

# Branchevejledning for forurenede reenserigrunde



# Indhold

INDLEDNING	5
1.1 BAGGRUND OG FORMÅL	5
1.2 LÆSEVEJLEDNING	5
2 BESKRIVELSE AF BRANCHEN	7
2.1 BRANCHEDEFINITION OG AFGRÆNSNING	7
2.1.1 <i>Branchedefinition</i>	7
2.1.2 <i>Afgrænsning</i>	7
2.1.3 <i>Lovgivning</i>	7
2.1.4 <i>Brancheorganisering</i>	8
2.2 BRANCHENS STRUKTURELLE UDVIKLING	8
2.2.1 <i>Rensevæsker</i>	8
2.2.2 <i>Maskinteknologi</i>	10
2.2.3 <i>Virksomheder og beskæftigelse</i>	12
3 PROCESSER, TEKNOLOGI OG MILJØBELASTNING	13
3.1 GENEREL PROCESBESKRIVELSE	13
3.2 VIRKSOMHEDSINDRETNING	13
3.3 PROCESSER OG MILJØBELASTNING	15
3.3.1 <i>Modtagelse og oplag af nye rensesvæsker</i>	15
3.3.2 <i>Anvendelse af rensesvæske under rensesprocessen</i>	18
3.3.3 <i>Affaldshåndtering</i>	24
4 POTENTIEL FORURENINGSRISIKO	26
4.1 OVERSIGT OVER POTENTIELLE FORURENENDE KILDER	26
4.2 STOFBESKRIVELSE	28
5 UNDERSØGELSESPROGRAM	31
5.1 ORIENTERINGSFASEN	31
5.2 UNDERSØGELSESPROGRAMMET	32
5.2.1 <i>Prøvetagning</i>	32
5.2.2 <i>Indledende prøvebeskrivelse</i>	33
5.2.3 <i>Analyser</i>	33
<i>Feltanalyser</i>	33
<i>Laboratorieanalyser</i>	34
5.3 SUPPLERENDE UNDERSØGELSER	35
6 REFERENCER	37
<i>Orienteringsfasen</i>	73
<i>Undersøgelsesfasen</i>	75
<i>Prøvetagning af grundvand</i>	76
<i>Supplerende prøvetagning</i>	77
<i>MIP sonderinger</i>	78
<i>Placering af poreluftsonder og borer</i>	78
<i>Analysemetoder</i>	79
<i>Feltanalyser</i>	79
<i>Laboratorieanalyser</i>	80
<i>Standardprogrammet</i>	81

# Bilag

Bilag 1: Datablade

Bilag 2: Erfaringsopsamling

Bilag 3: Undersøgelsesmetoder

# Indledning

## 1.1 Baggrund og formål

Denne branchespecifikke vejledning skal uddybe vejledning nr. 6 og 7 fra 1998 om oprydning på forurenede lokaliteter fra Miljøstyrelsen /12/. Udover nærværende vejledning har Miljøstyrelsen udgivet branchevejledning for forurenede træimprægneringsgrunde, - gaverigrunde, - tjære/asfaltgrunde og benzin og olieforurenede grunde /7,8,9,10/.

Formålet med de branchespecifikke vejledninger er i større grad end i den generelle vejledning, at beskrive og præcisere processer, der kan føre/har ført til forurening og metoder til undersøgelse af disse.

Vejledningen henvender sig primært til regionerne og kommunerne, der er myndighederne på området. Vejledningen kan også bruges af rådgivere.

Nærværende branchevejledning skal benyttes sammen med Miljøstyrelsens generelle vejledning om oprydning på forurenede lokaliteter /12/ og Miljøstyrelsens vejledning i prøvetagning og analyse af jord /13/. Desuden kan med fordel anvendes AVJ's branchevejledning for forurenede renserigrunde /1/ samt Miljøstyrelsens projekt om poreluftundersøgelser /14/.

## 1.2 Læsevejledning

Branchevejledningen indledes med et kapitel 2, der overordnet beskriver renseribranchens forhold set i historisk perspektiv.

I kapitel 3 er udarbejdet en beskrivelse af de teknologier og processer der anvend(t)es indenfor renseribranchen.

I kapitel 4 er opsummeret de væsentligste punktkilder til forurening ved renseridriften.

Størstedelen af kapitel 2, 3 og 4 er hentet fra AVJ's branchevejledning for forurenede renserigrunde /1/. Med mindre, der specifikt henvises til andre referencer, henvises derfor til ref. /1/.

Kapitel 5 indledes med et anbefalet undersøgelsesprogram for indledende forureningsundersøgelser på ejendomme med renserivirksomhed. Herefter gennemgås de undersøgelsesmetoder, der kan anvendes til indledende (og til dels videregående undersøgelser) af forurening på ejendomme med renserivirksomhed.

Bilag 1 indeholder datablade fra udvalgte forureningskomponenter.

Bilag 2 er en opsamling af erfaringer med indledende og supplerende/videregående forureningsundersøgelser på ejendomme med renserivirksomhed.

Bilag 3 indeholder uddybende informationer om undersøgelsesmetoder.



## 2 Beskrivelse af branchen

### 2.1 Branchedefinition og afgrænsning

#### 2.1.1 Branchedefinition

Renseribranchen defineres som virksomheder, hvor der foretages kemisk rensning af tekstiler mv. ved hjælp af organiske opløsningsmidler.

Rensning af tekstiler mv. er en proces, hvorved snavs bestående af f.eks. støv, sved, fedt og pletter (olie, blod etc.) opløses i en renssevæske under manuel eller mekanisk bearbejdning, og afledes med den brugte renssevæske.

I modsætning til vask af tekstiler, hvor renssevæsken hovedsagelig består af vand med tilsætning af vaskemidler, sæbe etc., består renssevæsken ved kemisk rensning hovedsageligt af organiske opløsningsmidler (deraf det engelske udtryk "dry clean").

Da de organiske opløsningsmidler primært fjerner olie- og fedtbundet snavs, tilsættes en ringe mængde vand (max 0,5%), der tjener til samtidig at fjerne det vandopløselige snavs. Efter rensning centrifugeres og tørres de rensede tekstiler mv.

#### 2.1.2 Afgrænsning

Farverier er i nogen sammenhænge sat i forbindelse med renserier, hvilket antagelig skyldes, at renserier i Danmarks Statistik frem til 1993 var henført til erhvervsgrupperingskode 95.204: renserier og farverier, samt under 95.205: selvbetjeningsrenserier.

I Danmarks Statistiks branchekodeinddeling (Dansk Branchekode 1993) har renserier fået sin egen klassificering: 93.01.30. Renserier er her defineret som virksomheder, der renser alle former for tekstiler, beklædning (herunder pelsværk og skind), tæpper og gardiner. Såvel maskinel som manuel rensning eller rensning i selvbetjeningsmaskiner er omfattet af klassificeringen.

Det skal bemærkes, at der i tilknytning til renserierne ofte har været anvendt olie til opvarmning og til dampproduktion o. lign som også kan indebære en risiko for punktkildeforurening.

#### 2.1.3 Lovgivning

Rensier er siden Miljøbeskyttelseslovens ikrafttræden i 1974 omfattet af denne. I tidsrummet 1986-1991 var renserier optaget på listen over godkendelsespligtige virksomheder i henhold til lovens kapitel 5.

De godkendelsespligtige virksomheder var anført i bilaget til loven under Hovedgruppe E: "Oparbejdning af vegetabiliske råvarer", Undergruppe 9: "Rensier og erhvervsmæssigt drevne vaskerier".

En del renserier er miljøgodkendt i henhold til den tidligere bekendtgørelse fra 1986 om godkendelse af særligt forurenende virksomheder /23/, hvor kommunen var godkendende og tilsynsførende myndighed (Kapitel 5 godkendelsespligt).

I forbindelse med revisionen af Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 794 af 9. december 1991 om godkendelse af listevirksomhed, blev listen over omfattede godkendelsespligtige virksomhedskategorier reduceret betydeligt, og renserierne blev ikke medtaget.

Renseri var herefter omfattet af Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 367 af 10. maj 1992 vedrørende anden virksomhed end listevirksomhed, med kommunen som tilsynsførende myndighed /21/.

Pr. 1. juli 2003 trådte en ny bekendtgørelse i kraft – bekendtgørelse nr. 532 af 18. juni 2003 om etablering og drift af renserier (med populærtitlen Renserbekendtgørelsen). Denne bekendtgørelse fastsætter en række konkrete krav til etablering, indretning og drift af renserier samt ind- og udleveringssteder /22/.

#### 2.1.4 Brancheorganisering

Rensning af tekstiler blev i perioden frem til 1930 fortrinsvis drevet fra større vaskerier og farverier, af hvilke nogle var organiseret i Dansk Farveriforening, der blev stiftet i 1888.

I tiden omkring 1930 oprettedes mange specialiserede tøjrenserier uden om brancheforeningen, hvilket førte til stiftelsen af Dansk Renseriejer-Forening i 1944. (I dag Dansk Renseri Forening).

Dansk Renseri Forening organiserer i dag ca. 55 % af de eksisterende ca. 185 renserier i branchen /2/.

Vaskerier med renseaktiviteter er organiseret i Foreningen af danske Vaskerier.

### 2.2 Branchens strukturelle udvikling

Kemisk rensning af tekstiler anses for anvendt første gang omkring år 1825 i Frankrig. Baggrunden herfor var dels ibrugtagning af anilinfarvestoffer (tjærefarvestoffer), der ikke er vandopløselige, og dels ibrugtagning af de organiske opløsningsmidler terpentiner og benzol, fremstillet på basis af stenkulstjære.

Den teknologiske udvikling inden for kemisk tekstilrensning har fundet sted på såvel rensevæskeområdet som på det maskintekniske område. Begge udviklingsområder har stor betydning i forbindelse med en vurdering af risikoen for punktkildebelastning af jord og grundvand.

#### 2.2.1 Rensevæsker

Vådrensning (vask), oprindeligt blot ved neddykning og mekanisk bearbejdning i vand, og senere med tilsætning af renseforstærkere i form af sæber mv., har eksisteret som tekstilrensning siden mennesker begyndte at anvende tekstiler til beklædning /3/.



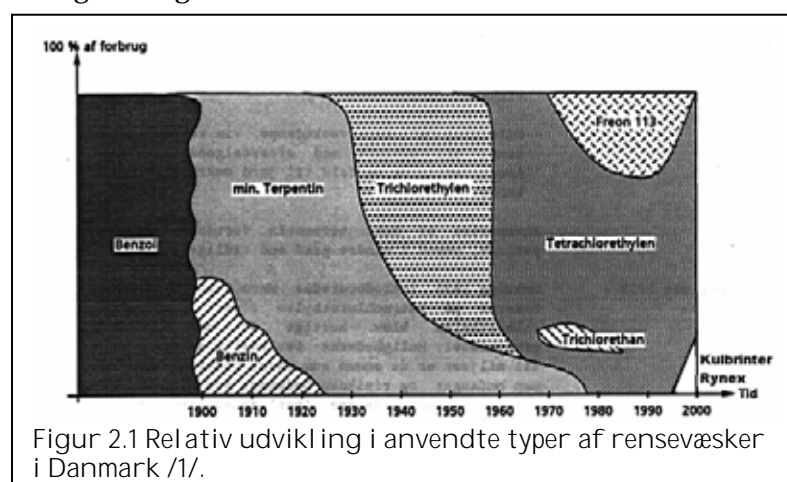
Allerede i 1826 anvendtes terpentint som reneevæske i Frankrig, og i midten af det 19. århundrede udførtes de første forsøg med benzol og benzin som reneevæske. Benzol er en tidligere anvendt benævnelse for benzen, man må dog regne med, at benzolen i denne periode har været et mindre teknisk rent produkt, og har således været et blandingsprodukt bestående af benzen, toluen, ethylbenzen og xylener (BTEX). På baggrund af de enorme risici ved brug af de brændbare reneevæsker baseret på terpentint, benzol og benzin, udførtes allerede i 1911 forsøg med de ubrændbare chlorerede kulbrinter som reneevæske, og de blev snart herefter dominerende i branchen. Fra 1970'erne og frem til midten af 1990'erne anvendtes desuden reneevæsker baseret på ubrændbare CFC (dvs. chlorerede og fluorerede kulbrinter).

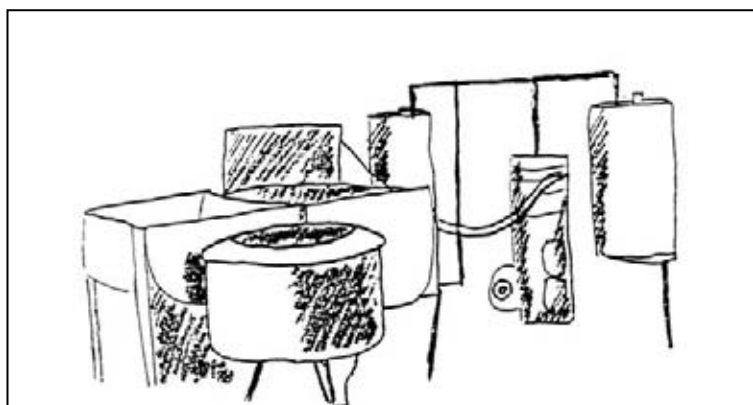
Siden midten af 1960'erne og frem til i dag er tetrachlorethylen (PCE) den mest anvendte reneevæske i danske tekstilrenserier. Det samlede salg af PCE til renseribranchen i Danmark var i 1968 ca. 3.200 ton, i 1988 ca. 400 ton, og er i 2006 reduceret til ca. 65 tons /2/.

Siden starten af 1990'erne har der været arbejdet intensivt i renseribranchen på at udvikle alternative reneemidler og tilhørende maskinteknologi.

Kulbrinte-, CO<sub>2</sub>- og forskellige videreudviklede typer af vådrengning udgør i dag de primære alternativer til tekstilrengning med PCE /2/. Endvidere har et enkelt renseri taget GreenEarth i brug – en reneevæske, der bruges meget i USA og England. Der er dog bekymringer vedrørende denne reneevæske, da den indeholder siloxaner. Siloxan er en uorganisk forbindelse (R<sub>2</sub>SiO) der bruges for eksempel til tørrengning af tøj som alternativ til perklorethylen, i kosmetik, deodorant, vandafvisende hinder til bilruder og i nogle sæber. Energiforbruget i forbindelse med GreenEarth er også noget større end ved perchlor-rengning /2/. Desuden var der i en kort overgang enkelte aktive Rynexrenserier i Danmark. I dag er disse dog ændret til kulbrinterrenserier.

Den relative udvikling i forbruget af anvendte typer af reneevæsker i Danmark er angivet i figur 2.1.

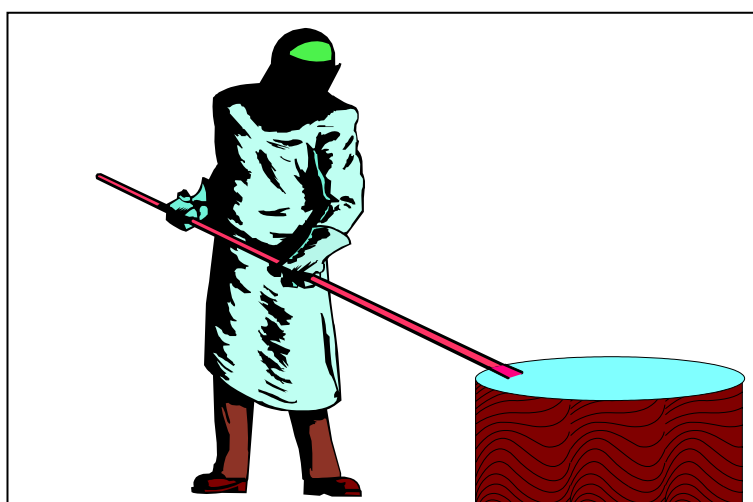




Figur 2.3 Skitse af mineral sk terpentinrenseri. Bemærk de 2 resekasser i baggrunden til venstre samt centrifugen i forgrunden til venstre. Fra hver resekasse går en slangeforbindelse til separatoren til højre, der igen er forbundet med 2 cyl indriske klaringstanke på hver side

### 2.2.2 Maskinteknologi

I perioden 1825-1869 bestod rensprocessen i, at tekstilerne blev lagt i et åbent trækar med benzol i, og omrørt med en stok, jf. figur 2.2.



Figur 2.2 Skitse af den tidligste tekstilrensning.

I 1869 blev den første resemaskine opfundet i Frankrig. Maskinen var opbygget som en kasse, der roterede omkring en aksel. Tekstilerne blev lagt i kassen sammen med rens væsken - benzin eller mineral sk terpentin.

Rensemaskinen videreudvikledes i løbet af perioden, således at renskarret blev indrettet som en lukket kasse, der indvendigt havde en vandret, roterende tromle bestående af stokke placeret med tilpas mellemrum til, at rens væsken kunne passere. Efter rensning af tekstilerne blev de centrifugeret i en særskilt centrifuge, og derefter hængt til tørre. Rens væsken blev i et vist omfang rens et vha. separator og klaringstanke og genanvendt.

Fra starten af 1930'erne skete der kraftige ændringer indenfor rens erbranchen, idet den første resemaskine baseret på chlorerede kulbrinter - "Tri Kohl-maskinen" - blev taget i brug. I disse maskiner udførtes rensning (med trichlorethylen - TCE som rens væske) i ét anlæg og centrifugering/tørring i en særskilt tørretumbler.

Fra midten af 1950-erne udvikledes resemaskiner, der kunne udføre rensning, centrifugering og tørring i en sammenbygget enhed. Rensevæsken var fortrinsvis PCE. Da afkastluften ikke blev recirkuleret, men afledt til det fri, benævntes sådanne anlæg "åbne per-anlæg".

I slutningen af 1960-erne indførtes resemaskiner, hvor afkastluften blev recirkuleret - såkaldte lukkede anlæg med enten PCE eller CFC-113 som renevæske. Fra og med midten af 1990-erne er lukkede anlæg med CFC-113 som renevæske blevet udfaset.

Samtidig med udfasningen af CFC-113-anlæggene er der i Danmark introduceret lukkede anlæg med kulbrinter, glycol-ethere ("Rynex") og GreenEarth som renevæske /2/. Rynex-teknologien er dog siden hen blevet udfaset igen. Baggrunden for tilbagevenden til (de brandfarlige) kulbrinter som renevæske er dels den tiltagende grundvandsforurening med TCE og PCE og dels anvendelse af substitutionsprincippet, der foreskriver, at den mindst sundheds- og miljøbelastende renevæske skal anvendes /3/.

De kulbrinter, der i dag anvendes, er overvejende halogen- og aromafrie kulbrinter af C9-C12-typen (enten isoparaffiner eller blandinger af iso- og cykloparaffiner) /3/.

Til dato (april 2007) udgør rensierier der anvender perchlor til rensning ca. 70 %. Ca. 28 % af rensierierne er af såkaldte "kulbrintetyper", 1 % anvender CO2 til rensning, mens andre metoder (rensevæsker) dækker den sidste ene procent /2/.

I grove træk kan udviklingsforløbet indenfor teknologi- og renevæskeområdet i Danmark således inddeles i 6 perioder, jf. tabel 2.1.

Tabel 2.1. Periodisering af rensneribranchen i Danmark, teknologihistorisk og miljøhistorisk.

Periode	År	Teknologi og renevæske
I	1825 - 1869	Simpel manuel tekstilrensning ved hjælp af benzol
II	1869 - 1930	Mekaniseret tekstilrensning ved hjælp af benzin eller terpentin
III	1930 - 1955	Tekstilrensning ved hjælp af tri-chlorethylen i åbne anlæg
IV	1955 - 1968	Tekstilrensning baseret på tetrachlorethylen i åbne, sammenbyggede anlæg
V	1968 - 1995	Tekstilrensning baseret på lukkede tetrachlorethylen-anlæg og lukkede freon-anlæg
VI	1995 - i dag	Introduktion af lukkede kulbrinte- og glycoletheranlæg

Periodeafgrænsningerne i tabel 2.1 er i flere tilfælde baseret på udvikling af nye resemaskiner og ibrugtagning af nye renevæsker. Da der går et vist

tidsrum inden ny teknologi vinder indpas i branchen, må der i de enkelte perioder regnes med et vist overlap.

### 2.2.3 Virksomheder og beskæftigelse

Kemisk tøjrensning (tidligere benævnt kemisk vask) blev herhjemme indført som servicefunktion på garderobefarverier omkring 1870, men farverierne måtte ifølge Dansk Farveriforening helt frem til 1938 ikke avertere med denne service. Dette kan besværliggøre indkredsning af virksomheder med kemisk tøjrensning i denne periode.

De første selvstændige renserier var oprindeligt kun presseforretninger (damppresning af tøj), men med udviklingen af "Trikoht-rensemaskinen" i 1930, blev der for alvor sat skub i oprettelsen af deciderede kemiske tøjrenserier. Allerede omkring 1940 var der typisk et trikoht-renseri i enhver by med 5.000 indbyggere eller derover.

Den strukturelle udvikling i 1950'erne og 1960'erne har dels gået mod oprettelsen af større renserienheder med tilhørende net af indleveringsbutikker samt mod oprettelse af selvbetjeningsrenserier.

En opgørelse foretaget af Københavns amt /20/ viser, at der alene i dette amt har været 200-250 renserier igennem tiden. Skaleres dette tal til landsplan baseret på indbyggerantallet i amtet forventes det, at der har været 1500-2000 renserier totalt i Danmark.

I Danmark er der i dag (april 2007) i størrelsesordenen 185 renserier, heraf kan en del være indleveringssteder eller lign. /2/. Blandt vaskerierne findes desuden mange virksomheder med renseaktiviteter /2/.

Der findes i dag ca. 10 renserier med mere end 3 ansatte. Resten har mindre end 3 ansatte. I alt er der ansat 500-600 mennesker i branchen /2/. I de senere år har branchen været inde i en stagnationsperiode /2/.

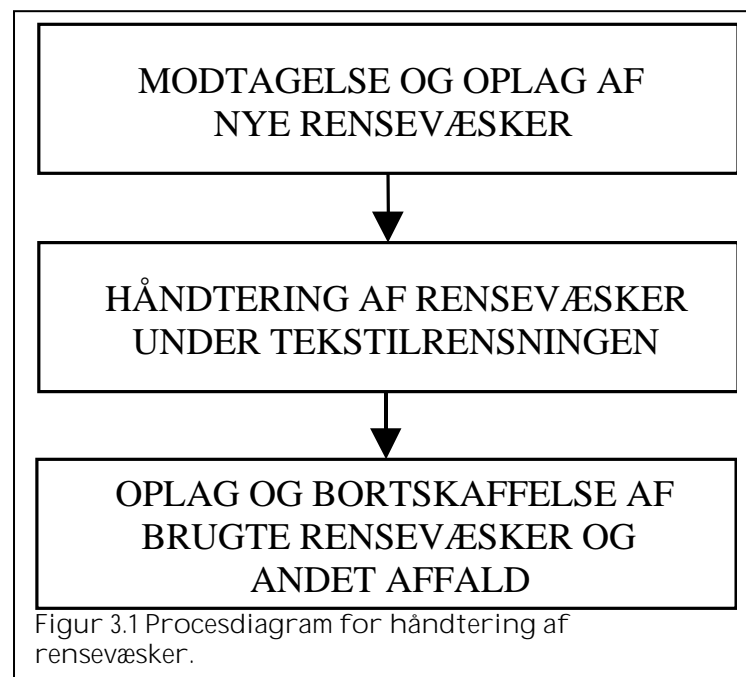
# 3 Processer, teknologi og miljøbelastning

## 3.1 Generel procesbeskrivelse

De miljøbelastende processer i forbindelse med renserier kan generelt henføres til:

- modtagelse og oplag af nye rensesvæsker
- håndtering af rensesvæsker under rensningsprocessen
- affaldsbortskaffelse, herunder oplag af brugte rensesvæsker

Disse delprocesser er i det følgende benyttet som udgangspunkt for beskrivelsen af renseriers miljøbelastning.



## 3.2 Virksomhedsindretning

I det følgende er produktionsindretningen beskrevet i et typisk renseri.

Et typisk eksempel på indretning af en beboelsejendom med renseri er skitsemæssigt angivet i figur 3.2

Tromler og senere plastdunke med nye rensesvæsker og hjælpestoffer har været opbevaret dels udendørs (evt. på uoverdækket **oplagsplads for kemikalier**) og dels indendørs i særskilt **kemikalierum**. Der er også eksempler på, at ny rensesvæske har været opbevaret i nedgravet **rensesvæsketank**. Herudover har

der i et vist omfang været midlertidige oplag af ny og brugt renevæske og hjælpestoffer i **renserilokalet**.

I **renserilokalet** var **rensekasser, centrifuger, separatorer, klaringstanke** og senere åbne og lukkede **rensemaskiner** opstillet.

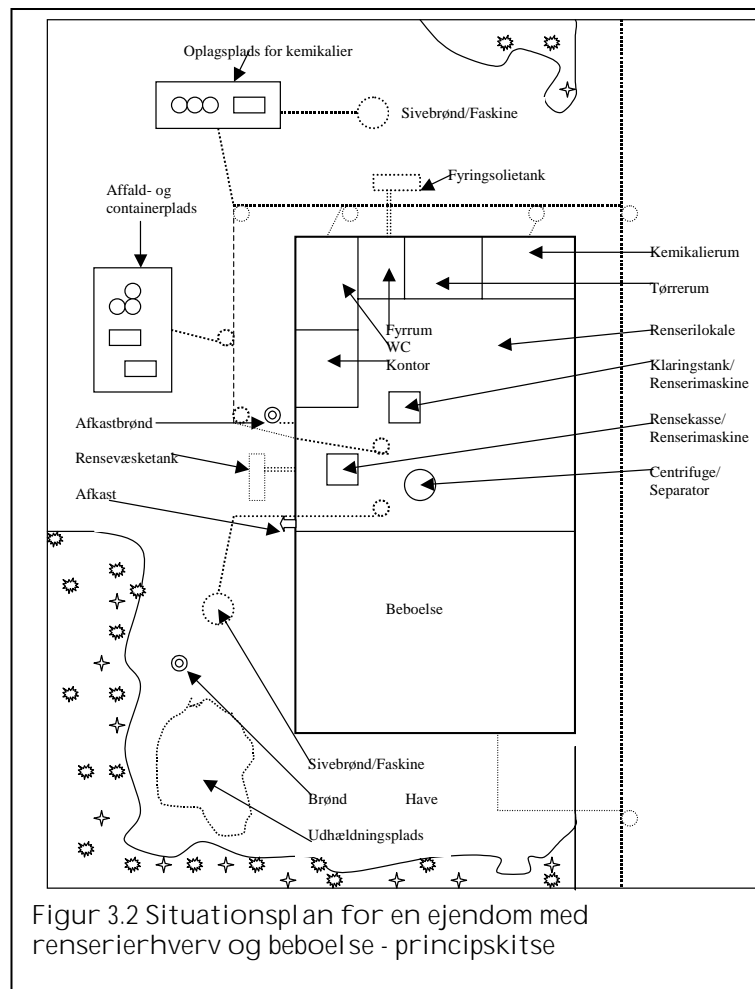
I de tidligere renserier blev tekstilerne hængt til tørre i et separat **tørrerum**. Fra og med midten af 1930-erne blev tekstilerne tørret i rensemaskinen, og tørrerummet blev anvendt til lager.

I forbindelse med spildevandssystemet kan der være installeret riste med forbindelse til **kloak** eller **sivebrønde/faskiner**.

I forbindelse med rum- eller maskinventilation kan **afkast** være ført til afksthætte/skorsten over tag eller ud på siden af renserilokalet eller til en **afkastbrønd**.

Opsamlet affald i form af brugt renevæske, filterslam, kontaktvand mv. kan have været opbevaret udendørs (evt. på uoverdækket **affald og containerplads**) og kan i visse tilfælde være bortskaffet ved **udhældning** på jorden.

Herudover har der ofte været nedgravet **fyringsolietank** til opvarmning af lokaler, og ved kombinerede vaskerier og renserier, hvor der har været et stort vandforbrug, kan vandforbruget i nogle tilfælde være dækket af egen boring eller **brønd** på ejendommen.



### 3.3 Processer og miljøbelastning

I det følgende afsnit beskrives de enkelte led i renseprocessen og den affaldsproduktion, der kan forårsage jord- og grundvandsforurening. Beskrivelsen tager udgangspunkt i de forskellige renevæsker og de forskellige processer, der anvend(t)es i renseribranchen.

#### 3.3.1 Modtagelse og oplag af nye renevæsker

Spild ved modtagelse og især ved oplag af nye renevæsker giver rig mulighed for punktkildebelastning af jord og grundvand.

#### Rensevæsker

I perioden 1825-1869 anvendtes primært benzol, jf. afsnit 2.2.1, og i mindre grad benzin og mineralsk terpentin som renevæske.

I perioden 1869-1930 anvendtes primært benzin og mineralsk terpentin som renevæske, og rensning med mineralsk terpentin som renevæske fortsatte til langt op i 1950'erne. Mineralsk terpentin har gennem tiderne været forhandlet under en række handelsnavne, bl.a.: varnoline, stoddard solvent, white spirit og high flash spirit.

I perioden 1930-1955 anvendtes i stigende grad trichlorethylen (TCE) som renevæske.

I tiden (1825-1955) før indførelse af rensemaskiner med effektiv rensning og genbrug af renevæsken, har forbruget af renevæske, og dermed størrelse af leverancer, lager og risikoen for spild herved, været meget stor. Det samlede forbrug af TCE i de første "åbne trikohl-anlæg" vurderes til 20-30% af vægten af den rensede tøjmængde.

I denne periode har renevæskeforbruget på renserierne været så stort, at renevæsken i visse tilfælde blev leveret pr. tankvogn og påfyldt nedgravede eller fritstående lagertanke.

Fra midten af 1950'erne faldt forbruget af renevæske pr. kg. rensed tøj. Rensevæsken var nu fortrinsvis tetrachlorethylen (PCE) samt mineralsk terpentin.

Et typisk renseri fra midten af 1950'erne med 2-3 maskiner havde typisk et årsforbrug af PCE på ca. 3.000 kg svarende til 1,8 m<sup>3</sup>.

Med indførelse af lukkede anlæg i starten af 1980'erne faldt det årlige renevæskeforbrug på et tilsvarende renseri typisk til 80-500 kg afhængigt af type og alder af rensemaskine. Efterhånden som forbruget af renevæske faldt, bortfaldt også behovet for større tanklagre af renevæske.

Fra starten af 1980'erne leveres renevæskerne (PCE, CFC-113, kulbrinter og glycolethere) typisk i metal- eller plastbeholdere á 10-20 liter. I en del anlæg sættes beholderne direkte ind i rensemaskinen og tilsluttes, hvilket minimerer risikoen for spild. Både i kulbrinte- og perchlorrenserierne bliver der anvendt en lang række hjælpe- og tilsætningsstoffer såsom rensforstærkere, pletfjerningsmidler mm /1, 3, 4, 24/:

- rensforstærker (anvendes i grundrensning)
- forbørstningsmidler (til pletfjerning, anvendes før grundrensning)
- detachermidler (til pletfjerning, anvendes efter grundrensning)
- imprægneringsmidler (beskytter tekstiler mod vand)
- læderolie (til specialrens af læder. Læderrensning sker typisk i særskilt renseri)
- baktericider
- antistatika (fjerner statisk elektricitet, anvendes i grundrensning)
- appreteringsmidler (anvendes i grundrensning)
- øvrige produkter (f.eks. filterpulver, aktivt kul til ekstra filtrering af renevæsken)

Brugen af hjælpe- og tilsætningsstoffer har været stærkt stigende gennem årene i takt med udvikling af nye rensmetoder. Således skønnes forbruget af hjælpe- og tilsætningsstoffer at udgøre i størrelsesordenen 60-95 % af det totale kemikalieforbrug fra ca. 1992 og frem, mens forbruget inden da var på op til 30 % /24/. Det høje forbrug (op til 95 %) kan umiddelbart virke overraskende, idet man måske forventer, at selve rensstoffet (f.eks. tetrachlorethylen) udgør størstedelen. Men som man kan se af ovenstående liste, omfatter gruppen af hjælpe- og tilsætningsstoffer en meget bred vifte af rensforstærkere, pletfjerningsmidler mm. Det høje tal skal dog også ses i lyset af at renserierne også i denne periode reducerede anvendelsen af renevæske (op til 75-95 %) som følge af mere effektiv genanvendelse i de nyere maskiner /24/. Alene som følge heraf vil andelen af hjælpe- og tilsætningsstoffer stige væsentligt.



Ud fra oplysningerne fra producenterne er der identificeret 104 produkter, der er anvendt i renserier fra ca. 1992 /24/. De anvendte kemikalier i produkterne omfatter hovedsaglig opløsningsmidler som glycoler, glycolethere og kulbrinter. Dertil kommer indhold af tensider og andre emulgatorer. De vigtigste enkeltstoffer der har været anvendt til dette formål er listet i tabel 3.1. Det skal bemærkes, at der har foregået en del blanding lokalt på renserierne, således at der meget vel kan have været anvendt flere produkter på samme tid. Endvidere skal det bemærkes, at der er meget begrænset kendskab til de tidligst anvendte hjælpestoffer.

Tabel 3.1 Vigtigste enkeltstoffer, der har været anvendt i hjælpe- og tilsætningsstoffer i perioden 1992 frem til i dag.

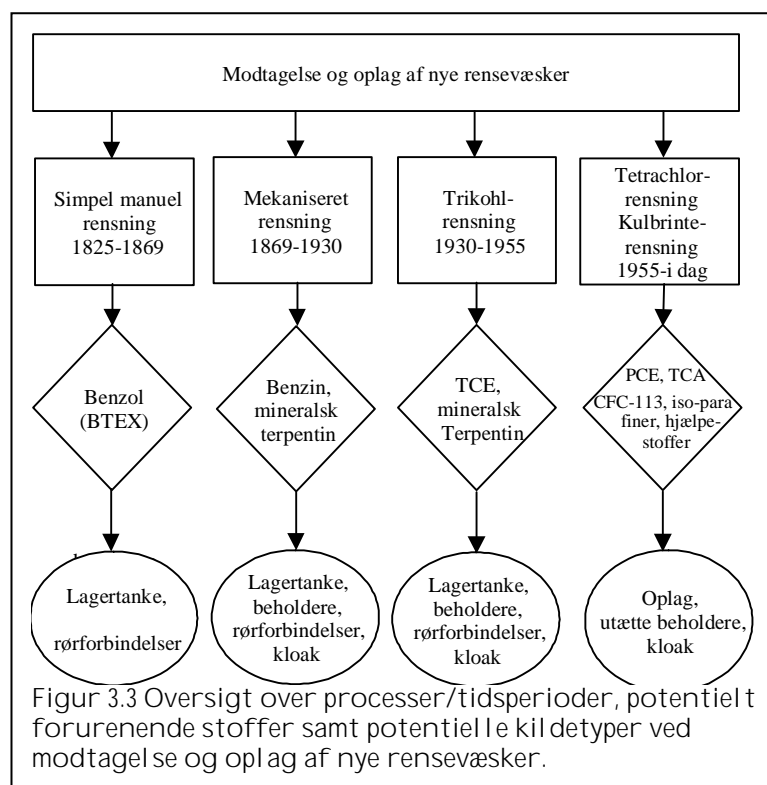
Stofgruppe	Stofnavn
Glycoler og glycolethere	(2-methoxymethylethoxy) propanol
	2-(2-butoxyethoxy)ethanol
	Polyethylenglycol
Alkoholer og ketoner	4-methylpentan-2-on
Kulbrinter	isoalkaner
Acetater	n-butylacetat
Flourcarbonresiner	PFOS

I bilag 1 findes datablade over de stoffer, der potentielt kan udgøre en risiko ved renserier – dvs. både renevæsker, hjælpe- og tilsætningsstoffer samt nedbrydningsprodukter fra disse.

### **Miljøbelastning**

Risikoen for punktkildeforurening er især knyttet til spild ved påfyldning og aftapning fra lagertanke og -beholdere samt spild fra korroderede rørforbindelser, afløb og tanke. Risikoen for spild har været størst i perioden 1825-1955 før indførelsen af lukkede anlæg med effektiv genanvendelse af renevæskan.

Miljøbelastningen ved modtagelse og oplag af nye renevæsker er sammenfattet i figur 3.3.



Også i perioden efter Miljøbeskyttelseslovens ikrafttræden er der sket spild fra oplag af rensesvæsker.

I en tysk undersøgelse blev der ved miljøtilsyn i 1988 på 51 renserier konstateret alvorlige mangler mht. lagerfaciliteter på de fleste af renserierne. Den hyppigste mangel var manglende spildbakke under de oplagrede rensesvæskebeholdere, hvilket i flere tilfælde havde ført til omfattende spild, men også udendørs omhældning på beholdere eller indendørs omhældning i nærheden af kloakafløb var en hyppig årsag til spild.

I Danmark har Fyns Amt i 2000 udført miljøtilsyn på 9 igangværende og 37 nedlagte renserier, der alle er kortlagt på Vidensniveau 2 (V2). Resultaterne viser generelt, at der ikke er markant forskel på den forurening, der konstateres på de nedlagte renserier og på renserier i drift.

### 3.3.2 Anvendelse af rensesvæske under rensprocessen

#### Processer

I perioden 1825-1869 udførtes simpel manuel tekstilrensning. Tekstilerne blev lagt i blød i et åbent trækar med benzol, og omrørt med en stok, jf. figur 2.1. I særlige tilfælde (ved rensning af større tæpper mv.) udførtes den manuelle tekstilrensning udendørs ved ophængning over tørresnor eller ved udlægning direkte på jord og efterfølgende overhældning med rensesvæske og efterfølgende mekanisk bearbejdning.

I perioden 1869-1930 blev der udført mekaniseret tekstilrensning. Den første rensesmaskine var opbygget som en kasse, der roterede omkring en aksel. Tekstilerne blev lagt i kassen sammen med rensesvæsken - benzin eller mineralsk terpentin.

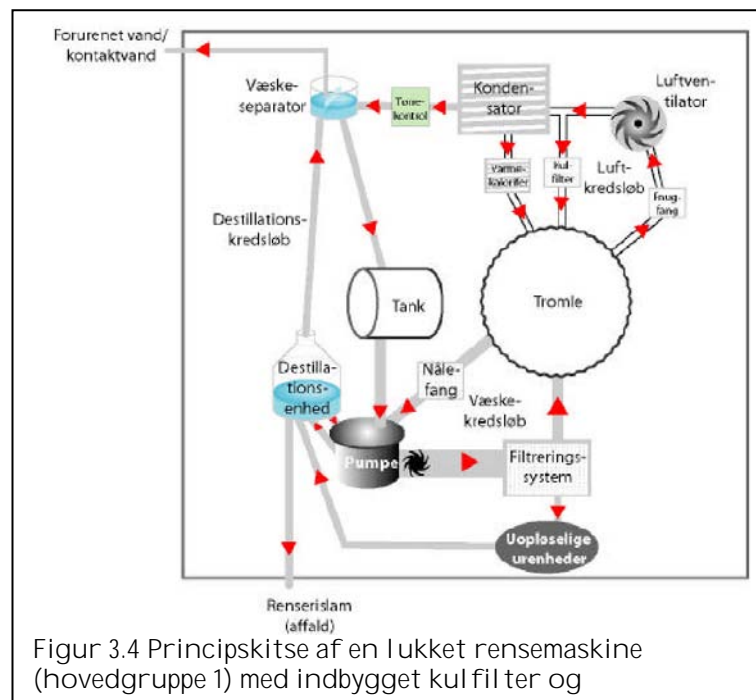
Rensemaskinen videreudvikledes i løbet af perioden, således at renskarret blev indrettet som en lukket kasse, der indvendigt havde en vandret, roterende tromle bestående af stokke placeret med tilpas mellemrum til, at renevæsken kunne passere.

Efter rensning af tekstilerne blev de centrifugeret i en særskilt centrifuge, og derefter hængt til tørre. Indtil omkring 1920 blev den snavsede renevæske rensnet i en klaringsbeholder samt - i større renserier - også i et destillationsapparat. Omkring 1920 påbegyndtes i flere renserier indførelsen af kontinuerlig regenerering af renevæske ved hjælp separator og filtre, jf. figur 2.2.

Fra starten af 1930'erne skete der kraftige ændringer indenfor renseribranchen, idet den første rensmaskine baseret på chlorerede kulbrinter - "Trikoehl-maskinen" - blev taget i brug. Disse maskiner udførte rensning i ét anlæg og centrifugering/tørring i en særskilt tørretumbler. Anlæggets indretning og procesforløb kan, bortset fra den særskilte tørreproces, sidestilles med de senere udviklede såkaldte "åbne per-anlæg", og kan, bortset fra behandling af afkastluften, også sidestilles med de senere lukkede anlæg.

Selve rensprocessen fungerer ved, at tekstilerne bringes i kontakt med den flydende renevæske i tromlen. Efter endt behandling i renevæsken centrifugeres og tørres tekstilerne. Rensningen afsluttes med udluftning af tekstilerne i maskinen. Under rensprocessen cirkuleres renevæsken mellem tromlen, renevæsketanken og filtret. Udluftningsluften føres enten direkte til det fri (åbne anlæg), eller cirkuleres (lukkede anlæg).

For rensmaskiner, der anvender perchlorethylen som renevæske, skelnes mellem tre hovedgrupper af maskinopbygninger /5/:



- Hovedgruppe 1. Maskiner med indbygget kulfilter og kompressorkøling,
- Hovedgruppe 2. Maskiner uden indbygget kulfilter og kompressorkøling, samt
- Hovedgruppe 3. Maskiner uden indbygget kulfilter og vandkøling.

Det vurderes, at de fleste danske kulbrinte-reensemaskiner er opbygget svarende til hovedgruppe 1 og 2.

Figur 3.4 viser principperne i opbygningen af en lukket resemaskine i hovedgruppe 1 med indbygget kulfilter og kompressorkøling /5/.

Mht. detailbeskrivelse af rensprocessen i en typisk resemaskine, der anvender perchlorethylen som renevæske, henvises til bilag 4 i /5/.

Rensevæsken regenereres med jævne mellemrum vha. filtrering og destillation /1,5/. Rensevæske fra skyllebad og fra filterrensning opvarmes til sit kogepunkt i destillationsanlægget, hvorved renevæsken fordampes, og urenhederne bliver tilbage. Rensevæskedampene ledes til en kondensator kølet med vand, kondenserer og løber via en vandudskiller til lagerbeholderen for rensed renevæske /5/. Rensevæskerne er i stigende grad blevet kombineret med forskellige hjælpe- og tilsætningsstoffer. Da disse stoffer almindeligvis tilsættes hver rensning (charge) betyder dette, at andelen af hjælpe- og tilsætningsstoffer stiger i det genanvendte destillat /25/.

Vandudskilleren virker ved gravitationsseparation i en lille beholder, hvor den tunge perchlorethylen lægger sig i bunden og vandet flyder ovenpå (eller vand i bunden og kulbrinte, der flyder ovenpå i resemaskiner, der anvender kulbrinter som renevæske). Det udskilte vand i vandudskilleren benævnes "kontaktvand" /5/.

Efter endt destillation tømmes destillatoren for slam, der består af filtermateriale, tekstilfibre, pigmentsmuds, olie-fedtstoffer samt rester af renevæske.

Indholdet af renevæske i destillationsslammet vil afhænge af viskositeten af renevæsken og anvendelse af filterpulver. Anvendes filterpulver vil renevæskeindholdet i affald fra et typisk renseri variere fra 10-30 %. I destillationsrester uden filterpulver kan der være op til 50 % renevæske.

Kontaktvandet vil typisk indeholde farve- og fedtstoffer, olier, rester af renevæske og hjælpe- og tilsætningsstoffer. Rensevæsker vil kunne optræde i koncentrationer op til opløselighedsgrænsen. I særlige tilfælde (ved defekt vandudskiller og/eller ved tilsætning af visse rensforstærkere, der kan øge opløseligheden af renevæsken) kan der endda forekomme fri fase.

Kontaktvandet blev tidligere i vid udstrækning afledt til kloak, men opsamles typisk i dag og bortskaffes som kemikalieaffald. I senere anlæg kan der være indrettet et rensningsanlæg til kontaktvandet ved enten aktiv kulfiltrering eller ved stripning og rensning af afkastluft ved aktiv kulfiltrering.

Udluftningsluften fra åbne anlæg transporteres via ventilationskanal eller via diffuse udslip gennem døre og vinduer til udeluften i det fri eller via rørforbindelser til afkastbrønde. Nyere åbne anlæg kan være forsynet med kulfiltre til opsamling af renevæskedampe i udluftningsluften.

Lukkede anlæg (der blev indført i slutningen af 1960-erne) recirkulerer udluftningsluften efter forudgående rensning i et filter og kondensering i en svaler. De i svaleren kondenserede renevæske- (og vanddampe) ledes til en

vandudskiller, hvorved kontaktvandet bortledes til kloak eller opsamles på tromler. Rensevæsken pumpes retur til maskinens renevæsketank.

## Miljøbelastning

I perioden med manuel tekstilrensning har arbejdsmetoden givet rig mulighed for punktkildeforurening omkring renskarret pga. utætheder, ved omrøring samt ved vridning og afdrypning af tekstilerne.

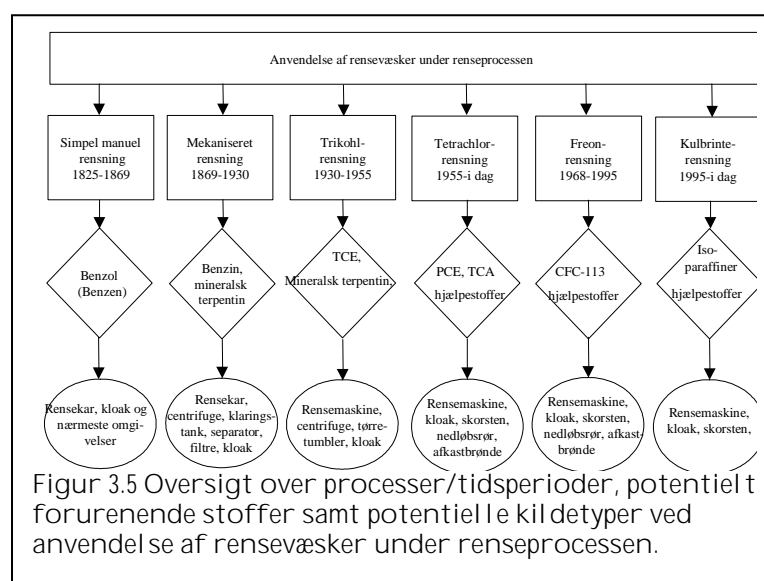
Mulighederne for punktkildeforurening af jord og grundvand fra den mekaniserede tekstilrensning i perioden 1869-1930 er især knyttet til spild og udslip af flydende renevæske omkring anlægget. Dette gælder såvel selve renskarret som centrifugen, klaringstanken, separatoren og filtre som følge af utætheder samt spild ved påfyldning og aftapning. Spild af renevæske er eventuelt blevet afledt videre til evt. kloakafløb i renserilokalet.

Det samlede udslip til jord- og grundvandsmiljøet fra rensprocessen må antages at kunne have nået et ganske betydeligt omfang i perioden frem til ca. 1930.

Selve rensprocessen har i starten ved de åbne Trikohl-anlæg kunnet give anledning til punktkildeforurening af jord og grundvand primært ved udslip af flydende renevæske til gulv/afløb i renserilokalet på grund af utætheder i væsekredsen (tromle, væsepumpe, væskefilter, destillator, svaler, vandudskiller, renevæsketank, tromle), ved afdrypning under flytning af tekstiler fra rensproces til centrifuge/tørreproces samt ved påfyldning og aftapning af renevæske.

Med indførelsen af de lukkede anlæg efter 1968 er risikoen for spild under rensprocessen mindre, dels fordi maskinerne er mere sikkert indrettede, dels fordi renevæskeforbruget er mindre pr. kg. rensed tøj, og dels fordi nyere rensmaskiner ofte bliver leveret med spildbakker, der kan indeholde det samme volumen som maskinens største tank /1/.

Miljøbelastningen ved anvendelse af renevæsker under rensprocessen er sammenfattet i figur 3.5.

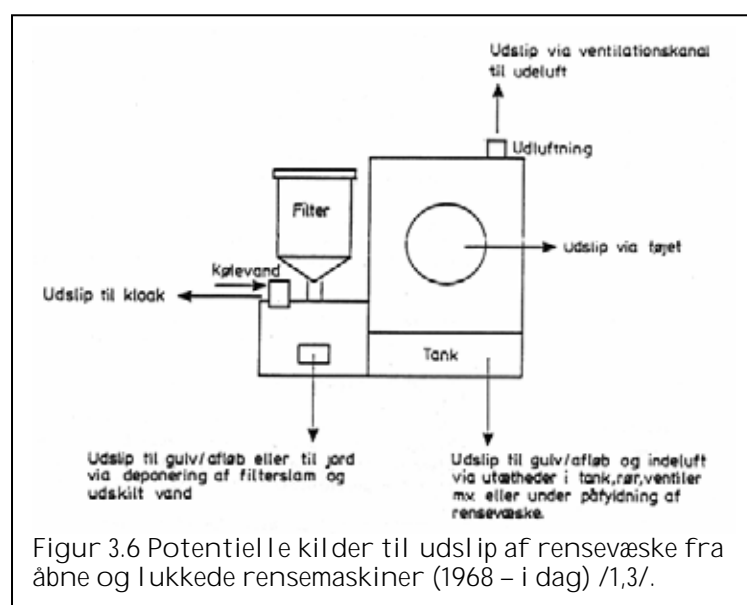


Der er dog erfaring for, at der selv i lukkede anlæg stadig er stor risiko for spild ved f.eks. utilstrækkeligt dimensionerede spildbakker, eller hvor installationer på maskinerne rager ud over spildbakken. Der er erfaring for, at renseanlæg til kontaktvand ikke altid fungerer, hvorved kontaktvandet fortsat ledes urensset til kloak /3/.

Der er eksempler på, at kontaktvand, der lovligt er blevet udledt til kloak, pga. utætheder i denne, har givet udslip af renevæske og hjælpe-stoffer til jordmiljøet /19/.

Der er desuden eksempler på, at udluftningsluft fra åbne anlæg, der afledes til en afkastbrønd, kan kondensere i brønden, hvorved kondensatet kan tilføres jordmiljøet, f.eks. hvis brønden er udført som en sivebrønd/spildbrønd. Tilsvarende kan afkastluft fra åbne anlæg kondensere i afkastet/skorstenen, hvorved kondensatet siver ned langs skorstenens sider, og derfra ud i jordmiljøet /19/. Kondensat kan også dannes på kolde tagflader udfor skorstenen, og kan via regnvandsnedløb og utætte kloakker tilføres jordmiljøet.

De forskellige kilder til udslip af renevæske til miljøet fra typiske renevmaskiner baseret på chlorerede kulbrinter i åbne og lukkede anlæg samt baseret på kulbrinter og glycolethere i lukkede anlæg er anskueliggjort i figur 3.6.



For renevmaskiner baseret på chlorerede kulbrinter (i hovedgruppe 2 og 3) gælder, at langt det største renevæsketab i renevmprocesserne, ca. 75-95 %, skønnes at ske via ventilation/afkast. For renevmaskiner i hovedgruppe 1 gælder, at det største renevæsketab skønnes at ske med udtagning af rensset tekstil. Flydende udslip gennem utætheder mv. andrager i gennemsnit 1-5 % af det totale udslip, men kan dog komme op på 25%. Udslip via destillation og filterskift er ubetydeligt i forhold til de andre kilder /1,5/.

For renevmaskiner baseret på kulbrinter (og antageligt også for glycolethere) gælder, at det største renevæsketab, ca. 55-80 %, stammer fra destillations- og filterslam, mens resten sker via ventilation/afkast. Emissionsmålinger har desuden vist, at den %-vise andel af den samlede emission, der stammer fra kontaktvand og fnugslam samt retention i de rensede tekstiler er ubetydelig i forhold til de andre kilder /3/.

En del af de rensforstærkere, der har været anvendt de sidste 10-15 år vil, på grund af deres polære egenskaber, i betydeligt omfang blive opkoncentreret i dels væsken, der recirkulerer i selve rensmaskinen, og dels være at finde i kontaktvandet.

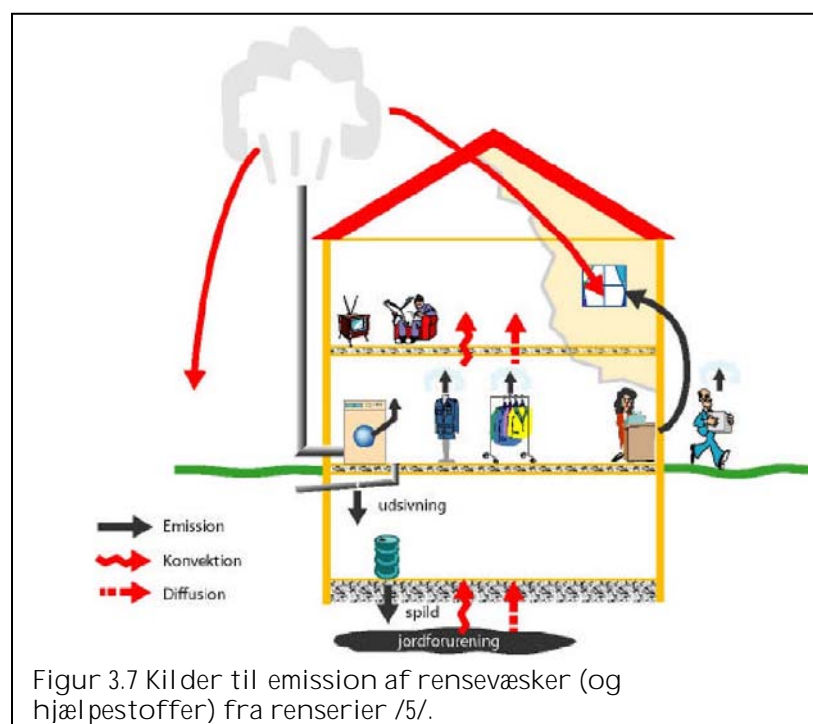
Da det for de fleste rensmaskiner, der anvender perchlorethylen som rensvæske, gælder, at rensvæsketabet via luftformige emissioner samt via retention i rensed tekstil er det betydeligste, har opmærksomheden i de senere år været rettet mod de forureningsproblemer, som emissionerne kan afstedkomme i indeklimaet i tilgrænsende beboelsesbygninger. Dette er særligt vigtigt idet en meget stor del af de danske tekstilrenserier er beliggende i boligområder og typisk i stueetagen af en fleretages beboelsesejendom.

Nyere undersøgelser har således vist, at dampe af rensvæske kan passere vægge og etageadskillelser ved både diffusion og konvektion gennem revner og bidrage til en forringelse af indeklimaet i tilstødende beboelsesrum /5/.

Andre undersøgelser har vist, at introduktion af selv beskedne mængder af tekstil rensed med chlorerede rensvæsker i boliger, kan medføre potentielle indeklimaproblemer /15/, og at chlorerede rensvæsker absorberes i en lang række materialer, herunder bygningsdele såsom vægge og etageadskillelser, og igen kan desorberes til indeklimaet i lang tid efter ophør af renseridrift, den såkaldte "sink-effekt" /16/.

Ovennævnte forhold omkring de luftformige emissioner har ingen umiddelbar relevans for indledende undersøgelser af jord- og grundvandsforurening på ejendomme med renserivirksomhed, men kan have stor betydning for tilrettelæggelse af supplerende/videregående undersøgelser, især hvis disse omfatter vurdering af risiko for forureningsspredning til indeklima.

De forskellige kilder til emission af rensvæsker og hjælpestoffer fra renserier til jord og grundvand, arbejdsmiljø, indeklima og udeluft er illustreret i figur 3.7.



### 3.3.3 Affaldshåndtering

#### **Miljøbelastning**

I perioden frem til 1869 er brugt renevæske – benzol - sandsynligvis bortskaffet til kloak eller udhældt direkte på jorden. Det har især været nødvendigt at udskifte renevæsken ofte i de tidlige anlæg uden klaringsstanke, filtre o.lign.

På anlæg med klaringsstanke, filtre m.v. fra perioden 1869-1930 kan der være sket udendørs deponering af slam og filterkage fra klaringsbeholder, separator eller filter. Deponeringen kan være sket enten ovenpå jorden, eller ved nedgravede depoter. Restindholdet af renevæske (benzin og mineralsk terpentin) i slammet eller filterkagen vil ved deponering udendørs kunne udvaskes til jord og grundvand.

I de tidligste anlæg med chlorerede renevæsker fra perioden 1930-1955 aftappedes den brugte renevæske efter en række destillationer, og ny renevæske påfyldtes anlægget. Den brugte renevæske påfyldtes typisk 50-100 l beholdere, og både under aftapningen, lagringen (som i visse tilfælde er foregået uoverdækket og udendørs) og den senere afhentning af den brugte renevæske er der risiko for spild til jord og grundvand primært af TCE og mineralsk terpentin.

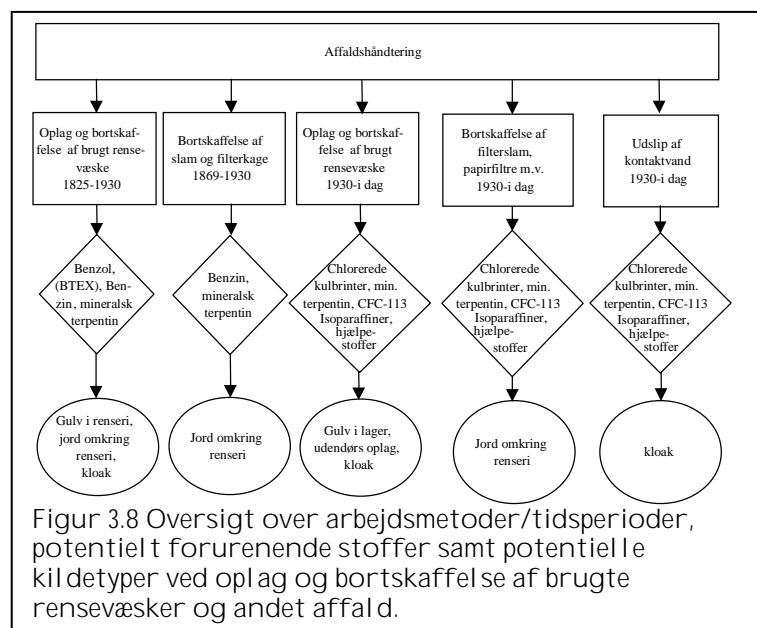
I særlige tilfælde kan større eller mindre partier af brugt renevæske, filterslam, kontaktvand mv. være bortskaffet ved udhældning på jorden.

Spildbakker mv. har i perioden fra 1955 til i dag begrænset dette spild, men i lighed med spild under reneprocessen er der eksempler på, at utilstrækkeligt dimensionerede spildbakker eller omhældning/lagring udenfor spildbakker har ført til omfattende spild af især PCE og TCE.

Fyns Amt's erfaringer fra miljøtilsyn i 2000 på nedlagte og igangværende renserier bekræfter, at afdampning og nedsivning fra oplag af affald, der står uden låg eller uden tilstrækkelig opsamlingssikring kan give anledning til forurening af jord og grundvand. Tilsvarende har affaldsbortskaffelse af kontaktvand til utæt kloak og til utæt, nedgravet spildbønde i flere tilfælde ført til omfattende jord- og grundvandsforurening /19/.

Miljøbelastningen ved affaldsbortskaffelsen er sammenfattet i figur 3.8.

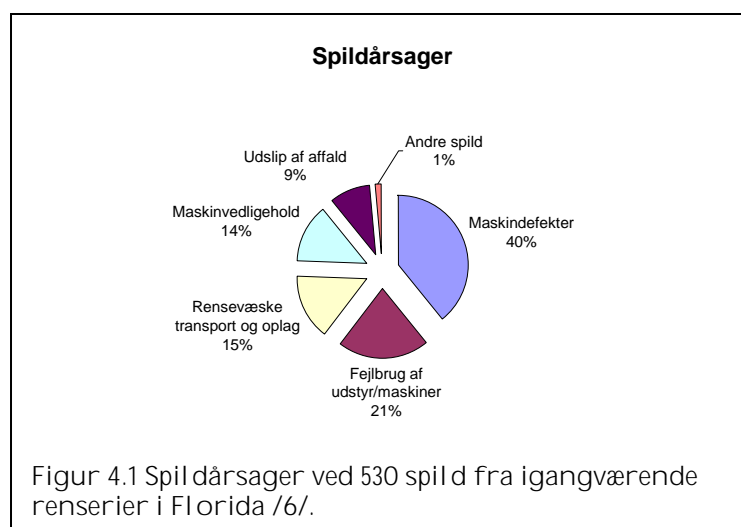




## 4 Potentiel forureningsrisiko

### 4.1 Oversigt over potentiel le forurenende kil der

I Florida er der gennemført en undersøgelse af rapporterede spild og deres årsager på igangværende renseserier /6/. Denne viste at ca. 1/3 af renseserierne havde haft spild, overvejende direkte spild af rensesvæske. Processer mv. er sammenlignelige med danske forhold. Det vides dog ikke om maskintyper og indretning er direkte sammenlignelige. Figur 4.1 viser resultaterne fra undersøgelsen.



De helt typiske fejlkilder på maskinerne (Maskindefekter 40 %) er utætte pakninger, ventiler etc. Det må forventes at disse fejl også kan opstå (opstår) på maskiner installeret i Danmark, specielt steder hvor der ikke er (har været) spildbakker. Omvendt skal man dog være opmærksom på, at der også kan være spild selvom der findes spildbakker.

Typiske fejlbrug af maskinen (21 % af spildene) kan være overkog af rensesvæskens ved destillation, typisk i forbindelse med overfyldning af beholderen. Også denne fejl forventes at kunne forekomme på danske maskiner, specielt steder hvor der ikke er (har været) spildbakker.

Spild i forbindelse med transport og oplag (15 %) sker så godt som altid i forbindelse med omhældning, enten på maskinen eller ved påfyldning af beholdere eller tanke fra tankvogn. Denne fejlkilde forventes også at kunne foregå i Danmark, selvom der normalt er stillet krav om spildbakke ved oplag og maskiner.

Udslip af affald er typisk uhensigtsmæssig bortskaffelse af kontaktvand, filterslam etc. (9 %). På igangværende renseserier må man ikke i Danmark bortskaffe affald ved eksempelvis at lægge det på jorden. At det tidligere har fundet sted er dokumenteret ved undersøgelser af en række renseserier.

Tilsvarende erfaringer er gjort af bl.a. Fyns Amt, som i 2000 gennemførte miljølitsyn på 37 nedlagte og 9 igangværende renserier, som alle var kortlagt på Vidensniveau 2 (V2). Fyns Amt påviste således, at der ikke var markant forskel på den forurening, der blev konstateret på de gamle nedlagte renserier og på de renserier der var i drift. I mange tilfælde skete der fortsat pågående jordforurening fra de i driftværende renserier på det tidspunkt, hvor amtets undersøgelser blev gennemført /19/.

Som det fremgår af ovenstående samt gennemgangen af processer, teknologi og miljøbelastning i kapitel 3, kan der udpeges en række tidsbestemte potentielle punktkilder til forurening af jord og grundvand på lokaliteter, hvor der har været renserivirksomhed.

I tabel 4.1 er der givet en oversigt over de punktkilder og forurenende stoffer som er knyttet til de nævnte aktiviteter. Tabellen indeholder desuden en vurdering af muligheden for spredning af forureningen i jord- og grundvandsmiljøet.

Udover spredning i jord- og grundvandsmiljøet, kan der være yderligere spredningsveje /19, 29/:

- Til overliggende lejligheder eller naboejendomme via diffusion og sprækketransport gennem vægge, etageadskillelser, hulmure, trappeskakter, rørføringer, skorstene etc.
- Til rentvandsnettet via plastikledning ført gennem forurenede jord.
- Til naboejendomme via kloaknettet, i tilfælde af manglende eller defekte vandløse.
- Til naboer via udeluften.

Mht. placering af de potentielle forureningskilder på grunden og de tilhørende spredningsveje henvises til principskitset figur 3.1 samt figur 3.7.

Tabel 4.1 Oversigt over potentielle punktkilder til forurening af jord og grundvand

Aktivitet (periode)	Kildetyper	Spredningsveje	Forurenende stoffer
Leverance og oplag af kemikalier			
Påfyldning/aftapning (1825-1955)	Lagertanke, utætte installationer	Spild, utætte kloakker, udvaskning, diffusion	Benzol (BTEX), benzin, mineralsk terpentin, TCE
Påfyldning/aftapning (1955- i dag)	Oplag, utætte beholdere, spild i forbindelse med oprulning af påfyldningsslange på tankbil.	Spild, utætte kloakker, udvaskning, diffusion	PCE, TCA, CFC-113, kulbrinter, hjælpepestoffer
Anvendelse af kemikalier under tekstilrensningen			
Simpel manuel rensning (1825-1869)	Rensekar og nærmeste udendørs omgivelser	Spild, utætte kloakker, udvaskning, diffusion	Benzol (BTEX).
Mekaniseret rensning (1869-1930)	Rensekar, centrifuge, klaringsstank, separator, filtre m.v.	Spild, utætte kloakker, udvaskning, diffusion	Benzin og mineralsk terpentin
Trikoil-rensning (1930-1955)	Utætheder i rensesmaskine, centrifuge,	Spild, utætte kloakker, udvaskning,	TCE, mineralsk terpentin

	tørretumbler mv.	diffusion	
Tetrachlorrensning (1955- i dag)	Utætheder i rensesmaskine, udledning af kontaktvand til kloak, nedsivning af kondensat fra afkastbrønde, langs skorsten og i nedløbsrør	Spild, utætte kloakker, udvaskning, diffusion	PCE, TCA, hjælpepestoffer
Freonrensning (1968-1995)			CFC-113, hjælpepestoffer
Kulbrinterrensning (1995-i dag)			Kulbrinter, glycol-ethere, hjælpepestoffer
Affaldshåndtering			
Oplag og bortskaffelse af brugt rensesvæske (1825-1930)	Gulv i renseri, udhældning på jord omkring renseri	Spild, utætte kloakker, udvaskning, diffusion	Benzol (BTEX), benzin og mineralsk terpentin
Bortskaffelse af slam og filterkage (1869-1930)	Udhældning/nedgravning i jord omkring renseri	Udvaskning, diffusion	Benzin og mineralsk terpentin
Oplag og bortskaffelse af brugt rensesvæske (1930-i dag)	Gulv i lager, evt. uoverdækkede udendørs oplag, evt. udhældning på jord	Spild, utætte kloakker, udvaskning, diffusion	TCE, PCE, TCA, mineralsk terpentin, CFC-113, kulbrinter, glycol-ethere, hjælpepestoffer
Bortskaffelse af filterslam, papirfilter mv. (1930-i dag)	Nedgravning i jord omkring renseri, bortskaffelse med dagrenovation	Udvaskning, diffusion, udsivning	
Udslip af kontaktvand (1930-i dag)	Utætte kloakker, evt. udhældning på jord	Udsivning, diffusion	
Andet			
Oplag af fyringsolie (1930-i dag)	Lagertanke, utætte installationer	Spild, udvaskning	Diesel og svær fuel

## 4.2 Stofbeskrivelse

I bilag 1 findes datablade for udvalgte kemiske stoffer. Stofferne er udvalgt på baggrund af hyppighed i anvendelse og farlighed. Der er både tale om rensesvæsker, hjælpe- og tilsætningsstoffer samt nedbrydningsprodukter fra disse.

Databladene viser fysisk-kemiske data som molvægt, densitet, smeltepunkt, kogepunkt, vandopløselighed, damptryk og oktanol-vand fordelingskoefficient. Endvidere er der anført om stoffet er optaget på listen over farlige stoffer, herunder om stoffet er på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer.

Ud fra de fysisk-kemiske egenskaber er det i databladet anført, i hvilken fase (jord, vand eller luft) man vil forvente hyppigst at finde stoffet. Desuden er anført gældende kvalitetskriterier for de tre faser. Det gælder dog for en del af stofferne (især hjælpepestofferne), at der pt. ikke eksisterer kvalitetskriterier. For disse stoffer, er der refereret til udenlandske anbefalinger eller til toksikologiske vurderinger (for de stoffer, hvor data kunne skaffes).

Arbejdet med kvalitetskriterier er pågående, hvorfor det altid bør undersøges, om der evt. er kommet nye kvalitetskriterier. Det kan man se på Miljøstyrelsens hjemmeside [www.mst.dk](http://www.mst.dk). På hjemmesiden kan man endvidere finde Miljøstyrelsens vejledning nr. 5 fra 2006, om metoder til fastsættelse af

kvalitetskriterier for kemiske stoffer i jord, luft og drikkevand med henblik på at beskytte sundheden.

I tabel 4.2 ses en alfabetisk liste over stofferne, samt hvorvidt der er tale om rensesvæsker, hjælpestoffer eller nedbrydningsprodukter. Endvidere er stoffernes mobilitet, flygtighed og tilbageholdelse vurderet. Vurderingen er sket på baggrund af stoffernes fysisk-kemiske egenskaber efter principperne beskrevet i /27/. Ud fra tabellen kan det således vurderes hvorvidt et stof vil kunne udgøre en risiko i forhold til indeklima, arealanvendelse eller grundvand, jævnfør principperne beskrevet i /17/.

Opmærksomheden skal henledes på, at skæbnen i jord og grundvand af fri fase af de chlorerede rensesvæsker vil afvige væsentligt fra de øvrige kemiske stoffer /17/. Endvidere vil tilstedeværelsen af flere stoffer samtidig kunne ændre de enkelte stoffers opførsel. Fx kan mange af hjælpe- og tilsætningsstofferne (bl.a. glycolerne, glycoletherne og tensiderne) øge opløseligheden af de chlorerede opløsningsmidler, og dermed ændre deres spredningsforhold.

Tabel 4.2. Udvalgte stoffer, der kan give anledning til forurening i forbindelse med ældre renserier. Datablade findes i bilag 1, hvor stoffernes fulde navn også fremgår.

Navn	Kategori	Mobilitet i vand	Flygtighed i luft	Tilbageholdelse i jord
APFO	Nedbrydningsprodukt fra imprægneringsmidler	÷	÷	++
Benzen	Renssvæske	++	++	
Benzin	Renssvæske			
2-(2-butoxyethoxy)ethanol	Hjælpestof	++	÷	÷
n-butylacetat	Hjælpestof	++	++	÷
CA	Nedbrydningsprodukt fra 1,1,1-TCA	++	++	÷
CFC-113	Renssvæske	+	++	+
1,1-DCA	Nedbrydningsprodukt fra 1,1,1-TCA	++	++	÷
cis-DCE	Nedbrydningsprodukt fra PCE/TCE	++	++	÷
1,1-DCE	Nedbrydningsprodukt fra 1,1,1-TCA	++	++	÷
EDTA	Hjælpestof	++	÷	÷
(2-methoxymethylethoxy)propanol	Hjælpestof	++	÷	÷
4-methylpentan-2-on	Hjælpestof	++	++	÷
nonylphenol	Nedbrydningsprodukt fra tensider	÷	÷	++
Isoalkaner*	Hjælpestoffer			
PCE	Renssvæske	+	++	+
PFOA	Nedbrydningsprodukt fra	÷	÷	++

	impregneringsmidler			
PFOS	Nedbrydningsprodukt fra impregneringsmidler	÷	÷	++
Polyethylenglycol	Hjælpestoffer	++	÷	÷
Rynex 1	Rensevæske	++	÷	÷
Rynex 2	Rensevæske	++	÷	÷
4-tert-octylphenol	Nedbrydningsprodukt fra tensider	÷	÷	++
1,1,1-TCA	Rensevæske	++	++	÷
TCE	Rensevæske/nedbrydningsprodukt fra PCE	+	++	+
Terpentin	Rensevæske	÷	++	+
Tributylphosphat	Hjælpestof	÷	÷	+
VC	Nedbrydningsprodukt fra PCE/TCE	++	++	÷

\*Samlebetegnelse for mange stoffer, med meget forskellige egenskaber mht. mobilitet, flygtighed og tilbageholdelse.

Erfaringsopsamling fra amternes kortlægningsundersøgelser har vist, at renserier er en branche som ofte er årsag til en kraftig forurening af jord og grundvand. De konstaterede forureninger har i mange tilfælde givet anledning til påvirkning af grundvandsressourcen i området samt forringet indeklima i byggeri over forureningerne.

Resultaterne af erfaringsopsamlingerne, som til dato har identificeret de chlorerede kulbrinter som det væsentligste miljøproblem, er samlet i bilag 2.

# 5 Undersøgellesprogram

I det følgende er beskrevet hovedtræk af indholdet i et anbefalet undersøgelsesprogram for en indledende forureningsundersøgelse på ejendomme med renserivirksomhed, og i mindre omfang de videregående undersøgelser.

De tilhørende undersøgelsesmetoder uddybes i bilag 3.

Forureningsundersøgelsen anbefales overordnet udført som anført i Miljøstyrelsens vejledning i prøvetagning og analyse /13/ samt vejledning i oprydning af forurenede grunde /12/. Vejledningerne indeholder en række appendiks med anvisninger for udførelse af borearbejde, udtagning af jord- og vandprøver, feltmålinger mv. Desuden er givet eksempler på en række blanketter, som er nyttige under feltarbejdet og ved fremsendelse af prøver til laboratoriet. I dette kapitel suppleres derfor overvejende med oplysninger af særlig betydning for undersøgelser på ejendomme med renserivirksomhed.

Opmærksomheden skal henledes på, at der på ejendomme med renserivirksomhed håndteres og opbevares brandfarlige produkter (kulbrinter) og produkter der har en skadelig virkning for helbredet (chlorerede kulbrinter). Med hensyn til sikkerhedsforanstaltninger, såsom f.eks. åndedrætsværn, ved undersøgelserne henvises til arbejdsmiljølovgivningen generelt og de vejledninger m.m., som er udarbejdet af Arbejdstilsynet /11/.

## 5.1 Orienteringsfasen

Formålet med denne fase er at tilvejebringe det bedst mulige grundlag for at iværksætte forureningsundersøgelser på en forurennet grund.

I denne fase udarbejdes blandt andet en miljøhistorisk kortlægning for lokaliteten med henblik på at opstille en hypotese for, hvilke stoffer der kan være forurennet med, og hvor der kan forventes forurening. Især er det vigtigt at registrere hvilken type rensesvæske, der har været anvendt og hvis muligt, også hvilke hjælpe- og tilsætningsstoffer, der har været anvendt. Hjælpe- og tilsætningsstoffer har der ikke tidligere været tradition for at tage med i undersøgelser. Fokus har været på chlorerede opløsningsmidler alene. En fastlæggelse af tidspunktet for et eventuelt spild, typisk ved fastsættelse af driftsperioden, kan hjælpe til at indkredse potentielle stoffer jvf. tabel 4.1.

Ved udarbejdelse af en miljøhistorisk kortlægning på ejendomme med renserivirksomhed, er det især af betydning at indhente oplysninger om årstal, aktiviteter og kildetyper, som er anført i tabel 4.1, da det i høj grad vil afgøre hvilke stoffer, der kan være forurennet med.

Mere detaljerede oplysninger om relevant baggrundslitteratur samt hvorledes den miljøhistoriske kortlægning forberedes, fremgår af bilag 3.

## 5.2 Undersøgel sesfasen

Det anbefalede undersøgelsesprogram, der bygger på den beskrevne gennemgang af processer, teknologi og miljøbelastning i rensier samt resultaterne af erfaringsopsamlingen i bilag 2, er opdelt i et standardprogram og et supplementprogram.

**Standardprogrammet** indeholder de elementer som altid anbefales medtaget og som kan medtages i en indledende forureningsundersøgelse. Her forudsættes det, at der er gennemført en detaljeret historisk kortlægning med lokalisering af de vigtigste forureningskilder på ejendomme med renservirksomhed. Desuden bør det på baggrund af de historiske undersøgelser, være muligt at identificere, hvilke stofgrupper der mest sandsynligt er til stede.

Hvis historikken er sparsomt belyst, og der er mistanke om tilstedeværelse af større forureningskilder, hvis lokalisering er ukendt, kan standardprogrammet udvides med et eller flere elementer fra **supplementprogrammet**.

### 5.2.1 Prøvetagning

**Standardprogrammet** anbefales at indeholde prøvetagning ved følgende forureningskilder, jf. figur 3.2:

- Gulv ved rensesmaskiner og indendørs oplag af rensesvæsker og hjælpestoffer, minimum 1 poreluft- eller vandprøve ved hver kilde.
- Områder udenfor rensesribygning i nærheden af rensesmaskiner, minimum 1 poreluft- eller vandprøve ved hver maskine/kilde.
- Nedgravede olietanke og tanke til opbevaring af rensesvæsker, minimum 1 poreluft- eller vandprøve ved hver kilde herudover minimum 1 jordprøve for olieindhold ved hver olietank.
- Gulvfløb samt udendørs samlebrønde, minimum 1 poreluft- eller vandprøve ved hvert gulvfløb/samlebrønd
- Kloaktracéer, minimum 1 poreluft- eller vandprøve pr. løbende 5 meter. Hvis der er foretaget kloakinspektion placeres prøvepunkter ved konstaterede brud/defekter på ledningen.
- Udendørs spild erkendt ved fotos, interview el. lign, minimum 1 poreluft eller vandprøve ved hver spildsted.
- Udendørs oplag af nye og brugte rensesvæsker og hjælpestoffer erkendt ved fotos, interview el. lign, minimum 1 poreluft eller vandprøve ved hvert oplag.
- Nedgravede filtermaterialer, rensesvæsketromler mv., erkendt ved fotos, interview el. lign, minimum 1 poreluft eller vandprøve ved hver spildsted.
- Afkastbrønde, minimum 1 poreluft eller vandprøve ved hver brønd.
- Skorstensfundamenter og nedløbsrør, minimum 1 poreluft eller vandprøve ved hvert rør.

Da visse kemikalier ikke vil være at finde i vandfasen, men i stedet i poreluften (luftfasen) og omvendt, anbefales det, at undersøgelsen foregår så begge faser er repræsenteret med minimum 1 prøve. Således minimeres risikoen for at overse potentielle indeklimaproblemer og grundvandsforureninger. Desuden kan det være hensigtsmæssig at tage jordprøver på lokaliteter hvor der ikke er terrænnært grundvand. Prøven kan være med til at belyse kildestyrken og/eller til bestemmelse af om der er fri fase chlorerede opløsningsmidler. Man skal



være opmærksom på at man ved prøvetagningen så vidt muligt undgår afdampning fra prøven.

Det anbefales desuden, at der så vidt muligt etableres minimum 3 filtersatte borer, for at kunne vurdere strømningsretning af terrænnært grundvand.

Prøvetagning af jord anbefales kun at finde sted ved nedgravede olietanke.

Etablering af målesteder for poreluft og udtagning af poreluftprøver er beskrevet i /12,26/. Mere detaljerede retningslinier for udtagning af poreluftprøver og deres håndtering på ejendomme med renservirksomhed fremgår af bilag 3.

Etablering af borer og udtagning af grundvands- og jordprøver er beskrevet i /13/. Etablering af borer skal i øvrigt overholde kravene i /18/. Mere detaljerede retningslinier for udtagning og håndtering af grundvands- og jordprøver på ejendomme med renservirksomhed fremgår af bilag 3.

**Supplementprogrammet** kan omfatte:

- Luft- eller vandprøver som i standardprogram til analyse for specifikke stoffer (fx særlige nedbrydningsprodukter fra chlorerede opløsningsmidler eller hjælpe- og tilsætningsstoffer), der ikke blev analyseret for i standardprogrammet.
- Gravninger.
- TV-inspektion af kloaksystem.
- Lokalisering af nedgravede tanke og rørføringer ved geofysiske opmålinger.
- Poreluftscreening af grund og omgivelser med udtag af prøver 1-2 meter under terræn.
- Udtagning af mindre intaktprøver af jord (eksempelvis med Geoprobe).

En nærmere beskrivelse af elementerne i det anbefalede supplementprogram fremgår af bilag 3.

### 5.2.2 Indledende prøvebeskrivelse

Indledende foretages der en prøvebeskrivelse på samtlige jord- og vandprøver, der er udtaget i forbindelse med feltarbejdet. Som udgangspunkt bør alle prøvesteder være indmålt og nivelleret.

Den indledende prøvebeskrivelse bør omfatte:

- Registrering af misfarvet jord og vand.
- Registrering af mislugt i boring eller lugt/uklarheder/oliefilm o.lign. i oppumpet vand.

### 5.2.3 Analyser

**Standardprogrammet** anbefales minimum at indeholde følgende analyser:

Feltanalyser

- Direkte PID-måling eller bedre en Felt GC måling med PID detektor. Anvendes til vurdering af flygtige forbindelser i poreluften eller i

headspacen over en vand- eller jordprøve. PID-apparatets følsomhed overfor aromatiske og chlorerede opløsningsmidler afhænger af hvilken type lampe, detektoren er udstyret med – bl.a. kan PID-apparatet ikke detektere chlorerede ethaner (1,1,1-TCA, 1,1-DCA og CA).

#### Laboratorieanalyser

- Poreluftprøver analyseres i stationært laboratorium for TCA, TCE, PCE og for BTEX og total kulbrinter
- Vandprøver analyseres i stationært laboratorium for TCA, TCE, PCE, nedbrydningsprodukterne cis-DCE, vinylchlorid, 1,1-DCA, 1,1-DCE og CA, BTEX samt total kulbrinter. Årsagen til at der også skal måles for de chlorerede opløsningsmidlers nedbrydningsprodukter er, at disse stoffer i mange tilfælde findes i høje koncentrationer. Endvidere udgør nedbrydningsprodukterne ofte den største risiko, da de både er mere mobile og flygtige end moderstofferne.
- Jordprøver analyseres i stationært laboratorium for total kulbrinter og BTEX

Standard-analyseprogrammet medtager de stoffer, der er hyppigst forekommende på ejendomme med renserivirksomhed.

Det bør bemærkes, at det ikke anbefales at analysere for hjælpe- og tilsætningsstoffer i indledende forureningsundersøgelser. Analyseprogrammet kan dog udvides/indskrænkes med analyse for specifikke komponenter, hvis den historiske kortlægning indikerer anvendelse af specielle renevæsker eller hjælpestoffer.

Det anbefales så vidt muligt kun at analysere jordprøver, hvor der findes forhøjet PID-udslag og/eller misfarvning/mislugt.

Mht. chlorerede opløsningsmidler anbefales det at udføre analyser på vand- og poreluftprøver. Hvis det ikke er muligt, kan jordprøver inddrages.

Standard analyseprogrammet skal opfattes som vejledende.

**Supplementprogrammet** kan omfatte følgende feltanalyser (for yderligere beskrivelse af analysemetoder, se bilag 3):

- GC/FID og GC/ECD. Anvendes typisk i mobile laboratorier, og prøverne er enten poreluft, headspace over jord- eller vandprøver eller jordprøver, der ekstraheres (sædvanligvis med pentan). Metoderne er semispecifikke og følsomme overfor olieprodukter og chlorerede opløsningsmidler.
- MIP sondering. Er kombineret med Geoprobeudstyr og mobilt laboratorium. Når Geoprobebestængerne presses ned i jorden måles kontinuert parametre som: jordens ledningsevne, forureningskomponenter på forskellige detektorer (fx FID, PID, ECD og DELCD). Metoden er semikvantitativ og følsom overfor olieprodukter og chlorerede opløsningsmidler.
- MIMS. Anvendes typisk i mobile laboratorier, og prøverne er enten poreluft, headspace over jord- eller vandprøver. Metoden er følsom overfor olieprodukter og chlorerede opløsningsmidler. Metoden er lineær over stort område, men kan bedst anvendes hvis stofblandingen ikke er for kompleks.

- Farvetest med Sudan IV (hydrofob farvestof), der anvendes til at vurdere om jord er mættet med chlorerede opløsningsmidler.
- FLUTE (Flexible Liner Underground Technologies). Kan bruges til at monitorere fri fase i formationen.

For alle analysemetoder (på nær MIP, MIMS og FLUTE) gælder at yderligere oplysninger om analyseprincipper mv. findes i /12/.

Hvis den historiske redegørelse dokumenterer, at der har været anvendt specielle renevæsker (fx CFC-113, Rynex eller terpetin) kan disse inkluderes i analyseprogrammet. Tilsvarende, kan hjælpe- og tilsætningsstoffer inkluderes i analyseprogrammet, hvis den historiske redegørelse viser at disse har været anvendt.

Hvis der ikke foreligger en konkret viden om hvilke stoffer der er tale om, bør undersøgelsen koncentrere sig om de stoffer, der kan udgøre et problem for grundvand og indeklima – dvs. de mobile og/eller flygtige stoffer fra tabel 4.2. Ud fra stoffernes strukturformler og forskellige bionedbrydningstest fundet i litteraturen, er stofferne alle (på nær EDTA) vurderet at være relativt letomsættelige. Der kan dog være specielle forhold på de enkelte lokaliteter, der gør at de ikke omsættes så let. Det anbefales som udgangspunkt, at undersøge for 4-methylpentan-2-on i luftprøver og (2-metoxymethylethoxy)-propanol i vandprøver.

Det skal dog understreges at antallet af anvendte hjælpe- og tilsætningsstoffer i branchen er meget stort, og at erfaringsniveauet vedrørende fund af hjælpe- og tilsætningsstoffer i miljøet er meget dårligt idet det ikke tidligere har været praksis at undersøge for disse stoffer. Der kan derfor potentielt set godt være forekomster af denne type stoffer, selvom der ikke detekteres nogle af stofferne fra tabel 4.2. Evt. vil kromatogrammerne fra de andre analyseparametre kunne indikere, om der er store forekomster af uidentificerede stoffer.

En mere detaljeret beskrivelse af de anbefalede analysemetoder med vejledende detektionsgrænse niveauer i poreluft, grundvand og jord fremgår af bilag 3.

### 5.3 Supplerende undersøgelser

Ved supplerende undersøgelser ligger det som regel allerede klart, at der eksisterer en form for risiko efter den orienterende fase.

Formålet med de supplerende undersøgelser vil normalt være tosidigt. Dels skal der tilvejebringes data til en forbedret risikovurdering og dels skal der tilvejebringes data til vurdering af hvilke eventuelle afværgemetoder der kan finde anvendelse til reduktion af forureningen til et acceptabelt niveau.

Det anbefales derfor i den supplerende fase at planlægge undersøgelserne så de vigtigste parametre som hydraulisk ledningsevne (i umættet zone luftledningsevnen), strømningshastighed og retning i eventuelle påvirkede magasiner kan fastlægges. Kombination af koncentrationsmålinger og målinger af de hydrogeologiske forhold muliggør fluxbestemmelser, som kan være et vigtigt element i en prioritering.

Såfremt man i forbindelse med standardprogrammet konstaterer et forureningsbillede, der afviger fra det forventelige, bør man vurdere om undersøgelsen skal udvides til også at omhandle hjælpe- og tilsætningsstoffer, selvom den historiske kortlægning ikke gav anledning til at inkludere disse i standardprogrammet.

Afvielser fra det forventelige kan fx komme til udtryk som usædvanligt høje koncentrationer af chlorerede opløsningsmidler (nogle hjælpe- og tilsætningsstoffer kan øge opløseligheden af de chlorerede opløsningsmidler), eller store mængder af uidentificerede toppe på analysekromatogrammerne, der kan stamme fra hjælpe- og tilsætningsstoffer.

Mulige afværgestrategier bør vurderes så tidligt i forløbet som muligt. Således kan fx hensigtsmæssig filtersætning og placering, specielt i sager med stor dybde til grundvandet, spare penge i afværgefasen, hvis disse er konstrueret så de eksempelvis kan anvendes til pumpning i en senere afværge. Endvidere kan specielle prøver etc. udtages i samme arbejdsgang som indsamlingen af sprednings- og hydrauliske data mv. Dette kan eksempelvis være intakt jordprøver til undersøgelser for naturlige nedbrydere af chlorerede opløsningsmidler (mikrobiologi) eller jordprøver til bestemmelse af det naturlige forbrug af kemiske oxidanter som kaliumpermanganat.

Det anbefales derfor at bygherre og rådgiver allerede efter orienteringsfasen i samråd vurderer, hvilke relevante afværgestrategier der kan komme på tale, ud fra den indledende risikovurdering og de forventede succeskriterier for en eventuel senere afværge og på denne baggrund fastlægger omfang og art af de supplerende undersøgelser. Dette sikrer den størst mulige grad af målrettethed overfor forureningen i den konkrete sammenhæng.

## 6 Referencer

- /1/ Amternes Videncenter for Jordforurening 1999. Branchebeskrivelse for renserier. Teknik og Administration Nr. 3.
- /2/ Dansk Renseri Forening v. Peer Nielsen, personlig kommunikation marts 2007.
- /3/ Forskerparken CAT 2001. Miljø- og sikkerhedsvurdering af alternativer til tekstilrensning med perchlorethylen.
- /4/ Miljøstyrelsen 2003. Kortlægning af kemikalier i rensed tekstil fra Rynex- og kulbrinte-renserier. Kortlægning nr. 21, 2003.
- /5/ Miljøstyrelsen 2001. Begrænsning af luftformig emission af tetrachlorethylen fra renserier. Miljøprojekt nr. 652.
- /6/ Linn, B. & Mixell, B. 2002. Reported Leaks, Spills and Discharges At Florida Drycleaning Sites. Artikel fra <http://www.drycleancoalition.org>
- /7/ Miljøstyrelsen (1998) : Branchevejledning for forurenede træimprægneringsgrunde, Vejledning nr. 8, 1998
- /8/ Miljøstyrelsen (1998) : Branchevejledning for forurenede garverigrunde, Vejledning nr. 9, 1998
- /9/ Miljøstyrelsen (1998) : Branchevejledning for forurenede tjære/asfaltgrunde, Vejledning nr. 10, 1998
- /10/ Miljøstyrelsen (1998) : Branchevejledning for benzin- og olieforurenede grunde, Vejledning nr. 11, 1998
- /11/ Arbejdstilsynet (1990): Arbejde i jord, forurenede med sundhedsskadelige kemikalier. At-meddelelse . Nr. 4.04.16, Maj 1990.
- /12/ Miljøstyrelsen (1998) : Oprydning på forurenede lokaliteter. Vejledning nr. 6 og 7.
- /13/ Miljøstyrelsen (1999) : Prøvetagning og analyse af jord. Vejledning nr. 13.
- /14/ Miljøstyrelsen (2006). Poreluftprojekt – styrende parametre for tidlige variationer af indholdet af klorerede opløsningsmidler i sand- og lerjorde. Miljøprojekt nr. 1094.
- /15/ Miljøstyrelsen (2001): Dokumentation af interne og eksterne kilder til tetrachlorethylen i boliger. Miljøprojekt nr. 651.
- /16/ Miljøstyrelsen (2001): Dokumentation af sinkeffekter for tetrachlorethylen. Miljøprojekt nr. 673.

- /17/ Miljøstyrelsen (1996): Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen nr. 20.
- /18/ Miljøministeriet (2005): Bekendtgørelse om udførelse og sløjfning af boringer og brønde på land. Bek. nr. 1000 af 26. juli 2007.
- /19/ Fyns Amt. Miljø- og Arealafdelingen. Jordforureningskontoret (2001): Renserier: Kilder til forurening og forholdene omkring indeklimaproblemer i omkringliggende ejendomme. Brev af 8. marts 2001 til Miljøstyrelsen, Industrikontoret.
- /20/ Jensen, C.B. & Petersen, O. B. (2002): Københavns Amts erfaringer med renserigrunde – en miljømæssigt og økonomisk belastende historie. DanskVand nr. 7, September 2002, pp. 320-325.
- /21/ Miljøministeriet (2006). Bekendtgørelse om miljøregulering af visse aktiviteter. Bek. nr. 1517 af 14. december 2006.
- /22/ Miljøministeriet (2003). Bekendtgørelse om etablering og drift af renserier. Bek. nr. 532 af 18. juni 2003.
- /23/ Miljøministeriet (2007). Bekendtgørelse om godkendelse af listevirksomhed. Bek. nr. 168 af 21. februar 2007.
- /24/ COWI's rapport om tilsætningsstoffer (reference gøres færdig ved udgivelsen)
- /25/ Miljøstyrelsen (2003): Kortlægning af kemiske stoffer i rensed tekstil fra Rynex og kulbrinte-renserier. Kortlægning af kemiske stoffer i forbrugerprodukter, kortlægning nr. 21, 2003.
- /26/ Prøvetagning af poreluft ("Fyns Amts poreluftmanual"), Fyns Amt, Miljø- og Arealafdelingen, 2004.
- /27/ Baun, A., Bertelsen, M., Bjerregaard, P., Borggaard, O.K., Fenger, J., Glasius, M., Hansen, H.C.B., Larsen, M.M., Nyholm, N., Jakobsen, R. (2005). Naturens Kemi – processer og påvirkninger. Ed. Berthelsen, M. and Fenger, J. Gyldendal, København, Danmark.
- /28/ Miljøstyrelsen 2007. Opfølgning på Miljøstyrelsen 2006. Indeklimakoncentrationer af rensesvæske i boliger over et repræsentativt udsnit af danske renserier. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. xx
- /29/ Indeklimakoncentrationer af rensesvæske i boliger over et repræsentativt udsnit af danske renserier, Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 36, 2006.
- /30/ Personlig kommunikation, Peter Mortensen, Eurofins, april 2007.
- /31/ Tilbudsliste fra Højvang Miljølaboratorium, marts 2007.

# Bilag 1. Datablade for udvalgte stoffer og produkter

I bilaget findes datablade for udvalgte kemiske stoffer og produkter. Stofferne og produkterne er udvalgt på baggrund af hyppighed i anvendelse og farlighed. Der er både tale om rensesvæsker, hjælpe- og tilsætningsstoffer samt nedbrydningsprodukter fra disse. Stofferne og produkterne, som er sorteret alfabetisk, er:

- APFO
- Benzen
- Benzin
- 2-(2-butoxyethoxy)ethanol
- n-butylacetat
- CA
- CFC-113
- 1,1-DCA
- cis-DCE
- 1,1-DCE
- EDTA
- (2-methoxymethylethoxy)propanol
- 4-methylpentan-2-on
- Isoalkaner
- PCE
- PFOA
- PFOS
- Polyethylenglycol
- Rynex 1
- Rynex 2
- 4-tert-octylphenol
- 1,1,1-TCA
- TCE
- Terpentin
- Tributylphosphat
- VC

I databladene er stoffernes fulde navn angivet.

Databladene viser fysisk-kemiske data som molvægt, densitet, smeltepunkt, kogepunkt, vandopløselighed, damptryk og oktanol-vand fordelingskoefficient. Endvidere er der anført om stoffet er optaget på listen over farlige stoffer, herunder om stoffet er på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer..

Ud fra de fysisk-kemiske egenskaber er det i databladet anført, i hvilken fase (jord, vand eller luft) man vil forvente hyppigst at finde stoffet. Desuden er anført gældende kvalitetskriterier for de tre faser. Det gælder dog for en del af stofferne (især hjælpestofferne), at der pt. ikke eksisterer kvalitetskriterier. For disse stoffer, er der refereret til udenlandske anbefalinger eller til toksikologiske vurderinger (for de stoffer, hvor data kunne skaffes). Ved angivelse af en streg (-) er der ikke fundet data. Symbolet anvendes

eksempelvis hvis stoffet ikke er optaget på listen over farlige stoffer eller hvis der ikke i dag findes et kvalitetskriterium.

#### Referencer til bilag 1:

- /1/ <http://monographs.iarc.fr/htdig/search.html>
- /2/ <http://chemfinder.cambridgesoft.com>
- /3/ Miljøstyrelsen, JAGG, regneark til risikovurdering af jord, afdampning, gas og grundvand
- /4/ Miljøstyrelsen, 2005. Listen over farlige stoffer, Bekendtgørelse nr. 923/2005
- /5/ Miljøstyrelsen, 1998. Oprydning på forurenede lokaliteter. Vejledning nr. 6 og 7
- /6/ <http://esc.syrres.com/interkow/physdemo.htm>
- /7/ Forskerparken CAT 2001. Miljø- og sikkerhedsvurdering af alternativer til tekstilrensning med perchlor-ethylen.
- /8/ [www.syrres.com/esc/efdb.htm](http://www.syrres.com/esc/efdb.htm)
- /9/ <http://toxnet.nlm.nih.gov>
- /10/ Scheutz, C., Hansen, M.M. & Bjerg, P.L., 2006. Naturlig og stimuleret nedbrydning af 1,1,1-TCA. Institut for Miljø & Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet
- /11/ Verschueren, K., 2000. Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals, Fourth Edition, Wiley.
- /12/ Miljøstyrelsen, 2007. Danish (Q)SAR Database
- /13/ [www.usepa.gov](http://www.usepa.gov)
- /14/ Miljøstyrelsens liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord. December 2005.  
<http://www.mst.dk/Jord/Forurenede+og+muligt+forurende+grunde/Graensevaerdier/>
- /15/ Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer.  
<http://www.mst.dk/Kemikalier/Stoflister+og+databaser/Listen+over+uoenskede+stoffer/>



Navn	APFO	Enhed	Referencer
Fulde navn/synonym	Ammoniumperfluor octanoat	-	
CAS nr.	3825-26-1	-	
Kemisk formel	C8H4F15NO2	-	
Molvægt	431,1	g/mol	2
Densitet	-	kg/m <sup>3</sup>	
Smeltepunkt	-	°C	
Kogepunkt	-	°C	
Vandopløselighed	2,34	mg/l	8
Damptryk (25 °C)	9,50E-03	Pa	8
Luftopløselighed (25 °C)	2	mg/m <sup>3</sup>	estimeret
Henrys lov konstant (25 °C)	-	-	estimeret
log Kow	6,3	-	8
Diffusionskoefficient i luft**	2,99E-06	m <sup>2</sup> /s	estimeret
Fordeling i % (masse) i luft/vand/jord (umættet zone, sand)*	0/0/100	-	3
Fordeling i % (masse) i vand/jord (mættet zone, sand)*	0/100	-	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand umættet zone	1200	mg/kg TS	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand mættet zone	1200	mg/kg TS	3
Klassificering jf. listen over farlige stoffer	Er på MST liste over uønskede stoffer (PFOS-forbindelser)	-	4
Mærkning jf. listen over farlige stoffer	-	-	
Kræftfremkaldende egenskaber	-	-	
Forventet nedbrydelighed	ikke nedbrydelig	-	9
Jordkvalitetskriterium	-	mg/kg TS	
Grundvandskriterium	-	µg/l	
Luftkvalitetskriterium, afdampning	-	µg/m <sup>3</sup>	

\* Standardværdier for jordparametre fra JAGG 1.5

\*\* Estimeret ud fra n-oktans diffusionskoefficient

Navn	Benzen	Enhed	Referencer
Fulde navn/synonym	Benzol	-	
CAS nr.	71-43-2	-	
Kemisk formel	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	-	
Molvægt	78,1	g/mol	2
Densitet	0,88	kg/m <sup>3</sup>	2
Smeltepunkt	5,5	°C	2
Kogepunkt	80,1	°C	2
Vandopløselighed	1760	mg/l	3
Damptryk (25 °C)	12700	Pa	3
Luftopløselighed (25 °C)	400000	mg/m <sup>3</sup>	estimeret
Henrys lov konstant (25 °C)	0,23	-	estimeret
log Kow	2,1	-	3
Diffusionskoefficient i luft	9,30E-06	m <sup>2</sup> /s	3
Fordeling i % (masse) i luft/vand/jord (umættet zone, sand)*	27/60/13	-	3
Fordeling i % (masse) i vand/jord (mættet zone, sand)*	93/7	-	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand umættet zone	300	mg/kg TS	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand mættet zone	600	mg/kg TS	3
Klassificering jf. listen over farlige stoffer	Carc1;R45 Mut2;R46 F;R11 Xi;R36/38 T;R48/23/24/25 Xn;R65	-	4
Mærkning jf. listen over farlige stoffer	F,T;R45-46-11-36/38-48/23/24/25-65 S53-45	-	4
Kræftfremkaldende egenskaber	Gruppe 1: kræftfremkaldende for mennesker	-	1
Forventet nedbrydelighed	Aerobt nedbrydeligt	-	
Jordkvalitetskriterium	1,5	mg/kg TS	5
Grundvandskriterium	1	µg/l	5
Luftkvalitetskriterium, afdampning	0,13	µg/m <sup>3</sup>	5

\* Standardværdier for jordparametre fra JAGG 1.5

Navn	Benzin	Enhed	Referencer
Fulde navn/synonym	Motorbenzin	-	
CAS nr.	86290-81-5	-	
Kemisk formel	Blandingsprodukt	-	
Molvægt	50-150	g/mol	2
Densitet	0,75	kg/m <sup>3</sup>	2
Smeltepunkt		°C	
Kogepunkt	50-165	°C	2
Vandopløselighed	200-250	mg/l	3
Damptryk (25 °C) (afhænger af sammensætningen)	50000	Pa	3
Luftopløselighed (25 °C)		mg/m <sup>3</sup>	
Henrys lov konstant (25 °C)		-	
log Kow	2-5	-	3
Diffusionskoefficient i luft		m <sup>2</sup> /s	
Fordeling i % (masse) i luft/vand/jord (umættet zone, sand)*		-	
Fordeling i % (masse) i vand/jord (mættet zone, sand)*		-	
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand umættet zone		mg/kg TS	
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand mættet zone		mg/kg TS	
Klassificering jf. listen over farlige stoffer	Carc2;R45 Xn;R65	-	4
Mærkning jf. listen over farlige stoffer	T; R45-65 S53-45	-	4
Kræftfremkaldende egenskaber	Gruppe 2B: muligvis kræftfremkaldende hos mennesker	-	1
Forventet nedbrydelighed	Fleste komponenter omsættes aerobt	-	
Jordkvalitetskriterium	25	mg/kg TS	5
Grundvandskriterium	9	µg/l	5
Luftkvalitetskriterium, afdampning	-	µg/m <sup>3</sup>	5
Benzin er et råoliedestillat i kogepunktsintervallet 50-165 °C			
Benzin indeholder alifatiske og aromatiske kulbrinter op til C10.			

\* Standardværdier for jordparametre fra JAGG 1.5

Navn	2-(2-butoxyethoxy) ethanol	Enhed	Referencer
Fulde navn/synonym	Monobutyl ether	-	
CAS nr.	112-34-5	-	
Kemisk formel	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O <sub>3</sub>	-	
Molvægt	162,2	g/mol	2
Densitet	967	kg/m <sup>3</sup>	2
Smeltepunkt	-68,1	°C	2
Kogepunkt	230,4	°C	2
Vandopløselighed (25 °C)	1000000	mg/l	8
Damptryk (25 °C)	2,92	Pa	8
Luftopløselighed (25 °C)	190	mg/m <sup>3</sup>	estimeret
Henrys lov konstant (25 °C)	-	-	8
log Kow	0,56	-	8
Diffusionskoefficient i luft**	4,87E-06	m <sup>2</sup> /s	estimeret
Fordeling i % (masse) i luft/vand/jord (umættet zone, sand)*	0/99/1	-	3
Fordeling i % (masse) i vand/jord (mættet zone, sand)*	100/0	-	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand umættet zone	100000	mg/kg TS	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand mættet zone	300000	mg/kg TS	3
Klassificering jf. listen over farlige stoffer	XI; R36	-	4
Mærkning jf. listen over farlige stoffer	XI; R36 S(2-)24-26	-	4
Kræftfremkaldende egenskaber	-	-	
Forventet nedbrydelighed	-	-	
Jordkvalitetskriterium	-	mg/kg TS	
Grundvandskriterium	-	µg/l	
Luftkvalitetskriterium, afdampning	-	µg/m <sup>3</sup>	
Stoffet har en toxicitet, der er langt lavere end benzens			9

\* Standardværdier for jordparametre fra JAGG 1.5

\*\* Estimeret ud fra n-oktans diffusionskoefficient

Navn	n-butylacetat	Enhed	Referencer
Fulde navn/synonym		-	
CAS nr.	123-86-4	-	
Kemisk formel	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	-	
Molvægt	116,16	g/mol	2
Densitet	882	kg/m <sup>3</sup>	2
Smeltepunkt	-106,2	°C	2
Kogepunkt	126,1	°C	2
Vandopløselighed (25 °C)	8400	mg/l	8
Damptryk (25 °C)	1533	Pa	8
Luftopløselighed (25 °C)	72000	mg/m <sup>3</sup>	estimeret
Henrys lov konstant (25 °C)	0,01	-	estimeret
log Kow	1,78	-	8
Diffusionskoefficient i luft**	5,75E-06	m <sup>2</sup> /s	
Fordeling i % (masse) i luft/vand/jord (umættet zone, sand)*	1/90/9	-	3
Fordeling i % (masse) i vand/jord (mættet zone, sand)*	97/3	-	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand umættet zone	950	mg/kg TS	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand mættet zone	2700	mg/kg TS	3
Klassificering jf. listen over farlige stoffer	R10 R66 R67	-	4
Mærkning jf. listen over farlige stoffer	R10-66-67 S(2)-25	-	4
Kræftfremkaldende egenskaber	-	-	
Forventet nedbrydelighed	kan sandsynligvis nedbrydes	-	
Jordkvalitetskriterium	-	mg/kg TS	
Grundvandskriterium	10	µg/l	3
Luftkvalitetskriterium, afdampning	100	µg/m <sup>3</sup>	3

\* Standardværdier for jordparametre fra JAGG 1.5

\*\* Estimeret ud fra n-oktans diffusionskoefficient

Navn	CA	Enhed	Referencer
Fulde navn/synonym	Chlorethan, Ethylchlorid	-	
CAS nr.	75-00-3	-	
Kemisk formel	C2H5Cl	-	2
Molvægt	64,5	g/mol	2
Densitet	920	kg/m <sup>3</sup>	2
Smeltepunkt	-136,4	°C	2
Kogepunkt	12,3	°C	2
Vandopløselighed (25 °C)	6710	mg/l	8
Damptryk (20 °C)	134700	Pa	8
Luftopløselighed (25 °C)	3508000	mg/m <sup>3</sup>	estimeret
Henrys lov konstant (24 °C)	0,46	-	estimeret
log Kow	1,43	-	8
Diffusionskoefficient i luft	1,10E-05	m <sup>2</sup> /s	3
Fordeling i % (masse) i luft/vand/jord (umættet zone, sand)*	54/44/2	-	3
Fordeling i % (masse) i vand/jord (mættet zone, sand)*	99/1	-	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand umættet zone	1400	mg/kg TS	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand mættet zone	2100	mg/kg TS	3
Klassificering jf. listen over farlige stoffer	Fx;R12 Carc3; R40 R52/53	-	4
Mærkning jf. listen over farlige stoffer	Fx,Xn; R12-40-52/53 S(2-)9-16-33-36/37- 61	-	4
Kræftfremkaldende egenskaber	Gruppe 3: ikke tilstrækkelig bevis for kræftfremkaldende effekt hos mennesker	-	1
Forventet nedbrydelighed	Kan sandsynligvis nedbrydes abiotisk. Der vides meget lidt om evt. biologisk nedbrydning	-	10
Jordkvalitetskriterium	-	mg/kg TS	
Grundvandskriterium	1	µg/l	3
Luftkvalitetskriterium, afdampning	-	µg/m <sup>3</sup>	

\* Standardværdier for jordparametre fra JAGG 1.5

Navn	CFC-113	Enhed	Referencer
Fulde navn/synonym	1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroethane	-	
CAS nr.	76-13-1	-	
Kemisk formel	C2Cl3F3	-	
Molvægt	187,4	g/mol	2
Densitet	1575	kg/m <sup>3</sup>	2
Smeltepunkt	-36,4	°C	2
Kogepunkt	47,6	°C	2
Vandopløselighed	170	mg/l	6
Damptryk (25 °C)	48000	Pa	6
Luftopløselighed (25 °C)	3632000	mg/m <sup>3</sup>	estimeret
Henrys lov konstant (25 °C)	21,4	-	estimeret
log Kow	3,16	-	6
Diffusionskoefficient i luft	6,70E-06	m <sup>2</sup> /s	estimeret
Fordeling i % (masse) i luft/vand/jord (umættet zone, sand)*	92/2/6	-	3
Fordeling i % (masse) i vand/jord (mættet zone, sand)*	52/48	-	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand umættet zone	800	mg/kg TS	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand mættet zone	100	mg/kg TS	3
Klassificering jf. listen over farlige stoffer	-	-	4
Mærkning jf. listen over farlige stoffer	-	-	4
Kræftfremkaldende egenskaber	-	-	1
Forventet nedbrydelighed	Kan nedbrydes anaerobt	-	
Jordkvalitetskriterium	-	mg/kg TS	5
Grundvandskriterium	1	µg/l	5
Luftkvalitetskriterium, afdampning	-**	µg/m <sup>3</sup>	5
Reguleret via Montrealprotokollen - forbudt at anvende i dag			

\* Standardværdier for jordparametre fra JAGG 1.5

\*\* der er ikke fastsat B-værdi for stoffet

Navn	1,1-DCA	Enhed	Referencer
Fulde navn/synonym	1,1-Dichlorethan	-	
CAS nr.	75-34-3	-	
Kemisk formel	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	-	
Molvægt	98,96	g/mol	11
Densitet		kg/m <sup>3</sup>	
Smeltepunkt	-97,4	°C	11
Kogepunkt	57,3	°C	11
Vandopløselighed	4767	mg/l	3
Damptryk (25 °C)	30260	Pa	3
Luftopløselighed (25 °C)	1209000	mg/m <sup>3</sup>	estimeret
Henrys lov konstant (25 °C)	0,25	-	estimeret
log Kow	1,79	-	3
Diffusionskoefficient i luft	9,20E-06	m <sup>2</sup> /s	3
Fordeling i % (masse) i luft/vand/jord (umættet zone, sand)*	32/62/6	-	3
Fordeling i % (masse) i vand/jord (mættet zone, sand)*	97/3	-	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand umættet zone	800	mg/kg TS	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand mættet zone	1500	mg/kg TS	3
Klassificering jf. listen over farlige stoffer	F;R11 Xn;R22 Xi;R36/37 R52/53	-	
Mærkning jf. listen over farlige stoffer	F,Xn; R11-22-36/37-52/53 S(2-)16-23-61-	-	
Kræftfremkaldende egenskaber	-	-	
Forventet nedbrydelighed	Kan nedbrydes biologisk under anaerobe forhold (og evt. langsomt under aerobe forhold)	-	10
Jordkvalitetskriterium	-	mg/kg TS	
Grundvandskriterium	1	µg/l	3
Luftkvalitetskriterium, afdampning	-	µg/m <sup>3</sup>	

\* Standardværdier for jordparametre fra JAGG 1.5



Navn	Cis-DCE	Enhed	Referencer
Fulde navn/synonym	cis-Dichlorethen, cis-Dichlorethylen	-	
CAS nr.	156-59-2	-	
Kemisk formel	C2H2Cl2	-	
Molvægt	96,9	g/mol	2
Densitet	1284	kg/m <sup>3</sup>	2
Smeltepunkt	-80,5	°C	2
Kogepunkt	60	°C	2
Vandopløselighed	3500	mg/l	3
Damptryk (25 °C)	27000	Pa	3
Luftopløselighed (25 °C)	1056000	mg/m <sup>3</sup>	estimeret
Henrys lov konstant (25 °C)	0,30	-	estimeret
log Kow	1,86	-	3
Diffusionskoefficient i luft	1,00E-05	m <sup>2</sup> /s	3
Fordeling i % (masse) i luft/vand/jord (umættet zone, sand)*	35/58/7	-	3
Fordeling i % (masse) i vand/jord (mættet zone, sand)*	88/12	-	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand umættet zone	620	mg/kg TS	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand mættet zone	370	mg/kg TS	3
Klassificering jf. listen over farlige stoffer	F;R11 Xn;R20 R52/53	-	4
Mærkning jf. listen over farlige stoffer	F,Xn; R11-20-52/53 S(2-)7-16-29-61	-	4
Kræftfremkaldende egenskaber	-	-	1
Forventet nedbrydelighed	Kan omsættes under både aerobe og anaerobe forhold	-	
Jordkvalitetskriterium	85	mg/kg TS	5
Grundvandskriterium	1	µg/l	5
Luftkvalitetskriterium, afdampning	400	µg/m <sup>3</sup>	5

\* Standardværdier for jordparametre fra JAGG 1.5

Navn	1,1-DCE	Enhed	Referencer
Fulde navn/synonym	1,1-Dichlorethen, 1,1-Dichlorethylen, vinyliden chlorid	-	
CAS nr.	75-35-4	-	
Kemisk formel	C2H2Cl2	-	
Molvægt	96,95	g/mol	2
Densitet	1210	kg/m <sup>3</sup>	2
Smeltepunkt	-122,1	°C	2
Kogepunkt	31,7	°C	2
Vandopløselighed (25 °C)	2420	mg/l	8
Damptryk (25 °C)	80000	Pa	8
Luftopløselighed (25 °C)	3132000	mg/m <sup>3</sup>	estimeret
Henrys lov konstant (25 °C)	1,07	-	8
log Kow	2,13	-	8
Diffusionskoefficient i luft	1,00E-05	m <sup>2</sup> /s	3
Fordeling i % (masse) i luft/vand/jord (umættet zone, sand)*	68/26/6	-	3
Fordeling i % (masse) i vand/jord (mættet zone, sand)*	93/7	-	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand umættet zone	950	mg/kg TS	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand mættet zone	800	mg/kg TS	3
Klassificering jf. listen over farlige stoffer	Fx;R12 Xn;R20 Carc3; R40	-	4
Mærkning jf. listen over farlige stoffer	Fx,Xn; R12-20-40 S(2-)7-16-29-36/37-46	-	4
Kræftfremkaldende egenskaber	Gruppe 3: ikke tilstrækkelig bevis for kræftfremkaldende effekt hos mennesker	-	1
Forventet nedbrydelighed	Kan nedbrydes biologisk under anaerobe forhold	-	10
Jordkvalitetskriterium	5	mg/kg TS	3
Grundvandskriterium	1	µg/l	3
Luftkvalitetskriterium, afdampning	10	µg/m <sup>3</sup>	3

\* Standardværdier for jordparametre fra JAGG 1.5

Navn	EDTA	Enhed	Referencer
Fulde navn/synonym	Ethylendiamintetraacetic acid	-	
CAS nr.	60-00-4	-	
Kemisk formel	C10H16N2O8	-	
Molvægt	292,2	g/mol	2
Densitet		kg/m <sup>3</sup>	
Smeltepunkt	245	°C	2
Kogepunkt	558	°C	12
Vandopløselighed (25 °C)	1000	mg/l	8
Damptryk (25 °C)	2,00E-10	Pa	8
Luftopløselighed (25 °C)	0	mg/m <sup>3</sup>	estimeret
Henrys lov konstant (25 °C)	-	-	estimeret
log Kow	-3,86	-	8
Diffusionskoefficient i luft**	3,63E-06	m <sup>2</sup> /s	estimeret
Fordeling i % (masse) i luft/vand/jord (umættet zone, sand)*	0/100/0	-	3
Fordeling i % (masse) i vand/jord (mættet zone, sand)*	100/0	-	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand umættet zone	100	mg/kg TS	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand mættet zone	300	mg/kg TS	3
Mærkning jf. listen over farlige stoffer	-	-	4
Klassificering jf. listen over farlige stoffer	-	-	4
Kræftfremkaldende egenskaber	-	-	
Forventet nedbrydelighed	Ikke nedbrydeligt	-	
Jordkvalitetskriterium	-	mg/kg TS	
Grundvandskriterium	-	µg/l	
Luftkvalitetskriterium, afdampning	-	µg/m <sup>3</sup>	
En maksimalt accepteret vandkoncentration på 25 µg/L anbefales***			

\* Standardværdier for jordparametre fra JAGG 1.5

\*\* Estimeret ud fra n-oktans diffusionskoefficient

\*\*\*Wolf, K, Gilbert, PA; in The Handbook of Environmental Chemistry. Hutzinger O, ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag 3F: 243-259 (1992)

Navn	(2-methoxymethyl-ethoxy)propanol	Enhed	Referencer
Fulde navn/synonym	Dipropylen glycol methyl ether	-	
CAS nr.	34590-94-8	-	
Kemisk formel	C7H16O3	-	
Molvægt	148,2	g/mol	2
Densitet		kg/m <sup>3</sup>	
Smeltepunkt	-83	°C	2
Kogepunkt	190	°C	2
Vandopløselighed (25 °C)	1000000	mg/l	6
Damptryk (25 °C)	73	Pa	6
Luftopløselighed (25 °C)	4400	mg/m <sup>3</sup>	estimeret
Henrys lov konstant (25 °C)	-	-	estimeret
log Kow	-0,35	-	8
Diffusionskoefficient i luft**	5,09E-06	m <sup>2</sup> /s	estimeret
Fordeling i % (masse) i luft/vand/jord (umættet zone, sand)*	0/100/0	-	3
Fordeling i % (masse) i vand/jord (mættet zone, sand)*	0/100	-	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand umættet zone	100000	mg/kg TS	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand mættet zone	300000	mg/kg TS	3
Klassificering jf. listen over farlige stoffer	-	-	
Mærkning jf. listen over farlige stoffer	-	-	
Kræftfremkaldende egenskaber	-	-	
Forventet nedbrydelighed	-	-	
Jordkvalitetskriterium	-	mg/kg TS	
Grundvandskriterium	-	µg/l	
Luftkvalitetskriterium, afdampning	-	µg/m <sup>3</sup>	

\* Standardværdier for jordparametre fra JAGG 1.5

\*\* Estimeret ud fra n-oktans diffusionskoefficient

Navn	4-methylpentan-on	Enhed	Referencer
Fulde navn/synonym	2-methyl-4-pentanon; methyl isobutyl keton	-	
CAS nr.	108-10-1	-	
Kemisk formel	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	-	
Molvægt	100,2	g/mol	2
Densitet	797,8	kg/m <sup>3</sup>	2
Smeltepunkt	-80	°C	2
Kogepunkt	117,4	°C	2
Vandopløselighed (25 °C)	19000	mg/l	2
Damptryk (25 °C)	2653	Pa	8
Luftopløselighed (25 °C)	107000	mg/m <sup>3</sup>	estimeret
Henrys lov konstant (25 °C)	0,01	-	estimeret
log Kow	1,31	-	8
Diffusionskoefficient i luft**	6,19E-06	m <sup>2</sup> /s	estimeret
Fordeling i % (masse) i luft/vand/jord (umættet zone, sand)*	1/96/3	-	3
Fordeling i % (masse) i vand/jord (mættet zone, sand)*	99/1	-	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand umættet zone	2050	mg/kg TS	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand mættet zone	6000	mg/kg TS	3
Klassificering jf. listen over farlige stoffer	F; R11 Xn;R20 Xi;R36/37 R66	-	4
Mærkning jf. listen over farlige stoffer	F,Xn;R11-20-36/37-66 S(2)-9-16-29	-	4
Kræftfremkaldende egenskaber	-	-	
Forventet nedbrydelighed	-	-	
Jordkvalitetskriterium	-	mg/kg TS	
Grundvandskriterium	10	µg/l	
Luftkvalitetskriterium, afdampning	200	µg/m <sup>3</sup>	
En maximal accepteret værdi i luft på 3 mg/m <sup>3</sup> angives			13

\* Standardværdier for jordparametre fra JAGG 1.5

\*\* Estimeret ud fra n-oktans diffusionskoefficient

Navn	Nonylphenol	Enhed	Referencer
Fulde navn/synonym		-	
CAS nr.	25154-52-3	-	
Kemisk formel	C15H24O	-	
Molvægt	220,4	g/mol	
Densitet	-	kg/m <sup>3</sup>	
Smeltepunkt	-	°C	
Kogepunkt	293-297	°C	2
Vandopløselighed	6,35	mg/l	8
Damptryk (25 °C)	3,10E-03	Pa	8
Luftopløselighed (25 °C)	0	mg/m <sup>3</sup>	estimeret
Henrys lov konstant (25 °C)	-	-	estimeret
log Kow	5,71	-	8
Diffusionskoefficient i luft**	4,17E-06	m <sup>2</sup> /s	estimeret
Fordeling i % (masse) i luft/vand/jord (umættet zone, sand)*	0/0/100	-	3
Fordeling i % (masse) i vand/jord (mættet zone, sand)*	0/100	-	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand umættet zone	800	mg/kg TS	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand mættet zone	800	mg/kg TS	3
Klassificering jf. listen over farlige stoffer	Xn;R22 C;R34 Rep3;R62-63 N;R50/53	-	4
Mærkning jf. listen over farlige stoffer	C,N; R22-34-62-63-50/53 S (1/2) 26-36/37/39-45-46-60-61	-	4
Kræftfremkaldende egenskaber	-	-	
Forventet nedbrydelighed	Svært nedbrydelig	-	
Jordkvalitetskriterium	25	mg/kg TS	3
Grundvandskriterium	20	µg/l	3
Luftkvalitetskriterium, afdampning	20	µg/m <sup>3</sup>	3

\* Standardværdier for jordparametre fra JAGG 1.5

\*\* Estimeret ud fra n-oktans diffusionskoefficient

Navn	Isoalkaner	Enhed	Referencer
Fulde navn/synonym	Isoparaffiner	-	
CAS nr.**	flere forskellige, se nedenfor	-	3
Kemisk formel	Blandingsprodukt	-	
Molvægt, gennemsnit	130-210	g/mol	3
Densitet	740-830	kg/m <sup>3</sup>	3
Smeltepunkt		°C	
Kogepunkt (ca. varierer efter sammensætning)	150-290	°C	3
Vandopløselighed***	<0,15	mg/l	3
Damptryk (25 °C)	0,1-1000	Pa	3
Luftopløselighed (25 °C)		mg/m <sup>3</sup>	
Henrys lov konstant (25 °C)		-	
log Kow	2,1-8,7	-	3
Diffusionskoefficient i luft		m <sup>2</sup> /s	
Fordeling i % (masse) i luft/vand/jord (umættet zone, sand)*		-	
Fordeling i % (masse) i vand/jord (mættet zone, sand)*		-	
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand umættet zone		mg/kg TS	
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand mættet zone		mg/kg TS	
Klassificering jf. listen over farlige stoffer	Carc2;R45 Xn;R65	-	4
Mærkning jf. listen over farlige stoffer	T; R45-65 S53-45	-	4
Kræftfremkaldende egenskaber	Gruppe 2A: sandsynligvis kræftfremkaldende hos mennesker Gruppe 2B: muligvis kræftfremkaldende hos mennesker	-	1
Forventet nedbrydelighed		-	
Jordkvalitetskriterium	100	mg/kg TS	5
Grundvandskriterium	9	µg/l	5
Luftkvalitetskriterium, afdampning	600	µg/m <sup>3</sup>	3
Destillationsprodukt af olie, interval	185-200	°C	
Indeholder typisk mættede ligekædede og cykliske alifater i intervallet	C10-C13		

\* Standardværdier for jordparametre fra JAGG 1.5

\*\*fx 64742-48-9, 90622-57-4, 90622-58-5, 64741-65-7, 64742-47-8, 68551-17-7, 1120-21-4

\*\*\*CAS nr 64742-48-9 < 1g/l

Navn	PCE	Enhed	Referencer
Fulde navn/synonym	Tetrachlorethen, Perchlorethylene, Per, samt en lang række handelsnavne	-	
CAS nr.	127-18-4	-	
Kemisk formel	C2Cl4	-	
Molvægt	165,8	g/mol	2
Densitet	1623	kg/m <sup>3</sup>	2
Smeltepunkt	-22,3	°C	2
Kogepunkt	121,1	°C	2
Vandopløselighed	240	mg/l	3
Damptryk (25 °C)	2415	Pa	3
Luftopløselighed (25 °C)	161700	mg/m <sup>3</sup>	estimeret
Henrys lov konstant (25 °C)	0,67	-	estimeret
log Kow	2,88	-	3
Diffusionskoefficient i luft	8,00E-06	m <sup>2</sup> /s	3
Fordeling i % (masse) i luft/vand/jord (umættet zone, sand)*	36/27/37	-	3
Fordeling i % (masse) i vand/jord (mættet zone, sand)*	68/32	-	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand umættet zone	90	mg/kg TS	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand mættet zone	110	mg/kg TS	3
Klassificering jf. listen over farlige stoffer	Carc3;R40 N;R51/53	-	4
Mærkning jf. listen over farlige stoffer	Xn,N; R40-51/53 S(2-)23-36/37-61	-	4
Kræftfremkaldende egenskaber	Gruppe 2A: sandsynligvis kræftfremkaldende hos mennesker	-	1
Forventet nedbrydelighed	Kan nedbrydes anaerobt, stort set ingen aerob nedbrydning	-	
Jordkvalitetskriterium	5	mg/kg TS	5
Grundvandskriterium	1	µg/l	5
Luftkvalitetskriterium, afdampning	6	µ g/m <sup>3</sup>	5

\* Standardværdier for jordparametre fra JAGG 1.5



Navn	PFOA	Enhed	Referencer
Fulde navn/synonym	Perfluorooctansyre	-	
CAS nr.	335-67-1	-	
Kemisk formel	C <sub>8</sub> HF <sub>15</sub> O <sub>2</sub>	-	
Molvægt	414,1	g/mol	8
Densitet		kg/m <sup>3</sup>	
Smeltepunkt	55	°C	8
Kogepunkt	189	°C	8
Vandopløselighed	9500	mg/l	8
Damptryk (25 °C)	70	Pa	8
Luftopløselighed (25 °C)	11700	mg/m <sup>3</sup>	estimeret
Henrys lov konstant (25 °C)	-	-	estimeret
log Kow	6,3	-	8
Diffusionskoefficient i luft**	3,05E-06	m <sup>2</sup> /s	estimeret
Fordeling i % (masse) i luft/vand/jord (umættet zone, sand)*	0/100	-	3
Fordeling i % (masse) i vand/jord (mættet zone, sand)*	0/100	-	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand umættet zone	enormt høj	mg/kg TS	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand mættet zone	enormt høj	mg/kg TS	3
Klassificering jf. listen over farlige stoffer	Er på MST liste over uønskede stoffer (PFOS forbindelse)	-	4
Mærkning jf. listen over farlige stoffer	-	-	
Kræftfremkaldende egenskaber	-	-	
Forventet nedbrydelighed	ikke nedbrydelig	-	
Jordkvalitetskriterium	-	mg/kg TS	
Grundvandskriterium	-	µ g/l	
Luftkvalitetskriterium, afdampning	-	µ g/m <sup>3</sup>	

\* Standardværdier for jordparametre fra JAGG 1.5

\*\* Estimeret ud fra n-oktans diffusionskoefficient

Navn	PFOS	Enhed	Referencer
Fulde navn/synonym	Perfluorooctansulfonat	-	
CAS nr.	1763-23-1	-	
Kemisk formel	C <sub>8</sub> HF <sub>17</sub> O <sub>3</sub> S	-	
Molvægt	500,1	g/mol	9
Densitet		kg/m <sup>3</sup>	
Smeltepunkt	52	°C	12
Kogepunkt	133	°C	9
Vandopløselighed	370	mg/l	9
Damptryk (25 °C)	2,60E-04	Pa	9
Luftopløselighed (25 °C)	0	mg/m <sup>3</sup>	estimeret
Henrys lov konstant (25 °C)	-	-	estimeret
log Kow	5	-	9
Diffusionskoefficient i luft**	2,77E-06	m <sup>2</sup> /s	estimeret
Fordeling i % (masse) i luft/vand/jord (umættet zone, sand)*	0/0/100	-	3
Fordeling i % (masse) i vand/jord (mættet zone, sand)*	1/99	-	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand umættet zone	8500	mg/kg TS	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand mættet zone	8500	mg/kg TS	3
Klassificering jf. listen over farlige stoffer	Er på MST liste over uønskede stoffer	-	4
Mærkning jf. listen over farlige stoffer	-	-	
Kræftfremkaldende egenskaber	-	-	
Forventet nedbrydelighed	ikke nedbrydelig	-	
Jordkvalitetskriterium	-	mg/kg TS	
Grundvandskriterium	-	µg/l	
Luftkvalitetskriterium, afdampning	-	µg/m <sup>3</sup>	

\* Standardværdier for jordparametre fra JAGG 1.5

\*\* Estimeret ud fra n-oktans diffusionskoefficient

Navn	Polyethylenglycol	Enhed	Referencer
Fulde navn/synonym	Polyethylenoxid, PEC	-	
CAS nr.	25322-68-3	-	
Kemisk formel	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	-	
Molvægt	62,07	g/mol	2
Densitet	1101	kg/m <sup>3</sup>	2
Smeltepunkt	65	°C	2
Kogepunkt	153,5	°C	12
Vandopløselighed	10000	mg/l	2
Damptryk (25 °C)	114	Pa	12
Luftopløselighed (25 °C)	2860	mg/m <sup>3</sup>	estimeret
Henrys lov konstant (25 °C)	-	-	estimeret
log Kow	-1,2	-	12
Diffusionskoefficient i luft**	7,87E-06	m <sup>2</sup> /s	estimeret
Fordeling i % (masse) i luft/vand/jord (umættet zone, sand)*	0/100/0	-	3
Fordeling i % (masse) i vand/jord (mættet zone, sand)*	100/0	-	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand umættet zone	1000	mg/kg TS	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand mættet zone	3100	mg/kg TS	3
Klassificering jf. listen over farlige stoffer		-	
Mærkning jf. listen over farlige stoffer		-	
Kræftfremkaldende egenskaber	-	-	
Forventet nedbrydelighed		-	
Jordkvalitetskriterium	-	mg/kg TS	
Grundvandskriterium	-	µg/l	
Luftkvalitetskriterium, afdampning	-	µg/m <sup>3</sup>	
Angives som meget lidt toksisk***			

\* Standardværdier for jordparametre fra JAGG 1.5

\*\* Estimeret ud fra n-oktans diffusionskoefficient

\*\*\* Osol, A. and JE Hoover (eds.) Remington's Pharmaceutical Sciences. 15<sup>th</sup> ed. Easton, Pennsylvania: Mack Publishing Co., 1975, p. 1535

Navn	Rynex 1	Enhed	Referencer
Fulde navn/synonym	Propyleneglycol-tert-butylether.	-	
CAS nr.	57018-52-7	-	
Kemisk formel	C7H16O2	-	
Molvægt	132,21	g/mol	2
Densitet	870	kg/m <sup>3</sup>	2
Smeltepunkt		°C	2
Kogepunkt	151	°C	2
Vandopløselighed	>100000	mg/l	3
Damptryk (25 °C)	480	Pa	3
Luftopløselighed (25 °C)	25600	mg/m <sup>3</sup>	estimeret
Henrys lov konstant (25 °C)	< 0.0003	-	estimeret
log Kow	0,87	-	6
Diffusionskoefficient i luft	7,90E-06	m <sup>2</sup> /s	estimeret
Fordeling i % (masse) i luft/vand/jord (umættet zone, sand)*	0/99/1	-	3
Fordeling i % (masse) i vand/jord (mættet zone, sand)*	100/0	-	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand umættet zone	10000	mg/kg TS	3
Klassificering jf. listen over farlige stoffer	31000	mg/kg TS	3
Mærkning jf. listen over farlige stoffer	R10 Xi;R41	-	4
Kræftfremkaldende egenskaber	Xi;R10-41 S(2-) 26-39	-	4
Forventet nedbrydelighed	-	-	1
Jordkvalitetskriterium		-	
Grundvandskriterium	-	mg/kg TS	5
Luftkvalitetskriterium, afdampning	-	µg/l	5
Klassificering jf. listen over farlige stoffer	-	µg/m <sup>3</sup>	5

\* Standardværdier for jordparametre fra JAGG 1.5

Fordeling udregnet på baggrund af opløselighed på 100 g/l

Navn	Rynex 2	Enhed	Referencer
Fulde navn/synonym	Dipropyleneglycol-butylether	-	
CAS nr.	29911-28-2	-	
Kemisk formel	C10H22O3	-	
Molvægt	190,3	g/mol	2
Densitet	913	kg/m <sup>3</sup>	8
Smeltepunkt	<-75	°C	8
Kogepunkt	231	°C	7
Vandopløselighed	45000	mg/l	8
Damptryk (25 °C)	8	Pa	7
Luftopløselighed (25 °C)	615	mg/m <sup>3</sup>	estimeret
Henrys lov konstant (25 °C)	-	-	estimeret
log Kow	1,52	-	6
Diffusionskoefficient i luft	6,60E-06	m <sup>2</sup> /s	estimeret
Fordeling i % (masse) i luft/vand/jord (umættet zone, sand)*	0/95/5	-	3
Fordeling i % (masse) i vand/jord (mættet zone, sand)*	98/2	-	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand umættet zone	4900	mg/kg TS	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand mættet zone	14000	mg/kg TS	3
Klassificering jf. listen over farlige stoffer	-	-	4
Mærkning jf. listen over farlige stoffer	-	-	4
Kræftfremkaldende egenskaber	-	-	1
Forventet nedbrydelighed		-	
Jordkvalitetskriterium	-	mg/kg TS	5
Grundvandskriterium	-	µg/l	5
Luftkvalitetskriterium, afdampning	-	µg /m <sup>3</sup>	5

\* Standardværdier for jordparametre fra JAGG 1.5

Navn	4-tert-octylphenol	Enhed	Referencer
Fulde navn/synonym		-	
CAS nr.	140-66-9	-	
Kemisk formel	C <sub>14</sub> H <sub>22</sub> O	-	
Molvægt	206,3	g/mol	2
Densitet		kg/m <sup>3</sup>	
Smeltepunkt	84,5	°C	8
Kogepunkt	158	°C	8
Vandopløselighed	5	mg/l	8
Damptryk (25 °C)	0,064	Pa	8
Luftopløselighed (25 °C)	5	mg/m <sup>3</sup>	estimeret
Henrys lov konstant (25 °C)	-	-	estimeret
log Kow	5,28	-	8
Diffusionskoefficient i luft**	4,32E-06	m <sup>2</sup> /s	estimeret
Fordeling i % (masse) i luft/vand/jord (umættet zone, sand)*	0/0/100	-	3
Fordeling i % (masse) i vand/jord (mættet zone, sand)*	1/99	-	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand umættet zone	225	mg/kg TS	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand mættet zone	225	mg/kg TS	3
Klassificering jf. listen over farlige stoffer	-	-	
Mærkning jf. listen over farlige stoffer	-	-	
Kræftfremkaldende egenskaber	-	-	
Forventet nedbrydelighed	Svært nedbrydelig	-	
Jordkvalitetskriterium	-	mg/kg TS	
Grundvandskriterium	20 (Sum af octylphenol og nonylphenol).	µg/l	
Luftkvalitetskriterium, afdampning	-	µg/m <sup>3</sup>	

\* Standardværdier for jordparametre fra JAGG 1.5

\*\* Estimeret ud fra n-oktans diffusionskoefficient

Navn	1,1,1 TCA	Enhed	Referencer
Fulde navn/synonym	1,1,1 Tri-chlorethan, Methyl-chloroform	-	
CAS nr.	71-55-6	-	
Kemisk formel	C2H3Cl3	-	
Molvægt	133,4	g/mol	2
Densitet	1338	kg/m <sup>3</sup>	2
Smeltepunkt	-32,6	°C	2
Kogepunkt	74,1	°C	2
Vandopløselighed	1250	mg/l	3
Damptryk (25 °C)	16500	Pa	3
Luftopløselighed (25 °C)	89000	mg/m <sup>3</sup>	estimeret
Henrys lov konstant (25 °C)	0,07	-	estimeret
log Kow	2,49	-	3
Diffusionskoefficient i luft	7,90E-06	m <sup>2</sup> /s	3
Fordeling i % (masse) i luft/vand/jord (umættet zone, sand)*	48/34/18	-	3
Fordeling i % (masse) i vand/jord (mættet zone, sand)*	85/15	-	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand umættet zone	380	mg/kg TS	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand mættet zone	460	mg/kg TS	3
Klassificering jf. listen over farlige stoffer	Xn;R20 N;R59	-	4
Mærkning jf. listen over farlige stoffer	Xn,N; R20-59 S(2-) 24/25-59-61	-	4
Kræftfremkaldende egenskaber	Gruppe 3: ikke tilstrækkelig bevis for kræftfremkaldende effekt hos mennesker	-	1
Forventet nedbrydelighed	Kan nedbrydes abiotisk under både aerobe og anaerobe forhold og biologisk under anaerobe forhold (og evt. langsomt under aerobe forhold)	-	10
Jordkvalitetskriterium	200	mg/kg TS	5
Grundvandskriterium	1	µg/l	5
Luftkvalitetskriterium, afdampning	500	µg/m <sup>3</sup>	5

\* Standardværdier for jordparametre fra JAGG 1.5

Navn	TCE, Trichlorethen, Tri, samt en lang række handelsnavne	Enhed	Referencer
Fulde navn/synonym	Trichlorethylen, Trichlorethen, Tri, samt mange handelsnavne	-	
CAS nr.	79-01-6	-	
Kemisk formel	C2HCl3	-	
Molvægt	131,4	g/mol	2
Densitet	1462	kg/m <sup>3</sup>	2
Smeltepunkt	-86	°C	2
Kogepunkt	86,7	°C	2
Vandopløselighed	1400	mg/l	3
Damptryk (25 °C)	9900	Pa	3
Luftopløselighed (25 °C)	525000	mg/m <sup>3</sup>	estimeret
Henrys lov konstant (25 °C)	0,38	-	estimeret
log Kow	2,53	-	3
Diffusionskoefficient i luft	8,80E-06	m <sup>2</sup> /s	3
Fordeling i % (masse) i luft/vand/jord (umættet zone, sand)*	32/43/26	-	3
Fordeling i % (masse) i vand/jord (mættet zone, sand)*	83/17	-	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand umættet zone	340	mg/kg TS	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand mættet zone	520	mg/kg TS	3
Klassificering jf. listen over farlige stoffer	Carc2;R45 Xi;R36/38 R67 Mut3;R68 R52/53	-	4
Mærkning jf. listen over farlige stoffer	T; R45-36/38-67- 68-52/53 S53-45-61	-	4
Kræftfremkaldende egenskaber	Gruppe 2A: sandsynligvis kræftfremkaldende hos mennesker mennesker	-	1
Forventet nedbrydelighed	Kan nedbrydes anaerobt, stort set ingen aerob nedbrydning	-	10
Jordkvalitetskriterium	5	mg/kg TS	5
Grundvandskriterium	1	µg/l	5
Luftkvalitetskriterium, afdampning	1	µg/m <sup>3</sup>	5

\* Standardværdier for jordparametre fra JAGG 1.5



Navn	Terpentin	Enhed	Referencer
Fulde navn/synonym	Mineralsk tepentin	-	
CAS nr.	8052-41-3	-	
Kemisk formel	Blandingsprodukt	-	
Molvægt, gennemsnit	150	g/mol	2
Densitet	780	kg/m <sup>3</sup>	2
Smeltepunkt		°C	
Kogepunkt (ca. varierer efter sammensætning)	150-200	°C	2
Vandopløselighed	10-20	mg/l	2
Damptryk (25 °C)	500-1500	Pa	2
Luftopløselighed (25 °C)**	60572	mg/m <sup>3</sup>	
Henrys lov konstant (25 °C)**	4,04	-	
log Kow	3-7	-	3
Diffusionskoefficient i luft		m <sup>2</sup> /s	
Fordeling i % (masse) i luft/vand/jord (umættet zone, sand)*	3/1/96	-	3
Fordeling i % (masse) i vand/jord (mættet zone, sand)*	1/99	-	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand umættet zone	350	mg/kg TS	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand mættet zone	350	mg/kg TS	3
Klassificering jf. listen over farlige stoffer	Carc2;R45 R10 Xn;R48/20-65	-	4
Mærkning jf. listen over farlige stoffer	T; R45-10-48/20-65 S53-45	-	4
Kræftfremkaldende egenskaber	Gruppe 3: ikke tilstrækkelig bevis for kræftfremkaldende effekt hos mennesker	-	1
Forventet nedbrydelighed	-	-	
Jordkvalitetskriterium	25	mg/kg TS	5
Grundvandskriterium	9	µg/l	5
Luftkvalitetskriterium, afdampning	200	µg/m <sup>3</sup>	5
Destillationsprodukt af olie, interval	170-210	°C	
Indeholder typisk mættede ligekædede og cykliske alifater og aromater i C7-C12 intervallet (15-20 %) og ca. 80 % C9-C11 alifater og aromater			

\* Standardværdier for jordparametre fra JAGG 1.5, damptryk på 1000 Pa, vandopløselighed på 15 mg/l og logKow på 5

\*\* Estimeret ved damptryk på 1000 Pa og vandopløselighed på 15 mg/l

Navn	Tributylphosphat	Enhed	Referencer
Fulde navn/synonym	Phosphor syre tributyl ester	-	
CAS nr.	126-73-8	-	
Kemisk formel	C <sub>12</sub> H <sub>27</sub> O <sub>4</sub> P	-	
Molvægt	266,3	g/mol	2
Densitet	979	kg/m <sup>3</sup>	2
Smeltepunkt	-80	°C	2
Kogepunkt	289	°C	2
Vandopløselighed (25 °C)	280	mg/l	8
Damptryk (25 °C)	0,15	Pa	8
Luftopløselighed (25 °C)	16	mg/m <sup>3</sup>	8
Henrys lov konstant (25 °C)	-	-	8
log Kow	4	-	
Diffusionskoefficient i luft		m <sup>2</sup> /s	
Fordeling i % (masse) i luft/vand/jord (umættet zone, sand)*	600	-	3
Fordeling i % (masse) i vand/jord (mættet zone, sand)*	700	-	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand umættet zone	0/5/95	mg/kg TS	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand mættet zone	13/87	mg/kg TS	3
Klassificering jf. listen over farlige stoffer	Xn;R22 Xi;R38; R38 Carc3; R40	-	4
Mærkning jf. listen over farlige stoffer	Xn; R22-38-40 S(2-)36/37-46	-	4
Kræftfremkaldende egenskaber	-	-	
Forventet nedbrydelighed	-	-	
Jordkvalitetskriterium	-	mg/kg TS	
Grundvandskriterium	-	µg/l	
Luftkvalitetskriterium, afdampning	-	µg/m <sup>3</sup>	

\* Standardværdier for jordparametre fra JAGG 1.5

Navn	VC	Enhed	Referencer
Fulde navn/synonym	Vinylchlorid, Chlorethen	-	
CAS nr.	75-01-4	-	
Kemisk formel	C2H3Cl	-	
Molvægt	62,5	g/mol	2
Densitet	911	kg/m <sup>3</sup>	2
Smeltepunkt	-153,7	°C	2
Kogepunkt	-13,9	°C	2
Vandopløselighed	2763	mg/l	3
Damptryk (25 °C)	354600	Pa	3
Luftopløselighed (25 °C)	8950000	mg/m <sup>3</sup>	estimeret
Henrys lov konstant (25 °C)	3,24	-	estimeret
log Kow	1,38	-	3
Diffusionskoefficient i luft	1,30E-05	m <sup>2</sup> /s	3
Fordeling i % (masse) i luft/vand/jord (umættet zone, sand)*	86/13/1	-	3
Fordeling i % (masse) i vand/jord (mættet zone, sand)*	99/1	-	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand umættet zone	ikke muligt	mg/kg TS	3
Maksimal jordkoncentration før fri fase, sand mættet zone	ikke muligt	mg/kg TS	3
Klassificering jf. listen over farlige stoffer	Carc1;R45 Fx;R12	-	4
Mærkning jf. listen over farlige stoffer	Fx,T; R45-12 S53-45	-	4
Kræftfremkaldende egenskaber	Gruppe 1: Kræftfremkaldende for mennesker,	-	1
Forventet nedbrydelighed	Kan nedbrydes aerobt og strengt anaerobt	-	10
Jordkvalitetskriterium	0,4	mg/kg TS	5
Grundvandskriterium	0,2	µg/l	5
Luftkvalitetskriterium, afdampning	0,04	µg/m <sup>3</sup>	5

\* Standardværdier for jordparametre fra JAGG 1.5



## Bilag 2. Erfaringsopsamling

På ejendomme med renserivirksomhed kan der som omtalt i branchevejledningen være flere kilder til jord- og grundvandsforurening. I kapitel 3 og 4 er udarbejdet oversigter over miljøbelastninger fra de forskellige aktiviteter, der kan forekomme, jf. tabel 4.1.

### AVJ's erfaringsopsamling (frem til 1998)

Ifølge Amternes Videncenter for Jordforurenings database over amternes registreringsundersøgelser (september 1998) var der frem til 1998 registreret oplysninger om undersøgelser på i alt 108 ejendomme med renserivirksomhed fordelt på ca. 75 renserier, og resten er kombinerede renserier og vaskerier samt møntvaskerier med selvbetjeningsrens /1/.

Ved de 6 hyppigst undersøgte potentielle forureningskilder, er der konstateret forurening som vist i tabel 1.

Tabel 1 Forureningshyppighed ved undersøgte potentielle forureningskilder /1/.

Potentiel forureningskilde	Kilder, hvor der er fundet forurening
Under bygning	65 % i 17 undersøgelser
Ved bygning	50 % i 71 undersøgelser
Olietanke	45 % i 29 undersøgelser
Afløbssystem	43 % i 74 undersøgelser
Spild	36 % i 11 undersøgelser
Uspecificeret oplag ude	33 % i 24 undersøgelser

Tallene i tabellen skal kun opfattes som retningsgivende, idet det ikke kan afvises, at nogle forureningskilder kan dække over andre. F.eks kan en del forureningskilder være talt med flere steder (f.eks i kategorierne "under bygning", "afløbs-system", "spild").

Trods dette er der en tydelig tendens. De tekniske undersøgelser viser, at der er størst mulighed for at træffe forurening ved kilder under bygning og ved bygninger samt ved afløbssystem, hvor der har foregået renseriaktiviteter. Men også ved olietanke, spild og udendørs oplag er forureningsrisikoen høj.

Der er ved de tekniske undersøgelser af de 108 ejendomme konstateret de i tabel 2 viste forureningsniveauer i de tre prøvetagningsmedier jord, grundvand og poreluft. Kun forureningskomponenter, for hvilke der er foretaget flere end 10 analyser, er medtaget i tabellen.

Erfaringerne viser, at de maksimalt fundne koncentrationsniveauer for såvel jord, vand som poreluft er meget høje for de hyppigst analyserede komponenter PCE, TCE og total kulbrinter. For TCA's vedkommende har analyser i jord kun i få tilfælde vist forurening, hvorimod analyser af vand og især poreluft hyppigt har vist forurening. Det samme gør sig gældende for nedbrydningsprodukterne vinylchlorid og DCE. Årsagen til dette er formodentlig, at TCA har en betydeligt højere vandopløselighed og et højere damptryk end TCE og PCE (se i øvrigt datablade i bilag).

I olieproduktgruppen er der først og fremmest analyseret på jordprøver. Der er påvist forholdsvis høje forureningsniveauer i disse. Benzen er kun påvist i vand- og poreluftprøver i relativt lave koncentrationsniveauer, hvorimod

toluen og xylener er påvist i relativt større koncentrationer i vand og især i poreluftprøver.

Sammenfattende er der ved rensier hovedsageligt truffet forurening med olieprodukter i jord samt forurening med BTEX og chlorerede opløsningsmidler i grundvand og poreluft.

Tabel 2 Max.koncentrationsniveauer i tekniske undersøgelser på 108 rensier /1/.

Komponent	Jord (mg/kg)		Vand (µg/l)		Poreluft (µg/m <sup>3</sup> )	
	Interval for max.konc.	Antal analyser *	Interval for max.konc.	Antal analyser *	Interval for max.konc.	Antal analyser *
<b>Total kulbrinter</b>						
Total kulbrinter	0,37-10.000	16/10	1-29.000	27/20	2-87.000	39/14
<b>Olieprodukter</b>						
Diesel/fyringsolie	14,6-11.500	28/9	0	1/0		
Terpentin	847-1600	2/2				
<b>BTEX</b>						
Benzen	0,05	36/1	0,05-0,4	21/8	10-60	40/4
Toluen	0,06-0,81	36/5	0,03-6,6	21/12	0,231-2.000	41/8
Xylener	0,64-15,52	35/3	0,07-230	19/6	0,1-19.000	37/3
<b>Chlorerede opløsningsmidler (og nedbrydningsprodukter heraf)</b>						
DCE	0	2/0	0,1-1.400	16/10	0,6-50.000	31/12
TCA	0,00069-2	50/8	0,002-8,9	32/12	0,1-4.000	49/34
TCE	0,0002-1.700	61/36	0,005-5.900	39/30	0,2-2.300.000	55/41
PCE	0,001-123.000	62/53	0,001-23.000	38/34	0,4-240000.000	54/53
Trichlor-methan	0,0003-0,004	32/2	0,13-0,3	8/3	1,1-3,6	2/2
Tetrachlor-methan	0,002-2	40/4	0	15/0	0,07-2,8	3/3
Vinylchlorid	0	1/0	0,2-4,3	7/4	300	2/1

\* Antallet af analyser før skråstregen er det totalt antal udførte. Efter skråstregen er anført det antal analyser, hvor indholdet overskrider detektionsgrænsen.

### Senere erfaringsopsamling (1999-2001)

I 2002 indsamlede Hedeselskabet Miljø og Energi AS (nu Orbicon) supplerende materiale fra undersøgelser udført i fire amter i perioden 1999-2001, i alt knap 100 undersøgelser, der blev struktureret i en database. Det vurderes, at undersøgelser udført efter 2001, er sammenlignelige med disse undersøgelser. Dog er nyere metoder såsom MIP og FLUTE begyndt at blive anvendt i senere undersøgelser (se bilag 3).

Hovedkonklusionerne fra dataopsamlingen udført i 1998 understøttes her. Eksempelvis er der konstateret sammenlignelige maksimal koncentrationer af PCE i forhold til den tidligere undersøgelse.

Mht. forureningskilder er det konstateret, at afløbssystemerne på renserejendommene generelt er en hovedkilde. Dette gælder kloaktracéer generelt og samlebrønde. Ligeledes gælder det at poreluftundersøgelser

umiddelbart under gulvene i tidligere og igangværende renserier meget ofte viser høje koncentrationer.

På baggrund af det foreliggende materiale har det ikke været muligt at skelne enkeltkilder (rensemaskine, gulvafløb, indendørs oplag) til de observerede koncentrationer under gulvene.

Generelt må det i forhold til de indledende undersøgelser konstateres at historikken i forhold til potentielle kilder er mangelfuld eller helt manglende på grund af, at der ikke eksisterer pålidelige kilder til at afdække, hvor eksempelvis potentielle udendørs oplag har været eller, hvordan affald er blevet bortskaffet.

I tabel 3 er vist nogle observationer primært baseret på indledende undersøgelser.

Tabel 3 Resultater fra gennemgang af undersøgelser 1999-2001

Beskrivelse	Frekvens	Heraf positive PCE fund
Poreluftprøver anvendt	74 %	71 %
Vandprøver udtaget	35 %	50 %
Jordprøver udtaget	39 %	33 %
Kloakinspektion anvendt*	74 %	88 %
Kloakker undersøgt	96 %	55 %
Gulvafløb mv. undersøgt	74 %	41 %
Olietanke	5 %	100 %

\* Positive fund angiver andel med fundne skader, ikke andel hvor der er PCE fund.

Det ses af tabel 3, at der er en stor anvendelse af poreluftprøver i forbindelse med indledende undersøgelser og lidt mindre fokus på vand- og jordprøver. At der ikke tages flere vandprøver vurderes at hænge sammen med, at vandet i en del geologiske formationer ofte står dybere end de 5-6 m, der typisk anvendes i forbindelse med registreringsundersøgelserne. De steder, hvor der er konstateret vand i borerne, udtages der altid vandprøver.

På de supplerende/videregående undersøgelser er der meget stor spredning, både med hensyn til metodetilgang, undersøgelsesstrategi, resultatbearbejdning mv. Der ses ikke et entydigt billede af, at de enkelte amter bruger bestemte metoder. Ligeledes er der heller ikke et tydeligt billede af at rådgiverne anvender ens metodetilgang til undersøgelserne.

Systematikken overfor kvantificering af forureningsmassen er manglende i en lang række videregående undersøgelser der skal danne baggrund for valg af afværgeteknik. Ligeledes mangler der en mere systematisk tilgang til bestemmelse af hydrauliske og pneumatiske parametre i en stor del af de videregående undersøgelser. Dette betyder også at risikovurderingen i mange tilfælde hviler på et relativt spinkelt grundlag pga. manglende viden om hydrauliske parametre, såvel som en mere aktiv vurdering af nedbrydningsforholdene.

Det har derfor været vanskeligt at uddrage meget håndfaste konklusioner ud fra de videregående undersøgelser.

Dog er følgende metoder vurderet at kunne give meget brugbare resultater ud fra det gennemgæede materiale:

- Poreluftscreening af grunden og omgivelserne med udtag af prøver i 1-2 m under terræn. Analysemetode kan være PID (afslører primært ukendte hot-spots), eller bedre felt GC eller MIMS hvor en kvantitativ måling kan opnås, hvilket kan danne basis for en egentlig risikovurdering.
- Udtagning af mindre intaktprøver, eksempelvis med Geoprobe, til fastlæggelse af hvor i jordsøjlen de højeste koncentrationer findes. Generelt findes højere koncentrationer fra denne type prøveudtag i forhold til traditionelle snegleboringer.
- Udtagning af niveaubestemte vandprøver. Vandprøvetagning over større filterlængder kan være stærkt misvisende i forhold til "sande" værdier for mindre dele af magasinet.



## Bilag 3. Undersøgelsesmetoder

I dette bilag uddybes de undersøgelsesmetoder, som er beskrevet i Branchevejledningens kapitel 5.

### Orienteringsfasen

Af litteratur, der beskriver renseribranchen, kan udover nærværende rapport nævnes:

- Emil Hammershøj (red.) 1971. De danske vaskeri- og renserierhverv. Faglig biografisk håndbog for de erhvervsdrivende inden for vaskeri- og renserierhvervene i Danmark. Forlaget Liber A/S. København.
- Vestsjællands Amtskommune 1992. Historisk beskrivelse af Renseribranchens mulige miljøbelastning - specielt med henblik på jord- og grundvandsforurening.
- Miljøstyrelsen 1994. Rensemaskine med kulbrinter. Miljøprojekt nr. 262.
- Miljøstyrelsen 1995. Renere teknologi i renseribranchen. Miljøprojekt nr. 305.
- Miljøstyrelsen 1995. Erfaringsopsamling på amternes registreringsundersøgelser. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen nr. 9.
- Amternes Videntcenter for Jordforurening 1999. Branchebeskrivelse for renserier. Teknik og Administration Nr. 3.
- Amternes Videntcenter for Jordforurening 2001. Håndbog om undersøgelser af chlorerede stoffer i jord og grundvand. Teknik og Administration Nr. 5.
- Forskerparken CAT 2001. Miljø- og sikkerhedsvurdering af alternativer til tekstilrensning med perchlorethylen.
- Miljøstyrelsen 2001. Begrænsning af luftformig emission af tetrachlorethylen fra renserier. Miljøprojekt nr. 652
- Miljøstyrelsen 2002. Indeklimavurdering af alternative renevæsker i renseribranchen. Miljøprojekt nr. 686
- Miljøministeriet 2003. Bekendtgørelse om etablering og drift af renserier nr. 531 af 18. juni 2003.
- Miljøstyrelsen 2003. Kortlægning af kemiske stoffer i rensede tekstiler fra Rynex og kulbrinte-renserier. Kortlægning af kemiske stoffer i forbrugerprodukter, kortlægning nr. 21, 2003.
- Miljøstyrelsen 2003. Betydningen af tørringen i renserier. Miljøprojekt nr. 818.

- Miljøstyrelsen 2005. Kommunernes tilsyn med renseserierne i 2004.
- Miljøstyrelsen 2006. Indeklimakoncentrationer af rensesvæske i boliger over et repræsentativt udsnit af danske renseserier. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 36.
- COWI 2007. Rapport om tilsætningsstoffer (reference gøres færdig ved udgivelsen).
- Miljøstyrelsen 2007. Opfølgning på Miljøstyrelsen 2006. Indeklimakoncentrationer af rensesvæske i boliger over et repræsentativt udsnit af danske renseserier. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. xx.

Desuden kan generelle oplysninger om branchen indhentes fra brancheforeningen Dansk Renseri Forening.

Ved tilrettelæggelse af indledende forureningsundersøgelser kan det historiske materiale inddrages efter de forhold, der søges oplysninger om. For en renseseriejendom kan følgende forhold være relevante /1/:

- **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, telefonbøger mv.
- **Fysisk indretning**  
Kommunens arkiver, herunder evt. miljøgodkendelser. Virksomhedens arkiver. Politi og brandvæsen, hvis der har været oplag af brandfarlige stoffer eller ulykker. Dansk Tarifforenings inspektionsberetninger. Fotos fra det Kongelige bibliotek, Kort- og Matrikelstyrelsen og Lokalhistorisk arkiv  
Industrialismens bygninger og boliger (Nationalmuseet i Brede).
- **Gennemgang af processer og oplag**  
Kommunens arkiver, herunder evt. miljøgodkendelser. Virksomhedens arkiver. Avisartikler mv. Arbejdstilsynets inspektionsberetninger. Dansk Tarifforenings inspektionsberetninger.
- **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 tidligere renseseriejendom med intakt gulvbelægning kan man evt. lokalisere rensesmaskinernes placering ved rester af beslag, støbte fundamenter og evt. gulvreparationer samt evt. lokalisere indendørs kemikalieoplag ved tegn på spild.

- **Interviews**

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

## Undersøgelsesfasen

### Prøvetagning af poreluft

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 fysisk/kemiske egenskaber.

For de flygtige forbindelser, som f.eks. aromatiske opløsningsmidler (BTEX) samt chlorerede og fluorerede opløsningsmidler (TCA, TCE, PCE og CFC-113), der er en bestanddel af de mest benyttede renevæsker, vil en større del af forureningen forekomme på dampform. Derfor anbefales det at udføre poreluftmålinger som en del af standardprogrammet på ejendomme med renservirksomhed.

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

Som alternativ til analyse i mobillaboratorium kan poreluftprøver udtages på kulrør el. lign. til senere analyse i stationært laboratorium. Herved kan der ofte opnås bedre detektionsgrænser, og anvendes akkrediterede analysemetoder.

Etablering af prøvesteder til poreluftmåling samt udtagning af poreluftprøver er nærmere beskrevet i /26/.

Poreluftmålinger er især velegnede som undersøgelsesmetode ved indendørs forureningskilder såsom rensmaskiner og indendørs oplag af renevæsker. I disse tilfælde etableres prøvestederne mest hensigtsmæssigt ved at nedramme en sonde vertikalt gennem gulv og fundament til det kapillarbrydende lag umiddelbart under gulvniveau. Ved anvendelse af særligt udstyr kan prøvesteder i det kapillarbrydende lag også etableres udefra ved skrå borer ind gennem bygningens fundament.

Poreluftmålinger er desuden velegnede til screening af især de udendørs arealer på ejendommen for flygtige stoffer. Udfra resultaterne af poreluftmålingerne kan borerne efterfølgende placeres.

Man bør være opmærksom på, at resultatet af poreluftmålinger er påvirket af jordens permeabilitet, hvilket f.eks. betyder at en kompakt moræneler er mindre velegnet til poreluftundersøgelse.

Flere års erfaringer med poreluftundersøgelser har vist, at de målte koncentrationer kan variere med flere størrelsesordener. Problematikken er grundigt belyst i /14/. Der er tale om både stedslige og tidslige variationer, hvor især de stedslige er vigtige. Variationerne skyldes primært geologiske og

meteorologiske faktorer, og er særlig aktuel på morænelerslokaliter. Omhyggelig prøvetagning er derfor essentiel, og behandling af resultaterne bør foretages med disse variationer in mente. Bl.a. bør en risikovurdering ikke foretages alene på baggrund af poreluftundersøgelser.

### Prøvetagning af grundvand

Boringer er velegnede til undersøgelse af koncentrerede forureningskilder og til undersøgelse af grundvandsforurening.

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, reablering og vandspejlsobservationer

I prøvetagningen indgår 3 faser:

- Forpumpning
- Prøvetagning
- Prøveopbevaring

Ved forpumpning af højtydende boringer bør vandet passere en pH- ilt- og ledningsevne måler. Når pH, ilt-indhold og ledningsevne bliver konstant udtages vandprøven. Der skal dog som minimum forpumpes en vandmængde svarende til 10 gange vandmængden i filter og blindrør.

Ved lavtydende boringer, hvor boringen tørpumpes inden forpumpningen er afsluttet, bør boringen tørpumpes 1-4 gange inden prøvetagningen. Boringer til det terrænnære grundvandsmagasin er typisk lavtydende.

Prøvetagningen bør udføres i direkte forlængelse af forpumpningen. Opmærksomheden skal henledes på, at filtre, pumpe-slanger og beholdere af blødt PVC skal undgås, idet disse kan afgive blødgøringsmidler og opløsningsmidler. I stedet anbefales filtre og pumpe-slanger af stiv PEH og prøvetagningsbeholdere af glas.

Prøvetagningsmetode, emballering, håndtering og opbevaring af prøverne skal tilpasses forureningens art. Det er således overordentligt vigtigt, specielt ved flygtige, organiske forureninger, at vandprøven ikke sprøjtes ned i prøveemballagen, idet der herved kan forekomme en betydelig stripning af flygtige stoffer fra prøven. De udtagne vandprøver emballeres i glasflasker med tætsluttende låg, og opbevares mørkt og køligt i felten, under transport og under opbevaring i laboratoriet for at minimere fordampningsrisikoen.

### Prøvetagning af jord

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

I forbindelse med den udførte erfaringsopsamling, jf. bilag 2, er det dokumenteret at intaktprøver, udtaget med eksempelvis Geoprobe udstyr, udviste højere koncentrationer og således bedre er i stand til at give et indtryk af kildestyrken i hot-spot.

## Supplerende prøvetagning

Som en del af supplementprogrammet kan følgende undersøgelsesmetoder anbefales på ejendomme med renserivirksomhed:

### Gravninger

Da der kan være overfladenære affaldsdeponeringer på ejendomme med renserivirksomhed, kan det overvejes at supplere borearbejdet med gravninger.

Ved udtagning af helt terrænnære jordprøver kan borerne erstattes af gravninger. Gravningerne udføres normalt med rende-graver eller lignende.

Gravninger er en enkel og ofte økonomisk fordelagtig metode, der giver et særdeles godt indtryk af jordens 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 graveprofilen og det opgravede fyld.

### 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.

Forud for TV-inspektion undersøges ved arkivgennemgang og evt. interview om kloaksystemet har været renoveret, og i givet fald hvornår reparation er foretaget.

Under TV-inspektionen trækkes et kamera gennem kloaksystemet. Kameraet registrerer rørens 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. målinger med protonmagnetometer eller metaldetektor.

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

#### MIP sonderinger

Istedet for at udtage poreluft-, vand- eller jordprøver til efterfølgende analyse, kan kortlægning af forurening ske ved hjælp af MIP sonderinger (Membran Interface Probe). MIP sonden er monteret på Geoprobetænger, der presses ned i jorden. Da membranen varmes op, vil de flygtige stoffer fra jordmatricen mobiliseres, og ved hjælp af en bæregas, transporteres de op til et mobilt laboratorium på jorden.

Afhængig af detektorerne i det mobile laboratorium kan der måles for BTEX'er og chlorerede opløsningsmetoder. Målinger er semikvantitative (udslagene afhænger blandt mange ting af membranens temperatur, tilstedeværelsen af fri fase osv). Desuden måles jordens ledningsevne ved et dipolsystem monteret på sonden. Herfra kan oplysninger om de geologiske forhold tolkes.

I forhold til etablering af boringer med efterfølgende prøvetagning, er MIP sonderingerne hurtige at udføre (nogle firmaer anslår, at der kan udføres 50 sonderingsmetre pr. dag). Sonderingerne kan derfor bruges til fx at afgrænse et kildeområde, eller retningsbestemme en faneudbredelse. Herefter kan der så etableres boringer i de mest forurenede områder, så stofsammensætningen og koncentrationerne præcist kan bestemmes.

#### **FLUTe (Flexible Liner Underground Technologies)**

Kan bruges til at kortlægge udbredelsen af fri fase i ikke filtersatte boringer. Det gøres ved med et specielt stofmateriale, der er tilsat et kemikalie, der ved reaktion med fri fase giver en farverekation. Ved hjælp af en speciel teknik presses stoffet ud mod siderne af boringerne (almindelige boringer eller geoprobe) og kommer derved i kontakt med formationen. Teknikken kan anvendes i umættet og mættet zone.

#### Placering af poreluftsonder og boringer

Da formålet med en indledende forureningsundersøgelse er at teste den hypotese, der blev opstillet i orienteringsfasen samt at få et indtryk af grundens forureningsgrad, anbefales det i standardprogrammet at placere poreluftsonder og boringer i de områder, hvor den historiske kortlægning har lokaliseret potentielle forureningskilder.

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

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

Ud fra den historiske kortlægning defineres der for hver potentiel forureningskilde mindst ét 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 rensemaskine eller en samlebrønd
- 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 kortlægning har lokaliseret potentielle forureningskilder defineres disse kilder som prøvetagningsfelterne. Prøvetagningspunkterne placeres i prøvetagningsfelterne mhp. på at dokumentere evt. forureninger.

Hvis den historiske kortlægning 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 kortlægning kan forureningskilder stammende fra udsivning fra kloaksystemer og nedgravede olie- og kemikalietanke lokaliseres vha. TV-inspektion og geofysiske opmålinger.

Endelig kan der udføres en række poreluftmålinger eller MIP sonderinger til screening af området for flygtige stoffer. Udfra resultaterne af disse screeninger kan borerne 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 detaljeret gennemgang af prøvetagnings- og analysestrategier fremgår af /13/. Her beskrives i bilag 1, eksempel 1 og 2 relevante typer af prøvetagnings- og analysestrategier i indledende forureningsundersøgelser. Det anbefales generelt, at prøvetagningstætheden til lokalisering af ukendte forureningskilder ved indledende forureningsundersøgelser begrænses til niveauet "grov screening".

## Analysemetoder

### Feltanalyser

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.

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

I tabel 1 er de anbefalede feltmetoder sammenfattet med angivelse af analysemetoder, parametre og detektionsgrænser.

**Tabel 1** Oversigt over feltanalyser

Analyseteknik	Analysemetoder	Følgende parametre medbestemmes	Detektionsgrænser (vejl.) /1/
PID/FID	Flygtige ioniserbare komponenter ved photo- eller flammeionisation	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</li> <li>• 1-10 mg/kg</li> <li>• 20-100 mg/kg</li> <li>• 0,02 mg/kg</li> </ul>
Direkte måling på poreluftprøver, headspace over jordprøver, eller indirekte måling på jordprøver efter ekstraktion	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>• Trichlorethan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,01 mg/m<sup>3</sup></li> <li>• 0,02 mg/m<sup>3</sup></li> <li>• 0,04 mg/m<sup>3</sup></li> <li>• 0,04 mg/m<sup>3</sup></li> <li>• 0,02 mg/m<sup>3</sup></li> <li>• 0,05 mg/m<sup>3</sup></li> <li>• 0,06 mg/m<sup>3</sup></li> <li>• 0,05 mg/m<sup>3</sup></li> </ul>
Direkte måling på poreluftprøver, headspace over jordprøver og grundvandsprøver	MIMS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BTEX</li> <li>• BTEX</li> <li>• TCE, PCE</li> <li>• TCE, PCE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,0005 mg/m<sup>3</sup></li> <li>• 0,1 µg/l</li> <li>• 0,005 mg/m<sup>3</sup></li> <li>• 0,1 µg/l</li> </ul>
Farvetest med Sudan IV	Visuel observation af rød farvereaktion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chlorerede opløsningsmidler</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ca. 50 mg/kg</li> </ul>
Sondering af flygtige forureningsstoffer	Geoprobe udstyret med MIP sonde	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chlorerede opløsningsmidler</li> <li>• BTEX</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• afhængig af forholdene, ca. 1 µg/l for chlorerede opløsningsmidler</li> </ul>
Måling af fri fase	Flute	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chlorerede opløsningsmidler</li> <li>• Oliestoffer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fri fase</li> </ul>

GC/ECD Gaschromatografi med elektroncapturedetektor

GC/FID Gaschromatografi med flammeionisationsdetektor

MIMS Membran Inlet Massespektrometri

MIP Membran Interface Probe

FLUTE Flexible Liner Underground Technologies

Feltanalyser kan sjældent stå alene, men må sædvanligvis suppleres med laboratorieanalyser. Hvis feltmetoden er stofs specifik, skal den som minimum have en detektionsgrænse, der svarer til det gældende kvalitetskriterie for det pågældende stof.

#### Laboratorieanalyser

Ved laboratorieanalyser forstås analyser udført på et analyselaboratorium, som laver analyser af en kvalitet, der bl.a. kan leve op til følgende krav /12/:

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



## Standardprogrammet

I tabel 2, 3 og 4 ses en oversigt over de parametre, det anbefales at analysere for i standardprogrammet i hhv. poreluften, grundvandet og jorden. I tabellerne ses desuden mulige analysemetoder og detektionsgrænser.

**Tabel 2** Laboratorieanalyser for poreluftprøver i standardprogrammet

Gruppe	Stoffer	Analysemetoder	Detektionsgrænser <sup>1</sup> /30/
Chlorerede opløsningsmidler	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TCE</li> <li>• PCE</li> <li>• 1,1,1-TCA</li> </ul>		•
BTEX og total kulbrinter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Benzen</li> <li>• Toluen</li> <li>• Ethylbenzen</li> <li>• Xylener</li> <li>• Total kulbrinter</li> </ul>		

<sup>1</sup> Vejrl. detektionsgrænser ved opsamling af 100 l luft på kulrør

**Tabel 3** Laboratorieanalyser for vandprøver i standardprogrammet.

Gruppe	Stoffer	Analysemetoder	Detektionsgrænser (vejl.) /30, 31/
Chlorerede opløsningsmidler	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TCE</li> <li>• PCE</li> <li>• 1,1,1-TCA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pentanekstraktion + GC-MS</li> <li>• Purge &amp; Trap + GC-MS</li> </ul>	0,02 µg/l
Nedbrydningsprodukter fra chlorerede opløsningsmidler	<ul style="list-style-type: none"> <li>• cis-DCE</li> <li>• 1,1-DCE</li> <li>• 1,1-DCA</li> <li>• vinylchlorid</li> <li>• chlorethan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pentanekstraktion + GC-MS</li> <li>• Purge &amp; Trap + GC-MS</li> </ul>	0,02 µg/l
BTEX	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Benzen</li> <li>• Toluen</li> <li>• Ethylbenzen</li> <li>• Xylener</li> </ul>	Pentanekstraktion + GC-MS	0,02 µg/l
Totalkulbrinter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• C5-C10</li> <li>• C10-C25</li> <li>• C25-C35</li> </ul>	Pentanekstraktion + GC-FID	2,5-10 µg/l

**Tabel 4** Laboratorieanalyser for jordprøver i standardprogrammet.

Gruppe	Stoffer	Analysemetoder	Detektionsgrænser (vejl.) /31/
BTEX	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Benzen</li> <li>• Toluen</li> <li>• Ethylbenzen</li> <li>• Xylener</li> </ul>	Pentanekstraktion + GC-FID	0,1 mg/kg
Totalkulbrinter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• C5-C10</li> <li>• C10-C25</li> <li>• C25-C35</li> </ul>	Pentanekstraktion + GC-FID	2,5-10 mg/kg

### Supplementprogrammet

Såfremt der er grund til at tro, at der kan være sket spild af hjælpestoffer (baseret på historiske oplysninger eller evaluering af forureningens karakteristika jf. kapitel 5), kan der analyseres for stofferne i tabel 5 og 6 i hhv. poreluften og grundvandet. Det har ikke været muligt at finde standardmetoder for stofferne, der er relevante i forhold til jordfasen. Her må tilbud indhentes specifikt fra analyselaboratorierne.

Som udgangspunkt anbefales det, at se efter stofferne i den fase, hvor det er mest sandsynligt at de befinder sig (jf. tabel 4.2). Måles der en høj koncentration i en af faserne, kan der efterfølgende suppleres med målinger i de andre faser. Det bør bemærkes, at der for nogle af stofferne ikke eksisterer "standardanalyser" på laboratorierne, som det gælder for fx de chlorerede stoffer og BTEX'er.

**Tabel 5** Laboratorieanalyser for poreluftprøver i supplementprogrammet.

Stof	Analysemetoder	Detektionsgrænser <sup>1</sup> /30/
n-butylacetat <sup>2</sup>	GC/ETD	1 µg
CFC-113	GC/ETD	0,04 µg
4-methylpentan-2on	GC/ETD	1 µg
Terpentin	GC/ETD	1 µg

**Tabel 6** Laboratorieanalyser for vandprøver i supplementprogrammet.

Stof	Analysemetoder	Detektions-grænser (vejl.) /30/
2-(2-butoxyethoxy)ethanol	GC-FID	1
n-butylacetat <sup>1</sup>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Purge &amp; Trap + GC-MS</li><li>• GC-FID</li></ul>	5-1000 µg/l
(2-methoxymethylethoxy)propanol	GC-FID	1
4-methylpentan-2on <sup>1</sup>	GC-FID	1
Polyethylenglycol		
Rynex 1	GC-FID	1
Rynex 2	GC-FID	1