

## STUDIUL COMPORTARII LA IMPACT A UNUI NOU TIP DE MATERIAL SANDWICH UTILIZAT PENTRU AMORTIZAREA SOCURILOR, PROPUȘ IN CONFECTIONAREA CASTILOR DE PROTECTIE MOTO.

### IMPACT BEHAVIOR OF A NEW TYPE OF SANDWICH MATERIAL USED FOR SHOCK DAMPING, PROPOSED IN MOTORCYCLE HELMET MANUFACTURING

STANCIU<sup>1</sup> Cornel Răzvan<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Facultatea:F.I.I.R., Specializarea: Siguranța și Integritatea Structurilor, Anul de studii: Master I, e-mail: [razvan.stanciu7@yahoo.ro](mailto:razvan.stanciu7@yahoo.ro)

Conducător științific: Prof.dr.ing. Gabriel JIGA

*ABSTRACT: The gyroid body is a triple periodic material with the specific property of having the Poisson Coefficient negative, thus being a very good infil forshock damping. The performed simulation are ealised on a 25x25x5 body, using Explicit Dynamisc, we simulated the guided drop test, with the same characteristics as the motorcycle helmets producer uses.*

*CUVINTE CHEIE: Structuri "sandwich", Gyroid, Shock damping, Impact, Composites*

#### 1. Motivația alegerii temei

Petrecandu-mi mare parte din timpul liber înconjurat de oamenii din diverse cluburi moto și având o pasiune pentru tot ce înseamnă motocicletă, am observat că în ciuda evoluției materialelor și a modurilor de realizare a echipamentelor de protecție, în momentul de față, nu există un echipament care să poată asigura siguranța unui motociclist în cazul unui accident rutier real.

Acest fapt și prietenii care au trecut printr-un accident și deși ai scăpat, consecințele accidentului sunt încă vizibile, sunt principalele motive pentru care am decis să mă folosesc de tot ce am învățat în timpul licenței pe domeniul de robotică, dar și în masterul pe care am decis să îl urmez anume Siguranța și Integritatea Structurilor, pentru a încerca să găsec o soluție cu ajutorul căreia urmările accidentelor moto să fie de domeniul trecutului.

Primul pas pentru ca acest lucru să fie posibil a fost proiectarea unei căști de protecție care să amortizeze socul initial.



Fig. 1. Elementele componente ale echipamentului de protecție moto[1]

#### 2. Definiție. Scurt istoric.

Studiul comportării la impact a unui nou tip de material sandwich utilizat pentru amortizarea șocurilor, propus în confecționarea căștilor de protecție moto.

Casca este un echipament de individual destinat protecției capului. Aceasta este versiunea modernă a medievalului coif, ce era confecționat din metal, având scopul de a amortiza șocurile survenite în timpul confruntărilor armate.

În urma evoluției acesteia, în acest moment este folosită în mai multe domenii precum:

- Domeniul militar
- Domeniul sportiv
- Domeniul construcțiilor
- Serviciile de urgență



Fig. 2. Căști de protecție aparținând mai multor domenii [2-4]

În momentul actual, în cazul căștilor de protecție moto, majoritatea sunt realizate din carbon sau diferite materiale compozite, fiind concepute pentru a rezista la mai multe șocuri, rămânând funcționale.

### 3. Materiale utilizate în cadrul studiului

- Pentru crearea caștii am luat în considerare posibilitatea de a distruge casca în urma unui singur șoc. Astfel o mare parte din energia generată inițial de șoc este disipată de distrugerea primului strat de material și anume al **fibrei de sticlă**.
- Un al doilea strat de material este realizat dintr-un material compozit de tip **cauciuc**, menit să reducă tensiunile remanente apărute în urma distrugerii primului.
- După consultări și teste am ales un al treilea strat de tipul **gyroid**, un model de printare triplu periodic având coeficientul lui Poisson negativ. Acest strat poate fi confecționat din mai multe tipuri de material, printre care putem aminti **ABS, PLA, rășini** etc.

**Tabelul 1. Proprietățile mecanice ale materialelor folosite**

Material	Densitate [kg/m <sup>3</sup> ]	Modulul de elasticitate [MPa]	Coeficientul lui Poisson ( $\nu$ )
Fibră de sticlă	2E-6	45000	0.30
PLA	1.04E-6	2390	0.399
Silicon	1,12E-6	500	0.49
Aliaj de aluminiu	2,77E-6	71000	0,33

#### 4. Metode de testare a căștilor de protecție conform STAS

În momentul actual pentru testarea căștilor de protecție moto se folosesc două metode oficiale DOT sau “Department of Transportation” în SUA și ECE22.05 sau “Economic Commission of Europe” în Europa. De asemenea opțional se mai folosește testul SNELL.

Pentru testul DOT este folosit un sistem cu ghidaj cu șina, astfel căderea fiind controlată astfel încât casca să fie supusă la șoc într-un singur punct pentru a putea determina capacitatea căștii la multiple solicitări. Se realizează două încercări pentru fiecare cască, căderea fiind inițiată de la înălțimea de 1.83 m în cazul ambelor solicitări. Accelerația maximă atinsă pentru acest test este de 400 G.

Testul ECE22.05 folosește un sistem fără ghidaj, casca căzând liber de la 2m, fiind realizată o singură încercare la o accelerație de 275 G.

Testul SNELL este cel mai complex, pentru acesta folosindu-se un sistem de ghidaj cu două cabluri, casca fiind încercată de două ori de la înălțimi diferite, astfel prima încercare se realizează de la înălțimea de 3.06m, iar cea de-a doua de la 2.25m. Vitezele la care sunt testate căștile diferă în funcție de dimensiunile acestora, astfel pentru mărimile XXS, XS, S, M, L accelerația este de maxim 275G, pentru mărimea XL accelerația maximă este de 264G, iar pentru mărimea XXL accelerația maximă nu trebuie să depășească 243G.

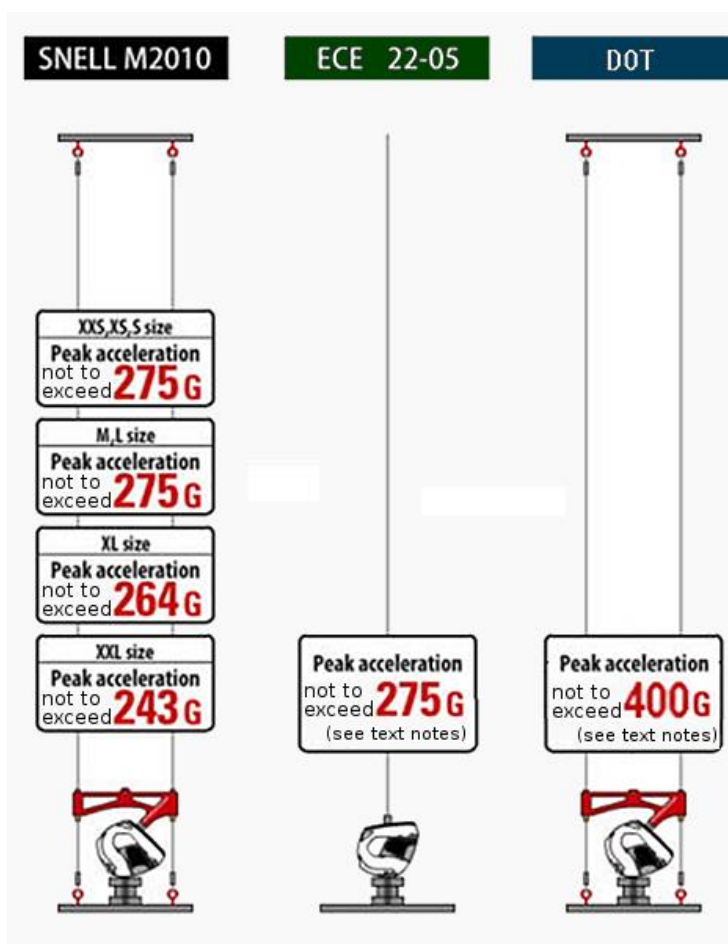


Fig. 3. Accelerația maximă pentru fiecare test [5]

Studiul comportării la impact a unui nou tip de material sandwich utilizat pentru amortizarea șocurilor, propus în confecționarea căștilor de protecție moto.

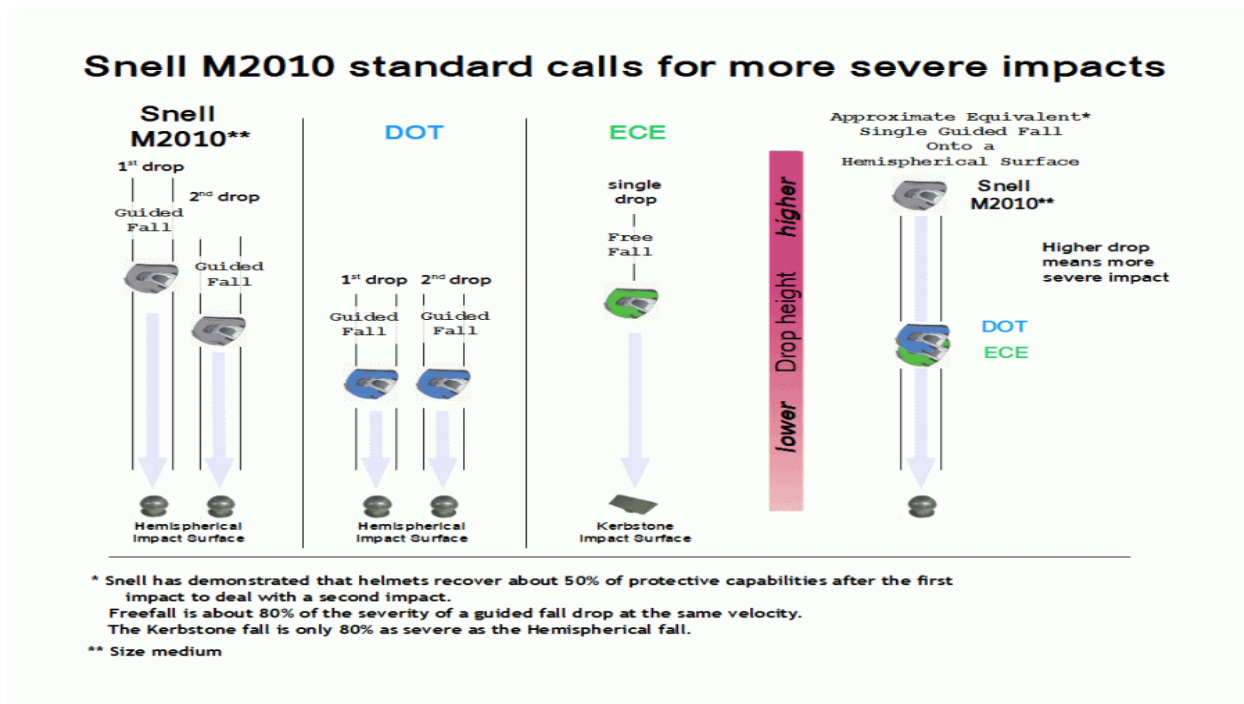


Fig. 4. Înălțimea de la care se efectuează încercările pentru fiecare test [5]

## 5. Realizarea epruvetelor și încercările efectuate

Pentru realizarea simulării, una din cele mai dificile probleme a fost modelarea corpului de tip Gyroid.

Corpul a fost realizat inițial în programul 3dMax, însă în urma introducerii în Ansys, discretizarea a fost imposibil de realizat.

A doua încercare a fost realizată cu ajutorul programului Căția V5R21, problema apărută în cazul acestui program a fost realizarea modelului solid.

În cele din urma, rămânând fără variante, am apelat la compania nTopology, aplicând pentru o licență educativă a programului nTop Platform.

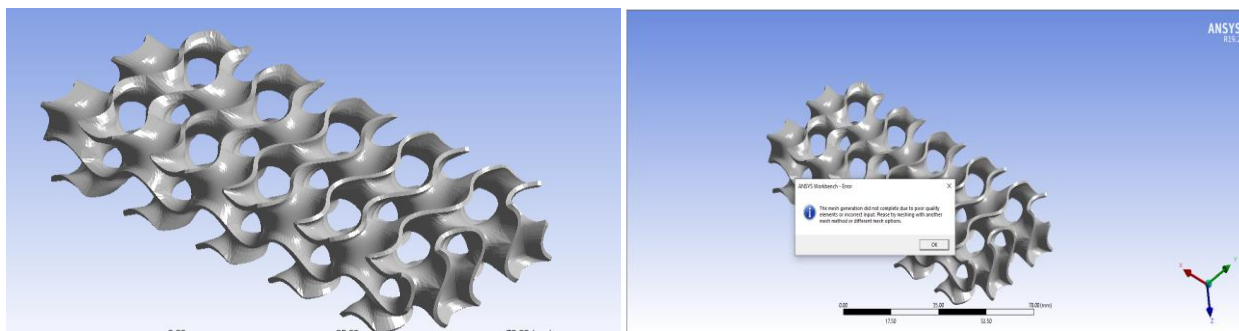


Fig. 4. Modelul realizat în 3dsMax

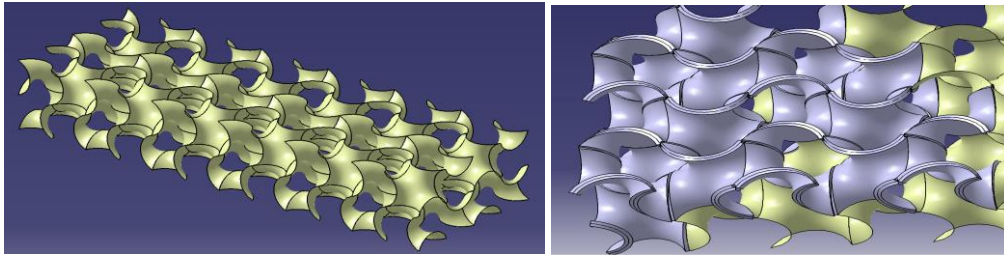


Fig. 5. Modelul realizat în Catia

## nTopology

Hello Cornel,

Thank you for completing the nTop Platform academic license request form.

We will be sending you a license/password request tomorrow (check your spam folder). Once your license is established your software will be available for installing. After installing the software, you'll find the **documentation** under the help menu. The documentation includes information and examples which will help you get up and running relatively quickly. We also have a developing [support site](#) to help you get up and running. And here is a [basic training video](#). Here are [informative videos](#), past [webinars](#), as well as our recent series of online events on our [youtube channel](#).

The free version of nTop Platform for education does not come with technical support and cannot be used for commercial purposes. To help you work with the platform, we have created a community of academics, educators, and students. Members of this group are leveraging the power of nTop platform, and leading the way by developing and sharing their work, knowledge, and experience: sharing best practices, asking questions, discovering solutions, contributing to the development of our software, and learning how to make the best use of our tools.

Here is an invitation to the slack group. This is an ideal place for the education community to share ideas, ask questions, find answers, post notebooks, and announce talks, presentations, articles, etc. Please join the slack group (made possible through a partnership with RIT) as part of your commitment to being a member of the education community: [https://ntopology.education/join\\_slack](https://ntopology.education/join_slack)

If you have any questions about the above, please reach out to me.

-Liz

Fig. 6. Obținerea licenței nTop Platform

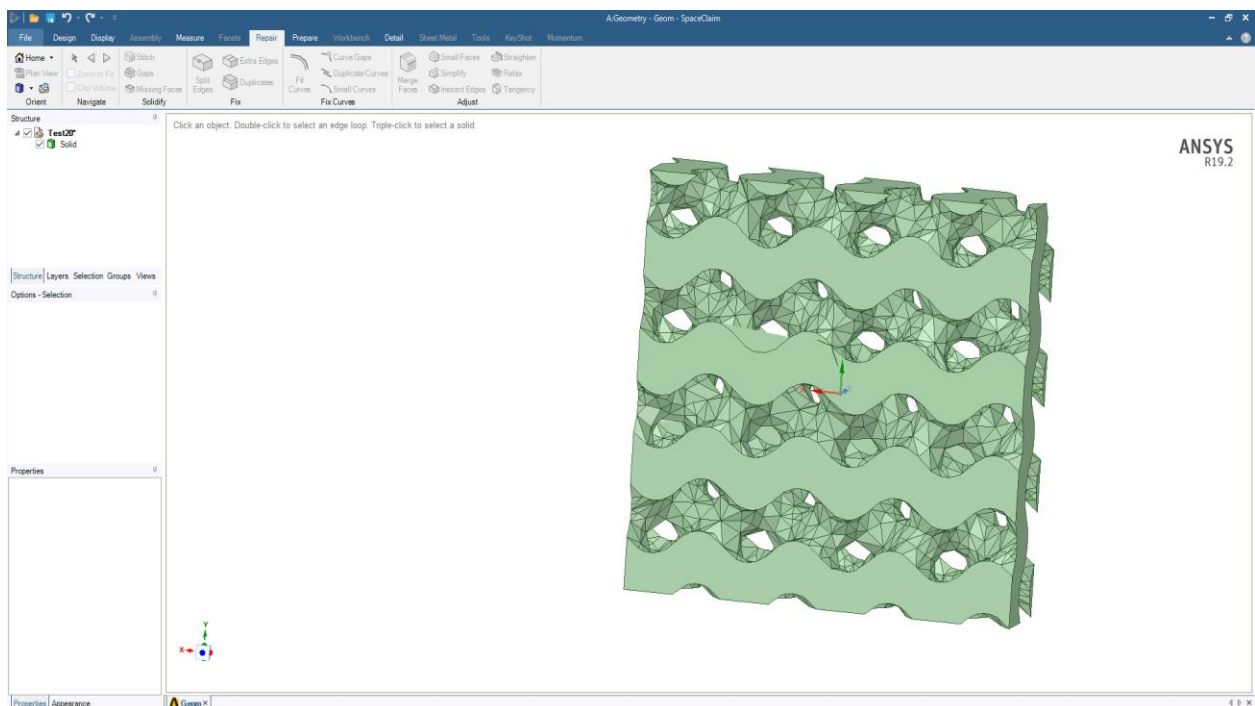


Fig. 7. Modelul realizat cu ajutorul programului nTop

Studiul comportării la impact a unui nou tip de material sandwich utilizat pentru amortizarea șocurilor, propus în confecționarea căștilor de protecție moto.

Datorită situației actuale nu am reușit să realizez experimentele fizice, acestea urmând să fie reluate în momentul în care voi avea acces în universitate.



Fig. 8. Epruvete printate cu ajutorul imprimantei 3D

În cele din urmă, am realizat modelele finale cu ajutorul programului Cura Ultimaker. Folosint pentru acestea urmatoarele setari:

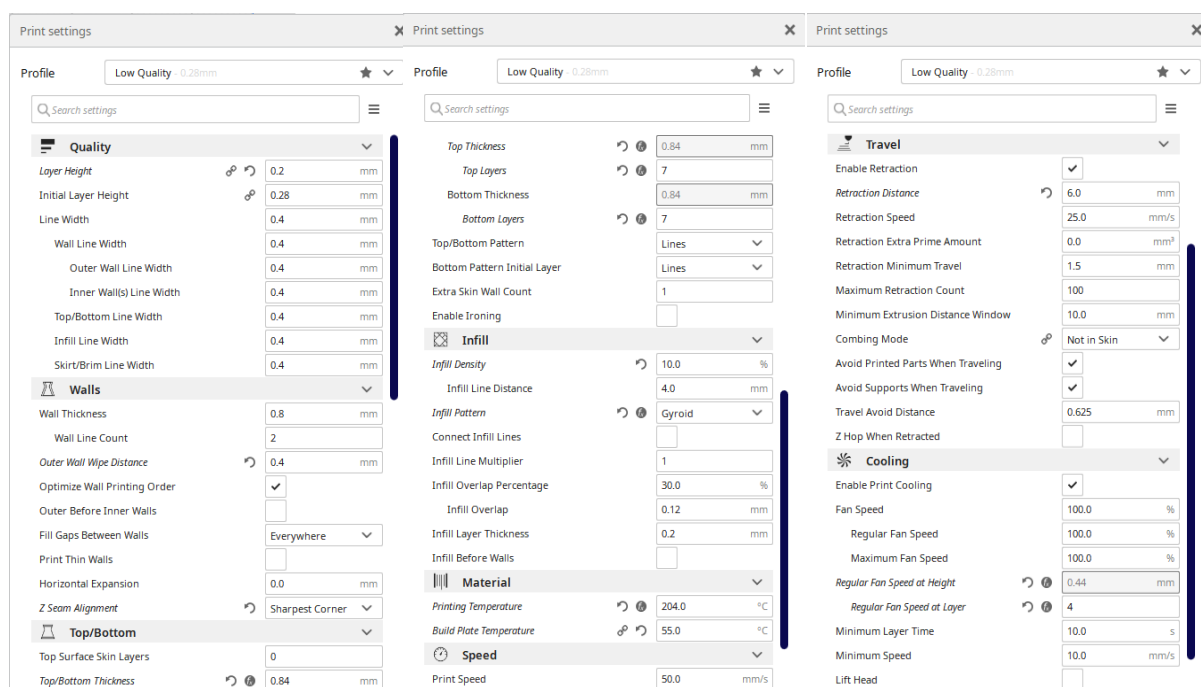


Fig. 9. Setari pentru printarea epruvetelor în versiune finală

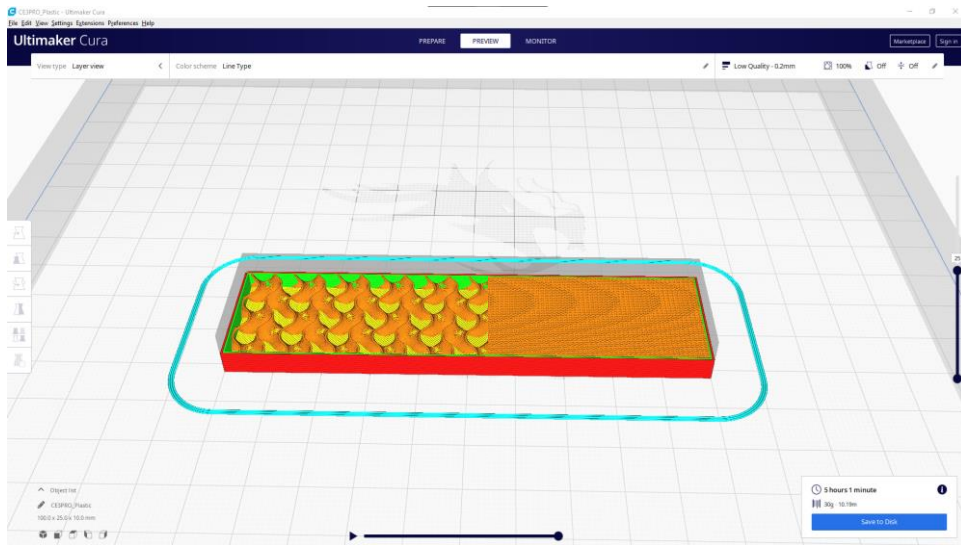


Fig. 10. Previzualizare straturi epruveta în Cura Ultimaker

Pentru adăugarea straturilor de silicon și fibră de sticlă au fost realizate doua forme (similar cu realizarea elementului din PLA) avand inalțimi diferite. O prima forma ce urmează să fie folosită la realizarea stratului din silicon are  $h=15\text{mm}$  iar cea de-a doua folosită pentru realizarea fibrei de sticla  $h=18\text{ mm}$ .

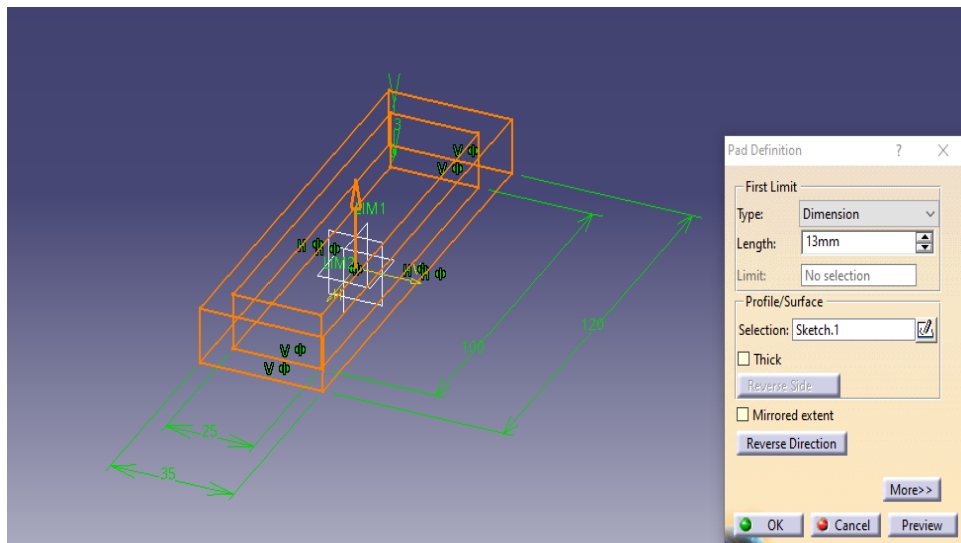
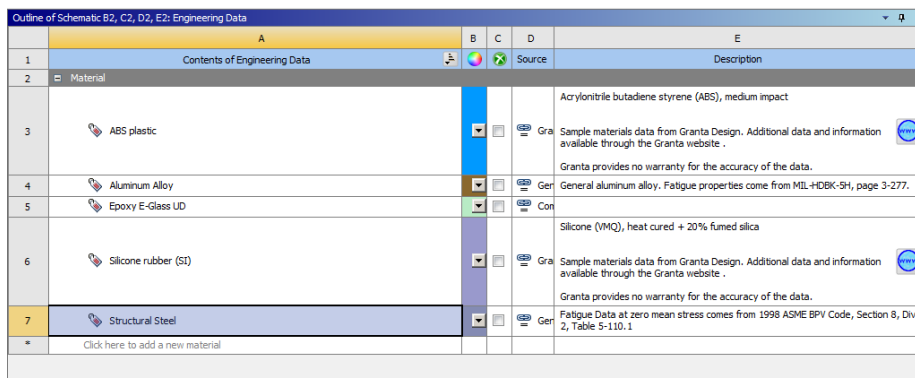


Fig. 11. Matrița folosită la realizarea straturilor de fibră de sticla și silicon

Studiul comportării la impact a unui nou tip de material sandwich utilizat pentru amortizarea șocurilor, propus în confecționarea căștilor de protecție moto.

## 6. Pregătirea simulării în Ansys

După exportarea piesei de tip Gyroid, aceasta a fost introdusă în Ansys pentru a fi pregătită (rezolvarea micilor imperfecțiuni geometrice apărute în timpul exportului).



1	A	B	C	D	E	
2	Contents of Engineering Data				Source	Description
3	Material					Acrylonitrile butadiene styrene (ABS), medium impact
4	ABS plastic				Granta	Sample materials data from Granta Design. Additional data and information available through the Granta website. Granta provides no warranty for the accuracy of the data.
5	Aluminum Alloy				Granta	General aluminum alloy. Fatigue properties come from MIL-HDBK-5H, page 3-277.
6	Epoxy E-Glass UD				Con	
7	Silicone rubber (SI)				Granta	Silicone (VMQ), heat cured + 20% fumed silica. Sample materials data from Granta Design. Additional data and information available through the Granta website. Granta provides no warranty for the accuracy of the data.
*	Structural Steel				Granta	Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1
	Click here to add a new material					

Fig. 12. Alegerea materialelor în Ansys

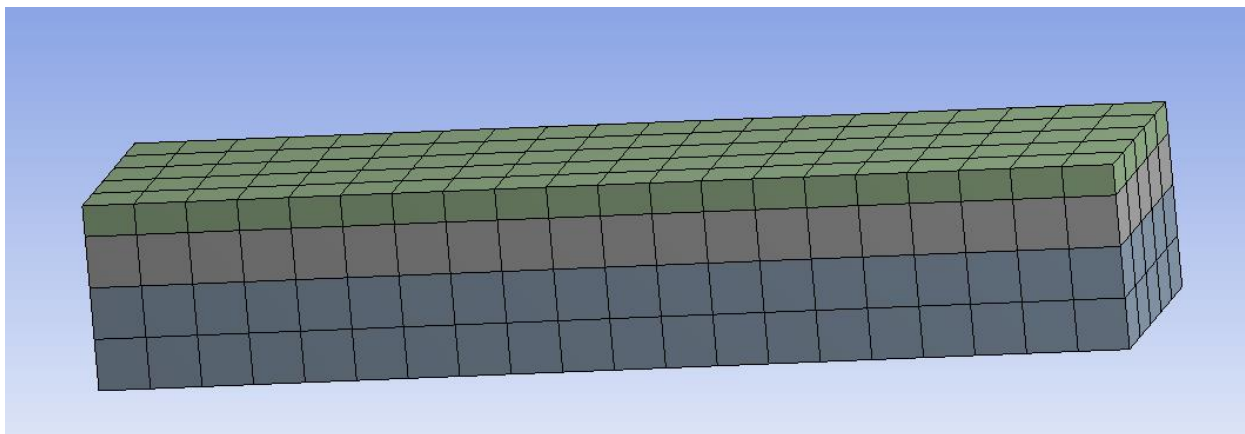


Fig. 13. Realizarea Meshului in Ansys-Static Structural model cu procent de umplere de 100%

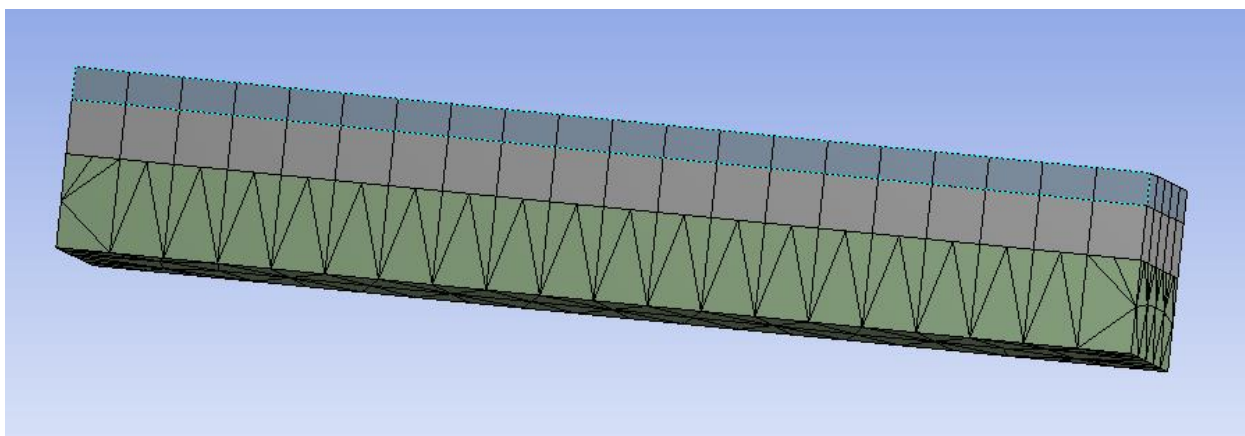


Fig. 14. Realizarea Meshului in Ansys-Static Structural model Gyroid cu procent de umplere de 15%



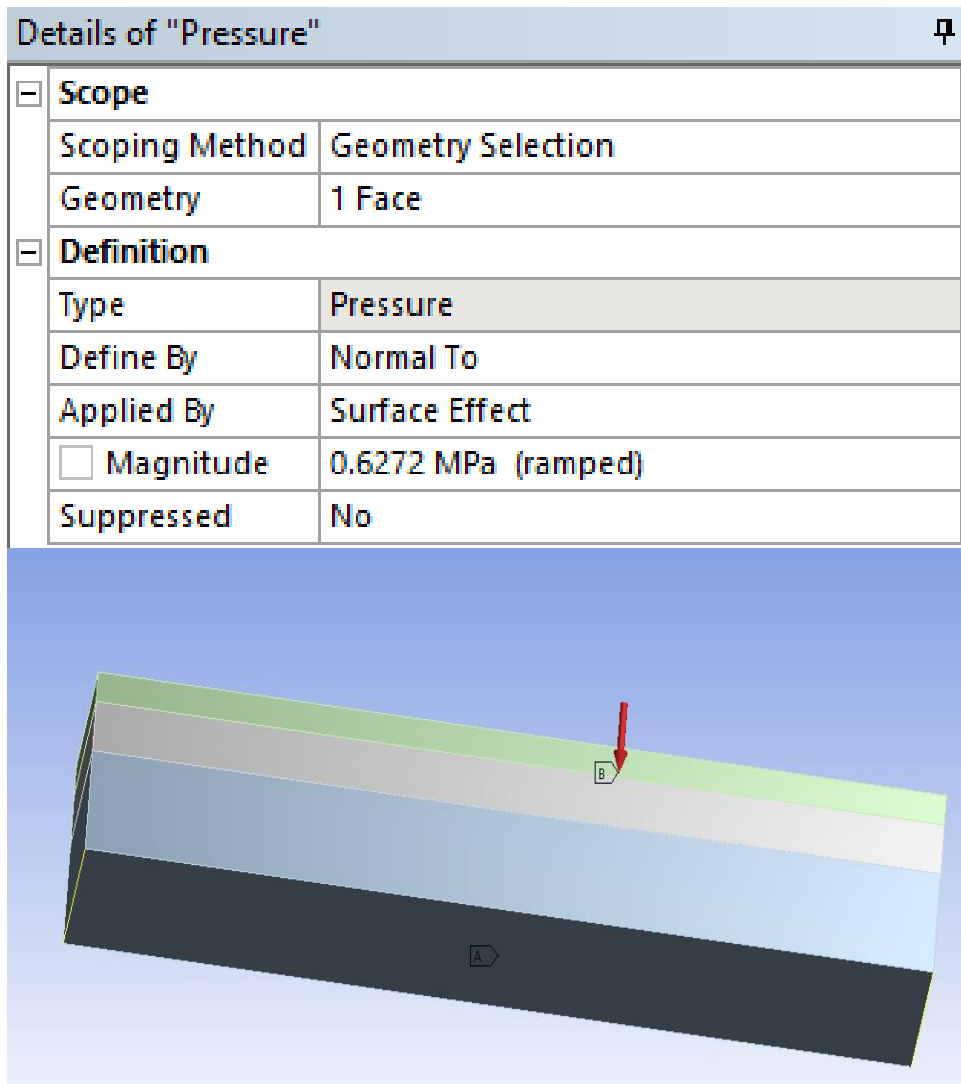


Fig. 15. Condiții la limită Static Structural

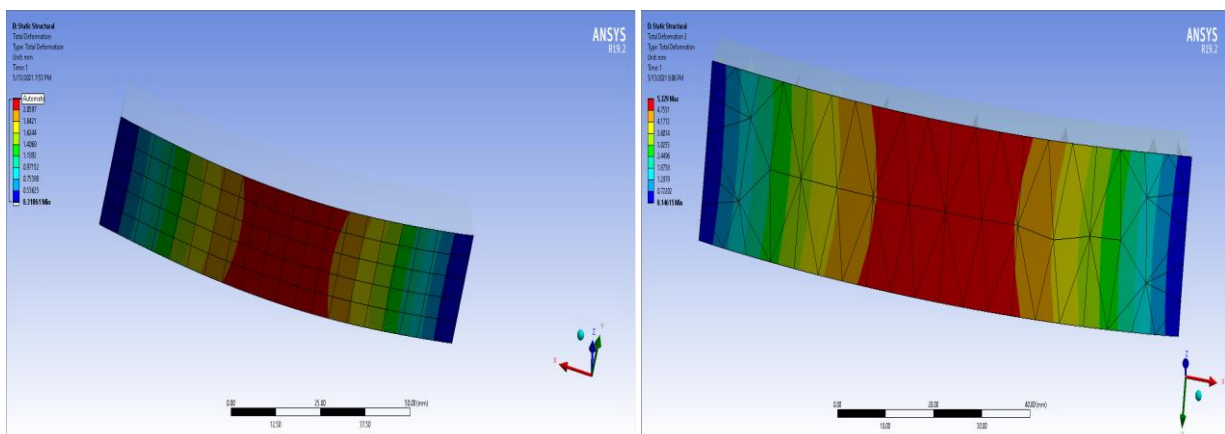


Fig. 16. Rezultate Simulare Static Structural (Deformare)

Studiul comportării la impact a unui nou tip de material sandwich utilizat pentru amortizarea șocurilor, propus în confecționarea căștilor de protecție moto.

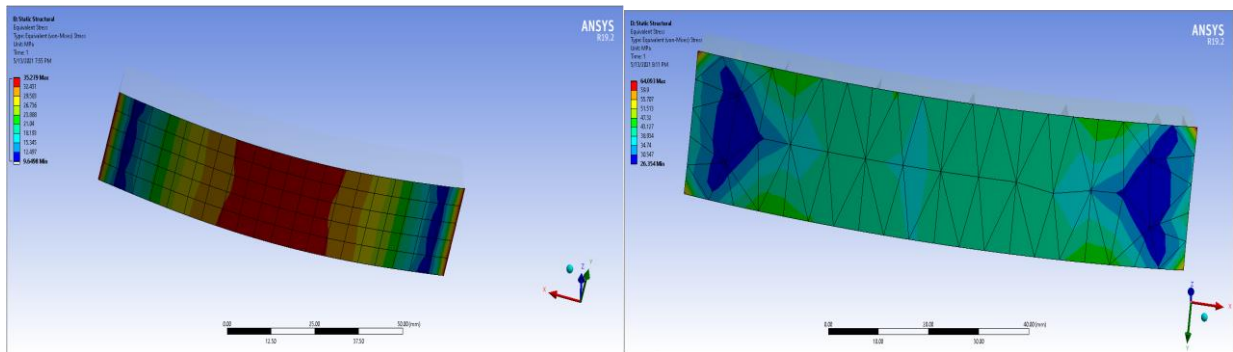


Fig. 17. Rezultate Simulare Static Structural (Harta tensiuni VM)

## 7. Calculul analitic al vitezei, timpului până la impact și energiei la impact

Pentru calculul analitic al acestor marimi au fost luate în considerare următoarele date:

- Accelerație: 400g
- Distanță față de sol: 1.83 m
- Masă: 100 kg

Utilizând aceste date au fost calculate:

- Timpul până la impact:  $t = \sqrt{2 * \frac{h}{a}} = \sqrt{2 * \frac{183}{4000}} = \sqrt{\frac{183}{2000}} = 0.3 \text{ s}$
- Viteza:  $v = \sqrt{2 * a * h} = \sqrt{2 * 4000 * 1.83} = \sqrt{8000 * 1.8} = 121 \text{ m/s}$
- Energia la impact:  $E = \frac{1}{2} * m * v^2 = m * h * a = 100 * 1.83 * 4000 = 732,050 \text{ J}$

Pentru determinarea modului de elasticitate al stratului din fibra de sticla:

- Se utilizeaza metoda amestecului.

$$V_f = \frac{\frac{m_f}{\rho_f}}{\frac{m_f}{\rho_f} + \frac{m_m}{\rho_m}}$$

$$V_m = \frac{\frac{m_m}{\rho_m}}{\frac{m_f}{\rho_f} + \frac{m_m}{\rho_m}}$$

$$E_{comp} = E_m \cdot V_m + E_f \cdot V_f$$

$$E_{comp} = 4810 \cdot \frac{9.375}{1.25} \left[ \frac{g}{cm^3} \right] + 70300 \cdot \frac{0.5}{2.54} \left[ \frac{g}{cm^3} \right] = 49913 \text{ MPa}$$

## 8. Simularea în modulul Explicit Dynamics

După ce am realizat calculele pentru a afla durata simulării în condițiile date, durata simulării fiind de aproximativ 2000 de ore, am decis sa reduc distanța de cădere, reducand astfel ti timpul, dar păstrând viteza.

După realizarea calculelor, am obținut de la înălțimea de 0.5 mm o durată a simulării de 0.004 secunde, ce se poate rezolva în aproximativ 72 de ore.

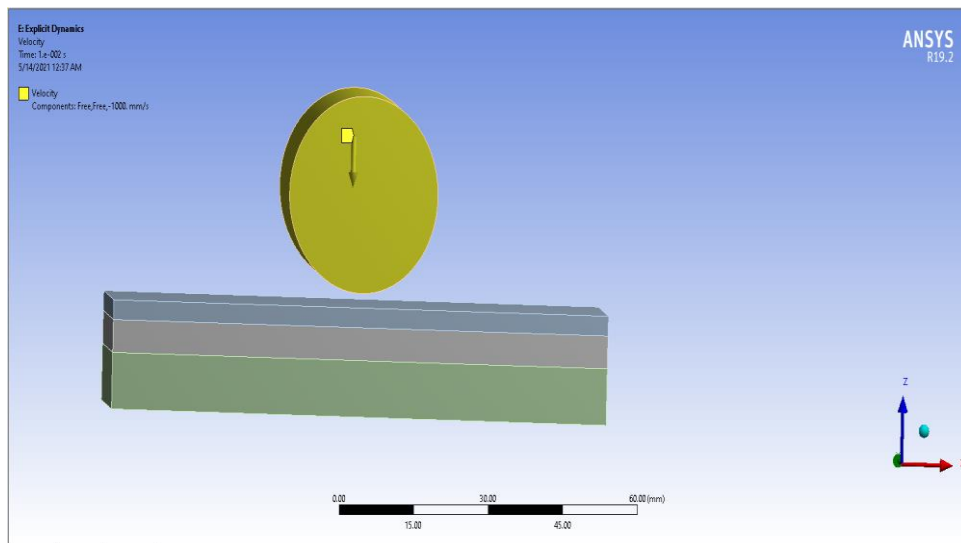


Fig. 18. Model simulare Explicit Dynamics

Details of "Analysis Settings"	
[-] <b>Analysis Settings Preference</b>	
Type	Program Controlled
[-] <b>Step Controls</b>	
Number Of Steps	1
Current Step Number	1
End Time	1.e-002
Resume From Cycle	0
Maximum Number of Cycles	1e+07
Maximum Energy Error	0.1
Reference Energy Cycle	0
Initial Time Step	Program Controlled
Minimum Time Step	Program Controlled
Maximum Time Step	Program Controlled
Time Step Safety Factor	0.9
Characteristic Dimension	Diagonals
Automatic Mass Scaling	No

Fig. 19. Setările simulării

Studiul comportării la impact a unui nou tip de material sandwich utilizat pentru amortizarea șocurilor, propus în confecționarea căștilor de protecție moto.

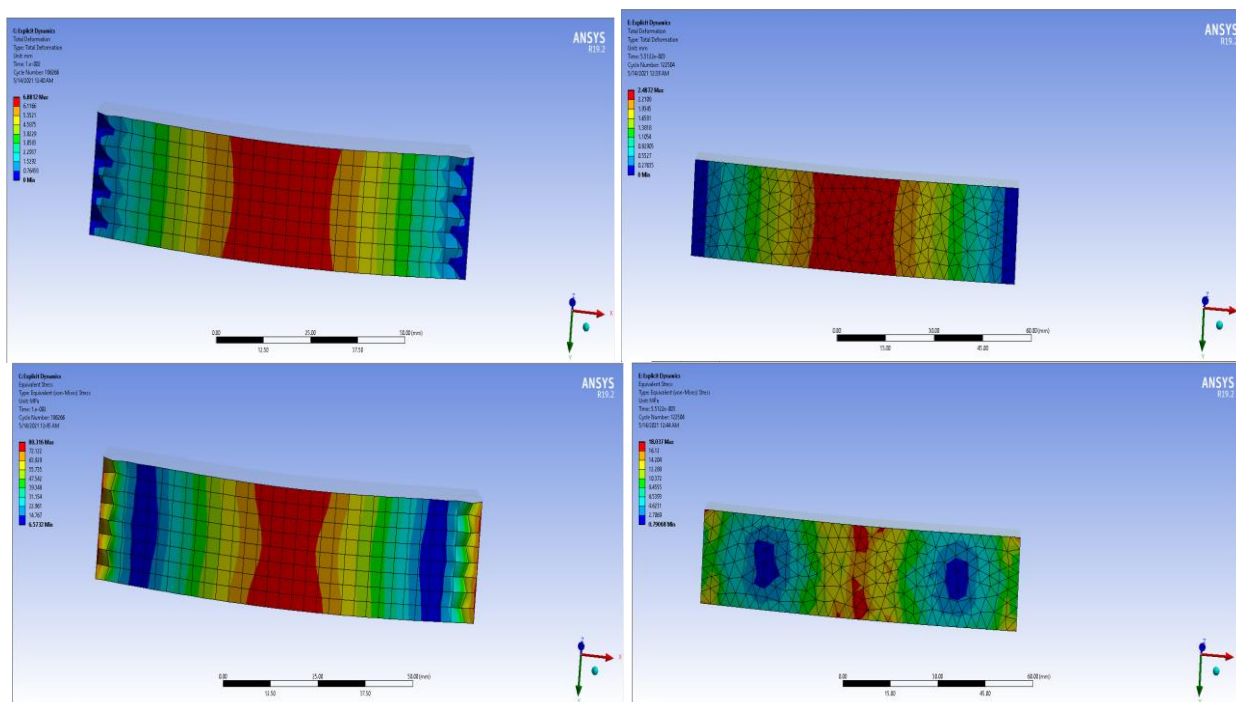


Fig. 20. Rezultate simulare Explicit Dynamics

## 9. Concluzii

- În urma realizării simularilor, am observat multiple inconsistențe atât între rezultatele obținute în analiza statică (unele dintre aceste inconsistențe apărute fiind datorate concentratorilor de stres) cât și în încercarea la șoc.
- Îmi propun ca săptămâna următoare, să realizez încercările practice (pentru toate tipurile de epruvete) și să compar rezultatele obținute în urma simularilor cu cele obținute prin încercările practice astfel putând să verific credibilitatea simularilor.
- În cazul unor rezultate favorabile voi introduce materialele pe un model de casă realizat în Catia V5 și să realizez o simulare pe aceasta.

## 10. Bibliografie

- [1] \*\*\* <https://www.prixconstantin.com/cgi-sys/suspendedpage.cgi>
- [2] \*\*\* <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fbatons110.en.made-in-china.com%2Fproduct%2FYSoEkdHKALUM%2FChina-M88-Military-Pasgt-Helmet-Nij-Iiia-Bulletproof-Helmet.html&psig=AOvVaw1PeZH9atCbfgh1nB58iiN5&ust=1588930022286000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCKiW3O03oekCFQAAAAAdAAAAABAD>
- [3] \*\*\* <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fmotorridersuniverse.com%2Fnews%2F1253774-motorcycle-helmets-of-motogp-2018-riders.html&psig=AOvVaw31BcecDo-S7P8Fn0ayCuvF&ust=1588930224776000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCOik0r-4oekCFQAAAAAdAAAAABAD>
- [4] \*\*\* [https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.noah.com.sg%2Findex.php%3Froute%3Dproduct%2Fproduct%26product\\_id%3D177&psig=AOvVaw1jpg31ttTREq1YGY5SnOf&ust=1588930318857000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCID\\_xfC4oekCFQAAAAAdAAAAABAI](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.noah.com.sg%2Findex.php%3Froute%3Dproduct%2Fproduct%26product_id%3D177&psig=AOvVaw1jpg31ttTREq1YGY5SnOf&ust=1588930318857000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCID_xfC4oekCFQAAAAAdAAAAABAI)

## 11. Notății

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:

$E$  = Energia la impact[J];

$h$  = Înălțimea de la care cade epruveta[m]

$m$  = Masa[Kg]

$t$  = Timpul în care cade [s]

$a$  = Accelerația [ $m/s^2$ ]

$v$  = Viteza în momentul impactului [m/s]