

RECONSTRUCȚIA ACCIDENTELOR CU PIETONI – DETERMINAREA MĂRIMILOR CINEMATICE NECESARE INVESTIGĂRII EVENIMENTULUI RUTIER FOLOSIND PROGRAMUL PC CRASH

Cosmin-Nicolae Andrei

cosmin.mabriond@gmail.com

Mabriond Auto SRL

Liliana Andrei

liliana.andrei@ratb.ro

Regia Autonomă de Transport București

Rezumat: Articolul de față prezintă o metodă facilă de a determina principalele mărimi cinematice necesare investigării și reconstrucției accidentelor rutiere în care au fost implicate autovehiculele și pietoni.

Cuvinte cheie: eveniment rutier, investigație, reconstrucție, simulare, viteza de impact, distanța de proiectare, distanța de frânare.

Abstract: This article presents an easily method for determination of the kinematic parameters required in investigation and reconstruction of traffic accidents between a pedestrian and an road vehicle.

Key Words: road accident, investigation, reconstruction, simulation, impact speed, throw distance, braking distance.

1. Introducere

Majoritatea evenimentelor rutiere au ca element comun impactul dintre un autovehicul și un pieton aflat în traversarea suprafeței carosabile. În studiul și analiza evenimentelor rutiere din care rezultă accidentarea sau vătămarea corporală a unui pieton, o importanță deosebită o are stabilirea mărimilor cinematice din timpul evenimentului (viteza autovehiculului la începutul secvenței de frânare și în momentul impactului, distanța parcursă de autovehicul în timpul de reacție al conducătorului auto, decelerația autovehiculului, etc.) precum și mărimile cinematice necesare evitării evenimentului (viteza de deplasare a autovehiculului la care evenimentul se putea evita, distanța de oprire, etc.).

Dinamica unui eveniment de tipul coliziune autovehicul – pieton depinde de numeroși factori. Această dinamică presupune următoarele trei faze distincte:

- *faza de contact:* această fază corespunde primului contact dintre autovehicul și pieton. În această fază forța de impact imprimă pietonului atât o mișcare de translație cât și o mișcare de rotație.
- *faza de zbor prin aer:* în faza de contact pietonului îi este indusă viteza autovehiculului. Deoarece fie înainte fazei de contact, fie ulterior acesteia autoturismul este frânat, pietonului se desprinde de autoturism și intră în faza de zbor prin aer.
- *faza de alunecare:* aceasta fază corespunde perioadei de la primul contact al pietonului cu suprafața carosabilă și până când acesta ajunge în poziția finală.

Distanța parcursă de pieton din momentul primului contact și până în poziția sa finală, măsurată pe direcția de deplasare a autovehiculului este *distanța de aruncare longitudinală* sau *distanța de proiectare*.

Determinarea mărimilor cinematice ale autovehiculului și ale pietonului necesare la reconstrucția evenimentului pe baza distanței de aruncare longitudinale și pe baza urmelor imprimate de autovehicul pe suprafața carosabilă este posibilă doar atunci când pe direcția de proiectare nu s-au interpus alte obstacole care ar absorbi din energia cinetică a victimei sau ar schimba direcția de proiectare.

De menționat este faptul că aceste condiții sunt îndeplinite în majoritatea cazurilor din care a rezultat vătămarea corporală a unui pieton, deoarece coliziunea se produce pe o secvență de frânare a autovehiculului.

După impactul cu partea frontală a autovehiculului și preluarea pe capota motorului, corpul victimei se desprinde de aceasta și, după deplasarea aeriană, cade pe carosabil aproximativ cu aceeași viteză ca în momentul desprinderii.

Fiecare din cele trei faze ale evenimentului descrise mai sus, luate separat, nu pot da soluții pentru determinarea vitezei autoturismului în momentul producerii coliziunii cu pietonul însă ansamblul acestora permite determinarea unor căi de soluționare.

2. Reconstrucția evenimentului

O primă cale în determinarea mărimilor cinematice ale autovehiculului în momentul coliziunii constă în utilizarea unor relații deduse pe baza unor cercetări experimentale.

O a doua cale constă în utilizarea unor relații rezultate din aplicarea principiilor mecanicii teoretice clasice newtoniene.

O a treia cale, ce constă în soluționarea mărimilor cinematice, este un model hibrid al primelor două, în care ecuațiile teoretice sunt corelate cu rezultatele obținute pe cale experimentală.

Articolul de față prezintă o metodă de reconstrucție a unui eveniment rutier în urma căruia a rezultat vătămarea corporală a unui pieton.

Se va prezenta un caz concret în care un autoturism a accidentat un pieton aflat în traversare regulamentară pe o trecere de pietoni. În urma impactului dintre autoturism și pieton, acesta a fost proiectat la o distanță de aproximativ 15,87 m.

Schița evenimentului așa cum reiese în urma cercetării efectuate la fața locului este prezentată în figura 1.

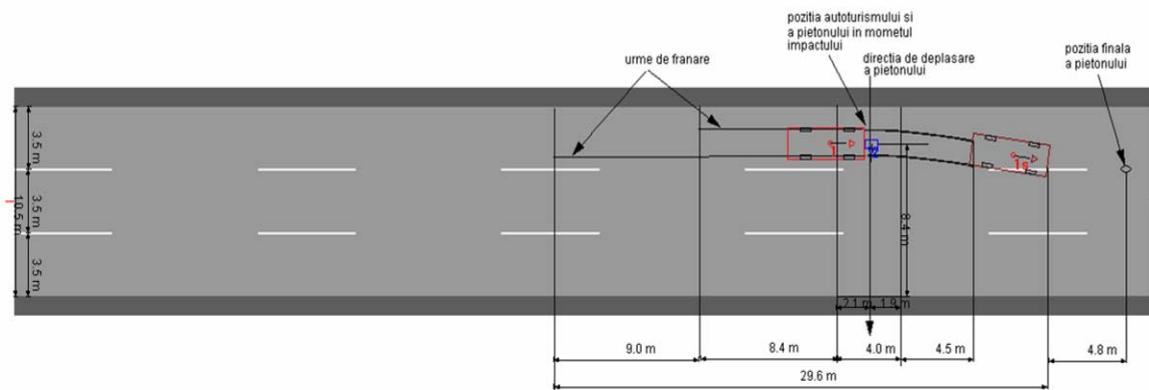


Figura 1. Schița evenimentului realizată în programul PC Crash.

Ulterior, pentru efectuarea simulării trebuie definit autovehiculul împreună cu caracteristicile dimensionale și masice ale acestuia. Pentru aceasta se selectează din baza de date a programului autovehiculul cel mai apropiat de autovehiculul real analizat din fereastra de dialog <Vehicle> / <Vehicle Database> (figura 2).

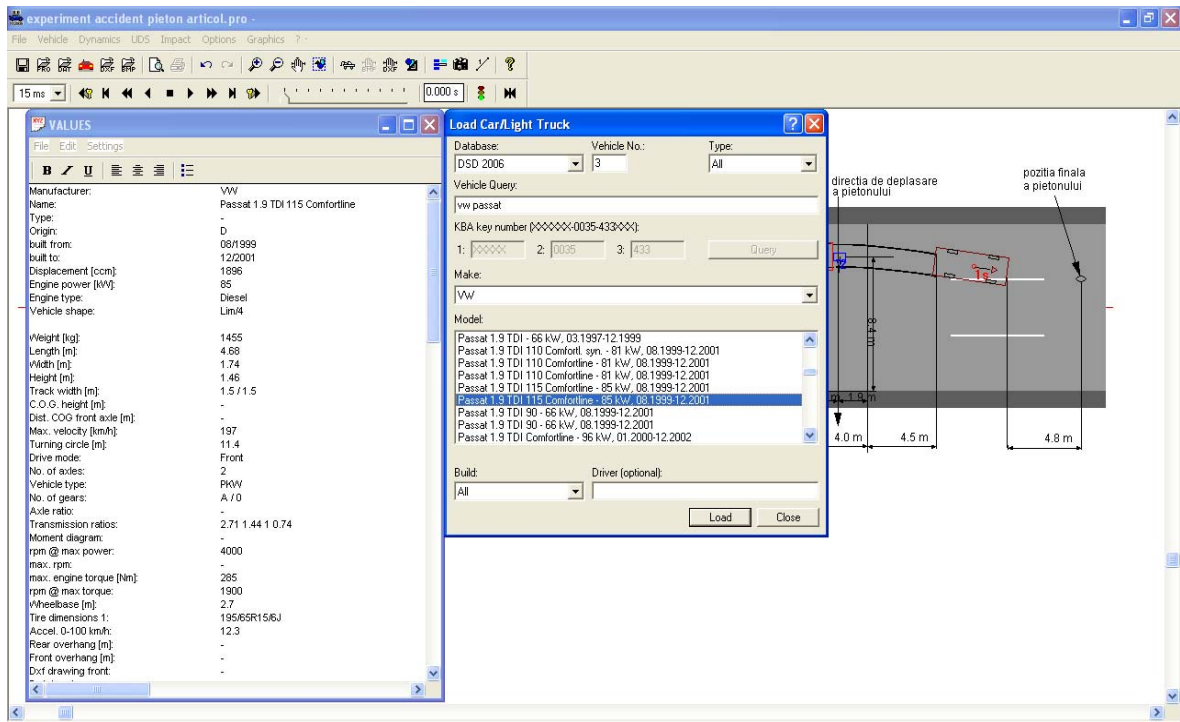


Figura 2. Selectarea autovehiculului din baza de date a programului.

După selectarea autovehiculului, în fereastra de dialog <vehicle settings> se pot modifica caracteristicile dimensionale, masice, dinamice, repartiția maselor pe punțile autovehiculului etc. pentru a reproduce autovehiculul în mod cât mai apropiat de starea reală a acestuia la momentul producerii evenimentului. Tot în cadrul acestei casete de dialog se pot selecta sau modifica diverși alți parametri ai autovehiculului cum ar fi gradul de încărcare al suspensiei, tipodimensiunile anvelopelor, forțele de frânare, etc. (figura 3).

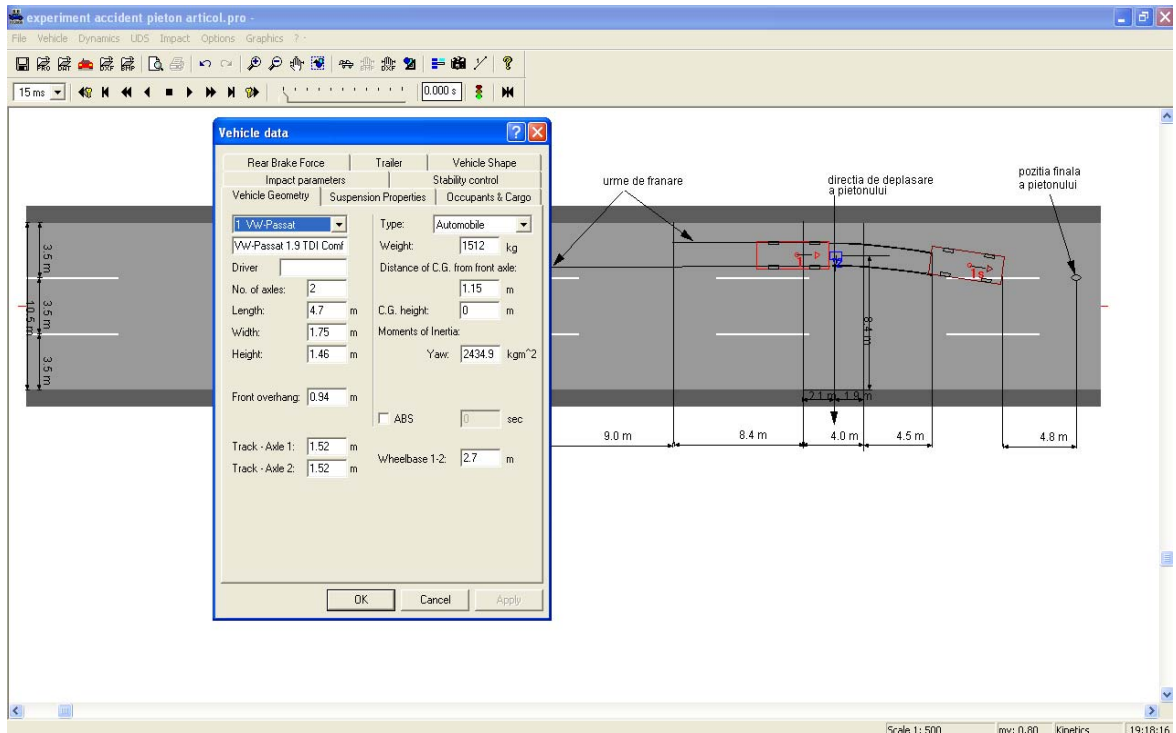


Figura 3. Modificarea parametrilor dimensionali, masici și dinamici ai autovehiculului.

Pietonul se introduce în cadrul simulării prin selectarea casetei de dialog <File> / <Import> / <Custom Vehicle> din meniul principal și selectarea <Pedestrian.dat>.

În cadrul acestei reconstrucții se poziționează autovehiculul și pietonul în poziția de impact – a se vedea figura 4 (detaliu al figurii 1 – schița evenimentului).

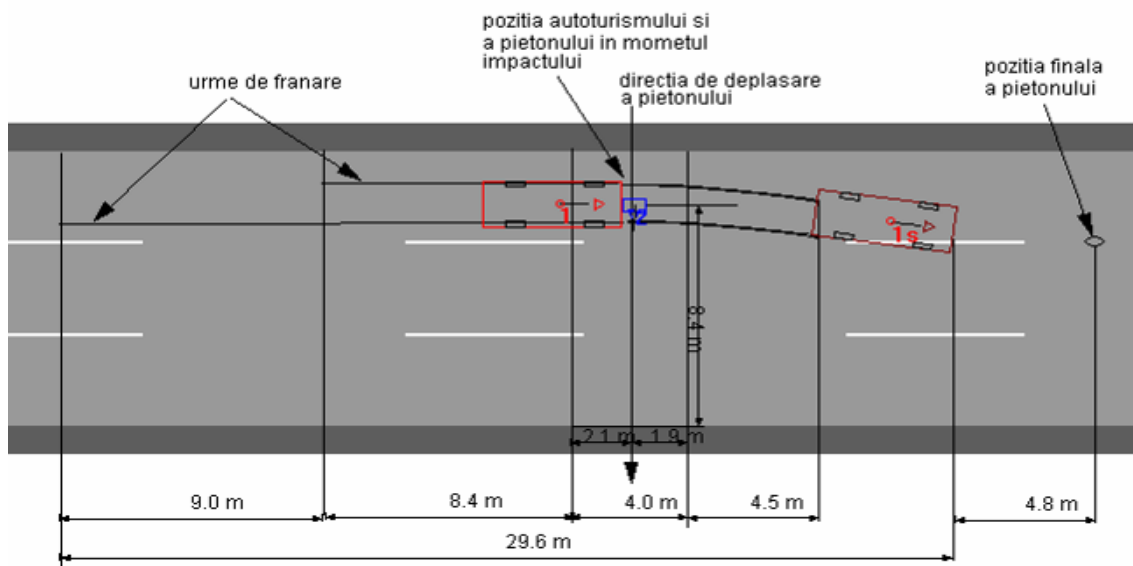


Figura 4. Poziția autovehiculului la impactul cu pietonul

Reconstrucția evenimentului se va efectua folosind submeniul <Dynamics> / <Kinematic Calculations> / <Pedestrian>.

Caseta de dialog <Pedestrian> a ferestrei pentru efectuarea calculelor cinematice este prezentată în figura 5.

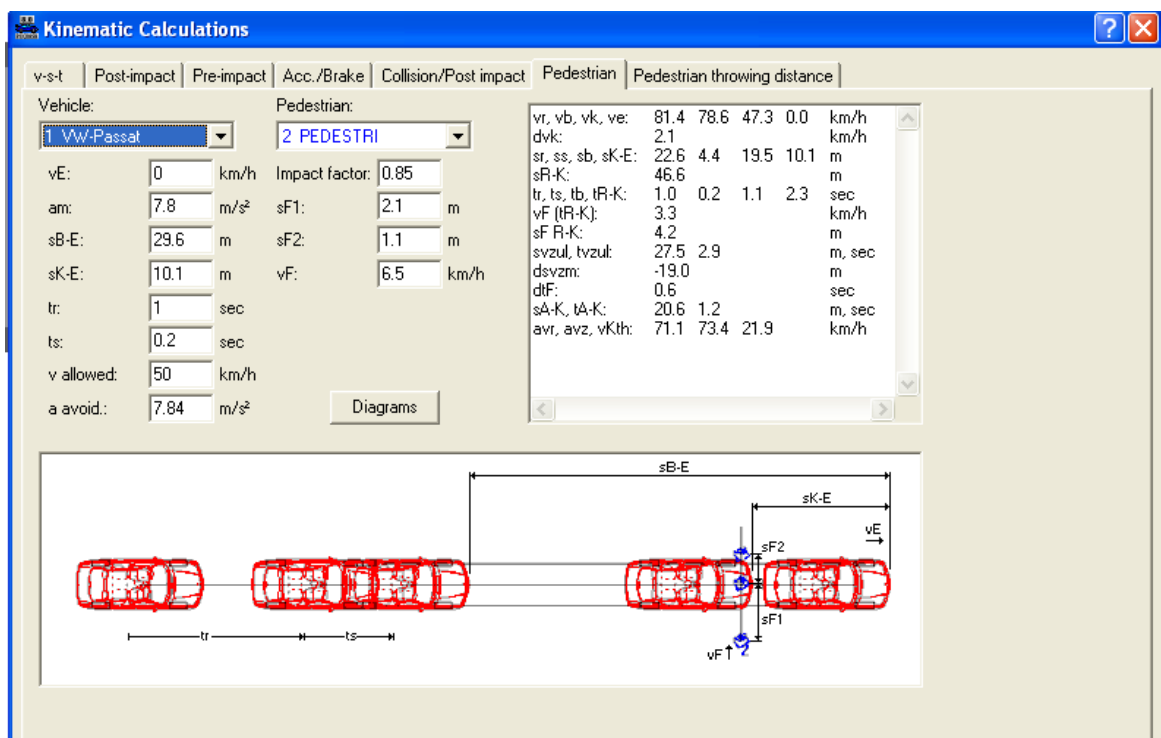


Figura 5. Caseta de dialog Pedestrian a submeniului Dynamics / Kinematics Calculations

Datele de intrare necesare reconstrucției evenimentului sunt introduse în partea stângă după cum urmează (conform tabelului 1):

Tabelul 1

vE - viteza la sfârșitul mișcării vehiculului - 0 km/h
am - decelerația medie de frânare $\sim 7,8 \text{ m/s}^2$
sB-E - distanța de la începutul frânării până la poziția de oprire a autovehiculului $\sim 29,6 \text{ m}$
sK-E - distanța de la punctul de impact până la poziția de oprire $\sim 10,1 \text{ m}$
tr - timp de reacție al conducătorului – estimat 1,0 secunde în condiții de noapte
ts - timp de întârziere al sistemului – estimat la 0,2 – 0,3 secunde
v allowed (vzul) - limita de viteză pe sectorul respectiv de drum – 50 km/h
A-Fkt - factorul de impact [0,82 – 1,27]
sF1 - distanța parcursă de pieton înainte de impact – 2,10 m
sF2 - distanța necesară pentru ca pietonul să iasă din calea autovehiculului – 1,10 m
vF - viteza pietonului $\sim 6,5 \text{ km/h}$
averm - accelerația medie pentru calculul evitării impactului – $7,8 \text{ m/s}^2$

Datele calculate în urma rulării subrutinei sunt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2

vr - viteza autovehiculului în momentul reacției conducătorului auto – 81,40 km/h
vb - viteza autovehiculului la începutul frânării – 78,60 km/h
vk - viteza autovehiculului în momentul impactului – 47,30 km/h
ve - viteza autovehiculului în poziția finală (la oprire) – 0 km/h
dvk - modificarea vitezei autovehiculului în timpul impactului cu pietonul – 2,10 km/h
sr - direcția parcursă în timpul de reacție – 22,60 m
ss - direcția parcursă în timpul de întârziere al sistemului – 4,40 m
sb - distanța de frânare – 19,50 m
sK-E - distanța dintre punctul de impact și poziția finală a autovehiculului – 10,10 m
sR-K - distanța parcursă între momentul reacției și punctul de impact cu pietonul – 46,60 m
tr - timp de reacție al conducătorului – 1,0 secunde
ts - timp de întârziere al sistemului – 0,20 secunde
tb - timpul de frânare – 1,10 secunde
tR-K - timpul de la momentul reacției până la impact – 2,30 secunde
vF (tR-K) - viteza calculată pentru pieton necesară pentru ca acesta să parcurgă distanța până la impact în timpii pentru reacție și frânarea pre-impact a vehiculului – 3,30 km/h
sF R-K - distanța calculată parcursă de pieton care la viteza calculată vF (tR-K); o parcurge în timpii de reacție și de frânare preimpact a vehiculului – 4,20 m
svzul - direcția de oprire de la vzul (v allowed) – 27,50 m
tvzul - timpul de oprire la vzul – 2,90 secunde
dtF - timpul necesar pietonului pentru a elibera calea de intersectare cu vehiculul de la punctul de impact – 0,60 secunde

sA-K - distanța necesară de evitare pentru autovehicul – 20,6 m
tA-K - timpul necesar de evitare pentru autovehicul – 1,20 secunde
avr - viteza corespunzătoare distanței de evitare sA-K – 71,10 km/h
avz - viteza corespunzătoare timpului de evitare tA-K – 73,40 m
vKth - viteza cu care pietonul ar fi depășit autovehiculul în condițiile în care acesta s-ar fi deplasat cu avz – 21,9 km/h

Rezultatele obținute pot fi afișate și sub forma grafică, pe o diagramă *distanță – timp* sau pe o diagramă *viteză – timp*, prezentate în figurile 6 și respectiv 7.

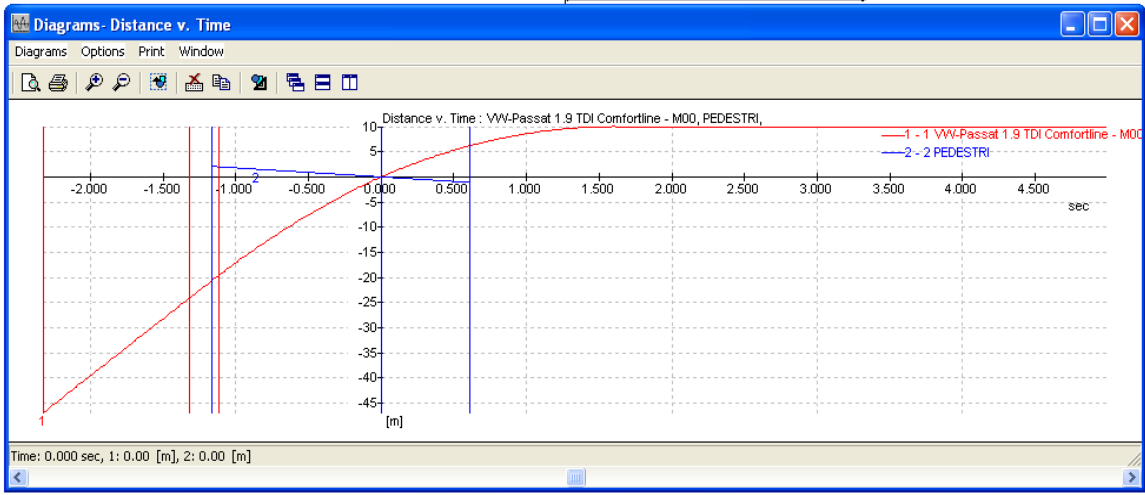


Figura 6. Diagrama *distanță – timp*

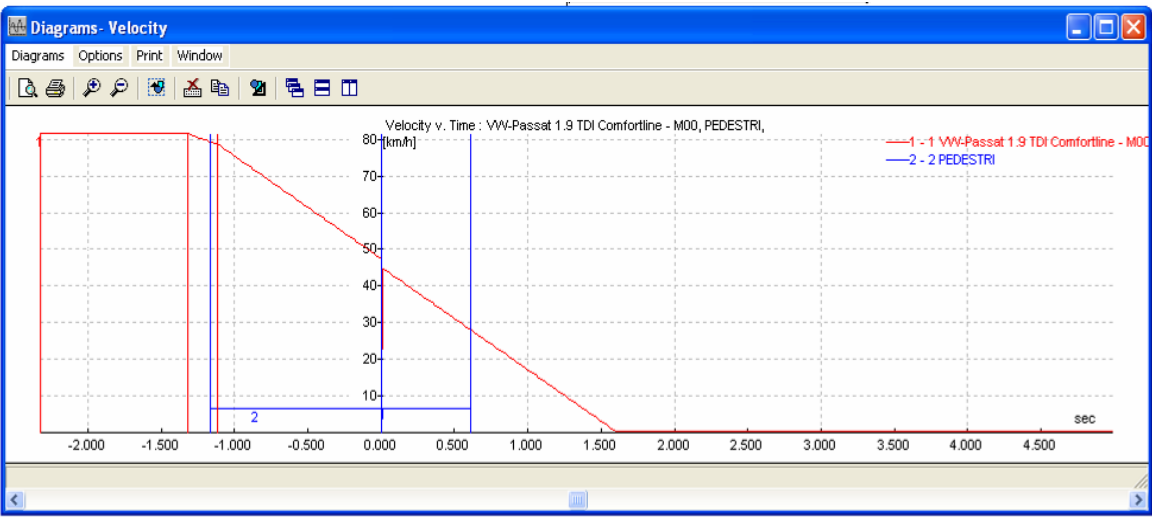


Figura 7. Diagrama *viteză – timp*

Se observă din analiza diagramelor faptul că conducătorul auto a reacționat la momentul apariției stării de pericol, concretizată prin pășirea pietonului pe marcajul pietonal, dar acesta nu a putut opri autovehiculul în condiții de siguranță înaintea intersectării cu traiectoria pietonului.

Poziția relativă a autovehiculului față de pieton la momentul apariției stării de pericol este prezentată în figura 8.

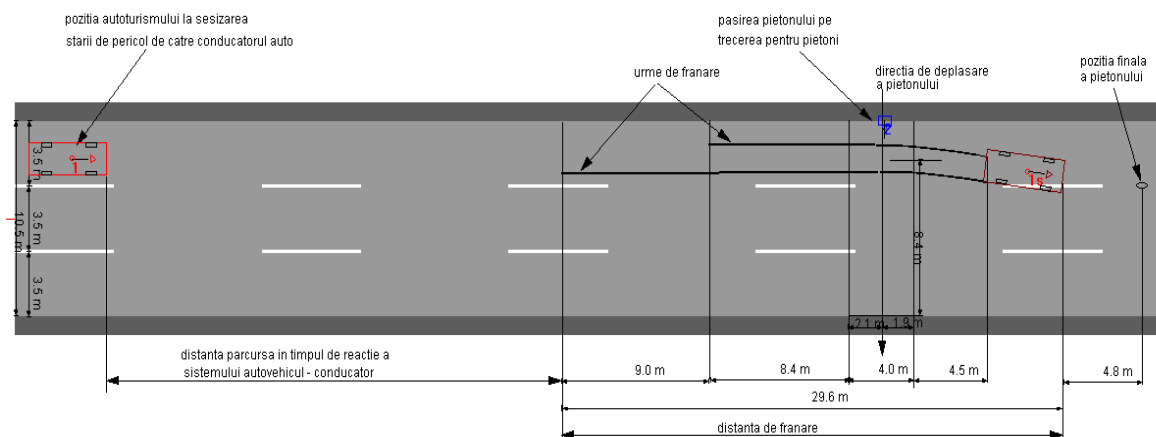


Figura 8. Poziția autovehiculului și a pietonului la momentul apariției stării de pericol.

3. Concluzii

PC Crash este un program de simulare a accidentelor și analiză a traiectoriilor, program deosebit de puternic, ce permite o analiză rapidă a coliziunilor dintre vehicule, dar și a altor tipuri de evenimente rutiere, program ce acoperă o multitudine de situații de coliziuni. Acest program are avantajul de a beneficia de ultimele dezvoltări hardware și software ce permit efectuarea de calcule complexe pentru o analiză rapidă a coliziunilor dintre vehicule, dar și a altor tipuri de incidente din trafic.

Programul PC-Crash conține diverse modele de calcul, inclusiv modele energetice ale impactului, modele cinetice pentru simularea în mod realist a traiectoriilor și modele cinematice pentru studii timp-distanță. Bazându-se pe o multitudine de experimente, analize și studii tehnice pentru validare, programul PC Crash a fost acceptat ca program de analiză și reconstrucție a evenimentelor rutiere la nivel european.

Acest program conține mai multe modele de calcul diferite, inclusiv un model de tamponare bazat pe impuls și energie cinetică, un model bazat pe rigiditate, un model cinetic pentru simulări realiste ale traiectoriilor și un model cinematic simplu pentru studii legate de timp și spațiu.

Pentru o versatilitate ridicată, rezultatele obținute cu ajutorul PC-Crash pot fi vizualizate la scară, în plan și în proiecție verticală, în perspectivă 3D, dar pot fi vizualizate și sub forma tabelară și grafică.

Prin rularea subrutinelor programului se obțin parametrii cinematici necesari în soluționarea obiectivelor impuse în expertizele tehnice judiciare și extrajudiciare. Erorile obținute prin comparație cu experimentele reale efectuate în cadrul laboratoarelor DSD – Linz și Universitatea Graz sunt mai mici de 4%.

Folosind programul de analiză și reconstrucție a evenimentelor rutiere PC Crash, utilizatorul poate altera rezultatele simulării efectuate datorită numărului mare de parametri ce sunt luați în considerare. Rezultatele simulării depind în mare măsură de parametri introduși.

În cazul considerat aprecierea necorespunzătoare a coeficientului de aderență sau a vitezei de deplasare a pietonului duce în mod implicit la obținerea unor rezultate eronate. Pentru a asigura corectitudinea rezultatelor trebuie ca parametri de intrare să fie evaluați și acceptați cu atenție deosebită pentru a se evita alterarea simulării efectuate.

Scopul reconstrucției evenimentului rutier cu submeniul <Dynamics> / <Kinematic Calculations> / <Pedestrian> al programului PC Crash este efectuarea mult mai rapidă a răspunsurilor la obiectivele stabilite ale raportului de expertiză tehnică și anume:

- determinarea vitezei cu care s-a apropiat autovehiculul de pieton;
- determinarea vitezei autovehiculului în momentul impactului cu pietonul;
- determinarea poziției autoturismului în momentul apariției stării de pericol, concretizată prin pătrunderea pietonului pe carosabil, respectiv a poziției autoturismului în momentul reacției conducătorului auto;
- stabilirea condițiilor în care a reacționat conducătorul auto și a poziției pietonului în acel moment relativ la poziția autoturismului pe suprafața carosabilă;
- stabilirea locului impactului în raport cu configurația locului producerii evenimentului;
- determinarea traiectoriei de deplasare a pietonului în premomentele producerii evenimentului;
- determinarea vitezei de deplasare a autoturismului pentru ca acesta, păstrând aceeași poziție și același mod de reacție al conducătorului auto, să se fi putut opri înainte de a ajunge în poziția în care s-a produs evenimentul (evitare spațială);
- determinarea vitezei de deplasare a autoturismului pentru ca acesta, păstrând aceeași poziție și același mod de reacție al conducătorului auto, să fi ajuns în poziția în care s-a produs evenimentul cu o asemenea întârziere față de situația reală astfel încât pietonul să se fi putut îndepărta de zona impactului / să fi ieșit din calea de intersectare cu autoturismul (evitare in timp).

BIBLIOGRAFIE

1. **BURG, H.; MOSER, A.:** Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion. AZT/MTZ Fachbuch 2007.
2. **WACH, W.:** Simulation of Vehicle Accidents using PC Crash. Institute of Forensic Research Publishers, Krakow, 2011.
3. **DATENTECHNIK, ST.:** PC-Crash – Operating and Technical Manuals. Linz, Austria.