

25 år efter Bhopal – har vi lært lektien?

Mandag den 3. december 1984 vågnede verden op til den største katastrofe forårsaget af kemisk industri i fredstid. I Bhopal døde tusinder, da der slap betydelige mængder methyilisocyanat ud fra en lagertank. Desværre ser det ud til, at ikke alle har lært lektien. Her beskrives det, hvad der skete i Bhopal, hvilke politiske løsninger det gav, og hvordan det sidst på sommeren i 2008 var tæt på at gå frygteligt galt igen

Af Niels Jensen, Safepark Consultancy

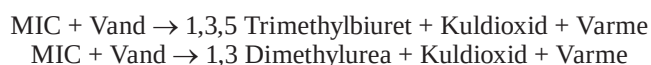
På Union Carbide India Limiteds (UCILs) anlæg til produktion af pesticidet carbaryl i byen Bhopal i staten Madhya Pradesh i Indien slap der den 3. december 1984 betydelige mængde MIC – methyilisocyanat ud fra en lagertank. Tusindvis af mennesker døde. Om antallet af døde var omkring 3.800, som regeringen i Madhya Pradesh hævder, eller 8.000, som antallet af ligklæder solgt den første uge efter gasudslippet indikerer, eller 15.000, som de lokale bedemænd anslår, er ganske ligegyldigt [1]. Mere væsentligt er det, at der stadig dagligt dør mennesker som følge af udslippet for 25 år siden. Der er således langsigtede konsekvenser af uheldet, som de involverede virksomheder endnu ikke har taget vare på. For den kemiske industri som helhed er der også alvorlig langsigtede konsekvenser:

- Den amerikanske arbejdsmiljøstyrelse – OSHA – offentliggjorde i sommeren 1990 deres "Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals" - PSM-forordning [2], som trådte i kraft i 1992 med det formål at beskytte medarbejdere i kemiske anlæg.
- De amerikanske miljømyndigheder – EPA – offentliggjorde deres RMP-forordning, som trådte i kraft i 1999 med det formål at beskytte naboer til kemiske anlæg.
- EU vedtog Seveso II-direktivet i december 1996 [3] med 24 måneders frist til at implementere det i medlemslandenes nationale lovgivning. Formålet er det samme som for de to amerikanske forordninger.

Direkte eller indirekte er disse tiltag fra myndighedernes side en konsekvens af giftudslippet i Bhopal. Nogle virksomheder reagerede hurtigt på katastrofen i Bhopal. DuPont stoppede opstart – planlagt til medio december 1984 – af et anlæg identisk med Union Carbide India Limiteds og gav deres ingeniører besked på at ændre processen, så et mellemproduktlager af MIC blev elimineret. Andre forsvandt som følge af katastrofen. Den 6. februar 2001 blev Union Carbide Corporation et datterselskab af The Dow Chemical Company [4]. Desværre ser det ikke ud til, at hele den kemiske industri har lært lektien [5].

MIC-udslip i Bhopal

I løbet af sommeren 1984 stoppede UCIL produktionen af carbaryl i Bhopal, men man fortsatte med at producere mellemproduktet MIC til oplagring – også mhp. eventuelt videre salg til andre. Natten mellem den 2. og 3. december 1984 kom der vand ind i MIC lagertank E610, og MIC i denne begyndte under stor varmeudvikling at reagere med vandet efter følgende reaktioner:



Den første reaktion forløber ved tilstedeværelse af mindre mængder vand, mens den anden reaktion foregår ved vandoverskud. Ved tilstedeværelse af katalysatorer, som jern, kobber, tin eller zink kan dannes en trimer:



MIC er ekstremt giftigt med en hygiejnisk grænseværdi på 0,02 ppm og en LC_{50} for rotter på 5 ppm. Det koger ved 39,1°C, damptrykket ved 20°C er 348 mmHg, molekyelvægten er 57 og vægtfylden relativt til luft er 2, dvs. MIC på gasform er en tung gas.

Der er mange kilder til informationer om ulykken i Bhopal. Der er Union Carbide Corporations officielle hjemmeside om katastrofen (www.bhopal.com), en Wikipedia-side (en.wikipedia.org/wiki/Bhopal_disaster) med udførlige referencer til kilder samt hjemmesider for NGO'er, som stadig arbejder for at lindre lokalbefolkningens fortsatte lidelser. The Bhopal Medical Appeal (www.bhopal.org) og The International Campaign for Justice in Bhopal (www.icjb.org) er blot to af mange. Den teknisk bedste gennemgang af forløbet finder man i Lees [6].

UCILs anlæg i Bhopal havde tre lagertanke til MIC – E610, E611 og E619, som var fremstillet af rustfrit stål. Tankene var halvt nedgravede med en længde på 12,2 m og en diameter på 2,4 m. De var dækket med jord, og deres kapacitet var 56.500 liter eller omkring 45 tons MIC. Den ene lagertank var til nødsituationer, så den maksimale produktionslagerkapacitet var omkring 90 tons MIC. Tankene havde freonbaseret køleanlæg. Anlægget var derudover udstyret med en flare og et vasketårn til at destruere MIC i tilfælde af udslip. Dvs. det var bygget med de nødvendige sikkerhedssystemer til at håndtere mindre udslip af MIC, både under produktion og fra lageret.

I juni 1984 besluttede ledelsen at lukke det freonbaserede køleanlæg. I oktober 1984 besluttede samme ledelse at lukke vasketårnet. Man vurderede, det var unødvendigt, da man ikke producerede MIC. Samme måned blev flaren lukket ned og et stykke korroderet rørledning fjernet. Dvs. at på tidspunktet for gasudslippet var tre væsentlige sikkerhedssystemer ikke funktionsduelige. Desuden kunne man i tiden inden udslippet ikke holde nitrogentrykket over MIC'en i tank E610.

Men hvorfor var det nødvendigt med så store lagertanke til MIC? Måske skyldtes de store tanke, at anlægget oprindeligt importerede MIC fra Union Carbide Corporations anlæg i Insti- ►



Figur 1. Billeder fra det tidligere UCIL-anlæg i Bhopal taget i 1999. Kilde: Greenpeace.

T.v.: Udenfor resterne af α -naphtol-anlægget lå i 1999 denne bunke brune sten. Det er sandsynligvis carbaryl, som under brand kan frigive MIC. Græsbrande er ikke ualmindelige i området.

I midten: Dråber af kviksølv på jorden ved det tidligere sevin-produktionsanlæg i Bhopal. Kviksølvniveauet var i 1999 tusindvis af gange højere end det normale baggrunds niveau.

T.h.: I en lagerbygning åben for vind og regn lå i 1999 søk med pesticider og råmaterialer til produktionen.

Din leverandør af procesudstyr og komplette anlæg



AageChristensen A/S
INGENIØR- OG HANDELSVIRKSOMHED

SKELMOSEVEJ 10 . DK-2500 VALBY. TEL.: +45 3644 2444 . FAX: +45 3644 2024
E-MAIL: info@aagechristensen.dk . www.aagechristensen.dk



tute, West Virginia, og at man derfor var vant til at have større

mængder MIC i anlægget. På tidspunktet for gasudslippet var der 41 tons MIC i tank E610 og 21 tons MIC i tank E611 – ganske meget ift. lagertanken hos Bayer CropScience i Institute.

Om aftenen den 2. december kom omkring $\frac{1}{2}$ m³ vand ind i tank E610. Via omfattende analyser på tre amerikanske laboratorier (baseret på prøver taget fra tank E610 efter gasudslippet) har Union Carbide Corporation med stor sandsynlighed analyseret sig frem til, hvad der skete i tank E610:

1. Indholdet i tank E610 var til at begynde med 15-20°C.
2. På ukendt måde er mellem 500 og 1000 kg vand kommet ind i tank E610.
3. Den eksoterme reaktion mellem MIC og vand får temperaturen i tank E610 til at stige, og den medfølgende CO₂-produktion får også trykket til at stige.
4. Den højere temperatur og tilstedeværelsen af kloroform fra nedlukningen af MIC-produktionen fremmer korrosionen.
5. Jern fra korrosionen katalyserer den eksoterme trimerisering af MIC.

Det er fastslået, at sikkerhedsventilen på tank E610 var åben i omkring 2 timer, og at der først slap ca. 5.000 kg/time ud. Det steg til over 20.000 kg/time pga. temperaturstigningen i tanken.

En indisk undersøgelse i februar 1985 antyder, at sabotage er den mest sandsynlige forklaring, men i den nuværende situation er det egentligt ret ligegyldigt: Fakta er, at tusindvis døde som følge af gasudslippet natten mellem den 2. og 3. december 1984. Fakta er, at mange overlevende har varige men af gasudslippet. Fakta er, at efterfølgende er kun dele af anlægget i Bhopal blevet fjernet. Fakta er, at vandforsyningen i Bhopal forurenes af kemikalier oplagret på UCILs tidligere anlæg i byen. Fakta er, at mennesker stadig dør grundet denne forurening.

Jeg tror ikke, at vesteuropæere eller nordamerikanere ville have affundet sig med en sådan situation.

Forureningen omkring UCILs tidligere anlæg kan man bl.a. læse om på hjemmesiden www.bhopal.net/contamination.html, og forskellige publikationer, bl.a. [7], kan downloades fra hjemmesiden www.bhopal.org



Figur 2. Eksempel på de vanskabte børn, som fødtes efter gasudslippet. Drengen på billedet til venstre hedder Amir, benene på billedet til højre tilhører Adil. Kilde: The Bhopal Medical Appeal.

bhopal.net/contamination.html, og forskellige publikationer, bl.a. [7], kan downloades fra hjemmesiden www.bhopal.org

Den politiske reaktion

Det er en almindelig misforståelse, at Responsible Care-initiativet fra Canadian Chemical Producers Association (CCPA) var et svar på det, der skete i Bhopal [8]. Det er ikke tilfældet. Allerede i 1977 tog CCPA initiativ til en diskussion af farerne ved kemikalier, og i 1981 fortalte Bob Boldt fra Dow Chemical Canada de lokale medier i Sarnia om rapporten "Responsible Care". På det tidspunkt drejede det sig om at have den fornødne disciplin til at køre anlæggene på den måde, de var konstruerede til at blive kørt. I 1983 bad CCPA medlemmerne om frivilligt at underskrive de bagvedliggende principper. Fra foråret 1985 blev det et krav for medlemskab af CCPA. I de følgende år adopterede CMA (Chemical Manufacturers Association) Responsible Care-ideen. Med CMA – senere American Chemistry Council (ACC) – blev Responsible Care bl.a. via Agenda 21 udbredt til hele verden.

I 1985 var der et utilsigtet udslip af perchlorethylen fra Dow Chemical Canadas anlæg i Sarnia til St. Clair floden, som forbinder Lake Huron med Detroit og Lake Erie. Perchlorethylen, som er tungere end vand, lagde sig på flodbunden og begyndte at blødgøre gamle kulbrinteholdige sedimenter. Der dannedes en amøbelignende boble på flodbunden, og den tog sig rigtig godt ud på billeder i medierne. I begyndelsen af dette årti besluttede Dow Chemical Canada at fjerne boblen fra flodens bund, selvom både deres og de canadiske miljømyndigheders undersøgelser viste, at den ikke udgjorde nogen fare for flodens vand – som bliver til drikkevand for over 100.000 mennesker lidt syd for Sarnia. Boblen blev fjernet alene for at beskytte firmaets image, og handlingen har måske betydning for, hvordan offentligheden opfatter dels The Dow Chemical Companys opførsel omkring UCILs gamle anlæg i Bhopal og Bayer CropSciences MIC-tank i Institute.

Samtidig med at Responsible Care fik vind i sejlene, blev der på begge sider af Atlanterhavet introduceret forordninger, der skulle reducere risikoen for uheld i forbindelse med produktion og/eller håndtering af farlige kemikalier. I USA pålagde OSHAs PSM-forordning fra 1992 virksomheder at udføre en risikovurdering af deres aktiviteter, etablere et beredskab til at håndtere uønskede situationer og informere medarbejdere og naboer om de farer, som anlæggets produktion indebar. Nogle år senere fulgte EU efter med Seveso II-direktivet, som stillede lignende krav til de europæiske virksomheder. Andre lande, f.eks. Canada, har indført national lovgivning efter samme

► Fortsættes på side 39

Repræsentativ
Formaling og Sigtning

NYHEDER

Solutions in Milling & Sieving

www.skanlab.com
retsch@skanlab.com

► Fortsat fra side 10



Figur 3. Den såkaldte "Sarnia-boble" - en mængde perchlorethylene, som er gået i forbindelse med sedimenterne på bunden af floden St. Clair syd for byen Sarnia i Ontario, Canada. Kilde: CBC Archives, 10. november 1985.

idéer, som ligger bag EUs og USAs forordninger,

Politikernes mål med forordninger som OSHAs PSM og EUs Seveso II er at reducere antallet af alvorlige uheld ved produktion af farlige kemiske stoffer. Om målet er nået, kan der sættes spørgsmålstegn ved, når man ser mængden af uheld, som rapporteres på CSBs hjemmeside (www.csb.gov). De undersøgelser, CSB gennemfører, viser ofte, at uheldene skyldes manglende efterlevelse af de vedtagne forordninger og god ingeniørpraksis.

Potentiale for MIC-udslip i Institute, West Virginia

I Kanawha Valley, hvor byen Institute i West Virginia ligger, er der mange kemiske virksomheder. Derfor blev byen i perioden omkring 1990 kendt i sikkerhedskredse for, at atten virksomheder gik sammen – forud for OSHAs PSM forordning – om at lave sammenlignelige beregninger af udslip af de farligste stoffer i hver af virksomhederne og informere befolkningen om resultatet af disse beregninger. Befolkningen blev også oplyst om konsekvenserne af et evt. udslip – både det værste tænkelige og det mere sandsynlige, samt om hvilke tiltag den enkelte virksomhed og gruppen af virksomheder udførte for at reducere konsekvenserne af et udslip mest muligt. Et af scenarierne var et MIC-udslip fra Union Carbide Corporations anlæg i Institute, som den daværende anlægsspektør beskrev på et offentligt møde i Charleston.

Union Carbide Corporation havde et anlæg i Institute til produktion af de samme stoffer, som produceredes i Bhopal. I dag er dette anlæg en del af det tyske firma Bayer CropScience. Processen til produktion af carbaryl og andre lignende stoffer eksisterer stadig, og det samme gør en lagertank til det ekstremt giftige mellemprodukt MIC. Siden ulykken i Bhopal er MIC-lagertanken i Institute blevet forsynet med et beskyttende net af stålkabler, som skal fange flyvende objekter, inden de rammer tanken. Tanken kan rumme omkring 7 tons MIC – noget mindre end tankene på UCILs anlæg i Bhopal. Alene tilstedeværelsen af lagertanken gør, at man ikke kan udelukke muligheden for sabotage, som Union Carbide Corporation hævder var årsagen til gasudslippet i Bhopal for 25 år siden.

Den 28. august 2008 skete der en eksplosionsulykke på Bayer CropSciences anlæg i Institute. Omkring 40.000 mennesker får besked på at holde sig indendørs. Ved eksplosionen døde to operatører, og otte medarbejdere meldte om tegn på påvirkninger af kemikalier, som smerter, tarm- og åndedrætsforstyrrelser. Eksplosionen skete i et anlæg til destruktionsaf en opløsning af methomyl, som anvendes til produktion af pesticidet larvin. Methomyl, som er handelsnavnet for det kemiske stof N-[(methylamino)carbonyl]oxy]ethanimido-

thioic acid methyl ester (CAS-nr. 16752-77-5), er et insecticid. Det amerikanske CSB, en myndighed med beføjelser til at undersøge ulykker i kemiske og relaterede anlæg mhp. at undgå lignende uheld fremover,

konkluderer i deres foreløbige rapport, at eksplosionen skyldtes signifikante mangler i forbindelse med anlæggets processikkerhedsarbejde. Bl.a. peger man på følgende forhold:

1. Skift fra et Honeywell- til et Siemens-computerkontrollsystem (DCS), med nye skærbilleder og betjening via mus i stedet for tastatur. Operatørerne var ikke fuldt trænet i anvendelsen.
2. En underdimensioneret opvarmningsenhed i destruktionsreaktoren betød, at enheden ikke kom op på den nødvendige temperatur til start af kontrolleret dekomponering af methomyl.
3. Normal praksis var at starte fødnings af methomylopløsning til enheden inden den nødvendige temperatur var nået og i for høj en koncentration og deaktivere forskellige sikkerheds-interlock i denne periode. Enheden var designet til destruktionsaf en opløsning med 1% eller mindre methomyl. CSB vurderer, at da trykket i destruktionsenheden begyndte at stige var der omkring 10.000 liter 20% methomylopløsning i enheden. En sikkerhedsanalyse og driftsprocedurerne advarede mod, at enheden kunne revne, hvis methomylkoncentrationen var over 1%. Den ændrede opstartprocedure var ikke blevet gennemgået som krævet af OSHAs PSM-forordning. Resultatet var, at beholderen revnede, hvorefter indholdet slap ud og startede en større brand. Dele af beholderen fløj næsten 20 meter gennem luften og ødelagde procesudstyr og bærende stålkonstruktioner.

Mest bekymrende for CSBs undersøgere var imidlertid en ►

www.pumpegruppen.dk Tlf. +45 45 93 71 00 Fax +45 45 93 47 55



On/off kontakt
Hastighedskontrol
Quick Connection



NY ELEKTRISK FADPUMPEMOTOR

- Regulerbar, 3.500-10.000 rpm.
- 650 W, 1x230 V, 50 Hz, IP24
- Nyudviklet "Quick Connection" til montering af motor på pumperør, uden brug af værktøj
- Indbygget overbelastningsbeskyttelse
- Konstrueret til kontinuerlig drift
- Passer til pumperør i PF, TBP og TBS serierne

PUMPE
GRUPPEN A/S

info@pumpegruppen.dk



Figur 4. Brand hos Bayer CropScience efter eksplosion af destruktionsreaktor for methomyl. Kilde: Coalition against BAYER Dangers (Germany).



Figur 5. Luftfoto af Bayer CropSciences anlæg i Institute, der viser afstanden mellem destruktionsenheden for methomyl og MIC-lagertanken. Kilde: US Chemical Safety Board.

lagertank til MIC mindre end 30 meter fra destruktionsenheden. Umiddelbart efter overtagelsen af anlægget i Institute vurderede Bayer CropScience, at en reduktion af MIC-lageret var mulig, men kostbar. Ved en høring om eksplosionen i april i år gav et medlem af Repræsentanternes Hus udtryk for, at tiden var inde til at forbyde oplagring af MIC. Ved høringen kom det frem, at Bayer CropScience kun havde to detektorer langs anlæggets hegn, som kunne detektere en MIC-lækage [9].

Allerede ved høringer i den amerikanske kongres mindre end to uger efter gasudslippet i Bhopal udtaler Warren Anderson, som på daværende tidspunkt var CEO for Union Carbide Corporation, at firmaet var "committed to safety", og han lovede at sikre, at en tilsvarende ulykke ikke ville kunne ske igen. Ikke desto mindre beholdt Union Carbide Corporation MIC-lagertanken i Institute, selvom mere sikkerhedsbevidste firmaer straks tog initiativ til at eliminere mellemlagre af MIC. Men der var også andre firmaer, som i tiden efter 1984 havde svært ved at få elimineret deres MIC-lagre, bl.a. Rhone-Poulenc i Institute [10].

Offentlighedens rimelige forventninger til Dow og Bayer

The Dow Chemical Companys holdning om, at det ikke har noget ansvar for det lukkede UCIL-anlæg i Bhopal, hænger ikke sammen med virksomhedens image, der er opnået ved at være førende mht. at sætte mål for sikkerhed og miljø. Allerede i 1995 offentliggjorde de deres mål for 2005, og løbende årlige rapporteringer viste, hvor langt man var nået [11]. Det hænger heller ikke sammen med fjernelsen af den såkaldte "Sarnia-boble" eller de initiativer, som The Dow Chemical Company for tiden tager for at sikre, at deres snart nedlagte Sarnia-site kan anvendes til andre formål end kemisk produktion [12].

Offentligheden kan med en vis rimelighed forvente, at The Dow Chemical Company påtager sig opgaven med at fjerne resterne af UCILs anlæg i Bhopal, så det ikke fortsat er til fare for uskyldige børn og andre. Desuden kunne man forvente, at firmaet påtog sig opgaven med at rense UCILs tidligere site i Bhopal, så den fortsatte forurening af områdets drikkevandsressourcer stopper sammen med de afledte negative helbredspåvirkninger. Dette selvom The Dow Chemical Company sandsynligvis ikke – enkelte retssager køre stadig ved amerikanske domstole – har nogen juridiske forpligtigelser omkring UCILs tidligere site i Bhopal. Der er imidlertid stærke indicier for et moralsk ansvar, som det vil tjene firmaets image at påtage sig.

The Dow Chemical Company har ikke længere nogen legal adgang til UCILs tidligere anlæg i Bhopal. Såfremt firmaet påtager sig opgaven med at rense grunden, kræver oprensningprojektet velvilje fra de nuværende ejere og fra de indiske myndigheder.

Af Bayer CropScience kan offentligheden forvente, at firmaet efterlever et af de grundlæggende principper bag både Responsible Care, OSHA's PSM og EUs Seveso II, ALARP-princippet. Det betyder, at når et konkurrerende firma allerede for mange år siden kunne undgå at have et lager af MIC, så kan Bayer CropScience også forventes at undgå det i dag. Derudover kan man selvfølgelig forvente, at firmaet efterlever OSHA's PSM-forordning.

Hvorfor skulle virksomhederne så gøre det? Det skal de, fordi de får et bedre image, og endnu vigtigere lever op til hele ånden bag Responsible Care og de heri beskrevne ideer om bæredygtig produktion.

E-mail-adresse

Niels Jensen: slangerup@gmail.com

Referencer

- (2009): "The Bhopal Medical Appeal", URL: <http://www.bhopal.org/>.
- OSHA (1996): "Process safety management of highly hazardous chemicals. - 1910.119", 57 FR 23060, June 1, 1992 og 61 FR 9227, March 7, 1996, URL: http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9760
- Major Accident Hazards Bureau (2009): "Legal Framework", URL: <http://mahbsrv.jrc.it/Framework.html>.
- Dow (2009): "Our Company – Union Carbide Corporation", URL: <http://www.dow.com/about/aboutdow/joint/union.htm>
- CSB (2009): "Bayer CropScience Pesticide Waste Tank Explosion Institute, WV, August 28, 2008", URL: <http://www.csb.gov>
- Lees, F.P. (1996): "Appendix 5 Bhopal" in "Loss Prevention in the Process Industries", 2nd Edition, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Labunska, I.; Stepenson, A.; Bridgen, K.; Stringer, R.; Santillo, D.; Johnston, P.A. (1999): "The Bhopal Legacy – Toxic contaminants at the former Union Carbide factory site, Bhopal, India: 15 years after the Bhopal accident", Technical Note 04/99, Greenpeace Research Laboratories, Department of Biological Sciences, University of Exeter, Exeter, UK, ISBN: 90 73361 59 1.
- O'Connor, J.A. (2005): "Responsible Care: Doing the Right Thing", URL: <http://www.ccpa.ca>.
- MetroNews (2009): "Crosby Pressed on MIC Monitors", Institute, Kanawha County, Wva, April 24th, URL: <http://www.wvmetronews.com>.
- Lapkin, M. (1994): "Reducing the Storage of Methyl Isocyanate at Rhône-Poulenc's Facility in Institute, West Virginia", An Interim Technical Report to People Concerned about Methyl Isocyanate.
- Dow (2009): "Dow Sustainability – Sustainability at Dow", URL: <http://www.dow.com/commitments/sustain.htm>.
- Dow (2009): "The Sarnia Legacy Project" og "Ceasing operations in Sarnia", URL: <http://www.dow.com/facilities/namerica/canada/sarnia/index.htm>.