



rapport

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Återvinning av färghaltiga vatten från färgtillverkning

Uwe Fortkamp och Östen Ekengren, IVL
Mattias Ekeröth, Alcro-Beckers

B 1422

Stockholm, Juni 2001



Organisation/Organization IVL Svenska Miljöinstitutet AB IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd.	RAPPORTSAMMANFATTNING Report Summary
Adress/address Box 21060 100 31 Stockholm	Projekttitel/Project title
Telefonnr/Telephone 08-08-598 563 00	Anslagsgivare för projektet/ Project sponsor IVLs samfinansierade projekt inom CAP. SNV och Alcro Beckers
Rapportförfattare/author Uwe Fortkamp, IVL Östen Ekengren, IVL Mattias Ekeroth, Alcro-Beckers	
Rapportens titel och undertitel/Title and subtitle of the report Återvinning av färghaltiga vatten från färgtillverkning.	
Sammanfattning/Summary Vid tillverkning av färg uppstår vid tankrengöring vatten som innehåller färg. Vattnet måste behandlas innan den kan släppas ut respektive återanvändas. I den här rapporten beskrivs olika tekniker för behandling av färghaltiga vatten samt deras för- och nackdelar. Membranfiltrering undersöktes i praktiska försök för behandling av tvättvatten i laboratorieskala och pilotskala. Resultaten visar att det är möjligt att uppkoncentrera färgen från den undersökta tillverkningen hos Alcro-Beckers till en torrsbstanshalt på mer än 30 %. Permeatet kan, eventuellt efter förbehandling, återanvändas i processen och på så sätt minska färskvattenförbrukningen. För koncentratet är förbränning det mest intressanta alternativet för att utnyttja energiinnehållet i koncentratet och kunna deponera askan från förbränningen även i framtiden när det blir förbjudet att deponera organiskt material.	
Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren/Keywords färg, vatten, färgtillverkning, återvinning, membran, ultrafiltrering paint, water, paint production, recycling, membrane, ultrafiltration	
Bibliografiska uppgifter/Bibliographic data IVL Rapport/report B 1422	
Beställningsadress för rapporten/Ordering address IVL, Publikationsservice, Box 21060, S-100 31 Stockholm fax: 08-598 563 90, e-mail: publicationservice@ivl.se	

Innehållsförteckning

1	Bakgrund.....	2
2	Behandlingsmetoder för färgtvättvatten.....	3
2.1	Fällning.....	3
2.2	Biologisk behandling.....	3
2.3	Indunstning.....	4
2.4	Membranfiltrering.....	4
2.5	Förbränning.....	5
2.6	Deponering.....	5
2.7	Kombinationsmetoder.....	5
2.8	Metodjämförelse.....	6
3	Membranfiltrering av färgtvättvatten.....	7
3.1	Resultat från tidigare försök med färghaltiga vatten.....	7
3.2	Behandling av tvättvatten från Alcro-Beckers.....	7
3.2.1	Bakgrund.....	7
3.2.2	Försök med membranfiltrering.....	8
3.2.3	Resultat.....	9
3.2.4	Diskussion.....	12
3.2.5	Slutsatser.....	14
	Bilaga 1. Försöksresultat.....	16

1 Bakgrund

Vid tillverkning av färg måste anläggningen rengöras vid byte till annan färg. Det uppstår tvättvatten som mängdmässig utgör ungefär 10 % av den producerade färgen. Så långt som möjligt återanvänds tvättvattnet redan i dag, men det återstår en betydande mängd som måste omhändertas. I tvättvattentankarna kan också små rester av annan färghantering samlas, vilket höjer andelen färg i tvättvattenblandningen.

Sammansättningen av tvättvattnet varierar i och med att olika färger tillverkas. Enligt uppgifter från Stefan Malmström, Beckers, Mattias Ekeröth, Alcro-Beckers och analyser gjord på IVL kan tvättvattnet karakteriseras av följande sammansättning (normal stil och kursiverad stil representerar mätvärden från olika tvättvatten).

Tabell 1. Analysresultat för olika färgtvättvatten

Parameter	Mängd	Enhet
Torrsubstans (TS)	1,5 till 13,5	%
Glödrest	ca 10 till 11	% (vid ungefär 13 % TS)
COD	7 000 mg/l till 378.000	mg/l
Alifatiska kolväten	24,3 mg (opolära) till 1700	mg/l
Aromatiska kolväten	1 350	mg/l
Al	322	mg/l
Na	144	mg/l
Pb	1,2	mg/l
Zn	2,3 till 1750	mg/l

I dag används olika metoder för att ta hand om tvättvattnet. I vissa fall får vattnet sprutas på avfallsupplag. I andra fall används kemisk fällning, kompostering eller förbränning som behandlingsmetoder. Även kombinationer av olika metoder förekommer.

Sammansättningen av tvättvattnet komplicerar kvittblivningen. Kommunala reningsverk vill ofta inte ta emot vattnet oavsett om det är obehandlat eller om en fällning har genomförts, eftersom vattnet ger effekt på mikrotoxtesten och är nitrifikationshämmande. Det är möjligt att skicka tvättvattnet till förbränning på SAKAB. Förbränningen innebär att ett vatten med förhållandevis lite föroreningar transporteras delvis långa sträckor. Kostnaden för förbränningen är ca 6 kronor per liter p.g.a. det låga energiinnehållet. Förbränning i kommunala energibolag kan bli svårare i framtiden, eftersom färgavfall anses som miljöfarligt avfall inom EU.

I stället för förbränning kan vattnet också deponeras eller komposteras. Vid kompostering kan inte alla substanser som vattnet innehåller brytas ned, vilket gör en efter-

behandling respektive deponering nödvändigt. Deponering direkt eller efter kompostering medför en avfallsskatt på 250 kronor per ton avfall. Deponering av organiskt avfall kommer att vara förbjuden i framtiden, vilket gör både kompostering och direkt deponering omöjlig.

Det finns alltså ett behov av att finna en möjlighet att ta hand om tvättvatten på ett miljömässigt och ekonomiskt effektivt sätt. IVL har gjort undersökningar som visar att det är möjligt att behandla tvättvatten från färgtillverkning med hjälp av membranfiltrering. Även andra metoder för behandling av vattnet är tänkbara. Den här rapporten består av två delar. I första delen beskrivs kort olika möjliga behandlingsmetoder för färgtvättvatten. Den andra delen fokuserar på försök med membranteknik som har utförts med tvättvatten från Alcro-Beckers i Stockholm.

2 Behandlingsmetoder för färgtvättvatten

2.1 Fällning

Kemisk fällning är idag vanlig förekommande som behandlingsmetod för färghaltiga vatten. Färgtvättvatten blandas med fällningskemikalier som bildar aggregat som är tyngre än vatten. Färgen sedimenterar i ett sedimenteringssteg och bildar ett slam. Slammet, som måste omhändertas, har en torrsubstanshalt på ca 30 % efter avvattningen. Slamfasen innebär ett avfallsproblem då slammet innehåller organiska ämnen vilka i framtiden inte får deponeras. I vattenfasen har halten organiska ämnen och metaller reducerats signifikant. Vattenfasen kan fortfarande innehålla för höga halter av organiska ämnen så att det inte kan släppas ut direkt. Dessutom kan de organiska ämnena vara svårnedbrytbara. Ett annat problem kan vara halten av suspenderbara ämnen som inte avskiljs tillräckligt bra i sedimenteringssteget.

2.2 Biologisk behandling

Principen för biologisk behandling är att ämnen bryts ned biologiskt. I princip kan man dela in nedbrytningen i nedbrytning med syre (aerobt) och utan syre (anaerobt). Den aeroba nedbrytningen liknar i resultatet en förbränning, eftersom koldioxid bildas. Dessutom bildas biomassa. Nedbrytning utan syre genererar mindre biomassa och har dessutom med metangas en produkt som kan utnyttjas. Biologisk behandling och i synnerhet anaerob nedbrytning är känslig för svängningar i sammansättningen av det vattnet som ska behandlas. Därför är det svårt att tillämpa åtminstone anaerob nedbrytning för tvättvatten från färgtillverkning. De förhållandevis höga COD halter som kan förekomma försvåra användningen av aerob nedbrytning och gör behandlingen mer kostsam.

Den biologiska behandlingen med syre kan utformas på olika sätt. Eftersom tvättvattnets sammansättning varierar mycket är det viktigt att ha en blandning av mikroorganismer som kan bryta ned ämnena. Det kan vara fördelaktigt att ha mikroorganismerna på bärarmaterial för att undvika för mycket utdrag av mikroorganismer.

Biologisk behandling resulterar i ett vatten, där de nedbrytbara ämnen har brutits ned. Det som kvarstår i vattenfasen är svår- respektive inte nedbrytbara ämnen som t.ex. metaller. Andra produkter är bioslam och avgaser, främst koldioxid.

2.3 Indunstning

Vid indunstning av vatten avgår de flyktiga ämnena till gasfasen för att sedan kondenseras ut. Man erhåller ett koncentrat och ett kondensat. Koncentratet efter indunstningen kan ha en högre torrhalt än slammet efter fällningen, vilket ger större möjligheter till vidarebehandling. Eftersom färgtvättvatten innehåller ämnen som är mer lättflyktiga än vatten kommer dessa ämnen att avdunsta. Vattenfasen innehåller därför fortfarande förhållandevis höga halter av oönskade ämnen, exempelvis ammoniak och lättflyktiga organiska ämnen.

Indunstning kräver relativt hög energiinsats jämfört med andra separationsmetoder, men har fördelen att inga kemikalier behövs förutom för rengöring av själva indunstaren. Indunstningsanläggningar finns i olika utformningar som skiljer sig bland annat i energiförbrukningen. Vid behandling av färgtvättvatten visade sig att det vid indunstning med energisnåla apparater finns risk för inkrustningar som försämra prestandan avsevärt och medför en tidskrävande rengöring.

2.4 Membranfiltrering

Vid membranfiltrering separeras partiklar respektive kemiska ämnen med olika storlekar och ytladdning. Mindre ämnen passerar membranet medan större hålls tillbaka. Även ytladdningen kan påverka avskiljningen beroende på membranets ytladdning. På detta vis erhålls ett koncentrat med de större ämnena och ett permeat med de mindre ämnena, däribland vatten. Membranets egenskaper avgör gränsen för avskiljningen, dvs. storleken på de största partiklar som kan passera membranet. För färgtvättvatten är ultrafiltrering mest lämplig, eftersom man kan med tillräckligt kapacitet avskilja de större organiska ämnen.

Filtrering av färgtvättvatten med ultrafiltrering kan resultera i ett koncentrat med mer än 30 % torrhalt. Koncentratet borde dessutom vara lättare att hantera än slammet från fällningen där kemikalier har tillsatts. Koncentratet kan exempelvis förbrännas hos SAKAB men kan förmodligen även användas som stödbränsle i cementugnen (RECI).

Permeatet från ultrafiltreringen innehåller fortfarande vissa föroreningar. Om inte permeatet kan återanvändas i processen kan permeatet vidarebehandlas. Genom filtrering med ett tätare membran (omvänd osmos eller kort RO för reverse osmosis) avskiljs också mindre ämnen. Koncentratet från RO-behandlingen kan destrueras tillsammans med koncentratet från ultrafiltreringen. Permeatet borde vara tillräckligt rent antingen för återanvändning till exempel som tvättvatten eller för att kunna släppa ut det till recipient.

2.5 Förbränning

Förbränning är en behandlingsmetod som förändrar färgtvättvattnet kemiskt. De organiska ämnena oxideras och bildar bland annat koldioxid. Tvättvatten innehåller till stor del vatten och enbart mindre halter av organiska ämnen. Således behövs energitillskott för förbränningen. Energin används dessutom för uppvärmning av vattenfasen fast det inte är önskat. Förbränningen ger upphov till avgaser och en fast återstod, som består av organiska ämnen, t.ex. metaller.

Ett alternativ till förbränning i ugn är **oxidation i superkritiskt vatten (SCWO)**. Genom att utsätta vattnet för hög tryck och temperatur ökar exempelvis lösligheten för syrgas avsevärt. Tvättvattnet har en sammansättning där användning av SCWO skulle vara möjlig. Eftersom SCWO sker under hög tryck, är behandlingen ofta dyr, men kan vara konkurrenskraftig speciellt vid svårbehandlade vatten.

2.6 Deponering

Oavsett behandlingsmetod för färgtvättvatten uppstår det restprodukter som inte kan återföras till kretsloppet. Restprodukterna tillförs en slutförvaring på en deponi. I dag kan det i vissa fall vara tillåten att spruta färgtvättvatten direkt på en deponi för att på det sättet deponera färginnehållet i vattnet. Detta kommer att vara förbjudet i framtiden, när förbudet mot deponering av organiska ämnen träder i kraft. Förbudet medför även svårigheter för alla andra metoder som ger upphov till restprodukter som innehåller organiska ämnen. För att undvika organiska ämnen är förbränning det enklaste alternativet.

2.7 Kombinationsmetoder

Det används även kombinationer av de ovan nämnda behandlingsmetoderna. Det finns exempelvis en tillämpning som kombinerar kemisk fällning och biologisk rening. I det första steget, fällningen, tas bort metaller, suspenderat material och en del av de organiska ämnena. I det följande biosteget bryts en större del av COD_n ned. Vattnet släpps

sedan ut till ett kommunalt reningsverk tillsammans med övriga avloppsvatten från fabriken. Behandlingen fungerar bra enligt användaren. Kombinationsmetoden innebär att ett slam som innehåller både metaller och organiska ämnen. Ett sådant slam kan i framtiden inte deponeras. De ämnen som inte bryts ned biologiskt i företagets biologiska behandling kan vara svårt att bryta ned även i den kommunala behandlingsanläggningen.

En annan möjlighet skulle vara att upparbeta vattnet för att återvinna värdefulla ämnen som till exempel lösningsmedel och titandioxid. Detta alternativ är kostsamt och något komplicerat. Å andra sidan minska avfallet från tvättvattnet och behovet av nya tillsatser till färgen blir mindre.

Oavsett behandlingsmetod genereras en restprodukt som måste tas om hand. När det inte är möjligt respektive rimligt att återvinna de olika ämnen i restprodukten är slutbehandlingsalternativen oxidation genom exempelvis förbränning följt av deponering.

2.8 Metodjämförelse

Hantering av organiska restprodukter kommer att ändras i framtiden när deponeringen blir förbjudet. Färgtvättvatten måste behandlas och restprodukter som ska deponeras får inte innehålla organiska ämnen. Sammansättningen av tvättvattnet kan variera kraftigt, vilket kan försvåra behandlingen. Fysikaliska och kemiska egenskaper av vattnet som ändras vid behandling kan orsaka tekniska problem.

Med de ovan nämnda förutsättningar är uppkoncentrering följt av en termisk behandling att rekommendera, eftersom en upparbetning med återvinning av olika ämnen kräver är arbetsam och kostsam. Uppkoncentreringen möjliggör ett bättre energiutnyttjande, medan den termiska behandlingen säkerställer att de organiska ämnena oxideras så att en deponering av restprodukten blir möjlig.

Alternativa metoder för uppkoncentrering är fällning, indunstning och membranteknik. Fällningen är i dag mest använd, men har nackdelen att ytterligare kemikalier tillförs tvättvattnet, vilket också ökar avfallsmängden efter behandlingen. Indunstning ger möjlighet till en hög uppkoncentrering, men kräver mycket energi och framför allt är risken för inkrustningar stor. Med membranteknik kan uppkoncentreringen vara lika långtgående som med kemisk fällning, möjligtvis lite längre. Energiförbrukningen är lägre än för indunstning och risken för igensättningar av membranerna är enligt IVLs erfarenheter mindre än inkrustningsrisken vid indunstning. Därför är en kombination av membranfiltrering och termisk behandling det mest fördelaktiga alternativet under de ovan nämnda förutsättningarna.

3 Membranfiltrering av färgtvättvatten

3.1 Resultat från tidigare försök med färghaltiga vatten

Färghaltiga vatten har undersökts av IVL i flera typfall. Undersökningarna började med vatten som förorenats med färg vid lackering i sprutboxar. Försök på laboratoriet och i pilotskala på en industri visade att det var möjligt att behandla det färghaltiga översprutet med hjälp av ultrafiltrering. Det skulle principiellt vara möjligt att återanvända både vatten och den uppkoncentrerade färgen, eventuellt efter en viss justeringsdosering av kemikalier.

I försöken undersöktes ett antal olika membran som skiljde sig i både typ av membran, material och avskiljningförmåga. De mest lovande resultaten erhöles i försök med keramiska membran i olika porstorlekar. Även plattmembran av regenererat cellulosa och möjligtvis tubmembran av PVDF kan vara användbara. Förutom valet av rätt membran ledde undersökningarna till att hitta rätt processutförande för att undvika igensättningar. Även olika rengöringsmetoder för membranerna undersöktes. Alkaliskt membrantvättmedel fungerade bra i de flesta fallen, men kunde förbättras för plattmembran och tubmembran genom mekaniskt rengöring.

Det har även undersökts tvättvatten från färgtillverkning i ett tidigare fall. Vattnet som undersöktes då tillhandahölls av Beckers Industrifärg. Försöken som genomfördes med pilotanläggningar på IVL visade liknande resultat som försöken med översprutet, dvs. att det var möjligt att uppkoncentrera färgen på ett säkert sätt. Eftersom ultrafiltreringsmembran inte kan avskilja allt organiskt material innehåller vattenfasen från uppkoncentreringen en del organiska ämnen. Innehållet av organiska ämnen kan betyda att en ytterligare behandling av vattnet behövs innan återanvändning främst för att förhindra biologisk tillväxt.

3.2 Behandling av tvättvatten från Alcro-Beckers

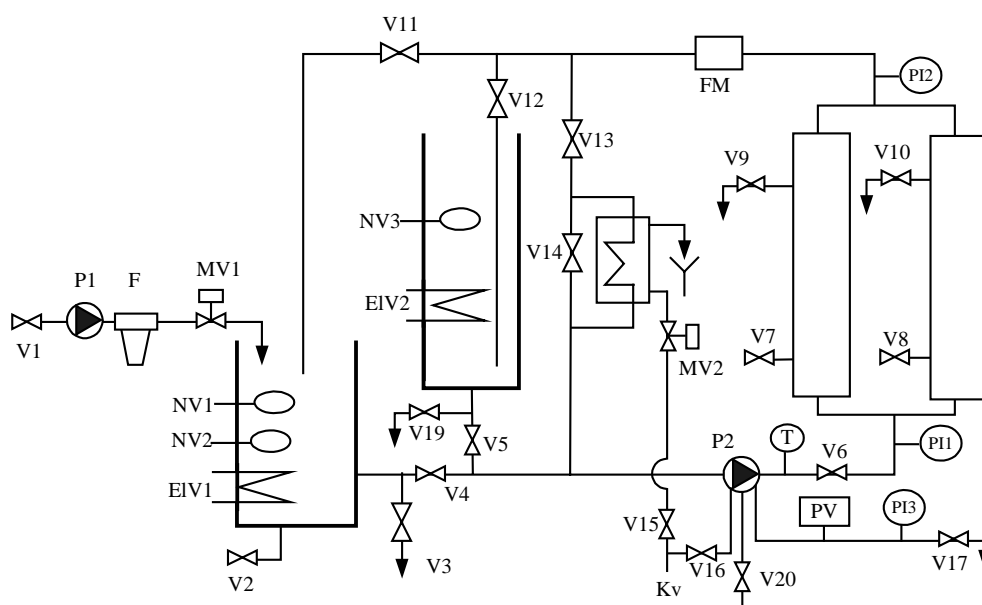
3.2.1 Bakgrund

Alcro-Beckers producerar på Lövholmens anläggningar mer än 2000 olika färger utifrån ca 300 olika råvaror. En stor del av färgerna är vattenbaserad, men även lösningmedelbaserad färg produceras. Produktionsutrustningen måste rengöras vid färgbyte. Rengöringen sker med vatten som måste behandlas innan det når recipienten. I dag används kemisk fällning för att ta hand om vattnet, men klarfasen efter fällningen uppfyller inte kraven som Alcro-Beckers ställer på det reade vattnet.

I nuläget uppstår ca 1 m³ vatten per timme som måste behandlas. Eftersom det är möjligt att det i framtiden krävs fler mindre satsar kan vattenmängden från rengöringen öka. Ett rimligt antagande är att tvättvattnets volym utgör ca 10 % av satsstorleken med dagens rengöringsrutiner. Sammansättningen av föroreningar i vattnet varierar kraftigt, eftersom många olika färger används. Torrsubstanshalten är i medel fyra %. Torrsubstansen utgörs av både organiska och oorganiska ämnen.

3.2.2 Försök med membranfiltrering

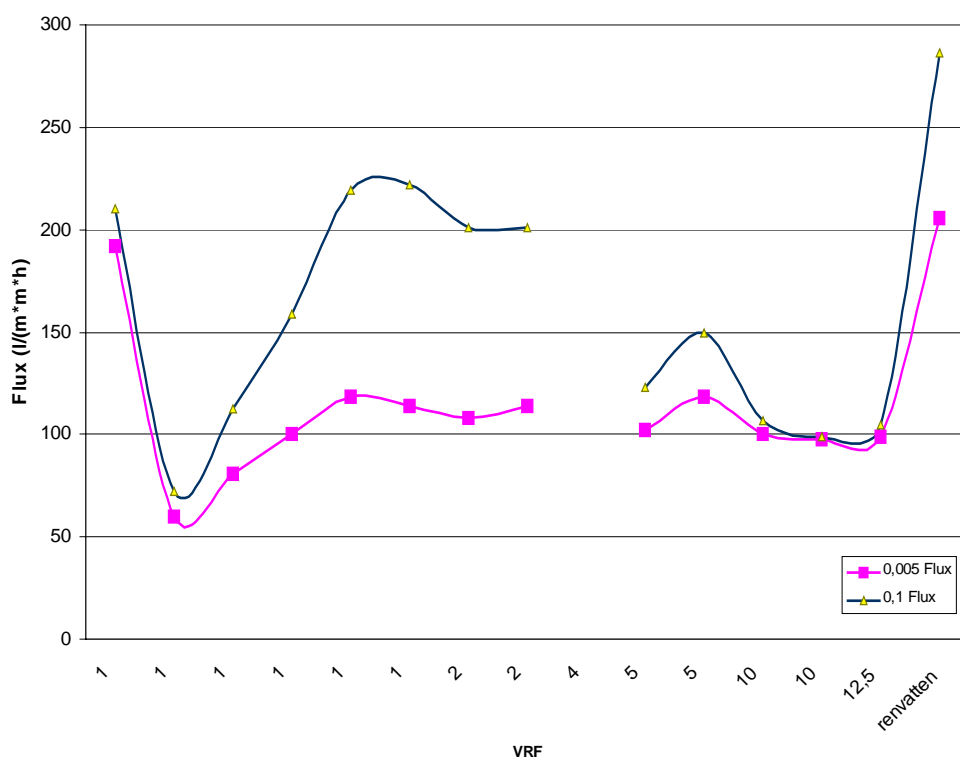
Med hänsyn till resultaten från tidigare försök på liknande vatten valdes membranteknik som behandlingsmetod för det färghaltiga vattnet. Eftersom keramiska membran hade visat bra resultat i försöken användes de även i de här försöken. Det testades membran med olika porstorlekar: 0,1 µm, 0,01 µm och 0,005 µm. Det användes membran med 0,2 m² membranarea. Membranen är cylindriska med 19 hål där vätskan som ska behandlas pumpas genom parallellt. Hålen har en diameter på 3,3 mm. Figur 1 visar en ritning på membranläggningen. Vattnet som ska behandlas pumpas från stora förrådstanken till arbetstanken via ett förfilter (i det här fallet påsfilter med 400 µm porstorlek). I arbetstanken finns 2 nivåvakter för att pumpa när nivån sjunker och för att stänga tillförseln när lagom nivå är nådd. För tvätt av membran finns en separat tvätttank med nivåvakt och elvärme. Cirkulationspumpen P2 har en dubbeltätning med spärrvatten för att undvika läckage från pumpen. Olika ventiler ställs manuellt beroende på driftläget. Trycket över membranen ställs också in med hjälp av ventiler. En värmeväxlare möjliggör kylning för att undvika att testvattnet blir för varmt. Permeat från membranerna leds genom ventilerna 7 till 10 tillbaka till arbetstanken eller bort till separat tank.



Figur 1. Försöksanläggning med 2 membran.

3.2.3 Resultat

Först utfördes ett inledande försök på laboratoriet. 1 m³ testvatten levererades av Alcro-Beckers. En del av vattnet pumpades till arbetstanken innan försöket genomfördes. Vattnet filtrerades i 22 timmar utan uppkoncentrering för att undersöka igensättningstendenser. Sedan gjordes en stegvis uppkoncentrering till en volymreduktion av 12,5, dvs. volymen minskades med mer än 90 %. I figur 2 visas permeatflödeskurvan under uppkoncentreringen för de båda testade membranen. Att permeatflödet sjunker i början kan förklaras med en beläggning som bildas på membranytan. Sedan kompenseras detta genom att temperaturen ökar vilket samtidigt minskar testvattnets viskositet. Under uppkoncentreringen sjunker permeatflödet något, men är även efter det att volymen har reducerats med mer än 90 % av uppkoncentreringen genomfördes en membrantvätt. Renvattenflödet visas som sista punkt på kurvorna i figur 2.



Figur 2. Permeatflöde vid laborieförsök som funktion av uppkoncentreringsfaktorn VRF (Exempel: Faktor 5 betyder att koncentrationen är 20 % av volymen i början) Flera mätningar vid samma VRF men olika tidpunkter har genomförts

Permeatet från olika tidpunkter analyserades på COD och pH. Resultaten redovisas i nedanstående tabell.

Tabell 2. Analys av permeat från färgtvättvattenfiltrering

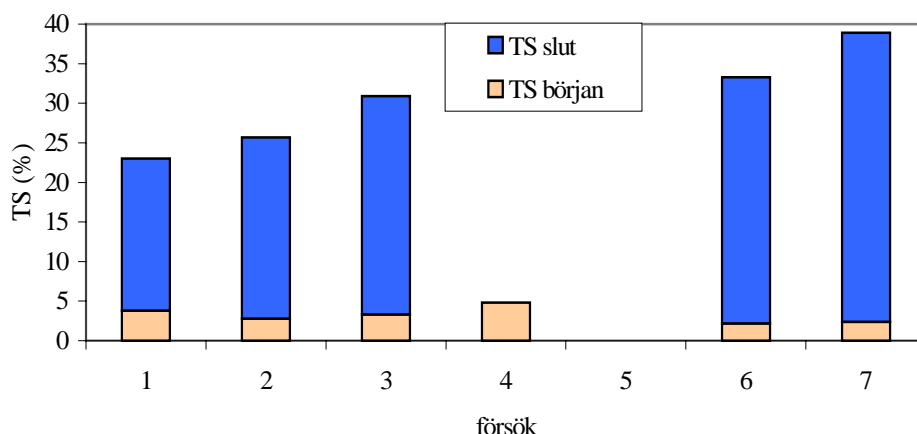
Membran VRF	0,1 µm		0,005 µm	
	pH	COD (mg/l)	pH	COD (mg/l)
1	7,7	1830	7,7	1310
2	7,9	1850	7,9	1490
5	8,35	1910	8,37	1430
10	8,41	1910	8,46	1950

Efter det första försöket på IVL:s laboratorium genomfördes flera försök på Alcro-Beckers fabrik vid Lövhölen. Försöksresultaten finns sammanställt i bilaga 1. En kortare sammanställning av försöksresultaten finns i tabell 3.

Tabell 3. Sammanfattning av försöksresultat av 7 försök med 3 olika membran (0,1µm, 0,01µm och 0,005µm), mflux anger permeatflöde i medel över hela försöket. sflux anger permeatflöde i slutet av försöket. COD mättes i permeatet vid slutet av försöket.

För- sök	TS början %	TS slut %	mflux 0,005 µm l/(m ² h)	mflux 0,01 µm l/(m ² h)	mflux 0,1 µm l/(m ² h)	sflux 0,005 µm l/(m ² h)	sflux 0,01 µm l/(m ² h)	sflux 0,1 µm l/(m ² h)	COD 0,005 µm mg/l	COD 0,01 µm mg/l	COD 0,1 µm mg/l
1	3,8	19,2	150		128	27		27	4150		5700
2	2,8	22,9	157		194	78		174	3275		2810
3	3,3	27,6	134		181	105		153	2450		2265
4	4,8		73		103	15		14			
5				165	156		180	147		3100	3575
6	2,2	31,1		154	116		21	36			2475
7	2,4	36,5		110	84		27	21		3950	3700

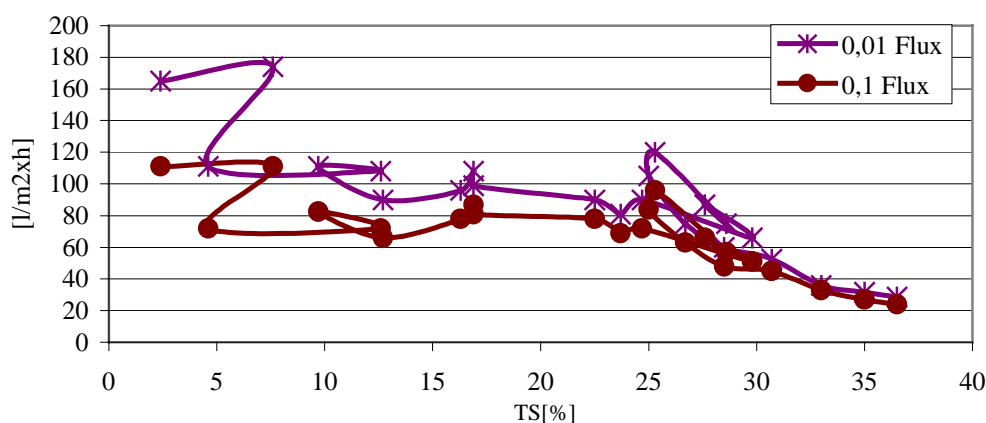
I de försöken nåddes olika uppkoncentreringsgrader. Figur 3 illustrerar resultaten från uppkoncentreringen med hjälp av torrsustanshalten (TS) i koncentratet i början och på slutet av uppkoncentreringen. Filtreringen genomfördes semikontinuerligt. Permeatet från filtreringen leddes kontinuerligt till avloppet. Volymförlusten genom permeatfiltreringen komparerades genom tillförsel av nytt testvatten när nivån i arbetstanken hade sjunkit till förutbestämd nivå. Mot slutet av försöket stängdes tillförseln av, för att kunna uppkoncentrera till högre TS halt i ett steg utan att få en utspädning genom tillförsel av nytt testvatten med lägre TS halt.



Figur 3. Torrsubstanshalt i koncentrat i början och på slutet av olika försök.

I försök 4 uppstod problem med igensättning av membranen. Orsaken var att modifieringar av arbetstanken hade gjorts så att spån från borringar i arbetstanken satte igen membranen. Det var möjligt att rengöra membranen med viss arbetsinsats trots att färg och spån hade satt igen membranen fullständigt. I försök 5 genomfördes inga torrsubstansmätningar. Försöket motsvarar försök 3 förutom att ett membran byttes.

Försök 7 genomfördes under en längre tid än de andra försöken, även slutkoncentrationen var högre än i de andra försöken. Nedanstående figur visar permeatflödesmängden under försöket som funktion av torrsubstanshalten.



Figur 4. Permeatflöde för 2 olika membran som funktion av torrsubstanshalten. Torrsubstanshalten ökar under uppkoncentreringen, men sjunker periodvis när arbetstanken fylls på med nytt testvatten.

3.2.4 Diskussion

Vid behandling av färghaltiga vatten med membranfiltrering är flera faktorer avgörande för att behandlingen ska kunna anses som lyckat. De viktigaste är:

- Uppkoncentreringen fungerar tillfredsställande, membranen kan rengöras efter uppkoncentrering.
- Koncentratet kan vidarebehandlas
- Permeatet kan återanvändas efter eventuell upparbetning
- Permeatflödet är tillräckligt högt så att inte orimligt stora membranytor behövs för behandlingen
- Störningsfri drift av anläggningen möjlig

3.2.4.1 Avskiljningen

Kvalitén av koncentrat och permeat bestäms av avskiljningskarakteristiken för olika membran. I försöken testades 3 olika keramiska membran med olika porstorlekar, då keramiska membran i tidigare försök har visat sig fungera bra för färgfiltrering. Trots att den minsta porstorleken var 20 gånger mindre än den största var skillnaderna i avskiljningen mätt som COD små. Det beror förmodligen på en bimodal fördelning av ämnena, dvs. att det finns en andel av ämnena som är mindre än den minsta porstorleken och en andel av ämnena är större än den största porstorleken, medan få ämnen är i storleksområdet mellan minsta och största porstorleken. Utifrån avskiljningen är därmed alla tre testade membran lämpade.

Två av de testade membranerna är ultrafiltreringsmembran, medan det membranet med minsta porstorleken är enligt specifikation ett nanofiltreringsmembran med sin porstorlek på 5 nanometer. I praktiken kan dock även det tätaste membranet anses som ett ultrafiltreringsmembran, eftersom avskiljningen inte verkar motsvara porstorleken utan även partiklar större än 5 nanometer kan passera membranet. I permeatet av alla membran fanns alltså en signifikant mängd COD, mellan ca 2000 och 5000 milligram per liter beroende på försök och ingående vatten.

Det är möjligt att åstadkomma en mindre COD halt i permeatet genom membranfiltrering med membran med mindre porstorlek respektive membran för omvänd osmos. Dessa membran har dock ett mindre permeatflöde. De är gjorda av organiskt material, vilket ökar risken för igensättning av membranet. En annan möjlighet är att efterbehandla permeatet från ultrafiltreringen med hjälp av omvänd osmos, vilket dock kräver en separat utrustning, eftersom filtreringen sker vid högre tryck.

3.2.4.2 Återanvändning av permeatet

När det gäller permeatkvalitén är det viktigt att permeatet uppfyller kraven som måste ställas för att kunna återanvända permeatet i processen. Här finns det i dag inga fastställda krav, varför det har gjorts inledande försök på Alcro-Beckers. Försöken tyder på att det är möjligt att använda permeatet från ultrafiltreringen i vissa delar av processen. Vid en fullskaleinstallation är det viktigt att ta hänsyn till risken för biologisk tillväxt. På Alcro-Beckers anläggning vid Lövholmen finns en ozonanläggning som skulle kunna användas för desinfektion.

3.2.4.3 Koncentratet

Målet med uppkoncentreringen är att nå ett koncentrat som antingen kan återanvändas eller utnyttjas på annat sätt. Eftersom vattnet som behandlas är en blandning av många olika färger är en direkt återanvändning svår. En möjlighet kan vara att använda mindre mängder som fyllnadsmaterial i färger. Hittills har det alternativet inte undersökts. Ett annat alternativ är att genom upparbetning dela upp koncentratet i olika fraktioner som sedan kan återvinnas. Det har gjorts undersökningar på annat håll som visar att det är möjligt att återvinna vissa fraktioner. Behandlingen är relativt kostsam och kan i dag inte konkurrera med nya råvaror.

Den kommande avfallslagstiftningen gör att det kommer att bli omöjligt att deponera avfall som innehåller organiska ämnen. Det betyder att koncentratet från en uppkoncentrering med membranteknik inte kan deponeras. Eftersom koncentratet innehåller organiska ämnen kan energiinnehållet i koncentratet utnyttjas genom förbränning om energiinnehållet är tillräckligt hög i jämförelse med energin som behövs för att värma upp vattenandelen i koncentratet. Detta är samma förutsättningar som gäller för ett slam från kemisk fällning som i dag är den mest vanliga behandlingsmetoden för färgtvättvatten.

I de olika försöken drevs uppkoncentreringen olika långt. De sista försöken var de mest långtgående och visar att det är möjligt att producera ett koncentrat som har en torrsbstanshalt på över 30 %, möjligtvis över 35 %, vilket är i samma storleksordning som torrsbstanshalten i slammet efter kemisk fällning. Utsikterna för att kunna använda koncentratet som stödbränsle t.ex. i värmeverk eller i cementproduktionen är goda, eftersom värmevärdet förmodligen medger en förbränning utan stödbränsle. Klorid, som kan orsakar problem vid förbränningen vid förekomst i för höga koncentrationer, har inte analyserats, men utgör förmodligen inte något problem, eftersom fri klorid bör kunna passera membranet och återfinnas i permeatfasen.

3.2.4.4 Prestanda och störningsfri drift

Permeatflödet relaterat till membranarea och tid är en viktig parameter för dimensionering av membranläggningar. Ett högre flux, dvs. permeatflöde per kvadratmeter membranarea och tid, gör att det behövs mindre membranarea för filtreringsuppgiften vilket gör anläggningen billigare i både investering och underhåll. Vid uppkoncentrering av vätskor avtar vanligtvis fluxet. Det har visat sig i tidigare undersökningar på IVL att fluxet vid filtrering av färgvatten har en tydlig koppling till koncentratets viskositet. Eftersom viskositeten minskar med högre temperatur utfördes uppkoncentreringen vid 40 till 45 °C. Det tillfördes ingen extravärme utan uppvärmningen skedde med hjälp av spillvärme från koncentratpumpen.

Fluxkurvan visar ett karakteristiskt förlopp under uppkoncentreringen i försöken. Först sjunker fluxet, eftersom det bildas vissa beläggningar på det nytvättade membranet. Efterhand ökar temperaturen och med det även fluxet. Sedan är fluxet någorlunda konstant under uppkoncentreringen. Endast på slutet av uppkoncentreringen minskar fluxet snabbt relativt kraftigt. Det betyder att ett fluxmedelvärde över hela uppkoncentreringsförloppet är relativt högt. I de flesta fall var medelvärdet kring 150 liter permeat per kvadratmeter membranarea och timme filtreringstid.

Störningsfri och säker drift är viktig för att minska driftkostnaderna och oväntade utsläpp. Under vissa förutsättningar kan membranläggningar drivas helautomatiskt med exempelvis automatiska tvättcykler för membranvätt. Vid membranfiltrering av färghaltiga vatten är det viktigt att undviker att färgen kan torka i anläggningen. Det är därför viktigt att undvika oförutsedda driftstopp. Ett problem som kan uppstå är igensättning av membranet. Så var fallet i ett av försöken på Alcro-Beckers. Trots förfiltrering blev membranet igensatta. Orsaken var att det genomfördes borringar på arbetstanken som gav upphov till plastspån. Inte alla spån togs bort så att de kunde sätta igen membranet. Det understryker viktigheten av en fungerande förfiltrering. Trots igensättningar var det möjligt att rengöra membranet genom att ta bort spånen så långt som möjligt och rengöra de för hand följt av en konventionell membranvätt.

3.2.5 Slutsatser

Resultaten från laboratorie- och pilotförsöken ger tillsammans med erfarenheterna från tidigare försök följande slutsatser:

- Det var möjligt att filtrera tvättvatten från Alcro-Beckers också när sammansättningen varierade som följd av produktion av olika produkter.
- Permeatflödet är tillräckligt högt för att hålla en investering på en ekonomisk rimlig nivå.

- Permeatet från uppkoncentreringen kan med allra största sannolikhet användas i produktionsprocessen, eventuellt efter en förbehandling. På så sätt minskar färskvattenförbrukningen.
- Koncentratet efter uppkoncentreringen har en torrsbstanshalt på mer än 30 %. Energiinnehållet är förmodligen tillräcklig hög för att göra produkten attraktiv för energiutvinning.
- Vid rätt förbehandling av vattnet fungerar membranfiltreringen störningsfritt.

Bilaga 1. Försöksresultat

Laboratorieförsök:

Tid h	T °C	PI 1 bar	PI 2 bar	0,005 Flux l/(m*m*h)	0,1 Flux l/(m*m*h)
	28	2,4	0,5	192	210
10.20	11	2,5	0,5	60	72
11.20	24	2,3	0,6	81	112,5
12.25	35	2,2	0,6	100,5	159
16.35	46	2,3	0,7	118,5	219
08.15	46	2,3	0,7	114	222
11.45	45	2,3	0,7	108	201
13.00	45	2,3	0,7	114	201
13.55	46	1,7	0,7	0	0
14.20		2,1	0,9	102	123
14.50		2,4	0,9	118,5	150
15.20	43	2,1	0,8	100,5	106,5
16.00	44	2,2	0,8	97,5	99
16.15	44	2,2	0,8	99	105
08.00	27	2,5	0,5	205,5	286,5

Försök 1.

Tid h	T °C	PI 1 bar	PI 2 bar	0,005 Flux l/(m*m*h)	0,1 Flux l/(m*m*h)
0	26	2,3	0,7	135	120
0,8	37	2,3	0,7	183	156
2,28	37	2,4	0,7	159	141
3,58	36	2,4	0,7	162	120
4,66	45	2,5	0,7	195	184,5
6,24	43	2,1	0,6	108	90
6,41	45	0,8	0,1	36	0
6,49	44	0,7	0,1	31,5	0
6,72	44	0,5	0,1	22,5	31,5
6,82	45	0,5	0,1	22,5	25,5
6,9	44	0,5	0,1	21	0
6,99	45	0,6	0,1	27	27

Försök 2.

Tid h	T °C	PI 1 bar	PI 2 bar	0,005 Flux l/(m*m*h)	0,1 Flux l/(m*m*h)
0	26	2,8	0,8	135	124,5
0,67	41	2,6	0,8	172,5	177
2,75	43	2,8	0,8	171	195
4,25	45	2,9	0,8	162	204
5,42	45	3,2	0,7	135	207
6,5	45	3,2	0,7	144	213
6,67	44	3,5	0,7	135	228
6,92	43	3,7	0,7	78	174

Försök 3.

Tid h	T °C	PI 1 bar	PI 2 bar	0,005 Flux l/(m*m*h)	0,1 Flux l/(m*m*h)
0	27	2,8	0,8	123	180
1	36	2,8	0,8	150	210
2	42	2,8	0,8	153	228
3,42	40	2,8	0,8	147	180
4,59	44	2,8	0,8	138	180
5,76	42	2,9	0,8	123	156
6,09	39	2,9	0,8	114	141
7,17	43	3,4	0,8	132	183
7,92	45	3	0,8	99	138
8,09	45	3	0,8	102	141
8,34	45	3,1	0,8	111	150
8,51	45	3,2	0,8	105	153

Försök 4

Tid h	T °C	PI 1 bar	PI 2 bar	0,005 Flux l/(m*m*h)	0,1 Flux l/(m*m*h)
0	27	2,8	0,8	93	126
1,75	44	3	0,8	60	90
1,92	52	1	0,1	15	13,5

Försök 5

Tid h	T °C	PI 1 bar	PI 2 bar	0,01 Flux l/(m*m*h)	0,1 Flux l/(m*m*h)
0	26	2,8	0,8	117	120
1,5	37	2,8	0,9	129	159
2,5	39	2,8	0,9	150	156
3,5	42	2,8	0,9	171	171
4,5	42	2,8	0,9	186	171
5,5	42	2,8	0,9	177	156
6,67	45	2,8	0,9	189	162
7,75	43	2,8	0,9	186	150
8,58	45	2,9	0,9	180	147

Försök 6

Tid h	T °C	PI 1 bar	PI 2 bar	0,01 Flux l/(m*m*h)	0,1 Flux l/(m*m*h)	TS %
0	23	2,7	0,7	135	96	2,2
3,33	42	2,7	0,8	195	150	
6	43	2,8	0,8	165	126	
9,33	41	2,8	0,8	141	111	6,9
10,6	45	2,8	0,8	147	111	
11,8	43	2,8	0,8	139,5	105	8,3
13	42	2,8	0,8	132	102	
23,25	45	2,8	0,8	180	135	
25,8	43	2,9	0,8	153	117	9,4
27	43	2,9	0,8	150	109,5	
28,6	45	2,9	0,8	144	108	
29,6	42	2,9	0,8	135	99	10,9
31	43	2,9	0,8	138	102	
32,8	43	2,9	0,8	132	99	
49,5	45	2,9	0,8	183	135	
50,3	42	2,9	0,8	159	120	12,4
51,3	42	2,9	0,8	153	114	
52,3	45	3	0,8	150	114	
53,1	43	3	0,8	162	117	
54,3	43	3	0,8	165	120	
55,3	43	3	0,8	159	111	14,1
56,4	45	3,1	0,8	117	90	19,6
56,7	47	3,1	0,8	105	79,5	
57,2	50	3,1	0,8	96	79,5	
57,5	50	3,2	0,8	111	84	26,6
57,8	50	3	0,8	76,5	60	30,9
58	49	0,7	0,2	21	36	31,1

Försök 7

Tid h	T °C	PI 1 bar	PI 2 bar	0,01 Flux l/(m*m*h)	0,1 Flux l/(m*m*h)	TS(%)
0	24	2,9	0,8	165	111	2,4
3,5	39	3	0,7	201	144	
4,8	42	3,1	0,8	195	150	
5,8	42	3,1	0,8	195	156	
21,55	45	3,1	0,8	216	141	
22,38	42	3,1	0,8	192	123	
23,2	43	3,6	0,8	180	120	
23,46	41	3	0,8	174	111	7,6
27,12	41	3	0,8	162	96	
28,29	42	3	0,8	156	93	
31,62	43	3	0,8	111	72	4,6
43,37	45	3	0,8	141	90	
46,37	42	3,1	0,8	99	69	
48,79	43	3,1	0,8	108	72	12,6
52,87	45	3,1	0,8	102	72	
69,53	43	3	0,8	111	82,5	9,7
74,53	45	3,1	0,8	87	63	
75,7	45	3,1	0,8	90	66	
76,8	45	3,1	0,8	90	66	
94,2	45	3,1	0,8	90	66	12,7
94,78	44	3,1	0,8	93	69	
97,44	44	3,3	0,8	90	63	
100,19	43	3,3	0,8	75	57	
100,36	20	3,6	0,5	60	52,5	
100,53	28	3,6	0,5	69	57	
100,56	32	3,6	0,5	75	66	
100,59	35	3,6	0,5	81	75	
100,74	41	3,2	0,7	78	70,5	
101,91	45	3,3	0,7	81	63	
120,91	45	3,2	0,7	99	90	
122,1	45	3,3	0,7	93	84	
123,5	44	3,3	0,7	87	75	
124,3	45	3,4	0,7	96	78	16,3
146,8	45	3,4	0,7	114	93	
147,6	45	3,4	0,7	108	84	
148,2	45	3,4	0,7	108	87	16,9
165,9	45	3,3	0,7	126	102	
168,1	45	3,4	0,7	99	84	
169,8	42	3,4	0,7	99	81	16,9
170	42	3,4	0,7	105	84	
174,9	45	3,5	0,7	96	78	
176,65	44	3,4	0,7	99	81	

Försök 7 (fortsättning)

Tid h	T °C	PI 1 bar	PI 2 bar	0,01 Flux l/(m*m*h)	0,1 Flux l/(m*m*h)	TS(%)
190,1	45	3,4	0,7	138	112,5	
193,76	45	3,5	0,7	90	78	22,5
196,7	45	3,5	0,7	81	69	23,7
198,3	45	3,5	0,7	81	69	
213,6	45	3,4	0,8	156	117	
214,7	45	3,4	0,7	120	99	
217,9	45	3,5	0,7	90	72	24,7
221,4	45	3,6	0,8	69	54	
222,5	45	3,6	0,8	63	51	
236,8	45	3,6	0,8	72	55,5	
238,7	45	3,6	0,8	66	51	29,8
240,5	45	3,5	0,7	87	66	27,6
242,4	45	3,6	0,8	78	63	
244,5	44	3,6	0,8	75	57	28,6
261	46	3,5	0,8	120	96	25,3
263,3	45	3,6	0,8	84	69	
264,6	43	3,6	0,8	105	84	25
264,8	43	3,5	0,8	102	84	
266,2	46	3,6	0,8	75	63	26,7
266,9	46	3,7	0,8	63	51	
267,1	46	3,7	0,8	60	48	28,5
267,6	46	3,7	0,8	52,5	45	30,7
268,1	45	3,9	0,8	45	39	
268,3	46	3,9	0,7	43,5	36	
268,6	45	3,9	0,7	36	33	33
268,8	45	3,9	0,7	34,5	30	
269,38	45	4	0,7	31,5	27	35
269,8	46	4	0,8	28,5	24	36,5
270	46	4	0,8	27	21	

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

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