



Ekspllosion jævner helt nyt produktionsanlæg med jorden.

Hedlund, Frank Huess

Published in:
Dansk Kemi

Publication date:
2020

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Hedlund, F. H. (2020). Ekspllosion jævner helt nyt produktionsanlæg med jorden. *Dansk Kemi*, 101(7), 22-26.

General rights

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

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

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



PGA-anlægget blev fuldstændigt raseret, og trykbølgen væltede den fristående destillationskolonne. Bemærk skader på bygningen i baggrunden.

Foto: Scanpix - Erik Friis.

Eksplosion jævner helt nyt produktionsanlæg med jorden

■ Serie om ulykker med farlige stoffer

Der er foregået en del ulykker i Danmark. Men der er ikke tradition for efterforskning og systematisk vidensdeling. Med ganske få undtagelser er dyrt høstede erfaringer i fare for at blive glemt.

Santayana har sagt, at de, der ikke kender historien, er dømt til at gentage den.

Artiklen er nummer 14 i en serie, som vil råde bod på denne sorte plet ved at beskrive tidligere hændelser udvalgt for deres læringspotentiale.

Ved produktion af PGA, et fortykningsmiddel til levnedsmidler, tilstoppede et filter, en velkendt driftsforstyrrelse. For at afhjælpe situationen blev filterets indhold med blandt andet varm acetone drænet til en beholder, som ikke var gastæt. Gasskyen var meget større end det zoneklassificerede område.

Af Frank Huess Hedlund

Bygninger er ikke konstrueret til at modstå indre overtryk, og selv mindre eksplosioner kan give anledning til store skader og endda bygningskollaps. Voldsomheden af eksplosionen af et næsten helt nyt produktionsanlæg på Grindstedværket i 1972 var i særklasse, idet der knapt stod noget tilbage af ydervæggene.

En person inde i bygningen blev dræbt, hvilket er forventeligt ved en større bygningsekspllosion. Men tre personer uden for bygningen blev også dræbt, hvilket er højst usædvanligt og muligvis den første gang i nyere tid, at dette er forekommet ved en eksplosion af antændelige dampe inde i en bygning i Danmark. Det tyder på, at opblandingen af dampe i luft har været noget nær ideel, dvs. støkiometrisk, hvilket giver en effektiv og hurtig forbrænding, men som desværre også danner et kraftigt eksplosionsovertryk.

Ved eksplosionsulykken på Sojakagefabrikken på Islands Brygge i 1980 var størrelsen af udslippet af hexandampe fra anlæg til ekstraktion af fedtstof (olie) fra sojabønner væsentligt større end i Grindsted. På Sojakagen var der også meget store bygningsskader, og på fotos [1] ser det ud som om, at mange af bygningerne er styrtet sammen. Men i Grindsted blev bygningen fuldstændig jævnet med jorden.

Hvorfor interessant små 50 år senere?

Selve forløbet før ulykken på Grindstedværket er relativt trivielt. Unge mennesker som får driftsansvar, der ikke står mål med deres oplæring. Et såkaldt ureglementeret manuelt indgreb for at afhjælpe et driftsstop og fortsætte produktionen. Et helt nyt anlæg med et på visse punkter lidt optimistisk design, der blandt andet viste sig at have indkøringssvanskeligheder med tilstopning. Nogle hurtige og næppe helt gennemtænkte designændringer (et filter), der introducerede farer i et ellers efter datidens standard udmærket design. Fortsat drift af et fuldt ud lovligt anlæg, selvom man nok godt vidste, at situationen måske ikke var helt optimal, og at driften nogle gange var tvunget til at improvisere lidt og derfor ikke overholdt driftsprocedurene.

Men ulykken er interessant for opklaringsarbejdet og ikke mindst de meget indsigtfulde kommentarer om eksplosionsforebyggelse, der fulgte efter. Tager reglerne tilstrækkeligt hensyn til størrelsen af de områder, der zoneklassificeres som eksplosionsfarlige? Er mulige årsager til udslip af brændbare dampe kortlagt godt nok, særligt hvad angår driftsafvigelser? Er mekanisk ventilation tilstrækkelig til at kunne nedklassificere områder? Hvis en eksplosion skulle ske, hvordan kan eksplosionstrykket så aflastes sikkert?

Der skulle dog gå godt 30 år, før vi fik ATEX regelværket, der netop behandler disse spørgsmål.

Kemien - PGA

Agar, carragenean, alginat og pektin er komplekse polysakkarider, som har mange anvendelser i fødevarer, farma, kosmetik



Alginat er en likekædet blok-polymer med repeterende blokke af β -D-mannuronat og α -L-guluronat. Den rumlige struktur er nærmere beskrevet i den anden artikel i dette nummer af Dansk Kemi, se venligst artiklen "Mikrokapsler af alginat - innovative anvendelser" på side 8. Kilde: Pubchem.

etc. I fødevarerindustrien anvendes de blandt andet som fortykningsmidler, til stabilisering af dispersioner eller som emulgatorer for at forhindre, at produktet skiller, for at styre frigivelsen af smagsstoffer eller for at forbedre den vigtige *mouth feel*. Agar, carragenean og alginat udvindes fra forskellige typer alger. Pektin udvindes fra skallen af citrusfrugter eller i Danmark traditionelt fra æbler.

Som den eneste af de nævnte polysakkarider udvindes alginat fra brunalger, hvor den kan udgøre op til 40 procent af tørstofindholdet. Alginat er en likekædet blok-polymer af β -D-mannuronat (M) og α -L-guluronat (G). Sekvensen af monomererne kan stærkt forenklet beskrives som repeterende blokke af for eksempel udelukkende M, udelukkende med G, blokke af skiftevis MG osv.

Alginat opfattes primært som en strukturkomponent i brunalgen, der giver algen mekanisk styrke og fleksibilitet, meget lig den funktion cellulose og lignin har i andre planter. Ligesom cellulose er alginat også ufordøjeligt. Indhold og sammensætning af M- og G-monomererne varierer mellem algearterne og endda også i de forskellige plantedele af den enkelte alge. I brunalgen *L. Hyperborea*, som vokser i udsatte kystområder, har stænglen et stort indhold af guluronat, som giver styrke og stivhed, mens bladene, der flyder i strømmende vand og skal være bevægelige, har et lavere indhold af G.

Det er de ionbindende egenskaber af alginat, der er bestemmende for geldannelse og viskositet. Divalente kationer kan binde på carboxylgrupperne, hvilket får kæderne til at folde og krydsbinde, hvorved alginatet bliver tungtopløseligt. Omvendt er salte af monovalente kationer opløselige.

Når algen høstes, er alginat i ionligevægt med havvandets salte. I første trin i oprensningen foretages en ionbytning ved at tilsætte en svag mineralsyre, så alginat omdannes til den uopløselige alginsyre. I andet trin neutraliseres med natriumkarbonat eller natriumhydroxid, så der dannes vandopløselig natriumalginat, hvorefter uønskede algedele kan fjernes ved filtrering. Yderligere oprensning kan ske ved at fælde natriumalginatet i alkohol eller ved tilsætning af calciumklorid, hvorefter det kan bringes tilbage på syreform eller som natriumsalt.

Alginater anvendes i en bred vifte af fødevarer. Det eneste alginatderivat, der anvendes i fødevarer, er propylenglykolalginat (PGA). Det fremstilles ved en delvis forestring af carboxylsyregrupperne ved reaktion med propylenoxid. PGA er velegnet til stabilisering af sure produkter, for eksempel salatdressinger og frugtdrikke, hvor den ikke-modificerede alginat ellers ville udfælde som alginsyre. En anden fordel er, at geldannelsen foregår ved almindelig temperatur, hvorefter den er termoirreversibel. ▶

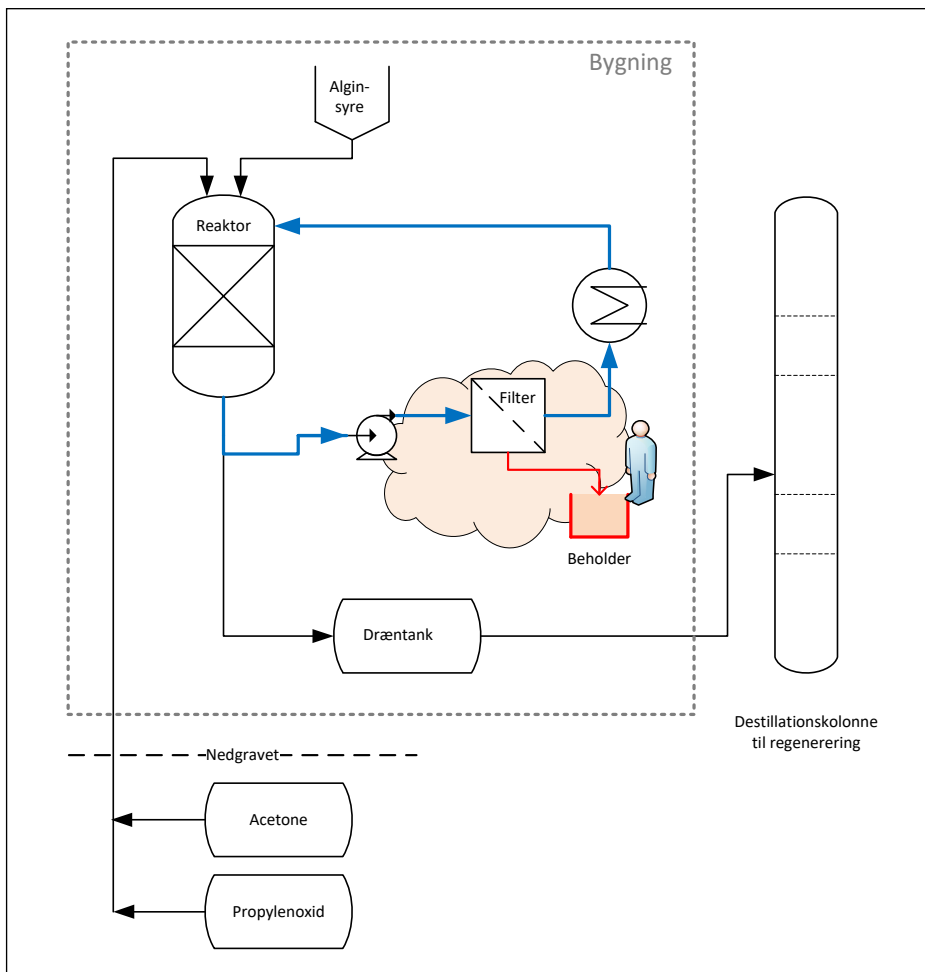
Pipetteservice

Akkrediteret kalibrering
Reparation • Vedligeholdelse

Gilson Center of Excellence • Certificerede teknikere • 20 års erfaring
• Alle førende fabrikater • Elektroniske certifikater • Serviceaftaler

Biolab A/S,
Sindalsvej 29, DK-8240 Risskov,
Tlf: 8621 2866 Fax: 8621 2301
E-mail: pipetteservice@biolab.dk
www.biolab.dk

Cal. Reg. Nr. 482



PGA-produktionen var en batchproces, hvor alginsyre blev placeret i leje i en reaktor og propylenoxid og opløsningsmiddel blev cirkuleret over en varmeveksler. Ved forsøg på at rense et tilstoppet filter, blev rummet fyldt med brændbare dampe.

PGA er derfor velegnet i dessertis. Den er også stabil ved højere temperaturer og kan derfor stabilisere skum, der varmes op, altså bagning af kager [2].

Anlægget

PGA-anlægget var placeret i egen fritliggende bygning med et grundareal på cirka 400 kvadratmeter. Halvdelen af bygningen med fryserum, optøningsrum og folkerum var tre meter høj, og resten med mølleri, blanderum og reaktorrum var seks meter høj. Der var oplag af brandfarlige væsker i nedgravede tanke og kraft- og dampforsyning skete via en underjordisk ingeniørgang. Regenerering af opløsningsmidler skete i en 20 meter høj destillationskolonne placeret ved siden af anlægget i det fri.

De elektriske installationer var udført efter stærkstrømsreglementets bestemmelser for "mere eksplosionsfarlige rum" i reaktorrummet og for "mindre eksplosionsfarlige rum" i den øvrige del, ligesom der var truffet foranstaltninger til afledning af statisk elektricitet. Rumene var velventilerede ved hjælp af et mekanisk ventilationsanlæg.

Alt i alt havde anlægget en opbygning, der formentlig ikke kan kritiseres ud fra den tids lovmæssige bestemmelser og gængs sædvane [3].

Processen

Der var tale om en relativt ny batchproces, som Grindstedværket selv havde udviklet. PGA-afdelingen blev taget i brug i 1970, men kørte med en del afbrydelser. Forud for fremstillingen i fuld skala lå forsøg i pilotanlæg.

Frossen alginsyre blev modtaget som råvare. Efter optøning og formaling havde den konsistens som savsmuld. Alginsyren blev placeret i leje i en reaktionsbeholder, som derefter blev tilført acetone (Bp 56°C) og propylenoxid (Bp 34°C). Der er ingen skitser i de danske kilder. Men efter alt at dømme blev opløsningsmidlerne cirkuleret over en varmeveksler, til den ønskede reaktionstemperatur var nået. En patentansøgning fra 1970, godt nok på en kontinuert proces, angiver en reaktionstemperatur på cirka 50°C og et overtryk på 0,8 atm, men med betydelig variation, reaktionstiden oplyses at kunne variere fra fem minutter til fem timer, og

temperaturen fra 45°C til 90°C [4]. Når reaktionen var ført til ende, blev varmeveksleren stillet om til at køle blandingen. Så blev væskerne ført til dræntank og derefter til regenerering i destillationskolonnen. PGA-produktet kunne da udtages fra reaktionsbeholderen.

Der viste sig dog hurtigt driftsproblemer. Noget af det faste stof blev revet med af væsken og fordelte sig i systemet på en u hensigtsmæssig måde. Man kan let forestille sig, at alginsyrens ekstremt geldannende egenskaber har ledt til, at trevler og klumper har givet alle mulige problemer med begroninger, tilstopning, rensestop osv. For at imødegå dette blev der sat et filter ind i kredsløbet.

Det løser selvfølgelig problemet med tilstopninger u hensigtsmæssige steder. Men skaber et nyt. For hvad skal man gøre, når filteret stopper til?

Ulykken

Fire personer passede anlægget. En driftsingeniør, en fabriksmester, en ung kvinde på 20 år, der gennem et halvt år havde været beskæftiget ved anlægget, og endelig en ung mand på 18 år, der netop var ansat. Det var disse fire, der omkom ved eksplosionen den 7. november 1972 klokken cirka 16:30.

De to unge passede anlægget. Driftsingeniøren og fabriksmesteren var taget hjem. Den unge kvinde har formentlig observeret forhøjet pumpetryk på grund af et tilstoppet filter, og måske også en forøget temperatur. Der havde tidligere været driftsforstyrrelser med unormale temperatur og -trykforhold. Hun har følt, at hun har måttet gøre noget og "standse processen ved at føre reaktionsblandingen tilbage til ikke-damptætte beholdere for udgangsmaterialerne" [5]. Hvordan denne tilbageførsel er sket, er noget uklart, særligt hvorvidt der skulle være faste installationer, der muliggjorde det. Det mest sandsynlige er vel, at de to unge har villet rense filteret, og derfor tømte det ned i en improviseret beholder/spand.

Da filteret var tilstoppet, var det ikke længere muligt at køle reaktionsblandingen ved at cirkulere den over varmeveksleren. Reaktionsblandingsens temperatur oplyses at have været omkring 90°C. Ved tømning af filteret har der derfor været en kraftig flash fordampning fra de varme tryksatte væsker, og dampudviklingen må have overrumplet de to ansatte. De forlod derfor bygningen og tilkaldte driftsingeniøren og fabriksmesteren telefonisk.

Ifølge vidneudsagn optrådte de to tilkaldte rolige og beherskede og gav ikke indtryk af at være i en akut situation. Fabriksmesteren ankom først. Han gik ind i



Anlægget blev fuldstændig jævnet med jorden, ydervæggene stod knapt tilbage. Kilde: [3].

bygningen formentlig for at nå frem til styretavlen i det ikke-gnistssikrede rum på førstesalen for at afbryde strømforsyningen. Driftsingeniøren var på vej over gårdspladsen mod anlægget. De to unge stod udenfor. Dampene var formentlig trængt ind i rummet med styretavlen. Alle fire blev dræbt ved eksplosionen. Der ville sandsynligvis have været (mange) flere dræbte, hvis ikke det store daghold netop lige havde forladt Grindstedværket.

Bygningen blev totalt jævnet med jorden. Store murbrokker blev slynget op til næsten 100 meter væk. Lette tage og facader på andre bygninger blev splintret og løsrevet op til flere hundrede meters afstand fra eksplosionsstedet, ligesom visse bærende tagkonstruktioner styrtede ned. En 50 meter lang ingeniørgang blev fuldstændig ødelagt, dækket blev slynget af og siderne væltede indad. På fotos af resterne af ingeniørgangen ligner det skaderne fra en detonation.

Efterspil - Arbejdstilsynet

Arbejdstilsynets undersøgelse påpegede, at Grindstedværket ikke havde klarlagt de termodynamiske processer fuldt ud ved opskaleringen fra pilotanlæg til produktion. Grindstedværket var derfor ikke klar over, at forestringen udviklede varme. Når cirkulationen standsede, blev det faste stof badet i væsken og ekstra meget varme blev udviklet, så processen forløb voldsomt mere, mente tilsynet [5].

Det er næppe hele historien, for i Grindstedværkets patentansøgning [4] fremgår det tydeligt, at processen er exoterm, men Grindstedværket har tilsyneladende ikke ønsket at gå i rette med Arbejdstilsynets udmeldinger. De har nok vurderet, at de, uanset hvad, havde en rigtig tabersag. For under alle omstændigheder har væsken været rigelig varm til at fylde bygningen med dampe. De to unge havde tydeligvis ikke den fornødne oplæring. Det nye filter var ikke gennemtænkt, det løste et driftsproblem, men skabte et nyt. Driftsafvigelser med høj temperatur og tryk var forekommet tidligere, men årsagen var ikke korrigeret og en procedure for sikker afhjælpning var ikke etableret. De to unges tømning af filteret blev karakteriseret som et "ureglementeret manuelt indgreb" [5].

Ingeniørens Ugeblad spurgte Arbejdstilsynet, hvorfor der ikke var rejst tiltale mod virksomheden, særligt set i lyset af at driftsprocedurerne var fraveget. En af grundene var hensynet til de efterladte, blev det oplyst. Den, der havde ansvaret for processen, omkom. Og desuden forelå en skriftlig ansvarsoverdragelse fra virksomhedens side. Det ledte til spørgsmål om, hvorvidt en sådan overdragelse var almindeligt forekommende. Ja, på en virksomhed som Grindstedværket med mange farlige processer, svarede Arbejdstilsynet. Den går altså ikke længere.

Efterspil - eksplosionsbeskyttelse

Magnus Madsen fra Dansk Brandværnskomité (nu DBI) havde nogle særdeles fremsynede overvejelser efter eksplosionsulykken [3].

Stærkstrømsreglementets krav til elektriske installationer i såkaldt "mindre eksplosionsfarlige rum" var nok for lempelige, mente han. Installationerne ville kun være sikre nok på steder, hvor der absolut ikke kan forekomme eksplosive blandinger. Det var ret almindeligt at klassificere et rum som mindre eksplosionsfarligt, når brandfarlige væsker var i lukkede systemer, og der blev etableret kraftig mekanisk ventilation. Men tog denne nedklassificering hensyn til driftsforstyrrelser, hvor der kan forekomme udstrømning af store mængder dampe, spurgte han.

Tog den gængse byggeskik tilstrækkelige hensyn til den specielle risiko, der foreligger ved en eksplosion, særligt behovet for tilstrækkeligt store aflastningsarealer, spurgte han videre. Størrelsen af de nødvendige aflastningsarealer ville nok overraske mange, mente han.

Var man tilstrækkelig opmærksom på placering af farlige anlæg i det fri? Man kunne lade sig inspirere af spaltegasværkerne, hvor selve anlægget var i det fri, og styrefunktionerne var samlet i den mindre bygning, fremførte han. Nu, 50 år, senere må man dog konstatere, at selvom Magnus Madsen principielt har ret, så er udviklingen på dette punkt gået i modsat retning, ofte dikteret af hensyn til støjdemping eller mindskning af lugtgener.

ATEX

Der skulle gå rundt regnet 30 år, før vi fik ATEX regelværket, der netop behandler de problemstillinger, som Magnus Madsen rejste i 1973. EU-direktivet blev vedtaget i 1999 og trådte i kraft for nyanlæg i 2003, for eksisterende anlæg tre år senere [6].

Før ATEX var eksplosionsbeskyttelse snævert forbundet med anvendelse af særligt sikret (og dyrt) elektrisk udstyr. Afhængig af sandsynligheden for forekomst af antændelige dampe skulle der foretages en klassifikation af områder, hvor elektrisk udstyr skulle være Ex-godkendt (udtales ofte epsilon-x) til zone 0, 1 og 2. For antændeligt støv var de tilsvarende zoner 20/21/22. Der stilles særlige krav til konstruktionen af elektrisk udstyr i disse Ex-zoner, som sikrer, at udstyret ikke kan være antændelseskilde og forårsage en eksplosion, hvis der skulle være dampe til stede.

ATEX-direktivet angriber problemstillingen på fundamentalt anden vis med udgangspunkt i forebyggelse og risikoanalyse-tænkning. Følgende principper skal anvendes, i prioriteret rækkefølge:

1. Forebygge, at der kan dannes eksplosiv atmosfære; og hvor dette ikke er muligt ...
2. Træffe forholdsregler, så der ikke sker antændelse, meget lig ►

Pipettecenteret

Kalibrering og service af alle fabrikater pipetter.

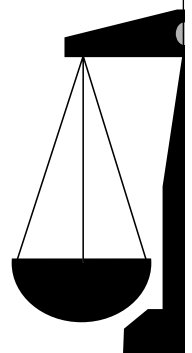
Vi kalibrerer både ved indsendelse eller på kundens adresse.

Salg af pipetter og laboratorie varer.



Pipettecenteret

Skovkanten 41 · 4700 Næstved
Tlf. 55 73 62 05 · Mobil 30 33 32 49
Email. nielslindgaard@stofanet.dk
www.pipettecenteret.dk





Intet var uskadt i den eksplosionsramte bygning. Kilde: [3].

den gamle måde at gøre tingene på med zone-klassificering, anvendelse af Ex-godkendt udstyr, sikring mod statisk elektricitet og andre tændkilder; og

3. Træffe forholdsregler til afhjælpning af virkningen af en eksplosion, af hensyn til de ansattes sikkerhed.

Processen er egentlig en traditionel risikoanalyse, der starter med en kortlægning, hvor muligheder for dannelse af antændelig atmosfære identificeres, og hvor scenarierne herefter vurderes på sandsynlighed og konsekvens, altså på deres bidrag til den samlede risiko. De anvendte principper for forebyggelse, det såkaldte forebyggelseshierarki, er meget i tråd med EU's rammedirektiv for arbejdsmiljø [7], der senere også var grundlag for krav om arbejdspladsvurdering (APV).

Lignende eksplosionsulykker

Ødelæggende bygningsekspllosioner som følge af uheld med produktionsprocesser rapporteres sporadisk i den internationale nyhedspresse. Men desværre foreligger der sjældent oplysninger om årsager og forebyggelse.

En god undtagelse er eksplosionen i 2006 af CAI/Arnel manufacturing facility, en farvefabrik i USA (MA), hvor det amerikanske CSB foretog en glimrende udredning [8]. Trykfarve (eller maling) består af tre komponenter: pigment, bindemiddel og opløsningsmiddel, samt en sværm af additiver (befugtere, skumhæmmere, flydeegenskaber etc.). Bindemidlet er typisk nitrocellulose, som opløses i eksempelvis et organisk opløsningsmiddel. Denne blanding kaldes fernis, som derefter iblandes pigment.

På CAI/Arnel blev alle ingredienser tilført en dampopvarmet blandetank. Eksplosionen skete om natten, formentlig fordi en ansat havde glemt at lukke for damptilførslen. Bygningen blev jævnet med jorden, meget lig hvad der skete på Grindstedværket og der var skader på nærliggende boliger og virksomheder. På grund af uklarheder om ophavsret er det desværre ikke muligt at gengive fotos af ødelæggelserne, der henvises til [8].

Produktionsapparatet må siges at have været stærkt utidsvarende, manuelt styret opvarmning af brændbare opløsningsmidler, blandetankens afkast var ikke ført ud af bygningen, osv. Anlægget ville ikke være lovligt i Danmark. De direkte årsager til ulykken har derfor beskedent eller intet læringspotentiale. Men ulykken demonstrerer meget klart, hvor ødelæggende en sådan eksplosion kan være.

En anden eksplosion skete i september 2014 i Ritterhude lidt nord for Bremen på miljøvirksomheden Organo Fluid. Den tyske virksomhed modtog forskellige typer kemisk affald og genvandt blandt andet organiske opløsningsmidler, så de kan føres tilbage i

den cirkulære økonomi. En 60-årig ansat modtog sent på aftenen en sms om en teknisk alarm på anlægget og kørte til virksomheden for at undersøge, hvad der var galt. Han var inde på virksomheden, da eksplosionen fandt sted ved ni-tiden. Eksplosionen kunne høres kilometers væk. Anlægget blev totalskadet, og cirka 40 huse i det nærliggende boligområde blev beskadiget, mange alvorligt. Den ansatte blev fundet i ruinerne og bragt til hospitalet med svære brandskader. Han døde en uge senere. Der var tre lettere tilskadekomne blandt de omkringboende.

En kriminalteknisk undersøgelse blev afsluttet fire år senere, men uden resultat. Samtlige dokumenter og eventuelle beviser var gået tabt i den efterfølgende storbrand, og det kunne ikke afgøres, om de tekniske forskrifter havde været opfyldt eller ej. Anlægget var kort forinden blevet inspiceret af myndighederne, tilsyneladende uden anmærkninger. De tyske medier svirrer med mærkelige konspirationsteorier om, at virksomhedsjeeren havde givet dyr cognac for at få myndighedsgodkendelser. Men der er ingen oplysninger om årsager overhovedet.

Glemte?

Jeg har haft en artikel om denne ulykke på min to-do-liste i adskillige år, blandt andet for at kunne trække en af mine kæphesten af stalden, at selv meget store ulykker typisk går i glemmebogen, og et læringspotentiale går tabt. Der er i hvert fald et markant fravær af tilgængelige primærkilder, og Grindstedværket, som nu hedder Dupont, har på anmodning oplyst mig, at de ikke længere har nogen sagsakter om ulykken overhovedet. Jeg har blandt andet måtte tale med en ledende ingeniør, som var ansat på værket på det pågældende tidspunkt for at få visse uklarheder på plads. Ifølge hans dagbogsnoteringer skete eksplosionen klokken 16:27, og ikke klokken 16:30.

Men virkeligheden overhalede min artikelskrivning, og historiker Louis Bülow bragte faktisk en reportage i JyskeVestkysten i 2017 [9], dog primært hvorledes lokalsamfundet oplevede ulykken.

Epilog

Artiklen er skrevet som frivilligt arbejde. Jeg udtaler mig som privatperson, ikke på vegne af mine arbejdsgivere eller andre.

Frank Hedlund (ph.d.) er risikoekspert i Cowi og ekstern lektor på DTU i risk management.

E-mail:

Frank Huess Hedlund: fhhe@cowi.com

Referencer

1. Arbejdstilsynet, Eksplosionsulykken på Dansk Sojakagefabrik tirsdag 15. juli 1980 kl. 0.47.30., København, Danmark, 1981.
2. K.I. Draget, S.T. Moe, G. Skjåk-Bræk, O. Smidsrød, Alginates, in: Food Polysaccharides Their Appl., 2006.
3. M. Madsen, Eksplosionsulykken på Grindstedværket, Dansk Brand. 4 (1973) 3-7.
4. V. Nielsen, J.B. Lauridsen, K.S. Jensen, United States Patent US 3,691,150. Process for preparing propylene glycol alginate, (1972).
5. Anon., Eksplosionsulykken på Grindstedværket opklaret, Ingeniørens Ugebl. (1973) 3-4.
6. Directive 1999-92-EC on minimum requirements for improving the safety and health protection of workers potentially at risk from explosive atmospheres (ATEX), Off. J. Eur. Communities. L23 (2000) 57-64.
7. Council Directive of 12 June 1989 on the introduction of measures to encourage improvements in the safety and health of workers at work (89/391/EEC), Off. J. Eur. Communities. L183 (1989) 1-8.
8. Confined vapor cloud explosion (10 injured, and 24 houses and six businesses destroyed) CAI, Inc. and Arnel Company, Inc. Report No. 2007-03-I-MA, Chemical Safety and Hazard Investigation Board (CSB), USA, 2008.
9. L. Bülow, 7. november 1972 - Dagen, som Grindsted aldrig glemmer, JyskeVestkysten Billund. (2017) 4-5.