

patient demand a sparing thermal treatment. Torpid forces need strong incitements. Salty waters have the mildest efficacy, then sulphuric, radioactive, turf and muddy baths. Some waters have an almost specific effect: CO₂, arsenic, iodic waters.

Dr. Marko Bašić

POŽARI I EKSPLOZIJE U RUDNICIMA*

Jamski su požari i jamske eksplozije najopasniji neprijatelji rudara radi zagušljivih i otrovnih plinova, koji tim povodom nastaju. Ovi događaji zahtjevaju, uslijed svoje brzine i svojeg opsega kao i posebnih prilika samog jamskog pogona, većinom velike žrtve.

Jamski požari i eksplozije imadu, radi svojih katastrofalnih posljedica, neobično veliko značenje u kronici rudarskih nesreća. To pokazuju ove dvije skrižaljke, od kojih prva sadrži broj unesrećenih kod jamskih eksplozija, a druga kod čistih jamskih požara.

Skrižaljka I.

Broj unesrećenih povodom jamskih eksplozija na cijelom svijetu od 1839. do 1925. godine:

Unesrećenih	Broj eksplozija	Ukupni broj unesrećenih
od 10— 50	60	1552
„ 51—100	42	3403
„ 101—150	25	4289
„ 151—200	16	2976
„ 201—250	9	2089
„ 251—300	7	1903
„ 301—350	3	1101
„ 351—400	2	761
„ 401—450	1	427
„ 451—500	2	971
Courrières u Francuskoj		
1906 god.	1	1230

Napominje se, da ove brojke obuhvaćaju samo jamske eksplozije sa više od 10 unesrećenih i da nijesu potpune, osobito ne one

* Vidi: Atmosfera u rudarskoj jami Arhiv za medic. rada br. 2, 1946.
Zračenje u rudnicima Arhiv za medic. rada br. 3, 1946.

nakon 1913. godine, kao ni one iz prekomorskih zemalja. Ovih 168 eksplozija imale su za posljedicu 19002 unesrećenih, tako, da na svaku eksploziju otpada žalosni prosjek od 113 ljudskih života.¹

Prošle godine, 1946, dogodila se velika eksplozija u jednom rudniku u rurskom području, kod koje je poginulo oko 420 ljudi.

U našim su se rudnicima zbile u zadnje vrijeme također dvije velike eksplozije. 1934. godine nastala je eksplozija u rudniku K a k a n j u Bosni, kojom je prilikom poginulo 127 rudara. Kod eksplozije u rudniku R a š a u Istri, u godini 1940., izgubilo je živote navodno oko 400 ljudi. Kod eksplozije u rudniku Z a b u k o v a c u Sloveniji, u ljetu prošle godine, poginulo je 13 rudara prigodom same eksplozije, a u 4 je naknadno umrlo uslijed zadobivenih ozljeda.

S križaljka 11.

Broj unesrećenih povodom jamskih požara na cijelom svijetu od 1844. do 1922. godine:

Unesrećenih:	Broj požara:	Ukupan broj požara
od 10 do 20	10	156
„ 21 „ 30	7	169
„ 31 „ 40	3	119
„ 41 „ 50	3	137
„ 61 „ 70	2	134
„ 101 „ 110	2	218
„ 221 „ 230	1	225
„ 310 „ 320	1	319

O p a s k a 1. Radi ograničenog prostora nije navedeno ime svakog pojedinog rudnika sa brojem žrtava kao ni godina u kojoj se dogodila eksplozija. Isto vrijedi i za skrižaljku II. o požarima.

Ovih 29 požara, od kojih su također obuhvaćeni samo oni sa preko 10 mrtvih, tražili su 1477 žrtava. Prema tome otpada na svaki požar otprilike 50 mrtvih. I ovaj popis nije potpun.

Kako se vidi, izkazuje statistika jamskih požara znatno manje žrtava nego ona od eksplozija. To počiva djelomično na tomu, da jamski požari vrlo često povlače sa sobom eksplozije ili da požari nastaju uslijed eksplozije, te se u oba slučaja pribrajaju eksplozijama.

U skrižaljci II. su zabilježene samo žrtve čistih jamskih požara bez ikakve veze sa eksplozijama. Makar da i požari pokazuju u pojedinim slučajevima visoke brojke unesrećenih, to one općenito traže manje žrtava nego eksplozije. To je lako razumljivo. Požari ne nastupaju nikada tako iznenadno, naglo i sa takvom žestinom kao eks-

plozije. Radi toga imade ljudstvo u jami, u većini slučajeva, dosta vremena da se sklone na sigurno mjesto. Kod jamskih požara sa visokim brojem žrtava, kao na pr. u jednom rudniku u Češkoj u godini 1892. sa 319 mrtvih, radi se većinom o požaru u oknu, gdje požarni plinovi bivaju uvučeni u jamu. Na taj se način odreže ljudima put za bježanje. Osim toga sadržavaju požarni plinovi u izobilju ugljičnog monoxida uslijed preranog gašenja požara u oknu sa vodom. O tome je bilo govora u članku o zračenju u rudnicima u 3. broju ovoga časopisa.

Rudar je u jami ugrožen od tako mnogo slučajnih i nepredvidivih događaja, da se jamske katastrofe, ni pokraj svih nastojanja, ne mogu posve ukloniti. To tim teže, jer, od vremena do vremena, može uzrok katastrofa biti lakoumnost samih rudara. U neprestanom ophođenju sa opasnostima, oni otupe i previde pogibelj. Naša nastojanja moraju ići za tim, da se što više snizi mogućnost nastajanja jamskih požara i eksplozija. A gdje se njihova pojava već ne može spriječiti, da se barem njihovo djelovanje prostorno ograniči i oslabi. U skrižaljka I. i II. navedene brojke nesreća jasno dokazuju kakovo značenje imadu požari i eksplozije u statistici nezgoda i kako je dragocjeno svako sredstvo, koje nas stavlja u mogućnost, da makar i u skromnom opsegu snizimo broj žrtava uslijed požara i eksplozija.

Razlikujemo eksplozije praskavog zraka, ugljene prašine, požarnih plinova i mješane eksplozije. Nakon eksplozije jamske su prostorije više ili manje napunjene sa zagušljivim plinovima, kao dušikom i ugljičnim dioksidom, a prema prilikama i sa ugljičnim monoxidom, kao i sa dimom. Sadržaj je kisika više ili manje snižen, dapače isti može pasti ispod kritične granice od 15%, ili ga može potpuno nestati.

Isto se događa i za vrijeme ili nakon jamskog požara, koji nastupa sam ili uslijed eksplozije, osobito one uz sudjelovanje prašine ugljena. Kako ćemo još čuti, velika su rijetkost čiste eksplozije jamskog plina. Većinom kod njih sudjeluje ugljena prašina. Ista je uzrok velikog opsega katastrofe i zahtjeva mnogo žrtava uslijed pomanjkanja kisika u jamskoj atmosferi i velike množine ugljičnog monoxyda. Kod požara nastaju, osim CO_2 i CO , i razni spojevi vrlo podražljivih i otrovnih plinova kao formaldehida, acroleina i raznih oksida dušika, koje nazivamo nitroznim plinovima.

Kad bi bilo moguće, nakon nastajanja ovakovih događaja, rudare brzo izvesti na svjež zrak i brzo popraviti, uslijed eksplozije uništene

naprave za ventilaciju, i opet uspostaviti zračenje jame, tada bi se moglo oduzeti ovim događajem žalosno svojstvo masovne smrti. Prema istraživanjima engleskog fiziologa dra Johna Haldenea o uzrocima smrti kod triju eksplozija u engleskim rudnicima (sa 57, 66 i 20 mrtvih) najveći dio unesrećenih — prosječno 77% — ne umire od mehaničkog ili termičkog djelovanja same eksplozije nego od ugušenja u plinovima eksplozije. Ovi su plinovi zagušljivi uslijed pomanjkanja kisika odnosno otrovni uslijed sadržine ugljičnog monoxyda. U pravilu kod ovih eksplozija sudjeluje ugljena prašina. Prema statistici ing. dr. J. Bialeka otpada od žrtava eksplozije u karvinskom reviru u godinama 1900.—1922. 45% na atmosfersko djelovanje, kao na pomanjkanje kisika, ugljični dioxyd, ugljični monoxyd i dušik, dok na termičko djelovanje otpada samo 38%, a na mehaničko samo 17%.

Dokazano je također, da se rudari koji nijesu neposredno pogođeni od udara eksplozije, nego su samo zaostali u plinskom zraku, mogu katkada spasiti i nekoliko sati nakon eksplozije. Nadalje se češće dogodilo, da su se ljudi, koji nijesu mogli doprijeti do izlaza, na taj način spasili, da su pobjegli u intaktne dijelove jame, tamo se ogradili protiv dima i plinova, dok nije stigla pomoć sa površine.

Radi toga je od najveće važnosti, da se nakon eksplozije, kao i za vrijeme i nakon požara, može što prije i što brže unići u prostorije napunjene plinom. Za tu su svrhu potrebne posebne sprave-aparati za spasavanje — koje osposobljuju čovjeka, da može unići u zagušljivu ili otrovnu atmosferu i tamo dulje vremena boraviti kod potpune fizičke i psihičke radne sposobnosti.

JAMSKI POŽARI

Požari u jami spadaju među najneugodnije događaje promjenljivog jamskog pogona.

Jamski požari mogu nastati:

1. U paljenjem građevnog drveta, ugljena, ugljene prašine i drugih upaljivih tvari, koje se nalaze u jami kao slame, sijena, maziva i t. d. i to iz najrazličitijih uzroka.
2. Samoupaljenjem tvari kao ugljena ili vune.
3. Kao posljedica iza eksplozije praskavog zraka.

Požar može nastati uslijed neopreznosti i nemara: neopreznim baratanjem sa svjetilkama ili rekvizitama za pušenje, osobito u stajama i spremištima sijena i slame u jami; jakim ugrijavanjem ugljena uslijed nepravilno postavljenih ili slabo izoliranih cijevi sa vrućom

parom; zapaljenjem građevnog drveta i naslaga prašine sa otvorenim svjetiljkama; bacanjem gorućih predmeta, šibica, cigareta, fitilja (jamski požar kod Pribrama u godini 1892. sa 319 mrtvih) u lako upaljive predmete (otpaci drveta i slično); kratkim spojem u električnim vodovima i napravama. Katkada je iz obijesti i zlobe nastala po koja vatra u jami, koja je pokosila mnoge živote.

Protiv ovakovih vrsti jamskih požara može se zaštititi upotrebom zatvorenih svjetiljaka, napose u stajama i spremištima krme, kojih uostalom sve više nestaje uslijed elektrifikacije jamskog pogona; opreznim barataanjem sa svjetiljkama i rekvizitama za pušenje ili još bolje strogom zabranom pušenja; zidanjem prostorija za strojeve i druge uređaje; izolacijom električnih i parnih vodova i naprava; odstranjivanjem upaljivih otpadaka i t. d.

U ulju namočena vlakna i tkiva (vuna, pamuk, konoplja i t. d.) jako naginju na samoupaljenje, a osobito kad se spremaju u velikim količinama i na vrućim mjestima. Pogibeljnija su biljna ulja nego mineralna. Osobito je u tom pogledu opasna vuna za čišćenje.

Samoupaljenje ugljena počiva uglavnom na procesu oksidacije. Kako je poznato pod oksidacijom se razumjeva kemijsko spajanje jedne tvari sa kisikom. O finijim razlikama između obične oksidacije, gorenja i eksplozije bilo je govora u članku: Atmosfera u rudarskoj jami u 2. broju ovog časopisa.

Oksidacija ugljena, koja na koncu dovodi do samoupaljenja, odigrava se već kod obične, ili u najmanju ruku, niže temperature, kad nastupaju najprije čvrsti međuprodukti koji sadrže kisik. Istom kod podmakle oksidacije ugljene substance nastupa u početku odvajanje ugljičnog dioxyda i vode. To se očituje na strani izlazne zračne struje u gašenju otvorene svjetiljke uslijed ugljičnog dioxyda kao i u pravljenju rose od vodenih para na hladnijim mjestima. Ako na jednoj strani imade dovoljno zraka za nastajanje i održavanje živahnog procesa oksidacije, a ako na drugoj strani zrak ne dostaje za odvođenje nastale reakcione topline, tada se ugljen znatno ugrije uslijed zastoja topline. Istodobno se razvijaju razni produkti rastvaranja. U ovom se stadiju još ne razvija metan i slični ugljični vodici. Konačno može samougrijavanje ugljena tako daleko napredovati, da nastupi rasplinivanje ugljena i prema okolnostima samoupaljenje plinovitih produkata pretvaranja. Od tog trenutka prelazi proces oksidacije ugljena u normalno gorenje.

Na izlaznoj strani požarnog zraka može se često osjetiti karakteristični požarni zadah, — rudari kažu hladna para — osobito u većoj udaljenosti od ognjišta požara, gdje se produkti mogu ohladiti. Odakle potječe ovaj zadah, kad su ugljični dioxyd, ugljični monoxyd, metan i t. d. bez mirisa? Ne smije se zaboraviti, da ugljen često sadržava zemljani vosak, smolu (duxit), koji se kod samooksidacije ugljena također ugriju. Kod suhe destilacije, odnosno pokoksavanja ugljena, dobivaju se nebrojene tvari, koje imaju određene mirise kao na pr. katran, amonijak, sumporovodik, sumporni ugljik, benzol, toluol, xylol, pyridin i mnoge druge. Napominje se također, da se iz produkta i nuzprodukta ugljena proizvadjaju najjači eksplozivi kao lydit, melenit, ekrasit, najljepše boje, zatim sacharin i čitav niz mirisavih tvari.

Kako smo već prije spomenuli, nastaju kod požara razni jako podražajni spojevi kao formaldehyd, acrolein, i nitrozni plinovi.

Nakon ograđivanja, odnosno zatvaranja požara u sloju ugljena, ne smiruje se odmah proces oxydacije. On traje još neko vrijeme, podržavan sa kisikom, iz zatvorenog zraka, osobito ako su užarene veće naslage ugljena. Kod toga se odigravaju dva procesa:

1. Nastaje takozvana suha destilacija ugljena. Iz razgri-janih masa ugljena, osobito onih, koji se nastavljaju na užarene dijelove, ishlapljuje plin. Ovakvo rastavaranje substanca, koje sadržavaju ugljik, kroz ugrijavaње bez pristupa zraka, nazivaju kemičari »suha destilacija«.

2. Nadalje se ovdje odvija, uslijed pomanjkanja zraka, samo nepotpuno izgaranje.

ad 1. Kod suhe destilacije ugljena nastaju među ostalim:

močvarni plin, jamski plin, metan ili laki ugljikovodik	CH_4
aetylen ili teški ugljiko-vodik	C_2H_4
acetylen	C_2H_2
vodik	H
sumporovodik	H_2S
ugljični monoxyd	CO
ugljični dioxyd, ugljična kiselina	CO_2
amoniak	NH_3
sumporni dioxyd	SO_2
vodena para	H_2O

ad 2. Kod nepotpunog izgaranja ugljena nastaju među drugima:

vodena para	H ₂ O
nešto ugljičnog dioxyda	CO ₂
nešto sumpornog dioxyda	SO ₂
ali uglavnom ugljični monoxyd	CO

Kod suhe destilacije nastali plinovi metan, acetylen, acetylen, vodik, sumporovodik jesu gorivi. Radi toga su pomiješani sa kisikom, dakle i u mješavini sa atmosferskim zrakom, koji se sastoji iz okruglo 21% kisika, eksplozivni.

Nas ovdje najviše interesira metan, koji osim toga preovladava među plinovima, koji nastaju kod suhe destilacije.

O eksplozivnosti metana, pomješanog sa zrakom — t. zv. eksplozivnog zraka, — bit će opširnog govora u poglavlju o eksplozijama.

Poznato nam je također, da je mješavina ugljičnog monoksida sa atmosferskim zrakom također eksplozivna, te da je kod obične temperature donja granica eksplozivnosti 15% ugljičnog monoksida, a najopasniji je omjer kod 28.6% CO.

Polaganoj samooxydaciji ugljena, koja dovodi do njegovog samoupaljenja, pogoduju razni momenti.

Što je površina ugljena veća, dakle što je zrno manje, to je uzimanje kisika brže. Jače naginje samoupaljenju pritiskom zdrobljeni ugljen ili ugljen u obliku prašine i čađe, kao i naslaga ugljena sa mnogo ugljene prašine, nego čvrsti, kompaktni ugljen, ili krupni komadi. Svojstvo pojačanog uzimanja kisika od strane ugljena nije bazirano samo na kemijskim razlozima, nego kod toga sudjeluje i mehanička adsorpcija kisika.

Tvrđi se također, da suha prašina ugljena može na svojoj površini sgusnuti — adsorbirati — i plin ugljičnog monoksida, kojega daje opet od sebe kad se uzvitla kod rada. Radi toga mogu čete za spasavanje, kod rada u jami, oboljeti od ugljičnog monoxyda, premda prethodne analize jamske atmosfere nijesu pokazale prisutnost tog plina.

Vlažni ugljen upija kisik mnogo pohlepnije nego suhi. Kemičarima nije jasno koju ulogu igra ovdje vlaga. Ali rudarima je poznato da se ugljen, istovaren na skladištu po suhom vremenu, ne upaljuje tako lako kao onaj, koji se doprema već vlažan iz jame ili postane mokr od kiše ili snijega.

Staro je iskustvo, da samoupaljenju pogoduje veća sadržina ugljena na sumporu. Opetovano se mogu na skladištima ugljena naći kre-

menasti komadi, koji su već postali intenzivno topli, dok tik njih ležeći komadi čistog ugljena ne pokazuju nikakve topline.

Razumljivo je samo po sebi, da veća toplina jamskih prostorija pogoduje samoupali ugljena. To osobito dolazi do izražaja, ako je ugljen sumporast i vlažan, jer se kremen mnogo energičnije raspada u vlažnom stanju.

Pritisak pogoduje također samoupaljenju ugljena. Sam pritisak po sebi može proizvesti povećanje temperature u pritisnutom ugljenu. Pod pritiskom bivaju stupovi ugljena raskalani i zdrobljeni. U nastale pukotine može unići zrak, a u njima se skuplja mnogo prašine i čađe.

Kod samoupaljivanja ugljena mogu sudjelovati i bakterije. One doduše ne mogu same proizvesti upaljenje, ali sigurno njemu doprinášaju. Dr. G. Galle izolirao je kod svojih pokusa sedam vrsta bakterija, od kojih su četiri proizvele mješavinu plina, koji je gorio sa slabim modrim plamenom, i to kod prisustva ugljena na bouillonu. Plin je sadržavao 71—84% metana. Bakterije su prema tome u stanju da proizvode toplinu.

Postoji više teorija o kemijskim uzrocima samoupaljenja ugljena, o kojima ovdje ne možemo govoriti.

Ugljen, u zajednici sa ostavljenim građevnim drvetom u starim, napuštenim radilištima, predstavlja također pogibelj od požara. To je osobito slučaj, ako su količine ugljena znatnije i ako staro radilište nije stalno zatvoreno nego leži otvoreno tako, da je izvršeno zračnoj struji.

Poznato je, da jamski požari vrlo rado nastaju povodom jamskih eksplozija. Ugljena prašina, koja eksplodira, raznaša plamen eksplozije, a time i požar, u najudaljenije kuteve jame, naročito u jamama kamenog ugljena. Dokazano je, da kod svih velikih eksplozija, koje se rasprostiru po jamskim prostorijama i koje traže mnogobrojne žrtve, igra važnu ulogu ugljena prašina kao nosioc plamena. Ona doprináša glavni udio velikom opsegu katastrofe. Time u vezi spominjemo samo eksploziju u jednom rudniku u Češkoj 1894. godine sa 235 mrtvih, eksploziju u Courrièresu od 10. III. 1906. sa 1230 mrtvih, onu u Saaru, u godini 1907. sa 150 i onu 1908. u Westfallenu sa 341 mrtvih.

U svim ovim slučajevima zauzima vatra u jami takve dimenzije, da se ne može uopće ni pomišljati na gašenje iste, nego se mora zatvoriti dotični dio jame ili u većini slučajeva i cijela jama.

Kako već znamo, vatra, požar jest brzo spajanje gorive tvari sa kisikom iz zraka uz intenzivno razvijanje topline i svijetla.

Gorive tvari mogu biti čvrste na pr. drvo, ugljen, treset, organska tkiva, stearin, loj, vosak, smola, mast i t. d. One mogu biti tekuće kao spiritus, petroleum, katran i druge, ili pak plinovite kao acetylen, actylen, metan, pare benzina, etera i t. d.

Da goriva tvar može goriti, mora se dovesti na upalnu temperaturu, koja je kod raznih tvari različita. Svaka goriva tvar razvija pod uplivom topline najprije gorive plinove, kod određene t. zv. temperature rasplamsavanja. Ali sama tvar još ne gori. Istom kod daljeg povišenja temperature, kod t. zv. upalne, koja je redovito viša od one rasplamsaja, gori samo tijelo.

Vatra je, kako je već rečeno, kemijski proces. Ovi su kemijski procesi različiti već prema kemijskom sastavu same gorive tvari. Sastav može biti: ugljik, vodik, razni ugljikovi vodici (metan, acetylen, acetylen i drugi) praskavi plin (vodik-kisik), ugljični monoxyd, spojevi između ugljika, vodika, dušika i raznih anorganskih primjesa, kao što se nalaze u tresetu, mrkom i kamenom ugljenu, antracitu i t. d.

Kod izgaranja ugljika vrijede slijedeće formule: $C + 2O = CO_2$, odnosno $C + O = CO$.

Kod izgaranja vodika: $2H + O = H_2O$. Ova formula vrijedi i kod eksplozije praskavog plina.

Kod izgaranja metana vrijedi formula: $CH_4 + 4O = CO_2 + 2H_2O$.

Kod izgaranja ugljičnog monoxyda: $CO + C = CO_2$ i t. d.

Za potpuno izgaranje potreban je određen omjer između kisika i gorivog tijela, kako ćemo to još čuti kod eksplozije praskavog zraka. Ako nedostaje kisika, tada izgaranje biva nepotpuno, što se raspoznaje na jakom razvijanju dima. Potpuno izgaranje sa razvijanjem samo ugljičnog dioxyda, nastaje jedino u vrlo povoljnim slučajevima. Kod svake se vatre, gotovo uvijek, razvija i ugljični monoxyd. Na površini gorućeg tijela, do koje dopire zrak, nastaje doduše ugljični dioxyd, ali dalje u unutrašnjosti, kamo zrak teže i slabije ulazi, razvija se na kisiku siromašniji ugljični monoxyd.

Preteča se vatre, dim, sastoji osim iz ugljičnog dioxyda, ugljičnog monoxyda, dušika i vodene pare još i iz raznih podražljivih i otrovnih plinova, ali uglavnom iz finih čestica ugljena. Ove postaju slobodne kod nepotpunog izgaranja. Ovdje je dim hojadisan sivo do crno, dok je njegova boja kod potpunog izgaranja bijela i sastoji se samo iz vodenih para.

Dim se razvija kod svake vatre. Vrlo je neugodan, jer čini atmosferu neprozirnom. Zamračenje može biti tako jako, da se ništa

ne vidi i da se i one osobe, koje dobro poznaju mjesto, ne mogu u prostoru nikako orijentirati. Svuda se predmjevaju zapreke, koje uopće ne postoje, tako, da je svako napredovanje otežćano. Tomu se pridružuje i jako nadraživanje očiju i sluznica. Oči suze i moraju se neprestano zatvarati. Nastupa kašalj, dapače i povraćanje. Ove pojave potječu od raznih otrovnih i podražajnih tvari. Njihova množina zavisi od naravi same gorive tvari.

Rudarima je poznato, da je dim od drveta osobito neugodan. On je tim oštrij, što građevno drvo sadržava više smole. U svakom se dimu nalazi više ili manje ugljičnog monoxyda, a osobito mnogo u dimu od drveta. Kod požara na površini, na otvorenom prostoru, stupa otrovanje sa ugljičnim monoxydom u pozadinu uslijed pristupa dovoljnih količina zraka do mjesta požara. Ovdje su opasniji prije spomenuti nitrosni plinovi. Sva otrovanja, koja nastaju kod gašenja požara na površini, nastaju od ovih nitroznih plinova.

EKSPLOZIJE PRASKAVOG ZRAKA

Pougljivanje. Prema najviše priznatoj teoriji Beroldingena ugljen je biljnog porijekla i nastao je iz naslaga treseta.

Iz izumrlih biljaka nastao je pod vodom treset. Vlakena se biljaka sastoje iz ugljika, vodika i kisika. Drvo trune kod ležanja na zraku. Vodik se i ugljik kemijski spajaju sa sastavinama zraka, a anorganski dijelovi ostaju kao pepeo.

Posve su drugčije prilike kad biljka dospije pod vodu, i time se zapriječi pristup zraka do njih, kao što je to slučaj u tresetištima. Glavne se sastavine biljnih vlakanca — ugljik, vodik i kisik — ne mogu pod vodom spajati sa zrakom, kao što je to slučaj kod trulenja. One se mogu kemijski spajati sa zrakom, kao što je to slučaj kod trulenja. One se mogu kemijski spajati samo međusobno. Ovo spajanje nazivamo pougljivanjem.

Iz spajanja ugljika (C) sa vodikom (H) nastaje močvarni plin (CH₄), iz ugljika (C) i kisika (O) načini se ugljični dioxyd (CO₂) i iz vodika (H) i kisika (O) nastaje voda (H₂O).

Dotične formule glase:

1. $C + 4 H = CH_4$
2. $C + 2 O = CO_2$
3. $2H + O = H_2O$

Kod nastajanja metana iščezavaju $1 \times 12 = 12$ dijelova ugljika i $4 \times 1 = 4$ dijelova vodika; kod pravljenja ugljičnog dio-

x y d a 1 x 12 = 12 dijelova ugljika i 2 x 16 = 32 dijela kisika. Kod nastajanja vode iščezavaju 2 x 1 = 2 dijela vodika i 1 x 16 = 16 dijelova kisika.

Prema tome iščezavaju 12 + 12 = 24 dijela ugljika, 32 + 16 = 48 dijelova kisika i 4 + 2 = 6 dijelova vodika.

Ove se izmjene kod procesa pougljivanja događaju prema tome na račun vodika i kisika, koja se oba mnogo izdašnije povlače iz biljne mase nego ugljik = 6 + 48 = 54 nasuprot 24 kod ugljika. Kroz to nastaje u produktu pretvaranja obogaćenja, relativno povećanje ugljika. Dok biljne mase gube, kod procesa pougljivanja, 48 dijelova kisika i 6 dijelova vodika, dakle ukupno 56 dijela, iščezavaju od ugljika samo 24 dijela.

Proces pougljivanja dakle radi u tom smjeru, da se iz biljnih vlakana s vremenom načini čisti ugljik. Radi toga se mora povećati sadržina ugljika u produktima pretvaranja biljaka sa daljim trajanjem procesa pougljivanja. Osim toga se sa napredovanjem pougljivanja jače smanjuje kisik nego vodik.

Što je stariji produkt pretvaranja biljaka to je veći sadržaj ugljika i time manji sadržaj kisika i vodika. Ovo je redosljed produkata pretvaranja biljaka; treset, lignit, mrki ugljen, kameni ugljen, antracit, graphit. U ovom se redosljedu mora sadržina ugljika povećavati, a sadržina na kisiku i vodik snizivati. Kemijske analize ovo potpuno potvrđuju, kako se vidi iz ove III. skrižaljke.

S k r i ž a l j k a III

Produkt pretvaranja	Ugljik C u % ^o -ma	Vodik H u % ^o -ma	Kisik O u % ^o -ma	Geološka starost
vlakna drveta	50	6	44	sadašnjost
treset	60	6	34	alluvium-diluvium
mrki ugljen	67	5	28	tertiär do trias
kameni ugljen	83	5	12	perm do devon
antracit	94	3	3	silur
graphit	99	1	0	archäikum

Pougljivanje biva ubrzano sa pritiskom i toplinom. Radi toga su poodmakli u procesu pougljivanja oni dijelovi istog ugljena, koji su inače izvršeni ovim obim utjecajima ili samo jeduom od njih. Isto tako

posjeduju bolju kvalitetu one naslage ugljena, koje su bile izvrnute većem pritisku, koje su bile poremećene ili rastrgane, nego one, kod kojih se to nije dogodilo.

Radi toga je lako razumljivo, da je mrki ugljen u dubljim jamama bolje kvalitete i da daje veću toplinu (na pr. 3500—4500 kalorija).

Kako smo istakli i toplina ubrzava tok pougljivanja. Ugljen u blizini eruptivnog kamenja (erupcija užarenog kamena nastala je poslije nastanka ugljena) imade bolju kvalitetu, uzeo je karakter kamenog ugljena, a na mjestima je prešao u antracit, dapače i u koksi. Ovakvi se dijelovi sloja iscrpljuju odvojeno i dolaze u promet pod raznim imenima i uz povišenu cijenu. Spominjemo samo Koh-i-noor iz jednog rudnika u Češkoj.

Kod procesa pougljivanja nastaju, kako smo čuli, ugljiko-vodici. Ovi se nalaze u svim produktima biljaka, koje su u stanju pougljivanja. Lutajuća svijetla na močvarama tresetišta i nijesu ništa drugo nego gorući ugljikovodici, koji struje iz tresetišta i upale se na bilo koji način na pr. udarom munje. Ugljični se vodici nalaze u svima naslagama ugljena, u jednim u velikim množinama, a u drugima samo u tragovima.

Prema prof. dr. J. Haldaneu može metan u jamama nastati i kod raspadanja vlažnog građevnog drveta uz pomanjkanje kisika. Na taj se izvor mogu svesti sudbonosne eksplozije metana u engleskim rudnicima haematita (crvena željezna rudača).

Ekshalacije metana događaju se također i u bituminoznim slojevima brdâ i već su više puta nastale eksplozije praskavog zraka kod gradnje tunela.

Pojava ugljikovih vodika u jamama zavisi od raznih okolnosti. Što sloj dublje leži, tim više nastupaju ugljikovodici, osobito ako je ugljen čvrst i natkriven sa nepropusnim brijegom. Iz tog se razloga nalazi po pravilu više ugljikovih vodika u dubokim slojevima kamenog ugljena, nego u plitko položenim naslagama mrkog ugljena, još ako su ove natkrivene sa propusnim slojevima brijega. Ako sloj izbija na površinu, tada plin imade dovoljno prilike, da se od njega odvoji. U tom će se slučaju naći manje plina u jami. Rudarska jama, koja je već godinama u pogonu, izkazivat će manje plina nego istom započeti dubinski radovi sa intaktnim slojevima.

Metan. Djelomično je o njemu bilo govora u članku o atmosferi u rudarskoj jami u 2. broju ovog časopisa.

Metan je najvažniji ugljikovodik, koji dolazi u jamama ugljena. Naziva se jamskim plinom, lakim ugljikovodikom, a neispravno također i praskavim zrakom. Pod ovim zadnjim imenom razumijevamo istom mješavinu metana sa zrakom. Ova je smjesa opasna radi eksplozije.

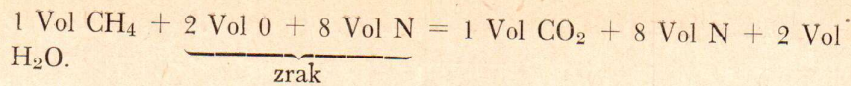
Metan je plin bez boje, mirisa i okusa i ne može se primijetiti našim osjetilima. Kod 55at i -28°C daje se pretvoriti u tekućinu. Specifična je težina 0.558. Radi toga je lakši od zraka i uvijek se skuplja u visini. Goriv je i izgara u čistom stanju sa modrim plamenom u ugljični dioxyd i vodu prema formuli $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$. Jer ne sadržava kisika nije prikladan za disanje. Čovjek se može u njemu ugušiti. To može biti slučaj kad se u jamskoj atmosferi nalazi preko 42% metana, jer se tada nalazi u mješavini manje od 15% kisika.

Metan nastaje kod procesa pougljivanja. On se mora radi toga nalaziti u produktu pretvaranja biljaka u ugljen. Uslijed svoje lakoće nalazi se također i u slojevima brijega, koji natkrivaju ugljen. Metan se neprestano odvađa iz ugljena, što se očituje kod vlažnog ugljena u sitnom puketanju. Katkada se nalazi u pukotinama i šupljinama pod velikim pritiskom i do 45 at. Uslijed ove velike napetosti može ugljen biti eksplozivno prolomljen prema jami i plin ispuni u kratko vrijeme cijelu jamu i u velikim količinama izlazi na površinu.

Nagli pad barometrijskog tlaka pogoduje pojačanom izlazu plina. U nekim se rudnicima sakupljaju veće količine plina u starim radilištima, osobito ako u njima postoje veće šupljine. U drugim revirima predstavlja stanovitu opasnost i nagli porast zračnog tlaka. Svježiji zrak struji u staro radilište i tako mogu nastati pogibeljne eksplozivne mješavine.

Eksplozije praskavog zraka. Metan, pomiješan sa zrakom, sačinjava t. zv. praskavi zrak. Ova je mješavina pod stanovitim okolnostima eksplozivna. Prava eksplozija mješavine počima kod 5% i prestaje kod 14% metana, kako smo već čuli. Kod sadržine ispod 5% nastaje samo ispušenje, koje ali može sa sobom povući eksploziju ugljene prašine. Poznato nam je već, da je eksplozija najžešća kod $9\frac{1}{2}\%$ metana. Tada je odnos između gorivih dijelova metana, dakle između ugljika i vodika s jedne a kisika iz zraka sa druge strane takav, da nastupa potpuno izgaranje i od nijednog plina ništa ne ostane.

Za zbivanje eksplozije može se postaviti ova kemijska formula:



Ako dakle otpadaju na 1 volumen metana 2 volumena kisika ili otprilike $8 + 2 = 10$ volumena zraka, tada upravo dostaje kisik za potpuno izgaranje prisutnog metana do vode i ugljičnog dioxyda. Eksplozivni plinovi sadržavaju samo ugljični dioxyd i dušik. Dakle su, uslijed potpunog nestanka kisika, potpuno neprikladni za disanje.

Iz 11 volumena praskavog zraka dobiva se opet 11 volumena eksplozivnog plina. Nakon ohlađenja snizuje se ovaj na 9 volumena, jer se 2 volumena vodene pare brzo kondenziraju, sjednu, te kao plin iščeznu. Nakon eksplozije nastupa dakle smanjenje volumena za okruglo

$$\frac{2 \times 100}{11} = 18\% \text{ volumena praskavog zraka (metan +}$$

zrak). To je, kako ćemo još čuti, uzrok t. zv. povratnog udarca. Svaka se eksplozija praskavog zraka sastoji iz dvaju udaraca, jačeg eksplozivnog i slabijeg povratnog udarca.

Ako je sadržina na metanu veća od $9\frac{1}{2}\%$, tada ne dostaje kisik iz zraka za potpuno izgaranje ugljika do ugljičnog dioxyda, radi čega zrak sadrži vrlo opasni ugljični monoxyd, a osim toga neizgoreni metan pokraj dušika.

Ako je metana manje od $9\frac{1}{2}\%$, tada u atmosferi ostane kisika, odnosno zraka, pokraj ugljičnog dioxyda i dušika.

Upalna temperatura praskavog zraka leži kod $+ 650^\circ \text{C}$; temperatura u trenutku eksplozije iznosi $+ 2650^\circ \text{C}$ kod sadržine metana od $5-14\%$. Kod sadržine ispod 5% odnosno iznad 14% pada ona na 1500°C .

Uslijed znatne eksplozivne temperature eksplozivni plinovi povećaju naglo i znatno svoj volumen i to za $1/273$ na svaki stupanj temperature (dakle kod 2650°C $2650 : 273 = 9.7$ puta odnosno kod 1500°C 5.4 puta) što se očituje snažnim udarcem. Ovaj je eksplozivni udarac najjači kraj mjesta eksplozije. On se očituje u razbacivanju jamskih naprava, kolica, oštećenju pruge, u rušenju stijena, u odbacivanju ljudi i t. d. Kod eksplozije u jednom rudniku našla se ruka jednog unesrećenog radnika mnogo metara udaljena od njegovog tijela. Sa udaljivanjem od mjesta eksplozije postaje žestina udarca sve manja i očituje se konačno kao udar vjetra, koji gasi svjetiljke rudara. Pritisak bi eksplozije, prema gornjem računu,

iznašao teoretski oko 10 at (točno 9.7). Stvarno je on kod pokusa ustanovljen sa 6 at, ali je potpuno dovoljan za opsežna pustošenja. On je sigurno manji u otvorenim jamskim prostorijama, ali je još uvijek u stanju da proizvode navedene pojave.

Jedinstvena je u povijesti jamskih eksplozija ona od 13. IV. 1924. u jednom rudniku (Karwin u Čehoslovačkoj) radi svojih oštećenja na površini. Katastrofa je imala svoj začetak u 4,5 m debelom sloju u dubinu od 340 m i to u starom radilištu. Množina je zračne struje iznosila 904 m³ na minutu ili 18 m³ na čovjeka i minutu, a razvijala je metana u 24 sata 13408 m³ ili 60 m³ po toni. 11. IV. u 7 h ujutro primijećen je dim i požarni plinovi, nakon čega se odmah otpočelo sa zatvaranjem cijeloga sloja sa tri ograde, što je bilo dogotovljeno na 12. IV. u 2 sata u noći. 13. IV. u 11.30 h nastala je u zatvorenom požarnom polju eksplozija, koja je razorila ograde, ubila 15 a ranila 6 ljudi. Na 13. IV. u 2 sata poslije podne nastala je druga neobično žestoka eksplozija, koja je izbacila na površinu 350 m visoki stup plamena. Djelovanje je ove eksplozije na površini bilo strašno. Potpuno je bio razoren 35 m visoki izvozni toranj zajedno sa električnim napravama za izvoz i iz željeza izgrađena velika prostorija (dvorana) nad izvoznim oknom. Koš za izvoz bio je odbačen 100 m od okna, goruće daske do 1 kilometra. Stijene okna bile su razorene do 20 m ispod razine. Zidovi i krovovi na zgradama vanjskog pogona bili su oštećeni, a prozorna stakla razlupana u dalekom okrugu.

Prema prijašnjim izlaganjima nastaju kod eksplozije ugljični dioxyd i vodena para. Ali iza eksplozije slijedi brzo rashlajenje eksplozivnih plinova, spojeno sa kondenzacijom vodene pare. Na mjestu eksplozije nastaje naglo razređenje. Radi toga struje natrag sa velikom snagom na mjesto eksplozije eksplozivni plinovi, koji se kod 9½% metana sastoje samo iz ugljičnog dioxyda i dušika, kod preko 9½% iz ugljičnog dioxyda, dušika, ugljičnog monoxyda, a kod ispod 9½% iz ugljičnog dioxyda, dušika i kisika. Ovo prouzrokuje t. zv. povratni udarac.

Strogo uzevši razlikujemo kod svake eksplozije praskavog plina, kako je već rečeno, dva udarca, koji slijede jedan za drugim u kratkom vremenskom intervalu, eksplozivni i povratni udarac.

Što ostane pošteđeno od mehaničkog i termičkog učinka, uguši se sada u plinovima, koji se tiskaju prema mjestu eksplozije. Ovi plinovi, kako smo u uvodu čuli, zahtjevaju prema istraži-

vanjima prof. dr. Johna Haldanea, najveći broj žrtava (do okruglo 80%).

Plamen eksplozije može vrlo lako dati povod i za eksploziju ugljene prašine. Može vrlo lako nastati i jamski požar, koji može opet prouzrokovati i drugu eksploziju, ako nije utrošen sav praskavi zrak.

Isto mogu prouzročiti i užarene naslage koksa, koje oblažu pogođene prostorije jama kod čestih naknadnih eksplozija ugljene prašine.

Mješavine se metana sa zrakom u jami mogu upaliti:

1. Sa otvorenim svjetilkama.
2. Oštećenim sigurnosnim svjetilkama (rastrgana mrežica, napuknuto staklo i t. d.).
3. Nestručnim baratanjem sa sigurnosnim svjetilkama u praskavoj atmosferi (brzo gibanje svjetiljke, zažarenje mrežice, na kojoj se nalazi ugljena prašina i t. d.).
4. kod pucanja sa vanjskim upaljivanjem vrpce ili kod upotrebe crnog praha i nesigurnosnih eksploziva, kod neuspjelog eksploziranja, t. zv. deflagriranja.
5. jamskim požarima.
6. Iskrama i kratkim spojem kod električnih uređaja.

Eksplozije prašine ugljena.

Ugljena je prašina, kad je uzvitlana u zraku, na sličan način opasna radi eksplozije kao i mješavina metana sa zrakom.

Eksplozija, koja je jedamput nastala u oblacima prašine, može se širiti na neograničene udaljenosti, ako se održe uvjeti eksplozije.

Statistike nezgoda ne registriraju samo eksplozije ugljene prašine nego još i mnogih drugih organskih prašina, kao brašna, žita, škroba, šećera, celuloida, čokolade, pluta, pamuka, papira, gumije, drveta, nadalje aluminijuma, sumpora i t. d. Poznate su eksplozije brašna u mlinovima, osobito kod požara.

Za postanak eksplozije od ugljene prašine potrebna su dva preduslova. Prisutnost gustog oblaka prašine i plamena koji ulazi u oblak. U jamama ugljena prouzrokuju eksplozije prašine obično neuspjeli pucnjevi, koji ne eksplodiraju nego deflagriraju ili eksplozije metana. U obadva slučaja nastaje uzvitlavanje prašine uslijed jakog udarca zraka, u koji ulazi odmah iza toga plamen. Nije naravno isključena eksplozija prašine ni sa otvorenom svjetiljkom ili kakvim drugim običnim plamenom. U tvornicama briketa

dovoljna je obična iskra ili otvorena svjetiljka da izvede eksploziju i rijeđeg oblaka ugljene prašine.

Eksplozija se širi na taj način, da udarac zraka, koji je prašinu uzvitlao, ide naprijed a za njim slijedi plamen.

Upaljena prašina ugljena može eksplodirati bez prisustva j a m s k o g p l i n a, kako se to već češće dogodilo u separacijama i tvornicama briketa.

Plamen se upaljene ugljene prašine može raširiti i u najudaljenije zakutne jame i tamo dovesti do eksplozije prisutnog praskavog zraka.

Mi već znamo, da je glavnu ulogu kod svih većih eksplozija, na pr. one u Courrièresu, igrala eksplozija ugljene prašine. To su dokazale pronađene kore koksa.

Sama po sebi neeksplozivna mješavina plina može sa prašinom postati eksplozivnom.

Ugljena prašina može osobito jako pojačati eksploziju metana.

Suha, fina ugljena prašina može eksplodirati uslijed jedne iskre i otvorene svjetiljke.

Prašina sadržava, kao i ugljen iz kojeg je nastala, ishlapljive plinove i to gorive kao ugljikovodike (metan, aethylen), vodik i nadalje negorive kao ugljični dioxyd, dušik i kisik.

Upaljivanje i rasplamsavanje ugljene prašine zavisi najprije od njezine sadržine na ishlapljivim, gorivim plinovima, u uskoj vezi sa stupnjem ishlapljivanja, te nadalje od njezine suhoće, finoće i čistoće.

Čiste eksplozije ugljene prašine, bez prisustva i sudjelovanja metana, nastaju na taj način, da se upaljivanjem prašine istjeraju njezini ugljični vodici, koji prouzrokuju eksploziju. Uslijed velike temperature, koja kod toga nastaje, bivaju plinovi istjerani iz daljih čestica prašine, koji opet eksplodiraju i tako to ide dalje. Kod toga pojedine, brzo jedna za drugom nastale detonacije, čine sveukupni utisak jedne jedine eksplozije.

Najbolji dokaz, da se dogodila eksplozija ugljene prašine pruža prevlaka sa koksom na stijenama i uređajima onog dijela jame, u kojem se događaj zbio. Ovaj užareni sloj koksa može opet dovesti do eksplozije praskave mješavine plina, koja kod povratnog udarca nadire prema mjestu eksplozije. Ovi plinovi mogu još biti povećani sa izlaženjem plina iz drugih čestica prašine. Uslijed znatnih količina plina, koji nastaje ishlapljivanjem iz prašine, ne dostaje ki-

sik jamske atmosfere za potpuno izgaranje ugljika do ugljičnog dioksida. Radi toga se razvijaju velike količine ugljičnog monoksida, koji zbog svoje velike otrovnosti, u zajednici sa pomanjkanjem kisika, uvjetuje masovne žrtve kod eksplozija ugljene prašine.

Tragovi su koksa od važnosti, ako se želi pronaći ognjište i uzrok eksplozije. Slično kao i kod metanske eksplozije ne nastaju ni ovdje najjača razaranja na samom mjestu eksplozije nego u nekoj udaljenosti od njega. Brzina se procesa brzo pojačava tada, kad se plin prije svojeg zapaljenja stisne i zgusne i dovede pod veći pritisak.

Opetovano je opaženo, da se kore koksa naslažu samo na ovoj strani građevnog uređaja, koja je otkrenuta od mjesta eksplozije. Meissner tumači ovu pojavu na taj način, da prvi udar zraka posve obriše i očisti od prašine onu stranu drveta, koja je okrenuta mjestu eksplozije. Plamen, koji slijedi iza toga dolazi do izražaja na drugoj strani, iza raznih izbočina i ovdje pretvara u koks prašinu, koja se na ovoj zadnjoj strani nalazi. Samo se tako može rastumačiti, da se kod malih eksplozija kore koksa nalazi na obje strane. Iz broja naslaga koksa može se zaključiti i na broj eksplozija. Poznato je naime da u metanskim jamama kamenog ugljena redovito slijedi više eksplozija, jedna za drugom.

Tako se našlo povodom već spomenute karwinske katastrofe tri izrazite naslage korica koksa na lješinama kao dokaz da su preko ovih žrtava prošle tri eksplozije.

Dr. ing. Beyersdorfer uzima kao uzrok nekih zagonetnih eksplozija prašine električno samoispražnjenje ugljene prašine, prouzrokovano trenjem iste na stijenama i napravama u jami. Kod toga nastanu munji slična ispražnjenja elektrikom nabitih oblaka prašine — nevrjeme prašine. — Što je zrak u jami vlažniji, to je bolji vodič električne struje i time postoji manja vjerojatnost za nastajanje ovakova »nevremena prašine«.

Ugljena se prašina razvija u svim jamama sa suhim rahlim ugljenom, dakle naročito u dubokim. Ona se razvija, često u velikim količinama, na svim mjestima i napravama od otkopa pa sve do utovara u željeznička kola na površini. Sve ove naslage prašine nose u sebi opasnost od vatre i eksplozije. Osobito se intenzivno sakuplja prašina u hodnicima izlazne zračne struje, gdje se mogu naći cijeli grozdovi prašine. Lagani prelaz otvorene svjetiljke može lako dovesti do tinjanja ove prašine a iza toga do otvorene vatre, osobito kod pojačanog strujanja zraka.

Razlaganje o načinu i mjerama, koje se poduzimaju u svrhu spriječavanja i suzbijanja jamskih požara i jamskih eksplozija spadaju u djelokrug rudarsko-tehničkih stručnjaka. Napominje se samo, da je glavno sretstvo za otklanjanje ovih katastrofa napose eksplozija, stručno i dobro vođenje prozračivanja — ventilacije — rudarske jame, kako je to već istaknuto u sastavku »Zračenje u rudnicima« u 3. broju Arhiva za medicinu rada.

LITERATURA:

Ing. Gustav Ryba: *Handbuch des Grubenrettungswesens* Heise-Herbst-Fritsche: Bergbaukunde.
F. Flury: u. Zernik: *Schädliche Gase.*

Пожары и взрывы в шахтах:

По статистическим данным Инж. Г. Риббе число пострадавших от взрывов в шахтах в период от 1839 г. до 1995 г. на целом свете равнялось 19.002 человека, при 168 взрывах т. е. около 113 человек на один взрыв.

Количество мёртвых от пожаров в шахтах, на целом свете, в период от 1844 г. до 1922 г. равнялось 1477 ми. мёртвым, на 29 пожаров, т. е. 50 мертвых на каждый пожар.

Эти цифры заключают в себе только те случаи взрывов и пожаров, в которых число жертв было больше 10-ти.

Статистические данные не являются полными.

В Югославии в последнее время случилось два больших взрыва в шахтах. В 1934 г. в местечке Какань в шахте произошел большой взрыв, результатом которого было 127 мёртвых.

В 1940 г. в местечке Раша произошел огромный взрыв, при котором число мёртвых было около 400.

В большинстве случаев жертвы пожаров и взрывов в шахтах не умирают непосредственно от огня или же взрыва, жертвы обыкновенно умирают от отравления газами или же задыхаются от дыма.

Пожары в шахтах возникают главным образом при воспламенении дерева, угля или угольной пыли, а так же при воспламенении легко воспламеняющихся газов.

Взрывы в шахтах настают благодаря смешению воздуха с газом метаном. Особенно сильный взрыв может быть при 9.5% смешения воздуха и метана. Газ метан настаёт при процессе образования угля, в каждой угольной шахте. Угольная пыль, которой насыщен

воздух в шахте, также легко может быть причиной взрыва, и очень часто большие взрывы в шахтах случаются именно благодаря угольной пыли.

FIRE AND EXPLOSIONS IN MINES

According to statistics the numbers of injured people in pit explosions in the world amounted to 19.002 in 168 explosions from 1839—1925, that is an average of 113 in each explosion. There were 1477 casualties between 1844—1922 in 29 fires i. e. an average of 50. These numbers include only explosions and fires with more than 10 victims. Statistic dates are not complete.

In the last years there were two great explosions in Yugoslavia: 1934 in Kakanj with 127 killed and 1940 in Raša with alleged 400 dead. The greatest number of persons does not die of mechanical or thermal effects of the explosion itself, but through poisoning with suffocating or poisonous gases.

Fire starts when combustible materials (wood, coal, coal dust) catch fire or owing to explosion of explosive gases.

Pit explosions are caused by explosion of a mixture of methane and air.

Heaviest explosions are caused when the air contains 9.5% of methane.

Methane is the result of the carbonising process and is to be found in every mine. Coal dust floating in the air is also highly explosive and is the cause of large scale explosions and great number of casualties.

Dr. Fleischhacker Miroslav:

GROZNICA LJEVAČA

Velika je potreba metala i raznih slitina izazvala pojačan rad u ljevaonicama, koje često ne odgovaraju zahtjevima industrijske higijene. Tomu se mogu priključiti još i drugi nepredviđeni faktori, kao atmosferske prilike, koji u rijetkim slučajevima mogu izazvati pod nepovoljnim uslovima rada razne profesionalne bolesti. Mogu se izazvati takve bolesti, koje se obično rjeđe pojavljuju u ljevaonicama. Tako smo imali priliku studirati deset slučajeva t. zv. groznice ljevača.