

Miljørigtig overfladebehandling af metaller og plast

Gennemgang og kommentering af EU's
referencedokument med BAT-anbefalinger for den
metaloverfladebehandlende industri

Flemming Dahl
COWI A/S

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
1 INDLEDNING	9
2 PROCESSER OG BRANCHER I DANMARK	11
2.1 PROCESSER OG BRANCHER I DANMARK OMFATTET AF BREF-DOKUMENTET	11
2.2 PROCESSER SOM IKKE ANVENDES I DANMARK	14
3 IDENTIFIKATION AF AFVIGELSER I FORHOLD TIL NORMAL ADMINISTRATIV PRAKSIS I DANMARK	15
3.1 GENERELT BAT FOR OVERFLADEBEHANDLING	15
3.2 BAT FOR ENKELTE PROCESSER	16
3.3 UDDYBNING OG AFVIGELSER	16
3.3.1 Hvad hører med til denne BREF	16
3.3.2 Benchmarking (5.1.1.4).	17
3.3.3 Vandbesparelser generelt	18
3.3.4 Spildevandskrav (5.1.8.3)	20
3.3.5 Nul-udledning (zero-discharge) er ikke BAT (5.1.8.4)	20
3.3.6 Luftemissioner (5.1.10)	21
3.3.7 Dekorationsforchromning (5.2.5.7.1)	22
3.3.8 Cadmiering (5.2.5.6)	22
3.3.9 Chrom(VI)-fri passivering (5.2.5.7.3)	22
3.3.10 Phosphochromatering eller grønchromatering af aluminium (5.2.5.7.4)	23
3.3.11 Substitution af opløsningsmidler (5.2.7.2)	24
3.3.12 Printfremstilling - luftemissioner (5.2.13)	24
4 LITTERATUR OG LOVSTOF	25

Bilag A Oversigtskema med BAT-anbefalinger

Forord

Denne rapport er udarbejdet af COWI for Miljøstyrelsen, som har ønsket en gennemgang og vurdering af, om der i EU's BREF-dokument "Best Available Techniques for Surface treatment of Metals and Plastics" er forhold og metoder, der kan være i konflikt med gældende dansk lovgivning. Det har i særlig grad været hensigten at afdække eventuelle uoverensstemmelser og anføre forklaringer på, hvordan myndighederne bør forholde sig hertil.

Det har undervejs vist sig praktisk at udarbejde en kort og systematisk oversigt over de BAT-løsninger, der præsenteres i BREF-dokumentet. Denne oversigt findes på tabelform bag i rapporten. Det gør også rapporten meget anvendelig for industrien, der kan bruge rapporten som et hurtigt opslagsværk over BAT-metoder med relevante kommentarer til metodernes indhold og anvendelighed.

Sammenfatning og konklusioner

BREF-dokumentet for overfladebehandling af metal og plast indeholder en glimrende oversigt over BAT-anbefalinger for overfladebehandling. BREF-dokumentet gælder i princippet for alle processer med kemisk eller elektrolytisk overfladebehandling med undtagelse af varmforzinkning samt maling og lakering.

Det er estimeret, at der findes ca. 867 procesanlæg i Danmark fordelt på 600-700 virksomheder, idet nogle virksomheder har flere forskellige processer. Virksomheder med over 30 m³ samlet badvolumen (eksklusive skyllebade) er omfattet af EU's IPPC direktiv. Højest 200-300 af disse virksomheder er så store, at de falder inden for den kategori. Det skønnes, at branchen producerer totalt ca. 60 mill. m² overflade pr. år og anvender ca. 3 mill. m³ procesvand.

Alle processer i BREF-dokumentet er relevante for danske forhold, selv om enkelte processer er meget sjældne herhjemme. Der er meget få direkte konflikter mellem BAT-anbefalingerne og dansk miljølovgivning, men COWI vurderer, at der har været behov for at uddybe og præcisere nogle forhold i relation til de anførte BAT-løsninger for at forhindre misforståelser og lette myndighedernes forståelse og anvendelse af BREF-dokumentet.

Flere BAT-anbefalinger begrænser emission af spildevand og til luft, men det er ikke altid, at det er nok til, at virksomhederne kan overholde de vejledende grænseværdier, der er opstillet i henhold til spildevandsvejledningen og luftvejledningen. Dette forhold er fremhævet og forklaret i nærmere i denne rapport.

To EU-direktiver spiller en særlig rolle for overfladebehandling i Danmark. Direktiv 2000/53/EF vedr. skrotning af biler og direktiv 2002/95/EF vedr. import og salg af elektriske og elektroniske artikler. Disse to direktiver er implementeret i Danmark ved to bekendtgørelser. BEK nr. 570 af 23/06/2003 begrænser brug af bly, cadmium, kviksølv og hexavalent chrom i nye biler fra 1. juli 2003. BEK nr. 1008 af 12/10/2004 forbyder brug af bly, cadmium, kviksølv og hexavalent chrom i nye elektriske og elektroniske produkter fra 1. juli 2006 med enkelte undtagelser. Specielt branchens anvendelse af hexavalent chrom til passivering af zink og aluminium vil blive berørt af disse bestemmelser.

1 Indledning

Screening af BREF-dokumentet "Best Available Techniques for the Surface Treatment of Metals and Plastics", September 2005, har til formål at identificere BAT-anbefalinger og oplysninger, hvor der kan være afvigelser i forhold til normal administrativ praksis i Danmark.

Notatet er opdelt i to sektioner. I første sektion identificeres, hvilke processer i BREF-dokumentet, der findes i Danmark, og hvilke processer der ikke findes i Danmark. Endvidere anføres en kort beskrivelse af branchen - dens produktionsforhold og produktionsstørrelse.

I anden sektion er BAT-løsninger i BREF-dokumentet analyseret for at identificere de BAT-anbefalinger, hvor der kan være den ovenfor omtalte afvigelse. For disse BAT-anbefalinger er problemstillingen nærmere diskuteret med forslag til, hvordan man kan håndtere disse uoverensstemmelser. I flere tilfælde har vi fundet, at der var behov for en uddybning og præcisering af BAT-anbefalingen og dens konsekvenser, selv om der tilsyneladende ikke har været en direkte modstrid med administrativ praksis.

Tabellen i bilag 1 er en oversigt over relevante BAT-løsninger, med en kort beskrivelse af hver enkelt BAT-løsning samt en udpegning af de BAT-løsninger, hvor der kan være problemer i forhold til administrativ praksis i Danmark.

2 Processer og brancher i Danmark

2.1 Processer og brancher i Danmark omfattet af BREF-dokumentet

Overfladebehandling af metal og plast udføres i mange brancher og på mange forskellige typer produkter. Overfladebehandling udføres dels på specialvirksomheder som lønarbejde og dels på fremstillingsvirksomheder, der overfladebehandler egne produkter.

Der kan være flere formål med overfladebehandling af metaller. De vigtigste er:

- at opnå god korrosionsbeskyttelse
- at få en pæn eller blank overflade (Udseende)
- at opnå forøget hårdhed eller mere slidstærk overflade

Pålægning af metaller på plast anvendes i stigende omfang i dag, og det kan have flere formål:

- at få et pænt metalagtigt eller blankt udseende
- at få bedre holdbarhed og hårdere overflade
- at få elektrisk ledningsevne

Blandt de vigtigste områder og produkter for overfladebehandling kan nævnes:

- Automobilindustri
- Flyindustri
- Informationssystemer
- Telekommunikation
- Maskindele
- Bygningskonstruktioner
- Badeværelses udstyr
- Containere til mad og drikkevarer
- Trykkerier
- Husholdningsmaskiner
- Smykker, briller og udsmykninger
- Møbelindustrien
- Medicinalindustrien

Der findes mange forskellige processer til overfladebehandling, hvoraf de væsentligste i Danmark er medtaget i tabel 2.1. Tabellen er mere omfattende end tabel 1.1 i BREF-dokumentet. Det skyldes, at BREF-dokumentet kun nævner nogle udvalgte hovedprocesser. I BREF-dokumentet kapitel 2 er der faktisk nævnt betydelig flere processer end i tabel 1.1. Man kan mere generelt sige, at BREF-dokumentet gælder for alle processer med kemisk og elektrolytisk overfladebehandling af metal og plast.

Det skal nævnes, at forbehandling til maling (affedtning, bejdsning, phosphatering, chromatering, o.l.) hører ind under dette BREF-dokument, mens selve malings- og lakeringsprocessen hører under "BREF-document for Surface Treatment Using Solvents".

Varmforzinkning er en meget almindelig proces i Danmark, men den hører ikke hjemme i dette BREF-dokument. Processen er omfattet af "BREF-document on Best Available Techniques in the Ferrous Metals Processing Industry".

I tabel 2.1 er produktionsomfanget i Danmark estimeret tillige med antal virksomheder, der udfører de pågældende processer. De estimerede værdier er baseret på en opdatering af tilsvarende oplysninger fra 1996 i forbindelse med udarbejdelse af Miljøprojekt 55, 2000 "Central oparbejdning af galvanisk affald".

Oplysningerne er fremkommet gennem kontakt til en række udvalgte store virksomheder inden for de enkelte områder samt udvalgte kemikalieleverandører med speciale i de pågældende processer. Endvidere er der hentet oplysninger fra miljøprojekt 738, 2002 "Massestrømsanalyser af chrom og chromforbindelser", fra Miljøprojekt 1052, 2006 "Udpegning og kortlægning af affaldstunge brancher" samt fra baggrundsmateriale fra andre projekter i Miljøstyrelsens regi.

Mange virksomheder udfører flere af de nævnte processer i tabel 2.1, og derfor er antallet af virksomheder snarere 600-700 end de ca. 850 virksomheder, der er estimeret i tabel 2.1. Til gengæld er mange af disse virksomheder så små, at de ikke er omfattet af IPPC direktivet., som kun gælder for virksomheder med mere end 30 m³ badvolumen (excl. volumen af skyllekar). Et meget groft skøn er, at højst 200-300 virksomheder er omfattet af dette punkt i IPPC direktivet.

Tendensen har de senere år været, at mange virksomheder med overfladebehandling er lukket, primært som følge af stigende konkurrence fra udlandet og den globale udvikling, hvor også danske firmaer er flyttet til Kina. I 80'erne og 90'erne var de øgede udgifter til miljøforanstaltninger med til at sanere branchen og lukke flere små virksomheder. Det er normalt forholdsvis dyrere at etablere miljøforbedringer på en lille virksomhed end på en stor virksomhed, og derfor har mange små virksomheder måttet lukke eller fusionere. Mange virksomheder outsourcer i dag en del af produktionen til Østeuropa eller Asien, hvor overfladebehandling kan udføres noget billigere på grund af den billige arbejdskraft.

Nr.	Proces	Antal	Produktion i DK pr. år	Branche /proces
1	El-forzinkning med chrompassivering	60	8.500.000 m ²	Galvano
2	Hårdforchromning	7	30 ton CrO ₃	Galvano
3	Dekorationsforchromning	50	935.000 m ²	Galvano
4	Kemisk fornikling før forchromning	15	120.000 m ²	Galvano
5	Elektrolytisk fornikling	65	1.170.000 m ²	Galvano
6	Plettering med kobber og messing	40	350.000 m ²	Galvano
7	Plettering med tin og tinlegeringer	20	400.000 m ²	Galvano
8	Cadmiering	0	0	Galvano
9	Teknisk forgyldning	20	200 kg Au	Galvano
10	Teknisk forsølvning	20	1600 kg Ag	Galvano
11	Plettering med ædelmetaller	30	100 kg Au, 400 kg Ag	Galvano
12	Anodisering af aluminium	15	1,9 mill. m ²	Anodisering
13	Hårdanodisering af aluminium	5	100.000 m ²	Anodisering
14	Phosphatering og affedtning	350	10-20 mill. m ²	Lakering
15	Zinkphosphatering	50	6-8 mill. m ²	Lakering
16	Chromatering og chromfri passivering af aluminium	40	ca. 6 mill. m ²	Lakering
17	Ætsning og plettering af printkort	15	1.000.000 m ²	Printfremstilling
18	Elektropolering	10	160.000 m ²	Galvano
19	Rustfri stålbejdsning	20	3500000 m ²	Bejdsning
20	Bejdsning af kobber og messing	25	150.000 m ²	Galvano
21	Ætsning (façonætsning, skilte, plader)	10	500.000 m ²	Ætsning
	Total	867		

Tabel 2.1: Oversigt over de vigtigste overfaldebehandlingsprocesser i Danmark omfattet af BREF-dokument for overfladebehandling.

Selv om BREF-dokumentet primært er udarbejdet for de virksomheder, der er omfattet af IPPC direktivet, kan mange gode BAT-løsninger også implementeres på de mindre virksomheder, der ikke falder ind under IPPC-direktivet. Mange danske virksomheder har faktisk allerede indført adskillige af de publicerede BAT-løsninger, men BREF-dokumentet indeholder også flere nyheder, som med stor fordel vil kunne implementeres på en række danske virksomheder.

Tabel 2.1 indeholder overvejende de såkaldte hovedprocesser. Der findes dog flere forbehandlingsprocesser så som affedtning, deoxidering, ætsning, konditionering og dekapering, der anvendes i stort omfang til forbehandling før hovedprocessen. Der anvendes også nogle specialprocesser, som ikke er medtaget i skemaet, fordi de anvendes i meget begrænset omfang. De indgår dog stadigvæk i kategorien kemisk og elektrolytisk overfladebehandling, som dækkes af dette BREF-dokument.

Processerne foregår overvejende i automatiske proceslinier, hvor emnerne hænges op på stativer og flyttes fra det ene proceskar til det andet af en transportør (kran) - som regel med skylning i vand mellem to processer. Småemner til elektrolytisk overfladebehandling anbringes ofte i tromler i stedet for på stativer. Pladeformede emner (printkort og plader) til ætsning transporteres ofte på transportbånd, hvor emnerne påsprøjtes kemikalier og skyllevand. Emner til forbehandling før maling og lakering behandles ofte ved en sprøjteproces, idet emnerne transporteres på køreskinner i en tunnel, mens kemikalier og vand påsprøjtes, når emnerne passerer de pågældende sprøjtezonerne. Endelig foretages overfladebehandling af endeløse bånd

(coils) i et vist omfang enten ved dypning eller påsprøjtning af kemikalier. Processen har dog begrænset udbredelse i Danmark.

Ifølge tabel 2.1 foretages der årlig overfladebehandling af ca. 60 mill. m² emneoverflade, hvilket giver anledning til et betydeligt forbrug af kemikalier, vand og energi. Der udledes formentlig ca. 3 mill. m³ skyllevand ved disse processer indeholdende tungmetaller, overfladeaktive stoffer, olie og salte. Der genereres en del affald i form af spildevandsslam og kasserede kemikalieopløsninger. Der emitteres endvidere en del farlige stoffer til atmosfæren i form af syredampe og aerosoler med farlige kemikalier. Der er endvidere gennem årene sket udslip og spild af kemikalieopløsninger til jorden, så mange af virksomhederne i dag ligger på forurenede grunde. Alle disse forhold er berørt i BREF-dokumentet, hvor der er givet mange gode anvisninger på, hvordan man kan minimere den fremtidige forurening samt ressourceforbruget

2.2 Processer som ikke anvendes i Danmark

Processerne i tabel 2.1 er alle almindelige i Danmark bort set fra cadmiering. Selv om cadmiering ikke er direkte forbudt, så kræver det særlig tilladelse at udføre. Så vidt vides foretages der ikke i øjeblikket cadmiering på danske virksomheder.

I BREF-dokumentet kapitel 2 er de fleste typer af forbehandlingsbade, procesbade og efterbehandlingsbade nævnt. I princippet anvendes de alle i Danmark, selv om de ikke fremgår af tabel 2.1.

Vi kan derfor konkludere, at alle processer i dette BREF-dokument i princippet er relevante for danske forhold.

3 Identifikation af afvigelser i forhold til normal administrativ praksis i Danmark

I BREF-dokumentets kapitel 5 er de enkelte BAT-løsninger beskrevet - ofte med henvisning til de detaljerede løsningsforslag, som findes i kapitel 4, der kan betegnes som et katalog over mulige miljøløsninger for overfladebehandlingsprocesser. Der er også enkelte henvisninger til kapitel 2, hvor produktionsprocesserne er beskrevet.

En virksomhed, der udfører overfladebehandling, har mange muligheder for at indføre BAT-løsninger flere steder i produktionen, og ofte er der flere BAT-løsninger på det samme problem. Her gælder det om at vælge den løsning, som er optimal for den pågældende virksomhed som helhed, hvilket kræver nøjere overvejelser og vurderinger. Man skal dog være opmærksom på, at de implementerede BAT-løsninger ikke nødvendigvis fører til, at en virksomhed kan overholde de gældende miljøkrav, som de fremgår af miljøgodkendelsen og spildevandstilladelsen.

3.1 Generelt BAT for overfladebehandling

De BAT anbefalinger, der retter sig mod overfladebehandling, falder inden for følgende områder:

- God husholdning og miljøledelse
- Produktionsforhold
- Spildevand
- Affaldshåndtering
- Luftemissioner

BREF-dokumentet har disse overskrifter for de generelle BAT-løsninger (Kap. 5):

5.1 BAT-anbefalinger for generelle områder:

- 5.1.1: Ledelse og styring
- 5.1.2: Design, konstruktion og drift af anlæg
- 5.1.3: Omrøring af procesbade
- 5.1.4: Forbrug af vand og energi
- 5.1.5: Minimering af spild af vand og materialer
- 5.1.6: Materialelevring og affaldshåndtering
- 5.1.7: Badvedligeholdelse
- 5.1.8: Spildevandsemmissioner
- 5.1.9: Affald
- 5.1.10: Luftemissioner
- 5.1.11: Støj

5.1.12: Grundvandsbeskyttelse og nedlæggelse af anlæg

3.2 BAT for enkelte processer

BREF-dokumentet har disse overskrifter for de specifikke BAT-løsninger (Kap. 5):

5.2 BAT-anbefalinger for specifikke processer:

- 5.2.1: Ophæng
- 5.2.2: Udslæbsminimering fra hængvarelinier
- 5.2.3: Udslæbsminimering fra tromlelinier
- 5.2.4: Manuelle proceslinier
- 5.2.5: Substitution af farlige kemikalier
- 5.2.6: Substitution af polering og pudning
- 5.2.7: Valg og substitution af affedtningsproces
- 5.2.8: Vedligeholdelse af affedterbade
- 5.2.9: Levetidsforlængelse og genvinding af bejdse- og ætsebade
- 5.2.10: Genvinding af chrom(VI) chromateringsbade
- 5.2.11: Anodisering
- 5.2.12: Plettering af stålband
- 5.2.13: Printfremstilling

I bilag 1 i denne rapport er der udarbejdet en oversigt på tabelform over alle BAT-løsninger, og indholdet i de enkelte BAT-løsninger er gennemgået på stikordsbasis. Formålet med denne tabel er at give en enkel oversigt over alle BAT-løsninger i dette BREF-dokument. Søger detaljerede oplysninger om de enkelte løsninger, må man slå op i selve BREF-dokumentet, hvor de fleste løsninger er ret detaljeret beskrevet.

3.3 Uddybning og afvigelser

De fleste BAT-løsninger er kvalitative, men der kan alligevel godt være tale om, at nogle løsninger frembyder problemer i relation til administrativ praksis, som den er fastlagt gennem Miljøstyrelsens vejledninger. I dette afsnit er gennemgået nogle generelle og specifikke anbefalinger, hvor der efter vor opfattelse har været behov for en uddybning eller en forklaring på afvigelser i forhold til dansk miljølovgivning.

3.3.1 Hvad hører med til denne BREF

Dette BREF-dokument omfatter i princippet alle processer inden for overfladebehandling af metal og plast, der falder ind under betegnelsen kemisk og elektrolytisk overfladebehandling. Der er enkelte undtagelser såsom varmforzinkning samt maling og lakering. Dette er nærmere beskrevet i afsnit 2 i denne rapport samt kap. 1 og 2 i BREF-dokumentet.

Det skal understreges, at tabel 1.1 i BREF-dokumentet samt tabel 2.1 i denne rapport kun indeholder de mest almindelige hovedprocesser, mens mange

forbehandlingsprocesser (affedtning, bejdsning, dekapering) ikke er nævnt i disse tabeller, fordi de som regel er en del af en større procesrække.

3.3.2 Benchmarking (5.1.1.4).

Denne BAT-anbefaling lægger op til, at virksomhederne skal registrere og sammenligne nøgletal for forbrug af vand, energi, kemikalier og råvarer for at kunne sammenligne sig med branchestandarder og andre virksomheder - eller blot sammenligne egen situation fra år til år. Nøgletal kan også omfatte affaldsmængder og emissioner eller have relation til produktionen, f.eks. brokprocent.

Benchmarking er et glimrende værktøj til at finde frem til de særlige problematiske områder på de enkelte virksomheder, men desværre findes der ikke mange konkrete nøgletal i BREF-dokumentet. Der er nævnt enkelte nøgletal vedr. vandforbrug. Uden kendskab til generelle nøgletal, bør virksomhederne udregne nøgletal for relevante parametre med tilbagevirkende kraft og søge at forbedre præstationen i forhold til de gamle nøgletal. Der kan eventuelt opstilles mål for, hvordan nøgletallene bør udvikle sig år for år.

Nøgletal er velegnede til at styre virksomhedens forbrug samt udregne dens specifikke forurening. Vand- og energiforbrug kan udregnes pr. produceret enhed (f.eks. liter vand pr. m² overflade eller kWh pr. m² overflade). Nøgletal skal udregnes for konkrete processer, da både vand- og energiforbrug varierer fra proces til proces. Ved at sammenligne disse nøgletal fra år til år kan man følge, om en virksomhed forbedrer sig, og virksomheden er selv i stand til at gribe ind, når udviklingen går i den forkerte retning.

Nøgletal kan være meget velegnede til at indbygge i en miljøgodkendelse. Mange virksomheder har spildevandskrav for specifikke stoffer relateret til en emissionskoncentration (mg/l) og en total udledning (kg/år), der er en sammenkædning af spildevandsmængden og koncentrationen. Produktion og forurening følges normalt ad - jo større produktion, jo større forurening. Ønsker myndighederne at styre og begrænse vandforbruget og emissionen i forhold til produktionens størrelse kunne man f.eks. anføre krav som et specifikt vandforbrug og en specifik emission.

Hvis produktionsprocessen er el-forzinkning, kan kravene f.eks. formuleres således:

Vandforbrug: Max. 50 liter pr. m² produceret overflade
Zinkemission: Max. 2 mg/l eller max. 100 mg pr. m² overflade.

Overfladen kan være en lidt vanskelig enhed at kontrollere, og den kan i stedet omregnes til zinkanodeforbrug eller forbrug af amperetimer (Ah) i zinkbadet. Disse størrelser vil let kunne beregnes ud fra spildevandsanalyser og registrering af anodeforbrug eller Ah-forbrug.

Der er masse af tilsvarende muligheder for en inkorporere nøgletal i spildevandskrav, så man bedre kan følge miljøpræstationen på en virksomhed uafhængig af produktionens størrelse.

3.3.3 Vandbesparelser generelt

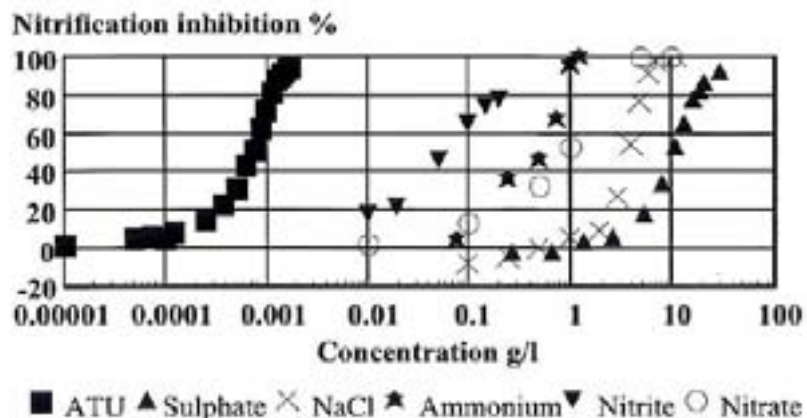
Temaet "vandbesparelser" indgår i mange BAT-anbefalinger, f.eks. 5.1.5.1, 5.1.5.4, 5.1.8.1 og 5.2.13. Vandbesparelser opnås ofte ved reduktion af vandflowet (modstrømsskylning, sprayskylning), ved genbrug af rensset spildevand eller ved recirkulation af skyllevand over en ionbytter.

Vandbesparelser kan have en negativ effekt på spildevandets sammensætning. Spildevandet bliver meget saltholdigt, uanset hvilken teknik der anvendes til vandbesparelser. Ved udledning til søer og vandløb kan den høje saltkoncentration (ledningsevne: 5-50 mS/cm) måske være et problem. Sådanne udledninger forekommer imidlertid meget sjældent i Danmark. Som regel vil det ikke betyde noget, når det gælder små vandmængder med høj saltkoncentration, der udledes til et kommunalt kloaknet, hvor der er en stor fortynding.

Den høje saltkoncentration kan eventuelt give problemer, hvis en spildevandsprøve undersøges for nitrifikationshæmning. Flere danske virksomheder er løbet ind i det problem, at man har sparet så meget vand, at det saltholdige spildevand giver nitrifikationshæmning alene på grund af saltindholdet. Når spildevandskravene omfatter kontrol af nitrifikationshæmning, er det normalt for at sikre, at der ikke udledes væsentlige mængder giftige stoffer ved siden af de stoffer, som kontrolleres specifikt med analyser.

Normalt forventer man, at et renseanlæg kan nitrificere ved et chloridindhold på maksimalt 5000 mg/l ifølge Unified Facilities Criteria (UFC). En nitrifikationstest foretages normalt i en 5 ganges fortynding, hvilket betyder, at der bør være normal nitrifikation op til et chloridindhold på 25 g/l i den ufortyndede prøve.

Noget tyder imidlertid på, at der indtræder nitrifikationshæmning ved en noget lavere chloridkoncentration, når der foretages en nitrifikationstest. På Lunds Tekniske Højskole (se litteraturlisten i kap. 4) har man undersøgt nitrifikationshæmning for forskellige stoffer i forskellige koncentrationer. Et af resultaterne fremgår af nedenstående graf.



Undersøgelsen viser, at chlorider tilsyneladende er mere hæmmende ved nitrifikation end almindeligvis antaget. Der findes således ca. 60 % hæmning ved en koncentration af NaCl = 3 g/l (svarende til en chloridkoncentration på 1,8 g/l). Man skal dog være opmærksom på, at mikroorganismene kan vænne sig til et højt chloridindhold. Når man foretager en test, udsættes mikroorganismer for en meget høj chloridkoncentration, som de ikke er vant til. Det er formentlig forklaringen på, at man ved testen kan påvise hæmning ved betydeligt lavere chloridkoncentrationer.

Det kan også være forklaringen på, at UFC anfører, at nitrifikation kan foregå op til et chloridindhold på 5 g/l, idet mikroorganismene formentlig kan nitrificere uden hæmning, når de har vænnet sig til den høje chloridkoncentration. Det rejser naturligvis spørgsmålet, om testen er relevant, for så vidt angår de praktiske forhold på et kommunalt renseanlæg, idet saltholdigt industrispildevand normalt vil fortyndes kraftigt, før det når frem til det kommunale renseanlæg.

Vandbesparelser kan også have en positiv effekt på miljøbelastningen. Når spildevandet renses ved kemisk fældning, vil man typisk nå den samme restkoncentration af tungmetal, som der opnås i mindre koncentreret spildevand, uanset om der er høj eller lav saltkoncentration. Det er absolut en stor fordel, da den totale metaludledning (koncentration * vandmængde) derved reduceres tilsvarende.

En anden positiv effekt af vandbesparelserne er, at der bruges færre kemikalier til kemisk rensning af spildevandet fra en given produktion, når spildevandsmængden er lille. Samtidig kræver små spildevandsmængder også små renseanlæg, hvilket reducerer investering i nyanlæg og sparer energi ved den daglige drift.

Anbefaling.

Da vandbesparelser har store fordele i form af ressourcebesparelser og reduceret miljøbelastning med farlige stoffer, bør myndighederne foretage en fleksibel vurdering af en forhøjet saltbelastning, da saltbelastningen normalt ikke uden videre kan reduceres for en given produktion. Hverken ionbytning eller omvendt osmose kan fjerne behovet for udledning af saltholdigt spildevand. Ved begge processer dannes ganske vist rent vand næsten uden saltindhold, men saltene kommer senere frem i form af eluater og koncentreter, der også skal udledes med spildevandet.

Hvis virksomhederne skal opnå de ønskede mål for vandbesparelser, bør myndighederne, så vidt det overhovedet er forsvarligt, acceptere virksomhedernes udledning af spildevand med højt saltkoncentration. Det skal ses i lyset af, at der normalt vil forekomme en stor fortynding i kloaknet og recipient, fordi virksomhedernes totaludledning af salte er relativt lille trods høje koncentrationer. Såfremt nitrifikationshæmning alene skyldes et forhøjet saltindhold, bør denne test udgå af den normale spildevandskontrol, hvis myndighederne i øvrigt kan acceptere udledning af det forhøjede saltindhold.

3.3.4 Spildevandskrav (5.1.8.3)

BREF-dokumentets afsnit 5.1.8.3 omhandler udledning af spildevand. Det omtales som BAT at monitere det udledte spildevand kontinuert (fx pH) og jævnligt udtage stikprøver til analyse for metaller og cyanider m.m., så virksomheden lever op til gældende spildevandskrav og behovet for driftskontrol.

I BREF-dokumentet tabel 5.2 er der anført eksempler på koncentrationsniveauer (døgnprøver) for de mest almindelige tungmetaller samt enkelte andre stoffer og samleparametre, der kan opnås ved anvendelse af kombinationer af renere teknologi og renseteknikker. Det skal her understreges, at tabellen på ingen måde er et forslag til udledningskrav. De anførte koncentrationsniveauer spænder vidt, da de hænger sammen med virksomhedens produktion og de anvendte BAT-løsninger. Tabellen må ikke opfattes som et udtryk for, hvad der generelt er opnåeligt med de rette BAT-løsninger. Værdierne skal opfattes som typiske værdier for spildevandsprøver udtaget som døgnprøver efter rensning og før sammenblanding af spildevandet med "fortyndingsvand" (kølevand og andet procesvand).

Anbefaling.

Spildevandskrav skal i Danmark normalt stadig fastsættes ud fra de principper, der er anført i spildevandsvejledningen, nr.2, 2006 - også selv om dette måtte resultere i lavere grænseværdier end anført i tabel 5.2. Myndighederne kan dog i et vist omfang lægge BAT-løsninger til grund for en spildevandstilladelse i stedet for egentlige koncentrations- og mængdekrav til det udledte spildevand. Det kan i visse tilfælde forekomme mere rimeligt og mindre økonomisk belastende for små virksomheder, hvor miljøbelastningen er lille og uden væsentlig betydning i den store sammenhæng.

3.3.5 Nul-udledning (zero-discharge) er ikke BAT (5.1.8.4)

Det er i visse tilfælde teknisk muligt at etablere et overfladebehandlingsanlæg uden udledning af spildevand - ofte ved anvendelse af membranprocesser og inddampning. Det kaldes nul-udledning eller zero-discharge. BREF-dokumentet fastslår, at det ikke er BAT i sig selv at have nul-udledning, da det som regel er dyrt i investering og drift, og det er normalt også energikrævende. Et sådant anlæg vil sædvanligvis også generere store mængder affald, idet skyllevandet typisk opkoncentreres og bliver til koncentrerede affaldsopløsninger, der skal bortskaffes i stedet for at udlede det som spildevand. Affaldet kan eventuelt oparbejdes og genanvendes i stedet for at bortskaffes, men det vil ofte være kompliceret og dyrt.

BREF-dokumentet anbefaler derimod, at der etableres et lukket kredsløb ("closed loop") ved visse processer med særlig farlige kemikalier. Det gælder processer med hexavalent hårdchrom og cadmium. Ved begge de to processer kan man opkoncentrere de udslæbte badkemikalier i et modstrømsskyllesystem (3-4 skyllekar i modstrøm) og føre skyllevandet retur til procesbadet efter fx inddampning af skyllevand og bad for at skabe plads i procesbadet (se BREF, 4.7.11). Med dette system kan man således reducere spildevand og/eller affald til meget små mængder med lave

stofkoncentrationer. Det gælder kun skyllevand efter de pågældende procesbade, idet skyllevand efter de øvrige procesbade i proceslinien skal behandles på normal vis.

Det skal nævnes, at delvis lukkede systemer for fornikling og forchromning har været anvendt i Danmark i mindst 30 år. Afhængigt af antal skyllekar samt fordampning i procesbad og i inddampningsanlæg vil der ofte kunne opnås 60-99% genvinding ved at anvende et ionbytningsanlæg på sidste skyllekar i skyllekaskaden. Mange af disse systemer kan let optimeres til at opnå 97-99 % genvinding og dermed kun 1-3% affald ved passende kombination af skyllesystem, fordampning og ionbytning. Det vil ofte være langt billigere i drift at opnå 97-99% genvinding end 100 % genvinding. Det skal påpeges, at jo mere genvinding, jo mere behov bliver der for vedligeholdelse af procesbadet for at fjerne akkumulerede urenheder.

Anbefaling.

Der bør ikke stilles krav til nul-udledning (zero-discharge) fra en hel proceslinie med henvisning til, at det er BAT. I de fleste tilfælde vil en total nul-udledning være dyr og kompliceret, hvis den overhovedet er teknisk mulig.

Det er derimod BAT at lukke skyllesystemerne efter procesbade for cadmiering og hexavalent hårdchrom, da det er to meget farlige stoffer, hvor man med forholdsvis enkle midler kan holde disse stoffer tilbage i procesbadene.

3.3.6 Luftemissioner (5.1.10)

Tabel 5.3 i BREF-dokumentet angiver, hvilke procesbade der kan kræve afsugning for at undgå diffuse emissioner til luften, og hvor afsugning i almindelighed ikke er nødvendig. Tabellen skal betragtes som vejledende, idet gældende krav fra Arbejdstilsynet skal overholdes. Det samme gælder den udsugede luft. Luftrensning og forhøjet afkast kan eventuelt være påkrævet for at overholde de vejledende grænseværdier i luftvejledningen Nr. 2/2001. Vedr. emission af VOC fra organiske affedtningsemidler henvises til BREF-dokumentet for overfladebehandling ved hjælp af organiske opløsningsmidler. Virksomhederne bør så vidt mulig anvende metoder, der begrænser afgivelse af stoffer fra badet til luften (f.eks. additiv i chrombad, inhibitor i bejdsebad) og luftmængder (indkapsling, overdækning). Rensemetoder for luft er kort beskrevet i BREF-dokumentet afsnit 2.13.3.4.

Anbefaling.

Brug BREF-dokumentets tabel 5.3 som udgangspunkt for at vurdere, hvilke proceskar der kræver udsugning. Søg i den forbindelse at få en vurdering/udtalelse fra Arbejdstilsynet om, hvad deres normale praksis er. Opstil sædvanlige emissionskrav og immissionkrav på baggrund af luftvejledningen. Arbejds miljøforhold omkring anlægget kontrolleres efter ibrugtagning på sædvanlig vis af Arbejdstilsynet, der lægger gældende danske grænseværdier til grund.

3.3.7 Dekorationsforchromning (5.2.5.7.1)

Der findes i dag procesbade til dekorationsforchromning baseret på chrom(III) i stedet for den traditionelle proces med chrom(VI) i form af chromsyre. Disse procesbade har endnu ikke vundet almindelig udbredelse i Danmark. En anden mulighed for at undgå chrom(VI)-holdige bade er at erstatte chrombelægningen med en anden metalbelægning, f.eks. tin-cobolt. BREF-dokumentet understreger dog, at det kan være acceptabelt at bibeholde chrom(VI)-badet, hvis ikke man kan opnå de ønskede egenskaber (farve, hårdhed, korrosionsevne, hårdhed og slidstyrke) med et alternativt procesbad.

3.3.8 Cadmiering (5.2.5.6)

BREF-dokumentet lægger op til, at man skal forsøge at substituere cadmium med mindre farlige kemikalier. Hvis man alligevel er nødt til at anvende cadmium, er det BAT at etablere et lukket system for selve cadmieringsprocessen og skyllevandet samt at udføre cadmiering i et særligt indelukket område.

I EF-direktiv 2002/95/EF indføres der forbud mod brug af cadmium i elektronikprodukter fra 1. juli 2006. Dette fremgår af bekendtgørelse BEK nr. 1008 af 12.10.2004. Bekendtgørelsen forventes at komme i en revideret udgave i efteråret 2006. Det betyder, at substitution skal gennemføres for så vidt angår elektriske produkter og elektronikudstyr. Det er med andre ord ikke tilstrækkeligt med et lukket kredsløb for selve cadmieringsprocessen.

Anbefaling.

Der må fra den 1. juli 2006 ikke mere anvendes cadmiering af produkter, som indgår i elektriske produkter og elektronisk udstyr ifølge EU-direktiv 2002/95/EF. Cadmium skal og kan substitueres med et andet metal, hvilket i første omgang berører producenten af de elektriske produkter, når produktet skal designes og fremstilles.

3.3.9 Chrom(VI)-fri passivering (5.2.5.7.3)

Der arbejdes generelt ihærdigt på at få fjernet eller begrænset anvendelse af chrom(VI) kemikalier fra metaloverfladebehandling. Det har specielt betydning at begrænse brugen af chrom(VI) til passivering af zink og aluminium. Det skyldes, at chrom(VI) vil forekomme som chrom(VI) i selve passiveringslaget på det færdige produkt i modsætning til en forchromningsproces, hvor chrom foreligger som metallisk chromlag efter den elektrolytiske udfældning.

I dag indeholder blåpassivering til zink kun chrom(III), og det giver glimrende kvalitet på linie med, hvad man tidligere opnåede med chrom(VI)-holdig blåpassivering. Der findes i dag produkter til gulchromatering af zink uden chrom(VI), men på grund af manglende information er de ikke nøjere beskrevet og vurderet i BREF-dokumentet. Det er derimod nævnt, at der ikke er gode chrom(VI)-fri erstatninger for sort og oliven passivering.

I forbindelse med passivering af aluminium før lakering anvendes i stigende grad chromfri produkter - ofte kemikalier med titan, zirconium eller silaner. BREF-dokumentet anfører, at chromfri passivering er en BAT-løsning. Så vidt vides opnås ikke helt den samme gode egenskab ved lakeringen, som når man anvender passivering med chrom(VI), men det vil være fuldt tilstrækkeligt i de fleste tilfælde. I BREF-dokumentet afsnit 4.9.12 nævnes da også, at man ofte kan erstatte den traditionelle chromfri passivering af aluminium med en tilsvarende chromfri proces.

Problemstillingen ved anvendelsen af disse nye produkter er ikke nøjere beskrevet i BREF-dokumentet. Derfor skal her gives nogle supplerende oplysninger, der kan have betydning ved den miljømæssige vurdering af disse nye passiveringsmidler. Titan- og zirkonsalte er ikke velegnede til ionbytning, da de giver tilstopning i ionbytteren, når den regenereres med natronlud. Derfor kan man ikke udnytte den mest oplagte vandbesparelsesmetode ved skylning efter disse nye procesbade. Det gør vandbesparelser mere besværlige og dyrere, da man nu bliver nødt til at skylle i flere trin for at spare vand, og det kræver en længere proceslinie.

Det skal nævnes, at EF-direktiv 2002/95/EF indfører forbud mod brug af chrom(VI) i elektriske artikler og elektronikprodukter fra 1. juli 2006. Der skal derfor findes egnede alternativer, hvilket vil berøre mange danske virksomheder. Direktivet er implementeret herhjemme med BEK nr. 1008 af 12/10/2004, som i øjeblikket er under revision.

EU-direktiv 2000/53/EF har til formål at begrænse spredningen af visse farlige stoffer til miljøet i forbindelse med skrotning af biler. Fra 1. juli 2003 forbyder direktivet brug af cadmium i nye biler, og der tillades højst 2 g hexavalent chrom pr. bil. Dette punkt er dog senere blevet udsat til 1. juli 2007. Direktivet er implementeret i Danmark ved BEK nr. 570 af 25/08/2003, der tillader 0,1% hexavalent chrom i homogene materialer i nye biler. Denne bekendtgørelse er i øjeblikket under revision. Direktivet er også blevet revideret i 2005, hvor punktet med hexavalent chrom er undtaget indtil 1. juli 2007. Alt dette har betydning for gulpassivering af zinkoverflader og aluminiumsdele til nye biler.

3.3.10 Phosphochromatering eller grønchromatering af aluminium (5.2.5.7.4)

Grønchromatering af aluminium kaldes også phosphochromating på engelsk og er nævnt under dette separate punkt 5.2.5.7.4 med henvisning til punkt 4.9.12. Der findes som nævnt ovenfor under afsnit 3.3.9 flere alternative chromfri produkter, der kan erstatte grønchromatering.

Anbefaling.

Erstatning af grønpassivering af aluminium med en chrom(VI)-fri proces er en BAT-løsning, der kan anvendes, hvis man kan opnå de ønskede produktegenskaber med den nye proces. Det er med andre ord ikke givet, at man altid kan anvende chromfri passivering til en given produktion, og det må vurderes fra sag til sag, om denne BAT-løsning skal kræves.

3.3.11 Substitution af opløsningsmidler (5.2.7.2)

Affedtning i opløsningsmidler kan ofte erstattes med affedtning i alkaliske vandige opløsninger. Trichlorethylen til affedtning har været populær inden for overfladebehandling, da det er ekstremt effektivt. Visse standarder foreskriver ligefrem anvendelse af trichlor til forbehandling af emnerne. Trichlorethylen skal i dag mærkes med R45 og bør derfor substitueres, hvis det er teknisk muligt. Alternativt bør anvendelse af trichlor begrænses mest muligt og emissioner til luft minimeres ved fx et aktivt kulfilter. VOC-bekendtgørelsen (BEK nr.350 af 29/05/2002) indeholder konkrete krav for anvendelsen af organiske opløsningsmidler til specifikke formål - herunder afrensning af metaloverflader.

3.3.12 Printfremstilling - luftemissioner (5.2.13)

Det anføres under printfremstilling, at man skal reducere luftemissioner fra loddemasker ved brug af harpiks med højt tørstofindhold og lav VOC. Dette vil normalt reducere emissionen så meget, at man kan overholde kravene i VOC-bekendtgørelsen .

Anbefaling:

Sørg for at substituere trichlorethylen, hvis det er teknisk muligt.. Opstil om nødvendigt krav om overholdelse af kravene i VOC-bekendtgørelsen.

4 Litteratur og lovstof

Bekendtgørelser og EU-direktiver:

1. BEK nr 350 af 29/05/2002: Bekendtgørelse om begrænsning af emissionen af flygtige organiske forbindelser fra anvendelse af organiske opløsningsmidler i visse aktiviteter og anlæg (VOC-bekendtgørelsen).
2. BEK nr. 943 af 16/09/2004: Bekendtgørelse om godkendelse af listevirksomhed
3. BEK nr. 570 af 23/06/2003 vedr. import og salg af person- og varebiler mv, der indeholder visse farlige stoffer
4. BEK nr. 1008 af 12/10/2004: Bekendtgørelse om begrænsning af import og salg af elektrisk og elektronisk udstyr, der indeholder visse farlige stoffer.
5. IPPC-direktivet. Direktiv 96/61/EF: Integreret forebyggelse og bekæmpelse af forurening:
6. EU-direktiv 2000/53/EF af 18.09.2000 vedr. skrotning af biler
7. EU-direktiv 2002/95/EF vedr. salg og import af elektrisk og elektronisk udstyr.

Vejledninger:

8. Spildevandsvejledningen nr. 2, 2006: Tilslutning af industrispildevand til offentlige spildevandsanlæg.
9. Luftvejledningen nr. 2, 2001: Begrænsning af luftforurening fra virksomheder.

Miljøprojekter og orienteringer:

10. Miljøprojekt nr.738/2002: Massestrømsanalyser af chrom og chromforbindelser.
11. Miljøprojekt nr.55/2000: Central oparbejdning af galvanisk affald.
12. Miljøprojekt nr.1053/2005: Ressourceeffektivitet - forslag til definition samt praktiske eksempler på anvendelse af begrebet.
13. Miljøprojekt nr.1052/2006: Udpegning og kortlægning af affaldstunge brancher.
14. Orientering fra Miljøstyrelsen, Nr.6/1993: Brancheorientering for galvanoidindustrien.

Andet

15. Toxicity of wastewater generated from gasification of woodchips. Rapport fra Lunds Tekniska Högskola, juni 2003.
16. Department of Defense, USA. Unified Facilities Criteria. Design: Wastewater treatment system augmenting handbook. UFC 3-240-02N, 16.01.2004.

Bilag A
Oversigtskema med BAT-anbefalinger

No.	BAT anbefaling	Stikord	Indhold i BAT er:	COWI kommentar	Ref. kap.2	Ref. kap.4	Afgivelse i forhold til administrativ praksis
5.1	BAT for generelle områder						
5.1.1	Ledelse og styring:						
5.1.1.1	Miljøledelse og -styring	Planlægning, implementering, måling, opfølgning	At indføre og arbejde efter et miljøledelsessystem omfattende: a) Miljøpolitik, b) Planlægning og implementering af procedurer, c) Monitere og kontrollere miljøpræstation, d) Foretage korrigerende handlinger og løbende forbedringer, e) Interne og eksterne audits	Kan være ønskeligt men ikke påkrævet		4.1.1	Nej
5.1.1.2	Housekeeping og vedligeholdelse	Oprydning, vedligeholdelse, uddannelse, ansvar,	At implementere og anvende et program eller plan, der sikrer systematisk oprydning, orden og vedligeholdelse for at minimere forurening og miljørisiko, jf. 4.1.1.c (Implementering og driftsprocedurer) og 4.1.1.1 (specifikke EMS-procedurer for overfladebehandling).	Bør altid efterleves		4.1.1.1, 4.1.1	Nej
5.1.1.3	Minimere brokprocent	Proces specifikationer, træning, kvalitetsstyring	At minimere miljøeffekter gennem reduktion af brokprocent gennem korrekte produktspecifikationer, mandskabstræning samt tæt samarbejde mellem produktfremstiller og overfladebehandler.	Ønskeligt og økonomisk fordelagtigt.		4.1.2	Nej
5.1.1.4	Benchmarking	Registrere nøgletal og branchestandarder og følge op	At indføre målbare referenceværdier for forbrug af energi, vand og råvarer for at kunne måle, hvordan virksomheden ligger i forhold til egne mål samt eksterne branche nøgletal (se 4.1.3).	God idé. Styring efter nøgletal er dog ingen garanti for, at virksomheden overholder gældende udledningskrav.		4.1.1(j), 4.1.3	Uddybning

5.1.1.5	Optimering af proceslinie	Medfører mindre ressourceforbrug og forurening	At optimere produktionsforløb og procesliniens opbygning, så proceslinien forbedres og kommer op på det optimale niveau for branchen mht. ressourceforbrug og forurening.	Ønskeligt og økonomisk fordelagtigt.		4.1.4, 4.1.5	Nej
5.1.2	Installation, design, konstruktion og drift:						
	Trin 1 (selve procesanlægget)	Pladsbehov, sikkerhedsmæssig placering, godt og stabilt udstyr	At anvende tilstrækkelige og rigelige anlægsdimensioner samt passende isolering/indkapsling af de farlige produktionsområder. Sikre stabil drift af processer og komponenter.	God praksis + Specifikke myndighedskrav		4.2.1	Nej
	Trin 2 (sikre mod utilsigtet spild og udslip)	Sikkerhedsgrav, lækagesporing, materialevalg,	At anvende sikkerhedsmæssigt forsvarlige tanke til kemikalieopløsninger, at sikre opsamlingsfaciliteter for spild og lækager samt anvende monitoringsudstyr til lækagesporing	God praksis + Specifikke myndighedskrav		4.2.1	Nej
	Trin 3 (rutinekontrol og planer ved uheld)	Inspektion, afprøvning, planer ved uheld	At foretage rutinemæssig inspektion af af procesanlægget og have katastrofeplaner for potentielle uheld	God praksis + Specifikke myndighedskrav		4.2.1	Nej
5.1.2.1	Oplagring af kemikalier, råvarer og emner	Kemikalielager, giftrum, korrosion, risikovurdering,	At oplagre kemikalier så man undgå giftige gasser, brand, voldsomme reaktioner og jordforurening ved lækager og sammenblanding. Krav til separate lagre og korrosionsbestandige tanke. Emner opbevares og beskyttes, så korrosion og ekstra behandling minimeres.	Man skal følge dansk lovgivning	2.1	4.2.2, 4.3.1	Nej
5.1.3	Omrøring af procesbade			Vigtigt for optimal proces			
	Rundpumpning	Kan bruges for de fleste procesbade	Opblanding af procesbade ved rundpumpning er acceptabel for alle procesbade og medfører flere procesmæssige og miljømæssige fordele.	Arbejds miljø og ekstern emission		4.3.4	Nej
	Emnebevægelse	Kan bruges for nogle processer	Emnebevægelse er en anden måde at få bevægelse af væske og emner, men det kan ikke udnyttes på alle procesbade og det kræver specielt design af	Arbejds miljø og ekstern emission		4.3.4	Nej

			procesudstyret				
	Luftindblæsning	Kun hvor det er strengt nødvendigt og der ikke afgives skadelige gasser	Luftindblæsning er ofte den letteste måde at få god bevægelse af proceskemikalier ved emneoverfladen, men den bør ikke anvendes på varme bade samt bade, der kan afgive giftige og korrosive gasser.	Arbejds miljø og ekstern emission		4.3.4	Nej
5.1.4	Forbrug af vand og energi:						
5.1.4.1	Elektricitet til elektrolyse og maskiner	Minimere energiforbrug, strømskinner, ledningsevne, ensretter,	At reducere el-forbrug gennem optimering af ensretter, motorer, strømskinner, kontakter, badets ledningsevne, pulsplettering samt forebyggende vedligeholdelse af motorer, ensrettere og tilbehør.	God praksis + evt. specifikke myndighedskrav vedr. energibesparelser		4.4.1	Nej
5.1.4.2	Opvarmning	Varmt vand, damp, el-varmelegemer, niveauekontrol af procesbad	At sikre at opvarmningssystemer ikke giver problemer, fx udtørring af bad p.g.a. fordampning eller fortynding p.g.a. utætheder i varmesystemet. De anvendte varmesystemer kan være: Damp, varmt vand, varm olie eller elektrisk opvarmning.	God praksis + evt. specifikke myndighedskrav vedr. sikkerhed		4.4.2	Nej
5.1.4.3	Reduktion af varmetab	Varmegenvinding, luftbevægelse, badtemperatur, isolering, tildækning	At reducere varmetab gennem varmegenvinding, tankisolering, lavere og bedre kontrol af badtemperatur, optimering af udsugningssystem, overdækning af procesbade og badoverflader	God praksis + evt. specifikke myndighedskrav		4.1.1, 4.1.3, 4.4.3, 4.18.3	Nej
5.1.4.4	Køling	Undgår overkøling, temperaturkontrol, lukket kølesystem, fordampning	At undgå overkøling gennem temperaturkontrol, anvende lukket kølesystem, at opnå køling ved fordampning, at fjerne overskudsvarme ved fordampning, at designe kølesystemer uden legionella bakterier.	God praksis + evt. specifikke myndighedskrav		4.1.1, 4.1.3, 4.4.1, 4.7.11.2	Nej
5.1.5	Minimere spild af vand og materialer				2.4		

5.1.5.1	Vandbesparelser i processen	Forbrugsregistrering, modstrømsskylning, ionbytning, vandgenbrug	At monitorere alle vandforbrugssteder. At genanvende og recirkulere skyllevand ved modstrømsskylning, flergangsanvendelse, ionbytning, RO og bruge rensat spildevand og kølevand. At styre vandforbrug og skyllevandskvalitet. At styre vandforbrug efter mål og nøgletal (benchmarking. 3-20 l/m ² pr. skylletrin).	God praksis + evt. specifikke myndighedskrav. Nedsat vandforbrug giver øget saltkoncentration.	2.7	4.4.5.1, 4.4.5.2, 4.7.8, 4.7.12	Stor saltkoncentration og eventuelt nitrifikationshæmning
5.1.5.2	Reduktion af indslæb	Forskylning (eco-rinse), afdrypning	At minimere indslæb ved skylning i eco-rinse, gennem bedre afdrypning eller gennem tilpasning af badkemi.	God praksis + evt. specifikke myndighedskrav		4.7.4, 4.7.11, 4.7.12	Nej
5.1.5.3	Reduktion af udslæb	Ophæng, effektiv afdrypning, badkoncentration, badviscositet	At optimere ophæng, tromler, optrækshastighed, afdrypningstid samt minimere badkoncentration og viscositet og anvende sparskyl.	God praksis + evt. specifikke myndighedskrav		4.6	Nej
5.1.5.4	Skylning	Modstrømsskyl, sparskyl, eco-skyl, sprayskyl	At anvende modstrømsskylning evt. i kombination med eco-rinse og sparskyl. At anvende sprayskylning. At minimere vandforbrug til 3-20 l/m ² pr. skylletrin. At føre udslæbte badkemikalier retur til procesbadet via sparskyl eller tilsvarende.	God praksis + evt. specifikke myndighedskrav. 10 l/m ² har i DK været nævnt som mål for en hel proceslinie.	2.4	4.7 4.10 4.1.3.1	Nej
5.1.6	Materialegevinding og affald						
5.1.6.1	Forebyggelse og minimering	Undgå eller minimer materialespild, monitorering af proceskemikalier, nøgletal	At forhindre og minimere spild af kemikalier og råmaterialer gennem reduktion og genanvendelse af udslæb. At forhindre overdosering af kemikalier ved kontrol af badkemien og sammenholde værdier med nøgletal og rapportere afvigelser.	Bør altid gennemføres.		4.6 4.7 4.7.11 4.10	Nej
5.1.6.2	Genbrug	Oparbejdning og genbrug	At oparbejde metaller til anoder for genanvendelse evt. i kombination med genanvendelse af udslæbte badkemikalier.	Kan være en god løsning		4.7, 4.12	Nej
5.1.6.3	Genvinding i lukket system	Tilbageføring, oprensning, opkoncentrering, badrensning	At føre skyllevand fra første skyl retur til procesbadet samt at monitorere og vedligeholde procesbadet, så akkumulering af urenheder holdes under kontrol. Det er BAT at anvende et lukket skyllesystem efter chrom(VI) og cadmium.	Er altid en god løsning. Lukkede systemer er ofte kun med 97-99% genvinding. Resten		4.7, 4.7.8 4.7.10 4.7.11 4.7.12	Nej

				ender i en ionbytter.			
5.1.6.4	Genvinding og oparbejdning	Opsplitning af spildstrømme, ekstern oparbejdning og genanvendelse	At separere spildstrømme med henblik på genvinding. At oparbejde og genanvende spildstrømme ved brug af elektrolyse, ionbytning, væskeekstraktion og membranelektrolyse. At sende spildprodukterne til ekstern oparbejdning eller genbrug.	Vil ofte være gode løsninger.		4.12 4.15.7 4.17.3	Nej
5.1.6.5	Optimere materialeforbrug	Kompenser for forhøjet anodeudbytte	At undgå forhøjet metalindhold i bade med forskelligt katode-anodeudbytte gennem brug af membran dummy anoder, ved at fjerne anoder, ved at anvende eksterne opløsningskar med inerte anoder eller ved elektrokemisk udfældning af metal ved lav strømstyrke.	Kan være en god løsning		4.8.2	Nej
5.1.7	Badvedligeholdelse						
	Procedurer	Kontrollere badsammensætning, fjerne urenheder, anden rensning	At monitere kritiske badparametre og vedligeholde badet ved brug af passende rensemetoder (filtrering, udfældning, membranprocesser, elektrolyse, krystallisering, ionbytning, elektrodialyse, etc.)	God praksis, evt. myndighedskrav		4.10, 4.11	Nej
5.1.8	Spildevands emissioner						
5.1.8.1	Minimering af flow og materialer	Vandbesparelser, udslæbsminimering, sparskyl, genvinding	At minimere vandflow jf. punkt 5.1.5 og materialespild gennem flowstyring, udslæbsminimering, sparskyl, eco skyl og vandbesparende skylleprocesser.	God praksis, der altid bør gennemføres. Evt. myndighedskrav.			Stor saltkoncentration og eventuelt nitrifikationshæmning
5.1.8.2	Identifikation og isolering af problematisk vand	Separering af strømme, undlad problematiske kemikalier, substitution	At teste nye problematiske kemikaliers indflydelse på spildevandsrensning før implementering. At identificere og separere problematiske spildstrømme med henblik på særlig rensning eller reduktion. Bemærk, at cadmiering kræver et lukket kredsløb.	God praksis, evt. myndighedskrav		4.16.1, 4.16.3, 4.16.4, 4.16.5, 4.16.6, 4.16.8	Nej

5.1.8.3	Spildevandsudledning	Proces BAT først, monitoring, både koncentrationer og massetransport	At monitorere udledt spildevand kontinuert og/eller ved analyse af stikprøver. Omfanget vil afhænge af anlægstype og størrelse. God spildevandsrensning forudsætter, at der er gennemført de nødvendige BAT-løsninger i produktionen. Både koncentration og massetransport skal indgå i vurderingen. Tabel 5.2 angiver intervaller for typiske udledningskoncentrationer.	God praksis. Normalt vil myndighederne specificere krav til driftskontrol samt egenkontrol.		4.16.13	Man skal overholde gældende krav i spildevandstilladelsen, selv om disse falder uden for værdierne i tabel 5.2.
5.1.8.4	Nul-udledning (zero-discharge)	Kombinationsløsninger ("closed loop" er ikke altid BAT)	En nuludledning kan undertiden opnås gennem en passende kombination af lukkede systemer på enkeltprocesser. En nuludledning er ikke BAT i sig selv.	God praksis, evt. myndighedskrav		4.16.12	En total nuludledning er ikke BAT og som regel umulig at opnå med gængse metoder.
5.1.9	Affald						
	Affaldsminimering og genvinding	Se 5.1.5 og 5.1.6	At minimere affaldsmængder ved genbrug, sparskyl, eco-skyl, udslæbsreduktion, tilbageføring og procesoptimering.	God praksis + evt. specifikke myndighedskrav			Nej
5.1.10	Luftemissioner						
	Forbedret arbejdsmiljø gennem udsugning	Karudsugning, rumudsugning, luftbegrænsning, badtemperatur, luftrensning,	At anvende udsugning ved processer i henhold til tabel 5.3 og begrænse den udsugede luftmængde gennem indkapsling, låg eller andre foranstaltninger.	Man skal overholde arbejdsmiljøloven og luftvejledningen. Der vil kunne være afvigelser fra tabel 5.3.	2.13.3	4.18.3	Uddybning
5.1.11	Støj						
	Støjreduktion og driftsforhold	Ind- og udlevering af gods, tagventilatorer, indkapsling	At identificere væsentlige støjkilder og reducere disse, f.eks. gennem indkapsling og driftsrutiner.	God praksis, evt. myndighedskrav		4.18, 4.19	Nej
5.1.12	Grundvandsbeskyttelse						

	Under drift og nedlæggelse	Historik, opsamlingsbassiner, spildbakker, uheldsplaner, kemikalieopbevaring	At beskytte grundvand og i den forbindelse bistå myndighederne ved lukning af virksomheder (anvende sikkerhedsbassiner, forsvarlig opbevaring af kemikalier, årlig opdatering af relevante oplysninger).	God praksis + specifikke myndighedskrav		4.1.1, 4.18	Nej
5.2	BAT for specifikke processer						
5.2.1	Ophæng				2.2		
	Ophængningsmetode	Sikre optimal strømgennemgang og minimalt tab af emner	At ophænge emner, så man sikrer maximalt strømgennemgang og mindst mulig tab af emner i proceskar	God praksis	2.2	4.3.3	Nej
5.2.2	Udslæbsminimering fra hængvarelinier						
	Vigtige faktorer for minimering	Emneplacering, emnedesign, dryppetid, drypbakker, stativbelægning	At minimere udslæb gennem hensigtsmæssig emneophæng, afdrypningstid, emneudformning afspuling samt sikre at stativerne er intakte uden skader.	God praksis		4.6.3, 4.6.6, 4.7.5	Nej
5.2.3	Udslæbsminimering, tromlelinier						
	Vigtige faktorer for minimering	Tromlekonstruktion, optrækshastighed, drypbakker, rotation og afdrypning	At anvende tromle med optimal konstruktion såvel materialer som udformning - specielt perforering. At minimere udslæb gennem optrækshastighed, afdrypningstid og tromlebevægelse samt anvendelse af drypbakker med tilbageløb mellem karrene.	God praksis		4.6.4	Nej
5.2.4	Manuelle proceslinier						
	Ophæng	Emneplacering, overfladeareal, undgå emnetab	At anvende en ophængningsteknik, der sikrer korrekt forhold mellem strøm og overflade. At anvende optimal ophængningsmetode	God praksis	2.2	4.6.3	Nej

	Genvinding af udslæb	Se 5.1.5 og 5.1.6	At anvende de genvindingsteknikker og affaldsminimeringsteknikker, som er beskrevet i 5.1.5 og 5.1.6.	God praksis + evt. specifikke myndighedskrav			Nej
	Afdrypning	Understøtte tromler, stativer og emner for at sikre tilstrækkelig afdrypning	At understøtte stativer og tromler, så man kan opnå den nødvendige afdrypningstid.	God praksis		4.7.6	Nej
5.2.5	Substitution af farlige stoffer		At benytte mindre farlige kemikalier.	God praksis		4.9	
5.2.5.1	EDTA	Undgå EDTA, erstat med gluconat, ny proces til PCB, undgå EDTA i spildevand	At undgå brug af EDTA og lignende stærke kompleksdannere ved i stedet f.eks. at bruge gluconat i affedterbade eller alternative EDTA-fri procesbade til fremstilling af printkort. At minimere spild af EDTA og særlig behandling af EDTA-holdigt spildevand i de tilfælde, hvor EDTA ikke kan erstattes rent procesmæssigt (se 5.1.6).	God praksis + evt. specifikke myndighedskrav		4.9.1, 4.15, 4.16.8	Nej
5.2.5.2	PFOS (perfluorocetan sulfonat)	Skift skumdæmper eller tensider	At undgå brug af PFOS, hvor det er muligt. At minimere indhold og emission af PFOS - der findes PFOS fri substitutionsprodukter for alkalisk cyanfri zink og for hexavalent forchromning samt for anodisering.	God praksis + evt. specifikke myndighedskrav		4.9.2, 4.9.6, 4.2.3, 4.18.2	Nej
5.2.5.3	Cyanid	Cyanidfri affedtning, lukket system, separat afgiftning	At benytte et lukket kredsløb for cyanidprocesser, hvor cyanid er nødvendig af procesmæssige årsager. Det er ikke BAT at benytte cyanidholdig affedtning eller blæse luft ind i cyanbade.	God praksis + evt. specifikke myndighedskrav		4.9.5, 4.9.14	Nej
5.2.5.4	Zink cyanid	Erstat med cyanidfri zink (sur eller alkalisk)	At erstatte zink cyanid bade med andre typer zinkbade (alk. Cyanidfri zink eller sur zink). Sur zink har bedst strømudbytte og glans, mens alk. Cyanidfri zink giver bedst metalfordeling.	God praksis + evt. specifikke myndighedskrav	2.5.4	4.9.4.2, 4.9.4.3	Nej
5.2.5.5	Kobber cyanid	Erstat med pyrophosphat, strike kobber er OK med cyanid	At substituere kobber cyanid bade med pyrophosphat kobber for strike plettering af stål, zink støbegods samt til aluminium og aluminiumslegeringer.	God praksis + evt. specifikke myndighedskrav	2.5.1	4.9.5	Nej

5.2.5.6	Cadmium	Lukket system, separering, opsamling ved uheld	At anvende cadmiering i et lukket kredsløb og med separat sikkerhedsbassin i de tilfælde, hvor cadmiering er nødvendig og ikke kan erstattes af en anden tilsvarende proces.	God praksis + evt. specifikke myndighedskrav	2.5.5		Forbud mod brug af cadmium i nye biler fra 1. juli 2003 (BEK 570 af 25/08/2003) og elektronik fra 1. juli 2006 (BEK 1008 af 12/10/2004)
5.2.5.7	Hexavalent chrom						
5.2.5.7.1	Dekorations forchromning	Erstat med chrom-3, erstat med tin-cobolt	At erstatte forchromning baseret på chrom(VI) med chrom(III)-baseret forchromning eller med en helt anden type metalbelægning (tin-cobolt). Der kan dog være flere gode grunde til at bibeholde chrom(VI) så som farve, korrosionsevne samt hårdhed og slidstyrke.	Kan være en god løsning, men det er ikke altid muligt.	2.5.3	4.9.8.2, 4.9.8.3, 4.9.8.4, 4.9.9	Uddybning
5.2.5.7.2	Hårdforchromning med chrom(VI)	Låg på kar, karudsugning, indkapsling, lukket system	At reducere luftemission af chrom(VI) gennem låg, udsugning eller indkapsling. At anvende et lukket kredsløb for chrom(VI)-holdige procesbade. Bemærk, at hårdforchromning ikke kan erstattes af et bad med chrom(III).	God praksis + evt. specifikke myndighedskrav	2.5.3	4.2, 4.7.11.6, 4.18	Nej
5.2.5.7.3	Chrom(VI) passivering	Reducere forbrug af chrom(VI). Ingen god substitut for sort, oliven og brun passivering.	At reducere brugen af chrom(VI) mest muligt. Passivering med chrom(III) anvender 10 gange højere chromkoncentration og giver dårligere korrosionsbeskyttelse. Bemærk, at der mangler data for chromfri passivering i dette BREF-dokument.	Blåchromat til zink er i dag baseret på chrom(III).	2.5.17	4.9.10	Forbud mod brug af chrom (VI) i elektronik fra juli 2006. Minimering af chrom(VI) i automobiler BEK 570 af 25/08/2003
5.2.5.7.4	Grønchromatering af aluminium Phospho-chromatering	Erstat med chrom(VI)-fri produkter	At erstatte chrom(VI)-holdig grønchromatering med kemikalier til chrom(VI)-fri passivering af aluminium	Chromfri passivering af aluminium. Zr og Ti kan ikke ionbyttes.		4.9.12	Uddybning
5.2.6	Substitution for polering og pudsning	Sur kobber kan evt. bruges i stedet	At anvende sur kobber i stedet for polering og pudsning, hvor det er teknisk muligt.	Kan være en god løsning		4.9.13	Nej
5.2.7	Substitution og valg af affedtning				2.3.4		

	Generelt	Minimer olie og fedt, brug andre typer olie og fedt	At bruge en miljørigtig olietype, som er let at fjerne. At bruge mindst mulig olie. At fjerne overskudsolie med fysiske metoder (centrifuge, trykluft, aftørring), hvor det er praktisk muligt før den endelige affedtning.	God praksis		4.3.2, 4.9.14.1, 4.9.15	Nej
5.2.7.1	Cyanid affedtning	Skal udskiftes med cyanidfri affedter	At erstatte cyanid affedtning med andre affedtningsprocesser (5.2.5.3).	God praksis		4.9.5	Nej
5.2.7.2	Affedtning i opløsningsmidler	Kan ofte erstattes af vandbaseret affedter, kan evt. være OK	At erstatte opløsningsmiddelholdige affedtningskemikalier med andre metoder - som regel vandbaserede affedtningskemikalier. Der kan dog være specielle grunde til at bibeholde opløsningsmiddel baserede processer (kunde krav, overfladekorrosion)	God praksis + evt. specifikke myndighedskrav		4.9.14, 4.9.14.2	Uddybning.
5.2.7.3	Vandbaserede affedtningsmidler	Reducer kemikalie- og energiforbrug, levetidsforlængelse ved oprensning	At reducere kemikalieforbrug og energi ved vandbaseret affedtning gennem forebyggende vedligeholdelse af badet.	God praksis		4.9.14.4, 4.9.14.5, 4.11.13	Nej
5.2.7.4	Højeffektiv affedtning	Ultralydsrensning, flertrinsaffedtning, elektrolytisk affedtning	At anvende ultralydsaffedtning, flertrinsaffedtning eller elektrolytisk affedtning.	Kan være en god løsning eller supplement.		4.9.6, 4.9.7, 4.9.14.9	Nej
5.2.8	Vedligeholdelse af affedterbade						
	Vedligeholdelses metoder	Oliefjernelse, filtrering, optimere badkemi, lang levetid tilstræbes	At forlænge badlevetiden gennem passende oprensning (mekanisk separation, filtrering, biologisk affedtning, centrifugering, membranfiltrering, kemisk emulsionsbrydning og olie separation)	God praksis		4.11.13	Nej
5.2.9	Levetidsforlængelse af bejdse- og ætsebade						
	Generelt	Metalfjernelse og badrensning, optimere badkemi og procestider,	At minimere syreforbrug gennem styring af badkemi og forlængelse af badlevetid gennem oprensning (ekstern oparbejdning, oprensning ved diffusionsanalyse eller elektrolytisk metaludfældning) eller bedre udnyttelse af badet (flertrins modstrømsbejdning).	God praksis		4.11.8, 4.11.14, 4.17.3	Nej

5.2.10	Genvinding af chrom(VI) chromateringsbade						Nej
	Generelt	Kun aktuel for dyre koncentrerede bade, membranelektrolyse	At genvinde chrom(VI) i dyre koncentrerede bade (sort chromat) ved anvendelse af ionbytter eller membranelektrolyse.	Kan være en god løsning men ikke helt uproblematisk		4.10, 4.11.10, 4.11.11	Nej
5.2.11	Anodisering				2.5.13		
	Generelt	Varmegenvinding, genvinding af alkalisk ætse, brug ætseadditiver, optimere badkemi	At anvende alle relevante teknikker nævnt under de galvaniske processer. At anvende varmegenvinding på anodiseringsbade. At regenerere alkaliske ætsebade, hvor der ikke anvendes additiver til at opnå længere badlevetid.	God praksis		4.4.3, 4.11.15,	Nej
5.2.12	Plettering af stålband				2.9		
	Proceskontrol	Brug automatisk proceskontrol og -styring	At foretage løbende proceskontrol og anvende lavenergi motorer.	God praksis		4.1.5	Nej
	Overslæb og udslib	Brug valser til afdræning af væske	At bruge valser til at begrænse udslib fra procesbade og til at begrænse indslib af skyllevand i procesbade	God praksis		4.6, 4.14.5	Nej
	Elektrolyse	Optimere anode-katode afstand, brug kantmasker og kantpolering	At anvende kantmasker ved ensidig plettering. At optimere anode-katode afstand. At anvende kantpolering for at fjerne metaludfældninger.	God praksis		4.14.12, 4.14.14, 4.14.15	Nej
	Affedtning	Polvending, olieforbrug	At anvende polvending til el-affedtning. At anvende elektrostatisk oliepåføring.	God praksis		4.8.3, 4.14.16	Nej
5.2.13	Printfremstilling				2.11		
	Generelt	Brug relevant BAT-løsninger fra afsnit 5.1 og 5.2	At anvende den generelle BAT som beskrevet under 5.1. At anvende enhver relevant BAT-løsning for processer og kemikalier som beskrevet under 5.2.	God praksis + evt. specifikke myndighedskrav			Nej

	Skylning	Modstrømsskyl, sprayskyl, brug evt. valser	At anvende vandbesparende skyllemetoder i form af sprayskyl og modstrømsskyl samt udsælbsbegrænsende metoder - herunder evt. valser.	God praksis		4.6, 4.7, 4.7.5	Stor saltkoncentration og eventuelt nitrifikationshæmning
	Fremkaldning af tørresist	Reducere forbrug, optimere spray, optimere badkemi, badfiltrering	At reducere udsælbe ved brug af frisk fremkalder. At optimere påsprøjtning af fremkalder. At kontrollere koncentrationen af fremkalder. At separere den fremkaldte resist fra skyllevandet.	God praksis + evt. specifikke myndighedskrav		4.15.5	Nej
	Sur ætsning	Modstrømsskyl, minimere kemikalieforbrug, optimere badkemi,	At anvende kaskade af sparskyl med genbrug af udsælbt ætsebad. At monitere og kontrollere koncentration af syre og brintperoxid i surt peroxid ætsebad. At monitere og regulere koncentration af ætsemiddel og kobber i alkaliske ætsebade.	God praksis		4.6, 4.7.10, 4.15.6	Nej
	Basisk ætsning	Elektrolytisk kobberfjernelse, optimere badkemi	At udvinde kobber fra ammoniakalsk ætsebad.	Kan være en god løsning		4.15.7	Nej
	Resiststripping	Separat filtrering af spildevand	At fraseparere resistrester fra spildevandet ved filtrering eller centrifugering.	God praksis + evt. specifikke myndighedskrav		4.15.8	Nej
	Kasserede procesbade	Speciel intern behandling eller til ekstern destruktion/oparbejdning	At bortskaffe eller behandle procesbade med kompleksdannere på særlig vis.	God praksis + evt. specifikke myndighedskrav		4.15.10	Nej
	Tin resist stripper	Opkoncentrering og genvinding.	At opkoncentrere skyllevand efter tin resist stripping efterfulgt af udfældning og oparbejdning af tin. Alternativt kan brugt ætsebad og koncentratet bortskaffes til ekstern behandling.	Næppe realistisk med oparbejdning i Danmark. Aflevering til KK vil være normal praksis.		4.15.9	Nej
	Luftemissioner	Reducere luftemission fra loddemasker	At reducere luftemissioner fra loddemasker ved brug af harpiks med højt tørstofindhold og lav VOC.	God praksis. Emission skal overholde emissionskrav.		4.15.11	Uddybning