



# rapport

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

## Utvärdering av superkritisk koldioxid som rengöringsmetod för oljehaltigt gods

Rune Bergström, Östen Ekengren

B 1481

Stockholm, september 2002



<b>Organisation/Organization</b> IVL Svenska Miljöinstitutet AB IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd.	<b>RAPPORTSAMMANFATTNING</b> <b>Report Summary</b>																				
<b>Adress/address</b> Box 21060 100 31 Stockholm	<b>Projekttitel/Project title</b>																				
<b>Telefonnr/Telephone</b> 08-598 563 00	<b>Anslagsgivare för projektet/ Project sponsor</b>  IVLs Delkollektiva program																				
<b>Rapportförfattare/author</b> Rune Bergström																					
<b>Rapportens titel och undertitel/Title and subtitle of the report</b> Utvärdering av superkritisk koldioxid som rengöringsmetod för oljehaltigt gods																					
<b>Sammanfattning/Summary</b> <p>Viking Sewing Machines AB, Husqvarna har ersatt triavfettning av pulverpressat sinter-stål med en ny typ av rengöringsutrustning, avfettning med koldioxid. Koldioxid i superkritisk form, högt tryck och hög temperatur, har egenskaper liknande ett lösningsmedel. Utrustningen levererades av Chematur Engineering och har varit i drift sedan våren 1999.</p> <p>Superkritisk koldioxid används bl.a inom livsmedelsindustrin. Rengöring av metaller är däremot en ny tillämpning, vilket, om den fungerar tekniskt, kan vara av stort intresse som en ersättning till tri eftersom den ej har dess nackdelar ur miljösynpunkt.</p> <p>Koldioxid avfettningen har utvärderats och jämförts med den gamla triavfettningen, tabell 1.</p> <p>Tabell 1. Jämförelse av driftskostnader för koldioxid- och triavfettning.</p> <table border="1"><thead><tr><th></th><th></th><th>Koldioxid</th><th>Tri</th></tr></thead><tbody><tr><td>Energiförbrukning</td><td>kWh / kg gods</td><td>0,3</td><td>1,0</td></tr><tr><td>Kemikalieförbrukning</td><td>kg / kg gods</td><td>0,15</td><td>0,05</td></tr><tr><td>Kemikaliekostnad</td><td>kr / kg gods</td><td>1,0</td><td>0,6</td></tr><tr><td>Avfall</td><td>l / år</td><td>100 (olja)</td><td>400 (olja+tri)</td></tr></tbody></table> <p>Koldioxidssystemet har något högre kostnad för avfettningkemikalien men lägre kostnader för energi, avfall, och skötsel än triavfettningen. Behandlingskostnaden totalt kan dock komma att bli högre för koldioxidanläggningen eftersom investeringskostnaden är något högre.</p> <p>Med koldioxidavfettningen uppnås ett mycket bra rengöringsresultat, bättre än vad som erhöles med triavfettningen.</p> <p>Sammantaget så kan koldioxidtvätten medföra något högre tvättkostnader än med den gamla tritvätten, men samtidigt så bör tvättresultatet kunna bli bättre och dessutom blir det en minskning av miljöbelastningen.</p>				Koldioxid	Tri	Energiförbrukning	kWh / kg gods	0,3	1,0	Kemikalieförbrukning	kg / kg gods	0,15	0,05	Kemikaliekostnad	kr / kg gods	1,0	0,6	Avfall	l / år	100 (olja)	400 (olja+tri)
		Koldioxid	Tri																		
Energiförbrukning	kWh / kg gods	0,3	1,0																		
Kemikalieförbrukning	kg / kg gods	0,15	0,05																		
Kemikaliekostnad	kr / kg gods	1,0	0,6																		
Avfall	l / år	100 (olja)	400 (olja+tri)																		
<b>Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren /Keywords</b> Avfettning, rengöring, superkritisk koldioxid																					
<b>Bibliografiska uppgifter/Bibliographic data</b> IVL Rapport/report B 1481																					
<b>Beställningsadress för rapporten/Ordering address</b> IVL, Publikationsservice, Box 21060, S-100 31 Stockholm, fax: 08-598 563 90, e-mail: <a href="mailto:publicationservice@ivl.se">publicationservice@ivl.se</a> eller via IVLs hemsida <a href="http://www.ivl.se">www.ivl.se</a>																					

**Innehållsförteckning**

1. Bakgrund .....	2
2. Beskrivning av tekniken .....	2
2.1 Teori .....	2
2.2 Funktionsbeskrivning .....	3
2.3 Tvättcykel .....	5
3. Utvärdering av CO <sub>2</sub> anläggning .....	5
3.1 Energiförbrukning .....	5
3.2 Koldioxidförbrukning .....	5
3.3 Rengöringseffekt .....	6
3.4 Avfall .....	6
3.5 Skötsel och tillsyn .....	7
3.6 Drifterfarenheter .....	7
4. Utvärdering av tritvätt .....	7
4.1 Energiförbrukning .....	7
4.2 Triförbrukning .....	7
4.3 Rengöringseffekt .....	8
4.4 Avfall .....	8
5 Sammanfattning .....	8

## 1. Bakgrund

Självmörjande lager tillverkas av pulverpressat sinterstål. Efter sintring och måttkalibrering av detaljerna innehåller de kalibreringsolja och föroreningar som måste avlägsnas före vakuumimpregnering med smörjmedel.

För ett par år sedan inleddes arbetet med att hitta en alternativ rengöringsmetod till avfettningen med klorerat lösningsmedel, trikloretylen, både av yttre och inre miljöskäl. Den metod som vanligen har ersatt tri är vattenbaserad alkalisk avfettning, men denna bedömdes ej vara ett lämpligt alternativ i detta fall.

Ett annat av flera alternativ som togs fram var avfettning med koldioxid. Koldioxiden fungerar i det superkritiska området som ett lösningsmedel och bedömdes kunna rengöra godset i tillräcklig omfattning samtidigt som det ej medför några emissioner av miljöbelastande ämnen.

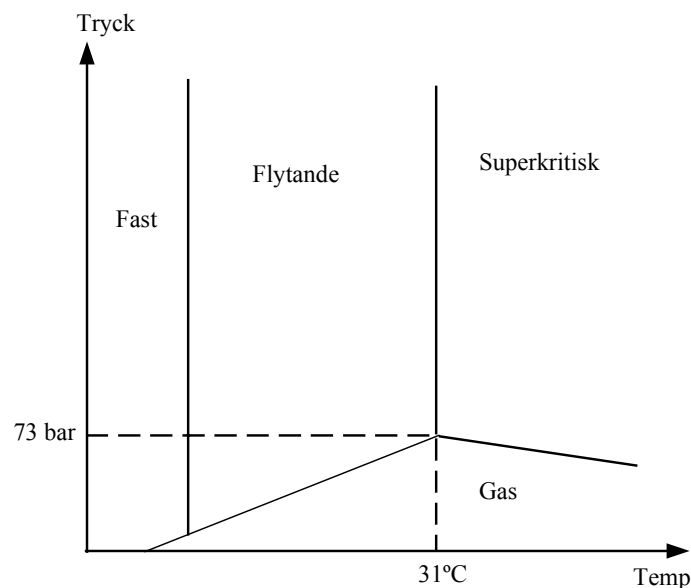
Efter utprovning av tekniken offererade Chematur Engineering en anläggning för avfettning med koldioxid. Kostnaden för anläggningen bedömdes dock vara för stor, men efter det att en ansökan om bidrag för kretsloppsanpassning beviljats, så beslutades om inköp av utrustningen.

Eftersom avfettning med koldioxid i den här typen av tillämpning är ny är det av stort allmänt intresse att följa upp installationen. I ansökan ingår att installationen ska utvärderas av IVL Svenska Miljöinstitutet AB. Denna utvärdering kommer även att ingå som en del i ett större projekt där olika typer av rengöringsoperationer utvärderas. Där kommer även miljöbelastning från olika energikällor samt tillverkning av olika kemikalier att ingå.

## 2. Beskrivning av tekniken

### 2.1 Teori

Koldioxid övergår inom det superkritiska området i ett tillstånd där viskositeten är likartad en gas medan densiteten är mer som en vätska. Koldioxiden får här egenskaper liknande ett organiskt lösningsmedel vanligen jämfört med hexan. Det superkritiska området för koldioxid visas i Figur 1.

Figur 1. Fasdiagram CO<sub>2</sub>

Det superkritiska tillståndet uppnås vid den kritiska punkten, tryck över 73 bar och temperatur över 31°C.

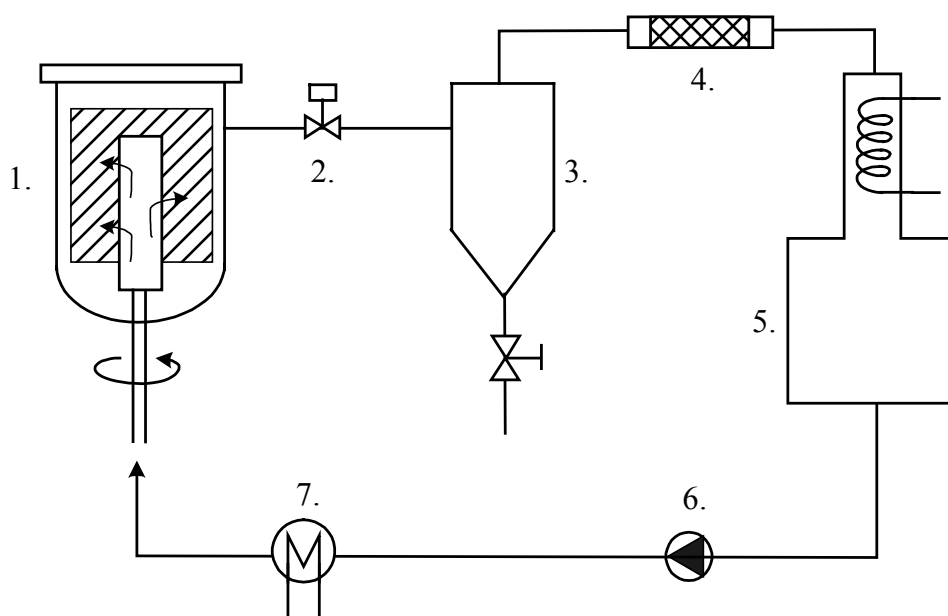
En stor fördel med koldioxid som extraktionsmedel är möjligheter till höga separationsgrader av lösningsmedel och extraherbara ämnen, vilket gör att koldioxiden kan recirkuleras. Dessutom är återstoden efter extraktion ej förorenad.

Ett stort användningsområde är inom livsmedelsindustrin exempelvis vid extraktion av koffein ur kaffe.

Behandling med superkritisk koldioxid är en relativt kostsam metod vilket gör att den är mest konkurrenskraftig exempelvis inom produktion där värdet på produkten rymmer behandlingskostnaderna, eller i de fall där den prestandamässigt är bäst.

## 2.2 Funktionsbeskrivning

Principen för anläggningen visas i Figur 2.



Figur 2. Principiell uppbyggnad av rengöringssystemet

Anläggningen består av följande delar:

1. Tvättkammare  
Detaljerna läggs i en korg som roterar med 900 rpm under tvätten. Koldioxiden tillförs i centrum av korgen med ett flöde av 0,75 kg/min och koldioxid/oljelösningen samlas upp i periferin. Trycket är 400 bar och temperaturen 100 °C. I manteln finns elslingar för uppvärmning.
2. Tryckreduceringsventil  
Trycket på koldioxiden sänks till ca 50 bar.
3. Separator  
Genom att trycket sänkts och temperaturen höjts förångas koldioxiden. Därigenom separeras extraherade ämnen/oljan från koldioxiden. Oljan tappas av manuellt, medan koldioxiden återanvänds.
4. Filter  
Filter med aktivt kol för att avskilja eventuella oljerester i koldioxiden.
5. Kondensor  
Kylning för att överföra koldioxiden till vätskefas.
6. Högtryckspump  
Membranpump som drivs med tryck från ett hydraulaggregat, för tryckökning av koldioxiden upp till 400 bar.
7. Värmare  
Elslinga för förvärmning av koldioxiden.

## 2.3 Tvättcykel

Metalldetaljerna som ska avfettas laddas i en korg som lyfts ner i tvättkammaren. Mängden gods per tvätt är ca 24 kg.

Systemet fylls med koldioxid. När trycket är 50 bar startar inpumpningen och tryckökning till 400 bar. Koldioxiden förvärms till 100 °C innan den kommer in i tvättkammaren vilket innebär att den är inom det superkritiska området. Temperaturen hålls vid 100 °C under tvätten.

Utflödet från tvättkammaren tryckreduceras till 30 bar och leds in i separatoren. Temperaturen hålls vid 30 °C vilket gör att koldioxiden förångas medan oljan förblir i flytande form och därför kan samlas upp i botten av kärlet.

Efter separeringen leds koldioxiden till kondensorn. Koldioxiden kyls ytterligare vilket gör att den kondenserar ut till vätska. I kondensorn lagras koldioxiden i form av vätska.

När tvätten är klar, vilket tar ca. 40 min, sänks och bibehålls ett tryck i hela systemet vid ca. 50 bar, utom i tvättkammaren där trycket sänks till atmosfärstryck. Locket till tvättkammaren öppnas och korgen med detaljerna lyfts ur.

## 3. Utvärdering av CO<sub>2</sub> anläggning

Anläggningen har varit i drift sedan våren 1999. Vid en rengöring behandlas ca 24 kg gods. En rengöringscykel tar 1 h. Anläggningen körs 3-5 ggr per dag vilket motsvarar en behandlad mängd av ca. 20 000 kg/år.

### 3.1 Energiförbrukning

De enheter i anläggningen som svarar för merparten av energiförbrukningen är elvärmeslingor och elmotorn för rotation av tvättkorgen.

För att mäta energiförbrukningen för anläggningen kopplades en effektmätare ansluten till en logger in på elanslutningen till anläggningen. Uppmätt energiförbrukning var 7 kWh/tvätt. Detta motsvarar en energiförbrukning på 0,3 kWh/kg gods.

### 3.2 Koldioxidförbrukning

När avfettningen är klar sänks och bibehålls ett tryck i hela systemet vid ca. 50 bar, utom i avfettningsskärlet där trycket sänks till atmosfärstryck genom att släppa ut koldi-

oxid. En ny avfettningssykel inleds med att avfettningsskärlet fylls med ny koldioxid till trycket 50 bar.

Förbrukningen av koldioxid beror därför på den fria volymen i avfettningsskärlet, vilken till viss del påverkas av hur mycket gods som fyllas på.

Ursprungligen bedömdes koldioxidförbrukningen till under 1 kg/tvätt. Den faktiska förbrukningen av koldioxid har varit ca. 4 kg/tvätt. Kostnaden för koldioxiden är 6 kr/kg vilket ger en kostnad av 24 kr/tvätt eller 1 kr/kg gods.

Koldioxiden har hitintills levererats i gasflaskor men kommer framöver istället att förvaras i en tank, vilket innebär en effektivare och enklare hantering vilket medför en lägre kostnad för koldioxiden.

### 3.3 Rengöringseffekt

Efter tillverkning/kalibrering innehåller detaljerna ca 50 % kalibrersmörjmedel av fyllbar volym. Efter urtvättning av kalibrersmörjmedlet impregneras detaljerna med smörjande olja. Rengöringseffekten kontrolleras regelbundet genom att mäta kvarvarande olja i detaljerna samt i vilken grad detaljerna kan impregneras med olja.

Kravet på rengöringen med koldioxid är att olja ska tvättas ur så att resten är maximalt 4 % av fyllbar volym. Mätningar gjorda hitintills visar på låga resthalter efter koldioxidtvätt, klart under 4 %.

Därefter ska de rengjorda detaljerna kunna impregneras med olja med minst 91 % av öppen porositet. Även här har kraven uppfyllts.

### 3.4 Avfall

Den olja som erhålls vid koldioxidavfettningen är utseendemässigt klar och har ej tillförts några främmande kemikalier. Det är dock ej möjligt att återföra oljan i produktionen eftersom det är en blandning av olika oljor. Däremot kanske den, efter en upparbetning, skulle kunna användas i någon annan tillämpning.

Oljan bör dock kunna klassas som ett bränsle, vilket gör att det ej borde vara några avfallskostnader för oljan.

Mängden olja är ca. 0,12 l / tvätt vilket ger ca. 100 l per år.



### 3.5 Skötsel och tillsyn

Anläggningen är helautomatiserad frånsett påfyllning och urtagning av gods samt avtappning av olja från separatorn. Det behövs ej någon tillsyn under drift och anläggningen stoppar automatiskt efter avslutad tvättcykel. Detta innebär att tidsåtgången för drift är låg.

### 3.6 Drifterfarenheter

Anläggningen uppges vara enkel att sköta. Den enda noterbara driftsstörningen som inträffat hitintills är ett fel med lagringen av den roterande tvättkorgen. Anläggningen kördes då under en kortare period utan rotation, men tvättresultatet var ändå inom uppställda gränser.

## 4. Utvärdering av tritvätt

Tritvätten togs ur drift i samband med att koldioxidtvätten togs i drift.

### 4.1 Energiförbrukning

Energiförbrukningen för uppvärmning av tritvätten har ej mätts upp medan det var i drift. I stället har energiförbrukningen beräknats utifrån effektnivå på värmare, under uppvärmning, drift och varmhållning.

Energiförbrukningen har uppskattats till 50 kWh / 6 tvättar omfattande 100 kg gods, vilket ger 0,5 kWh / kg gods.

Energiförbrukningen för torkning efter tribadet har kunnat mätas eftersom ugnen fortfarande fanns inkopplad. Effektförbrukningen mättes till 12 kW. Normal torktid har varit 4 h och godsmängden 100 kg vilket ger en energiförbrukning av 0,5 kWh / kg gods.

Sammantaget har energiförbrukningen varit ca 1 kWh / kg gods.

### 4.2 Triförbrukning

Triförbrukningen har varit ca. 1000 kg / år. Med en kostnad av 12 kr / kg och godsmängden 20 000 kg / år motsvarar det en kostnad av 0,6 kr / kg gods.

### 4.3 Rengöringseffekt

Mätning av kvarvarande olja efter tritvätt visar på resthalter av ca. 15 %.

### 4.4 Avfall

Mängden avfall, en blandning av tri och olja, har varit ca. 400 l per år. Kostnaden för avfallet har varit ca. 20 000 kr per år.

## 5 Sammanfattning

Viking Sewing Machines AB, Husqvarna har ersatt triavfettning av pulverpressat sinterstål med en ny typ av rengöringsutrustning, avfettning med koldioxid. Koldioxid i superkritisk form, högt tryck och hög temperatur, har egenskaper liknande ett lösningsmedel. Utrustningen levererades av Chematur Engineering och har varit i drift sedan våren 1999.

Superkritisk koldioxid används bl.a. inom livsmedelsindustrin. Rengöring av metaller är däremot en ny tillämpning, vilket, om den fungerar tekniskt, kan vara av stort intresse som en ersättning till tri eftersom den ej har dess nackdelar ur miljösynpunkt.

Koldioxid avfettningen har utvärderats och jämförts med den gamla triavfettningen, Tabell 1.

Tabell 1. Jämförelse av driftskostnader för koldioxid- och triavfettning.

		Koldioxid	Tri
Energiförbrukning	kWh / kg gods	0,3	1,0
Kemikalieförbrukning	kg / kg gods	0,15	0,05
Kemikaliekostnad	kr / kg gods	1,0	0,6
Avfall	l / år	100 <sup>1)</sup>	400 <sup>2)</sup>

1) olja

2) olja + tri

Koldioxid systemet har något lägre kostnad för energi men högre kostnad för avfettningkemikalien än triavfettningen. Driftskostnaden bör ändå bli lägre för koldioxid systemet eftersom kostnaden för avfall är lägre och utrustningen kräver en betydligt mindre personalinsats för drift än vad trianläggningen gjorde.

Behandlingskostnaden totalt kan dock komma att bli högre för koldioxidanläggningen eftersom investeringskostnaden är något högre.

Med koldioxidavfettningen uppnås ett mycket bra rengöringsresultat, bättre än vad som erhöles med triavfettningen. Det finns även andra tekniker som också skulle kunna rengöra godset i tillräcklig grad, exempelvis tvätt med petroleumeter, men den tekniken har den nackdelen att det är en mycket stor brand- och explosionsrisk.

Koldioxid systemet har också en fördel i en låg risk för brand, explosion och exponering av skadliga ämnen för personal.

Sammantaget så kan koldioxidtvätten medföra något högre tvättkostnader än med den gamla tritvätten, men samtidigt blir tvättresultatet bättre och dessutom erhålls en minskning av miljöbelastningen.

## IVL Svenska Miljöinstitutet AB

IVL är ett oberoende och fristående forskningsinstitut som ägs av staten och näringslivet. Vi erbjuder en helhetssyn, objektivitet och tvärvetenskap för sammansatta miljöfrågor och är en trovärdig partner i miljöarbetet.

IVLs mål är att ta fram vetenskapligt baserade beslutsunderlag åt näringsliv och myndigheter i deras arbetet för ett bärkraftigt samhälle.

IVLs affärsidé är att genom forskning och uppdrag snabbt förse samhället med ny kunskap i arbetet för en bättre miljö.

### Forskning- och utvecklingsprojekt publiceras i

IVL Rapport: IVLs publikationsserie (B-serie)  
IVL Nyheter: Nyheter om pågående projekt på den nationella och internationella marknaden  
IVL Fakta: Referat av forskningsrapporter och projekt  
IVLs hemsida: [www.ivl.se](http://www.ivl.se)

Forskning och utveckling som publiceras utanför IVLs publikationsservice registreras i IVLs A-serie. Resultat redovisas även vid seminarier, föreläsningar och konferenser.



---

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd

P.O.Box 210 60, SE-100 31 Stockholm  
Hälsingegatan 43, Stockholm  
Tel: +46 8 598 563 00  
Fax: +46 8 598 563 90

P.O.Box 470 86, SE-402 58 Göteborg  
Dagjämningsgatan 1, Göteborg  
Tel: +46 31 725 62 00  
Fax: +46 31 725 62 90

Aneboda, SE-360 30 Lammhult  
Aneboda, Lammhult  
Tel: +46 472 26 77 80  
Fax: +46 472 26 77 90

[www.ivl.se](http://www.ivl.se)