

Patentni krajolik polimernih kompozita u astronautici

I. Mišur*

Ovo djelo je dano na korištenje pod
Creative Commons Attribution 4.0
International License



Državni zavod za intelektualno vlasništvo, Ul. grada Vukovara 78, 10 000 Zagreb

Sažetak

Istraživanje svemira jedna je od najizazovnijih aktivnosti čovječanstva. Astronautičke letjelice i druga ljudska oprema izvan Zemljine orbite nalaze se u specifičnim okolišnim i radnim uvjetima. Važnu ulogu u njihovoj izgradnji i sigurnosti imaju materijali koji se upotrebljavaju. Polimerni kompoziti su zahvaljujući svojim svojstvima posebno pogodni za astronautičku primjenu. U radu je prikazan patentni krajolik odnosno statistika patentnih dokumenata polimernih kompozita u astronautici u relevantnom razdoblju od 2003. do 2022. godine. Provedena komparativna analiza vremenske distribucije s drugim tehnologijama primjenjivima za rad u svemiru pokazuje da tehnologija astronautičkih polimernih kompozita ima neovisan razvoj. Složena godišnja stopa rasta polimernih kompozita u astronautici viša je od rasta svih patentnih prijava u astronautici. Teritorijalna distribucija patentnih dokumenata pokazuje da je kineski patentni ured zaprimio najviše prijava, ali je udio međunarodnih patentnih familija (IPF) vrlo nizak što je karakteristično i za druge u svemiru primjenjive tehnologije. Izdavanjem najbrojnijih prijavitelja te detektiranjem njihove specijalizacije prema Kooperativnoj patentnoj klasifikaciji te usporedbom podataka dobivenih iz matrice zrelosti pokazalo se da su trendovi razvoja astronautičkih polimernih kompozita posljedica tehnologijske specijalizacije najbrojnijih prijavitelja. Predviđa se daljnji razvoj novih materijala primjenjivih u svemirskom okolišu, posebice za dijelove svemirskih letjelica i satelita čiji je razvoj bio u fokusu posljednjih dvadeset godina.

Ključne riječi

Astronautika, istraživanje svemira, polimerni kompoziti, patentni krajolik, izumi, patentni, intelektualno vlasništvo

1. Uvod

Svemir je surovo okruženje u kojem su ljudi i letjelice izloženi ekstremnim životnim i radnim uvjetima. Istraživanje u takvim uvjetima vrlo je izazovno te zahtijeva kontinuirani razvoj tehnologije.¹ Disciplina koja se bavi rješavanjem problema leta u svemir te konstrukcijom, navigacijom te uporabom svemirskih letjelica zove se astronautika (od grčkoga: *aster*-zvijezda, *nautike*-plovidba) ili kozmonautika (od grčkoga: *kosmos*-svemir, *nautike*-plovidba).² Cilj astronautičkih istraživanja je minimalizirati opasnost za ljudsku posadu, produljiti radni vijek svemirske tehnologije i smanjiti troškove letova u svemir što zahtijeva razvoj novih materijala. U svemiru su materijali izloženi svemirskoj prašini (mikrometeoriti), pojačanoj opasnosti od požara, ekstremnim temperaturama, ionizirajućim i neionizirajućim zračenjima, elektromagnetskim smetnjama (EMI) itd. Iako izgradnja letjelica te popratne opreme iziskuje velika ulaganja, najveći su troškovi pogonskog goriva. Zato je jedan od fokusa istraživanja u astronautičkoj tehnologiji na smanjenju mase svemirskih letjelica.³ Kompozitni materijali već se dugo upotrebljavaju u astronautici zbog svojih izvrsnih toplinskih i mehaničkih svojstava te male mase.² Polimerni kompoziti posebno su zanimljivi za astronautičke primjene zbog jednostavnosti i niske cijene njihova razvoja i proizvodnje.⁴

Nove izume svemirske tehnologije u čiji su razvoj uložena znatna financijska sredstva potrebno je zaštititi od konkurencije odnosno od intelektualne krađe za što su najprikladniji patentni. Riječ je o isključivim pravima koja se mogu prizna-

ti za izume u bilo kojem području tehnike, pod uvjetom da su novi, inventivni i industrijski primjenjivi. Javnost izumitelju osigurava isključiva prava koja proizlaze iz patenta, a on je u zamjenu dužan u potpunosti razotkriti svoj izum na način da ga osoba prosječnog znanja u tom području tehnike može izvesti. Nakon podnošenja prijave mora proteći osamnaest mjeseci da izum objavom postane dostupan javnosti. Europski patentni ured (engl. *European Patent Office*, EPO) izradio je bazu objavljenih patentnih dokumenata iz cijelog svijeta koja se redovito ažurira. EPO-ova besplatna, javnosti dostupna, baza podataka *Espacenet* sadrži više od 150 milijuna patentnih dokumenata. Iako baze patentnih dokumenata ponajprije služe patentnim ispitivačima za ispitivanje prijava tj. procjenu novosti, inventivne razine i industrijske primjenjivosti te čak i izumiteljima pri utvrđivanju (prethodnog) stanja tehnike, moguće su statističke analize pojedinih područja tehnike. Izvještaj o patentnom krajoliku (engl. *patent landscape report*, IPK) daje uvid u patentne trendove, a dobivene informacije mogu se koristiti u analizama tržišta te izradi strateških dokumenata za istraživanje i razvoj. Valja naglasiti da je primarni cilj izrade IPK-a predviđanje razvoja tehnologije, a tek sekundarni detekcija trenutačnog stanja.⁵

U radu će se prikazati patentni krajolik polimernih kompozita astronautičke tehnologije u posljednjih dvadeset godina. Prvo istraživačko pitanje bavit će se složenom godišnjom stopom rasta te vremenskom distribucijom patentnih prijava iz područja polimernih kompozita koji se upotrebljavaju u astronautici. Hipoteza glasi da patentne prijave iz predmetnog područja tehnike prate vremensku raspodjelu te godišnju stopu rasta četiriju tehnologija, čiji je IPK izradio EPO i koje se upotrebljavaju u astronautici

* Ivo Mišur, univ. mag. ing. mech., spec. mech. et. nav. arch.
E-pošta: ivo.misur@gmail.com

(pogonske tehnologije, kvantne tehnologije, senzori i zele-
ne tehnologije te opća astronautika).

Drugo istraživačko pitanje ispitat će geografsku distribuciju
odnosno utvrdit će se utjecaj prijava podnesenih kineskom
nacionalnom uredu na patentnu statistiku predmetne teh-
nologije. Hipoteza glasi da kineske prijave znatno utječu
na patentni krajolik astronautičkih polimernih kompozita
odnosno imaju isti udio međunarodnih patentnih familija
kao četiri referentne tehnologije u EPO-vim izvještajima.

Treće istraživačko pitanje otkrit će koji su glavni akteri
(prijavitelji), njihovu specijalizaciju te utvrditi trendove u
uporabi materijala u tom tehničkom području u zadnjih
dvadeset godina. Hipoteza glasi da će najbrojniji prijavitelji
znatno utjecati na matricu zrelosti te će područja njihove
specijalizacije biti aktualna područja odnosno da će se naći
u kvadrantu rastućeg interesa matrice zrelosti.

2. Izvještaji patentnog krajolika

2.1. Dosadašnji izvještaji o patentnom krajoliku svemirske tehnologije

Europski patentni ured (engl. *European Patent Office*,
EPO), Europski institut za svemirsku politiku (engl. *Europe-
an Space Policy Institute*, ESPI) i Europska svemirska agen-
cija (engl. *European Space Agency*, ESA) imaju zajednički
interes u analiziranju tehnoloških trendova u svemirskom
sektoru te su zajedno objavili četiri izvještaja o patentnom
krajoliku (IPK). Prvi izvještaj o patentnoj statistici prijava
izuma iz područja astronautike u zadnjih trideset godina
objavljen je u srpnju 2021. godine.⁶ Pola godine poslije
objavljen je IPK primjena kvantnih tehnologija u svemir-
skoj tehnologiji.⁷ Treći IPK iz listopada 2022. godine bavi
se patentnim krajolikom novih trendova u industriji sen-
zora te zelenim tehnologijama u svemiru.⁸ U 2023. godini
objavljen je četvrti izvještaj koji donosi statistiku patentnih
prijava pogonskih tehnologija koje se primjenjuju u sve-
miru.⁹

U izradi izvještaja primijenjene su ne samo EPO-ve baze
podataka o patentima, već i publikacije, tehničke eksperti-
ze ESPI-ja te ESA-e kao i druga javno dostupna izvješća te
znanstveni radovi. Potrebno je naglasiti da EPO-ov način
prikazivanja informacija nije u potpunosti konzistentan pri-
likom izrade IPK te se mijenja ovisno o tome što se nastoja-
lo istaknuti u svakom pojedinom području tehnike.

Važnu ulogu u IPK-ovima ima Međunarodna klasifikacija
patenata (engl. *International Patent Classification*, IPC) ko-
jom su patentni dokumenti klasificirani prema tehničkom
sadržaju izuma. Osim IPC-a, pri klasificiranju patentnih
prijava primjenjuje se i Kooperativna klasifikacija patenata
(engl. *Cooperative Patent Classification*, CPC), koja je za-
jednički tj. usklađeni klasifikacijski sustav EPO-a i Ureda za
patente i žigove Sjedinjenih Američkih Država (engl. *Unit-
ed States Patent and Trademark Office*, USPTO) uveden po-
četkom 2013. godine. CPC je detaljniji od IPC-a, od kojeg
sadrži tri puta više zapisa.¹⁰

2.2. Ciljevi i metodologija

Cilj izvještaja o patentnom krajoliku je utvrditi recentno
stanje globalnog patentnog krajolika za polimerne kompo-
zite, koji se upotrebljavaju u astronautici u zadnjih dvade-
set godina. Zadnji dan 2022. godine posljednji je relevan-
tni dan ove studije, jer između prijave patenta i njezine
objave mora proteći osamnaest mjeseci te će sve prijave
iz 2023. godine biti dostupne javnosti tek 1. srpnja 2025.
godine. Stoga je relevantno razdoblje od dvadeset godina
od 1. siječnja 2003. do 31. prosinca 2022. godine. Nakon
određivanja teme i razdoblja, drugi korak u izradi IPK-a je
stvaranje skupa podataka tj. objavljenih patentnih doku-
menata (patentnih prijava, priznatih patenata i uporabnih
modela) koji se odnose na temu koja se istražuje (engl.
data mining ili *harvesting*). U bazama patentnih doku-
menata kombiniranjem ključnih riječi te klasifikacijskih oznaka
te drugih relevantnih faktora dobiva se traženi skup po-
dataka.

U javno dostupnoj bazi globalnih patentnih dokumenata
Espacenet koju je stvorio i održava EPO, dobiven je skup
podataka koji se nalazi unutar podrazreda B64G (astrona-
utika) te ujedno (operator AND) usto zadovoljava jedan
od sljedećih uvjeta: 1) u svojem naslovu ili sažetku sadrži
jednu od sljedećih riječi *polystyrene*, *polyvinyl*, *polythene*,
nylon, *polypropylene*, *polycarbonate*, *teflon*, *acrylonitrile*,
butadiene styrene, *LDPE*, *melamine*, *polyacrylonitrile*, *poly-
acrylonitrile*, *polyethylene*, *terephthalate*, *silicone polymer*/
polymers, *polyamide*, *polyester*, *polytetrafluoroethylene*,
ptfe, *kevlar*, *epoxy*, *PVC*, *HDPE*, *PE* ili *composite/compos-
ites*; 2) klasificirani su kao B32B ili B29C70; 3) klasificirani
su u B29L2031/3097, ali s upotrebom pojma *composite*/
composites u naslovu ili sažetku. Upotrijebljeni kod je bio
sljedeći:

```
ipc =/low "B64G" AND ((ta any "polystyrene Polyvinyl  
Polythene Nylon Polypropylene Polycarbonate Teflon  
Acrylonitrile butadiene styrene LDPE Melamine  
Polyacrylonitrile Polyacrylonitrile Polyethylene  
terephthalate Silicone polymer? Polyamide Polyester  
Polytetrafluoroethylene ptfe kevlar epoxy PVC HDPE PE"  
OR ta = "composite?") OR ipc =/low "B32B" OR ipc =/  
low "B29C70" OR (cpc =/low "B29L2031/3097" AND ta  
any "composite?"))
```

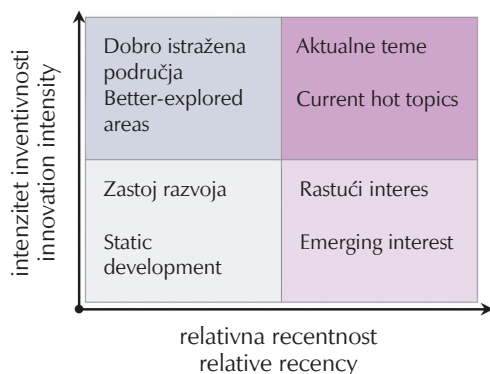
Iskorišten je vremenski filtar kojim su zahvaćeni samo do-
kumenti s datumom prvenstva od 1. siječnja 2003. do 31.
prosinca 2022. Navedenom metodom dobiven je skup od
2.299 prijava te 1.124 patentne familije koje je prijavio
trideset jedan prijavitelj. U obradi podataka koristit će se
relevantniji podatak o patentnim familijama koje su skup
patentnih prijava koje pokrivaju isti ili sličan tehnički sadr-
žaj, najčešće s istim datumom prvenstva tj. datumom prve
prijava. Pokazatelj je očekivanja vlasnika patenta o poten-
cijalu patenta na različitim tržištima, a time i vrijednosti
patenta.

U radu će se u svrhu usporedbe s drugim tehnologijama
izračunati složena godišnja stopa rasta (engl. *Compounded
Average Growth Rate*, CAGR) patentnih prijava tehnologi-
je polimernih kompozita u astronautici. CAGR je pouzdan
pokazatelj porasta patentne aktivnosti. Formula za izračun
je u izrazu (1) u kojem N_{last} označava kumulativni zbroj pa-
tentnih prijava na kraju promatranog razdoblja, dok je N_{first}

broj prijavljenih izuma na kraju prve promatrane godine, a Y je broj promatranih godina.

$$CAGR = \left(\frac{N_{last}}{N_{first}} \right)^{\frac{1}{Y}} - 1 \quad (1)$$

Izradit će se i matrica zrelosti predmetne tehnologije. Ta matrica sastoji se od četiri kvadranta koji pokazuju zrelost tehnologije: rastući interes, aktualne teme, dobro istražena područja i zastoj razvoja (slika 1).



Slika 1 – Matrica zrelosti¹¹

Fig. 1 – Maturity matrix¹¹

Rastući interes označava područje tehnologije za koje se patentne prijave javljaju u zadnje vrijeme, ali je njihova brojnost još relativno niska. U *aktualne teme* spadaju one grane tehnologije koje imaju velik broj patentnih prijava, a od toga je većina u recentnim godinama. Tehnologije u *dobro istraženim područjima* imaju velik broj patentnih prijava, ali je od njihove objave proteklo dosta vremena što znači da je zanimljivija istraživačima i razvojnim inženjerima. *Zastoj razvoja* je područje matrice u kojem se nalaze tehnologije koje nikad nisu bile u fokusu s obzirom na njihov nizak broj te protok vremena.¹¹ Polimerni kompoziti u astronautici podijeljeni su s obzirom na njihovu CPC oznaku te su najčešće klasifikacijske oznake smještene u pripadajući kvadrant. Vrijednosti matrice na vertikalnoj osi označavaju intenzitet inventivnosti tj. broj patentnih prijava, dok je na horizontalnoj osi relativna recentnost. Recentnost R je mjera kvantitativnog razvoja tehnologije koja je prijavljena patentnim uredima. Računa se pomoću težinskog prosjeka brojnosti prijava u izrazu (2). Veća težina je dana recentnijim godinama. U izrazu (2) za prvu godinu promatranog razdoblja $i = 1$, a za svaku sljedeću i se uvećava za 1. Broj izuma u jednoj godini označen je s w_i , dok je n ukupan broj godina u promatranom razdoblju.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (w_i \cdot i)}{n \cdot \sum_{i=1}^n w_i} \quad (2)$$

Za izradu matrice zrelosti koriste se vrijednosti relativne recentnosti (RR) koja se dobiva korigirajući recentnost (R) prema izrazu (3) odnosno kvocijentom recentnosti pred-

metne CPC oznake (R_i) i recentnosti svih prijava u predmetnom području (R_u). Relativna recentnost svih prijava predmetne tehnologije u promatranom razdoblju uvijek iznosi 1,00 što predstavlja ishodišnu točku matrice zrelosti na apscisi. To omogućuje lakšu usporedbu recentnosti pojedinih dijelova tehnologije polimernih kompozita iskazanih CPC oznakama s recentnošću cijele predmetne tehnologije čime se spomenuti dijelovi tehnologije smještaju u kvadrante matrice zrelosti.

$$RR = \frac{R_i}{R_u} \quad (3)$$

Medijan vrijednosti broja patentnih prijava je ishodišna točka matrice zrelosti na ordinati. U matrici zrelosti svaka točka predstavlja jednu CPC oznaku, odnosno dio tehnologije polimernih kompozita u astronautici, smještenu u odgovarajući kvadrant. Sve vrijednosti izraza (1, 2 i 3) su izračunate koristeći formule u Excelu.

3. Patentni krajolik polimernih kompozita u astronautici

3.1. Vremenska distribucija patentnih prijava

Broj patentnih familija polimernih kompozita u astronautici je 2003. godine iznosio 26, dok se iste godine prijavilo 60 izuma. Iduće tri godine dolazi do pada broja familija (25, 22 i 13) nakon čega slijedi nagli skok 2007. godine s 37 patentnih familija. Nakon malog smanjenja broja familija iduće godine (26), slijedio je kontinuirani rast od 2008. (26) do 2013. (45) nakon čega se rast intenzivira dosegnuvši 82 prijave u 2016. godine. Nakon pada u idućoj godini, ponovno se bilježi vrhunac 2018. od 108 prijava, da bi 2019. ponovno došlo do pada, a 2020. do novog rasta te dosezanja rekordnih 115 prijava u jednoj godini. U zadnje dvije referentne godine broj patentnih familija je pao, najprije na 101, a potom na 92 patentne familije. Godine 2015. evidentan je nagli rast broja patentnih prijava (s 110 na 202 tj. 183 %), dok je iste godine rast patentnih familija relativno nizak (s 60 na 67 tj. 112 %). Znatno veći broj patentnih prijava od broja patentnih familija u jednoj godini ukazuje da su prijavitelji prijavili velik broj istih izuma u više ureda. Vremenska distribucija patentnih prijava i patentnih familija nalazi se u tablici 1.

Globalna astronautička patentna aktivnost, analizirana u EPO-vom IPK-u, doživjela je nagli skok u broju podnesenih prijava 2016., a iduće godine brojka je ostala podjednaka. Podataka za recentnije razdoblje nema, jer je izvještaj objavljen 2018. godine.⁶ Kod kvantne tehnologije bilježi se kontinuirani rast objavljenih prijava od 2016. godine (prijavljenih 2014. i 2015.) sve do 2020. godine do koje postoje podatci.⁷ Pogonski sustavi svemirske tehnike bilježe vrhunac u broju prijava 2017. godine nakon čega sljedeće dvije godine slijedi pad te ponovni rast 2020. kad broj prijava skoro doseže brojku iz 2017. Sljedeće 2021. godine objavljeno je manje prijava čiji je broj ponovno porastao 2022. godine.⁹ Patenti senzorske i zelene tehnologije u svemiru također 2016. godine bilježe nagli rast broja objavljenih prijava koje su prijavljene u drugoj polovici

Tablica 1 – Vremenska distribucija patentnih prijava i patentnih familija
Table 1 – Time distribution of patent applications and patent families

	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.
Broj patentnih familija Number of patent families	26	25	22	13	37	26	32	38	40	42
Broj patentnih prijava Number of applications	60	78	66	40	120	62	97	96	79	112
	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.
Broj patentnih familija Number of patent families	45	60	67	82	68	108	89	115	101	86
Broj patentnih prijava Number of applications	84	110	202	167	183	196	142	195	118	92

2014. odnosno u 2015. godini. Rast se nastavio barem do 2020. godine dokle sežu podatci.⁸

3.2. Složena godišnja stopa rasta

U početnoj 2003. godini patentni uredi zaprimili su 26 prijava iz predmetnog područja. Na kraju 2022. godine kumulativni zbroj prijava dvadesetogodišnjeg razdoblja iznosio je 1124. Shodno izrazu (1) CAGR patentnih prijava vezanih uz polimerne kompozite u astronautici za razdoblje 2003. – 2022. iznosi 20,71 %. EPO-vi IPK-ovi o svemirskoj tehnologiji nisu izračunavali CAGR, ali se iz danih podataka može izračunati da je kod pogonskih tehnologija bio 19 %.⁹ Astronautički patentni CAGR u razdoblju 2010. – 2016. iznosio je 13,27 %.⁶ CAGR patentnih prijava senzora i zelenih tehnologija u svemiru ne može se izračunati, jer je EPO u izvještaju dao samo grafički, a ne tablični tj. brojčani prikaz vremenske distribucije patentnih dokumenata.

Može se reći da različite grane tehnologije primjenjive u svemirskoj industriji imaju znatan porast broja patentnih prijava. Međutim komparativna analiza godišnjeg broja prijava ne pokazuje dosljednosti u krivuljama rasta. Stoga se može reći da krivulja rasta tehnologije astronautičkih polimernih kompozita nije pratila krivulju rasta odnosno razvoj drugih tehnologija namijenjenih za primjenu u svemiru.

3.3. Distribucija patentnih prijava s obzirom na zemlju prijave

Prijavitelji mogu pokrenuti postupak za priznanje patenta prijavom u nacionalnim uredima, ali i prijavom u međunarodnim tijelima kao što su EPO, Svjetska organizacija za intelektualno vlasništvo (engl. *World Intellectual Property Organization*, WIPO), ali i Afrička regionalna organizacija za intelektualno vlasništvo (engl. *African Regional Intellectual Property Organization*, ARIPO) te Euroazijska patentna organizacija (engl. *Eurasian Patent Organization*, EAPO), itd. EPO je u svojim recentnim IPK-ovima primjenjivao kon-

cept međunarodnih patentnih familija (engl. *International Patent Families*, IPF) kojim se isključuje sve pojedinačne nacionalne patentne familije koje su podnesene samo u zemlji prijavitelja, da bi prikazali patentni krajolik pojedinih tehnologija umanjujući utjecaj naglog kineskog rasta u broju patentnih prijava u brojnim područjima tehnike, koji se očitovao samo u domaćim prijavama. Teritorijalna distribucija patentnih familija i IPF-ova nalazi se u tablici 2.

Evidentno je da je tek 1,39 % odnosno sedam prijava kineskih prijavitelja ujedno podneseno nekom nekineskom uredu. Udio IPF-a u ukupnom broju prijava podnesenih američkom patentnom uredu je visok i čini skoro dvije trećine svih prijava (65,98 %). Od 83 japanske prijave internacionalizirane su tek 23 (27,71 %). Udio ruskih prijava za koje su prijavitelji iskazali interes za zaštitu izvan granica matične zemlje je tek 2,48 %. Prijavitelji iz Francuske pak imaju najveći udio IPF-a u ukupnom broju prijava u ovom području (80,30 %). Iako su njemački državljani prijavili upola manje izuma od Francuza (33) udio onih koje su se htjele štiti u inozemstvu je također vrlo velik (60,61 %). Najveći udio vlastitih prijava u međunarodnim patentnim familijama imaju Britanci s 81,25 %, ali s obzirom na relativno nizak broj ukupnog broja prijava u tom području, tek 16, nemaju veliku ulogu. Među prvih deset prijavitelja s obzirom na broj patentnih familija nalaze se Koreja, Ukrajina, Tajvan i Kanada.

Usporedi li se udio IPF-ova u ukupnom broju prijava s istim podatkom u IPK-u pogonskih sustava za svemirske letjelice vidljivo je da je postotak podjednak odnosno iznosi 26 %.⁹ Postotak IPF-ova prvih deset zemalja po broju ukupnih prijava u tehnologiji polimernih kompozita u svemirskoj industriji je 25,94 %. Udio je veći nego kod senzorskih i zelenih tehnologija (11,54 %) te manji nego kod kvantne tehnologije, gdje je udio IPF-ova prvih deset zemalja 46,17 %.^{7,8} Visok postotak je posljedica velikog broja prijava američkih prijavitelja u toj tehnologiji koji su nadmašili kineske po broju ukupnih prijava. Što se tiče IPK-a opće astronautike do 2018. godine, nisu dani detaljni podatci, ali je naznačeno da je broj patentnih familija prijavljenih samo u Kini u stalnom porastu od 2011. godine. Takve prijave su tijekom 2018. godine činile više od 50 % svih kineskih familija.⁶

Tablica 2 – Teritorijalna distribucija patentnih familija i IPF-ova

Table 2 – Territorial distribution of patent families and IPFs

Zemlja prve prijave First application country	Broj patentnih familija Number of patent families	Udio u ukupnom broju patentnih familija Share in the total number of patent families	Broj IPF-ova Number of IPFs	Udio IPF-ova u broju patentnih familija svake zemlje Share of IPFs in the number of patent families of certain country
Kina China	505	44,92 %	7	1,39 %
SAD USA	244	21,75 %	161	65,98 %
Japan Japan	83	7,40 %	23	27,71 %
Rusija Russia	121	10,78 %	3	2,48 %
Francuska France	66	5,88 %	53	80,30 %
Njemačka Germany	33	2,94 %	20	60,61 %
Koreja Korea	20	1,78 %	3	15,00 %
Britanija Britain	16	1,43 %	13	81,25 %
Ukrajina Ukraine	6	0,53 %	0	0,00 %
Tajvan Taiwan	2	0,18 %	1	50,00 %
Kanada Canada	2	0,18 %	1	50,00 %

Tablica 3 – Udio IPF-ova u ukupnom broju patentnih familija po zemljama i tehnologijama^{7,8}Table 3 – Share of IPF-s in total number of applications by country and technology^{7,8}

Zemlja prve prijave First application country	Udio IPF-ova Share of IPFs		
	Polimerni kompoziti u astronautici Polymer composites in cosmonautics	Kvantna tehnologija u astronautici Quantum technology in cosmonautics	Senzorska i zelena tehnologija u astronautici Space-borne sensing and green applications in cosmonautics
Kina China	1,39 %	7 %	2 %
SAD USA	65,98 %	59 %	41 %
Japan Japan	27,71 %	83 %	27 %

Tablica 3 prikazuje podatke o udjelima IPF-ova u ukupnom broju patentnih familija za prijave za polimerne kompozite, kvantne tehnologije te senzorske i zelene tehnologije u svemiru za Kinu, SAD i Japan. Udio američkih međunarodnih patentnih familija je znatno veći kod polimernih kompozita u usporedbi s kvantnom (59 %) te senzorskom i zelenom tehnologijom u svemiru (41 %).^{7,8} Brojevi me-

đunarodnih prijava izumitelja iz Kine su niski kod sve tri tehnologije s naznakom da je najviši postotak kod kvantne tehnologije (7 %), a kod senzora i zelene tehnologije tek 2 % ukupnog broja prijava. Kod Japana je također veći udio IPF-ova kod kvantne (83 %), a podjednak kod senzorske i zelene tehnologije (27 %) u usporedbi s predmetnim dijelom tehnike polimernih kompozita.^{7,8}

3.4. Matrica zrelosti

Brojnost prijava najčešćih CPC oznaka prijava astronautičkih polimernih kompozita za razdoblje od 2003. do 2022. godine nalazi se u tablici 4. Recentnost tehnologije polimernih kompozita u astronautici (R_i) prema izrazu (2) iznosi 0,67 uz intenzitet inventivnosti (w_i) 1124. Relativna recentnost predmetne tehnologije dobije se prema izrazu (3) te iznosi 1,00. Sukladno izrazu (3) izračunate su vrijednosti relativnih recentnosti najčešćih CPC oznake patentnih prijava polimernih kompozita u svemirskoj tehnologiji za razdoblje od 2003. do 2022. godine te se nalaze u tablici 4.

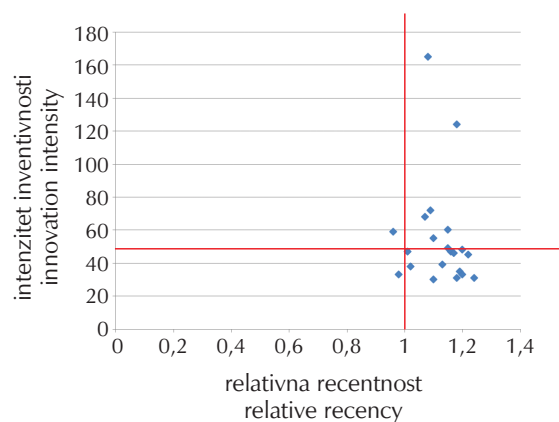
Tablica 4 – Najčešće CPC oznake patentnih prijava polimernih kompozita u svemirskoj tehnologiji za razdoblje od 2003. do 2022. godine

Table 4 – Most common CPC codes of patent applications for polymer composites in space technology for the period from 2003 to 2022

CPC oznaka CPC code	Recentnost $/R_i$ Recency/ R_i	Relativna recentnost $/RR$ Relative recency/ RR	Intenzitet inventivnosti $/w_i$ Innovation intensity/ w_i
B64G1/58	0,73	1,08	165
B64G1/22	0,79	1,18	124
B64G1/10	0,72	1,07	68
B64G1/222	0,77	1,15	60
Y02T50/40	0,64	0,96	59
B64G1/66	0,74	1,10	55
B32B2262/106	0,77	1,15	49
B32B5/26	0,80	1,20	48
B32B2307/304	0,78	1,16	47
B64G1/402	0,67	1,01	47
B32B5/02	0,82	1,22	45
B32B7/12	0,76	1,13	39
B32B3/12	0,68	1,02	38
B32B15/20	0,80	1,19	35
B32B2262/101	0,80	1,20	33
B64G1/50	0,65	0,98	33
B32B3/08	0,83	1,24	31
B64G1/443	0,79	1,18	31
B32B2260/046	0,74	1,10	30
B32B3/266	0,79	1,17	46
B64G1/4021	0,72	1,07	25
B64G1/44	0,75	1,12	24
Ukupno svi	0,67	1,00	1.124

Svaka točka na slici 2 predstavlja jednu CPC oznaku smještenu u odgovarajući kvadrant matrice zrelosti s obzirom na intenzitet inventivnosti w_i i relativnu recentnost RR . Aktualne teme u tom području tehnike su toplinska zaštita (B64G1/58), glavni sastavni dijelovi ili oprema letjelice (B64G1/22), sateliti (B64G1/10), razni dijelovi opreme za astronautička vozila (B64G1/66) te dijelovi spremnika za pogonske sustave (B64G1/402). Od materijala koji su razvijani aktualna su ugljična vlakna (B32B2262/106) te kompoziti s dva ili više slojeva koji sadrže vlakna (B32B5/26), kao i slojevi s dobrim izolacijskim svojstvima (B32B2307/304).¹²

Što se tiče materijala u kvadrantu tehnologija za koje raste interes su kompozitni proizvodi s vlaknima ili filamentima (B32B5/02), međusobno povezivanje slojeva upotrebom umetnutih ljepila (B32B7/12), kompoziti izrađeni od slojeva sa vanjskom ili unutarnjom isprekidanošću ili hrapavošću (neravnine) ili s jednim neravnim slojem karakteristični po jednom isprekidanom sloju, (B32B3/12), slojevi koji sadrže aluminij ili bakar (B32B15/20), staklena vlakna (B32B2262/101), slojevi karakteristični po obliku na određenim mjestima (B32B3/08), fotonaponske ćelije (B64G1/443), umjetna smola (B32B2260/046) i kompoziti karakterizirani slojem s otvorima, gdje otvori prolaze kroz cijelu debljinu sloja, npr. ekspanzirani metal (B32B3/266). Dobro istraženo područje predmetne tehnologije su oni izumi koji su pridonosili smanjenju mase letjelica (Y02T50/40), dok se u kvadrantu zastoj razvoja nalaze izumi uređaja za upravljanje parametrima okolne sredine ili sustavi za održavanje života u svemiru za reguliranje temperature (B64G1/50).¹² Matrica zrelosti najčešćih CPC oznaka patentnih prijava polimernih kompozita u astronautici nalazi se na slici 2. Medijan vrijednosti (M_{dn}) broja patentnih prijava je 47, što je uz relativnu recentnost od 1,00 određeno kao nulta točka kvadrantnih osi.



Slika 2 – Matrica zrelosti 20 najčešćih CPC oznaka polimernih kompozita u astronautici

Fig. 2 – Maturity matrix of the 20 most common CPC classes of polymer composites in astronautics

Tablica 5 – Prijavitelji s najviše prijava obzirom na područje specijalizacije prema CPC-u

Table 5 – Applicants with the highest number of applications by area of specialisation according to the CPC

Prijavitelj Applicant	Najčešće CPC oznake Most common CPC classes				
	Boeing Co.	Shanghai Satellite Eng. Institute	Harbin Institute of Technology	Beijing Inst. Spacecraft System Engineering	Mitsubishi Electric Corporation
B64G1/58	23	8			
B64G1/22		6	12	6	
B64G1/222			8	3	
B32B2605/18	16				
B64G1/402	14				
B32B5/26	13				
B64G1/4021	12				
Y02T50/40	12				
B32B2262/106	11				
B32B2307/304	9				
B64G1/44			4		
B32B3/12					4
B64G1/443					4
H02S30/20					4
Ukupan broj prijava Total number of applications	77	48	40	23	21

3.5. Specijalizacija po prijaviteljima

Prijavitelj je fizička ili pravna osoba koja prijavi izum i raspolaze pravima koja iz njega proizlaze. Prijavitelj s najviše prijava u tehnologiji polimernih kompozita u astronautici je *Boeing Company*, vodeći svjetski proizvođač zrakoplova i aeronautičke opreme, sa sjedištem u Chicagu, sa sedamdeset sedam prijavljenih izuma. Na drugom mjestu je kineski *Harbin Institute of Technology* s 48, dok je treći *Shanghai Satellite Engineering Institute* s 40 patentnih prijava. Među jedanaest najvećih prijavitelja još se nalaze *Beijing Institute Spacecraft System Engineering* (23), *Mitsubishi Electric Corporation* (21), *Thales* (17), *Northrop Grumman Systems Corporation* (17), Kineska akademija tehnologije lansiranja vozila (engl. *China Academy of Launch Vehicle Technology*) (16), NASA (13), Sveučilište Beihang (13) te *Shangai Aerospace System Engineering Institute*.

Ako se analiziraju CPC oznake prema najistaknutijim prijaviteljima evidentno je da se Boeingova istraživanja zadnjih dvadeset godina primarno bave toplinskom zaštitom (B64G1/58) kao i spremnicima goriva odnosno sustavima njihova punjenja (B64G1/402). U tom kvadrantu su i izumi klasificirani dublje kao B64G1/4021 u kojima su dani detalji konstrukcije spremnika. Materijali kojima se Boeing bavio su B32B5/26 kompoziti karakteristični po postojanju dva ili više slojeva, a koji su pjenasti ili u suštini porozni i kod kojih su oba sloja izrađena od vlakana. Također su zastupljena i ugljična vlakna B32B2262/106.

Shanghai Satellite Engineering Institute se u astronautičkim polimernim kompozitima specijalizirao u razvoju materijala namijenjenih postizanju toplinske zaštite (B64G1/58) i dijelova letjelice (B64G1/22). *Harbin Institute of Technology* je također fokusirao svoja istraživanja na dijelove za letjelice (B64G1/22), a posebno za rasklopne dijelove (B64G1/222) te dijelove za opskrbu energijom korištenjem radijacije (B64G1/44). Istraživači u *Beijing Institute Spacecraft System Engineering* također su se bavili samim dijelovima letjelice, a ponajviše dijelovima za rasklapanje (B64G1/22 i B64G1/222). *Mitsubishi Electric* razvijao je kompozite karakteristične po sloju ravnomjerno raspoređenih ćelija (B32B3/12), dijelove za opskrbu energijom uporabom fotonaponskih ćelija (B64G1/443) te samim fotonaponskim ćelijama (H02S30/20). Može se reći da istraživanja prijavitelja *Boeing*, *Harbin Institute of Technology*, *Shanghai Satellite Engineering Institute*, *Beijing Institute Spacecraft System Engineering* odražavaju opći aktualni interes u tehnologiji polimernih kompozita u astronautici, odnosno da su četiri najbrojnija prijavitelja predvodnici tehnoloških trendova. Izumi prijavitelja *Mitsubishi Electric Corporation* u području su rastućeg interesa te predstavljaju velik potencijal koji bi se mogao aktualizirati u budućnosti. Prikaz specijalizacija prijavitelja s obzirom na područje specijalizacije prema CPC-u nalazi se u tablici 5.

4. Zaključak

Izveštaji o patentnom krajoliku omogućuju pregled patentne djelatnosti i trendova u jednom području tehnologije. Koriste ih ponajprije tvrtke da bi dobile odgovore na konkretna pitanja i predstavili složene informacije na jasan i pristupačan način radi planiranja poslovne strategije. Izveštaj o patentnom krajoliku polimernih kompozita u astronautici ukazao je na trendove novih materijala za primjenu tijekom letova u svemiru, ali i na razvoj dijelova svemirske letjelice koje su trenutačno u fokusu astronautike. Najaktualnije teme polimernih kompozita s primjenom u svemirskoj opremi su: toplinska zaštita (B64G1/58), glavni sastavni dijelovi ili oprema letjelice (B64G1/22), sateliti (B64G1/10), razni dijelovi opreme za astronautička vozila (B64G1/66) te dijelovi spremnika za pogonske sustave (B64G1/402), ugljična vlakna (B32B2262/106), kompoziti s dva ili više slojeva kod kojih svi slojevi koji sadrže vlakna (B32B5/26) i slojevi s dobrim izolacijskim svojstvima (B32B2307/304).

Bilježi se porast interesa za kompozitne proizvode s vlaknima ili filamentima (B32B5/02), međusobno povezivanje slojeva upotrebom umetnutih ljepila ili umetnutih ljepljivih materijala (B32B7/12), kompozite izrađeni od slojeva s vanjskom ili unutarnjom isprekidanošću ili hrpavošću (neravnine) ili s jednim neravnim slojem karakterističnim po jednom isprekidanom sloju, (B32B3/12), slojeve koji sadrži aluminij ili bakar (B32B15/20), staklena vlakna (B32B2262/101), slojeve karakteristične po obliku na određenim mjestima (B32B3/08), fotonaponske ćelije (B64G1/443), umjetnu smolu (B32B2260/046) i kompozite karakterizirane slojem s otvorima, gdje otvori prolaze kroz cijelu debljinu sloja (B32B3/266).

Analiza patentnog krajolika pokazala je da je složena godišnja stopa rasta (CAGR) patentnih prijava astronautičkih polimernih kompozita podjednaka stopi rasta kod svemirskih pogonskih tehnologija, odnosno nešto viši od stope rasta svih astronautičkih prijava. Također, patentne prijave iz predmetnog područja ne prate vremensku distribuciju astronautičkih izuma pojedinih grana tehnologija u tom području.

Podatci pokazuju da prijave podnesene kineskom patentnom uredu znatno utječu na patentni krajolik astronautičkih polimernih kompozita (čine 44,92 % svih prijava). Potrebno je istaknuti da je od ukupnog broja kineskih patentnih prijava tek neznatan udio ujedno prijavljen i inozemnim uredima odnosno udio kineskih međunarodnih patentnih familija (IPF) je vrlo nizak. Udio međunarodnih patentnih familija u ukupnom broju patentnih familija astronautičkih polimernih kompozita podjednak je udjelu međunarodnih familija pogonskih sustava za svemirske letjelice, odnosno udio je veći nego kod senzorskih i zelenih tehnologija te manji nego kod kvantnih tehnologija s primjenom u svemiru.

Glavni akteri (prijavitelji) predmetne tehnologije su *Boeing, Shanghai Satellite Engineering Institute, Harbin Institute of Technology, Beijing Institute of Spacecraft System Engineer-*

ing i Mitsubishi Electric. Najbrojnijih pet prijavitelja ujedno su predvodnici trendova u području polimernih kompozita u astronautici.

Očekuje se da će se buduća istraživanja fokusirati na iste dijelove svemirskih letjelica koja su intenzivno razvijana zadnjih dvadeset godina te da će daljnji razvoj polimernih kompozita u svemirskoj tehnologiji doprinijeti brojnijim i dugotrajnijim letovima u svemir.

Popis kratica

List of abbreviations

CAGR	– složena godišnja stopa rasta – Compounded Average Growth Rate
CPC	– Kooperativna klasifikacija patenata – Cooperative Patent Classification
IPC	– Međunarodna klasifikacija patenata – International Cooperative Classification
IPF	– Međunarodna patentna familija – International Patent Family
IPK	– izvještaj o patentnom krajoliku – patent landscape report
Mdn	– medijan – median
n	– ukupan broj godina u promatranom razdoblju – total number of years in the observed period
N_{last}	– kumulativni zbroj patentnih prijava na kraju promatranog razdoblja – cumulative total of patent applications at the end of the observed period
N_{first}	– broj patentnih prijava na kraju prve promatrane godine – number of patent applications at the end of the first observed year
R	– recentnost – recency
R_i	– recentnost pojedinačne CPC oznake u promatranom razdoblju – recency of individual CPC designation in the observed period
R_u	– recentnost svih patentnih prijava predmetne tehnologije u promatranom razdoblju – recency of all patent applications of the subject technology in the observed period
RR	– relativna recentnost – relative recency
w_i	– broj patentnih prijava pojedinačne CPC oznake u promatranom razdoblju – number of patent applications of individual CPC designation in the observed period
w_u	– broj svih patentnih prijava predmetne tehnologije u promatranom razdoblju – number of all patent applications of the subject technology in the observed period
Y	– broj godina u promatranom razdoblju – number of years in observed period

Literatura References

1. M. May, G. P. Rupakula, P. Matura, Non-polymer-matrix composite materials for space applications, *Composites Part C Open Access* **3** (2020) 100057, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2020.100057>.
2. URL: <https://proleksis.lzmk.hr/9725/> (25.1.2025.)
3. J. C. Inc, M. Peerzada, L. D. Mathews, A. R. Pai, A. Al-qatatsheh, S. Abbasi, Y. Yin, N. Hameed, Overview of emerging hybrid and composite materials for space applications, *Adv. Compos. Hybrid Mater.* **6** (2023) 130, doi: <https://doi.org/10.1007/s42114-023-00678-5>.
4. E. A. Ryan, D. Zach Seibers, R. Joh Reynolds, L. Meisha Shofner, Electrically conducting polymers and composites for applications in space exploration, *J. Appl. Polym. Sci.* **141** (2024) e55225, doi: <https://doi.org/10.1002/app.55225>.
5. A. Trippe, Guidelines for Preparing Patent Landscape Reports, World Intellectual Property Organization, Ženeva, 2015.
6. N. Clarke, S. Kaufmann, C. Sodtke, C. Weber (ur.), *Cosmonautics-The development of space-related technologies in terms of patent activity*, European Patent Office, Munich, 2021.
7. J. Schaaf, T. Hrozensky, S. Moranta, S. Speidel (ur.) *Quantum technologies and space – Patent insight report*, European Patent Office, Munich, 2021.
8. J. Schaaf, T. Hrozensky, S. Speidel, C. Poirier (ur.) *Space-borne sensing and green applications-Patent insight report*, European Patent Office, Munich, 2022.
9. J. Schaaf, G. Boedt, L. Petzold, T. Hrozensky, S. Speidel (ur.) *Propulsion systems for space-Patent insight report*, European Patent Office, Munich, 2024.
10. N. Kopčić (ur.), *Međunarodna klasifikacija patenata* Vol. 10, Državni zavod za intelektualno vlasništvo, Zagreb, 1999.
11. *Patent Landscape Report – Graphite and its applications*, World Intellectual Property Organization, Ženeva, 2023.
12. URL: <https://www.cooperativepatentclassification.org/home> (25. 1. 2025.)

SUMMARY

Patent Landscape of Polymer Composites in Astronautics

Ivo Mišur

Space exploration is one of the most challenging activities of mankind. Spacecraft and other human equipment outside Earth's orbit are located in specific environmental and operating conditions. The materials used play an important role in their construction and safety. Polymer composites, due to their properties, are particularly suitable for cosmonautical applications. This paper presents the patent landscape, *i.e.*, the statistics of patent documents for polymer composites in astronautics in the relevant period from 2003 to 2022. A comparative analysis of the time distribution with other technologies applicable to work in space shows that the technology of cosmonautical polymer composites has an independent development. The compound annual growth rate of polymer composites in astronautics is higher than the growth of all patent applications in cosmonautics. The territorial distribution of patent documents shows that the Chinese Patent Office received the most applications, but the share of international patent families (IPF) is very low, which is also characteristic of other technologies applicable in space. By identifying the most numerous applicants and detecting their specialisation according to the CPC classification, and comparing data obtained from the maturity matrix, it was shown that the development trends of cosmonautical polymer composites are a consequence of the technological specialisation of the most numerous applicants. Further development of new materials applicable in the space environment is anticipated, especially for parts of spacecraft and satellites, the development of which has been a key focus over the last twenty years.

Keywords

Cosmonautics, space exploration, polymer composites, patent landscape, inventions, patents, intellectual property

State Intellectual Property Office of Croatia,
Ul. grada Vukovara 78, 10 000 Zagreb,
Croatia

Review
Received January 28, 2025
Accepted March 6, 2025