

VREDNOVANJE DEFORMACIONOG RADA NA VOZILIMA U ANALIZI SAOBRAĆAJNIH NEZGODA

EVALUATION OF DEFORMACIONOG WORK ON VEHICLES IN THE ANALYSIS OF TRAFFIC ACCIDENTS

Fahrudin Kovačević¹; Emir Smailović²; Ešef Džafić³; Nebojša Zdravković⁴

XV Simpozijum
„Veštacanje saobraćajnih nezgoda
i prevare u osiguranju“

Rezime: Sastavni dio analize saobraćajnih nezgoda je analiza deformacija na vozilima i vrednovanje deformacionog rada odnosno brzine koju su vozila izgubila na deformacioni rad u primarnom i eventualnim sekundarnim kontaktima. Specifičnost te analize je da vještak u dosta slučajeva nema pouzdane podatke u vidu pravilno sačinjene fotografike dokumentacije i pravilno izmjerena dubina deformacija na vozilima kako bi pouzdano i tačno vrednovao deformacioni rad a time i brzinu koja je izgubljena na isti. Obim deformacionog rada na vozilima u direktnoj je vezi sa brzinama kretanja vozila neposredno pred sudar, masama vozila koja učestvuju u sudaru, čvrstoći vozila i dijelu vozila sa kojim je ostvaren kontakt sa drugim vozilom ili nepomičnom preprekom. Vrednovanje obima deformacionog rada je u direktnoj vezi sa brzinom izgubljenom na deformacioni rad (EES; Energy Ekvivalent Speed). Pravilno dokumentovanje i premjer deformacija na vozilima pruža mogućnost za pravilno vrednovanje energije ekvivalentne brzini koja je izgubljena na deformacioni rad, a time i pouzdano tačno definisanje brzine neposredno pred sudar kao najbitnije veličine za sačinjavanje vremensko prostorne analize saobraćajne nezgode, a time i pravilno definisanja propusta za nastanak iste.

KLJUČNE REČI: VOZILO, EKSPERTIZE SAOBRAĆAJNOH NEZGODA, DEFORMACIJE, ANALIZA, EES, ČVRSTOČA

Abstract: An integral part of the analysis of traffic accidents is the analysis of the deformation of the vehicle and evaluation of deformation work and speed of the vehicles were lost in the deformation work in the primary and secondary contact. The specificity of this analysis is that an expert witness in many cases there is no reliable data as properly made photographic documentation in the form correctly measured depth of deformation in the vehicle in order to properly evaluate the deformation work and thus speed that is lost in the same. Scope of deformation work on vehicles is directly related to the speed of movement of the vehicle shortly before the crash, the masses of the vehicles involved in the crash, the strength of the vehicles and of the vehicles that made contact with another vehicle or a fixed obstacle. Evaluation of the scope of work of deformation is directly related to the speed lost to deformation work (EES, Energy Equivalent Speed). Properly documenting and measuring deformation of vehicles

1 Triglav Osiguranje Sarajevo, Bosna i Hercegovina, e-mail: fahrudin.kovacevic@triglav.ba

2 Saobraćajni Fakultet Beograd, e-mail: smailovicemir@gmail.com

3 D.D.zaosiguranje "Camelija" Bihać, Bosna i Hercegovina, e-mail: esef.dz@hotmail.com

4 Ekspert za motore i vozila Banja Luka, Bosna i Hercegovina, e-mail: nebojsaz@inecco.net

provides an opportunity for proper evaluation of energy equivalent velocity that is lost on the deformation work and thus reliably exactly define the speed just before the crash as the most important sizes to make time and space analysis of traffic accidents and therefore the proper definition of failure for the occurrence of the same.

KEY WORDS: VEHICLE, TRAFFIC ACCIDENTS EXPERTISE, DEFORMATION, ANALYSIS, EES, STRENGTH

1. UVOD

Proizvođači vozila pri razvoju novih tipova i modela stavlju poseban akcenat na pasivnu sigurnost i ta sigurnost se ostvaruje neovisno od postupaka i radnji korisnika vozila. Konstruktivna rješenja u pogledu pasivne sigurnosti realizuju se kroz ugradnju elektronski vođenih sistema i kroz konstrukciona rješenja na karoseriji vozila. U novije vrijeme postao je trend korištenja novih materijala u proizvodnji karoserije vozila, korištenjem čelika posebne čvrstoće, aluminija, karbonskih vlakana i drugih materijala, sa ciljem poboljšanja čvrstoće vozila i karakteristika deformacije karoserije vozila kako bi vozač i putnici u vozilu pri sudaru zadobili što manje posljedice. Postoje brojne publikacije ispitivanih materijala koje se već koriste u automobilskoj industriji. Dokazano je da različiti materijali, ukoliko se pravilno koriste, u određenoj zoni karoserije vozila mogu vrlo pozitivno uticati na pasivnu sigurnost vozača i putnika u vozilu.

Svaki proizvođač ima svoja karakteristična konstruktivna rješenja i načine korištenja novih materijala u procesu konstrukcije i proizvodnje vozila. Zahtjevi za poboljšanjem konstruktivnih karakteristika vozila sa aspekta pasivne sigurnosti su u stalnom porastu. Upotreba pojedinih materijala u pojedinim zonama karoserije vozila direktno utiče na sposobnost karoserije vozila da u sudaru apsorbuje kinetičku energiju vozila a da vozilo pri tome ima prihvativu težinu, da je ekološki prihvativi a što direktno utiče na prodaju pojedine marke i tipa vozila na tržištu. Različitost konstruktivnih rješenja, korištenje novih materijala dovodi do različitosti karakteristika čvrstoće pojedine marke i tipa vozila.

Nova konstruktivna rješenja na vozilima dovela su do usložnjavanja vrednovanja energije koja se izgubi na deformacioni rad prilikom sudara vozila. Nove metode koje se koriste za vrednovanje obima deformacionog rada na vozilima baziraju se na ispitivanju karakteristika čvrstoće pojedinog vozila koje je učestvovalo u saobraćajnoj nezgodi. Na osnovu pouzdanog i tačnog definisanja obima energije koja je utrošena na deformacioni rad, prilikom sudara, precizira se i vrijednost energije ekvivalentne brzini koja je izgubljena na deformacioni rad.

2. IZRAČUN ENERGIJE DEFORMACIJE NA OSNOVU TESTOVA

Na osnovu istraživanja u realnim testovima udara vozila u nepomičnu prepreku ustanovljena je zavisnost između nastale deformacije i brzine udara. Zavisnost između naletne brzine i dubine deformacije je definisana kao:

$$V = EBS = b_0 + b_1 C;$$

gdje je:

b_0 - naletna brzina pri kojoj još nema deformacija na vozilu,

b_1 - naletna brzina na nepomičnu prepreku

C - dubina deforma

EBS - brzina izgubljena u naletu na nepomičnu prepreku

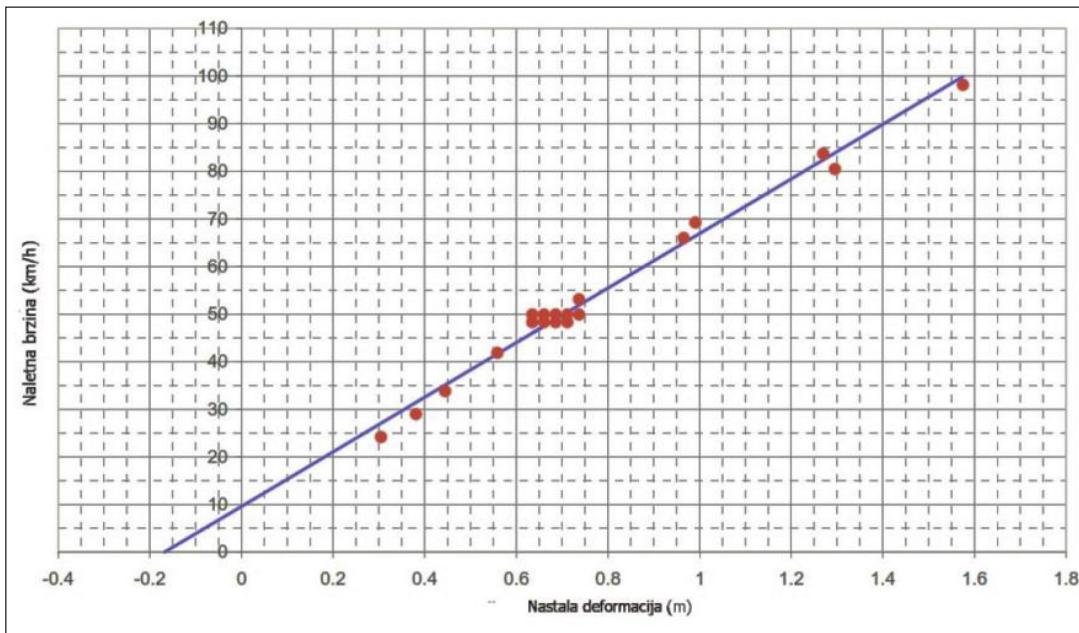
Sila koja uzrokuje deformaciju može se predstaviti kao:

$$F = a_0 + a_1 C;$$

gdje je:

a_0 - sila pri kojoj ne nastaje deformacija

a_1 - granica od koje nastaje deformacija



Slika 1. Zavisnost između naletne brzine i dubine deformacije

Energija deformacije može se dobiti integracijom sile udara kroz dubinu i širinu deformacije.

$$\frac{m \cdot v^2}{2} = \int_0^{w_0} \left[\int_0^C F \cdot dC + const \right] dw$$

Gdje je:

w - dubina deformacije

$const$ - dio energije koji se nije izgubio na deformaciju

Uvrštavanjem izraza za brzinu i silu dobija se:

$$\begin{aligned} \frac{m}{2} \cdot (b_0 + b_1 \cdot C)^2 &= \int_0^{w_0} \left[\int_0^C (a_0 + a_1 \cdot c) \cdot dC + const \right] dw \\ \frac{m}{2} \cdot (b_0^2 + b_0 \cdot b_1 \cdot C + b_1^2 \cdot C^2) &= a_0 \cdot C \cdot w_0 + \frac{1}{2} \cdot a_1 \cdot C^2 \cdot w_0 + const \cdot w_0 \end{aligned}$$

Kroz koeficijente:

$$a_0 = \frac{m}{w_0} \cdot b_0 \cdot b_1 = A, \quad a_1 = \frac{m}{w_0} \cdot b_1^2 = B \quad i \quad const = \frac{m}{2 \cdot w_0} \cdot b_0^2 = G$$

Energiju ekvivalentnu izgubljenoj brzini na udar u nepomičnu prepreku (EBS) 1968. godine definisao je Meckay kao:

$$EBS = \sqrt{\frac{2}{m} \cdot \left[\int_0^{w_0} F \cdot dC + const \right] dw}$$

Energija vozila naletom na prepreku dijelom se potroši na rad plastične deformacije a dijelom na rad elastične deformacije i to:

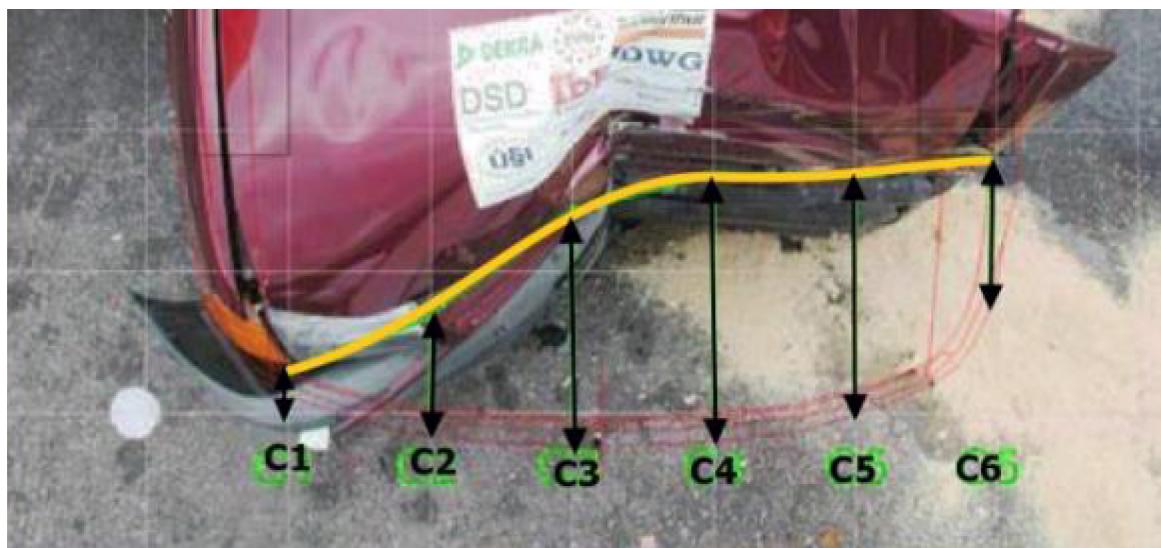
$$\frac{m \cdot EBS^2}{2} = W_{pl} + W_{el}; \quad W_{pl} = \frac{m \cdot EBS^2}{2}; \quad V = EBS \quad i \quad V' = -k \cdot EBS$$

Odnos između EBS i EES ima zavisnost:

$$EES = EBS \cdot \sqrt{1 - k^2}$$

Veličinu EES (energija ekvivalentna brzini) je definisao Burg 1980. godine kao:

$$W_{def} = \frac{m \cdot EES^2}{2}$$



Slika 2. Mjerenje dubine deformacija

Na osnovu poznate brzine udara u stabilnu nepomičnu prepreku može se odrediti stepen čvrstoće vozila na osnovu izmjerениh vrijednosti deformacija. Širina deformacije w_0 podijeli se na šest jednakih područja u kojima se mjeri dubina deformacije od C1 do C6. Za poznatu širinu vozila, težinu vozila, iznos brzine do koje nema vidljivih deformacija b_0 i testnu brzinu naleta na prepreku V_t dobija se čvrstoća vozila i to:

$$C_{sr} = \frac{C_1 + \sum_{i=2}^{n-1} C_i + C_n}{N-1}; b_1 = \frac{V_t - b_0}{C_{sr}} \left(\frac{1}{S} \right); A = a_0 = \frac{m}{w_0} \cdot b_0 \cdot b_1 \left(\frac{kN}{m} \right);$$

$$B = a_1 = \frac{m}{w_0} \cdot b_1^2 \left(\frac{kN}{m} \right) \text{ i } G = const = \frac{m}{2 \cdot w_0} \cdot b_0^2 (kN)$$

Čvrstoća vozila se dobija kao:

$$S = B \cdot (\text{širina vozila}) \left(\frac{kN}{m} \right)$$

3. IZRAČUN ENERGIJE EKVIVALENTNE BRZINI IZGUBLJENE NA DEFORMACI-JONI RAD-EES

U realnim saobraćajnim nezgodama na osnovu raspoložive fotografске dokumentacije poznata je dubina deformacija na vozilima koja su učestvovala u saobraćajnoj nezgodi. Posebno korisne informacije mogu se dobiti ako uviđaju saobraćajnih nezgoda prisustvuje stručno lice koje fotografiše deformacije na vozilu iz pogodnog ugla sa upotrebom metra. Na osnovu tako sačinjene fotografске dokumentacije, korištenjem odgovarajućih programa može se prikazati pouzdano tačan premjer nastalih deformacija na vozilu. Na osnovu poznatog obima deformacionog rada (C1-C6) i težine vozila (kg), vrijednost EBS-a je:

$$EBS = \sqrt{\frac{2 \cdot W_{def}}{m}}$$

gdje je:

W_{def} - ukupna vrijednost deformacionog rada na vozilu (J);
 m - ukupna masa vozila (kg);

Vrijednost deformacionog rada na vozilu na osnovu poznate dubine i širine deformacija iznosi:

$$W_{def} = \sum_{i=1}^{n-1} w_i \cdot \left[\frac{B}{6} \cdot \frac{C_{i+1}^3 - C_i^3}{C_{i+1} - C_i} + \frac{A}{2} \cdot (C_{i+1} + C_i) \cdot G \right] \cdot (1 + \tan^2 \theta)$$

$$W_i = L_{i+1} - L_i$$

Premjer dubine deformacija može se obaviti u 2, 4 ili 6. tačaka. Ukoliko se obavi premjer samo u dvije, četiri ili šest tačka, vrijednost deformacionog rada računa je na osnovu izraza:

$$W_{def(2)} = L \cdot \left[G + \frac{A}{2} \cdot (C_1 + C_2) + \frac{B}{6} \cdot (C_1^2 + C_1 \cdot C_2 + C_2^2) \right] \cdot Y(J)$$

$$W_{def(4)} = \frac{L}{3} \left[3 \cdot G + \frac{A}{2} \cdot (C_1 + 2 \cdot C_2 + 2 \cdot C_3 + C_4) + \frac{B}{6} \cdot (C_1^2 + 2 \cdot C_2^2 + 2 \cdot C_3^2 + C_4^2 + C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 + C_3 \cdot C_4) \right] \cdot Y(J)$$

$$W_{def(6)} = \frac{L}{5} \left[5 \cdot G + \frac{A}{2} \cdot (C_1 + 2 \cdot C_2 + 2 \cdot C_3 + 2 \cdot C_4 + 2 \cdot C_5 + C_6) + \frac{B}{6} \cdot (C_1^2 + 2 \cdot C_2^2 + 2 \cdot C_3^2 + 2 \cdot C_4^2 + 2 \cdot C_5^2 + C_6^2 + C_1 \cdot C_2 + C_2 \cdot C_3 + C_3 \cdot C_4 + C_4 \cdot C_5 + C_5 \cdot C_6) \right] \cdot Y(J)$$

Značenje pojedinih oznaka u izrazima je:

A i B - Koeficijenti čvrstoće vozila prema CRASH 3 modelu

G - Koeficijent zavisan od koeficijenata *A* i *B*; $G = A^2/2B$ (*N*)

L i W - Dužina i širina vozila

Y - $Y = (1 + \tan^2 \theta)$ $\theta = 0^\circ$; $Y = 1$; $\theta = 45^\circ$; $Y = 2$; $\theta > 45^\circ$; $Y = 2$; ugao sile udara

3.1. Koeficijenti čvrstoće vozila

Koeficijenti čvrstoće vozila predmetu ispitivanja od 1981. godine. Na osnovu međuosovinskog razmaka, vozila su podijeljena na klase. Podaci o ispitivanju se odnose na podatke od institucije NHTSA (Highvay Traffic Safety Administration) koji su dostupni. Putnička vozila, na osnovu međuosovinskog razmaka, podijeljena su u pet klasa, kombi vozila u dvije klase, kamioni u dvije klase i višenamjenska vozila u dvije klase. Podaci za navedene klase vozila sa koeficijentima čvrstoće *A* () i *B* () i to za prednji dio, bočni dio i zadnji dio vozila su slijedeći:

Tabela 1. Vrijednosti čvrstoće vozila po klasama

Područje oštećenja; Čvrstočna klasa: A ($\frac{N}{cm}$)	Prednji dio		Bočni dio		Zadnji dio	
	A	B	A	B	A	B
Kategorija Vozila/ međuosni razmak (m)	$(\frac{N}{cm})$	$(\frac{N}{cm^2})$	$(\frac{N}{cm})$	$(\frac{N}{cm^2})$	$(\frac{N}{cm})$	$(\frac{N}{cm^2})$
Putnička vozila						
Klasa 1 ; 2,05-2,40	315,61	49,68	302,04	44,37	164,52	41,17
Klasa 2; 2,40-2,58	323,39	45,73	284,23	34,06	175,10	45,61
Klasa 3; 2,58-2,80	361,82	48,21	332,02	35,67	174,66	53,57
Klasa 4; 2,80-2,98	377,16	45,96	325,69	32,38	239,89	65,45
Klasa 5; >2,98	505,57	78,17	511,99	95,08	239,89	65,45
Kamioni						
Klasa 1; < 2,89	465,91	75,04	452,33	74,98	180,35	63,39
Klasa 2; > 2,89	384,52	47,13	508,96	84,75	136,58	27,56
Kombi vozila						
Klasa 1; <2,93	541,06	93,01	492,03	81,65	168,10	53,74
Klasa 2; >2,93	628,17	106,62	546,31	97,65	239,89	65,45
Višenamjenska vozila						
Klasa 1; <2,65	465,91	75,05	452,33	74,98	180,35	63,39
Klasa 2; >2,65	384,52	47,13	508,96	84,75	136,58	27,56

3.2. Međusobna zavisnost deformacionog rada na vozilima u sudarnom procesu

Posmatrajući sudarni proces u kontaktnoj fazi sistemom opruge gdje sila u svakom momentu mora biti jednaka (akcija–reakcija) odnosno:

$$F = c_1 s_1 = m_1 a_{lmax} = c_2 s_2 = m_2 a_{2max}$$

gdje je:

s - dinamička deformacija u završetku faze kompresije

l - preostala deformacija

a_{max} - maksimalno usporenje

Deformaciona energija nastale deformacije je:

$$W_D = \frac{1}{2} \cdot C \cdot S \cdot I = \frac{1}{2} \cdot m \cdot EES^2$$

a energija restutucije je:

$$W_{RE} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot S \cdot (s - l)$$

Maksimalno usporenje na kraju faze kompresije je: $a_{max1} = \frac{EES_1^2}{l_1}$ i $a_2 = \frac{EES_2^2}{l_2}$

Stavljujući prethodne izraze u međusobnu zavisnost dobija se odnos EES-a kao:

$$\frac{m_1}{m_2} \frac{EES_1^2}{EES_2^2} = \frac{l_1}{l_2} \rightarrow \frac{EES_1}{EES_2} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1} \frac{l_1}{l_2}} \text{ ili } EES_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot W_d}{m_2 \left(\frac{l_1}{l_2} + 1 \right)}}$$

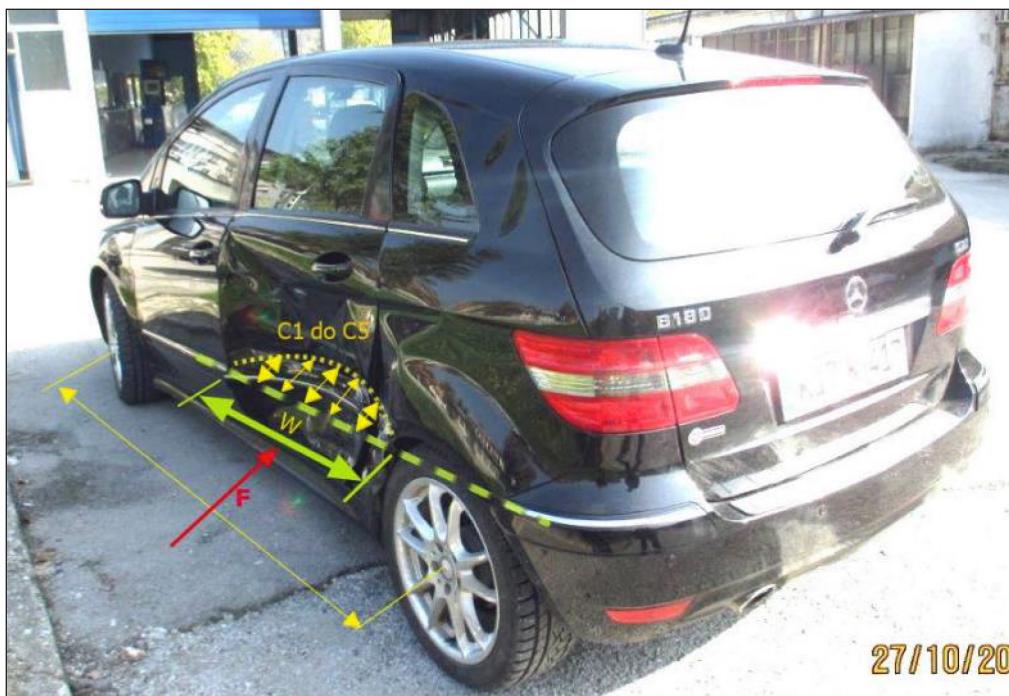
4. KARAKTERISTIČNI PRIMJERI

4.1. Osnovni tehnički podaci o oštećenim vozilima

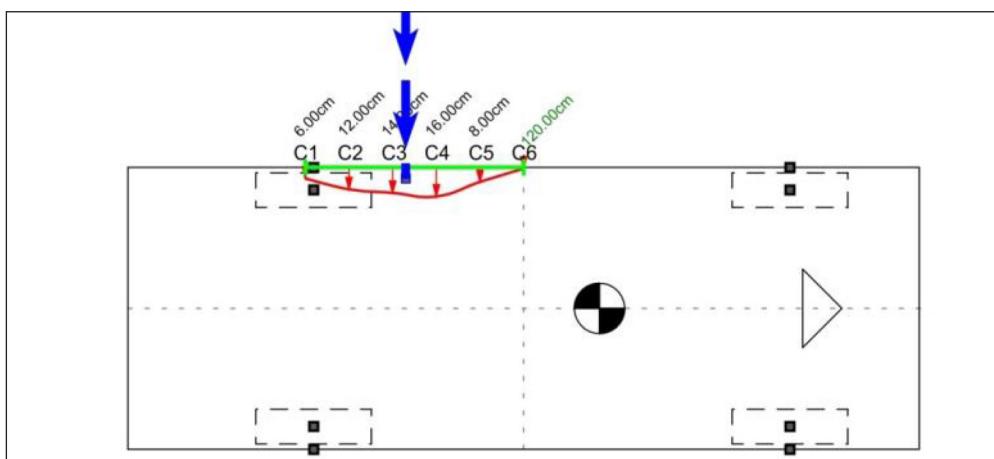
Vozilo Podaci	Mercedes B 180	Mercedes C 250	Opel Vektra
Dužina/širina / visinna/međuosni razmak;mm	4359/1786/1557/ 2699	4487/1720/1424/ 2690	4352/1706/1400/ 2600
Težina; kg	1475+85 (1555)	1480+85 (1565)	1090+85(1175)

4.1.1. Primjer 1.

U raskrsnici motorno vozilo RAV 4 oduzima prvenstvo prolaska vozilu Mercedes B 180 i svojim prednjim dijelom kontaktira zadnja lijeva vrata pod ugлом od 90° u odnosu na smjer kretanja vozila Mercedes B 180.



Slika 3. Mercedes B 180 , udar u zadnja lijeva vrata pod 90°



Slika 4. Skica deformacija na vozilu Mercedes B 180

Za izmjerene vrijednosti prema međuosovinskom razmaku očitane su vrijednosti koeficijenta A i B i to:

W	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	Klasa 3	A	B
1,2	0,06	0,12	0,16	0,12	0,08		332,02	35,67

Vrijednost EBS-a za izmjerene deformacije iznosi:

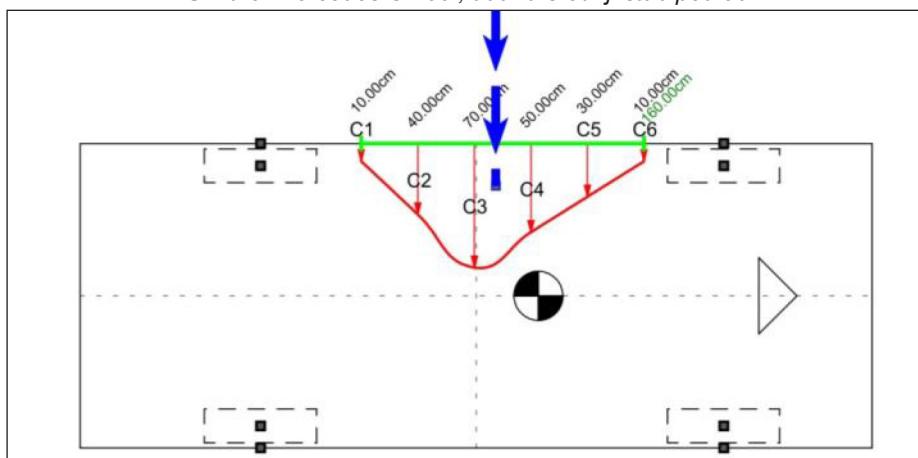
Izračunom se dobije da je $W_D = 8839,89 \text{ J}$, $EBS = 3,37 \text{ m/s} = 12,14 \text{ km/h}$ i $EES = 11,96 \text{ km/h}$ (za $k=0,15$).

4.2.1. Primjer 2.

U ovoj saobraćajnoj nezgodi došlo je do destabilizacije i gubitka upravljivosti Mercedesa C 250, pri čemu je Mercedes sišao sa kolovoza i lijevim bokom udario u betonski stub. Uviđajem premjer dubina deformacija nije rađen, te se isti obavlja procjenom sa raspoložive fotografске dokumentacije.



Slika 5. Mercedes C 250 , udar u srednji stub pod 90°



Slika 6. Skica deformacija na vozilu Mercedes C 250

Za izmjerene vrijednosti prema međuosovinskom razmaku očitane su vrijednosti koeficijenta A i B i to:

W	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Klasa 3	A	B
1,1	0,10	0,40	0,70	0,50	0,30	0,10		332,02	35,67

Vrijednost EBS-a za izmjerene deformacije iznosi:

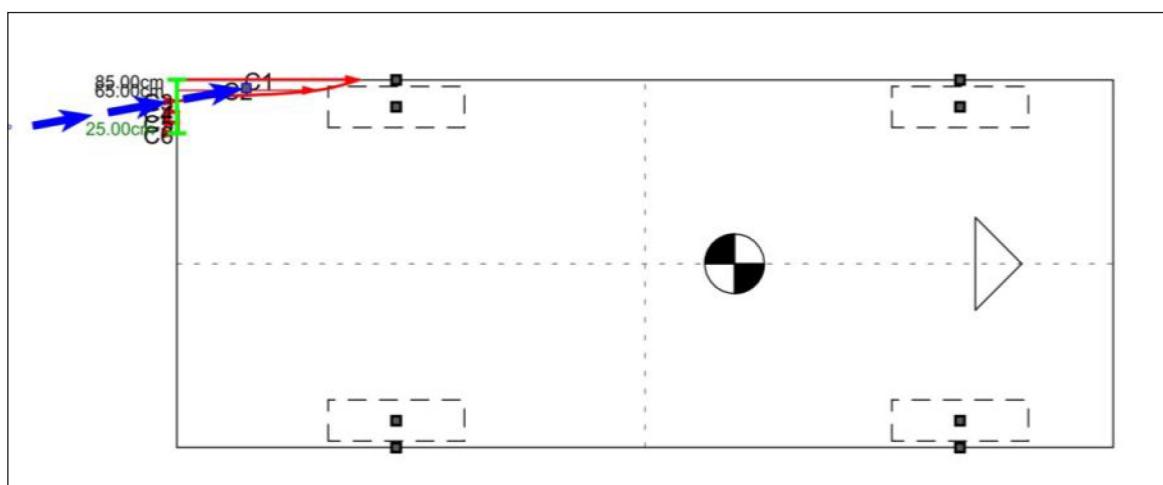
Izračunom se dobije da je $W_D = 78085,15J$, $EBS = 10m/s = 35,99km/h$ i $EES = 35,59km/h$ (za $k = 0,15$).

4.2.3. Primjer 3

Na zaustavljenu Opel Vectru dolazi do naleta Audijem, tako da Audi prednjim desnim čoškom udari u zadnji lijevi čošak Opel Vectre. Do sudara dolazi pod ugлом od oko 20°.



Slika 7. Opel Vektra , udar odzada po uglom od 10



Slika 8. Skica deformacija na vozilu Opel Vektra

Izmjerene su dvije vrijednosti i prema međuosovinskom razmaku očitane su vrijednosti koeficijenata A i B i to:

W	C ₁	C ₂	Klasa 3	A	B
0,25	0,65	0,85		174,66	53,57

Vrijednost EBS-a za izmjerene deformacije iznosi:

Izračunom se dobije da je $W_D = 10799,66J$, $EBS = 4,29m/s = 15,44km/h$ i $EES = 15,26km/h$ (za $k=0,15$).

5. ZAKLJUČAK

Pravilno vrednovanje deformacionog rada nastalog u sudarnom procesu vozila je jedan od najbitnijih preduslova za pouzdano i tačno definisanje dinamičkih parametara sudarnog procesa vozila. Automobilska industrija je u stalnom procesu uvođenja novih tehnologija, a sve sa ciljem ostvarenja što efikasnije zaštite života i zdravlja lica u vozilima. Nove tehnologije ogledaju se u primjeni novih materijala u izradi konstrukcije vozila i uvođenju najnaprednijih elektroničkih dostignuća. Tehnološki proces izrade konstrukcije vozila ide u pravcu primjene materijala i izra-

de dijelova od tih materijala, kojima se može definisati zakonitost nastanka deformacije koja će biti u funkciji bezbjednosti lica u vozilu.

Različiti materijali koji se koriste u konstrukciji vozila utiču i na vrednovanje obima deformacionog rada u pogledu utrošene brzine na realizaciju deformacija. Vrednovanje deformacionog rada na vozilima počelo je uvođenjem rastera koji su dobijeni ispitivanjem obima nastanka deformacija na vozilima koja nisu imala konstruktivne karakteristike kao što danas imaju novija vozila. Rješenja u pogledu izračuna obima brzine izgubljene na deformacioni rad primjenom energetskih rastera, uz određene prilagodbe, vrlo su upitna.

Zakonima mehanike je teorijski opisan mehanizam nastanka deformacija, a u tim zakonitostima jedan od značajnih parametara su koeficijenti čvrstoće materijala. Različitost materijala i konstruktivnih rješenja na vozilima povlači za sobom i različite koeficijente čvrstoće. Savremene metode bazirane su na definisanje koeficijenata čvrstoće za svako vozilo ili grupu vozila i uglavnom se dobijaju praktičnim testiranjem, a uzimaju u obzir ne samo masu vozila nego i ugao sudara, pa i dio vozila na kojem su nastale deformacije. Cilj ovog rada je predstavljanje metodologije izračuna obima deformacionog rada na vozilima premjerom obima deformacija uz konkretizaciju čvrstoće vozila u zavisnosti od ugla sudara i mesta deformacije vozila. I pored naučno definisanih metodologija, vrednovanja deformacionog rada na vozilima, trenutna praksa se svodi na procjenjivanje deformacionog rada. U mogim primjerima saobraćajno-tehničkog vještačenja brzinu vozila u trenutku udara u nepomičnu prepreku nije moguće izračunati ni savremenim računarskim programima za analizu saobraćajnih nezgoda, pa je zbog toga pitanje utvrđivanja brzine vozila, na osnovu deformacija, utoliko značajnije.

Primjenom savremenih dostignuća u vrednovanju deformacionog rada na vozilima izbjegavaju se procjene i upoređivanja, a vještaku saobraćajno-tehničke struke daje se mogućnost da pouzdano i tačno vrednuje energiju ekvivalentnu brzini koju je vozilo izgubilo na deformacioni rad. Brzina vozila izračunata predstavljenim metodama, na osnovu vrednovanja deformacionog rada je zasnovana na ekzaktnim vrednostima, pa Sud, stranke u postupku i ostali vještaci imaju mogućnost provere rezultata. Na taj način prevazilazi se problemi različite procene brzine od strane više vještaka, odugovlačenja Sudskog postupka i slično. Pouzdano i tačno određivanje brzine kretanja vozila u trenutku sudara, jedan je od najvažnijih elemenata analize saobraćajne nezgode i u svim analizama najznačajniji izlazni rezultat, koji utiče na definisanje propusta učesnika nezgode i donošenje pravične sudske presude.

6. LITERATURA

- [1] "CRASH3 Technical Manual," Accident Investigation Division, NCSA, NHTSA, 1986.
- [2] Heinz Burg i Andreas Moser , Handbuch Verkehrsunfall- rekonstruktion, Unfallaufnahme, Fahrdynamik, Simulation 2., aktualisierte Auflage 2009
- [3] Burg /Rau Handbuchder Verkehrsunfall-rekonstruktion, Erstauflage 1981
- [4] Analyzer-Handbuch-16.0
- [5] PCCrash Manual10.0
- [6] The Crash Zone 9.4.92 Manual
- [7] DWG Dr. Werner Gratzer, EES- und Steifigkeits-Verteilung bei der Kollisionsrechnung Stoßhypothese
- [8] Kramer, Florian - Passive Sicherheit von Kraftfahrzeugen
- [9] Dr. Dragač , Dr. Vujanić , Bezbjednost Saobraćaja II dio
- [10] Franko Rotim, Elementi sigurnosti cestovnog prometa svezak 3
- [11] Web; www.ees-catalog.com ; www.auto-data.net ; www.vcrash3.com ; www.edvonline.org; www.dsd.at ; www.analyzer.at