

Emissioner av toxiska ämnen i samband med brand i avfall – En litteratursammanställning

Denna rapport ingår i Räddningsverkets serie av forsknings- och utvecklingsrapporter.
I serien ingår rapporter skrivna av såväl externa författare som av verkets anställda.
Rapporterna kan vara kunskapssammanställningar, idéskrifter eller av karaktären tillämpad forskning.
Rapporten redovisar inte alltid Räddningsverkets ståndpunkt i innehåll och förslag.

2004 Räddningsverket, Karlstad
Avdelningen för olycksförebyggande verksamhet
ISBN 91-7253-248-3

Beställningsnummer P21-455/04
2004 års utgåva

Emissioner av toxiska ämnen i samband med brand i avfall

- En litteratursammanställning

Sonja Blom, Anna Geo, FB Engineering AB

Räddningsverkets kontaktpersoner:
Avdelningen för olycksförebyggande verksamhet
Cecilia Alfredsson, telefon 054-13 50 82
Marianne Runhage, telefon 054-13 50 84

Innehållsförteckning

1. Sammanfattning	5
2. Inledning	7
3. Metodik	9
Databaser	9
Sökord	9
Kontakter	10
4. Resultat	13
Publikationer	13
Storskaliga experiment på hushållsavfall	13
Småskaliga experiment på hushållsavfall	14
Mätningar	14
Sammanställningar	14
Experiment och mätningar på relaterade avfallslag	15
Resultat av kontakter	15
5. Diskussion	19
6. Bilaga A: Sammanfattning av funna artiklar.....	23
Storskaliga experiment med hushållsavfall.....	23
Småskaliga experiment med hushållsavfall	30
Mätningar	36
Sammanställningar	39
Experiment och mätningar på relaterade avfallslag	43
7. Bilaga B: Relevanta sidor på Internet.....	49

1. Sammanfattning

Inom ramen för de nationella miljömålen har Räddningsverket i uppdrag att, bland annat, sammanställa kunskap om miljöeffekter av olyckor och ofrivilliga bränder. För närvarande pågår en omfattande kartläggning av utsläpp av persistenta organiska föreningar till följd av accidentella bränder.

Räddningsverket har initierat ett projekt som syftar till att kartlägga innehåll i och mängd av de utsläpp av persistenta organiska föreningar som bildas, eller frigörs, vid ofrivilliga bränder i deponier och avfallscontainrar. Denna rapport är en litteraturstudie, som skall ligga till grund för utformningen av den experimentella delen av projektet. De emissioner som behandlas är PAH, PCB och dioxiner.

Målet med rapporten har varit att ta reda på hur mycket publicerad information som finns inom området idag. Sökningen har begränsats till ett antal databaser samt kontakter med myndigheter och forskare i USA, Kanada, Nederländerna och Sverige.

Tjugoen relevanta publikationer hittades. Dessa gick igenom översiktligt och sammanfattades i tabeller. Publikationerna behandlar bl.a. experiment på fullskaliga deponibränder, avfallsbränder i containrar, avfallsbalar och tunnor. Dessutom hittades litteratur- och statistiska sammanställningar angående mätningar på oavsiktliga avfallsbränder, samt bränder i relaterade avfallslag.

Nyckelord: Deponi, avfall, PAH, PCB, dioxiner, bränder, miljö

2. Inledning

Ett av räddningsverkets ansvarsområden är att ta reda på hur olyckor påverkar de nationella miljökvalitetsmålen. Som ett led i detta arbete vill man ta reda på vad som bildas, vid brand i avfall, i form av toxiska emissioner samt i vilken omfattning detta sker. Man misstänker att denna typ av bränder kan vara en betydande källa till utsläpp av dioxiner och furaner (PCDD och PCDF), PCB, HCB och PAH.

Räddningsverket har initierat ett projekt som syftar till att kartlägga innehåll i de emissioner som bildas vid bränder i deponier och avfallscontainrar. I första skedet kommer brand i hushållssopor att studeras. Denna litteraturstudie är en del av projektet och skall ligga till grund för experiment som Räddningsverket har tagit initiativ till. Experimenten kommer att utföras under 2004.

Syftet med litteraturstudien är att ta reda på vad som finns publicerat inom området och genom detta få fram vilka typer av försök som är gjorda, vilka resultat som framkommit och relevansen av dessa försök till svenska förhållanden.

Så sent som för femton år sedan sågs inte deponibränder som ett problem i Sverige. Störde röken ingen gjordes ingen ansträngning för att släcka bränderna. Det fördes inte heller någon statistik över antal och omfattning av deponibränder. All information som finns på området är därför relativt ny.

3. Metodik

Databaser

Sökning har gjorts på följande databaser på Chalmers Bibliotek samt på allmänt tillgängliga databaser på Internet.

- SciFinder - Denna databas har i sin tur tillgång till databaserna Chemical Abstracts och Medline. Den har en mycket omfattande täckning på områdena kemi, med relaterade vetenskaper, samt medicin. Här finns runt 27 miljoner referenser. (Chalmers)
- Web of Science - Innehåller information från över 8500 olika tidskrifter. Det är en citeringsdatabas, så man kan klicka sig vidare till de referenser författaren har citerat, samt få reda på vem som i sin tur har citerat den aktuella författaren/artikeln. (Chalmers)
- Science Direct - Innehåller över 4 miljoner artiklar i fulltext och 56 miljoner "abstracts" från 1800 olika tidskrifter. Databasen behandlar alla områden inom vetenskap. (Chalmers)
- Toxnet - En samling databaser angående toxikologi, farliga kemikalier och relaterade ämnen (<http://toxnet.nlm.nih.gov/>)
- Copernic - Copernic Agent Basic är en sökmotor som kan laddas ner från internet (www.copernic.com). Copernic söker simultant igenom information från över 90 olika, fria sökmotorer på Internet.

Sökord

För att söka på databaserna har följande sökord använts i olika kombinationer:

- PAH, PCB, PCDD, PCDF, dioxin, HCB, POC
- combustion, incomplete, fire, test, waste, municipal, research, landfill, dumps, emission, accident, uncontrolled, burning, refuse, garbage, toxic, contamination, incineration
- brand, deponi, olycka, avfall, tippbränder, emissioner

Sökningar gjordes även på personer som är aktiva inom forskningsområdet:

- Ruokojarvi P, Ettala M, Gullet BK, Lemieux PM, Larsson I, Lönnemark A, Marklund S, Wobst M, Wilken M, Lewis R, Sgontz D, Howes J. Jr.

Kontakter

Universitet, organisationer, företag och myndigheter har kontaktats via telefon och mail.

Sverige:

Göteborgs universitet:

Åke Larsson, professor på Göteborgs universitet, avdelningen för Tillämpad Miljövetenskap kontaktades personligen via mail.

Kalmar Högskola:

Tomas Öberg, doktor i miljökemi vid Kalmar högskola kontaktades på telefon.

William Hogland, professor på institutionen för teknik på Kalmar högskola kontaktades via mail.

Lunds Tekniska Högskola

Robert Jönsson, utbildningsledare på brandingenjörsutbildningen kontaktades på telefon.

Anne Dederichs, doktorand på Lunds universitet kontaktades på telefon.

Konsultfirman Bergström och Öhrström

Jan Bergström, konsult inom området förbränning kontaktades på telefon.

RVF- Svenska renhållningsverksföreningen

Anders Hedenstedt, trainee på RVF och jobbar med avfallsförbränning och deponering kontaktades på telefon.

SP- Sveriges provnings och forskningsinstitut

Anders Lönnermark, som arbetar med brandteknik kontaktades på telefon och via mail.

Finland

Universitetet i Kuopio

P. Rahkonen som jobbat med okontrollerad avfallsförbränning kontaktades via mail.

USA:

EPA- Environmental Protection Agency

Walt Stevenson som arbetar med förbränning på EPA kontaktades på telefon.

Ron Myers och Jim Kilgroe, som båda deltagit i experiment på "barrel burning" på EPA, kontaktades på telefon.

Paul M. Lemieux som har gjort ett antal förbränningsexperiment för EPA kontaktades via mail.

FEMA- The Federal Emergency Management Agency

FEMA kontaktades via mail på adressen opa@fema.gov.

Kanada:

Environment Canada

François Lavallée kontaktades på telefon.

Ken Smith och Arun Chatterjee som arbetar med förbränning på Environment Canada kontaktades via mail.

Canadian Environmental Assessment Agency

Kontaktades via mail på adressen info@ceaa-acee.gc.ca

Gordon Harris kontaktades på telefon.

Holland:

RIVM- Research for Man and Environment

Kontaktades via mail på adressen info@rivm.nl

NOVEM- Netherlands Agency for Energy and the Environment

Kontaktades via mail på adressen info@novem.nl.

VROM- Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment

Kontaktades via mail direkt från deras hemsida <http://www.vrom.nl/international/>

AOO- Afval Overleg Orgaan (Waste Management Council)

Kontaktades via mail på adressen informatiepuntafval@aoo.nl

4. Resultat

Denna del av rapporten behandlar mycket kortfattat de publikationer, uppdelade i kategorier, som hittats angående ämnet. Fler aspekter av artiklarna finns sammanfattade i Bilaga A. I Bilaga B finns adresser till relevanta sidor på Internet.

Nedan beskrivs också resultaten av de kontakter som tagits.

Publikationer

Funna artiklar har lästs igenom och sammanfattats i tabeller i bilaga A. Då många av artiklarna är av olika karaktär har samma rubriker inte kunnat användas i samtliga tabeller. Sammanfattningen har gällt experimentdesign, mätparametrar, variabler, resultat, frågeställningar och genomförande.

Tjugoen publikationer angående ämnet har hittats. De funna artiklarna kommer ifrån Finland, USA, Grekland, Belgien, Taiwan och Sverige. Många av artiklarna från USA är skrivna för EPA, den amerikanska motsvarigheten till Naturvårdsverket. Man kan se av resultaten att många artiklar har gemensamma författare, vilket tyder på att det finns forskargrupper som inriktar sig mot detta ämne. Sådana tydliga grupper kan vi se i Sverige, Finland och USA, där huvudmännen är W. Hogland på högskolan i Kalmar, P. Rahkonen på universitetet i Kuopio, respektive P.M. Lemieux på EPA.

Storskaliga experiment på hushållsavfall

Fem publikationer har hittats som beskriver denna typ av experiment. Försöken är gjorda i Sverige och Finland.

William Hogland från Kalmar universitet och hans forskargrupp gjorde två testupplag av sopor. Ett upplag med industriavfall och ett med hushållsavfall. Här användes 135 respektive 5400 ton avfall. Högarna fick sedan ligga, utan att man behandlade dem på något särskilt sätt, ända tills en spontan brand med synliga lågor uppstod. Under hela upplagstiden, branden och efter branden gjorde man mätningar på högen.

Finländarna, i ledning av P. Rahkonen på universitetet i Kuopio, gjorde experiment och mätningar på en avfallshög som skapats för ändamålet och antändes, samt en oavsiktlig tippbrand. Till den konstruerade branden användes 35000 m³ avfall. Båda bränderna var djupbränder. Tre av artiklarna behandlar detta experiment.

Jan Bergström och Bengt Björner, på Miljökonsulterna i Studsvik AB, eldade hushållsavfall i en container på 9 m³ som de fyllde till 1,5 m höjd. De simulerade både ytbrand och djupbrand.

Småskaliga experiment på hushållsavfall

Fem publikationer om denna typen av experiment har hittats.

För denna grupp, är experiment på ”barrel burning” övervägande. Detta beror på att denna typ av förbränning är ett vanligt sätt att göra sig av med sopor på landsbygden i USA. Denna typ av experiment har utförts för EPA av bl.a. P. M. Lemieux. Då har förbränningen ägt rum i EPA:s Open Burning Test Facility, som är en byggnad där provtagningsutrustning för förbränning finns. Testet utförs inneslutet i byggnaden och lufttillförseln regleras. Rökgaserna leds bort i rör och kan där provtas. Tre av publikationerna handlar om denna typen av experiment.

M. Wevers, R. De Fré och M. Desmedt har testat barrel burning på ett annat sätt. De har utfört experimentet utomhus och gjort mätningar på rökplymen, samt på omgivningsluften ett antal meter bort.

William Hogland m.fl. har gjort provförbränning med avfallsbalar tänkta för energiutvinning. Eldandet av dessa balar har skett i en övertäckt container där man också har kunnat samla upp rökgaserna för provtagning.

Mätningar

Här hittades tre relevanta publikationer.

Mätningar efter en deponibrand, som pågått från och till i tio år, gjordes på Kreta. Man tog jordprover och kunde påvisa en tydlig föroreningsgradient med högst värden intill deponien.

I Sverige gjorde man mätningar av emissioner från en djupbrand och tre ytbränder. Det var meningen att man skulle invänta tre verkliga bränder av varje typ och göra mätningar på dessa, men inom tidsramen för mätningarna utbröt bara en djupbrand i det aktuella området och ytbränderna som startade släcktes väldigt fort. Man gjorde mätningar på den spontana djupbranden, men fick anlägga tre ytbränder på egen hand, för att kunna få några resultat på det. Mätningarna gjordes på emissioner i luft i arbetsmiljön, samt emissioner strax ovanför deponiens yta.

Även en artikel om hur mängden gasformiga, flyktiga emissioner från en area med utsläppskällor kan uppskattas, ansågs relevant.

Sammanställningar

Tre sammanställningar angående ämnet hittades.

FEMA har gjort en omfattande sammanställning med information om deponibränder i USA. Tyvärr behandlar den inte emissioner nämnvärt. Denna publikation går att jämföra med Jan Bergströms och Bengt Björners sammanställning, från 1994, av resultat från en enkätundersökning riktad till landets samtliga räddningstjänster och huvudmän för avfallsupplag. Den

innehåller statistik sammanställd av enkätsvaren angående olika aspekter på verkliga deponibränder runt om i landet.

P. M. Lemieux har utfört en omfattande litteratursammanställning som publicerades i år och handlar om emissioner av toxiska, organiska ämnen från öppna bränder. Sammanställningen omfattar många olika material, däribland förbränning av hushållsavfall på deponier och i tunnor.

Experiment och mätningar på relaterade avfallsslag

Även fem publikationer som inte behandlar hushållsavfall har tagits fram. Detta för att avfallsslagen säkerligen finns, till viss del, i hushållsavfall och det kan vara intressant att jämföra emissionerna de olika materialen ger upphov till. De avfallsslag utöver hushållsavfall som rapporten mycket översiktligt behandlar är industriavfall, jord- och skogsbruksavfall, glasfiber, metallskrot, trä och PVC.

Resultat av kontakter

För att få ytterligare information har kontakt tagits med personer, som eventuellt kan ha kunskaper inom området. Kontakt har tagits via mail och telefon. Tillsammans med kontaktpersoner på Räddningsverket resonerades det fram till att de länder som troligen hade gjort forskning inom området var USA, Kanada och möjligen Nederländerna. Förutom Sverige så begränsades kontakter till bransch-kunniga i dessa länder. För samtliga kontaktade har uppdraget förklarats. Frågor om de känner till relevanta publikationer, kan hänvisa till någon annan person eller myndighet eller har någon annan information om ämnet, har ställts. Samtal har förts med:

Åke Larsson som är professor på Göteborgs universitet, avdelningen för Tillämpad Miljövetenskap, hänvisade till Tomas Öberg. Inga ytterligare upplysningar gavs.

Tomas Öberg är doktor i miljökemi vid Kalmar högskola. Han har jobbat inom området persistenta ämnen i miljön. Tomas arbetade tidigare som miljökonsult har jobbat med dioxiner och bromerade ämnen i samband med förbränning. Thomas Öberg rekommenderade Bergström och Björners rapport från 1992, samt personlig kommunikation men Jan Bergström. Vidare hänvisade Tomas till IVL Svenska miljöinstitutet AB för ytterligare information. Dock tvivlade han på att internationell sökning skulle ge goda resultat. De enda internationella publikationerna T. Öberg kände till var B. K. Gulletts artiklar angående ”back yard burning”.

Jan Bergström arbetar på konsultföretaget Bergström och Öhrström. Företaget har inriktat sig mot alla typer av förbränning, kontroll av luftföroreningar, samt processutvärdering. Tidigare har han arbetat på Miljökonsulterna i Studsvik AB, där han specialiserade sig på förbränning och kontroll av luftföroreningar. Jan Bergström är en av författarna till

”Dioxiner och bränder vid avfallsupplag” från 1992. Jan refererade till sin egen rapport från 1992 och hänvisade till Anders Hedenstedt. Jan framhöll att det krävs en stor budget för att genomföra denna typ av experiment. Inga ytterligare upplysningar framkom.

Anders Hedenstedt är trainee på RVF och jobbar med avfallsförbränning och deponering. Han arbetar även administrativt med aktuella utvecklingsfrågor inom avfallsbranschen. Han hänvisade tillbaka till Jan Bergströms rapport. Utöver det kunde han inte ge någon ytterligare information.

Anders Lönnemark jobbar med brandteknik på SP, Sveriges provnings- och forskningsinstitut. Han visste inget som gjorts om ämnet på SP eller vid någon annan organisation.

Robert Jönsson arbetar som utbildningsledare för brandingenjörsutbildningen i Lund. Han kände inte till någonting om ämnet, men hänvisade till Anne Dederichs.

Anne Dederichs som doktorerar på sot i diffusionsflammar hänvisade till RVF:s rapporter. Enligt henne skulle forskning gjord på området, vara svårt att finna i de tätbefolkade länderna t.ex. Tyskland och Holland, då de inte deponerar så mycket avfall utan förbränner det direkt. Större framgång skulle kunna nås i Kanada, USA eller Australien.

P. Rahkonen, på universitetet i Kuopio, som bland annat har skrivit artikeln *Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and -furans (PCDDs and PCDFs) in municipal waste landfill fires* kontaktades via mail, men har inte svarat ännu.

EPA- Environmental Protection Agency i USA kontaktades via Clean Air Technology Center infoline. Samtal fördes med Walt Stevenson.

Walt Stevenson arbetar med förbränning på EPA. Han hänvisade till Ron Myers och Jim Kilgroe, som båda deltagit i experiment på ”barrel burning” på EPA. Försök gjordes att nå dem på telefon, men misslyckades.

Paul M. Lemieux på EPA, kontaktades via mail och har varit en god informationskälla. Han har skrivit ett antal publikationer om ”barrel burning” och sammanställningen *Emissions of organic air toxics from open burning: a comprehensive review*. Han informerade om ytterligare en artikel han själv skrivit, samt refererade till en nyutgiven artikel av William Hogland på universitetet i Kalmar.

William Hogland på högskolan i Kalmar ansågs intressant på grund av nyligen utgivna publikationer. Försök gjordes att kontakta honom på telefon och mail, men det misslyckades.

Environment Canadas växel hänvisade till François LaVallée.

François LaVallée sände förfrågan vidare till sina kollegor på Environment Canada, Arun Chatterjee, Ken Smith och Alain David, via mail.

Arun Chatterjee arbetar med förbränning på Environment Canada. Hon hävdar att ingen forskning på området är gjord i Kanada.

Ken Smith arbetar på Environment Canada med förbränning och har tidigare arbetat med att ta fram standarder för dioxiner och furaner, utsläppsgränser för förbränningsanläggningar och jobbat med både öppen och kontrollerad förbränning. Ken Smith hävdar att det inte finns någon forskning gjord angående okontrollerad avfallsförbränning i Kanada. Han skriver att det man fokuserar på är att få fram hur stora upplag av avfall man har. Man anser att situationen i Kanada är densamma som i USA och man är intresserad, samt tar del av den forskning som sker i USA av bl.a. P. M. Lemieux.

Alain David är ingenjör vid National Office of Pollution Prevention på Environment Canada. Även A. David hänvisade till EPA:s arbete i USA.

På Canadian Environmental Assessment Agency kontaktades Gordon Harris, som framhöll att organisationen inte utför denna typ av arbete. Han skickade förfrågan vidare via mail till Environment Canada, som var kontaktade sedan tidigare.

FEMA-The Federal Emergency Management Agency i USA, som är motsvarigheten till Svenska Räddningsverket, kontaktades via mail, men har inte svarat. Mailet innehöll en förfrågan om att skicka det vidare till en person med kunskap inom området.

RIVM- nederländerna - Research for man and environment kontaktades via mail. De hänvisade till Afval Overleg Orgaan (AOO)

AOO- Afval Overleg Orgaan (Waste Management Council) kontaktades via mail. Mailet besvarades av Timo Gerlagh, som hade missuppfattat frågan. Ett nytt mail sändes till honom.

Timo Gerlagh hade inte kännedom om någon i Nederländerna som arbetar inom området. T. Gerlagh hänvisade tillbaka till RIVM.

NOVEM- Netherlands agency for energy and the environment kontaktades via mail. De hänvisade till Afval Overleg Orgaan, vilka redan också kontaktades via mail.

VROM- Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment i Nederländerna kontaktades via mail. Inga upplysningar om relevant forskning gavs, men information om att en lag har just nu trätt i kraft i Holland som förbjuder förbränning av avfall utanför godkända anläggningar. De hade dock ingen ytterligare information om detta tillgänglig på engelska.

5. Diskussion

Den mest grundläggande informationen man behöver för att kunna förstå vad som bildas i en deponibrand är att veta vad deponien innehåller. Olika avfallsslag ger upphov till olika typer och olika mängd förorening. Det är viktigt för Räddningsverket att fortsätta arbetet med att kartlägga sammansättningen av avfallet i våra deponier.

I småskaliga experiment av bl.a. Paul M. Lemieux på förbränning av hushållsavfall i tunnor, har man utgått från en standardsopa, standardiserad av New York Department of Environmental Conservation Division of Solid Waste. Detta är möjligen en standardsopa som man skulle kunna använda sig av i Sverige också, om den inte väsentligt skiljer sig från sammansättningen av sopor i Sverige. På detta sätt skulle resultat lättare kunna jämföras mellan länderna.

När man planerar förbränningsexperiment med avfall, bör man inkludera mätningar av temperatur, syrgashalt och fukthalt i avfallshögen. Detta är parametrar som väsentligt kan påverka bildningen av de olika emissionerna. Mätpunkter för temperatur och syresättning bör ligga tätt på grund av att hushållsavfall är en heterogen massa som kan ha mycket varierande temperatur och syrgashalt. (Matti Ettala, 1996). Olikheter i dioxinutsläpp vid förbränning av samma typ av avfall beror sannolikt, delvis på skillnad i syrgashalt i avfallet (M. Wevers 2003). Detta är sannolikt också en källa till skillnader i emissioner mellan små och stora bränder, då mindre bränder ofta har bättre syresättning.

Vilken typ av brand man vill simulera påverkar naturligtvis experimentdesignen. Simulering av ytbrand är enklare. Det är möjligt att en mindre mängd avfall behövs till ett ytbrandstest än för ett djupbrandstest.

En relativt stor mängd avfall skulle behövas för att omsluta brandhärden i en djupbrand, så att syrgasdiffussionen in till härden försvåras och förhållandena representerar en syrefattig miljö i en verklig djupbrand. Det kan vara relevant att göra testet i en övertäckt container. Man bör också tänka på att en djupbrand normalt brinner under en längre period än en ytbrand.

Storskaliga experiment på djupbränder har gjorts i Finland av bl.a. P. Rahkonen, 1995, på Kuopio universitet. Det bör undersökas om hans forskargrupp planerat ytterligare experiment.

Ett ytterligare storskaligt experiment har utförts av Jan Bergström och Bengt Björner, 1992. De har simulerat både ytbrand och djupbrand i en container med en sugfläkt för att kunna kontrollera vindtrycket. Detta kan vara en bra och relativt billig experimentdesign, som ger reproducerbara resultat. Det man bör tänka på om man vill simulera en ytbrand är att en innesluten container kan ge syrgasfattiga förhållanden, vilket inte är representativt för en ytbrand.

Det är möjligt att en container skulle kunna användas för att utföra experiment av mellanstorlek. Beroende på budget skulle man kunna utföra en experimentserie. Det skulle innebära att sammansättningen av avfallet kan varieras. Likaså skulle man kunna förändra förbränningsförhållandena för att se hur detta påverkar emissionerna. Jämför detta resonemang med P. M. Lemieux experimentdesign i ”*Emissions of PCDD/F from uncontrolled, domestic waste burning*” från 2001. Skillnaden är att, istället för att elda i botten av en tunna, skulle man använda sig av en större avfallsmängd för att så långt som möjligt kunna efterlikna en deponibrand.

I William Hoglands och Marcia Marques artikel från 2003 beskrivs ett experiment där stora upplag av industri- och hushållsavfall gjordes. Avfallet fick ligga opåverkat tills det självantände. Regelbundna mätningar på gasförhållanden, fuktighet och temperatur, gjordes i högen med industriavfall, både innan under och efter branden. Mätinstrumenten i hushållsavfallet var defekta och gav inga resultat. Man fick dock mycket goda resultat från industriavfallet. Det är relevant att upprepa experimentet med hushållsavfallet. Kontakt bör tas med William Hogland på Högskolan i Kalmar för att få reda på om detta är planerat.

Vid utförande av experiment på förbränning i mindre skala har Paul M. Lemieux kommit fram till att det går att skapa modeller av emissioner som korrelerar bra med experimentellt uppmätta värden. Hans modell gäller för ”barrel burning”, men det är möjligt att en liknande modell skulle kunna skapas för experiment i en större skala. Då är det viktigt att experimenten modellen grundar sig på är reproducerbara.

Paul M. Lemieux kommer fram till att klorobenzen tros vara det främsta organiska ämnet som kan leda till en bildning av PCDD/F (2000). Han skriver också att klor, både oorganiskt och organiskt ger en ökning av PCDD/F-emissioner, men att emissionerna inte skiljer sig nämnvärt beroende på vilken form man väljer (2003). Det kan vara intressant att studera under vilka förhållanden ökat innehåll av oorganiskt klor leder till ökade PCDD/F-utsläpp.

Vid mätningar runt omkring en deponi på Kreta, som brunnit okontrollerat i tio år såg man en tydlig exponentiell ökning av PCDD/F, PAH, PCB och tungmetaller i jorden ju närmare deponien man kom. Detta är ett bevis på brändernas påverkan och bör ses som ett motiv för ytterligare studier. Möjligheten finns att man kan hitta liknande områden i Sverige. I artikeln påpekas det att halterna av föroreningarna i jorden i en by en bit från deponien är av samma storleksordning, som vid kontrollpunkten. Slutsatsen författarna drar av detta är att byn inte bör påverkas negativt av utsläppen från deponien. Det man inte har inkluderat i resonemanget är möjligheten att det finns andra spridningsvägar än luft, i detta fall vatten. Man har inte tagit några prover på byns vattenresurser.

Något som tas upp väldigt lite även i de tidigare beskrivna experimenten är mätningar på lakvatten och släckvatten. Detta kan vara en viktig föroreningskälla till mark och vatten, av persistenta organiska ämnen. Tester bör göras där man jämför lakvatten från icke förbränt, samt förbränt avfall.

Tester på släckvatten har gjorts av William Hogland, 2003. Vidare kan det vara aktuellt att utföra urlakningsförsök i labb, för att kartlägga för att kartlägga risker för läckage, under lång tid.

Baserat på information från experiment där man studerat emissioner till luft, föroreningar i lakvatten, och potentiellt lakbara föroreningar i brunnet avfall, skulle man kunna avgöra vilket som är mest fördelaktigt, att släcka eller inte släcka en deponibränd. Man skulle då även kunna avgöra om risken för urlakning av föroreningar är så stor att man bör omhänderta brunnet avfall

Det har utförts mätningar på emissioner från deponibränder, även i Sverige. IVL har gjort har gjort mätningar på luften i arbetsmiljön vid tre ytbränder och en djupbrand (Kjell Pettersson, 1996).

Ram A. Hashmonay (2001) har arbetat med vad som kallas Open-Path Fourier Infrared. Detta är en metod för att uppskatta mängden gasformiga, flyktiga emissioner från en area med utsläppskällor. Utvecklande av tillförlitliga mätmetoder är viktiga för att kunna harmonisera metodiken inom forskningsområdet.

Jan Bergström och Bengt Björner (1994) kommer i sin rapport fram till att 23 % av deponibränderna klassas som djupbränder och således 77 % som ytbränder. De skriver också att deponibränder bidrar med 3-4 gånger större dioxintoxicitet i miljön än den samlade avfallsförbränningen i Sverige. Med denna information i bakhuvudet, kan man tydligt se en snedfördelning i antalet forskningsrapporter i förhållande till miljörelevans, då det finns mycket mer forskning gjord angående kontrollerad avfallsförbränning jämfört med okontrollerad.

Artikeln *"Emissions of organic air toxics from open burning: a comprehensive review"* av P. M. Lemieux är mycket om fattande och innehåller en bra referenslista med artiklar angående okontrollerade bränder I alla typer av material. I artikeln har Lemieux jämfört värden på emissioner, som finns att finna i litteraturen från barrel burning och deponibränder och sett stora olikheter. Han drar slutsatsen att man inte kan extrapolera emissioner från den ena utsläppskällan till den andra, men han skriver också att mer forskning behövs och att emissionerna varierar väldigt mycket även inom en och samma typ av källa. Lemieux listar bl.a. deponibränder som ett område där det finns mycket lite information.

I en artikel av Bryan M. från 1990 beskrivs ett sätt att simulera förhållanden vid bränder i jord- och skogsbruksavfall genom att bygga en vindtunnel. I vindtunneln skulle man kunna utföra förbränningstester. Detta tycks vara en bra experimentdesign, som ger repeterbara tester. Förhållandena i tunneln kan också varieras på ett kontrollerat sätt. Troligen krävs en stor budget för att genomföra denna typ av experiment. Det kanske skulle vara möjligt att, med hjälp av Jan Bergströms och Bengt Björners containerexperiment från 1992, efterlikna vindtunnelexperimentet.

I artikeln skriven av bl. a. Jiun-Hong Tsai, där mätningar från ett brinnande metallskrotupplag gjordes, framhålls partikelbundet PAH som en förorening

av betydelse. Partikelbundet PAH kan orsaka effekter på både miljö och hälsa på grund av sin mutagenitet. Om föroreningar är partikelbundna eller ej, har stor betydelse för vilka spridningsvägar föroreningarna tar och hur långt dessa sprids. Det är viktigt att veta i vilken form emissioner sprids från en avfallsbrand.

Mycket tid har lagts ner på litteratursökning och kontakter med personer i branschen. I de databaser där sökningar gjorts bör man inte räkna med ytterligare resultat om man söker där igen, om man inte väntar en tid. Fler relevanta träffar skulle eventuellt kunna hittas i andra databaser. Paul M. Lemieux har i sin artikel *Emissions of organic air toxics from open burning: a comprehensive review* letat igenom databaserna: CAB Abstracts, Energy Science and technology, Environmental Bibliography, General Science Abstracts, NTIS, EI Engineering och Environment and PubSci. Eftersom hans publikation är från 2003 kan även dessa databaser anses nyligen genomsökta.

Det kan vara möjligt att hitta ytterligare information om man kontaktar t.ex. australiensiska myndigheter som Anne Dederichs nämnde. Ingen kontakt har tagits direkt med dem, då sökningen inriktat sig huvudsakligen mot Europa, USA och Kanada och det inte varit möjligt att ta dessa kontakter inom tidsramen för det aktuella projektet.

6. Bilaga A: Sammanfattning av funna artiklar

Storskaliga experiment med hushållsavfall

EXPERIMENTDESIGN	MÄTPARAMETRAR	RESULTAT	REFERENS
<p>Prover togs på en experimentell brand och en verklig brand i ett avfallsupplag med hushållssopor.</p> <p>Experimentanläggningen hade en volym på 35 000m³ och var 10 m hög.</p> <p>Anläggningen fylldes med sopor bestående av 20-35 % papp, 30-40 % köks- och trädgårdsavfall, 15-20 % plast, gummi, trä och textil, 10 % metall, glas och annat obrännbart, samt 1 % farligt avfall.</p> <p>För att övervaka branden placerades 66 termometrar ut på 3 och 7 meters djup i anläggningen.</p> <p>För att antända soporna använde man sig av olja, heptan och trä. Materialet fick ta sig för att</p>	<p>Temperatur</p> <p>PCDD-koncentration</p> <p>PCDF-koncentration</p> <p>och olika isomerer av dessa</p>	<p>Under bränderna var PCDD- och PCDF-halterna höga och överskred värdena för europeiska förbränningsanläggningar, 0,1 ng /m³.</p> <p>Gränsvärdet för 2,3, 7,8-TCDD i förorenad jord, 0,5 µg/kg överskreds inte i något av avfallsproverna tagna efter branden.</p> <p>I båda bränderna detekterades de högsta PCDD/F-koncentrationerna 1-3 meter ovanför branden, vilket tyder på att den</p>	<p>Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and – furans (PCDDs and PCDFs) in municipal waste landfill fires.</p> <p>Ruokojärvi P, Ettala M, Rahkonen P et.al. Chemosphere, Vol 30, No 9, pp. 1697-1708. 1995</p> <p>* Övriga resultat från experimentet beskrivs i artiklarna “<i>Formation of polyaromatic hydrocarbons and polychlorinated organic compounds in municipal waste landfill fires</i>” och</p>

<p>sedan täckas med sopor. Efter tre veckor grävdes brandhärden upp. Sju dagar efter öppnandet släcktes branden genom att soporna blandades med snö och vatten.</p> <p>Prover på soporna togs, på fem olika ställen i avfallsmängden, efter att branden hade släckts. Luftprover togs före under och efter testet. Partiklar och gasprover samlades upp.</p> <p>Tester på den verkliga branden gjordes med samma utrustning. Från den branden togs bara tre avfallsprov.</p>		<p>optimala temperaturen för PCDD/F-bildning överskreds i mitten av branden.</p>	<p>“Landfill fires in Finland”</p>
--	--	--	------------------------------------

EXPERIMENTDESIGN	MÄTPARAMETRAR	RESULTAT	REFERENS
<p>För experimentdesign se Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and -furans (PCDDs and PCDFs) in municipal waste landfill fires.</p> <p>Ett glasfiberfilter användes för att fånga upp de gasformiga ämnena.</p> <p>Fyra luftprover togs vid den</p>	<p>PAH PCB Polyklorerade fenoler Polyklorerade benzener</p>	<p>Bara ett av fyra avfallsprov från den kontrollerade branden visade på högre värden av klorfenoler, än icke förbränt avfall. Gränsvärdet för individuella klorfenol-isomerer i förorenad jord överskreds inte för det förbrända avfallet.</p> <p>Värdena för klorbenzenerna var också låga och överskred inte heller</p>	<p>Formation of polyaromatic hydrocarbons and polychlorinated organic compounds in municipal waste landfill fires.</p> <p>Ruokojärvi P, Ettala M, Rahkonen P, Tarhanen J Chemosphere, Vol. 31, No. 8, pp. 3899-3908, 1995</p>

<p>kontrollerade branden, ett prov innan, två under och ett efter branden. Ett prov togs under den spontana branden.</p> <p>Glasfiberfilteruppsamling fungerar bra för PCB och PAH, men inte för polyklorerade fenoler och polyklorerade benzener, som alltså inte bestämdes i detta test.</p> <p>Det togs fem prover på avfallet efter den kontrollerade branden och tre på avfallet efter den spontana branden.</p>		<p>gränsvärdet.</p> <p>PAH och PCB i luften runt om deponien höll sig under befintliga tröskelvärden.</p> <p>PCB-halterna i både luft och avfallsprov från den okontrollerade branden mycket högre än värdena från den kontrollerade branden. Detta beror till största delen på materialet som brunnit. I deponien med den okontrollerade branden fanns det förutom hushållsavfall även lite industriavfall, som t.ex. fiberslam från pappersbruk.</p>	
---	--	--	--

EXPERIMENTDESIGN	MÄTPARAMETRAR	RESULTAT	REFERENS
<p>För experimentdesign se Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and -furans (PCDDs and PCDFs) in municipal waste landfill fires.</p> <p>Ett formulär skickades ut för att få reda på statistik om</p>	<p>Temperatur</p> <p>Syrgashalt</p> <p>I formuläret:</p> <p>Antal bränder</p>	<p>Heterogeniteten hos soporna resulterar i att branden och värmen sprids väldigt ojämnt i avfallsmängden.</p> <p>När antändningsbrunnen övertäckts observerades, nära denna, låga syrgaskoncentrationer 0,7-3,3 vol %. Man observerade också att spridningen av branden</p>	<p>Landfill fires in Finland</p> <p>Matti Ettala, Päivi Rahkonen, Esko Rossi, Johan Mangs and Olavi Keski-Rahkonen</p> <p>Waste Management & Research (1996)</p>

deponibränder i Finland.	Orsaker Storlek och tid för branden	blev mycket långsam, eller obefintlig, förmodligen på grund av den låga syrgashalten. På ytan syntes heller inga tecken på brand. När man öppnade upp till brandhärden fick elden nytt liv, så att täcka avfallsbränder i hopp om att släcka dem fungerar inte. Resultaten från formuläret gav att det är runt 380 deponibränder i Finland varje år. 61 % av de tillfrågade hade inga bränder, medan 20% av deponierna hade fler än en brand per år. De främsta orsakerna till brand var dumpning av aska, anlagda bränder, otillräcklig övertäckning och kompaktering. Maxdjupet för de rapporterade bränderna var 8m. De flesta djupbränder varade mindre än en vecka och ytbränder mindre än en dag.	14, 377-384
--------------------------	--	---	-------------

EXPERIMENTDESIGN	MÄTPARAMETRAR	RESULTAT	REFERENS
Djupbrand och ytbrand simulerades i en container på 9m ³ . Tre tester på varje brandtyp gjordes.	Temperatur Gasflöde	Det visade sig fullt möjligt att göra repeterbara tester även om förhållandena inte i alla avseenden var fullt kontrollerbara.	Dioxiner och bränder vid avfallsupplag Jan Bergström och Bengt

<p>Avfallet, var nio månader gammalt hushållsavfall grävdes upp ur en tipp.</p> <p>Containern försågs med en sugfläkt för att kunna simulera ett kontrollerbart vindtryck. Ett rörsystem anslöts till containern, för mätningar och avledning av rökgasen. I containern och rörsystemet fanns ett antal termoelement utplacerade.</p> <p>Containern fylldes till ca 1,5 meters nivå. Avfallet antändes med hjälp av en blandning av dieselolja och träflis, som matades in genom en tändlucka i containerns underdel.</p> <p>Testerna omfattade tre dagars eldning. Mätvärden insamlades bland annat med hjälp av en mätator och mätvärdena lagrades som medelvärden över perioder om fem minuter. Insamlat provmaterial gick till ett laboratorium för extraktion, upp arbetning och analys.</p>	<p>CO₂</p> <p>O₂</p> <p>CO</p> <p>Fukthalt</p> <p>Klorväte</p> <p>Utvecklad bränsleeffekt</p> <p>Förbränd kolmängd</p> <p>Tjårhalt</p> <p>PCDD/F</p> <p>TCDD</p> <p>PCB</p> <p>Klorbensener</p>	<p>Testerna visade ingen signifikant skillnad i gassammansättning som beror på definitionen djupbrand eller ytbrand. Det är istället gastemperaturen som avgör hur mycket organiska ämnen som följer med brandröken.</p> <p>Vid djupbrand går gasen en lång väg genom avfallet och hinner därför kylas av, vilket leder till att tjära anrikas i ytskiktet. Med stigande gastemperatur minskar tjårhalten i avfallet kontinuerligt.</p> <p>Ur tjåran har man extraherat PAH, klorbensener, dioxiner och PCB. Tjårhalten är mindre vid ytbränder och det beror sannolikt på att tjåran brinner upp i lågor som bildas.</p> <p>Man kan konstatera att sammansättning i rökgasextrakt skiljer sig mellan okontrollerade och kontrollerade avfallsbränder. T.ex. utgör PCB 20 % av TCDD ekvivalenterna i brandröken medan i röken från avfallsförbränning är motsvarande andel 4%. Fördelningen av PCDD skiljer sig också.</p>	<p>Björner, Miljökonsulterna i Studsvik AB, FoU nr 68, februari 1992.</p>
---	---	--	---

EXPERIMENTDESIGN	MÄTPARAMETRAR	RESULTAT	REFERENS
<p>Upplag av industrisopor respektive utsorterat hushållsavfall undersöktes. Målet var att studera de fysiska, biologiska och kemiska processerna under lagringen av avfallet.</p> <p>Spillepeng, Skåne: 135 ton industrisopor kompakterades och lades i tre separata högar, upp till 4 m höga. Högarna täcktes med träflis, som hade som syfte att minska infiltrationen av regnvatten.</p> <p>Fem rör fördes in horisontellt i högarna på respektive 1, 2 och 3 meters höjd från botten, för att kunna göra mätningar på högarna. Fuktigheten mättes på sex olika djup i högen.</p> <p>I det utsorterade hushållsavfallet har man maskinellt tagit bort den komposterbara delen. Det som blir kvar innehåller en stor andel papper och plast, vilket ger ett högt energiinnehåll.</p> <p>Detta avfall lades upp mot en bergvägg i Steninge, Halland. Högen innehöll 5400 ton sopor, där man även blandat i lite träflis. Högen blev 8 meter hög och täcktes även den med ett lager träflis för att</p>	<p>Temperatur</p> <p>O₂</p> <p>CO₂</p> <p>CH₄</p> <p>Innehåll i släckvatten analyserades också</p>	<p>Den ena av högarna med industriavfall började öka i temperatur under den första månaden, samtidigt som det uppstod fluktuationer i avfallsmängdens syrgas- och koldioxidhalt.</p> <p>Efter det observerades ett "steady state" under fyra månader, med en medeltemperatur på 77±8 °C.</p> <p>Efter sex månader skedde en spontan antändning av avfallet.</p> <p>Experimentet har för industriavfallet resulterat i värden på temperatur, gaskoncentrationer, fuktighet etc. under hela perioden och man kan se var temperaturhöjningen i avfallet skedde strax innan det antändes samt även följa utvecklingen efter antändningen. I utkanten av högen, nära ytan observerades, under det sista dygnet en höjning i temperatur från 83 till 240 °C. Här uppstod sedan branden.</p> <p>Även det utsorterade hushållsavfallet</p>	<p>Physical, biological and chemical processes during storage and spontaneous combustion of waste fuel.</p> <p>William Hogland och Marcia Marques</p> <p>Resources, Conservation and Recycling (2003) 1-18</p>

<p>minimera infiltration av regnvatten.</p> <p>I ett försök att förhindra CH₄-produktion kompakterades inte högen. Tyvärr fungerade inte de installerade mätinstrumenten i högen med hushållsavfall och de enda resultat som kan redovisas från det försöket kommer ifrån lakvattnet från släckningen av den spontana brand som uppkom.</p>		<p>antändes spontant efter sex månader.</p> <p>Släckvattnet visade sig innehålla högre halter av COD, BCOD, kväve, oxiderat kväve, totalfosfor, bly, kadmium och krom än medelvärdet i lakvattnet från hushållsavfallsdeponier samt från deponier innehållande rester från förbränning av hushållsavfall.</p>	
--	--	---	--

Småskaliga experiment med hushållsavfall

EXPERIMENTDESIGN	VARIABLER	MÄTPARAMETRAR	RESULTAT	REFERENSER
<p>Experimentet gjordes på en typisk sammansättning av olika material (Standardiserat av New York Department of environmental Concervations Division of Solid Waste) som förekommer i hushållssopor.</p> <p>Fem tester utfördes där man använde sig av standardsopan och 11 tester där variablerna varierades. Varje test innehöll 6,8 kg sopor.</p> <p>Testbehållaren bestod av en ståltunna på 208 l, med ventilationshål på två cm runt basen.</p> <p>Tunnan placerades på en våg, för att övervaka förbränningen. Fläktar reglerade luftcirkulationen. Termometrar placerades i tunnan.</p> <p>Bakgrundsdata togs innan testet sattes igång.</p> <p>Materialet tändes genom att sticka in en propanlåga i mitten av tunnan. Testet</p>	<p>Densitet (1 test)</p> <p>Vattenhalt (1 test)</p> <p>PVC-halt (6 tester)</p> <p>Halt oorganiskt Cl (2 tester)</p> <p>Kopparhalt (1 test)</p>	<p>Temperatur</p> <p>Syrgashalt</p> <p>Koldioxidhalt</p> <p>Kolmonoxidhalt</p> <p>Saltsyra</p> <p>Koppar</p> <p>Partiklar</p> <p>PCDD/F</p> <p>PCB (behandlas dock inte i rapporten)</p> <p>Askan togs om hand men analyserades inte.</p>	<p>De tre test som gjordes på originalsammansättningen och mätte på PCDD/F varierade med en tiopotens och hade ett medelvärde på 79 ng TEQ/kg förbränt material.</p> <p>När PVC-halten i sopan ökade eller CaCl₂ tillsattes ökade TEQ värdena signifikant.</p> <p>Modeller för förutsäggande av TEQ konstruerades med hjälp av de uppmätta parametrarna och tiden i minuter under vilken temperaturen låg i intervallet där PCDD/F bildas.</p> <p>Resultaten från modellen korrelerar bra med uppmätta resultat.</p> <p>Statistiska analyser av data</p>	<p>Emissions of PCDD/F from uncontrolled, domestic waste burning</p> <p>Brian K. Gullet, Paul M. Lemieux et. al.</p> <p>Chemosphere 43 (2001) 721-725</p>

<p>påbörjades senast två minuter efter antändningen och avslutades när data inte förändrades på flera minuter.</p>			<p>visar att CO, Cu och HCl tillsammans med temperatur och Cl-halt är de mest signifikanta prediktionsfaktorerna för TEQ-emissioner.</p>	
--	--	--	--	--

EXPERIMENTDESIGN	MÄTPARAMETRAR	RESULTAT	REFERENS
<p>Mätningar gjordes på emissioner, från förbränning av material som skulle simulera källsorterande och icke källsorterande familjer, som eldar sitt hushållsavfall i tunnor.</p> <p>Hur sopan skulle vara sammansatt karakteriserades av NYS Department of environmental conservation, Division of solid waste.</p> <p>Ungefär samma volym användes vid varje test, men massorna varierade, främst på grund av att de ”ickesorterade” soporna hade lägre densitet. Massan varierade mellan 6,4 och 13,6 kg.</p>	<p>Metaller HCl PM PCDD/F Temperatur</p>	<p>En statistisk analys gjordes för att undersöka om temperaturen under försöket korrelerade med PCDD/F emissioner. Någon sådan korrelation hittades inte, men på grund av datamängdens ringa storlek, kan man inte dra några slutsatser av detta.</p> <p>Uppskattningar gjordes också PCDD/F utsläppen, med hjälp av beräkningar. Uppskattningarna visade att PCDD/PCDF utsläppen var generellt större för de sorterade soporna än för de osorterade. Detta kan bero på den större delen PVC-plast i det sorterade avfallet.</p> <p>Uppskattning av mängden klorobenzen</p>	<p>Emissions of Polychlorinated Dibenzop-dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans from the Open Burning of Household Waste in Barrels.</p> <p>Paul M. Lemieux, Christopher C. Lutes, Judith A. Abbot, Kenneth M. Aldous.</p> <p>Environmental Science and Technology, 2000, 34, 377-384.</p> <p>Kommentar: Två mycket omfattande volymer om detta experiment finns att hämta på http://www.epa.gov/ttn/catc/products.html</p>

<p>Två teser gjordes för respektive sopa. Förbränningen skedde i en tunna på 208 L. Ventilationshål gjordes i botten av tunnan.</p> <p>Tunnan ställdes på en våg, för att kunna mäta massan av det som förbrändes. Fläktaggregat sattes upp för att simulera verkliga förhållanden. Soporna tändes med en propanlåga</p> <p>Bildad rökgas leddes upp i ett rör där prover togs.</p>		<p>visade på samma trend, dock fanns det ingen stark korrelation mellan klorobenzen och PCDD/F.</p> <p>Klorobenzen tros vara det främsta organiska ämnet som kan leda till en bildning av PCDD/F.</p>	<p>Publikationerna heter:</p> <p>Evaluation of Emissions from the Open Burning of Household Waste in Barrels - Volume 1. Technical Report (EPA-600/R-97-134a).</p> <p>Evaluation of Emissions from the Open Burning of Household Waste in Barrels - Volume 2. Appendices A-G (EPA-600/R-97-134b).</p> <p>De beskriver experimentet mer detaljerat än den utdragna artikeln, som är en översikt.</p>
---	--	---	---

EXPERIMENTDESIGN	MÄTPARAMETRAR	RESULTAT	REFERENS
<p>I ett försök att simulera normal "barrel burning" och bestämma emissionsfaktorn varierade man bränslekompositionen och förbränningsförhållandena. Man ville ta reda på vilka variabler som påverkade emissionerna.</p> <p>Man gjorde 25 tester och tre blankar i</p>	<p>Temperatur</p> <p>CO</p> <p>HCl</p> <p>Cu</p> <p>PCB</p>	<p>Medelemissionen från standardsopan var 78,8 ng TEQ_{DF}/kg sopor. Emissionerna från standardsopan varierade dock så kraftigt att det var svårt att bevisa statistiskt att olika förbränningsförhållanden och komposition av sopor bidrog till en förändring i PCDD/F-emissioner. Dock såg man att medelvärdet vid förändrade förhållanden</p>	<p>Variables Affecting Emissions of PCDD/Fs from Uncontrolled Combustion of Household Waste in Barrels.</p> <p>Paul M. Lemieux, Brian Gullett, Christopher C. Lutes, Chris K. Winterrowd och Dwain L. Winters</p>

<p>EPA: s Open Burning Test Facility.</p> <p>En 208 L tunna användes. De flesta testerna bestod av 6,8 kg sopor.</p> <p>Tunnan placerades på en våg, för att övervaka förbränningen. Fläktar reglerade luftcirkulationen.</p> <p>Soporna användes på en standardsocka utvecklade av NYS Department of environmental conservation survey, Division of solid waste.</p> <p>Man varierade innehållet i soporna som i "<i>Emissions of PCDD/F from uncontrolled, domestic waste burning</i>". Dessutom gjorde man ytterligare två variationer. Man använde dubbla avfallsmängden, och man eldade avfallet i en hög, utan tunnan.</p>	<p>PCDD/F</p>	<p>var högre än vid förbränning av standardsocka.</p> <p>Om det tillsattes organiskt eller oorganiskt Cl till soporna ökade PCDD/F-emissionerna, men det gjorde ingen skillnad vilken form av Cl man tillsatte.</p> <p>Om man tillsatte stora mängder Cl och högre halter Cu katalysator till sopan fick man dock en signifikant högre emission av PCDD/F.</p> <p>Det mesta av PCDD/F-emissionerna bildades när materialet glödde.</p> <p>Den totala mängden PCB som skapades var 200 gånger större än mängden PCDD/F. Dock var TEQ_{PCB} bara 5 % av TEQ_{DF}.</p> <p>När man eldade avfallet i en hög, utan tunna låg emissionerna inom samma område som emissionerna för eldning av standardsocka i tunnan, så några slutsatser om hur att tunnan ändrar förhållandena för branden och orsakar mer eller mindre emissioner, kan inte dras.</p>	<p>Air & Waste Management Association (2003) 53:523-531 ISSN 1047-3289</p>
--	---------------	---	--

EXPERIMENTDESIGN	MÄTPARAMETRAR	RESULTAT	REFERENS
<p>Tre olika typer av förbränningsexperiment gjordes. För varje experimenttyp gjordes åtta olika tester, varje test under en period av fyra timmar.</p> <p>Trädgårdsavfall eldades i tunnor, och i en öppen brasa och hushållsavfall eldades i ett gammalt oljefat.</p> <p>Hushållsavfallet hade samlats in av 15 familjer under en månad.</p> <p>Instrument för att samla upp depositionsprodukter sattes upp i fyra olika vindriktningar 20 meter från källan.</p> <p>Koncentrationen av dioxin i luften mättes i rökplymen 6 m från elden.</p> <p>För att kunna uppskatta hur utspädda rökgaserna var gjorde man också mätningar på koldioxidkoncentrationen i plymen.</p>	<p>Dioxin CO₂</p>	<p>Förbränning av hushållsopor i tunnor ger dioxinkoncentrationer som är ca 36 gånger högre än emissionsgränsen på 0,1 ng TEQ/Nm³ för moderna förbränningsanläggningar.</p> <p>En signifikant ökning av deponeringsprodukter observerades, proportionell mot tiden insamlingsinstrumentet befann sig i rökplymen.</p> <p>Olikheter i dioxinutsläpp vid förbränning av samma typ av avfall, beror i detta fallet på olika syresättning i de olika tunnorna.</p>	<p>Effect of backyard burning on dioxin deposition and air concentrations. M. Wevers, R. De Fré, M. Desmedt. Chemosphere 2003</p>

EXPERIMENTDESIGN	MÄTPARAMETRAR	RESULTAT	REFERENS
<p>Miljömessiga aspekter av att använda balar av hushållssopor för energitvinnning skulle utredas. Man ville simulera, i liten skala, en fullskalig brand i ett upplag av sopbalar.</p> <p>Ingen risk för självtändning förekommer i balar.</p> <p>Balarna är 120x120 cm och vikten beror på vad soporna består av, samt vattenhalten. Balarna är inslagna i polyetylen för att skapa en lufttät miljö.</p> <p>Två balar användes i experimentet. De placerades i en övertäckt container och antändes.</p> <p>Efter en initieringsperiod började man mäta emissioner och temperatur.</p>	<p>O₂</p> <p>CO₂</p> <p>CO</p> <p>SO₂</p> <p>NO</p> <p>NO₂</p> <p>NO_x</p> <p>THC</p> <p>Hg, Pb, Cd, As, Ni, Cr, Mn, Cu, Co, Sb, V</p> <p>HCl, HF, HBr, NH₃</p> <p>PAH</p> <p>PCDD/F</p>	<p>Tungmetallkoncentrationerna låg under gränsvärdena för kontrollerad sopförbränning i EU, undantaget Pb och Cd. Även de gasformiga emissionerna låg under gränsvärdena, förutom HCl.</p> <p>Koncentrationen av naftalen som är en PAH, var högre än vad som framgått av tidigare litteratur. Förmodligen beror detta på att förbränningstemperaturen var lägre än vid sopförbränning och deponibränder, samt att den övertäckta containern kan ha lett till ofullständig förbränning.</p> <p>Även halterna av PCDD/F var högre och det kan förklaras på samma sätt som för PAH.</p> <p>PCDD/F-värdena överskred värdena för europeiska förbränningsanläggningar.</p> <p>Slutligen så förväntas emissioner från denna typ av brand orsaka större emissioner än en deponibrand. Det rekommenderas därför att det är brandgator mellan balarna i upplaget. Eftersom balarna är så kompakta kommer man inte kunna släcka branden på samma sätt som man släcker en deponibrand. Fler experiment, som behandlar farorna med upplag av sopbalar, bör göras.</p>	<p>Emissions from a controlled fire in municipal solid waste bales.</p> <p>Diauddin R. Nammari, William Hogland, Marcia Marques, Sven Nimmermark, Viatcheslav Moutavtchi.</p> <p>Waste Management, 2003</p>

Mätningar

EXPERIMENTDESIGN	MÄTPARAMETRAR	RESULTAT	REFERENS
<p>Jordprover togs runt omkring en deponi på Kreta, innehållande hushållssopor, som brunnit okontrollerat i 10 år.</p> <p>Sex prover togs också mellan deponien och en närliggande by.</p> <p>Ett referensprov togs 15 km väster ut från deponien, eftersom vinden sällan blåser åt det hållet.</p> <p>Jordproven analyserades.</p> <p>Proverna togs i slutet av sommaren för att minimera påverkan från surt regn.</p>	<p>PAH</p> <p>PCB</p> <p>PCDD/F</p> <p>Tungmetaller</p>	<p>Koncentrationen hos de flesta av de analyserade substanserna avtog exponentiellt med ett ökande avstånd från deponien.</p> <p>Troligen var proven närmast deponien inte bara påverkade av deposition från brandröken, utan även av avfallet i sig självt, eller från rester av avfall som brunnit, där regn transporterat bort föroreningarna en bit från platsen.</p> <p>I byn 7 km från platsen var värdena likvärdiga med dem tagna vid referenspunkten, vilket tyder på att bränderna på deponien inte skulle leda till några negativa effekter för byn.</p>	<p>Chemical impact of uncontrolled waste combustion to the vicinity of the Kourouptos ravine, Crete, Greece.</p> <p>D. Martens, K. Balta-Brouma, R. Brotsack, B. Michalke et. al.</p> <p>Chemosphere, vol 36, No 14, pp.2855-2866, 1998</p>

EXPERIMENTDESIGN	MÄTPARAMETRAR	RESULTAT	REFERENS
<p>Kontakt togs med samtliga upplagsägare inom en radie från Göteborg av ca 35-40 mil. De ombads att kontakta IVL omgående om brand uppstod på upplaget. Även SOS larmcentraler i Västsverige och ett flertal Milijö och Hälsovårdsförvaltningar kontaktades. Detta för att man skulle få göra mätningar på riktiga tippbränder.</p> <p>Undersökningen har omfattat mätning på en djupbrand på Månserydstippen på Orust i februari 1992 samt tre ytbränder på Sobacken utanför Borås.</p> <p>På grund av att ytbränder släcks ganska omgående, fick man anlägga de tre bränderna på Sobacken.</p> <p>Emissionsprovtagning gjordes bl.a. med en portabel mast på en höjd ovan mark av ca 5 m. Masten placerades ca 15-25 m från brandhärden.</p>	<p>CO bensen, toulén, xylen, trimetylbensen, etylbensen NO₂, NO HCl H₂S HCN Cl₂ Hg karbonylsulfid (COS) dimetylsulfid (DMS) dimetyldisulfid (DMDS) klorbensener</p>	<p>Mätresultaten visar att emissionen av de flesta ämnen från ytbränder är betydligt större, både räknat som halt och per ton sopor, än emissionen från djupbränden.</p> <p>En djupbrand pågår som regel betydligt längre och större mängd sopor brinner, varför den totala emissionen från en djupbrand kan överstiga emissionen från en ytbrand.</p> <p>De högsta halterna i arbetsmiljön förekom vid ytbränden. Exponeringen för dioxiner bedöms då vara så kraftig att skyddsutrustning i form av tryckluftsmask krävs.</p> <p>Halterna av övriga ämnen i arbetsmiljön, inklusive dioxiner vid djupbrand, överskrider ej sina gränsvärden.</p> <p>Man har även kommit fram till emissionen av olika ämnen per ton sopor, för det två olika typerna av bränder.</p>	<p>Bränder på avfallsupplag. Mätningar av luftföroreningar I arbetsmiljön och emissioner till den yttre miljön i samband med släckning av tippbränder.</p> <p>Kjell Pettersson, Curt-Åke Boström och Ann-Beth Antonsson</p> <p>IVL-rapport (1996) B 1211</p>

<p>Vid djupbranden tog man även prover i s.k. tipphål. Arbetsmiljöprovtagningar gjordes i en grävmaskinshytt.</p>	<p>dioxiner PCB PBDF, PBDE PAH</p>	<p>Rapporten definierar även djupbrand och yfbrand och vad som initierar dessa.</p>	
---	--	---	--

INNEHÅLL	REFERENS
<p>Ett sätt att uppskatta mängden gasformiga, flyktiga emissioner från en area med utsläppskällor.</p>	<p>Field Evaluation of a Method for Estimating Gaseous Fluxes from Area Sources Using Open-Path Fourier Transform Infrared. Ram A. Hashmonay, David F. Natschke, Keith Wagoner, D. Bruce Harris och Michael G. Yost. Environmental Science and Technology 2001, 35, 2309-2313</p>

Sammanställningar

INNEHÅLL	METOD	RESULTAT	REFERENS
<p>Publikationen är en sammanfattande redogörelse för deponibränder i USA.</p> <p>Redogörelsen behandlar egenskaper hos deponier, hur deponier regleras, olika typer av deponibränder, hur man skall gå till väga för att släcka en deponibrand, förebyggande åtgärder, statistik om bränderna samt exempel på verkliga bränder.</p>	<p>Data på hur många deponier det fanns i USA och hur dessa regleras hämtades från EPA.</p> <p>Statistik på deponibränder hämtades från National Fire Incident Reporting System (NFIRS).</p> <p>Teknisk information om egenskaperna hos en deponibrand hämtades hos många olika källor t.ex. läroböcker om bränder och internationella studier.</p>	<p>Illegal deponering är ett stort problem, då man vid brand inte kan kontrollera om det finns kemikalier, eller vilka typer av kemikalier det finns i avfallet.</p> <p>Deponibränder har också svårigheten att de måste hanteras på ett annat sätt än vanliga strukturbränder.</p> <p>Nedlagda, övertäckta deponier är också ett problem, eftersom de fortsätter att avge metan och andra gaser, långt efter nedläggandet. Skall man bygga på nedlagda deponier måste vidta åtgärder för att täcklagret inte skadas.</p> <p>Samarbete mellan allmänheten, handhavarna av deponianläggningar och brandmyndigheten kan leda till att antalet bränder minskar och på så sätt kan allmänheten, miljön skyddas.</p>	<p>Landfill fires; their magnitude characteristics and mitigation, May 2002/FA-225 för FEMA</p>

EXPERIMENTDESIGN	FRÅGESTÄLLNINGAR	RESULTAT	REFERENS
<p>Författarna utvärderar en tidigare genomförd enkätundersökning riktad till landets samtliga räddningstjänster och huvudmän för avfallsupplag.</p>	<p>Antal bränder</p> <p>Brandtyp</p> <p>Brandorsaker</p> <p>Om utvinning av deponigas sker</p> <p>Vad som brinner</p> <p>När det brinner</p> <p>Brandfrekvens</p> <p>Övervakning</p> <p>Släckning</p>	<p>1988/99 förekom det 384 bränder vid 127 avfallsupplag.</p> <p>Antalet bränder som identifierats som djupbrand utgör 23 %. De allra flesta bränderna har varit lätta att släcka. Medelsläckningstiden för bränderna som betecknats som ytbrand var nio timmar. Motsvarande tider för djupbrand är 4,5 dygn.</p> <p>I de allra flesta bränder är brandorsaken okänd.</p> <p>Bränderna är färre under vintern över hela landet.</p> <p>Bränderna uppstår vanligen i det som nyligen lagts på upplaget. Det dominerande antalet bränder uppstår i färskt industri- och byggavfall i en del av avfallsupplaget som ännu inte blivit ordentligt övertäckt.</p> <p>Rapporten beskriver också övervakning, släckning och kort vilken miljöpåverkan bränderna kan ha.</p> <p>Bränderna bidrar med 3-4 gånger större dioxintoxicitet i miljön än den samlade avfallsförbränningen. Dioxinerna och dibenzofuranerna ger upphov till 30g TCDD-ekvivalenter per år.</p> <p>Rapporten beskriver också möjliga åtgärder.</p>	<p>Bränder på avfallsupplag.</p> <p>Jan Bergström och Bengt Björner</p> <p>Naturvårdsverkets rapport 4320 (1994)</p>

METOD OCH SYFTE	RESULTAT	REFERENSER
<p>Syftet med rapporten är att sammanfatta data som finns på emissioner av toxiska ämnen från okontrollerade bränder i olika material, för att kunna se samband mellan källor och diskutera metoder för att uppskatta emissioner.</p> <p>Rapporten syftar också till att jämföra massan toxisk substans per kg förbränt material, mellan olika typer av bränsle.</p> <p>En litteraturstudie gjordes med hjälp av sökningar på dator för att hitta artiklar som behandlade utsläpp av toxiska ämnen från ”open burning”. Sökningen gjordes på ”EPA: s Information Center at Research Triangle Park”, NC för att kunna söka igenom flera databaser och producera en lista på publikationer av artiklar från tekniska tidskrifter, konferenser och rapporter från myndigheter.</p> <p>Litteratursökningen gjordes på artiklar som publicerats från 1987 fram till idag.</p> <p>Sökningen gjordes på databaserna CAB</p>	<p>Den mängd data som fanns på emissioner från de olika bränslena och vilka substanser mätningar gjorts på, varierade mycket.</p> <p>Ett flertal observationer gjordes:</p> <p>Biomassa emitterade generellt mindre VOC, SVOC och PAH än antropogena källor, per kg förbränt material</p> <p>Råolja och diesel producerade signifikanta mängder PAH i jämförelse med andra bränslen. PAH emissionerna var som högst när polymerer förbrändes.</p> <p>Baserat på en begränsad datamängd, så varierade PCDD/F emissionerna mycket från källa till källa och man kunde även se en signifikant skillnad vid olika mätillfällen på samma typ av källa. Detta beror sannolikt på en rad olika faktorer; bränslets sammansättning, värmevärde, densitet, syrgastransport och förutsättningar vid förbränningsstillfället.</p> <p>Det finns flera kunskapsluckor för olika typer av bränder som kan tänkas orsaka betydande emissioner av toxiska ämnen, som borde fyllas</p>	<p>Emissions of organic air toxics from open burning: a comprehensive review</p> <p>Paul M. Lemieux, Christopher C. Lutes, Dawn A. Santoianni</p> <p>För National Risk Management Research Laboratory, Air Pollution Prevention and Control Division, Office of Research and Development, EPA.</p> <p>Progress in Energy and Combustion Science, 2003.</p>

<p>Abstracts, Energy Science and technology, Environmental Bibliography, General Science Abstracts, NTIS, EI Engineering och Environment and PubSci.</p>	<p>med hjälp av mer forskning på området t.ex. skogs-, deponi- och fordonsbränder.</p>	
--	--	--

Experiment och mätningar på relaterade avfallsslag

EXPERIMENTDESIGN	MÄTPARAMETRAR	RESULTAT	REFERENS
<p>Förbränningstester gjordes på två typer av glasfibermaterial (representerar båt- och byggnadsmaterial).</p> <p>Testet gjordes i EPA:s Open Burning Simulation Facility, en byggnad på 2,7 x 3,4 m, utrustad med en plattformsvåg, luftreglage och provtagningsinstrument.</p> <p>I testet med båtmaterialiet förbrändes 8-10 kg/test.</p> <p>Materialiet tändes med hjälp av en propanlåga. För att få den mängd prov man ville ha, fylldes materialet på tre gånger per test.</p> <p>Försök att göra tester på liknande sätt för byggnadsmaterialet misslyckades på grund av mängden flamskyddsmedel det innehöll. Därför underhöll man förbränningen med en konstant propanlåga.</p> <p>Mängden som förbrändes av detta material var</p>	<p>Innehåll från början i materialen</p> <p>CO</p> <p>CO2</p> <p>PAH</p> <p>THC (totalkolväten)</p> <p>VOCer</p> <p>SVOCer</p> <p>Metaller</p> <p>Temperatur</p>	<p>Experimentet producerade data för många olika atmosfäriska föroreningar.</p> <p>Signifikanta utsläpp av flera föroreningar observerades; arsenik, benzen, benzo(a)pyren, koldioxid, dibenzofuran, bly, naftalen, partiklar, fenoler, styren och toluen.</p> <p>Byggnadsmaterialet gav större emissioner än båtmaterialiet.</p>	<p>Characterization of Air Emissions from Simulated Open Combustion of Fiberglass Materials.</p> <p>Christopher C. Lutes och Jeffrey v. Ryan</p> <p>United States Environmental Protection Agency, Research and Development. EPA/600/SR-93/239 March 1994.</p>

4-6 kg/test. Här gjorde man två påfyllningar. Analyserna gjordes med hjälp av gaskromatografi/masspektrometri.			
---	--	--	--

EXPERIMENTDESIGN	MÄTPARAMETRAR	RESULTAT	REFERENS
<p>För att simulera de förhållanden där det förekommer bränder i jordbruks- och skogsbruksavfall, byggdes en stor vindtunnel där man kunde utföra förbränningstester.</p> <p>Med hjälp av vindtunneln kunde man kontrollera variabler för branden, så som typ av bränsle, fuktigheten hos bränslet, bränslestruktur, tillsättningen av nytt bränsle och vindhastighet.</p> <p>Rökgaserna leds bort i ett uppsamlingsrör och tester kunde göras på partiklar, CO, kolväten, NO_x, SO₂ och andra flyktiga ämnen.</p>	<p>Bränsleförbrukning Värmevärde Temperatur Partiklar CO CO₂ NO₂ NO SO₂ CH₄ C₂H₂ C₂H₄</p>	<p>Repererbarheten i testerna var bra, med avseende på brandens utveckling och emissionsdata. Resultaten var också jämförbara med tidigare fält- och laboratorieexperiment, undantaget NO_x- och SO₂-koncentrationer.</p> <p>Ytterligare tester krävs för att få fram det bästa sättet att komma fram till representativa emissionsdata.</p> <p>Eftersom förhållandena för branden kan varieras och endast två tester utfördes, behövs ytterligare tester för att se hur brandens beteende ändras vid ändrade förhållanden.</p>	<p>Development of Test Procedures to Determine Emissions from Open Burning of Agricultural and Forestry Wastes. Bryan M. Jenkins, Daniel P.Y. Chang, Otto G. Raabe För California Air Resources Board. Contract No. A5-126-32, January 1990 Kommentar: Totalt är rapporten 107 sidor. Jag har bara tryckt ut abstract, table of contents samt summary and conclusions. Finner ni rapporten relevant och vill hämta den finns den som Pdf på www.arb.ca.gov/research/abstracts/a5-126-32.htm</p>

<p>Golvet i tunneln kunde också blötas ner för att simulera jordförhållanden under branden.</p> <p>För att utvärdera simulatorm gjordes två experiment på ”rice straw”, under lika förhållanden.</p>	<p>C₂H₆ C₆H₆</p>		
--	--	--	--

GENOMFÖRANDE	RESULTAT	REFERENS
<p>En litteraturstudie har gjorts på vad som är publicerat om bränder i hus och emissioner från trä och PVC.</p>	<p>Det uppskattas att träet i ett hus väger i genomsnitt 21000 kg och PVC i genomsnitt 180 kg.</p> <p>Tester där emissionsfaktorer uppmätts är inte direkt jämförbara. Oftast testas förbränning av PVC i liten skala under relativt dåliga förbränningsförhållanden, medan trä ofta testas i större skala i betydligt bättre förhållanden.</p> <p>Utsläppen av PCDD/F från trä och PVC i denna typ av bränder uppskattas vara relativt lika (storleksordningen 1g/år) och ge ett litet bidrag till de totala PCDD/F- utsläppen i USA.</p>	<p>The relative contribution of wood and poly(vinyl chloride) to emissions of PCDD and PCDF from house fires.</p> <p>William F. Carrol Jr.</p> <p>Chemosphere 45 (2001) 1173-1180.</p>

EXPERIMENTDESIGN	MÄTPARAMETRAR	RESULTAT	REFERENS
<p>Artikeln utgår från samma experiment som <i>“Physical, biological and chemical processes during storage and spontaneous combustion of waste fuel”</i> av William Hogland och Marcia Marques, men behandlar endast industriavfallet.</p>	<p>Temperatur O2 CO2 CH4 Innehåll i släckvatten analyserades också</p>	<p>Resultaten är samma som i <i>“Physical, biological and chemical processes during storage and spontaneous combustion of waste fuel”</i>, men går mer detaljerat in på industriavfallet. Artikeln innehåller dessutom mer diagram med temperatur, fuktighet och höjd på avfallshögen.</p>	<p>Physical, biological and chemical effects of unsorted fractions of industrial solid waste in waste fuel storage William Hogland, Torleif Bramryd och Ingrid Persson. Waste Management and Research (1996) 14, 197-210</p>

EXPERIMENTDESIGN	MÄTPARAMETRAR	RESULTAT	REFERENS
<p>Mätningarna är gjorda i Taiwan vid metallskrotupplaget Wenli. Man misstänker att luftutsläpp från upplag av metallskrot förmodligen innehåller höga koncentrationer av PAH, på grund av hög halt av orenheter och plastrester i metallskrotet. Prover samlades in samtidigt vid fem</p>	<p>Total PAH-konc. Konc. enskilda PAHer</p>	<p>PAH-koncentrationerna på platserna inom brandområdet var signifikant högre än de andra. Platser utanför området, men som låg i vidrikningen hade högre koncentrationer PAH än de andra platserna utanför området. Koncentrationen av PAH vid</p>	<p>Effects of open-air burning of metal scrap on ambient polycyclic aromatic hydrocarbon concentrations. Jiun-Horng Tsai, Beng-Hwa Peng, Shouou-Tarrng Lin och Ding-Zang Lee The Science of the Total Environment 164(1995) 9-17</p>

<p>olika plaster för att jämföra effekterna av okontrollerad förbränning av metallskrot, på PAH-koncentrationen.</p> <p>Två platser låg på utsläppskällan och två strax i närheten. Två platser låg en bit bort (1,5 och 2,5 km) från källan.</p> <p>Prover togs dagligen, mellan februari och december 1992.</p>		<p>utsläppskällan var lika hög som koncentrationen i den närliggande staden Taipei, där de höga koncentrationerna beror på bilavgaser.</p> <p>Partikelbundet PAH från förbränningen visade sig vara mycket mutagena. Slutsatsen blev att denna typen av utsläpp har stor påverkan på hälsa, miljö och luftkvalitet</p>	
---	--	--	--

7. Bilaga B: Relevanta sidor på Internet

Hemsidor

EPA

Motsvarigheten till Naturvårdsverket i USA

<http://www.epa.gov>

Environment Canada

En liknande sida för Kanada

<http://www.ec.gc.ca>

FEMA

Motsvarigheten till räddningsverket i USA

<http://www.fema.gov>

NOVEM

Netherlands Agency for Energy and the Environment

<http://www.novem.org/>

VROM

Netherlands ministry of spatial planning, housing and the environment

<http://www.vrom.nl/international/>

Sidor från referenslistan till emissions of organic air toxics from open burning a comprehensive review av P.M. Lemieux m.fl.

Technology Transfer Network Air Toxics Website

Här finns alla giftiga luftföroreningar listade, enl. EPA.

<http://www.epa.gov/ttn/atw/188polls.html>

Technology Transfer Network Clearinghouse for Inventories & Emission Factors

Emission Inventory Improvement Program. Här finns råd om hur man mäter emissioner från olika typer av anläggningar.

<http://www.epa.gov/ttn/chief/eiip/techreport/index.html>

Fire in the United States

En statistisk översikt om bränder i stort i USA. Översikten sträcker sig från 1989-1998.

<http://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/publications/fius12th.pdf>

National Interagency Coordination Center

Här kan man också leta upp brandstatistik.

<http://www.nifc.gov/news/nicc.html>

California air Resources Board

Här finns referens nr 40 att hämta i fulltext.

<http://www.arb.ca.gov/research/abstracts/a5-126-32.htm>

Sidor från referenslistan till "Landfill fires their magnitude, characteristics and mitigation"

National Fire incident reporting system (NFIRS)

<http://www.nfirs.fema.gov/>

Landfill fire.com

Information om tippbränder i USA.

<http://www.landfillfire.com/delta1.html>

Övrigt

Här finns *Evaluation of Emissions from the Open Burning of Household Waste in Barrels - Volume I*. Technical Report (EPA-600/R-97-134a) och *Evaluation of Emissions from the Open Burning of Household Waste in Barrels - Volume 2*. Appendices A-G (EPA-600/R-97-134b) av Paul M. Lemieux att hämta.

<http://www.epa.gov/ttn/catc/products.html>

Här finns *Development of Test Procedures to Determine Emissions from Open Burning of Agricultural and Forestry Wastes*, av Bryan M. Jenkins, Daniel P.Y. Chang och Otto G. Raabe, att hämta.

www.arb.ca.gov/research/abstracts/a5-126-32.htm

Räddningsverket, 651 80 Karlstad
Telefon 054-13 50 00, fax 054-13 56 00. www.srv.se
Beställningsnummer P21-455/04. Fax 054-13 56 05
ISBN 91-7253-248-3