

Reningsmetoder för
reducering av
hårfärgningsämnen i avlopp
från frisörsalonger

En teknisk, ekonomisk och miljömässig utvärdering

Rapport nr 12SV474

Emil Nämgren

Examensarbete vid KTH

EXAMENSARBETE

KEMITEKNIK

HÖGSKOLEINGENJÖRSUTBILDNINGEN

Reningsmetoder för reduktion av hårfärgningsämnen i avlopp från frisörsalonger

En teknisk, ekonomisk och miljömässig utvärdering

Emil Nämngren

KTH

Stockholm

2012



**KTH KEMITEKNIK
HÖGSKOLEINGENJÖRSUTBILDNINGEN**

EXAMENSARBETE

TITEL: Reningsmetoder för reduktion av hårfärgningsämnen i avlopp från frisörsalonger. En teknisk, ekonomisk och miljömässig utvärdering

ENGELSK TITEL: Treatment methods for reducing hair dyes in waste water from hair salons. A technical, economic and environmental evaluation.

SÖKORD: Hårfärgningsmedel, hårvård, aromatiska färger, aktivt kol, ozonbehandling, frisörsalong

ARBETSPLATS: Stockholm Vatten AB

HANDLEDARE PÅ

ARBETSPLATSEN: Cajsa Wahlberg, miljökemist,
cajsa.wahlberg@stockholmvatten.se

HANDLEDARE PÅ KTH: Per Olof Persson, POP@kth.se

STUDENT: Emil Nämgren

DATUM: 2012-06-14

EXAMINATOR: Per Olof Persson

Sammanfattning

Kommunala avloppsreningsverk har många industrier och andra verksamheter påkopplade till anläggningarna, där utsläppen till en del skiljer sig från det typiska avloppsvattnet från hushållen. Därmed lägger Stockholm Vatten AB mycket tid på att spåra farliga kemikalieutsläpp på det kommunala avloppsnätet, vilka kan slå ut reningsverkets biologiska processer eller att vattenlevande organismer i sjöar och vattendrag påverkas negativt. Stockholm Vatten har nu ökat sitt intresse för utsläpp i samband med hårvård. Genom en tidigare studie från Stockholm Vatten har det visat sig att utsläpp av hårfärger från frisörer, med aromatisk molekyelstruktur, i många fall är giftiga med avseende på vattenlevande organismer. Hårfärger som släpps ut har formen av aromatiska joner, opolära och polära aromatiska molekyler. Gemensamt för dessa är att de konstrueras utifrån aromatiska molekyler, vilka kopplas ihop i många olika storlekar och strukturer.

År 2011 var de årliga utsläppen av färgämnen i hårfärgningsmedel, från frisörersalonger i Sverige, grovt uppskattade till ungefär 825-840 ton räknat som torrsubstans. En grov uppskattning har visat att en enskild hårfärgning i värsta fall kan medföra ett utsläpp på 9 gram färgämne, 72 gram tensid och 3 gram schampo. Färgämnena i processvattnet från en frisörsalong utgörs av cirka 80-90% opolära och polära aromatiska färgmolekyler. Kunskapen om kemikalernas akvatiska påverkan är mycket begränsad, men tydliga indikationer finns att dessa är giftiga för vattenlevande organismer.

I detta examensarbete har flera olika reningsmetoder undersökts. Detta för att se vilka av dessa som kan användas i verksamheten vid en frisörsalong för att reducera utsläppen av aromatiska hårfärgningsämnen. Metoder som undersökts genom en inledande litteraturstudie har varit; aktivt kol adsorption, nanofiltrering, koagulation, jonbyte, kemisk oxidation med hjälp av ozon, hypoklorit eller Fentons reagent, fotokatalys (med katalysator), nedbrytning med hjälp av svampar, elektrokoagulation, elektrokemisk reduktion och elektrokemisk oxidation. Av dessa valdes tre ut: aktivt kol adsorption, ozonbehandling och nanofiltrering, eftersom att dessa tre hade bäst tekniska, ekonomiska och miljömässiga förutsättningar för användning vid en frisörsalong.

För att utvärdera de verkliga förutsättningarna för reningsutrustningen kontaktades leverantörer på den svenska marknaden. Beräkningar visar att nanofiltrering inte är ekonomiskt möjlig att använda på grund av extremt höga destruktionskostnader för uppkommet koncentrat. Aktivt kol adsorption har mycket hög kostnad i form av kolförbrukning och kostsam koldestruktion. Ozonbehandling belastas av mycket hög investeringskostnad och medelhög elförbrukning. Aktivt kol adsorption kan nå en avfärgning upp till 75 %, medan ozonbehandling kan nå ca 99 % avfärgning. Grundpelaren i detta examensarbete har varit att genomföra en teknisk, ekonomisk och miljömässig utvärdering som underlag vid val av reningsmetod. Vill frisörer ge sin produktion en miljöanpassad profil skall ozonbehandling väljas men en billigare lösning är adsorption på aktivt kol. För en större frisörsalong är ozonbehandling en ekonomisk men också miljömässigt bra lösning. Det kan även vara en god idé att en större ozonanläggning inhandlas av fler frisörsalonger. Detta leder då till mindre kostnader per frisör.

Summary

Municipal sewage treatment plants have many industries and other businesses connected to the facility, which discharges are quite different in comparison to the typical waste water from households. Stockholm Vatten AB has spent great time tracking hazardous chemical spills to the municipal sewer system, which can disrupt the treatment plant's biological processes, or that can adversely affect the aquatic life in lakes and streams. Stockholm Vatten has recently increased its interest in the emissions associated with hair care. In a previous study from Stockholm Vatten it has been shown that emissions of hair dyes from hairdressers, in many cases are toxic for aquatic organisms. Hair dyes contains substances with aromatic molecular structure and are emitted in the form of aromatic ions, nonpolar and polar aromatic molecules.

In 2011 the annual discharge of colorants in hair dyes, from hairdressing salons in Sweden was roughly estimated to be about 825-840 tons (dry solids). A rough estimate has shown that a single hair coloring in the worst cases can be up to 9 grams of dye, 72 grams of surfactant and 3 grams of shampoo. The dyes from hair salons contain about 80-90% nonpolar and polar aromatic dye molecules. The knowledge about environmental impact caused by dyes on aquatic organisms is very limited, but there are clear indications that these substances are toxic to aquatic organisms.

In this thesis, several different treatment methods have been examined, in order to see which of these could be used to reduce emissions of aromatic hair dye substances directly at the hair salon. Methods that has been examined through literature review are; adsorption on activated carbon, nanomembrane filtration, coagulation, ion exchange, chemical oxidation using ozone, hypochlorite or Fenton's reagent, photocatalysis (with catalyst), biological treatment using fungi, electrocoagulation, electrochemical reduction and electrochemical oxidation. Three methods were selected: activated carbon adsorption, ozone treatment and nanomembrane filtration, because these three has the best technical, economic and environmental conditions for the hair salon.

To evaluate the actual conditions of the purification equipment a couple of suppliers on the Swedish market was contacted. This resulted in that nanofiltration could be excluded because of extremely high cost for disposal of the resulting concentrate. Activated carbon adsorption has a high cost in terms of carbon consumption and costly carbon destruction. Ozonation has very high investment cost but a moderate power consumption. Activated carbon adsorption can achieve a decolorisation up to 75%, while ozone can reach approximately 99 % decolorisation.

The centerpiece of this thesis has been to perform a technical, economic and environmental evaluation of suitable purification methods. If hairdressers want to give their production a sound environmental profile, they should select ozonation but selecting adsorption on activated carbon is a cheaper solution. It can also be a good solution that several hair salons jointly purchase a larger ozonation facility. This would lead to less cost per hairdresser.

Förord

Först och främst vill jag tacka min underbara fru som ständigt har stöttat mig, i mitt val att läsa till kemiingenjör. Du inspirerar mig och ger mig ständigt glädje i livet!

Vill även sända ett stort tack till mina handledare: Per Olof Persson och Cajsa Wahlberg. Med mycket god vägledning och utvecklande mentorskap har vi tagit fram en examensrapport som jag kan vara stolt över. Stort tack för Ert engagemang! Att ge energi föder energi.

Min examenstid på Stockholm Vatten har varit mycket lärorik tack vare all personal som har sporrat och intresserat sig för arbetets framfart. Ni är ett härligt sällskap som har givit mig minnen för livet.

Stort tack Kristina Lindman, Björn Axén! Fortsätt att sprida er miljömedvetenhet i frisörsbranschen, det kommer att gynna er i framtiden.

Innehåll

1. INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND.....	1
1.2 PROBLEMBILD.....	1
1.3 SYFTE.....	2
1.4 MÅL:.....	2
1.5 METOD.....	2
1.6 AVGRÄNSNINGAR.....	2
2. KEMIKALIER FRÅN FRISÖRSALONGER	3
2.1 URVAL AV KEMIKALIER FRÅN HÅRVÅRDSPRODUKTER.....	3
2.2 VAD GÖRS I DAG FÖR ATT MINSKA MÄNGDER HÅRVÅRDSKEMIKALIER I DET KOMMUNALA AVLOPPSVATTNET?.....	4
2.3 UTSLÄPP FRÅN FRISÖRSALONGER.....	4
3.1 ÄMNINGEN SOM SKALL AVSKILJAS.....	5
3.2 FÄRGER.....	7
3.2.1 Allmänt om färger.....	7
3.2.2 Konstruktion av direktverkande toning.....	8
3.2.3 Konstruktion av semipermanent oxidationsfärg.....	8
3.2.4 Konstruktion av permanent oxidationsfärg.....	9
3. RENINGSMETODER FÖR AVSKILJNING AV HÅRFÄRGNINGSÄMNE FRÅN FRISÖRSALONGENS PROCESSVATTEN	12
3.3 FYSIKALISK-KEMISKA RENINGSMETODER.....	14
3.3.1 Adsorption med aktivt kol.....	14
3.3.2 Koagulation.....	18
3.3.3 Nanofiltrering och Ultrafiltrering.....	20
3.3.4 Jonbyte.....	28
3.4 OXIDATIONSMETODER:.....	33
3.4.1 Ozonbehandling.....	33
3.4.2 Övriga oxidationsmetoder.....	37
3.5 MIKROBIOLOGISKA RENINGSMETODER.....	39
3.6 ÖVRIGA RENINGSMETODER.....	40
4. UNDERLAG FÖR DIMENSIONERING AV RENINGSAPPARATUR	41
5. FÖRDJUPAD GRANSKING AV RENINGSMETODER: AKTIVT KOL ADSORPTION, OZONBEHANDLING OCH NANOFILTRERING	43
6. SLUTLIGT VAL: AKTIVT KOL ADSORPTION ELLER OZONBEHANDLING	50
7. FELKÄLLOR	54
8. SLUTSATS:	56
9. FRAMTIDA ARBETE	57
9.1 FÖRDJUPAD STUDIE AV AKTIVT KOL ADSORPTION OCH OZONBEHANDLING: PRAKTISKT OCH EKONOMISKT.....	57
9.2 KISELOLJOR OCH KVARTÄRA AMMONIUMFÖRENINGAR.....	57
10. KÄLLFÖRTECKNING	58
BILAGOR	64
BILAGA 1. FÖRSÄLNINGSTATISTIK KTF OCH MASSFLÖDESANALYS LÄKEMEDELSVERKET.....	64
BILAGA 2. KONSTRUKTION FÄRGER.....	65

BILAGA 3.	EGENSKAPER FÖR PROCESSVATTNET.	68
BILAGA 4.	PÅVERKANDE KEMIKALIER FRÅN HÅRFÄRGER OCH SCHAMPO	71
BILAGA 5.	SVENSKA LEVERANTÖRER.	72
BILAGA 6.	ANTAGANDE FÖR RENINGSMETOD, OFFERTER, BILDER PÅ RENINGSUTRUSTNING, BERÄKNINGAR.....	73

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Kommunala avloppsreningsverk har många industrier och andra verksamheter påkopplade till anläggningen, där utsläppen till en del skiljer sig från det typiska avloppsvattnet från hushållen. Här är det viktigt att dessa utsläppskällors föroreningsinnehåll är under kontroll då det annars finns risk att t.ex. reningsverkets biologiska processer slås ut eller att vattenlevande organismer i sjöar och vattendrag påverkas negativt. Även kvaliteten på det bildade slammet är viktig då slammet innehåller mycket fosfor och mullbildande ämnen och därför bör återföras till jordbruksmark. Stockholm Vatten lägger ner ett stort arbete på att spåra källor till olika föroreningar och ställer krav även på mindre verksamheter som leder avloppsvatten till reningsverken, som t ex bilvårdsanläggningar och tandläkarmottagningar ⁽¹⁾. Stockholm Vatten AB har nu ökat sitt intresse för utsläpp i samband med hårvård. Några frisörsalonger har även hört av sig till Stockholm Vatten, eftersom de inte vet hur de skulle kunna minska sina utsläpp, men vill medverka till en miljöförbättrande insats.

1.2 Problembild

Under 2011 fanns det i Sverige 19 903 stycken registrerade hårvårdsföretag ⁽²⁾, se Tabell 1 för fördelning på företagsstorlek.

Tabell 1. Data hämtat från statistiska centralbyråns företagsregister. Tabell avser hela Sverige.

Antal anställda	1	2-4	5-9	10-19	20-99	200
Antal företag	10 695	6 748	1467	939	52	2
Totalt antal företag						19 903

Utsläpp från frisörer uppkommer från arbete med hårvård, där ingående arbetsmoment är hårtvätt, klippning, läggning, färgning, toning, permanentning, rak-permanentning, rakning och skäggvård ⁽³⁾. En tidigare studie utförd av Stockholm Vatten ⁽⁴⁾, pekade på att hårvårdsprodukter ofta innehåller uppemot 30 olika kemikalier och att flertalet av dessa kan vara giftiga, svårnedbrytbara och i vissa fall bioackumulerbara, med avseende på vattenlevande organismer. Några av de ämnen som rapporten tog upp och vilka klassificerades som miljöfarliga, var aromatiska aminer och fenoler, vilka ofta finns i hårfärgningsmedel, permanentmedel och schampon. Rester av aromatiska fenoler och aminer finns kvar i överskottsfärgen i håret efter hårfärgning och spolats därmed ut det kommunala avloppssystemet vid

efterföljande hårtvättar. Om färgämnen inte bryts ned i reningsverket kan de störa reningsprocesserna eller försämra kvaliteten på det utgående avloppsvattnet och slam.

1.3 Syfte

Syftet med detta examensarbete var att ta fram ett eller flera förslag på reningsmetod, för att avlägsna hårfärger i vattenfas, vid hårtvätt hos frisörsalonger innan sköljvattnet hamnar i avloppsnätet.

1.4 Mål:

Examensarbetet omfattar följande delar:

- A. Övergripande problembild
En kortfattad övergripande beskrivning av problembilden innehållande typiska utsläppssituationer och effektproblematik.
- B. Teknisk-ekonomisk-Miljömässig utvärdering av möjliga reningstekniker.
 - a. Denna del omfattar en genomgång av reningsmetoder igenom litteraturstudie, som kan behandla de önskade kemikaliegrupperna som utvärderas utifrån teknik, ekonomi och miljöprestanda. Tre till fyra metoder väljs ut från genomförd litteraturstudie för vidare bearbetning.
 - b. Marknadsanalys. Utifrån minst en av de utvalda reningsmetoderna skall leverantör kontaktas och information om metodens grundinvestering, installationskostnad och driftskostnad inhämtas.

1.5 Metod

Kunskap inhämtades genom litteraturstudier (KTHs databaser, bibliotek, internet), muntliga intervjuer och företagskontakter gällande de aktuella reningsteknikerna. Nio frisörsalonger (stora och små) kontaktades per telefonintervju och frågeformulär, för att se hur intresset var för miljöförbättrande arbete och en framtida reningsmetod, se bilaga 3. Den enda frisörsorganisation som velat hjälpa till har varit Björn Axén, ett stort företag med 75 arbetande frisörer, som bistått med dataunderlag för beräkningar. Andra intressenter som har lämnat information är Kemisk-tekniska Leverantörsförbundet (KTF), Frisörernas branschorganisation, Statistiska centralbyrån (SCB), Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm Vatten, Stena Recycling och SAKAB. Åtta stycken leverantörer med reningsutrustning har kontaktats, för att se om reningsmetodiken är rimlig eller inte att använda för frisörernas processvatten, se bilaga 5.

1.6 Avgränsningar

Inom ramen för detta examensarbete har utsläpp av hårvårdsprodukter endast undersökts hos frisörsalonger i Sverige. De kemikaliegrupper som har valts ut för denna undersökning är aromatiska fenoler och aromatiska aminer. De produktgrupper som har undersökts, och vilka innehåller mest aromatiska föreningar, är direktverkande toning, oxidativa semi-permanenta eller oxidativa permanenta hårfärger.

2. Kemikalier från frisörsalonger

2.1 Urval av kemikalier från hårvårdsprodukter

I ett tidigare examensarbete utfört hos Stockholm Vatten år 2002 (Nr21 2002- Hårvårdsprodukter: vad innehåller de och hur påverkars miljön), gjordes en undersökning av innehållet i ett antal hårvårdskemikalier och vilken eventuell miljöpåverkan dessa kunde bidra till. Resultatet visade att det är många kemikalier i hårvårdsprodukter som saknar tydlig miljöinformation, vilket gör det svårt att bedöma dess miljöfarlighet. Hälsoaspekten är ofta bättre utredd eftersom de direkta skadorna på användare är svåra att undgå och lagstiftningen har fokuserat på hälsoeffekter. Enligt rapporten var det i många fall även enklart vad hårvårdsprodukterna exakt innehöll. En av grundbultarna i rapporten var att hårfärgningsmedel är den produktgrupp (av hårvårdsprodukter) som misstänkts innehålla största antal miljöfarliga ämnen. Bakgrunden till denna misstänksamhet ligger i att hårfärgningsmedel innehåller aromatiska och klorerade aromatiska föreningar. Enligt läkemedelsverket är en stor del av de kemikalier som förbjuds för användning i kosmetika och hygienprodukter baserade på aromatiska strukturer ⁽⁵⁾. Även om dessa föreskrifter till största del baseras på hälsoaspekten för människa och inte på den akvatiska miljön så kan detta ändå ge en fingervisning att hårfärgningsmedel med deras innehåll av aromatiska föreningar kan befinna sig i farozonen med hänsyn till akvatisk påverkan.

Det är utifrån resultatet från rapport nr 21 som det nu aktuella examensarbetet tar vid och där hårfärgningsämnen kommer att vara i fokus. För att ge er läsare en bättre grundförståelse görs en kort beskrivning av hur ett ämnes miljöfarlighet bedöms. Miljöfarlighet baseras på ämnets toxicitet, nedbrytbarhet och biokoncentrerbarhet Toxicitet (giftverkan) på olika försöksorganismer, såsom bakterier, alger och kräftdjur, fiskar, kan mätas som dödlighet eller effekter på fysiologi, tillväxt, reproduktion eller som reproduktionsstörningar ⁽⁶⁾. Vid nedbrytning undersöks hur väl den organiska molekylen kan brytas ned. Man skiljer mellan total nedbrytning till koldioxid och vatten (även kallad mineralisering) och partiell nedbrytning (omvandling till mindre fragment). En grov klassificering görs ofta i: lätt nedbrytbart, nedbrytbart och svårnedbrytbart ⁽⁶⁾. Vid biokoncentrering påvisas hur ämnet tas upp från vattenfas till vävnader hos akvatiska organismer. Bedömningen utgår ifrån en biokoncenteringsfaktor(BFC), där faktor visar kvoten mellan ämnets koncentration i t.ex. fisk mot koncentrationen av ämnet i omgivande vatten ⁽⁶⁾Ju högre BCF är desto större är biokoncentrerbarheten.

I dagsläget pågår en intensiv forskning för att se vad nya kemiska ämnen har för miljöpåverkan på människa och akvatiska organismer. Det finns flera studier som visar att hårfärgningsmedel kan bilda restprodukter som både är mutagena och cancerframkallande ⁽⁷⁾ ⁽⁸⁾,⁽⁹⁾. Aromatiska aminer såsom 4-aminofenol och Resorcinol ⁽⁷⁾.(har visats sig vara giftiga för vattenlevande organismer, och hade mutagena effekter på råttors DNA och könceller ^(10,11)). Resorcinol och 4-aminofenol och är i dag vanliga kemikalier i hårfärgningsprodukter.

2.2 Vad görs i dag för att minska mängder hårvårdskemikalier i det kommunala avloppsvattnet?

Intresset för miljöarbete ökar hos fler salonger. Frisörföretaget Björn Axén har tillsammans med Stena Recycling börjat att titta på återanvändning och sopsortering. Stena Recycling tillhandahåller emballage där rester från farligt avfall (flytande/fast) och metaller (sprayburkar) samlas upp och där fyllt emballage senare sorteras i Stenas anläggning. Idag har cirka 150 frisörer anslutit sig till Stenas tjänst ⁽¹²⁾.

Miljökontoren har tillsynsansvaret för frisörsalonger. De ser över hälsoaspekten där områden av intresse kan vara allergier, andningsbesvär eller utrustningshygien. Läkemedelsverket har ansvaret för kosmetika och hygienprodukter och kontrollerar vilka typer och mängder det finns av olika kemikalier i produkter ute på marknaden för att se till att de följer lagstiftningen och att de inte är farliga för brukaren. Dock har inga tydliga uppgifter angående utsläppskontroll av hårfärger till vatten hittas, varken hos miljökontoret eller hos Läkemedelsverket.

2.3 Utsläpp från frisörsalonger

Frisörsalongerna har olika behandlingar där det används många olika produkter. Exempel på produkter är balsam, schampon, inpackningar, mousse, vaxer osv.(4). Denna produktflora visar att det är en bred kemikalieblandning som spolats ut i avloppet, där kemikalierna har vitt skilda egenskaper, se tabell 2. I denna rapport kommer endast hårfärgningsmedel att beaktas, men det finns även andra produkter som innehåller aromatiska föreningar, t ex schampoo, fixeringsvätska till lock-permanent, fixeringsvätska till rak-permanent, gel, vaxer och balsam. Dessa produkter innehåller dock mycket mindre halter av aromatiska föreningar (4).

Tabell 2. Ämnen i hårvårdsprodukter. För mer ingående information Se rapport R nr 21-2002 Hårvårdsprodukter (4).

Antioxidationsmedel	Färgämnen
Antistatmedel	Konserveringsmedel/antimikrobiella medel
Avhärdare/komplexbildare	Lösningsmedel
Baser/alkalier	Mjukmedel/Viskositetsreglerande ämnen
Växtextrakt, Kiseloljor	Parfym
Bindemedel/filmbildande ämnen	Skumstabiliseringsmedel
Blekmedel	Slipmedel
Denatureringsmedel	Syror
Emulgeringsmedel/ emulsionsstabilisering	Tensider
Fuktbevarande ämnen	UV skyddsmedel

Hårfärgningsprodukter innehåller exempelvis: tensider, emulgeringsmedel, tvål, lösningsmedel, hårfärgningsämne, viskositetskontrollerande ämnen, polymerer, konditionerande ämnen, parfym, neutraliserande ämnen, kelatbildande ämnen och vatten. De oxidationsmedel som används till hårfärgningsprodukterna innehåller väteperoxid, tensider, fuktighetsbevarande medel, kelatbildande medel, väteperoxid stabilisator, pH reglerare och vatten ⁽¹³⁾.

Hårfärgningsämnen som ingår i hårfärgningsprodukter kan delas upp i pigment och färg. Pigment (jonfärger) har liten permanent påverkan medan färgämnen (oxidationsfärger) ger en mycket mer permanent påverkan. Pigment ingår i gruppen direktverkande toning medan oxidationsfärgerna delas upp i semipermanenta eller permanenta typer (7). Frisörer namnger direktverkande toning "lättoning", intensivtoning motsvarar "semipermanent oxidationsfärg och permanent färgning motsvarar permanent oxidationsfärg" (18).

Från en rapport 2006 utförd av Läkemedelsverket, KTF och Statistiska centralbyrån har massflödedata på kosmetika och hygieniska produkter inhämtats (14). År 2006 omsatte totala marknaden för hårvårdprodukter ca 2 096 miljoner kronor, exklusive tax-free och försäljning från frisör (15). Den sålda torrsubstansen av hårfärgningsämnen år 2006 uppgick till 825 ton, vilket inräknar både privatkonsumtion och yrkesverksamhet (16), för mer detaljer se bilaga 1. Efter 2006 avslutade Statistiska centralbyrån massflödesberäkningarna vilket endast ger utrymme för en uppskattning hur många ton som användes 2011.

Enligt KTF:s försäljningsstatistik så var totala försäljningsvärdet för hårvårdsprodukter år 2011 ca 2 140 miljoner kr, exklusive taxfree och frisörer, vilket är ca 2 % mer än 2006. Med antagandet att massflödet följer försäljningen linjärt skulle mängden såld torrsubstans av hårfärgningsmedel ligga mellan 825-840 ton år 2011. För mer detaljer se bilaga 1. Försäljningsvärdet sammanställt i bilaga 1 är dock inte marknaden för frisörer inräknat, men omsättningen kan ses som en godtagbar måttstock hur den totala marknaden har förändrats under åren, vilket i sin tur påverkar om massflödet minskar eller ökar.

År 2010 stod de oxidativa hårfärgerna för 80-90 % av marknadsförsäljningen av hårfärger totalt, vilket ger en indikation på att färgutsläppet från hårfärgning hos frisörer till största del består av opolära eller polära ämnen (17). Enligt frisörer på frisörsalongen Björn Axén uppskattades oxidativa hårfärger stå för ca 90 % av alla hårfärgningsmoment (18).

3.1 Ämnen som skall avskiljas

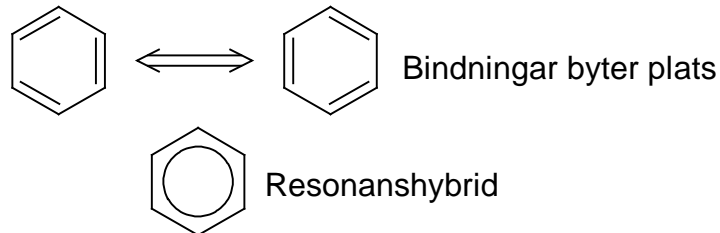
Avskiljningsförmågan hos de reningsmetoder som tas upp i rapporten påverkas av vilka egenskaper färgmolekylerna har och hur de beter sig vatten. Föroreningsens egenskaper kommer därmed att påverka vilken reningsmetod som är möjlig eller icke möjlig att använda. Därför ges här en generell beskrivning av färgmolekylerna grundstruktur.

Aromatiska föreningar: Generell beskrivning

Till största del består hårfärger i grunden av en bensenring, vilken kännetecknas av en hög molekylstabilitet. 1865 presenterade Kekulé ett förslag på hur molekylringen fick sin stabilitet. Ringen bestod av sex kolatomer vilka var placerade i hörnen av en hexagon (sexhörning), med ett väte kopplat till varje kolatom. För att varje kolatom skulle få fyra valens elektroner, menade Kekulé att molekylerna bestod av ett konjugerat system av dubbelbindningar. Se figur 1. Resonemanget har sedan utvecklats emot att molekylerna består av en resonanshybrid, där dubbelbindningarna byter plats om och om igen. Modern

fysikalisk forskning menar att ringen inte består av dubbel och enkelbindningar, utan en hybrid blandning mellan dessa två. Ringen inuti hexagonen i figur 1 visar att det finns delokaliserade pi-elektroner, vilka fördelas jämnt över alla kolatomer. Det är denna resonansstruktur som ger bensen dess stabila struktur⁽¹⁹⁾.

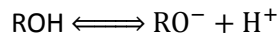
Figur 1. Resonans hos bensenmolekyl, vid rotation av dubbelbindningar (19).



Fenol

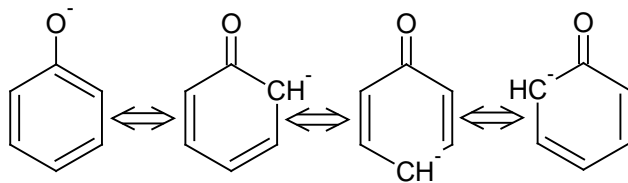
Fenoler är en mycket vanlig byggsten vid tillverkning av hårfärger. Fenol är en svag syra, där hydroxylgruppen agerar som en protondonator, se reaktionsformel 1.

Reaktionsformel 1. Generell dissosiering av en alkohol (19).



Hos alkoxider (exempelvis vatten) är den negativa laddningen kraftigt koncentrerad till syreatomen, vilket gör att dess jämvikt förskjuts åt vänster i reaktionsformel 1. Eftersom att fenoxiden är resonansstabiliserad kommer den lättare att bli protonerad och jämvikten förskjuts åt höger och ger fenolen syra karaktär (19). Det är denna resonans som gör fenolen mycket stabil fastän att molekylen har givit ifrån sig ett väte. Se reaktionsformel 2.

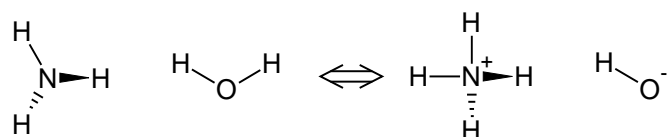
Reaktionsformel 2. Alkoxidens resonansstabilisering (19)



Amin och Aromatisk amin

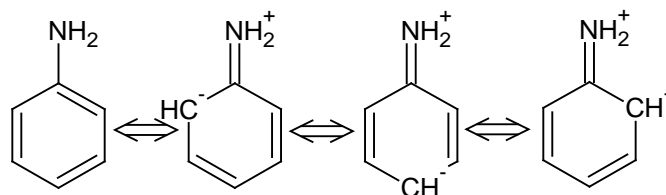
Vattenlösta aminer har en basisk karaktär. Detta beror på att kväveatomen har ett fritt elektronpar vilken attackerar vätemolekylen hos vatten och ger upphov till fria hydroxidjoner. Reaktionen i reaktionsformel 3 är förskjuten åt höger.

Reaktionsformel 3. Reaktion mellan amin-molekyl och vatten (19).



Aromatiska aminer är även de en vanlig byggsten vid tillverkning av hårfärger. Även här ger en resonansform den aromatiska molekylen hög stabilitet (19). Se reaktionsformel 4.

Reaktionsformel 4. Resonansstabilisering av en aromatiskamin (19).



3.2 Färger

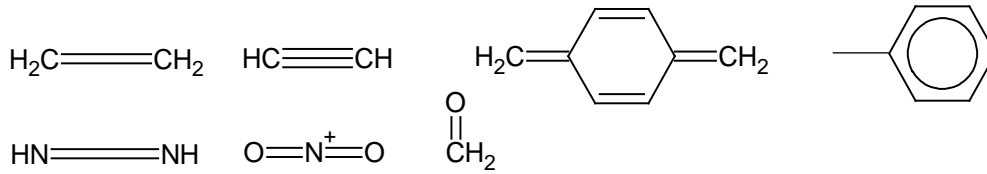
För att få en grundförståelse hur olika färgämnen fungerar kommer en allmän beskrivning av dess färgåtergivning, konstruktion, användning och egenskaper att tas upp.

3.2.1 Allmänt om färger

Färgåtergivning för: Direktverkande, semi och permanentfärg

Färgintensiteten beror på molekylernas förmåga att absorbera strålning i den visuella zonen (400nm-700nm). Den specifika struktur som behövs för färgåtergivning innehåller omättade kolstrukturer (dubbel- eller/och trippel-bindningar). Den del som innehåller omättade kolstrukturer kallas kromofor och ger molekylerna dess specifika färgåtergivning. Exempel på kromofora delar kan ses i figur 2.

Figur 2. Olika typer av kromofora delar (22).

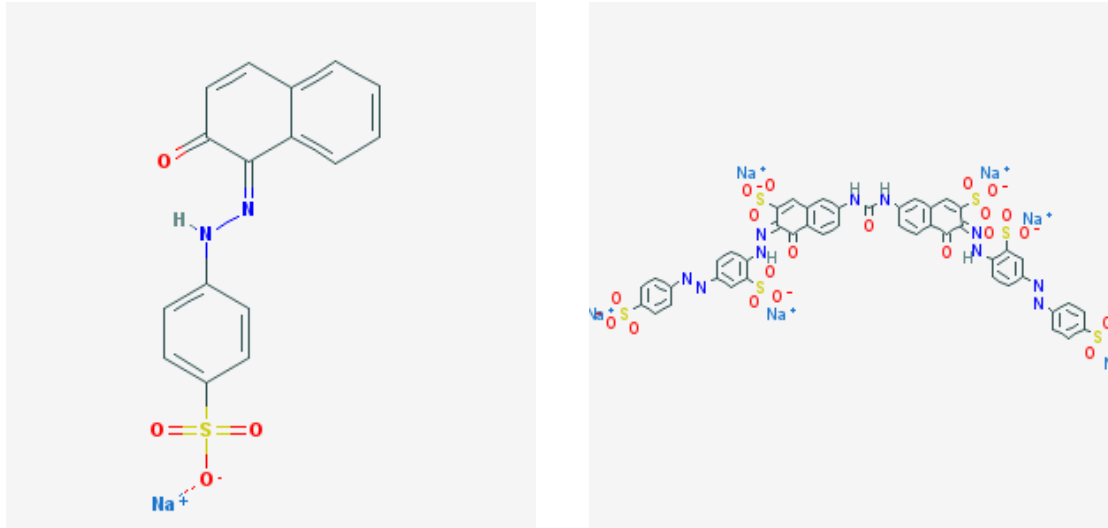


Det finns även ämnesgrupper som kallas auxokroma. Auxokroma grupper förändrar färgintensiteten hos den kromofora delen. Exempel på auxokroma grupper är $-\text{OH}$, $-\text{OR}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{NHR}$, $-\text{NR}_2$, $-\text{X}$ där X står för halogener (19).

3.2.2 Konstruktion av direktverkande toning

De direktverkande jonfärgerna består av färdiga molekylstrukturer och appliceras direkt i håret. Denna metod kallas toning. Jonfärgerna kan både ha små och mycket stora molekylvikter. De direktverkande färgerna är ofta byggda som ett natriumsalt och dissocieras till jonform i vatten. För exempel på direktverkande färg se Figur 3.

Figur 3. Direktverkande toningsfärger: Acid orange 7; 350,32 g/mol, Direct Red 80 ; 1 373.07 g/mol.(22)



3.2.3 Konstruktion av semipermanent oxidationsfärg

Molekylfragmenten som de semipermanenta färgerna byggs upp av består av en eller flera bensenringar(kromoforer) med olika typer av auxokromagrupper. De auxokroma gruppernas bindning till vätet kan manipuleras med hjälp av pH. Semipermanenta färger är inte i jonform. För konstruktion av semipermanent färg se figur 4.

Figur 4. Generell uppbyggnad för två olika typer av semipermanenta färger. Den vänstra är en nitrofenylenediamin och den högra en nitroaminfenoleter (7).



För fenylenediaminer består grupperna R1-R4 i figur 4 oftast av ett väte, alkylgrupp, hydroxyl eller en polyhydroxyl-alkylgrupp. För Nitroaminofenoler består grupperna R1-R3 oftast av ett väte, alkylgrupp, hydroxyl eller en polyhydroxyl-alkylgrupp. Färger uppbyggda av aminoantraquinoner består oftast av flera tätt ihopsatta bensenringar. De är endast dispergerbara och kallas därmed Disperse. För exempel på semipermanenta färger se figur 5 (20)

3.2.4 Konstruktion av permanent oxidationsfärg

Färgkombinationer kan skapas genom att färglösa aromatiska aminer och fenoler (kromofordel), med varierande grupper av auxokroma grupper oxideras fast på hårstrået. Oxidationsfärgen består av tre viktiga beståndsdelar (7):

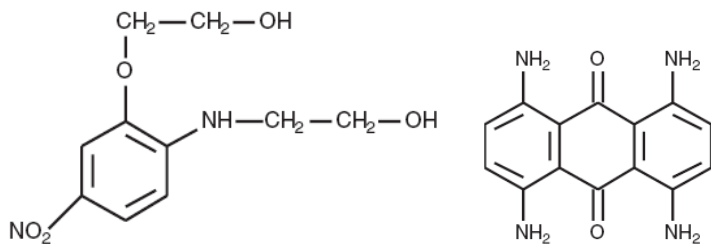
- Primärt intermediat: En orto- eller parasubstituerad aromatisk amin.
- Kopplare: Någon typ av aromat med en eller/två meta-elektrondonerade grupper. Denna bestämmer vilken kulör färgen kommer att få.
- Oxidant: Oftast väteperoxid.

Vanliga primära intermediat är orto- eller para-fenylenediaminer eller o/p-aminofenoler. Även hetrocykliska intermediat har i dag börjat användas. Se bilaga 2 för exempel på primära intermediat (20) Vanliga kopplare är modifierade former av resorcinoler, m-aminofenoler, m-fenylenediaminer eller naftoler. Se exempel på dessa i bilaga 2 (20).

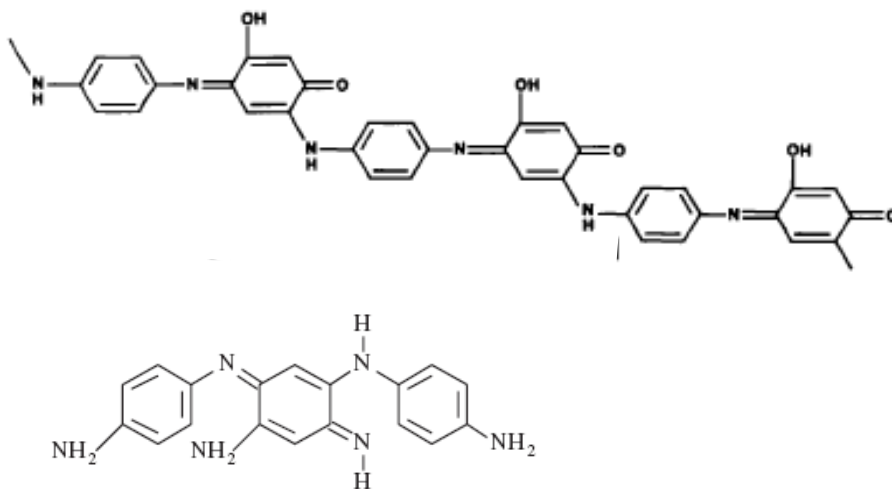
För att skapa olika färger tillförs olika många kopplare till det primära intermediet. Färgerna skapas genom att kopplare och intermediat länkas ihop till långa polymerkedjor av aromater. De ljusa färgerna består av några få aromatiska-ringar medan de mörka färgerna kan bestå av åtta-tio stycken aromatiska-ringar i en lång polymerkedja (även kallat polyindo-kedja). För mer detaljer se bilaga 2 (20).

De färdiga färgerna klassificeras oftast från deras kromofora grupp. Hårfärger klassificeras som azo-derivat (-N=N)(21). Professionella frisörprodukter sammanställs av fyra-sex primära intermediat och sex-åtta kopplare, vilket kan ge uppemot 60 nyanser för varje önskad färg. För exempel på permanent färg se Figur 6.

Figur 5. Två semipermanenta färger. HC yellow4; 243,24 g/mol, Disperse blue 1; 268,27 g/mol (22)



Figur 6. Permanent hårfärg. Brun Polyindofenol 678,78 g/mol (22), Grön polyindofenol färg(20).



Användning av direktverkande toning

Jonfärger kan både vara av oorganisk och organisk typ. Färgen tillförs som ett prekrystallint aggregat eller som olöslig kristallform med tillhörande bindemedel. Båda typerna består av sura högmolekylära katjoner och/eller basiska anjoner vilka bildar en beläggning på substratets yta. Pigmentet interagerar inte med substratet molekylärt, och förstör därmed inte substratets kristallina struktur⁽²²⁾. Färgen håller mellan 1-6 tvättar beroende på typ av toning och täcker grått hår mellan 20-40 % (13).

Användning av semipermanent och permanent oxidationsfärg

Semipermanenta och permanenta oxidationsfärger har dem emellan mycket liknande egenskaper. De permanenta delas även upp i permanenta och demi-permanenta. Semipermanenta färger kan både ha låga och höga molekylvikter. De semipermanenta färgerna har sin färdiga molekylstruktur från början.

Semipermanenta färger diffunderar in i hårstrået eftersom att de är vattenlösliga eller dispergerade och oxideras fast med väteperoxid. Semipermanenta färger är endast löst kemiskt kopplade till hårstrukturen. De permanenta färgerna består endast av olika molekylfragment innan oxidationsmomentet och får sedan sin färdiga struktur efter oxidationsmomentet. Färdiga permanenta färger kan både ha låga och höga molekylvikter. Hos de permanenta färgerna används en bas för att denaturera (luckra upp) hårstrået och därigenom förbättra molekyldiffusionen. Demi-permanenta penetrerar endast delvis och använder monoetanolamin eller/aminometylpropanol för att denaturera hårstrået och sedan 1,9; 2,7 eller 4 % väteperoxid vid oxideringsmomentet. De permanenta ger total genomfärgning men använder istället ammoniak för att denaturering och sedan sex, nio eller 12 % väteperoxid vid oxidationsmomentet. Vid permanenta oxidationsfärger binds molekylerna kraftigt kemiskt till hårstråets yta och blir därmed en del av hårets kristallstruktur. Permanenta färger håller minst 24 schamponeringar. För tvättbarhetsmässighet och genomfärgning kan en grovskala sättas som:
direktverkande toning < semipermanent < demi-permanent < permanent (13).

Färgämnets egenskaper

Egenskaper för direktverkande toning beskrivs i dess namn. Namnet börjar med den generella egenskapen (t ex Acid) följt av färgnyansen som molekylerna ger upphov till avslutat med ett ordnummer. Ett exempel kan vara Acid Yellow 3 (negativt laddat), vilken då har sura egenskaper och ger upphov till en gul nyans. Basic Red 76 (positivt laddat) är basisk och ger en röd färgnyans (21). Direktverkande toning är i jonform och är mer eller mindre fullständigt lösliga i vatten. Toningsfärgerna finns med både låga och höga molekylvikter.

Semipermanenta och permanenta färgerna kan också ha låga eller höga molekylvikter. De är mer eller mindre opolära molekyler. Dessa kan antingen vara lösta eller i kolloidial form. De kolloidala färgerna kallas dispergerade typer och är olösliga (²³).

Direktverkande toning, semi- och permanenta färger innehåller ofta karboxyl, hydroxyl, sulfon och/eller kvävegrupper där vätet kan attraheras eller repelleras med hjälp av pH-förändring. Detta gör att de kan bli mer eller mindre lösliga och attraherbara till olika material. Likheten mellan toning och de semipermanenta/permanenta är att de alltid består av minst en bensengrupp eller flera i rad, ofta med stora steriskt hindrande grupper.

3. Reningsmetoder för avskiljning av hårfärgningsämne från frisörsalongens processvatten

Syftet med detta examensarbete var att ta fram ett eller flera förslag på reningsmetod för att avlägsna föroreningar i vattenfas vid hårtvätt hos frisörsalonger innan sköljvattnet hamnar i avloppsnätet. Tidigare kapitel i denna rapport har belyst färgkonstruktion, utsläppssituation, effektproblematik och återgärder som görs idag. För att veta hur reningsmetoderna kommer att fungera är det även viktigt att belysa vilka egenskaper processvattnet har.

I tabell 3 beskrivs några av egenskaperna för processvattnet vid respektive hårfärgningsmoment. Under hårfärgningsmomenten kommer det även att släppas ut salter och mineraloljor vilka kan påverka reningsmetoden. För mer detaljer och antaganden till beräkningar se bilaga 3 (egenskaper för processvattnet) och bilaga 4 (påverkande kemikalier från hårfärger och schampo). För att få ett mer lättbearbetat processvatten är det lämpligt att använda en bufferttank innan reningsutrustningen. Bufferttankens uppgift är att skapa ett mindre flöde/h och sänka föroreningskoncentrationen. Vid ett mindre flöde är det möjligt att göra en mindre reningsapparat. Bufferttanken anpassas för en dagsförbrukning av vatten.

Tabell 3. Förutsättningar för processvattnet. Flödet i tabellen är baserat på ett sköljmoment vid respektive färgning (18). Tabell 3 gäller de hårfärgningsmoment som använder mest hårfärgningsprodukt. 60 eller 120 gram hårfärgningsprodukt tillförs håret. Färgvikt som spolas ut gäller det faktiska färgpigmentet.

	Färgvikt som spolas ur håret	Saltvikt som spolas ur håret	pH bufferttank	Temperatur bufferttank	Spol- vatten	färg- koncentration buffertank	Salt- koncentration bufferttank
	[mg]	[mg]	[pH]	[C°]	[liter]	[mg/l]	[mg/l]
Direktverkande toning (60g)	3 750	6 000	8-8,5	25-40	16	≈ 230	≈ 380
Intensivtoning (120g)	9 000	72 000	8-8,5	25-40	79	≈ 110	≈ 910
Permanetfärg (120g)	9 000	72 000	8-8,5	25-40	89	≈ 100	≈ 810

I detta examensarbete kommer endast utsläpp från hårfärgning och tillhörande schamponering att beaktas. Hårfärg är den produktgrupp som innehåller mest aromatiska föreningar.

Reningsutrustningen kommer att bli utsatt för molekyler/föreningar som är: stora/ små molekyler, positivt/negativt laddade joner, polära opolära molekyler, aromatiska aminer/fenoler, klorerade aromater, tensider, metalljoner, silikonoljor och oxidationsmedel.

De vanligaste metoderna som används inom industrin vid rening av jonfärger från processvatten tas upp i tabell 4. Under detta examensarbete har det inte hittats några rapporter som visar vilka reningsmetoder som används respektive kan användas för opolära eller polära hårfärgningsämnen.

Respektive reningsmetod kommer att ges en teknisk beskrivning, en värdering om metodens fördelar och nackdelar och information om dess användning inom industrin. Under rubrikerna fördel respektive nackdel diskuteras vilka ämnen som avskiljs, tekniken, ekonomin och miljöpåverkande aspekter.

Tabell 4. Metoder som används inom industri vid rening av jonfärg-kontaminerat processvatten (21).

Avskiljningsmekanism					
Fysikalisk-Kemiska metoder	Oxidativam etoder	Avancerade-oxidativa metoder	Mikrobiologiska metoder	Enzymer	Elektrokemiska metoder
Adsorption – Oorganiska material/ organiska material	Ozon	Fentons reagent	Aktivslam process		Elektrokoagulation
Nanofiltrering	Hypoklorit	Fotokatalys - TiO_2/UV - H_2O_2/UV - O_3/UV	Bakterier och svampar		Elektrokemisk reduktion och oxidation - Metalloxid anod - Pt anod - Boron dopad diamant anod
Koagulation					
Jonbyte					

3.3 Fysikalisk-kemiska reningsmetoder

De fysikaliskkemiska reningsmetoder som färgindustrin använder i dag är adsorption, koagulation, nanofiltrering och jonbyte.

3.3.1 Adsorption med aktivt kol

Teknisk beskrivning adsorption med aktivt kol adsorption

Aktivt kol adsorption adsorption består av mycket poröst material, där adsorption sker primärt vid porernas ytor eller inuti kornet. Kornets porer är små vilket medför att den aktiva ytan blir mycket stor. Kolet kan vara utformat som granulat eller som pulver. För aktivt kol adsorption varierar den aktiva ytan mellan 500-1 500 m²/g. Separationen är beroende av föroreningen molekylvikt, form och/eller polaritet. Adsorptionen är mycket snabbare vid pulveriserat kontra granulerat kol. Vid framställning av aktivt kol adsorption adsorption är det viktigt att välja ett grundmaterial som ger en porstruktur vilken är något större än vad själva föroreningen är (²⁴).

Adsorptionen kan vara fysikalisk, kemisk eller elektrostatisk sorption. De fysikaliska beror på van der Waals bindning (londonkrafter) mellan föroreningen och adsorbentyta. Vid kemisk adsorption sker det en kemisk reaktion mellan föroreningen och ytan. Elektrostatisk adsorption bygger på att adsorbentens yta har en jonkaraktär. Generellt ökar adsorberbarheten hos en förening med: (1) ökande molekylvikt, (2) högre antal av funktionella grupper och (3) högre polariserade egenskaper hos molekylerna exempelvis dubbel och trippelbindningar. De funktionella grupperna är exempelvis halogener, svavelgrupper, hydroxidgrupper. Aktivt kol adsorption adsorption är bäst lämpat för att avskilja stora organiska (opolära) molekyler. Aktivt kol adsorption adsorption fungerar även bra för klorerade aromatiska föreningar, tensider, detergenter, färger från textilindustri, hög molekylära aminer. Aktivt kol adsorption adsorption renar inte bort natrium, nitrater, florider och andra vattenhärdare (kalcium/magnesium) (²⁵).

Vattenrening med aktivt kol adsorption kan utföras med fixerad bädd eller så tillförs kolet direkt i reaktor tanken. I den packade bädden används granulerat kol eftersom att tryckfallet annars skulle bli för stort överbädden. Med granulerade korn finns de risk för att kolets inre adsorptionsyta inte utnyttjas maximalt. Sämre adsorptionsförmåga medför att granulerat kol får en kortare genombrottsid, än pulveriserat kol. Kort genombrottsid leder till hög kolkonsumtion där kolgranulatet sedan regenereras (upphetning under 130-150 °C) eller förbränns. Vid tillförsel av kol direkt i reaktortanken används pulveriserat kol, vilket sedan kräver efterföljande hantering av kolslam. Insamlad kolslam tas omhand genom förbränning eller deponering (²⁶).

Huvudfaktorerna som påverkar hur adsorptionssystemet skall se ut är kolkonsumtion, uppehållstiden och föroreningens koncentration. Kolkonsumtion är hur mycket kol det behövs per liter vatten för att uppnå

önskad reduktionsnivå. Vid längre uppehållstid och högre föroreningskoncentration ökar adsorberbarheten hos det aktiva kolet. Nackdelar för tekniken är att adsorptionen sjunker vid högre pH och vid lägre vattentemperaturer. Framställning av kommersiellt aktivt kol adsorption adsorption är en energikrävande och därmed en dyr framställningsprocess. Detta visar sig i att konventionella är ca fem-tio gånger så dyrt jämfört med aktivt kol adsorption adsorption från ickekonventionella råvaror (²⁷).

Användning av adsorption med aktivt kol adsorption

Vid en tidigare studie gällande rening av färgrester från processvatten prövades ett antal icke konventionella aktiva kolmaterial. De icke konventionella adsorbenterna är av intresse eftersom att de kommer från mycket billigare råvaror. De adsorbenter som prövades var Avfall från jordbruk och industrin, fruktavfall, trädavfall, naturligt oorganiska material och bioadsorbenter (²⁸). En enkel beskrivning av dessa kommer att göras och rapportens data om adsorbenters processegenskaper har summerats i tabell 5.

Vid användning av adsorbent kommen ur "avfall från jordbruk och industri" var det bomull, aktivt kol adsorption från bagasses (biprodukt vid sockerrörsberedning), aktiverat kol från pinewood (japanskt träd), slam från sockerindustri, risets yttre skal (rice husk) som gav bäst rening.

Vid användning av adsorbent kommen ur "avfall från frukt" var det vitlöksskal, frukten från palmoljasträd, apelsinsskal och cellulosa kärnan från sockerrör (Bagasse pith) som gav bäst rening.

Vid användning av adsorbent kommen ur "trädavfall" var det trädormbunke, sågspån, krossad mangokärna och sågspån från ek och becktall som gav bäst rening.

Vid användning av adsorbent kommen ur "naturliga oorganiska material" var det blandad lera, Montmorillonite (Mineral från Frankrike), bentonit (typ av lera) och Sepiolite (typ av lera) som gav bäst rening.

Vid användning av adsorbent kommen ur "bioadsorbenter" var det blandning av Kitin/Kitosan och torv vilka som gav bäst rening. Kitin och kitosan är polysackarider vilka finns i skalet hos skaldjur och i cellväggarna hos svampar.

Tabell 5. Sammanställning av generella processegenskaper vid adsorption med lågkostnads adsorbenter. Adsorptionskapacitet är i milligram förorening per gram adsorbent. Föroreningskoncentrationerna låg mellan 100 -700 mg/L och mängden adsorbent låg mellan 0,05-0,5 g/l. (28)

Råvara	Adsorptionskapacitet	Adsorptionskapacitet	Optimalt
	[mg/g]	[mg/g]	[pH]
	Basiska färger	Sura färger	
<i>Avfall från jordbruk och industrin</i>	277- 838,00	548- 983,00	3-11
<i>Fruktavfall</i>	142- 327,00	17,5- 19,88	5-9
<i>Träd avfall</i>	142,90-408,00	26,19-183,8	5-9
<i>Naturligt oorganiska material</i>	414,0 – 1 667,00	220,00 - 976,77	5-9
<i>Bioadsorbenter</i>	350,00 – 666,56	728,22 och 922,90	2-7

Av Tabell 5 framgår att valet av råvara starkt påverkar adsorptionsförmågan. Detta beror till stor del på vilka typ av funktionella grupper det finns kvar på kolytan efter aktiveringsmomentet och dess porisitet (21).

Fördelar och nackdelar med aktivt kol adsorption:

Ämnen som avskiljs

Fördel med Aktivt kol adsorption adsorption är att det fungerar utmärkt för stora, organiska och opolära molekyler. Exempel på ämnen kan vara aromater, klorerade aromater, aromatiska aminer/fenoler och detergent. Detta är typiska föroreningar som finns i avloppsvattnet hos frisörer, vilket gör att metoden är mycket passande.

Nackdel är dock att de ämnen som sorberas i kolet ofta sitter hårt fast i kolet och att kolet innehåller mycket vatten. Detta medför till att det krävs höga temperaturer vid regenereringen. För många företag är det ofta billigare att deponera kolet eller elda upp det.

Teknik

Fördel med aktivt kol adsorption är dess mycket stora aktiv yta, vilken kan binda stora mängder föroreningar. Det är inga ovanligheter att kommersiellt kol kan sorbera 500 g förorening per kg kol. Det går därmed att avskilja relativt stora föroreningsmängder per kg kol. Med en packad bädd blir det relativt enkelt för frisörerna att byta kolet, vilket gör att metoden passar väl.

Nackdel med processvattnet från frisörssalonger är att det innehåller hår, fetter och hudavlagringar. Ett förfilter kommer att behövas för att kolytan inte skall sätta igen. Detta medför till ett ytterligare arbetsmoment och behov av förbrukningsmaterial. Eftersom att det finns en stor del lättnedbrytbart organiskt material i processvattnet finns det även risk för igensättning av bakterier och mikroorganismer. Från de industri-exempel som har tagits upp visar det sig att långa uppehållstider behövs för att nå maximal adsorption. Adsorptionsförmågan är mycket beroende av adsorbentens morfologi (storlek, form, porisitet). Jonfärgerna varierar från små, stora, joner, neutrala och polära. Adsorptionen blir även något sämre vid högre temperaturer. De adsorberade ämnena sitter mycket hårt fast på kolets yta vilket gör att det krävas höga temperaturer vid eventuell regenerering.

Ekonomi

Fördel är att en packadbädd (kolkolonn) är lätt att tömma. Detta gör att det finns en rimlig möjlighet för frisörerna att byta kolet själva, om denna så vill. Aktivt kol adsorption tillverkas i stora mängder och är därmed lättillgängligt. Aktivt kol adsorption anläggningar har låga investeringskostnader jämfört med andra reningsmetoder. Låg investeringskostnad och relativt enkelt kolbyte kommer förmodligen att göra metoden mycket attraktivt för mindre frisörssalonger.

Nackdelen vid användning av packad bädd (kolkolonn) är att en dos av förorening, i renat vatten, uppkommer mycket tidigare än vid användning av suspenderad kol (slurrybädd). Vid genombrott av förorening i renat vatten behöver kolet bytas trots att det till stor del inte kommer att vara utnyttjat. Detta leder då till hög kolkonsumtion och ökade hanteringskostnader. Högt kolkonsumtion kommer att leda till relativt höga destruktionskostnader av använt kol (26).

Miljö

Fördel är att sorbenten är en naturlig råvara vilken har ett relativt högt energivärde och passar till förbränningssubstrat.

Nackdel vid förbränning är att det finns risk för att det bildas klorerade organiska molekyler, kvänoxider och svaveldioxider. Klorerade ämnen, kväve och svavel är vanliga beståndsdelar i hårfärgerna. Dock är rökgasrening i dag mycket effektiv, vilket gör att luftutsläpp kan minimeras (26).

3.3.2 Koagulation

Tekniskbeskrivning av koagulation och flockning

Kemisk koagulering (flockning) används inom färgindustrin för att ta bort färgrester i processavloppsvatten. Med hjälp av kemisk flockning går det att avskilja suspenderade partiklar och kolloidala partiklar. De suspenderade partiklarna är fasta och går att sedimentera. De kolloidala är mycket små, ej sedimenterbara partiklar och har vanligen en negativ ytladdning (²⁹). Färgresterna beter sig oftast som kolloidala partiklar vilka kan ha en negativ eller positiv laddad yta. Vid koagulering av negativt laddade färgrester tillsätts positiva aluminium eller järnjoner (21). Aluminium och järn tillsätts exempelvis som $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ och $FeCl_3$ eller något typ av järnsulfatsalt. Metalljonerna ökar jonstyrka i vätskan och tvingar kolloidala partiklar och makromolekyler att komma närmare varandra. Eftersom Van der Waals krafter då får möjlighet att verka kommer partiklar och makromolekyler att klumpa ihop sig till större agglomerat och stora flockar bildas. För att flockningen skall fungera optimalt måste iblandningen ske mycket snabbt (inom en sekund). Sker inblandning för långsamt finns det risk för att metalljonerna tillsammans med vattnet bildar metallhydroxider. Metoden att använda metallhydroxider kallas svepkoagulering. Dessa metallhydroxidpartiklar kan vid sedimentering fånga kolloidala partiklar vilka då bildar flockar. Den erhållna flocken är mycket känslig och slås lätt sönder vid för snabb omrörning. Svepkoagulering är förmodligen den viktigaste mekanismen som används vid flockning med positivt laddade joner. Generell för aluminium och järnsalter är att bästa koaguleringen sker vid mjukt vatten mellan pH 5,8–6,4. Vid hårt vatten ligger pH intervallet mellan 6,8–7,8. Vid mycket höga föroreningskoncentration förskjuts optimalt pH-intervall nedåt (surare) (³⁰).

Vid flockning av positivt laddade jonfärger används ofta negativt laddade polymerer för att skapa stora flockar. Polymererna innehåller grupper som kan binda till kolloiden och det bildar därmed bryggor mellan färgresten och polymeren (³¹) (26).

De viktigaste parametrarna vid flockning är att styra omblandningen, att hålla rätt pH och att vätskan har rätt alkalitet (buffertförmåga). Vid fel pH finns det risk att metallerna bildar metallvatten-komplex, vilket gör att förbrukningen av metallsalt blir alldeles för hög. Vid för hög alkalitet ökar förbrukningen av koagulant och vid för låg blir koaguleringsförmågan försämrad. Alkalinitet justeras oftast med kalciumoxid, kalciumhydroxid eller natriumkarbonat (³²).

Användning av koagulation

Många av de färger som tillverkas är konstruerade för att vara mycket vattenlösliga vilket gör att avskiljningen med koagulation försvåras avsevärt. De färger (kromoforagrupp) som är lättast avskilja med koagulering är azofärgerna. Hårfärger ingår i denna grupp. Vid tillförsel av endast katjoniska polymerer har kemikaliebehovet legat mellan 100-4 000 mg/l. Behovet av anjoniska polymerer har legat mellan 0,5-5 mg/l men i dessa fall har en sambehandling med ca 600-1 500 mg metallsalt utnyttjats. Användning av enbart metallsalt har visat sig inte vara tillräckligt effektiv. Vid sambehandling av metallsalt och polymer varierar reduktionen av COD och synlig färgborttagning kraftigt. Tabell 6 sammanfattar 36 olika anläggningar med varierad samblandning av metallsalt och polymer, värden för reducering av COD,

reducering av synlig färg, sedimenteringstid, mixertid och initialt pH. I vissa fall uppgick sedimenteringstiden till flera timmar. Tabell 6 gäller ungefär för lika många sura som basiska färger (23).

Tabell 6. Medelvärden av processdata för 32 stycken anläggningar vid rening av färgrester med koagulering. Datan baseras på försök där en blandning av polymer och salter har använts (23).

	Reducering % COD	Reducering % Synlig färg	Mixer tid Min	Sedimenterings tid min	pH
Medelvärde	52,2	74,5	23,0	48,5	7,7
Median	52,5	80	21	30	7,25
Maximal	64	100	2	3	12,5
Minimal	28	12	50	300	3

Fördelar och nackdelar med koagulering

Ämnen som avskiljs

Av de rapporter som har tagit upp om koagulering/kemiskflockning har författarna behandlat både positiva och negativa jonfärger/kolloidalpartiklar. Inom EU svarar de oxidativa färgerna för ca 80-90 % av marknadsförsäljningen. Hos frisörer används därmed mest oxidativa hårfärger, vilka endast har en polär eller neutral yta. Metallsalter och polymerer kommer därmed endast kunna vara aktiva mot 10-20 % av utsläppta föroreningarna. Koagulering är därmed inte en passande metod för avskiljning av hårfärgningsmedel.

Teknik

Fördel är att avskiljningsutrustning som används vid koagulering/kemiskflockning kan utformas som liten omrörd reaktor eller en stor omrörd bassäng och är även en relativ enkel konstruktion. Behandlingsmetoden fungerar enligt studerade artiklar väl som en förbehandlingsmetod för att grovt rena processvattnen. Reducering av olika färger ligger i snitt ofta mellan 50-60 %.

Nackdel är dock att sambehandling av polymerer och metallsalter oftast behövdes för att koaguleringen och den kemiska flockningen skall fungera på ett tillfredställande sätt. Hos de rapporter som har undersökts har det visat sig att förbrukningen av koagulant och flockningsmedel har varit höga, vilket kräver stora buffertförråd (31). Vid bruk av metallsalter och polymerer krävs någon typ av eftersedimenteringen eller filtrering (9). Färgslammet behöver därefter möjligtvis avvattas innan deponering eller förbränning. Det krävs även mer avancerad kunskap och praktiskt handlag för att arbeta

med en koagulering och flockningsmetod, vilket inte är självklart för frisörer. Detta påvisar ytterligare att koagulering inte är en passande metod för att avskiljning av hårfärgningsmedel.

Ekonomi

Fördel med enkla konstruktioner är att de kräver mindre maskinellt underhåll. Kemikalierna (aluminiumklorid, järnsulfat och polymerer) som används är relativt billiga att köpa in (31). Dock är det mycket dyrt att avvattna färgslam, köpa plats för deponering eller förbränna blött färgslam.

Miljö

Ingen speciell fördel gällande miljöaspekter har identifierats för koagulering. Utifall att deponering används finns det risk för att färgslammet urlakas från aromatiska ämnen, metaller och andra miljöfarliga ämnen, allteftersom att nedbrytningen i deponin fortskrider. Koagulering och kemiskflockning fungerar som en bra förbehandlingsmetod, men släpper vidare färg ut till reningsverket (23).

3.3.3 Nanofiltrering och Ultrafiltrering

Teknisk beskrivning av nanofiltrering; ultrafiltrering

Membranfiltrering bygger på ett halvgenomträngligt membran vilket släpper igenom vissa ämnen och håller tillbaka andra. Den reade vätskeströmmen kallas permeat och den uppkoncentrerade förorenade vätskan kallas koncentrat/retentat. De tryckdrivna membranprocesser som används för att rena vatten är omvänd osmos, nanofiltrering, ultramembran och mikrofiltrering. Nanofiltrering är den membranprocess som oftast används för rening av jonfärger i processsvatten. Dock ligger ultramembran mycket nära i avskiljningsområde som nanofiltrering, vilket gör att den i vissa fall är en möjlig teknik (21).

Tekniken bygger på att trycket sätts på membransidan med förorenad vätska, där det pålagda trycket är större än det osmosiska (uppkommet från motsatt sida) och filtermotståndet. Därmed pressas den reade vätskan ut på andra sidan om membranet. På detta sätt kan rent vatten framställas ur en vätskeström och de lösta ämnena anrikas i en annan. När det osmosiska trycket mot den koncentrerade sidan blir högre än vad det pålagda trycket är avstannar flödet över membranet. Hydrostatiska tryckgradienten över membranet är därmed den drivande kraften som skapar masstransport (26).

Ultra- och mikrofiltrering bygger på silverkan, där molekyler och partiklar vilka som är mindre än hålen passerar membranet medan de större hålls kvar. Vid omvänd osmos löser sig ämnet i membranet och det är diffusionsförmågan som styr om ämnet kan passera eller inte. Vid nanofiltrering utnyttjas både diffusion och silverkan. Diffusionen bygger på att föroreningen kan lösa sig i en mer eller mindre homogen polymermatris. Diffusionen är därmed beroende av föroreningens diffusivitet och löslighet i polymermembranet. Silverkan är beroende av partikelstorlek. Se tabell 7 för de olika membranens tryckbehov, avskiljningskapacitet och avskiljningsmekanism. Vanligtvis är även ytan på ett nanofiltreringsmembran positivt eller negativt laddat medan ultra- och omvändosmosfilter är neutrala⁽³³⁾ (26). Nanofiltrering kategoriseras genom dess porstorlek och ytladdning. Porstorlek hos nanofiltrering ligger ofta

på molekylstorlek 400 (± 100) daltons. Porstorleken kallas även "cut-off" värde. En annan källa menar att nanofiltrering kan användas ner till molekylvikter på ca 200 g/mol ($\approx 200Da$) (25).

Ytladdningen påverkar permabiliteten av laddade komponenter som joner. En dalton motsvarar approximativt molekylvikten (g/mol) av en väte atom. Cut-off syftar på den molekylvikt som avskiljs med 90 % säkerhet. Kapaciteten (även nämnt flux) för ett membran mäts som hur stort permeatflödet blir per m^2 och timme. Fluxet är beroende av flödehastigheten förbi membranet, temperatur (påverkar vätskans viskositet), föroreningskoncentration (jonkoncentrationen vid nanofiltrering), porstorleken i membranet, membranets tjocklek, tryckskillnaden över membranet och membranets retention (förmåga att inte släppa igenom) (26).

Ultramembran används ofta som en uppkoncentreringsmetod. Nanofiltrering är mycket användbart vid rening av lågmolekylära föreningar och joner som skall avskiljas från vatten. Vid små flöden används halvkontinuerliga processer och vid stora flöden utnyttjas helkontinuerliga processer (33).

Tabell 7. Jämförelse mellan olika membranprocesser (26).

Membranprocess Egenskaper hos avskiljda ämnen

	Diameter (μm)	Tryckbehov (MPa)	Tryckbehov (Bar)	Avskiljningsmekanism
Mikrofiltrering	0,2-10	0,01-0,1	0,1-0,01	Silning
Ultramembran	0,001-0,1	0,2-1,5	2-0,15	Silning
Nanofiltrering	0,001-0,01	2-4	20-40	Silning och diffusion
Omvändosmos	0,0001-0,002	2-10	20-100	Diffusion

Membran

Membranet för nano- ultrafiltrering är tillverkade av keramer eller polymerer. Keramer som i dag tillverkas är både temperatur (upp till $100^{\circ}C$) och pH (1-14) beständiga. Keramiska membran kan exempelvis tillverkas i aluminiumoxid, zirkoniumoxid eller titanoxid. Det börjar även tillverkas keramiska membran av zeoliter (blandning av aluminium och kiseloxid). Nanofiltreringen kan vara laddade polymera anjonsmembran vilka besitter en positivt laddad kvartäramoniumgrupp eller ett polymer-katjonmembran vilket besitter en negativt laddad sulfongrupp ($RSO_3^{-}+H$) (33).

Membranen kan tillverkas som tub, spiral, platt eller hålfibermodul. Tubmodulen byggs upp av parallella rör, vilka kopplas parallellt eller seriellt och är lätta att rengöra. Tubmodellen passar väl att bearbeta lösningar med relativt hög halt fasta och kolloidala ämnen. Spiralmodulen består av membran, stödmaterial och plastnät, som rullats upp på en centraltub med hål för avtappning av permeat. Tillflödet

flyter axiellt längs cylindern i plastnätets kanaler. Permeatet strömmar spiralförmigt in till centraltuben och avtappas. På grund av dess kompakta konstruktion är modulen svår att rengöra och sätter lätt igen. Hålfibermodulen består av en mängd ihåliga fibrer vilka tillflödet pressas igenom. Den fina hålstrukturen gör att hålfibermodulen lätt sätter igen (26).

Igensättning

Den främsta försämrade faktorn är påväxt av organiska/oorganiska beläggningar på membranets yta. Beväxtningen kan uppkomma på grund av koncentrationspolarisation, adsorption av förorening på membranytan, adsorption av förorening inuti membranstrukturen (särskilt vid mikrofiltrering) och mikrobiologisk film. Koncentrationspolarisation uppkommer vid alla typer av membranprocesser och har stor påverkan vid filtreringsprocesser. Koncentrationspolarisation uppkommer ofta på grund av att det sker en utfällning vid/på membranytan från lösta ämnen i vätskan, när dess lösningskonstant överskrids. Koncentrationspolarisationen är därmed effekten av en koncentrationsgradient (jämvikt) mellan ytfilmsvätskan vid membranet och bulkvätskan, vilket leder till en tillbakatransport av material från ytfilmen till bulken (33). Då koncentrationen ökar i permeatvätskan (bulken) så ökar transporten dem emellan. Diffusionen tillbaka till bulken är relativt långsam för större molekyler vilket leder till att utfällning blir mest dominerande. Det bildas därmed en permanent ytfilm/solid lager på membranet vilket kraftigt försämrar permeatflödet (fluxet) med tiden och motverkar transport av mindre molekyler (33). För att motverka igensättning av stora partiklar är det viktigt med förfiltrering, vilket dock ej motverkar igensättning genom utfällning på membranet. Ett sätt att motverka adsorption och utfällningar på membranet är att använda en parallell flödesriktning med membranet och permeatet tas ut vinkelrätt från denna ström. Det finns även möjligheter att tvätta rent membranet med höga flödes hastigheter eller tvätta ytan med syra, bas eller tvättkemikalier. Med tiden blir fluxet sämre fastän att tvättning har genomförts och membranet måste bytas ut. Ofta behöver nano/ultramembran en förbehandlingsmetod för att inte sättas igen av stora partiklar (26).

Beväxtningen är mer eller mindre en reversibel funktion av vilken typ av färgklass som renas och dess molekylvikt. Varje färgklass (exempelvis azo eller Antraquinone) innehåller kromofora och auxokroma grupper vilka interagerar med membranets funktionella grupper (ex aminer, amider, karboxyler). Ofta är denna beväxtning svår att tvätta bort eftersom interaktionen är stark, vilket beror på att membranerna ofta har liknande funktionella grupper som finns hos de material som skall infärgas (23). Beväxtningen är därmed mest betydande i följande ordning: minst molekylvikt > antal kromofora och auxokroma grupper > jonladdning.

Användning av nanofiltrering och ultrafiltrering

Inom membrantechniker används många olika membranmaterial. Två olika typer av membranmaterial som ofta används är polyamid och polysulfon. Några rapporter kommer att presenteras, där det framgick vilka processparametrar som påverkade respektive membran.

Nanofiltrering: Polyamidmembran

I en rapport från 2011 utfördes tester i en 300 cm³ cylindrisk behållare med ett vertikalt placerat hydrofil tunnfilm-polyamid-membran. Polyamiden var det aktiva skiktet. Membranet hade en cut-off på 150-300 g/mol, var negativt laddat vid pH6 (COO⁻) och positivt laddat vid pH 3 (NH₃⁺), se tabell 8 för de jonfärger som ingick i försöket.

Under försöket optimerades membranreaktorn för att få bästa möjliga flux och retention. Temperaturen sattes till 25 °C, trycket över membranet var 10 bar(0,1 MPa), kraftig omrörning (Reynolds tal= 4100) och färgkoncentrationen var 1 000 mg/l. Omrörningen medverkade till att oönskad koncentrations polarisation i det närmaste blev noll eftersom att koncentrationen i bulken och vid membranets ytfilm närmade sig varandra. Därmed var det endast adsorption som blev den största källan till igenväxt på membranet. Syftet var att se hur membranets funktionella grupper reagerade med färgerna. ⁽³⁴⁾

Tabell 8. Egenskaper för de olika färgerna som ingick i försöket (34)

Dye (C.I...)	M.W (g/mole)	Structure	Compact formula
Acid red 4 (Aldrich)	402.36	Monoazo	C ₁₇ H ₁₃ N ₂ NaO ₅ S
Acid orange 10 (Aldrich)	496.38	Monoazo	C ₁₆ H ₁₀ N ₂ Na ₂ O ₇ S ₂
Basic blue 3	359.90	Oxazine	C ₂₀ H ₂₆ N ₃ OCl
Direct yellow 8 (Aldrich)	540.55	Monoazo	C ₂₃ H ₁₉ N ₄ NaO ₅ S ₂
Direct red 80 (Ciba)	1372.55	Polyazo	C ₄₅ H ₂₆ N ₁₀ Na ₆ O ₂₁ S ₆
Disperse blue 56 (Ciba)	305.7	Antraquinone	C ₁₄ H ₁₀ N ₂ O ₄ Cl
Reactive orange 16 (Aldrich)	661.54	Monoazo	C ₂₀ H ₁₇ N ₃ Na ₂ O ₁₁ S ₃

- Storlek på molekyl

Direct red 80 (plusladdad) har en molekylvikt på 1 373 g/mol. Under försöket blev retentionen (ingen molekyltransport) 100 % vid vilket pH (3 och 6) lösningen än hade. Retentionen blockerades helt av silverkan eftersom att molekylerna var mycket större än porerna (34).

- pH effekt kontra beväxtning

För de tre anjoniska färgerna (Acid orange 10 Mv 496,38 , Acid red 4 Mv 402,36 and direct yellow (syra) 8 Mv 540,55) med låga molekylvikter(relativt membranets cut-off) hade silverkan mindre påverkan än vad det hade för Direkt red 80 (1 373 g/mol) eftersom att en visst genomsläpp av molekyler skede. PH effekten gjorde sig märkbar vid pH 3 eftersom att membranets laddning blev den samma som för färgerna

(plusladdade). Detta gav upphov till en repulsion mellan membranet och färgen vilket förbättrade permabiliteten (mindre bevätning på membranet) och retentionen (mindre genomsläpplighet av joner) (34).

För färgen Basic blue 3 (Mv 359,90 g/mol) spelade jon-interaktionen stor roll. Vid pH 6 skapades det starka jonbindningar mellan membranet och färgjonen. Till en början var retentionen 100 %, vilket kunde förklaras av att färgen band upp till membranets negativt laddade karboxylsyragrupp. Karboxylsyra grupperna blev successivt mättade med tiden och retentionen minskade till 75 % efter två timmar. Dock vid pH 3 fick membranet istället en + laddad tertiär aminogrupp vilken repellerade de positiva jonfärgerna och retentionen höll sig fortfarande efter två timmar runt 96 %, samtidigt som fluxet dubblerades (34).

- *Saltpåverkan*

Vid kraftig tillförsel av ett salt (Na_2SO_4) försämrades retentionen både för salt och färg. Saltkoncentrationen som tillfördes var 10 g/l. Färg och salt började därmed vandra igenom membranet. För mycket stora molekyler, direkt red 80, var silverkan alltid överlägsen. Saltets plusladdade motjon (Na^+) kopplade därmed på membranet minus jon(membranet blir mer neutralt) och repelleringen av anjoner avtog (34).

- *Färgkoncentration*

För ett annat polyamid-nanofiltrering visade det sig att permeatfluxet minskade vid högre färgkoncentration av Acid orange 7. Detta uppkom eftersom att adsorptionen på membran ytan ökade kraftigt vid koncentrationsökningen (över 500 mg). Testet utfördes mellan 2-2 000 mg/l (23).

Ultramembran och nanofiltrering: polysulfonmembran

Två stycken rapporter tas upp, vilka påvisar hur olika driftsparametrar påverkar avskiljningsgraden.

I en rapport från 2002 kopplades det natrium p-styren sulfonatmonomerer på ett polysulfon-ultramembran. Detta ökade kraftigt effektiviteten(flux och retention) för ultramembranet. Sulfonat gruppen är $Ar - SO_3^- + Na$. Testet utfördes i en cylindrisk reaktor med ett vertikalt placerat polysulfon ultramembran. Polusylfonen var det aktiva skiktet. Ultramembranet hade en cut-off på 1 200-1 300 g/mol. Sulfonat gruppen är i det närmaste fullständigt dissocierad från pH 1-14, vilket leder att membranet blir minusladdat (33). Under detta försök optimerades membranreaktorn för att få bästa möjliga flux och retention. Temperaturen sattes till 25 C°, trycket över membranet var 40 bar (0,4 MPa), kraftig omrörning (Reynolds tal= 5 600) och färgkoncentrationen var 100 mg/l (34). I tabell 9 presenteras de färger som användes under försöket.

Tabell 9. Färger som användes vid försöket (34).

Dye (supplier)	Symbol	MW, g/mol	Structure	Compact formula	Sign	[dye], mM
Acid red 4 (Aldrich)	AR4	402.4	Monoazo	$C_{17}H_{13}N_2NaO_5S$	-1	0.25
Acid orange 10 (Aldrich)	AO10	496.4	Monoazo	$C_{16}H_{10}N_2Na_2O_7S_2$	-2	0.20
Direct red 80 (Ciba)	DR80	1372.6	Polyazo	$C_{45}H_{26}N_{10}Na_6O_{21}S_6$	-6	0.07
Disperse blue 56 (Ciba)	DB56	305.7	Antraquinon	$C_{14}H_{10}N_2O_4Cl$	0	0.33
Reactive orange 16 (Aldrich)	RO16	661.5	Monoazo	$C_{20}H_{17}N_3Na_2O_{11}S_3$	-1	0.15

I en rapport från 2011 optimerades ett polysulfon nanofiltrering med ympning av en arylsyra. Den funktionella gruppen var en karboxylsyra (yta-OH-C=O), vilken skulle repellera färgernas negativt laddade funktionella grupper. Karboxylsyra gruppen är inte fullt dissocierad vid pH värde under 6, men gav membranet en negativ laddning. Membranet fick ett Cut-off på 950 Da. Testet utfördes i en 400 cm³ stor cylindrisk reaktor. Olika tryck(1-4 bar) testades under försöket, temperaturen var satt till 25°C, färg koncentration på 50 mg/l och turbulent flöde hölls i reaktorn. De molekyler som användes i försöket hade en molvikt mellan 350-889 g/mol och alla var av syrakaraktär (minusladdade) (35).

- pH

Experimenten med ultramembranet visade att stora variationer i pH inte längre hade något inflytande på retentionen och fluxet, som hos polyamidmembranen (34). Polysulfon-nanofiltreringet visade även att pH inte hade någon påverkan på avskiljningen.

- Retention

Vid ultramembransmembranet var färgretentionen högre än 97 %. För nanofiltrering var retentionen mellan 86–99.9 %

- Bevaxning

Ultramembranet visade liten benägenhet för bevaxning. Tack vara att membranet och färgerna (exempelvis Acid, direkt, reaktiva) innehöll sulfonatgrupper (negativt laddade) repellerade dessa funktionella grupper varandra och bevaxningen motverkades kraftigt (34)

Vid polysulfon-nanofiltreringet påvisades samma effekt eftersom att membranet och färgerna innehöll negativt laddade funktionella grupper (35).

- Saltkoncentration

För ultrafiltermembranet försämrades fluxet och retentionen vid högre saltkoncentration. Saltets motjon mättade membranet och genomtransport blev möjlig. För nanofiltermembranet blev även retentionen och fluxet försämrat vid högre saltkoncentration (35).

Fördelar nanofiltrering och ultramembran

Ämnen som avskiljs

Avloppsvattnet vid hårtvätt innehåller färgämnen i form av stora polära/neutrala molekyler och stora/små jonfärger. Nanofiltrering fungerar bra att avskilja stora och små jonfärger för stora polära/neutrala molekyler. Ett rätt konstruerat ultrafilteringsmembran (ympat med rätt funktionella grupper) fungerar även för små/stora jonfärger och stora neutrala färger. Problem med salt har visat sig i rapporter uppkomma vid halter över 10 g/l (34), medan i frisörers processvatten kommer halten förmodligen inte överstiga mer än 1 gram/l, vid användning av buffertank. Salt kommer därmed inte att vara något problem hos frisörers processvatten.

Frisörsvattnet innehåller en bred blandning av olika positivt/negativt laddade joner, neutrala och polära molekyler. Det kan vara svårt att tillverka ett membran som kan avskilja alla dessa molekyler samtidigt. Det är även en stor risk att membranet kommer att sättas igen av oljor som kan finnas i schampoon som används efter hårfärgningsmomentet.

Teknik

Membranteknikerna kan göras som kompakta anläggningar med få rörliga delar. Få rörliga delar medför att konstruktionen blir enkel med mindre behov av underhåll. Dock är det viktigt att hår, hudflagor och större partiklar tas bort igenom förfiltrering. Flödet vid hårtvätt är intermittert där det i bland kommer ett kraftigt flöde och ibland ingenting. Membranteknikerna fungerar mycket bra för intermittert rening vilket således passar frisörernas avloppsflöde. För vissa membran kan ökande färgkoncentration (över 500 mg) minska fluxet. Avloppsvattnet från frisörer kommer förmodligen inte ha högre koncentration än 110 mg/l (permanenta) och 230 mg/l (direktverkande toning), vid användning av buffertank, se bilaga 3 (Egenskaper för processvattnet). Därför anses inte koncentrationen utgöra en större påverkande faktor.

Membrantekniker är möjliga att helautomatisera vilken medverkar till mindre underhållstid för frisörerna. Ultramembran med rätt ympade funktionella grupper går att använda som en uppkoncentreringsmetod. pH:t i processvattnet kommer inte att variera nämnvärt vilket gör att membranet och färgens ytladdning hålls stabilt. En normal COD reduktion för ultrafiltering och nanofiltering ligger mellan 80-90 %.

Alla membrantekniker kommer att behöva förfiltrering eftersom att processflödet innehåller hår och hudflagor, vilket kraftigt ökar risken för irreversibel igensättning.

Ekonomi

Om ultramembran kan användas finns det kanske en möjlighet att återvinna gammalt processvatten vilket kan minska stora vattenkostnader för frisörer. Ultramembran används ibland inom industrin som en uppkoncentreringsmetod. Pengarna intjänade från minskad vattenförbrukning kan möjligtvis betala den installerade membranutrustningen. Om helautomatisk reningsutrustning kan installeras kommer kostnaderna för underhållstid att bli minimal.

Tryckfallet över både rena och smutsiga membran är högt vilket leder till höga elkostnader. Alla typer av membran utsätts slutligen för irreversibel igensättning och membranet måste därmed bytas ut. Vid användning av membrantechniker bildas ett koncentrat vilket behöver tas hand om igenom indunstning eller förbränning vilket ökar driftskostaderna.

Miljö

Vid membranfilteringsmetoder används det inga kemikalier vid själva reningsmomentet, vilket är bra för både arbetsmiljön och den yttre miljön.

Ultra och nanofiltering ger hög COD-reduktion men kommer alltid att släppa igenom en viss mängd färg. Även vid backspolning och tvättning av membranet kan det finnas risk för att gamla färgrester att spolas ut till reningsverket. Dock vid rengöring av membranet behövs det kemikalier för att få membranet rent.

3.3.4 Jonbyte

Teknisk beskrivning av jonbyte

Vid jonbyte sitter det lättlösliga joner på sorbentytan, vilka kan vara positiv eller negativt laddade. De solida jonbytes-materialen kan antingen vara naturligt oorganiskt zeolit/bentonit eller syntetiskt framställda material. Zeoliter/bentonit går under samlingsnamnet silikater vilka är en beståndsdel i naturliga leror och mineraler. Jonbytarna kan ha många olika funktionella grupper, vilken är den molekylidel som är motpolen för jonen som skall bytas ut. Hos leror är Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , K^+ , NH_4^+ , Na^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , PO_4^{3-} och NO_3^- exempel på motjoner vilka sitter på den funktionella gruppen (³⁶).

De syntetiska jonbytarna kan exempelvis vara gjorda av akrylat eller polystyren. Se tabell 10 för exempel på olika jonbytare och dess användningsområde.

Tabell 10. Olika jonbytare och deras användningsområden (26)

Typ av jonbytare	Funktionell grupp	Användning (jon som byts ut)
Stark sur katjonbytare	$SO_3^-H^+$	Katjoner generellt
Svagt sur katjonbytare	COO^-H^+	Katjoner generellt, främst Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ (ej pH<6)
Kelatjonbytare	Iminodiättiksyra, salicylsyra, Arylgrupp	Katjoner, spec. tungmetaller
Starkt basisk anjonbytare	Kvartäramin	Alla anjoner, spec. från svaga syror.
Svagt basisk anjonbytare	Primär, sekundär och tertiär amin	Anjoner till starka syror. Passar ej för pH>7

Akrylat- och polystyren-jonbytare har dock inte lika bra selektivitet som kelatjonbytare. Kelatjonbytaren använder flerfunktionella grupper som kan binda in joner i en ringstruktur. Jonen binds därmed på flera ställen (26).

Jonbytarmassorna är ofta formade som små kulor vilka är packade i kolonner. Jonbytarprocessen kan ske antingen i en packad kolonn eller i en fluidiserad bädd. Dock är de packade kolonnerna mer effektiva. Anläggningens kapacitet styrs av jonbytarens upptagningsförmåga, jonbytarens selektivitet, anläggningens utformning, flödes/initialkoncentration, driftstemperatur, uppehållstid, pH, igensättning och innehåll av andra jonslag i lösningen (³⁷).

Igensättning

Igensättningar kan ha många orsaker. I många fall behövs det ett förfilter innan jonbytare för att den inte skall sätta igen av större partiklar. Om spolvattnet är järnrikt kan det bildas olösligt järnoxid på och inuti jonbytarytan. Kiselbeläggningar kan uppkomma på jonbytarytan vid regenerering av anjonbytare. Mikrobiologiska beläggningar kan uppkomma på jonbytarytan om spolvattnet innehåller fetter och proteiner. Utfällning av kalciumsulfat kan uppkomma om spolvattnet har hög kalciumhalt. Detta kan ske hos katjonbytare vid generering med svavelsyra. Aluminium kan binda till katjonbytares yta. Aluminiumjonerna är svåra att regenerera ut, vilket gör jonbytarytan blir sämre och sämre. Kopparoxider är även ett problem som kan uppkomma. Oljorna kan sätta igen jonbytarytan vilket leder till försämrad ytaktivitet, ökat tryckfall, kanalisering och tidigare genombrottskurva (24).

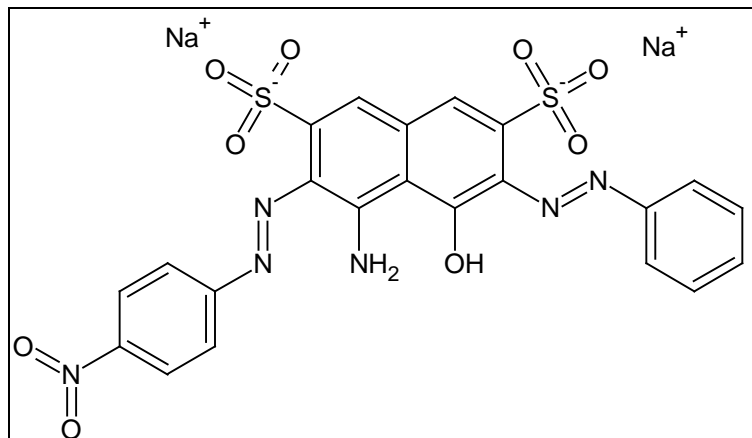
När de syntetiska jonbytarna är mättade regenereras de. Regenereringen är en av de största kostnaderna vid drift av en jonbytare. Generellt för jonbytare startar regenereringen med att jonbytarmassan tvättas med vatten. Föroreningarna elueras sedan ut och slutligen tvättas rester av elueringsvätskan bort med rent vatten. Katjonbytarna elueras med en stark syra, vanligtvis med svavelsyra. Anjonbytarna elueras med en stark bas, vanligtvis natriumhydroxid. Mängden syra och bas som används vid regenerering brukas ofta med ett 100 % stökiometriskt överskott eller mer. Den koncentrerade lösningen måste sedan tas hand om exempelvis genom indunstning (24,26).

Användning av jonbytare

Tre olika studier tas upp gällande jonfärger (syror) och olika jonbytare.

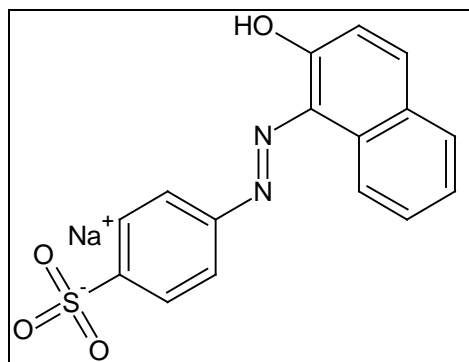
Enligt en rapport från 2009 användes en starkt basisk polyaryllisk anjonbytargetel (Purolite A-850) för att rena bort Acid Blue 29. Acid Blue 29 används vid färgning av bomull och ull. Se Acid Blue i figur 7. Den funktionella gruppen $2R - N^+(CH_3)_3Cl^-$ har en lättrörlig kloridjon. Två kloridjoner bytes ut mot den negativt laddade Acid Blue 29. Färgkoncentrationen varierades (100-500 mg/l) för att se hur sorptionskapaciteten påverkades. Vid 20°C, 500 mg/l färgkoncentration var den bästa sorptionen av Acid Blue 29 ca 50 mg/g sorbent. Sorptionstiden var 40 min innan sorbenten blev mättad. Vid variation av temperatur (20-40°C) visade det sig att högre temperatur ökade sorptions hastigheten. pH 1-8 påverkade inte sorptionsförmågan nämnvärt. Regenereringen med 0,05 mol/l NaOH lyckades att eluera mer än 95 % av den bundna färgen (³⁸). Saltpåverkan testades inte för Acid blue 29.

Figur 7. Acid Blue 29. Molekylvikt 616,49 g/mol (38).



Vid rening av Acid orange 7, vilken används som en direktverkande hårfärg användes en arylick anjonbytaregel Amberlite IRA-458 (39). Den funktionella gruppen är $2R - N^+(CH_3)_3Cl^-$, där det är en kloridjon som bytes mot Acid orange 7. Se färgstruktur för Acid orange 7 i figur 8. Under försöken varierades initialkoncentrationen mellan 100-500 mg/l. Vid en temperatur på 25 °C, uppehållstid på 20 minuter och en initialkoncentration på 500 mg/l var sorptionsförmågan som bäst ca 50 mg/g (färg/sorbent). För denna sorbent och färg var sorptionsprocessen närmast oberoende av pH. Vid ökad temperatur (25-45 °C) ökade sorptionshastigheten en del. Kvartära ammoniumsalter och tensider (vilka ofta har en laddning) hade en liten negativ påverkan på sorptionsförmågan.

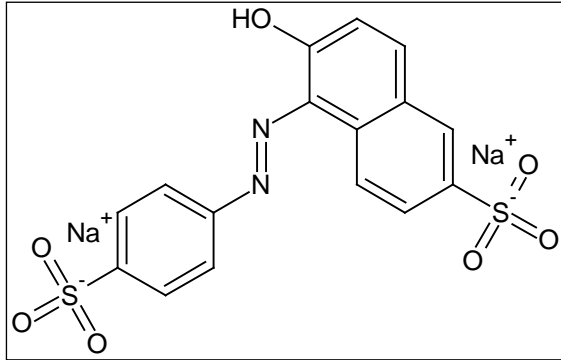
Figur 8. Acid orange 7. Molvikt 350,32 g/mol (39).



I en annan studie från 2009 (36) användes en stark basisk polystyren anjonbytare (Amberlite IRA-900) för rena bort Acid yellow 23 (Sunset Yellow). Acid yellow 23 används för att färga textilier och djurpäl. Se färgstruktur för Acid Yellow 23 i figur 9. Den funktionella gruppen $2R - N^+(CH_3)_3Cl^-$ är joniskt bunden med en kloridjon, där två kloridjoner bytes ut mot den negativt laddade Acid yellow 23. Sorptionshastigheten ökade vid högre vattentemperatur och var som bäst mellan 37-50 grader. Sorptionsförmågan vid en initialkoncentration på 500 mg/l var som bäst 49 mg/g (färg/sorbent) vid 20 °C,

där koncentrationen varierades från 100-500 mg/l. pH varierades mellan 1,5–8,5 men gav endast en försumbar försämrad sorptionsförmåga.

Figur 9. Acid Yellow 23. Molvikt 452,37 g/mol. (36)



Fördelar och nackdelar med jonbytare

Ämnen som avskiljs

Jonbytare är möjliga att konstruera för att avskilja stora/små och jonfärger. Dock innehåller frisørsalongens processvatten endast 10-20 % jonfärger. Jonbytare kommer endast att fungera för jonfärger och inte för de opolära färgmolekylerna. Därmed är inte jonbytare en passande metod för frisörernas processvatten.

Teknik

Jonbytare går att utforma som kompakta anläggningar vilken kan drivas helt automatiserad eller batchvis, vilket även gäller vid regenerering (24,25). Detta gör att apparaturen endast behöver lite underhåll från frisörsanställda. För de jonfärger som har avskiljts i undersökta rapporter har sorptionsförmågan varit hög trots korta uppehållstider mellan 20-40 minuter. För två syrafärger som har behandlats i olika artiklar var utgående färgkoncentration i det närmaste noll, innan genombrottskurvan uppnåddes. Tekniken är möjlig att utformas för små och stora flöden. Detta är viktigt eftersom att flödet från frisørsalongerna varierar kraftigt efter hur många frisörer som använder sin sköljstol samtidigt. Jonbytare har bra sorptionskapacitet vid låga och höga koncentrationer (100 mg och uppåt). Därmed blir inte koncentrationen något problem för jonfärgerna i processvattnet. Temperatur variationer mellan 20-50°C har prövats. Sorptions hastigheten har varit som högst vid de högre temperaturerna för både basiska och sura färger. Därmed bör inte sorptions hastigheten vara något problem eftersom processvattnet från frisörerna håller en temperatur mellan 25-40°C.

Eftersom att processvattnet innehåller hår och hudflagor kommer en förfilter att behövas. Risk för beläggningar på jonbytarmassan finns eftersom att frisörsvattnet innehåller mineraloljor från schampo, metaller (aluminium, koppar, järn) som kan reagera men jonbytarytan. Det kommer att behövas bufferttankar för elueringsvätskan, vilket kan medföra till behov av större installationsutrymme. Trots regenerering av jonbytarmassan, kommer denna att bli sämre och sämre med tiden och måste bytas ut på sikt.

Ekonomi

Eftersom jonbytare kan drivas med full automatik (drift, regenerering) minskas underhållsbehovet. Användning av naturliga jonbytare skulle kunna medföra lägre inköpskostnader.

Förfilteret kommer personalen att behöva rengöra, vilket kommer att påverka möjlig arbetstid. En viss hanteringstid för påfyllnad av regenereringsvätskor kommer även att belasta frisörernas arbetstid eller så sköts detta moment av leverantör av utrustning.

Miljö

Koncentratet som elueras ur från jonbytarmassa måste tas omhand för destruktion. Frisörspersonalen utsätter sig även för en hanteringsrisk vid arbete med natriumhydroxid och saltsyra.

3.4 Oxidationsmetoder:

Det finns en rad olika oxiderandemetoder för att avlägsna färg från processvatten. Den metod som dock är mest trolig att kunna användas utifrån ekonomiska förutsättningar, miljömässighet och användarbarhet är oxidering med ozon.

3.4.1 Ozonbehandling

Teknisk beskrivning av ozonbehandling

Ozon är en mycket instabil och mycket giftig gas vilken tillverkas och används vid det direkta reningsmomentet. Ozongasen tillförs ofta i kraftig dispergerad form för att underlätta att gasen skall kunna lösa sig i vätskan. Gasen reagerar antingen direkt eller indirekt med föroreningen. Direkt oxidering är även den dominanta oxidationsvägen för ozon vid $\text{pH} \leq 4$ medan den indirekta oxideringen är dominant vid $\text{pH} \geq 10$. Där emellan är det en blandning av båda, vilket påverkas av vilken typ av förorening som skall oxideras (25).

Indirekt oxidering

Indirekt oxidering sker genom många olika reaktionsvägar innefattande radikaler, vilka är molekyler som har en oparad elektron. De flesta radikaler är mycket instabila och reagerar mycket snabbt med andra molekyler för att återfå den frånvarande elektronen. Radikalreaktionerna delas upp i kedjereaktioner initiering, propagering och terminering. Initieringsteget är startförloppet för reaktionsmekanismerna. Propageringssteget består av flera delreaktioner som bildar superoxidjoner. Vid termineringsteget kan reaktionsförloppen avbrytas av olika anledningar. Vid initieringen reagerar ozonmolekylen med en hydroxidjon (steg 1), vilket ger en superoxidanjön och en hydroperoxyl radikal. En ozonmolekyl reagerar sedan med superoxidanjonen och bildar en ozonidanjon (steg 2), vilken snabbt faller sönder till en hydrogen trioxid (steg 3), som i sin tur faller sönder till en hydroxylradikal (steg 4) (25). Se reaktionsmekanism 1.

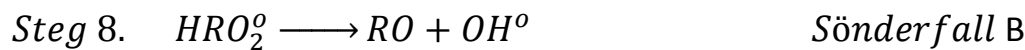
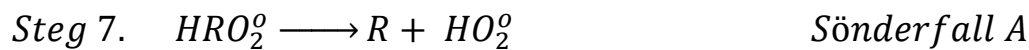
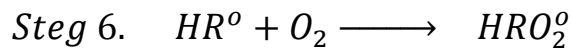
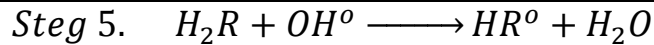
Reaktionsmekanism 1. Initiering och propageringsteg. (25)

<i>Steg 1.</i>	$O_3 + OH^- \longrightarrow O_2^{o-} + HO_2^o$	<i>Initiering steg</i>
<i>Steg 2.</i>	$O_3 + O_2^{o-} \longrightarrow O_3^{o-} + O_2$	<i>Propagering</i>
<i>Steg 3.</i>	$O_3^{o-} \longrightarrow HO_3^{o-}$	<i>Propagering</i>
<i>Steg 4.</i>	$HO_3^o \longrightarrow OH^o + O_2$	<i>Propagering</i>

Det är sedan hydroxidradikalen (steg 5) som reagerar med organiska föreningar (promotorn) och bryter ned dessa till mindre reaktiva produkter. Se reaktionsmekanism 2.

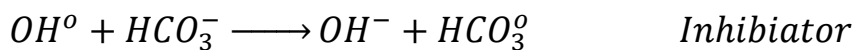
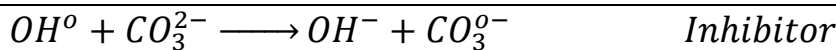
Hydroperoxyradikalen (produkt av steg 6) eller hydroxidradikalen (produkt av steg 8) reagerar sedan vidare med andra organiskamolekyler. Se reaktionsmekanism 2. Vid varje sönderfallssteg tappar kolkedja vätemolekyler och blir därmed kortare och kortare (steg 7 och 8).

Reaktionsmekanism 2. Vägen till sönderfall av organiskt material. (25)



Termineringssteget kan antingen initieras av en inhibitor eller att en hydroxylradikal reagerar med en hydroperoxyradikal, se reaktionsmekanism 3.

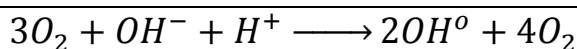
Reaktionsmekanism 3. Oxideringsteg av organiskt material. (25)



Nackdelen med produkterna från inhibitorerna är att de inte bildar superoxidradikaler $HO_2^\bullet/O_2^{\bullet-}$ vilket gör att reaktionsmekanismen avstannar helt. Därmed har processen förlorat de bildade hydroxidradikalerna och energiinsatsen är förgäves. Vid låga koncentrationer är karbonater och dikarbonater två kända inhibitorer. Dock vid tillsats av dikarbonater, karbonater (upp till 1,5mM) ökar livslängden för ozonmolekylen, vilken förbättra reduceringen av det organiskamaterialet.

Det totala reaktionsförloppet för produktion av hydroxidradikaler kan ses i reaktionsmekanism 4.

Reaktionsmekanism 4. Total reaktion. (25)



Hydroxidradikalerna reagerar mycket snabbt och oselektivt med de flesta promotorer (exempelvis organiskt material), igenom att attackera den del av promotorn som har högst elektrondensitet (25).

Direktoxidation

Aromatiska och alifatiska föreningar oxideras till största del genom direktoxidering. Ozonet reagerar direkt med målmolekylens dubbel- eller trippelbindningar. Målmolekylen bryts isär till mindre delar, där varje kolkedjafragment tar med sig delar av ozon molekyl. Ozon reagerar snabbast med de organiska molekyler som har hög elektronodensitet. Ämnen som har detta är aromatiska och alifatiska ämnen som har elektrondonerande grupper, såsom hydroxyl och aminogrunder. Aromatiska substituerade molekyler är de organiska ämnen som har högst reaktivitet med ozon. Reaktiviteten ökar om molekyلفöreningen är dissocierad. Reaktiviteten med ozon är högre för oorganiska ämnen än för organiska (25).

Användning av ozonbehandling

I en rapport från 2003 visade det sig att ozon hade stark förmåga att avfärga Remazol Black 5 (CAS 17095–24-8, 991,82 g/mol, syra). Till en början bröts molekylen snabbt sönder i mindre fragment (avfärgning). Det tog 6h för att nå en 45 % COD- och 25 % TOC reducering. Färgkoncentrationen var 2 000 mg/l och tillförsel av ozon var 20,5 mg/l. Ingen information gavs om avfärgningsmekanismen vid pH förändringar. Vid ozonbehandling bildas det en stor mängd intermediärprodukter vilka visade sig vara mycket giftigare än färgen i sig. Intermediärer som kan uppkomma är exempelvis fenoler. Det behövdes fyra timmar innan intermediärerna var nedbrutna till den grad att biologisk nedbrytning var möjlig. Författarna påvisade att en kombination av ozon följt av biologisk nedbrytning var ett bra alternativ vid total TOC reduktion (⁴⁰).

I en annan rapport från 2010 visade det sig att ozon fungerade väl för att avfärga Reactive blue 19 (C.I. 61200, 626,54 g/mol, syra). Total avfärgning nåddes efter 45 min, vid en färg koncentration på 800 mg/l. Den totala COD och TOC reduktionen blev 45 % respektive 17 %. pH varierades (3-10) men visade sig ha liten påverkan på ozonets nedbrytande egenskap för Reactive blue 19. Vid ökande färgkoncentration behövdes uppehållstiden förlängas för att nå total avfärgning. Tillförsel av salter (natriumklorid, natriumsulfat, natriumacetat) hade endast en marginell negativ påverkan på oxidationsprocessen. Salttillförseln utfördes vid en färgkoncentration på 200 mg/l färg, 25°C och 55 mg/l ozon tillförsel (⁴¹).

Från en rapport från 2011 visade det sig att ozon fungerade väl för att avfärga Basic Green 4 (CL 42000), 364 g/mol, basisk). TOC reduktionen blev ca 40 % efter 40 minuter, vid en färgkoncentration på 662 mg/l. Total avfärgning tog ca 20 minuter. Detta försök utfördes vid pH 3 och 19°C. Även denna rapport påvisade att uppehållstiden blev längre vid högre färgkoncentrationer. Ett lägre pH värde (3) hade endast en liten positiv påverkan på avfärgningen och mineraliseringen av Basic green 4. Intermediärprodukter vilka hämmade mikrobiologisk aktivitet försvann efter ca 26 minuters drift. Ingen information om eventuell saltpåverkan presenterades (⁴²).

Fördelar och nackdelar med ozonbehandling

Ämnen som avskiljs

Oxidation med ozon är en oselektiv metod eftersom ozon och hydroxylradikalen reagerar med alla typer av oxiderbara ämnen. Ozon är mycket effektivt mot aromatiska och alifatiska molekyler med amin- och hydroxylgrupper. Dessa typer av molekyler finns i betydande mängder i hårfärgningsprodukter. Därmed är ozonbehandling en mycket passande metod för frisörers processvatten. Hårfärgningsmedel innehåller salter, men enligt studerade artiklar har närvaro av salter (förutom mono och dikarbonater) inte någon större betydelse för oxidationsprocessens effektivitet. Eftersom att ozon är en oselektiv metod kommer ozonet att reagera med allt oxiderbart material i dess närhet.

Teknik

Apparaturen kan konstrueras som en kompakt anläggning och har visat förmåga att totalt avfärja jonfärger. För de jonfärger som har studerats har pH variationer (3-10) endast haft mindre effekt på nedbrytningen. Dock kommer inte pH att variera vid användning av buffertank. Total avfärgning för jonfärger tar ca 20-45 minuter, medan COD/TOC reduktion kan ta från några minuter till flera timmar. COD/TOC reduktionen tar längre tid för större jonfärger. Dock har ingen information om avfärgning av stora neutrala molekyler hittats. Men med tanke på att ozon generellt är känt för att fungera mycket väl för aromatiska föreningar, finns det stor sannolikhet att ozonbehandling är en väl passande metod. Ozontekniken fungerar bra både vid höga och låga färgkoncentrationer. Tekniken kan göras helautomatisk, där endast en visuell översyn kommer att krävas av frisörerna. Ozonmolekylen tillverkas av syre från luften i den koncentration och den mängd som krävs för att bryta ned inkommande förorening, vilket gör att inga externa kemikalier behövs för att reningen skall fungera. En stor fördel med ozon är att det är praktiskt möjligt att nå 99 % avfärgning, vilket påvisar att färgen är partiellt nedbruten.

Den stora nackdelen är att ozonkonsumtionen kan bli mycket hög om det inte används någon typ av föravskiljning av organiskt material innan reaktortanken. För att nå total mineralisering behövs det därmed många gånger långa uppehållstider i reaktortanken.

Ekonomi

Kompakta anläggningar är mer attraktiva att köpa eftersom de har mindre utrymmesbehov. Minimal underhållsinsats behövs av frisörspersonal vilket kommer att minimera förlorad arbetsinkomst. Dock kommer det att behövas ett årligt serviceavtal med extern personal. Inga extra kostnader för inköp av kemikalier, eller lagring av dessa kommer att behövas.

För att nå total mineralisering av höga färghalter med avseende på TOC eller COD behövs det höga ozonmängder, vilket leder till stor energiförbrukning.

Miljö

Metoden lämnar inget koncentrat eller fast fraktion efter sig, eftersom den bryter ned jonfärgerna till mindre kolgedjor direkt. Det är praktiskt möjligt att bryta ned färgen till mindre kolgedjor, vilka är ofarliga att leda till avloppsreningsverk med biologisknedbrytning.

Ozon är en mycket giftig gas vilket medför till att apparaturen måste vara helt tät och inte får släppa ifrån sig ozongas vid användning. Detta är viktigt eftersom att ozonanläggningen möjligtvis kommer att stå placerad i en källare inomhus, vilket kan medföra till en risk för all typ av personal.

I de rapporter där basiska- och syrajonfärger har oxiderats med ozon har det bildats giftiga intermediära nedbrytningsprodukter. Intermediärerna var i många fall giftigare än ursprungsfärgen. Vid avfärgning är det därför viktigt att ozonbehandlingen pågår tillräckligt länge. Annars finns det risk för att intermediärerna inte hinner brytas ned och vilket i sin tur kan medföra negativ påverkan på mikroorganismerna i avloppsreningsverket. Även vid höga ozondoser (15 g/m^3) har det visat sig att det bildas mer giftiga intermediärer än vad det bildas vid lägre ozondoser (⁴³) (25).

3.4.2 Övriga oxidationsmetoder

Hypoklorit

Vid användning av natriumhypoklorit oxideras jonfärgerna med hjälp av hypokloritjoner (32). Vid oxidationsmomentet bildas det klorerade organiska föreningar vilka kan vara mycket giftiga för bakterierna i den aktiva slamavläggningsanläggningen och för vattenlevande organismer i recipienten (⁴⁴). Därmed är det inte en metod som passar att använda på frisörsalongens processvatten.

Fentons reagens

Vid försök med Fentons reagens används en blandning av väteperoxid och Fe^{2+} joner (järnsulfat). Väteperoxiden oxiderar Fe^{2+} till Fe^{3+} och hydroxylradikaler bildas. Det är sedan hydroxylradiklerna som attackerar den organiska färgjonen vilken bryts ner till mindre fragment. För att Fentons reagens skall fungera optimalt behöver pH vara nära 3-4. Över pH 4 blev avfärgningen och COD nedbrytning mycket låg. För att få detta pH intervall tillfördes det högkoncentrerad svavelsyra till processflödet. Fentonsreagent har visats effektiv vid processflöden där färgkoncentrationer var 500 mg/l och uppåt. Vid hårfärgning ligger färgkoncentrationen på ca 110 mg/l. Väteperoxiden som användes under försöken var 30 viktsprocent, vilket påvisar att hanteringen av kemikalierna kan bli ett stort riskmoment. Dock så visade Fenton-metoden på total avfärgning och mycket hög COD reduktion (+90 %) av färgföroreningen (^{45,46}). Oxidationsmetoden kräver stora bufferttankar med väteperoxid, flytande järnsulfat och högkoncentrerad svavelsyra. Fentonsreagent används endast i mycket storskalig industri, vilket visar att stort processkunnande är ett

krav (⁴⁷). Till råga på detta kommer det att behövas stora mängder starkt frätande och oxiderande kemikalier, vilket påvisar att Fenton processen inte är en passande metod för frisörers processvatten.

Fotokatalys: UV kombinerat med TiO_2 , H_2O_2 eller O_3

Vid UV kombinerat med katalysator, väteperoxid eller ozon är målet att hydroxylradikaler skall bildas. Effektivitet kontra uppehållstid för att nå bästa avfärgning vid UV tillsammans med kompletterande metod är väteperoxid > ozon > katalysator. För hög COD-nedbrytningen krävs långa uppehållstider. För att arbeta med reningsmetoderna krävs hög kemisk och tekniskt kunnande. Det finns även risk för att katalysatorn deaktiveras pga igensättning och att UV lampan täckts med beläggning. UV tillsammans med väteperoxid eller ozon används idag inom storskalig industrin för att bryta ned färgrester (⁴⁸).

Med tanke på att kombinationsmetoderna kräver högt processkunnande och mycket höga kapitalkostnader är fotokalkalys inte lämplig för frisörssalongers processvatten.

3.5 Mikrobiologiska reningsmetoder

Kommunala reningsverk använder i dag mikrobiologiseringen för att byta ner inkommande fekalier och urin. Ursprunget till denna rapport är att mikrobiologiska metoder troligen inte kan bryta ned de färgämnen som används i hårfärgningsprodukter. Orsaker till att hårfärgningsämnet har hög resistens mot mikrobiologisk nedbrytning kan exempelvis bero på:

- Ingående kemikalier hos hårfärgningsprodukten har en toxisk eller mutagen hämmande effekt hos mikroorganismer.
- Restprodukt efter oxidation av hårfärgningsprodukt har en toxisk eller mutagen hämmande effekt hos mikroorganismerna.
- Ingående kemikalier är varken toxiska eller har mutagen påverkan men är svårnedbrytbara

Enligt en studie från 2004, visade det sig att vid test av 18 olika jonfärger passerade 11 stycken igenom den aktivaslamprocessen helt opåverkade (⁴⁹). I en annan studie från 2006 visade det sig att ett seriellt system av en anaerob slamreaktor följt av en aerob slamreaktor fungerade mycket väl för att avlägsna tre olika syrafärger (Mw 600-800 g/mol). Nedbrytning av COD uppgick till 83-97 % och avfärgningen uppgick till 80-87 % med en uppehållstid på 3,3 dagar (⁵⁰).

I dagsläget finns det en stor variation av olika färger och jonfärger med olika laddning, storlek och påkopplade substituter. Detta gör att varje färg kan påverka mikroorganismerna mycket olika med hänseende på giftighet och nedbrytbarhet. Eftersom att det finns en mycket stor mängd olika färger och att det tas fram nya varianter, blir det förmodligen svårt att ta fram specialiserade bakterier som klarar alla typer av färgföroreningar. Det är därmed svårt att dra en generell slutsats om nedbrytningsförmåga för olika typer av jonfärger. Att driva en egen biologisk anläggning är inte heller möjligt för frisörer eftersom att det krävs goda processkunskaper och anläggningen kräver mycket underhåll.

3.6 Övriga reningsmetoder

Enzymatiska

Vid enzymatiska metoder tillverkas först enzymerna från bakteriekulturer. För total avfärgning behövs det mellan 3-6 dagars uppehållstid. Rening med enzymer befinner sig än så länge i försöksstadiet vilket beror på mycket begränsad tillgång av enzymer och enzymernas instabilitet. Det krävs specialistkunskaper för att arbeta med processen. Tekniken som behövs för att ympa fram rätt enzymkulturer, i stora mängder, är även mycket dyr (⁵¹). Därmed är enzymatisk nedbrytning inte en realistisk reningsmetod att använda hos frisörer.

Elektrokemiska metoder

Vid elektrokemisk koagulation sätts det en ström mellan en anod och en katod, bestående av aluminium eller järn. Vid ena elektroden kommer exempelvis aluminium att korroderas ut till fria aluminiumjoner. Aluminiumjonerna bildar sedan metallhydroxider vilka koagulerar de kolloida och lösta färgresterna i processvattnet. Agglomeraten bildar större flockar vilka avskiljs med sedimentering eller filtrering. Processen är lämplig vid höga koncentrationen eftersom avskiljningsmetoden kräver mycket elenergi vid låga koncentrationer. Därför passar metoden inte för frisörsalongens processvatten.

Vid elektrokemisk reduktion och oxidation tillförs även en ström mellan två elektroder tillverkade exempelvis av blyoxid, tennoxid, platinum, iridium eller rubidium. Metoden bygger på att det bildas hydroxidradikaler vid anoden. Antingen reagerar en metallhydroxidradikal-molekyl direkt med det organiska materialet eller så är endast anoden en indirekt bärare (yta där radikalen bildas) av hydroxidradikalen, där sedan hydroxylradikalen på egen hand oxiderar det organiska materialet. Många av anoderna är mycket dyra att tillverka medan anoder av tungmetaller är ur miljösynpunkt ej att föredra. Även dessa metoder är endast kostnadseffektiv vid höga koncentrationer (⁵²)(47). Metoden passar därmed ej för frisörsalongers processvatten.

4. Underlag för dimensionering av reningsapparat

Inom ramen för detta examensarbete kontaktades nio frisörsalonger. Ett frågeformulär presenterades för salongerna, vilket bestod av frågor angående deras processförutsättningar. För mer detaljer om frågeformulär se bilaga 3 (egenskaper för processvattnet). Frågeunderlaget var till för att ta fram vilka produkter som används vid respektive arbetsmoment och vilken storlek på vattenflöde som hårfärgning gav upphov till. De flesta salonger är medvetna om produkternas negativa påverkan på frisörernas arbetsmiljö, dock var flertalet frisörers intresse mycket svagt gällande utsläpp till avlopp. Det var endast ett frisörföretag (Björn Axén), som tog sig tid att bistå med data om processvattnet. För att få fram kemikaliehalter som finns i olika hårfärgningsprodukter har KTF:s folder "Vägledning om frisörsprodukter" används. Endast vissa data har används från KTF:s folder, se bilaga 4 (påverkande kemikalier från hårfärger och schampo) för mer detaljer. Med hjälp av grunddata från Björn Axén och inhämtad folder har en förenklad kravspecifikation sammansställts. Den förenklade kravspecifikationen, tillsammans med bilaga 3 och bilaga 4 utgjort underlag vid dimensionering av reningsanläggning. Dimensioneringen utfördes i nära samarbete med de kontaktade leverantörerna.

Ämnen som avskiljs

Reningsutrustningen måste göras så att den kan kopplas på vid momenten hårfärgning och kompletterande schamponering. Detta är ett krav eftersom det övriga processflödet innehåller stora mängder kemikalier som inte är lika miljöfarliga som hårfärgerna och därför inte behöver någon förbehandling innan avledning till avloppet. Om det totala flödet av avloppsvatten från salongerna skulle renas skulle det behövas en större och därmed dyrare reningsutrustning. Utrustningen behöver förses med förfiltrering, eftersom processvattnet kommer att innehålla hår och hudrester. Mängd föroreningar som spolats ut per tvätt har antagits till 9 gram färg, 72 gram tensider och 3 gram schampo. Viktigt att påpeka är att dessa antagna mängder är vid ett "worst case scenario".

Teknik kontra ekonomi

Inkommande processvatten till reningsutrustningen har till en början mycket hög och i slutet en mycket låg färgkoncentration. Det intermittenta flödet är även relativt högt per frisörstol ($0,63 \text{ m}^3/\text{h}$). Detta medför att utrustningen behöver förses med en bufferttank för att jämna ut koncentrationen och flödet under större del av dygnet. Vid användning av bufferttank kommer det därmed vara möjligt att installera en reningsanläggning av mindre storlek. Eftersom en bufferttank skall användas är det rimligt att reningsanläggningen placeras i ett angränsande rum eller källare.

I den mån det varit möjligt presenteras tre olika anläggningar vilka klarar avflöden från en, fyra respektive nio arbetande frisörer. Vid beräkningar har dygnsflödet baserats på maxflödet som uppkommer vid en permanentfärgning, vilket är ca 90 liter per tvätt. Under ett dygn samlas det därmed upp 1 600 liter

processvatten (89 l*två färgningar*nio frisörer) i bufferttanken. Bufferttanken kommer att ha ett tömningsintervall på 20 timmar, vilket medför en tömningshastighet på ca 80 l/h. Bufferttanken behöver rymma ca 2 000 liter, utifall alla nio frisörer färgar sina två kunder under samma timme. Då finns även en säkerhetsmarginal i buffertkapaciteten inräknad.

Metoden skall klara av vattentemperaturer mellan 25-40 °C, vilket är rimliga temperaturer att anta vid hårtvättning. Kemikalierna i processvattnet kommer att bli så pass utspädda (ca 250 ggr) att pH:t i bufferttanken förmodligen hamnar nära dricksvattnet i Stockholms innerstad, vilket ligger runt 8-8,5. För mer detaljer om pH se bilaga 3 (egenskaper för processvattnet).

Varje arbetande frisör som arbetar antas ha 2 hårfärgningsmoment per dag (18), och salongen har öppet ca 290 dagar på ett år och ca 6 dagar i veckan (⁵³).

Miljö

Det är viktigt att metoden är säker för alla personer som skall vistas i samma lokal där utrustningen är placerad, eftersom att ozon är hälsofarligt (⁵⁴). Det är även viktigt att utrustningen är enkel för frisörerna att sköta.

5. Fördjupad granskning av reningsmetoder: aktivt kol adsorption, ozonbehandling, och nanofiltrering

För de kvarvarande metoderna, aktivt kol adsorption, nanofiltrering och ozon har en undersökning gjorts av vilka leverantörer det finns på svenska marknaden. Information av intresse var grundinvestering, installationskostnad och underhållskostnad. För varje reningsmetod har tre till sju företag hittats på den svenska marknaden, se bilaga 5 (Svenska leverantörer). Urvalet av företag baserades på att företaget arbetade med industriella applikationer. Den industriella anknytningen indikerar att företaget förmodligen har breda kunskaper om hur olika kemikalier kan påverka dess reningsmetod. Denna kunskapsbredd är viktig eftersom processvattnet från frisörsalonger har en mycket stor kemikalieflora med vitt skilda kemiska egenskaper. Totalt sex stycken företag kontaktades och svar med prisuppgifter erhöles från tre av dem.

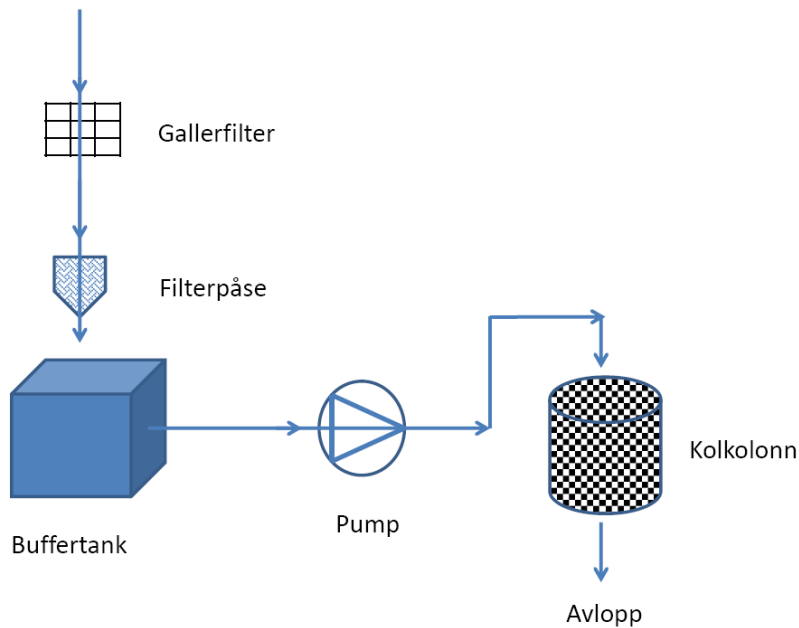
Aktivt kol adsorption

Eurowater har hjälpt till att ta fram uppgifter om hur en aktivt kol adsorption adsorptionsanläggning kan dimensioneras (⁵⁵). Enligt Eurowater fungerar aktivt kol adsorption mycket bra för många typer av ämnen. Tensider, fetter, oljor och aromatiska ämnen adsorberas väl i aktivt kol adsorption. I dagsläget finns det inga referensanläggningar som har arbetat med föroreningar som erhålls från frisörsalonger. Därmed är det svårt att exakt säga hur stor kolförbrukningen blir. I nuläget dimensioneras anläggningen utifrån flödet från bufferttanken. En anläggning anpassad för nio arbetande frisörer har dimensionerats, så att den kan klara av ett maximalt flöde på 175 l/h och är tänkt att belastas med 80 l/h. Kapaciteten för en anläggning för fyra frisörer respektive en frisör har antas ha belastning med 36 l/h respektive 9 l/h.

Storleken på den stora aktiva kol-anläggningen är ca BxDxH i meter= 0,65x0,35x1,1. Utrymmesbehovet för den rektangulära bufferttanken är ca BxDxH = 1x1x2. Utrymmesbehovet gällande de mindre anläggningarna har ej varit möjligt att ta fram.

Innan processvattnet når kolkolonnen är det viktigt att avlägsna alla större partiklar som kan sätta igen kolonnen. Processvattnet kommer därför först att passera igenom ett gallerfilter vilket avlägsnar hår. Hudflagor och mindre partiklar avlägsnas sedan i ett finmaskigt påsfilter. Processvattnet samlas sedan upp i bufferttanken och pumpas vidare till kolkolonnen. Bufferttankens vattennivå styrs av nivåvippor som aktiverar pumpens av-och påläge. Efter rening leds vattnet ut till avloppet, se figur 10. För mer detaljer angående inhämtad offert se bilaga 6 (offerter).

Figur 10. Schematisk uppställning av aktivt kol adsorption adsorptionsanläggning (55).



Den minsta anläggningen (en frisör) har utrustats med en 13 liters filterpåse. Anläggningarna gällande fyra frisörer och nio frisörer har utrustats med 100 liters kolkolonn. 100 liters kolonnen kommer att vara utrustad med tryckdifferensgivare vilken varnar när kolet börjar bli mättat. Innan inköp av anläggning går det att hyra en testanläggning av Euowater, för att se hur adsorptionen fungerar och därmed beräkna hur stor kolonn som kommer att behövas.

Installation av anläggningen för nio och fyra frisörer har enligt Euowater uppskattats till två dagars jobb för en VVS-montör. Installation av den minsta anläggningen har enligt Euowater uppskattats till 1 arbetsdag. Arbetskostnaden för en VVS-montör har antagits till 550 kr/h⁽⁵⁶⁾. Frakt gällande alla anläggningsstorlekar utförs på en "Europa"-pall och har enligt Euowater uppskattats till ca 2 500 kr.

I beräkningarna är det antaget att kolet skall köpas in genom Euowater på 50 liter säck. Innan kolet kan användas behöver frisörsalongen först blötlägga det ett dygn innan användning. Anläggningen för nio frisörer kommer att ha ett effektbehov på 1 KW, anläggning för fyra frisörer antas ha ett effektbehov på 4/9 av en 1KW och den minsta anläggningen antas ha ett effektbehov på 1/9 av en 1KW. Alla anläggningar antas vara i drift under 5 800 h/år (290 dagar*20). Priset för el har antagits till 1,3 kr/KWh⁽⁵⁷⁾.

13 liters filterpåsen kommer att ha en driftstid på ca 3,2 veckor och 100 liters kolonnen en driftstid på 6,2 respektive 2,8 veckor. Därmed blir bytesintervallet för filterpåsen ca 13 gånger per år, och för 100 liters kolonnen ca 7 respektive 15 gånger per år. Att själv tömma och fylla på aktivt kol adsorption adsorption i filterpåsen och kolonnen är ett enkelt men smutsigt moment. Filterpåsen tas ur sin hållare och töms för hand. Luckan på toppen av kolonnen skruvas loss och kolnehållet sugas ur med en våt dammsugare. För att

minimera kostnader så kommer kolbytet att utföras av frisørsalongen själv vid användning av 13 liters filterpåse. Här har frisörens förlorade arbetstid beaktats i kostnadskalkylen. Kolbytet för frisörer har enligt Eurowater antagits till ca 1 h, och kostnaden för frisørsalongen ligger på ca 270 kr/h (53). För de stora kolonnerna har det beräknats att en VVS-firma kommer och byter kolet. Byte av kol tar ca 1,5 h och arbetskostnaden har antagits till 550 kr/h.

Vid beräkning av kolförbrukning antas kolets densitet till 0,5 kg/liter. Utsläpp av förorening har antagits till 0,084 kg/tvätt och kolet antas kunna adsorbera 0,5 kg förorening/kg kol. För den minsta anläggningen är kolförbrukningen ca 83 kg/år, för mellan anläggningen ca 333 kg/år och för den stora anläggningen är kolförbrukningen ca 750 kg/år. Totalvikten för det förorenade kolet som skall fraktas bort antas vara vikten av kolet inklusive 0,5 kg förorening/kg kol. Eftersom att kolet adsorberar föroreningen har det antagits att det är kolet ursprungs volym som styr hur många fat som behöver utnyttjas. Det har inte tagits hänsyn till om kolet expanderar vid blötläggning.

Förbrukat aktivt kol adsorption innehållandes hårfärgningsmedel klassas som miljöfarliga avfall (53). SAKAB räknar med att den rörliga kostnaden per ton hämtad kolmassa, innehållandes farliga avfall, uppgår till ca 9 800 kr/ton. Kolet kommer att hämtas i oljefat (190 liter), och det tillkommer därmed en hanteringskostad på 300 kr/fat (⁵⁸). Anläggningarna kommer att generera ett, fyra respektive åtta oljefat/år för avhämtning.

I tabell 11 presenteras kostnader för de tre olika storlekarna. Grundinvestering, installationskostnad och fraktkostnad har framtagits av Eurowater. Övriga kostnadsposter har beräknats. För mer detaljer se bilaga 6 (beräkningar). För grundinvestering och installationskostnad gällande 1 frisör och 4 frisörer har ingen anläggning dimensionerats. Här har Eurowater grovt uppskattat kostnaderna utifrån flödet. Elförbrukningen har approximerats utifrån storlek på flödet från den stora anläggningen. I dagsläget fanns det inga priser på serviceavtal från Eurowater.

Tabell 11. Aktivkolanläggning för en frisørsalong med en frisör, fyra respektive nio stycken arbetande frisörer. Driftkostnader är på årsbasis och i kr. Kolkolonn för nio och fyra frisörer är på 100 liter. För en frisørsalong används 13 liters filterpåse (55). Tabell är extraherad från bilaga 6 (beräkningar).

Aktivt kol adsorption adsorptionsanläggning	<i>En frisör</i> [ca kr]	<i>Fyra frisörer</i> [ca kr]	<i>Nio Frisörer</i> [ca kr]
<i>Grundinvestering</i>	20 000	35 000	57 000
<i>Installationskostnad</i>	4 400	8 800	8 800
<i>Fraktkostnad från Jönköping</i>	2 500	2 500	2 500
Totala investeringskostnader	27 000	46 000	68 000
<i>Elförbrukning</i>	800	3 400	7 500
<i>Kolförbrukning</i>	6 400	26 300	56 400
<i>Kol destruktion</i>	1 500	6 300	13 400
<i>Underhållskostnad</i>	3 500	5 800	12 400
Totala driftkostnader/år	12 200	42 000	90 000

Nanofiltrering

Enligt Eurowater är risken för igensättning stor vid användning av nanofiltreringsanläggning. Ämnen som lätt sätter igen porer är salter, oljor, kalkutfällningar. Ett avhärtningsfilter (jonbytare) kommer att behövas för att avlägsna kalk i vattnet. Ett gallerfilter behövs för att avlägsna hår och slutligen ett finmaskigt filter ($1\mu m$) vilket tar bort hudrester och större organiska partiklar. Storleken på anläggningen har approximerats endast utifrån flödet som anläggningen skall klara av. Anläggningen som har presenterats är dimensionerad för ett flöde på 175 l/h. Den stora nackdelen med en nanofiltreringsanläggning är det koncentrat som bildas. Eftersom att koncentratet innehåller farligt avfall, kommer koncentratet att bli en hög hanteringskostnad. Eurowater ville även peka på att det finns stor risk att processvattnet kommer att innehålla oförbrukad väteperoxid. Väteperoxid vid hårfärgningsmomentet kommer att oxidera sönder polyaminmembranen, vilka används i störst utsträckning. Storleken på referensanläggningen är i meter ca $BxDxH = 0,875 \times 0,43 \times 1,45$. Buffertanken är $BxDxH = 1 \times 1 \times 2$.

Vid risk för igensättning och nedbrytning av membranet kommer det att bli mycket svårt att få en driftsäker anläggning. Keramiska membran klarar väteperoxiden men är i stället mycket dyra att köpa in. Membranbyte kommer att behövas minst två gånger per år, vilket utförs av Eurowater. Anläggningen för nio frisörer har ett effektbehov på 2,2 kW. För mer detaljer om driftskostnader se bilaga 6 (beräkningar). Enligt Eurowater är det svårt att uppskatta hur hög koncentration det är möjligt att uppnå på koncentratet. En rimlig uppkoncentrering kan vara ca 10 %. Enligt SAKAB uppgår destruktionskostnaden till 6 250 kr/ton, för ett flytande koncentrat innehållandes miljöfarliga avfall (58). Anläggningen för 9 frisörer har uppskattats ha en årlig vattenförbrukning på 465 ton/år ($0,089 \text{ liter} \times \text{två hårfärgningar} \times \text{nio frisörer} \times 290 \text{ dagar}$). Om SAKAB hämtar ett 10 procentigt koncentrat, uppskattas destruktionskostnaden till ca 290 000 kr per år ($465 \text{ ton/år} \times 0,1 \times 6 250 \text{ kr/ton}$) (58). För mer detaljer se bilaga 6.

Utifall det skulle vara möjligt att återanvända vattnet i verksamheten skulle kostnadsbesparingen (exklusive vattenuppvärmning) uppgå till ca 5 000 kr/år ($(464 - 46,5 \text{ m}^3) \times 12 \text{ kr/m}^3$) (57). Varmvattnet som används skulle förmodligen hinna kylas ner innan återanvändning, vilket gör att värmekostnaden inte går att tjäna tillbaka. Återanvändning av vatten kan därmed inte tjäna tillbaka destruktionskostnaden hos SAKAB. Eftersom destruktionskostnaden är så pass hög och att det är svårt att få en driftsäker anläggning är det inte rimligt att använda nanofiltrering vid rening av frisörers processvatten.

I tabell 12 presenteras anläggningskostnaden vid rening för nio frisörer. Grundinvestering, installationskostnad, fraktkostnad och materialkostnad har framtagits av Eurowater. Övriga kostnadsposter har beräknats inom ramen för examensarbetet. För mer detaljer se bilaga 6 (beräkningar).

Tabell 12. Nanofiltreringsanläggning för en salong med nio stycket arbetande frisörer. El, materialkostnader är på årsbasis. Priset är ungefärligt och kostnader är i Kr. (55)

Nanofiltreringsanläggning	[Ca kr]
<i>Grundinvestering</i>	175 000
<i>Installationskostnad</i>	25 000
<i>Fraktkostnad från Jönköping</i>	2500
Totala investeringskostnader	203 000
<i>El kostnad</i>	17 000
<i>Materialkostnad (membranbyte)</i>	6 000
<i>Destruktionskostnad koncentrat</i>	290 000
Totala driftskostnader/år	313 000

Ozonbehandling

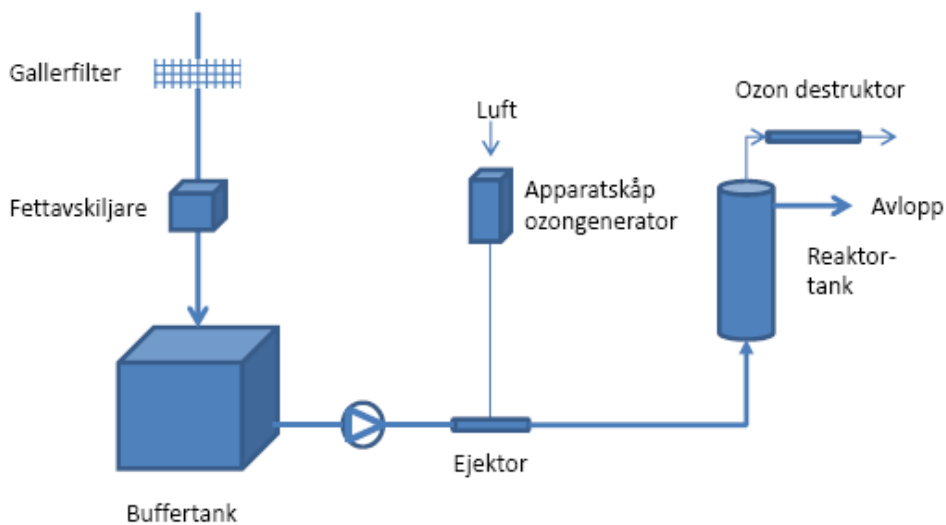
Ozontech⁽⁵⁹⁾ dock Primozone⁽⁶⁰⁾ är två företag som givit återkoppling på möjligheten att använda ozon. Primozon kunde inte ta fram någon maskinstorlek, eftersom de endast tillverkar mycket stora ozonanläggningar. Dock kunde Primozone hjälpa till att ta fram mängden COD i processvattnet. Ozontech ligger i ett mellansegment på marknaden och har därför rätt produktstorlek för ändamålet.

Enligt Ozontech går det att använda ozon för de flesta oxiderbara ämnen. Hårfärgerna kommer inte att vara något problem att bryta ned. En viktig aspekt är att desto mer organiskt material som flödet innehåller desto mer ozon kommer det att gå åt. Primozon har beräknat att ett hårfärgningsmoment med permanent färg inklusive schamponering motsvarar ungefär 15 000 mg COD. Den stora salongen kommer därmed generera 270 g COD (15 g COD*nio frisörer*två hårfärgningar) per dag. För att minska ozonförbrukningen har Ozontech föreslagit att ozonanläggningen skall innefatta en fettavskiljare, för att avlägsna oljor från schampo. För att kunna approximera hur mycket ozonförbrukningen kan tänkas bli, används tumregeln att 1 gram ozon krävs för att fullständigt bryta ner ett gram COD (60). Vid en salong med nio frisörer och en reningscykel på 20 timmar/dygn behöver ozonbehandling kunna leverera ca 13,5 gram ozon/h, för att klara av COD-innehållet i bufferttanken. Salong med fyra respektive en frisör kommer därmed ha ett ozonbehov på 6 g/h respektive 1,5 g/h, se tabell 13 och bilaga 6.

Här kommer först att avlägsnas i ett gallerfilter. Oljor från schampon avlägsnas sedan i någon typ av fettavskiljare. Vattnet samlas upp i buffertanken och pumpas sedan in i ejektorn. Ejektorn ser till att ozonet och processvattnet blandas ihop, så att processvattnet blir ordentligt mättat. Storleken på buffertanken kommer även för denna reningsanläggning att vara 2 000 liter. Syrgasen som kommer att användas för ozongenerering separeras ut från luften i rummet och avfuktas. Den huvudsakliga reaktionen mellan förorening och ozon sker i reaktortanken. Överblivet ozon vilket avgår från vattnet tas ut i toppen av reaktortanken och leds till en ozondestruktör. Ozondestruktorn omvandlar ozonet till syrgas igen, vilken då kan släppas ut till omgivningen. Se en förenklad schematisk skiss på anläggningen i figur 11.

En komplett anläggning har inte dimensionerats, men en anläggning med liknande flöde har storlek på ca $B \times D \times H = 1,2 \times 0,4 \times 1,5$.

Figur 11. Schematisk uppställning av ozonanläggning (59).



En ozonanläggning för nio frisörer kommer att ha ett effektbehov på ca 1,75 kW. Ozonbehandling står för 0,25 kW och pump inklusive övrig elektronik kräver 1,5 kW. Ett serviceavtal för underhåll av anläggningen kommer att behövas. I serviceavtalet ingår allt förbrukningsmaterial som är nödvändigt. Service gäller exempelvis justering av gas-sensorer i systemet, underhåll av pump och översyn av apparatskåp med dess elektronik. Visserligen innehåller ozondestruktorn en katalysatormassa, men denna håller i många år innan byte behövs. Utifall en fettavskiljare skall användas kommer denna att behövas tömmas. Denna tömningskostnad har ej tagits med i beräkningarna.

Priset på en ozonanläggning för nio frisörer är uppskattad efter en liknande anläggningsstorlek, vilken hade motsvarande ozonförbrukning. Investering för att få anläggningen på plats för användning omfattar grundinvestering, installationskostnad och fraktkostnad. Innan ett konstruktionsunderlag kan tas fram är det viktigt att göra provtagning på det aktuella processvattnet och utföra flertalet testkörningar i en pilotanläggning. Med provtagning och testkörningar är det möjligt att verifiera processvattnets COD-halt och ozonanläggningens verkliga nedbrytningsförmåga. Ozon Tech har uppskattat priset för de mindre anläggningarna utifrån flödet för de mindre salongerna.

I tabell 13 har de ungefärliga kostnaderna för de olika maskinstorlekarna sammanställts. Se tabell 14 för sammanställning kostnadsposter vid inköp av en ozonanläggning anpassad för 9 frisörer.

Tabell 13. Kostnader och ozonkapacitet för 3 olika anläggningsstorlekar. I tabellen är priset och ozonbehovet ungefärliga värden (59).

	Grundinvestering	Ozon behov totalt/20h	Ozon behov/h	Anläggning (⁶¹)	Anläggning kan ställas in på
En frisör	120 000 kr	30	1,5	ICT-05	0-5 g/h
Fyra frisörer	200 000 kr	120	6	ICT-10	0-10 g/h
Nio frisörer	340 000 kr	270	13,5	ICT-20	0-20 g/h

Tabell 14. Ozon anläggning för en salong med nio arbetande frisörer (59).

Ozonanläggning

Ca kr

Grundinvestering, installationskostnad och frakt	340 000	<i>Helt färdigt, på plats för användning</i>
<i>Elkostnad</i>	<i>15 000</i>	
<i>Materialkostnad</i>	<i>Ingår i serviceavtal</i>	
<i>Underhållskostnad (serviceavtal)</i>	<i>12 000</i>	<i>justering av gas-sensorer i systemet, underhåll av pump och översyn av apparatskåp.</i>
Totala driftskostnader/år	27 000	

6. Slutligt val: aktivt kol adsorption eller ozonbehandling

Utifrån en rad olika reningsmetoder har det visat sig att ozonbehandling och aktivt kol adsorption förmodligen är de två metoder som är mest lämpade för ändamålet. Gällande rening av frisörers processvatten har de relativa skillnaderna mellan aktivt kol adsorption och ozonbehandling sammanställts se tabell 15. Nivåerna är satta låg, mellan och hög. "Låg" är den bästa nivån för alla rader i tabell 15, förutom total avskiljnings förmåga där hög är den bästa nivån. Tabell 16 sammanställer total investeringskostnad för aktivt kol adsorptionsanläggning och ozonanläggning för olika storlekar på frisørsalong.

Tabell 15. Skillnader mellan aktivt kol adsorption adsorption och ozonbehandling.

	Aktivt kol adsorption adsorption	Ozonbehandling
Grundinvestering	Låg	Hög
Installationskostnad	Låg	Hög
Igensättningsrisk	Hög/mellan	Låg
Kemikaliebehov/adsorbentbehov	Hög	Mycket lågt
Efter behandlingskostnad	Hög	Mycket Låg
Underhållsbehov	Mellan	Mellan
Elförbrukning	Låg	Hög
Behov av förbehandling	Mellan	Låg
Total avskiljningsförmåga	Mellan	Hög
Utrymmesbehov	Likvärdigt	Likvärdigt
Klarar låg koncentration	Ja	Ja
Leverantörens kännedom om processvatten	Liten	Liten
Problem vid aktuellt pH	Nej	Nej
Problem vid rådande Vattentemperatur	Nej	Nej

Tabell 16. Totala investeringskostnader för aktivt kol adsorption och ozonbehandling vid olika flödesbehov. I investeringskostnaden ingår grundinvestering, installationskostnad och fraktkostnad. Siffrorna är i kr.

	Aktivt kol adsorption	Ozonbehandling
En frisör	<i>27 000</i>	<i>120 000</i>
Fyra frisör	<i>46 000</i>	<i>200 000</i>
Nio frisörer	<i>68 000</i>	<i>340 000</i>

Ekonomi kontra teknik

Vid jämförelse mellan de totala investeringskostnaderna för ozonbehandling och aktivt kol adsorption är skillnaden ca 272 000 kr vid en anläggning för nio frisörer, se tabell 17. Här är det intressant att se hur många år det går att driva aktivt kol adsorptionsanläggningen, när de rörliga årskostnaderna sätts i relation mot den större fasta kostnaden för ozonanläggningen. Aktivt kolanläggningen kostar ca 63 000 kr (90 000-27 000) mer i rörliga kostnader. Det går att driva aktivt kolanläggningen i ca 4 år (272 000/63 000) innan anläggningen har förbrukat ett kolvärde motsvarande merkostnaden för investeringen hos en ozonanläggning, se tabell 17. För att ozonanläggningen skall vara motiverad för en stor salong behöver salongen således vara i bruk under fyra års tid.

Att motivera en mindre salong att investera i en ozonanläggning blir inte lätt, eftersom det är svårt att veta hur länge salongen kommer vara i drift. Anta för den lilla ozonanläggningen att serviceavtalet skulle kosta 500 kr/månaden och att energiförbrukningen blir en niondel av den stora maskinen. De rörliga kostnaderna är två för den lilla ozonanläggningen blir då ca 8 000 kr/år (1 675+500*12). De större driftkostnaderna för den lilla aktivkol-anläggningen blir ca 4 000 kr (12 000 -8 000) se tabell 17. Det går att driva den lilla aktivt kol adsorption-anläggningen i drygt 20 år ((120 000-27 000)/4 000=23) innan den har förbrukat ett kolvärde motsvarande merkostnaden för den investeringen hos den lilla ozonanläggningen. Kostnaden per frisör blir mindre om man kan köpa en större anläggning och fördela kostnaderna på fler frisörer. Därmed skulle det kunna vara mer kostnadseffektivt om fler närliggande frisörsalonger gick ihop och utnyttjar en större anläggning tillsammans. Utifall de presenterade investeringskostnaderna är rimliga i relation mot den årliga vinst som en frisörsalong har är svårt att säga. Information om vinst har inte inhämtats. Troligen blir det svårt för den minsta frisörssalongen att bära på behövd investeringskostnad och årlig driftskostnad, utan att inte höja debiteringen per kund.

Tabell 17. Jämförelse av totala investeringskostnader och driftskostnad per år för salonger med nio frisörer respektive 1 frisör. Siffrorna är i tusentals kr.

	Aktivt kol adsorption Nio frisörer	Ozonbehandling Nio frisörer	Aktivt kol adsorption En frisör	Ozonbehandling En frisör
Total Investeringskostnad	68 000	340 000	27 000	120 000
Total driftskostnad/år	90 000	27 000	12 000	8000

Avskrivningar är även en mycket viktig kostnadspost att ta hänsyn till. Avskrivningstiden kommer att bli påverkad av hur länge en frisörssalong är aktiv. Gissningsvis har små salonger kortare livslängd än stora salonger, vilket gör att det blir svårt att genomföra en generell kalkyl. Salongerna kommer förmodligen att bruka olika avkastningskrav på bundet kapital, vilket i sin tur påverkar avskrivningstiden på maskinen. Även kostnader för uppbundet lager av det aktiva kolet är en intressant kostnadspost eftersom pengarna sitter fast i lagret. Denna kostnad har inte har beaktats i detta examensarbete. Omfattningen av detta examensarbete gör att det inte fanns tid till att undersöka avskrivningsaspekten och kostnader för uppbundet kapital i lager.

Om en jämförelse skall göras mellan ozonbehandling och aktivt kol adsorption, är avfärgningen (minskad absorptions i vattnet) relevant. Den avfärgande egenskapen påvisar att färgens molekylstruktur bryts upp i mindre kolfragment eller att den fastnar i det aktiva kolet. En rapport har tydligt jämfört avfärgningsegenskapen för olika metoder där fem jonfärger i olika storlek testades, se tabell 18. Jonfärgen med största molekylvikt vägde 1 488 g/mol (reaktive blue 209) ⁽⁶²⁾. I medel hamnade Ozon på 99 procent avfärgningsgrad medan aktivt kol adsorption hamnade på 75 procent, se tabell 18.

Tabell 18. Avfärgningsegenskap för två olika reningsmetoder på fem olika jonfärger. Kolet som användes var ett kommersiellt kol. Alla jonfärger i tabellen består av aromatisk struktur ⁽⁶³⁾.

	Aktivt kol adsorption [%]	Ozonbehandling [%]
<i>Reactive blue 204</i>	69,0	99,7
<i>Reactive blue 209</i>	78,5	99,0
<i>Reactive blue 184</i>	77,6	99,7
<i>Reactive blue 41</i>	57,4	99,5
<i>Reactive blue 49</i>	94,6	99,4
Medelavfärgning	75	99+

I dagsläget finns det inget krav på rening hos frisörer. Men om frisörsalongen vill se mot framtiden och medverka till en mer miljövänlig produktion skall ozongenerering väljas, vilken har högst avfärgningskapacitet på aromatiska molekyler.

Anläggningens driftsäkerhet är även viktigt att beakta. Om ozonanläggningen står still under 20 % av behövd driftstid kommer dess reduceringsförmåga ($0,97 \cdot 0,80 = 0,78$) bli ungefär lika som hos aktivt kol adsorption. Ozonanläggningen är inte känslig för igensättningar och kan oxidera alla typer av organiskt material dock till en hög elkostnad. Ozonanläggningen har dock mycket mer avancerad elektronik som måste fungera, vilket förmodligen gör att metoden mer sårbar än vad aktivt kol adsorption är.

Det är viktigt att anläggningen är enkel att sköta. Aktivt kol adsorptionsanläggningen kommer att behöva mer underhåll än vad ozonanläggningen kräver. Vidden lilla anläggningen är det mer kostnadseffektivt att frisörsalongen sköter bytet själva, än att leja bort momentet. Men vid de stora anläggningarna är det förmodligen mest praktiskt att leja bort bytesmomentet, eftersom det är tungt och smutsigt. Utrymmesmässigt tar ozonanläggningen och aktivt kol adsorptionsanläggningen ungefär lika mycket plats och båda behöver placeras i ett källarutrymme eller angränsande rum.

Miljö och arbetsmiljö

Aktivt kol adsorptionsanläggningen medför att ett förorenat kol måste omhändertas. Här måste färgen och dess lösningsmedel hanteras igen vilket är en potentiell arbetsmiljörisk. Ytterligare exponering av färgerna och lösningsmedel kan öka risken för hudproblem och andningsproblem.

Vid förbränning finns det risk för att det bildas klorerade organiska molekyler (dioxiner), kvävoxyder, svaveldioxyder i stoffet och rökgaser. Klorerade bensener, kväve, svavel, klor, aluminium och koppar är vanliga beståndsdelar i hårfärgerna och schampo. SO_x och NO_x medverkar kraftigt till försurning i miljön och koldioxid är en kraftig växthusgas.

Askan från det förbrända kolet måste sedan deponeras vilket kan innehålla metalloxyder. Här finns det risk för att metalloxyderna lakas ur kolaskan, allteftersom att vatten och luft transporteras inuti deponin. Urlakningen medför därmed till utsläpp i grundvattnet.

Vid användning av ozonbehandling finns fördelen att färgmolekylerna kan brytas ned till mindre organiska molekylfragment som sedan kan brytas ned vidare ute i vattenmiljön. Om ozonbehandlingen pågår för kort tid finns det stor risk att miljöfarliga intermediära nedbrytningsprodukter uppkommer, vilka kan vara giftigare än färgen i sig. Uppkomst av giftiga nedbrytningsprodukter kan dock endast verifieras vid verkliga tester, där det går att utröna hur lång uppehållstid som behövs, för att dessa inte skall finnas kvar. Vid tillräckligt lång uppehållstid går det att bryta ned färgen till små giftfria organiska molekylfragment vilka kan ses som en kolkälla för mikroorganismerna i det kommunala reningsverket.

Ozon är en giftig och reaktiv gas vilken är farlig för personal som skall vistas i källarlokalen där utrustningen skall förvaras. Enligt Arbetsmiljöverken kan ozon tack vare sin oxiderande förmåga ge skador på hud, ögon och lungor vid för höga luftdoser (⁶⁴). Utifall en fettavskiljare skall användas kommer denna att behövas tömmas. Det slam som avlägsnas kommer förmodligen att innehålla färgrester vilket behöver omhändertas som miljöfarligt avfall.

7. Felkällor

Utsläpp från frisörsalong

De halter av kemikalier som angivits enligt KTFs folder "*vägledning om frisörsprodukter*" är maximala mängder som får användas i hårvårdsprodukter ⁽⁶⁵⁾. Detta medför att ozonkonsumtionen och kolförbrukningen blir lägre i verkligheten än det som angivits i denna rapport. Vattenförbrukning på den undersökta frisörsalongen är endast uppskattade värden utifrån spolkran och uppskattad sköljtid. Här hade flödesmätningar på verklig vattenförbrukning vid hårfärgningsmomentet kunnat ge en mer rättvisande bild. Det är dock svårt att säga om mer eller mindre vatten används i verklig produktion. Vattenförbrukningen påverkar hur pass stor reningsanläggningen behöver vara, och därmed behövd investeringskostnad.

Teknisk-ekonomisk-miljömässig utvärdering av möjliga reningstekniker

Den litteratur som hittats har endast varit inriktad på jonfärger. Dock har jonfärgerna mycket liknande molekylstrukturer som semipermanent och permanent färg. Därmed är det troligt att de oxidativafärgerna i många fall kan avskiljas på liknande sätt som jonfärgerna.

Marknadsanalys av leverantörer

I början av examensarbetet var ambitionen att reningsutrustningen skulle placeras under tvättstället, vilket inte visade sig vara rimligt på grund av att den måste vara relativt stor. Eftersom en bufferttank kommer att behövas finns det behov av utrymme i källare eller angränsande rum för placering av reningsapparat och bufferttank. Denna aspekt har inte beaktats d.v.s. ifall källare finns eller inte. Eurowater påpekar att alla konstruktioner behöver specialbyggas efter de aktuella lokalerna. Troligen kommer därmed installationskostnaden att bli högre i det verkliga fallet, eftersom det kan uppkomma oförutsedda problem. Dock kommer en något ökad installationskostnad inte att påverka slutresultatet i större utsträckning, i relation till övriga rörliga kostnader.

För att få ner kolkostnaden för den stora aktivt kol adsorption-anläggningen skulle det vara möjligt att köpa in större kolsäckar. Större inköpskvantiteter har inte beaktats i detta examensarbete. Inköpspriset för el har hämtats från klimat och energirådgivningen och är en generell siffra för företag. Det är svårt att veta om den blir högre eller mindre, vilket är beroende av hur stor salongen är. Arbetskostnaden vid kolbyte för en VVS- anställd har endast uppskattats. Timdebiteringen är beroende av i vilken del av landet som tjänsten köps in, och hur pass erfaren VVS-montören är. Den arbetskostnad som presenteras i rapporten är förmodligen för hög. Men eftersom att arbetet kommer att behöva göras med kortare visiter är det mycket troligt att montören vill ha betalt för transport-tid och ej full utnyttjade arbetstimmar. Troligt är dock att underhållskostnaden är lägre i ett verkligt fall, eftersom priset per timme förmodligen är lägre.

Adsorptionsförmågan för aktiva kolet har endast uppskattats utifrån litteraturvärden och uppskattning av Eurowater. Inga mätningar eller referenser för liknande kemikalier har påträffats. Från litteratur har adsorptionen visats sig varit både högre och i enstaka fall lägre är 0,5 kg förorening/kg kol. Eftersom att det finns många olika kolsorter kommer det nog inte vara något problem att hitta ett aktivt kol med högre adsorptionskapacitet är 0,5 kg förorening/kg aktivt kol. Förmodligen är denna siffra för låg, vilket medför att kolkonsumtionen är mindre i verkligheten, vilket i sin tur medför lägre rörliga kostnader.

Inga tester har utförts för att påvisa hur mycket COD en hårfärgning motsvarar. Det presenterade värdet i rapporten är endast en teoretisk uppskattning av en doktorand på företaget Primozon. Det kan likaväl vara så att hårfärgningen innehåller högre mängd COD. Detta leder till att en kraftigare ozonbehandling eller en längre reningscykel behövs. Det mest troliga är att en större ozonbehandling behövs, eftersom kundunderlaget hos frisörer troligen ökar år efter år. Därmed kan investeringskostnaden bli något högre än den i rapporten angivna, för att kunna möta framtida kundunderlag.

8. Slutsats:

Grundpelaren i detta examensarbete var att få fram en teknisk, ekonomisk och miljömässig utvärdering av lämplig reningsmetod för att avlägsna hårfärgningsmedel direkt ute i processflödet vid frisörsalongen. Valet av teknik kommer kunna ge frisörsalongen möjlighet att profilera sin verksamhet som en miljömedveten salong. Om frisörsalongen vill starkt miljöprofilera sin produktion så skall ozonbehandling införas. Vid ozonbehandling kan verksamheten minimera sina utsläpp av hårfärgningsmedel till uppemot 99 %.

För att få en mer ekonomisk lösning, men ändå bra ur miljösynpunkt kan en anläggning för adsorption på aktivt kol väljas. Ett sätt för att jämna ut kostnaderna kan vara att en större ozonanläggning inhandlas av fler små frisörsalonger tillsammans. Detta leder då till lägre kostnader per frisör än om varje frisörsalong köper in en liten ozonanläggning var.

9. Framtida arbete

9.1 Fördjupad studie av aktivt kol adsorption och ozonbehandling: praktiskt och ekonomiskt

Nästa steg är att testa aktivt kol adsorption och ozonbehandling på det riktiga processvattnet vid hårfärgning, ute hos flera frisörsalonger. Frågan är om en anläggning skall dimensioneras för salongens totala processvatten eller endast för flödet kopplat till hårfärgningsmomentet. Eftersom salongerna släpper ut stora mängder av andra kemikalier och produkter kan det vara intressant att rena salongens totala processflöde. Det skulle vara passande att ta fram en mer detaljerad kostnadsberäkning och maskinbeskrivning. Dessa har i detta examensarbete varit mycket förenklade på grund av kort projekttid. Det behöver även utrönas om anläggningen kan placeras i ett källarutrymme eller i ett bredvidliggande rum.

9.2 Kiseloljor och kvartära ammoniumföreningar.

Ytterligare två ämnesgrupper som kan vara av intresse att undersöka en reningsmetodik för är silikonoljor (siloxaner) och kvartära ammoniumföreningar. Kiseloljor och kvartära ammoniumföreningar hittas ofta i schampon, balsam, glansgivande produkter, spray och hårmousse. Enligt läkemedelsverket uppskattades det att utsläppet av schampo (torrs substans) i hela Sverige år 2002 motsvarade ca 6 000 ton. Kiseloljor är svårnedbrytbara i det kommunala avloppsreningsverket och utgör ett problem vid biogasframställning. Silikonoljor (siloxaner) som finns i hårvårdsprodukter har enligt en forskningsartikel inte visat någon betydande giftigverkan hos vattenlevande mikroorganismer, men kan vara biokoncentrerbara, med farliga konsekvenser över en längre tid (⁶⁶). Dock finns det silikonoljor (D4) i drivmedel till fordon med mycket likande struktur som har mycket giftig påverkan mot organismer i akvatisk miljö (⁶⁷). Kvartära ammoniumföreningar är mycket giftiga för vattenlevande organismer och är svårnedbrytbara (^{68, 69,70}).

10. Källförteckning

1. http://www.Stockholm vatten.se/commdata/infomaterial/Avlopp/Utslapp_Avloppsv_yrkesverksamhet.pdf , 202-03-23, Stockholm Vatten AB, utsläpp av avloppsvatten från yrkesmässig verksamhet, författare: Stockholm Vatten AB, Käppalaförbundet, Sydvästra stockholmregionens va-verksaktiebolag.
2. http://www.scb.se/Grupp/Produkter_Tjanster/Offentliga%20reg/Foretagsregistret/_Dokument/Foretagsregistrets-broschyr.pdf, 202-03-23, Statistiska centralbyrån, SCB:s Företagarregister 202, författare: SCB
3. http://www.scb.se/statistik/_publikationer/OV9999_2007A0_BR_00_X7OP070.pdf, 2012-03-23, Statistiska centralbyrån, SNI 2007- Standard för svensk näringsgrensindelning 2007, författare: SCB: Meddelanden i samordningsfrågor för Sveriges officiella statistik.
4. Kristina Johansson, Hårvårdsprodukter-Vad innehåller de och hur påverkas miljön, Stockholm vatten AB-Miljöingenjörerna, Stockholm, 2002, R nr 21, <http://www.Stockholm vatten.se/commdata/rapporter/avlopp/Processer/harvard.pdf>
5. http://www.lakemedelsverket.se/upload/lvfs/konsoliderade/LVFS_2007_4_konsoliderad_tom_%202011_16.pdf, 2012-05-21, Läkemedelsverket, Lista över ämnen som kosmetika och hygieniska produkter inte får innehålla, Läkemedelsverket.
6. <http://www.swedishepa.se/Documents/publikationer/978-9-620-072-8.pdf>, 2012-03-30, Naturvårdsverket, Handbok 200:3 Utgåva 3 - Kemisk och biologisk karakterisering av punkt utsläpp till vatten, Författare:Naturvårdsverket.
7. Andersson S James, The chemistry of hair colorants, Journal of the Society of Dyers and Colorists , volym 6, 2000,sid 93-96.
8. Tetsushi Watanabe, Teruhisa Hirayama, Shozo Fukui, Mutagenicity of commercial hair dyes and detection of 2,7-diaminophenazine, Tidskrift: Mutation Research, Kyoto Pharmaceutical University, 5 Nakauchi-cho- Misasagi-Yamashina-ku - Kyoto 607 (Japan),990, Mutation Research 244 (990) sidor 303-308.
9. Mariko Murata; Tomoko Nishimura; Fang Chen;Shosuke Kawanishi, Oxidative DNA damage induced by hair dye components ortho-phenylenediamines and the enhancement by superoxide dismutase, Tidskrift: Mutation Research, Department of Environmental and Molecular Medicine; Mie University Graduate School of Medicine, 2-74 Edobashi, Tsu, Mie 54-8507, Japan,2006, Mutation Research 607 (2006) sidor 184–191
10. <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/a7328?lang=en®ion=SE>,2012-03-25, Sigma aldrich Co.LLC, säkerhetsdatablad - enligt Förordning (EG) nr 907/2006 - Version 4.3 Revisionsdatum 03.0.202 - Tryckdatum 25.03.202,
11. <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sial/398047?lang=en®ion=SE>, 202-3-25, Sigma aldrich Co.LLC, Säkerhetsdatablad- enligt Förordning (EG) nr 907/2006 - Version 4. Revisionsdatum 04.0.202 - Tryckdatum 25.03.202
12. <http://stenarecycling.se/Nyheter-och-media/Nyhetsarkiv/Stort-intresse-for-att-bli-gron-frisor>, 2012-05-06, Stena Recycling AB, Stort intresse för att bli grön frisör, Thomas Söderberg

13. Rapport Kemisktekniska leverantörsförbundet, Vägledning om frisörsprodukter, Kemisktekniska leverantörsförbundet, upplaga 2002, Stockholm, sid 3,
http://www.google.se/url?sa=t&rct=j&q=v%C3%A4gledning%20om%20fris%C3%B6rprodukter%202002&source=web&cd=6&sqi=2&ved=0CGAQFjAF&url=http%3A%2F%2Fwww.sodertalje.se%2Fmainupload%2Fdokument%2FNaringsliv%2520o%2520arbete%2Fmilj%25C3%25B6%2520o%2520h%25C3%25A4lsa%2Fhygienlokaler%2F07_HygLok_Dok%2F07_Vagledning_om_frisorprodukter_2002.pdf&ei=iP-WT8zsNanT4QTejflG&usg=AFQjCNETypH6yIM5qUGMIhXHBt-7u8FP7g&cad=rja
14. Statistiska centralbyrån, Bakgrundsfakta-Läkemedel samt kosmetika och hygienprodukter i Sverige -Metodutveckling för försäljningsstatistik och flödesstudier, Avdelning för regioner och miljöstatistik, upplaga 2009:3, Stockholm, 2009,
http://www.scb.se/statistik/_publikationer/MI1304_2006A01_BR_X102BR0903.pdf
15. <http://www.ktf.se/hygien.htm>, 2012-05-02, Kemisktekniska leverantörsförbundet, Svenska kosmetik- & hygienmarknaden 2002-2011 (miljoner kr), KTF
16. Läkemedelsverket, Miljöpåverkan från läkemedel samt kosmetiska och hygieniska produkter, Läkemedelsverket, Stockholm, 2004-2006, http://www.lakemedelsverket.se/upload/om-lakemedelsverket/publikationer/040824_miljoupdraget-rapport.pdf .
17. http://ec.europa.eu/consumers/sectors/cosmetics/cosmetic-products/hair-dye-products/index_en.htm, 2012-04-29, European Commission, Hair dye products, European Commission
18. Anställd, frisör, Björn Axén, 2012-04-16
19. Hart/Crane/Hadad, Organic Chemistry A short Course, Houghton Mifflin Company, Twelfth edition, Boston-New York, 2007, ISBN-0: 0-6859073-0
20. Robbins R Clarence, Chemical and Physical Behavior of Human Hair, Springer-Verlag, 4 edition, New York, 2002, ISBN 0-387-95094-X
21. Carlos A. Martínez-Huitle a, Enric Brillas, Decontamination of wastewaters containing synthetic organic dyes by electrochemical methods: A general review, DiSTAM, University of Milan, Milan, 2009, Applied Catalysis B: Environmental 87 (2009) sidor 05–45
22. Mohammad Farhat Ali; Bassam M. ElAli; Speight, James G, Hand Book Of Industrial Chemistry-Organic Chemical, McGraw-Hill Companies, New York, 2005, ISBN 0-07-4037-6
23. A.Y. Zahrim, C. Tizaoui, N. Hilal, Elsevier: Coagulation with polymers for nanofiltration pre-treatment of highly concentrated dyes: A review, Centre for Water Advanced Technologies and Environmental Research (CWATER), School of Engineering, Swansea University, Singleton Park, Swansea, SA2 8PP, 2011, Desalination 266 sidor 1–16.

24. Nicholas P. Cheremisinoff, HANDBOOK OF WATER AND WASTEWATER TREATMENT TECHNOLOGIES, Butterworth-Heinemann, Boston, 2002, ISBN: 0-7506-7498-9.
25. Mohan Seneviratne, A Practical Approach to Water Conservation for Commercial and Industrial Facilities, Elsevier, Oxford, 2007, ISBN: 978-1-85-617489-3
26. Persson, Per Olof, Kompendium i miljöskydd del 2 Miljöskyddsteknik; strategier och teknik för ett hållbart miljöskydd, Industriell ekologi, KTH, 7 upplagan, Stockholm, 2005, Del 2, ISSN 1402-7615
27. Pankaj Sharma , Harleen Kaur, Monika Sharma · Vishal Sahore, A review on applicability of naturally available adsorbents for the removal of hazardous dyes from aqueous waste, Tidskrift: Environmental Monitoring and Assessment, Springer Science , India, Environmental Monitoring and Assessment, volym 83, sidor 5-95
28. Pankaj Sharma , Harleen Kaur, Monika Sharma · Vishal Sahore, A review on applicability of naturally available adsorbents for the removal of hazardous dyes from aqueous waste, Tidskrift: Environmental Monitoring and Assessment, Springer Science , India, Environmental Monitoring and Assessment, volym 83, sidor 5-95
29. Svenskt vatten - Avloppsteknik 2 - Reningsprocessen. Publikation U2, Svenskt Vatten, Stockholm 2007, ISBN 1654-5117
30. Cheremisinoff Paul N, Process engineering handbook series: Solids/Liquids separation, Technomic publishing Co INC, Switzerland, 1995, ISBN: 1-56676-246-4
31. Sajjad Haydar, Javed Anwar Aziz, Coagulation–flocculation studies of tannery wastewater using combination of alum with cationic and anionic polymers, Institute of Environmental Engineering and Research (IEER), University of Engineering and Technology, Lahore, Pakistan, Lahore, 2009, Journal of Hazardous Materials 168 sidor 1035–1040
32. Samuel D. Faust, Osman M. Aly, Chemistry of water treatment, Ann Arbor press inc, 2 edition, Michigan, 1998, ISBN: 1-57504-001-5
33. Strathmann Heinrich, Introduction to Membrane Science and Technology, Wiley-VCH, Weinheim, 2011, ISBN: 978-3-527-32451-4
34. A. Akbari a, J.C. Remigy b, P. Aptel, Treatment of textile dye effluent using a polyamide-based nanofiltration membrane, University of Kashan, Laboratoire de Genie Chimique (CNRS UMR 5503), Universite´ Paul Sabatier, Cedex, 2002, Chemical Engineering and Processing 41 sidor 601–609
35. Masoud Amini a, Mokhtar Arami a,b, Niyaz Mohammad Mahmoodi c, Ahmad Akbari, Dye removal from colored textile wastewater using acrylic grafted nanofiltration, Textile Engineering Department, Amirkabir University of Technology, Tehran, 2011, Desalination 267 sidor 107–113
36. Wawrzekiewicz Monika and Hubicki Zbigniew, Kinetics of adsorption of sulphonated azo dyes on strong Basic anion exchangers, Department of Inorganic Chemistry, Faculty of Chemistry, Maria Curie-Skłodowska University, Maria Curie-Skłodowska Sq. 2, 20-031 Lublin, Poland, 2009, Environmental Technology Vol. 30, No. 10 sidor 1059–1071

37. Mohd. Rafatullaha,*, Othman Sulaimana, Rokiah Hashim, Adsorption of methylene blue on low-cost adsorbents: A review, Division of Bioresource, Paper and Coatings Technology and Division of Environmental Technology, School of Industrial Technology, , School of Industrial Technology, Universiti Sains Malaysia, 11800 Penang, 2010, Journal of Hazardous Materials 177 sidor 70–80.
38. Monika Wawrzekiewicz, Zbigniew Hubicki, Equilibrium and kinetic studies on the adsorption of Acidic dye by the gel anion exchanger, Department of Inorganic Chemistry, Faculty of Chemistry, Maria Curie-Sklodowska University, Maria Curie-Sklodowska Sq. 2, 20-031 Lublin, Poland, 2009, Journal of Hazardous Materials 172 sidor 868–874
39. Magdalena Greluk, Zbigniew Hubicki, Comparison of the gel anion exchangers for removal of Acid Orange 7 from aqueous solution, Department of Inorganic Chemistry, Faculty of Chemistry, Marie Curie-Sklodowska University, 20-031 Lublin, Poland, 2011, Chemical Engineering Journal 170 sidor 184–193
40. Chunxia Wang a, Ayfer Yediler b,*, Doris Lienert c, Zijian Wang a, Antonius Kettrup, Ozonation of an azo dye C.I. Remazol Black 5 and toxicological assessment of its oxidation products, State Key Laboratory of Environmental Aquatic Chemistry, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 2003, Chemosphere 52 sidor 1225–1232
41. A.R. Tehrani-Bagha , N.M. Mahmoodi, F.M. Menger, Degradation of a persistent organic dye from colored textile wastewater by ozonation, Department of Environmental Research, Institute of Color Science and Technology, Tehran, 2010, Desalination 260 sidor 34–38
42. Erdal Kusvurana, Osman Gulnazb, Ali Samilc, Ozlem Yildirim, Decolorization of malachite green, decolorization kinetics and stoichiometry of ozone-malachite green and removal of antibacterial activity with ozonation processes, Chemistry Department, Arts and Sciences Faculty, Cukurova University, Adana,2011, Journal of Hazardous Materials 186 sidor 133–143.
43. Wahlberg Cajsa, Björlenius Berndt, Paxéus Nicklas, Läkemedelsrester i Stockholms vattenmiljö - Förekomst, förebyggande åtgärder och rening av avloppsvatten, Stockholm Vatten AB, Stockholm, 2010, [http://www.stockholmvatten.se/commondata/rapporter/avlopp/Processer/lakemedelsrapport_slutrapport.pdf](http://www.stockholmvatten.se/commonddata/rapporter/avlopp/Processer/lakemedelsrapport_slutrapport.pdf), C
44. Cajsa Wahlberg, miljökemist, Stockholm vatten AB
45. S. Karthikeyan, A. Titus, A. Gnanamani, A.B. Mandal, G. Sekaran, Treatment of textile wastewater by homogeneous and heterogeneous Fenton oxidation processes, Environmental Technology Division, Council of Scientific & Industrial Research (CSIR)-Central Leather Research Institute, adyar-India, 2011, Desalination 281 sidor 438–445
46. LIDIA SZPYRKOWICZ1, CLAUDIA JUZZOLINO and SANTOSH N. KAUL, A COMPARATIVE STUDY ON OXIDATION OF DISPERSE DYES BY ELECTROCHEMICAL PROCESS, OZONE, HYPOCHLORITE AND FENTON REAGENT, Environmental Sciences Department, University of Venice, Venice-Italy, 2001, Water research : Volume 35, Issue 9, sidor 2129–2136.
47. Per Olof Persson, Unversitets adjunkt, Kungliga tekniska högskolan
48. Voglepohl, Geissen, Water science and technology, Elsevier Science, Clausthal-Germany, 1997, ISSN 0273-1223

49. Forgacs, Cserháti, Oros, Removal of synthetic dyes from wastewaters: a review, Research Laboratory of Materials and Environmental Chemistry, Chemical Research Center, Budapest-Hungary, 2004, Environment International 30 pages 953–971
50. Mustafa Isık, Delia Teresa Sponza b,*Biological treatment of Acid dyeing wastewater using a sequential anaerobic/aerobic reactor system, Nigde University- Aksaray Engineering Faculty- Environmental Engineering Department, Aksaray-Turkey, 2006
51. M. Shakeri & M. Shoda, Change in turnover capacity of crude recombinant dye-decolorizing peroxidase (rDyP) in batch and fed-batch decolorization of Remazol Brilliant Blue R, Springer-Verlag, Yokohama-Japan, 2007, Applied Microbiology and Biotechnology Volume 76 Number 4 Pages 919-926.
52. Chantaraporn, Polgumhang, Electrocoagulation of blue Reactive, red Disperse and mixed dyes and application in treating textile effluent, The Research and Technology Center for Renewable Products and Energy, King Mongkut's University of Technology, Bangkok, 2010, Journal of Environmental Management 91 pages 918–926.
53. Lindman Kristina, Miljöansvarig, Björn Axén, kristina.lindman@bjornaxen.se
54. <http://www.av.se/fragorochsvar/973.aspx>, 2012-05-12, Arbetsmiljöverket, Vilka krav ställs på ozon-apparater och hur farliga är de för arbetstagare?, Arbetsmiljöverket.
55. Conny Alsen, försäljningsingenjör, Eurowater AB vattenrening, conny.alsen@eurowater.se
56. <http://kostnadsguiden.se/vad-kostar-hantverkare-timpris-och-tips/>, 2012-05-25, Kostnadsguiden, vad kostar hantverkare ?
57. <http://www.energiradgivningen.se/energipriser-1>, 2012-05-12, klimat och energirådgivningen.
58. Elisabeth Szép, innesälj region öst, SAKAB, <http://www.sakab.se/templates/Page.aspx?id=789>
59. Bherooz Gilanpour, försäljningsingenjör, OzonTech AB, b.gilanpour@ozonetech.com,
60. Dan Johansson, Sales manager, Primozon, dan.johansson@primozone.com
61. <http://www.ozonetech.com/index.php?id=ozon-generator-ict&lang=sv>, 2012-05-15, Ozontech, ICT-serien, OzonTech.
62. <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?cid=25088417> , 2012-04-03, CAS 110493-61-3, Pub chemical compound.
63. Woei-Jye Lau, A.F. Ismail, Polymeric nanofiltration membranes for textile dye wastewater treatment: Preparation, performance evaluation, transport modelling, and fouling control — a review, Faculty of Chemical and Natural Resources Engineering Universiti Teknologi Malaysia, 2009, Desalination 245 sidor 321–348
64. <http://www.av.se/fragorochsvar/973.aspx>, 2012-05-12, Arbetsmiljöverket, Vilka krav ställs på ozon-apparater och hur farliga är de för arbetstagare?, Arbetsmiljöverket.
65. Peter Jansson, ansvarig för lagstiftning och tekniska frågor, Kemitekniska leverantörsförbundet AB, peter.jansson@ktf.se
66. International Journal of toxicology, Final Report on the Safety Assessment of Stearoxo Dimethicone, Dimethicone, Methicone..., http://ijt.sagepub.com.focus.lib.kth.se/content/22/2_suppl/.full.pdf , Sage publication, Washington D.C,2003, Volym 22 sid -35

67. Kaj Lennart; Andersson Jeanette med andra, Results from the Swedish National Screening Programme 2004 Subreport 4: siloxanes, IVL Swedish Envirometal Research Institut, 2005, IVL rapport B643
68. <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/4067?lang=en®ion=SE> , 2012-04-03, CASnr: 07-64-2 Sigma aldrich Co.LLC, Säkerhetsdatablad- enligt Förordning (EG) nr 907/2006 - Version 4. Revisionsdatum 04.0.202 - Tryckdatum 25.03.202

Bilagor

Bilaga 1. Försäljningsstatistik KTF och massflödesanalys Läkemedelsverket

Tabell 19. Försäljningsstatistik från KTF 2012, gällande hårvårdsprodukter. Beloppen är i miljoner kronor (Fel! Bokmärket är inte definierat.). Omsättningen är exklusive tax-free och frisörer.

2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1928	2096	1907	2037	2096	2153	2209	2294	2426	2140

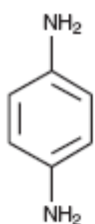
Tabell 20. Massflödesanalys för hårfärger hämtat från läkemedelsverkets rapport från 2004. Angivna ton i tabellen är torrsustans ren hårfärg, exklusive vatten. Siffrorna gäller hela Sverige vid konsument och yrkesanvändning. (Fel! Bokmärket är inte definierat.).

2002	2003	2004	2005	2006
633	583	694	689	825

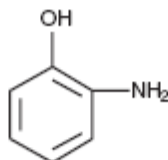
$$\frac{2140 \text{ miljoner kr}}{2096 \text{ miljoner kr}} \times 825 \text{ ton torrsustans hårfärg} \approx 842 \text{ ton torrsustans hårfärg år 2011}$$

Bilaga 2. Konstruktion Färger

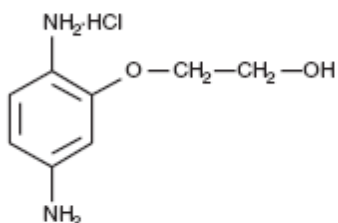
Figur 12. Exempel på vanligt använda primära intermediat. (Fel! Bokmärket är inte definierat.)



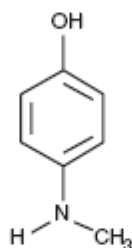
p-Phenylenediamine (I)



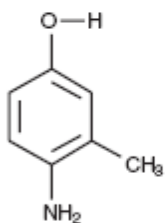
o-Amino phenol (II)



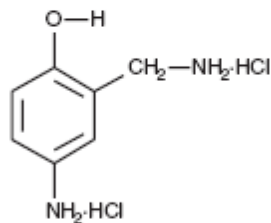
1,4-Diamino phenoxyethanol HCl (III)



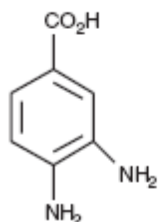
4-Methylamino phenol (IV)



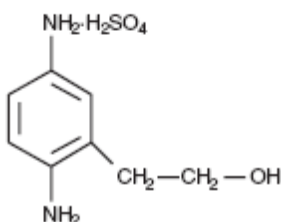
4-Amino-m-cresol (V)



2-Aminomethyl-p-aminophenol HCl (VI)



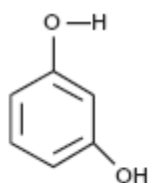
3,4-Diamino benzoic acid (VII)



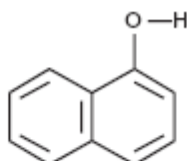
Hydroxyethyl-p-phenylenediamine sulfate (VIII)

Konstruktion av semipermanentfärg

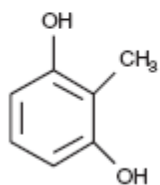
Figur 13. Exempel på vanligt använda kopplare. (Fel! Bokmärket är inte definierat.)



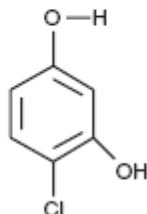
Resorcinol (XI)



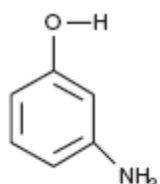
1-Naphthol (XII)



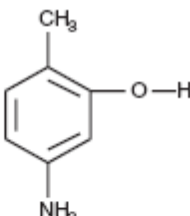
2-Methylresorcinol (XIII)



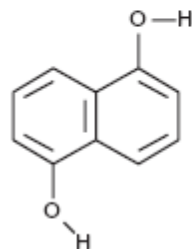
4-Chlororesorcinol (XIV)



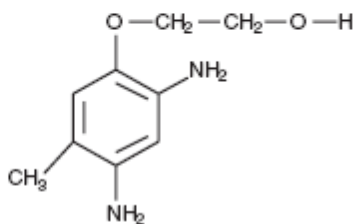
m-Amino phenol (XV)



4-Amino-2-hydroxytoluene (XVI)



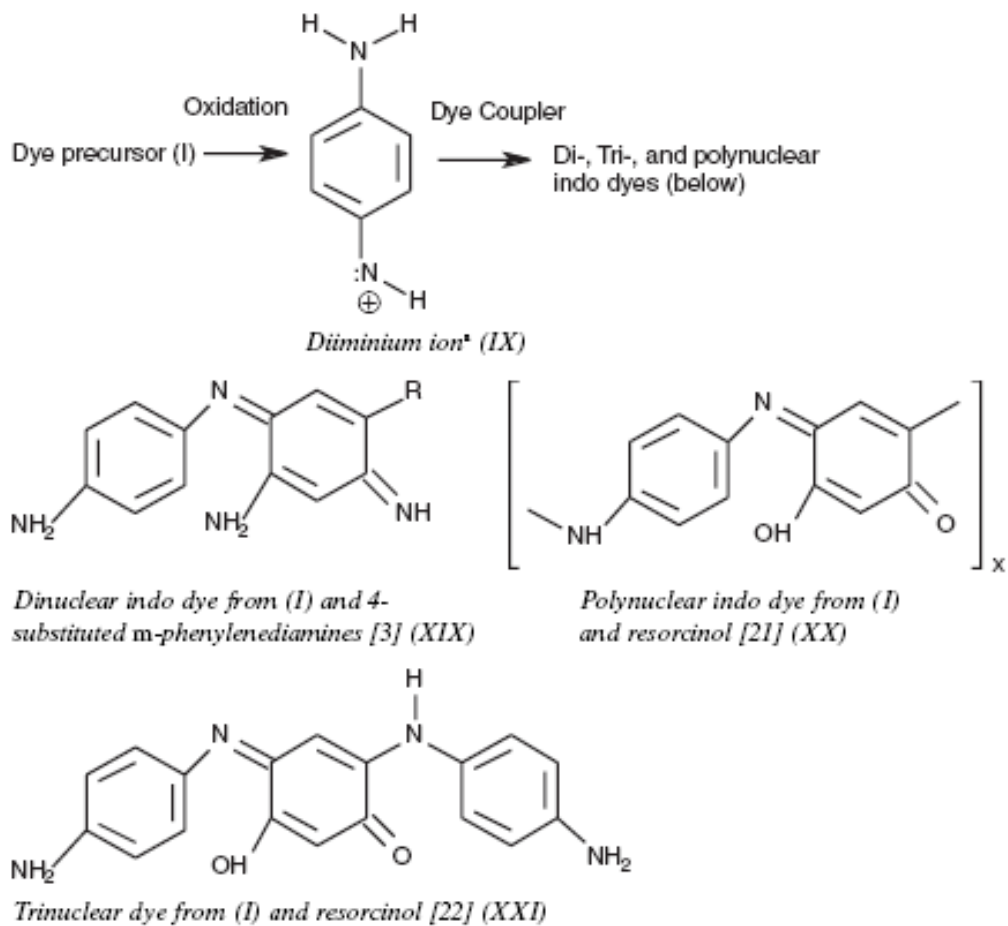
1,5-naphthalenediol (XVII)



2,4-Diamino-5-methyl phenoxyethanol (XVIII)

Konstruktion av permanentfärg

Figur 14. Exempel på reaktionväg till en di, tri och en polyindofärg. Precursor är det primära intermedietet. Coupler är kopplaren (Fel! Bokmärket är inte definierat.).



Bilaga 3. Egenskaper för processvattnet.

Kontaktade frisörer

- Björn Axén
Kristina Lindman - Miljöansvarig
<http://www.bjornaxen.se/om-oss/vi-har-nagot-att-beratta-bjornaxen>
- Scissorhands
Britt Marie - Delägare
<http://www.scissorhands.se/hem>
- Sachajuan Sturegatan
Richard Wikström - Ledningsgruppen
<http://www.sachajuan.com/web/page.aspx?refid=10>
- Sachajuan Sickla
Sacha Mitic – Ledningsgruppen
<http://www.sachajuan.com/web/page.aspx?refid=10>
- Salong Vita
Denise - Reception, förde min enkät till ledningen.
- <http://www.vitaonline.se/kontakt-vita>
CREO
Jessica Welin-Berger- Delägare
<http://www.creostockholm.se/omoss.htm>
- Bromma frisörsalong
<http://www.lokdelen.se/foretag/Bromma/1821311/Brommaplans+Frisersalong;/jsessionid=E5A011E9918FE52BDD58DBC8FE997CB1>
- Baresso Nybrogatan
Receptionen förde min enkät till ledningen.
<http://www.salongbaresso.se/nybrogatan-19/>
- Excellent Skin Bromma
Eva Wasberg – Verkställande chef
<http://www.excellentskin.se/Om-oss/>

Frågeformulär till frisörer

1. Vad finns det för intresse hos era kunder angående miljöpåverkan?
2. Vad har ni själva haft för funderingar på det som frisörer sköljer ut?
3. Hur många tvättställ har ni på salongen, där hårfärgningsrester spolats ut?
4. Hur många arbetade frisörer har ni respektive dag?
5. Hur många hårfärgningsmoment totalt har varje frisör dag eller veckovis?
6. (Hur många kunder färgar håret med direktverkande toning under ett år?)
7. (Hur många kunder färgar håret med oxidations hårfärg under ett år?)
8. Hur många dagar har er salong öppet varje år?
9. Antal kg eller liter direktverkande-toning som används vid hårfärgning i den egna verksamheten(exklusive försäljning över disk) per år.
10. Antal kg eller liter oxidationshårfärg som används vid hårfärgning i den egna verksamheten(exklusive försäljning över disk) per år

11. Förklara gärna hur en hårfärgning går till:
 - a. Hur många tvättomgångar används
 - b. Hur länge tror ni att ni sköljer vid varje tvätt omgång
 - c. Hur stor är vattenförbrukningen liter/min för er duschkran.
 - d. Har ni några siffror på hur stor procent andel av hårfärgningsprodukten som fastnar i håret eller det som spolats ut.
12. Hur sopsorterar ni era rester av flytande/fast avfall?
13. Hur sopsorterar ni er övriga avfall?

Antaganden

Vid färgning med intensivtoning och permanentfärg används väteperoxid för att länka ihop kopplare och primärtintermediat med varandra och håret. Utifrån KTFs produktbeskrivning visas det hur många gram färg maximalt produkterna får innehålla. Det är dock oklart om det är färdigoxiderad färg eller om det är vikten för de oblandade kopplarna och primäraintermediaten. Utifall att viktsprocenten skulle stå för ej färdig reagerad färg är det mycket lite skillnad i molvikt mellan färdig reagerad färg och dess ursprungssubstrat.

En para-fenylenediaminer (primärtintermediat) väger ungefär 109 gram/mol. Vid reaktion försvinner det fyra stycket väten från respektive kopplare och primärtintermediat. Fyra väten står för ca 4 % av totalvikten hos en kopplare eller ett primärtintermediat. Det ger därmed inte någon större felmarginal än vad vikten baseras på.

Enligt vägledning av frisörsprodukter får färgen i oxidationsprodukter maximalt uppgå till 12 vikt % av produkten. För direktverkade lättningarna får färginnehållet maximalt uppgå till 10 vikt %. Inför beräkningar av reningsmetodens kapacitet antas det att en helfärgning av ett normallångt hår sker vilket förbrukar 120g produkt. Vid lättning antas att en helfärgning av ett normallångt hår utförs vilket förbrukar 60g produkt. . En grupp frisörer uppskattade att ca 50-75 % av produkten spolats av vid sköljning av lättning , intensivtoning och permanentfärg. Produkt som spolats av håret kommer antas vara 62,5 % för alla färgmomenten. Densiteten för produkterna anses som vatten 1kg/dm^3 .

Vid sköljning beräknas vattenflödet för en snålspolande kran ligga mellan 9-12 liter per minut. Vid vattenförbruknings beräkningar kommer medelförbrukningen (10,5l/min) att användas.

Vid schamponering används det ungefär 3 gram schampo, vilket utförs efter hårfärgningsmomentet.

Lättoning (direktverkande toning)

Lättoningen(direktverkande-toning) tillförs samtidigt som schamponering och kräver mellan 1-2 minuter sköljning. Medelsköljtid som använts vid beräkningarna är 1,5 min. Vid förbättring av redan färgat hår används ca 20 gram toningsmedel. Vid en ny helfärgning av ett normallångt hår går det åt ca 60 gram lättoning. Medelförbrukning av vatten blir ca 16 liter. I lättoningen ingår aromatiska föreningar. pH värdet för lättoningsfärger ligger mellan 6-10. Eftersom att färgblandningen spädes ut ca 260 ggr (16/0,06) i bufferttankens totalamängd på 16 liter kan pH:t anses ligga nära 8-8,5, vilket det är i Stockholms kranvatten.

Intensivtoning (Semipermanentfärg)

För intensivtoning(semipermanent) blandas väteperoxiden och färgmedlet i förväg och sättes i torrt eller blött hår. Väteperoxiden som används har en styrka på 1,9; 2,7 eller 4 % där de starkare ger en ljusare färgnyans. Om endast 2-3 cm hårutväxt skall färgas används 60 gram (1 tub på ca 60ml) intensivtoningsmedel och lika mycket väteperoxid (60g H_2O_2 med 1,9 eller 2,7 %). Vid användning av 2,7 eller 4 % H_2O_2 blir blandningsförhållandet 1:2(färg : H_2O_2). Om ett normal långt hår (botten till topp) skall intensivtonas används 120g färgmedel plus 120g eller 240g H_2O_2 . Vid beräkningar kommer 120 gram produkt plus 120 gram väteperoxid användas. Total sköljtid inklusive schamponering är 5-10 min (medeltid 7,5min). Total medelvattenförbrukning blir ca 79 liter vatten. I intensivtoning ingår aromatiska föreningar. pH värdet för permanent färger ligger mellan 8-11,5. Eftersom att väteperoxiden och färgblandningen tillsammans spädes ut maximalt ca 247 ggr (89/0,360) i bufferttankens totalamängd på 89 liter kan pH:t anses ligga nära 8-8,5, vilket det är i Stockholms kranvatten.

Permanentfärg

För permanentfärger används blandningsförhållandet mellan färg och H_2O_2 alltid 1 gram:1 gram. Antingen används ca 60g färg vid förbättring av långt hår eller ca 120 g vid helfärgning(botten till topp), respektive 120 eller 240 g H_2O_2 . Kemikalierna blandas ihop, tillför till torrt hår och får verka ett tag. I beräkningar kommer 120 gram produkt och 120 gram väteperoxid användas. Total sköljtid inklusive 2 schamponeringar är mellan 7-10 min (medel 8,5min). Medelvattenförbrukning blir för detta moment ca 89 liter. De permanenta färgerna innehåller aromatiska föreningar. pH värdet för permanent färger ligger mellan 8-11,5. Eftersom att väteperoxiden och färgblandningen tillsammans spädes ut ca 247 ggr (89/0,360) i bufferttankens totalmängd på 89 liter kan pH:t anses ligga nära 8-8,5, vilket det är i Stockholmsvatten.

Tabell 21. Prosessegenskaper för ett hårfärgningsmoment.

total vikt av produkt	Maximalt procent innehåll färg	Vikt endast färg innehåll	Hårfärg som inte fastnar i håret	Färgvikt som totalt spolat ur håret
[mg]	[%]	[g]	[%]	[mg]

Lätttoning	20 000	10 %	2 000	62,5 %	1250
Lätttoning	60 000	10 %	6 000	62,5 %	3750
Intensiv ton	120 000	12 %	14400	62,5 %	9000
Permanetfärg	120 000	12 %	14400	62,5 %	9000

Tabell 22. Prosessegenskaper i buffertank

	Total Spolvattenmängd ut i avloppet [liter]	Färgvikt som totalt spolas ur håret [mg]	Lägsta koncentration med uppsamling i buffertank [mg/l]	pH värde i bufferttank [pH]	Temperatur i bufferttank [C°]
Lätttoning	16	1250	78,1	8-8,5	25-40
Lättoning	16	3750	234,4	8-8,5	25-40
Intensiv ton	79	9000	113,9	8-8,5	25-40
Permanetfärg	89	9000	101,1	8-8,5	25-40

Tabell 23. Saltmängd i bufferttank för en tvättomgång. Se början på bilaga 4 (Påverkande kemikalier från hårfärger och schampo) för mer detaljer

	Medeltotal vikt av produkt [mg]	Maximal procent salt [%]	Saltvikt som spolas ur håret [mg]
Lätttoning	20 000	10	2 000
Lättoning	60 000	10	6 000
Intensiv ton	120 000	60	72 000
Permanetfärg	120 000	60	72 000

Bilaga 4. Påverkande kemikalier från hårfärger och Schampo

KTFs folder "vägledning av frisörsprodukter" visar vilka typ av kemikalier som olika frisörsprodukter kan innehålla. Utifrån information om de olika reningsmetoderna har det visat sig att vissa kemikalier kraftigt kan påverka metodens effektivitet. Ämnen med dessa egenskaper finns i olika direktverkande toning och oxidativa hårfärger.

Lättoning

- Anjoniska/nonjoniska/amfotära tensider (salter) upp till 10 vikt %.
 - o Ammonium laureth sulfat,
 - o Laureth-12
 - o Ceteth-10 phosphate
 - o Dicetyl phosphate
- Katjoniska tensider (t.ex. dicetyldimonium chloride) är salter, upp till 5 vikts %
 - o Dicetyldimonium chloride
- Silikonoljor 5 vikt %

Oxidativa hårfärger

- Anjoniska/nonjoniska/amfotära tensider är salter, upp till 60 vikt %
 - o Ammonium laureth sulfat,
 - o Laureth-12
 - o Ceteth-10 phosphate
 - o Dicetyl phosphate
- Katjoniska tensider (t.ex. dicetyldimonium chloride) är salter, upp till 5 vikt % Dicetyldimonium chloride.
- Katjoniska polymerer (salt), upp till 5 vikt %
- Reducerande ämnen (salt), upp till 3 vikt %
 - o Sodium metabisulfite

Väteperoxid

- Salter
 - o Tertasodium pyrophosphate
 - o Disodium phosphate
 - o Disodium pyrophosphate

Övriga produkter: Följande kemikalier finns i många av frisörernas övriga produkter. För mer detaljer se KTFs folder Vägledning om frisörsprodukter.

Schampoo kan innehålla upp till 95 % kemikalier exklusive vatten.

Bilaga 5. Svenska leverantörer.

Aktivt kol adsorption

- Eurowater. Aktivt kol adsorption för industriella applikationer.

<http://www.eurowater.se/>

- Mobilvattenrening. Fungerar för vatten vid färger till båt.

<http://www.miljövätt.se/Mobilvattenrening.htm>

- Vattensystem. Aktivt kol adsorption adsorption för vatten industriell användning.

www.vattensystem.se

Nanofiltrering

- Fluidra. Ultra och nanofiltrering för industriellt bruk.

<http://www.fluidra.com/sites/en/atworldreports.html>

- Omvändosmos. Arbetar med nano och ultrafilter.

<http://www.omvandosmos.se/Kontaktaoss.htm>

- Eurowater. Arbetar med nanofiltrering

<http://www.silhorko.dk/produkter/nanofiltrering-1.aspx>

- EnviroChemi. Nano och ultramembran.

http://www.envirochemie.com/envirochemie/se_SE/30.php

- Björksrostfria. Nano och ultrafilter

<http://www.bjorksrostfria.se/membran.html>

Ozonbehandling

- Primozone. Industriella applikationer för vattenozon

<http://translate.google.se/translate?hl=sv&langpair=en%7Csv&u=http://www.primozone.com/>

- Ozontech . Arbetade med vattenozon.

<http://www.ozontech.com/index.php?id=ozonaggregat&lang=sv>

- Interzon. Arbetade endast med luftozon.

http://www.interzon.se/languages/svenska/svenska_airmaid_t.html

- Swema. Arbetade endast med luftozon.

<http://www.swema-trading.se/produktkategori.php/17/ozonaggregat>

- Aqua-03. Arbetar med vattenozon

<http://www.aqua-o3.se/?page=21&name=--ozon--rening--i-brunnar-tankar-bassanger>

- IFS. Arbetar med vattenozon.

<http://www.lfs-web.se/vattenrenare.htm>

Bilaga 6. Antagande för reningsmetod, offerter, Bilder på reningsutrustning, beräkningar

Antaganden för beräkning:

- 550 kr/h VVS montör
- Densitet på kol är ca 0,5kg/dm³
- Förorenings upptag är 500g/kg kol
- förorening som spolats ut per tvätt: 9g färg+36g salt och 3 g schampo. Därmed fastnar hälften av salterna i kolfiltret.
- Antal tvättomgångar: 9,4 eller 1 anställda, 2 tvättar per anställd/dag, 6 arbetsdagar har salongen öppet per vecka.
- Salongen har öppet 290 dagar om året
- Tömningsintervall vid 9 anställda 20h
- Tömningsintervall vid 4 anställda 20h
- Tömningsintervall vid 1 anställda 20h
- Hög rektangulär tank
- Systemet för 4-9 anställda behöver extern tömningservice
- Vid 1 frisörssystem tömmer frisörsalongen själv kolonnen

Antagande Aktivt kol adsorption adsorption och Nanofiltrering

Figur 15. Uppställning av kolkolonn med tillhörande förfilter.



Figur 16. Offertförslag från Eurowater. Anläggning för 9 frisörer. I stället för 35 liter kolkolonn valdes en 100l kolkolonn till en extrakostnad på ca 7 000kr. Vi bytte till en 2000l rektangulär tank med en extrakostnad på 4000kr. Vi bytte till en 100 l kolkolonn i stället för Eurex 21-f PPA 40 liter kolkolonn, till en extra kostnad på 5000 kr.

Er referens Offert Nr 6875 Kundnr 11983
 Vår handläggare Datum 12-05-04 Ordernr
 Conny Alsén 036-387774

Leveransadress Köpare
 STOCKHOLM VATTEN OFFERT
 ERIK NÄMGREN
 STOCKHOLM

Telefonnr Betainingsvillkor
30 dagar netto
 Telefaxnr Leveransvillkor
Fritt Huskvarna

installation kostnad es inräknad för buffertank

Nr	Beskrivning	Antal	Enhet	A-pris	Belopp
401684-001	FILTERPÅSEADAPTER	1	Styck	975,00	975,00
325000-100	FILTERPÅSE P2S 100 MY	1	Styck	90,00	90,00
PP4001-001	EF 2 PVC,6 BAR MAX 35°C	1	Styck	7 530,00	7 530,00
611415-001	FILTERPÅSE P2X M.KOLVÄV.1 MY (EF-2)	1	Styck	195,00	195,00
PP2951-001	EUREX 21-F PPA EXKL. Fyllning	1	Styck	11 690,00	11 690,00
JA1660-213	AKTIVT KOL HS, TVÄTTAD 50L/25KG	1	BAG	1 495,00	1 495,00
327150-001	TRATT LITEN	1	Styck	84,00	84,00
327150-002	TRATTRÖR LITEN	1	Styck	54,00	54,00
11008	BEHÅLLARE CYLIND.M.LOCK 1000L.	1	Styck	9 760,00	9 760,00
1610020	NIVÅVIPPA BIP-Stop,10m.NEOPRENKAB.	2	Styck	495,00	990,00
1610025	BALLAST FÖR NIVÅVIPPA BIP-Stop	2	Styck	90,00	180,00
5885712	GRUNDFOS KP 250-A1 M.VIPPA 230V	1	Styck	4 130,00	4 130,00
306394	APPARATSKÅP	1	Styck	4 500,00	4 500,00
5285	EMBALLAGE PP JUTESÄCK 70x110cm	5	Styck	19,00	95,00
502294-004	GALLERSTATIV 1000 x 400mm	1	Styck	2 390,00	2 390,00
	INKL. BEN				
XX200	PVC RÖRSYSTEM	1	Styck	2 500,00	2 500,00
IM3606-006	R.PRESSURE GAUGE,Ø63 0-6BAR RF	3	Styck	485,00	1 455,00
5185062	VATTENMÄTARE QN 1,5	1	Styck	600,00	600,00

vattenmeter igenom

EUREX
 BREDD: 650 MM
 DJUP: 350 MM
 HÖJD: 1120 MM *korrekt höjd*
 FLÖDE: 700 LIT/H *max flöde*

BEHÅLLARE
 DIAMETER: 1070 MM
 HÖJD: 1620 MM *mått buffert tank*

Fortsättning. 48 713,00

EUROWATER AB EUROWATER AB
 Wadmans Linje 8 Telefonnr 0479-42145
 581 33 HUSKVARNA Telefaxnr 0479-42146
Bankgironr 228-8447
Postgironr 72 08 56-4
Värmevägen 16
283 43 OSBY
E-post: [förnamn.efternamn]@eurowater.se

Beräkningar är ej offentliga. För mer information kontakta Emil Nämngren.

Antagande ozonbehandling

Technical Specifications

Ozone Generator – ICT-05-10

Ozone Output	
Concentration, max.	240 g/Nm ³
Feed-Gas	
Quality	99% Oxygen (max dew point -80°C)
Input Pressure	2 – 4 bar (200 – 400 kPa)
System Pressure	0.8 – 1.2 bar
Cooling Water	
Quality	Fresh water, filtered and clean
Pressure	1 – 5 bar (100 – 500 kPa)
Temperature	5 - 12 °C
Power Requirements	
Voltage Rating	230 VAC, 50 Hz, 1-phase
Optional	115 VAC, 60 Hz, 1-phase
Power Consumption	See Table



Connections	
O ₂ Inlet	6 mm (Push-In)
O ₃ Outlet	6 mm (Tube-Fitting)
Cooling Inlet	8 mm (Push-In)
Cooling Outlet	8 mm (Push-In)

Dimensions	
Size (H x W x D)	300 x 200 x 155 mm
IP-class	64

CE Approved

Model	ICT-5	ICT-10
Nom. O ₃ Production [g/hr]	0 - 5	0 - 10
O ₃ Concentration [g/Nm ³]	135	70
at Feed-gas flow [l/min]	0.6	2.4
99% O ₂ at pressure [bar]	1.2	1.2
Cooling water, min. [l/min]	0.5	0.5
Power consumption [W]	125	125
Weight [kg]	8.5	8.5

Basic Description

The ICT-series ozone generators are cased in a stainless steel cabinet with connections at the bottom for ozone output, oxygen input, cooling water, and electrical connection on right side.

It has a built-in microprocessor that monitors all vital system parameters and signals alarms via an external relay switching to the user-interface.

The ozone production rate is controlled manually or via an built-in 4-20 mA interface.

Advantages

- Easy electrical connections with terminal-block type
- Low noise level
- Compact design
- Alarm signal via relay
- Easy to maintain
- Built-in 4-20 mA interface

Technical Specifications

Ozone Generator – ICT-20-120

Ozone Output:	
Concentration, max.	240 g/Nm ³
Feed-Gas	
Quality	99% Oxygen (max Dew Point -80°C)
Input Pressure	3 – 5 bar (300 – 500 kPa)
System Pressure	1 – 2.5 bar (100 – 250 kPa)
Cooling Water:	
Quality	Fresh Water, Filtered and Clean
Pressure	2.5 – 5.0 bar (250 – 500 kPa)
Temperature	5 – 12 °C
Power Requirements	
Voltage Rating	230 VAC, 50 Hz, 1-phase
Power Consumption	See Table
Connections	
O ₂ Inlet	8 mm (Push-In)
O ₃ Outlet	6 mm (Tube-Fitting)
Cooling Inlet	8 mm (Push-In)
Cooling Outlet	8 mm (Push-In)
Dimensions	
Size (H x W x D)	400 x 400 x 200 mm
IP-class	64
CE Approved	



Model	ICT-20	ICT-40	ICT-60	ICT-80	ICT-100	ICT-120
Nom. O ₃ Production [g/hr]	0 - 20	0 - 40	0 - 60	0 - 80	0 - 100	0 - 120
O ₃ concentration [g/Nm ³]	135	135	135	135	135	135
at Feed-gas flow [l/min]	2.5	5	7.5	10	12.5	15
99% O ₂ at pressure [bar]	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Cooling water, min. [l/min]	1	2	3	4	5	6
Power consumption [W]	250	500	750	1000	1250	1500
Weight [kg]	21	22	23	26	27	28

Basic Description

The ICT-series of ozone generators are cased in a stainless steel cabinet with connections at the bottom for ozone output, oxygen input, cooling water, and all electrical connections. It has a built-in microprocessor that monitors all vital system parameters and signals alarms via an external relay switching to the user-interface.

The generator can via relay switches start/stop external units such as oxygen generators. The ozone production rate can also be controlled via an built-in 4-20 mA interface.

Advantages

- System parameters displayed on LED indicators
- Low noise level
- Compact design
- Alarm signal via relay
- Easy to maintain