

# PRIMENA SAVREMENE OBRAZOVNE TEHNOLOGIJE U OBUCI ZA UPRAVLJANJE U UDESIMA SA OPASNIM MATERIJAMA

Srđan Z. Rutić

Vojska Srbije, Komanda kopnene vojske,  
Odeljenje za planiranje i razvoj L-5, Niš

DOI: 10.5937/vojtehg61-3161

OBLAST: informatika, softver u obrazovanju  
VRSTA ČLANKA: stručni članak

## Sažetak:

*U radu je prikazana mogućnost primene savremene obrazovne tehnologije u obuci za upravljanje u udesima sa opasnim materijama. Opisan je programski paket „HeSPRO“ koji je nastao težnjom da se objedine funkcije procene i prognoze efekata dejstva opasnih materija, kako prilikom mirnodopskih hemijskih udesa, tako i upotrebom visokotoksičnih materija. Procena mogućnosti primene programskog paketa je vršena na osnovu hipotetičkog modela. Analizom dobijenih rezultata je izvršena procena hemijske situacije. Zaključeno je da programski paket pruža optimalne uslove za efikasnu procenu i prognozu hemijske situacije pri udesu sa opasnim materijama.*

*Ključne reči: procena situacije; programski paket „HeSPRO“; opasne materije; hemijski udes.*

## Uvod

**P**olazni podaci za procenu i prognozu hemijske situacije pri udesima izazvanim opasnim materijama jesu:

- podaci o udesu (mesto i vreme udesa, karakter udesa),
- vrsta ili tip opasne materije,
- meteorološki uslovi.

Informacija o karakteru udesa može se dobiti prema rezultatima prethodne ocene potencijalno opasnih objekata, sumiranjem podataka za sve oblike izviđanja, vojnih izveštaja i informacija od resornih ministarstava i različitih civilnih struktura.

Vrsta opasne materije određuje se korišćenjem odgovarajućih tehničkih sredstava za izviđanje hemijske kontaminacije. Ukoliko se ne poseduju takva sredstva i podaci, pretpostavka o vrsti opasne materije može biti izrađena pomoću analize podataka o objektu i prepoznavanjem simptoma otrovanog (ili kontaminiranog) ljudstva.

Meteorološki uslovi u znatnoj meri određuju kontaminacioni potencijal konkretne opasne materije. Za prognozu posledica udesa neophodno je poznavanje brzine i pravca stanja prizemnog sloja vazduha (inverzija, izotermija, konvekcija), temperature vazduha i površine tla.

Za procenu i prognozu hemijske situacije pri udesu sa opasnim materijama, uz nastajanje primarnog ili sekundarnog oblaka, potrebno je odrediti / izračunati i dati (Luković, Milenković, Marinković, 2004):

- *dubinu prostiranja primarnog i sekundarnog oblaka,*
- *površine zone prostiranja,*
- *prikaz podataka na karti,*
- *vreme dolaska oblaka na zadatu granicu,*
- *vreme trajanja hemijske kontaminacije,*
- *procenu kontaminacije otvorenih izvora vode.*

Neke opasne materije mogu uporedo da formiraju primarni i sekundarni oblak. Takav slučaj javlja se pri razlivanju opasnih materija čija je temperatura ključanja niža od temperature okoline (amonijak, hlor, vinil-hlorid i sl.) (Luković, Jokić-Janković, 1994), (Calvert, England, 1984).

Na račun povišenog pritiska, koji postoji u rezervoaru, i interakcije razlivene mase opasne materije sa podlogom i okolnim vazduhom formira se primarni oblak.

Usled postepenog isparavanja razlivene opasne materije nastaje sekundarni oblak.

Kompleksan matematički model, koji opisuje promene koncentracija para opasne materije u prostoru i vremenu za takav slučaj, zasniva se na fizičkom modelu realnih dešavanja tokom udesa i disperzije para opasne materije.

Rezultati procene hemijske situacije, nastale pri udesima izazvanim opasnom materijom na bazi kompleksnih modela, obuhvataju niz realnih fenomena koji prate složen proces nastanka i dinamike udesa, tako da se, pri jednostavnijim konfiguracijama terena, dobro slažu sa eksperimentalnim podacima, ali traže posebno obučene korisnike i visoke resurse računarske tehnike. Međutim, sama priroda hemijskih udesa takva je da oni nastaju iznenađeno i često, na nepredvidljivim mestima (pri transportovanju opasnih materija), tako da su brzina delovanja i način angažovanja radnih ekipa najvažniji činioci u saniranju posledica udesa (Bursać, et al., 1990), (Franke, 1977).

Zato su jednostavni matematički modeli posebno pogodni u takvim situacijama, jer u kratkom roku daju približnu procenu vanredne situacije, na osnovu čega se mogu preduzeti određene mere radi zaštite stanovništva, materijalnih sredstava i životne sredine (Marshall, 1987).

## Primena programskog paketa „HeSPRO“ za upravljanje u udesima sa opasnim materijama

Programski paket „HeSPRO“ nastao je sa težnjom da se objedine funkcije procene i prognoze efekata dejstva opasnih materija, kako prilikom mirnodopskih hemijskih udesa, tako i upotrebom visokotoksičnih materija (Luković, et al., 2004).

Namena programskog paketa može biti višestruka, a može se koristiti:

- u vojnim i civilnim jedinicama i ustanovama čija je delatnost praćenje i uklanjanje posledica, radi brze procene ugroženosti zone u kojoj se dogodio udes, odnosno objekata (jedinica, stanovništva) u zoni udesa;
- za elaboriranje mogućih izvora opasnosti (skladišta, rezervoara, transporta, industrijskih postrojenja i slično);
- u edukativne svrhe (u jedinicama ABHO, kao i u srodnim ustanovama u civilnim strukturama) kao simulacija radi lakšeg sticanja uvida u način na koji određeni parametri utiču na razvoj situacije posle udesa, kao i o specifičnostima pojedinih opasnih materija. Programski paket se za pomenute namene može koristiti i u mirnodopskim i u ratnim uslovima.

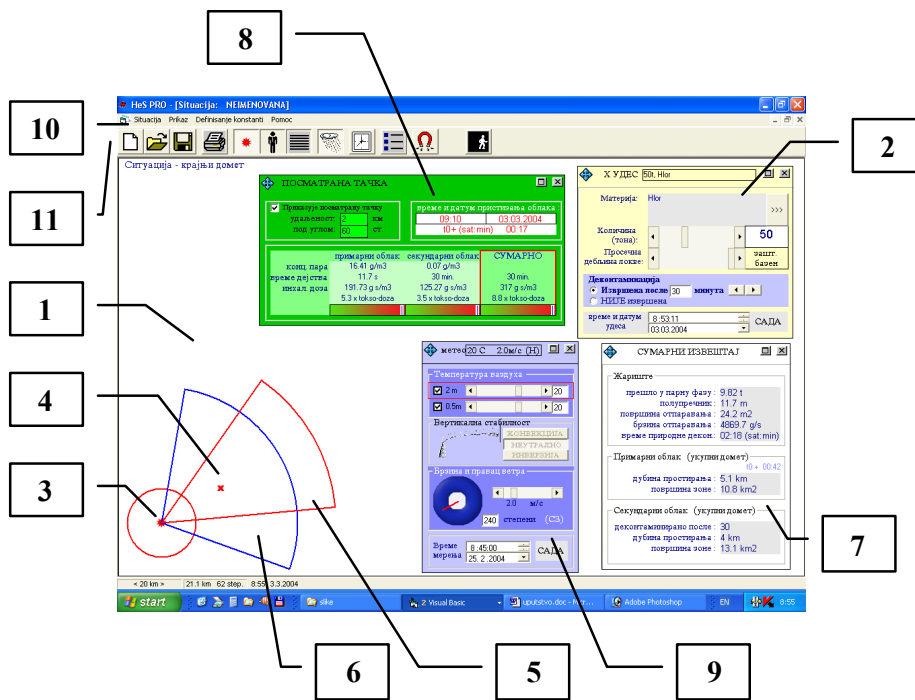
### *Osnovni izgled programskog paketa*

Osnovni izgled programskog paketa dat je na slici 1. Sve njegove opcije mogu se pronaći u sistemu menija, dok su najčešće korišćene opcije „izvučene“ na Toolbar (paleta sa alatima). Radna površina programskog paketa je prostor gde se otvaraju i zatvaraju alati potrebni za podešavanje situacije i gde se prati situacija. Na statusnoj liniji vidljive su još neke informacije korisne tokom rada sa programskim paketom.

### *Alati na situaciji*

Pod alatima na situaciji podrazumevaju se prozori koji se otvaraju prema potrebi i služe za razna podešavanja ili preglede.

Alati se otvaraju ili zatvaraju izborom odgovarajuće opcije ispod opcije „Prikaz“ glavnog menija, ili uključivanjem (isključivanjem) odgovarajućeg dugmeta na Toolbar.



Slika 1 – Osnovni izgled programskog paketa; 1. radna površina; 2. određivanje parametara udesa; 3. mesto udesa – žarište; 4. posmatrana tačka; 5. zona i domet primarnog oblaka; 6. zona i domet sekundarnog oblaka; 7. sumarni izveštaj; 8. podaci o osmatranoj tački i dejstvu oblaka na nju; 9. podaci o meteorološkoj situaciji u posmatranoj zoni; 10. sistem menija; 11. prostor za pokretanje (uključivanje) alata.

Figure 1 – The basic layout of the software package; 1. desktop; 2. parameters of accidents; 3. accident site - the focus; 4. observed point; 5. primary cloud zone and scope; 6. secondary cloud zone and scope; 7. summary report; 8. observed point data and the effect of the cloud on it; 9. data about weather conditions in the given area; 10. menu system; 11. space to run (turn on) tools.

### ***Pokretanje nove situacije (dokumenta)***

Osnovni dokument programskog paketa je „situacija“, i taj termin biće korišćen u daljem tekstu. Situacija podrazumeva skup ulaznih i izlaznih podataka koji opisuju udes izazvan opasnom materijom. Kreiranje nove situacije omogućeno je iz sistema menija startovanjem opcije „Situacija/Nova“ ili klikom na odgovarajuću ikonicu u Toolbar. Kreiranjem nove situacije, sve vrednosti se anuliraju ili postavljaju na određene podrazumevane vrednosti.

Podaci o meteorološkoj situaciji uzimaju se u vrednostima koje su poslednje date programskom paketu, bez obzira na to koja situacija je obrađivana. To može biti ušteda vremena prilikom definisanja situacije ukoliko su meteorološki podaci ažurni.

*Napomena:* pri prvom pokretanju programskog paketa ovi podaci su proizvoljni.

Kod pokretanja nove situacije inicijalno se otvara alat za određivanje parametara udesa (slika 2).

Minimum podataka za kreiranje situacije daje se korišćenjem ovog alata, a to su podaci o vrsti i masi (količini) opasne materije. Ostali podaci koji se daju programskom paketu korišćenjem ovog alata dobijaju predefinisane vrednosti i menjaju se prema potrebi. To su: prosečna debljina lokve, vreme izvršenja dekontaminacije (sanacije) i vreme i datum udesa.

IZBOR OPASNE MATERIJJE vrši se sa liste koja se pojavi nakon klika na odgovarajuće dugme.

KOLIČINA OPASNE MATERIJJE određuje se u tonama i do nje se dolazi pomeranjem klizača ili upisivanjem proizvoljne numeričke vrednosti u polje koje je za to predviđeno.

Slika 2 – Određivanje parametara udesa  
Figure 2 – Determination of accident parameters

PROSEČNA DEBLJINA LOKVE podrazumeva prostor gde je došlo do izlivanja opasne materije. Ukoliko je opasna materija bila uskladištena u rezervoar i do izlivanja je došlo u zaštitni bazen, uzima se da je prosečna debljina lokve 1,5 metara. Za izlivanje po ravnoj površini definiše se najniža vrednost na klizaču. Vrednosti između date su radi postavljanja proizvoljne situacije, odnosno za slučaj kada postoji procena o debljini lokve (izlivanje u bare na neravnom terenu).

VREME IZVRŠENJA DEKONTAMINACIJE daje se u minutima i računava se od trenutka kada se udes dogodio.

VREME I DATUM udesa zadaju se u datom formatu. Dugme „SADA“ je olakšica za postavljanje ovih vrednosti na vrednost sistemskog sata u računaru.

Svi ovi podaci mogu se prema potrebi naknadno menjati u toku praćenja razvoja situacije. Konkretno, vreme izvršenja dekontaminacije može se upisati nakon dobijanja izveštaja o tome.

### *Podešavanje meteorološke situacije*

TEMPERATURA je bitan faktor za rad programskog paketa i u alatu za definisanje meteosituacije data su dva polja za unošenje temperature i to temperatura na visini 2 metra i temperatura na visini 0,5 metra. Te vrednosti definišu se pomoću klizača (1) ili direktnim upisivanjem numeričke vrednosti u za to predviđena polja (2). Za proračune u programskom paketu gde se koristi temperatura vazduha, uzima se vrednost temperature na 2 m i ta vrednost morala bi biti definisana. Temperatura na 0,5 m u ovoj verziji programskog paketa koristi se isključivo za automatsko određivanje vertikalne stabilnosti vazduha. Ako ta vrednost nije poznata, potrebno je poništiti označavanje (3) i tada se dobija mogućnost da se vertikalna stabilnost vazduha odredi „ručno“.

BRZINA VETRA (5) i PRAVAC VETRA (6) takođe su veoma bitni faktori u proceni učinaka udesa. Brzina vetra određuje se postavljanjem klizača (5) na određenu vrednost, dok se pravac vetra može definisati grafički preko odgovarajućeg interfejsa (6) povlačenjem kursora po plavoj površini, ili upisivanjem numeričke vrednosti u odgovarajuće polje. Ukoliko pravac vetra nije poznat ili je promenljiv, dovoljno je kliknuti na sredinu polja (6). Kod određivanja pravca vetra, na alatu se dobija informacija o geografskom pravcu na osnovu određenih stepeni: J – jug; JZ – jugozapad; SI – severoistok i slično.

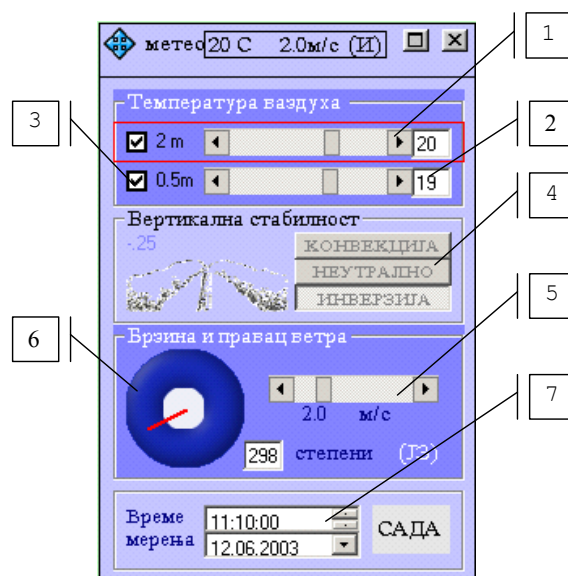
VREME I DATUM MERENJA imaju informativni karakter, ali je važno uneti ove podatke da bi se pri otvaranju nove situacije znalo sa koliko se validnim meteopodacima raspolaže.

Osnovni izgled alata za podešavanje meteosituacije prikazan je na slici 3.

### *Grafički prikaz situacije*

Na osnovu datih parametara, programski paket daje grafički prikaz žarišta i dometa primarnog i sekundarnog oblaka. Jedan od mogućih izgleda prikazan je na slici 1 pod (3), (5) i (6).

Dometi i zone primarnog i sekundarnog oblaka podrazumevaju granicu do koje će nezaštićeno ljudstvo, za vreme dejstva oblaka, dobiti dozu koja je na granici prag-dozе. Ovde treba uočiti da je vreme dejstva sekundarnog oblaka daleko duže nego vreme dejstva primarnog oblaka.



Slika 3 – Alat za podešavanje meteosituacije  
Figure 3 – Tool for adjusting a meteorological situation

### *Podešavanje grafičkog prikaza situacije*

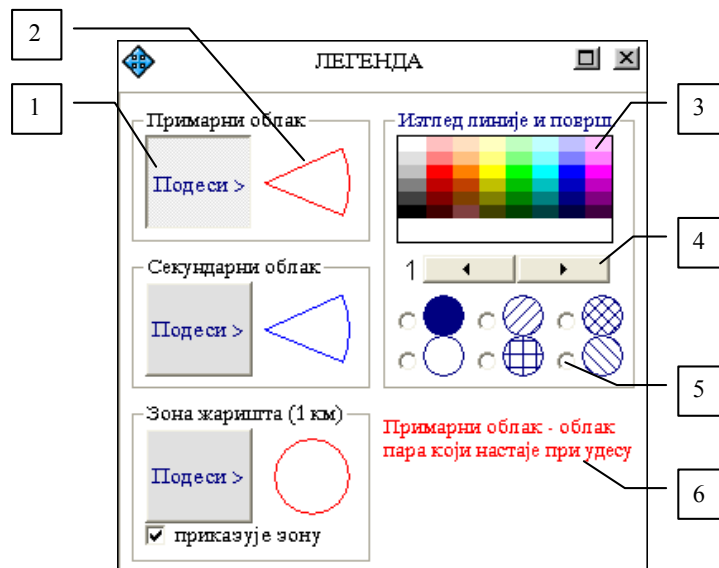
U programskom paketu je omogućeno da se grafički prikaz situacije u potpunosti prilagodi potrebama korisnika. Izgled alata za podešavanje grafičkog prikaza dat je na slici 4. Alat omogućava:

- izbor za podešavanje izgleda pojedine zone (1),
- prikaz izgleda zone na situaciji (2),
- podešavanje boje prikaza odabrane zone (3),
- podešavanje debljine linije za crtanje odabrane zone (4),
- podešavanje načina popunjavanja određene zone (5),
- kratak opis trenutnog izbora (6).

### *Osvežavanje grafičkog prikaza*

Grafički prikaz situacije osvežava se automatski ili „ručno“ kod promene parametara koji utiču na izlazne veličine, što definiše sam korisnik.

Uključivanje i isključivanje automatskog osvežavanja grafičkog prikaza situacije vrši se opcijom „Prikaz/automatsko osvežavanje situacije“ u glavnom meniju programskog paketa.



Slika 4 – Izgled alata za podešavanje grafičkog prikaza situacije  
Figure 4 – Layout of the tool for adjusting the graphical representation of the situation

Ako je automatsko osvežavanje situacije isključeno, potrebno je prilikom promene bilo kog parametra napraviti „ručno“ osvežavanje situacije, što se vrši izborom opcije „Prikaz/osveži situaciju“ iz glavnog menija ili klikom na odgovarajuću ikonicu u Toolbar (sa simbolom magneta).

Automatsko osvežavanje situacije nema potrebe isključivati, osim u slučajevima kada ima problema sa samim hardverom, odnosno kada računar ne uspeva da prati rad programskog paketa.

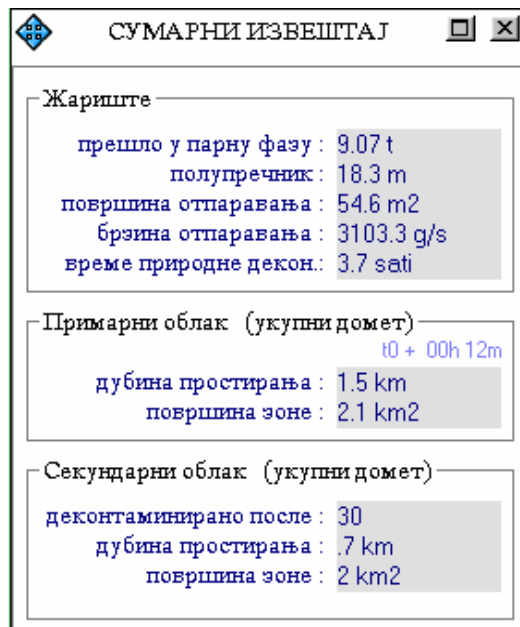
Opciju „Prikaz/osveži situaciju“ treba koristiti i u slučajevima kada dođe do gubitka dela ili cele slike, iako je uključeno automatsko osvežavanje, što se može dogoditi zbog nekih nedoslednosti u radu programskog paketa ili računara.

### Sumarni izveštaj

Sumarni izveštaj (slika br. 5) podrazumeva prikaz osnovnih informacija o žarištu, primarnom i sekundarnom oblaku.

Taj izveštaj služi pre svega za brz uvid u proračunske vrednosti, tako da se može koristiti u različitim situacijama.





Slika 5 – Izgled sumarnog izveštaja  
Figure 5 – Layout of the summary report

### Posmatrana tačka

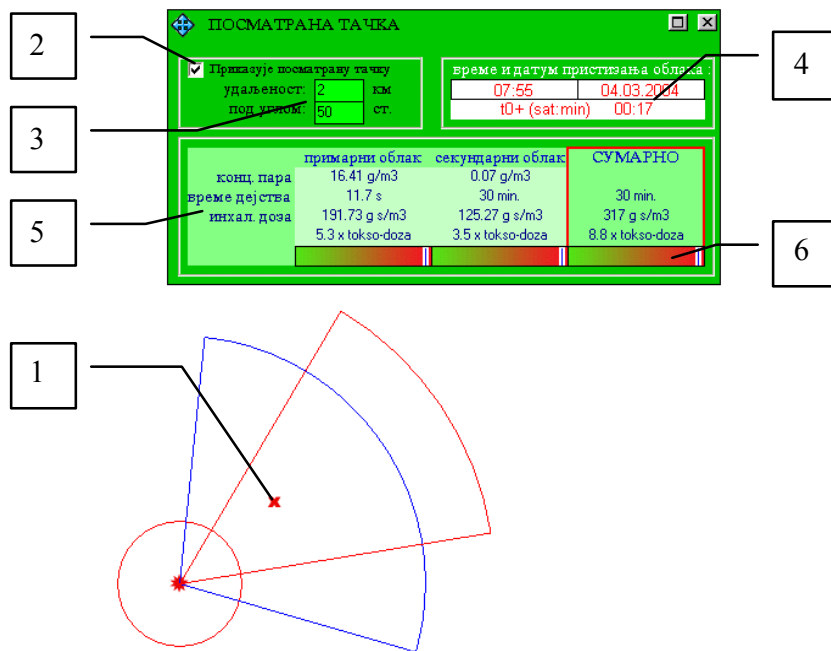
Posmatrana tačka ima važnu ulogu u programskom paketu i odnosi se na objekat (jedinicu, stanovništvo) za koji želimo da procenimo ugroženost posle udesa. Osnovni izgled alata (sa delom situacije) prikazan je na slici 6. Ukoliko se želi procena ugroženosti prostora koji zauzima jedinica (stanovništvo), kao posmatranu tačku treba uzeti približnu sredinu tog prostora.

POSTAVLJANJE POSMATRANE TAČKE na situaciju vrši se uključivanjem opcije („Prikaz/posmatrana tačka“) u glavnom meniju programskog paketa, ili klikom na odgovarajuću ikonicu na Toolbar.

UKLANJANJE sa situacije vrši se isključivanjem označavanja (2).

POZICIONIRANJE u odnosu na žarište može se vršiti na više načina:

- pomeranjem posmatrane tačke pomoću miša, metodom Drag-drop (povuci-pusti),
- postavljanjem vrednosti za udaljenost i ugao u odnosu na žarište (3),
- desnim klikom na situaciju gde želimo postaviti po smatranu tačku i potom izborom opcije „Postavi ovde posmatranu tačku“.



Slika 6

– Postavljanje i praćenje posmatrane tačke  
Figure 6 – Implementation and monitoring of the observed points

Informacija o vremenu pristizanja oblaka do posmatrane tačke (4) data je u obliku datuma i vremena i u obliku vremena proteklog od udesa.

Osnovne informacije o ugroženosti posmatrane tačke primarnim i sekundarnim oblakom, odnosno sumarno, mogu se videti na alatu kao informacije o koncentraciji para, vremenu dejstva i inhalacionoj dozi (5).

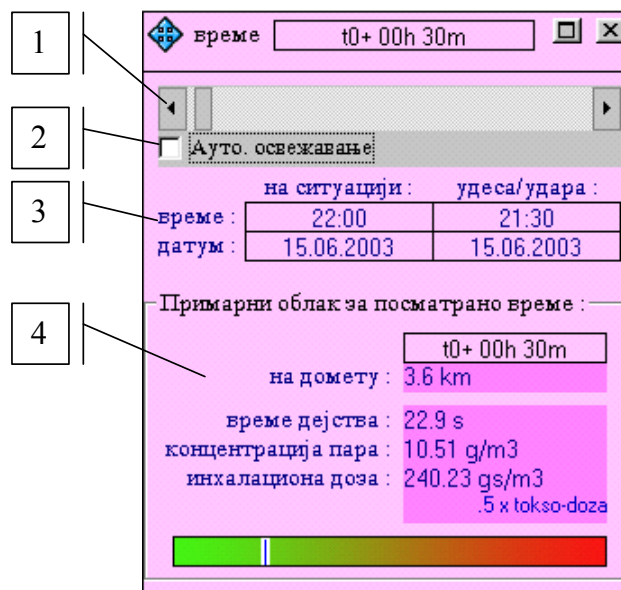
Radi brzog i slikovitog uvida u ugroženost posmatrane tačke, na alatu je postavljen prostor u kojem se boja preliva od zelene (slaba ugroženost) do crvene (jaka ugroženost). Pozicioniranje linije na ovom prostoru odslikava ugroženost posmatrane tačke na određenoj poziciji.

### Vremenska skala

Vremenska skala služi za posmatranje razvoja primarnog oblaka u vremenu posle udesa. Izgled alata vremenske skale prikazan je na slici 7.

Postavljanje vremena za koje želimo da izvršimo procenu vrši se pomoću klizača (1). Klizač pomera vreme za po jedan minut i dodaje ga na vreme udesa. Maksimalno vreme se menja u zavisnosti od vremena za koje primarni oblak dostigne maksimalni domet.

Prema potrebi može se uključiti opcija „Autoosvežavanje“ (2). Uključivanjem te opcije programski paket će pratiti razvoj situacije u realnom vremenu. Proračuni i osvežavanje situacije biće vršeni na svaki minut vremena. Radi simulacije razvoja situacije, omogućeno je ubrzanje osvežavanja (60 puta). Zavisno od pozicije klizača, ispisaće se vreme koje odgovara situaciji (3).



Slika 7 – Vremenska skala  
Figure 7 – Timeline

Osnovni cilj vremenske skale je procena ugroženosti od primarnog oblaka na dometu koji postigne u posmatranom vremenu (4). Ti podaci se menjaju sa promenom vremena. Na dnu alata dat je sličan slikovit prikaz kao što je već opisano kod ugroženosti posmatrane tačke.

### *Definisanje konstantnih vrednosti*

Programski paket koristi kao konstantne vrednosti samo podatke o fizičko-hemijskim karakteristikama opasnih materija. Te podatke potrebno je upisati u bazu radi kasnije automatizacije proračuna.

Upisivanje podataka obavlja se u dva koraka. Prvi korak je definisanje liste opasnih materija i startuje se preko sistema menija „Definisanje konstanti/Opasne materije/Vrste opasnih materija“. Kreiranje liste je intuitivno i neće biti detaljnije objašnjavano.

Drugi korak je definisanje traženih parametara za svaku definisanu opasnu materiju. Ta opcija startuje se preko sistema menija „Definisanje konstanti/Opasne materije/Karakteristike opasnih materija“.

Ove podatke ne treba unositi niti menjati ukoliko korisnik u potpunosti ne poznaje način funkcionisanja programskog paketa ili nije siguran u ispravnost podataka koje unosi. U suprotnom, može doći do neregularnog rada ili kraha programskog paketa.

Prilikom unosa karakteristika opasnih materija veoma je važno da se za svaku opasnu materiju daju svi traženi podaci i da podaci budu regularni, odnosno da odgovaraju po tipu i redu veličine koje podrazumeva traženi unos.

Pri dobijanju informacija o udesu na transportnom sredstvu sa opasnom materijom, u centralni računar se unose:

- identifikacioni podaci (vreme i datum nastanka udesa, vrsta i masa opasne materije, pravac i brzina vetra);
- žariste udesa;
- dubine i površine zona prostiranja primarnog i sekundarnog kontaminacionog oblaka.

Površine žarišta udesa i zona prostiranja primarnog i sekundarnog kontaminacionog oblaka označavaju se punim linijama crvene odnosno plave boje. Dubine prostiranja primarnog i sekundarnog oblaka dimenzionišu se tankom linijom sa strelicama, iznad kojih se nanose brojčane vrednosti.

Nakon procene i prognoze učinaka dejstva kontaminacije, formira se zaključak i obaveštavaju subjekti odgovora na udes koji su povezani i umreženi u sistem.

## Hipiotetički model primene programskog paketa „HeSPRO“

Pod pretpostavkom da je na hlorkalnom kompleksu došlo do udesa, pri čemu se iz nadzemnog skladišta izlilo 50 t hlora, pri sledećim uslovima:

- izlivanje u betonski prihvatni sud – zaštitni bazen, bez hemijskih interakcija i upijanja hlora,
- brzina vetra na visini od 2 m iznad površine tla je 2 m/s,
- pravac vetra 270° – zapadni,
- vertikalna stabilnost atmosfere: izotermija,
- teren: gradsko jezgro, pretežno niskospratnice,
- reljef: ravan teren, otvoren,
- vremenski uslovi: veče, temperatura vazduha:  $T = 20^{\circ}\text{C}$ ,

Obuka oficira i podoficira komande jedinice može se izvršiti upotrebom programskog paketa „HeSPRO“ kroz određivanje sledećih parametara hemijskog udesa:

- poluprečnik žarišta udesa,
- koncentraciju para hlora u primarnom oblaku, na rastojanju  $X = 2000$  m, niz vetar,
- inhalacionu toksodozu koju može da dobije nezaštićeno ljudstvo na osnovu dejstva primarnog oblaka, na rastojanju  $X = 2000$  m, niz vetar,
- dubinu prostiranja primarnog oblaka,
- koncentraciju para hlora u sekundarnom oblaku, na rastojanju  $X = 2000$  m, niz vetar,
- inhalacionu toksodozu koju može da dobije nezaštićeno ljudstvo po osnovu dejstva sekundarnog oblaka, na rastojanju  $X = 2000$  m, niz vetar, za vreme izlaganja od 30 minuta,
- dubinu prostiranja sekundarnog oblaka,
- ukupnu tokso-dozu, za nezaštićeno ljudstvo na osnovu dejstva primarnog i sekundarnog oblaka, na rastojanju  $X = 2000$  m, niz vetar, za vreme izlaganja od 30 minuta,
- zone prostiranja primarnog i sekundarnog oblaka i naneti ih na kartu,
- vreme prirodne dekontaminacije, ukoliko ne bi došlo do lokalizacije (ili neutralizacije) izlivenog hlora.

Upotrebom programskog paketa „HeSPRO“, po opisanoj metodologiji rada dobijaju se sledeći rezultati:

**PODACI O UDESU**

– vreme i datum udesa	19:00 21. 07. 2007.
– naziv opasne materije	Hlor
– količina	50 t
– prosečna debljina lokve	1,50 m
<b>Žarište</b>	
– poluprečnik	11,7 m
– površina otparivanja	24,2 m <sup>2</sup>
– brzina otparivanja	4869,7 g/s
– prešlo u parnu fazu	9,82 t
– vreme prirodne dekontaminacije	02:18(sat: min)

**Primarni oblak**

– dubina prostiranja / površina zone	5,1 km / 10,8 km <sup>2</sup>
--------------------------------------	-------------------------------

**Sekundarni oblak**

– dubina prostiranja / površina zone	9,2 km / 71 km <sup>2</sup>
--------------------------------------	-----------------------------

**POSMATRANA TAČKA**

– udaljenost od žarišta / u pravcu	2,00 km / 90 (I)
– vreme i datum pristizanja	
– primarnog oblaka	19:17 / 21.07.2007.g.
– vreme dejstva	11.7 sek.

– koncentracija para	16,41 g/m <sup>3</sup>
– inhalaciona doza	191,73 g/m <sup>3</sup> (5,3 tok.-doz.)
<b>PODACI O OPASNOJ MATERIJI</b>	
– naziv opasne materije	hlor
– molekulska masa	71 g/mol
– temperatura ključanja	-34°C
– -napon pare na 20	680000 Pa
– srednja smrtna koncentracija	360 mg/m <sup>3</sup>
– maksimalna dozvoljen koncentracija	3 mg/m <sup>3</sup>
– granična vrednost imisije	0,1 mg/m <sup>3</sup>
– srednja prag toksodoza	36000 mg/m <sup>3</sup>
– gustina u tečnom stanju	1380 kg/m <sup>3</sup>
– specifična zapremina	0,34 m <sup>3</sup> /kg
– prelazi u parnu fazu na 30°C	22,5 %
<b>METEO PODACI (19:00 21. 07. 2007)</b>	
– vetar (brzina / iz pravca)	2 m / 270 (Z)
– temperatura (2)	20°C
– vertikalna stabilnost	izotermija (neutralno)

### *Analiza dobijenih rezultata*

Dobijeni rezultati se analiziraju i vrši se procena situacije - analiza hemijske situacije.

Mesto hemijskog udesa nalazi se na 2,00 km zapadno od posmatrane tačke, u sklopu naseljenog mesta gde preovladavaju niskospratnice. Saobraćajna infrastruktura utiče na prostiranje oblaka para toksičnih hemikalija kanališući ga ka posmatranoj tački. Relativna visinska razlika u odnosu na posmatranu tačku je mala tako da ne ispoljava uticaj na prostiranje oblaka.

Meteorološki uslovi povoljno utiču na prostiranje para. Za stizanje do posmatrane tačke, oblaku para toksičnih hemikalija potrebno je 17 minuta, tako da ljudstvo ima sasvim dovoljno vremena za preduzimanje odgovarajućih mera zaštite što zavisi od brzine uzbunjivanja.

Mesno stanovništvo nema svoje sklonište a građevine su starijeg datuma pa prozori u prostorijama slabije dihtuju, tako da hermetizacija nije na potrebnom nivou. Zbog neadekvatne podešenosti objekata za kolektivnu zaštitu koja je uslovljena stanjem građevinskih objekata, lokalno stanovništvo je u potpunosti ugroženo, što uslovljava neophodnost evakuacije.

S obzirom da oblak stiže do posmatrane tačke, a objekti ne poseduju adekvatnu hermetizaciju, evakuacija je neophodna. Stanovništvo se treba evakuisati što pre i to ka severu ili jugu. Razdaljina rejona za evakuaciju od mesta udesa bi trebalo da bude minimalno 10 km. Evakuaciju je moguće izvesti sa ili bez vozila, u zavisnosti od procene, jer oblak do

posmatrane tačke stiže za 17 minuta. Najsigurnije je peške, ali je potrebno da se stanovništvo što pre prikupe i da pre isteka tih 17 minuta krenu ka zadatim rejonima. Evakuacija vozilima verovatno će biti otežana, zbog povećane frekvencije saobraćaja.

Iz dobijenih rezultata – sumarnog izveštaja, može se zaključiti da hlor stvara primarni i sekundarni oblak i ljudstvu u posmatranoj tački treba 11,7 sekundi udisanja ovih para da bi primili 5,3 tokso doze. Evakuacija je neophodna, jer objekti nisu adekvatno podešeni za zaštitu u smislu ispunjavanja uslova hermetizacije vrata i prozora. Mesno stanovništvo ima dovoljno vremena za organizaciju zaštite pravovremenom evakuacijom u sigurne rejone. U vremenu dok traje opasnost bile bi prekinute sve redovne aktivnosti u gradu, sem obezbeđenja objekata. Posle 2 h i 18 min, što je vreme prirodne dekontaminacije 50 t hlora, stanovništvo se može vratiti u svoje domove.

Ovakva situacija se dešava kada nema dekontaminacije mesta gde je došlo do udesa. Dekontaminacijom žarišta smanjuje se rizik i verovatnoća da će ljudstvo udisati naknadne pare, već će biti izloženo samo onim koje su otparile pre izvršenja dekontaminacije.

Analizom procenjene hemijske situacije uočava se da navedene količine hlora formiraju zone visokih kontaminacija, preko dejstva primarnog i sekundarnog oblaka. Posle formiranja primarnog oblaka, u zaštitnom bazenu preostaje znatna količina hlora u tečnom stanju, tako da je neophodno preduzimanje mera za sanaciju udesa, obezbeđivanjem pretakanja u rezervni rezervoar ili blokiranjem površine otparavanja, neutralizacijom opasne materije i sl.

## Zaključak

Sagledavajući sve specifičnosti udesa pri proizvodnji i transportu visokotoksičnih materija, može se zaključiti da je organizacija odgovora na takvu vrstu udesa, kao jedan od prioriternih zadataka, izuzetno složena i kompleksna aktivnost, koja zahteva potpunu stručnu osposobljenost svih subjekata gde je potrebno obučavanje adekvatnog kadra koji će biti u mogućnosti da efikasno odgovori na udes sa opasnim materijama.

Što se tiče nastavnog procesa, može se zaključiti, da je metoda demonstracije najprikladniji vid nastavnog rada, jer je usko povezana s materijalno tehničkom stranom nastave što je u ovom slučaju izuzetno značajno. Jedan od načina osposobljavanja pripadnika Vojske za reagovanje u udesima sa opasnim materijama je i obuka starešinskog kadra za brzu procenu i prognozu hemijske situacije pri udesima sa opasnim materijama primenom programskog paketa „HeSPRO“. Na primeru hipotetičkog modela upotrebe navedenog programskog paketa u konkretnom udesu sa opasnim materijama možemo zaključiti da je primena savremene obrazovne tehnologije u obuci i nastavi veoma značajna.

Programski paket „HeSPRO“ pruža optimalne uslove za efikasnu procenu i prognozu hemijske situacije pri udesu sa opasnim materijama, a sve u funkciji praćenja i uklanjanja posledica udesa sa opasnim materijama.

Upotreba ovog programskog paketa, u funkciji smanjenja rizika višestruko je korisna zato što je omogućen brz pristup podacima o opasnim materijama, njihova upotreba za procenu konkretne udesne situacije i prenošenje proizvedenih informacija nadležnim organima, a koje su neophodne za adekvatan odgovor na udesni događaj. Na taj način se povećava brzina reagovanja i operativnost celog procesa upravljanja udesom podiže na viši nivo.

### *Literatura*

Bursać, Ž., Galović, I., Hrvačić, N., Kocijan, S., 1990, Opasne tvari - mjere sigurnosti, sprečavanje, saniranje posljedica, Zavod za općenarodnu odbranu i društvenu samozaštitu, Zagreb.

Calvert, S., England, H., 1984, Handbook of Air Pollution Technology, New York, Willey.

Franke, S., 1977, Lehrbuch der Militarchemie, Band 1, part Entgiftung und Entgiftungsmitteln, Militärverlag, Berlin.

Luković, Z., Jokić-Janković, Z., 1994, Lokalizacija i sanacija havarija sa opasnim i toksičnim materijama, Beograd.

Luković, Z., Milenković, Z., Marinković, G., 2004, Privremeno uputstvo za procenu i prognozu hemijske situacije pri udesima sa opasnim materijama i pri dejstvu po objektima u kojima se nalaze opasne materije, Beograd, GŠ VSiCG Sektor KoV, Uprava ABHO.

Marshall, V., 1987, Major Chemical Hazard, New York, Willey.

### APPLICATION OF MODERN EDUCATIONAL TECHNOLOGIES IN THE TRAINING FOR THE MANAGEMENT OF ACCIDENTS WITH CHEMICAL HAZARDS

FIELD: Informatics, Education Software  
ARTICLE TYPE: Professional Paper

#### *Summary:*

*The article presents the application of modern educational technology in the training for the management of accidents with chemical hazards. It describes the „HeSPRO“ software package created to integrate the functions of evaluation and prediction of the effects of hazardous substances both in chemical accidents and during the use of highly toxic substances. The assessment of the software package application was carried out based on hypothetical models. The chemical hazard assessment was carried out through the analysis*



of the obtained results. It was concluded that the software package provides optimal conditions for effective evaluation and prediction of the situation in chemical accidents with hazardous materials.

## Introduction

The baseline data for the assessment and prediction of chemical situations in accidents caused by hazardous substances are:

- Information regarding the accident (place and time of the accident, the nature of the accident),
- Type or types of dangerous goods
- Meteorological conditions.

Information about the nature of accidents can be obtained through the results of previous reviews of potentially dangerous objects and by summarizing data for all forms of surveillance, military reports and information from various ministries and civil structures.

Types of hazardous materials are determined by the use of technical equipment for surveillance of chemical contamination. If such resources and data are not available, the assumption on the type of hazardous materials can be made by analyzing data about the facility and by recognizing the symptoms of poisoned (or contaminated) personnel.

Meteorological conditions significantly determine the contamination potential of particular hazardous materials. For the prediction of consequences of accidents it is necessary to know the speed and the direction of air ground layer (inversion, isotherm, convection), air temperature and soil surface.

For the assessment and the prediction of chemical situations in accidents involving hazardous substances and the primary or secondary formation of clouds, it is necessary to determine / calculate the following (Lukovic, et al., 2004):

- propagation depth of the primary and secondary clouds,
- propagation of the zones,
- display data on the map,
- arrival times of clouds to a given line,
- duration of chemical contamination,
- assessment of open sources of water contamination.

Some hazardous materials may be formed along the primary and secondary clouds. This case corresponds to diffuse dangerous substances whose boiling point is lower than the ambient temperature (ammonia, chlorine, vinyl chloride, and the like.) (Lukovic, Jokic-Jankovic, 1994, Calvert, England, 1984).

The primary cloud is formed based on high blood pressure in the tank and the interaction of spilled hazardous materials with the ground surface and the surrounding air.

The secondary cloud is created due to the gradual evaporation of spilled hazardous materials.

*A complex mathematical model that describes the changes in the concentration of hazardous substance vapor in space and time for such a case is based on a physical model of real events during accidents and dispersion of vapor of hazardous materials.*

*The results of the assessment of the chemical situation caused by accidents involving dangerous goods on the basis of complex models include a number of real phenomena accompanying the complex process of the formation and dynamics of accidents; for simpler reliefs, they are in good agreement with the experimental data, but require specially trained users and high-resource computing techniques. However, the nature of chemical accidents is such that they appear suddenly and often at unpredictable places (when transporting hazardous materials), so that the speed of action and a method of team engagement are the most important factors in the rehabilitation of accident consequences (Bursać, et al., 1990 Franke, 1977).*

*Therefore, simple mathematical models are particularly suitable in such situations, because in the short term they provide an approximate assessment of emergency and serve as a basis for undertaking appropriate measures to protect the population, material resources and the environment (Marshall, 1987).*

Application of the „HeSPRO“ software package for management in accidents involving dangerous goods

*A software package, "HeSPRO", was created with the intention to combine the functions of assessment and forecast of the effects of hazardous substances both in peacetime chemical accidents and during the use of highly toxic substances (Lukovic, et al., 2004).*

*The purpose of the software package can be multiple, and the software may be used:*

- in military and civilian units and institutions whose business is tracking and elimination of the consequences, for rapid assessment of the vulnerability of zones where the accident occurred, or objects (units, population) in the zone of the accident;*
- for the elaboration of possible sources of danger (warehouses, storage tanks, transportation, industrial facilities, etc.);*
- for educational purposes (in NBC units, as well as in similar civilian institutions) to facilitate simulation in order to gain insight into how the parameters affect the development of the situation after the accident, as well as to learn the specifics of particular hazardous substances. The software for the applications mentioned can be used in peacetime and in wartime.*

Conclusion

*Regarding all the specifics of accidents during the production and transportation of highly toxic substances, it can be concluded that the organization of the response to this kind of accidents, as one of the*

priority tasks, is an extremely complex activity that requires full professional qualifications of all subjects and adequate training of staff who will be able to respond effectively to accidents involving hazardous substances.

As for teaching, it can be concluded that the most appropriate form of teaching is the demonstration method, because it is closely associated with the technical side of teaching material which is very important in this case. One way of training the Army to respond to incidents involving hazardous materials is training officers to perform fast estimation and prediction of the situation with chemical accidents involving hazardous substances using the „HeSPRO“ software package. For example, using a hypothetical model of the software package mentioned in this accident with hazardous materials shows that the application of modern educational technology in teaching and training is very important.

The „HeSPRO“ software package provides optimal conditions for effective assessment and prediction of chemical accidents involving hazardous substances, with the the purpose of monitoring and removing their consequences.

Using this software package to reduce risk is very effective because it enables quick access to information on hazardous substances, the use of data for the evaluation of a particular situation and data transfer to competent authorities in order for them to respond adequately. The speed of response is thus enhanced and the operational management of accidents for the whole process increased to a new level.

Keywords: assessment of the situation; software package, „HeSPRO“; hazardous materials; chemical accidents.

Datum prijema članka/Paper received on: 23. 12. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on:  
14. 01. 2013.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on:  
16. 01. 2013.