



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Aalborg Universitet

Svært nedbrydelige svovlkvælstofforbindelser i røggasrensingsprocesser

Muff, Jens; Bennedsen, Lars Rønn; Søgaard, Erik Gydesen

Published in:
Dansk Kemi

Publication date:
2008

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):
Muff, J., Bennedsen, L. R., & Søgaard, E. G. (2008). Svært nedbrydelige svovlkvælstofforbindelser i røggasrensingsprocesser. *Dansk Kemi*, 89(5), 24-28.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

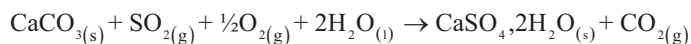
If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Svært nedbrydelige svovlkvælstof-forbindelser i røggasrensningss-processer

Anvendelse af TASP (tørt afsvovlingsprodukt) i vådafsvovling af røggas fra kulfyrede kraftværker har medført en stigning i indholdet af svært nedbrydelige svovlkvælstofforbindelser i spildevandet fra røggasrensningssprocessen. Stofferne er ikke biologisk nedbrydelige og udgør derfor et problem mht. den totale kvælstofudledning til vandige recipienter.

Af Jens Muff, Lars Bennedsen og Erik G. Sagaard, C1Chem, Esbjerg Tekniske Institut, AAU

Esbjergværket (ESV3), et af Europas mest energieffektive kulfyrede kraft-varmeverker, er beliggende på Esbjerg Havn med DONG som nuværende ejer. ESV3 anvender vådafsvovling af røggas til at reducere indholdet af svovldioxid i røggassen, en metode hvor den svovldioxidholdige røggas bringes i kontakt med en kalkslurry med efterfølgende gipsdannelse:



Det dannede gipsprodukt kan efterfølgende afsættes til blandt andet gipspladeindustrien, såfremt at restkalkindholdet er under ca. 3 % w/w. Vådafsvovling af røggas er en meget anvendt, undersøgt og veldokumenteret proces, der er beskrevet i flere artikler. [1,2]

I 1993 begyndte det daværende Elsam på forsøgsbasis at substituere kalksten med TASP som absorbent i vådafsvovlingen. TASP er et tørt afsvovlingsprodukt fra kraftværker, der anvender spraytørring absorption ved afsvovling af røggas. Afsvovlingsproduktet har tidligere skulle deponeres pga. et stort indhold af calciumsulfid (40-50%). TASP viste sig efter grundige indkøringsforsøg at være direkte genanvendeligt som absorbent i våd røggasafsvovling, og ESV3 har fra begyndelsen af februar 1999 stort set kun brugt TASP. Skiftet fra kalksten til TASP er tidligere beskrevet i Dansk Kemi, 85, nr. 2. [3]

Anvendelsen af TASP har medført flere fordele; forbedret afsvovlingsevne pga. bedre udnyttelse af ureageret absorbent, renere gips med lavere indhold af restkalk, øget gipsproduktion, mere problemfri styring af vådabsorptionsprocessen og konvertering af TASP til gips. Dermed er TASP gået fra at være et besværligt restprodukt til en værdifuldt afsvovlingsabsorbent. [3]

Svovlkvælstofforbindelser i spildevandet

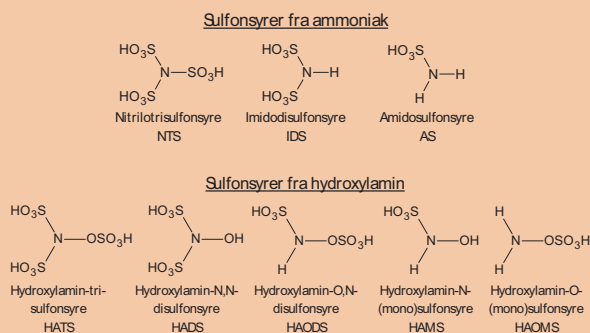
Men skift af absorbent har ikke været problemfrit. Ud over mindre anlægs- og driftsændringer medførte anvendelsen af TASP problemer med drastisk øgede koncentrationer af kvælstof i spildevandet fra afvandingen af gips. Sedimentationsprocesser og fældning af tungmetaller fra spildevandet foregår i ESV3's eget rensningsanlæg, mens biologisk kvælstoffjernelse klare

ved tilslutning til det kommunale rensningsanlæg. Problemet blev lokaliseret til at skyldes en forøget dannelse af en gruppe af svært nedbrydelige svovl-kvælstofforbindelser (SN-forbindelser) i afsvovlingsprocessen, samt det faktum, at en væsentlig del af SN-forbindelserne allerede var til stede i TASP'en inden anvendelsen på ESV3 [4]. SN-forbindelserne viste sig ikke at være biologisk nedbrydelige, og da ESV3 bidrager med ca. 1 % af det totale tilløb af spildevand til det kommunale rensningsanlæg, medførte den forøgede SN-dannelse på ESV3, at det kommunale rensningsanlæg ikke kunne overholde de generelle danske krav på 8 mg_{total-N}/L i udledningssvand til vandige recipienter [5].

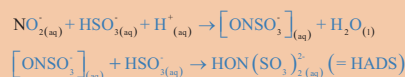
De omtalte SN-forbindelser er en familie af uorganiske sulfonsyrer, der dannes ved sidereaktioner til den primære sulfid-

Boks 1: SN-forbindelser i afsvovlingsprocesser

SN-forbindelserne er en familie af sulfonsyrer, der dannes ud fra enten ammoniak eller hydroxylamin:



Sulfonsyreforbindelserne dannes ved en række sidereaktioner til den primære afsvovlingsproces, som er oxidation af sulfid til sulfat. Dannelsen sker i absorberne, hvor gasserne SO₂ og NO_x absorberes i væskefasen til de korresponderende syre-basepar SO₃²⁻, HSO₃⁻, SO₄²⁻, HSO₄⁻, NO₂⁻ og NO₃⁻. Vandig reaktion mellem nitrit og bisulfid danner sulfonsyren HADS:



Via hydrolyse-, oxidation- og reduktionsreaktioner er HADS indgangsstoffet til resten af SN-forbindelserne. [9]

sulfat oxidationsproces. Stofferne i SN-familien og dannelsen af dem er beskrevet nærmere i boks 1.

Det viste sig, at indholdet af SN-forbindelser i TASP primært er SN-forbindelsen HADS (2/3 af det totale SN-N i spildevandet), der efterfølgende i vådabsorptionsprocessen omdannes til de mere svovlholdige forbindelser, bl.a. NTS og HATS (den resterende 1/3), samt at der er en direkte sammenhæng imellem røggassens indhold af NO_x og dannelse af HADS i den tørre afsvovlingsproces [4]. Analyse af kvælstofindhold ved Kjeldahl-metoden blev eftervist som værende en god parameter for spildevands koncentration af SN-N ved neglige ammoniumkoncentrationer, og viste en gennemsnitlig koncentration omkring $300 \text{ mg}_{\text{SN-N}}/\text{l}$ i årrækken 1999-2003 [6].

Da grænsen for SN-N i spildevandet fra ESV3 i udledningstiladelsen fra Esbjerg Kommune blev sat til $125 \text{ mg}_{\text{SN-N}}/\text{l}$ var en løsning af problemet fra Elsam's side nødvendig. Derudover blev der observeret problemer med, at SN-forbindelserne udfælder i rør og ventiler som Lapis Enstedia, et salt fra Enstedværket i Aabenraa identificeret som calcium iminodisulfonat trihydrat i enkelt-krystal røntgen diffraktion [7].

Løsningsmetoder

Første forsøg på løsning af problemet var at implementere en oxidationsproces i spildevandsbehandlingen ved ozonbehandling. Baseret på pilotskalaerfaringer blev et fuldskalaanlæg med en kapacitet på $80.000 \text{ m}^3/\text{år}$ installeret i 2004. Anlægget var designet til at nedbryde 60 % af SN-forbindelserne, men pga. massive driftsproblemer med korrosion og tilstopning af pumper og rør har anlægget ikke kunnet leve op til dette mål, og er ikke længere i funktion. En detaljeret beskrivelse af anlægget ses i [5].

På Nordjyllandsværket (NJV3), der begyndte at anvende TASP som absorbent i 2003 med samme forøgede indhold af SN-forbindelser i spildevandet som resultat, blev det, pga. tilstødende problemstillinger som for højt kloridindhold, besluttet at fordampe spildevandet i et spray fordampningsanlæg [8]. Fordampningen viste sig at være effektiv over for nedbrydning af SN-forbindelser, og metoden blev derfor også overvejet at anvende på ESV3. Det er dog store spildevandsmængder, der skal fordampes, hvilket gør metoden yderst energikrævende. Desuden viste det sig efterfølgende, at en væsentlig del af SN-forbindelserne endte som amidosulfonsyre, som ikke blev yderligere nedbrudt.

Det seneste løsningsforslag fra ESV3 er på baggrund af de opnåede erfaringer en metode, hvor alle SN-forbindelserne ved en syrekatalyseret hydrolyseproces omdannes til amidosulfonsyre ved at sænke pH til 1 og hæve temperaturen på spildevandet til $50-60 \text{ }^\circ\text{C}$. Derefter hæves pH, og der tilsættes natriumnitrit som oxidationsmiddel, hvorved amidosulfonsyre kemisk oxideres til dinitrogen og sulfat. Processen er indarbejdet i pilotskala og ser ud til succesfuldt at kunne installeres i fuldskala.

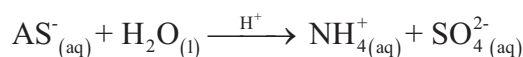
Yderligere forskning i nedbrydning af SN-forbindelser er nødvendigt for at afdække potentielt mere effektive metoder, og dermed sikre, at kvælstofudledningen til miljøet holdes under de tilladte grænseværdier. I nærværende artikel præsenteres resultater af eksperimentelle undersøgelser af tre forskellige metoder til nedbrydning af SN-forbindelser; mikrobølgeinduceret termisk nedbrydning, fotokemisk nedbrydning med UV stråling og fotokatalytisk nedbrydning.

Testede metoder

Tre principper, med kendt nedbrydningseffektivitet over for andre forureningskomponenter, er på laboratorieniveau blevet undersøgt for effektivitet og anvendelighed over for nedbrydning af SN-forbindelser; Mikrobølgeinduceret termisk hydrolyse,

Fotokemisk nedbrydning ved fotolyse og UV baseret fotokatalyse. Amidosulfonsyre (AS) i demineraliseret vand, 300 mg/l , er brugt som modelopløsning. AS nedbrydes ved de anvendte metoder til biologisk nedbrydelige produkter som ammonium, nitrat og sulfat.

Fællesnævneren i alle tre metoder er at tilføre systemet energi, så bindingen mellem de centrale svovl- og nitrogenatomer spaltes. I den termiske metode foregår det ved, at mikrobølger inducerer en opvarmning ved at sætte vandmatricen i vibration. Derved overvindes aktiveringsenergien for den syrekatalyserede hydrolyse af S-N bindingen ved dannelse af ammonium og sulfat.



Ved fotolyse medfører bestrålingen med UV en aktivering af AS molekylet, der i den mere energirige tilstand vil blive mere reaktionsvillig og vil kunne indgå i oxidative nedbrydningsprocesser. Ammonium vil i iltet vand oxideres til nitrat. Andre reaktionsveje er mulige for aktiverede molekyler, hvor de vigtigste er vist i boks 2.

Ved fotokatalyse tilsættes opløsningen med forurenings-



MILLIPORE

MILLI-Q[®] INTEGRAL system

NEW

www.millipore.com/integral

INTEGRERET TANKEGANG?
Ultimativ renhed og effektivitet.

Ved at kombinere den dokumenterede overlegne Elix[®]-teknologi med den bedste Milli-Q[®]-løsning i sin klasse kan det nye Milli-Q[®] Integral-vandrensningssystem tilbyde det hele. Dette nye Milli-Q[®]-system producerer både rent og ultrarent vand under tryk direkte fra hanevand, hvilket giver dig komplet kontrol over vandet i dit laboratorium samt perfekt bekvemmelighed i form af separate tappesteder (POD'er).

Milli-Q Integral system

ADVANCING LIFE SCIENCE TOGETHER™

Gå ind på www.millipore.com/integral for yderligere oplysninger om dette og andre måder Millipore understøtter lifescience-forskning på.

Op til tre POD-enheder

komponenten titaniumdioxid, et fast pulver der fungerer som elektrisk halvleder og aktiveres af UV stråling. Ved indledende forsøg anvendes ofte en slurry af partiklerne. På overfladen af TiO₂-partiklerne dannes der via en række elektronoverførselsprocesser ekstremt reaktive hydroxylradikaler, der derefter forårsager nedbrydning af AS-molekylet. Ammonium vil ligeledes ved fotokatalyse oxideres til nitrat. En nærmere beskrivelse af princippet i nedbrydning baseret på fotokatalyse er i givet i boks 2.

Boks 2: Fotolyse og fotokatalyse

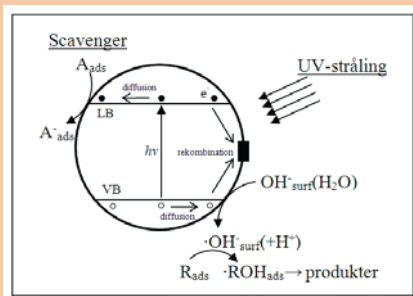
I fotolyse aktiveres molekyler ved absorption af UV stråling: $AB \xrightarrow{h\nu} AB^*$. Det aktiverede molekyle bliver mere reaktivt og kan deltage i flere forskellige typer af reaktioner, men kan også miste sin aktivering og falde tilbage til grundtilstanden gennem fluorescens.

Tabel 1: De vigtigste reaktionsveje for aktiverede molekyler.

$AB^* \rightarrow A^{\cdot} + B^{\cdot}$	Dissociering
$AB^* \xrightarrow{+e} AE + B$ eller ABE	Direkte reaktion
$AB^{\cdot} + E \cdot$ eller $AB^{\cdot} + E^{\cdot}$	Ladningsoverførsel
$AB^* \rightarrow BA$	Omlægning
$AB^* \xrightarrow{+CD} AB + CD^*$	Intermolekylær energioverførsel
$AB^* \rightarrow AB^*$	Intramolekylær energioverførsel
$AB^* \rightarrow AB + h\nu$	Fluorescens
$AB^* \xrightarrow{M} AB$	Fysisk deaktivering
$AB^* \rightarrow AB^{\cdot} + e^{\cdot}$	Ionisering

Kilde: [10]

I fotokatalyse inducerer UV stråling dannelse af et elektron/hul-par i bulkdelen af TiO₂-partiklen ved, at en elektron bringes fra valens- til ledningsbåndet ved absorption af en foton. Parret diffunderer ud til overfladen af partiklen, hvor elektronen fjernes af en scavenger, normalt ilt, mens hullet oxiderer et overfladebundet vandmolekyle til et meget reaktivt hydroxylradikal.



Figur 1: Skitsering af princippet i fotokatalytisk nedbrydning.

Hydroxylradikalet er derefter i stand til at oxidere forureningskomponenter til uskadelige nedbrydningsprodukter. Regeneration af elektron/hul-parret er en væsentlig kilde til nedsættelse af effektivitet og modvirkes bl.a. ved at sørge for tilstedeværelsen af tilstrækkelig koncentration af scavengers.

Udførelse

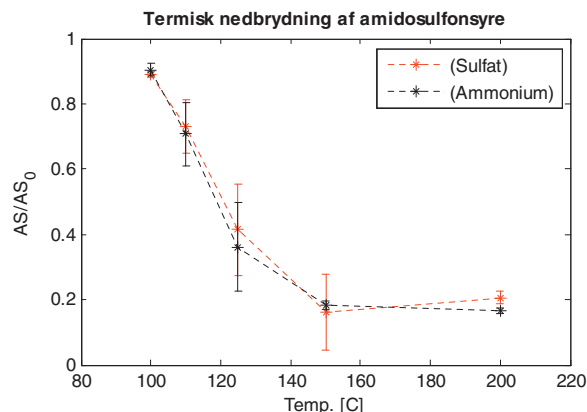
Ved alle forsøg blev der anvendt en AS-opløsning på 3,1 M ved opløsning af 300 mg krystallinsk AS i demineraliseret vand. De termiske forsøg blev udført i en programmerbar mikrobølgeovn (Anthon Paar, Multiwave 3000 fra Labsupport), hvor fire identiske kvartsreaktorer hver rummede 40 ml AS-opløsning. Hvert termisk forsøg blev udført med ægte firdobbelt bestemmelse, og parameteren reaktionstid (under afsnittet resultater) indeholder opvarmningstid plus tiden, hvor temperaturen blev holdt konstant. UV-forsøgene blev udført i en fem liters glasreaktor indeholdende 1 liter AS-opløsning med omrøring og køling. Til de fotokatalytiske forsøg blev der tilsat 50 mg/l TiO₂ af mærket Degussa P25. UV-kilden var en lavtryks 400 W Phillips HPA 400/30 SD kviksølvlampe, der udsender stråling i 254 nm området.

For at følge nedbrydningen blev der monitoreret på nedbrydningsprodukterne, hvor ammonium og nitrat blev analyseret ved hjælp af flow injektion spektrofotometri (FIA), mens sulfat blev analyseret ved ion kromatografi. I resultatbehandlingen er koncentrationen af nedbrydningsprodukterne konverteret til AS koncentrationer ud fra den simple støkiometriske betragtning,

at der i ren opløsning forekommer en 1:1 omdannelse af AS til sulfat og ammonium, der efterfølgende kan oxideres til nitrat.

Resultater

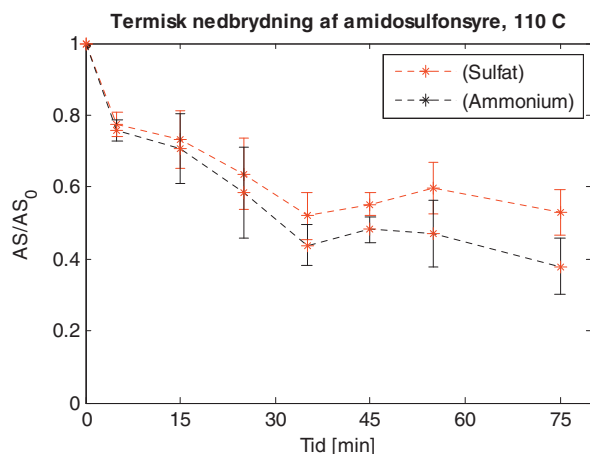
Mikrobølgeinduceret termisk hydrolyse



Figur 2: Nedbrydningsgrad af amidosulfonsyre ved opholdstid på 15 min. som funktion af temperaturen. Nedbrydningsgraden er beregnet på baggrund af analyser af sulfat og ammonium. Nedbrydningen er stærkt temperaturafhængig, og maksimal nedbrydning opnås omkring 150 °C.

I forsøgene med mikrobølgeinduceret termisk hydrolyse blev nedbrydning af AS undersøgt som funktion af temperatur og reaktionstid ved fem selvstændige forsøg med temperaturer fra 100-200 °C og konstant reaktionstid på 15 minutter. Som figur 2 viser, var nedbrydningen som ventet stærk afhængig af temperaturen, samtidig med at ammonium og sulfat blev dannet i ækvivalente mængder. Begge kurver stabiliseredes ved 150 °C, hvorefter højere temperatur ikke bidrog til yderligere nedbrydning. Maksimal nedbrydning ved 15 minutters reaktionstid blev således kun 80 %, pga. urenheder i det krystallinske AS. Der blev ikke fundet nitrat som nedbrydningsprodukt, og nedbrydningen blev ved kontrolforsøg bestemt til at være uafhængig af opløsningens iltindhold, hvilket bakker op om formodningen om hydrolysereaktionen som ansvarlig mekanisme uden yderligere oxidation.

Reaktionstidens indflydelse blev undersøgt ved syv selvstændige forsøg udført ved 110 °C, og er afbilledet i figur 3.



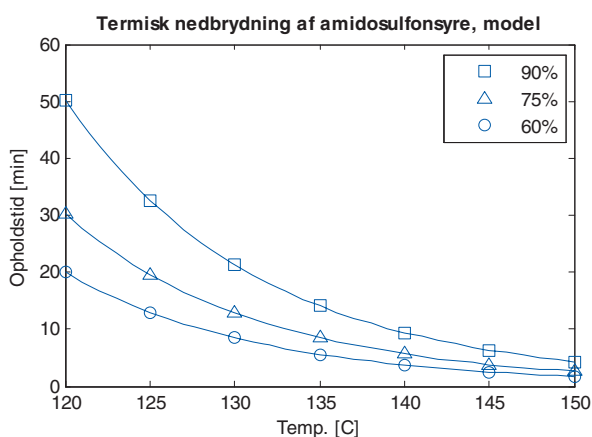
Figur 3: Nedbrydningsgraden som funktion af reaktionstid. Øget nedbrydning blev observeret indtil 35 min. hvorefter effekten er aftagende. Hydrolysereaktionen kan modelleres til pseudo 1. ordens reaktionskinetik.

Der blev observeret ikke-ækvivalent dannelse af sulfat og ammonium, hvilket betyder, at længere reaktionstid enten medfører dannelse af andre svovlholdige nedbrydningsprodukter end

sulfat, eller at sulfat delvist indgår i den fortsatte nedbrydning af AS. Nedbrydningsgraden forøges som ventet ved stigende reaktionstid, og kinetisk modellering viste, at hydrolysereaktionen følger pseudo 1. ordens kinetik. Når hastighedskonstanterne for 100, 110 og 125 °C bestemmes ved initialhastighedsmetoden, findes aktiveringsenergien, E_a , for hydrolysereaktionen til 113 kJ/mol. Ved at kombinere 1. ordens udtrykket med Arrhenius' udtryk, der beskriver hastighedskonstantens afhængighed af temperatur, kan der opstilles en sammenhæng, der beskriver reaktionstidens afhængighed af temperaturen ved forudbestemte nedbrydningsprocenter.

(—

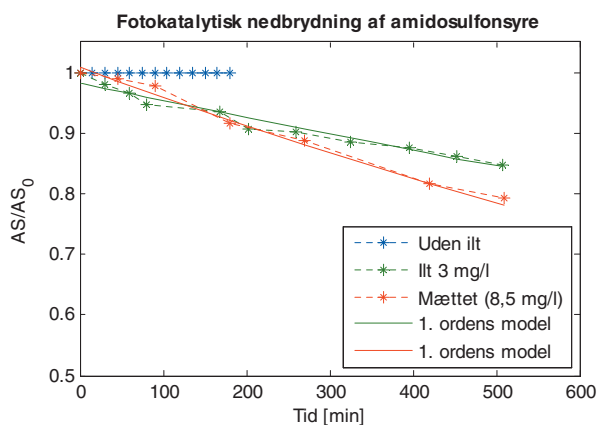
Udtrykket er afbildet i figur 4 for nedbrydningsprocenter på 60, 75 og 90 %. Med hensyn til en rensning på ESV3 kan det bemærkes, at der for 60 % nedbrydning af amidosulfonsyre kræves en reaktionstid på 10 minutter ved 130 °C.



Figur 4: Model af termisk nedbrydning af SN-forbindelsen amidosulfonsyre baseret på 1. ordens kinetik. Modellen beskriver sammenhængen mellem opholdstid, t , og temperatur, T , for forudbestemte nedbrydningsgrader. Aktiveringsenergi på 113 kJ/mol er eksperimentelt bestemt ud fra laboratorieforsøg.

Fotokemisk og fotokatalytisk nedbrydning

Ren fotokemisk nedbrydning af AS blev undersøgt som funktion af reaktionstid. Forsøgene viste, at nedbrydning var muligt,



Figur 5: Nedbrydningsgrad som funktion af opholdstid ved fotokatalytiske forsøg. Fotokatalytisk nedbrydning af AS er mulig, men 1. ordens kinetik giver halveringstider på 30-40 timer. Processen er fuldstændig afhængig af ilt, hvilket indikerer, at nedbrydningen foregår via redoxreaktioner.



DET ER EN NATURLIG
IMPULS AT BRYDE
GENNEM BARRIERER

Føler du dig begrænset af dit udstyr?

Olympus' cell[®] system giver dig en komplet løsning til fluorescence mikroskopi, der giver enestående resultater. Kombinationen af mikroskop, kamera, belysningsystem, kontrolenhed og software giver en driftssikker original Olympus kvalitet igen og igen. Selv det mest komplekse eksperiment kan let udføres og der vil blive frigivet ekstra tid til fokus på resultatet. Og den tid kan blive nyttig. Takket være optimal system integration og den perfekte synkronisering af alle delene giver cell[®] billeder og data med en fantastisk grad af præcision.



For yderligere information, kontakt venligst:
Olympus Danmark A/S
Telefon: 44 73 48 00
E-mail: mikro@olympus.dk
www.olympus.dk

O L Y M P U S M I C R O S C O P Y



Gilson GX-271 Dual Prep HPLC system
Automatisk analyse af oprensede fraktioner.

Interesseret i at vide mere?
Kontakt os på 86212866 eller sales@biolab.dk.
Se flere detaljer på www.biolab.dk



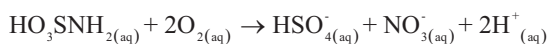
Biolab A/S · Sindalsvej 29 DK-
8240 Risskov
Telefon 8621 2866
Telefax 8621 2301
E-mail: sales@biolab.dk

Kalibrering af pipetter.
DANAK akkreditering nr. 482.
Specialister i:
SPE * HPLC * GPC * LC * FLASH *
Spektrofotometre * TLC * CE * Pipetter * SPR * mikrobiologisk analyse * syntese

men at hastigheden var meget langsom, 1,8 % nedbrydning blev opnået efter 2 timer, med halveringstider på 52-72 timer. Sulfat og nitrat blev identificeret som nedbrydningsprodukter, men ikke i ækvivalente mængder. Ammonium blev ikke fundet, hvilket indikerer en delvis oxidation til dinitrogen. Samtidig blev nedbrydningen ved kontrollforsøg vist at være fuldstændig afhængig af ilt.

Tilsætning af TiO_2 i de fotokatalytiske forsøg forøgede nedbrydningshastigheden, men stadig med høje halveringstider, denne gang på 29-37 timer. Samme tendens i nedbrydningsprodukter blev eftervist som i de rent fotokemiske forsøg. Derudover blev nedbrydningen eftervist som værende helt afhængig af tilstedeværelsen af ilt ved at udføre forsøg henholdsvis uden ilt og ved konstant ilttilførsel til fuld mætning, se figur 5.

Forsøgene indikerer, at den fotokemiske og fotokatalytiske nedbrydningsproces foregår efter følgende overordnede redoxreaktioner:



Ved tilfiting til Langmuir-Hinshelwood's adsorptionsisoterm, der normalt kan anvendes til forklaring af reaktionshastighed i et betydeligt antal fotokatalytiske reaktioner, blev der afsløret en meget lille adsorptionskonstant for AS adsorption til TiO_2 -partiklerne, hvilket er en sandsynlig forklaring på den observerede, men meget begrænsede, stigning i nedbrydningseffektivitet ved fotokatalytisk nedbrydning sammenlignet med det rent fotokemiske tilfælde.

Flere undersøgelser nødvendig

Af de undersøgte metoder viste mikrobølgeinduceret termisk nedbrydning sig at være den mest lovende nye teknik til nedbrydning af spildevand indeholdende SN-forbindelser. 60 % nedbrydning blev opnået ved temperaturer fra 120 °C og opholdstider op til 20 min. Den ansvarlige reaktionsmekanisme var syrekatalyseret hydrolyse, et princip der allerede er ved at blive indarbejdet på ESV3 til nedbrydning af de mere svovlholdige SN-forbindelser til netop amidosulfonsyre. Med nærværende arbejde er det vist, at det er muligt at gå hele vejen og opnå sulfat og ammonium som slutprodukter. De UV baserede teknikker viste sig ikke at være direkte anvendelige på SN-problematikken, men andre spændende teknikker som elektrokemisk nedbrydning, der er kendt som værende en effektiv ikke-selektiv teknik, vil være højst relevant at undersøge nærmere.

jm@aaue.dk, egs@aaue.dk

Referencer:

1. Kiil, S., Michelsen, M., Dam-Johansen, K. (1998) Experimental Investigation and Modelling of a Wet Flue Gas Desulphurisation Pilot Plant, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 37, pp. 2792-2806.
2. Kiil, S.Z., Johnsson, J.E. (2005) Våd røggasafsvølning og organiske syrer, *Dansk Kemi*, 86, nr. 3, s. 33-36.
3. Fogh, F. (2004) TASP som afsvøvningsabsorbent – fra restprodukt til råvare, *Dansk Kemi*, 85, nr. 2, s. 16-17.
4. Fogh, F., Smitshuysen, E.F., (2003) Nitrogen speciation in FGD wastewater, *VGB PowerTech* 7 pp. 83-86, originally presented at VGB-konferenz Chemie im Kraftwerk 2002, Essen 23-24. oktober 2002.
5. Fogh, F., Smitshuysen, E.F., Wolff, S., Koivisto, M. (2004) Removal of sulphur-nitrogen compounds by ozone treatment, *Elsam A/S*.
6. Esbjerg Kommune (2004) Påbud om ændring af vilkår i Esbjergværkets tilslutningstilladelse efter etablering af ozonanlæg på Blok 3, 9. december.

7. Fogh, F., Hazell, A., Rasmussen, S.E. (2002) Calcium sodium iminosulphonate trihydrate, a product of flue-gas desulfurization, *Acta Crystallographica Section E*, pp. i82-i84.
8. Knudsen, N.O. (2005) Production of liquid de-icer by evaporation of FGD waste water at Nordjyllandsværket, unit 3, *Elsam Engineering A/S, Nordjyllandsværket, Denmark*.
9. Gutberlet, H.; Finkler, S.; Pättsch, B.; Eldik, R.; Prinsloo, F. (1996) Bildung von Schwefel- und Stickstoff-Verbindungen in Rauchgasentschwefelungsanlagen und ihr Einfluss auf Oxidationskinetik von Sulfit, *VGB Kraftwerkstechnik*, 76, Heft 2, pp.139-146.
10. Wayne, C.E. (1996) Photochemistry, *Oxford*.

UDSTYR

Temperaturlogger til sporbarhed



Der stilles større og større krav til sporbarhed og dokumentation under opbevaring og transport af varer specielt indenfor farmaceutiske produkter.

Problemet med at registrere disse forhold er ikke mangel på måleudstyr, men mere logistikken omkring at få data samlet og registreret og ofte forsvinder udstyret på en eller anden måde i systemet. Microlite er en lille vandtæt temperaturlogger med indbygget display. Loggeren ligner en USB-dongle og indeholder et USB stik der kan tilsluttes alle computere. Softwaren til download af data fra loggeren og dataanalyse er freeware, således at data kan overføres

til en PC hos varemottageren og mailes til varesenderen. Samtidig er loggeren så billig, at det ikke er af så store økonomiske betydning hvis loggeren skulle forsvinde i systemet.

Loggeren anbringes i lagerrum, frostrum, køleskab eller ved forsendelse og opsamler herefter data. Med 16000 logninger kan den opsamle data over 166 dage med en loggefrekvens på 15 minutter. Intervallet kan indstilles ned til 1 sekund.

Yderligere information:
Contika
www.contika.dk
Tlf.: 8624 5066

Lav-energi fryserer til laboratoriet

Elcold er Bräuner & Nybros nyeste samarbejdspartner. Virksomheden producerer laboratorium fryserer til - 85 grad C, endnu kun som kumefryserer men det forventes at der er en serie skabsfryserer klar omkring årsskiftet. Da fryserne kun arbejder med

en kompressor og ikke som de fleste andre med to, er de lavenergi-fryserer, hvilket gør dem økonomisk attraktive.

Yderligere information:
Bräuner & Nybro
Tlf.: 5760 0611
info@brauner-nybro.dk