

## UPRAVLJANJE POŽARNIM RIZIKOM KOD SKLADIŠTENJA SEMENA ULJARICA FIRE RISK MANAGEMENT IN OILSEEDS STORAGE

Nikola Ostojčić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – UPRAVLJANJE RIZIKOM OD KATASTROFALNIH DOGAĐAJA I POŽARA

**Kratak sadržaj** – Požarne opasnosti u toku prerade i skladištenja uljarica (suncokreta, soje, uljane repice) mogu biti izražene ukoliko nije primenjena adekvatna preventivna zaštita. Veliki rizik postoji od samozagrevanja i samopaljenja mase semena uljarica tokom skladištenja u silosima usled neadekvatnog i nestručnog vođenja tehnološkog procesa. Budući da samoupala može rezultirati tinjajućim požarima koji su izuzetno teški za gašenje, razumevanje i sprečavanje ovog procesa ima veliki značaj. Cilj ovog rada je da se objasne uticajni faktori na početak i intenzitet inicijalnih procesa. Na eksperimentalnom primeru u laboratoriji utvrđeni su fizičko-hemijski parametri i minimalne temperature paljenja semena sa ciljem pronalaženja ključnih uzroka nastanka požara u uljnoj industriji i predstavljanja rešenja za smanjenje rizika nastanka požara.

**Ključne reči:** samopaljenje, požar, uljarice, silos, skladištenje

**Abstract** – Fire hazards during the processing and storage of oilseeds (sunflowers, soybeans, rapeseed) can be pronounced if adequate preventive protection is not applied. There is a high risk of self-heating and self-inflamed mass of oilseeds during storage in silos due to inadequate and unprofessional process management. Because self-ignition can result in smoldering fires that are extremely difficult to extinguish, understand and prevent this process is of great importance. The aim of this paper is to explain the influencing factors on the onset and intensity of initial processes. An experimental example in the laboratory determined the physico-chemical parameters and minimum seed ignition temperatures in order to find the key causes of fire in the oil industry and to present solutions for reducing the risk of fire.

**Keywords:** fire, oilseeds, silo, storage

### 1. UVOD

Značaj poljoprivrede je vrlo dobro poznat u svakoj zemlji. Osnovna oblast rada u poljoprivredi je gajenje strnih i uljanih useva. Ovaj značaj se ogleda u tome što blizu 25% površine naše zemlje spada u obradivo zemljište na kojoj se gaje ili postoji mogućnost gajenja uljanih useva.

### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Miroslava Radeka, red. prof.

Skladištenje uljarica predstavlja problem s obzirom da dolazi do spontanog zagrevanja mase u pojedinim prilikama. Temperatura na koju se masa zagreva kreće se od 50°C do nekoliko stotina stepeni u zavisnosti od uslova skladištenja i drugih faktora koji deluju u momentu zagrevanja zrna. Jasno je, da je kvalitet proizvoda koji se dobija iz ovakvog semena lošiji i pored toga se javljaju razne poteškoće u preradi zrna. Samopaljenje sirovine dovodi i do požara koji su vezani sa velikim materijalnim gubicima, a često stradaju i ljudi.

Cilj rada je da se ukaže na procese koji mogu dovesti do samozagrevanja i samopaljenja u uslovima čuvanja uljarica – semena u silosnim skladištima.

### 2. TEHNOLOŠKI PROCES PRERADE ULJARICA

Razvojem industrije uljarica, primarni značaj dobija preventivna zaštita od požara koja se primenjuje, sa ciljem otklanjanja početnih uzroka i lokalizacijom požara. Na osnovu preventivnih mera i iskustava iz prakse sa ovakvim požarima razvila se i vatrogasna taktika gašenja. Iz navedenog se može zaključiti opravdanost organizovanja, pripremanja, finansiranja i realizovanja celokupne zaštite od požara u industriji hrane.

Prerada uljarica obuhvata:

- žetvu i berbu
- transport
- sušenje
- skladištenje
- preradu zrna.

#### 2.1. Skladištenje uljarica

Uljarice se pre prerade skladište duži ili kraći rok. Oblici i tipovi skladišta mogu da budu različiti, a zavise pre svega od namene i kapaciteta skladišta.

U zavisnosti od konstruktivnog oblika skladišta se dele na:

- podna nemehanizovana skladišta
- podna mehanizovana skladišta
- silosi [1].

Ova podela je na osnovu visine i dimenzije poprečnog preseka skladišta.

##### 2.1.1. Silos

Silos je skladište kružnog ili višeugaonog horizontalnog preseka koje služi za čuvanje praškastih ili zrnastih materija [2].

Silosu su danas najčešće upotrebljavani objekti za skladištenje zrna, Oni predstavljaju kompleksne industrijske objekte sa složenom opremom i instalacijama čija je uloga

da se zrna masa ne samo skladišti, već i da se doradi povećavajući joj prometnu i tehnološku vrednost.

Ispod silosa se postavlja nepropusna obloga, koja dolazi u dodir sa semenom i ne sme sadržati sastojke koji bi se eventualno rastvarali u ulju semena. Obloga mora biti otporna na oštećenja do kojih bi moglo doći prilikom punjenja.

Punjenje ćelija se uglavnom vrši odozgo, slobodnim padom. Seme zbog visine silosa ima veliku brzinu padanja, a i usled trenja dolazi do njegovog oštećenja. U početku punjenja ovaj lom će biti najveći (zbog udaranja semena u čvrstu podlogu), kasnije će se smanjiti (zbog udaranja semena o seme kao i zbog smanjenja visine pada).

U samoj ćeliji silosa ćelija, montira se deo sistema za merenje temperature uskladištenog zrna, najčešće elektrooptičnom metodom. Sistem se sastoji od: davača temperature (niskootporni termoelement), prenosnika signala i upravljačkog dela. Termoelementi su montirani u zaštitni prsten. Raspoređeni su na rastojanju od 1,5 do 2 m na gibnoj sajli koja visi u ćeliji. Rad sistema je automatizovan, a očitavanje izmerene temperature se vrši na komandnom pultu u mašinskoj kući.

### 3. OPASNOST OD POŽARA PRI SKLADIŠTENJU ULJARICA

Kada je seme uljarica namenjeno za proizvodnju kvalitetnog ulja ono njihovo čuvanje je veoma zahtevno s obzirom na fizička i hemijska svojstva uljarica. Hemijska svojstva imaju daleko veći uticaj na uspešno čuvanje uljarica na duže ili kraće vreme. Samozagrevanje je proces koji se ne sme dozvoliti, a vezan je sa vlažnošću i temperaturom zrna. Tokom skladištenja uljarica, količina ulja (masti) i količina vode, najvažnije su komponente koje utiču na tok biohemijskih procesa.

Od svih vrsta materijala koji se skladište u silosnim ćelijama najviše problema nastaje tokom skladištenja semena suncokreta, obzirom na to da seme suncokreta ima visok sadržaj ulja, kao i da lako dolazi do lomljenja spoljašnje ljuske koja je veoma tanka i osjetljiva, što dovodi do brzog razvoja mikroorganizama [3].

Uzroci nastanka požara mogu da budu različiti, a u tehničkom smislu uzrokom požara se može smatrati svaki toplotni izvor koji na zapaljivu materiju deluje tako, da je može zagrejati do njene temperature samozapaljivosti, odnosno da je može zapaliti. S obzirom na ogroman broj uzroka od požara, obično se daju osnovne klasifikacije i tipični slučajevi koji obuhvataju najveći broj uzroka od požara.

Na osnovu toga izvedeni su osnovni uzroci nastanka požara, to su:

- Ljudski faktor (nehat i nepažnja ljudi),
- Otvoreni plamen i užarena tela,
- Toplotna trenja,
- Određene prirodne pojave,
- Građevinski nedostaci,
- Hemijske reakcije (eksplozija),
- Električni uređaji i postrojenja,
- Statički elektricitet i
- Samozagrevanje ili samopaljenje.

Požari i eksplozije u silosima najčešće nastaju iz nekoliko razloga:

- Usled paljenja i eksplozije organskih prašina unutar silosa,
- Usled samozagrevanja zrnaste kulture u silosu i
- Usled otkaza na mehaničkim delovima, što dovodi do pojave varnica i zagrevanja površina.

#### 3.1. Proces samozagrevanja semena uljarica

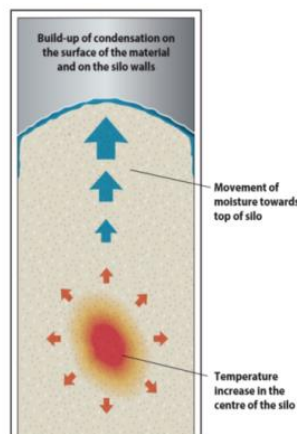
Nekoliko je mogućnosti za početak procesa samooksidacije mase semena tokom skladištenja i to:

- Usled stvaranja pogodne podloge za razvoj mikroorganizama dolazi do pojave egzotermnih procesa. Intenzivniji razvoj mikroorganizama je pri većem sadržaju vlage u sistemu. Usled loše toplotne provodljivosti semena uljarica stvorena toplota se akumulira pri čemu se može dostići temperatura oko 70°C kada mikroorganizmi izumiru ali se nastavlja proces oksidacije;
- Usled rasta klice (klijanja) kao i u prethodnom slučaju ukoliko postoji povećan sadržaj vlage moguće su pojave egzotermnih procesa i dostizanje temperature oko 70°C kada klica izumire ali se nastavlja proces oksidacije;
- Oksidacijom nezasićenih jedinjenja koja se nalaze u semenu sa kiseonikom iz vazduha. Oksidacioni procesi mogu teći intenzivno naročito na dvostrukim vezama masnih kiselina koje su aktivirane prisustvom kiselinske grupe. Za razliku od prethodnih ovi procesi mogu se odvijati i na visokim temperaturama.

U skladu sa napred navedenim proces samozagrijavanja se karakteriše dvema fazama [4]:

- Inicijalna faza, seme se zagreva do 60-70°C (ova faza inicirana se radom mikroorganizama, klijanjem i oksidacionom procesom);
- Faza grejanja, u kojoj učestvuju oksidacioni procesi ali i procesi u kojima ne učestvuje kiseonik.

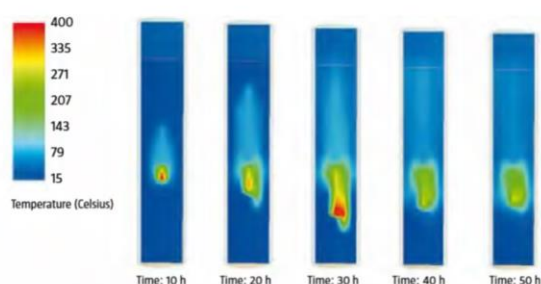
Proces grejanja se odvija u celoj masi uskladištenog semena, ali se najveća temperatura nalazi u centru silosa gde su gubici toplote najmanji (slika 1.). Ukoliko temperatura postane dovoljno visoka, doći će do spontanog paljenja uskladištene mase.



Slika 1. Prikaz razvoja požara u silosu [5]

Tinjajući požar će trošiti kiseonik iz vazduha koji se nalazi unutar mase uskladiš-tenog materijala, a toplota i isparljive materije će se kretati ka vrhu silosa. Zona pirolize će se lagano kretati ka dole, gde se još uvek može snabdevati kiseonikom. Na brzinu razvoja požara utiče dotok kiseonika koji značajno može ubrzati razvoj požara. Ukoliko dođe do dotoka vazduha iz okoline, kroz otvor za pražnjenje mase ili neki drugi otvor, doći će do stvaranja plamena i sagorevanje će se odvijati većim intenzitetom. Vizualizacija izmerenih temperatura unutar silosa, veštačkim povećanjem temperature u silosu 1 m u prečniku i 6 m visine prikazana je na slici 2. Izazvani požar je nastao u sredini silosa, a zatim ostavljen da se slobodno razvija što je rezultiralo da se vatra proširila ka dnu silosa.

Gasovi sagorevanja su se popeli do gornje tačke silosa posle otprilike 20 sati. Odmah nakon 30 sati, inertni gas je ubrzan na dnu silosa koji je brzo smanjio intenzitet vatre [4].



Slika 2. Prikaz razvoja veštački izazvanog požara u silosu [5]

Ovim eksperimentom je utvrđeno da su se vlaga i gasovi nastali sagorevanjem kretali brzinom od 0,1m/h (2,5 m/dan) ka vrhu silosa. Dok se pirolitički proces sagorevanja kretao ka dnu silosa brzinom od 0,04 m/h (1m/dan).

Tokom sagorevanja, u prostoru iznad zrnaste mase se stvaraju produkti sagorevanja, CO<sub>2</sub>, CO, kao i nesagoreli ostaci ugljovodonika. U ovom periodu je moguće uočiti požar. Visoka koncentracija isparljivih gasova uz prisustvo vazduha može stvoriti uslov za nastanak eksplozije.

Termalne kamere kao mera ranog upozorenja ne mogu biti efikasne zbog velikih razlika u temperaturi na površini i u središnjim delovima mase. Kablovi sa termičkim sensorima su bolje rešenje za rano otkrivanje požara, ali i oni nekada mogu biti nepouzdana iz razloga što mogu biti na granici pirolitičkog sagorevanja.

Dolazi se do zaključka da je vrlo važna komponenta preventivnog delovanja (rane indikacije) merenje i proučavanje trendova koncentracije određenih gasova (kao što su CO, CO<sub>2</sub>, ugljovodika) u kombinaciji s nadzorom temperature.

#### 4. TAKTIKA GAŠENJA POŽARA U SILOSIMA

Sama taktika gašenja požara u ćelijama silosa je uglavnom slična za sve slučajeve i zavisi od konstrukcije silosa i prateće infrastrukture, količine i dostupnosti opreme i sredstava za gašenje, količine i vrste materijala u ćelijama kao i faze odmaklog požara. Međutim pogrešna

taktika gašenja požara kod samopaljenja u ćelijama silosa je dodatna pojava koja povećava obim razaranja i rizik za ljudske žrtve.

Gašenje požara u ćelijama silosa je jedino moguće izbacivanjem celog sadržaja ćelije na otvoren prostor i naknadnim gašenjem upaljene mase materijala. Međutim akcija gašenja požara je zbog raznih otežavajućih okolnosti, koje su i konstrukcijske prirode veoma je specifična i jako teška za vatrogasce.

Visina objekta silosa predstavlja poseban fizički napor za vatrogasce. Poseban problem predstavlja ukoliko nema hidrantske mreže u nadćelijskom prostoru silosa, jer se tada voda za gašenje požara dovodi do vrha silosa postavljanjem linija za snabevanje od podnožja. Ovo iziskuje dobru fizičku pripremljenost vatrogasaca i zahteva mnogo vremena, takođe vatrogascima stvara teškoće usled teškog pristupa, smanjenje vidljivosti i pojave otrovnih gasova.

Pored opasnosti od nastanka eksplozije tokom gašenja požara u ćelijama silosa postoji takođe opasnost od eksplozije gasova. Naime usled pirolitičkih procesa dolazi do razgradnje materijala, pri čemu nastaju zapaljivi i eksplozivni gasovi, čija količina zavisi od vrste sirovine koja učestvuje u požaru, temperature, sadržaja kiseonika i drugih faktora. Ovi gasovi kada se nađu u slobodnom prostoru ćelije mogu sa vazduhom stvoriti eksplozivne smeše.

Temperature koje nastaju tokom požara unutar ćelijama silosa dostižu i 900°C, i ugrožavaju materijal od koga su izgrađene ćelije. Delovanjem ovako visokih temperatura dolazi do razaranja pojedinih ćelija, odnosno bočnih zidova istih. Zbog toga se nakon požara moraju ispitati svi zidovi ćelije kako bi se sprečio dolazak komada betona do pogona mlina, odnosno do pojave iskru samom mlinu. Prilikom izbijanja požara i dolaska VJ na lice mesta RGP odmah preduzima sledeće mere:

- potpuno zaustavljanje rada svih mašina;
- zatvaranje svih otvora za ventilaciju;
- isključenje električne energije;
- zaustavljanje transportne trake i dizalice. [6]

U ovom radu su analizirani uzroci požara pri skladištenju semena uljarica, a u eksperimentalnom delu su određene minimalne temperature samopaljenja kod uljane repice, soje i suncokreta.

#### 5. EKSPERIMENTALNI DEO

Fizičko-hemijski parametri i minimalna temperatura paljenja usitnjenih uzoraka soje, suncokreta i repice ispitani su na po tri uzorka uzetih iz tehnološkog procesa proizvodnje ulja.

Dostavljeni uzorci semena su mleveni do veličine čestica ispod <250 μm pre njihove analize. Minimalna temperatura paljenja usitnjenih uzoraka semena određena je koristeći standardnu metodu ispitivanja EN 50281-2-1 [2].

U tabeli 1. dati su parametri imedijatne analize ispitivanih uzoraka izvršeni u skladu sa standardom SRPS EN ISO 665:2008 [7].

Tabela 1. Parametri imedijatne analize

Parametar (% m/m)	Uljana repica	Soja	Suncokret
Vlaga	5,82-6,40	8,62-9,30	5,73-5,80
Pepeo	3,31-3,61	4,50-4,59	2,74-2,91
Volatili	89,09-90,76	85,81-87,31	87,86-90,31
Fiksni ugljenik	8,40-9,82	11,01-12,23	8,86-11,09

Parametri analize ispitivanih uzoraka semena uljarica iz tehnološkog procesa ukazuju da se radi o semenu ujednačenog kvaliteta. Sadržaj vlage je vrlo važan parametar budući da povećan sadržaj aktivira negativne biohemijske procese u semenu. Procenat nesagorive materije (vlage i pepela) kod suncokreta kreće se od 8,54-8,64% m/m, kod repice od 9,13-10,01 %m/m i soje 13,21-13,8 %m/m. U pogledu sadržaja vlage kod ispitivanih uzoraka evidentno je da soja ima najveći sadržaj 8,62-9,30 %m/m, zatim sledi repica sa 5,82-6,40 %m/m, te suncokret sa 5,73-5,80% m/m. Takođe, tendencija semena uljarica ka samozapaljenu objašnjava se i visokim sadržajem sirovih vlakana, što povećava površinu izloženu kiseoniku i time distribuciju ulja preko vlakana.

Tokom eksperimenta merena je najniža temperatura paljenja unutar 30 min, vreme dostizanja temperature samopaljenja i način paljenja. Za sve ispitivane uljarice minimalne temperature paljenja unutar 30 min bile su u opsegu od 240-270°C, odnosno dobijeni su sledeći rezultati:

- Temperatura paljenja usitnjenog semena repice kretala se od 250-270°C;
- Temperatura paljenja drobljenog sjemena soje iznosila je za sva tri uzorka 250°C;
- Temperatura paljenja usitnjenog suncokretovog semena kretala se od 240-250°C.

Vreme dostizanja minimalne temperature samopaljenja ispitivanih uljarica je ispod 10 minuta i najkraće je kod usitnjenog semena soje. Nije uočena razlika u rezultatima kod semena repice i suncokreta. Kod ispitivanog semena uljarica radi se o tinjajućem sagorevanju. Temperature zagrejane površine su nedovoljne za samopaljenje isparljivih materija i plameno sagorijevanje.

## 6. ZAKLJUČAK

Prilikom skladištenja uljarica u silosima moguće su pojave samozagrevavanja tj. spontanog postepenog akumuliranja toplote unutar uskladištene mase. Iskustva govore da su ljudski propusti najčešći uzročnik nastanka požara, neodgovorna ponašanja ali i nepoznavanje tehnologije skladištenja i eksplozivnih karakteristika uljarica koja se nalazi u silosu.

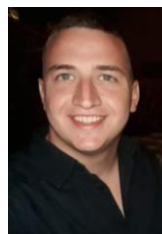
Savremeni silosi nude mnoga rešenja za ranu detekciju porasta temperatura unutar skladištene mase, kao i monitoring požarnog rizika. U radu su prikazani najznačajniji uticajni faktori na pojave samozagrevanja uskladištene mase semena uljarica i neke od preventivnih mera za bezbedno skladištenje.

Optimalna vlažnost za skladištenje uljarica kreće se između 7 i 10 %. Eksperimentalnim istraživanjem usitnjenog semena uljarica iz tehnološkog procesa utvrđene su minimalne temperature paljenja u opsegu od 240-270 °C i te temperature se ne smeju postići u uskladištenoj masi u silosu. Da bi se upravljalo požarnim rizikom u skladištima uljarica, veoma je važno da se proceni požarni rizik, odrede ugrožena područja i da se preventivno deluje svim raspoloživim tehnologijama.

## 7. LITERATURA

- [1] Babić Lj., Babić M.: Sušenje i skladištenje, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 1991.
- [2] Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu skladišta od požara i eksplozija ("Sl. list SFRJ", br. 24/87)
- [3] Veselinović S.: Prilog proučavanju pojava samozagrevanja kod skladištenja zrna suncokreta (doktorska disertacija), Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 1984.
- [4] Person Hanry, Silo fires, July 2013, Swedish Civil Contingencies Agency
- [5] Verica J. Milanko, Dušan G. Gavanski, Mirjana Đ. Laban, Analysis of the effects of storage conditions on the preservation of soybean quality and the prevention of the self-heating process and the occurrence of fires, University of Novi Sad - Faculty of Technical Sciences 2012.
- [6] Sekulović Z., Bognar M., Pejović S. Preventivna zaštita od požara, ETA, Beograd

### Kratka biografija:



**Nikola Ostojić** rođen je u Beloj Crkvi 1994. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Upravljanje rizikom od katastrofalnih događaja i požara – Upravljanje požarim rizikom kod skladištenja semena uljarica odbranio je 2019.god.

kontakt: ostojic941@hotmail.com