup>, når der tages hensyn til fordamning (anslået omkring 10%) og usikkerhed på estimatet.

Ud fra data i ovenstående tabeller kan der desuden opstilles forskellige nøgletal:

#### Göpfert 1995

Nøgletal	Enhed	Værdi
Produceret areal bølgepap pr. afvaskning	m <sup>2</sup> /afvask	3.500
Antal afvaskninger pr. produceret areal bølgepap	afvask/m <sup>2</sup>	0,00028
Antal afvaskninger pr. arbejdsdag	afvask/dag	2,33
Antal afvaskninger pr. ordre	afvask/ordre	0,42
Vandforbrug pr. afvaskning	m <sup>3</sup> /afvask	0,41
Vandforbrug pr. ordre	m <sup>3</sup> /ordre	0,17
Vandforbrug pr. kørsel	m <sup>3</sup> /kørsel	0,16
Vandforbrug pr. areal bølgepap produceret	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> pap	0,00011
Vandforbrug pr. arbejdsdag	m <sup>3</sup> /dag	0,96

#### Göpfert 1972

Nøgletal	Enhed	Værdi
Produceret areal bølgepap pr. afvaskning	m <sup>2</sup> /afvask	2.300
Antal afvaskninger pr. produceret areal bølgepap	afvask/m <sup>2</sup>	0,00043
Antal afvaskninger pr. arbejdsdag	afvask/dag	1,64
Antal afvaskninger pr. ordre	afvask/ordre	0,25
Vandforbrug pr. afvaskning	m <sup>3</sup> /afvask	0,30
Vandforbrug pr. ordre	m <sup>3</sup> /ordre	0,075
Vandforbrug pr. kørsel	m <sup>3</sup> /kørsel	0,073
Vandforbrug pr. areal bølgepap produceret	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> pap	0,00013
Vandforbrug pr. arbejdsdag	m <sup>3</sup> /dag	0,49

Som det fremgår af ovenstående nøgletal, kan vandforbruget pr. vask beregnes til 410 L/vask og 300 L/vask for henholdsvis Göpfert 1995 og Göpfert 1972. Disse forbrug ligger en faktor 3-6 over de målte forbrug på trykpresserne under udredningsforsøgene (se f.eks. diagrammerne C.3 og C.7). Det ovenfor nævnte og nedenfor beskrevne estimat for tilført vandmængde til vandbehandlingsanlæg på virksomheden i egenregistreringsperioden tyder kraftigt på, at det reelle forbrug til afvaskninger har ligget i dette høje område (300 L/vask og 410 L/vask). Den store forskel på forbrugene målt/estimeret ved henholdsvis udredningsforsøg og egenregistrering kunne hænge sammen med, at antal afvaskninger er registreret fejlagtigt for lavt. At der i gennemsnit forekommer i alt 4 afvaskninger pr. dag (2,33 + 1,64) på de to trykpresser virker dog sandsynligt ud fra det af virksomheden oplyste, normale antal. Hertil kommer, at der ved sammenligning af ordresedler og registreringskemaer ikke er noget, der tyder på, at der har foregået afvaskninger, der ikke er registreret. Det vurderes derfor som mest sandsynligt, at forbruget af vand til afvaskning af trykpresser reelt i gennemsnit er væsentligt større end forbruget målt ved en enkelt vask.

Dette kan hænge sammen med, at der, som observeret ved flere besøg på virksomheden, foregår manuel vask (ekstra rengøring efter normal vask) af kammerrakel, opsamlingsbakke mm. på Göpfert 1995 ind imellem (frekvens kendes ikke) - især når der har været farvespild (læk under kørsel, f.eks. ved pakninger). At farvespild under kørsel og under "tomgangskørsel" på Göpfert 1972 er stort, er desuden den mest sandsynlige forklaring på det høje tørstofindhold i spildevandet fra sumpen (se balance nedenstående for vandbehandlingsanlæg).

Endvidere kunne det ud fra egenregistreringskemaerne konstateres, at der i tre ud af fire af afvaskningerne på Göpfert 1972 blev anvendt tensidbaseret afvaskningsmiddel, og hvad angår Göpfert 1995 blev afvaskningsmidlet anvendt én gang om ugen til vask af kammerrakel mm. (udover til vask af studie, hvor det anvendes hver gang).

Forbruget af tensidbaseret afvasker blev i egenregistreringsperioden ved differensvejning målt til 1,358 kg/dag. Dette svarer til et årligt forbrug på: 242 dage/år · 1,358 kg/dag ≈ 330 kg/år. Det årlige forbrug er af virksomheden opgivet til 342 kg. Et årligt forbrug på 340 kg tensidbaseret afvasker virker derfor rimeligt.

Som der fremgår af ovenstående tabeller, foretager virksomhed ca. fire afvaskninger pr. arbejdsdag i 242 arbejdsdage pr. år svarende til ca. 1.000 afvaskninger pr. år, og der udføres ca. 3 ordrer (kørsler) pr. afvaskning.

Antages, at der pr. ordre udføres klichevask svarende til et forbrug af tensidbaseret afvasker på 65 g, bliver det årlige forbrug ca. 200 kg. Resten af forbruget, dvs. ca. 140 kg bruges til afvaskninger af farveværk. Det kan altså estimeres, at der i gennemsnit bruges 140 kg pr. 1.000 afvaskninger svarende til 140 g pr. afvaskning. Da der bruges ca. 20 g pr. afvaskning på Göpfert 1995, og der foretages ca. 560 afvaskninger pr. år, andrager forbruget hertil altså omkring 14 kg pr. år. Resten, dvs. 140 kg minus 14 kg svarende til ca. 130 kg bruges til 48 afvaskninger på Göpfert 1995 (én pr. uge) og ca. 300 afvaskninger på Göpfert 1972 (3/4 af 397). Ved disse ca. 350 afvaskninger bruges altså omkring 130 kg svarende til omkring 350 g pr. afvaskning.

Fordelingen mellem anvendelsen af forskellige farver/nuancer blev bestemt ud fra ordresedler. I egenregistreringsperioden var den som angivet i nedenstående skema:

Farve → Parameter ↓	Blå	Rød	Sort	Grøn	Gul	Grå	Blå/ orange	Grøn/ sort	Gul/ sort	Ingen (dvs. uden tryk)	Ukendt	I alt
Antal kørsler	30	28	35	3	1	1	1	2	1	85	14	201
Procentvis andel (%)	15	14	17,5	1,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	42	7	100

Som det fremgår af ovenstående, foregår næsten halvdelen af kørslerne uden tryk (dvs. kun udstansning). Af kørsler med tryk er sort farve dominerende (udgør godt 30%) skarpt forfulgt af blå farve (knap 26%) og rød farve (knap 24%).

Under egenregistreringen (27/3-24/4, 1998) blev forbrug af sort farve og antallet af afvaskninger mm. registreret. Disse data er angivet i nedenstående tabel.

Parameter ↓	Enhed	Göpfert 1972	Göpfert 1995	I alt
Antal kørsler med sort farve	stk.	17	18	35
Forbrug af sort farve	L	100	60	160
Antal afvaskninger efter brug af sort farve	stk.	11	15	26
Areal af bølgepap trykt med sort farve	m <sup>2</sup>	12.059,75	13.934,85	25.994,60

Ud fra disse data kombineret med data fra udredningsforsøgene kan følgende nøgletal opstilles:

Nøgletal ↓	Enhed	Göpfert 1972	Göpfert 1995	Gennemsnit
Mængde sort farve pr. kørsel	L/kørsel	5,88	3,33	4,57
Mængde sort farve pr. afvaskning	L/afvask	9,09	4,00	6,15
Mængde sort farve pr. trykt areal	L/m <sup>2</sup>	0,0083	0,0043	0,0063
Spild af sort farve pr. afvaskning *	L/afvask	2,8-5,9	1,7-3,9	2,2-4,7
Spild i procent af forbrug	%	31-65	43-98	36-76

\* Data fra udredningsdiagrammerne C.4, C.5, C.7 og C.8.

Som det ses i ovenstående tabel, er det estimerede farvetab ved afvaskning meget betydeligt, dvs. i gennemsnit 36-76% af farveforbruget. Dette relative niveau vurderes som urealistisk højt (specielt for Göpfert 1995), bl.a. fordi der ikke er taget hensyn til direkte spild til sump under drift, der vurderes at bidrage betydeligt til det samlede farvespild.

Det vurderes derfor, at et farveforbrug af sort farve på 160 liter i egenregistreringsperioden fejlagtigt er registreret for lavt, dvs. der ved registreringen på virksomheden er "smuttet et par afkrydsninger". Denne vurdering støttes af det forhold, at det daglige forbrug af sort farve baseret på registreringen andrager 10,5 liter pr. dag svarende til ca. 10,5 kg pr. dag. Sammenlignes med virksomhedens totale, daglige farveforbrug på 42 kg pr. dag (10,2 tons på 242 dage) udgør forbruget af sort farve, altså kun omkring 25%. Dette stemmer ikke overens med, at knap 40% af afvaskningerne i egenregistreringsperioden var af sort farve, og at der ved ca. 1/3 af kørslerne blev anvendt sort farve, som svarer til ca. 1/3 af det betrykte areal. Endvidere oplyser virksomheden, at de i dominerende omfang trykker med sort farve, som udgør omkring 1/3 af deres årlige farveforbrug. Lægges dette forbrug af sort farve til grund for et estimat, fås et dagligt forbrug på ca. 14 kg pr. dag. På dette grundlag kan følgende gennemsnitlige nøgletal opstilles:

Nøgletal ↓	Enhed	Gennemsnit for de to trykpresser
Mængde sort farve pr. kørsel	L/kørsel	6,3
Mængde sort farve pr. afvaskning	L/afvask	8,6
Mængde sort farve pr. trykt areal	L/m <sup>2</sup>	0,0085
Spild af sort farve pr. afvaskning *	L/afvask	2,2-4,7
Spild i procent af forbrug	%	26-55

\* Data fra udredningsdiagrammerne C.4, C.5, C.7 og C.8.

Hvis det antages, at max. 10% af arealet, der trykkes på, belægges med farve (fuldtonetryk, dette vurderes som realistisk ud fra observationer på trykkeriet), blev der med sort farve i egenregistreringsperioden farvebelagt i gennemsnit ca. 100 m<sup>2</sup> pr. afvaskning. Der kan regnes med et gennemsnitligt farveforbrug på 2 gram tørstof pr. kvadratmeter farvebelagt bølgepap (fuldtonetryk på 2 µm) /1/, hvilket svarer til ca. 5 gram våd farve pr. kvadratmeter. Det farvebelagte areal svarer altså til et farveforbrug på 5 · 100

gram = 0,5 kg sort farve pr. afvaskning. De resterende 8,1 kg spildes. Det totale spild kan derfor estimeres til godt 90% af forbruget, og det direkte spild til sump under drift udgør i størrelsesordenen 40-69% af forbruget.

At niveauet for farvespild er så højt, bekræftes af nedenstående estimater baseret på tørstof i spildevandet, der tilføres vandbehandlingsanlægget.

#### C.4 Egenregistrering på vandbehandlingsanlæg

Som det fremgår af udredningsdiagram C.11, genereres der pr. batch à 350 liter slam med et totalt tørstofindhold på ca. 5,7 kg (5.60-5.78) svarende til 16,3 kg TS pr. kubikmeter spildevand, der behandles. Heraf udgør fældningskemikalier max. 1,7 kg (mere realistisk 1,3 kg) pr. batch svarende til 4,9 kg pr. kubikmeter behandlet spildevand. I perioden 30-03-1998 til 08-04-1998 blev følgende registreret for spildevandsbehandlingsanlægget:

Dato	Klokkeslæt	Liter kørt	L/dag
30-03-1998	06:30	350	
30-03-1998	08:30	350	
30-03-1998	09:45	350	1.050
31-03-1998	06:00	350	
31-03-1998	07:30	350	
31-03-1998	11:00	350	
31-03-1998	12:45	350	1.400
01-04-1998	06:00	350	
01-04-1998	09:00	350	
01-04-1998	12:30	350	1.050
02-04-1998	06:00	350	
02-04-1998	09:00	350	
02-04-1998	11:30	350	
02-04-1998	13:30	350	1.400
03-04-1998	06:00	350	
03-04-1998	08:30	350	
03-04-1998	09:15	350	1.050
06-04-1998	06:30	350	
06-04-1998	09:15	350	
06-04-1998	11:00	350	
06-04-1998	13:00	350	1.400
07-04-1998	06:30	350	
07-04-1998	09:00	350	
07-04-1998	12:00	350	1.050
08-04-1998	06:00	350	
08-04-1998	09:00	350	
08-04-1998	11:00	350	
08-04-1998	13:00	350	1.400
I alt		9.800	
		gennemsnit	1.225

I denne periode blev der ifølge egenregistreringen i alt udført 34 afvaskninger (20 på Göpfert 1995 og 14 på Göpfert 1972). Det betyder, at der for hver vask i gennemsnit ledes 290 liter spildevand til renseanlægget. Hvis mængden af vand, der tilledes renseanlægget (dvs. procesvandforbruget), beregnes på grundlag af vandursaflysninger (se starten af dette afsnit) fås:  $(20 \cdot 410 + 14 \cdot 300)/34 \approx 360$  liter pr. afvaskning i gennemsnit. Forskellen på de 70 liter kan dels forklares ud fra fordampning (kan ved lignende processer udgøre 5-10% /3/) samt usikkerheden på opstilling af denne type massebalancer.

Udfra de ovenfor angivne målinger af tørstofindholdet i slammet kan det, når der tages hensyn til fældningskemikalier, beregnes, at der for de 34 afvaskninger afledes minimum 112 kg TS eller 3,3 kg TS/afvaskning til vandbehandlingsanlægget. Stort set alt dette tørstof stammer givetvis fra trykfarve (se udredningsdiagram C.11). Antages det gennemsnitlige tørstofindhold i de anvendte farver at være 410 g TS/kg (gennemsnit af tørstof i sort, rød og blå farve), svarer det til, at der pr. afvaskning har været et farvespild på 8,0 kg farve. Dette spild må siges at være stort og bekræfter de målte høje spild ved afvaskning (1,7-5,9 kg pr. afvaskning) samt de observerede betydelige spild under kørsel (f.eks. på grund af utætte pakninger). Et farvespild på 8 kg pr. afvaskning stemmer fint overens med den korrigerede værdi på 8,1 kg pr. afvaskning for totalt spild af sort farve i egenregistreringsperioden.

Virksomheden bruger ifølge egne oplysninger årligt 10,2 tons trykfarve. Hvis data fra egenregistreringsperioden lægges til grund, kan det beregnes, at der årligt udføres: 4 afvaskninger/dag · 242 dage = 968 svarende til ca. 1.000 afvaskninger pr. år. Ved hver af disse spildes ca. 8 kg farve, hvilket svarer til, at der på årsbasis spildes i størrelsesordenen 8 tons farve. Dette spild udgør knap 80% af forbruget. Kun godt 2 tons farve ender altså på bølgepappet. Hvis gennemsnitsprisen for et kilo farve sættes til 32 kr. (oplyst af trykkeri A), er det direkte tab som følge af spild af farve ca. 260.000 kr. Hertil kommer udgifter til vandbehandling.

Regnes der med et gennemsnitligt farveforbrug på 5 gram våd farve pr. kvadratmeter farvebelagt bølgepap, vil de 2,2 tons farve (10,2-8) svare til et samlet farvebelagt areal på 0,44 mill. kvadratmeter. Da virksomheden ifølge egne oplysninger årligt trykker på 3,5 mill. kvadratmeter, svarer det til at godt 10% af arealet i gennemsnit farvebelægges (beregnet som fuldtonetryk).

# Kemikalieinddeling og farlighedsscorer

## Indhold

Hovedskema: Kemikalietyper, der indgår ved afvaskning af vandfortyndbare flexofarver

Skemaer over de enkelte produkttyper (TYPER) med angivelse af mulig sammensætning og farlighedsscorer af eksempler på de enkeltstoffer/stofgrupper, der kan indgå:

Skema D.1:	Scorer af enkeltstoffer
Skema D.2:	Scorer af stofgrupper
Skema D.3:	Scorer af mulige enkeltstoffer
Skema D.4.1-D.4.17:	Enkeltstoffer og stofgrupper opdelt i funktionsgrupper med angivelse af forekomst

I "hovedskemaet", der viser en oversigt over kemikalietyper, der indgår ved afvaskning af vandfortyndbare flexotrykfarver – herunder de trykfarvetyper der afvaskes, er der anvendt samme nummerering af undergrupper som i Miljøprojekt nr. 284 /1/.

Den angivne mulige sammensætning - herunder eksempler på enkeltstoffer - i produkttypeskemaerne er baseret på ca. 70 indhentede datablade fra ca. 10 kemikalieproducenter/-leverandører, personlige, telefoniske samtaler med producenter/leverandører og branchefolk samt oplysninger fra litteraturen, bl.a. /1, 4, 19, 10/.

I tilfælde af tvivl om forekomsten af et stof inden for de enkelte kemikalietyper er dette markeret med et spørgsmålstegn.

Skema D.3 omfatter bl.a. enkeltstoffer, som ikke direkte er konstateret i kemikalierne, men som det vurderes kan forekomme i de konstaterede stofgrupper eller som monomerer i forekommende polymerer.

Kriterierne for tildeling af vandscore (VS) og sundhedsscore (SS) er beskrevet i kapitel 3.

Ved tildeling af vandscore er data fra følgende referencer benyttet: /9, 10, 18, 20, 30, 37-50/.

Ved tildeling af sundhedsscore er data fra følgende referencer benyttet: /27-36/.



HOVEDSKEMA:  
 Kemikalietyper der indgår i vaske-/skyllevand fra afvaskning af  
 flexopresser/klicheer efter brug af vandfortyndbare flexotrykfarver

GRUPPER	UNDERGRUPPER	TYPER	NR.
Flexotrykfarver	Bølgepapflexofarver	Trykfarver	22a
		Separate additiver	22b
	Vandfortyndbare plastfilmflexofarver	Trykfarver	24a
		Separate additiver	24b
Afvaskningsmidler	Afvaskningsmidler til flexotrykpresser/klicheer	Opløsningsmiddelholdige	41a
		Tensidbaserede (uden opl.mid.)	41b
		Andre (uden opl. mid. og tensider)	41c

GRUPPE: *Flexofarver/Dybtrykfarver*  
 UNDERGRUPPE: *22. Bølgepapflexofarver/Emballagedybtrykfarver-pap*  
 (vandfortyndbare)  
 TYPE: *22a. Vandfortyndbare flexotrykfarver-papir*

FUNKTIONSGRUPPE	%	KOMPONENTER	STOFGRUPPE	ENKELTSTOF	SCORER		
					VS	SS	
Fortyndingsmiddel Bindemidler	5-46	Vand	Vand	Vand (5-46%)	C	H	
	27-57	Akrylemulsioner (27-74%) \$ Copolymerer (27-57%)	Polyakrylater (0-27%) Styren-akrylater (0-57%) Maleinater/fumarater		c	h-p	
Farvestoffer	0-25	Andre Org. pigmenter		Pigment Gul 83 Pigment Blå 15:3 Pigment hvid 21 Pigment hvid 6	b/c	p/(h-p)	
		Uorg. pigm. inkl. fyldstof.			a	p	
		Carbon Black			C	P	
pH-regul./ forsæbningsmidl.	1-5		Ammoniak (0-1%)		C	P	
			Aminer	Ethanolamin (0-5%) Dimethyleth.amin (0-1%)	C	P	
Additiver	1-10	Co- solventer/opløsningsmidl.	Alkoholer	Ethanol (1-5%)	C	P-U	
					Propanol (n/iso) (0-5%) Diethylenglykol (8-10%) Butyldiglykol (1-5%)	C	P
						C	P
			Emulgatorer (?%-?%): Anioniske tensider	Alkylbenzensulfonater Alkylethersulfater	Dodecylbenzenesulfonat C <sub>12</sub> , 2-3 EO	B	P
			Nonioniske tensider	Alkoholethoxylater, lin.	C <sub>12-18</sub> , 3-25 EO	c	p
			Amfotere tensider	Alkyldimethylbetainer		c	p
			Kationiske tensider	Kvat. ammoniumforb.		a	h-p
			Polymerer	Polyakrylater, ammonium		c	h-p
			Blødgørere	Phthalater	Dibutylphthalat	C	P
				Polyglykoler	Polyethylenglykol	c	p
			Gnidefasthedshjælpemiddel	Voks (0-5%)	Paraffinvoks Polyethylenvoks (0-3%)	C	p
			Skumdæmpere (0-1%)	Silikoneholdige	Polydimethylsiloxan Dimethicone	c	p
				Mineraloliebaserede Acetylenbaserede	2,5,8,11-Tetramethyl- 6-dodecyn-5,8-diol	A	p
			Befugtere Konserveringsmidler	Silikoneholdige Isothiazolinoner	Fluorsilikoner Isothiazolinon n-methylchlor- acetatamid	?	p
				Andre	Bronopol	A	P
	Tværbindere (0-2%)		Zinkoxid (0-2%)	b	p		

# Anvendes kun i lakker

\$ I lakker kan akrylemulsioner forekomme i en mængde op til 81%

GRUPPE: *Flexofarver/Dybtrykfarver*  
 UNDERGRUPPE: *22. Bølgepapflexofarver/Emballagedybtrykfarver-pap*  
*(vandfortyndbare)*  
 TYPE: *22b. Separate additiver til flexotrykfarver*

ADDITIV	FUNKTION/TYPE	STOFGRUPPE	ENKELTSTOF	SCORER	
				VS	SS
Anticurl Fortynder	???				
	Hurtig	Alkoholer	Ethanol (45-50%)	C	P-U
pH-refresher Vokspasta	Langsom	Glycolethere	Iso-propanol (1-5%)	C	P
			Methoxypropanol (45-50%)	C	h
			Dimethyleth.amin (20-30%)	C	P
			Paraffinvoks	C	p
Skumdæmper	Silikoneholdige		Polypropylenvoks	c	p
			Polydimethylsiloxan	C	h
			Dimethicone	c	p

GRUPPE: *Flexofarver/Dybtrykfarver*  
 UNDERGRUPPE: *24. Plastfilmflexofarver/Emballagedybtrykfarver-plast*  
 (vandfortyndbare)  
 TYPE: *24a. Vandfortyndbare flexotrykfarver-plast*

FUNKTIONSGRUPPE	%	KOMPONENTER	STOFGRUPPE	ENKELTSTOF	SCORER	
	w/w				VS	SS
Fortyndingsmiddel	5-46			Vand (5-46%)	C	H
Bindemidler	27-57	Akrylemulsioner Copolymerer	P(M)A Polyakrylater (0-27%)		c	h-p
Farvestoffer	0-25	Org. pigmenter		Pigment Gul 83 Pigment Blå 15:3 Pigment hvid 21 Pigment hvid 6	a b C C	p p p P
		Uorg. pigm. inkl. fyldstof.			C	P
		Carbon Black			C	U
pH-reg./ forsæbningsmidl.	1-5		Ammoniak (0-1%)		C	P
			Aminer	Ethanolamin (0-0,5%) Methylpropanolamin	C C	P h-p
Additiver	1-10	Co-solventer/ Opløsningsmidl.	Alkoholer	Ethanol (1-5%)	C	P-U
			Glykolethere	Methoxypropanol (0-5%) Ethoxypropanol	C c	h h-p
		Emulgatorer				
		Anioniske tensider	Alkylbenzensulfonater Alkylethersulfater	Dodecylbenzenesulfonat C <sub>12</sub> , 2-3 EO	B C	P p
		Blødgørere	Polyglykoler	Polyethylenglykol	c	p
			Fosfater	Triphenylfosfat	C	P
		Gnidefasthedshjælpemidl	Voks (0-3%)	Paraffinvoks	C	p
		.				
		Skumdæmpere	Silikonehold. (0-0,2%)	Polyethylenvoks (0-3%) Polydimethylsiloxan Dimethicone	c C c	p h p
		Befugtere	Acetylenbaserede	2,4,7,9-Tetramethyl- 5-decin-4,7diol (0-2,5%)	a	p
		Konserveringsmidler	Isothiazolinoner	1,2-benzisothiazolin-3-on	a	U
			Andre	o-phenylphenol	C	U
		Tværbindere (0-3%)	Aziridiner	Aziridin Polyaziridin	A ?	U h-p

GRUPPE: *Flexofarver/Dybtrykfarver*  
 UNDERGRUPPE: *24. Plastfilmflexofarver/Emballagedybtrykfarver-plast*  
*(vandfortyndbare)*  
 TYPE: *24b. Additiver til flexotryk-plast*

ADDITIV	FUNKTION/TYPE	STOFGRUPPE	ENKELTSTOF	SCORER	
				VS	SS
Skumdæmper	Silikoneholdige		Polydimethylsiloxan	C	h
			Dimethicone	c	p
Tværbinder		Aziridiner	Aziridin	A	U
			Polyaziridin	?	h-p

GRUPPE: *Afvasningsmidler*  
 UNDERGRUPPE: *41. Afvasningsmidler til flexopresser/klicheer*  
 TYPE: *41a. Opløsningsmiddelholdige afvaskere*

FUNKTIONSGRUPPE	% w/w	KOMPONENTER	STOFGRUPPE	ENKELTSTOF	SCORER	
					VS	SS
Fortyndingsmiddel	20-83			Vand	C	H
Affedtningsmiddel	0,5-9	Baser	Hydroxider	Kaliumhydroxid (0,5-2,5%)	C	P
		Fedtsyreesterer (0-5%)	Kokosolieesterer (0-5%)		c	p
Opløsningsmidler	1-90	Alicykliske	Terpener	dL-Limonen (0-1%)	C	h-p
		Aromatfri	Glycolethere (0-90%)	Butyldiglycol (0,15-68%)	C	h-p
			Alkoholer	Iso-propanol (<0,15%)	C	P
Emulgatorer	1-23	Anioniske tensider	Alkylethersulfater		C	p
		Nonion. tensider (1-23%)	Alkoholethox. (0-23%)	C <sub>12</sub> , 4-10 EO	C	p
		Kation. tensider (1-10%)			a	p
		Andre/hydrotroper	Arylsulfonater	2,5-Dimethylbenzensulfonat	b	p
Kompleksdanner	1-5			EDTA (1-5%)	B	p
			Silikater	Natriummetasilikat (1-5%)	c	P
Forsæbningsmiddel	0-5		Aminer (0-5%)		b	p
Additiver	??		Citronolie		?	p

GRUPPE: *Afvaskningsmidler*  
 UNDERGRUPPE: *41. Afvaskningsmidler til flexopresser/klicheer*  
 TYPE: 41b. *Tensidbaserede afvaskere (uden opl.mid.)*

FUNKTIONSGRUPPE	%	KOMponenter	STOFGRUPPE	ENKELTSTOF	SCORER	
					VS	SS
Fortyndingsmiddel	20-80			Vand	C	H
Affedtningsmiddel	2-30	Baser	Hydroxider	Kaliumhydroxid (2-5%)	C	P
		Fedtsyreesterer (10-30%)			c	p
Emulgatorer	1-60	Nonion. tensider (3-60%)	Alkolethoxylater (1-60%) Alkylpolyglykosider (10-30%)	C <sub>11</sub> , 5 EO	c	p
		Andre/hydrotroper	Arylsulfonater	Natriumxylensulfonat (1-4%)	b	h
Kompleksdanner	1-10	Fosfater (3%) Silikater		Kaliumnatriumsili. (5-10%)	C	p
		Andre		Trinatriumnitril.acetat (1-3%)	c	p
pH-regul./ forsæb.midl.	0-5		Aminer	Ethanolamin	b	U
					C	P

GRUPPE: *Afvaskningsmidler*

UNDERGRUPPE: *41. Afvaskningsmidler til flexopresser/klicheer*

TYPE: *41c. Andre afvaskere (uden opl.mid. og tensider) \**

AFVASKER	FUNKTION	STOFGRUPPE	ENKELTSTOF	SCORER	
				VS	SS
"Bad-kemikalie"	"Ætsning"	Syrer	Svovlsyre (<49%)	C	P
			Fosforpentoxid (<49%)	C	P
			Silika, amorft (3%)	C	p
Blæsemiddel 1	Additiver				
Blæsemiddel 2	"Poleringsmiddel"		Natriumbikarbonat	C	h
	Poleringsmiddel		Kalciumkarbonat	C	h

\* Anvendes primært til rengøring af aniloxvalser



Skema D.1: Scorer af enkel tstoffer

STOFNAVN	CAS-nr.	ABC-score	UPH-score	Akut tox	Æts /Irr	Allergi	Organ-tox	Geno-tox	Kræft	Repro	Nerve
1,2-Benzisothiazolin-3-on	2634-33-5	a	U	3	3	1	?	?	?	?	?
2,4,7,9-Tetramethyl-5-decin-4, 7-diol	126-86-3	a	p	?	?	?	?	?	?	?	?
2,5,8,11-Tetramethyl-6-dodecyn-5,8-diol	68227-33-8	a	p	?	?	?	?	?	?	?	?
2-Brom-2-nitropropan-1,3-diol; Bronopol	52-51-7	A	P	3	1	?	?	?	?	?	?
2-Methyl-4-isothiazolin-3-on (MI)	2682-20-4	A	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Alkoholethoxylat; PEG-laurylether	68002-97-1	C	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Ethanolamin (aminoethanol)	141-43-5	C	P	3	2	?	?	?	?	?	?
Methylpropanolamin (2-amino-methyl-2-propanol)	124-68-5	C	h-p	?	3	?	?	?	?	?	?
Ammoniak	7664-41-7	c	P	2	2	?	?	?	?	?	?
Ammoniak-opl, C>=25%	1336-21-6	C	P	?	2	?	?	?	?	?	?
Ammoniak-opl, 10<=C<25%		C	P	?	2	?	?	?	?	?	?
Ammoniak-opl, 5<=C<10%		C	P	?	2	?	?	?	?	?	?
Aziridin	151-56-4	A	U	1	2	?	?	?	2	2	?
Barium	7440-39-3	b	p	?	?	?	?	?	?	?	3
Butyldiglycol; 2-(2-Butoxyethoxy)ethanol	112-34-5	C	h-p	4	3	?	?	?	?	?	?
Dibutylphthalat	84-74-2	C	P	4	?	?	?	?	?	3	?
Diethylethanolamin (diethylaminoethanol)	100-37-8	b	P	?	2	?	?	?	?	?	?
Diethylenglycol	111-46-6	C	P	3	3	?	?	?	?	?	?
Diethylenglycoldibenzoat	120-55-8	?	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Dimethylethanolamin	108-01-0	C	P	?	2	?	?	?	?	?	?
Polydimethylsiloxan (silicone)	63148-62-9	C	h	?	?	?	?	?	?	?	?
Diphenyl-1-decyl-fosfat	???	?	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Dipropylenglycoldibenzoat	27138-31-4	?	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Dipropylenglycolmonomethylether	34590-94-8	C	P	4	2	?	?	?	?	4	?
Dodecylbenzensulfonat, Na	25155-30-0	B	P	3	1	?	?	?	?	3	?
EDTA	60-00-4	B	p	?	?	?	?	?	?	3	?
Ethanol	64-17-5	C	P-U	1	?	?	?	?	3	1	1
Ethoxypropanol (3-ethoxy-1-propanol)	111-35-3	c	h-p	4	?	?	?	?	?	?	?
Ethylamin	75-04-7	C	P	?	2	?	?	?	?	?	?
Ethylenglycolmonoethylether (2-ethoxyethanol)	110-80-5	A	U	3	?	?	?	?	?	1	?
Fosforpentaoxid	1314-56-3	C	P	?	1	?	?	?	?	?	?
Glycerol	56-81-5	C	h	4	4	4	?	?	?	?	?
Hexylenglycol (2-methyl-2,4-pentadiol)	107-41-5	C	h	4	3	?	?	?	?	?	?
Kaliumhydroxid	1310-58-3	C	P	3	1	4	?	?	?	?	?
Limonen	138-86-3	C	h-p	4	3	3	?	?	?	?	?
Methoxypropanol	107-98-2	C	h	4	4	?	?	?	?	?	?
Methylchlorisothiazolinon (MCI)	26172-55-4	A	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Morpholin	110-91-8	B	P	3	2	?	?	?	3	?	?
N-methyl-2-pyrrolidon	872-50-4	C	h	?	3	?	?	?	?	?	?
N-methylolchloracetamid	2832-19-1	a	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Natriumbicarbonat	144-55-8	C	h	?	?	?	?	?	?	?	?
Natriumhydroxid	1310-73-2	C	P	3	1	4	?	?	?	?	?
Natriumlaurylethersulfat, 2-3EO	???	C	p	?	2	?	?	?	?	?	?
Natriummetasilikat	6834-92-0	c	P	3	1	?	?	4	?	?	?
Natriumsilikat	1344-09-8	C	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Natriumxylenesulphonat	1300-72-7	b	h	3	?	?	?	?	?	?	?
2,5-Dimethylbenzensulfonsyre, dihydrat	609-54-1	b	p	?	?	?	?	?	?	?	?
o-phenylphenol	90-43-7	C	p	?	3	?	?	?	?	?	?
o-phenylphenol, Na	132-27-4	C	U	3	1	?	?	?	2	?	?
Pigment blå 1 (triarylcarbonium)	1325-87-7	a	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment blå 15:3 (phthalocyanin, Cu)	147-14-8	b	p	?	?	?	?	?	?	?	?

STOFNAVN	CAS-nr.	ABC-score	UPH-score	Akut tox	Æts /Irr	Allergi	Organ-tox	Geno-tox	Kræft	Repro	Nerve
Pigment blå 16 (phthalocyanin, metalfri)	574-93-6	b	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment blå 62 (triarylcarbonium)	57485-98-0	a	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment blå 9 (triarylcarbonium)	596-42-9	a	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment grøn 36 (phthalocyanin, Cu)	14302-13-7	b	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment grøn 7 (phthalocyanin, Cu)	1328-53-6	b	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment gul 1 (monoazo)	2512-29-0	a	U	?	?	?	?	?	2	?	?
Pigment gul 101 (diazomethin)	2387-03-3	a	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment gul 111 (monoazo)	69771-45-5	a	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment gul 12 (diaz, diarylid)	6358-85-6	a	p*	4	4	?	?	?	?	?	?
Pigment gul 126 (diaz, diarylid)	61815-05-0	a	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment gul 127 (diaz, diarylid)	71827-67-8	a	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment gul 13 (diaz, diarylid)	5102-83-0	a	p*	4	?	?	?	?	?	?	?
Pigment gul 14 (diaz, diarylid)	5468-75-7	a	p*	4	?	?	?	?	?	?	?
Pigment gul 17 (diaz, diarylid)	4531-49-1	a	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment gul 3 (monoazo)	6486-23-3	a	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment gul 4 (monoazo)	1657-16-5	a	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment gul 5 (monoazo)	4106-67-6	a	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment gul 55 (diaz, diarylid)	6358-37-8	a	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment gul 73 (monoazo)	13515-40-7	a	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment gul 74 (monoazo)	6358-31-2	a	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment gul 83 (diaz, diarylid)	5567-15-7	a	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment gul 98 (monoazo)	12225-19-3	a	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment hvid 18 (caliumcarbonat)	471-34-1	C	h	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment hvid 19 (kaolin)	8047-76-5	C	h	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment hvid 21 (Blanc Fixe)	7727-43-7	C	p	?	?	?	?	?	?	?	3
Pigment hvid 24 (aluminahydrat)	1332-73-6	C	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment hvid 26 (talkum)	8005-37-6	C	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment hvid 27 (amorf silica)	7631-86-9	C	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment hvid 5 (litophon)	1345-05-7	b	p	?	?	?	?	?	?	?	3
Pigment hvid 6 (titandioxid)	13463-67-7	C	P	?	?	?	?	?	3	?	?
Pigment orange 13(pyrazolon)	3520-72-7	a	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment orange 16 (benzimidazol)	6505-28-8	a	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment orange 34(naphthol)	15793-73-4	a	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment orange 36 (benzimidazol)	12236-62-3	a	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment orange 38 (naphthol)	12236-64-5	a	P	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment orange 41 (anthraquinon)	128-70-1	?	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment orange 5 (naphthol)	3468-63-1	a	P	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment rød 10 (naphthol)	6410-35-1	a	P	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment rød 112 (naphthol)	6535-46-2	a	P	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment rød 12 (naphthol)	6410-32-8	a	P	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment rød 14 (naphthol)	6471-50-7	a	P	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment rød 147 (naphthol)	68227-78-1	a	P	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment rød 169 (triarylcarbonium)	12224-98-5	a	P	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment rød 170 (naphthol)	2786-76-7	a	P	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment rød 184 (naphthol)	99402-80-9	a	P	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment rød 187 (naphthol)	59487-23-9	a	P	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment rød 2 (naphthol)	6041-94-7	a	P	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment rød 23 (naphthol)	6471-49-4	a	P	?	?	?	3	3	3	?	?
Pigment rød 3 (naphthol)	2425-85-6	a	P	?	?	?	?	?	3	?	?
Pigment rød 4 (naphthol)	2814-77-9	a	p	?	?	?	?	3	?	?	?
Pigment rød 48:2 Ca (azo-salt)	7023-61-2	a	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment rød 49:1 Ba (azo-salt)	1103-38-4	a	p	3	?	?	?	?	?	?	3
Pigment rød 5 (naphthol)	6410-41-9	a	P	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment rød 52:1a (azo-salt)	17852-99-2	a	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment rød 53 Na (naphthol, azo-salt)	2092-56-0	a	P	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment rød 53:1 Ba (naphthol, azo-salt)	5160-02-1	a	P	3	?	?	?	?	3	?	3
Pigment rød 57:1 Ca (azo-salt)	5281-04-9	a	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment rød 63:1 Da (azo-salt)	6417-83-0	a	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment rød 7 (naphthol)	6471-51-8	a	p*	?	?	?	?	?	?	?	?

STOFNAVN	CAS-nr.	ABC-score	UPH-score	Akut tox	Æts/Irr	Allergi	Organ-tox	Geno-tox	Kræft	Repro	Nerve
Pigment rød 8 (naphthol)	6410-30-6	a	U	?	?	?	?	?	1-2	?	?
Pigment rød 81:1 (triarylcarbonium)	12224-98-5	a	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment rød 9 (naphthol)	6410-41-9	a	P	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment sort 7 (carbon black)	1333-86-4	C	U	?	?	?	?	?	2	?	?
Pigment violet 1 (triarylcarbonium)	1326-03-0	a	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment violet 2 (triarylcarbonium)	1326-04-1	a	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment violet 23 (dioxazin)	6358-30-1	?	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment violet 27 (triarylcarbonium)	12237-62-6	a	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment violet 3 (triarylcarbonium)	1325-82-2	a	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Pigment violet 37 (dioxazin)	57971-98-9	?	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Poly(dimethylsiloxan); Dimethicone	9016-00-6	c	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Polyethylenglycol	25322-68-3	c	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Propanol (1-, n)	71-23-8	C	p	?	?	?	?	?	?	?	4
Propanol (2-, iso), IPA	67-63-0	C	P	?	?	?	?	?	3	?	?
Propylenglycol	57-55-6	C	h	4	4	3	3	4	4	?	4
Shellak	???	c	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Svovlsyre	7664-93-9	C	P	?	1	?	?	?	?	?	?
Tetrakaliumpyrophosphat	7320-34-5	c	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Triethanolamin	102-71-6	C	p	4	3	3	3	3	?	?	?
Triethanolamintitanat	???	?	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Nitriloacetat, NTA	139-13-9	b	U	?	?	?	?	?	2	?	?
Trinatriumnitriloacetat	5064-31-3	b	U	?	?	?	?	?	2	?	?
Triphenylfosfat	115-86-6	C	P	3	?	?	?	?	?	?	4
Undecyletherpolyoxyethylen (Undeceth-5)	34398-01-1	C	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Urea	57-13-6	C	h	4	?	?	?	?	?	?	?
Zinkoxid, Pigment hvid 4	1314-13-2	b	p	3	?	?	?	?	?	?	4

Bemærk at de organiske pigmenter er scoret på gruppeniveau (monoazo, diazo osv.), da det generelt ikke har været muligt at score de enkelte pigmenter.

\* Pigmenterne har været på den tyske liste over regulerede azo-pigmenter, men er fjernet fra "5th amendment" /35/. Dokumentation, for at pigmenterne ikke fraspalter kræftfremkaldende arylaminer, bør indhentes fra leverandøren.

#### Skema D.2: Scorer af stofgrupper

Stofgruppenavn	CAS-nr.	ABC-score	UPH-score	Akut tox	Æts/Irr	Allergi	Organ-tox	Geno-tox	Kræft	Repro	Nerve
Akrylater		c	h-p	?	2-3	2	?	?	2-3	3	?
Akrylcopolymere		c	h-p**	?	?	?	?	?	?	?	?
Alkoholer		C	p-U	?	?	?	?	?	3	1-4	1-4
Alkoholethoxylater, lineære		c	P	4	3	4	4	4	4	?	?
Alkyldimethylbetainer		c	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Alkylphenolethoxylater		A	P	3	3	4	?	4	4	?	?
Alkylpolyglykosider		C	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Amidvoks		c	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Aminer		b	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Aminosilaner		c	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Ammoniumpolyakrylat		c	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Anioniske tensider		b	p	3	3	4	4	3	?	?	?
Benzimidazolderivat		?	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Citronolie		?	p	4	?	?	?	?	?	?	?
Dimethylpolysiloxan copolymerer med EO og PO		?	h-p**	?	?	?	?	?	?	?	?
EO/PO-polymer		c	h-p**	?	?	?	?	?	?	?	?
Estre af kokosolie		c	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Fedtalkoholethoxylater, 3-25EO		c	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Fedtalkoholpolyglycolether sulfosuccinater, Na		b	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Fedtsyre, ammoniumsalte		c	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Fedtsyreamidobetain		c	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Fedtsyreamidoglycinat		c	p*	?	?	?	?	?	?	?	?

Stofgruppenavn	CAS-nr.	ABC-score	UPH-score	Akut tox	Æts/Irr	Allergi	Organ-tox	Geno-tox	Kræft	Repro	Nerve
Fedtsyrediammonium dimethosulfat		a	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Fedtsyreesterer		c	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Fluorsiliconer		?	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Fosfater (hexa/meta)		C	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Fosfonater		a	p	4	?	?	?	?	3-4	?	?
Fumarater		c	p	?	3	?	?	?	?	?	?
Glycoler		a	h-U	3	3	?	?	?	?	1-2	?
Glycolethere		a	h-U	3-4	?	?	?	?	?	1-2	?
Hydroxyalkylaminer		a	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Isothiazolinoner		A	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Kaliumnatriumsilikater		c	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Kationiske tensider		a	p	3	3	3	?	?	?	?	?
Kolophonium estre		a	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Kolophoniummodificeret harpiks, dispersion		a	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Kombinationstensider		a	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Kompleksdannere		a	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Kvaternære ammoniumforbindelser		a	h-p	2-3	?	?	?	?	?	?	?
Kvaternære fedtsyreforbindelser		a	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Maleinsyreharpikser		b	P	3	2-3	?	?	?	?	?	?
Mineraloliebaseret skumdæmper		A	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Nonioniske tensider		a	p	3	3	4	?	4	4	?	?
o-formal, isothiazolinon	???	A	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Paraffin voks	8002-74-2	C	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Poly(meth)akrylater		c	h-p**	?	?	?	?	?	?	?	?
Polyakrylater		c	h-p**	?	?	?	?	?	?	?	?
Polyaziridin	???	?	h-p**	?	?	?	?	?	?	?	?
Polyesterharpikser		a	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Polyestermodificeret dimethylpolysiloxan		?	h-p**	?	?	?	?	?	?	?	?
Polyethermodificeret siloxan, lavmolekylær		?	h-p**	?	?	?	?	?	?	?	?
Polyethylenvoks		c	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Polyglycoler		c	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Polypropylenvoks		c	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Polystyren	9003-53-6	c	h**	?	?	?	?	?	?	?	?
Polytetrafluoroethylenvoks (teflon)	9002-84-0	?	h-p**	?	?	?	?	?	?	?	?
Polyurethanemulsion (PUR)		c	h-p**	?	?	?	?	?	?	?	?
Propylenglycolether		c	h	4	4	3	3	4	4	?	4
Styren-akryler		c	h-p**	?	?	?	?	?	?	?	?
Styrenmaleinsyreanhydrid		?	h-p	3	?	?	?	?	?	?	?
Tetramethylolglycolril, isothiazolinon	???	A	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Titanchelat	???	?	h-p****	?	?	?	?	?	?	?	?
Trimethakryloyltrimethoxysilan		?	p*	?	?	?	?	?	?	?	?
Zirkonchelat	101033-44-7	?	p***	3-4	?	?	?	?	?	?	?
Zirkoniumforbindelser		?	p***	3-4	?	?	?	?	?	?	?
Polyvinylacetat	9003-20-7	c	h-p**	?	?	?	?	?	?	?	?

\* Stofgrupperne kan ikke vurderes på det foreliggende grundlag

\*\* Polymerer er generelt ikke sundhedsfarlige i sig selv; eventuel farlighed afhænger af indhold af ikke reageret monomer.

\*\*\* Zirkoniumforbindelser er generelt lidt toksiske; i øvrigt få oplysninger om zirkonium.

\*\*\*\* Titaniumforbindelser er generelt lidt toksiske; i øvrigt få oplysninger om titanium.

Skema D.3: Scorer af mulige enkeltstoffer

STOFNAVN	CAS-nr.	ABC-score	UPH-score	Akut tox	Æts/Irr	Allergi	Organ-tox	Geno-tox	Kræft	Repro	Nerve
2-ethylhexylakrylat	103-11-7	C	P	?	2	2	?	?	3	?	?
Abietic syre	514-10-3	a	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Akrylsyre	79-10-7	c	P	?	2	?	?	?	3	?	?
Butyl carbamat	592-35-8	C	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Butylakrylat	141-32-2	C	P	?	2	2	?	?	3	?	?
Butylmetakrylat	978-8-1	c	P	?	2	2	?	?	?	3	?
Dinatriumsilikat	6834-92-6	C	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Ethylakrylat	140-88-5	C	U	3	2	2	?	?	2	3	?
Ethylmetakrylat	97-63-2	c	P	?	2	2	?	?	?	3	?
Erucamid	112-84-5	C	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Fumarsyre	110-17-8	C	h	?	3	?	?	?	?	?	?
Hexamethyldisilazan	999-97-3	c	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Hexamethyldisiloxan	107-46-0	?	h-p	(3)	?	?	?	?	?	?	?
Isobutylmethakrylat	97-86-9	?	P	?	2	2	?	?	?	?	?
Maleinsyre	110-16-7	b	P	3	2	?	?	?	?	?	?
Methakrylsyre	79-41-4	C	P	?	2	?	?	?	?	?	?
Methylmethakrylat	80-62-6	C	P	?	2	2	?	?	3	3	?
Natriumsilikat	1344-09-8	C	h-p	(3)	?	?	?	?	?	?	?
Oleamid	301-02-0	c	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Propylenglycol	57-55-6	C	h	4	4	3	3	4	4	?	4
Stearamid	124-26-5	c	p	?	?	?	?	?	?	?	?
Styren	100-42-5	C	U	3	?	?	?	?	2	1-2	?
Vinylacetat	108-05-4	c	U	?	?	?	?	?	2	?	?

Skema D.4.1: Bindemidler

Stofnavn	CAS nr.	VS	SS	Forekomst	Anden funktion
Shellak ; Shellac Gum	9000-59-3	c	p	(22a 24a)	
Styren-akryler/Styren-akrylcopolymerer		c	h-p	22a	
Polystyren		c	h		
Maleinsyreharpikser/Maleinater		b	P	22a	
Polyesterharpikser/Kolophonium estre		a	p	22a	
Polyakrylater/PA		c	h-p	22a, 24a	
Akrylcopolymere		c	h-p	22a	
Akrylater		c	h-p	22a, 24a	
Polyurethanemulsion/PUR-dispersion		c	h-p	22a	
Poly(meth)akrylater/P(M)A		c	h-p	24a	Emulgator, Fortykningsmiddel
Fumarater		c	p	22a	
Kolophonium estre/Rosin estre		a	p	22a	
Kolophoniummodificeret harpiks, dispersion		a	p	22a	
Polyvinylacetat	9003-20-7	c	h-p	22a	Emulgator

Skema D.4.2: Pigmenter/fyl dstoffer

Stofnavn	CAS nr.	VS	SS	Forekomst	Anden funktion
Pigment gul 1	2512-29-0	a	U	22a, 24a	
Pigment gul 3	6486-23-3	a	p	22a, 24a	
Pigment gul 74	6358-31-2	a	p	22a, 24a	
Pigment gul 98	12225-19-3	a	p	22a, 24a	
Pigment gul 12	6358-85-6	a	p*	22a, 24a	
Pigment gul 13	5102-83-0	a	p	22a, 24a	
Pigment gul 14	5468-75-7	a	p*	22a, 24a	
Pigment gul 83	5567-15-7	a	p*	22a, 24a	
Pigment gul 126	61815-05-0	a	p*	22a, 24a	
Pigment gul 127	71827-67-8	a	p*	22a, 24a	
Pigment orange 34	15793-73-4	a	p*	22a, 24a	
Pigment orange 13	3520-72-7	a	p*	22a, 24a	
Pigment rød 23	6471-49-4	a	P	22a, 24a	
Pigment rød 48:2 Ca	7023-61-2	a	p	22a, 24a	
Pigment rød 49:1 Ba	1103-38-4	a	p	22a, 24a	
Pigment rød 53	2092-56-0	a	P	22a, 24a	
Pigment rød 53:1 Ba	5160-02-1	a	P	22a, 24a	
Pigment rød 57:1 Ca	5281-04-9	a	p	22a, 24a	
Pigment rød 112	6535-46-2	a	P	22a, 24a	
Pigment orange 5	3468-63-1	a	P	22a, 24a	
Pigment rød 81:1	12224-98-5	a	p	22a, 24a	
Pigment rød 169	12224-98-5	a	p	22a, 24a	
Pigment blå 1	1325-87-7	a	p	22a, 24a	
Pigment violet 1	1326-03-0	a	p	22a, 24a	
Pigment violet 2	1326-04-1	a	p	22a, 24a	
Pigment violet 3	1325-82-2	a	p	22a, 24a	
Pigment violet 27	12237-62-6	a	p	22a, 24a	
Pigment violet 23	6358-30-1	?	p	22a, 24a	
Pigment violet 37	57971-98-9	?	p	22a, 24a	
Pigment blå 15:3	147-14-8	b	p	22a, 24a	
Pigment grøn 7	1328-53-6	b	p	22a, 24a	
Pigment gul 101	2387-03-3	a	p	22a, 24a	
Pigment hvid 6	13463-67-7	C	P	22a, 24a	
Pigment hvid 18 (Calciumcarbonat)	471-34-1	C	h	22a, 24a , 41c	(Polermiddel)
Pigment hvid 19	8047-76-5	C	h	22a, 24a	
Pigment hvid 27 (Amorf silica)	7631-86-9	C	p	22a, 24a , 41c	Polermiddel
Pigment sort 7	1333-86-4	C	U	22a, 24a	
Pigment gul 4	1657-16-5	a	p	22a, 24a	
Pigment gul 5	4106-67-6	a	p	22a, 24a	
Pigment gul 73	13515-40-7	a	p	22a, 24a	
Pigment gul 111	69771-45-5	a	p	22a, 24a	
Pigment gul 17	4531-49-1	a	p*	22a, 24a	
Pigment gul 55	6358-37-8	a	p*	22a, 24a	
Pigment orange 16	6505-28-8	a	p*	22a, 24a	
Pigment orange 38	12236-64-5	a	P	22a, 24a	
Pigment orange 41	128-70-1	?	p	22a, 24a	
Pigment orange 36	12236-62-3	a	p	22a, 24a	
Pigment rød 3	2425-85-6	a	P	22a, 24a	
Pigment rød 4	2814-77-9	a	p	22a, 24a	
Pigment rød 2	6041-94-7	a	P	22a, 24a	
Pigment rød 5	6410-41-9	a	P	22a, 24a	
Pigment rød 7	6471-51-8	a	p*	22a, 24a	
Pigment rød 8	6410-30-6	a	U	22a, 24a	
Pigment rød 9	6410-41-9	a	P	22a, 24a	
Pigment rød 10	6410-35-1	a	P	22a, 24a	

Stofnavn	CAS nr.	VS	SS	Forekomst	Anden funktion
Pigment rød 12	6410-32-8	a	P	22a, 24a	
Pigment rød 14	6471-50-7	a	P	22a, 24a	
Pigment rød 147	68227-78-1	a	P	22a, 24a	
Pigment rød 170	2786-76-7	a	P	22a, 24a	
Pigment rød 184	99402-80-9	a	P	22a, 24a	
Pigment rød 187	59487-23-9	a	P	22a, 24a	
Pigment rød 52:1 Ca	17852-99-2	a	p	22a, 24a	
Pigment rød 63:1 Ca	6417-83-0	a	p	22a, 24a	
Pigment grøn 36	14302-13-7	b	p	22a, 24a	
Pigment blå 16	574-93-6	b	p	22a, 24a	
Pigment blå 9	596-42-9	a	p	22a, 24a	
Pigment blå 62	57485-98-0	a	p	22a, 24a	
Pigment hvid 5	1345-05-7	b	p	22a, 24a	
Pigment hvid 21	7727-43-7	C	p	22a, 24a	
Pigment hvid 24	1332-73-6	C	p	22a, 24a	
Pigment hvid 26	8005-37-6	C	p	22a, 24a	

\* Pigmenterne har været på den tyske liste over regulerede azo-pigmenter, men er fjernet fra "5th amendment" /35/. Dokumentation, for at pigmenterne ikke fraspalter kræftfremkaldende arylaminer, bør indhentes fra leverandøren.

#### Skema D.4.3: pH-regulatorer

Stofnavn	CAS nr.	VS	SS	Forekomst	Anden funktion
Ammoniak	7664-41-7	c	P	22a, 24a	
Ammoniak-opl (ammoniumhydroxid)	1336-21-6	C	P	(22a, 24a)	
Ethylamin	75-04-7	C	P	(22a, 24a)	
Dimethylethanolamin	108-01-0	C	P	22a, 22b, (24a)	
Amino-methyl-2-propanol; Methylpropanolamin	124-68-5	C	h-p	(22a, 24a)	
Ethanolamin; aminoethanol	141-43-5	C	P	22a, 41b, (24a)	
Triethanolamin	102-71-6	C	P	(22a, 24a)	
Diethylaminoethanol	100-37-8	b	P	(22a, 24a)	

#### Skema D.4.4: Opløsningsmidler

Stofnavn	CAS nr.	VS	SS	Forekomst	Anden funktion
Ethanol	64-17-5	C	P-U	22a, 22b, 24a	
Propanol (2-, iso) IPA	67-63-0	C	P	22a, 22b, 41a	
Propylenglycol	57-55-6	C	h	(22a, 24a)	
Ethoxypropanol, propylenglycolmonomethylether	111-35-3	c	h-p	(22a, 24a)	
Propanol (1-, n)	71-23-8	C	p	(22a, 24a)	
N-methyl-2-pyrrolidon	872-50-4	C	h	41a	
Glycerol	56-81-5	C	h	22a, (24a)	
Diethylenglycol	111-46-6	C	P	22a, (24a)	
Ethylenglycolmonoethylether	110-80-5	A	U	(22a, 24a)	
Dipropylenglycomonomethylether	34590-94-8	C	P	22a, (24a)	
Methoxypropanol	107-98-2	C	h	22b, (22a, 24a)	
Butyldiglycol; 2-(2- Butoxyethoxy)ethanol	112-34-5	C	h-p	22a, 41a, (24a)	
Limonen	138-86-3	C	h-p	41a	
Hexylenglycol	107-41-5	C	h-p	22a, (24a)	
Glykoler		a	h-U	22a, 24a, 41a	
Propylenglykoether		c	h	22a, 24a	Filmdanner

Stofnavn	CAS nr.	VS	SS	Forekomst	Anden funktion
Alkoholer		C	p-U	22a, 22b, 24a, 41a	
Glykolethere		a	h-U	22a, 22b, 24a, 41a	Filmdanner

#### Skema D.4.5: Emulgatorer

Stofnavn	CAS nr.	VS	SS	Forekomst	Anden funktion
Natriumlaurylethersulfat 2-3EO	?	C	p	(22a 24a)	
Dodecylbenzensulfonat Na	25155-30-0	B	P	(22a, 24a)	
Undecyletherpolyoxyethylen (Undeceth-5)	34398-01-1	C	p	41b	
PEG-(4,6,8 og 10)-laurylether (Laureth-4,6,8 og10)	68002-97-1	C	p	41a	
Natriumxylensulphonat	1300-72-7	b	h	41b	(hydrotrop)
2,5-Dimethylbenzensulfonsyre, dihydrat	609-54-1	b	p	41a	(hydrotrop)
Alkoholethoxylater, lineære		c	P	22a, 41a, 41b	
Kationiske tensider		a	p	22a, 41a, 41b	
Nonioniske tensider		a	p	22a, 41a, 41b	
Kombinationstensider		a	p	41a	
Alkylpolyglykosider		C	p	22a, 41b	
Fedtsyreesterer		c	p	41a, 41b	Affedtningsmiddel
Anioniske tensider		b	p	22a, 24a, 41a, 41b	
Alkylethersulfosuccinater/Fedt alkoholpolyglycolether sulfosuccinater, Na		b	p	22a	
Fedtalkoholethoxylater, 3-25EO		c	p	22a	
Fedtsyrediammonium dimethosulfat		a	p		
Fedtsyreamidobetain		c	p	22a	
Fedtsyreamidoglycinat		c	p	22a	
Alkylphenoethoxylater		A	P	22a	
Fedtsyre, ammoniumsalte		c	p	22a	
Ammoniumpolyakrylat		c	p	22a	
Polyvinylacetat	9003-20-7	c	h-p	22a	Bindemiddel
Styrenmaleinsyreanhydrid		?	h-p	22a	
EO/PO-polymerer/Blokpolymerer		c	h-p	22a	
Kvaternære ammoniumforbindelser		a	h-p	22a	
Alkylbetainer/Alkyldimethylbetainer		c	p	22a	
C9-C11 alkoholethoxylater		c	p	41a	
Estre af kokosolie		c	p	41a, 41b	Affedtningsmiddel
Poly(meth)akrylater/P(M)A		c	h-p	24a	Bindemiddel, Fortykningsmiddel

#### Skema D.4.6: Blødgørere

Stofnavn	CAS nr.	VS	SS	Forekomst	Anden funktion
Dibutylphthalat	84-74-2	C	P	(22a, 24a)	
Polyethylenglycol	25322-68-3	c	p	(22a, 24a)	
Triphenylfosfat	115-86-6	C	P	(22a, 24a)	
Diphenyl-1-decyl-fosfat	?	?	p		



Stofnavn	CAS nr.	VS	SS	Forekomst	Anden funktion
Diethylenglycoldibenzoat	120-55-8	?	p	(22a, 24a)	
Dipropylenglycoldibenzoat	27138-31-4	?	p	(22a, 24a)	
Polyglycoler		c	p	22a, 24a	

#### Skema D.4.7: Filmdannere

Stofnavn	CAS nr.	VS	SS	Forekomst	Anden funktion
Glycolethere		a	h-U	22a, 22b, 24a, 41a	Opløsningsmiddel
Propylenglykoether		c	h	22a, 24a	Opløsningsmiddel

#### Skema D.4.8: Gnidefasthedshjælpermidler

Stofnavn	CAS nr.	VS	SS	Forekomst	Anden funktion
Paraffin voks	8002-74-2	C	p	22a, 22b	
Polyethylenvoks		c	p	22a, 22b	
Polypropylenvoks		c	p	22a, 22b	
Polytetrafluoroethylenvoks (Teflon)	9002-84-0	?	h-p	22a, 22b	
Amidvoks (fedtsyreamider)		c	p	22a, 22b	

#### Skema D.4.9: Skumdæmpere

Stofnavn	CAS nr.	VS	SS	Forekomst	Anden funktion
Polydimethylsiloxan (silicone)	63148-62-9	C	h	22a, (22b, 24a, 24b)	(Befugtere)
Dimethicone	9016-00-6	c	p	(22a, 22b, 24a, 24b)	(Befugtere)
2,5,8,11 Tetramethyl-6-dodecyn-5,8-diol	68227-33-8	a	p	(22a)	(Befugtere)
Urea	57-13-6	C	h	(22a, 24a)	Forekommer i skumdæmpere
Dimethylpolysiloxan copolymerer med EO og PO		?	h-p	22a	Befugtere
Polyestermodificeret dimethylpolysiloxan		?	h-p	22a	Befugtere
Mineraloliebaseret skumdæmper		A	p	22a	

#### Skema D.4.10: Befugtere

Stofnavn	CAS nr.	VS	SS	Forekomst	Anden funktion
2,5,8,11 Tetramethyl-6-dodecyn-5,8-diol	68227-33-8	a	p	(22a)	Skumdæmper
2,4,7,9-Tetramethyl-5-decyn-4,7-diol	126-86-3	a	p	24a	(Opløsningsmiddel)
Polydimethylsiloxan (silicone)	63148-62-9	C	h	22a, (22b, 24a, 24b)	Skumdæmper
Dimethicone	9016-00-6	c	p	(22a, 22b, 24a, 24b)	Skumdæmper
Polyestermodificeret siloxan, lavmolekylær		?	h-p	22a	
Fluorsilikoner		?	p	22a	
Dimethylpolysiloxan copolymerer med EO og PO		?	h-p	22a	Skumdæmper

Stofnavn	CAS nr.	VS	SS	Forekomst	Anden funktion
Polyestermodificeret dimethylpolysiloxan		?	h-p	22a	Skumdæmper

#### Skema D.4.11: Konserveringsmidler

Stofnavn	CAS nr.	VS	SS	Forekomst	Anden funktion
1,2-Benzisothiazolin-3-on	2634-33-5	a	U	(22a, 24a)	
Morpholin	110-91-8	B	P	(22a, 24a)	
O-phenylphenol, Na	90-43-7	C	U	(22a, 24a)	
Methylchlorisothiazolinon (MCI)	26172-55-4	A	p	(22a, 24a)	
2-Brom-2-nitropropan-1,3-diol; Bronopol	52-51-7	A	P	(22a, 24a)	
n-Methylolchloracetamid	2832-19-1	a	p	(22a, 24a)	
2-Methyl-4-isothiazolin-3-on (MI)	2682-20-4	A	p	(22a, 24a)	
Hydroxyalkylaminer		a	p	22a	
Isothiazolinoner (bl.a. methylolderivater; o-formal og tetramethylglycoluril)		A	p	(22a, 24a)	
Benzimidazolderivat		?	p	(22a, 24a)	
Kvaternære ammoniumforb.		a	h-p	(22a, 24a)	Dispergerings-hjælpemidler

#### Skema D.4.12: Tværbindere

Stofnavn	CAS nr.	VS	SS	Forekomst	Anden funktion
Aziridin	151-56-4	A	U	24a, (22a)	
Triethanolamintitanat		?	p		
Zinkoxid ; Pigment hvid 4	1314-13-2	b	p	(22a, 24a)	
Trimethakryloyltrimethoxysilan		?	p		
Polyaziridin		?	p*	(24a)	
Titanchelat		?	p	22a	
Aminosilaner		c	p	22a	
Zirkoniumforbindelse (Zirkonchelat)		?	p	22a	

\*burde nok være u som aziridin på grund af muligt monomerindhold

#### Skema D.4.13: Affedtningsmidler

Stofnavn	CAS nr.	VS	SS	Forekomst	Anden funktion
Natriumhydroxid	1310-73-2	C	P	41a, 41b	
Kaliumhydroxid	1310-58-3	C	P	41a, 41b	
Fedtsyreesterer		c	p	41a, 41b	Emulgator
Estre af kokosolie		c	p	41a, 41b	Emulgator

#### Skema D.4.14: Kompleksdannere

Stofnavn	CAS nr.	VS	SS	Forekomst	Anden funktion
Nitriloacetat, NTA	139-13-9	b	U	41b	
Trinatriumnitriloacetat	5064-31-3	b	U	41b	
EDTA	60-00-4	B	p	41a	
Tetrakaliumpyrofosfat	7320-34-5	c	p	41a	
Natriummetasilikat	6834-92-0	c	P	41a	Polermiddel, (Fortykningsmiddel)
Natriumsilikat ; Natriumtrisilikat	1344-09-8	C	p	41b	Polermiddel, (Fortykningsmiddel)

Stofnavn	CAS nr.	VS	SS	Forekomst	Anden funktion
Fosfonater		a	p	41b	
Fosfater (hexa/meta)		C	p	41a, 41b	
Kaliumnatriumsilikater		c	p	41a, 41b	Polermiddel, Fortykningsmiddel

Skema D.4.15: Fortykningsmidler

Stofnavn	CAS nr.	VS	SS	Forekomst	Anden funktion
Natriummetasilikat	6834-92-0	c	P	41a	Polermiddel, (Kompleksdanner)
Natriumsilikat; Natriumtrisilikat	1344-09-8	C	p	41b	Polermiddel, (Kompleksdanner)
Poly(meth)akrylater/P(M)A		c	h-p	24a	Bindemiddel, Emulgator
Kaliumnatriumsilikater		c	p	41a, 41b	Polermiddel, Kompleksdanner

Skema D.4.16: Syrer

Stofnavn	CAS nr.	VS	SS	Forekomst	Anden funktion
Svovlsyre	7664-93-9	C	P	41c	
Fosforpentoxid	1314-56-3	C	P	41c	

Skema D.4.17: Polermidler

Stofnavn	CAS nr.	VS	SS	Forekomst	Anden funktion
Pigment hvid 27 (Amorf silica)	7631-86-9	C	p	22a, 24a, 41c	Color-pigment
Pigment hvid 18 (Calciumcarbonat)	471-34-1	C	h	22a, 24a, 41c	Color-pigment
Natriummetasilikat	6834-92-0	c	P	41a	(Fortykningsmiddel/ Kompleksdanner)
Natriumsilikat ; Natriumtrisilikat	1344-09-8	C	p	41b	(Fortykningsmiddel/ Kompleksdanner)
Natriumbicarbonat	144-55-8	C	h	41c	

## Skematisk fremstilling af renere teknologi ideer

I nedenstående tabeller findes en oversigt over de ideer (emner) omkring renere teknologi ved afvaskning af vandfortyndbar flexotrykfarve, der er fremkommet under nærværende projektarbejde. Emner for renere teknologi ved periodevis vask af aniloxvalser er dog ikke behandlet her, men kun i kapitel 8, fordi det vurderes som væsentligt mindre betydende end de andre processer i miljømæssig sammenhæng. 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 kapitel 8, hvor de enkelte emner er behandlet. Enkelte udvalgte emner er desuden behandlet mere indgående i kapitel 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 eventuel, 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 E.1  
Emner for indsatsområde: Organisering af kørsler samt drift af farveværk – optimering af ressourceforbrug og spildminimering mm.

Emne	Økonomiklasse	Teknologiklasse	Miljømessigt potentiale	Type af farveværk		Bemærkninger
				Farvebakke-system	Kammer-rakelsystem	
1.1 Minimering af antal vaske						
1.1.1 Planlægning af ordre afvikling	I	I	stor	+++	+++	Planlægning af ordreføring således at unødvendige afvaskninger undgås. F.eks. ved at afvikle alle kørsler med samme farve umiddelbart efter hinanden - selvom det drejer sig om forskellige ordrer (poole kørsler), eller ved at afvikle dagens kørsler, således at farveskift på farveværkerne går fra lyse (pastel) farver mod mørke. Herved kan antallet af afvaskninger reduceres.
1.2 Reduceret direkte spild (drift)						
1.2.1 Opsamling af overløbsfarve til genbrug	I-II	I	mellem-stor	+++	++ i	Trykfarve der lækker fra farveværket (typisk ved "rakelpakninger") kan opsamles ved hjælp af bakke og føres tilbage til trykfarvereservoir (spand/kasse). Herved bliver problemet med læk af trykfarve betydeligt mindre væsentligt.
1.2.2 Reduceret læk af farve						
1.2.2.1 Tætte kammerrakelpakninger	I	I	mellem	÷	+++ i	Tætte kammerrakelpakninger giver mindre tab af trykfarve
1.2.2.2 Undertryk i farveværket	II	II	lille-mellem	÷	+++	Et farveværk, hvor der ved hjælp af faseforskudt pumpe-system skabes neutralt til lille negativt tryk, markedsføres af et amerikansk firma (FIT). Producenten påstår, at læk af farve helt undgås med dette anlæg.
1.3 Styring af trykfarveviskositet og pH	I-II	II	mellem-stor	++	+++	Viskositet og pH er af betydning for tryk kvalitet og dermed for om farven evt. skal skiftes/kasseres. En styring af disse egenskaber kan derfor sikre en bedre udnyttelse af farven.

Tabel E.2  
Emner for indsatsområde: Farverest i farveværk før afvask -  
minimering af mængde m.m.

Emne	Økonomiklasse	Teknologiklasse	Miljømæssigt potentiale	Type af farveværk		Bemærkninger
				Farvebakke system	Kammerrakel system	
2.1 Minimering af farverest i farveværk før vask						
2.1.1 Optimering af farveværkets konstruktion						Det er vigtigt, at farveværket er konstrueret således, at der kan opnås maksimal tømning af værket, før der vaskes. Herved sikres, at kun en minimal mængde farve ender i vaskevandet
2.1.1.1 Reduceret system-volumen/overflade	II-III	II-III	mellem	++	++	Mindre system-volumen giver mindre residual volumen (dødvolumen)
2.1.1.2 Optimerede overfladeegenskaber i farveværk	II	II	lille-mellem	++ i	+++ i	Teflon og lignende materialer giver en bedre tømning af kammerraklen før vask og en lettere rengøring
2.1.1.3 Optimeret rakeludformning (kammerrakler)	II-III	II-III	mellemstor	+++	+++ i	Kammerrakler er at foretrække - fremfor enkeltrakelsystemer – da de bl.a. giver mindre farvespild. Det vil være fordelagtigt at designe kammerrakler, så der ikke er strukturer i kammeret, der holder på trykfarven og/eller gør det svært at rengøre
2.1.1.4 Hældning af rakelsystem	II	II	mellem	+++ (i)	+++ i	Hældning af bunden af raklen giver en bedre tømning. En amerikansk producent (Harris & Bruno) markedsfører et farveværk (kammerrakel) med hældning.
2.1.1.5 Pumpevolumen	I-II	I-II	Stor	+++ (i)	+++ (i)	Det indre volumen af de anvendte pumper har stor betydning for hvor meget farve, der står tilbage i systemet efter tømning. Almindelige membranpumper indeholder ca. 0,5 liter, mens modificerede gearpumper kan indeholde så lidt som 0,15 liter. Altså en forskel på 0,35 liter. Man kan således teoretisk set opnå en reduktion på 70% ved at skifte fra membranpumper til gearpumper.
2.1.1.6 Slangeføring	I (-III)	I (-III)	stor	+++	+++	For at undgå stor farverest i systemet er det vigtigt, at der er fald hele vejen fra rakel (kammerrakel) gennem slanger og pumper ned til aftapningsstuds (afløb), f.eks. ved at farveværket er placeret højt eller farvespanden lavt. Et udbredt problem er, at især slanger "hænger ned" således at der opstår "døde punkter" (à la vandlåse), hvor resttrykfarve forbliver trods forsøg på tømning af hele farvefremføringsystemet.
2.1.2 Optimerede tømningsteknikker						Jo mere farve der kan tappes af pressen og genbruges inden vask – desto mindre farve ender i spildevandet.
2.1.2.1 Afdrypningstid	I	I	mellemstor	+++	+++	Hvor lang tid farven får lov at løbe af pressen og ned i farvereservoiret (spand/kasse), har betydning for den tilstedeværende farvemængde i farveværket ved afvaskning.

Emne	Økonomiklasse	Teknologiklasse	Miljømæssigt potentiale	Type af farveværk		Bemærkninger
				Farvebakke system	Kammerrakel system	
2.1.2.2.Skrabning af farvebakke/rakel	I (-III)	I (-III)	stor	+++	÷ (+)	Ved manuel (evt. automatisk) skrabning af farvebakke/rakel (med dejskraber el. lign.) vil en væsentlig del af den typisk relativt store farverest, der ligger i farvebakken, kunne tilbageføres (f.eks. ved passiv tilbageløb) til farvekassen/-spanden. Man kunne endvidere forestille sig et automatisk system til kammerrakelsystemer hvor en forskydbar, permanent monteret skraber automatisk skraber overfladen i kammerraklen ved afslutning af farvetømning.
2.1.2.3 Tilbagepumpning med begge pumper	I	I	mellem	+++	+++	Der opnås en bedre tømning af farveværk, hvis både fremførings- og tilbageføringspumpe bruges til at pumpe farve ud. Dette gøres ved, at pumperetningen på farvefremføringspumpen vendes og er især en fordel i forhold til passiv tilbageløb (gravitation).
2.2 Undgå indtørring af farve	I	I	mellem	+++	+++	Ved at undgå indtørring af farve i farveværket lettes rengøring betydeligt, og brug af "skrappe" rengøringsmidler kan undgås.

Tabel E.3  
Emner for indsatsområde: Daglig vask af farveværk: Afvaskning –  
optimering af ressourceforbrug og spilddminimering mm.

Emne	Økonomiklasse	Teknologiklasse	Miljømæssigt potentiale	Afvaskningsmetode		Bemærkninger
				Manuel in-press afvask	Automatisk in-press afvask	
3.1 Optimering af afvaskning						
3.1.1 Minimering af farverest i skyllevand						
3.1.1.1 Opsamling af første hold skyllevand med henblik på genbrug som farve	I	I	stort	+++	+++	Den første mængde skyllevand (f.eks. ½ liter), der kommer ud af farveværket, indeholder ofte en meget væsentlig del af trykfarverestmængden i farveværket. Hvis der skylles med frisk vand, kan denne første mængde skyllevand typisk genanvendes.
3.1.2 Optimal afskylning						
3.1.2.1 Flush/dyse	I-II	I-II	lille	(±)	++ i	Hvorvidt vandet er i kraftig bevægelse – herunder sprøjtes direkte på overfladen (dyse) – har væsentlig betydning for effektiviteten af afvaskningen. En fordel ved højtryksdyseanlæg er, at de kan presse en stor del af trykfarven ud med meget lidt vand, hvilket øger mulighederne for genbrug. Der eksisterer også flushanlæg, som skaber turbulente strømninger, hvorved der angiveligt kan vaskes med meget lidt vand.
3.1.2.2 Brug af varmt skyllevand	I	I	lille	++	++ i	Medfører mere effektiv afvaskning. System til kammerrakler markedsføres af dansk firma (TRESU) – vandtemperatur: 30-40°C (kan muligvis give problemer ved genanvendelse af første skyllevand som farve).
3.1.2.3 Brug af friskvand	I	I	mellem	+++ i	+++ i	Det vurderes, at farveværk i langt de fleste tilfælde kan rengøres med friskvand uden brug af afvaskningsmiddel. Dette afspejles bl.a. i at en del af emballagetrykkerierne i Danmark i helt eller i overvejende grad i dag kun anvender friskvand til rengøring af farveværker.
3.2 Minimering af skyllevandsforbrug						
3.2.1 Ved generel besparelse	I	I	lille	+++	++	Den anvendte mængde skyllevand er typisk unødigt stor. Simpel omtanke (god husholdning) kan medføre væsentlig reduktion i forbruget.
3.2.2 Simpel recirkulering ved samme afvask	I	I	lille-mellem	+++	+++ (i)	En batch friskvand recirkuleres ved afvaskningen. Vandet kasseres, og der afsluttes med et skyl med friskvand.
3.2.3 Simpel recirkulation ved flere vaske (genbrug af vaskevand)	I-II	I-II	mellem	++	+++ (i)	Vand fra én afvaskning genbruges flere gange til efterfølgende afvaskninger før det kasseres. Genbrug af sidste hold skyllevand til næste afvask findes indbygget i et "nyt" afvaskningssystem fra en dansk producent (TRESU).
3.2.4 Simpel recirkulation efter modstrømsprincip	I-II	I-II	mellem	(±)	+++	Eksisterende, automatisk afvaskningssystem (TRESU) kan forholdsvis simpelt ombygges.



Emne	Økonomiklasse	Teknologiklasse	Miljømæssigt potentiale	Afvaskningsmetode		Bemærkninger
				Manuel in-press afvask	Automatisk in-press afvask	
3.3 Opgradering af skyllevand/koncentrathåndtering	I-III	I-III	mellemstor	++	+++	Vandet genbruges adskillige gange, idet det opgraderes, når bl.a. tørstofindholdet bliver for højt. Meget lidt udbredt i branchen – så 3.3.1-3.3.4 anvendes stort set kun som "end of pipe" løsninger. Væsentligt potentiale til minimering af affaldsmængden og optimering af koncentrathåndtering.
3.3.1 Gravimetrisk behandling/filtrering	I-II	II	lille	++	++	Fyldstoffer mm. vil kunne bundfældes i spildevandet (stærkt fortyndet trykfarve).
3.3.2 "Kemisk" fældning/flokkulering	(I)-II	II	mellemstor	++	++	Den i branchen mest udbredte vandbehandlingsteknik (der ses bort fra 3.3.1). Der er bl.a. udviklet systemer med slamfiltrering ved hjælp af båndfiltre. Genbrug af vand vil kræve efterpolering via adsorption, kemisk oxidation eller membranfiltrering (NF/RO). Der opnås nogen minimering af affaldsmængden, men tilsætningen af kemikalier bidrager væsentligt til denne.
3.3.3 Membranfiltrering	II	II	stor	++	+++	Dyr men effektiv teknik. Udbredelse lille i branchen. Mulighed for genbrug af både vand og farve (3.4.1). Efterpolering kan være nødvendig. Væsentlig minimering af affaldsmængde.
3.3.4 Inddampning	II	II	stor	++	+++	Dyr men effektiv teknik. Udbredelsen er meget lille i branchen. Affaldsmængden kan reduceres til et minimum og slutdisponeres som brændbart affald.
3.4 Genbrug af koncentrat fra opgradering af spildevand til opspædning af sort farve						
3.4.1 Membranfiltrering	I	I	mellemstor	+++	+++	Erfaringer fra USA ser lovende ud. Er ikke afprøvet i Danmark. Økonomiklasse og teknologivurdering er baseret på antagelse om allerede implementeret opgraderingsteknologi.
3.5 Substitution af trykfarvekomponenter	I-III	I-III	stor	+++	+++	Substitution af uacceptable/uønskede komponenter i vandfortyndbare flexotrykfarver.

Tabel E.4  
Emner for indsatsområde: Vask af klicheer – optimering af  
ressourceforbrug og spildminimering m.m.

Emne	Økonomiklasse	Teknologiklasse	Miljømæssigt potentiale	Vasketeknik		Bemærkninger
				Manuel afvask	Automatisk afvask	
4.1 Undgå brug af afvaskningsmiddel	I	I	mellem	+++	+++	Brugte klicheer vil i de fleste tilfælde kunne rengøres ved blot at anvende friskvand eller genbrugsvand med afsluttende skyl med friskvand.
4.1.1 Undgå indtørring af farve	I	I	mellem	+++	++	Hvis farven ikke er indtørret, kan der typisk anvendes vand uden afvaskningsmiddel
4.2 Optimer brug af afvaskningsmiddel						
4.2.1 Anvend en tynd vandig opløsning af afvaskeren	I	I	lille	+++	++	Det er slet ikke sikkert, at en koncentreret opløsning er nødvendig i de fleste tilfælde. En tynd, vandig opløsning vil givetvis være tilstrækkelig i de fleste tilfælde. Ved at anvende en sådan bliver spildet af afvasker (dvs. aktivt stof) mindre, når der ikke anvendes opsamling og recirkulation.
4.2.2 Genbrug afvaskningsmiddel	I-II	I-II	mellem	+++	+++ (i)	Ved vask med f.eks. børste ender meget af afvaskningsmidlet direkte i sumpen (kloakken) – dvs. det løber af børsten, inden det bliver brugt. Ved at opsamle og recirkulere afvaskeren kan der spares betydeligt på forbruget.
4.3 Substitution af afvaskningsmiddelkomponenter	I-III	I-III	mellem- stor	+++	+++	Substitution af uacceptable/uønskede komponenter i afvaskningsmidler.



## Rensning af spildevand

Hovedparten af de danske emballagestrykkerier opererer i dag med direkte afledning af alt spildevand til kloak (eventuelt via simpel bundfældning) eller benytter et traditionelt koagulerings-/flokuleringsanlæg til forrensning af spildevandet før afledning til offentlig kloak. Denne rensningsteknologi er forholdsvis billig i anlægsinvestering, mens driftsudgifterne til kemikalier samt udgifter til slutdisponering af slam fra processen kan være væsentlige. Kvaliteten af rensningen er ikke god nok til at muliggøre genbrug af vand som skyllevand, og der kan være problemer med nitrifikationshæmning. Nogle anlæg har endvidere svært ved at overholde grænseværdierne for kobber.

Hvad angår simpel bundfældning, viser forsøg udført under dette projekt, at der ved henstand i knap 3 uger af brugt skyllevand med farveindhold, sker en udfældning af hvidt/gråt stof, givetvis fyldstof fra trykfarven. De farvede (blå, røde) pigmenter forblev i væskefasen.

I dette bilag gennemgås mulighederne for dels at forbedre den eksisterende rensningsteknologi, dels forbedre rensningen ved valg af alternative teknologier. De potentielle teknologier vil blive vurderet på baggrund af tekniske, økonomiske og miljømæssige kvaliteter.

Rensningsteknologierne vil i højere eller mindre grad muliggøre genbrug af det rensede vand, hvis egnethed herfor vil blive vurderet. Samtidig vil der ved næsten alle rensningsteknologier opstå et koncentrat af de stoffer, som frasepareres, og hvorledes dette koncentrat kan anvendes/slutdisponeres på den teknisk, økonomisk og miljømæssigt mest fordelagtige måde er vurderet.

Uanset hvilken teknologi som anvendes, eller hvilke afledningsforhold som gør sig gældende, kan der være både tekniske, økonomiske og miljømæssige fordele ved at minimere spildevandsmængden. Dette skal ske ved renere teknologi tiltag i form af ændrede skylleprocedurer og -mekanismer.

Besparelspotentialer ved genbrug af skyllevand og koncentrat er behandlet i kapitel 9.

### F.1 Koagulering/flokulering

De grundlæggende principper ved koagulering/flokulering er beskrevet i kapitel 5 (afsnit 5.4.3). Ved en koagulerings-/flokulerings teknologi alene vil det oftest ikke være muligt med genbrug af vand, hvorfor opmærksomheden rettes mod overholdelse af de grænseværdier for afledning af spildevand, som er defineret i virksomhedens spildevandstilladelse.

### F.1.1 Problemer med overholdelse af udlederkravværdier for kobber (Cu)

Kobber i spildevandet stammer fra blå og grønne pigmenter, som er baseret på forskellige phthalocyaniner. Mens koagulering/flokkulering normalt er ganske effektiv over for øvrige tungmetaller, har nogle virksomheder svært ved at overholde grænseværdien for kobber. Separationen af phthalocyaniner vurderes således at være problematisk.

Der er kendskab til mindst to virksomheder, hvor grænseværdierne for kobber kan overholdes. En af disse er trykkeri A, som tidligere anvendte en kombination af kationiske og anioniske polymerer samt pH-justering med natronlud til pH 8,8. Senere er anvendt koagulering med jern(III)klorid og efterfølgende flokkulering med en anionisk polymer. Begge kemikaliedoseringsstrategier må betegnes som traditionelle koagulerings-/flokkuleringsanvendelser. På denne baggrund må det vurderes, at separationen af phthalocyaniner under optimale forhold ikke behøver være problematisk.

En optimering af flokkulerings-/koaguleringsmekanismerne vil givetvis i flere tilfælde kunne forbedre separationen af kobber. Ovenstående kombination af positivt og negativt ladede kolloider og polymerer kan være en væsentlig årsag til den effektive rensning, idet de forskellige pigmenter har forskellige overfladekemiske karakteristika. De overfladekemiske egenskaber er endvidere stærkt pH-afhængige, hvorfor optimering af pH-justeringen også kan forbedre behandlingen.

En anden årsag til, at phthalocyaninerne i visse tilfælde ikke påvirkes af koagulerings-/flokkuleringsmekanismerne kan være såkaldte matrixeffekter, dvs. interaktion med andre kemikalier anvendt i trykkeprocessen (opløsningsmidler eller additiver) eller afvaskningsmidler. Overfladeaktive stoffer kan således ved adsorption til overfladen af pigmenterne ændre pigmenternes overfladekemiske egenskaber og vanskeliggøre separation /101/. Dette udnyttes i de fleste recepter til at forbedre trykegenskaberne af pigmenterne (se kapitel 4), men tilsvarende mekanismer kan vanskeliggøre spildevandsrensning ved flokkulering/koagulering.

Virksomhederne vil forholdsvis simpelt kunne afgøre, om sådanne mekanismer er årsagen til problemerne. Fortyndning af ren farveblanding til samme tørstofindhold som i spildevandet og efterfølgende rensning med polymerer i laboratorieskala sammenholdes med tilsvarende forsøg på spildevandet. Såfremt det er muligt at rense ren farve men ikke spildevandet, må problemerne skyldes matrixeffekter. Der må i så fald ses mere indgående på sammensætningen og brugen af kemikalier i processerne.

Der findes utallige leverandører af koagulerings- og flokkuleringskemikalier. Virksomheder med problemer med rensning for kobber kan alternativt kontakte andre leverandører for test af virksomhedens trykfarve/spildevand med andre og eventuelt mere effektive koagulerings- og flokkuleringskemikalier.

### F.2 Membranfiltrering

Den teknologiske udvikling har i de senere år gjort, at membranfiltrering kan være et økonomisk attraktivt alternativ til koagulering/flokkulering, og

teknologien er da også taget i anvendelse på flexotrykkerier både i Danmark og i udlandet. De grundlæggende principper i en traditionel membranfiltrering er beskrevet i kapitel 5 (afsnit 5.4.3).

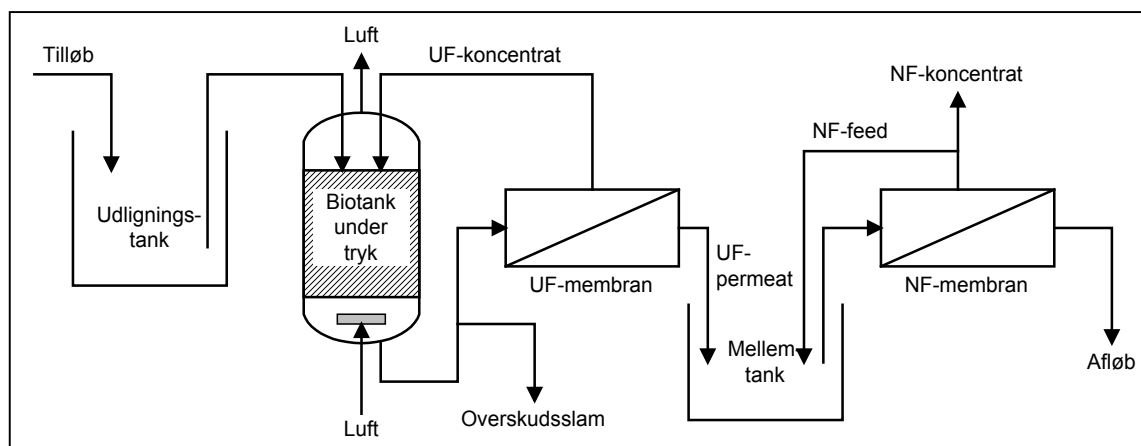
Den væsentligste fordel ved membranfiltrering i forhold til flokkulering/koagulering er en forbedret rensning, som ofte vil muliggøre helt eller delvist genbrug af det rensede vand i skylleprocesserne. Dette fører til vandbesparelser på ikke mindst spildevandsmængden udledt til offentlig kloak. Genbrug af rensede procesvand har dog endnu ikke vundet væsentligt indpas i branchen.

Koncentratet fra membranfiltreringen vil eventuelt kunne genbruges som råvare i sort farve (emnet er behandlet i kapitel 8 og 9).

### F.2.1 Integreret biologisk behandling: MBR

En membranteknologi, som de seneste år har gennemgået en hastig teknologisk udvikling, er en kombination af biologisk behandling og membranfiltrering - såkaldt membran-bioreaktor (MBR), hvor en ultrafiltreringsmembran (UF) erstatter de sædvanlige slamseparationsteknikker. Fordelen ved MBR-anlæg fremfor traditionelle biologiske anlæg er, at det rensede vand er fri for partikler og kolloidstof, der opnås tilbageholdelse af højmolekylære organiske forbindelser indtil nedbrydning til omsættelige forbindelser, høj effektiv fjernelse af BOD<sub>5</sub> og COD, høj slamkoncentration, som muliggør kompakte anlæg og lille slamproduktion. Ulemperne er primært højere investeringsomkostninger og lille iltoverføringskapacitet på grund af den højere slamkoncentration.

I relation til spildevand fra flexotrykkerier vil de højmolekylære, organiske forbindelser således tilbageholdes i bioreaktoren og nedbrydes til lettere nedbrydelige, mineraliserbare stoffer. Et italiensk trykkeri har med succes implementeret denne teknologi med henblik på udledning direkte til recipient. Udover et MBR-anlæg har det italienske anlæg også en nanofiltreringsmembran (NF) i serie. Anlægget er skitseret i figur F.1. /102/



Figur F.1  
MBR-anlæg til behandling af spildevand fra trykkeri inden direkte udledning til recipient /102/.

Forsøg med dette anlæg viste en meget høj effektivitet. Den daglige belastning svarede til ca. 15 m<sup>3</sup>/dag med COD op til 5.000 mg/L og BOD<sub>5</sub> op til 1.500 mg/L. Permeatet fra UF-membranen havde et COD-indhold på 90-125 mg/L. Permeatet fra NF-membranen havde et COD-indhold på ca. 52 mg/l og et BOD<sub>5</sub>-indhold på ca. 20 mg/L. Disse værdier er væsentligt bedre end med koagulerings-/flokkuleringsteknologi, som på det samme spildevand reducerede COD og BOD<sub>5</sub> til henholdsvis 400-1.000 mg/L og 200-500 mg/L. MBR-anlægget havde således ikke problemer med at overholde grænseværdierne for direkte udledning til recipient. Med hensyn til tungmetaller var rensningen også yderst effektiv. 99% af tungmetallindholdet fra spildevandet kunne således genfindes i spildevandsslammet. Slammet havde et kobberindhold på op til 4.600 mg/kg TS og et nikkelindhold på op til 850 mg/kg TS, og det må derfor betragtes som kemikalieaffald. De samlede slammængder (2 m<sup>3</sup> over 90 dage) var væsentligt mindre end ved koagulering/flokkulering. De samlede driftsomkostninger beløb sig til ca. 16.000.000 italienske lire pr. år svarende til ca. 60.000 kr/år eller 10-15 kr./m<sup>3</sup>. Det fremgår ikke, hvorvidt dette beløb dækker afskrivning af anlægsomkostningen. Såfremt der ikke udledes direkte til recipient, kan nanofiltreringen udelades med forbedret økonomi til følge.

MBR-teknologien er en teknologi i hastig udvikling. Omkostningerne er oftest ikke større end traditionelle membranlæg og ofte opnås end bedre drift i form af højere flux og længere levetid af membranerne. Teknologien vurderes som meget interessant med hensyn til spildevandsbehandling fra flexotrykkerier. Det vurderes, at det rensede vand i høj grad vil kunne genanvendes som skyllevand, eventuelt endda i sidste skyl. Koncentratmængden (overskudsslam) er lille, men vil ikke kunne genbruges og skal givetvis behandles som kemikalieaffald. Da MBR-teknologien inkluderer et biologisk trin vil let nedbrydelige, nitrifikationshæmmende stoffer (f.eks. lavmolekylære forbindelser fra afvaskningsmidler) sandsynligvis blive nedbrudt, hvilket vil formindske det rensede spildevands nitrifikationshæmning.

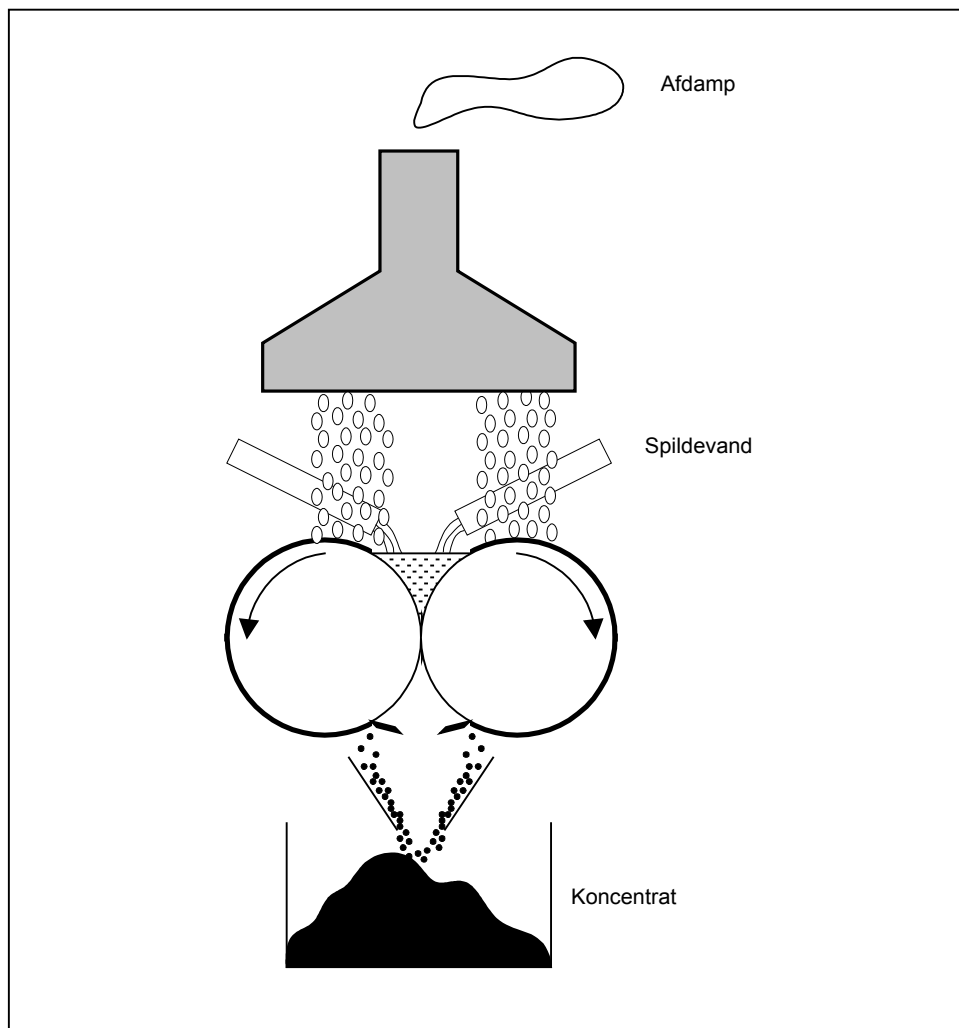
### F.3 Inddampning

Ved inddampning af spildevandet opnås et kondensat med meget høj renhed, samtidig med at koncentratmængden er beskeden. Kondensatet vil sandsynligvis kunne genbruges ubegrænset i skylleprocesserne, hvorved der kan opnås "spildevandsfri" drift. Modsat UF-membranfiltrering vil uorganiske salte blive holdt tilbage (ende i koncentratet), hvilket øger genanvendelsespotentialet. Dog skal der rettes opmærksomhed mod eventuelle, flygtige komponenter, som vil kunne genfindes i kondensatet. Ved "spildevandsfri" drift vil disse opkoncentreres i systemet.

Koncentratmængden vil være lille sammenlignet med øvrige opgraderingsteknologier som fældning/flokkulering, membranfiltrering eller MBR-behandling. Koncentratet kan umiddelbart vurderet ikke genbruges til opspædning af sort farve. Såfremt dette er tilfældet, vil inddampning dog reducere mængden af kemikalieaffald sammenlignet med de øvrige teknologier.

Teknologisk forventes der ikke problemer med denne teknologi. Dog kan afsætninger af pigmenter/farvestoffer volde problemer.

Der er i Danmark et enkelt trykkeri, som anvender inddampning til behandling af skyllevandet. I den internationale litteratur er der tilsvarende kun få erfaringer beskrevet vedrørende denne teknologi. I 1991 blev beskrevet en tysk teknologi fra firmaet PAFA GmbH specielt udviklet til behandling af spildevand indeholdende vandfortyndbare flexotrykfarver /103/. Princippet i teknologien er illustreret i figur F.2.



Figur F.2  
Principskitse af PAFA's inddamper til behandling af spillevand med vandfortyndbare flexotrykfarver /103/.

Princippet i inddamperen er, at skyllevandet fra en buffertank ledes til en sump mellem to cylindre/valser. Disse roterer i modsat retning og opsamler herved skyllevandet. Cylindrene er opvarmede, og mens cylindrene roterer, fordamper vandet fra dem. Herved dannes et lag af pigment på cylinderen. Dette lag skræbes af med en rakel, så der dannes nogle tørre flager, der opsamles under systemet. Over cylindrene er placeret en emhætte, som transporterer dampen væk. Der sker således som udgangspunkt ingen



kondensering af dampen. Systemet er fuldautomatisk og behøver ikke speciel overvågning fra personalet.

Kapaciteten af anlægget er i størrelsesordenen 100 liter til 900 liter pr. time. Anlægsomkostningen var i 1991 i størrelsesordenen 100.000-400.000 DM. Der er således tale om en meget stor investering for denne teknologi. Driftsomkostningerne, primært i form af varmeenergi, vil være store, idet der ikke sker nogen udnyttelse af kondenseringsvarmen fra den afdampede væske.

Ved denne inddampningsteknologi fås et meget højt tørstofindhold i koncentratet, og det vil givetvis ikke kunne genanvendes som trykfarve. Til gengæld behøver koncentratet sandsynligvis ikke at blive kategoriseret som kemikalieaffald, men kan bortskaffes som brændbart affald.

Det vil eventuelt være muligt for trykkerierne selv at udforme en inddamper baseret på ovennævnte princip af udtjent produktionsudstyr til minimering af anlægsudgiften. DHI - Institut for Vand og Miljø har kendskab til et trykkeri i Malaysia, som gennemførte en sådan løsning.

Tidligere har inddampning været vurderet som en både investerings- og driftsøkonomisk tung teknologi. I de senere år er teknologien udviklet væsentligt med bl.a. større energieffektivitet til følge. Det økonomiske potentiale vil dog i høj grad afhænge af mulighederne for at reducere vandmængden, som skal underkastes behandling. Dette kan, som beskrevet i kapitel 9, ske ved direkte vandgenbrug gennem implementering af modstrømsskyl.

Inddampning vurderes at være en attraktiv løsning til opgradering af skyllevand, særligt hvis vandbesparende foranstaltninger kan gennemføres. Tages mulighederne for fuldstændigt genbrug af kondensat og eventuelt koncentrat med i betragtningerne, kan teknologien vise sig både teknisk, økonomisk og miljømæssigt favorabel.

#### F.4 Efterpolering

For at opnå en tilfredsstillende vandkvalitet kan det være nødvendigt med en efterpolering af spildevandet før genbrug eller udledning. Dette er særligt tilfældet ved koagulering/flokkulering, men kan i mindre grad også være aktuelt i forbindelse med membranfiltrering.

##### F.4.1 Adsorption

Adsorption på aktivt kul har traditionelt været den anvendte efterpoleringsteknologi i branchen. Metoden er velafprøvet og billig både i anlæg og drift. Efterpolering med aktivt kul forventes at muliggøre helt eller delvis genbrug af skyllevand. Koncentrater vil ikke kunne genanvendes.

Enkelte, nyere publikationer beskriver anvendelsen af magnetiske partikler som adsorptionsmedium som alternativ til aktivt kul /104, 105/. De magnetiske partikler, chitosan eller magnetit, kan ved forbehandling påføres et lag covalent bundet kobber phtalocyanin (blå farve), som ikke kan fjernes ved regenerering. Herved opnås en effektiv, kemisk binding af farvestoffer (dyes) i spildevandet ved hydrofob interaktion mellem disse og de magnetiske

partikler (dvs. phthalocyaniner). Fordelen ved de magnetiske partikler er, at de kan anvendes på suspensioner, idet der sker en selektiv adsorption af farvestofferne. Efterfølgende kan det adsorbere stof opløses, og mediet regenereres.

Brugen af disse magnetiske partikler har foreløbigt kun forgået i laboratorieskala, og der resterer et væsentligt udviklingsarbejde, inden teknikken kan finde praktisk anvendelse. Da teknikken adsorberer farvestoffer og ikke pigmenter, er den ikke umiddelbart særlig relevant for flexotrykfarver, der jo næsten udelukkende er baseret på pigmenter. Hvorvidt den vil kunne udvikles til også at adsorbere pigmenter selektivt (og eventuelt andre trykfarvekomponenter) vides ikke. Sker dette, vil teknikken eventuelt kunne bruges til separation af små mængder pigmenter/farvestoffer fra ubehandlet spildevand, overskudsslam fra biologisk behandling mm.

#### F.4.2 Kemisk oxidation

Til polering af spildevandsstømme med lave koncentrationer af organiske pigmenter eller andre organiske forbindelser kan kemiske oxidationsmetoder være velegnede. Ved denne teknik tilføres spildevandet et kemisk oxidationsmiddel, som eventuelt via en katalysator kan nedbryde de organiske forbindelser til lavere molekulære forbindelser. Slutprodukterne kan være kuldioxid og vand, men ofte vil der være tale om lavmolekulære, organiske forbindelser.

Der findes en lang række kemiske oxidationsmidler, som kan være velegnede, og disse kan kombineres indbyrdes for at opnå den mest effektive nedbrydning. Mulige oxidationsmidler er  $O_3$  (ozon),  $O_3/H_2O_2$  (brintperoxid),  $O_3/UV$  (ultraviolet lys),  $H_2O_2/Fe$  (jernioner),  $H_2O_2/UV$ ,  $UV/TiO_2$  (titandioxid) samt yderligere kombinationer af disse.

Oftest kan der opnås fuldstændig farvefjernelse med mindre rester af lavmolekulære, organiske forbindelser. Kemikalieudgifterne kan være forholdsvis store, hvorfor kun meget tynde spildevandsstrømme bør behandles med denne teknik. Til gengæld kan der opnås nedbrydning af f.eks. nitrifikationshæmmende, organiske forbindelser.

Man skal imidlertid være opmærksom på de tilstedeværende nedbrydningsprodukter. Disse kan i visse tilfælde være mere giftige end de oprindelige stoffer. Kemiske oxidationsmetoder bør derfor ikke indføres, før laboratorietest har godtgjort, at sådanne, giftige forbindelser ikke udvikles under processen.

Ved kemisk oxidation dannes ikke koncentrat, men  $H_2O_2/Fe$ -teknologien kan føre til mindre mængder af jernslam.

#### F.4.3 Nanofiltrering/omvendt osmose

Membranfiltrering i form af nanofiltrering (NF) eller omvendt osmose (RO) kan ligeledes finde anvendelse. Fordelen ved disse teknologier er, at der er tale om en fysisk separation efter størrelse, således at også uorganiske stoffer i form af salte tilbageholdes. Dette er særligt relevant, når der ses på næsten lukkede vandkredsløb. Sammenlignet med adsorptionsprocesser er disse

membranprocesser væsentligt dyrere i anlæg og drift. Det er derfor tvivlsomt, om der vil være et økonomisk incitament til gennemførelse af disse løsninger.

Efterpolering ved hjælp af NF eller RO forventes at muliggøre helt eller delvist genbrug af vand. Koncentratet vil ikke kunne genanvendes, hvis efterpoleringen forløber efter en koagulerings-/flokulerings-teknologi.

## RT-forsøg og -udregninger

I nærværende bilag findes resultaterne af de forsøg og beregninger, der er udført i forbindelse med afprøvning og vurdering af ideer til renere teknologitiltag. Det drejer sig om forsøg til bestemmelse af betydningen af konstruktions- og driftsparametre for farvespild ved afvaskning udført på TRESUs forsøgsanlæg, forsøg til bestemmelse af betydningen af renere teknologitiltag på trykfarvens egenskaber - herunder trykkvalitet, samt modelberegninger for renere teknologiideer inden for genbrug af skyllevand. Hertil kommer laboratorieundersøgelser af bølgepapflexotrykfarvers nitrifikationshæmning samt sammenhængen mellem tørstofindhold og farvemængde i en vandig fortynding af farven, svarende til en skyllevandsprøve.

Anvendte måle- og analysemetoder svarer til dem, der er anvendt ved udredningsundersøgelser, og som er beskrevet i bilag C.

### G.1 Forsøg til bestemmelse af betydningen af konstruktions- og driftsparametre for farvespild ved afvaskning udført på TRESUs forsøgsanlæg under kontrollerede forhold

Ved at udføre en række forsøg på TRESUs forsøgsanlæg er forskellige RT-tiltag blevet undersøgt under kontrollerede forhold. Forsøgene har især omhandlet optimering af driftsparametre og designets betydning for farvespild.

TRESUs forsøgsanlæg består af en roterbar aniloxvalse, en kammerrakel i plexiglas med indbyggede vaskedyser, en højtrykspumpe og en pumpeenhed. Kammerraklens vaskesystem og pumpeenheden sørger tilsammen for rensningen af kammerraklen, aniloxvalsen samt rør og slanger inklusiv studse, dvs. hele farveværket/farvefremføringssystemet. Pumpeenheden, TRESUs Pump Unit, er i rustfrit stål og er monteret på hjul, således at den er mobil. Den er placeret på en rist-plattform, hvorpå farvespand og vandspand anbringes side om side. På platformen sidder desuden en arm, hvorpå omrøring og farve-/vandtilførings- og -tilbageføringsstudse er monteret. Armen skifter ved hjælp af PLC-styret pneumatik fra farvespand til vandspand og omvendt. Farven pumpes gennem plastslanger, plastikrør og rustfri stålrør (studse) af en farvefremføringspumpe og en farvetilbageføringspumpe, og anlægget er opstillet således, at slangerne har et jævnt fald fra kammerraklen ned mod pumperne, som er placeret nederst i pumpeenheden. Pumper, ventiler og pneumatik styres af en indbygget programmerbar PLC (lille computer), som også styrer højtryksvaskeanlægget. Pumpeenheden har indgang for vand (3 bar) og afløb til kloak/reanseanlæg. Kammerraklen, som er en normalt TRESU kammerrakel, der blot er udført i klart plexiglas, har indgange i bunden for tilførsel af farve og en udgang øverst i hver side. I kammerraklen er der en række højtryksdyser til vask af rakel og aniloxvalse samt to dyser ved hver af

pakningerne. Vandet til højtryksdyserne leveres fra vaskesystemets højtrykspumpe (12 bar) og styres som nævnt fra pumpeenhedens PLC.

Tabel G.1

RT-diagram: Udpumpningstidens betydning for farverest i farvefremføringssystem

RT-tiltag:	2.1.2: Optimerede tømningsteknikker (2.1.2.1 Afdrypningstid)
Procestype:	Tømning af farvefremføringssystem før vask
Anlægstype:	TRESU Pump Unit farvefremføringssystem, kombineret med plexiglas kammerrakel med højtryksrens monteret på forsøgsfarveværk med aniloxvalse, men uden andre valser.
Trykfarve:	Sort bølgepapflexofarve (22a)
Udført:	2/12-99 hos TRESU

Forsøgsbetingelser:

Farvens viskositet (DIN 4):	30 sek.
Farvens temperatur:	14°C
Rumtemperatur:	12°C
Total farvemængde:	10,066 kg ( $\cong$ 2,786 kg TS)
Farvemængde i system u. kørsel:	4,85 kg ( $\cong$ 42% af total), excl. indh. i studse*
Farvemængde i system u. kørsel:	4,86 kg ( $\cong$ 43% af total), incl. indh. i studse *
Pumpehast. v. farve recirk.:	60%, 30 Hz, 600 o/min.
Pumpehast. v. udtømning.:	100%, 50 Hz, 1000 o/min

\* Indhold i tilløbs- og fraløbsstudse løber passivt af inden udpumpning

Procesbeskrivelse:

1. Pump Unit stilles i print position
2. Farven recirkuleres og rotation af aniloxvalse startes
3. Efter et par minutter stilles Pump Unit i tøm position
4. Farven pumpes (tømmes) ud og opsamles
5. Forsøget gentages, og tømningstiden varieres (5, 10, 15, 20 og 25 s)

Resultater:

Tømningstid (s)	Opsamlet farvemængde (kg)	Farverest i system (kg)	Mængde opsamlet af farvemængde på system under kørsel (%)	Mængde opsamlet af total farvemængde (%)
0	0	4,846	0	52
5	8,145	1,918	60	81
10	8,633	1,433	70	86
15	8,816	1,250	74	88
20	8,937	1,129	77	89
25	8,989	1,077	78	89

## Tabel G.2

RT-diagram: Opsamling af første "boostvand" med henblik på genbrug som farve

RT-tiltag:	3.1.1.1: Opsamling af første skyllevand med henblik på genbrug som farve
Procestype:	Optimering af afvaskning
Anlægstype:	TRESU Pump Unit farvefremføringsystem, kombineret med plexiglas kammerrakel med højtryksrens monteret på forsøgsfarvewærk med aniloxvalse, men uden andre valser.
Trykfarve:	Sort bølgepapflexofarve (22a)
Udført:	2/12-99 hos TRESU

### Forsøgsbetingelser:

Farvens viskositet (DIN 4):	30 sek. ->15 sek.
Farvens temperatur:	14°C
Farvens pH:	8,20-8,14
Rumtemperatur:	12°C
Total farvemængde:	Start: 10,066 kg ( $\cong$ 2,786 kg TS)
Pumpehast. v. farve recirk.:	60%, 30 Hz, 600 o/min
Pumpehast. v. udtømning.:	100%, 50 Hz, 1000 o/min.
"Friskvandsboost"; (0,02 s PLC):	0,3057 kg $\pm$ 0,1040 (n=6; range: 0,1152-0,4090)

### Procesbeskrivelse:

1. Pump Unit stilles i print position
2. Farven recirkuleres og rotation af aniloxvalse startes
3. Efter et par minutter stilles Pump Unit i tøm position
4. Farven pumpes (tømmes) ud i 20 sek.
5. Kammeret (kammerraklen) højtryksspules med frisk vand via dyser
6. Vandet med farverest pumpes i 15 sek. til tilløbs- eller fraløbsstuds
7. Vandet med farverest opsamles fra tilløbs- eller fraløbsstuds (5-15 sek. afdryp)
8. Proceduren (1-6) gentages med varierende boost (spule) tider

Resultater (opsamling fra fraløbsstuds – her kommer mindst ud. Farvens viskositet = 30 sek. -> 15 sek.; pH = 8,20):

Boosttid (s, PLC-tid)	Opsamlet skyllevandsmængde (kg)	Tørstof (TS) i trykfarve (g/kg)	TS i skyllevand (g/kg)	Opsamlet mængde TS (g)	Opsamlet mængde trykfarve (kg)	% trykfarve i skyllevand	% trykfarve opsamlet af rest i system #	pH i skyllevand
0,02	0,0460	284,6 *	281,5	12,9	0,045	99	7,5	-
0,02	0,0396	276,2 **	261,8	10,4	0,038	95	6,3	8,20
0,05	0,0785	268,1 **	264,5	20,8	0,077	99	13	-

\* Målt

\*\* Beregnet (der er taget højde for fjernet farve (TS) og tilført vand)

# Ved residualfarvemængde på 0,6 kg baseret på flere udførte forsøg (se f.eks. tabel G.5, G.6. og G.10).

Resultater (opsaml. fra tilløbsstuds – her kommer mest ud. Farvens viskositet = 15 sek.; pH = 8,14; mængde(start) = 11,47 kg (2,718 g TS):

Boosttid (s, PLC-tid)	Opsamlet skyllevandsmængde (kg)	Tørstof (TS) i trykfarve (g/kg)	TS i skyllevand (g/kg)	Opsamlet mængde TS (g)	Opsamlet mængde trykfarve (kg)	% trykfarve i skyllevand	% trykfarve opsamlet af rest i system #	pH i skyllevand
0,01	0,2698	230,9 **	216,6	58,4	0,252	93	42	-
0,02	0,3951	237,0 *	170,9	67,5	0,285	72	47	7,97
0,05	0,6326	227,1 **	125,2	79,2	0,347	55	58	-
0,10	0,9088	216,9 **	80,36	73,0	0,327	36	55	8,15

\* Målt

\*\* Beregnet. Der er taget højde for fjernet farve (TS) og tilført vand. Det vurderes på baggrund af tørstofbalance, at der samlet er tilført 1,922 kg vand til systemet (farvespanden). Denne mængde antages, ud fra andre forsøg, fordelt som: 0,19 kg (0,01 sek.); 0,31 kg (0,02 sek.); 0,53 kg (0,05 sek.); 0,90 kg (0,1 sek.). Efter boostet er pumpet tilbage i farvespanden, står der lidt vand i kammeret. Det blev opsamlet og vejede til at udgøre 0,02 kg.

# Ved residualmængde på 0,6 kg baseret på baggrund af flere udførte forsøg (se tabel G.5, G.6 og G.10).

Tabel G.3

RT-diagram: Opsamling af første skyllevand med henblik på genbrug som farve

RT-tiltag:	3.1.1.1: Opsamling af første skyllevand med henblik på genbrug som farve
Procestype:	Optimering af afvaskning
Anlægstype:	TRESU Pump Unit farvefremføringssystem, kombineret med plexiglas kammerrakel med højtryksrens monteret på forsøgsfarveværk med aniloxvalse, men uden andre valser.
Trykfarve:	Sort bølgepapflexofarve (22a)
Udført:	2/12-99 hos TRESU

Forsøgsbetingelser:

Farvens viskositet (DIN 4):	15 sek.
Farvens temperatur:	14 °C
Rumtemperatur:	12 °C
Total skyllevandsmængde:	13,18 kg
Total farvemængde før cirkulation:	11,19 kg
Total farvemængde efter cirkulation:	11,47 kg ( $\cong$ 2,501 kg TS)
Pumpehast. v. farve recirk.:	60%, 30 Hz, 600 o/min.
Pumpehast. v. udtømning.:	100%, 50 Hz, 1.000 o/min.

Procesbeskrivelse:

1. Pump Unit stilles i print position
2. Farven recirkuleres og rotation af aniloxvalse startes
3. Efter et par minutter stilles Pump Unit i tøm position
4. Farven pumpes (tømmes) ud i 20 sek., afdrypper 15 sek.
5. Pump Unit sættes i recirc. position
6. Friskvand fra vandspand pumpes via tilløbsstuds gennem farvefremføringssystemet
7. Første vand med farverest opsamles løbende fra fraløbsstuds
8. Vaskeproceduren med recirkulerende vand kører færdig

Resultater:

Udtag nr. kronologisk	Opsamlet skyllevandsmængde (kg)	Tørstof (TS) i trykfarve (g/kg) *	TS i skyllevand (g/kg)	Opsamlet mængde TS (g)	Opsamlet mængde trykfarve (kg)	% trykfarve i skyllevand	% trykfarve opsamlet af rest i system #	pH i skyllevand
1	0,4472	218,12	119,78	53,57	0,246	55	40,9	8,06
2	0,7616	218,12	32,94	25,09	0,115	15	19,2	-
3	1,0839	218,12	11,77	12,76	0,058	5,4	9,7	-
4	1,2928	218,12	3,41	4,41	0,020	1,6	3,4	8,05
I alt	3,5855	-	-	95,8	0,44	-	73,2	-

\* Målt efter cirkulation på anlægget

# Ved residualmængde på 0,6 kg baseret på baggrund af flere udførte forsøg (se tabel G.5, G.6 og G.10).

*Tørstofbalance:*

Tørstofmængde ved afslutning af forsøg, alle tal i g TS: 2.501(start) – 22 (prøve) – (96 + 30)(opsamlet + ud med ikke opsamlet skyllevand) = 2.353 g TS

Farvemængde ved afslutning, alle tal i kg: 11,19 (start) + 0,28 (residualvand ved start) – 0,1 (prøve) – 0,6 (residualfarvemængde) = 10,77 kg farve

Tørstofindhold: 2.353g TS/10,77 kg = 218,6 g TS/kg



Inden næste forsøg (Tabel G.4: Tørstofindhold i brugt skyllevand ..... af 2/12-99 hos TRESU) fortyndes farven med ca. 0,28 kg vand (vanddødvolumenet), der står i systemet.

Farvens tørstofindhold inden næste forsøg (tabel G.4):  $(10,77 \text{ kg} \cdot 218,6 \text{ g TS/kg}) / (10,77 \text{ kg} + 0,28 \text{ kg}) = 212,7 \text{ g TS/kg}$

Tabel G.4

RT-diagram: Bestemmelse af residual farvemængde før og efter opsamling af restfarve (første skylle-/boostvand) til genbrug

RT-tiltag: 3.1.1.1 Opsamling af første skyllevand med henblik på genbrug som farve

Procestype: Optimering af afvaskning

Anlægstype: TRESU Pump Unit farvefremføringsystem, kombineret med plexiglas kammerrakel med højtryksrens monteret på forsøgsfarvewærk med aniloxvalse, men uden andre valser.

Trykfarve: Sort bølgepapflexofarve (22a)

Udført: 2/12-99 hos TRESU

Forsøgsbetingelser:

Farvens viskositet (DIN 4):	15 sek. – 13 sek.
Farvens temperatur:	14°C
Rumtemperatur:	12°C
Farvens TS indhold v. start:	212,7 g TS/kg
Farvemængde v. start:	11,0 kg ( $\cong$ 2,348 kg TS)
Total skyllevandsmængde:	13,17 kg (a); 13,19 (b); 12,59 (c)
"Friskvandsboost"; (0,02 s):	0,3057 kg $\pm$ 0,1040 (n=6; range: 0,1152-0,4090)
"Friskvandsboost"; (0,1 s):	ca. 0,9 kg (estimeret)
"Friskvandsboost"; (1,5 s):	ca. 2,9 kg (n=1)
"Friskvandsboost"; (2 s):	ca. 3,2 kg (n=1)

Procesbeskrivelse:

Trin	Forsøg A	Forsøg B	Forsøg C
1	Pump Unit stilles i print position		
2	Farven recirkuleres og rotation af aniloxvalse startes		
3	Efter et par minutter stilles Pump Unit i tøm position		
4	Farven pumpes (tømmes) ud i 20 sek., afdrypper 15 sek.		
5	Ingen boost	Boost (0,02 sek.) med friskvand i kammer – pumpes (20 sek.) til farvespand	
6	Pump Unit sættes i recirc. position		
7	Friskvand fra vandspand recirkuleres i farvefremføringsystemet (40 sek.)	Genbrugsvand fra sidste vask recirkuleres i farvefremføringsystemet (40 sek.)	
8	Recirkulation stoppes – skyllevandet pumpes (15 sek.) til vandspand		
9	Det recirkulerede skyllevand pumpes til kloak (70 sek.) – prøve udtages heraf		
10	Kort boost (2 sek.) i kammer samt side boost (2 sek.) med friskvand under udpumpning til kloak – står i systemet indtil udpumpning er færdig – pumpes derefter til vandspand		
11	Boostprogram 01: 2 sek. boost, + 2 · (2 sek. boost + 2 sek. sideboost*) + 1,5 sek. boost + 0,1 sek. boost, med 4 eller 8 sek. pause imellem de forskellige boost. Alt dette skyllevand pumpes til vandspand.		
12	Systemet er igen klar til print		

\* Sideboost sker fra specielle dyser placeret i kammerraklen nær enderne og har den effekt, at de smører endepakningerne

Resultater:

Forsøg	Total mængde skyllevand (kg)	Tørstof (TS) i trykfarve (g/kg)	TS i skyllevand (g/kg)	Mængde TS i skyllevand (g)	Opsamlet mængde trykfarve i skyllevand (kg)	% trykfarve i skyllevand	% trykfarve i skylle-vand af rest i system	pH i skyllevand
A: Friskvand (u. boost)	13,17	212,7 **	8,99	118,4	0,557	4,1	≅ 100	8,01
B: Friskvand (m. boost)	13,19	207,5 **	5,393	71,15	0,343	2,5	62	-
C: Genbrugsvand (m. boost)	12,59	202,5 *	4,398	55,36	0,273	2,1	49#	8,05

\* Målt

\*\* Estimeret

# Genbrugsvandet indeholder en lille farverest

Tabel G.5

RT-diagram: Bestemmelse af residual farvemængde - herunder indhold i pumper

RT-tiltag: 3.1.1.1 Opsamling af første skyllevand med henblik på genbrug som farve

Procestype: Optimering af afvaskning

Anlægstype: TRESU Pump Unit farvefremføringssystem, kombineret med plexiglas kammerrakel med højtryksrens monteret på forsøgsfarvewærk med aniloxvalse, men uden andre valser.

Trykfarve: Gul bølgepapflexofarve (22a)

Udført: 21/12-99 hos TRESU

Forsøgsbetingelser:

Farvens viskositet (DIN 4):	30 sek. (DIN 4)
Farvens TS indhold v. start:	263 g TS/kg
Farvemængde v. start:	6,550 kg
Total skyllevandsmængde:	13,16 kg

Procesbeskrivelse: Systemet var inden forsøget tømt, så vidt det var muligt, ved at begge pumper (laveste punkt i farvefremføringssystemet) blev adskilt og tømt. Som det fremgår af nedenstående resultater, var der dog stadig 0,16 kg vand tilbage i systemet.

1. Pump Unit stilles i print position
2. Farven recirkuleres (ingen rotation af aniloxvalse)
3. Efter et par minutter stilles Pump Unit i tøm position, og der pumpes tilbage i 20 sek.
4. Al tilbageværende farve på systemet opsamles. Tilbageløbspumpen adskilles, og indhold af farve opsamles. Pumpen tørres af med papir.
5. Der skylles med recirkulerende rent vand fra vandspanden i 40 sek. Prøve udtages.

Resultater:

Tørstofindhold i skyllevand	7,97 g/kg
Farvemængde i de to pumper og omgivende vandrette rør efter tilbagepumpning, ud fra adskillelse og opsamling (én pumpe)	$2 \cdot 0,24 \text{ kg} = 0,48 \text{ kg}$
Farvemængde på systemet efter tilbagepumpning i alt (ud fra differens mellem farvemængde i farvespand før og efter, farven er kørt på værket (korrigeret for residualvand))	$0,56 \text{ kg} + 0,16 \text{ kg} = 0,72 \text{ kg}$
Andel af residual farvemængden der er i pumper og vandrette rør	85 %
Residualvandmængde ud fra fortynding (den mængde vand der ikke var tømt af systemet, dvs. vanddødvolumenet)	0,16 kg
Farvemængde på systemet efter tilbagepumpning i alt (ud fra analyse af vaskevand og adskilt pumpe)	$0,40 \text{ kg} + 0,24 \text{ kg} = 0,64 \text{ kg}$

Tabel G.6

RT-diagram: Bestemmelse af residual farvemængde og residual vandmængde

RT-tiltag: 3.1.1.1 Opsamling af første skyllevand med henblik på genbrug som farve

Procestype: Optimering af afvaskning

Anlægstype: TRESU Pump Unit farvefremføringsystem, kombineret med plexiglas kammerrakel med højtryksrens monteret på forsøgsfarveværk med aniloxvalse, men uden andre valser.

Trykfarve: Gul bølgepapflexofarve (22a)

Udført: 21/12-99 hos TRESU

Forsøgsbetingelser:

Farvens viskositet (DIN 4):	30-31 sek. (DIN 4)
Farvens TS indhold v. start:	256 g TS/kg
Farvemængde v. start:	5,895 kg
Total skyllevandsmængde:	13,16 kg
Total boostvandmængde:	13,12 kg

Procesbeskrivelse: Umiddelbart inden forsøgets start havde systemet kørt i printmode og derefter gennemført en rensecyklus. Det betyder, at der står en smule vand (residualvandvolumenet) i systemet ved start.

1. Pump Unit stilles i print position
2. Farven recirkuleres (ingen rotation af aniloxvalse)
3. Efter et par minutter stilles Pump Unit i tøm position, og der pumpes tilbage i 20 sek.
4. Der skylles med recirkulerende, rent vand fra vandspanden i 40 sek.
5. Vaskevandet pumpes til kloak
6. Der boostes som "normalt" for TRESU's Pump Unit: 2 sek. boost - 4 sek. pause - 2 sek. boost + sideboost - 4 sek. pause - 2 sek. boost + sideboost - 4 sek. pause - 1,5 sek. boost - 8 sek. pause - 0,1 sek. boost.

Resultater:

Farve tilbage på systemet efter tilbagepumpning (ud fra differens mellem farvemængde i farvespand før og efter, farven blev kørt på værket (korrigeret for residualvand))	0,59 kg
Farve tilbage på systemet efter tilbagepumpning (ud fra analyse af vaskevand og boostvand)	0,58 kg + 0,073 kg = 0,66 kg
Vand på systemet ved start (residualvand) ud fra fortynding af ny, påført farve. Svarer til det, farven normalt fortyndes med ved cirkulation af ny farve efter vask.	0,276 kg

Prøve ↓	Parameter →	Viskositet sek.	TS g/kg
Justeret trykfarve		30-31	256
Trykfarve efter print			244*
Recirkuleret skyllevand			10,83
Boostvand			1,42

\* Mindre end den justerede trykfarve på grund af fortynding med det vand, der står i systemet efter vask (residualvand).

Én pumpe blev adskilt, og volumenet blev målt til 0,073 liter fra indgang til udgang. I Pump Uniten sidder pumperne imellem to stykker vandrette rør, der forbinder dem med

henholdsvis slangerne fra kammerraklen på den ene side og farvestudsene på den anden side. Disse vandrette rør udgør sammen med pumperne det laveste punkt i Pump Uniten. Volumen af de vandrette rør og pumpen blev målt til at være 0,204 liter pr. pumpe, dvs. 0,408 liter i alt.

Tabel G.7

RT-diagram: Bestemmelse af mængden af vand der medgår til det boost, som går i farvespanden

RT-tiltag: 3.1.1.1 Opsamling af første skyllevand med henblik på genbrug som farve

Procestype: Optimering af afvaskning

Anlægstype: TRESU Pump Unit farvefremføringssystem, kombineret med plexiglas kammerrakel med højtryksrens monteret på forsøgsfarveværk med aniloxvalse, men uden andre valser.

Udført: 21/12-99 hos TRESU

Procesbeskrivelse: Ved forsøgets start var der kun rent vand på systemet. Det betyder, at når der boostes, fortrænger boostet en tilsvarende mængde vand fra systemet, og denne mængde måles ved vejning. Der blev forsøgt med forskellige PLC-boosttider. Hver gang blev der boostet 3 gange. De 3 boost blev opnået ved, at nedenstående procedure blev gentaget 3 gange.

1. Tilbagepumpning 20 sek. af rent vand
2. Boost med given PLC-tid
3. Tilbagepumpning 15 sek. af rent vand

Resultater:

PLC-tid (sek.)	Tre boost kg vand	Ét boost (beregnet) kg vand
0,01	0,57	0,19
0,02	0,92	0,31
0,03	1,16	0,39
0,04	1,40	0,47
0,05	1,63	0,54
0,06	1,95	0,65
0,1	2,75	0,92
1,5	8,61	2,87
2	9,61	3,20

Tabel G.8

RT-diagram: Bestemmelse af vandresidual mængde (vanddødvolumen)

RT-tiltag:	(1.3 Styring af trykfarveviskositet og pH)
Procestype:	Optimering af afvaskning
Anlægstype:	TRESU Pump Unit farvefremføringssystem, kombineret med plexiglas kammerrakel med højtryksrens monteret på forsøgsfarveværk med aniloxvalse, men uden andre valser.
Trykfarve:	Gul bølgepapflexofarve (22a)
Udført:	21/12-99 hos TRESU
Procesbeskrivelse:	Efter at farve var cirkuleret på systemet (print), blev farven pumpet ud, og en normal vask (Clean) blev gennemført. Herefter blev studsene rettet op og begge pumper adskilt, og vandet opsamlet i bakker og vejjet.
Resultater:	Der blev opsamlet 0,1125 kg fra tilbageløbspumpen og 0,1201 kg fra fremløbspumpen eller i alt 0,2326 kg.



Tabel G.9  
RT-diagram: Boosttidens betydning for farvegenvinding

RT-tiltag:	3.1.1.1 Opsamling af første skyllevand med henblik på genbrug som farve
Procestype:	Optimering af afvaskning
Anlægstype:	TRESU Pump Unit farvefremføringsystem, kombineret med plexiglas kammerrakel med højtryksrens monteret på forsøgsfarveværk med aniloxvalse, men uden andre valser.
Trykfarve:	Gul bølgepapflexofarve (22a)
Udført:	21/12-99 hos TRESU
Forsøgsbetingelser:	Til dette forsøg var forsøgsanlægget monteret med en ventil før tilbageføringspumpen og én før fremføringspumpen, nær det laveste punkt, således at boostvandet kunne udtages fra dette punkt under en normal vaskeproces.
Procesbeskrivelse:	Nedenstående cyklus (1-5) blev gennemført for hver ny boost PLC-tid, der blev testet. <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Print med farve</li> <li>2. Tilbagepumpning af farve</li> <li>3. Boost til farvespand, 1 boost eller 1 + 2 boost (opsamles via ventil)</li> <li>4. Resterende boost</li> <li>5. Udpumpning af boostvand og rest farve (opsamles i sidste forsøg, PLC-tid 0,06 sek.)</li> </ol>

Forsøget gik ud på at bestemme betydningen af boosttiden og antallet af boost for hvor meget farve, der går med boost retur til farvespanden.

Resultater:

Antal boost	Boost PLC-tid sek.	Vandmængde i angivet antal boost kg	TS konc. i boostvand g/kg	TS mængde i boostvand g	Farve ud med boost kg	Farvekonc i boostvand %
1	0,01	0,43	195	84	0,35	81
2	0,01	0,34	168	56	0,23	69
i alt		0,76			0,58	
1	0,02	0,55	149	82	0,37	66
2	0,02	0,50	113	56	0,25	50
i alt		1,05			0,62	
1	0,03	0,63				
1	0,04	0,67	107	72	0,36	54
1	0,05	0,68	95	65	0,35	51
1	0,06	0,70	82	57	0,33	47

Under forsøget blev cyklus (1-5) kørt et større antal gange, og for hver gang blev farven fortyndet lidt, idet den mængde vaskevand, der står tilbage på systemet efter vask i en cyklus, fortynder den farve, der påføres i næste cyklus. Dette fremgår klart af nedenstående.

	Tørstof g/kg	Fortynding til C(TS)efter/C(TS)før	Viskositet s (din 4)
Farve før påføring	262	-	26
Farve efter 1' påføring	242	92%	
Farve efter 2' påføring	224	93%	
Farve efter 3' påføring	216	96%	
Farve efter 4' påføring	197	91%	
Farve efter 5' påføring	187	95%	
Farve efter 6' påføring	173	92%	

Tabel G.10

RT-diagram: Bestemmelse af residual farvemængde

RT-tiltag:	3.1.1.1 Opsamling af første skyllevand med henblik på genbrug som farve
Procestype:	Optimering af afvaskning
Anlægstype:	TRESU Pump Unit farvefremføringsystem, kombineret med plexiglas kammerrakel med højtryksrens monteret på forsøgsfarveværk med aniloxvalse, men uden andre valser.
Trykfarve:	Gul bølgepapflexofarve (22a)
Udført:	21/12-99 hos TRESU

Procesbeskrivelse:

1. Print med farve
2. Boost 0,06 sek. der går til farvespand
3. Recirkulation af rent vand fra vandspanden
4. Udpumpning af recirkuleret vand (prøve udtaget)
5. Normal boostcyklus
6. Udpumpning af boostvand og restfarve (prøve udtaget)

Resultater:

Farvemængden i boostet der går til farvespand (resultat fra forrige forsøg, se tabel G.9)	0,33 kg
Farvemængde i recirkuleret vand ud fra TS	0,21 kg
Farvemængde i boostvand fra boostcyklus ud fra TS	0,02 kg
Residualfarvemængde (sum)	0,56 kg

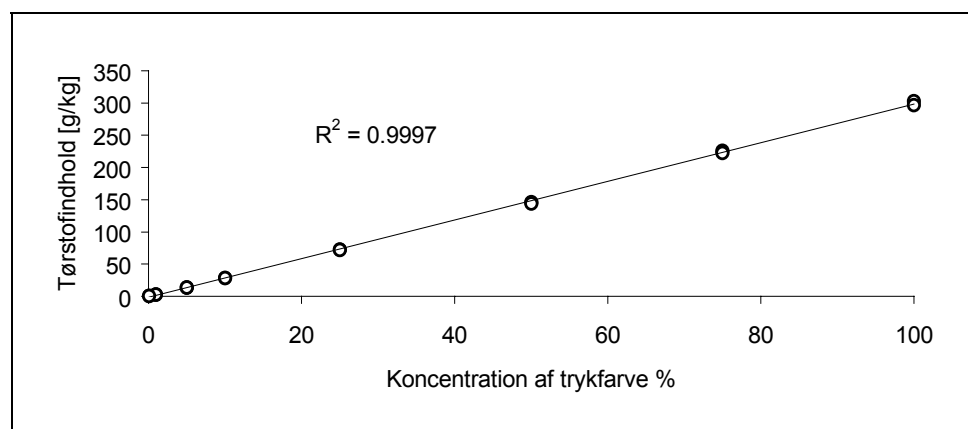
## G.2 Bestemmelse af egnetheden af tørstof som mål for farvekoncentration

I de fleste forsøg er farvekoncentrationer blevet beregnet ud fra målt tørstofindhold under anvendelse af en lineær sammenhæng mellem tørstof og farvekoncentration. Sammenhængen er for en sort bølgepapflexotrykfarve undersøgt i dette forsøg, og resultatet viser, at den er lineær. Resultaterne fremgår af tabel G.11 og figur G.1.

Tabel G.11  
Sammenhæng mellem tørstof og farvekoncentration i vandige fortyndinger

Fortynding 1:	Farveindhold % farve	Tørstofindhold* g/kg	Standard afvigelse g/kg	Relativ standard afvigelse (CV) %	Glødetab GT g/kg TS
0	100	302	4,03	1,35	297
0,33	75	226	2,12	0,95	223
1	50	146	1,70	1,17	144
3	25	72	0,33	0,46	71,8
9	10	28	0,06	0,20	28,1
19	5	14	0,18	1,29	13,5
99	1	3	0,01	0,45	2,66
999	0,1	0	0,02	5,66	0,338

\* Dobbelbestemmelse



Figur G.1  
Tørstofindhold som funktion af trykfarvekoncentration

## G.3 Undersøgelse af vandfortyndbare flexotrykfarvers følsomhed over for fortynding

Formålet med denne undersøgelse har været at undersøge betydningen af en fortynding af flexotrykfarver med 1-10% vand for farvernes egenskaber og det resulterende tryks farvestyrke og dermed kvalitet. Fire procesfarver, sort, cyan, magenta og gul, er undersøgt. Disse farver er først karakteriseret ved hjælp af termisk analyse (Mettler Toledo System TA 4000), hvor fordampeligt materiale og tørstof er bestemt. En prøve på ca. 30 mg vejes af i en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -digel med låg på en mikrovægt, og prøven varmes op med  $10^\circ\text{C}/\text{min}$ . fra  $30^\circ\text{C}$  til  $600^\circ\text{C}$ , i  $\text{N}_2$  atmosfære,  $10 \text{ cm}^3/\text{min}$ . Analysen er

udført som dobbeltbestemmelse. Resultatet opsamles på PC og kurven evalueres med softwareprogrammet METTLER TOLEDO STARe System. Kurven giver vægttabet som funktion af temperaturen. Kurven deles op i en række intervaller, hvor vægtændringen beregnes. I tabel G.12 er resultatet af dobbeltbestemmelserne sammenfattet.

Tabel G.12  
Karakterisering af vandfortyndbare flexotrykfarver ved termisk analyse. Tallene angiver vægttab i %.

Temperaturinterval	Sort	Cyan	Magenta	Gul	Type materiale
30-250°C	71,6	69,3	72,4	72,7	Fordampeligt: Vand og opløsningsmidler
250-450°C	13,8	14,2	14,4	18,6	Bindemiddel + højmolekylært organisk materiale
>450°C	14,9	16,5	13,2	8,7	Pigment/uorganisk materiale
Samlet tørstof >250°C	28,4	30,7	27,6	27,3	

### G.3.1 Effekt på anvendelsesegenskaber ved fortynding

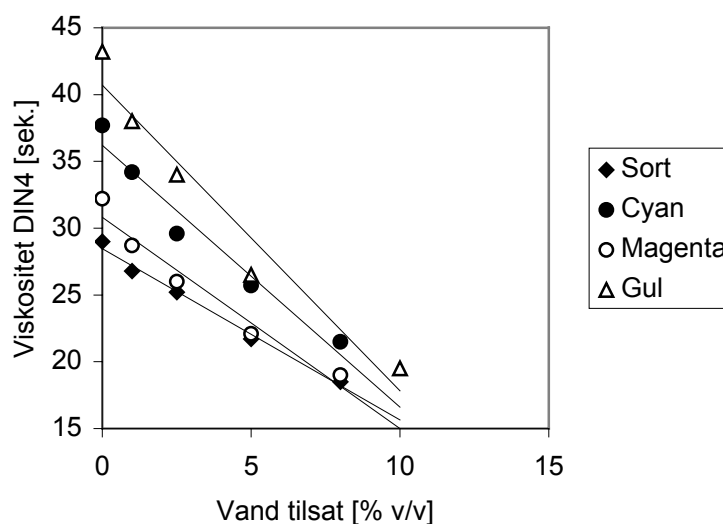
#### *G.3.1.1 Måling af vandfortyndbare flexotrykfarvers viskositet som funktion af fortynding*

Trykfarvernes viskositet er målt ved forskellige fortyndinger med et udløbsbæger (DIN 4 ifølge DIN 53 211-87) ved 23°C. Resultatet angives i sekunder. Fortyndingsgraden er varieret med tilsætning af 1-10% vand. Fortynding med 2% vand skal forstås således, at vandet efter fortynding udgør 2%, dvs. der tilsættes 2 dele vand til 98 dele farve. Alle angivelser er vægtangivelser.

Resultatet af disse målinger er angivet i tabel G.13. Som det fremgår af resultaterne for den statistiske behandling for linearitet i tabel G.13 og figur G.2, kan man med rimelighed regne med et lineært fald i viskositet som funktion af en stigende fortynding med vand på 1-10%. Dette forhold er dog mest udpræget for den sorte farve (se figur G.2), mens det for de øvrige farver detaljeret betragtet gælder, at viskositeten falder mest med det første vand, der tilsættes, og faldet pr. tilsat mængde vand bliver mindre, jo mere der tilsættes, altså et eksponentielt forløb.

Tabel G.13  
Vandfortyndbare flexotrykfarvers viskositet som funktion af fortynding ved 23°C. Statistiske data for linearitet.

Vægt-% vand tilsat til farve	Sort (sek.)	Cyan (sek.)	Magenta (sek.)	Gul (sek.)
0	29	37,7	32,2	43,2
1	26,8	34,2	28,7	38
2,5	25,2	29,6	26	34
5	21,7	25,7	22,1	26,5
8	18,5	21,5	19	-
10	-	-	-	19,5
Konstant	28,48	36,2	30,8	40,7
Usikkerhed Y	0,46	1,48	1,19	2,43
R <sup>2</sup>	0,99	0,96	0,96	0,95
X koeff.	-1,28	-1,96	-1,58	-2,29
Usikkerhed koeff.	0,07	0,22	0,19	0,31



Figur G.2  
Forsøg med fortynding af fire procesfarver med vand

Undersøgelserne beskrevet i det følgende er kun udført for den sorte farve.

### G.3.1.2 Overfladespænding

Der er målt overfladespænding på den sorte, vandfortyndbare flexotrykfarve ved hjælp af et Krüss tensiometer ved 23°C. Disse målinger er udført for at undersøge, om overfladespændingen ændres væsentligt ved fortynding og derved kan påvirke farvens befugtning af underlaget. Overfladespændingen for den sorte farve er uden fortynding 35,4 mN/m, og ved tilsætning af 5% vand sker en reduktion til 34,8 mN/m. Denne ændring vurderes at ligge inden for målemetodens usikkerhed og være uden indflydelse på trykfarvens befugtning af underlaget. Normalt vil tilsætning af vand medføre en stigning i overfladespændingen, og det registrerede fald tilskrives måleusikkerhed.

### G.3.1.3 Lagtykkelse af prøvetryk

Der er fremstillet prøvetryk med 4 forskellige spiralapplikatorer. Disse 4 applikatorer er mærket 8  $\mu$ , 12  $\mu$ , 20  $\mu$  og mrk. 10, hvor mrk. 10 giver det tykkeste lag. Den sorte farve i fortyndinger fra 0-8 vægt-% vand er påført liner med alle fire applikatorer. Disse tryk er tørret i minimum 24 timer før bestemmelse af lagtykkelse. Alle prøver er opbevaret i klimarum ved 23°C og 50% relativ luftfugtighed.

For at bestemme lagtykkelsen blev det forsøgt at anvende differensvejning, hvor massen af laget og derved tykkelsen bestemmes ud fra den gennemsnitlige forskel på 10 prøver med tryk og 10 prøver uden tryk. Forsøget viste, at variansen på masse/areal for 10 prøver af lineren i sig selv var for stor til, at fortyndingens betydning for lagtykkelse kunne bestemmes. Derfor er fortyndingens betydning for lagtykkelse beregnet teoretisk, som vist i tabel G.14.

Tabel G.14  
Lagtykkelse bestemt for tørt tryk i gram/m<sup>2</sup> for sort flexotrykfarve

Vægt-% vand tilsat til flexo farve	Lagtykkelse g/m <sup>2</sup>			
	Appliceret med 8 $\mu$	Appliceret med 12 $\mu$	Appliceret med 20 $\mu$	Appliceret med mrk. 10
0	1,59	2,39	3,98	5,96
1	1,57	2,36	3,93	5,90
2,5	1,55	2,33	3,88	5,82
5	1,51	2,27	3,78	5,67
8	-	2,19	3,65	5,48

### G.3.1.4 Densitet af prøvetryk (efter tørring 24 timer)

Der er målt densitet, som er en refleksionsmåling, på de forskellige tryk med Gretag D 186, da densitetsmåling anvendes i trykkerierne som et mål på farvestyrken. Det vil sige, densitet anvendes for at opnå samme trykkvalitet/farvestyrke fra gang til gang.

Densitetsmålingerne, som er vist i tabel G.15, er udført som 10-dobbelte bestemmelser, hvor gennemsnit og standardafvigelse er beregnet. Resultaterne viser, at der med denne metode ikke kan registreres nogen forskel i refleksion ved fortynding af farven med 1-8% vand. Standardafvigelsen på målingerne er størst for de tyndeste farvelag, hvilket formentlig skyldes, at underlaget har større indflydelse på farvelagets udseende ved påføring af meget tynde lag.

Tabel G.15  
Densitet målt på sorte prøvetryk som funktion af påført lag

Vægt-% vand tilsat til flexo farve	Appliceret med 8 μ		Appliceret med 12 μ		Appliceret med 20 μ		Appliceret med mrk. 10	
	Densitet	Std.afv.	Densitet	Std.afv.	Densitet	Std.afv.	Densitet	Std.afv.
0	2,6	0,12	3,1	0,05	3,17	0,04	3,25	0,02
1	2,7	0,09	3,0	0,14	3,20	0,03	3,24	0,03
2,5	2,8	0,19	3,1	0,11	3,20	0,03	3,25	0,02
5	2,7	0,16	3,0	0,12	3,20	0,02	3,24	0,02
8	-		3,0	0,14	3,21	0,06	3,26	0,06

### G.3.1.5 Måling af kulør på prøvetryk (efter tørring 24 timer)

En mere nøjagtig vurdering af farvelagets udseende kan udføres ved hjælp af kulørmåling. Denne måling er udført med et spektrofotometer (X-RITE SP 78), hvor der er målt inden for bølglængdeområdet 400-700 nm. Målingerne er udført som to gange tredobbelte bestemmelser, hvor et gennemsnit er anvendt til beregning af tristimulusværdier (CIE L\* a\* b\*). L\*-aksen går fra hvid til sort, a\*-aksen går fra rød til grøn, og b\*-aksen går fra gul til blå.

Beregningen af farveforskel er udført ved hjælp af følgende ligninger:

$$\Delta L^* = L^*_1 - L^*_0 ; \Delta a^* = a^*_1 - a^*_0 ; \Delta b^* = b^*_1 - b^*_0 ;$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

hvor 0 = reference og 1 = prøve

Resultatet af de beregnede farveforskelle kan ses i tabel G.16. I tabellen er det påførte lag af farven, som er påført med 8 μ applikator, anvendt som reference. Denne måling viser en tydelig trend, både hvad angår fortynding og lagtykkelse. Farveforskellen stiger med stigende fortynding af farven. Generelt er forskellen ved 8% fortynding af størrelsesordenen 0,4-0,5, og denne farveforskel er synlig for et trænet øje. Forskellen svarer til at der påføres ca. 1 g/m<sup>2</sup> mindre.

Tabel G.16  
Kulørforskel målt på sorte prøvetryk med forskellige lagtykkelser

Vægt-% vand tilsat til flexo farve	Appliceret med 8 μ (ΔE*)	Appliceret med 12 μ (ΔE*)	Appliceret med 20 μ (ΔE*)	Appliceret med mrk. 10 (ΔE*)
0	0,00	0,63	1,31	1,64
1	0,19	0,83	1,30	1,68
2,5	0,26	0,87	1,28	1,73
5	0,34	0,89	1,47	1,92
8	-	1,19	1,51	2,00

### G.4 Vandbaserede flexotrykfarvers nitrifikationshæmning

Nitrifikationshæmning af sort, magenta, gul og cyan vandfortyndbare flexotrykfarver - alle fortyndet tyve gange (20 x) med vand - blev udført efter samme metode som anvendt under udredningsundersøgelserne, se bilag C. Der blev fremstillet 10 mL glas med 20 eller 200 mL/L fortyndet farve, 480



eller 300 mL/L postevand og 500 mL/L aktivt slam (2,34 g SS/L) fra Nivå Renseanlæg. Kontroller blev fremstillet tilsvarende blot uden farve og med postevand i stedet. NO<sub>x</sub>-indholdet blev målt ved start for postevand, fortyndet farve og slam og for blandingen efter 2 timer. Heraf kan 0-ordens nitrifikationshastigheden beregnes og hæmningen som nitrifikationshastigheden i glassene med trykfarve divideret med nitrifikationshastigheden i kontrollerne. Endvidere blev tørstofindholdet i både de ufortyndede og fortyndede trykfarveprøver målt.

For alle fortyndede farver gjaldt det, at der ikke kunne måles nogen NO<sub>x</sub> ved forsøgets start, men at detektionsgrænsen, på grund af den stærke farve, var forholdsvis høj. Benyttes detektionsgrænsen som startværdi betyder det, at den udregnede hæmning er en maksimalværdi. Alternativt kan en minimumsværdi beregnes, hvis det antages, at NO<sub>x</sub>-koncentrationen i farveprøverne er den samme som i postevand.

Tabel G.17

Nitrifikationshæmning og tørstofindhold af 20 X fortyndede trykfarver (tørstof tillige for ufortyndet farve), testet ved 200 mL/L og 20 mL/L. Hvad angår nitrifikationshæmning er tallene i parentes maksimumsværdier, mens tallene uden for parentes er minimumsværdier.

Prøvekoncentration →	Nitrifikationshæmning		Trykfarvernes tørstofindhold (g TS/kg)	
	200 mL/L*	20 mL/L**	Ufortyndet	Fortyndet 20 x
Sort	41% (55%)	<10% (11%)	285	14,6
Magenta	39% (41%)	<10% (<10%)	310	16,1
Gul	58% (64%)	<10% (<10%)	303	15,4
Cyan	43% (49%)	<10% (<10%)	321	17,0

\* Farven fortyndet 20 x

\*\* Farven fortyndet 200 x

## G.5 Model for beregning af vandforbrug og effektivitet af skylleprocedurer

### G.5.1 Skyl uden returskyl til farvekar

Der er opstillet en model til beskrivelse af en skylleproces på TRESU's Pump Unit (beskrevet i afsnit G.1) med direkte genbrug af vand i skylleproceduren. Modellen anvendes til at vurdere effekten af en miljømæssig optimering, hvad angår processens effektivitet med hensyn til vask/skyl.

Følgende parametre er inputdata til modellen:

- Volumenet af farve/vaskevand som sidder tilbage i maskine mm. efter farvning og skylning ( $V_1$ ): 0,6 L
- Koncentrationen af TS i farve ( $C_1$ ): 410 g/L
- Koncentrationen af TS i friskvand ( $C_0$ ): 0,4 g/L
- Det nødvendige skyllevandsvolumen pr. batch ( $V_0$ ): 4,59 L

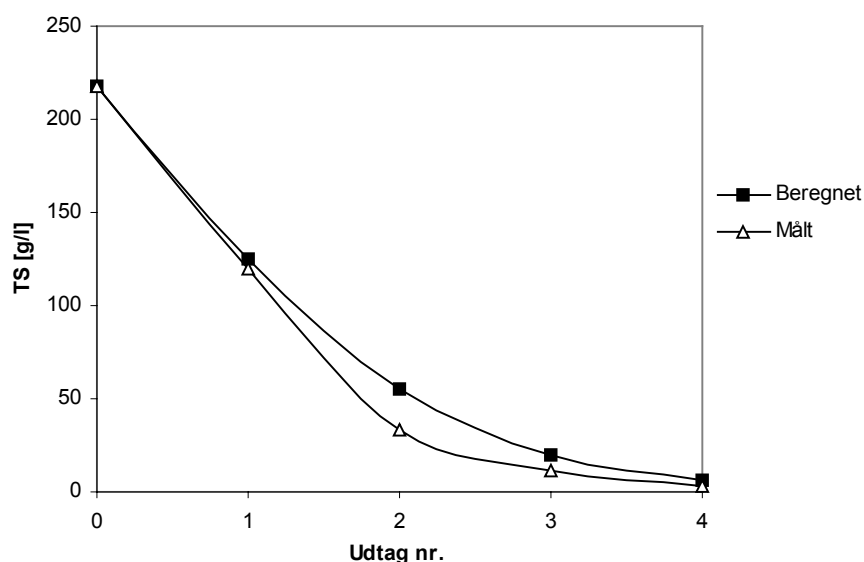
Modellen er baseret på antagelsen om fuldstændig opblanding af vand og stof (dvs. trykfarve) i hvert skyl. Med denne antagelse er det muligt med simple

massebalancer at beregne koncentrationen af TS i ethvert trin i skylleproceduren. Beregningerne er således foretaget i regneark.

#### G.5.1.1 Test af antagelsen om fuldstændig opblanding

Der er gennemført et forsøg med kronologisk udtag af skyllevand fra maskinen under skylning (se tabel G.3). Skyllevandet har således ikke fået lov til at recirkulere, hvorfor antagelsen om fuldstændig opblanding ikke opfyldes fuldstændigt. Under normal skylning vil anvendes recirkulering, hvorfor antagelsen vil passe bedre på denne situation.

I figur G.3 er illustreret henholdsvis de målte og de beregnede værdier af TS-indholdet i skyllevandet. Det fremgår, at der i vid udstrækning er overensstemmelse mellem de to datasæt. Det ses dog, at de målte værdier konsekvent er lavere end de beregnede værdier. Dette vurderes at skyldes den manglende recirkulering, idet der ikke når at indstille sig en ligevægtskoncentration i skyllevandet. Forskellen kan også skyldes en mindre fejl på den vurderede mængde af restfarve i maskinen inden skylning.



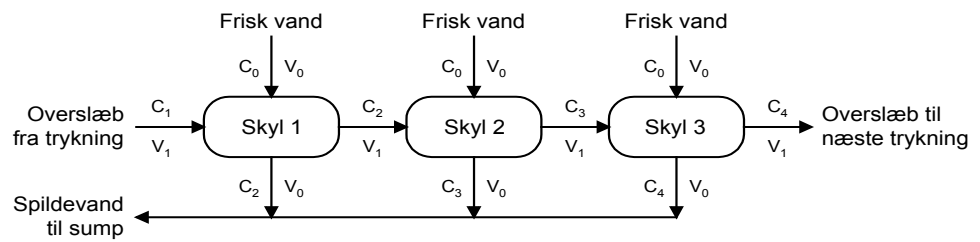
Figur G.3

Test af antagelsen om fuldstændig opblanding ved sammenligning af målte og beregnede værdier af TS-indholdet i skyllevand. De målte værdier er foretaget på fortyndet farve (218 g/L), og modellen er tilpasset dette ændrede forhold.

Det vurderes, at antagelsen om fuldstændig opblanding under skylning er holdbar, og at den opstillede model vil give resultater af tilfredsstillende nøjagtighed til at foretage beregninger på forskellige skylleprocedurer.

#### G.5.1.2 Direkte skyl

Ved direkte skyl forstås skylning med vand i en batch, som derefter ledes til sumpen. Denne procedure gentages, indtil en tilfredsstillende vandkvalitet er opnået. En 3-trins skylleproces er illustreret i figur G.4.



Figur G.4  
Procedure for skylning ved direkte skyl

Matematisk kan modellen for denne skylleprocedure udtrykkes ved n ligninger med n ubekendte:

$$\begin{aligned}
 C_0 \cdot V_0 + C_1 \cdot V_1 &= C_2 \cdot V_0 + C_2 \cdot V_1 \\
 C_0 \cdot V_0 + C_2 \cdot V_1 &= C_3 \cdot V_0 + C_3 \cdot V_1 \\
 &\dots \\
 C_0 \cdot V_0 + C_n \cdot V_1 &= C_{n+1} \cdot V_0 + C_{n+1} \cdot V
 \end{aligned}$$

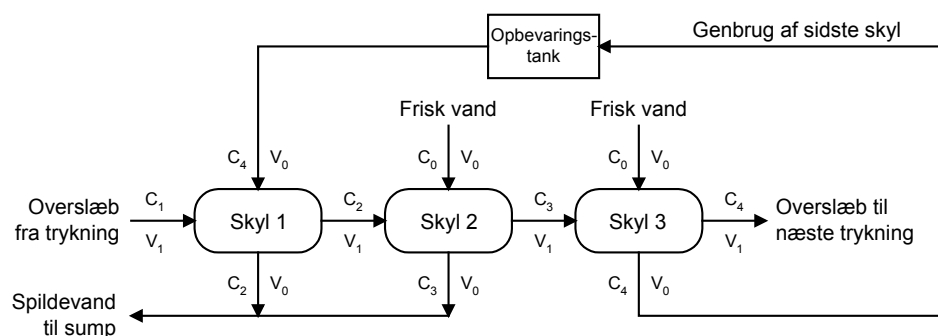
Resultatet af massebalanceberegningen fremgår af tabel G.18.

Tabel G.18  
Massebalance for 3-trins direkte skyl

Skyl nr.	$V_0$ [L]	$V_1$ [L]	C [g/L]
1	4,6	0,6	47,8
2	4,6	0,6	5,9
3	4,6	0,6	1,0
Total til sump	13,8		18,2

### G.5.1.3 Genbrug af sidste skyl

Et 3-trinsskyl med genanvendelse af sidste skyl som skyllevand i første skyl er illustreret i figur G.5. Denne procedure er således en kombination af direkte skyl og modstrømskyl. Ved et uændret antal skyl vil skyllekvantiteten alt andet lige være dårligere end ved direkte skyl.



Figur G.5  
Procedure for skylning ved genbrug af sidste skyl

Matematisk kan modellen for denne skylleprocedure udtrykkes ved  $n$  ligninger med  $n$  ubekendte:

$$\begin{aligned}
 C_{n+1} \cdot V_0 + C_1 \cdot V_1 &= C_2 \cdot V_0 + C_2 \cdot V_1 \\
 C_0 \cdot V_0 + C_2 \cdot V_1 &= C_3 \cdot V_0 + C_3 \cdot V_1 \\
 &\dots \\
 C_0 \cdot V_0 + C_n \cdot V_1 &= C_{n+1} \cdot V_0 + C_{n+1} \cdot V_1
 \end{aligned}$$

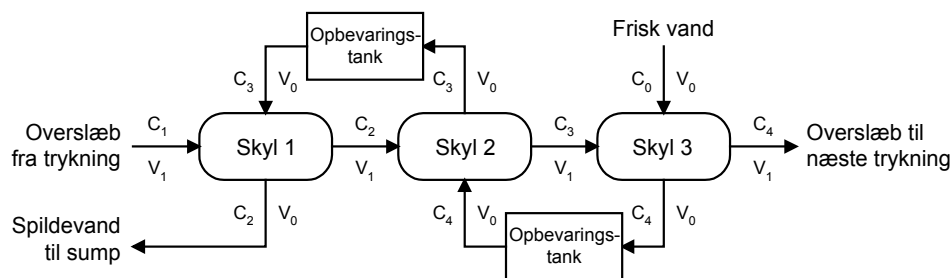
Resultatet af massebalanceberegningen fremgår af tabel G.19.

Tabel G.19  
Massebalance for 3-trins direkte skyl med genbrug af sidste skyl

Skyl nr.	$V_0$ [L]	$V_1$ [L]	$C$ [g/L]
1	4,6	0,6	48,3
2	4,6	0,6	5,9
3	4,6	0,6	1,0
Total til sump	9,2		27,6

#### G.5.1.4 Modstrømsskyl

Ved modstrømsskyl anvendes kun friskvand i det sidste skyl. Efter skylning opbevares dette indtil næste skylleproces, hvor det vil blive genbrugt i det umiddelbart foregående skyl osv., indtil vandet ledes til sumpen efter brug i første skyl. Ved denne procedure reduceres skyllevandsforbruget til et minimum, og der opnås den højeste grad af opkoncentrering af stof. Ved et uændret antal skyl vil skyllekvaliteten alt andet lige være dårligere end ved direkte skyl og genbrug af kun sidste skyl.



Figur G.6  
Procedure for skylning ved fuldstændigt modstrømsprincip (3-trin)

Matematisk kan modellen for denne skylle procedure udtrykkes ved n ligninger med n ubekendte:

$$\begin{aligned}
 C_3 \cdot V_0 + C_1 \cdot V_1 &= C_2 \cdot V_0 + C_2 \cdot V_1 \\
 C_4 \cdot V_0 + C_2 \cdot V_1 &= C_3 \cdot V_0 + C_3 \cdot V_1 \\
 &\dots \\
 C_{n+1} \cdot V_0 + C_{n-1} \cdot V_1 &= C_n \cdot V_0 + C_n \cdot V_1 \\
 C_0 \cdot V_0 + C_n \cdot V_1 &= C_{n+1} \cdot V_0 + C_{n+1} \cdot V_1
 \end{aligned}$$

Resultatet af massebalanceberegningen for henholdsvis 3 og 4 trin fremgår af tabel G.20 og G.21.

Tabel G.20  
Massebalance for 3-trins modstrømsskyl

Skyl nr.	$V_0$ [L]	$V_1$ [L]	C [g/L]
1	4,6	0,6	53,8
2	4,6	0,6	7,3
3	4,6	0,6	1,2
Total til sump	4,6		53,8

Tabel G.21  
Massebalance for 4-trins modstrømsskyl

Skyl nr.	$V_0$ [L]	$V_1$ [L]	C [g/L]
1	4,6	0,6	53,9
2	4,6	0,6	7,4
3	4,6	0,6	1,3
4	4,6	0,6	0,5
Total til sump	4,6		53,9

### G.5.2 Skyl med returskyl til farvekar

Der regnes på 50% genvinding af farvemængden ved returskylning til farvespanden. Følgende parametre er inputdata til modellen:

- Volumenet af farve/vaskevand som sidder tilbage i maskine mm. efter farvning og skylning ( $V_1$ ): 0,6 L
- Koncentrationen af TS i maskinen efter returskylning ( $C_1$ ): 205 g/L
- Koncentrationen af TS i friskvand ( $C_0$ ): 0,4 g/L
- Det nødvendige skyllevandsvolumen pr. batch ( $V_0$ ): 4,59 L

Der er opstillet massebalancer for følgende scenarier:

2-trins skyl

1. Direkte skyl uden genbrug
2. Direkte skyl med genbrug af sidste skyl (2-trins modstrømsskyl)

3-trins skyl

3. Direkte skyl uden genbrug
4. Direkte skyl med genbrug af sidste skyl
5. Modstrømsskyl

4-trins skyl

6. Modstrømsskyl

Resultatet af massebalancen fremgår af de efterfølgende tabeller.

Tabel G.22

Massebalance for 2-trins direkte skyl uden genbrug (1)

Skyl nr.	$V_0$ [L]	$V_1$ [L]	C [g/L]
1	4,6	0,6	24,1
2	4,6	0,6	3,1
Total til sump	9,2		13,6

Tabel G.23

Massebalance for 2-trins modstrømsskyl (2)

Skyl nr.	$V_0$ [L]	$V_1$ [L]	C [g/L]
1	4,6	0,6	26,7
2	4,6	0,6	3,4
Total til sump	4,6		26,7

Tabel G.24

Massebalance for 3-trins direkte skyl (3)

Skyl nr.	$V_0$ [L]	$V_1$ [L]	C [g/L]
1	4,6	0,6	24,1
2	4,6	0,6	3,1
3	4,6	0,6	0,7
Total til sump	13,8		9,3

Tabel G.25

Massebalance for 3-trins direkte skyl med genbrug af sidste skyl (4)

Skyl nr.	$V_0$ [L]	$V_1$ [L]	C [g/L]
1	4,6	0,6	24,3
2	4,6	0,6	3,2
3	4,6	0,6	0,7
Total til sump	9,2		14,1

Tabel G.26

Massebalance for 3-trins modstrømsskyl (5)

Skyl nr.	$V_0$ [L]	$V_1$ [L]	C [g/L]
1	4,6	0,6	27,1
2	4,6	0,6	3,8
3	4,6	0,6	0,8
Total til sump	4,6		27,1

Tabel G.27

Massebalance for 4-trins modstrømsskyl (6)

Skyl nr.	$V_0$ [L]	$V_1$ [L]	C [g/L]
1	4,6	0,6	27,1
2	4,6	0,6	3,9
3	4,6	0,6	0,8
4	4,6	0,6	0,5
Total til sump	4,6		27,1

## Substitution af farve - og afvaskningsmiddelkomponenter

De substitutioner, der anbefales her, er udelukkende baseret på farlighedsvurderingen for miljø og sundhed foretaget i kapitel 4, og der er således ikke foretaget en risikovurdering. Anbefalingerne er foretaget inden for hver enkelt funktionsgruppe. Dette er gjort uden hensyn til stoffernes kemiske og fysiske egenskaber (f.eks. damptryk, viskositet, opløselighed), idet dette ligger uden for rammerne af dette projekt. Det anbefales derfor, at produktets tekniske egenskaber undersøges nærmere ved eventuelle substitutioner.

### *Bindemidler*

Inden for gruppen af bindemidler betragtes polyakrylater, polymethakrylater samt styren-akrylcopolymerer som sundhedsmæssigt uacceptable i det omfang, der forekommer større mængder (> 200 ppm) monomerer i dem. Poly(meth)akrylaterne og styren-akrylcopolymererne er opbygget af forskellige monomerer, som danner baggrund for vurderingen. Blandt disse vurderes ethylakrylat samt styren som uacceptable. Det anbefales derfor, at poly(meth)akrylater, hvor monomererne ethylakrylat eller styren forekommer, erstattes af poly(meth)akrylater uden forekomst af disse to monomerer. Anvendelsen af ethylakrylat i polyakrylaterne er dog vurderet som lille (se tabel 4.2 i kapitel 4). Ligeledes anbefales styren-akrylcopolymererne, polyvinylacetat og polyurethan substitueret efter samme princip. Miljømæssigt bør kolophoniumbaserede forbindelser undgås og substitueres med f.eks. poly(meth)akrylaterne (med lavt monomerindhold), idet farlighedsvurderingen indikerer, at disse stoffer er uønskede i vandmiljøet.

### *Pigmenter*

Som tidligere nævnt, er oplysninger for miljø- og sundhedsfarligheden af pigmenter meget sparsom. Det er dog muligt at pege på enkelte pigmenter, der af sundhedsmæssige årsager er uacceptable, og som bør erstattes af andre mindre sundhedsfarlige pigmenter. Pigmenter, der af sundhedsmæssige årsager anbefales at blive substitueret, er Pigment Gul 1, Pigment Rød 8 og Pigment Sort 7. At Carbon Black (Pigment Sort 7) vurderes som uacceptabel (muligt kræftfremkaldende) hænger sandsynligvis sammen med muligt indhold af PAH'er (benz(a)pyren) som "urenheder". Miljømæssigt er størstedelen af de organiske pigmenter foreløbigt vurderet som uønskede i vandmiljøet. Dette er primært gjort på baggrund af de stoffer, som pigmenterne kan omdannes til under særlige forhold. Hvorvidt dette sker i vandmiljøet, er der meget lidt viden om, og dette bør derfor undersøges nærmere, før der foretages en endelig vurdering af de organiske pigmenter.



### *pH-regulatorer*

pH-regulatorerne, der er fundet anvendt i vandfortyndbare flexotrykfarver, er alle vurderet som miljø- og sundhedsmæssigt forsvarlige, når forholdsregler for arbejde med disse stoffer overholdes. Kun diethylethanolamin skiller sig ud fra de øvrige pH-regulatorer med miljøscoren b. Substitution af diethylethanolamin kan anbefales, men stoffet anvendes så vidt vides ikke i flexotrykfarver på det danske marked.

### *Opløsningsmidler*

Baseret på farlighedsvurderingen er de bedste valg inden for gruppen af opløsningsmidler n-propanol, glycerol, hexylenglykol, propylenglykol og methoxypropanol. Ethylenglykolmonoethylether (ethoxyethanol) kan skade forplantningsevnen samt barnet under graviditet. Anvendelsen af dette stof er derfor ikke ønsket. Dette er i overensstemmelse med erfaringer gjort i nærværende projekt, nemlig at stoffet så vidt vides ikke findes i danske recepturer for vandfortyndbare flexotrykfarver. Erstatningsmæssigt ville f.eks. det beslægtede ethoxypropanol eller methoxypropanol kunne anbefales.

### *Emulgatorer/dispergeringsmidler*

Anbefalinger inden for emulgatorer og dispergeringsmidler er udelukkende baseret på de miljømæssige scoringer, idet der ikke er sundhedsmæssigt uønskede stoffer inden for denne gruppe. Dette gælder dog ikke poly(meth)akrylaterne, der allerede er omtalt under afsnittet om bindemidler. Inden for gruppen af nonioniske tensider repræsenteret ved alkoholethoxylater, alkylpolyglykosider, alkylphenoethoxylater, EO/PO-blokpolymerer samt fedtsyreestere er alkylphenoethoxylaterne miljømæssigt uønskede. De bør erstattes f.eks. med andre af de nonioniske tensider, som alle er vurderet som miljømæssigt uproblematisk, så længe de ikke udledes i meget store mængder. Farlighedsvurderingen viser ligeledes, at de kvaternære ammoniumsforbindelser (herunder fedtsyrediammonium dimethosulfat), som tilhører gruppen af traditionelle kationiske tensider, er uønskede i vandmiljøet. De kvaternære ammoniumsforbindelser bør derfor substitueres med mindre miljøfarlige tensider. Inden for gruppen af de kationiske tensider er der udviklet nye typer, som er let nedbrydelige på grund af forekomst af let nedbrydelige esterbindinger i strukturen (DEEDMAC og DEEDMAMS). Disse typer er dog dyrere end de traditionelle typer, men bør vælges af hensyn til vandmiljøet. Inden for anioniske tensider, som er repræsenteret ved sulfonater, ethersulfater, succinater samt fedtsyrer, bør udledningen af typerne alkylbenzensulfonater samt succinater kontrolleres. En oversigt over anbefalinger for valg af emulgatorer til vandfortyndbare flexotrykfarver baseret på miljøfarlighedsvurderingen er vist i nedenstående tabel.

Tabel H.1

Tensider der anbefales anvendt som emulgator/dispergeringsmiddel i vandfortyndbare flexotrykfarver og som afvaskningsmiddel i forbindelse med flexografisk tryk

Stofstype	Stofgruppe
Anioniske tensider	Alkylethersulfater Fedtsyrer, ammoniumsalt
Nonioniske tensider	Alkoholethoxylater, lineære Alkylpolyglykosider EO/PO-Bløkpolymerer Fedtsyreesterer
Kationiske tensider	Diester-baserede ammoniumforbindelser (DEEDMAC, DEEDMAMS)
Amfotere tensider	Alkylbetainer Alkylamidobetainer Alkylamidoglycinater
Øvrige stoftyper	Polyvinylacetat

#### *Blødgørere*

Gruppen af blødgørere vurderes umiddelbart ikke at være miljø- eller sundhedsmæssigt problematisk, så længe forholdsregler for arbejde med disse stoffer overholdes. Det har dog ikke været muligt at miljø- og sundhedsvurdere de glykoldibenzoatbaserede og fosfatbaserede typer.

#### *Filmdannere*

Som filmdannere anvendes glykolethere. Inden for denne gruppe bør anvendelsen af ethylenglykolmonoethylether (ethoxyethanol) undgås (se under opløsningsmidler ovenfor), og andre glykolethere f.eks. propylenglykolether kan med relativ, miljømæssig fordel anvendes i stedet.

#### *Gnidesthedshjælpemidler*

Ingen af de vurderede stoffer er fundet uacceptable med hensyn til sundhed eller uønskede i kloaksystemet.

#### *Skumdæmpere*

Mineraloliebaserede skumdæmpere er miljøfarlige og bør erstattes af mindre miljøfarlige typer som f.eks. de silikonebaserede. Stoffet 2,4,7,9-tetramethyl-5-decyn-4,7-diol bør ligeledes af hensyn til miljøet erstattes af f.eks. de silikonebaserede skumdæmpere.

#### *Befugtere*

Inden for gruppen af befugtere bør stofferne 2,5,8,11-tetramethyl-6-dodecyn-5,8-diol og 2,4,7,9-tetramethyl-5-decyn-4,7-diol substitueres med de siliconebaserede typer (polydimethylsiloxan). Det har dog ikke været muligt at vurdere de substituerede siloxaner (f.eks. polyestermodificerede).

#### *Konserveringsmidler*

Konserveringsmidlernes funktion er at undgå mikrobiel vækst i de vandbaserede flexotrykfarver, og de besidder derfor oftest en meget høj giftighed over for vandlevende organismer samt en ringe biologisk nedbrydelighed. Dette betyder, at de fleste konserveringsmidler er uønskede i vandmiljøet. Ligeledes er enkelte af de her vurderede konserveringsmidler sundhedsmæssigt uønskede. Dette gælder stofferne 1,2-benzisothiazolin-3-on

og o-phenylphenol. På baggrund af den samlede farlighedsvurdering af konserveringsmidlerne, der er fundet anvendt i vandfortyndbare flexotrykfarver, er det ikke muligt at anbefale enkelte fremfor andre men kun at begrænse indholdet mest muligt. Der er dog flere scoringer, der kun indikerer (dvs. små "a"er), at stofferne er uønskede, idet oplysninger om stofferne har været for mangelfulde til at fastsætte den endelige farlighedsscore.

#### *Tværbindere*

På baggrund af både miljø- og sundhedsfarligheden af aziridin anbefales det, at stoffet substitueres med en anden tværbinder inden for gruppen. Dette kan f.eks. være tinoxid eller aminosilaner.

#### *Affedtningsmidler*

Gruppen af affedtningsmidler er ikke specielt problematisk, sålænge anbefalede foranstaltninger for arbejde med alkaliske væsker overholdes, når disse anvendes.

#### *Kompleksdannere*

Blandt kompleksdannerne er stofferne nitriloacetat (NTA) og trinatriumnitriolotriacetat begge sundhedsmæssigt uacceptable og bør således erstattes af mindre farlige stoffer. Det samme er gældende for den foreløbige miljøvurdering af fosfonaterne. Som erstatning kan anbefales bl.a. natriumsilikaterne, hvor den foreløbige farlighedsvurderinger viser, at disse stoffer er miljø- og sundhedsmæssigt bedre end nitriloacetaterne og fosfonaterne. Vurderingen af EDTAs miljøfarlighed viser, at hvis EDTA anvendes som kompleksdanner i afvaskningskemikalierne, bør udledningen af dette stof til offentlig kloak kontrolleres.

#### *Fortykningsmidler*

Ved anvendelse af poly(meth)akrylater som fortykningsmiddel, bør typer med monomerindhold (se under bindemidler) undgås. Anvendelse af natriumsilikaterne kan anbefales både miljø- og sundhedsmæssigt.

#### *Syrer*

Gruppen af syrer er ikke specielt problematisk, sålænge anbefalede foranstaltninger for arbejde med syrer overholdes.

#### *Polermidler*

Som polermiddel i flexotrykfarver og afvaskningsmidler er der her kun fundet anvendelse af uproblematiske stoffer. Dette er under forudsætning af, at forholdsregler for arbejde med disse stoffer overholdes.

# Leverandøroversigt

## I.1 Producenter/Leverandører af afvaskningssystemer

### **Producent:**

#### **Accustrip Denmark ApS**

Norgesvej 10  
DK-5700 Svendborg  
Telefon: 62 22 46 45  
Telefax: 62 22 45 41  
[www.accustrip.dk](http://www.accustrip.dk)

#### **Apex Europe**

P.O. Box 41  
NL-5527 ZG Hapert  
Holland  
Telefon: +31 497 36 1111  
Telefax: +31 497 36 1122  
[www.apex-europe-b.com](http://www.apex-europe-b.com)

#### **Bobst SA**

CH-1001 Lausanne  
Schweiz  
Telefon: +41 21 621 21 11  
Telefax: +41 21 621 20 70  
[www.bobst.com](http://www.bobst.com)

#### **Absolutely Micro Clean**

11311 Trade Center Drive Suite 115  
Rancho Cordova, CA 95742d  
USA  
Telefon: +1 800 474 8489  
Telefon: +1 916 635 4337  
Telefax: +1 916 635 4654  
[www.microclean-intl.com](http://www.microclean-intl.com)

#### **Caresonic**

Unit 11, Poole Hall Industriel Estate  
Elleomor Port  
South Wirral CH66 1ST  
United Kingdom  
Telefon: +44 (0) 1515364013  
Telefax: +44 (0) 1515364037  
[www.caresonic.com](http://www.caresonic.com)

### **Tilhørende leverandør:**

Mr. Jorma Pirhonen  
IFAS HB  
P.O. Box 38  
Farovagen 7  
S-73061 Virsbo  
Sweden  
Mobil: +46 70 710 7153  
Mobil: +358 50330 4951

#### **F.L. Bie Grafisk A/S**

Sydmarken 46  
DK-2860 Søborg  
Telefon: 7025 2220  
Telefax: 39 53 70 19

**Producent:**

**Duo-Technik**  
**Peichl & Listmann GmbH**  
An der Wascherde 7  
D-36341 Lauterbach  
Tyskland  
Telefon: +49 66 41 96 95 0  
Telefax: +49 66 41 96 95 40  
www.duo-technik.de

**Fischer & Krecke**  
Hakenort 47  
D-33609 Bielefeld  
Tyskland  
Telefon: +49 521 3048 0  
Telefax: +49 521 3048210  
www.fisher-krecke.de

**FIT Flexo Inking Technologies**  
420 Station Road  
Quakertown,  
Pennsylvania 18951  
USA  
Telefon: +1 215 536 7311  
Telefax: +1 215 536 7471  
www.fitflexo.com

**Flexo Wash**  
Grenåvej 631K  
DK-8541 Skødstrup  
Telefon: 86 99 36 41  
Telefax: 86 99 13 43  
www.flexowash.com

**Gensert GmbH Grafische Maschinen**  
Industriestrasse 4  
D-79801 Hohentengen/Rhein  
Tyskland  
Telefon: +49 7742 1055  
Telefax: +49 7742 7450

**Göpfert Maschinen GmbH**  
Am Zollwasen 6  
D-97353 Wiesentheid  
Tyskland  
Telefon: +49 93 83 205 64  
Telefax: +49 93 83 205 43  
www.goepfert.de

**Harris & Bruno Machine Company**  
8555 Washington Blvd.  
Roseville, CA 95678  
USA  
Telefon: +1 916 781 7676  
Telefax: +1 916 781 3645  
www.harris-bruno.com

**Tilhørende leverandør:**

**Niels Thorup efft. ApS**  
Sandøvej 9 B  
DK-8700 Horsens  
Telefon: 7561 7688  
Telefax: 7561 7689

**Mechatronic Limited**  
P.O. Box 2  
Marple, SK6 /FD  
United Kingdom  
Telefon: +44 (0) 161 355 1589  
Telefax: +44 (0) 161 355 1593

**Producent:**

**Laserlife Australia**  
105-111 Ricketts Road  
Mt. Waverley, Vic. 3149  
Australien  
Telefon: +61 3 9544 0666  
Telefax: +61 3 9562 9573

**Sun Automation**  
66 Loveton Circle  
Sparks, MD 21152  
USA  
Telefon: +1 410 472 2900  
Telefax: +1 410 472 2907  
www.sunautomation-europe.com

**TRESU Production A/S**

Eggsvej 14-16  
DK-6091 Bjert  
Telefon: 76 32 35 00  
Telefax: 76 32 35 10  
www.tresu.dk

**Windmüller & Hölscher KG**

Münsterstr. 50  
D-49525 Lengerich  
Tyskland  
Telefon: +49 (0) 5481 14-0  
Telefax: +49 (0) 5481 14-2649  
www.wh-lengerich.de

**Tilhørende leverandør:**

Skandinavisk repræsentant:

**CMM special systems**  
Mr. R. Boysma  
Sun Automation europe  
Druckerstraat 16"  
NL-5823 HS Arnhem  
Telefon: +31 26 354 4883  
Telefax: +31 26 354 4888

**H. Norman Friis A/S**

Rådhusstorvet 1  
3520 Farum  
Telefon: 4434 0011  
Telefax: 4434 0015

**I.2 Leverandører/producenter af trykfarver (T) og afvaskningskemikalier (A)****Producent:**

**Akzo Nobel Inks (T+A)**  
Abildager 16  
DK-2605 Brøndby  
Telefon: 43 45 25 44  
Telefax: 43 45 75 01  
www.akzonobel.dk

**BASF Drucksysteme GmbH (T+A)**

Sieglestrasse 25  
D-70469 Stuttgart-Feuerbach  
Tyskland  
Telefon: 00 49 711 98 16 0  
Telefax: 00 49 711 98 16 700  
www.basf-drucksysteme.de

**Coates Lorilleux A/S (T)**

Meterbuen 3-5  
DK-2740 Skovlunde  
Telefon: 44 94 91 22  
Telefax: 44 94 72 92  
www.coateslorilleux.dk

**Tilhørende leverandør:****BASF trykssystemer A/S**

Pantonevej 2  
6580 Vamdrup  
Telefon: 7558 2010  
Telefax: 7558 2233

**Producent:****Flexoclean engineering B.V. (A)**

P.O. Box 374  
NL-4940 AJ Raamsdonksveer  
Holland  
Telefon: +31 (0) 162 57 6222  
Telefax: +31 (0) 162 57 6220  
www.flexoclean.nl

**IFC Willco Kemi AB (A)**

Box 74  
S-26035 Ödåkra  
Sverige  
Telefon: +46 42 20 58 20  
Telefax: +46 42 20 41 15

**Joachim Dyes Lackfabrik GmbH (T)**

Industriestrasse 12  
D-31275 Lehrte  
Tyskland  
Telefon: 00 49 51325009 0  
Telefax: 00 49 5132500910  
www.terralacke.de

**Nordisk trykfarve Industri ApS (T+A)**

Roholmvej 7  
2620 Albertslund  
Telefon: 4263 6464

**Recyl (A)**

17, rue de Montréal  
F-74100 Ville-la-Grand  
Frankrig  
Telefon: +33 (0) 450 924868  
Telefax: +33 (0) 450 955472  
www.recyl.fr

**Resino Trykfarver A/S (T)**

metalbuen 13  
2750 Ballerup  
Telefon: 4497 3488

**Sun Chemical AB (T)**

Box 502  
S-16215 Vällingby  
Sverige  
Telefon: +46 8 36 26 00  
Telefax: +46 8 36 76 29  
www.suneurope.com

**Tellus A/S (A)**

Valnæsvej 3  
DK-4700 Næstved  
Telefon: 5577 1560  
Telefax: 5577 1197

**Tilhørende leverandør:****Bent Poulsen A/S**

Sydmarken 46  
DK-2860 Søborg  
Telefon: 7025 2220  
Telefax: 39 53 70 19

**Sun Chemical Hartmann A/S**

P.O. Box 33  
Birkemosevej 1  
DK-8361 Hasselager  
Telefon: 7022 0555  
Telefax: 7022 0777

**Producent:**

**Torda Ink AB (T)**  
Box 33  
S-221 00 Lund  
Sverige  
Telefon: +46 46183212

**Tilhørende leverandør:****I.3 producenter/Leverandører af vandbehandlingsanlæg****Producent:**

**Alar Engineering Corporation**  
9651 West 196<sup>th</sup> Street  
Mokena  
Illinois 60448  
USA  
Telefon: +1 708 479 6100  
Telefax: +1 708 479 9059  
www.alarcorp.com

**Tilhørende leverandør:**

**Beckart Environmental, Inc.**  
6900-46<sup>th</sup> Street  
Kenosha, WI 53144  
USA  
Telefon: +1 414 656 7680  
Telefax: +1 414 656 7699  
www.beckart.com

**Beckart Environmental, Inc.**  
Phoenix Works  
Market Street  
Rugeley, Staffordshire, WS15 2JJ  
England  
Telefon: +44 1889 576464  
Telefax: +44 1889 579737

**Hebro Chemie GmbH**

Rostocker Strasse 40  
D-41199 München Gladbach  
Tyskland  
Telefon: +49 (0) 2166 6009-0  
Telefax: +49 (0) 2166 6009-99  
www.hebro-chemie.de

**Heuser Apparatebau GmbH**

Am Schlagbaum 10  
D-42781 Haan  
Tyskland  
Telefon: +49 21 29 59907  
Telefax: +49 21 29 59906  
www.heuser-apparatebau.de

**Intercontainer Machinery AG**

Schönbühlstrand 25  
P.O. Box 244  
CH-6000 Luzern 14  
Schweiz  
Telefon: +41 41 361 11 40  
Telefax: +41 41 361 11 21



**Producent:****SDL**

Water and Wastewater Systems  
SDL Technologies Ltd.  
4 Habosem St.  
P.O. Box 6699  
Ashdod 77166  
Israel  
Telefon: +972 8 8564314  
Telefax: +972 8 8524289  
[www.sdl-tech.com](http://www.sdl-tech.com)

**Serco Holland**

Serco bv  
Rootven 20  
NL-5531 MB Bladel  
Holland  
Telefon: +31 497 362500  
Telefax: +31 497 362510  
[www.serco.nl](http://www.serco.nl)

**Westley Controls**

Westley House  
Market Square  
Rugely, WS15 2BL  
England  
Telefon: +44 1889 586521  
Telefax: +44 1889 575149  
[www.westleycontrols.freeserve.co.uk](http://www.westleycontrols.freeserve.co.uk)

**Tilhørende leverandør:****Scandinavia**

**Alliance systems BV**  
Mr. Bas Berkenbosh  
Telefon: +46 (0) 5333 10757

# Stikordsregister

## A

- abietic syre, 32
- abiotisk nedbrydning, 42
- Accustrip, 73
- Accustrip Denmark, 72
- acetylen, 37
- acetylenbaserede, 37
- additiver, 30, 36
- adsorberbart organisk halogen (AOX), 81
- adsorberbart, organisk halogen (AOX), 80
- adsorptionsproces, 136
- adsorptionsprocesser, 136
- afdrypningstid, 106
- affald, 82, 86
- affaldssække, 79
- affedtningsmiddel, 39
- affedtningsmidler, 51
- afgrænsning, 19
- afsmitning, 40
- afvanding i filterpresse, 76
- afvaskerforbrug, 87
- afvaskerforbrug, årligt, 94
- afvaskning, 22, 91, 92, 93, 97
- afvaskning af farveværk, nødvendigt vandforbrug, 108
- afvaskning af farveværk, optimering, 107
- afvaskning af farveværk, recirkulering, 107
- afvaskning af farveværk, rent vand, 107
- afvaskning af farveværker, 101
- afvaskning, varmt vand, 107
- afvaskninger, 80
- afvaskninger pr. år, 95
- afvaskninger pr. dag, 95
- afvaskninger, minimering, 103
- afvaskningsanlæg, 72, 73
- afvaskningsanlægsproducenter, 72
- afvaskningskemikalier, 39, 51
- afvaskningsmiddel, 58, 84, 109, 141
- afvaskningsmiddel, genbrug, 109
- afvaskningsmiddelforbrug, 84
- afvaskningsmiddelforbrug i branchen, 100
- afvaskningsmiddelforbrug i branchen, 98
- afvaskningsmidler, 139, 142
- afvaskningsmidler, kliché/trykpresse, 110
- afvaskningsteknikker, 56
- akrylat, 36
- akrylatcopolymerisater, 31
- akrylater, 30, 31, 41
- aktivt kul, 77
- aktivt kulfilter, 76
- aktivt slam, 81
- aktivt stofindhold, 87
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 34
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.2SO<sub>3</sub>.xH<sub>2</sub>O, 34
- alicykliske forbindelser, 40
- alkalibaserede opløsninger, 56
- alkalisk affedtning, 100
- alkalisk afvasker, 100
- alkalisk afvaskningsmiddel, 57
- alkalisk bad vask, 72
- alkaliske afvaskningsmidler, 58, 59, 65
- alkaliske bade, 74
- alkoholer, 35, 40, 86
- alkoholethoxylater, 36, 40, 47
- alkylamidobetainer, 36
- alkylamidoglycinater, 36
- alkylbensulfonater, 36, 47
- alkylbetainer, 36
- alkyldimethylbetainer, 47
- alkylethersulfater, 36, 40, 47
- alkylethersulfosuccinater, 36, 47
- alkylphenolethoxylater, 36, 47, 99, 109
- alkylpolyglykosider, 36, 40, 47, 51
- aluminahydrat, 34
- aluminahydrat (Pigment Hvid 24), 46
- amendment, 5th, 46
- amfotere tensider, 36, 39, 47
- amidvoks, 37, 48
- aminer, 30, 35, 39, 40, 43, 86
- aminosilaner, 38, 50
- ammoniakvand, 35, 43
- amorft silika, 40
- anaerobe bionedbrydelighed, 47
- anaerobe forhold, 24
- anbefalet rensemedie, 74
- aniloxvalse, 21, 53, 105, 140
- aniloxvalser, 40, 52, 58, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 73
- aniloxvalser, afvaskning/remsning, 110
- aniloxvalserens, 81
- aniloxvalserensemidler, 41
- aniloxvalsevask, 142
- anioniske alkylethersulfater, 51
- anioniske tensider, 36, 40, 47
- anthraquinoner, 33, 45
- antikrølmidler, 38
- AOX-forbindelser, 90
- AOX-indhold, 85, 100
- Apex, 72
- arbejds miljømæssige aspekter, 139
- arsen, 80, 82, 89
- arvespild ved afvaskning af farveværker, 98
- arylamid røde pigmenter, 33
- arylaminer, 44, 46
- arylidgule pigmenter, 33
- arylsulfonater, 39, 40, 51
- automatisk gennemskyl (flush), 98
- automatisk pH- og viskositetskontrol, 105
- automatisk remsning af klicheer, 63
- automatisk vask af farveværker, 59
- automatisk vask af
  - kammerrakler/farvebakker, 70
- automatisk vask af klicheer, 64
- automatiske afvaskningsanlæg, 72
- automatiske dyseafvaskningsanlæg, 98
- automatiske vasketeknikker, 56
- aziridin, 50, 79, 99
- azo-farvestoffer, 44
- azo-pigmenter, 44

## B

bærepladeareal, 87  
bagepulver, 40, 41, 57, 100, 110  
bagepulverblæseanlæg, 74  
bagepulverblæsekabinetter, 72  
baggrund, 17  
båndfilter, 76  
barium, 33, 80, 82, 89  
baser, 81  
BaSO<sub>4</sub>, 34  
batch-behandling, 77  
batch-proces, 76  
befugtere, 35, 36, 37, 49, 99, 109  
befugtning, 127  
behandlingstank, 76  
benzisothiazolin-3-on, 1,2-, 37  
benzidingul, 33  
benzimidazolderivat, 38  
benzimidazol-derivat, 50  
benzimidazoler, 45  
benzimidazoler (monoazo), 33, 45  
benzisothiazolin-3-on, 1,2-, 38, 50  
benzoater, 48  
besparelspotentiale, 141  
besparelspotentialer, 136  
bindemiddel, 30, 34, 39, 86, 88  
bindemiddelemulsion, 34  
bindemiddelsystem, 79  
bindemidler, 29, 30, 32, 40, 99, 109  
bioakkumulerbarhed, 24  
biokemisk iltforbrug (BOD<sub>5</sub>), 80, 81  
biotilgængelighed, 41  
blå farve, 84  
blå og grønne pigmenter, 76  
blå pigmenter, 34  
blæse-/poleringsmidler, 39  
blæseanlæg, 72  
blæsekabinet, 68, 71  
blæsemedie, 57  
blæsemidler, 40, 41, 52, 65  
blæsning, 66, 71, 73, 110  
blæsning med bagepulver, 142  
blæsning/erodering, 56, 57, 68  
Blanc Fixe, 34  
Blanc fixe (Pigment Hvid 21), 46  
blødgørere, 36, 41, 47  
blødgøringsstemperatur, 31  
blokerede isocyanater, 32  
bly, 80, 82, 89  
Bobst, 72  
BOD<sub>5</sub>, 86, 90  
bølgepapemballagetrykkeri, 82  
bølgepapemballagetrykkerier, 97, 98  
bølgepapflexotrykfarver, 85  
bølgepapindustrier, 21  
BON arylamid rød-pigmenter, 33  
boost, korte, 115, 118, 122  
boost, serier, 118  
boosttid, 114, 116  
boosttider, korte, 116  
boostvand, 114, 141  
børste, 56, 57, 70, 72  
børster, 58, 61, 64, 71, 72, 73, 110  
brændbart affald, 89, 99, 109, 138  
branchen, 89, 98, 111  
brom-2-nitropropan-1,3-diol (Bronopol), 2-, 38, 50  
brom-2-nitropropan-1,3-diol, 2-, 50

Bronopol, 37  
bundfældning, 75, 76  
butylakrylat, 30, 31  
butylcarbamat, 32  
butyldiglykol, 40, 44, 51  
butylmethakrylat, 31

## C

CaCO<sub>3</sub>, 34  
cadmium, 80, 82, 89  
calcium, 33  
CaO, 34  
Carbon black, 34  
Carbon black (Pigment Sort 7), 46  
chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-on, 5-, 50  
COD, 88, 90  
COD/BOD<sub>5</sub>-forhold, 81, 86, 88, 90, 100  
COD-indhold, 86  
Colour Index, 33  
copolymer vinylacetat, ammonium, 36  
co-solventer, 29, 30, 34, 35, 43  
crosslinkere, 38, 39

## D

daglig afvaskning, 58  
daglig rengøring, 56, 64, 73  
daglig vask, 56, 110  
daglige afvaskningsmidler, 41  
DEEDMAC, 109  
DEEDMAMS, 109  
denitrifikation, 81  
densitet, 127  
densitet, fortynding med vand, 127  
detergentbaserede afvaskere, 58  
detergentbaseret afvasker, 86, 87, 100  
detergenter, 41, 56, 58  
diarylidgule pigmenter, 33  
diazoforbindinger, 45  
diazomethiner, 33, 45  
diazopigmenter, 33  
dibutylphthalat, 37, 47, 48  
diethylenglykol, 44  
diethylenglykoldibenzoat, 48  
diethylenglykoldibenzoat/dipropylenglykoldibenzoat, 37  
diethylethanolamin, 43  
dimethicone, 37, 38  
dimethylaminoethanol, 38  
dimethylethanolamin, 35, 43  
DIN 4 kop, 126  
dioxaziner, 33, 45  
Dioxazin violet pigmenter, 34  
diphenyl-1-decyl-fosfat, 37, 48  
dipropylenglykoldibenzoat, 48  
dipropylenglykolmethylether, 44  
direkte farvespild under drift, 97  
direkte farvespild under kørsel, 95  
direkte genbrug, 129  
direkte spild under drift, 97  
direkte spild, reduktion, 104  
direkte vandgenbrug, 132  
dispergeringshjælpemidler, 36, 46, 99  
dispergeringshjælpemidler/emulgatorer, 36  
dispersioner, 32  
dL-Limonen, 51  
doctor blades, 55

dodecylbenzensulfonat, 47  
dødvolumen, 83  
dokumentationsgrundlag, 25  
dominerende farver, 94  
dominerende teknologi, 89  
downtid, 103, 139  
drift af farveværk, 103  
dybdegående vask, 110  
dybtryk, 21  
dyseafvaskningssystemer, 107  
dyseanlæg, 61  
dysefarver, 104  
dysesystemer, 74

## E

EC<sub>50</sub>, 24  
EDTA, 40, 52  
effekttyper, 26  
efterpolering, 108  
egenregistrering, 91  
eksisterende renere teknologier, 103  
eksisterende vandbehandlingsteknikker, 75  
EMBALLAGEINDUSTRIEN, 21  
emballagetryk, 21, 29  
emballagetrykkerier, 97, 107  
emission til luft, 82, 86, 99, 100  
emulgatorer, 109  
emulgerede/dispergerede stoffer, 108  
emulsion af polydimethylsiloxan/hydrofob silika, 37  
emulsionspolymerer, 30  
end of pipe, 75, 139  
endepakninger, 104  
energi, 79  
energiforbrug, 84, 110  
enkeltrakler, 70  
enkeltstoffer, 29  
EO/PO-blokkopolymerer, 36, 47  
ETAD, 44  
ethanol, 35, 38, 43  
ethanolamin, 35, 43  
ethoxypropanol, 35, 44  
ethylakrylat, 30, 31  
ethylamin, 43  
ethylenglycolmonomethylether, 99  
ethylenglykolmonoethylether, 43, 44  
ethylhexylakrylat, 2-, 31  
ethylmethakrylat, 31  
etiketrykkerier, 21

## F

fældningskemikalie, 94  
farlighedskategorier (A, B og C), 23  
farlighedsvurdering, 41  
farlighedsvurderingsstrategi, 23  
farvebakke, 54, 70  
farvebakke, åben, 83, 84, 85, 86, 97, 98, 104, 105, 111  
farvebakker, 69, 70  
farvebakker, åbne, 140  
farvebelægningsprocent, 87, 93, 95  
farvebelagt areal, 95  
farvedødvolumen, 105, 112, 140  
farveflow, 105  
farveforbrug, 80, 93  
farveforbrug arligt i branchen, 98

farvefremføringssystem, 53  
farvefyldte ”vandlåse”, 106  
farvegevinding, 118, 125, 128, 140, 141  
farvegevinding, fortynding, 141  
farvegevindingsprocenter, 141  
farvekar, 54  
farvekasse, 53, 55  
farvekasser, 53, 58, 72, 73  
farvepumpe, 55  
farverest, 83, 87, 88, 100, 101, 141  
farverest på kliché, 87  
farverest ved klichevask, 100  
farverester, 94  
farveskift, 92  
farvespande, 53  
farvespild, 59, 79, 80, 83, 94, 95, 103, 104, 139  
farvespild pr. afvaskning, 95  
farvespild ved afvaskning, begrænsning, 114  
farvespild, begrænsning, 111  
farvespild, begrænsning ved tømning, 112  
farvespildopsamlingsbakke, 55  
farvespildopsamlingsbakke, 53  
farvestoffer, 46  
farvestoffer (dyes), 30  
farvestyrke, 127  
farvetilbageføringspumpe, 53  
farvetilføringspumpe, 53  
farvetilføringsstuds, 53  
farvetømning, 98  
farveværk, 53, 93  
farveværk, minimering af farverest, 105  
farveværker, 59  
farveværker, konstant fald, 106  
farveværker, skrabning, 106  
farveværker, tømning, 140  
farveværkets indre overflade, 80  
farveværkets konstruktion, 98, 106, 139  
farveværkstyper, 97  
fast affald, 90  
fedtalkoholpolyglycolether sulfosuccinater, 47  
fedtsyreamidobetainer, 47  
fedtsyreamidoglycinater, 47  
fedtsyreestere, 39, 40, 51  
fedtsyrer, 47  
fedtsyrer, ammoniumsalt, 36, 47  
fejllæsning, 92  
fejlvistning, 92  
FeO, 34  
filmdannere, 35, 36, 37  
filtrering, 76  
Fischer & Krecke, 72  
FIT, 72, 104  
fleksibel emballage, 79, 97  
fleksibel emballage trykkerier, 21  
fleksibel emballagetrykkerier, 97  
flexografisk tryk, 21  
flexografiske trykkerier, 79  
flexokliche, 22  
flexotrykpresser, 22, 40  
Flexowash, 72  
flokkulering, 108, 136, 137  
flokkuleringsanlæg, 76, 89  
Flokkuleringsanlæg, 90  
flotation, 76  
flotationsanlæg, 76  
fluorsilikoner, 37, 49  
flush, 57, 58, 60, 114, 122, 125

flygtige opløsningsmidler, 41  
flygtige stoffer, 86  
fødetank, 77  
fordampning, 93  
Foreningen for Danmarks Lak- og  
Farveindustri, 36  
forlakkede farvestoffer, 44  
formål, 17  
formaldehyd, 32  
forsæbningsmidler, 30, 86  
forsøgsanlæg, 111  
fortykker, 30  
fortykningsmiddel, 40  
fortynder, 38  
fortynding af trykfarve, 88  
fortyndinger, 81  
fortyndingsprocent, 127  
fosfater, 40  
fosfonater, 40  
fosforpentoxid, 40, 52  
fosforsyreanhydrid, 40  
fosfortungstenmolybdat, 45  
fouling, 135  
friskvandsforbrug, 107, 142  
friskvandsforbrug i branchen, 99, 100  
full-size anlæg, 113  
fumarater, 31, 42  
funktionel enhed, 80  
fyldstoffer, 34, 108

## G

gearpumper, 106  
gel, 56, 57, 58, 65, 110  
genanvendelse af skyllevæske, 59  
genbrug, 74  
genbrug af skyllevand, 129  
genbrug af vand, 135  
genbrug via opgradering, 129  
genbrugsklude, 99  
genbrugsvand, 107  
gennemløbstid, 126  
gennemskylning med vand, 98  
genvinding af farve, 112  
glans, 37  
glødetab, 88, 90  
glødetab (GT), 80, 81  
glycerol, 43  
glykolethere, 35, 37, 40  
gnidefasthedshjælpemidler, 36, 37, 48  
god husholdning, 107  
Göpfert, 72  
Göpfert 1995 anlæg, 119  
Göpfert flexotrykpresse, 111  
grå farve, 134  
grønne pigmenter, 34  
gule pigmenter, 33

## H

hærdning, 38  
halogenerede, organiske forbindelser, 81  
Hansa-gul, 33  
hårde bindere, 31  
harpikser, 42  
Harris & Bruno, 72  
Harris and Bruno, 106  
hexylenglykol, 43

højtryksdysseafvaskningssystemer, 141  
højtryksdysseanlæg, 141  
højtryksdyssevaskesystem, 111  
højtryksspuling, 58, 61, 64, 69, 70  
højtryksspulning, 57, 73  
højtryksvæskerensning, 56, 57  
højtryksvask, 110, 111, 114, 122, 125  
højturbulent skyl, 57, 58  
højturbulent skylning, 60, 61  
hvide pigmenter, 34  
hvide trykfarver, 38  
hydrotroper, 39  
hydroxider, 51  
hydroxyalkylaminer, 38, 50

## I

ikke sugende substrat, 79, 97  
ikke-flygtige opløsningsmidler, 41  
ikke-sugende substrater, 29, 39  
iltfattige forhold, 44  
inddampning, 89, 99, 134, 135, 136, 137,  
138, 142  
inddampningsteknologi, 108  
indtørrede farverester, 39  
indtørret farve, 56, 57  
indtørring af farve, 106, 110, 140, 142  
in-line, 56, 63  
in-press rensning, 56  
in-press vaskeanlæg, 73  
isobutylmethakrylat, 31  
isopropanol, 40, 51  
isopropanol (2-propanol), 35, 43  
isothiazolinon, 38  
isothiazolinoner, 37, 38, 50

## J

jordkvalitetskriterier, 24

## K

kalciumkarbonat, 34, 40, 52  
kalciumkarbonat (Pigment Hvid 18), 46  
kalium- eller natriumhydroxid, 39  
kaliumnatriumsilikater, 52  
kalk, 57  
kammerakel, 86  
kammerrakel, 53, 54, 55, 83, 84, 85, 91, 104  
kammerrakel, hældning, 106  
kammerrakel/farvebakke, 73  
kammerrakelfarveværk med undertryk, 104  
kammerrakelfarveværker, 140  
kammerrakelsystem, 83, 97  
kammerrakelsystemer, 97, 98, 105  
kammerrakelvasker, 70  
kammerrakler, 69, 70, 105  
kaolin, 34  
kaolin (Pigment Hvid 19), 46  
karakterisering af afvaskningsanlæg, 73  
karakteristik af spildevand, 80  
kartonagetrykkeri, 97  
kartonagetrykkerier, 21  
kationiske forbindelser, 51  
kationiske tensider, 36, 40, 110  
kationiske, opløselige farvestoffer, 45  
kemikalieaffald, 89, 91, 99, 100, 108, 134  
kemikalieaffald i branchen årligt, 99

kemikalieaffald, besparelse, 135  
 kemikalieaffaldsmængde, 135  
 kemikalieaffaldsmængde, minimering, 135  
 kemisk behandling, 89  
 kemisk iltforbrug (COD), 80, 81  
 kemisk oxidation, 108  
 kemisk/fysisk separation, 75  
 kliché, 53, 56, 73, 86  
 klicheareal, 87  
 klicheer, 39, 40, 53, 58, 62, 63, 64  
 klichevase, 53, 64  
 klichevask, 86, 92, 142  
 klichevask in-line, 100  
 klichevask in-press, 100  
 klichevask med rent vand, 109  
 klichevask off-press, 100  
 koagulering, 136, 137  
 kobber, 76, 77, 81, 85, 89, 90, 108  
 kobolt, 80, 82, 89  
 kolofonium, 31  
 kolophonium, 42  
 kolophonium estere, 32  
 kolophonium estere (rosin ester), 32  
 kolophonium estere/rosin estere, 42  
 kolophoniumbaserede bindemidler, 109  
 kolophoniumbaserede harpikser, 42  
 kolophoniumforbindelser, 99  
 kolophoniumharpiks, 32  
 kolophoniummodificeret harpiks, 32, 42  
 kombinationstensider, 39, 51  
 kompleksbindere, 110  
 kompleksdannere, 39, 40, 51  
 koncentrat, 77  
 koncentrat, genbrug som sort farve, 108, 109  
 koncentrater, 111  
 koncentreret farve, 141  
 kondensat, 136  
 konservativ vurdering, 19  
 konserveringsmidler, 36, 37, 49, 99, 109  
 kontinuer proces, 76  
 kontrol af spildevandsafledning, 81  
 konvolutter, 79  
 konvoluttrykkerier, 21  
 kørsler, 92  
 kørsler med farve, 92  
 kortlægningsprojekt, 17  
 kræftfremkaldende arylaminer, 45  
 kræftmistænkte arylaminer, 45  
 KRAN-stoffer, 26  
 krom, 80, 82, 89, 90  
 kulør, 127  
 kulør, fortynding med vand, 127  
 kulørforskel, 128  
 kuverttrykkerier, 97  
 kvalitet, 139  
 kvalitetsstyring, 128  
 kvarternære ammoniumforbindelser, 38  
 kvat. ammoniumforb., 47  
 kvat. ammoniumforbindelser, 50  
 kvaternære ammoniumforbindelser, 36, 99,  
 109, 110  
 kvaternære ammoniumsforbindelser, 47, 51  
 kvaternære fedtsyreforbindelser, 40  
 kviksløv, 80, 82, 89

## L

læk af farve, 92, 104, 139

læk ved endepakninger, 98  
 lagtykkelse, 127  
 lagtykkelse i flexografi, 128  
 lagtykkelse, fortynding med vand, 127  
 lakker, 30  
 landbrugsjord, 42  
 let nedbrydelige stoffer, 88  
 let nedbrydelighed, 24  
 lineære alkoholethoxylater, 109  
 liner, 127  
 lithophon, 46  
 lithophon (Pigment Hvid 5), 46  
 litophon, 34  
 livscyklusbetragtninger, 103  
 løsdele, 71  
 lukkede vandkredsløb, 135

## M

magnesium, 33  
 makromolekylære stoffer, 77  
 makromolekylært bundet tungmetal, 75  
 maleinater, 31, 42  
 maleinater/fumarater, 32  
 maleinsyreharpikser (maleinater), 42  
 manuel vask, 124  
 manuel vask af farveværker, 59  
 manuel vask af kammerrakler/farvebakker, 70  
 manuel vask af klicheer, 62  
 manuelle vasketeknikker, 56  
 manuelt check, 98  
 marmor, 57  
 massebalance, 92  
 massebalancer, 80, 82, 91  
 mekanisk behandling, 56  
 melamintype, 32, 38  
 mellemlagertank, 77  
 membranlæg, 77  
 membranfiltrering, 77, 89, 108, 134, 135,  
 138, 142  
 membranfiltrering, driftsøkonomi, 135  
 membranfiltreringsanlæg, 77  
 membranprocesser, 136  
 membranpumper, 106, 111  
 metalindhold, 90  
 metaller, 90  
 methakrylater, 30  
 methoxypropanol, 35, 38, 44  
 methyl-3(2H)-isothiazolinon-  
 hydrogenchlorid, 2-, 50  
 methyl-4-isothiazolin-3-on, 2-, 37, 38, 50  
 methylchlorisothiazolinon, 38, 50  
 methylchlorisothiazolinon, 37  
 methylmethakrylat, 30, 31  
 methylpropanolamin, 43  
 metode, 19  
 mikrovæskepartikler, 56, 57, 58, 74  
 miljøbelastning, 110  
 miljøfarlige stoffer, 75  
 miljøfarlighedsvurdering, 41  
 miljøkvalitetskriterier, 24  
 miljømæssigt potentiale, 103  
 miljøoptimering, 17  
 Miljøstyrelsens Spildevandsvejledning, 81  
 mindre trykpresser, 97  
 mineralolie, 37, 48  
 mineraloliebaserede, 37  
 mineraloliebaserede skumdæmpere, 48

modstrømsprincip, 107  
modstrømsskyl, 111, 129, 134, 135, 142  
modstrømsskyl kombineret med boost, 132  
modstrømsskyl, 3-trins, 130, 131  
modstrømsskyl, 4-trins, 130, 132  
monoazoforbindelser, 45  
monoazo-pigmenter, 33  
monomerer, 30, 41, 42  
morpholin, 38, 49, 50  
mulige enkeltstoffer, 29

## N

Naphthol rød, 33  
naphtholer, 45  
naphtholer (monoazo), 33, 45  
natriumbikarbonat, 40, 52  
natriumlaurylethersulfat, 47  
natriummetasilikat, 52  
natriumsilikat, 52  
nedbrydningsprodukter, 45  
negativ rakel, 55  
nikkel, 80, 82, 89  
nitrifikation, 81  
nitrifikationshæmmende effekt, 25  
nitrifikationshæmning, 75, 80, 81, 86, 88, 90, 100  
nitriacetat, 52  
nitriacetater, 40, 52  
N-methyl-2-pyrrolidon, 51  
n-methylolchloracetamid, 50  
n-methylolchloracetatamid, kvat., 38  
n-methyl-pyrrolidon, 40  
nøgletal, 82, 86, 89, 91, 93, 94  
nøgletal for kørsler med sort farve, 93  
nøgletal for trykpresse med åben farvebakke, 92  
nøgletal for trykpresse med kammerrakel, 91  
nøgletal på virksomhedsniveau, 91  
nøgletal på virksomhedsniveau, 94  
nonioniske alkoholethoxylater, 51  
nonioniske tensider, 36, 40, 47  
normaliserede nøgletal, 92  
n-propanol (1-propanol), 35, 43  
NTA, 110

## O

offentlig regulering, 136  
off-press rensning, 56  
off-press vaskeanlæg, 73  
offsettryk, 79  
o-formal, 38  
o-formal, isothiazolinon, 50  
økonomi, 139  
økonomi- og teknologiklasse, 103  
økonomisk besparelspotentiale, 141  
omkostningsniveau, 103  
opgradering, 134, 135  
opgradering af skyllevand, 75  
o-phenylphenol, 38, 50  
opkoncentrering, 77  
opløselige polymerer, 30  
opløsningsmiddelbaserede farver, 41  
opløsningsmidler, 30  
opløsningsmiddel, 99  
opløsningsmiddelbaserede afvaskere, 58  
opløsningsmiddelbaserede farver, 35

opløsningsmiddelbaseret afvasker, 58, 84  
opløsningsmidler, 29, 34, 35, 39, 43, 51, 56, 86  
opløst stof, 76  
opløste stoffer, 82  
opløste/emulgerede stoffer, 75  
opsamlingsbakke, 104, 140  
opspædning af sort farve, 134  
opspædning med koncentrat, 141  
orange pigmenter, 33  
ordreaufvikling, 103, 139  
ordresedler, 91, 92  
organisering af kørsler, 103  
organisk pigment, 85, 86  
organiske opløsningsmidler, 38, 40  
organiske pigmenter, 33, 44, 81, 99  
overfladebelægninger, "slip let", 140  
overfladespænding, 127  
overfladespænding, fortynding med vand, 127  
overløb, 83  
overløb i enderne af farvebakken, 97  
overtrykslakker, 30  
oxidationsproces, 136  
oxidationsprocesser, 136

## P

P(M)A, 32  
PAFA, 109, 138  
papirposetrykkerier, 21, 97  
paraffinvoks, 37, 48  
partikulært stof, 75  
passivt tilbageløb, 60  
periodevis rengøring, 56, 58, 64, 67, 71  
periodevis rensning, 57  
periodevis vask, 110  
pH, 38, 39, 80, 81, 85, 88, 100, 104, 119, 120, 121, 139  
pH-regulator, 34  
pH-regulatorer, 29, 30, 35  
pH-regulatorer (forsæbningsmidler), 35  
Phthalocyanin blå, 34  
Phthalocyanin grøn, 34  
phthalocyaninblå, 81, 85  
phthalocyaniner, 33, 45  
phthalocyaningrøn, 81  
pigment, 85, 86, 88  
Pigment Blå 1, 34  
Pigment Blå 15, 34, 85  
Pigment Blå 16, 34  
Pigment Blå 62, 34  
Pigment Blå 9, 34  
Pigment Grøn 36, 34  
Pigment Grøn 7, 34  
Pigment Gul 1, 33  
Pigment Gul 101, 33  
Pigment Gul 111, 33  
Pigment Gul 12, 33  
Pigment Gul 126, 33  
Pigment Gul 127, 33  
Pigment Gul 13, 33, 45  
Pigment Gul 14, 33, 45  
Pigment Gul 17, 33, 45  
Pigment Gul 3, 33  
Pigment Gul 4, 33  
Pigment Gul 5, 33  
Pigment Gul 55, 33, 45

Pigment Gul 74, 33  
 Pigment Gul 83, 33, 45  
 Pigment Gul 98, 33  
 Pigment Hvid 18, 34  
 Pigment Hvid 19, 34  
 Pigment Hvid 21, 34  
 Pigment Hvid 24, 34  
 Pigment Hvid 26, 34  
 Pigment Hvid 27, 34  
 Pigment Hvid 5, 34  
 Pigment Hvid 6, 34  
 Pigment Orange 13, 45  
 Pigment Orange 13 (pyrazolon), 33  
 Pigment Orange 16, 33, 45  
 Pigment Orange 34, 45  
 Pigment Orange 34 (naphthol), 33  
 Pigment Orange 36, 33  
 Pigment Orange 38 (naphthol), 33  
 Pigment Orange 41 (anthraquinon), 33  
 Pigment Orange 5 ( $\beta$ -naphthol, monoazo), 33  
 Pigment Rød 10, 33  
 Pigment Rød 112, 33, 88  
 Pigment Rød 12, 33  
 Pigment Rød 14, 33  
 Pigment Rød 147, 33  
 Pigment Rød 169, 34  
 Pigment Rød 170, 33  
 Pigment Rød 184, 33  
 Pigment Rød 187, 33  
 Pigment Rød 2, 33  
 Pigment Rød 23, 33  
 Pigment Rød 3, 33  
 Pigment Rød 4, 33  
 Pigment Rød 48, 33  
 Pigment Rød 49, 33  
 Pigment Rød 5, 33  
 Pigment Rød 52, 33  
 Pigment Rød 53, 33, 88  
 Pigment Rød 57, 33  
 Pigment Rød 63, 33  
 Pigment Rød 7, 33  
 Pigment Rød 8, 33  
 Pigment Rød 81, 34  
 Pigment Rød 9, 33  
 Pigment Sort 7, 34  
 Pigment Violet 1, 34  
 Pigment Violet 2, 34  
 Pigment Violet 23, 34  
 Pigment Violet 27, 34  
 Pigment Violet 3, 34  
 Pigment Violet 37, 34  
 pigmentdispergeringshjælpemiddel, 30  
 pigmentdispersion, 34  
 pigmenter, 30, 32, 35, 44, 75, 81, 82, 108, 109, 139  
 plastaffaldssække, 97  
 plastfilm, 39, 79  
 plastikkugler, 57  
 Plastindustrien, 21  
 PLC, 116  
 PLC-tid, 116  
 poleringsmiddel, 40  
 poleringstrin, 76  
 poly(meth)akrylater, 32  
 poly(meth)akrylaterne (P(M)A), 30  
 polyakrylat, 47  
 polyakrylater, 30, 41, 42, 109  
 polyakrylater, ammonium, 36

polyaziridin, 50  
 polyaziridiner, 38  
 polydimethylsiloxan, 37, 38, 48  
 polyesterharpiks, 32  
 polyethermodificeret polydimethylsiloxan (EO/PO-copolymer), 37  
 polyethermodificeret siloxan, 49  
 polyethermodificeret siloxan, lavmolekylær, 49  
 polyethylenglykol, 37, 47, 48  
 polyethylenvoks, 37, 48  
 polyglykoltyper, 37  
 polyglykosider, 47  
 polymer-emulsioner, 42  
 polymerer, 30, 36, 41, 42  
 polymerisat, 32  
 polymethakrylater, 41, 42  
 polyoler, 32  
 polyoler (glykoler), 31  
 polypropylenvoks, 37, 48  
 polytetrafluoroethylenvoks, 37, 48  
 polyurethanemulsion (PUR-dispersion), 42  
 polyvinylacetat, 31, 32, 42, 47  
 posefilter, 76  
 positiv rakel, 55  
 postevand, 38  
 potentiel miljøbelastning, 79, 80  
 praktisk anvendelighed, 139  
 procesbetingelser, 79  
 procesfarver, 126  
 procesvandforbrug, 92, 94  
 produceret areal, 92  
 produktionsenheder, 21  
 propylenglykol, 43  
 propylenglykolethere, 37  
 Pump Unit, 111  
 pumper, 58, 64, 70, 71, 72, 73, 106, 112, 140  
 pumpevolumen, 140  
 PUR, 42  
 PUR-dispersion, 32  
 pyrazoliner, 45  
 pyrazoloner (diazo), 45  
 pyrazoloner (monoazo), 33

## R

rakel, 54, 55, 70  
 rakel, positiv, 104  
 rammevask, 87  
 råvareforbrug, 135  
 råvareforbrug, optimering, 135  
 recirkulationsgrad, 74  
 recirkulering, 129, 142  
 recirkulering af skyllevæske, 59  
 recirkulering af skyllevand, 79, 99  
 reflektionsmåling, 127  
 renere teknologi, 103, 136, 137, 139  
 renere teknologiemner, 111  
 renere teknologitilgang, 103  
 renseeffektivitet, 90  
 renseteknologier, 77  
 rensning af aniloxvalser, 64  
 rensning af klichevalser, 64  
 rensning af pumper og rør/slanger, 70  
 rensningsteknologi, 135  
 rensningsteknologi, valg af, 135  
 rent vand, 58, 59, 141, 142



residualfarvemængde, 105, 112, 113, 114, 123  
 residualvandmængde, 126  
 residualvolumen, 83  
 ressourceforbrug, 79, 80, 103, 139  
 restfarve, 76, 98  
 rød farve, 93  
 røde azo-metalsalte pigmenter, 33  
 røde pigmenter, 33, 88  
 rør, 70, 72  
 rosin estere, 42  
 rosin-esterforbindelser, 42  
 roterende filter, 76  
 rundspørge, 97

## S

salte, 75, 82  
 samlet årligt farvespild i branchen, 98  
 sandfilter, 76  
 screeningsværktøj, 23  
 separate additiver, 29, 38  
 serigraf, 87, 109  
 serigrafirammer, 87  
 shellak, 31, 32, 42  
 silika, 34, 52  
 silika, amorft (Pigment Hvid 27), 46  
 silikater/metasilikater, 40  
 silikonebaserede skumdæmpere, 48, 49  
 silikoneholdige, 37  
 siloxaner, 37  
 simpel bundfældning, 89, 99, 108  
 simpel gennemskylning (flush), 107  
 SiO<sub>2</sub>, 34  
 SiO<sub>2</sub>, 34  
 skærme, 72  
 skraber, 140  
 skrubning, 65, 73  
 skumdæmpende additiver, 38  
 skumdæmpere, 36, 37, 48, 109  
 skumdannelse, 37, 104  
 skyllevand, 141  
 skyllevand som genbrugfarve, 111  
 skyllevand som genbrugsfarve, flush, 122  
 skyllevand som genbrugsfarve, højtryksvask, 114  
 skyllevand, direkte genbrug, 129  
 skyllevand, genbrug af koncentrat, 134  
 skyllevand, koncentrathåndtering, 108  
 skyllevand, modstrømsskyl, 129  
 skyllevand, opradering, 108, 129  
 skyllevand, opkoncentrering, 135  
 skyllevand, opspædning af sort farve, 134  
 skyllevand, recirkulering, 129  
 skyllevandsforbrug, minimering, 107  
 skylning, 56  
 slam, 42, 94, 99  
 slangeføring, optimering, 106  
 slanger, 58, 72  
 slip-let overflader, 106  
 slutafvaskning, 92  
 små valser, 65  
 sort farve, 91, 92, 93, 134  
 sorte pigmenter, 34  
 spild, 79, 83  
 spild/emission, 103  
 spildevand, 29, 74, 93, 107  
 spildevand fra afvaskning, 84

spildevand fra klichevask, 87  
 spildevand fra vask af aniloxvalser, 101  
 spildevandsbehandling i branchen, 99  
 spildevandsfri drift, 142  
 spildevandsrensning, 129  
 spildevandsrensning, økonomi, 136  
 spildevandsvejledning, 23  
 spildminimeringstiltag, 141  
 spildopsamlingsbakke, 98  
 spiralapplikatorer, 127  
 sprayvaskemaskine, 57  
 stansning, 92  
 status, 97  
 status for farveværker, 97  
 status for vask af aniloxvalser, 100  
 statut for afvaskning af farveværker, 98  
 stofgrupper, 25, 29  
 strontium, 33  
 studse, 71  
 styren, 31  
 styren-akrylater, 41  
 styren-akryl-copolymer, 41  
 styren-akrylcopolymerer, 32, 42  
 styrenmaleinsyre anhydrid, 36  
 styrenmaleinsyreanhydrid, 36  
 substitution, 103, 109  
 substitution af  
     afvaskningsmiddelkomponenter, 110  
 substitution af trykfarvekomponenter, 109  
 sugende substrater, 29  
 sundhedsfarlighed, 25, 28  
 sundhedsvurdering, 41  
 sure vandige opløsninger, 39  
 suspenderet stof, 76, 80, 82  
 svært nedbrydelige stoffer, 86, 88  
 svært nedbrydelige/persistente stoffer, 81  
 svovlsyre, 40, 52  
 syre, 40  
 syrebaserede afvaskningsmidler, 65  
 syrer, 52, 81  
 syretal, 31

## T

talkum, 34  
 talkum (Pigment Hvid 26), 46  
 Teflon, 106  
 temperatur, 119  
 tensidbaseret afvasker, 84, 88, 91, 92, 94  
 tensider, 36  
 terpener, 40  
 tetrakaliumpyrofosfat, 52  
 tetramethyl-5-decyn-4,7-diol, 2,4,7,9-, 35, 37, 49  
 tetramethyl-6-dodecyn-5,8-diol, 2,5,8,11-, 37, 49  
 tetramethylglykoluril, 38  
 tetramethylglykoluril, isothiazolinon, 50  
 tin, 80, 82, 89  
 titan- eller zirkon-chelat, 38  
 titanchelat, 50  
 titandioxid, 34  
 titandioxid (Pigment Hvid 6), 46  
 toksicitet, 24  
 tomgangskørsel, 140  
 tømning, passivt tilbageløb, 112  
 tømning, pumpning, 112  
 tømningstid, måling af, 114

tømningstid, optimering af, 114  
 tørnis, 57  
 tørstof, 94, 121  
 tørstof (TS), 80, 81  
 tørstofindhold, 85, 88, 119, 141  
 totalt farvespild, 93, 94  
 totalt farvespild pr. afvaskning, 98  
 totalt farvespild pr. år, 95  
 TRESU, 72, 73, 104, 106, 111  
 TRESUs forsøgsanlæg, 111  
 triarylcarbonium pigmenter, 33  
 triarylcarboniumforbindelser, 45  
 triarylcarboniumpigmenter, 45  
 triarylcarboniumstruktur, 34  
 triethanolamin, 35, 43  
 triethanolamintitanat, 38, 50  
 trinatriumnitriloacetat, 52  
 triphenylfosfat, 37, 47, 48  
 tryk på plast, 40  
 trykbarhed, 79  
 trykegenskaber, 79  
 trykfarve, 34  
 trykfarve, genanvendelse, 107  
 trykfarveegenskaber, fortynding med vand,  
 126  
 trykfarveindhold, 81  
 trykfarvemængde der årligt ender i kloak, 99  
 trykfarvens tryktekniske egenskaber, 126  
 trykfarvepris, 95  
 trykfarver, 139  
 tryk kvalitet, 63, 104  
 tryk opgave, 93  
 tryk presse, 39  
 tryk presser, 91  
 tungmetal, 89  
 tungmetaller, 75, 76  
 turbiditet, 80, 82  
 turbulent vandstrøm, 107  
 tværbinder, 32  
 tværbindere, 36, 38, 50, 99, 109

## U

udlederkravværdier, 136  
 udligningstank, 76, 77  
 udpumpningstid, 113  
 udstyrspriser, 72  
 udstyrstunge teknologier, 135  
 udviklingstendenser, 40  
 ultrafiltrering, 137  
 ultrafiltreringsanlæg, 94, 99  
 ultralyd, 56, 57, 58, 68, 72, 74  
 uønskede afvaskningsmiddelkomponenter,  
 100  
 uønskede trykfarvekomponenter, 99  
 uorganiske fyldstoffer, 85  
 uorganiske pigmenter, 46  
 UPH-systemet, 25  
 urenheder, 82  
 urenheder i pigmenter, 89  
 urethanmonomer, 32  
 utæt endepakning, 83  
 utætheder mellem nederste rakel og  
 aniloxvalse, 98  
 utætheder mellem rakel og aniloxvalse, 97

## V

væsentlige miljøbelastninger, 101  
 vand, 30  
 vandbehandling, 89, 95  
 vandbehandling, gravimetrisk, 108  
 vandbehandlingsanlæg, 91, 93, 111  
 vandbehandlingsteknikker, 74  
 vandbesparelse, 107  
 vandboost, 140  
 vanddødvolumen, 126  
 vandfasthed, 38, 39, 79  
 vandforbrug, 83, 87, 91, 92, 94  
 vandforbrug, årligt, 94  
 vandfortyndbare farver, 38  
 vandfortyndbare flexotrykfarver, 29, 30, 79  
 vandfortyndbare trykfarver, 40  
 vandgenbrug, 129  
 vandige emulsioner, 31  
 vandkvalitet, 77, 131, 133  
 vandkvalitetskriterier, 75  
 vandmiljø, 139  
 vandopløselighed, 44  
 vandstøvsuger, 57  
 vandure, 92  
 varmefasthed, 39  
 varmt vand, 84  
 vask, 83  
 vask af klicheer, 72  
 vaske- og overfladeaktive komponenter, 51  
 vaske- og overfladeaktive stoffer, 39  
 vaskeanlæg, 73  
 vaskefrekvens, 74  
 vaskekabinet, 62, 68  
 vaskemetoder, 56  
 vaskeprincip, 73  
 vaskepumpe, 61  
 vaskeudstyr, 72  
 vaskevand med afvaskningsmiddel,  
 karakterisering, 100  
 vaskevand med farverest, karakterisering, 100  
 vedhæftning, 38, 40  
 vinylacetat, 36  
 violette pigmenter, 34  
 viskositet, 35, 38, 79, 80, 104, 126, 139  
 viskositet, fortynding med vand, 126  
 voks, 37, 48  
 vokspasta, 38

## W

Windmüller & Hölcher, 72

## X

xylensulfonat, 39

## Y

ydre miljø, 139

## Z

zink, 80, 82, 89, 90  
 zinkoxid, 38, 50  
 zirkonchelater, zirkoniumforbindelser, 50  
 ZnO, 34



# Litteraturliste

- /1/ Larsen, H.F., Tørsløv, J., Damborg, A. (1995). Indsatsområder for renere teknologi i den grafiske branche. Spildevandsvurdering. Miljøprojekt nr. 284. Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen.
- /2/ Wallström, E., P.B. Lund & L.E. Hansen (1999). Miljøparametre ved flexografisk trykning – del 1: Teknisk beskrivelse (Miljøprojekt nr. 481) og del 2: Miljøvurdering af udvalgte produkttyper (Miljøprojekt nr. 482). Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen.
- /3/ Larsen, H.F., Pedersen, A.R., Birch, H., Rasmussen & D.R., Hansen L.E. (1998). Miljøoptimering af rammevask ved serigrافي. Miljøprojekt nr. 381. Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen.
- /4/ Laden, P. (ed.) (1997). "Chemistry and Technology of Water Based Inks". Chapman & Hall, London.
- /5/ Hamilton, J.D & R. Sutcliffe (eds.) (1997). Ecological assessment of polymers – strategies for product stewardship and regulatory programs. Van Nostrand Reinhold, ITP, USA.
- /6/ Anliker, R. & P. Moser (1987). The Limits of Bioaccumulation of Organic Pigments in Fish: Their Relation to the Partition Coefficient and Solubility in Water and Octanol. Ecotoxicology and Environmental Safety, Vol. 13, pp. 43-52.
- /7/ ETAD (1978). Memorandum to ETAD Technical Committee. "Summary of available fish toxicity data". ETAD, 17/11, 1978.
- /8/ Clarke, E.A. & R. Anliker (1980). Organic Dyes and Pigments. Vol. 3A. In The handbook of environmental chemistry. O. Hutzinger (ed.). Springer-Verlag.
- /9/ MITI (1992). Data of Existing Chemicals Based on the CSCL Japan. Ministry of International Trade and Industry (MITI)
- /10/ IUCLID (1996). International Uniform Chemical Information Database. Existing chemicals. 1st ed. European Chemicals Bureau. Environment Institute, Ispra, Italy.
- /11/ Anliker, R., E.A. Clarke & P. Moser (1981). Use of the partition coefficient as an indicator of bioaccumulation tendency of dyestuffs in fish. Chemosphere, Vol. 10, No. 3, pp. 263-274.
- /12/ Brown, D. & P. Laboureur (1983). The degradation of dyestuffs: Part I. Primary degradation under anaerobic conditions. Chemosphere, Vol. 12, No. 3, pp. 397-404.

- /13/ Brown, D. & B. Hamburger (1987). The degradation of dyestuffs: Part III. Investigation of their ultimate degradability. *Chemosphere*, Vol. 16, No. 7, pp. 1539-1553.
- /14/ Forslag til nittende ændring af Rådets direktiv 76/769/EØF, 10/12-99.
- /15/ German Ban use of certain azo compounds in some consumer goods. ETAD Information Notice No. 6 (revised July 1997)
- /16/ Larsen, H.F., C. Helweg, A.R. Pedersen, H.B. Boyd, S.E. Laursen, & J. Hansen (2000). *Kemikalier i tekstiler*. Miljøprojekt nr. 534. Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen.
- /17/ Herbst, W. & K. Hunger (1993). *Industrial Organic Pigments*. VCH. Weinheim.
- /18/ AQUIRE (1999). Aquatic Toxicity Information Retrieval Database. EPA, United States Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/ecotox/>
- /19/ 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.
- /20/ Baumann, W. & B. Herberg-Liedtke (1991): "Druckereichemikalien; Daten und Fakten zum Umweltschutz" - Springer-Verlag. ISBN 3-540-54042-3.
- /21/ Tilslutning af industrispildevand til offentlige renseanlæg, Oplæg til vejledning (Miljøstyrelsens spildevandsvejledning), udarbejdet af VKI, April 1997.
- /22/ OECD Guidelines for testing of chemicals, 1993.
- /23/ Miljøministeriet, Bekendtgørelse nr. 829 af 15. oktober 1993 om klassificering, emballering, mærkning, salg og opbevaring af kemiske stoffer og produkter, 1993.
- /24/ 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.
- /25/ Swift, G. (1994). Water-soluble polymers. *Polymer degradation and stability*, 45, 215-231.
- /26/ Strege, P.E., L.M. Larsen & P.D. Guiney (1997). Environmental fate of water-based inks & coatings. *American Ink Maker*, maj 1997, 26-28.
- /27/ Listen over stoffer, der anses for at være kræftfremkaldende (1994). Grænseværdier for stoffer og materialer. At-anvisning Nr. 3.1.0.2. Arbejdstilsynet. København.

- /28/ Haas, U., B.M. Jakobsen, N.P. Brandorff, J.E. Jelnes, & S.H. Petersen (1991). Reproduktionsskadende stoffer i arbejdsmiljøet. AMI-rapport nr. 35. Arbejdstilsynet. København.
- /29/ Arbejdstilsynet (1990). Nervesystemskadende stoffer i arbejdsmiljøet. At-rapport nr. 13. København.
- /30/ Miljø- og Energiministeriet (1997). Listen over farlige stoffer. Bekendtgørelse nr. 829 af 6. november 1997. København.
- /31/ IARC. IARC Monographs Programme on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans <http://www.iarc.fr/>.
- /32/ HSDB. Hazardous Substances Data Bank (HSDB®). <http://www.nlm.nih.gov/>.
- /33/ NTP. National Toxicology Program. <http://ntp-server.niehs.nih.gov/>.
- /34/ Ecdin. Ecdin - Environmental Chemicals Data and Information Network. <http://ecdin.etomep.net/>.
- /35/ Fünfte Verordnung zur Änderung der Bedarfgegenständeverordnung, Bundesgesetzblatt, 1997, Teil 1 Nr. 24, 796-800.
- /36/ Bekanntmachung der Neufassung der Bedarfgegenständeverordnung, Bundesgesetzblatt, 1998, Teil 1 Nr. 1, 5-36.
- /37/ Verschueren, K. (1983). Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals. Van Nostrand Reinhold Company
- /38/ Nikunen, E., R. Leinonen & A. Kultamaa (1990). Environmental Properties of Chemicals. Ministry of Environment. Research Report 91. VAPK-Publ. Helsinki.
- /39/ 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).
- /40/ Howard, P.H., R.S. Boethling, W.F. Jarvis, W.M. Meylan & E.M. Mechalenko (1991). Handbook of Environmental Degradation Rates. Lewis Publ.
- /41/ Sangster, J. (1989). Octanol-water partition coefficients of simple organic compounds. J. Phys. Ref. Data, Vol. 18, No. 3.
- /42/ Kemikalieinspektionen (1989). Miljöfarliga ämnen. Rapport från kemikalieinspektionen, KEMI Utredningsavdelningen, nr. 10/89, Sverige.
- /43/ Björndal, H. L. & P.S. Düring (1984). Miljöeffekter av tillsatskemikalier använda vid papperstillverkning. SSVL-85, Rapport nr. 16
- /44/ Roth, L. (1994). Wassergefährdende Stoffe. Bind 1, 2 og 3. 23 udgave. Ecomed.

- /45/ The Merck Index (1983) 10. edition. Windholz, M. et al. editors. MERCK & CO. Inc. Rahway, N.J. USA.
- /46/ BIODEG DATABASE (1985). Syracuse Research Corporation, USA.
- /47/ BIODEG PROGRAM (1993). Prediction of biodegradation. Version 3.03. US-EPA.
- /48/ 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.
- /49/ LOGKOW PROGRAM (1994). Estimation of log octanol/water partition coefficient. Version 1.35a, aug. 1994. Syracuse Research Corporation, New York, USA.
- /50/ De Waart, J. & M.M. Van der Most (1986). Biodegradation test for microbiocides. *International Biodeterioration*, Vol. 22, No. 2, p. 113-120.
- /51/ Damborg, A. & N. Thygesen (1991). Overfladeaktive stoffer - spredning og effekter i miljøet. Miljøprojekt nr. 166. Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen.
- /52/ Hutzinger, O. (ed.) (1992). The handbook of environmental chemistry. Vol. 3. Part F: Anthropogenic Compounds, DETERGENTS. Springer-Verlag.
- /53/ Naturvårdsverket (1995). Färgkemikalier. Kartläggning & riskbedömning - yttre miljö. Rapport 4460.
- /54/ CHEM-BANK (1999). Databanks of potential hazardous chemicals: RTECS, OHMTADS, CHRIS, HSDB and IRIS. USA. CHEM-BANK™, CD-ROM, SilverPlatter International N.V., February 1999.
- /55/ Worthing, C.R. & R.J. Hance (1991). The pesticide manual, 9th edition. British crop protection council, Surrey, UK.
- /56/ Karsa, D.R. & M.R. Porter (eds.) (1995). Biodegradability of surfactants. Chapman & Hall, Great Britain.
- /57/ EPIWIN (1994/95) The Estimation Program Interface. EPIWIN v. 2.0. SRC-EPI for Microsoft Windows.
- /58/ Falck, J. (1999). Environmental Hazard Classification: The N-Class Database. *TemaNord* 1999:538. Nordisk Ministerråd.
- /59/ Wenninger, J.A. & G.N. McEwen (1997). International Cosmetic Ingredient Dictionary Handbook, 7th ed. Vol. 1-3. The cosmetic, toiletry and fragrance association, Washington DC, USA.
- /60/ Graymills (1998). Graymills reklame: Wie geschaffen für ihren Drucksaal, Flexo + Tiefdruck, no. 5, pp 48

- /61/ Graymills (2000) Graymills internet hjemmeside :  
<http://www.graymills.com/flexo/index.html>
- /62/ Leimand, H. (1999). TRESU. Personlige og telefoniske samtaler (1998-2000).
- /63/ Accustrip (1997). Accustrip Denmark salgsmateriale. produktblad: accu-18, produktblad: accu-60, brochure: Cleaning systems, produktblad: accu-graphic in-line, produktblad: accu-graphic mini, produktblad: accu-graphic standard.
- /64/ Accustrip (1997). Flexo, Vol. 22, No. 4, p. 15.
- /65/ Micro Clean (1997). Flexo, Vol. 22, No. 4, p. 15.
- /66/ Flexo (1996). Flexo, Vol. 21, No. 11, pp. 62-67.
- /67/ Apex (1998). Apex Europe brochure: The total apex cleaning solution Indhentet på Corrugated 1998, Paris.
- /68/ Laserlife Australia (1998). Laserlife Australia Salgsmateriale. Produktblad: So clean, label anilox cleaning. produktblad: So clean, anilox cleaning. Indhentet på Corrugated 1998, Paris.
- /69/ Caresonic (2000). Caresonic internet information <http://www.ghg.de/e-clean.htm>
- /70/ Gray, J.M. (1998). Reinigung in der flexo und tiefdruck industri Flexo+Tiefdruck no. 2, pp. 81-82
- /71/ TRESU (1998). TRESU salgsmateriale. Produktblade: Tresu kammerrakelvaskeanlæg / Tresu klichérensers- en revolutionerende nyhed, produktblad / Tresu anilox rensesystem for raster og dybtryksvalser / Tresu pump unit / Kammerrakelsystem med automatisk rensesystem. Indhentet på Corrugated 1998, Paris.
- /72/ Tangelder, B. (1997). Using non-corrosive celled anilox roll cleaner: A case study. Flexo Vol. 22, No. 4, pp. 12-13
- /73/ Synpro (1998). Synpro brochure: Carbon fibre chambered doctor blade. Indhentet på Corrugated 1998, Paris.
- /74/ Esterlam (1998). Esterlam brochure: Esterlam synthetic doctor blades, Esterlam international limited. Indhentet på Corrugated 1998, Paris.
- /75/ Micro Clean (2000). Micro Clean international hjemmeside: [www.microclean-intl.com](http://www.microclean-intl.com)
- /76/ Sharpiro, F. (1996). Alternatives to cleaning anilox rolls. Flexo, Vol. 21, No. 11, pp. 62-67.
- /77/ Bobst (1998). Produktblad: masterflex 203-A matic 160-A matic. Indhentet på Corrugated 1998, Paris.



- /78/ Corrugated (1998). Generel information indsamlet på messen: Corrugated 1998, Paris.
- /79/ Kamp, F. (1998). Von sauberen Walzen und sauberen Druck. Flexo+Tief-Druck, No. 2, pp. 83-84.
- /80/ Windmüller & Hölscher (2000): Windmüller & Hölscher brochure W & H aktuell, eco-plus.
- /81/ Apex (2000). Apex internet hjemmeside, [www.Apex-europe-b.com](http://www.Apex-europe-b.com)
- /82/ FIT (1998). FIT Flexo Inking Technologies produktblad: FIT Autoflex C. Indhentet på Corrugated 1998, Paris.
- /83/ Duo-Technik (1998). Produktblad: Duo clean auto clean system og Duo clean dokumentation. Indhentet på Corrugated 1998, Paris.
- /84/ Flexo Wash (1997). Brochure fra Flexo Wash med bl.a. beskrivelse af "Anilox roll cleaning". Hjemmeside: [www.flexowash.com](http://www.flexowash.com)
- /85/ Fisher & Krecke (2000). Fischer & Krecke Acces system. Internet hjemmeside: [www.fisher-krecke.de](http://www.fisher-krecke.de)
- /86/ Patterson, D. (1998). Environmentally friendly cleaning. Flexo, Vol 23, no. 7, pp. 54-55
- /87/ Petersen, C. (2000). Accustrip Denmark. Oplysninger pr., fax og telefon.
- /88/ Gamba, P. (1998) fra F.L. Bie grafisk A/S, repræsentant for Bobst, personlig kommunikation, Corrugated 1998, Paris
- /89/ Camacho, D.R. (1998), repræsentant for Harris & Bruno, personlig kommunikation, Corrugated 1998, Paris
- /90/ Harris & Bruno (1998). Harris & Bruno salgsmateriale. Produktblad: Chambered doctor blade systems for corrugated flexo print stations. Produktblad: Introducing the new IMS2000. Indhentet på Corrugated 1998, Paris.
- /91/ Smith, R.W. (1998). Repræsentant for FIT, personlig kommunikation, Corrugated 1998, Paris
- /92/ Schipke, A. (1998). Press productivity and the flexo inker Why there is a need for a new approach to flexo inking and coating. FIT Technology monograph presented to FTA technical forum. Indhentet på Corrugated 1998, Paris.
- /93/ Tegeler, W. (2000). Salgsrepræsentant for Windmüller & Hölcher Lengerich Tyskland, personlig kommunikation
- /94/ Siljebratt, L. (1994). "Miljöproblematik vid vattenburen flexotryckning". Indlæg præsenteret på "Miljöseminarium för flexografisk industri" i Malmö d. 18/10-94. Arrangør af seminarium: Stiftelsen TEM ved Lunds Universitet og EnPro ApS.

- /95/ Miljøstyrelsen (1994). Tilslutning af industrispildevand til kommunale spildevandsanlæg. Vejledning fra Miljøstyrelsen. Nr. 6, 1994.
- /96/ Burg, A.W. & M.C. Charest (1980). Azo dyes: Evaluation of data relevant to human health and environmental safety. Arthur D. Little, Inc., July, 1980, (C-82875). Prepared for ETAD.
- /97/ Jensen, F. (2000). Telefoniske samtaler med Frank Jensen, Akzo Nobel Inks A/S.
- /98/ Mendez, M. (1999). Automatic for the people. Flexo, Vol. 24 No. 2, pp. 34-38.
- /99/ Automatän (1997). Reklame for INKONTROL. Flexo, Vol. 22 No. 4, p. 19.
- /100/ Brookfield (2000). Reklame for TT-220 Probe / pH Probe Accesory. Hjemmeside: [www.brookfielddengineering.com](http://www.brookfielddengineering.com)
- /101/ Tianyong, Z. & Z. Chunlong (1997). "Properties of Copper Phthalocyanine Blue (C.I. Pigment Blue 15:3) Treated with Poly(ethylene glycol)s". Dyes and Pigments, Vol. 35, No. 2, pp. 123-130.
- /102/ Neuffer, C. & U. Menzel (1999). "Neuartiges Aufbereitungsverfahren von Abwässern wässriger Druckfarben – Aufbereitung von Prozessabwässern einer Dekordruckerei in Italien mit dem Ziel einer Direkteinleitung". Flexo+Tief-Druck, 6-99, pp. 4-9.
- /103/ Schilstra, D. (1991). "Two hot cylinders evaporate the rinsing water problem". Euro Flexo Magazine, Vol. 7, No. 2.
- /104/ Safarik, I. (1995). "Removal of organic polycyclic compounds from water solutions with a magnetic chitosan based sorbent bearing copper phthalocyanine dye". Water Research, vol. 29, no. 1, pp. 101-105.
- /105/ Safarik I. & M. Safarikova (1997). "Copper Phtalocyanine Dye Immobilized on Magnetite Particles: An Efficient Adsorbent for Rapid Removal of Polycyclic Aromatic Compounds from Water Solutions and Suspensions". Separation Science and Technology, 32 (14), pp. 2385-2392.
- /106/ North Carolina Department of Environment and Natural Resources (2000): Division of Pollution Prevention and Environmental Assistance: Printing Industry:  
<http://www.p2pays.org/ref/03/02453.htm/flexography.htm>
- /107/ Upton, B.H., G.A. Krishnagopalan & S. Abubakr (1997). "Deinking flexographic newsprint: using ultrafiltration to close the water loop". Tappi Journal, Vol. 80, No.2, pp. 155-164.

