



Länsjukhuset
Sundsvall-Härnösand
LANDSTINGET VÄSTERNORRLAND

SLUTRAPPORT

Undersökning av syrgashalter och farliga gaser i trapphus till lastrum med timmer, träflis och övrigt organiskt material.

2009-11-04

Sjöfartsverket Projektnummer 11117-0

Urban Svedberg
Yrkes och miljömedicinska kliniken
Sundsvalls Sjukhus
851 86 Sundsvall

Tel 060-181552
Fax 060-181989
E-mail urban.svedberg@lvn.se

Innehåll

Bakgrund	3
Studie av laster med timmer och träflis.....	3
Metod	3
Resultat.....	4
Studie av övriga laster med i huvudsak organiskt material.....	5
Resultat.....	5
Diskussion och slutsatser	5
Inlagor till IMO	7
IMO 2008 DSC 13	7
IMO 2009 DSC 14	7
Informationsaktiviteter	9
Vetenskapliga rapporter	10
Tabeller.....	12
Figurer	13
Foton.....	15

Bakgrund

Under åren 2005-2007 inträffade flera olyckor med dödlig utgång i slutna utrymmen ombord fartyg i svenska hamnar. Fyra av olyckorna med sammanlagt 5 omkomna ägde rum vid lossning av timmer och träflis, en olycka med två omkomna skedde i ett lastrum på ett fiskefartyg. Vid olyckorna skadades även hamnpersonal och personal ur räddningstjänsten.

28/6-05 Fiskefartyget ”Lyni”, Karlskrona. Två dör och en skadas sedan de gått ner i ett lastrum med rutnande fiskrester.

19/8-05 Lastfartyget ”Eken”, Gruvön/Värmland. En besättningsman dör efter att ha gått ner i ett trapphus i anslutning till ett lastrum fyllt med timmer.

16/11-06 Lastfartyget ”Saga Spray”, Helsingborg. En besättningsman dör och sju andra skadas varav en allvarligt efter inträde i trapphus invid ett nästan tömt lastrum med träpellets.

21/12-06 Lastfartyget ”Noren”, Skellefteå. En besättningsman dör sedan han gått ner i ett trapphus i anslutning till ett lastrum med trävaror.

23/5 2007 Lastfartyget MS Fembria. Två döda (besättningsman och kapten) i Östrand när de går ner i trapphus vid lossning av massaved. Kaptenen försöker rädda besättningsmannen.

Trots att fartygsfrakter av trävaror förekommit länge visar olyckorna på behovet att bättre förstå de atmosfäriska förhållandena i trapphus och andra slutna utrymme i kontakt med lastrummen. Det främsta syftet med den aktuella studien var att systematiskt undersöka nivåerna av syrgas och giftiga gaser i trapphusen efter sjötransport av timmer och träflis samt att översiktligt undersöka andra frakter av organiskt material för att identifiera potentiella riskmiljöer.

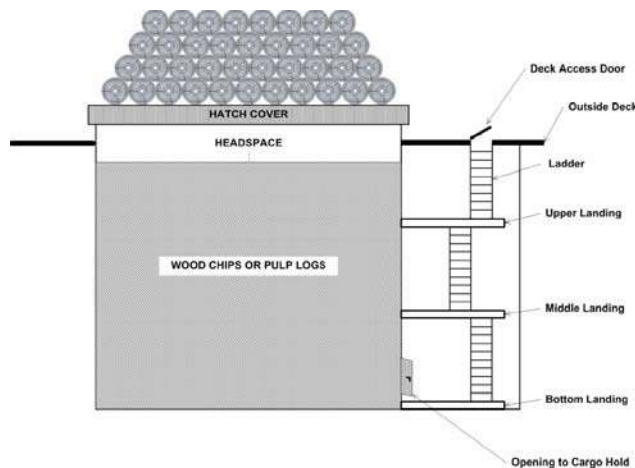
Yrkes- och miljömedicin vid Sundsvalls Sjukhus erhöll den 19 mars 2008, beslut om tilldelning av projektmedel med 500.000 kronor från Sjöfartsverket, med projektnummer 11117-0. Resterande medel för studien kommer från Landstinget Västernorrland.

Studie av laster med timmer och träflis

Metod

Tio fartyg med sammanlagt 41 transporter av virke (massaved) och flis undersöktes i hamnar i norra Sverige omedelbart innan lossningen påbörjades. Lastning hade skett i hamnar kring Östersjön, främst i de baltiska länderna men även Ryssland och svenska hamnar. De trädslag som förekom var främst tall och gran men även vissa lövträdslag som björk och asp. Tiden från avslutad lastning till lossning varierade mellan 37-66 timmar (medelvärde 46 tim). De gaser som undersöktes var syrgashalt (O_2), kolmonoxid (CO), koldioxid (CO_2) samt kolväten. Syrgashalten uppmättes på plats med handhållna direktvisande instrument (RKI[®] och Dräger[®]). Luftprover samlades även parallellt vid 16 tillfällen i Tedlar[®] provtagningspåsar för senare analys av CO , CO_2 och kolväten med IR-teknik (Fourier Transform Infrared, FTIR).

Svavelväte (H_2S) kunde inte mätas med den införskaffade utrustningen då svavelvätesensorn på de handhållna direktvisande mätarna var korskänslig för CO och terpen. Provtagningen utfördes i sammanlagt 76 trapphus i den ostörda luften innan lastrumsluckorna togs bort. Provtagningen gick till så att trapphusluckan öppnades och en provtagnings slang sänktes ned så lång det gick, typiskt mellan 4-8 meter, beroende på trapphusens utformning, se Figur 1. Luckan lämnades därefter på glänt för att ge utrymme till provtagningslangen, se Bild 1 och Bild 2. Prover av träpellets, bark och träflis skickades för analys av mikrobiologisk förekomst.



Figur 1. Skiss över lastrum och trapphus. På flis och timmerbåtar är trapphuset normalt utan mellannivåer och är öppet till lastrummet i botten av trapphuset. Se även Bild 2.

Resultat

Den genomsnittliga syrgashalten i trapphusen var 10 % och varierade mellan 0-20,9 % (antal prov (n) = 76, normal syrgashalt är 20,9 %). I 17 % av proverna var syrehalten noll %, se Figur 2. I en tredjedel av proven var syrgashalten livsfarligt låg, d v s <6 %, se Tabell 1. Fullständig förbrukning av syret kunde även noteras i de kortaste frakterna som varat endast 37 timmar. Syrebristen var mindre uttalad under den kalla årstiden, se Figur 3.

Den genomsnittliga CO_2 -halten var 7,5 % (n = 26), normal bakgrundsnivå är 0,035 % (350 ppm). Syret i den bildande koldioxiden kommer från syret i luften i lastrum och trapphus. Ca 70 % av minskningen av syrgashalten förklaras av den bildade koldioxiden som återfinns i gasfas, enligt grafen i Figur 4. Resterande syrgasförlust kan förmodligen förklaras av att CO_2 även löser sig i vattenfasen i träet och i befintligt vatten i lastrummet, samt att syret direkt reagerar och bind till den kemiska strukturen som bygger upp träet.

Den genomsnittliga CO halten var 46 ppm (n = 28). Det yrkeshygieniska gränsvärdet för CO är 100 ppm för en 15 minuters exponering.

Mer än 90 % av de uppmätta kolvätehalterna förklaras av förekomst av monoterpener, främst α -pinen (medelvärde 41 ppm, n = 26). Terpenerna är det ämne som ger träet sin karaktäristiska angenäma doft. Det yrkeshygieniska gränsvärdet för α -pinen är 50 ppm för en 15 minuters exponering. Halterna av kolväten ligger betydligt under explosionsgränsen. Låg syrgashalten ger ökat skydd mot antändning.

Analysen av träpellets (torra och fuktiga) visade på låg eller ingen mikrobiologisk förekomst. Däremot visade både bark och träflis på hög förekomst, se Tabell 2.

Studie av övriga laster med i huvudsak organiskt material

De fartygslaster som undersöktes i denna sonderande studie innehöll vete, avfallspellet, torvbriketter, sockerbetspellets, ammoniumnitrat samt pressrester (engelska "seed cake") av rapsmjöl och pressrester av sojamjöl. Provtagningsstrategin och metoderna var desamma som för laster med träprodukter beskrivet ovan.

Resultat

Resultatet av mätningarna från nio olika laster med organisk material återges i Tabell 3. Resultaten visar på normala syrgashalter. Förhöjda CO halter mellan 15-166 ppm noterades i samtliga laster där de högsta halterna uppmättes i en last med vete.

I en vetetransport från Sevilla uppmättes 300 ppm fosfin (CAS# 7803-51-2) ett bekämpningsmedel som tillsätts vid lastningen. Analyserna av fosfin gjordes dels med Dräger[®] reagensrör och dels med provtagningspåsar med efterföljande FTIR analys. Det yrkeshygieniska gränsvärdet för fosfin är 1 ppm för en 15-minuters exponering, och dödlig halt uppges föreligga efter 30 minuters vistelse i 1000 ppm enligt en sammanställning av the International Programme on Chemical Safety (IPCS www.inchem.org). Förhållandena vid denna provtagning liksom vid övriga var att ingångsluckorna till trapphuset hade varit stängda under hela resan. Detta är dock inte ett osannolikt scenario då luckorna alltid måste vara stängda t ex vid dåligt väder. Att ventiler under färd skulle dessutom förta effekten av fosfinbehandlingen. Värt att notera är att den direktvisande utrustningen från Dräger visade 190 ppm svavelväte (H₂S) vid denna mätning. Dräger bekräftar att sensorn för H₂S korsindikerar på fosfin med nästan samma känslighet.

I laster med pressrester av raps och soja uppmättes förhöjda halter av n-hexan (CAS# 110-54-3), ett neurotoxiskt lösningsmedel. N-hexan används vid extraktionen av oljan ur raps och soja och restmängder finns absorberat i pressresterna och avdunstar under den påföljande transporten. De uppmätta halterna av n-hexan låg mellan 50-92 ppm.

Diskussion och slutsatser

Sammanfattningsvis visar mätningarna att sjötransport av till synes ofarligt timmer och flis kan resultera i snabb och allvarlig syrebrist under samtidig bildning av höga halter CO₂. Den mikrobiologiska analysen stärker hypotesen att den snabba syreförbrukningen och CO₂-bildningen, i laster med timmer och träflis, främst orsakas av mikrobiologisk aktivitet, till skillnad från de kemisk-oxidativa processer som dominerar i laster av träpellets under bildning av höga halter CO. Trots att syreförbrukningen är mindre under den kalla årstiden så utgör denna inte en säker period, vilket besannas genom olyckan i Skellefteå i december 2006.

Ingen väsentlig syreförbrukning noterades i övriga laster av organiskt material. Däremot förekommer bildning av CO som tidvis kan överstiga gränsvärdet för en 15-minutersexponering på 100 ppm. Det är dock troligt att halterna kan bli betydligt högre, och syreförbrukningen större, vid längre transporter och därmed medföra akuta hälsorisker. Detta bör tas i beaktande när man beträder utrymmen i anslutning till lastrummen. Det mest allvarliga resultatet från dessa övriga laster med organiskt material är de 300 ppm fosfin som uppmättes i en last med vete.

Förbättrade tekniska och organisatoriska åtgärder bedöms nödvändiga för att förhindra framtida liknande olyckor. Idag baseras de förebyggande metoderna i stort på att regelverket följs och blir därmed känsliga för mänskliga misstag och risktagande. Ett tydligt exempel på olyckliga rutiner är när trapphusluckorna öppnas för att vädra ut gaser, en öppen lucka är en invitation att gå in. Eventuella varningsskyltar på luckans ovansida döljs då luckan öppnas. Ibland används trapphusen även som förråd vilket ger ytterligare anledning att gå in.

Det finns få tekniska system som hindrar att denna typ av olyckor sker. På nya fartyg som sätts i drift borde en förändrad design av trapphusen övervägas där man t ex genom mekanisk ventilation snabbt kan ventilerar ut giftig atmosfär utan att öppna ingångsluckorna. På befintliga båtar kan man se till att luckorna alltid är låsta under transport och att nyckeln förvaras hos en ansvarig person. En kedja eller rep med en varningsskylt kan placeras över en öppen ingångslucka under vädringen. Vidare bör inte förvaring av verktyg och material ske i trapphusen. Innan man går ner i ett slutet utrymme ska alltid luften mätas med direktvisande mätinstrument, med avseende på halten syrgas, kolmonoxid eller annan giftig gas som kan förekomma. Rör som leder ner till botten av trapphus kan installeras så att provtagning av trapphusluften kan ske från däck innan luckan öppnas. Det är därför av yttersta vikt att ansvariga personer känner till lastens egenskaper så att rätt gaser mäts. I detta sammanhang är skriftlig information om lastens farliga egenskaper viktig och ett säkerhetsdatablad (Material Safety Data Sheet, MSDS) bör följa med varje last.

International Maritime Organization, (IMO) publicerar riktlinjer för bulklaster (Code of safe practice for solid bulk cargoes, 2004, BC code, London, International Maritime Organization). BC koden listar ett 20-tal ämnen som kan vara potentiellt syreförbrukande. Ovanstående rekommendationer kan med fördel tillämpas på andra syreförbrukande och giftiga produkter. IMO publicerar även en guide inför inträde i slutna utrymmen, "IMO resolution A.864(20) on Recommendations for entering enclosed spaces aboard ship"

Inlagor till IMO

Som en direkt konsekvens av de resultat som presenteras i denna studie har Sverige och Transportstyrelsen genom sin medverkan i ”IMO Sub-committee on dangerous goods, solid cargoes and containers” (IMO DSC) presenterat förslag på förändringar i IMO BC koden samt i direktivet för tillträde till slutna utrymmen. Förslaget har presenterats på 13:e och 14:e sessionen 2008 och 2009. De preliminära resultaten i denna studie presenterades vid 13:e sessionen i London i september 2008. Presentationen uppmärksammade det samlade internationella auditoriet på de faror som finns förknippade med laster med träpellets, timmer och träflis. Flera av de förslag på revidering av text i befintliga direktiv (Schedules) antogs på DSC, vilka framgår nedan. På grund av tidsbrist kunde det svenska förslaget om ett nytt avsnitt om timmer i BC koden inte behandlas på IMO DSC 13. Då ärendet uppfattades som angeläget beslutades att det skulle ingå i direktiven till DSC 14, 2009.

IMO 2008 DSC 13

Ur slutrapporten från IMO WG DSC 13, 2008 framgår att man antog förslag om att komplettera avsnittet om Wood Pellets med följande i kursiv stil:

Weather precautions

During handling of this cargo all non-working hatches of the cargo spaces into which this cargo is loaded or to be loaded shall be closed. *There is a high risk of renewed oxygen depletion and carbon monoxide formation in previously ventilated adjacent spaces after such closure.*

Precautions

The existing text is replaced by the following:

Entry of personnel into cargo and adjacent confined spaces shall not be permitted until tests have been carried out and it has been established that the oxygen content and carbon monoxide levels have been restored to the following levels: oxygen 20.7% and carbon monoxide <100 ppm. If these conditions are not met, additional ventilation shall be applied to the cargo hold or adjacent confined spaces and re-measuring shall be conducted after a suitable interval. An oxygen and carbon monoxide meter shall be worn and activated by all crew when entering cargo and adjacent enclosed spaces.

Ventilation

“The cargo spaces carrying this cargo shall not be ventilated during voyage”, *Ventilation of enclosed spaces adjacent to a cargo hold before entry may be necessary even if these spaces are apparently sealed from the cargo hold.*

Emergency procedures

Self-contained breathing apparatus and combined or individual oxygen and carbon monoxide meters should be available.

IMO 2009 DSC 14

Inför mötet med IMO i september 2009 presenterade Sverige ett reviderat förslag med ett nytt Schedule med samlingsnamnet LOGS skulle införas, vilket skulle omfatta pulp wood, round wood, saw wood etc. Vidare föreslogs att det existerande Schedule för ”Wood Pulp Pellets” skulle avvecklas då produkten inte existerar och lätt kan sammanblandas med Schedule för

”Wood Pellets”. Slutligen förslags förändringar i texten till , ”IMO resolution A.864(20) on Recommendations for entering enclosed spaces aboard ship”. Lydelsen i detta senaste förslag var enligt följande;

***PROPOSAL FOR AMENDMENTS TO RESOLUTION A.864(20) –
RECOMMENDATIONS FOR ENTERING ENCLOSED SPACES ABOARD SHIPS***

Proposed amendment to Section 5, General Precautions.

New section 5.2:

Entry doors leading to enclosed spaces where an oxygen deficient or toxic atmosphere may exist should at all times be locked when entry is not required. The release of the key to such locks should only be made by the responsible person and be part of the safe entry permit. Doors shall be labelled with appropriate warning signs in such a way that they are legible both when the door is in the closed and open position.

A door which is opened to provide natural ventilation of an enclosed space, may be an invitation to enter by an uninformed person before the enclosed space is secured. The provision of a mechanical barrier, i.e. a rope or chain with an attached warning sign positioned in the door opening, could prevent such accidental entry.

The use of enclosed spaces for the purpose of storing tools or supplies should not be allowed, since this may be a reason for an accidental entry.

Rapporten från det senaste mötet med IMO DSC14 är inte klar så de slutgiltiga besluten kan inte redovisas i skrivandes stund.

Informationsaktiviteter

Som ett led i att snabbt sprida informationen till berörda parter har ett antal informationsaktiviteter genomförts under projektperioden. Projektet har även uppmärksammats i branschtidningar, fackliga tidskrifter, dagstidningar, TV och radioinslag.

Mötespresentationer

Pellets 08, Sundsvall 29-30 januari, 2008, Svenska bioenergiföreningen (www.svebio.se)

IMO Sept 2008

Pelletskonferens Umeå 3 okt 2008

IMO Sept 2009

Infomöte Karolinska Institutet 24 oktober, 2007

Infomöte Sveriges Hamnar Arlandastad 23 april, 2008

Nordships befälsmöte Gävle 17 sept, 2008

Landstinget Västernorrland, FoU seminarium 14 okt, 2009

Vetenskapliga presentationer

International Symposium of Maritime Health ISMH 9, Esbjerg, DK, 2007

International Symposium of Maritime Health ISMH 10, Goa, India, 2009

Tidningsartiklar (ej komplett)

Sekotidningen nr 7, 2008. Författare: Anita Fors. Lastrum kan snabbt bli dödsfälla.

Scandinavian Shipping gazette, January, 25, 2008. Författare: Cecilia Österman, Enclosed cargo holds- a lethal risk.

SAN NYTT och SAN NEWS nr 2, 2008. Sjöfartens Arbetsmiljönämnd. Författare: Linda Sundgren. Trälaster ännu farligare än man hittills trott. Eng utgåva: Wood product cargoes more dangerous than realised. www.san-nytt.se

SAN NYTT och SAN NEWS nr 4, 2009. Sjöfartens Arbetsmiljönämnd. Författare: Linda Sundgren. Ej rubriksatt ännu. www.san-nytt.se

Sundsvalls tidning. 15 okt 2009. Författare: Anita Östberg. Nya regler för båttransporter. www.st.nu

TYA Broschyr. Författare. Bo Silfverberg. Att arbeta i miljöer med risk för farliga gaser och syrebrist. www.tya.se

TV & Radio

Mittnytt Oktober 2009

Sjöfartsnytt utlandssändning, Sveriges Radio

Informationsfilm (17 min) av Ulf Björnsson på Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. www.msbmyndigheten.se

Vetenskapliga rapporter

Den fullständiga rapporten med resultat från frakter med timmer och träflis är publicerad som en vetenskaplig artikel i november numret av tidskriften *Annals of Occupational Hygiene*. Den kan laddas ner gratis på <http://annhyg.oxfordjournals.org>

Urban Svedberg, Caroline Petrini, and Gunnar Johanson

Oxygen Depletion and Formation of Toxic Gases following Sea Transportation of Logs and Wood Chips.

Annals of Occupational Hygiene, Nov 2009 53: 779-787

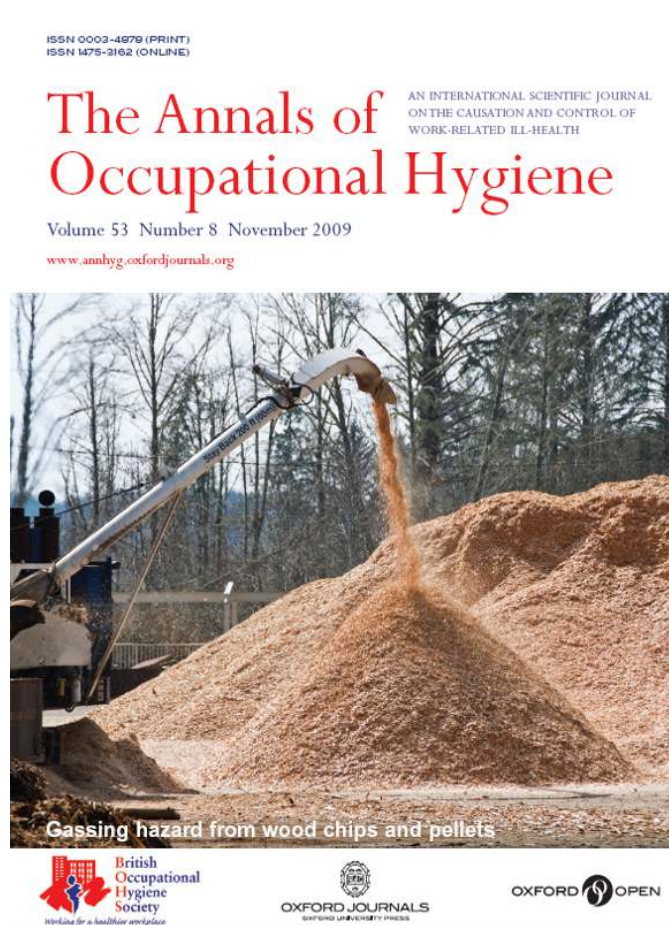
Den fullständiga rapporten med resultat från frakter med träpellets är publicerad som en vetenskaplig artikel i tidskriften *Annals of Occupational Hygiene*.

Den kan laddas ner gratis på <http://annhyg.oxfordjournals.org>

Urban Svedberg, Jerker Samuelsson, and Staffan Melin

Hazardous Off-Gassing of Carbon Monoxide and Oxygen Depletion during Ocean Transportation of Wood Pellets.

Annals of Occupational Hygiene, June 2008; 52: 259 - 266.



Novemhernumret 2009

English summary

Several recent accidents with fatal outcomes occurring during discharge of logs and wood chips from ships in Swedish ports indicate the need to better understand the atmospheric conditions in holds and connecting stairways. The principal aim of the present study was to assess the levels of oxygen and toxic gases in confined spaces following sea transportation of logs and wood chips. A secondary aim was to screen other shipments of various organic goods being discharged in Swedish ports for toxic atmospheres. The focus of the study was the conditions in the stairways, as this was the location of the reported accidents.

Forty-one shipments of logs (pulp wood) and wood chips carried by ten different ships were investigated before discharge in ports in northern Sweden. A full year was covered to accommodate variations due to seasonal temperature changes. The time from completion of loading to discharge was estimated to 37-66 (mean 46) hours. Air samples were collected in the undisturbed air of altogether 76 stairways before the hatch covers were removed. The oxygen level was measured on-site by handheld direct-reading multi-gas monitors. On 16 of the shipments, air samples were additionally collected in Tedlar® bags for later analysis for carbon dioxide, carbon monoxide and hydrocarbons by Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy.

The mean oxygen level was 10% (n=76) but in 17% of the samples the oxygen level was zero %. The oxygen depletion was less pronounced during the cold season. The mean CO₂ and CO levels were 7.5 % (n=26) and 46 ppm (n=28), respectively. More than 90% of the hydrocarbons were explained by monoterpenes, mainly α -pinene (mean 41 ppm, n=26).

Shipments of other organic goods included wheat seeds, seed cake of rape and soy bean, pellets made from sugar beet, peat, and pellets made from recycled paper and plastic, and a shipment of ammonium nitrate.

In conclusion, the measurements show that transport of logs and wood chips in confined spaces may result in rapid and severe oxygen depletion and CO₂ formation. Thus, apparently harmless cargoes may create potentially life-threatening conditions. The oxygen depletion and CO₂ formation are seemingly primarily caused by microbiological activity, in contrast to the oxidative processes with higher CO formation that predominate in cargoes of wood pellets.

The results from sampling shipments of other organic cargoes showed CO levels between 15-166 ppm but no important oxygen depletion. The most alarming result was 300 ppm phosphine in a shipment of wheat. This pesticide has a short-term exposure limit of 1 ppm, and is deadly at 1000 ppm and a 30 minute exposure. Also, 50-92 ppm n-hexane, a neurotoxic solvent, was found in shipments of seed cake of rape and soy bean. The n-hexane is used for extracting the oil and is absorbed in the seed cake.

Improved technical and organizational measures are considered necessary to prevent future accidents. Recommendations given regarding safe entry procedures and technical preventive methods may also apply to other oxygen-depleting products.

The complete report on shipment of logs and wood chips is published in the *Annals of Occupational Hygiene*. It can be downloaded free of charge at [www.http://annhyg.oxfordjournals.org/](http://annhyg.oxfordjournals.org/).

Urban Svedberg, Caroline Petrini, and Gunnar Johanson
Oxygen Depletion and Formation of Toxic Gases following Sea Transportation of Logs and Wood Chips. *Annals of Occupational Hygiene*. 10.1093/annhyg/mep055

Tabeller

Tabell 1. Effekt av låg syrgashalt (Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, Vol 3, 2001)

Syrgashalt	Tid av användbart medvetande
7 %	1 minut
5 %	20 sekunder
3,5 %	15 sekunder

Tabell 2 Mikrobiologisk aktivitet i olika undersökta material (cfu/g = kolonibildande enheter per gram material)

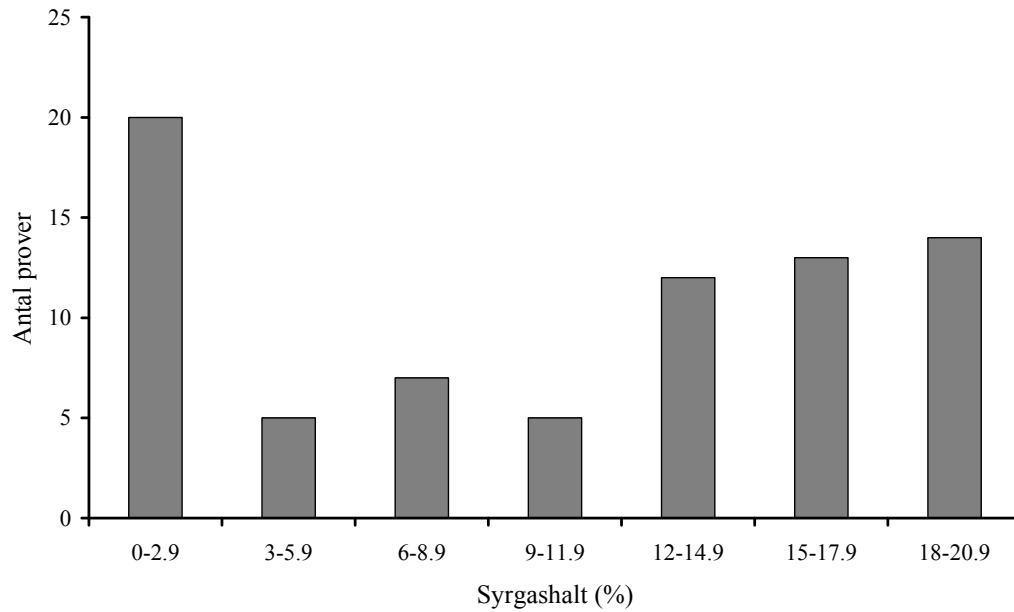
Prov	Bakterier cfu/g	Svampar cfu/g
Torra träpellets	<9	<9
Fuktiga träpellets	<13	<13
Färsk träflis	$9,4 \times 10^5$	$7,1 \times 10^5$
Bark	$5,7 \times 10^6$	$4,9 \times 10^6$

Tabell 3. Resultat av övriga mätningar i laster med varierat, i huvudsak organiskt, innehåll

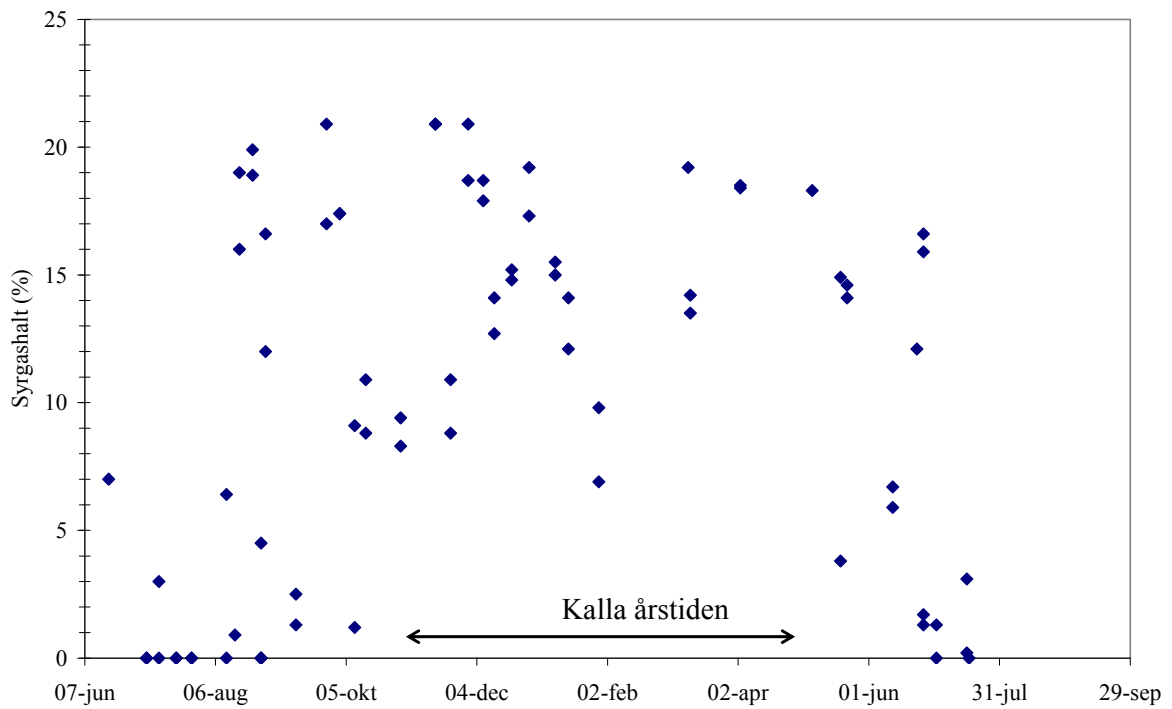
Fartyg	Lossning	Lastning	Prov datum	Last	O ₂ (%)	CO ppm	Övrigt
M	Helsing-borg	Polen	08-03-14	Rapsmjöl		2 *	50 ppm hexan *
B	Söder-tälje	Holland	08-03-16	Kompost pellets	20,9	11*	
B prov 2					20,9	61	
O	Helsing-borg	Holland	08-03-31	Sojamjöl	20,9	49	92 ppm hexan * 70 ppm hexan **
K	Kalmar	Holland	08-07-08	Socketbets pellets	20,9	58	
K prov 2					20,9	75	
A	Åhus	Holland	08-07-10	Ammonium nitrat	20,9	15	
A prov 2					20,9	0	
T	Falkenberg	Holland	08-10-07	Sojamjöl	20,9	70	
Tprov 2					20,9	58	
F	Västerås	Estland	08-09-28	Torv briketter	20,9	0	
F prov 2					20,9	76	
S	Malmö	Frankrike	08-10-10	Vete	20,9	166	
E	Malmö	Spanien	08-10-12	Vete	20,9	32	300 ppm fosfin *

*, ** Mätresultatet är baserat på infraröd spektroskopi av påsprover (FTIR)* eller adsorbentprov på kolrör **. Alla andra är baserat på handhållna mätare av typen RKI eller Dräger.

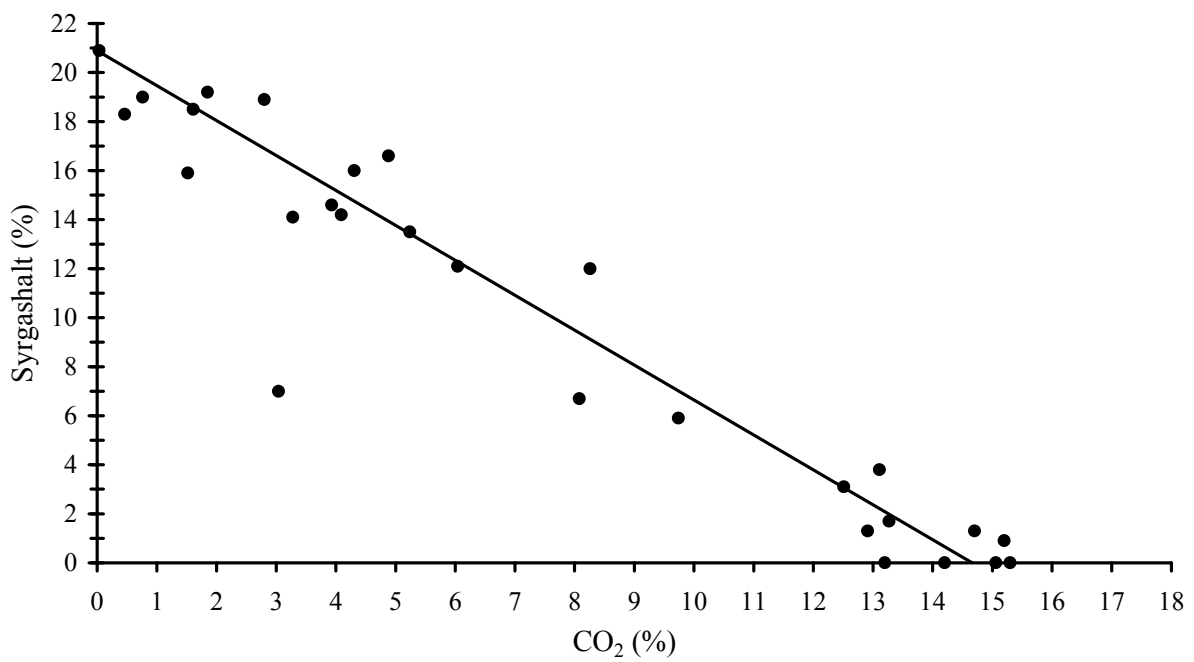
Figurer



Figur 2. Frekvensanalys av provresultat i timmer och flislaster i förhållande till uppmätt syrgashalt.



Figur 3. Årstidsvariation av uppmätt syrgashalt



Figur 4. Korrelation mellan syrgashalt och koldioxid i timmer och flislaster. Ca 70% av förlusten av syrgas kan förklaras genom den uppmätta CO₂ halten i luften.

Foton



Bild 1 Provtagning i trapphus. På bilden pumpas luften i trapphuset till provtagningspåse.



Bild 2 Trapphus till lastrum med vete, synligt i botten av trapphuset. Här uppmättes 300 ppm fosfin.