
NOI MATERIALE BIOCOMPATIBILE DESTINATE IMPLANTURILOR PERSONALIZATE FABRICATE PRIN SLS ȘI SLM

Proiect: **BIOMAPIM**

Director Prof. Dr. Ing. Petru **Berce**

Bucuresti, 12 Decembrie, 2013

PARTENERI

- ✘ P1. Centrul National de Fabricare Rapidă și Inovativă, (UTC-N)
 - + **Director de proiect:** Prof.dr.ing. **Petru BERCE**

- ✘ P2. Institutul de cercetari experimentale interdisciplinare, Centrul de biomateriale si Centrul de biologie moleculara al Universitatii Babes-Bolyai (UBB)
 - + Prof.dr. **Simion Simon**

- ✘ P3. Laboratorul de biomateriale, (UTC-N)
 - + Prof. dr.ing. **Catalin Popa**

- ✘ P4. Laboratorul de Radiobiologie si biologie tumorală din Institutul Oncologic: Prof.dr. Ion Chiricuta din Cluj-Napoca (IOCN)
 - + Conf.dr. **Valentin Cernea**

- ✘ P5. Clinica de Chirurgie Cranio-Maxilofacială a UMF Cluj-Napoca (UMF)
 - + Prof.dr. **Mihaela Felicia Băciuț**

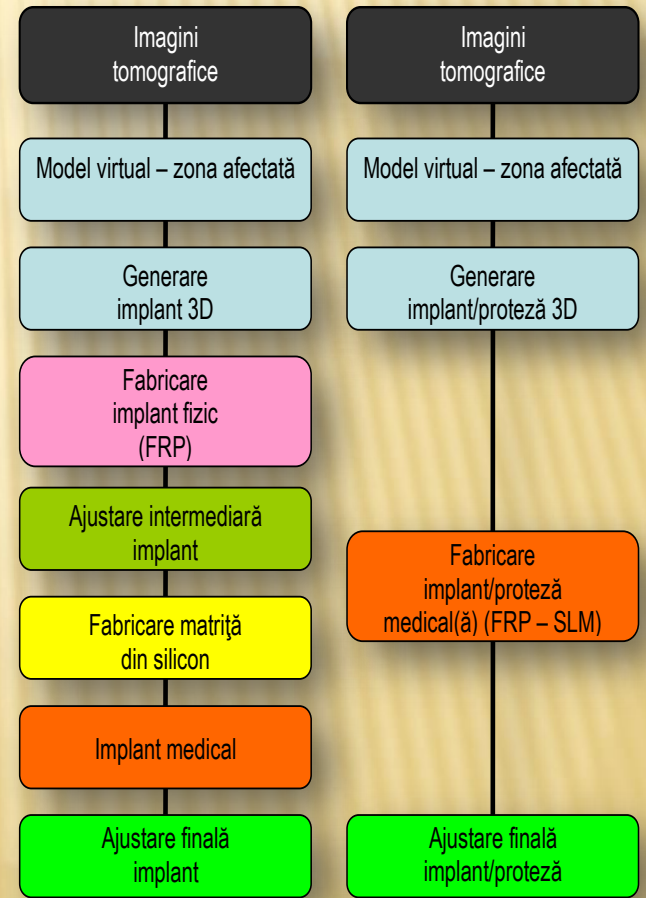
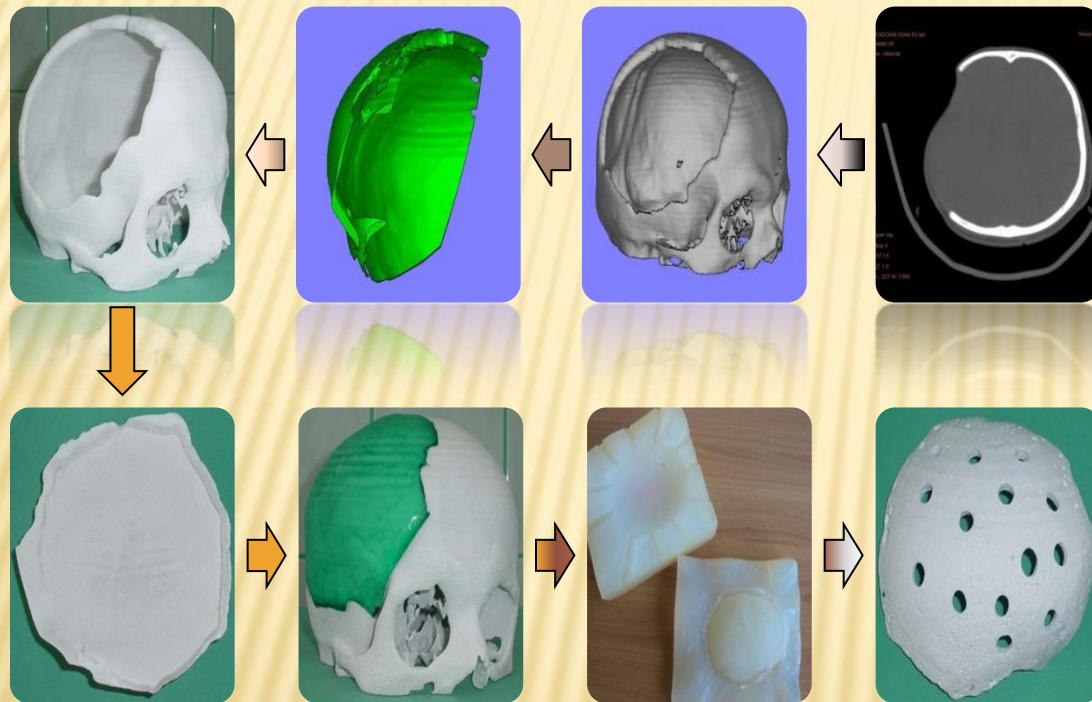
OBIECTIVUL GENERAL

- ✘ **Soluționarea unor probleme complexe, privind realizarea implanturilor medicale personalizate, prin integrarea cercetărilor din domenii interdisciplinare;**
- ✘ **Racordarea cercetărilor la aria europeană și mondială în domeniul îmbunătățirii calității vieții.**

OBIECTIVE SPECIFICE

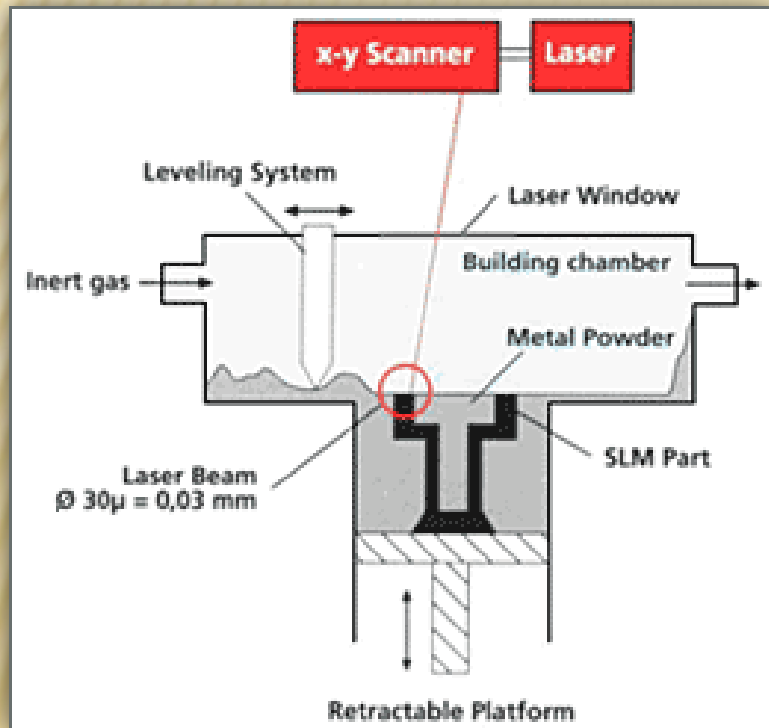
- ✘ Cercetarea asupra unor noi materiale biocompatibile, prelucrabile prin SLS si SLM;
- ✘ Cercetarea, testarea și îmbunătățirea biocompatibilității noilor materiale;
- ✘ Realizarea modelelor virtuale ale implanturilor;
- ✘ Fabricația implanturilor și realizarea actului operator.

ETAPELE IN FABRICATIA UNUI IMPLANT



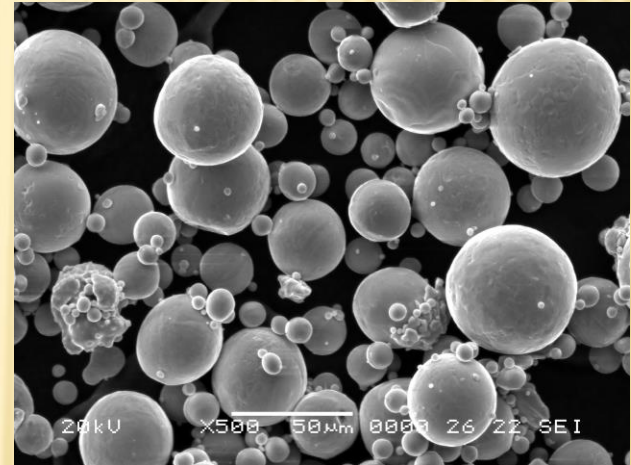
TOPIRE SELECTIVĂ CU LASER (SLM)

UNIVERSITATEA TEHNICĂ CLUJ-NAPOCA

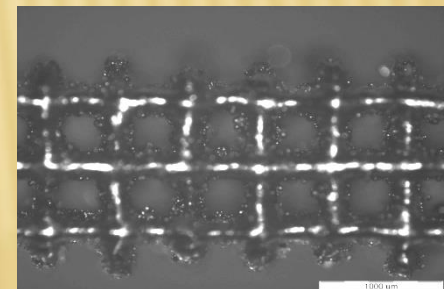
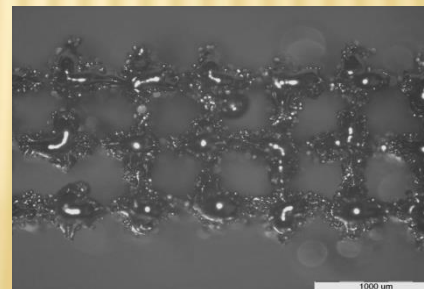


PRODUCEREA DE NOI TIPURI DE MATERIALE COMPOZITE BIOCOMPATIBILE CU BAZA TITAN

- × Producerea de materiale poroase cu baza titan;
- × Producerea de biomateriale Ti-HA;
- × Producerea de biomateriale Ti-materiale oxidice;
- × Sinteza și caracterizarea de materiale compozite, titan biomateriale oxidice, pe bază de SiO_2 și TiO_2
- × Infiltrarea compactelor poroase de aliaj de titan cu TiO_2 și SiO_2

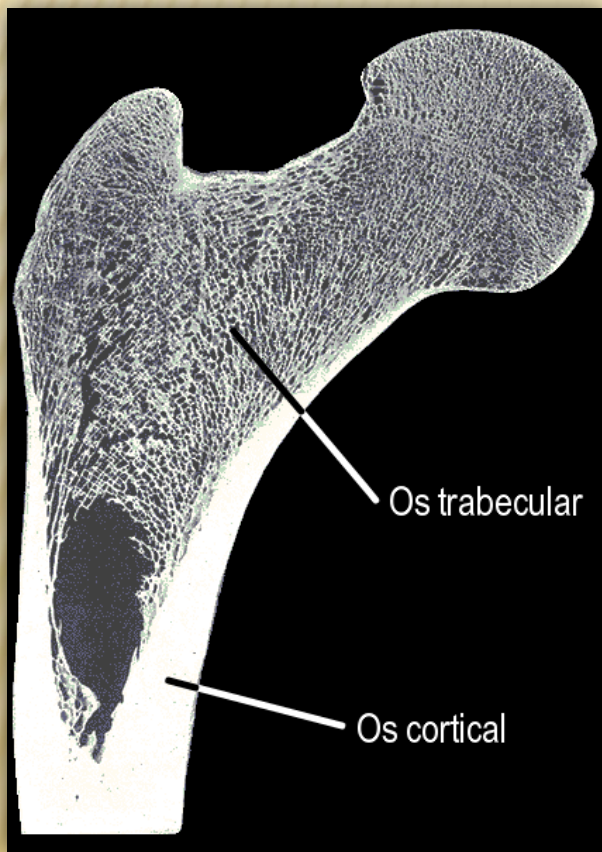


- × Aspectul pulberii de Ti6Al7Nb după tratamentul la 600 °C (SEM)



- × Structuri celulare obținute prin SLM

CARACTERISTICILE FIZICO-MECANICE ALE ȚESUTULUI OSOS



Femur uman – secțiune

| Solicitarea mecanică | Vârsta [ani] | | | | | | |
|-------------------------|--------------|------------|------------|-------|-------|-------|-------|
| | 10-20 | 20-30 | 30-40 | 40-50 | 50-60 | 60-70 | 70-80 |
| Rezistența maximă [MPa] | | | | | | | |
| Tracțiune | 114 | 123 | 120 | 112 | 93 | 86 | 86 |
| Compresiune | - | 167 | 167 | 161 | 155 | 145 | - |
| Încovoiere | 151 | 173 | 173 | 162 | 154 | 139 | 139 |
| Răsucire | - | 57 | 57 | 52 | 52 | 49 | 49 |
| Alungirea maximă [%] | | | | | | | |
| Tracțiune | 1,5 | 1,4 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 |
| Compresiune | - | 1,9 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | - |
| Răsucire | - | 2,8 | 2,8 | 2,5 | 2,5 | 2,7 | 2,7 |

| Constanta elastică | UM | Corpul mandibulei | Ramurile mandibulei |
|--------------------|-----|-------------------|---------------------|
| E_1 | GPa | 10,93 | 11,77 |
| E_2 | GPa | 14,78 | 16,25 |
| E_3 | GPa | 18,89 | 20,42 |
| G_{12} | GPa | 4,24 | 4,80 |
| G_{13} | GPa | 5,13 | 5,72 |
| G_{23} | GPa | 6,27 | 6,67 |
| ν_{12} | - | 0,224 | 0,157 |
| ν_{13} | - | 0,295 | 0,292 |
| ν_{23} | - | 0,275 | 0,273 |
| ν_{21} | - | 0,276 | 0,211 |
| ν_{31} | - | 0,501 | 0,500 |
| ν_{12} | - | 0,280 | 0,033 |

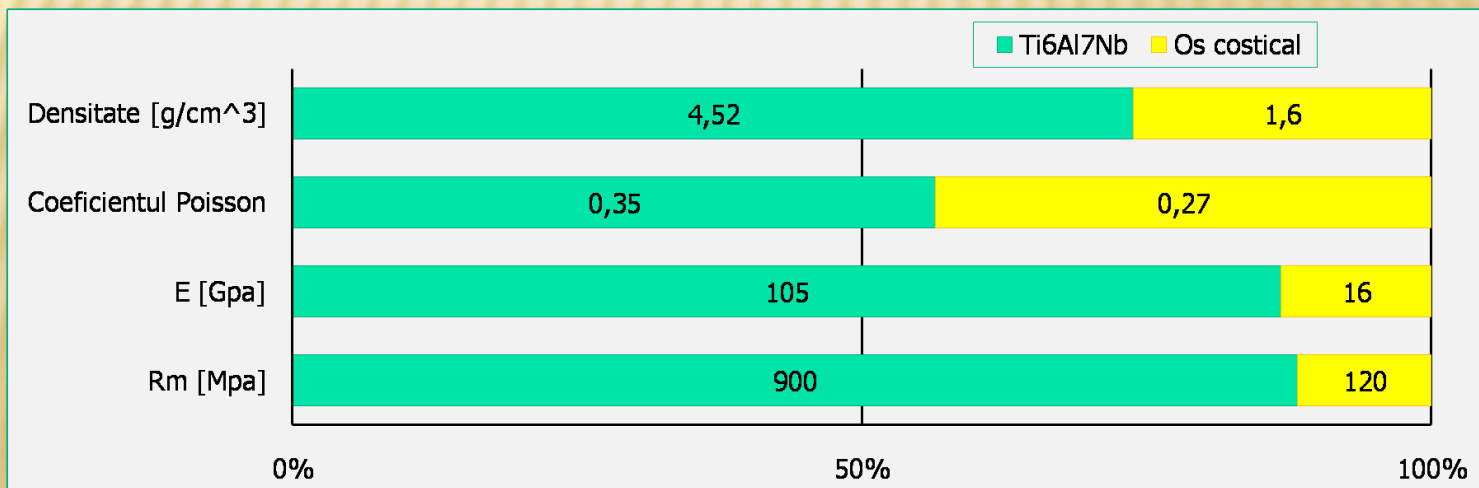
COMPARAȚIE ÎNTRE CARACTERISTICILE FIZICO-MECANICE ALE ȚESUTULUI OSOS ȘI A ALIAJUȘLUI Ti6Al7Nb

× Aliajul Ti6Al7Nb:

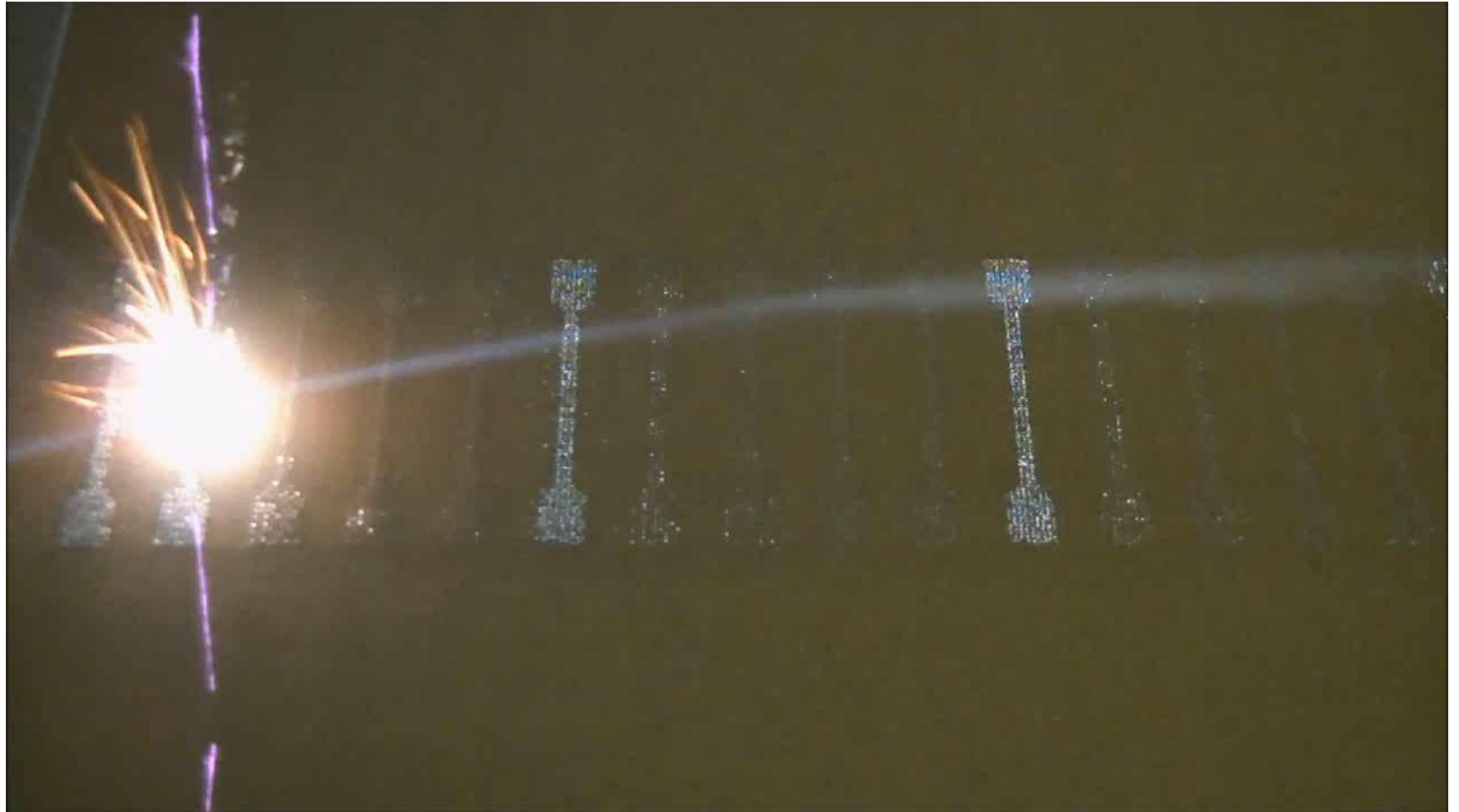
| | Al | Nb | Ta | Fe | O | C | N | H | Ti |
|---------|-----|-----|------|------|------|------|------|-------|------|
| Min [%] | 5,5 | 6,5 | - | - | - | - | - | - | 88,0 |
| Max [%] | 6,5 | 7,5 | 0,50 | 0,25 | 0,20 | 0,08 | 0,05 | 0,009 | 84,9 |

| Caracteristica | T _t [°C] | T _β [°C] | Densitatea [g/cm ³] | R _m [MPa] | R _{p0,2} [Pa] | A [%] | E [GPa] | Coefficientul Poisson |
|----------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|----------------------|------------------------|-------|---------|-----------------------|
| Valoarea | 1538-1649 | 1010±15 | 4,52 | 900 | 800 | 10 | 105 | 0.33-0.37 |

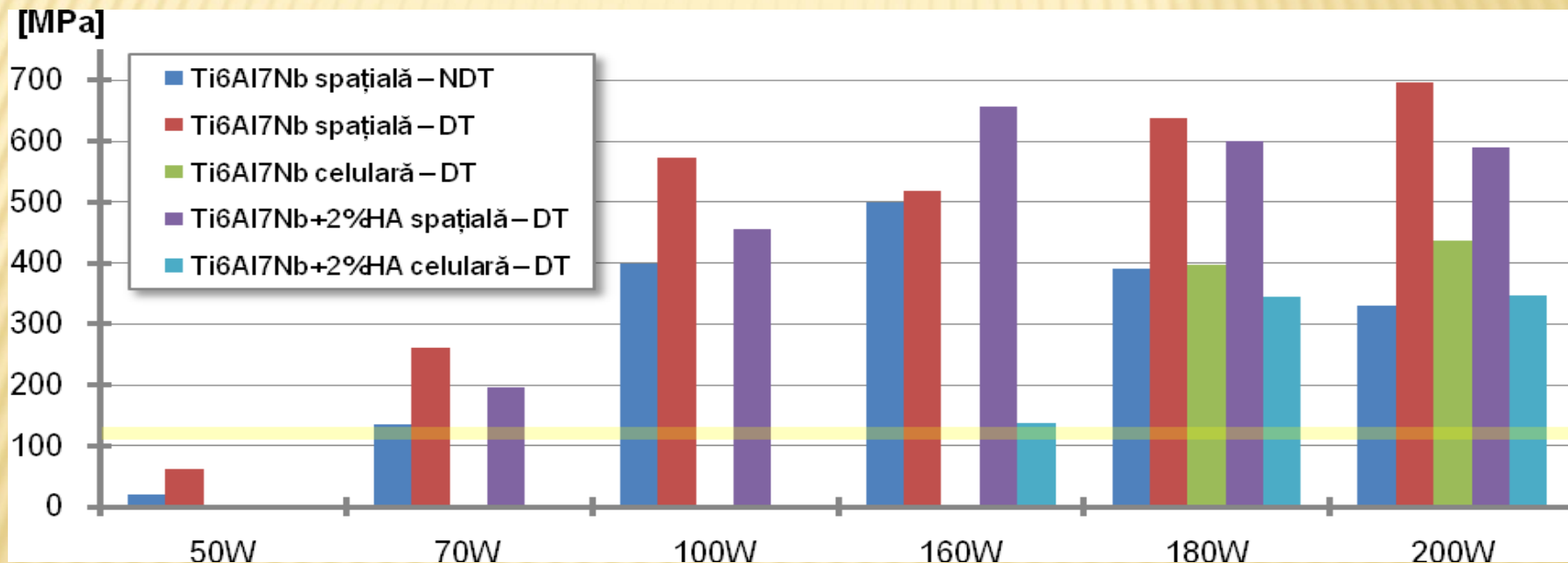
× Comparația:



FABRICAȚIA PRIN SLM A STRUCTURILOR DE TITAN

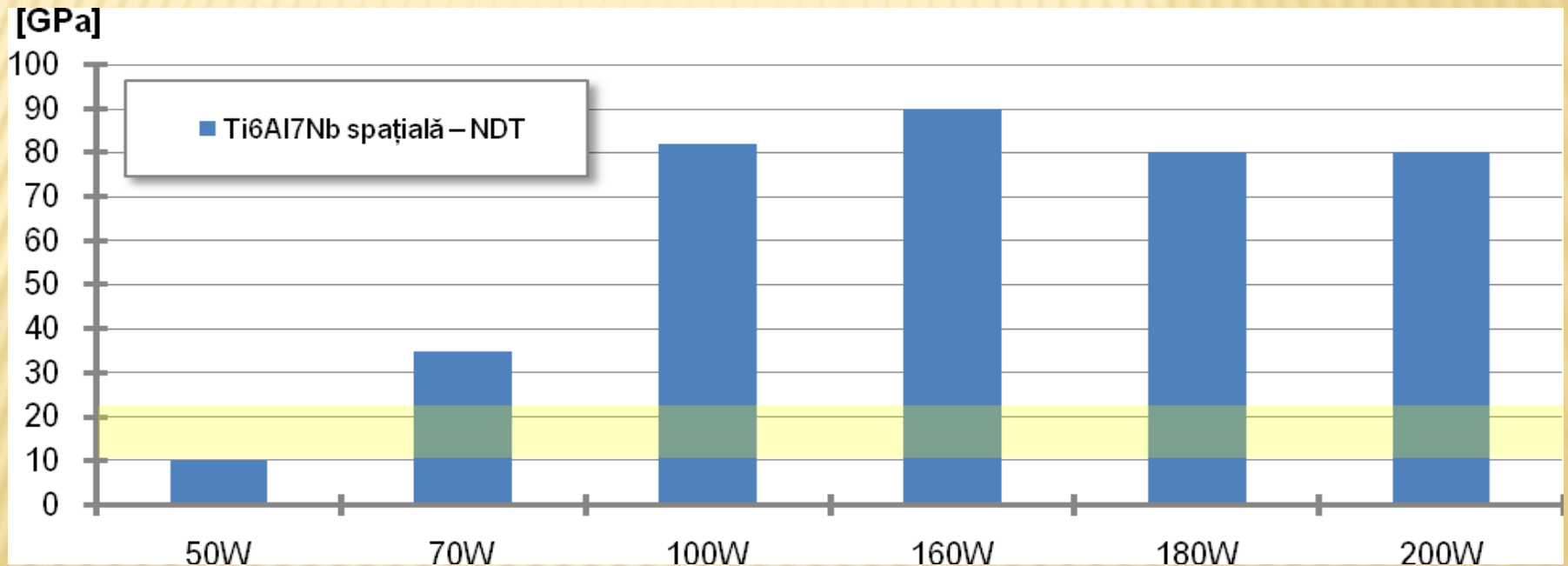


PROPRIETĂȚILE STRUCTURILOR DE TITAN FABRICATE PRIN SLM



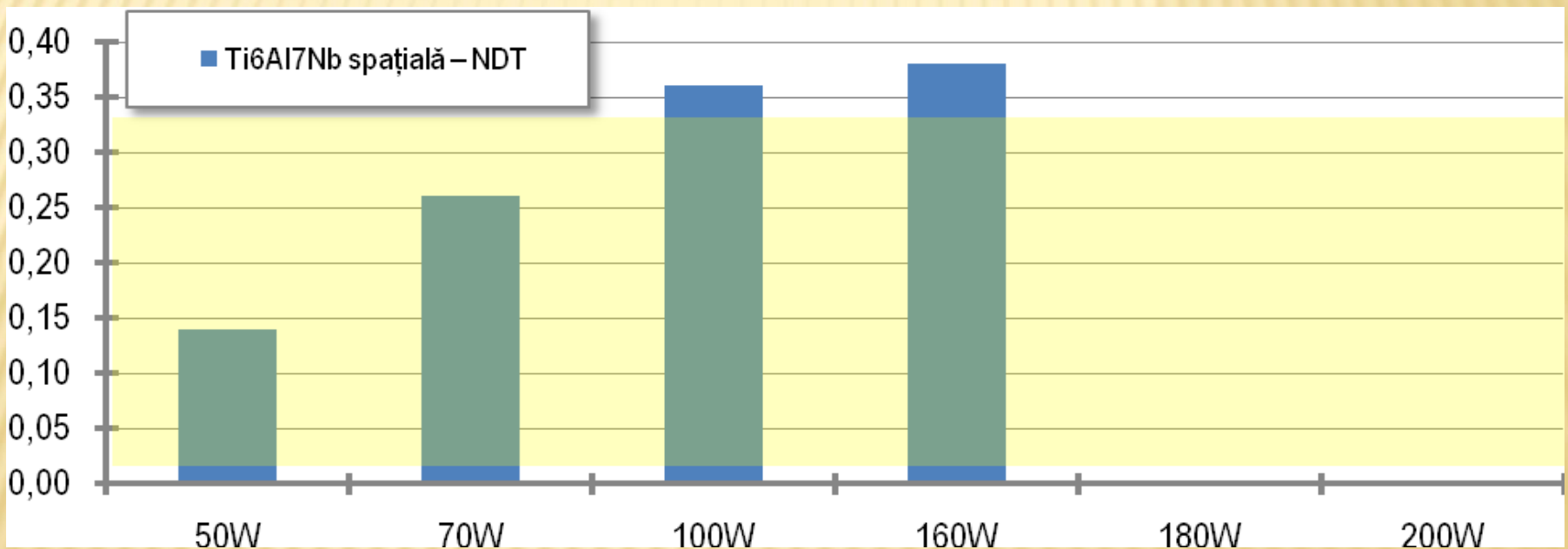
Rezistența la rupere a structurilor fabricate din aliajul Ti6Al7Nb

PROPRIETĂȚILE STRUCTURILOR DE TITAN FABRICATE PRIN SLM



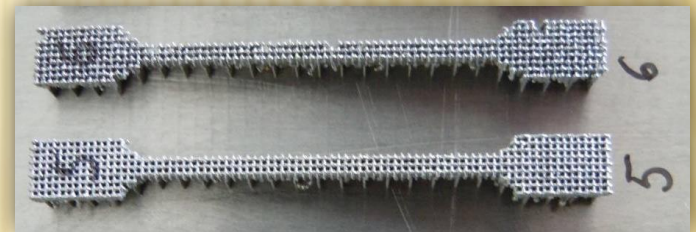
Modulul de elasticitate a structurilor fabricate din aliajul
Ti6Al7Nb

PROPRIETĂȚILE STRUCTURILOR DE TITAN FABRICATE PRIN SLM



Coeficientul lui Poisson a structurilor fabricate din aliajul
Ti6Al7Nb

PROPRIETĂȚILE STRUCTURILOR DE TITAN FABRICATE PRIN SLM



Elasticitatea structurilor fabricate din aliajul Ti6Al7Nb

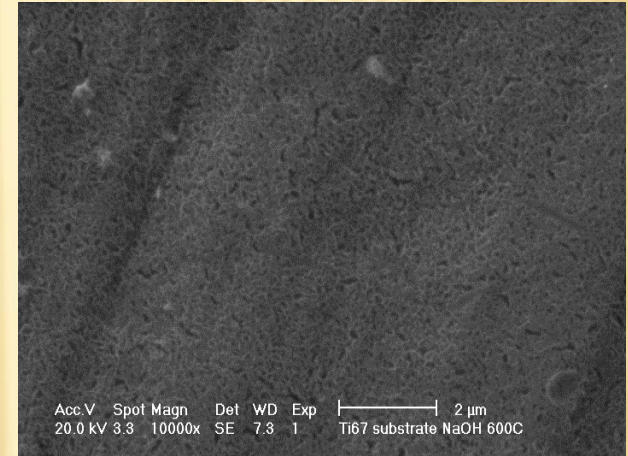
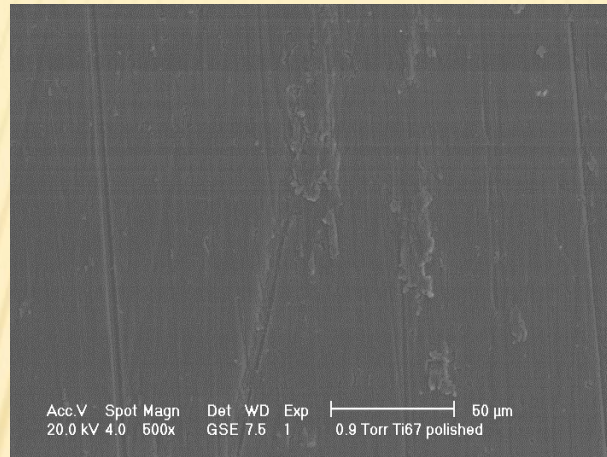
INFILTRARE CU HA A STRUCTURILOR DE TI

MORFOLOGIE ȘI STRUCTURĂ: SEM, EDX

SLM, 200 W

Suprafață șlefuită,
Trată în mediu alcalin

Înainte de
infiltrare

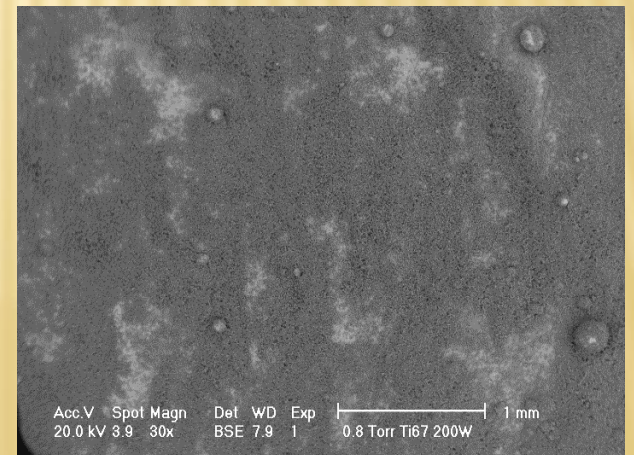
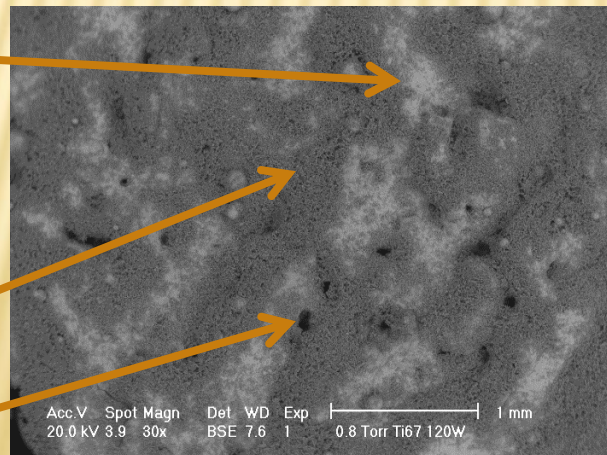


După infiltrare cu
HA

substrat

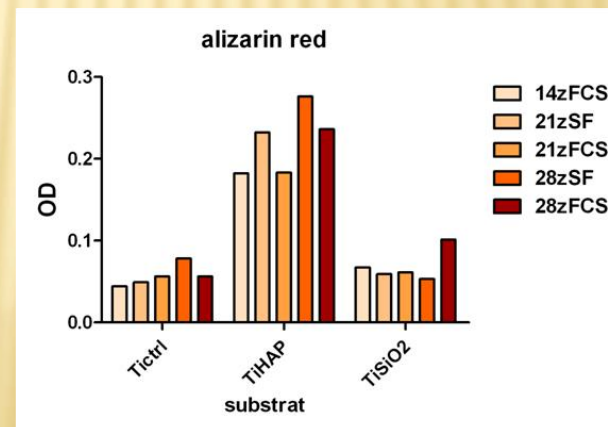
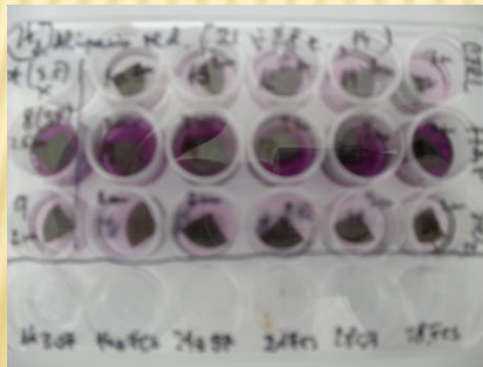
HA

pori



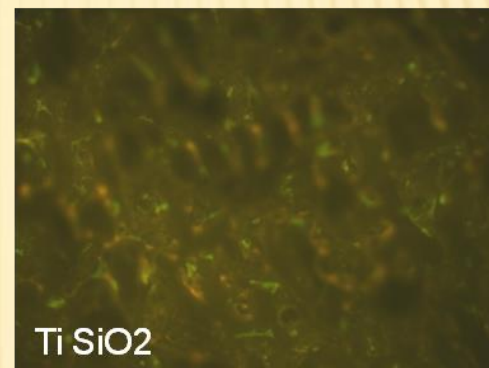
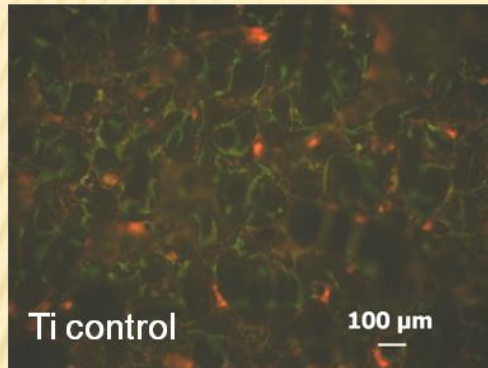
STUDII ALE BIOCOMPATIBILITĂȚII NOILOR MATERIALE, DEZVOLTATE ÎN CADRUL PROIECTULUI

- ✘ Posibilități de îmbunătățire a biocompatibilitatii epruvetelor produse prin SLS / SLM;
- ✘ Studii ale biocompatibilitatii noilor materiale, dezvoltate in cadrul proiectului;
- ✘ Tehnologii de imbunătățire a biocompatibilității noilor materiale.

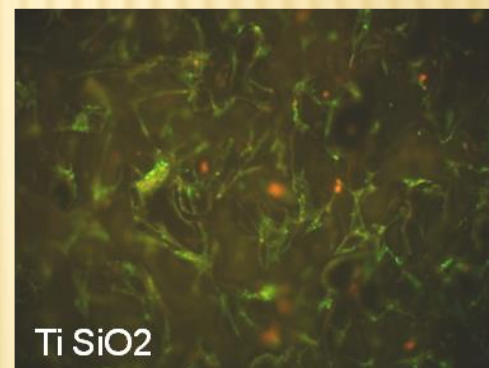
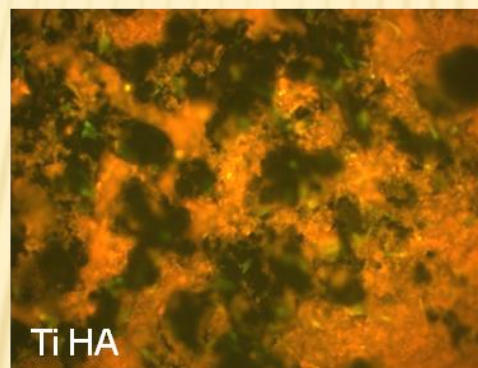
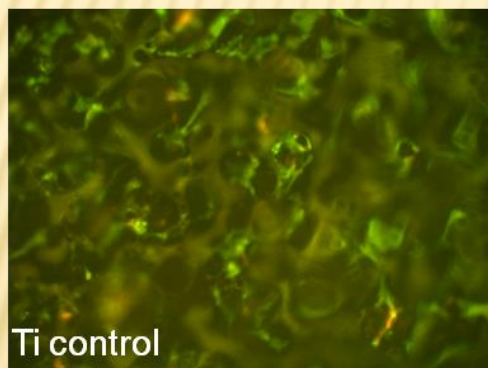


Determinarea nivelului de calciu prin coloratia cu Alizarin red

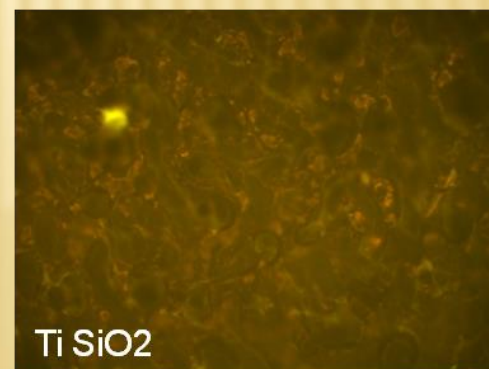
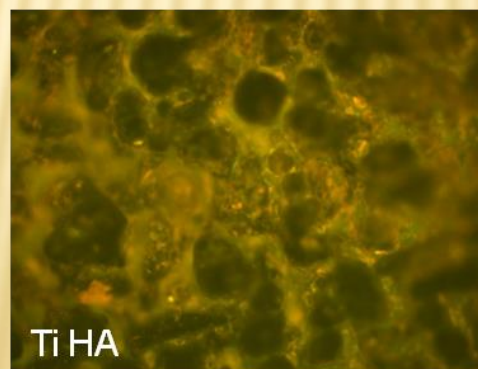
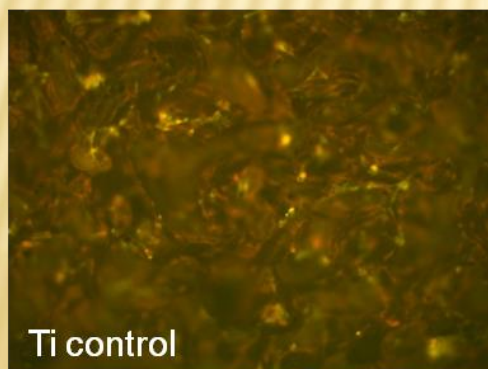
TESTE DE BIOACTIVITATE ÎN VITRO



3 days



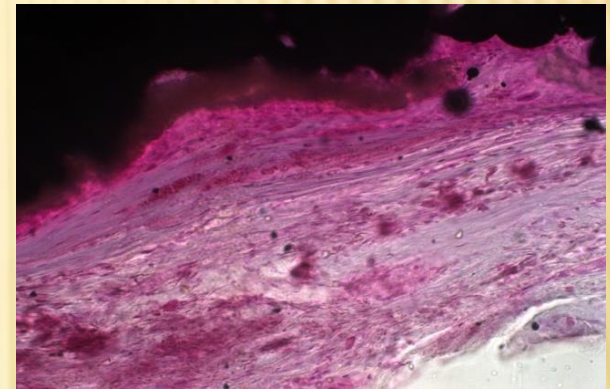
14 days



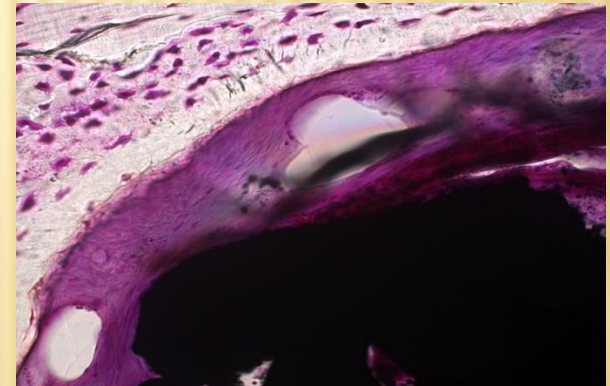
21 days

TESTAREA IN VIVO A BIOCOMPATIBILITĂȚII

- × Studiul animal realizat a evidențiat faptul că noile biomateriale sunt bine tolerate biologic, neproducând nici o reacție adversă de corp strain;
- × Teste pe șobolani rasa Wistar;
- × 48 exemplare grupate în 8 loturi de câte 6 exemplare;
- × Durata experimentelor a fost de 6 luni. Condiții vivariu – standard conform Directivelor Comisiei Europene.



A x 10

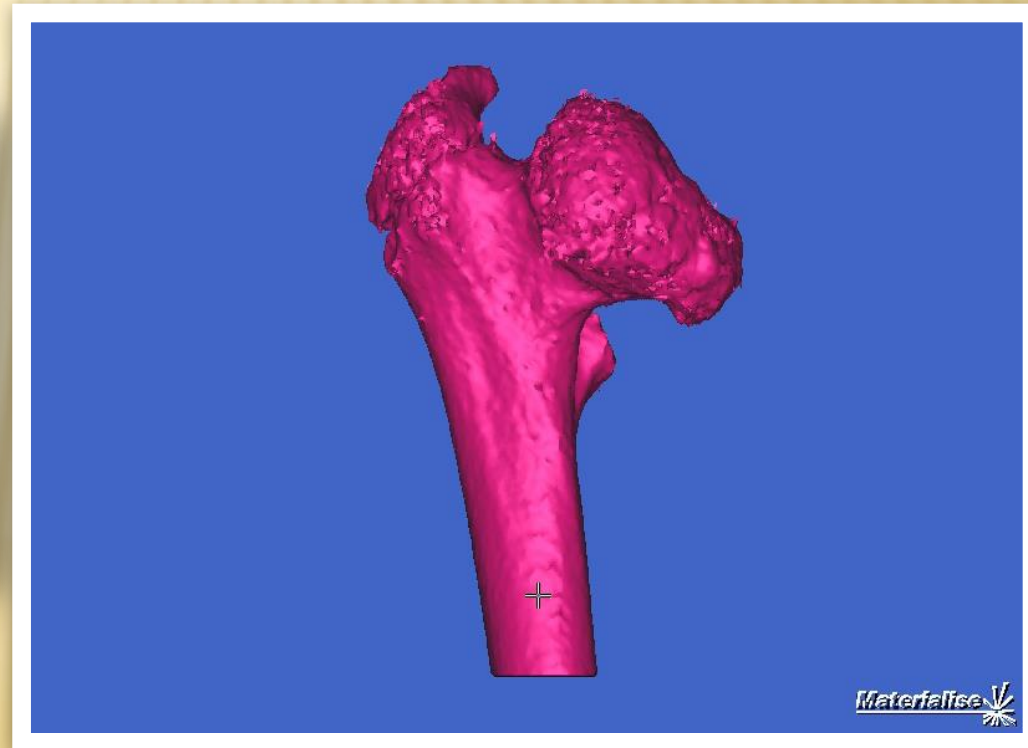
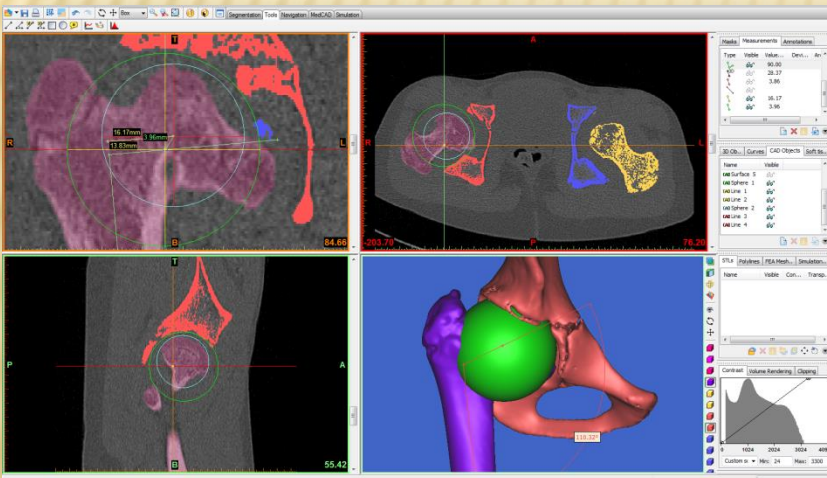


A x 40

- × Evoluția favorabilă a procesului de osteointegrare

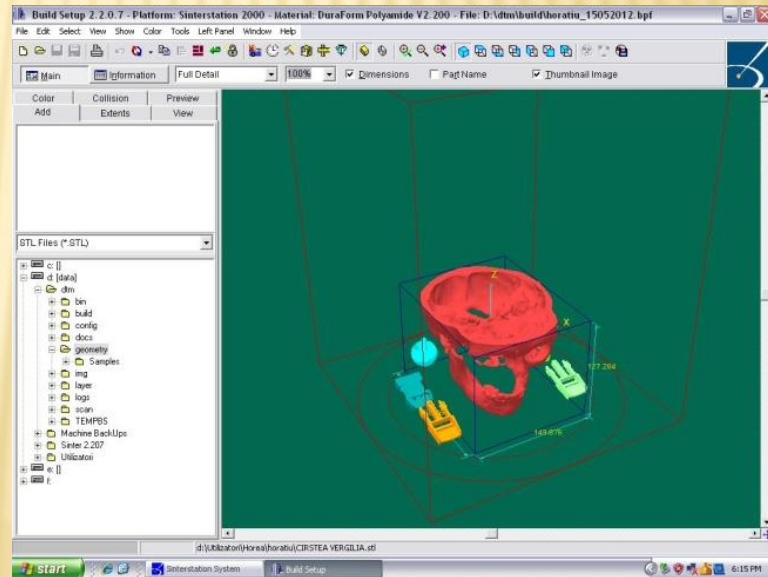
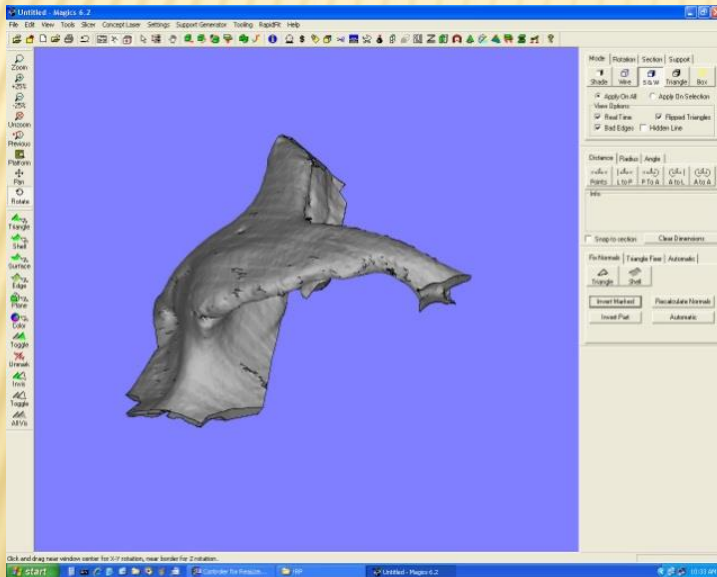
PROCESAREA MODELELOR VIRTUALE. ANALIZE ȘI MĂSURĂTORI

- ✘ Analize și măsurători utilizând softul MIMICS;
- ✘ Prelucrarea modelului virtual al femurului – netezire, omogenizare, refațetare urmată de o altă netezire.



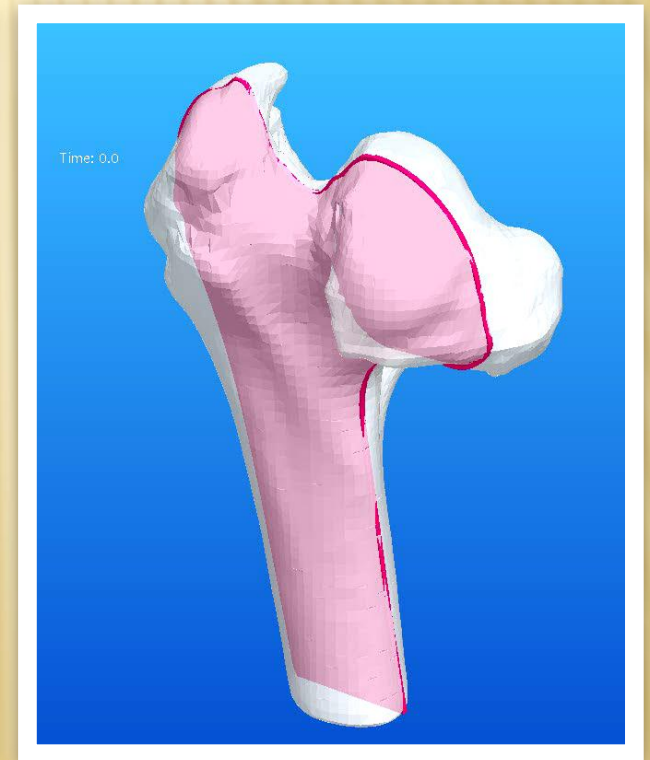
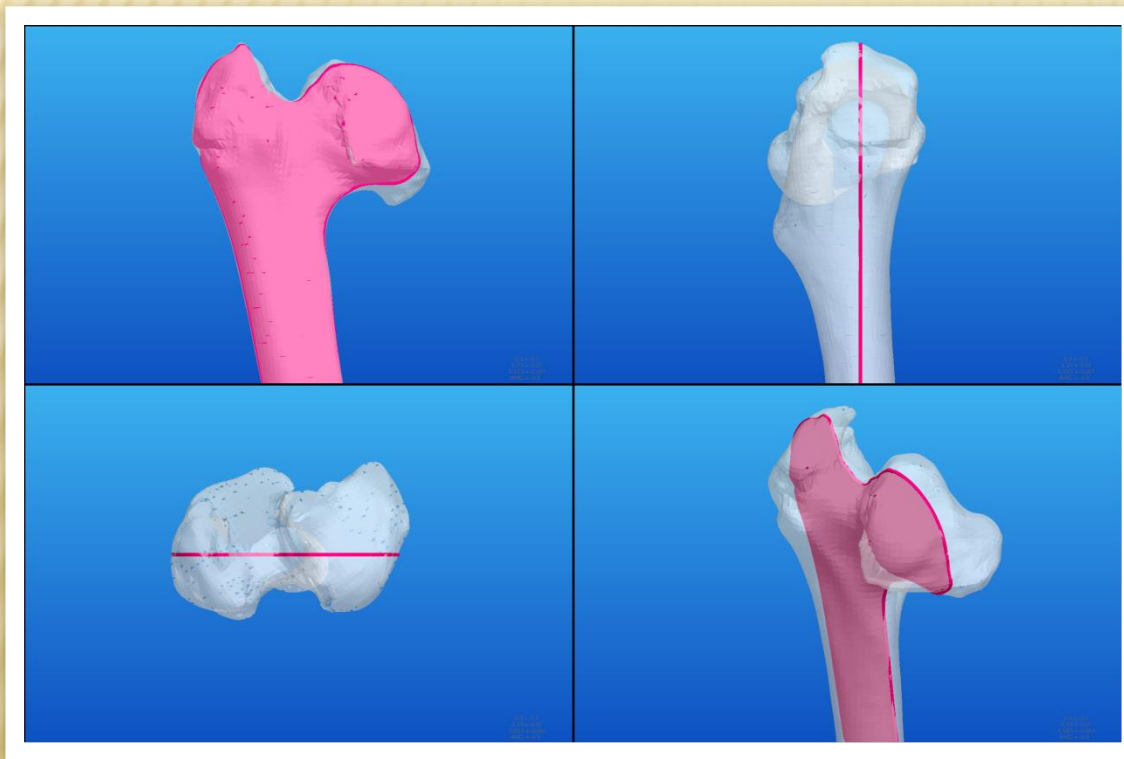
PREGĂTIREA PENTRU FABRICAȚIE A MODELELOR VIRTUALE ALE IMPLANTURILOR PERSONALIZATE

- ✘ Generarea modelelor tridimensionale virtuale, pentru fabricația prin SLS/SLM;
- ✘ Realizarea modelului virtual al implantului personalizat.



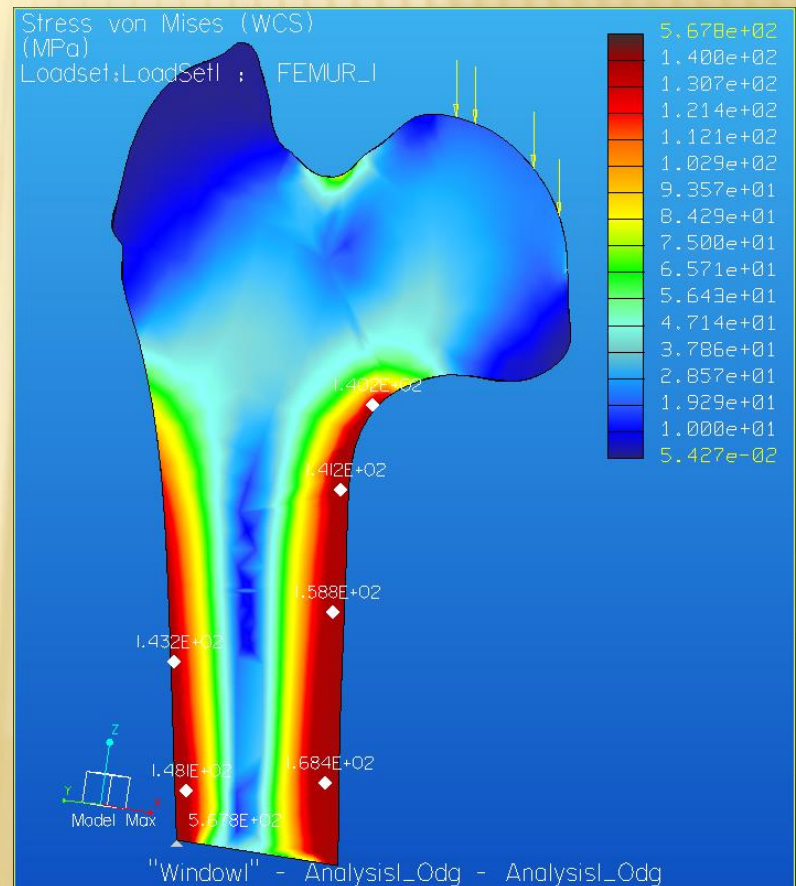
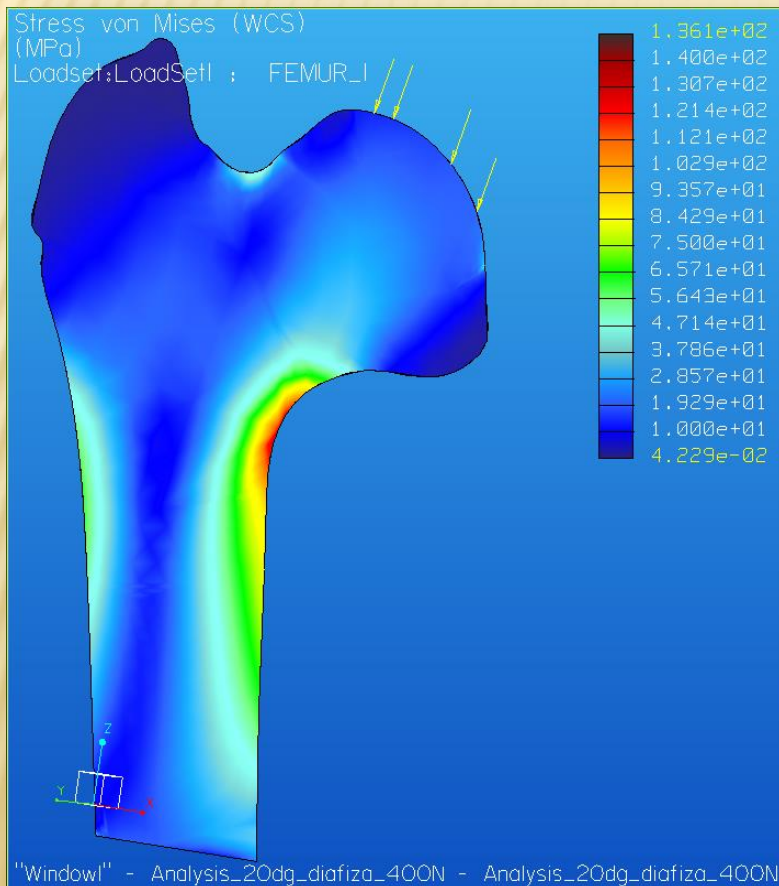
Modele virtuale pentru implanturi medicale personalizate fabricate prin SLM/SLS

SELECTAREA SECȚIUNII REPREZENTATIVE

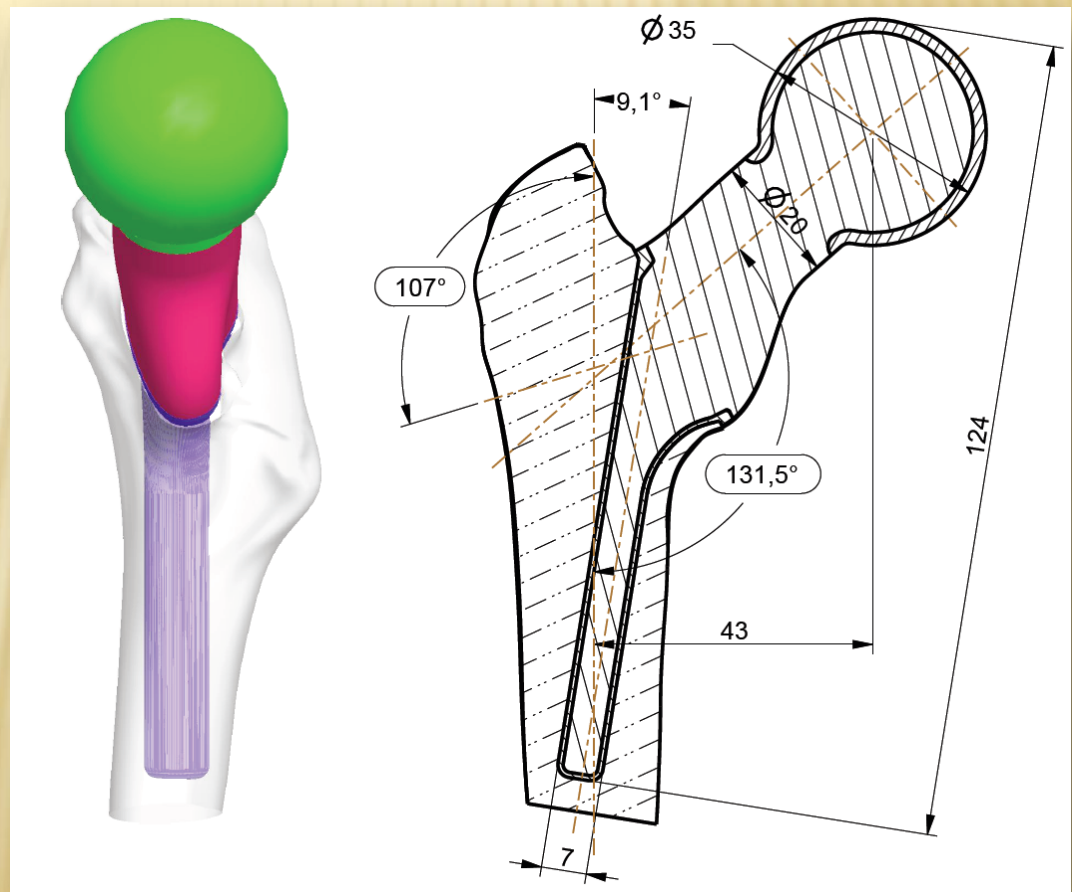
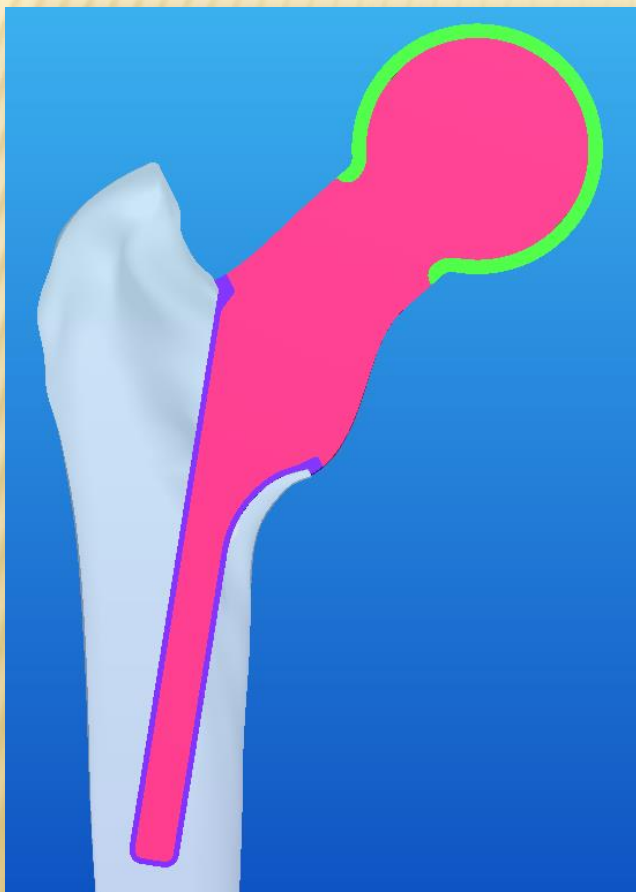


ANALIZA STĂRILOR DE TENSINUNI LA O ÎNCĂRCARE DE 4000N

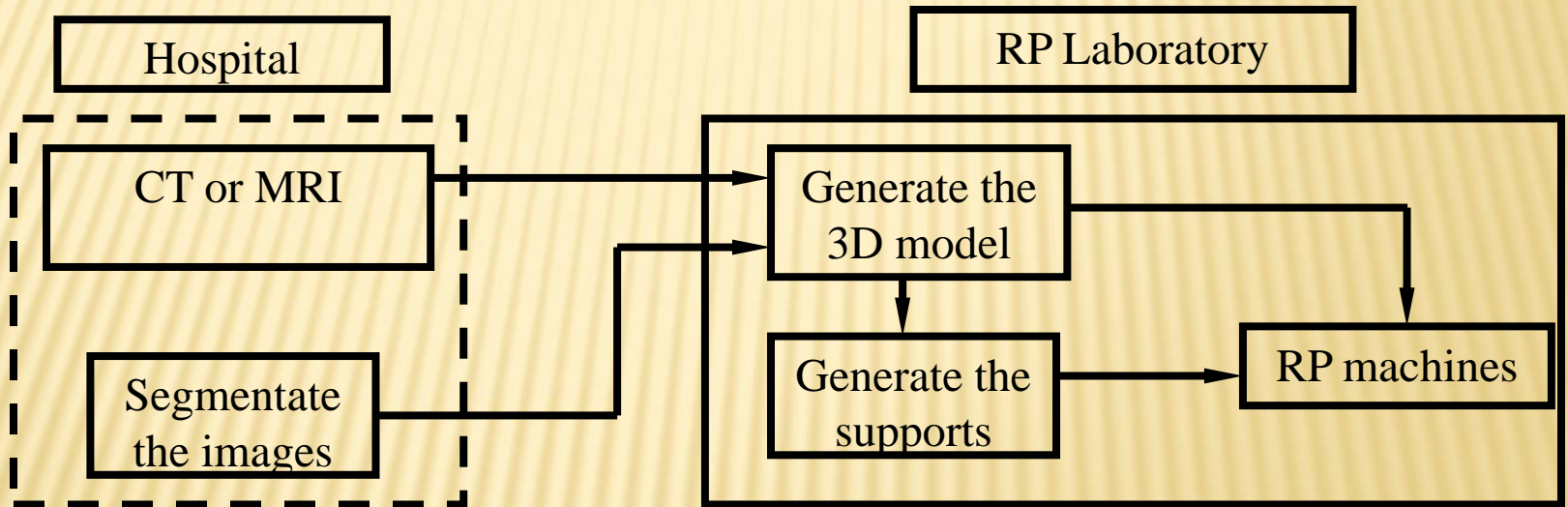
✘ Material considerat – Os cortical (anizotrop)



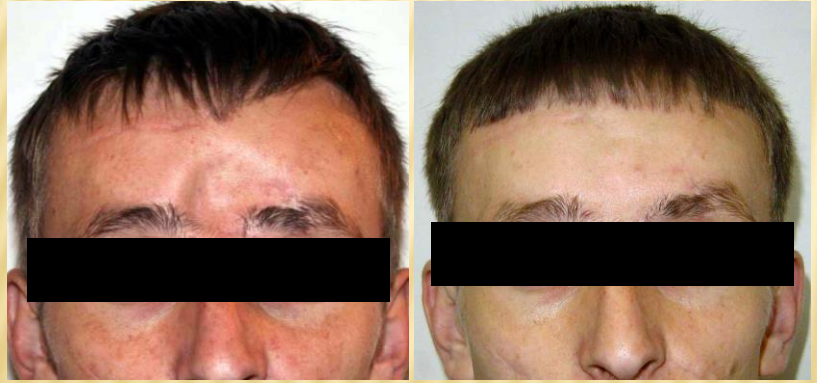
ENDOPROTEZA MULTISTRUCTURĂ – CARACTERISTICI GEOMETRICE



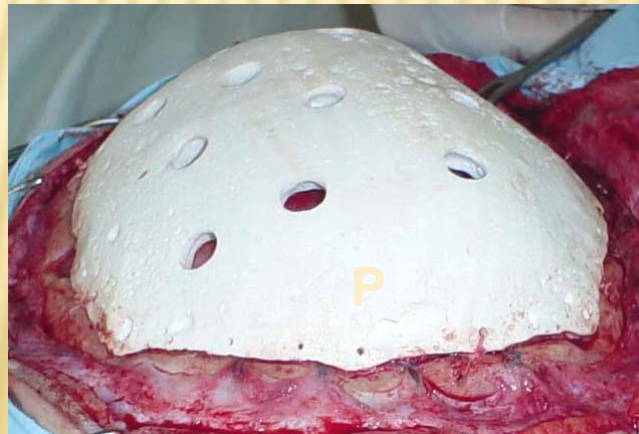
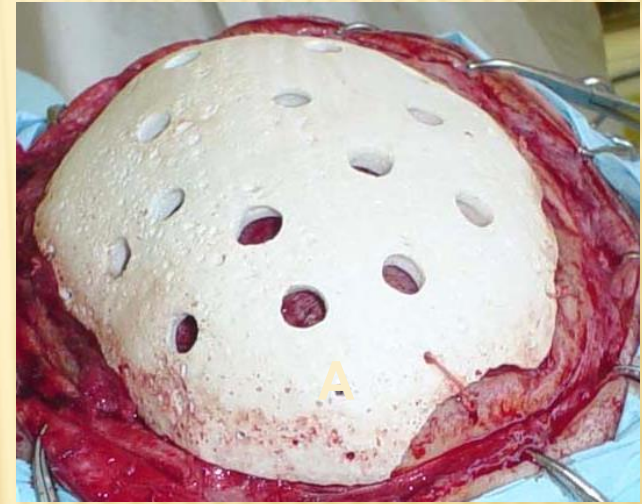
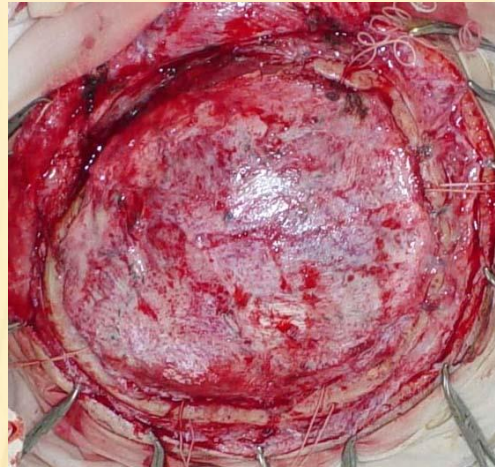
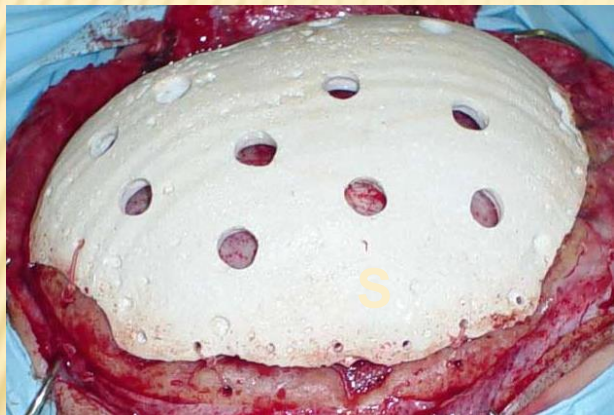
FLUXUL PROCESULUI DE FABRICAȚIE ȘI IMPLANTARE



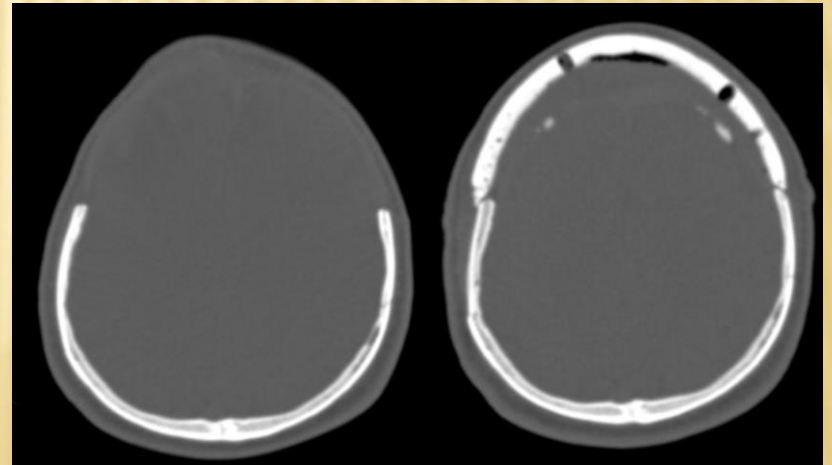
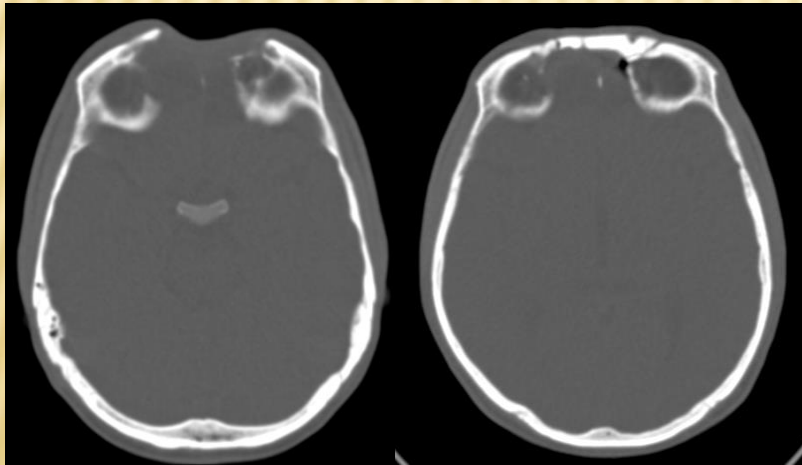
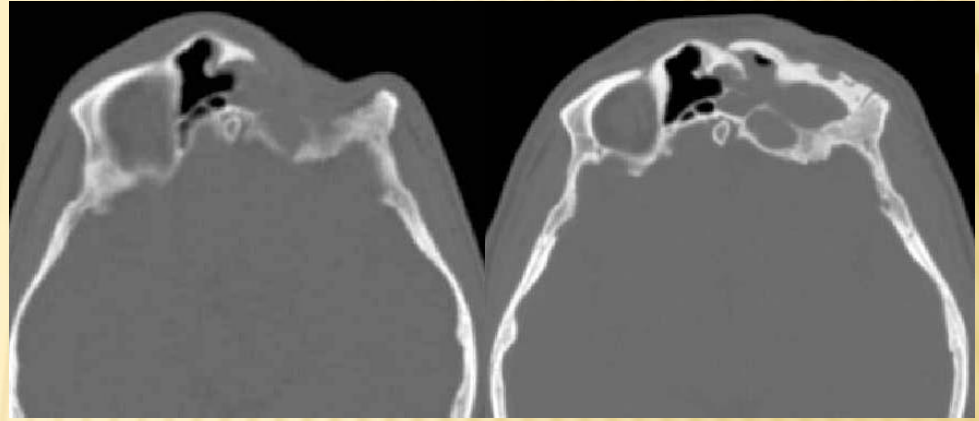
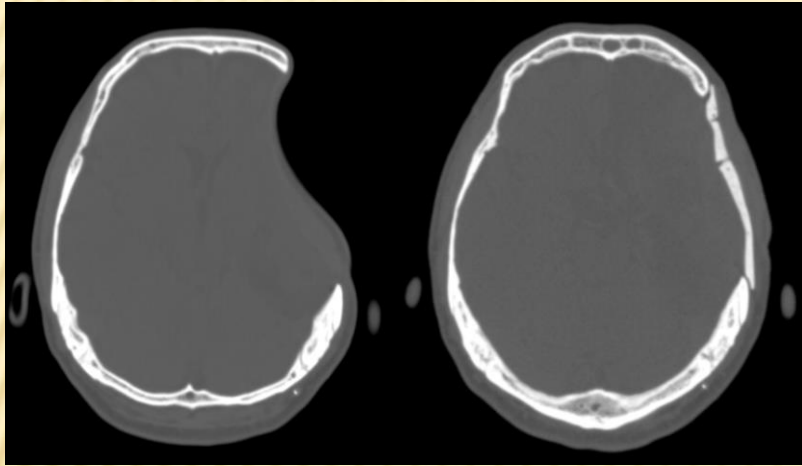
STUDII DE CAZ



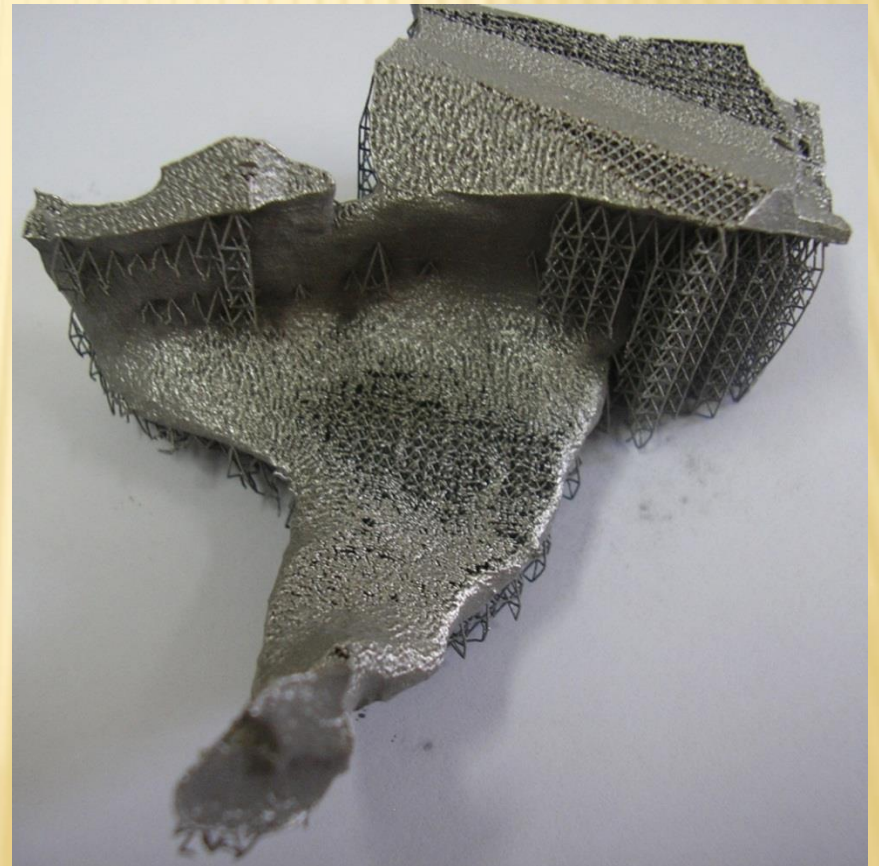
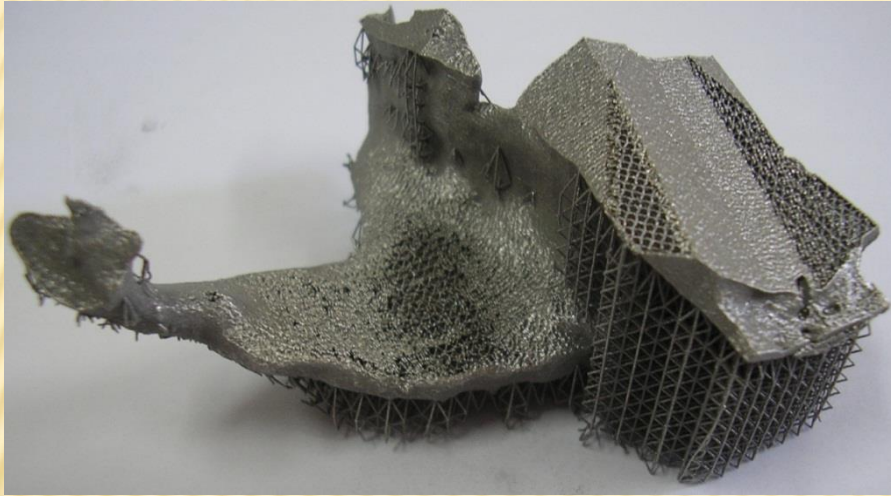
INTERVENȚIA CHIRURGICALĂ



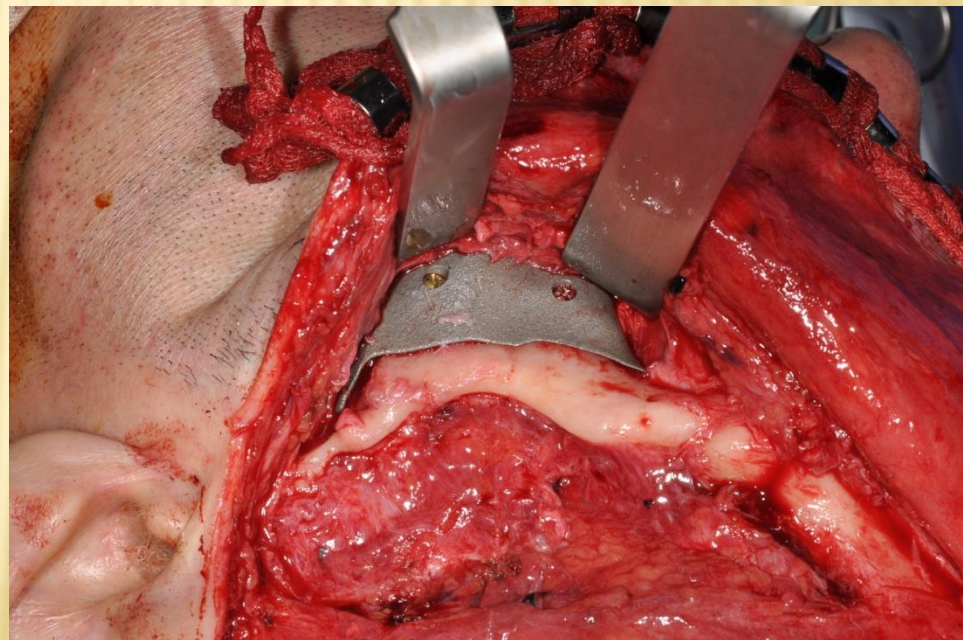
IMAGINI CT – ÎNAINTE ȘI DUPĂ OPERAȚIE



IMPLANT PERSONALIZAT (NEFINISAT) DIN NOILE MATERIALE FABRICAT PRIN SLM



REALIZAREA INTERVENȚIEI CHIRURGICALE DE APLICARE A UNUI IMPLANT PERSONALIZAT FABRICAT PRIN SLM, DIN NOILE MATERIALE



Realizarea intervenției chirurgicale, cu implant fabricat prin SLM

DISEMINAREA REZULTATELOR CERCETĂRIILOR OBTINUTE ÎN CADRUL PROIECTULUI

✘ Seminarii tehnice și workshop-uri:

- + Workshop 2010: „Tehnologii și Materiale Biocompatibile pentru Fabricația Inovativă a Implanturilor”
- + Workshop 2011: „Tehnologii și materiale biocompatibile pentru fabricația implanturilor personalizate”
- + Workshop 2012: „Medical Applications of Additive Manufacturing”
- + Seminar Tehnic Internațional in 2013: „Medical Applications of Additive Manufacturing”

✘ Pagina web a proiectului BIOMAPIM

(www.biomapim.utcluj.ro)

✘ Publicarea de lucrari reprezentative

- + 24 lucrări cotate ISI (factor impact cumulat: 28,267)

✘ Brevete de invenție

- + 4 brevete naționale și un brevet internațional, înregistrat în SUA și Germania

✘ Teze de doctorat

- + 12 teze de doctorat

LUCRĂRI INDEXATE ISI PUBLICATE ÎN CADRUL PROIECTULUI BIOMAPIM: 2010 – 2013

| Titlul lucrării | Autori | Revista | Factor de impact |
|---|--|--|------------------|
| Influence of heat treatment atmosphere on the superparametric iron oxide – hydroxyapatite composites | C. Mirestean, P. Berce, S. Simion | Journal of optoelectronics and advanced materials, Vol.12, No. 9, September 2010, p. 1899-1902 | 0.4 |
| Hydrogen peroxide versus water synthesis of bioglass-nanocrystalline hydroxyapatite composites | G. Melinte, L. Baia, V. Simion, S. Simion | J Mater Sci (2011) 46:7393-7400, DOI 10.1007/s10853-011-5700-8 | 1.855 |
| Surface conditioning of porous titanium for endosseous implants by chemical and heat treatments | I. Gligor, T. Marcu, M. Todea, L. Cont, V.Candea, C. Popa | Journal of optoelectronics and advanced materials, VOL 13, NO. 7, 2011, P.882-885 | 0.4 |
| Effect of surface conditioning on the flowability of Ti6Al7Nb powder for selective laser melting applications | T. Marcu, M. Todea, I. Gligor, P.Berce, C. Popa | Elsevier – Applied surface science, Volume 258, Issue 7, ISSN 0169-4332, 3276-3282 | 2.103 |
| Surface structure changes on aluminosilicate microspheres at the interface with simulated body fluid | M. Todea, B. Frentiu, R.F.V Turcu, P. Berce, S. Simion | Corrosion Science 54 (2012), p. 299-306 | 3.73 |
| Metallurgical and mechanical characterization of titanium based materials for endosseous applications obtained by selective laser melting | T. Marcu, M. Todea, L. Maines, D. Leordean, P. Berce, C Popa | Powder Metallurgy, 2012, vol. 55, no.4, p.309-314 | 0.584 |
| The influence of some synthesis conditions on the structure of calcium phosphate powders | M. Todea, T. Marcu, M. Tamasan, S. Simion, C. Popa | Studia UBB Chemia, LVI, 3, 2011, p. 147-156 | 0.089 |
| UV absorption properties of doped PVA TiO ₂ membranes | M. Todica, L. Udrescu, C.V. Pop, M. Pop, S. Traian, S.Simion | Studia UBB Chemia, LVI, 3, 2011, p. 165-169 | 0.089 |

| | | | |
|---|--|---|-------|
| Structural and surface characterization of nanostructured spray dried titanasilicate microspheres | O.Ponta, E.Vanea, A. Cheniti, P.Berce, S. Simion | Materials Chemistry and Physics (2012) | 2.234 |
| Heat treatment effect on structure and atomic composition in the outermost surface layer of La ₂ O ₃ -TiO ₂ -SiO ₂ system | A. Cheniti, O. Ponta, L. Tirle, T. Radu, S. Simion | Optoelectronics and advanced materials – Rapid Communications, Vol. 6, No.5-6, May 2012, p. 560-563 | 0.304 |
| Structural investigation of sol-gel derived SiO ₂ -GeO ₂ non-crystalline and nano-composite materials | D. Trandafir, M. Vasilescu, S. Simion | J Sol-Gel Sci Technol DOI 10.1007/s10971-012-2804-9 | 1.632 |
| Preliminary spectroscopic investigation of some PVA membranes gamma irradiated | M. Todica, L. Udrescu, S. Simon | Central European Journal of Physics, 10(2), 2012, p. 329-334, DOI 10.2478/s11534-012-0003-5 | 0.905 |
| Simulation and experimental research on the vacuum casting of non-metallic complex parts using flexible molds | S.A. Radu, D. Fratila | Proceedings of the Romanian Academy, Series A, Volume 13, Number4/2012, p. 343-350 | 0.537 |
| Porosity change by resin impregnation in structures obtained by selective laser sintering technology | R.Pacurar, A. Pacurar, P. Berce, N. Balc, O. Nemes. | Studia UBB Chemia LVII, 3, 2012, p. 5-13 | 0.089 |
| Characterization of Hydroxyapatite Coating on Different Pretreated Ti6Al7Nb Alloy Substrates, | T.Marcu, O. Nemes, M. Todea, D. Leordean, C. Popa | Studia UBB Chemia, 4, 2012, pp.109-119 | 0.089 |
| Research on the durability of injection molding tools made by selective laser sintering technology | R. Pacurar, P. Berce | Proceedings of the Romanian Academy, Series A, Volume 14, Number 3,2013 | 0.537 |
| XPS Analysis of Aluminosilicate Microspheres Bioactivity Tested in Vitro, | M. Todea, E. Vanea, S. Bran, P. Berce, S. Simon | Applied Surface Science, Vol.270, pp.777-783 | 2.103 |
| Microstructural Characterization of PM Ti With Dextrin Addition for Endosseous Applications, | T. Marcu, I. Salantiu, I. Gligor, C. Popa | J.of Optoelectronics and advanced materials, Vol.15, pp.847-852 | 0.4 |
| Cranioplasty With Custom-Made Implants: Analyzing the Cases of 10 Patients | H. Rotaru, I.S. Florian, Yong-Tae Park, H. Chezan, M. Baciut | American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons | 1.333 |

| | | | |
|--|--|--|-------|
| Selective Laser Melting of Ti6Al7Nb with Hydroxyapatite Addition | T. Marcu, C. Menapace, L. Giardini, D. Leordean, C. Popa | RP Journal, accepted 18 January 2013 | 1.000 |
| Customized Implants With Specific Properties, Made by Selective Laser Melting, | D. Leordean, C. Dudescu, T. Marcu, P. Berce, N. Balc. | RP Journal, accepted January 2013 | 1.000 |
| Porous c.p. Titanium Using Dextrin as Space Holder for Endosseous Implants | I.Gligor, O. Soritau, M. Todea, C. Berce, A.Vulpoi, T.Marcu, V.Cernea, S.Simon, C.Popa | Particulate Science and Technology, 31:357-365 | 0.435 |
| ESR and XRD Investigation of Effects Induced by Gamma Radiation on PVA-TiO2 membranes, | M. Todica, T. Stefan, D. Trandafir, S. Simon | Central European Journal of Physics (2013) 11(7) 928-935 | 0.905 |
| Oriented Growth of Apatite-like Crystals at the Interface Between a Silicate Nanocomposite and Simulated Body fluid Digest | F.Talos, A. Vulpoi, A. Ponton, S. Simon | Journal of Nanomaterials and Biostructures (2013)8(1)219-225 | 1.092 |

Total lucrari ISI: 24

Total factor impact cumulat:

23.845

BREVETE DE INVENȚIE

Brevete naționale

1. P. Bere, P. Berce, H. Iancau – Procedeu și dispozitiv de obținere a pieselor tubulare indoite cu secțiune variabilă din materiale compozite polimerice armate cu fibre.
Brevet nr. RO127951-A2.
2. N. Balci, A. Donca – Procedeu și dispozitiv de poziționare și fixare a cadrului circular neuro-chirurgical. Inregistrat OSIM A/10037/2012.
3. P. Bere, P. Berce, O. Nemes, N. Balci – Procedeu și dispozitiv de obținere a placilor din materiale compozite polimerice armate cu fibre. Brevet nr. RO128093-A0.
4. A. Coman, P. Berce – Matrită din cauciuc siliconic armată, Inregistrat OSIM 2013/00506

Brevete Internaționale

1. N. Balci, D. Leordean, s.a – Dispozitiv de acționare. Inregistrat în SUA și Germania
Cod EP2433750/28.03.2012

CERCETĂRI VIITOARE

- ✘ Fabricația de endoproteze multistructură, predefinite în volum și cu proprietăți fizico-mecanice controlate;
- ✘ Caracterizarea și îmbunătățirea proprietăților suprafețelor active ale endoprotezelor poroase multistructurate;
- ✘ Testarea biocompatibilității și a potențialului de regenerare tisulară;
- ✘ Testarea biocompatibilității în vivo a noilor materiale, prin repararea defectelor osoase induse;
- ✘ Testarea efectului antitumoral al suprafețelor încărcate cu medicamente antitumorale.

VĂ MULTUMESC!

✘ Prof. Petru BERCE

- + Director de proiect: ID 101 / BIOMAPIM
- + Universitatea Tehnica din Cluj-Napoca

✘ berce@tcm.utcluj.ro

