

**BRANCHEBESKRIVELSE FOR  
METALLISERINGSVIRKSOMHEDER**

**Teknik og administration  
Nr. 2 1999**



## INDHOLDSFORTEGNELSE

1.	INDLEDNING .....	5
2.	SAMMENFATNING.....	9
3.	GENEREL BESKRIVELSE AF BRANCHEN .....	13
3.1	Branchedefinition og afgrænsning .....	13
3.3.1	Branchedefinition.....	13
3.3.2	Afgrænsning.....	13
3.3.3	Lovgivning .....	15
3.1.4	Brancheorganisering .....	15
3.2	Branchens strukturelle udvikling .....	16
3.2.1	Historisk udvikling.....	16
3.2.2	Antal virksomheder.....	17
4.	PROCESSER, TEKNOLOGI OG MILJØBELASTNING .....	20
4.1	Generel procesbeskrivelse.....	20
4.2	Produktionsindretning.....	21
4.2.1	Ældre indretning.....	21
4.2.2	Nyere indretning.....	23
4.3	Processer og miljøbelastning .....	26
4.3.1	Sandblæsning .....	27
4.3.2	Affedtning .....	28
4.3.3	Bejdsning .....	29
4.3.4	Elektrolytisk overfladebehandling .....	31
4.3.5	Varmforzinkning.....	33
4.3.6	Brunering .....	34
4.3.7	De mindre udbredte processer.....	34
4.3.8	Aftrækning .....	35
4.4	Øvrige miljøbelastninger.....	35
5.	FORURENINGSRISIKO.....	38
5.1	Oversigt over potentielle forureningskilder .....	38
5.2	Vurdering af forureningsrisiko.....	40
6.	UNDERSØGELSER.....	44
6.1	Historisk kortlægning.....	44
6.1.1	Kortlægningsstrategi og -metode .....	44
6.1.2	Indsamling af historisk materiale .....	45
6.1.3	Lokalisering af metalliseringsvirksomheder .....	46
6.1.4	Oplysninger om branchen .....	47
6.1.5	Oplysninger om den enkelte lokalitet .....	47
6.2	Status for metalliseringsbranchens miljøbelastning .....	48
6.3	Tekniske undersøgelser.....	50
6.3.1	Undersøgelsesmetoder .....	51

6.3.2	Placering af boringer, gravninger og poreluftsonder.....	54
6.3.3	Prøvetagningsmetoder.....	55
6.3.4	Feltanalyser .....	58
6.3.5	Laboratorieanalyser.....	61
7.	AFVÆRGETEKNIKKER .....	66
7.1	Eksempler på afværgeteknikker i Danmark.....	66
7.2	Anvendte afværgeteknikker i udlandet .....	69
8.	REFERENCER.....	70

### **Bilag:**

- Bilag 1:     Adresse på brancheorganisation
- Bilag 2:     Datablade for udvalgte kemiske stoffer
- Bilag 3:     Oversigt over historisk materiale

## 1. INDLEDNING

### **Forord**

Denne branchebeskrivelse er udarbejdet af Hedeselskabet, Miljø- og Energidivisionen for Amternes Videncenter for Jordforurening.

Branchebeskrivelsen er blevet til i et samarbejde med en følgegruppe, som har været tilknyttet projektet. I følgegruppen har deltaget:

- Elsebeth Engsig-Karup, Københavns Amt
- Torben Sønnichsen, Københavns Kommune
- Astrid Zeuthen Jeppesen, Amternes Videncenter for Jordforurening

Som repræsentant for branchen har Erik Lange fra fa. M. Lange Forkromning og Galvanisering ApS kommenteret kap. 4 og 5 i branchebeskrivelsen.

### **Baggrund**

Branchebeskrivelsen omfatter virksomheder, der primært udfører forchromning, fornikling, varmforzinkning og elforzinkning mv. I det følgende defineres disse virksomheder som metalliseringsvirksomheder.

Baggrunden for at udarbejde en branchebeskrivelse for metalliseringsvirksomheder er, at gruppen af virksomheder ”galvanisering, fornikling og forchromning mv.” udviser højeste registreringshyppighed i projektet ”Erfaringsopsamling på amternes registreringsundersøgelser”, jf. /23/.

I denne beskrivelse er branchens strukturelle udvikling, samt udviklingen i metalliseringsprocesser og miljøbelastning gennemgået for perioden fra omkring århundredskiftet og frem til i dag.

Med baggrund i erfaringer fra undersøgelser på metalliseringsvirksomheder er typiske forureningskilder udpeget og der er foretaget en vurdering af de forurenende stoffers skæbne i jord- og grundvandsmiljøet.

Udfra ovenstående er der udarbejdet et forslag til undersøgelsesprogram for jord- og grundvandsforurening på metalliseringsvirksomheder.

Vægten i branchebeskrivelsen er lagt på forurening af ældre dato i henhold til Affaldsdepotlovens tidsgrænser, men nyere forureninger er også beskrevet for at synliggøre disse, og fordi en ny lov på jordforureningsområdet også vil omfatte forureninger af nyere dato.

## **Formål**

Formålet med nærværende branchebeskrivelse er at give en generel indsigt i branchens produktions- og miljøforhold, med særligt henblik på at give overblik over aktiviteter, der indebærer punktkildebelastning af jord og grundvand.

Branchebeskrivelsen tænkes bl.a. anvendt som opslagsværk i forbindelse med miljøhistoriske gennemgange og registreringsundersøgelser samt evt. videregående undersøgelser indenfor depotområdet og skal supplere relevante vejledninger fra Miljøstyrelsen.

## **Læsevejledning**

Branchebeskrivelsens indhold og overordnede anbefalinger er sammenfattet i kapitel 2.

I kapitel 3 defineres og afgrænses branchen, og der gives en oversigtlig indføring i branchens strukturelle udvikling, sammensætning og den tilhørende lovgivning.

I kapitel 4 og kapitel 5 redegøres for den teknologiske udvikling indenfor metalliseringsbranchen samt for de forskellige processers miljøbelastning. Kapitlerne afsluttes med udpegning af traditionelt anvendte kemikalier og potentielle forureningskilder.

Adresse på brancheorganisation fremgår af bilag 1.

For de kemiske stoffer, som udgør potentielle kilder til jord- og grundvandsforureninger, er der udarbejdet en række datablade, der er vedlagt i bilag 2. Databladene indeholder de mest almindelige fysisk/kemiske data, toksikologiske og spredningsrelevante data samt gældende kvalitetskriterier for jord, grundvand og luft. Stofferne er udvalgt med baggrund i kap. 4 og 5 efter hyppighed og farlighed.

I kapitel 6 beskrives, hvorledes relevante historiske oplysninger indsamles, der gives anbefalinger til hvilke forureningskilder der *altid medtages*, hvilke der *anbefales medtaget* og kilder som *i specielle tilfælde kan medtages* i en undersøgelse. Endelig gives der anbefalinger til hvorledes tekniske undersøgelser kan udformes, herunder valg af prøvetagnings- og analysemetodik.

Som et supplement til kap. 6 er der i bilag 3 anført en oversigt over historisk materiale.

I kapitel 7 gives en kortfattet oversigt over de nuværende tekniske muligheder for oprensning af forureninger på lokaliteter, hvor der har været metalliseringsvirksomheder.

I kapitel 8 findes en liste over anvendte referencer.





## 2. SAMMENFATNING

### **Branchedefinition og afgrænsning**

De former for overfladebehandling, der beskrives i denne branchebeskrivelse, er primært forchromning, fornikling, varmforzinkning og elforzinkning. Desuden beskrives i kortere form de mindre udbredte processer; brunering, cadmiering, fortinning, forsølvning og lignende. Virksomheder, der udfører ovennævnte former for overfladebehandling, omtales i det følgende som metalliseringsvirksomheder.

Branchebeskrivelsen omfatter ikke virksomheder der fremstiller, reparerer og vedligeholder diverse emner af jern og metal (metalforarbejdende virksomheder).

Metalliseringsvirksomheder er omfattet af Miljøbeskyttelseslovens regler om godkendelsespligtige virksomheder i henhold til lovens kapitel 5, hvor de er opført under hovedgruppe A: "Fremstilling, forarbejdning, overfladebehandling af jern, stål, metal og plast".

### **Branchens strukturelle udvikling**

Branchen omfatter overvejende virksomheder, der udfører overfladebehandling med metal som underleverandører for andre produktionsvirksomheder. Desuden findes en række større virksomheder, der har egne anlæg til overfladebehandling i forbindelse med produktionen.

I 1930 var der ca. 1000 lokaliteter, hvor der blev udført metallisk overfladebehandling. I dag er der ca. 50 virksomheder i branchen. Udviklingen går i retning af færre og større virksomheder.

### **Processer, teknologi og miljøbelastning**

I forureningsmæssig sammenhæng kan produktionen på metalliseringsvirksomheder opdeles i 4 hovedprocesser, som i princippet har været benyttet siden branchens start:

- Tør forbehandling (sandblæsning)
- Våd forbehandling (bejdsning, ludkogning og affedtning)
- Overfladebehandling/påføring af metal (elgalvanisering, forchromning m.fl.)
- Aftrækning (fjernelse af metal fra overfladen)

De potentielt forurenende stoffer kan sammenfattes til:

- Affedtningsmidler (cyanider, olieprodukter og trichlorethylen)
- Midler anvendt ved metallisering (cyanider, bly, cadmium, chrom, nikkel, kobber og zink)

### **Potentielle forureningskilder**

En undersøgelse af jord- og grundvandsforurening på en metalliseringsvirksomhed foreslås prioriteret på følgende måde:

*Forureningskilder som **altid medtages** i en undersøgelse*

- Områder med formodet spild både inden- og udendørs
- Oplagspladser både inden- og udendørs
- Kloaksystem, både inden- og udendørs (incl. faskiner)
- Affedtningsanlæg, -kar og -bade

*Forureningskilder som **anbefales medtaget** i en undersøgelse*

- Afdrypningsplads
- Områder med affaldsdeponering, herunder nedgravet affald
- Nedgravede tanke til olieprodukter og kemikalier

*Forureningskilder som **i specielle tilfælde kan medtages** i en undersøgelse*

- Nedfaldsområde for sandbæsning og ventilationsafkast

### **Undersøgelsesstrategi**

Ved en registreringsundersøgelse på en metalliseringsvirksomhed foreslås følgende elementer at indgå i undersøgelsesstrategien:

- Historisk redegørelse
- Prøvetagning af jord, grundvand og evt. poreluft
- Feltnåling af jordprøver for tungmetaller og kulbrinter
- Analyse af jordprøver for pH, tungmetaller, BTEX og olieprodukter samt evt. cyanider
- Analyse af vandprøver for pH, BTEX, olieprodukter og chlorerede opløsningsmidler samt evt. cyanider
- Evt. analyse af poreluftprøver for BTEX og chlorerede opløsningsmidler
- Vurdering af analyseresultater i relation til relevante kvalitetskriterier
- Orienterende risikovurdering.

### **Undersøgelsesprogram**

I det følgende er indholdet i en registreringsundersøgelse på en metalliseringsvirksomhed sammenfattet.

Først gennemføres en historisk gennemgang.

Med baggrund i resultaterne af den historiske gennemgang udføres boringer ved de kortlagte forureningskilder. Boringerne føres minimum til 3-4 m u.t. eller til niveau svarende til bund af kloakker, proceskar og -bade.

Herudover foreslås, at der udtages prøver af overfladejorden til undersøgelse af diffus forurening fra sandblæsning mv. og prøver af fyldlaget til undersø-

gelse af evt. affaldsdeponering. Fyldlaget kan med fordel undersøges ved anvendelse af gravninger.

I det omfang der træffes vandførende lag filtersættes en eller flere boringer i det terrænnære grundvandsmagasin med henblik på vandprøvetagning. Hvis det er muligt udføres de filtersatte boringer nedstrøms forureningskilderne.

Undersøgelingsprogrammet kan suppleres med poreluftmålinger ved affedtningsbade, kloakker og evt. ved nedgravede tanke med flygtige stoffer.

Hvis den historiske baggrund er sparsomt belyst og der er mistanke om tilstedeværelse af større forureningskilder, kan det overvejes at udføre TV-inspektion af kloakker samt geofysisk kortlægning af nedgravede tanke og rørføringer.

På metalliseringsvirksomheder anbefales det at kombinere prøvetagningsmetoderne, således at der udtages både jordprøver, vandprøver og evt. poreluftprøver.

Da metalforurening er svær at spore ved visuelle vurderinger bør det overvejes at metalscreene et større antal jordprøver med røntgenfluorescenceteknik (EDXRF) i felten.

Herudover kan der overvejes at anvende immunoassay eller mobilt laboratorium i felten til kortlægning af forureningskilder stammende fra olieprodukter og chlorerede opløsningsmidler.

På metalliseringsvirksomheder anbefales følgende laboratorieanalyser:

- Jordprøver analyseres for pH, bly, cadmium, kobber, nikkel, chrom, zink, olieprodukter samt evt. cyanider
- Vandprøver analyseres for olieprodukter og chlorerede opløsningsmidler samt evt. cyanider
- Poreluftprøver analyseres for BTEX og chlorerede opløsningsmidler.

Undersøgelsen afsluttes med vurdering af analyseresultaterne i relation til relevante kvalitetskriterier samt en orienterende risikovurdering.



### **3. GENEREL BESKRIVELSE AF BRANCHEN**

#### **3.1 Branchedefinition og afgrænsning**

##### **3.3.1 Branchedefinition**

Metalliseringsvirksomheder genfindes under en lang række betegnelser, med navne som direkte henfører til de typer af processer, der gennemføres på den enkelte virksomhed.

Metalliseringsvirksomheder kan f.eks. genfindes under betegnelser som:

- Galvanisering,
- Forchromning,
- Fornikling,
- Forzinkning,
- Varmforzinkning,
- Elgalvanisering
- Generelt "Overfladebehandling".

Hertil kommer en række andre processer, som er mindre udbredte, men som såvel historisk som procesmæssigt kan henføres til samme branchegruppe. Der kan f.eks. være tale om:

- Fortinning,
- Forsølvning
- Forgyltning,
- Cadmierung
- Brunering.
- Formessing
- Platinering

Dette betyder at de tilsvarende processer kan genfindes under andre virksomhedsbetegnelser som f.eks.:

- Sølvvarefabrikker
- Guldvarefabrikker
- Gørtler (brunering)

##### **3.3.2 Afgrænsning**

Branchen omfatter overvejende virksomheder, der udfører overfladebehandling (metallisering) som underleverandører for andre produktionsvirksom-

heder. Desuden findes en række større virksomheder, der har egne anlæg til overfladebehandling i forbindelse med produktionen.

De overfladebehandlinger, der beskrives i denne branchebeskrivelse, er primært forchromning, fornikling, varmforzinkning og elforzinkning, som er de mest udbredte processer. Desuden beskrives i kortere form de mindre udbredte processer; brunering, cadmiering, fortinning og forsølvning m.fl.

Beskrivelsen omfatter såvel forbehandling, som den egentlige metalliseringsproces, ligesom de øvrige anlæg, der kan findes på virksomhederne, beskrives.

Branchebeskrivelsen kan anvendes på de egentlige overfladebehandlingsvirksomheder, samt på de afdelinger af andre virksomheder, hvor de omtalte processer gennemføres.

Branchebeskrivelsen omfatter ikke virksomheder der fremstiller, reparerer og vedligeholder diverse emner af jern og metal (metalforarbejdende virksomheder). Der henvises til /31/.

Branchen dækker mange størrelser af virksomheder, fra små enmandsejede "håndværksvirksomheder" til store automatiserede "overfladebehandlingsfabrikker".

Emner, der overfladebehandles med metal, dækker et spænd fra små stifter, søm og skruer, til store emner med et overfladeareal på flere kvadratmeter.

I Danmarks Statistik er branchen anført under Dansk Branchekode (DB93): 28.51.00. Denne kode omfatter "Overfladebehandling af metal på kontraktbasis" /38/.

Denne entydige definition af branchen er af nyere dato. Tidligere er branchen i Danmarks Statistiks årsværker anført mere generelt som overfladebehandling sammen med blandt andet autolakerere, og endnu tidligere statistikker inddrager ikke processen, men de produkter, der er bearbejdet.

Ved databasesøgning hos Købmandsstandens Oplysningsbureau konstateres, at der under branchekoden NACE 28.51, stadig er anført en lang række virksomheder, der foretager andre former for overfladebehandling af metaller, end galvaniske processer /39/.

Det er således ikke muligt at gennemføre en egentlig statistisk undersøgelse af den historiske udvikling af branchen, da entydig afgrænsning ikke findes.

Da branchen omfatter såvel egentlige overfladebehandlingsvirksomheder, som andre virksomheder, der har overfladebehandling som bi-aktivitet, findes ingen entydig afgrænsning af branchen i diverse erhvervsregistre.

Virksomheder, der udfører metallisering som underleverancer, vil dog oftest kunne genfindes under kategorien: Galvanisører.

### 3.3.3 Lovgivning

Metalliseringsvirksomheder er omfattet af Miljøbeskyttelseslovens kap. 5 om godkendelsespligtige virksomheder, i henhold til lovens kapitel 5.

Godkendelsespligten er anført i bekendtgørelsen om godkendelse af listevirksomheder, jf. figur 3.1.

Hovedgruppe A: "Fremstilling, forarbejdning, overfladebehandling af jern, stål, metal, træ og plast".
---

**Figur 3.1** Uddrag fra listen over godkendelsespligtige virksomheder i henhold til bekendtgørelse nr. 794 af 9. december 1991 om godkendelse af listevirksomhed.

Overfladebehandlingsvirksomheder er specificeret i punkt 3 i hovedgruppe A: "Galvanisering, varmforzinkning, anodisering og elektropløring".

Processerne vil helt eller delvist også kunne henføres til andre punkter under hovedgruppe A, specielt hvor der er tale om en delproces i forbindelse med en større produktionsvirksomhed. Der er således mulighed for at henføre processerne til punkterne A4 (Støvfrembringende overfladebehandling, herunder sandblæsning) og A6 (Virksomheder i øvrigt med forarbejdning af jern, stål og metaller).

Kommunen er godkendende og tilsynsførende myndighed på virksomheder, som overfladebehandler metal.

### 3.1.4 Brancheorganisering

Den galvaniske branche er organiseret i Dansk Galvanisør Union v. direktør Torben Riemer, Kærmindevej 15, 2820 Gentofte, tlf. 39 651272 og formand Jan Stelmaszczyk, A/S Galvanisk Kompagni, Gammel Køge Landevej 109, 2500 Valby, telefon 3630 0711.

Organisationerne omfatter hovedparten af produktionsvirksomhederne samt hovedparten af leverandørerne af kemikalier og procesanlæg mv.

## **3.2 Branchens strukturelle udvikling**

### **3.2.1 Historisk udvikling**

Anvendelsen af de forskellige overfladebehandlingsprocesser har gennemgået en væsentlig udvikling op gennem dette århundrede.

Dette skyldes flere forhold. Dels er der sket en teknologisk udvikling, der har medført en omlægning af processerne, blandt andet som følge af den øgede automatisering. Dette har medført udskiftning af nogle processer med andre processer, der har været mere egnede til de nye muligheder.

Desuden har miljøforhold medført, at nogle typer af processer er udgået eller minimeret, som følge af forbud mod anvendelse af konkrete stoffer, eller som følge af, at kravene til miljøforanstaltninger har været så omkostningskrævende, at der naturligt er sket en substitution til mere miljøvenlige processer.

Eksempler på dette er, at anvendelse af trichlorethylen og cyanid i forbindelse med affedtningsprocessen er minimeret kraftigt i forhold til tidligere.

I forbindelse med selve metalpålægningen har grundprincipperne været de samme, idet processerne hele tiden har været baseret på elektrolytiske principper, eller anvendelse af smeltet metal.

Substitutionen af stoffer i forbindelse med selve metalpålægningen, kan væsentligst henføres til de tilsætningsstoffer, der findes i de galvaniske bade, for at stimulere procesforløbet.

Som følge af den generelle erhvervsudvikling, med øget specialisering og automatisering, er der også sket en væsentlig ændring i udviklingen indenfor overfladebehandlingsbranchen.

Tidligere (før 1960) har det været almindeligt, at overfladebehandlingen blev gennemført på virksomheder med værkstedslignende karakter. Det har været almindeligt med små lokale "baggårdsvirksomheder", hvor lokale smede og maskinværksteder har fået behandlet forskellige emner. Desuden har en række metalproducerende virksomheder haft egen "afdeling", hvor der har været gennemført galvaniske processer.



Disse små virksomheder har været spartansk indrettet med de absolut nødvendige bade, hos nogle så simpelt som et affedtningskar (cyanid), et syrekar (svovl-, salt- eller flusmiddel) og en "gryde" til kogende zink.

Senere (efter 1960) har branchen udviklet sig til færre og mere specialiserede virksomheder, og udviklingen går stadig i retning af få større virksomheder, der har bedre mulighed for at modsvare de stadigt stigende krav til produktkvalitet og miljøgodkendelser.

### 3.2.2 Antal virksomheder

Da der ikke findes statistisk materiale omkring udviklingen i antallet af virksomheder indenfor branchen er der her foretaget et skøn over udviklingen i antallet af virksomheder, der har anvendt de forskellige processer.

Med baggrund i oplysninger fra personer som er/har været ansat i branchen i en længere årrække er der foretaget et skøn over udviklingen i antallet af virksomheder, der har anvendt de forskellige processer. Skønnet fremgår af tabel 3.1.

	1930-50	1950-60	1990-99
Varmforzinkning	>200	>100	<10
Elforzinkning	<50	>100	<30
Fornikling	Opstart	>100	<30
Forchromning	<sup>1)</sup>	<sup>1)</sup>	<sup>1)</sup>
Cadmiering	>200	>100	<3
Formessing	<20	>20	<10
Fortinning	>100	>25	<10
Forgyldning	>20	<20	<15
Platinering	-	-	<3
Forsølvning	>100	<100	<20
Hårdforchromning	>10	>10	<10
Brunering	>200	<100	<10

- Der foreligger intet skøn

<sup>1)</sup> Forchromning er ikke anført særskilt, da der oftest er tale om en følgeproces i forbindelse med fornikling og elgalvanisering.

**Tabel 3.1** Udviklingen i antallet af virksomheder/procesanlæg i Danmark i perioden fra 1930 til 1998. Skønnet er baseret på oplysninger fra personer, som har været ansat i branchen gennem en længere årrække.

Det fremgår tydeligt, at der har været udført metallisk overfladebehandling på mange lokaliteter, og at udviklingen går i retning af færre virksomheder. Virksomhederne er også blevet større i perioden fra 1930 til 1998.

Til sammenligning vurderes det indenfor branchen, at det samlede omfang af emner der overfladebehandles, er stadigt stigende.





## 4. PROCESSER, TEKNOLOGI OG MILJØBELASTNING

### 4.1 Generel procesbeskrivelse

I forureningsmæssig sammenhæng kan produktionen i overfladebehandlingsbranchen opdeles i en række hovedprocesser, som i princippet har været benyttet siden branchens start:

- Tør forbehandling
- Våd forbehandling
- Overfladebehandling/påføring af metal
- Aftrækning

Disse hovedprocesser kan videre opdeles i en række underprocesser, som vist i tabel 4.1.

	Tør forbehandling	Våd forbehandling	Påføring af metal	Aftrækning
Mekanisk	Sandblæsning	-	-	-
Kemisk	-	Bejdsning Ludkogning	-	-
Elektrolytisk	-	Affedtning	Elgalvanisering Fornikling Forchromning m.fl.	Fjernelse af metal fra overflade
Termisk	-	-	Varmforzinkning	-

**Figur 4.1** Opdeling af hovedprocesser i underprocesser

Denne overordnede inddeling er i det følgende benyttet til beskrivelse af processerne.

Procesforløbet i en metalliseringsvirksomhed kan generelt beskrives ved at emnerne først ophænges i kroge eller på stativer. Herefter afrenses emnerne for urenheder, hvorefter den egentlige påføring af metal på emnernes overflade udføres.

Mindre emner, som søm, skruer, stifter, dele til beslag og lignende, overfladebehandles ofte med zink og evt. chrom i en roterende tromle, idet emnerne ikke har en karakter, der gør dem egnede til ophængning på stativer eller i kobbertråde. Større emner ophænges altid. I forhold til ovennævnte procesforløb vil "ophængning" blive erstattet af "påfyldning af tromler", når der er tale om denne type små emner.

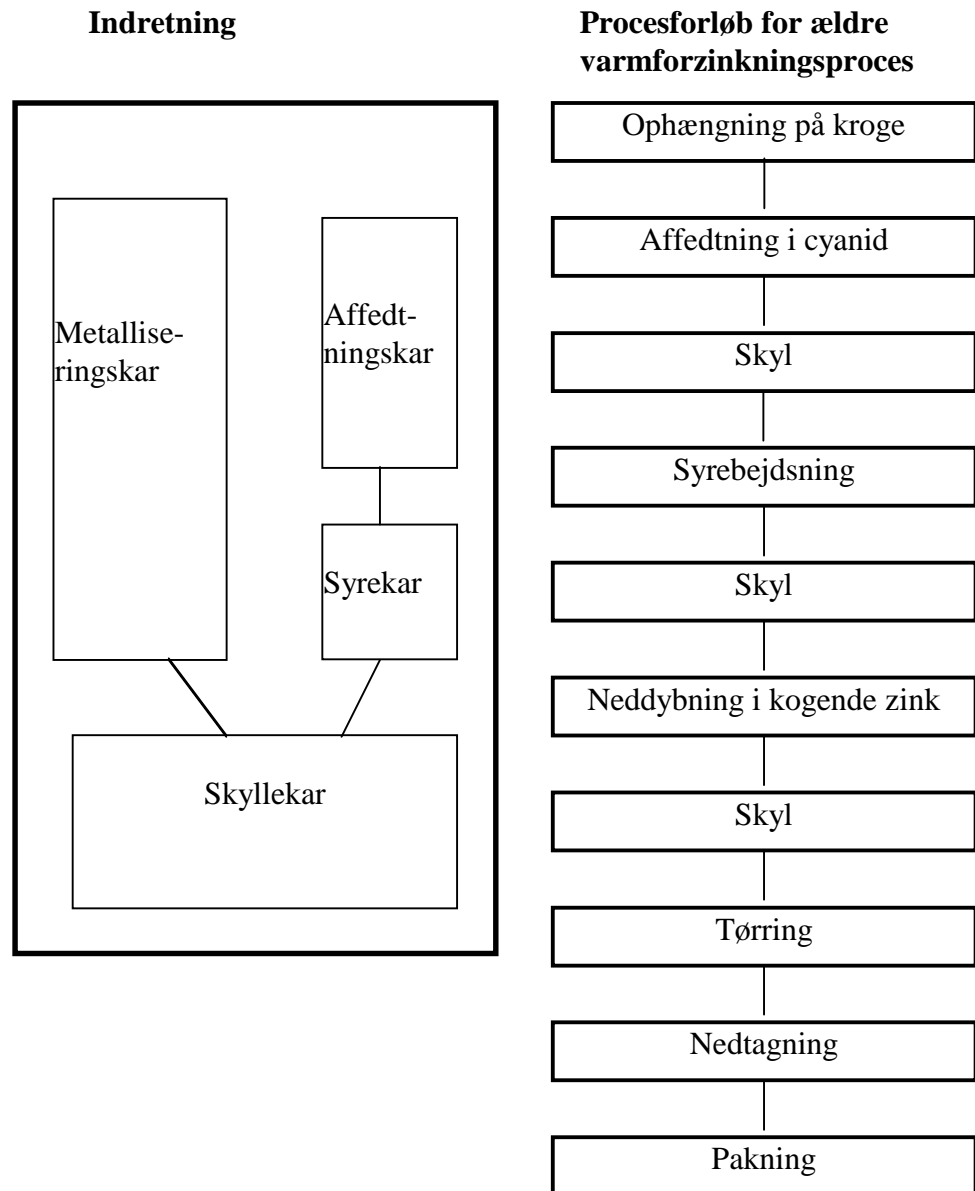
## **4.2 Produktionsindretning**

I det følgende er vist typiske eksempler på indretning af produktionsbygningerne.

### **4.2.1 Ældre indretning**

Ældre metalliseringsvirksomheder (før 1960) har typisk bestået af få kar, placeret i U-form omkring et åbent areal, der fungerede som arbejdsplads for medarbejderen, der betjener anlægget. Tidligere har medarbejderen manuelt løftet emner fra kar til kar. Senere har der over karrene været opbygget sving- eller løbekran til hjælp for medarbejderens flytning af emnerne.

De gamle virksomheder har kun haft et minimum af proceskar - typisk et kar for hver proces. Det vil sige at der ofte kun har været 4-6 proces- og skyllekar. Hvert kar har typisk indeholdt 200-1.000 liter væske/kemikalie. Indretning og procesforløb for en ældre virksomhed er vist i figur 4.2.



**Figur 4.2.** Indretning og procesforløb for en ældre metalliseringsvirksomhed (før 1960).

Processerne har typisk været:

- affedtning
- syrebejdsning (fjernelse af svejsegløder og lign.)
- metalpålægning
- skyllekar - evt. i forlængelse af hver proces.

Der har været oplag af:

- Råvarer, kemikalier
- Kemikalieaffald
- Evt. sandblæsningssand
- Evt. slam fra internt rensningsanlæg.

Oplagspladserne har hovedsageligt været indendørs eller under halvtag.

#### **4.2.2 Nyere indretning**

Nyere virksomheder (efter 1960) vil typisk have opbygget produktionslinierne som et stort antal kar, placeret i en lang række - ofte 20 - 30 kar. Anlæggene er opbygget med kørekraner, der sørger for, at emnerne transporteres mellem de enkelte kar, og at emnerne har den rette opholdstid i det enkelte kar. I begyndelsen af 1960'erne har anlæggene været betjent af en medarbejder, der har kørt kranen, senere har anlægget været automatiserede og styret af hulkort, og de nyeste anlæg (efter 1970) er fuldt automatiserede.

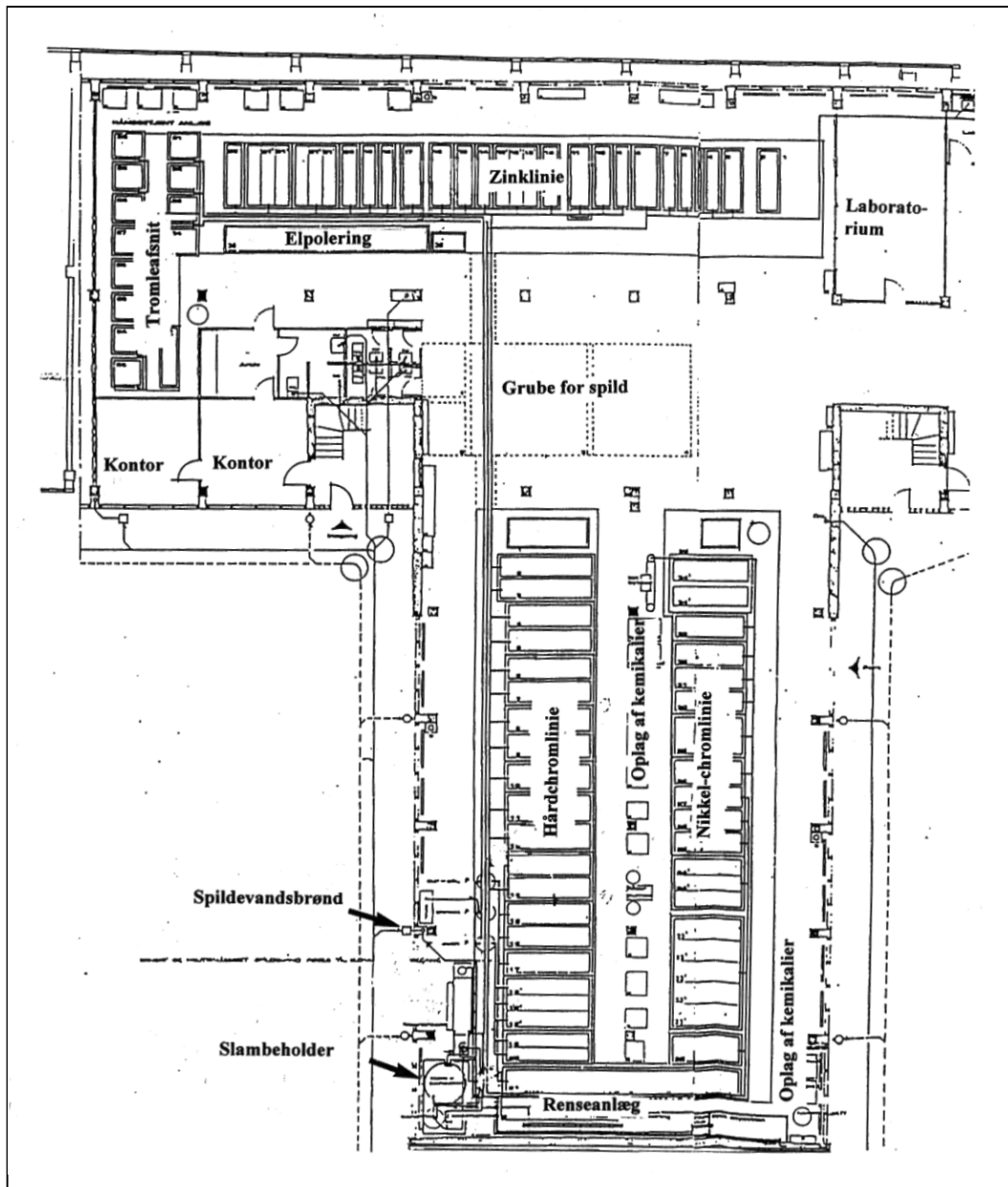
For procesanlæg med tromler til behandling af små emner, gælder, at karrene typisk indeholder 200-1.000 liter væske/kemikalie, mens procesanlæg med ophængningsstativer kan indeholde 1.000-6.000 liter i hvert kar.

Der findes ofte flere kar af hver type, specielt for de processer der kræver længere opholdstid, således at der sikres et jævnt produktionsforløb over hele produktionslinien.

En stort antal af karrene er skyllekar. Ved forbehandlingsprocesser, som f.eks. affedtning, findes 1-2 skyllekar, mens der i forlængelse af selve metaliseringsprocesserne findes 3-4 skyllekar. Sidstnævnte kar er ofte opbygget som kar uden vandudskiftning, efterfulgt af 2-3 skyllekar med kontinuert vandudskiftning - disse er opbygget som modstrømsskyl, således at emnerne først skylles i "genbrugsvand", hvorefter der skylles i rent vand.

De mange skyl begrundes i ønsket om vandbesparelse samt muligheden for, at gennemføre en effektiv intern spildevandsrensning, på en så lille vandmængde som muligt.

I figur 4.4 er vist en situationsplan for en nyere virksomhed.



**Figur 4.4.** Eksempel på situationsplan for nyere metalliseringsvirksomhed (efter 1960).



På de virksomheder hvor der findes sandblæsningsudstyr, vil dette være adskilt fra den øvrige produktion, da sandblæsningsand vil forurene de øvrige procesanlæg.

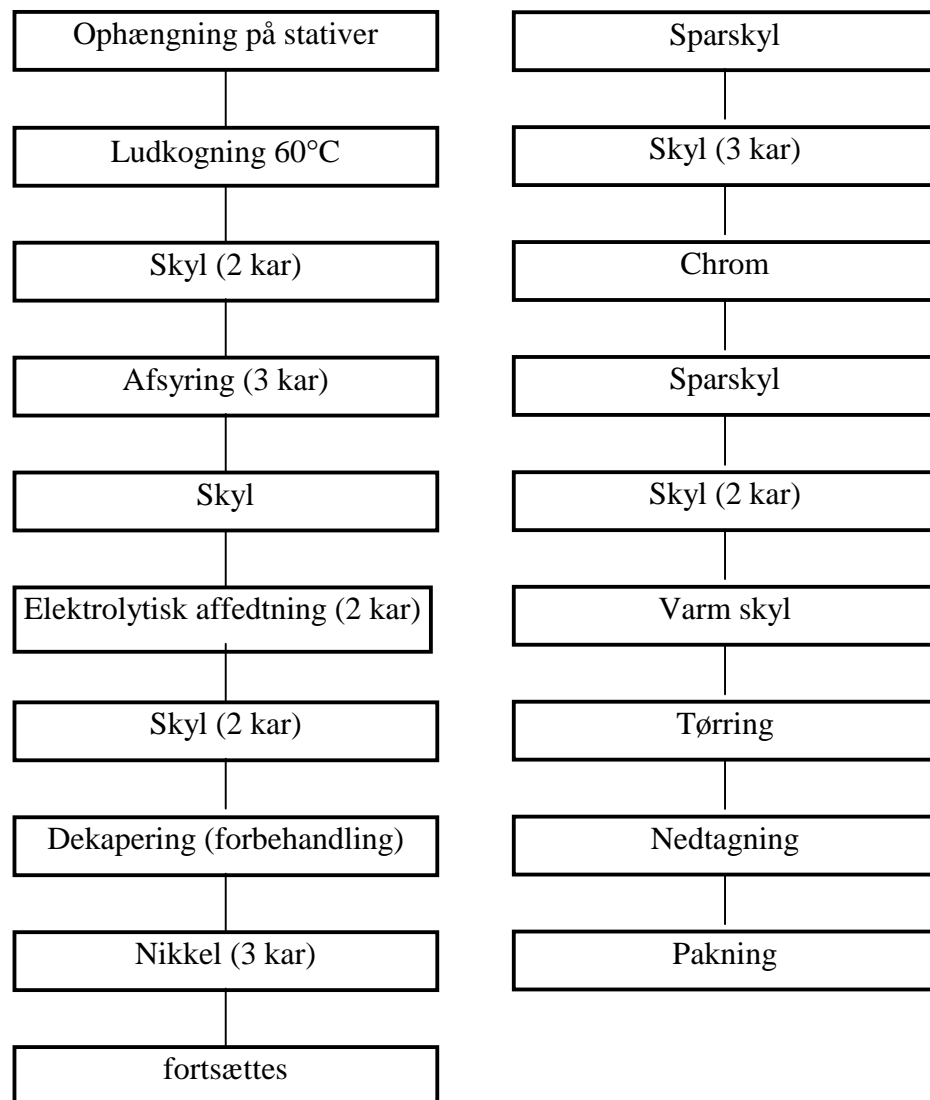
På de automatiserede anlæg, udgør arbejdsindsatsen for personalet:

- ophængning af emner
- programmering af anlæg
- nedtagning og pakning af færdige emner
- vedligehold af bade
- pasning af internt rensningsanlæg
- evt. betjening af sandblæsningsudstyr

Med hensyn til oplag gælder, at der findes samme typer af oplag, som på de ældre virksomheder, dog i en oftest mere organiseret form, idet der ofte findes separate og sikrede rum til opbevaring af de forskellige kemikalier, ligesom der findes separat rum til opbevaring af tilsvarende affaldstyper.

I figur 4.5. er vist eksempel på procesforløb i et nyere nikkel-chrom-anlæg.

### Nikkel-chrom proces



**Figur 4.5.** Eksempel på procesforløb for nyere metalliseringsanlæg (efter 1960).

### 4.3 Processer og miljøbelastning

Nedenfor er de enkelte processer på ældre og nyere metalliseringsvirksomheder beskrevet.

Det skal fremhæves, at hovedprocesforløbet altid omfatter en forbehandling, med afsyring og affedtning, inden den egentlige pålægning af metal, og at der ofte forekommer en kombination af pålægning af flere metaltyper. Eksempelvis vil pålægning af nikkel næsten altid blive efterfulgt af en forchromning, ligesom der ofte indgår et chrombad i forbindelse med elgalvanisering med zink.

### 4.3.1 Sandblæsning

#### Processer

Sandblæsning kan benyttes til afrensning, hvis emner tidligere er overfladebehandlet med f.eks. maling, og senere ønskes belagt med en metallisk overflade.

Eksempelvis har det i en periode været moderne at påmontere forchromede dele på biler og motorcykler. Disse emner er ofte blevet sandblæst for fjernelse af maling inden forchromningsprocessen gennemføres.

Sandblæsning går i simple træk ud på, at anvende et blæsemiddel under tryk, for derved at anvende blæsemidlets slibende effekt til at afrense en metallisk overflade for f.eks. maling.

Sandblæsning gennemføres i separat lokale, idet processen frembringer meget store mængder støv.

Der anvendes forskellige typer af blæsemiddel til processen.

Tidligere har mineralske engangsblæsemidler (kvartsand, kobberslagge og kulslagge) været de mest udbredte, men gennem de senere år har en række andre blæsemidler overtaget en stor del af markedet. Dette skyldes, at de mineralske blæsemidler pulveriserer ved kontakten til metaloverfladen, hvorfor den frembringer unødigt meget støv i forhold til alternative midler. Desuden medfører pulveriseringen, at blæsemidlet kun kan bruges en gang, hvorefter det skal bortskaffes til deponering.

I takt med de øgede afgifter ved deponering af engangsblæsemidler er de dyrere, men regenererbare midler, blevet konkurrencedygtige.

De regenererbare midler er oftest baseret på metaller som f.eks. jern, stål og aluminium.

#### Miljøbelastning

Miljøbelastningen ved sandblæsning er det støv, der fremkommer under processen. Støvet udgør såvel det der renses af metalemnerne som nedbrydningsrester af blæsemidlerne.

Såvel malingrester som engangsblæsemidler indeholder tungmetaller.

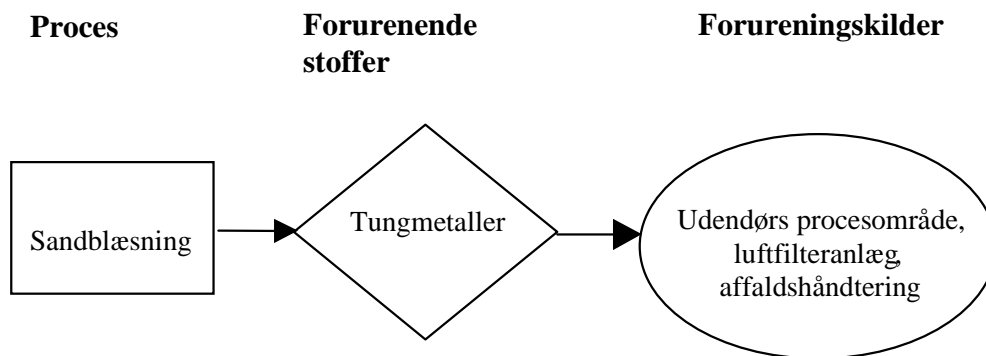
De miljøkritiske aspekter ved sandblæsning er således håndtering af brugt blæsemiddel, såvel det luftbårne støv som resterne af sandblæsningssand.

Der vil således kunne findes forhøjet indhold af tungmetaller følgende steder:

- Udendørs arealer, hvor der er sandblæst
- Omkring evt. filter i forbindelse med luftudsug, hvis der har været utætheder i forbindelse med filteret
- Omkring filter, hvor spild kan opstå i forbindelse med tømning
- På lokaliteter, hvor der har været mellemlager af brugt blæsemiddel.
- Hvor der direkte er sket deponering af brugt blæsemiddel.

Forureningen kan, med mindre at der er sket nedgravning, genfindes i de øverste jordlag.

Miljøbelastningen ved sandblæsning er sammenfattet i figur 4.6.



**Figur 4.6** Miljøbelastning ved sandblæsning.

### 4.3.2 Affedtning

#### Processer

Affedtning forud for en overfladebehandlingsproces gennemføres for at sikre en ren overflade på emnerne, således at der sker en maksimal påhæftning af det metal, der ønskes påført.

Affedtningsprocessen fjerner alle typer af fedt og olie fra emnerne. Metal-emner er ofte “forurenede” med f.eks. skæreolie eller et beskyttende lag af fedt.

Affedtning kan ske ved neddykning i kogende lud (natriumhydroxid) eller organiske opløsningsmidler (f.eks. trichlorethylen). Desuden har cyanid været meget udbredt som affedtningsmiddel.

Ludkogning anvendes især til grovrensning af større emner. Ved ludkogning anvendes en stærk base som f.eks. natriumhydroxid. I forlængelse af ludkogning afskylles emnerne, således at der ikke sker overførsel til øvrige procesbade.

Ludkogning anvendes sjældent alene, da der kræves endog meget lang opholdstid (ca. 48 timer) for en 100 % effekt. Derfor efterfølges ludkogning

oftest af en elektrolytisk finaffedtning. I dette bad anvendes oftest ætsnatron (natriumhydroxid). Ludkogning kombineret med elektrolytisk finaffedtning er i dag den mest udbredte affedtningsmetode.

De organiske opløsningsmidler har været anvendt siden starten af dette århundrede. Anvendelsen er ikke begrænset til nogen bestemt del af metalliseringsbranchen, idet metoden kan genfindes alene eller side om side med ludkogning. Den mest udbredte affedtningsproces har været affedtning med trichlorethylen (TRI). Metoden kan stadig forekomme på enkelte virksomheder.

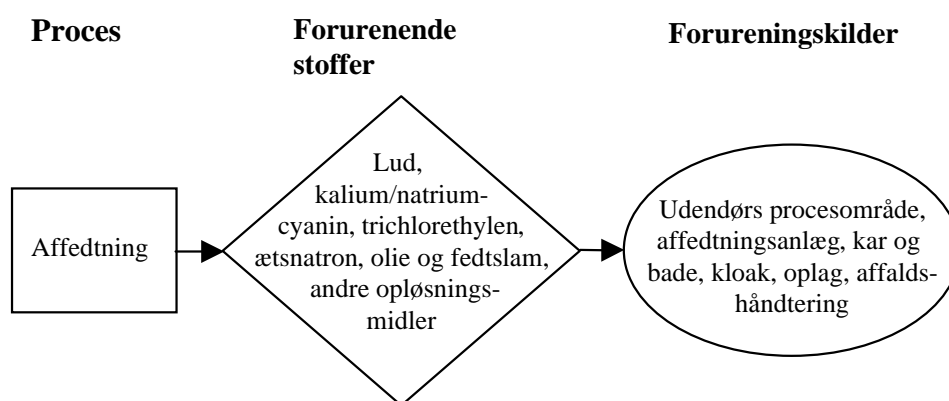
Gennem dette århundrede har der også i stort omfang været anvendt cyanidforbindelser som affedtningsmiddel.

### Miljøbelastning

Affedtning ved neddykning i bade kan give forurening med cyanid eller organiske opløsningsmidler til gulv og kloak fra de affedtede emner. Herudover kan der forekomme forurening til gulv, kloak og jord med organiske opløsningsmidler, cyanid samt olie- og fedtslam ved tømning og rensning af affedtningsanlægget.

De kritiske steder er derfor området, hvor affedtningsanlægget har været placeret samt det kloaksystem, der har været anvendt til bortledning af proces- og skyllevand fra anlægget.

Miljøbelastningen ved affedtning er sammenfattet i figur 4.7.



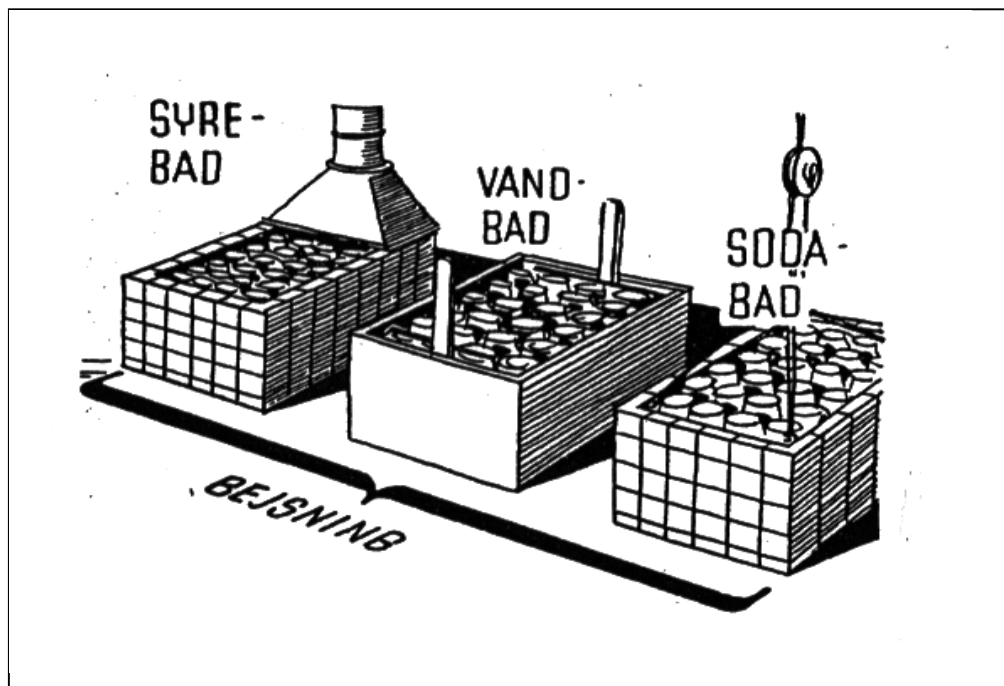
**Figur 4.7** Miljøbelastning ved affedtning

### 4.3.3 Bejdsning

Bejdsning har til formål at fjerne glødeskaller fra svejsning og lignende metalliske urenheder fra emnerne. Herudover er formålet med bejdsningen at gøre emnerne modtagelige for de efterfølgende processer.

Bejdsning sker ved neddykning, hvor der anvendes syre - oftest saltsyre.

I forlængelse af bejdsprocessen afskylles emnerne, således at der ikke sker overslæb til øvrige procesbade. En skitse af bejdsprocessen er vist i figur 4.8.



**Figur 4.8** Bejdsproces.

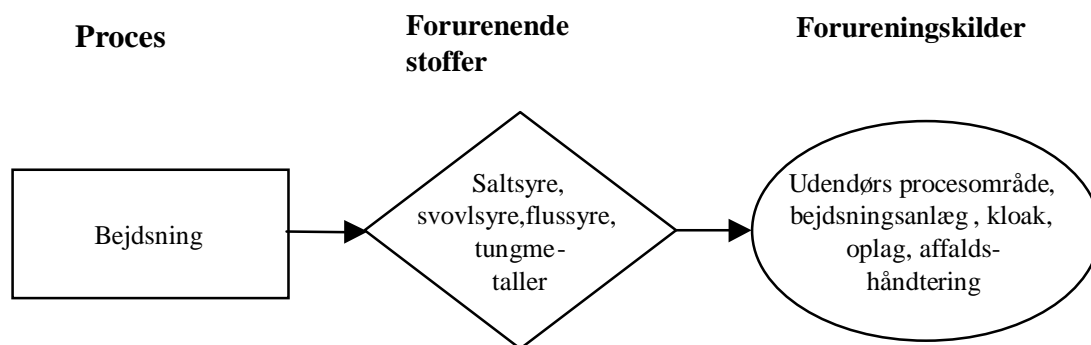
### **Miljøbelastning**

Bejdsning kan medføre forurening med syre ved spild og afdryp til gulv og kloak fra de rensede emner.

De kritiske lokaliteter er således området, hvor anlægget har været placeret samt det kloaksystem, der har været anvendt til bortledning af proces- og skyllevand fra anlægget. For begge steder gælder, at forureningen kun er udbredt, såfremt der har været utætheder i gulv- eller kloaksystem. Specielt ved uheld kan spild af syre, medføre tæring i kloakrør og -brønde, når disse er opbygget i beton.

På gamle virksomheder findes flere eksempler på bundløse kloakker og brønde, specielt i de tilfælde, hvor der er sket en systematisk udledning af unneutraliseret syre eller syreskyllevand. I disse tilfælde vil der altid forekomme udsivende syre, der indeholder de metaller, der måtte være afrenset med syren.

Miljøbelastningen ved bejdsning er sammenfattet i figur 4.9.



**Figur 4.9** Miljøbelastning ved bejdsning.

#### 4.3.4 Elektrolytisk overfladebehandling

Den overvejende del af overfladebehandlingsprocesserne sker efter elektrolytiske principper.

Ved fornikling og elgalvanisering består anoden af det metal, der skal påføres emnerne, mens emnerne fungerer som katode. Herudover tilsættes badene forskellige kemiske stoffer, som har til formål at stimulere processen, ofte salte af det konkrete metal, men i visse tilfælde også cyanid.

For nikkelbade gælder, at en del af nikkelanoden opløses i badet, således at der sker en ophobning af fri- og uudnyttet nikkel. Derfor sker der 1-2 gange om året en udtynding af badet. Dette sker ved at ca. 1/3 af badet udtømmes, og badet genopfyldes med vand og hjælpekemikalier. De udtømte kemikalier afleveres til genbrug eller som kemikalieaffald.

For zinkbade gælder at anoden består af 99,9 % rent finzink, men zink opløses ikke på samme måde i badet som nikkel. Derfor er det ikke nødvendigt at udtømme badet.

Ved forchromning og andre processer hentes metallet fra metalsalte, der er opløst i badene. Badene har således ikke så høje koncentrationer af metallet, som det er tilfældet ved nikkel- og zinkbade.

Hårdforchromning adskiller sig væsentligst fra forchromning ved en forhøjet koncentration af chromsalte, samt forskelle i hjælpekemikalier, opholdstid og anvendt strømstyrke.

Fælles for alle proceskar er, at de efterfølges af skyllekar.

På ældre anlæg kan der findes helt ned til 1 (eller 2) skyllekar med stor vandgennemstrømning. Moderne anlæg omfatter oftest omfatter skyllekar uden vandgennemstrømning, som efterfølges af 2-3 modstrøms skyllekar.

I forbindelse med nogle af metalliseringsprocesserne findes der forud for selve metalliseringskarret et dekaperingskar. Dekaperingen er en forbehandlingsproces, der forbereder emnerne til den egentlige metalpålægning (åbner porerne) for en optimal vedhæftning. Forud for forniklingsprocessen anvendes f.eks. en 3 % opløsning af kemisk ren svovlsyre.

### **Miljøbelastning**

Elektrolytisk overfladebehandling kan medføre forurening med tungmetaller og evt. cyanid ved spild og afdryp fra emnerne til gulv og kloak og evt. sprøjt på bygningsdele.

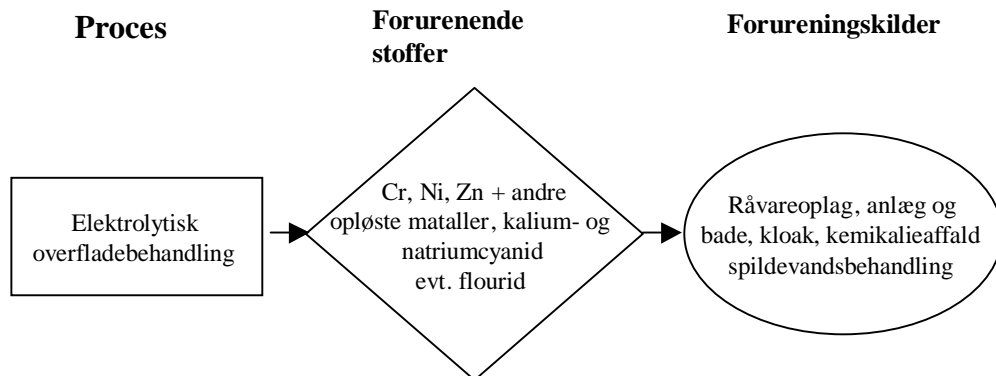
De kritiske lokaliteter er således området, hvor anlægget har været placeret samt det kloaksystem, der har været anvendt til bortledning af proces- og skyllevand. For begge steder gælder, at forureningen kun er udbredt, såfremt der har været utætheder i gulv- eller kloaksystem. På gamle virksomheder findes flere eksempler på bundløse kloakker og brønde, specielt i de tilfælde, hvor der er sket en systematisk udledning af unneutraliseret syre eller syreskyllevand. I disse tilfælde vil der altid forekomme udsivende tungmetaltholdigt skyllevand.

På nyere virksomheder, hvor der findes internt rensningsanlæg med neutralisering og bundfældning eller ionbytning, er risikoen for alvorlige udslip størst på den del af kloaksystemet, der fører skyllevandet frem til rensningsanlægget, dels fordi tungmetalkoncentrationen er størst, dels fordi der kan forekomme vand med lav pH-værdi.

I forbindelse med rensningsanlægget kan der opstå spild ved overløb eller utætheder. Desuden i forbindelse med afvanding af det slam der udfældes som hydroxider under neutraliseringen. Slammet afvandes oftest i posefiltre eller kammerfilterpresse, hvor der er risiko for at filtre kan revne, hvilket medfører spild på gulv og evt. til kloak. Hertil kommer evt. oplag af slam.

Miljøbelastningen ved elektrolytisk overfladebehandling er sammenfattet i figur 4.10.





**Figur 4.10** Miljøbelastning ved elektrolytisk overfladebehandling.

#### 4.3.5 Varmforzinkning

Ved varmforzinkning neddyppes emner i kogende og opløst metallisk zink ved 800-900 °C. Som forberedelse til varmforzinkning neddyppes emnerne oftest i et flusmiddel (stof som tilsættes andre stoffer for at nedsætte smeltepunktet), f.eks. ammoniumklorid eller zinkammoniumklorid. Overfladen af den smeltede zink skal ofte skummes for rester af flusmiddel og oxider.

Små emner der varmforzinkes (søm, skruer og bolte) omlastes efter flusbehandlingen til en centrifugekurv, således at overskydende zink kan centrifugeres ud af emnerne umiddelbart i forlængelse af zinkbehandlingen.

#### Miljøbelastning

Miljøbelastningen i forbindelse med varmforzinkning er den samme som for de elektrolytiske overfladebehandlingsprocesser.

Desuden er der en risiko for spild på gulv i forbindelse med skumningen af zinkkarret.

### 4.3.6 Brunering

Bruneringsprocessen er en overfladebehandlingsmetode, der tidligere har været meget udbredt.

I processen indgår som hovedingrediens svovllever, der er en svovlbrinte-forbindelse. Desuden indgår ofte kobbervitriol (kobbersulfat), gulsort kali og klorammonium.

Procesforløbet er ofte gentagne dyp, skiftevis i henholdsvis proceskar og syrebejdsekar indtil den rette effekt er opnået.

#### Miljøbelastning

Miljøbelastningen i forbindelse med brunering er den samme som for de elektrolytiske overfladebehandlingsprocesser.

### 4.3.7 De mindre udbredte processer

Der findes en lang række overfladebehandlingsmetoder, der i hovedtræk har samme produktionsforløb, som de tidligere nævnte, men som er mindre udbredt i såvel antal som produktionsmængde.

Der kan nævnes processer som:

- Cadmiering
- Fortinning
- Forkobring
- Forsølvning
- Formessing
- Forgyldning
- Platinering.

Processerne fungerer efter samme forudgående afrensningsmetoder som ved elektrolytisk overfladebehandling, og hovedprocessen sker efter samme principper.

I processerne der omfatter cadmium, kobber, sølv, messing, guld og platin anvendes ofte cyanid i metalliseringskarret.

Cadmiering findes ofte i kombination med forchromning.

Cadmiering har tidligere været en meget anvendt proces i forbindelse med forzinkning, men skærpede miljøkrav har medført, at processen stort set er udgået.

Ved fortinning anvendes et varmt elektrolytisk bad, indeholdende en tinnikkel legering. Badet indeholder tillige fluorid.

Ved overfladebehandling med de ædle metaller sker ofte først en forkobring, for at sikre større vedhæftning og holdbarhed. Generelt er der her tale om meget små bade ned til 25 liter, på grund af de meget store omkostninger ved etablering.

I forbindelse med produktion af sølv- og guldvarer gennemføres ofte slibe-processer, hvorfor der kan ske en spredning af forstøvede metaller.

### **Miljøbelastning**

Belastningen ved ovennævnte processer er de samme som ved den elektrolytiske overfladebehandling.

Udover de anvendte metalgrupper, kan der forekomme rester af de metaller, som har indgået i procesforløbet som forbehandlings-/hjælpeprocesser. Eksempelvis skal nævnes cadmium og kobber.

#### **4.3.8 Aftrækning**

Aftrækning kan nærmest betegnes som den omvendte elektrolytiske proces. Aftrækning anvendes i forbindelse med rengøring af ophængningsstativer eller til opretning af fejlbehandlede emner.

Aftrækning sker elektrolytisk i et syrekar, hvor polerne vender modsat i forhold til metalliseringsprocessen. I forlængelse af aftrækning afskylles emnerne, hvorefter de igen kan gennemgå det samlede metalliseringsforløb.

### **Miljøbelastning**

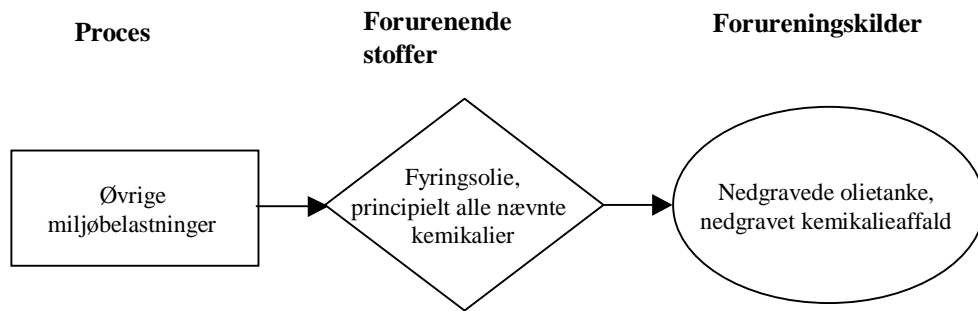
Belastningen ved ovennævnte processer er de samme som ved den elektrolytiske overfladebehandling.

#### **4.4 Øvrige miljøbelastninger**

Branchen har tidligere været kendetegnet ved mange små virksomheder og procesanlæg, der har været drevet af personer med begrænset indsigt i processerne og uden detailindsigt i de miljøtekniske risici. Der kan således findes en lang række af de affaldsprodukter, der fremkommer i forbindelse med processerne på de lokaliteter, hvor der har været drevet metalliseringsvirksomhed.

På mange af disse virksomheder er der stor sandsynlighed for at kemikalier er udledt til kloaksystemet og jordoverfladen, ligesom forskellige affaldstyper og produktrester kan være nedgravet.

De vigtigste miljøbelastninger er sammenfattet i figur 4.11.



**Figur 4.11** Øvrige miljøbelastninger



## 5. FORURENINGSRISIKO

### 5.1 Oversigt over potentielle forureningskilder

Miljøbelastningerne ved de forskellige metalliseringsprocesser er sammenfattet i tabel 5.1, der viser en oversigt over processer, forureningskilder, spredningsveje samt forurenende stoffer/produkter.

Proces	Forureningskilder	Spredningsveje	Forurenende stoffer/produkter
Sandblæsning	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Udendørs procesområde</li> <li>• Luftfilteranlæg</li> <li>• Affaldshåndtering</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luftbåren spredning</li> <li>• Utætheder ved filter og uforsigtighed ved tømning af filter</li> <li>• Affaldshåndtering</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tungmetaller</li> </ul>
Affedning	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Udendørs procesområde</li> <li>• Affedningsanlæg, kar og bade</li> <li>• Kloak</li> <li>• Oplag</li> <li>• Affaldshåndtering</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spild ved affedning</li> <li>• Spild ved påfyldning af affedningsanlæg</li> <li>• Spild ved tømning og rengøring af affedningsanlæg</li> <li>• Kloak</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lud</li> <li>• Kalium- og natriumcyanid</li> <li>• Trichlorethylen</li> <li>• Ætsnatron</li> <li>• Olie- og fedtslam</li> <li>• andre opløsningsmidler</li> </ul>
Bejdsning	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Udendørs procesområde</li> <li>• Bejdsningsanlæg</li> <li>• Kloak</li> <li>• Oplag</li> <li>• Affaldshåndtering</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spild ved bejdsanlæg</li> <li>• Spild ved påfyldning af bejdsanlæg</li> <li>• Spild ved tømning og rengøring af bejdsanlæg</li> <li>• Kloak</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saltsyre</li> <li>• Svovlsyre</li> <li>• Flusmiddel</li> </ul>
Metallisering/galvanisering	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Råvareoplag</li> <li>• Anlæg og bade</li> <li>• Kloak</li> <li>• Kemikalieaffald</li> <li>• Spildevandsbehandling</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spild og afdryp fra anlæg og bade</li> <li>• Spild ved påfyldning af anlæg</li> <li>• Spild ved håndtering og opbevaring af kemikalieaffald</li> <li>• Spild ved rensning af spildevand og slambehandling</li> <li>• Kloak</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cr, Ni, Zn, + andre opløste metaller</li> <li>• Kalium- og natriumcyanid</li> </ul>

**Tabel 5.1** Miljøbelastning ved metalliseringsprocesser

Proces	Forureningskilder	Spredningsveje	Forurenende stoffer/produkter
Varmforzinkning	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Råvareoplæg</li> <li>• Anlæg og bade</li> <li>• Kloak</li> <li>• Kemikalieaffald</li> <li>• Spildevandsbehandling</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spild og afdryp fra anlæg og bade</li> <li>• Spild ved påfyldning af anlæg</li> <li>• Spild ved håndtering og opbevaring af kemikalieaffald</li> <li>• Spild ved rensning af spildevand og slambehandling</li> <li>• Kloak</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zn</li> <li>• Ammoniumklorid</li> <li>• Zinkammoniumklorid</li> </ul>
Brunering	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Råvareroplæg</li> <li>• Anlæg og bade</li> <li>• Kloak</li> <li>• Kemikalieaffald</li> <li>• Spildevandsbehandling</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spild og afdryp fra anlæg og bade</li> <li>• Spild ved påfyldning af anlæg</li> <li>• Spild ved håndtering og opbevaring af kemikalieaffald</li> <li>• Spild ved rensning af spildevand og slambehandling</li> <li>• Kloak</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Svovllever (svovlbrinteforbind.)</li> <li>• Kobber</li> <li>• Kalium</li> <li>• Klorammonium</li> </ul>
Øvrige aktiviteter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nedgravede olietanke</li> <li>• Nedgravet kemikalieaffald</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utætheder samt spild ved påfyldning</li> <li>• Tomme kemikalieemballage</li> <li>• Kemikalier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fyringsolie</li> <li>• Principielt alle nævnte kemikalier</li> </ul>

**Tabel 5.1 (fortsat)** Miljøbelastning ved metalliseringsprocesser

I bilag 2 findes datablade for udvalgte forurenende stoffer. Der er udarbejdet datablade som anført i tabel 5.2.

Uorganiske stoffer	Organiske stoffer
Bly (Pb) Cadmium (Cd) Chrom (Cr) Cyanid (Cn) Kobber (Cu) Nikkel (Ni) Zink (Zn)	Trichlorethylen (TCE) Fyringsolie

**Tabel 5.2** Oversigt over stoffer, der foreligger datablade for i bilag 2.

Stofferne er udvalgt på baggrund af forventet hyppighed og farlighed.

For de uorganiske stoffer viser databladene fysisk-kemiske data som oxidationstrin, redoxforhold samt forhold omkring opløselighed, kompleksering og sorption.

For de organiske stoffer viser databladene fysisk-kemiske data som molvægt, densitet, kogepunkt, damptryk, vandopløselighed, og oktanol-vand fordelingskoefficient.

Ud fra de fysisk-kemiske egenskaber er det i databladene anført, i hvilken fase (jord, vand eller luft) stoffet primært findes. Endelig er angivet klassificering på listen over farlige stoffer samt gældende kvalitetskriterier for stoffet i jord, grundvand og luft.

## **5.2 Vurdering af forureningsrisiko**

Erfaringsopsamlingerne på amternes registreringsundersøgelser, som er gennemført af Miljøstyrelsen og Amternes Videncenter for jordforurening, viser, at gruppen af virksomheder ”galvanisering, fornikling og forkromning” ofte har været årsag til forurening, specielt kraftige forureninger med tungmetaller /15, 16, 23/.

Følgevirkning af jordforurening omfatter i denne sammenhæng sundhedsmæssige effekter stammende fra eksponering for forurenede overfladejord og indeklimapåvirkninger stammende fra afdampning af flygtige stoffer /19/.

Risiko for påvirkning af jord og grundvand skyldes generelt stoffernes vandopløselighed, massefylde, mikrobielle nedbrydningspotentialer, damptryk og deres sundhedsskadelige effekter /19/.

De vigtigste uorganiske forureningskomponenter og deres miljømæssige nøgleparametre fremgår af tabel 5.2.



<b>Metaller <sup>1)</sup></b>	
Generelt	Metallerne Pb, Cd, Cu, Cr, Ni, og Zn anses under danske forhold for at være de tungmetaller, der kan udgøre en forureningsrisiko i jordmiljøet.
Udfældning/opløselighed	Tungmetallernes fordeling i jordmiljøet er overordnet styret af processerne udfældning sorption og kompleksering
Mobilitet	Tungmetaller forekommer hovedsageligt i jord. Styres af pH. Hovedparten af metallerne danner tungopløselige udfældninger med sulfid.
Klassificering iht. listen over farlige stoffer	Metaller er generelt klassificeret som sundhedskadelige. Nogle metalforbindelser er kræftfremkaldende
<b>Cyanider <sup>1)</sup></b>	
Generelt	Hyppigst forekommende forbindelser i jord- og grundvandssammenhæng er: <ul style="list-style-type: none"> <li>• hydrogencyanid (blåsyre)</li> <li>• simple cyanider, f.eks. natrium- og kaliumcyanid</li> <li>• komplekse jerncyanider,</li> <li>• thiocyanater, forbindelser hvori gruppen -SCN indgår</li> </ul> På metalliseringsvirksomheder foreligger cyanider hovedsageligt som simple cyanider.
Cyanidfraktioner i kemiske analyser	Fri cyanid: Cyanbrinte og fri cyanidioner Syreflygtig cyanid: Den del af totalcyanid, som kan frigives som cyanbrinte med syre Total cyanid: Alt det tilstedeværende cyanid
Mobilitet og nedbrydning	Simple cyanider er meget mobile og tilbageholdes ikke i den umættede zone. Naturlig nedbrydning af cyanid kan spille en stor rolle på metalliseringsvirksomheder.
Klassificering iht. Listen over farlige stoffer	De simple cyanider er meget toksiske, hvorimod jerncyaniderne er meget lidt toksiske

<sup>1)</sup> Mere detaljerede oplysninger om de enkelte stoffer findes i databladene i bilag 2.

**Tabel 5.2** Nøgleparametre for de vigtigste uorganiske forureningskomponenter på metalliseringsvirksomheder

Kort beskrevet kan forhøjet tungmetalindhold i overfladejorden tilskrives diffuse kilder som f.eks. nedfaldsområder fra sandblæsning og ventilationsafkast og punktkilder som f.eks. metalliseringsbade mv.

På metalliseringsvirksomheder kan cyanid være frigivet som simple cyanider i de øverste jordlag. Forudsat at forureningen er relativ gammel vil forureningen ikke længere være tilstede i de øverste jordlag pga. udvaskning, nedbrydning og evt. fordampning. Nærmere undersøgelser af cyanids skæb-

ne i jorden ved metalliseringsvirksomheder er ikke gennemført, men det formodes at nedbrydningen vil spille en stor rolle /19/.

De vigtigste organiske forureningskomponenter og deres miljømæssige nøgleparametre fremgår af tabel 5.3.

<b>Trichlorethylen (DNAPL) <sup>1)</sup></b>	
Vandopløselighed (v. 20 °C)	1070 mg/l
Massefylde	1,46 g/ml (vand: 1,0 g/ml)
Mikrobielt nedbrydningspotentiale	Manglende i aerobt miljø, svagt under anaerobe forhold
Damptryk (v. 20 °C)	58 mm Hg (vand: 21 mm Hg)
Klassificering iht. Listen over farlige stoffer	Sundhedsskadelig, kræftfremkaldende og giftig
<b>Fyringsolie (LNAPL) <sup>1, 2)</sup></b>	
Vandopløselighed	ca. 6 mg/l
Massefylde(v. 15 °C)	0,89 g/ml (vand: 1,0 g/ml)
Mikrobielt nedbrydningspotentiale	højt i aerobt miljø, manglende under anaerobe forhold
Damptryk (v. 20 °C)	4 mm Hg (vand: 21 mm Hg)
Klassificering iht. Listen over farlige stoffer	Brandfarlig, sundhedsskadelig og kræftfremkaldende

1) Mere detaljerede oplysninger se bilag 2.

2) Medtages ved nedgravede fyringsolietanke.

**Tabel 5.3** Nøgleparametre for de vigtigste organiske forureningskomponenter på metalliseringsvirksomheder.

I miljømæssig sammenhæng benævnes flydende kulbrinter, som ikke er vandblandbare, som NAPL (Non-Aqueous Phase Liquids). Dette kan oversættes til ikke-vandblandbare væsker.

Chlorerede kulbrinter, som har større massefylde end vand, benævnes DNAPL (Dense NAPL). For metalliseringsvirksomheder vedrører det stoffet trichlorethylen, jf. tabel 5.3.

Olieprodukter, der generelt har lavere massefylde end vand, benævnes LNAPL (Light NAPL), jf. tabel 5.3.

En mere detaljeret beskrivelse af fasefordeling og spredningsveje for DNAPL og LNAPL i jord, grundvand og poreluft fremgår af branchebeskrivelsen for renseserier, jf. /24/.



## 6. UNDERSØGELSER

I det følgende er der fokuseret på indholdet i en **registreringsundersøgelse**. Beskrivelse af mere omfattende undersøgelser kan bl.a. ses i /17/.

Ved en registreringsundersøgelse på en metalliseringsvirksomhed foreslås følgende elementer at indgå i undersøgelsesstrategien:

- Historisk redegørelse
- Prøvetagning af jord, grundvand og evt. poreluft
- Felt- og laboratorieanalyser af jord-, grundvands- og poreluftprøver
- Vurdering af analyseresultater i relation til relevante kvalitetskriterier
- Orienterende risikovurdering.

En registreringsundersøgelse for jord- og grundvandsforurening på en metalliseringsvirksomhed kan typisk have et tidsforløb som skitseret i figur 6.1.

Aktivitet/uge	1	2	3	4	5	6
Historisk kortlægning	■					
Udførelse af boringer og poreluftsonder mv. med tilhørende udtagning af vand- og poreluftprøver		■	■			
Felt- og laboratorieanalyser			■	■	■	
Vurdering af analyseresultater					■	■
Orienterende risikovurdering					■	■
Rapportering						■

**Figur 6.1** Eksempel på tidsforløb for en registreringsundersøgelse på en metalliseringsvirksomhed.

I det følgende er indholdet i registreringsundersøgelsen nærmere beskrevet.

### 6.1 Historisk kortlægning

#### 6.1.1 Kortlægningsstrategi og -metode

Siden 1990 har kortlægnings- og registreringsundersøgelser været gennemført efter Affaldsdepotloven og registreringsbekendtgørelsen, jf. /25/, /26/ og /27/.

Sammenfattende angiver Affaldsdepotloven og registreringsbekendtgørelsen, at der skal påvises en forurening af en vis art, koncentration og omfang, som har skadelig virkning på mennesker og miljø, før en ejendom kan registreres efter Affaldsdepotloven.

I Miljøstyrelsens kommende vejledning om kortlægning af forurenede lokaliteter, /13/, skelnes mellem *særlige indsatsområder* og *områder med begrænset indsats*.

Særlige indsatsområder omfatter:

- Ejendomme med mulige kilder til grundvandsforurening indenfor områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD) og beskyttelseszoner for kildepladser udenfor OSD
- Ejendomme med følsom arealanvendelse og risiko for forurening med lavmobile stoffer (tungmetaller, PAH'er mv.)

Områder med begrænset indsats omfatter ejendomme med særlig risiko forurening, som ikke er i konflikt med drikkevandsinteresser eller den aktuelle arealanvendelse.

Kortlægningsstrategien bør udvikles således, at ejendomme beliggende i særlige indsatsområder identificeres først.

Når ejendommene er identificeret iværksættes miljøhistoriske undersøgelser, som er grundlaget for efterfølgende tekniske undersøgelser.

### **6.1.2 Indsamling af historisk materiale**

Forud for igangsættelse af tekniske undersøgelser, er det vigtigt at få indsamlet og beskrevet alt relevant historisk materiale for den aktuelle lokalitet. Dette kan være tidskrævende, men den forbrugte tid vil ofte være givet godt ud, når de tekniske undersøgelser igangsættes.

Formålet med den historiske gennemgang er at få udpeget art og fysisk placering af de potentielle forureningskilder.

Der findes en lang række historiske kilder, hvorfra der kan søges oplysninger. Kilderne kan opdeles i primære og sekundære kilder. En nærmere beskrivelse af de vigtigste primære og sekundære kilder fremgår af bilag 3.

I det følgende er anvendelsen af det historiske materiale opdelt på følgende emner:

- Oplysninger til lokalisering af tidligere metalliseringsvirksomheder.

Indhentning af oplysninger om hvor der har været metalliseringsvirksomheder, med henblik på en generel kortlægning.

- Oplysninger om branchen.

Indhentning af oplysninger som er specifikke for branchen for at opnå et nærmere branchekendskab, samt som en støtte for tilrettelæggelse af teknisk undersøgelse.

- Oplysninger om lokaliteten.

Indhentning af oplysninger om de aktiviteter af miljømæssig relevans, der er foregået på den pågældende lokalitet med henblik på tilrettelæggelse af en teknisk undersøgelse.

### **6.1.3 Lokalisering af metalliseringsvirksomheder**

Ved en generel kortlægning opspores metalliseringsvirksomheder indenfor afgrænsede geografiske områder. Da metalliseringsvirksomheder fortrinsvis har været beliggende i byområder, anbefales det, at koncentrere kortlægningsindsatsen til byområder. Der kan bl.a. tages udgangspunkt i oversigten over det historiske materiale i bilag 3.

Til generel kortlægning kan anvendes "brede" historiske kilder, som f.eks. gamle vejvisere, telefonbøger, lokalvejvisere og annonceværker (som Kraks vejviser) med f.eks. 5-års intervaller. Kendetegnene for disse kilder er, at de har en bred dækning, men en lav detaljeringsgrad.

Vedrørende industrikortlægning generelt henvises til /14/ som er en bibliografi over industrihistorisk litteratur og kildemateriale.

Specifikt for metalliseringsvirksomheder anbefales desuden at kontakte brancheforeningerne samt tage kontakt til større leverandører af maskiner og kemikalier samt maskinreparatører. Disse kan udover adresser og ejerforhold i et vist omfang også oplyse om indretning og drift.

#### 6.1.4 Oplysninger om branchen

Af litteratur, der beskriver metalliseringsbranchen, kan udover nærværende branchebeskrivelse nævnes:

- Emil Hammershø (1971): De danske Jern- og Metallerhverv. Faglig biografisk håndbog for de erhvervsdrivende indenfor jern- og metallerhvervene i Danmark /29/. Forlaget Liber A/S. København.
- Miljøstyrelsen 1998. Litteraturliste for galvanisering /28/.
- Miljøstyrelsen 1995. Erfaringsopsamling på amternes registreringsundersøgelser /15/.
- Københavns Kommune (1998): Historisk kortlægning af arealanvendelsen i København. Udarbejdet af John M. Eriksen, Miljøkontrollen /37/.

Desuden kan generelle oplysninger om branchen indhentes fra brancheforeningerne Dansk Galvanisør Union og A/S Galvanisk Kompagni.

Mere specifikke oplysninger om forureningsforhold mv. kan findes i /16/ og /23/.

#### 6.1.5 Oplysninger om den enkelte lokalitet

Når en metalliseringsvirksomhed er kortlagt som en mulig forurener af en lokalitet, er næste trin at gennemgå de kilder til historiske oplysninger, der vil være relevante ved planlægning af tekniske undersøgelser. Der kan bl.a. tages udgangspunkt i oversigten over det historiske materiale i bilag 3.

Ved tilrettelæggelse af tekniske undersøgelser kan det historiske materiale inddeles efter de forhold, som der søges oplysninger om. For en metalliseringsvirksomhed kan følgende forhold være relevante:

- **Lokalisering og driftsperiode**  
Adresse, matr. nr. og ejerforhold mv. fremgår af kommunens arkiver  
Driftsperioden fremgår af tingbogen. Herudover kan der evt. indhentes oplysninger fra erhvervsregistret, vejvisere, brancheforeninger mv.
- **Fysisk indretning**  
Kommunens arkiver, herunder evt. miljøgodkendelser  
Virksomhedens arkiver  
Dansk Tarifforenings inspektionsberetninger  
Politik og brandvæsen, hvis der har været oplag af brandfarlige stoffer eller ulykker

Fotos fra det Kongelige bibliotek, Kort- og Matrikelstyrelsen og Lokalhistorisk arkiv

Industrialismens bygninger og boliger

- **Gennemgang af processer og oplag**

Kommunens arkiver, herunder evt. miljøgodkendelser

Virksomhedens arkiver

Avisartikler mv.

Dansk Tarifforenings inspektionsberetninger

Arbejdstilsynets inspektionsberetninger

Gennemgangen kan suppleres med teknisk historisk litteratur, se baggrundsmateriale om anlæg og processer i bilag 3.

- **Identifikation af miljøfarlige stoffer og lokalisering af forureningskilder.**

Her vil det være relevant at gennemgå de samme kilder som under ovenstående punkt.

- **Oplysninger om brand og ulykker**

Oplysninger kan hentes i virksomhedens arkiver og hos politi- og brandmyndigheder

- **Besigtigelse**

Ved besigtigelse af en metalliseringsvirksomhed med intakt gulvbelægning kan man evt. lokalisere placeringen af tidligere kar og maskiner ved rester af beslag, støbte fundamenter og evt. gulvreparationer samt evt. lokalisere indendørs kemikalieoplag ved tegn på spild/gulvreparationer. En checkliste til brug ved besigtigelse findes i appendiks 3.2 i /17/.

- **Interviews**

Interviews af tidligere og nuværende ejere og/eller ansatte samt af leverandører kan bidrage med værdifuld information.

## **6.2 Status for metalliseringsbranchens miljøbelastning**

På metalliseringsvirksomheder kan der som omtalt i tidligere afsnit være flere kilder til jord- og grundvandsforurening. I kapitel 4 og 5 er udarbejdet oversigter over miljøbelastninger fra de forskellige aktiviteter, der kan foregå/har foregået, jf. tabel 5.1.

Ifølge en erfaringsopsamling gennemført af Miljøstyrelsen i 1994 er der registreret oplysninger om 34 ejendomme, hvor der har foregået galvanisering, fornikling og forchromning /15/.



Tekniske undersøgelser har medført registrering som affaldsdepot på 22 kortlagte ejendomme, mens 12 kortlagte ejendomme på daværende tidspunkt ikke var afklaret. En del af de 12 ikke-registrerede ejendomme kan imidlertid godt være forurenede, men i så fald er det skønnet, at forureningen er sket efter miljølovens ikrafttrædelse i 1974.

Ved de hyppigst undersøgte forureningskilder, er der konstateret forurening som anført i tabel 6.1.

Forureningskilde	Procentdel af kilder, hvor der fundet forurening
Spild	45 % af 11 undersøgte kilder
Afløbssystem	41 % af 22 undersøgte kilder
Oplag	38 % af 13 undersøgte kilder

**Tabel 6.1** Procentdel af undersøgte kilder, hvor der er fundet forurening /15/

Tallene skal kun opfattes som retningsgivende, idet det ikke kan afvises, at en del kilder kan være talt med flere steder, f.eks. i kategorierne “spild” og “oplag”.

Der er forholdsvis stor mulighed (ca. 40%) for at finde forurening ved de hyppigst undersøgte kilder på metalliseringsvirksomheder.

De mange kar med væsker, der er bortskaffet til kloak, gør kloaksystemet til en oplagt kilde at undersøge. Men også udenomsarealer med formodning om spild og oplag er også oplagte kilder.

For de hyppigst undersøgte forureningstyper er der konstateret forurening som vist i figur 6.2.

Forureningstype	Procentdel af undersøgelser, Hvor der er truffet forurening
Tungmetaller	56% ud af 33 undersøgelser
Oliekomponenter	29% ud af 24 undersøgelser
Chlorerede opløsningsmidler	28% ud af 18 undersøgelser
Cyanid	18% ud af 11 undersøgelser

**Tabel 6.2** Trufne forureningstyper /15/

Ud fra ovennævnte erfaringer er der nedenfor anført forslag til forureningskilder, som kan medtages i jord- og grundvandsundersøgelser på metalliseringsvirksomheder. Listen er udarbejdet ud fra generelle erfaringer, hvorfor listen i hvert enkelt tilfælde skal vurderes sammen med de konkrete forhold på lokaliteten.

*Forureningskilder som **altid medtages** i en undersøgelse*

- Områder med formodet spild både inden- og udendørs
- Oplagspladser både inden- og udendørs
- Kloaksystem, både inden- og udendørs
- Affedtningsanlæg, -kar og -bade

*Forureningskilder som **anbefales medtaget** i en undersøgelse*

- Afdrypningsplads
- Områder med affaldsdeponering, herunder nedgravet affald
- Nedgravede tanke til olieprodukter og kemikalier

*Forureningskilder som **i specielle tilfælde kan medtages** i en undersøgelse*

- Nedfaldsområde for sandblæsning og ventilationsafkast

Sammenfattende bør en teknisk undersøgelse målrettes mod de lokaliteter, hvor der er foregået forurenende aktiviteter, oplagret eller deponeret forurenende stoffer samt afledt forurenende stoffer.

### **6.3 Tekniske undersøgelser**

Ved undersøgelser på metalliseringsvirksomheder foreslås det at anvende boringer, gravninger og poreluftsonderinger efterfulgt af kemiske analyser. I det følgende er de enkelte elementer i en registreringsundersøgelse beskrevet nærmere.

Undersøgelsesprogrammet er opdelt i et standardprogram og et supplementprogram.

Standardprogrammet indeholder de elementer som altid anbefales medtaget i en registreringsundersøgelse. Her forudsættes det, at der er gennemført en detaljeret historisk kortlægning med lokalisering af de vigtigste forureningskilder.

Hvis den historiske baggrund er sparsomt belyst og der er mistanke om tilstedeværelse af større forureningskilder, hvis placering er ukendt kan standardprogrammet udvides med elementer fra supplementprogrammet.

### 6.3.1 Undersøgelsesmetoder

Standardprogrammet anbefales at indeholde boringer og gravninger. Supplementprogrammet kan omfatte poreluftmålinger, TV-inspektion og lokalisering af nedgravede tanke og rørføringer ved geofysiske opmålinger. I det følgende er undersøgelsesmetoderne gennemgået nærmere.

#### **Boringer**

Formålet med udførelsen af boringer er at fremskaffe repræsentativt prøvemateriale til bestemmelse af geologiske og forureningsmæssige forhold. Boringer er velegnede til undersøgelse af koncentrerede forureningskilder og til undersøgelse af grundvandsforurening.

Lokaliseringsboringer er korte boringer, indtil 3-4 m u.t. Lokaliseringsboringer udføres for at beskrive og afgrænse forureningen i de øvre jordlag og/eller i terrænnære grundvandsmagasiner. Som boremetode benyttes normalt 6" snegleboring uden forerør (borerør).

Lokaliseringsboringer kan ved vanskeligt tilgængelige steder udføres med miniborerig eller som håndboringer. Ved håndboringer er boreddybden dog begrænset til 1-2 m u.t.

Undersøgelsesboringer er boringer dybere end 4-5 m u.t., hvor formålet udover at beskrive og afgrænse forureninger i de øvre og evt. dybere jordlag også er at få oplysninger om dybereliggende grundvand. Som boremetode benyttes normalt 6" snegleboring med forerør (borerør).

Boremetoder og filtersætninger mv. er nærmere beskrevet i appendiks 4.1.i /17/.

Under borearbejdet udarbejdes der feltjournal med angivelse af :

- Prøvetagningsdybder
- Foreløbig jordartsbeskrivelse, forureningsbedømmelse, laggrænser og boreddybder
- Fugtige og våde aflejringer mhp. forventet placering af grundvandsspejl
- Filtersætning, afpropning, retablering og vandspejlsobservationer

#### **Gravninger**

Da der på metalliseringsvirksomheder kan være diffus forurening fra sandblæsning, afkast fra udsugninger mv. og terrænnær affaldsdeponering bør det overvejes at supplere borearbejdet med gravninger.

Ved udtagning af helt terrænnære jordprøver kan boringerne erstattes af gravninger. Gravningerne udføres normalt med rendegraver eller lign.

Gravninger er en enkel og ofte økonomisk fordelagtig metode, der giver et særdeles godt indtryk af fyldlagenes sammensætning. Dette har betydning ved vurdering af evt. affaldsdeponering.

I felten optegnes profiler med beskrivelse af det gennemgravede affald og fyld. Herudover er det en god ide at fotografere graveprofilet og det opgravede fyld.

### **Poreluftmålinger**

I den umættede zone vil forureningskomponenterne i varierende grad være adsorberet til jord, opløst i porevand og opløst i poreluften (på dampform). Fordelingen mellem de tre faser afhænger af forureningskomponenternes fysiske/kemiske egenskaber.

For flygtige forbindelser, som f.eks. aromatiske opløsningsmidler (BTEX) og chlorerede opløsningsmidler (TCA, TCE og PCE) vil en større del af forureningen forekomme på dampform. Derfor kan der ofte med fordel udføres poreluftmålinger til undersøgelse af forureningen.

Poreluftmålingerne udføres ved nedramning af en sonde, som kan være fremstillet af vandrør eller specialfremstillet rustfrit stål.

Ved små dybder (< 5 m u.t.) kan sonden nedrammes ved hjælp af håndværktøj. Ved større dybder kan anvendes maskindrevet udstyr, hvor det er muligt at ramme sonden ned til ca. 30 m u.t. Ved nogle fabrikater af maskindrevet udstyr kan boreværket skrånstilles, således at der kan bores ind under bygninger o. lign., hvor der kan foretages direkte målinger og udtages prøver.

Nedramningsdybden afhænger af formålet med undersøgelsen, geologien i området og den forventede beliggenhed og karakter af forureningen. Ved prøvetagning under bygninger nedrammes sonden til umiddelbart under gulvniveau.

Fra sonden oppumpes poreluft, som opsamles til efterfølgende analyse.

Anvendelse af poreluftmetoden er begrænset af jordens permeabilitet, hvilket f.eks. betyder, at en kompakt moræneler er mindre velegnet til poreluftundersøgelse.

En mere detaljeret beskrivelse af poreluftmålinger fremgår af /30/.

### TV-inspektion

Risiko for udsivning fra et defekt kloaksystem til den omkringliggende jord og evt. terrænnært grundvand kan vurderes ved gennemførelse af en TV-inspektion. Under TV-inspektionen trækkes et kamera gennem kloaksystemet. Kameraet registrerer rørenes tilstand og skader på rørene.

Ud fra TV-inspektionen kan forureningskilder hidrørende fra udsivning fra kloaksystemet lokaliseres.

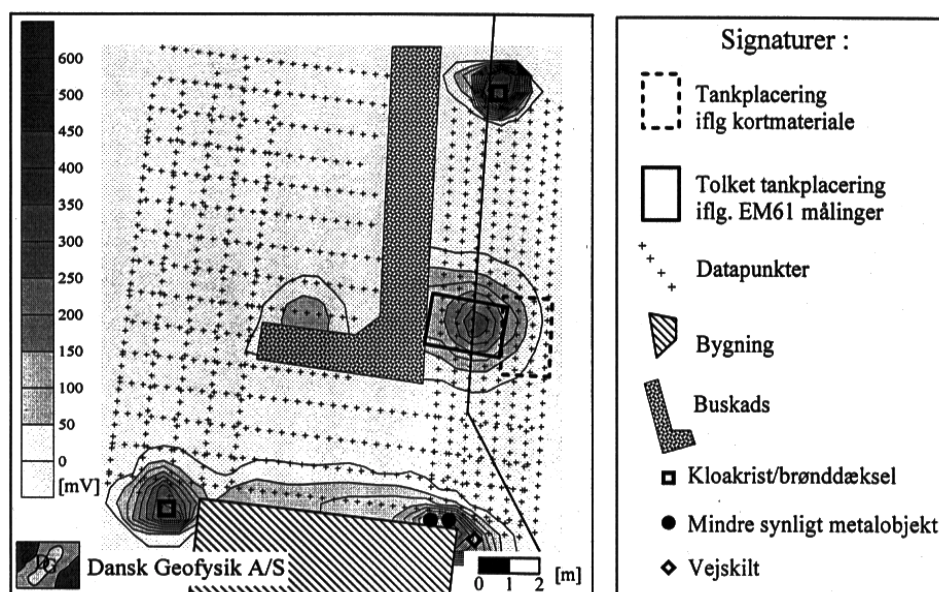
### Lokalisering af nedgravede tanke og rørføringer

Ved undersøgelser, der omfatter nedgravede tankanlæg, viser erfaringen, at det tilgængelige kort- og informationsmateriale ofte er mangelfuldt og unøjagtigt.

I sådanne tilfælde kan der anvendes geofysiske metoder, som f. eks. protonmagnetometer, metaldetektor eller georadar.

Metoderne kan anvendes ved lokalisering af nedgravede tanke, tromler og rørinstallationer. Metoderne kan generelt anvendes ned til 2-3 m's dybde.

Et eksempel på kortlægning med metaldetektor er vist på figur 6.1.



**Figur 6.1** Principskitse for anvendelse af metaldetektor. Den nedgravede tank fremgår tydeligt og er forskudt i forhold til den oprindeligt angivne placering /32/.

### 6.3.2 Placering af boringer, gravninger og poreluftsonder

Da formålet med en registreringsundersøgelse er at påvise/afvise forurening på en ejendom anbefales det i standardprogrammet at placere boringer og gravninger mv. i de områder, hvor den historiske gennemgang har lokaliseret potentielle forureningskilder.

Som supplement kan boringer og gravninger mv. placeres ud fra den nuværende eller fremtidige arealanvendelse eller ud fra statistiske overvejelser. Endelig kan boringer og gravninger mv. placeres ud fra TV-inspektion og geofysiske opmålinger. I det følgende er strategien for placeringen af boringer og gravninger mv. beskrevet nærmere.

Ved opstilling af en prøvetagnings- og analysestrategi, er det vigtigt at der foreligger en historisk gennemgang for området, således at potentielle forureningskilder og -komponenter er udpeget.

Ud fra den historiske redegørelse defineres der for hver potentiel forureningskilde mindst et prøvetagningsfelt. Et prøvetagningsfelt er et område, hvor der kan forventes sammenhængende eller ensartede forureningsforhold. Et prøvetagningsfelt kan f.eks. være:

- En punktkilde, f.eks. en nedgravet olietank med tilhørende rørinstallationer.
- Et område, f.eks. et tromleoplæg eller en skrotplads.
- En diffus kilde, f.eks. en overfladenær forurening stammende fra afkastet fra en udsugning.

Hvis den historiske gennemgang har lokaliseret potentielle forureningskilder defineres disse kilder som prøvetagningsfelterne. Prøvetagningspunkterne placeres i prøvetagningsfelterne mhp. på at dokumentere evt. forureninger.

Hvis den historiske gennemgang er mangelfuld kan prøvetagningsfelterne defineres ud fra sårbarhed af den nuværende eller fremtidige arealanvendelse, f.eks. kan en køkkenhave defineres som et prøvetagningsfelt eller et areal som fremover skal anvendes til parkeringsplads kan defineres som et prøvetagningsfelt.

Som supplement til den historiske gennemgang kan forureningskilder stammende fra udsivning fra kloaksystemer og nedgravede olie- og kemikaliestanke lokaliseres vha. TV-inspektion og geofysiske opmålinger.

Endelig kan der udføres en række poreluftmålinger til screening af området for flygtige stoffer. Ud fra resultaterne af poreluftmålingerne kan boringerne placeres.

Hvis der er kendskab til en potentiel forureningskilde i et prøvetagningsfelt, men placeringen af forureningskilden er ukendt kan der anvendes statistiske metoder til placering af prøvetagningspunkter. Prøvetagningspunkterne placeres da i et gitter over hele området.

En mere detaljeret gennemgang af prøvetagnings- og analysestrategier fremgår af bilag 1 i /18/. Her fremgår bl.a., at der ved en grov screening af et område på 400 m<sup>2</sup> skal anvendes 7 prøvetagningspunkter, hvis en ukendt forureningskilde med en diameter på 10 m skal lokaliseres med 99% sandsynlighed.

Generelt anbefales det, at prøvetagningstætheden til lokalisering af ukendte forureningskilder ved registreringsundersøgelser begrænses til niveauet ”grov screening”.

### **6.3.3 Prøvetagningsmetoder**

Standardprogrammet anbefales at indeholde udtagning af jordprøver og udtagning af vandprøver fra terrænnære grundvandsmagasiner. Supplementprogrammet kan omfatte udtagning af vandprøver fra større sekundære grundvandsmagasiner og fra primære grundvandsmagasiner samt udtagning af poreluftprøver. I det følgende er prøvetagningsmetoderne gennemgået nærmere.

Forureninger vil principielt forekomme fordelt efter en ligevægtstilstand mellem jordmatrix, jordens poreluft og porevandet i såvel umættet som mættet zone.

På metalliseringsvirksomhederne anbefales det at kombinere prøvetagningsmetoderne, således at der udtages både jord- og vandprøver samt evt. poreluftprøver.

#### **Jord**

Ved forureninger der bindes hårdt i jorden, f.eks. tungmetaller og PAH'er vil udtagning af jordprøver af overfladejorden og de terrænnære jordlag (0-0,5 m u.t.) være ideel.

Fra boringer udtages typisk to jordprøver for hvert jordlagsskift dog minimum for hver halve boremeter til beskrivelse af jordart, PID-måling og kemisk analyse.

Ved overfladenær forurening og forureninger der bindes hårdt i jorden, f.eks. tungmetaller og PAH'er, kan det bliver aktuelt at udtage jordprøver af overfladejorden og de terrænnære jordlag (0-0,5 m u.t.)

Jordprøver kan evt. blandes mhp. på at minimere analyseomkostningerne. Det anbefales, at der ikke blandes mere end 5 delprøver. Blanding af prøver

må aldrig anvendes, hvor der skal analyseres for flygtige komponenter pga. tab af flygtige komponenter.

Ved blanding af prøver bliver resultatet et gennemsnitsindhold af forureningen i jorden i det undersøgte område. Herved mistes informationer om, hvilke prøvetagningspunkter der indeholder høje eller lave koncentrationer. Til gengæld fås et billede af den generelle belastning i det undersøgte område.

Prøvetagningsmetode, emballering håndtering og opbevaring af prøverne skal tilpasses forureningens art. Det er overordentligt vigtigt, specielt ved flygtige forureninger, at de givne retningslinier bliver fulgt, da undersøgelserne ellers mister deres værdi.

Mere detaljerede retningslinier for udtagning af jordprøver og deres håndtering fremgår af /16/ i appendiks 4.2 og af /17/.

### **Grundvand**

Ved vandopløselige og letudvaskelige stoffer som BTEX og chlorerede opløsningsmidler er vandprøver vigtige i kortlægningen af forureningskilder og deres spredningsveje.

Formålet med prøvetagningen er at udtage en vandprøve, der er repræsentativ for grundvandsmagasinet mht. til de parametre der ønskes undersøgt.

I prøvetagningen indgår 3 faser:

- Forpumpning
- Prøvetagning
- Prøveopbevaring

Ved lavtydende boringer, hvor boringen tørpumpes inden forpumpningen er afsluttet, bør boringen tørpumpes 1-4 gange inden prøvetagningen. I terrænnære grundvandsmagasiner vil boringerne typisk være lavtydende.

Ved forpumpning af højtydende boringer bør vandet passere en pH-, ilt- og ledningsevнемåler. Når iltindholdet, pH og ledningsevnen bliver konstant udtages vandprøven. Der skal dog som minimum forpumpes en vandmængde svarende til 10 gange vandmængden i filter og blindrør. I større sekundære grundvandsmagasiner og i primære grundvandsmagasiner vil boringerne typisk være højtydende.

Prøvetagningen bør udføres i direkte forlængelse af forpumpningen. Ved prøvetagningen må det anvendte udstyr ikke være lavet af materialer, der ad-/absorberer stoffer eller giver "afsmitning" til vandprøven. Endelig må prøvetagningsmetoden ikke påvirke vandprøvens indhold af forurenende stoffer.



Prøvetagningsmetode, emballering håndtering og opbevaring af prøverne skal tilpasses forureningens art. Det er overordentligt vigtigt, specielt ved flygtige forureninger, at de givne retningslinier bliver fulgt, da undersøgelserne ellers mister deres værdi.

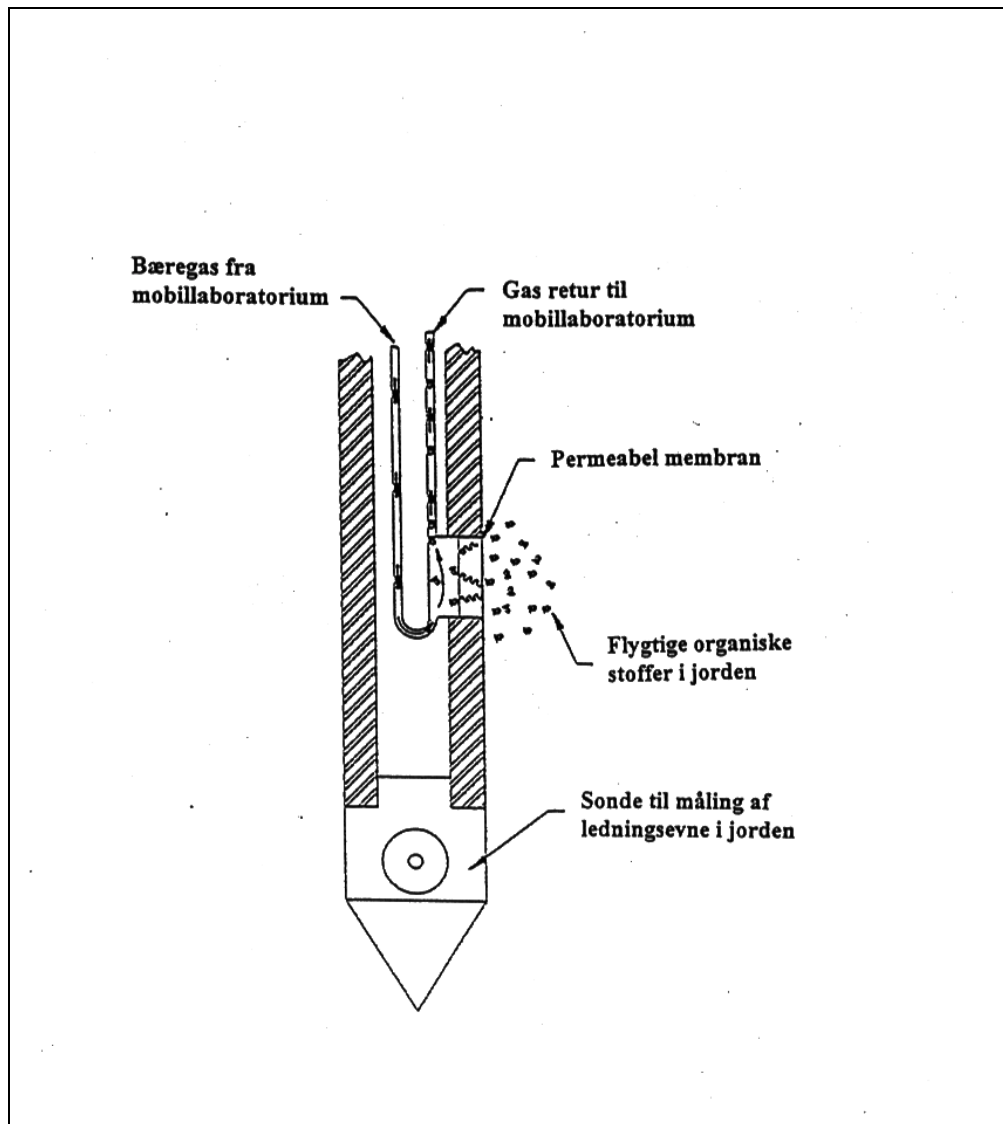
Retningslinier for udtagning af vandprøver og deres håndtering er nærmere beskrevet i /16/ i appendiks 4.3.

### **Poreluft**

Poreluftmålinger er mere egnede som undersøgelsesredskab ved forureninger med flygtige stoffer i den umættede zone, som f.eks. BTEX og chlorerede opløsningsmidler.

Til oppumpning af luft anvendes fra korte sonder en vacuumpumpe. Der kan udtages en poreluftprøve via et udtag i slangen som umiddelbart herefter injiceres i en transportabel gaschromatograf.

Ved anvendelse af maskindrevet udstyr transporteres de flygtige komponenter fra sonden via en bæregas til analyse i et mobilt laboratorium, hvor der kan gennemføres kontinuerte målinger med PID-, FID- og ECD-detektorer. Principskitse for prøvetagning med maskindrevet udstyr fremgår af figur 6.2.



**Figur 6.2** Pricipskitse for prøvetagning med maskindrevet udstyr.

Som alternativ til analyse i mobillaboratorium kan poreluftprøver udtages på kulrør o.lign til senere analyse i stationært laboratorium. Herved kan der ofte opnås bedre detektionsgrænser jf. tabel 6.2 og 6.5.

Mere detaljerede retningslinier for udtagning af poreluftprøver og deres håndtering fremgår af /30/.

#### 6.3.4 Feltanalyser

Standardprogrammet anbefales at indeholde tungmetalscreening af jordprøver med røntgenfluorescenceteknik (EDXRF) samt anvendelse af PID til kortlægning af flygtige forbindelser. Supplementprogrammet kan omfatte im-

munoassay samt GC/FID og GC/ECD. I det følgende er feltanalyserne gennemgået nærmere.

Ved feltanalyser forstås analysemetoder af mindre kompleksitet, som er egnede til anvendelse i felten. Feltanalyserne har generelt en lavere præcision og nøjagtighed, men er billigere og hurtigere end laboratorieanalyserne, jf. afsnit 6.3.5.

Feltanalyser anvendes primært til indikation af kritiske forureningsniveauer. Herudover kan feltanalyser med fordel udføres samtidig med borearbejdet, således at placeringen af borerne løbende tilrettelægges ud fra resultaterne af feltanalyserne.

Feltanalyser kan sjældent stå alene, men må sædvanligvis suppleres med laboratorieanalyser, jf. afs. 6.3.5.

Hvis feltmetoden er stofspecifik, skal den som minimum have en detektionsgrænse, der svarer til det gældende kvalitetskriterie for det pågældende stof.

På metalliseringsvirksomheder kan følgende feltanalyser være aktuelle:

- Da tungmetalforurening er svær at spore ved visuelle vurderinger, bør det overvejes at screene et større antal jordprøver med røntgenfluorescenceteknik (EDXRF). Metoden anvendes til at få en orientering om, hvorvidt jorden er forurennet med almindeligt forekommende metaller, og hvor stor en variation der kan forventes over undersøgelsesområdet. Metoden bestemmer jordens totale metalindhold.
- Immunoassay. Anvendes til vurdering af om jord er forurennet med olie- og tjæreprodukter. Der findes testkit til benzin, diesel og PAH-forbindelser.
- PID. Anvendes til vurdering af flygtige forbindelser i poreluften eller i headspacen over en jordprøve.
- GC/FID og GC/ECD. Anvendes til bestemmelse af ekstraherbare organiske stoffer. Anvendes typisk i mobile laboratorier og prøverne er enten poreluft, headspace over jordprøver eller jord- og vandprøver. Metoderne anvendes i forbindelse med olieprodukter og chlorerede opløsningsmidler.

For alle metoder gælder, at yderligere oplysninger om analyseprincipper mv. findes i /18/ i bilag 2.

I tabel 6.2 er feltmetoderne sammenfattet med angivelse af analysemetoder parametre og detektionsgrænser.

Analyseteknik	Analysemetoder	Følgende parametre medbestemmes	Detektionsgrænser i jord <sup>1)</sup>
Direkte måling på jordprøver	Røntgenfluorescens (EDXRF)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bly</li> <li>• Chrom</li> <li>• Kobber</li> <li>• Zink</li> <li>• Nikkel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 30 mg/kg <sup>1)</sup></li> <li>• 150 mg/kg <sup>1)</sup></li> <li>• 100 mg/kg <sup>1)</sup></li> <li>• 30 mg/kg <sup>1)</sup></li> <li>• 50 mg/kg <sup>1)</sup></li> </ul>
Immunoassay	Ekstraktion og efterfølgende farvereaktion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Benzin</li> <li>• Diesel</li> <li>• Tjære</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 mg/kg <sup>3)</sup></li> <li>• 10 mg/kg <sup>3)</sup></li> <li>• 5 mg/kg <sup>3)</sup></li> </ul>
PID	Flygtige ioniserbare komponenter ved fotoionisation	Udslag ses for: <ul style="list-style-type: none"> <li>• BTEX</li> <li>• Benzin</li> <li>• Terpentin</li> <li>• Diesel/fyringsolie</li> <li>• Chlorerede opløsningsmidler</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• -</li> <li>• 1-10 mg/kg <sup>3)</sup></li> <li>• 1-10 mg/kg <sup>3)</sup></li> <li>• 20-100 mg/kg <sup>3)</sup></li> <li>• 0,02 mg/kg <sup>3)</sup></li> </ul>
Direkte måling på vand- og luftprøver	Ekstraherbare organiske stoffer ved GC/FID og GC/ECD	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Benzen</li> <li>• Toluen</li> <li>• Ethylbenzen</li> <li>• Xylener</li> <li>• Trichlormethan</li> <li>• Trichlorethylen</li> <li>• Tetrachlorethylen</li> <li>• 1,1,1-trichlorethan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,01 mg/m<sup>3</sup> <sup>2)</sup></li> <li>• 0,02 mg/m<sup>3</sup> <sup>2)</sup></li> <li>• 0,04 mg/m<sup>3</sup> <sup>2)</sup></li> <li>• 0,04 mg/m<sup>3</sup> <sup>2)</sup></li> <li>• 0,02 mg/m<sup>3</sup> <sup>2)</sup></li> <li>• 0,05 mg/m<sup>3</sup> <sup>2)</sup></li> <li>• 0,06 mg/m<sup>3</sup> <sup>2)</sup></li> <li>• 0,05 mg/m<sup>3</sup> <sup>2)</sup></li> </ul>

1) Vejledende detektionsgrænser /33/

2) Vejledende detektionsgrænser /34/

3) Vejledende detektionsgrænser /17/

**Tabel 6.2** Oversigt over feltanalyser

### 6.3.5 Laboratorieanalyser

I standardprogrammet anbefales jordprøver analyseret for pH, metaller samt BTEX og oliekomponenter, mens vandprøver anbefales analyseret for BTEX og olieprodukter samt chlorerede opløsningsmidler.

Som supplement kan jord- og vandprøver analyseres for cyanider og poreluftprøver for BTEX og total kulbrinter samt chlorerede opløsningsmidler. I det følgende er laboratorieanalyserne gennemgået nærmere.

Ved laboratorieanalyser forstås analyser udført på et analyselaboratorium, som er akkrediteret til at lave analyser af en kvalitet, der bl.a. kan leve op til følgende krav, jf. /18/:

- at detektionsgrænserne er 1/10 af de gældende acceptkriterier for jord, vand og poreluft,
- at metodeusikkerheden er acceptabel, målt som standardafvigelsen (typisk 10-20%).

Nedenfor er angivet forslag til analyseprogrammer for både jord- vand- og poreluftprøver. Analyseprogrammerne medtager de stoffer, der er hyppigst forekommende på metalliseringsvirksomheder. Der skal dog gøres opmærksom på, at der herudover findes andre stoffer som kan have været anvendt på metalliseringsvirksomheder, jf. figur 5.1.

Nedenstående analyseprogram skal derfor opfattes som vejledende. Analyseprogrammet kan udvides med analyse for specifikke komponenter, hvis den historiske gennemgang indikerer anvendelse af specielle produkter.

## Analyseprogram, jord

Jordprøver fra metalliseringsvirkninger anbefales analyseret efter programmet angivet i tabel 6.3.

Analyseprogram	Analysemetoder <sup>1)</sup>	Følgende parametre medbestemmes	Detektionsgrænser mg/kg TS <sup>2)</sup>
pH	Vandig opslemning	• pH	-
Metaller	ICP/AAS ICP/AAS ICP/AAS ICP/AAS ICP/AAS ICP/AAS	• Bly • Chrom • Kobber • Nikkel • Zink • Cadmium	• 1/0,1 <sup>3)</sup> • 0/0,006 <sup>3)</sup> • 1/0,008 <sup>3)</sup> • 0,5/0,001 <sup>3)</sup> • 1/0,01 <sup>3)</sup> • 0,5/0,003 <sup>3)</sup>
Cyanid	Ekstraktion med svovlsyre og opsamling i natriumhydroxid	• Total cyanid • Syreflygtigt cyanid	• 0,1 • 0,1
Aromatiske opløsningsmidler, olieprodukter og tjære	Ekstraherbare organiske stoffer ved GC/FID og GC/MS	• Benzen • Toluen • Ethylbenzen • Xylener • Benzin • Diesel • Smøreolie • PAH'er	• 0,1 • 0,1 • 0,1 • 0,1 • 1 • 2 • 25 • 0,1

ICP	Induktiv-koblet-plasmaatomemissions-spektrometri
AAS	Atomabsorption v. flamme el. grafitovn
GC/FID	Gaschromatografi med flammeionisationsdetektor
GC/MS	Gaschromatografisk-massespektrometri
GC/ECD	Gaskromatografi med elektrocapturedetektor

<sup>1)</sup> Mere detaljerede beskrivelser af analysemetoder findes i /18/.

<sup>2)</sup> Gældende detektionsgrænser oktober 1998 for et udvalg af danske analyselaboratorier.

<sup>3)</sup> KP/AAS.

### Tabel 6.3 Laboratorieanalyser for jordprøver

Mht. chlorerede opløsningsmidler anbefales det at udføre analyser på vand og poreluft. Hvis dette ikke er muligt kan jordprøver inddrages.

## Analyseprogram, vand

Vandprøver fra metalliseringsvirksomheder anbefales analyseret efter programmet angivet i tabel 6.4.

Analyseprogram	Analysemetoder <sup>1)</sup>	Følgende parametre medbestemmes	Detektionsgrænser <sup>2)</sup>
pH	-	• pH	-
Cyanid	Ekstraktion med svovlsyre og opsamling i natriumhydroxid	• Total cyanid • Syreflygtigt cyanid	• 0,01 mg/l • 0,01 mg/l
Aromatiske opløsningsmidler, olieprodukter og tjære	Ekstraherbare organiske stoffer ved GC/FID og GC/MS	• Benzen • Toluen • Ethylbenzen • Xylener • Benzin • Diesel • Smøreolie • PAH'er	• 0,001 mg/l • 0,001 mg/l • 0,001 mg/l • 0,001 mg/l • 0,01 mg/l • 0,01 mg/l • 0,1 mg/l • 0,001 mg/l
Chlorerede opløsningsmidler	Ekstraherbare, chlorerede stoffer ved GC/ECD	• Tetrachlormethan • Trichlormethan • Trichlorethylen • Tetrachlorethylen • 1,1,1-trichlorethan	• 0,1 µg/l • 0,1 µg/l • 0,05 µg/l • 0,05 µg/l • 0,05 µg/l

GC/FID Gaschromatografi med flammeionisationsdetektor

GC/MS Gaschromatografisk-massespektrometri

GC/ECD Gaskromatografi med elektrocapturedetektor

<sup>1)</sup> Mere detaljerede beskrivelser af analysemetoder findes i /18/.

<sup>2)</sup> Gældende detektionsgrænser oktober 1998 for et udvalg af danske analyselaboratorier.

### Tabel 6.4 Laboratorieanalyser for vandprøver

Som anført for jordprøver kan analyseprogrammet for vandprøver ligeledes reduceres eller udbygges afhængigt af hvilke oplysninger, der kan fremskaffes i den konkrete historiske undersøgelse.

Ofte vil det ikke være relevant at analysere vandprøver for metaller, da disse i det fleste tilfælde er forholdsvis immobile. Lavt pH kan imidlertid øge metallerne mobilitet.

Derfor bør der ved lavt pH og ved meget koncentrerede tungmetallforurenninger overvejes at analysere vandprøver for metaller.

### Analyseprogram, poreluft

Poreluftprøver udtaget på metalliseringsvirksomheder anbefales analyseret efter følgende program.

Analyseprogram	Analysemetoder 1)	Følgende parametre medbestemmes	Detektionsgrænser 2)
Aromatiske opløsningsmidler og total kulbrinter	Ekstraherbare organiske stoffer ved GC/MS	<ul style="list-style-type: none"><li>• Benzen</li><li>• Toluen</li><li>• Ethylbenzen</li><li>• Xylener</li><li>• Total kulbrinter</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 0,03 µg/m<sup>3</sup></li><li>• 0,03 µg/m<sup>3</sup></li><li>• 0,03 µg/m<sup>3</sup></li><li>• 0,03 µg/m<sup>3</sup></li><li>• 1,7 µg/m<sup>3</sup></li></ul>
Chlorerede opløsningsmidler	Ekstraherbare, chlorerede stoffer ved GC/ECD	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tetrachlormethan</li><li>• Trichlormethan</li><li>• Trichlorethylen</li><li>• Tetrachlorethylen</li><li>• 1,1,1- trichlorethan</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 0,003 µg/m<sup>3</sup></li><li>• 0,003 µg/m<sup>3</sup></li><li>• 0,003 µg/m<sup>3</sup></li><li>• 0,003 µg/m<sup>3</sup></li><li>• 0,003µg/m<sup>3</sup></li></ul>

GC/MS

Gaschromatografisk-massespektrometri

GC/ECD

Gaskromatografi med electrocaturedetektor

1)

Mere detaljerede beskrivelser af analysemetoder findes i /18/ i bilag 2.

2)

Gældende detektionsgrænser oktober 1998 for et udvalg af danske analyselaboratorier ved opsamling af 30 l luft på kulrør.

**Tabel 6.5** Laboratorieanalyser for poreluftprøver





## **7. AFVÆRGETEKNIKKER**

Såfremt registreringsundersøgelsen viser, at der er truffet forurening, vil næste trin være en mere omfattende undersøgelse til afgrænsning af forureningen med henblik på at udarbejde en risikovurdering. Retningslinier for udførelse af en risikovurdering fremgår af /17/.

Hvis risikovurderingen viser, at forureningen udgør en risiko over for arealanvendelsen eller grundvands- og/eller recipientinteresser, skal der udføres afværgeforanstaltninger.

Inden projektet påbegyndes foreslås det at orientere sig i Amternes Projekt-håndbog fra Amternes Videncenter for Jordforurening /20/. I projekthåndbogen er samlet en lang række erfaringer med udbud og kontrahering af rådgivere og entreprenører.

Afværgeforanstaltninger til sikring af arealanvendelsen har til formål at fjerne eller afskære forureningen så eksponeringen hindres eller mindskes.

Afværgeforanstaltninger til sikring af grundvand og recipienter har til formål at reducere eller hindre spredningen af forureningen til grundvand og recipienter.

På metalliseringsvirksomheder vil afværgeomforanstaltningerne primært omfatte metal- og olieforurenet jord og sekundært grundvand forurenet med metaller, BTEX, olieprodukter og chlorerede opløsningsmidler.

### **7.1 Eksempler på afværgeteknikker i Danmark**

I det følgende er der beskrevet eksempler på afværgeforanstaltninger gennemført på metalliseringsvirksomheder.

Der foregår for tiden en hurtig udvikling af nye afværgeteknikker i udlandet. Mange af de nye teknikker er ikke dokumenteret under danske forhold.

I tabellerne 7.1, 7.2 og 7.3 er der nævnt eksempler på afværgeteknikker anvendt i Danmark. Eksemplerne er hentet fra /35/ og /36/.

## Jord

Metode	Beskrivelse	Afværge overfor:	Amt/kommune (eksempler)
Afgravning	Der har indtil begyndelsen af 1990'erne ikke været reelle alternativer til afgravning og bortkørsel til ekstern rensning, hvorfor metoden stadig er den mest benyttede.	Metaller Olieprodukter	Københavns Kommune

**Tabel 7.1** Eksempler på afværgeforanstaltninger overfor jordforurening på metalliseringsvirksomheder

## Grundvand

Metode	Beskrivelse	Afværge overfor:	Amt/kommune (eksempler)
Afværgepumpning	Oppumpning fra dybere magasiner foregår typisk fra filtersatte borer med efterfølgende rensning af det oppumpede vand	Benzen Chlorerede opløsningsmidler	Københavns Kommune
Oppumpning fra brønde, drænsystemer og sugespidsanlæg	Kan med fordel anvendes ved terrænnære grundvandsforureninger	Metaller Benzen Chlorerede opløsningsmidler	Albertslund Kommune Roskilde Amt

**Tabel 7.2** Eksempler på afværgeforanstaltninger overfor grundvandsforurening

### Poreluft

Metode	Beskrivelse	Afværge overfor:	Amt/kommune (eksempel)
Ventilation	<p>For at forhindre flygtig forurening i at transporteres op i bygninger findes forskellige ventilationsmuligheder, f.eks. ventileret kælder, krybekælder eller ventilation af det kapillarbrydende gruslag. Herudover kan ventilationen generelt forøges i rummene.</p> <p>Der skal dog gøres opmærksom på at en kraftig udsugning i kælderrum kan forøge konvektionen af flygtige miljøfremmede stoffer igennem sprækker og utætheder.</p>	Chlorerede opløsningsmidler	Roskilde Amt

**Tabel 7.3** Eksempler på afværgeforanstaltninger overfor poreluftforurening på metalliseringsvirksomheder

## **7.2 Anvendte afværgeteknikker i udlandet**

Anvendte afværgeteknikker i udlandet omfatter:

- Elektrokinetik
- Phytooprensning
- Stabilisering

Ovenstående teknikker er ikke eller kun i begrænset omfang afprøvet under danske forhold. For yderligere information henvises til /17, 22/.

## 8. REFERENCER

- /1/ Wallin, T. (1989): Håndbog i varmforzinkning. Nordisk Förzinkningsförening (i dansk oversættelse).
- /2/ Miljøstyrelsen (1993): Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 6, 1993: Branchekonsulent til galvanobranchen,
- /3/ Miljøstyrelsen (1994): Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 56, 1994: Elektrolytisk genvinding fra galvanospildevand,
- /4/ Miljøstyrelsen (1981): Miljøprojekt nr. 34: Overfladebehandling I, galvanisering, varmforzinkning, anodisering, Miljøstyrelsen 1981.
- /5/ Miljøstyrelsen (1989): Miljøprojekt nr. 107: Galvanisk overfladebelægning uden affald og spildevand.
- /6/ Miljøstyrelsen (1989): Miljøprojekt nr. 121: Forurenede industrigrunde.
- /7/ Miljøstyrelsen (1990): Miljøprojekt nr. 130: Forureningsfri galvanomaskiner til værkstedsbrug.
- /8/ Miljøstyrelsen (1990): Miljøprojekt nr. 147: Blæserensningsmetoder.
- /9/ Miljøstyrelsen (1991): Miljøprojekt nr. 162: Renere teknologi i eksisterende galvanovirkosmheder,
- /10/ Miljøstyrelsen (1998): Vejledning nr. 2, 1998: Tilsyn med de ydre miljøforhold ved overfladebehandling af metaller,
- /11/ Danmarks Statistik (1996): Dansk Branchekode 1993, 2. udgave 1996.
- /12/ Miljøstyrelsen (1993): Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 6, 1993: Brancheorientering for galvanoindustrien.
- /13/ Miljøstyrelsen (1997): Vejledning i kortlægning af jordforurening og kilder hertil. Udkast af 31. oktober 1997.
- /14/ Lossepladsprojektet (1989): Kilder til industrikortlægning . Udredningsrapport U6, december 1989.

- /15/ Miljøstyrelsen (1995): Erfaringsopsamling på amternes registreringsundersøgelser. Projekt om jord og grundvand, nr. 9, 1995
- /16/ Amternes Videncenter for Jordforurening (1998): Branchespecifikke udtræk fra ERFA-databasen, september 1998.
- /17/ Miljøstyrelsen (1997): Vejledning om oprydning af forurenede lokaliteter. Udkast af 5. november 1997.
- /18/ Miljøstyrelsen (1997): Vejledning omprøvetagning og analyse af jord. Udkast af 26. november 1997.
- /19/ Miljøstyrelsen (1996): Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand. Projekt om jord og grundvand nr. 20.
- /20/ Amternes Depotenhed (1997): Amternes projekthåndbog. Nr. 1/1997.
- /21/ Hedeselskabet (1998): Erfaringer med naturlig nedbrydning i grundvandszonen på tre forurenede lokaliteter. Indlæg på ATV-møde den 7. oktober 1998.
- /22/ Miljøstyrelsen (1998): Oprensning af tungmetalforurenet jord. Miljøprojekt nr. 407.
- /23/ Amternes Videncenter for Jordforurening (1997): Erfaringsopsamling på amternes registreringsundersøgelser. Teknik og Administration, nr. 3 1997.
- /24/ Amternes Videncenter for Jordforurening (1999): Branchebeskrivelse for renseserier. Teknik og Administration, nr. ? 1999.
- /25/ Miljøministeriet (1990): Lov nr. 420 af 13. juni om affaldsdepoter.
- /26/ Miljøministeriet (1993): Bekendtgørelse om registrering af affaldsdepoter.
- /27/ Miljøstyrelsen (1993): Registrering, frigivelse og afmelding af affaldsdepoter. Vejledning nr. 1 1993.
- /28/ Miljø- og Energiministeriet (1998): Litteraturliste for galvanisering fra Miljøbutikkens information.
- /29/ Emil Hammershøj (1971): De danske Jern- og Metallerhverv. Faglig biografisk håndbog for de erhvervsdrivende indenfor jern- og metallerhvervene i Danmark. Forlaget Liber A/S. København.

- /30/ Amternes Videncenter for jordforurening (1998). Håndbog for poreluftundersøgelser. Teknik og Administration, nr. 7 1998.
- /31/ Amternes Videncenter for Jordforurening (1997): Branchebeskrivelse for metalforarbejdende virksomheder. Teknik & Administration, nr. 8 1997.
- /32/ Geoteknisk Institut (1998): Forureningsundersøgelse, Vester Skærum, 9300 Sæby. Udarbejdet for Oliebranchens Miljøpulje.
- /33/ Rambøll (januar 1999): Personlig kommunikation med Uffe Petersen.
- /34/ Kampsax (1998): Supplerende kontinuerte poreluftmålinger. Carlshøjvej 53, Lyngby. Udført for Hedeselskabet.
- /35/ Amternes Videncenter for jordforurening (1998). Erfaringsopsamling på afværgeprojekter – Amternes erfaringer med etablering og drift af afværgeforanstaltninger
- /36/ Albertslund Kommune (1995): Frederiksberg Forkromningsanstalt A/S, Værkstedsgården 14, 2620 Albertslund. Afværge. Udarbejdet af Hedeselskabet
- /37/ Københavns Kommune (1998): Historisk kortlægning af arealanvendelsen i København. Udarbejdet af John M. Eriksen, Miljøkontrollen.
- /38/ Danmarks Statistik (1993): Dansk Branchekodeoversigt.
- /39/ Købmandsstandens oplysningsbureau (1998): CD-direct, professionel.
- /40/ Miljøministeriet (1986): Grænseværdier for udledning af cadmium med processpildevand fra visse industrianlæg. Bekendtgørelse nr. 181 af 25. marts 1986.



## **Bilag 1**

### **Adresser, brancheorganisation**

Dansk Galvanisør Union v. direktør Torben Riemer,  
Kærmindevej 15,  
2820 Gentofte

Tlf.: 3965 1272

Formand Jan Stelmaszyk,  
A/S Galvanisk Kompagni,  
Gammel Køge Landevej 109,  
2500 Valby

Tlf.: 3630 0711.

## Bilag 2

### Datablade for udvalgte kemiske stoffer

#### Oversigt over udarbejdede datablade

Uorganiske stoffer	Organiske stoffer
Bly (Pb) Cadmium (Cd) Chrom (Cr) Cyanid (Cn) Kobber (Cu) Nikkel (Ni) Zink (Zn)	Fyringsolie Trichlorethylen

Navn	<b>Cadmium</b>	Reference
Kemisk betegnelse	Cd	
Atomnummer	48	
Generelt	Cadmium er et særdeles toksisk tungmetal for mennesker og de fleste andre organismer. Det gennemsnitlige humane indtag af cadmium er tæt på den anbefalede grænse, hvilket gør cadmium til det mest kritiske af tungmetallerne i forhold til menneskets sundhed.	/5/
Optræder i følgende oxidationstrin	Cadmium forekommer på følgende oxidationstrin: 0 og + II	/5/
Mest forekommende ioner i jord/vand	Cadmium optræder som divalent cadmium, Cd <sup>2+</sup> i det terrestriske miljø.	/5/
Redoxforhold	Redoxforhold har ikke praktisk betydning for cadmiums opførsel i det terrestriske miljø.	/5/
Udfældning/opløselighed	Cadmium kan udfældes som sulfider, carbonater, fosfater og hydroxider. Ved pH under 8 vil fordelingen af cadmium i jorden dog typisk være styret af sorption.	
Sorption	Sorption er den mest betydningsfulde proces for cadmiums opførsel i jord og grundvand. Den styrende parameter for cadmiums sorption i jord er pH, og undersøgelser har vist, at K <sub>d</sub> -værdierne varierer fra 15 til 2450 l/kg i pH intervallet 4-9.	/5/
Kompleksring	Cadmium danner komplekser med tetraederisk struktur. Liganderne kan være såvel uorganiske (chlorid, carbonat) som organiske. Under forhold, hvor jorden tilføres væsker med et højt indhold af organiske eller uorganiske ligander kan komplekseringen få betydning (f.eks. lossepladsperkolat)	/5/
Forekommer i Jord Vand Luft	*	/5/
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Cadmiumforbindelser er generelt klassificeret som "sundhedsskadelige". Enkelte cadmiumforbindelser er klassificeret som "giftige" og/eller "kræftfremkaldende", f.eks. cadmiumsulfid.	/2/
Kvalitetskriterier i: Jord Grundvand	0,5 mg/kg TS (fastsat på grundlag af kronisk effekt) 0,5 µg/l	/4/

Navn	<b>Chrom</b>	Reference
Kemisk betegnelse	Cr	
Atomnummer	24	
Generelt	Chrom er et essentielt metal/ mineral for mennesker, men kan give allergiske reaktioner i højere koncentrationer.	/5/
Optræder i følgende oxidationstrin	Chrom forekommer på følgende oxidationstrin: 0 +II +III +VI. I salte er +III det hyppigst forekommende. Chromforbindelser, hvor chrom er i oxidationstrin +II, er ustabile.	/5/
Mest forekommende ioner i jord/vand	Cr(+III) findes som trivalent chrom, $Cr^{3+}$ , mens Cr(+VI) i det terrestriske miljø findes som anionen chromat, $CrO_4^{2-}$ eller $HCrO_4^-$ .	/5/
Redoxforhold	Redoxforhold har stor betydning for chroms opførsel i jord og grundvand, da Cr(+VI) er mere mobilt end Cr(+III) pga. dannelsen af oxyanioner. Endvidere er Cr(+VI)forbindelser mere toksiske end Cr(+III).	/5/
Udfældning/ Opløselighed	Udfældning har betydning for Cr(+III)forbindelsers opførsel i jord og grundvand, da Cr(+III) kan udfældes som hydroxid. Cr(+VI) vil under de fleste miljørelevante forhold findes i opløsning, dog med udfældning af bariumchromat som mulig undtagelse.	
Sorption	Sorption har mindre betydning for chroms opførsel i jord og grundvand. Sorptionen af chromat er stigende ved faldende pH, men sorptionen er afhængig af konkurrencen fra andre anioner, f.eks. fosfat.	/5/
Kompleksring	Cr(+III) danner villigt komplekser, men kun hydroxykomplekser har praktisk betydning i miljøet. Cr(+VI) danner ikke komplekser, da det optræder som anion.	/5/
Forekommer i Jord Vand Luft	* * (oxiderede forhold)	/5/
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Chrom(+VI) forbindelser som f.eks. chromtrioxid er klassificeret som "kræftfremkaldende".	/2/
Kvalitetskriterier: Jord Grundvand	500 mg/kg TS (total chrom) 20 mg/kg TS (chrom(VI)) 25 µg/l (total chrom)	/4/

Navn	<b>Kobber</b>	Reference
Kemisk betegnelse	Cu	
Atomnummer	29	
Generelt	Kobber er et af de vigtigste essentielle grundstoffer for både mennesker og planter og er kun toksisk i høje koncentrationer.	/5/
Optræder i følgende oxidationstrin	Kobber forekommer på følgende oxidationstrin: 0, +I og +II, med +II som det hyppigst forekommende i slate.	/5/
Mest forekommende ioner i jord/vand	Kobber findes fortrinsvist som $\text{Cu}^{2+}$ i miljømæssig sammenhæng, da $\text{Cu}^+$ er meget ustabil i vand og derfor kun vil være relevant som uopløseligt $\text{Cu}_2\text{S}$ under kraftigt reducerende forhold.	/5/
Redoxforhold	Redoxforhold har ingen praktisk betydning for kobbers opførsel i jord og grundvand.	/5/
Udfældning/opløselighed	Det er primært udfældninger med sulfid, som har betydning for kobbers opførsel i jord og grundvand.	
Sorption	Sorption er meget vigtigt for kobbers fordeling og tilbageholdelse i jord. Sorption af kobber er afhængig af pH og $K_d$ værdierne for kobber er relativt høje (i størrelsesorden 1.000 l/kg).	/5/
Kompleksring	Kompleksdannelse har stor betydning for kobbers opførsel i det terrestriske miljø. Kobber danner komplekser med såvel organiske som uorganiske ligander. Specielt danner kobber komplekser med organisk stof (fulvuskomplekser), men også hydroxy og carbonatkomplekser har betydning.	/5/
Forekommer i Jord Vand Luft	* Trods sin villighed til kompleksdannelse angives kobber typisk som et af de mindst mobile metaller i det terrestriske miljø.	/5/
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Kobbersulfat, kobber(I)chlorid, kobber(I)oxid samt kobbernaphthenat er klassificeret som "sundhedsskadelige".	/2/
Kvalitetskriterier: Jord Grundvand	500 mg/kg TS (fastsat på grundlag af akut effekt) 100 µg/l	/4/

Navn	<b>Nikkel</b>	Reference
Kemisk betegnelse	Ni	
Atomnummer	28	
Generelt	Nikkel er et essentielt grundstof for mange planter og dyr. Der har i en årrække været fokus på nikkel som følge af mange tilfælde af nikkelallergi.	/5/
Optræder i følgende oxidationstrin	Nikkel forekommer på følgende oxidationstrin: 0, +II og +III. Oxidationstrin +II er mest almindeligt i salte.	/5/
Mest forekommende ioner i jord/vand	Nikkel findes som Ni <sup>2+</sup> i det terrestriske miljø.	/5/
Redoxforhold	Redoxprocesser har ingen betydning for nikkels opførsel i jord og grundvand.	/5/
Udfældning/opløselighed	Opløseligheden af nikkel i det terrestriske miljøer kan potentielt styres af sulfider og i mindre grad hydroxider og carbonater.	
Sorption	Sorption har stor betydning for nikkels fordeling i jord og grundvand. Også for sorption af nikkel er pH den dominerende faktor. Regressionsligning til estimation af K <sub>d</sub> -værdier for nikkel afhængig af pH findes i litteraturen.	/5/
Kompleksring	Kompleksdannelse er vigtigt for nikkels fordeling i jord og grundvand. Nikkel danner komplekser med uorganiske ligander som chlorid og carbonat samt med organiske ligander. Dannelse af nikkelkomplekser i matrixer med højt indhold af organiske stof vil kunne øge nikkels mobilitet.	/5/
Forekommer i Jord Vand Luft	* (under forhold, hvor jorden tilføres væsker med højt indhold af organiske ligander, bør nikkels øgede opløselighed som følge af kompleksdannelse vurderes)	/5/
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Nikkel, nikkelcarbonat, nikkelcarbonyl, nikkeldihydroxid, nikkeldioxid, nikkelmonooxid, nikkelsulfat og nikkelsulfid er klassificeret som "kræftfremkaldende". Nikkelcarbonat, nikkeldihydroxid og nikkelsulfat er endvidere klassificeret som "sundhedsskadeligt".	/2/
Kvalitetskriterier Jord Grundvand	30 mg/kg TS (fastsat på grundlag af akut effekt) 10 µg/l	/4/

Navn	Bly	Reference
Kemisk betegnelse	Pb	
Atomnummer	82	
Generelt	Bly er et toksisk tungmetal.	/5/
Optræder i følgende oxidationstrin	Bly forekommer på følgende oxidationstrin: 0, +II og +IV. For bly er oxidationstrin +II det mest sædvanlige og stabile i naturen.	/5/
Mest forekommende ioner i jord/vand	Bly optræder som $Pb^{2+}$ i det terrestriske miljø.	/5/
Redoxforhold	Ingen praktisk betydning.	/5/
Udfældning/opløselighed	Udfældningsreaktioner har stor betydning for bly i det terrestriske miljø. Bly kan bl.a. udfældes som sulfider, carbonater, sulfater, hydroxider.	
Sorption	Bly tilbageholdes kraftigt i jord som følge af både udfældninger og sorption, men det kan være vanskeligt at adskille effekterne af de to forskellige processer, hvilket man skal være opmærksom på ved benyttelse af $K_d$ -værdier.	/5/
Kompleksring	Bly danner komplekser med både uorganiske (chlorid og carbonat) og organiske ligander. Bly komplekser i modsætning til de fleste andre metaller villigt med organiske stof.	/5/
Forekommer i Jord Vand Luft	*	/5/
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Blyforbindelser klassificeres generelt som "sundhedsskadelige" og reproduktionsskadelige. Enkelte blyforbindelser er klassificeret som "kræftfremkaldende", det gælder bl.a. blychromat og organiske blyforbindelser (som f.eks. tetraethylbly)	/2/
Kvalitetskriterier Jord Grundvand	40 mg/kg TS (fastsat på grundlag af kronisk effekt) 1 $\mu$ g/l	/4/

Navn	Cyanider	Reference
Kemisk betegnelse	Cn	
Forekomst i jord/vand	Hyppigst forekommende forbindelser i jord- og grundvandssammenhæng er: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hydrogencyanid (blåsyre)</li> <li>• simple cyanider, f.eks. natrium- og kaliumcyanid</li> <li>• komplekse jerncyanider,</li> <li>• thiocyanater, forbindelser hvori gruppen -SCN indgår</li> </ul> På metalliseringsvirksomheder foreligger cyanider hovedsageligt som simple cyanider.	/5/
Redoxforhold	-	/5/
Cyanidfraktioner i kemiske analyser	Fri cyanid: Cyanbrinte og fri cyanidioner Syreflygtig cyanid: Den del af totalcyanid, som kan frigives som cyanbrinte med syre Total cyanid: Alt det tilstedeværende cyanid	/5/
Mobilitet og nedbrydning	Simple cyanider er meget mobile og tilbageholdes ikke i den umættede zone. Nedbrydning af cyanid kan spille en stor rolle på metalliseringsvirksomheder.	/5/
Forekommer i Jord Vand Luft	* *	/5/
Klassificering iht. ”listen over farlige stoffer”	De simple cyanider er meget toksiske, hvorimod jerncyaniderne er meget lidt toksiske	/2/
Kvalitetskriterier: Jord Grundvand	500 mg/kg TS (totalt) 10 mg/kg TS (syreflygtigt) 50 µg/l (totalt)	/4/



Navn	Zink	Reference
Kemisk betegnelse	Zn	
Atomnummer	30	
Generelt	Zink er et essentielt metal, som kun er toksisk overfor mennesker ved indtag i særdeles høje koncentrationer. Kemisk har zink stor lighed med cadmium, og de optræder sammen i miljøet, men typisk forekommer zink i 100 til 1.000 gange højere koncentrationer.	/5/
Optræder i følgende oxidationstrin	Zink forekommer på følgende oxidationstrin: 0 og +II.	/5/
Mest forekommende ioner i jord/vand	Zink forekommer som divalente ioner $Zn^{2+}$ i det terrestriske miljø.	/5/
Redoxforhold	Redoxforhold har ingen praktisk betydning for zink i miljøet.	/5/
Udfældning/Opløselighed	Zink kan udfældes som sulfider, fosfater, carbonater og hydroxider, men ved Ph værdier under 8 vil fordelingen af zink i jorden typisk ikke være styret af udfældninger.	
Sorption	Sorption er den vigtigste proces for zinks fordeling i jord og vand. Sorption af zink er næsten udelukkende afhængig af pH. $K_d$ -værdier op 1-3.540 er fundet, og zinks sorption udviser en stærkere pH afhængighed end både kobber og nikkel, således at en stigning i pH på én enhed medfører at $K_d$ øges med en faktor 8.	/5/
Kompleksring	Zink danner komplekser med tetraædlerisk struktur. Som ligander kan både uorganiske (chlorid, carbonat) og organiske stoffer fungere. Zinkkomplekser med organiske stoffer er mindre stabile end de tilsvarende komplekser af kobber, nikkel og bly.	/5/
Forekommer i Jord Vand Luft	*	/5/
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Zinksalte af visse anioner som f.eks. zinkcyanid, -chromat, -phosphid og -arsenat er optaget på listen over farlige stoffer pga. anionern. Zinkchlorid er klassificeret som "ætsende" og zinkstøv/zinkpulver er klassificeret som "brandfarligt". Visse organiske zinkforbindelser er klassificeret som "sundhedsskadelige". Øverige zinkforbindelser er ikke nævnt.	/2/
Kvalitetskriterier Jord Grundvand	500 mg/kg TS 100 µg/l	/4/

Navn	<b>Fyringsolie</b>	Enhed	Referencer
Synonymer	Fyringsgasolie		/1/
CAS nr.	-		
Kemisk formel	-		
Tilstandsform	Rød/blå væske		
Molvægt	-		
Densitet	0,85	g/ml	/3/
Kogepunkt	180-380	°C	/1/
Vandopløselighed	6	mg/l	/1/
Damptryk	4	mmHg	/1/
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	-		
Klassificering iht. "liste over farlige stoffer"	Brandfarlig, sundhedsskadelig og kræftfremkaldende		/2/
Forekommer i:			
Jord	*		
Grundvand	*		
Poreluft			
Kvalitetskriterier:			
Jord (C <sub>5</sub> -C <sub>35</sub> )	100	mg/kg TS	/4/
Grundvand	10 <sup>1)</sup>	µg/l	/4/
Afdampning til luften	-		

1) Som sum af mineralolie, total

Navn	<b>Trichlorethylen</b>	Enhed	Referencer
Synonymer	TCE, Tri, trichlorethen		/1/
CAS nr.	79-01-6		/2/
Kemisk formel	C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub>		/1/
Tilstandsform	Farveløs væske		/1/
Molvægt	131,5	g/mol	/1/
Densitet	1,4556 (ved 25°C)	g/ml	/3/
Kogepunkt	86,7	°C	/1/
Vandopløselighed	1.100 (ved 25°C)	mg/l	/1/
Damptryk	60	mmHg	/1/
Oktanolvand fordelingsforhold (log)	2,42		
Klassificering iht. "liste over farlige stoffer"	Kræftfremkaldende og sundhedsskadelig		/2/
Forekommer i:			
Jord			
Grundvand	*		
Poreluft	*		
Kvalitetskriterier:			
Jord	5	mg/kg TS	/4/
Grundvand	1 <sup>1)</sup>	µg/l	/4/
Afdampning til luften	0,001	mg/m <sup>3</sup>	/4/

1) Som sum af chlorerede opløsningsmidler

Trichlorethylen tilhører gruppen af chlorerede opløsningsmidler, som benævnes DNAPL

## Referencer til datablade

- /1/ Karel Verschuren (1983): Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals..
- /2/ Miljø- og Energiministeriet (1996): Bekendtgørelse af listen over farlige stoffer, bind 1, 2 og 3.
- /3/ The Merck Index. (1989).
- /4/ Miljøstyrelsen (1997): Vejledning om oprydning af forurenede lokaliteter. Udkast af 5. november 1997.
- /5/ Miljøstyrelsen (1996): Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand. Bind 2. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen, nr. 20, 1996.

## Bilag 3

### Oversigt over historisk materiale

#### Primære og sekundære informationskilder

Forud for igangsættelse af tekniske undersøgelser, er det vigtigt at få indsamlet og beskrevet alt det historiske materiale for den aktuelle lokalitet. Dette kan være tidskrævende, men den forbrugte tid vil ofte være givet godt ud, når de tekniske undersøgelser igangsættes.

Formålet med den historiske gennemgang er at fa udpeget art og fysisk placering af de potentielle forureningskilder.

Der findes en lang række kilder, hvor fra der kan søges oplysninger. Kilderne kan opdels i primære og sekundere kilder. De vigtigste oplysninger findes i de primære kilder. Hvis det vurderes at de primære kilder er mangelfulde suppleres med oplysninger fra de sekundere kilder.

#### De primære kilder omfatter:

- Arkiver hos kommunen. I kommunens arkiver findes der oplysninger om byggeaktiviteter, lokalplaner, situations- og kloakplaner, oplysninger om nedgravede tanke og deres status, oplag, miljøsager mv. I nogle kommuner findes alle oplysninger i byggesagsarkivet, mens oplysningerne i andre kommuner er fordelt på byggesags- og miljøarkivet.
- Arkiver hos Amtet. Her findes oplysninger fra Amtets kortlægning af potentielt forurenende virksomheder, oplysninger om, hvorvidt ejendommen er beliggende indenfor et område med særlige drikkevandsinteresser mv.
- Lokalhistoriske arkiver. På de lokalhistoriske arkiver findes gamle vejvisere, telefonbøger, fotos og avisudklip mv. Herudover har personalet påarkiverne ofte et stort lokalkendskab.  
Baggrundsmateriale om anlæg og processer. Generel viden om produktionsteknik, processer, anvendte stoffer og kemikalier mv. kan søges i:

A history of technology, I-VIII, dækker perioden 1800-1958 /1/

Karl Meyer Vareleksikon 1-2. Oplyser om alle tænkelige produkters ophav, fremstilling og komponenter /2/.

Politikens industrihåndbog. Sådan laves det. Omhyggelig og informativ opslagsbog over en række fremstillingsprocesser, dækker perioden 1949-1966 /3/

Virksomhedens arkiver. Virksomheden kan ligge inde med mængdeopgørelser eller datablade over anvendte stoffer og produkter samt gamle fotos og tegningsmateriale

- Tinglysningskontoret. Oplysninger om tidligere ejerforhold og deklARATIONER findes tinglyst på den enkelte ejendom.
- Interviews. Interviews af tidligere eller nuværende ansatte kan understøtte og supplere oplysninger fra arkiver og litteratur. Det kan også være relevant at interviewe medarbejdere hos kommunen.
- Besigtigelse. Ved besigtigelsen af lokaliteten, kontrolleres om de indsamlede arkivoplysninger er i overensstemmelse med de nuværende forhold. Placeringen af eksisterende bygninger og installationer registreres og synlige tegn på jordforurening noteres. En checkliste til brug ved besigtigelse findes i /4/ i appendiks 3.2.

#### **De sekundære kilder omfatter:**

- Miljøgodkendelser indeholder beskrivelser af produktionsprocesser, forureningsbegrænsende foranstaltninger samt affaldsprodukter og deres bortskaffelse. For listevirksomheder med regional påvirkning er Amtet miljømyndighed. Miljøgodkendelser omfatter kun perioden efter miljøbeskyttelseslovens ikrafttræden i 1974.
- Arbejdstilsynets (tidligere fabrikstilsynet) inspektionsberetninger. Her kan skaffes oplysninger om kemikalier og uheld.
- Det kongelige Bibliotek har ca. 400.000 skrå- og lodfotos fra før 1945. Udfra fotos kan fås indtryk af arealanvendelsen. Herudover kan tankanlæg, oplag af tromler og affald mv. lokaliseres.
- Kort- og Matrikelstyrelsen har lodfotos fra 1945 og frem.
- Private luftopmålingsfirmaer, som Kampsax Geoplan, Landinspektørernes Luftopmåling og Kastrup Luftfoto kan ligge inde med historiske luftfotos. Endelig kan der findes flyfotos hos en lang række kommuner.
- Erhvervsarkivet. Dansk Tarifførings Arkiv, som ligger i erhvervsarkivet i Århus, inderholder oplysninger fra forsikringselskabernes inspektioner på ca. 50.000 større virksomheder i perioden fra 1896-1982. Indeholder generelt meget udførlige optegninger over de enkelte lokaliteter med hensyn til produktionsindretning og lagervirksomhed mv. Adgang til selve inspektionsrapporterne kræver tilladelse fra Dansk Skadesforening
- Den lokale politi- eller brandmyndighed kan have kronologiske oplysninger om hændelser, der kan have forureningsmæssig betydning, feks.

brande eller andre uheld som spild, lækager eller overløb ved tankanlæg. Herudover kan der findes oplysninger om tidligere oplag af brandfarlige og eksplosionsfarlige stoffer.

Nationalmuseet i Brede. Industrialismens bygninger og boliger 1840-1940. Registrering af 6.000 erhvervsvirksomheder på baggrund af erhvervstællingen i 1935. Registeret rummer lokalitetsdata, fotos af bygninger og inventar og diverse småskrifter.

#### Referencer

/1/ Charles Singer (1958): A history of technology, I-VIII.

/2/ Hans-Egede Glan (I 95 I): Kari Meyer Vareleksikon 1-2.

/3/ Politiken (1996): Politikens industrihåndbog. Sådan laves det

/4/ Miljøstyrelsen (I 997): Vejledning om oprydning af forurenede lokaliteter. Udkast af 5. november 1997.