

SAMOZAPALJENJE UGLJENA NA OTVORENOM SKLADIŠTU

Jerko NUIĆ, Dragan KRASIĆ i Andrija MIKULIĆ

Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6, HR-10000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: Ugljen, Otvoreno skladište, Samozapaljenje, Provjetravanje

Samozapaljenje ugljena na otvorenom skladištu trgovačkog poduzeća poslužilo je kao model izučavanja nastale pojave. Ugljen slične kakvoće deponiran je na istom skladištu, ali različito po odjeljcima. Došlo je do samozapaljenja, ali ne svugdje, čemu su uzroci u uvjetima skladištenja, tj. veličini skladišnog prostora, količini uskladištenog ugljena i posebice nemogućnosti izvjetravanja nakupine tijekom vremena skladištenja. Rezultati su potvrdili ranije spoznaje, ali utvrdili i nova saznanja koja su predočena u članku.

Key-words: Coal, Open store-house, Selfignition, Airing

Selfignition of coal in an open store-house of the trade firm has served as a model for researching the developed occurrences. The coal of similar quality has been stored in a different way by partitions. Selfignition appeared, but not in all the partitions, as the result of different conditions in storing, i.e. greatness of the store-space, quantity of the stored coal, and in particular, because of impossibility of airing the coal heap during the time of storing. The results confirmed previous notions giving, at the same time, new insight in this problem which is presented in this article.

Uvod

Samozapaljenja ugljena na otvorenim skladištima česte su pojave. Pored nastalih šteta zbog gorenja korisne supstancije, troškovi nastaju poradi gašenja, a kod većih incidenata očituju se posljedice (vatra, dim, otrovni plinovi) i po okoliš. Uzroci samozapaljenja, s obzirom na način i vrijeme skladištenja na otvorenom, nisu u potpunosti definirani, pa svaki prilog izučavanja, u tom smislu, vrijedan je pažnje.

Konkretno se analizira model "in situ" u kojem su nazočne zone aktivnog samozapaljenja-gorenja, područja gdje je proces gorenja završen, te prostori u kojima ugljen nije uopće zahvaćen samoupalom. Nastala pojava, na istom skladištu, u istom vremenu skladištenja, s ugljenom slične kakvoće, različito se odrazila na proces samozapaljenja, poradi načina uskladištenja u pojedinim dionicama skladišnog prostora, što je, upravo, i cilj istraživanja.

Teoretske osnove samozapaljenja ugljena

Proces samozapaljenja ugljena tumači se na više načina. Najstarija je piritna teorija. Pirit sadržan u ugljenu pod utjecajem kisika i vlage oksidira, prelazi u željezni sulfat, uz značajno oslobađanje topline, što dovodi do samozapaljenja. Bakterijska teorija pripisuje uzroke samozapaljenja fiziološkim aktivnostima bakterija koje imaju osobinu da oksidiraju organske supstance u ugljenu. Oksidacijska teorija koja se bazira na sorpciji kisika od strane ugljena je logična i ima najjaču znanstvenu podlogu. Pri ovome se razvija toplina i proces se, uz posebne uvjete, odvija do samozapaljenja, ako se nastala toplina razmjerno ne odvodi hlađenjem.

Kada je riječ o nagomilanom ugljenu samozapaljenje nastaje samo ako zrak prodire kroz nakupinu i tvori ulaznu i izlaznu zračnu struju. Djelovanjem zraka – kisika u nagomilanom ugljenu stvara se toplina, koju izlazna zračna struja iznosi. Ako se pri tome narušava toplotni bilans u smislu njegova povećanja samozapaljenje je neizbježno. Za suzbijanje samozapaljenja značajan je odnos nakupine i zraka koji pritiče. Toplina nastaje unutar nagomilanog ugljena ali se odaje s njegove površine. Zato postoji kritična veličina odnosa između volumena nagomilanog ugljena (V) i njegove bočne – otvorene površine (F). Ako je $V/F > 1$ može nastupiti samozapaljenje a u suprotnom ne mora (Jovičić et al., 1987). Što su veći odnosi između V/F

to su povoljniji uvjeti samozapaljenja s čime se objašnjavaju činjenice da su veća nagomilavanja ugljena sklonija samozapaljenju od manjih.

Primjer iz prakse – model promatranja

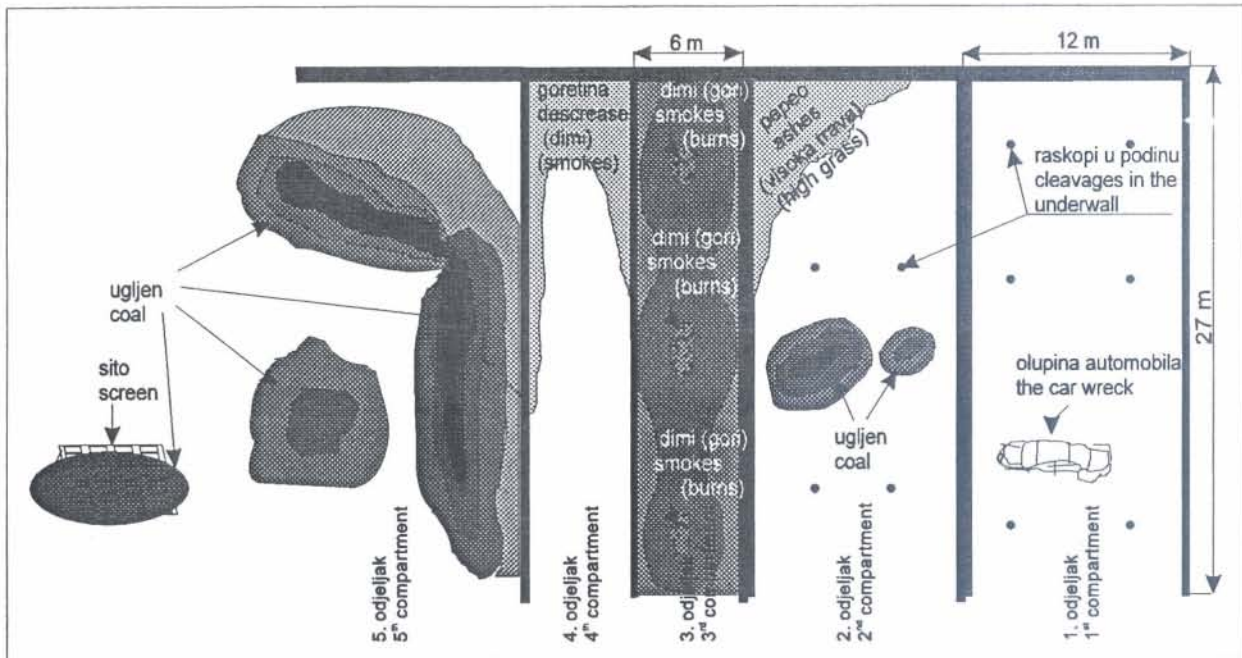
Ugljen u količinama približno 800 t uskladišten je u 5 odjeljaka, koji su nastali pregrađivanjem ravne zemljane površine na otvorenom s betonskim pločama – segmentima visine po 2.5 m.

Prva dva odjeljaka dimenzija su 27 m × 12 m, treći i četvrti odjeljak su u pola uža, a peti i posljednji odjeljak su otvoreni s još jedne strane. Svi su odjeljci otvoreni s prednje strane (sl. 1).

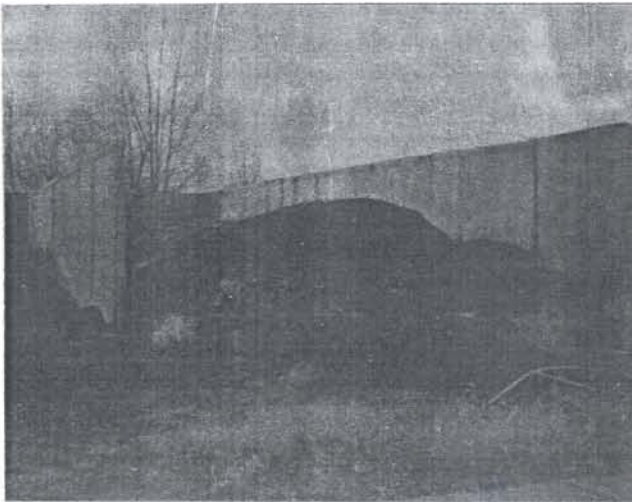
U prvom odjeljku nema uskladištenog ugljena, ali se vidi da se on tu nalazio, po ostacima ugljena u podini debljine do 0,20 m. Ostaci ugljena su dobro sačuvani i ugljen nije podlegao samozapaljenju (provjereno raskopima).

U drugom odjeljku, u sredini, nalaze se dvije manje hrpe ugljena (približno 50 t), kao i na podu, gdje su ostaci debljine do 0,15 m. Za ugljen u hrpama utvrđeno je da nije gorio niti podlegao oksidaciji, što se jasno moglo uočiti raskopima po sredini nakupina. Međutim, na kraju ovog odjeljka, u njegovu stražnjem dijelu, nalaze se znatne količine pepela (približno 80 m³) crvenkaste boje. U ovom je dijelu sve obraslo visokom travom koja se, očito, tek na pepelu razvila, što potvrđuje da je ovdje bio ugljen i da se proces izgaranja proveo ranije.

U trećem odjeljku (dimenzija 27 m × 6 m) nalazi se oko 200 t ugljene mase koja je najvećma izgorila i dalje gori, što se jasno uočava po dimu što izlazi na više mjesta duž odjeljka. U prednjem dijelu, cijelim vertikalnim presjekom, naziru se slojevi izgotretine – pepela crvenkasto-zemljaste boje, a duž nakupine se to isto uoči čim se malo zakopa. Koliko je u ovom odjeljku bilo ugljena prije početka gorenja teško je utvrditi, jer izgaranjem ugljena volumen mase opada, što se zorno uočava crvenkastim i crnim otiscima na zidovima betonske ograde iznad razine sadašnje nakupine. Za ugljen u ovom odjeljku je utvrđeno da je sav izgorio uslijed samozapaljenja ili će uskoro potpuno izgoriti (sl. 2).



Sl. 1. Raspored odjeljaka u kojima se skladišti ugljen
Fig. 1. Disposition of the compartments in which the coal was stored



Sl. 2. Stanje ugljena u trećem odjeljku (izgorctina)
Fig. 2. Condition of coal in the third compartment (descrease)

U četvrtom odjeljku sav je ugljen izgorio, a ostaci još gore i dimi se duž druge polovice odjeljka, dočim je prednja strana, očito, bila prazna. Izgoretine ima oko 60 m^3 , a po zidovima se jasno naziru crni tragovi od razine ugljena prije samozapaljenja, odnosno slijeganja mase uslijed izgaranja (crvenkasto-žuta boja).

U petom odjeljku nalaze se najveće količine ugljena (približno 250 m^3) koji je razbačen u tri gomile i četvrtu ispod klasirnog sita. Gorenja nema a provjerom na više mjesta (kopanjem do dubine 0,5 m) nije ga ni bilo. Ugljen je površinski raspadnut, ispran i crne je boje, a ispod je prašinstvo, sive boje s primjesama ostataka kocke (frakcija koja je bila skladištena).

(Podaci su iz sudskog spora radi utvrđivanja nastale štete skladištenja uslijed samozapaljenja ugljena).

Uzroci samozapaljenja

Uzroci samozapaljenja su veoma složeni. Od vrste ugljena tj. njegove sklonosti procesu samozagrijavanja, pozicije odlagališnog prostora u smislu izgrađenosti, veličine i oblika, količine ugljena i visini skladištenja, trajanju uskladištenja, aktivnostima na skladištu, utjecajima kiše, snijega, vjetrova, insolacije i drugo.

Prema sudskom sporu, koji traje preko dvije godine (što odgovara trajanju procesa gorenja) nisu se činile nikakve promjene skladištenja tj. nisu se odvozile postojeće niti dovozile nove količine ugljena.

Snimka zatečenog stanja upućuje na neke uzroke, međutim, to bi valjalo detaljno i sistematski izučavati, kako bi se dala kompletna i meritorna ocjena njihova pojedinačnog i ukupnog djelovanja. Ipak, male gomile ugljena u drugom odjeljku i ugljen u posljednjem odjeljku, kao i tanke naslage ugljena u podini nisu gorili, čemu je sigurno uzrok veća mogućnost ozračivanja – hlađenja kod standardnog samozagrijavanja ugljena, jer drugi odjeljak ima puno slobodnog prostora, a kod odjeljka pet lijeva strana deponije je otvorena – nema betonske pregrade. Suprotno tome odjeljak tri (koji je dobro popunjen ugljenom) i odjeljak četiri u kojem je ugljen potpuno izgorio dvostruko su manji prostorom i s tri strane ograđeni visokom betonskom ogradom, koja nije omogućavala nikakva prostrujavanja, kao eventualnu pomoć odvođenju nastale topline. Pače, čini se da je visoka i za zrak nepropusna betonska ograda presudila, jer su utvrđene izgoretine i manje nakupine ugljena neposredno duž betonskih stijenki (odjeljci dva i četiri).

Zamjetno je da ugljen uz betonsku ogradu petog odjeljka, gdje je visina skladištenja i preko 2 m, nije zahvaćen gorenjem, za razliku od suprotne strane zida (lijeva strana odjeljka četiri) gdje su i male nakupine izgorile. Međutim, ovdje je značajno mjesto začetka požara (koji je u odjeljku četiri krenuo iz veće nakupine

pozadi) a ostalo je sve posljedica nastavka gorenja gorive materije, koje se, očito nije moglo prenijeti kroz betonske ploče i na drugu stranu (odjeljak pet).

Ovo samo potvrđuje da se inkubacija požara razvila u većoj nakupini ugljena i u više zatvorenim prostorima, gdje je osujećeno prozračivanje, a pojavom požara izgorilo je, logično, sve dostupno za gorenje.

Također, značajno je navesti da se proces gorenja ne može odvijati bez kisika, pa je praksa da velike deponije (rudnika i termoelektrana) gore površinski, a male deponije iz dubine (gdje se toplina samozagrijavanja jedino mogla uvećavati a kisik nesmetano pritjecati za gorenje).

Prema odnosu volumena nakupine u trećem odjeljku ($V=200\text{ m}^3$) i otvorene površine ($F=27\times 6=162\text{ m}^2$), koji iznosi $V/F>1$, uslijedilo je samozapaljenje. Suprotno tome u petom odjeljku ima ugljena cca 250 m^3 , a otvorene površine najmanje $27\times 12=324\text{ m}^2$, što daje odnos $V/F=250/324<1$ i ovdje ugljen nije podlegao samoupalju.

Nastala šteta i pouke

Izgaranjem ugljena na skladištu trgovačke firme nastale su velike štete, jer se nisu mogli podmiriti kupci i pokriti troškovi poslovanja poradi direktnih gubitaka na supstanciji.

Smatra se velikim propustom što se ugljen nije redovno prodavao – posebice kada se uočilo samozagrijavanje (makar i po nižoj cijeni), a ne ustrajati u sporu dok veći dio ne izgori, jer je dugo zadržavanje ugljena na improviziranim skladištima uvijek rizično.

Ovdje se želi istaći činjenica općeg nepoznavanja ove problematike. U protivnom, da su stranke u sporu imalo poznavale procese samozapaljenja ugljena i konačne dosege gorenja, teško je povjerovati da se ranije ne bi dogovorile s korektnijim ishodom spora i spašenom imovinom.

Preostali se ugljen ne može iskoristiti u domaćinstvu, jer ne odgovara kupovnoj deklaraciji (ranije kocka, sada najviše prah), a cijena prodaje u industriji je upitna, jer vizuelno stanje deponije, za koju valja naći kupca, veoma je sporno, kada je u susjednim odjeljcima ugljen izgorio i ostaci još gore. Također, preostali ugljen gubi na vrijednosti i daljim raspadanjem, a nije isključeno da i on pod novonastalim okolnostima tj. rastom vrlo sitne frakcije – ugljene prašine (otežano prostrujavanje i hlađenje) brzo podlegne samozapaljenju.

Zaključak

Primjer iz prakse je poučan, kako ne treba, odnosno, kako treba, skladištiti ugljen na otvorenom prostoru, što je jedino ostalo vrijednim, ako se istakne i koristi.

Vođeni sudski spor bavi se posljedicama čiji uzroci općenito nisu dostatno, a strankama u sporu, uopće, poznati.

Stečena se iskustva prezentiraju, ne samo poradi specifičnosti slučaja koji protvrđuje i nadopunjuje dosadašnje teoretske i praktične spoznaje o samozapaljenju ugljena, već i da se javnost upozori na nastalu neželjenu pojavu, koju u sličnoj prilici valja izbjeći.

Pouka bi bila: **velike deponije trošiti površinski i ravnomjerno**, da se osujeti inkubacija i posebice razvoj požara, a **male deponije potpuno otvoriti**, da se omogući dovoljno i svestrano hlađenje do najdubljih dijelova uskladištenog ugljena.

Primljeno: 1997-02-05

Prilvačeno: 1997-07-10

LITERATURA

- Jovičić, V., Miljković, M., Nuić, J., Uljić, H. i Vukić, M. (1987): Sigurnost i tehnička zaštita u rudarstvu. Udžbenik, Univerzitet Tuzla, BiH.

Selfignition of Coal in an Open Store-house

J. Nuić, D. Krasić and A. Mikulić

Herewith a model of selfignition of coal in an open store-house of the trade firm is being analyzed. The coal of similar quality stored under different conditions in the compartments of the store-house (Fig. 1) underwent the selfignition process differently, which was reflected in the time of occurrence and in the intensity of the development of the burning process. Since in some compartments of the store-house selfignition did not occur, in the other spaces the process was completed long ago, and somewhere it is still lasting, it has been tried, through investigations, to make out these reasons.

There has been checked up a critical magnitude of the relationship between a volume of the piled up coal (V) and its open surface (F) in separate positions of laying off. Previous notions have been confirmed, i.e. that at the relation of $V/F>1$, selfignition is likely to take place, and if otherwise it fails to come.

It may be concluded that great stock piles should be used superficially and evenly and small stock-piles should be fully opened, enabling so sufficient and mansided airing and cooling till the deepest batches of storage.