



## PM

# Att tänka på vid inventering enligt MIFO Fas 1 av verkstadsindustrier med ytbehandling

Detta PM behandlar några aspekter som Länsstyrelsen i Jönköpings län bedömer som användbara vid orienterande studier enligt MIFO fas 1 på de anläggningar som bedriver eller har bedrivit ytbehandling av metaller.

I Naturvårdsverkets Branschkartläggning <sup>[1]</sup> förs ytbehandlingsindustrier som helhet till branschklass 2. Indelningen av branschklasser är i stort sett densamma som riskklasserna enligt MIFO, dvs. fyra klasser där klass 1 innebär högst risk för människa och miljö och klass 4 lägst risk.

## Föroreningskällor <sup>[7]</sup>

Ytbehandling i någon form har utövats sedan mitten av 1800-talet och processavloppsvatten har historiskt sett släppts direkt ut till omgivningen utan föregående rening. Det var först i början på 1960-talet som man började tala om att rena det utgående vattnet. Förbrukade kemikalier och annat avfall kunde slås ut direkt på mark, i diken eller grävas ner. Enstegssköljning av godset var vanligt. Man lät vattnet rinna över bräddavloppet, via golvbrunnen till diken eller det kommunala dag-/spillvattennätet. Metallhydroxidslam från processbad samlades ofta på tomfat, vilka ibland grävdes ned i marken <sup>[2]</sup>. Med anledning av ökade krav från samhället installerade de flesta företag någon form av rening på utgående processavloppsvatten i mitten på 1970-talet.

## UTSLÄPP TILL YTVATTEN <sup>[7]</sup>

De föroreningar som släpps ut med processavloppsvattnet är i huvudsak tungmetaller, cyanider, andra komplexbildare, syror, alkalier, närsalter, oljor, fett samt oorganiska och organiska föreningar. Många av dessa är svårnedbrytbara och/eller toxiska. Förorening av ytvatten och sediment kan även ske genom kontakt med förorenad mark och grundvatten.

## UTSLÄPP TILL MARK OCH GRUNDVATTEN <sup>[7]</sup>

Marken och grundvattnet drabbas företrädesvis av föroreningar genom spill vid hantering av gods och kemikalier, läckande tankar för förbrukade kemikalier, brännolja och drivmedel samt av diverse verksamhet som bedrivs utomhus.

Spridningshastigheten och omfattningen ökar om markytan inte är hårdgjord. Noteras bör att marken på industritomter ofta består av ett övre lager av fyllning som kan vara mycket heterogen till sin karaktär och nästan alltid innebär stora spridningsförutsättningar.

Ledningsgravar, pålar och liknande kan öka förutsättningarna för spridning mellan skilda jordlager/grundvattenmagasin eller mellan förorenade massor och övrig omgivning.

### **ARBETSMOMENT OCH PLATSER MED FÖRHÖJD RISK FÖR FÖRORENING**

Föroreningskällorna inom verkstadsindustrier med ytbehandling kan i första hand hänföras till de delar av anläggningen som framgår av Tabell 1. I de fall lösningsmedel har förekommit i verksamheten tillkommer föroreningskällor enligt Tabell 2.

**Tabell 1. Föroreningskällorna inom verkstadsindustri med ytbehandling**

<b>Anläggningsdel</b>	<b>Förorening genom</b>
Transporttytor	Dropp, läckage och olyckor
Plats för lossning/lastning av kemikalier	Dropp, spill och läckage
Plats för hantering och lagring av kemikalier (ex. oljor, skärvätskor, lim och lösningsmedel)	Spill och läckage
Plats för lossning/lastning av avfall	Dropp, spill och läckage
Plats för hantering och lagring av avfall (exempelvis oljehaltigt spån, metallhydroxidslam)	Spill och läckage
Plats för beredning av blandningar	Dropp, spill och läckage
Plats för behandling	Spill och läckage samt dropp från nybehandlade komponenter
Kylvatten från skärmaskin	
Vatten från städmaskin	
Rengöringsplats för verktyg o.d.	
Fordonstvätt	
Drivmedels- eller brännoljetankar	Läckage, spill
Oljeavskiljare, stenkistor etc.	Läckage
Spillvattenrännor, processvattenrännor	Läckage genom otätheter
Dag- och spillvattenledningar	Läckage samt utsläpp till recipient vilket kan ge upphov till föroreningar i sediment och ytvatten.
Tunnor med miljöfarliga ämnen	Läckage
Deponeringsplats	Nedgrävning, utstjälpning, utlopp för diverse slangar

Anläggningsdel	Förorening genom
Ventilationsluft	Diffus spridning av skärvätskor eller däri ingående ämnen i form av oljedimma eller i gasfas <sup>[7]</sup>
Reningsanläggning för ytbehandlingsvatten	Läckage, drifthaverier
Ytbehandlingslinjer	Dropp, spill, läckage, driftshaverier
Lagringsplats för nybehandlat gods utomhus	Dropp
Uppsamlingsstankar (innan behandling)	Dropp, spill, läckage
Pumpgröpar	Spill, driftshaverier, läckage

**Tabell 2. Potentiella föroreningskällor och möjlig mobilisering av klorerade lösningsmedel**

Föroreningskälla	Mobilisering
Lösningsmedelscisterner och fatlager	Spill i samband med påfyllning av cisterner. Läckage från cisterner, fat och rörledningar
Processutrustning (avfettningsskar, kemtvättmaskin o.likn.)	Spill vid hanteringen eller läckage från processutrustningen
Avfallsupplag	Läckage från processavfall som har tippats direkt på marken eller deponerats i läckande tunnor
Avloppsledningar	Läckage från avloppsledningar eller oljeavskiljare (fri fas kan ansamlas i botten av oljeavskiljare)
Dagvattensystem	Läckage från sandfång i rännstensbrunnar (fri fas kan ansamlas i sandfång)
Ventilationsutkast	Kondensat från ventilationsluft
Återvinningsanläggning och dess kringutrustning.	Läckage under pågående drift och spill i samband med åtgärder. Var observant på hur det farliga avfall som uppstått har hanterats.

## Branschtypiska föroreningar <sup>[1]</sup>

Det avfall som uppstår i en verkstadsindustri med ytbehandling är framför allt stoft, metallslam, förbrukade processbad, oljehaltigt spån, oljeemulsioner, färgslam och lösningsmedelsavfall. Den deponering som möjligen har skett är svår att kartlägga då den kan bestå av exempelvis nedgrävda gifttunnor på

okänd plats. Process- och dagvatten kan innehålla bland annat metaller, olja och andra svårnedbrytbara, toxiska och bioackumulerbara ämnen. Vattnen avleds såväl till kommunala avloppsreningsverk som till mark och vattendrag, vilket kan leda till att markområden och sediment förorenas. Numera sker dock detta sällan i sådan omfattning att efterbehandling är nödvändig.

Vilka kemikalier som använts vid ytbehandlingen beror till stor del på vilka metoder man använt sig av och under vilken tidsperiod man bedrev verksamhet. De för branscherna typiska föroreningarna kan ses listade i Tabell 3.

**Tabell 3. Branschtypiska föroreningar** <sup>[4]</sup>

Bransch	Förorening	Kommentar
Verkstadsindustrier	Metaller	Innehållet i förbrukade skärvätskor är till stora delar okänt.
Ytbehandling av metaller	Oljor	
	Färgrester	
	Metaller	
	Cyanider	
	Fluorider	
	Klorerade lösningsmedel	
	Aromatiska lösningsmedel	
	Fenoler	
	PAH	
	PCB	
Ytbehandling med lack, färg eller lim	Oljor	
	Lösningsmedel	Avgår främst till luft.
Allmänt	Färgavfall	
	Diesel	
	Bensin	

Man bör observera att efter användningen och den efterföljande avfallsbehandlingen kan ämnena (exempelvis skärvätskan eller lösningsmedlet) förändras och de ämnen som når vattendraget/reningsverket kan ha andra egenskaper än de som fanns i de ursprungliga produkterna <sup>[3]</sup>.

### Föroreningarnas farlighet <sup>[4]</sup>

I Tabell 4 finns en sammanställning över de vanligast förekommande föroreningarna vid de aktuella branscherna med avseende på vilken farlighet bedöms ha enligt MIFO. I bedömningen av föroreningarnas farlighet inkluderas både miljöfarlighet och hälsofarlighet.

**Tabell 4. De vanligaste föreningarnas farlighet**

Låg	Måttlig	Hög	Mycket hög
Järn	Aluminium	Kobolt	Arsenik
Kalcium	Metallskrot	Koppar	Bly
Magnesium	Aceton	Krom (inte Cr6+)	Kadmium
Mangan	Alifatiska kolväten	Nickel	Kvicksilver
	Zink	Vanadin	Krom (Cr6+)
		Aromatiska kolväten	Natrium (metall)
		Formaldehyd	Bensen
		Glykol	Cyanid
		Konc. syror	PAH
		Konc. baser	Klorbensener
		Lösningsmedel	Klorerade lösning
		Styren	Organiska klorför
		Petroleumprodukter	Tetrakloretylen
		Eldningsolja	Trikloretan
		Spilloljor	Trikloretan
		Smörjoljor	
		Väteperoxid	
		Färger	
		Skärvätskor	
		Bensin	
		Diesel	

Observera att ovanstående tabeller inte täcker in alla tänkbara ämnen, produkter och blandningar som kan förekomma på ett eventuellt förorenat område. De referenser som använts i detta PM behandlar främst äldre typer av kemikalier, tänk på att även nyare kemikalier kan ge upphov till föroreningar.

Inom verkstadsindustrier med ytbehandling av metall har i många fall klorerade lösningsmedel använts som avfettningsmedel. Klorerade lösningsmedel och deras nedbrytningsprodukter uppvisar varierande grad av farlighet för människors hälsa - från måttlig till mycket hög. Egentligen är detta endast väl dokumenterat för kloreten, medan andra ämnen anses vara potentiellt cancerframkallande/mutagena, svagt cancerframkallande/mutagena eller inte kända som mutagena eller cancerframkallande ämnen. Trikloretan ger viss irritationseffekt på hud och slemhinnor och kan ge samma påverkan på hjärnan som vid alkoholberusning. Höga halter kan ge allvarliga rytmrubbningar i hjärtat. Trikloretan ger även förändringar i arvsmassan hos djur och är sannolikt

cancerframkallande på människan <sup>[5]</sup>. Även de ekotoxikologiska effekterna varierar inom ett brett intervall. De huvudsakliga exponeringsvägarna för klorerade lösningsmedel är inandning, oralt intag eller hudkontakt. Höga koncentrationer i inandningsluften kan bland annat ge upphov till effekter på det centrala nervsystemet.

## Processer inom verkstadsindustri och ytbehandling

Verkstadsindustrin består av ett stort antal tillverkningsenheter av mycket varierande art och storlek. En gemensam nämnare för verkstadsindustri är någon form av vidarebearbetning av metall.

Inom verkstadsindustrin förekommer många olika produktionssteg där det förekommer en större eller mindre mängd kemikalier. Nedan följer en beskrivning av de produktionssteg där det förväntas förekomma mest omfattande kemikalieanvändning. Användningen av klorerade lösningsmedel behandlas vidare i ett separat dokument (BranschPM Industri med klorerade lösningsmedel).

### **METALLBEARBETNING <sup>[6]</sup>**

Metallbearbetning ändrar formen på ett metallstycke. Avverkande bearbetning kan bestå av till exempel borring, fräsning, svarvning, gängning eller slipning.

Vid bearbetningen används ofta vätskor för kylning, smörjning och borttransport av avverkat material. En gemensam beteckning för dessa vätskor är metallbearbetningsvätskor eller skärvätskor. Det finns tre huvudgrupper av skärvätskor - emulsioner, vattenlösliga syntetrar och raka oljor. Alla skärvätskor kan innehålla olika tillsatser.

Emulsioner utgör den volymmässigt största andelen av skärvätskor. Emulsioner består av vatten, olja och en mängd tillsatser. Vattenlösliga syntetrar kallas inom branschen ibland för bara ”synteter”. Dessa vattenlösningar innehåller inte olja. Istället innehåller de lösta polymerer samt ett antal andra tillsatser. Ofta innehåller en skärvätska såväl lösta som emulgerade smörjämnen, så kallade halvsynteter. Emulsioner, halvsynteter och vattenlösliga synteter kan gemensamt betecknas som vattenblandbara skärvätskor. Raka oljor består av olja och oljelösliga tillsatser men innehåller inte vatten. De oljor som används kan vara mineraliska, vegetabiliska eller syntetiska.

Tillsatser kallas även additiv och är en samlingsbenämning på många helt olika typer av ämnen.

Vidare utförs bearbetningsprocesserna vanligen med olika typer av maskiner som ofta är beroende av motor-, hydraul- respektive smörjolja.

Det finns idag ingen tillfredsställande redovisning av metallbearbetningsvätskornas innehåll och därmed inte heller av deras hälso- och miljöskadlighet. För ett mindre antal av tillsatserna finns ett mer omfattande bedömningsunderlag. Detta gäller klorparaffiner, nonylfenoletoxilater och arylfosfater. Dessa tre additiv har utpekats som särskilt miljöfarliga. Det finns en uppenbar risk för negativa förstärkningseffekter mellan olika ingående ämnen. För ytterligare information hänvisas till Naturvårdsverkets rapporter 3672 ”Verkstadsolja miljöfarlighet: En tillämpning av Esthermanualen” (1989) samt övrig litteratur enligt referenslista i slutet av detta PM.

### VÄRMEBEHANDLING <sup>[7]</sup>

Genom värmebehandling och/eller härdning kan en mängd olika egenskaper uppnås. Vid värmning i saltbad används barium- eller strontiumklorid. Vid avkylningen används ett kylmedel som består av salter innehållande cyanider, nitriter, barium- eller strontiumklorid. Kylning i olja, vatten och luft är också vanligt förekommande. Blybad kan förekomma i liten omfattning.

### FÖRBEHANDLING <sup>[6]</sup>

Olika sorters avfettning, mekanisk bearbetning och syrabehandling (betning) räknas som förbehandling av gods innan ytbehandling sker.

Avfettningssättet kan indelas i tre grupper: avfettning med organiska lösningsmedel, vattenbaserad avfettning och emulsionsavfettning. Applicering av avfettningsmedel kan ske med ett flertal olika tekniker från mobil sprayutrustning till stora kar med rengöringsvätska där godset i sin helhet sänks ned. Den kemiska effekten kan förstärkas mekaniskt (exempelvis genom ultraljud eller trumling) eller genom elektrolys. Avfettning av metallytor ger upphov till avfall i form av förbrukade avfettnings- och sköljbad samt utsläpp till vatten av lösta organiska ämnen och metaller. Ett förbrukat bad innehåller också en mängd mer eller mindre kända föroreningar från godset, till exempel bearbetningsvätskor och rostskyddsolja. Även utsläpp till luft förekommer men diskuteras inte vidare i denna information.

### VATTENBASERAD AVFETTNING <sup>[7]</sup>

Vattenbaserad avfettning utförs ofta genom doppning eller sprutning, men även högflödesspolning förekommer.

Vanliga beståndsdelar i avfettningsvätskan är natriumhydroxid, natriumfosfater, -pyrofosfater, -metasilikater, -glukonater, -karbonater, natriumsalter av EDTA (etylendiamintetraättiksyra), NTA (nitrilotriättiksyra) och i undantagsfall natriumcyanider. Även nonjonaktiva och anjonaktiva tensider och vätskeämnen ingår. Vid sur avfettning tillsätts svavel- eller fosforsyra samt ibland även organiska syror såsom citronsyra, oxalsyra eller vinsyra. Neutrala avfettningsbad

innehåller nonjonaktiva och anjonaktiva tensider med tillsats av vissa alkalifosfater, -silikater, -oxalater med mera.

#### AVFETTNING MED ORGANISKA LÖSNINGSMEDEL <sup>[6, 8]</sup>

Vid avfettning med organiska lösningsmedel avgår det mesta som förbrukas som utsläpp till luften, om inte processen mer eller mindre sluts in. De vanligaste halogenerade lösningsmedlen har varit Trikloretan, tetrakloretan, 1,1,1-trikloretan, diklormetan och 1,1,2-triklortrifluoretan (CFC 113). Alla har emellertid av miljöskäl avvecklats helt eller delvis. Även petroleumprodukter används som avfettnings- och rengöringsmedel. De vanligast förekommande är fotogen och lacknafta. De har varierande aromathalt och är dessutom brandfarliga. Bland övriga lösningsmedel kan nämnas etyllaktat och etanol. Båda dessa lösningsmedel är vattenlösliga och biologiskt lätt nedbrytbara samt bidrar mindre till bildning av fotokemiska oxidanter. Andra vanliga icke-halogenerade lösningsmedel är övriga alkoholer, terpenier och ketoner <sup>[8]</sup>.

#### EMULSIONSAVFETTNING <sup>[6]</sup>

Vid emulsionsavfettning sprutas i regel emulsionen på godset. Emulsionen består av vatten, ett organiskt lösningsmedel, till exempel lacknafta, och något ytaktivt ämne.

#### TRUMLING <sup>[7]</sup>

Trumling är en mekanisk ytbehandling. Bearbetningen sker genom mekanisk nötning mellan de ingående produkterna eller med tillsats av ett slipmedel. Vid våtrumling används vatten eller olja med tillsats av kemikalier och slipmedel. pH kan variera mellan 1 och 14. Vissa rostskyddsmedel som används i trumlingsvattnet innehåller kromsyra. Som slipmedel används bland annat aluminiumoxid, kiselkarbid, stål, korund och granit.

#### BETNING <sup>[7, 9]</sup>

Vanligtvis sker betning genom neddoppning av godset i en eller flera syror. Även behandling med komplexbildande alkaliska salter och så kallade betpastor förekommer. De vanligaste betkemikalierna är fluorvätesyra, salpetersyra, saltsyra, svavelsyra, fosforsyra, kromsyra, organiska syror, natriumhydroxid och väteperoxid. Betning ger upphov till sura och alkaliska bad och sköljvatten som kan innehålla lösta metaller, fluorider, nitrater, nitriter, klorider, sulfater, fosfater, kromater, cyanider och andra komplexbildare beroende på vilken betkemikalie som används.



## YTOMVANDLING [6, 10]

### FOSFATERING

Fosfatering utförs för att ge korrosionsskydd åt godset, vidhäftning åt lackskiktet och för att åstadkomma smörjning. De vanligaste metoderna är järnfosfatering (järnalkalifosfater och ibland molybdat), zinkfosfatering (fosforsyra, zinksalter, nitrater, nitriter, klorater), zinkmanganfosfatering och manganfosfatering (fosforsyra och mangansalter).

### ANODISERING (ELOXERING) [10]

Vid anodisering används elektrolys för att omvandla ytskiktet på metaller till oxid. Oxidskiktet ger bland annat korrosionsskydd och bra underlag för lackering och andra ytbeläggningar. Det är främst aluminium som anodiseras. Elektrolyten utgörs av svavelsyra, kromsyra eller organiska syror. Infärgning kan ske med olika metallsalter (tenn, kobolt, nickel, koppar m.fl.) eller med organiska pigment.

### SVARTOXIDERING [10]

Vid svartoxidering doppas godset i en lösning av natriumhydroxid, natriumnitrat och natriumnitrit eller natriumperoxid.

### PASSIVERING [10]

Passivering åstadkommer ett skyddande skikt på metaller. Till stål används vanligen salpetersyra med eventuell inblandning av natriumdikromat. Till koppar används ammoniumsulfat och kopparsulfat. Passivering kan även ske med utspädd kromsyralösning [10].

### KROMATERING [10]

Kromatering ger materialet ett korrosionsskydd samt ger vidhäftning åt organiska beläggningar såsom lack- eller plastskikt. Ibland används även kromatering för dekorativa ändamål. Kromateringsbad kan innehålla kromsyra, fluorider, cyanider, nitrater, sulfater, acetater, nitriter, fosfater med mera samt salpetersyra och/eller svavelsyra.

## METALLBELÄGGNING

Man skiljer på olika typer av metallbeläggning beroende på vilka principer som processen bygger på.

### ELEKTROLYTISK METALLBELÄGGNING [7, 9, 10]

Elektrolytisk metallbeläggning genomförs bland annat för att ge bra korrosionsskydd (t.ex. förzinkning), för dekorativa ändamål (t.ex. förnickling, förkromning), öka ledningsförmågan (t.ex. försilvring), som underlag vid

beläggning med annan metall (t.ex. förnickling) och för att få slitstark yta (t.ex. hårdförkromning). Även beläggning med koppar, tenn, mässing, guld och kadmium sker. Kadmiering är förbjudet sedan år 1982, men dispens förekommer. Behandlingsbaden kan innehålla metallsalter (t.ex. klorider, sulfater, nitrater, karbonater, sulfamater), kromater (t.ex. kromsyra), syror (t.ex. borsyra, svavelsyra, salpetersyra), baser (t.ex. natriumhydroxid), cyanider (t.ex. natrium-, zink-, silver-, guld-, kopparcyanid) och andra tillsatser (t.ex. glanstillsatser, vätnedel, peroxid, fluorborat, fosfat, organiska additiv). Föroreningar (t.ex. spår av främmande metaller, organiska föroreningar) förekommer också.

#### KEMISK METALLBELÄGGNING <sup>[10]</sup>

Kemisk metallbeläggning sker oftast med koppar och nickel. Processbaden innehåller förutom metallsalter även reduktionsmedel, komplexbildare och andra kemikalier som ökar badets livslängd och stabilitet.

#### TERMISK METALLBELÄGGNING <sup>[10]</sup>

Termisk metallbeläggning sker vanligen med zink (varmförzinkning) men även aluminiumlegering och tenn används. Tenn avsedd för varmdoppning innehåller ofta stora mängder bly.

#### MEKANISK METALLBELÄGGNING <sup>[10]</sup>

Genom trumling med metallpulver kan ett tunt metallskikt hamras in i ytan. Avloppsvatten från mekanisk metallbeläggning kan innehålla metaller både i löst form och partikelform samt olika tillsatskemikalier.

### ÖVRIGA PROCESSER

#### AVMETALLISERING <sup>[7]</sup>

Avmetallisering innebär avlägsnande av metallskikt. Baden innehåller oxidationsmedel (svavelsyra, saltsyra, salpetersyra, fosforsyra) och höga halter av komplexbildare.

#### LACKERING <sup>[7]</sup>

Lackering föregås normalt av någon form av förbehandling, se ovan. Förenklat kan man säga att det förekommer tre typer av lackering, nämligen våtlackering, pulverlackering och elektrod-dopp-lackering. De vanligaste föroreningar vid användandet av de tre metoderna är organisk substans från lösningsmedel och bindemedel, tungmetaller från lackens pigment, hård- och termoplast samt alkali som använts som tillsatsmedel.

## Litteratur

1. Naturvårdsverket Rapport 4393 Branschkartläggningen - En översiktlig kartläggning av efterbehandlingsbehovet i Sverige 1995.\*
2. Länsstyrelsen i Uppsala län Meddelandeserie 2000:2 Metallytbehandlare.
3. Naturvårdsverket Rapport 4154 Metallbearbetningsvätskor i järn-, stål- och verkstadsindustri, 1993.\*
4. Naturvårdsverket Rapport 4918 Metodik för inventering av förorenade områden, Bedömningsgrunder för miljö kvalitet, 1999.\*
5. Nationalencyklopedin 2007
6. Naturvårdsverket Rapport 4781 Verkstadsindustrins kemikalier, 1997.\*
7. Länsstyrelsen i Uppsala län Meddelandeserie 2001:1 Inventering av Förorenade områden Verkstadsindustrier i Uppsala län
8. Naturvårdsverket Allmänna Råd 93:9 Avfettning av metall.
9. Länsstyrelsen i Jönköping, muntlig uppgift.
10. Naturvårdsverket Allmänna råd 97:5 Oorganisk ytbehandling.

\*) Många av Naturvårdsverkets rapporter finns att hämta ned gratis i digitalt format på Internet: <https://www.naturvardsverket.se/om-oss/publikationer/>

E-post: [mifo.jonkoping@lansstyrelsen.se](mailto:mifo.jonkoping@lansstyrelsen.se)