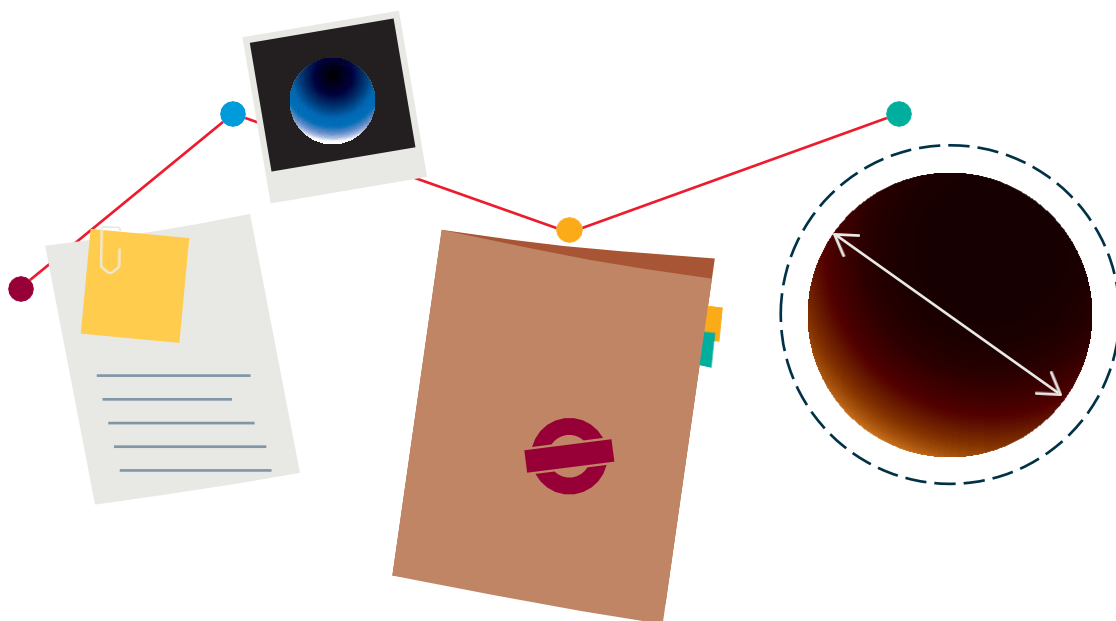


# učenje z vesoljem

## → KRAMP ZA EKSOPLANETO

Kako postati vesoljski detektiv





## PRIROČNIK ZA UČITELJE

<i>Hitra dejstva</i> .....	03
<i>Uvod</i> .....	04
<i>Dejavnost</i> .....	05
<i>Izziv 1: Analiza podatkov KELT-3b</i> .....	07
<i>Izziv 2: Analiza podatkov TOI-560c</i> .....	13
<i>Povezave</i> .....	14
<i>Priloge</i> .....	15

**učenje z vesoljem - kramp na eksoplanetu | P39**

[www.esa.int/education](http://www.esa.int/education)

**Urad ESA za izobraževanje pozdravlja povratne informacije in pripombe**

[teachers@esa.int](mailto:teachers@esa.int)

**Produkcija ESA Education v sodelovanju z ESA Science**

Avtorske pravice 2023 © Evropska vesoljska agencija

## → KRAMP ZA EKSOPLANETO

### Postanite vesoljski detektiv

#### Hitra dejstva

Zadeva: "Vključevanje v sistem": Fizika, matematika, astronomija

Starostno območje: 14 - 19 let

Vrsta: študentska dejavnost in/ali hackathon

Zahtevnost: srednja

Čas za pripravo učitelja: 1 ura

Potreben čas pouka: 90 minut na izziv (skupaj 3 ure)

Cena: nizka (0-10 evrov)

Lokacija: učilnica

Uporablja: računalnik (če to ni mogoče, se predlaga druga možnost)

Ključne besede: Fizika, matematika, astronomija Eksoplanet, tranzit

#### Kratek opis

Pri tej dejavnosti bodo učenci z analizo podatkov, pridobljenih z ESA-jevim satelitom Cheops, določili značilnosti dveh eksoplanetov. Učenci bodo delali kot pravi znanstveniki in podatke prilagodili modelu, da bi pridobili najboljše parametre.

Dejavnost se lahko izvaja v vodeni obliki ali v obliki projektnega učenja, na primer v okviru hackathona. V priročniku za učitelje sta predstavljeni obe možnosti.

Dejavnosti so dopolnjene z video razlagami, ki so jih pripravili strokovnjaki za eksoplanete.

#### Učni cilji

- Znanstveno delo z resničnimi satelitskimi podatki.
- Uporabite matematične tehnike analize podatkov s prilagajanjem modela dejanskim podatkom.
- Spoznajte Keplerjev tretji zakon in orbitalno mehaniko.
- Razumite, kaj je tranzit eksoplaneta.
- Izboljšajte veščine timskega dela pod časovnimi omejitvami.

#### Potrebujete tudi

Podporno video gradivo. Glejte poglavje Povezave.

- Uvod v hekanje eksoplaneta - postanite detektiv za eksoplanete
- *Allsfitter* mini tutorial - vodnik po korakih, kako prilagoditi najboljši model podatkom
- Kako določiti velikost eksoplaneta
- Obhodna doba in razdalja eksoplaneta z uporabo Keplerjevega tretjega zakona
- Ali so eksoplaneti lahko naseljivi?
- Iz česa so sestavljeni eksoplaneti?

## → Uvod

Ta izobraževalna dejavnost je bila razvita v okviru prvega hackathona ESA Education za srednješolce: "Hack an Exoplanet". Ti izzivi dijakom omogočajo, da uporabijo resnične satelitske podatke za raziskovanje tujih svetov in za en dan postanejo eksoplanetni detektivi.

Januarja 2023 je satelit Cheops (CHaracterising ExOPlanet Satellite) agencije ESA opazoval dva eksoplaneta, KELT-3b in TOI-560c, posebej za to dejavnost. Z analizo podatkov s satelita Cheops se lahko učenci pridružijo znanstvenikom ESA pri iskanju odgovorov in jim pomagajo razumeti ta dva skrivnostna tuja svetova.



Slika 1

↑ Umetnikov vtis Cheopsa.

Izzivi so praktične dejavnosti, pri katerih morajo učenci analizirati podatke, pridobljene z ESA-jevega satelita Cheops. Učenci bodo morali opisati glavne lastnosti eksoplanetov z uporabo podpornega gradiva in izobraževalne različice orodja za prilagajanje, *allesfitter*, ki je bilo pripravljeno posebej za te podatkovne nize. Dejavnosti spremljajo pisne in video razlage ter primeri, ki so jih pripravili strokovnjaki za eksoplanete.

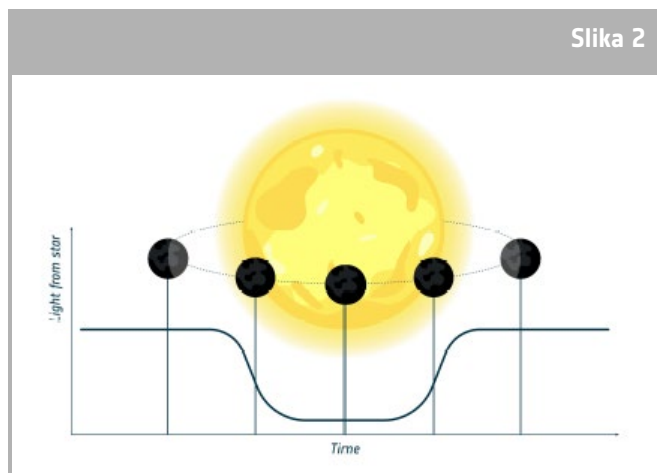
Dejavnosti se lahko predstavijo v obliki vodenega učenja ali v obliki projektnega učenja, na primer v okviru hackathona. V priročniku za učitelje sta predstavljeni obe možnosti.

## Kaj je eksoplaneta?

Eksoplaneti ali ekstrasolarni planeti so planeti zunaj našega osončja, ki krožijo okoli zvezd, ki niso naše Sonce.

## Kako preučujemo eksoplanete?

Trenutno je potrjenih več kot 5000 eksoplanetov v približno 4000 zvezdnih sistemih, vendar je eksoplanete težko odkriti. Signal, ki ga dobimo od eksoplaneta, je zelo majhen v primerjavi z veliko večjim signalom, ki prihaja od njihovih večjih in svetlejših gostiteljskih zvezd, običajno je manjši od 1 %.



Slika 2

↑ Prikaz metode tranzitne fotometrije.

Za odkrivanje in opisovanje eksoplanetov obstajajo različne metode, pri tej dejavnosti bomo uporabili **metodo tranzitne fotometrije**. To je najpogostejša metoda za iskanje eksoplanetov.

**Fotometrija** - beseda fotometrija izhaja iz grških besed photo "svetloba" in metry "meriti". To je tehnika, ki se uporablja v astronomiji za kvantitativno merjenje svetlobe zvezd.

**Tranzit** - eksoplanet odkrijemo tako, da izmerimo zatemnitev svetlobe, ki prihaja od zvezde.

## → Dejavnost

Dejavnost *Hack an Exoplanet* je sestavljena iz dveh izzivov. Prvi izziv je analiza tranzitne svetlobne krivulje orjaškega eksoplaneta KELT-3b. Z upoštevanjem navodil v podpornem gradivu in/ali po informacijah v videoposnetkih z navodili bodo učenci lahko izpeljali lastnosti KELT-3b.

Drugi izziv je analiza tranzitne svetlobne krivulje mini-neptunskega eksoplaneta TOI-560c. Po končanem postopku za KELT-3b morajo biti učenci sposobni samostojno opraviti analizo podatkov TOI-560c po podobnem postopku.

## Oprema

- Računalnik z dostopom do interneta za dostop do programskega orodja brskalnika *allesfitter*. Če ta korak ni mogoč, lahko ekipe uporabijo parametre, ki se najbolje prilegajo, iz **Priloge 1** - Krivulja tranzitne svetlobe eksoplaneta KELT-3b in **Priloge 2** - Krivulja tranzitne svetlobe eksoplaneta TOI-560c.
- Delovni list za učence, natisnjen za vsako skupino, vsebuje:
  - Zemljevid raziskav eksoplanet
  - Datoteke primerov KELT-3b in TOI-560c
  - Informacije o planetih Osončja
  - Vodnik korak za korakom *allesfitter*
- Kalkulator (neobvezno)
- Ta dejavnost ima tudi šest podpornih videoposnetkov za vodenje skupin (glejte poglavje Povezave):
  - Uvod v hekanje eksoplaneta - postanite detektiv za eksoplanete
  - *Allesfitter* mini tutorial - vodnik po korakih, kako prilagoditi najboljši model podatkom
  - Kako določiti velikost eksoplaneta
  - Obhodna doba in razdalja eksoplaneta z uporabo Keplerjevega tretjega zakona
  - Ali so eksoplaneti lahko naseljivi?
  - Iz česa so sestavljeni eksoplaneti?

Informacije iz videoposnetkov so predstavljene tudi v tem priročniku za učitelje.

## Vaja:

Podatkovna niza za obe tarči je 22. in 23. januarja 2023 posebej za to izobraževalno dejavnost pridobil ESA-jev satelit Cheops. Podatke so obdelali strokovnjaki ESA in so pripravljene za uporabo s strani učencev.

To dejavnost lahko predstavite v obliki vodenega učenja ali v obliki projektnega učenja, na primer v okviru hackathona. V priročniku za učitelje sta predstavljeni obe možnosti.

Priporočamo, da to dejavnost opravite v skupinah po 3 do 4 učence. Tako bodo učenci lahko razpravljali o najboljšem pristopu k reševanju vsakega izziva in se pogovorili o rezultatih.

**Opomba:** če je analiza podatkov prezapletena, lahko skupine dopolnijo dokumentacijo primera tudi tako, da informacije poiščejo na spletu.

## Vodena oblika

- Učencem najprej predstavite temo eksoplanetov. Predlagamo uporabo tega uvodnega videoposnetka: *Uvod v hekanje eksoplaneta*.
- Razdelite razred v skupine po 3 do 4 učence.
- Učencem predstavite izziv. Vsaka ekipa bo morala opisati glavne lastnosti eksoplaneta KELT-3b tako, da izpolni datoteko primera, ki je na voljo v delovnih listih za učence. Ekipe bodo morale določiti velikost, orbitalno obdobje, orbitalno razdaljo, temperaturo in sestavo planeta KELT-3b ter njegove lastnosti primerjati s planeti v našem osončju. Na zemljevidu za raziskovanje eksoplanetov je na voljo več informacij za vsako omenjeno lastnost.
- Ekipam razdelite podporno dokumentacijo in jim dajte nekaj minut časa, da jo analizirajo.
- Določite čas, v katerem morajo ekipe določiti vsako lastnost eksoplaneta. **Preden** ekipe začnejo z določanjem posamezne lastnosti, jim predstavite ustrezen podporni videoposnetek. Podporni videoposnetki vključujejo informacije o tem, kako določiti vsako lastnost, in rešitev za KELT-3b.
- Prepričajte se, da ekipe razumejo, kako določiti vsak parameter, preden preidejo na naslednjega.
- Po določitvi vseh parametrov morajo ekipe svoje ugotovitve predstaviti in o njih razpravljati z razredom.
- V naslednjem koraku lahko predlagate, da dokončate izziv 2 in določite značilnosti eksoplaneta TOI-560c.

## Projektna oblika - hackathon

- Razdelite razred v skupine po 3 do 4 učence.
- Učencem najprej predstavite koncept hackathona s pomočjo tega uvodnega videoposnetka: *Uvod v hekanje eksoplanete*
- Ekipe lahko izzive rešujejo samostojno (na primer kot domačo nalogo ali projekt v razredu) ali pa jih rešujejo v skupnem razredu ali na šolskem dogodku.
- Po potrebi učencem pojasnite koncept izziva. Vsaka ekipa bo morala opisati glavne lastnosti eksoplaneta KELT-3b tako, da izpolni datoteko primera, ki je na voljo v delovnih listih za učence. Ekipe bodo morale določiti velikost, orbitalno obdobje, orbitalno razdaljo, temperaturo in sestavo planeta KELT-3b ter njegove lastnosti primerjati s planeti v našem Osončju. Na zemljevidu za raziskovanje eksoplanetov je na voljo več informacij za vsako omenjeno lastnost.
- Ekipam razdelite podporno dokumentacijo in jim določite časovni okvir za dokončanje celotnega izziva; za analizo KELT-3b predlagamo približno 90 minut.
- Da bi zagotovili enakomeren napredek ekip, lahko določite časovni okvir za določitev vsake lastnosti ali pa pokažete ustrezen podporni videoposnetek in v določenih trenutkih podate nasvete. Podporni videoposnetki vključujejo informacije o tem, kako določiti vsako lastnost, in rešitev za KELT-3b.
- Po določitvi vseh parametrov morajo skupine predstaviti svoje ugotovitve in o njih razpravljati s celotno skupino.
- V naslednjem koraku lahko predlagate, da dokončate izziv 2 in določite značilnosti eksoplaneta TOI-560c.

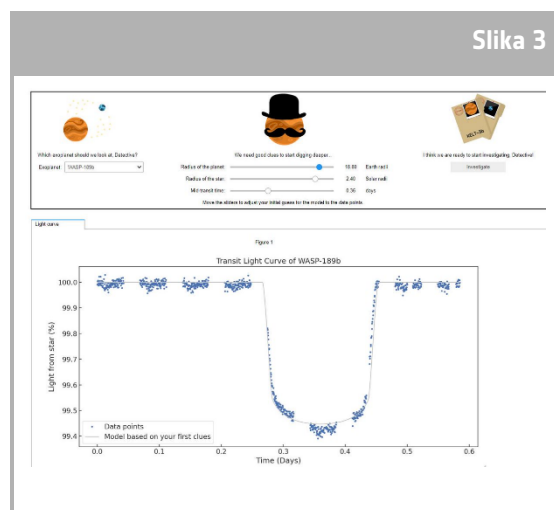
## → Izziv 1 - Analiza podatkov KELT-3b

### Dostop do satelitskih podatkov in njihovo prilagajanje

Do podatkov lahko dostopate na tej povezavi: [hackanexoplanet.esa.int/allesfitter](http://hackanexoplanet.esa.int/allesfitter)

Ta različica programa *allesfitter* je spletna aplikacija, ki omogoča enostaven in brezplačen dostop do podatkov satelita Cheops ter omogoča modeliranje več eksoplanetov na podlagi tranzitnih meritev. Dostop do nje je mogoč z brskalnikom za namizne računalnike.

Za pridobitev parametrov najboljše prilaganja podatkov morajo učenci slediti vodniku *allesfitter* po korakih v delovnem listu za učence ali si ogledati video vadnico. Ta vodnik vsebuje navodila za uporabo izobraževalne različice orodja *allesfitter*, ki temelji na brskalniku. V tej različici orodja so že naloženi podatkovni nizi, omogoča pa le raziskovanje določenih parametrov: polmera planeta, polmera zvezde in časa srednjega prehoda.



↑ Vmesnik *Allesfitter*.

**Opomba:** Če ta korak ni mogoč, lahko ekipe uporabijo parametre, ki najbolj ustrezajo parametrom iz **Priloge 1** - Krivulja tranzitne svetlobe eksoplaneta KELT-3b in **Priloge 2** - Krivulja tranzitne svetlobe eksoplaneta TOI-560c.

### Kako določiti velikost eksoplaneta?

Pri uporabi metode tranzitne fotometrije teleskop meri količino svetlobe zvezde v določenem časovnem obdobju. Znanstveniki na podatke priredijo modele, s katerimi poskušajo odkriti spremembe svetlobe zvezd, ki bi jih lahko povzročil eksoplanet.

Pri uporabi metode tranzitne fotometrije eksoplaneta ne zaznamo neposredno (razen v zelo posebnih primerih). Namesto tega merimo količino svetlobe zvezde, ki jo zapre eksoplanet, ko prehaja med zvezdo in teleskopom.

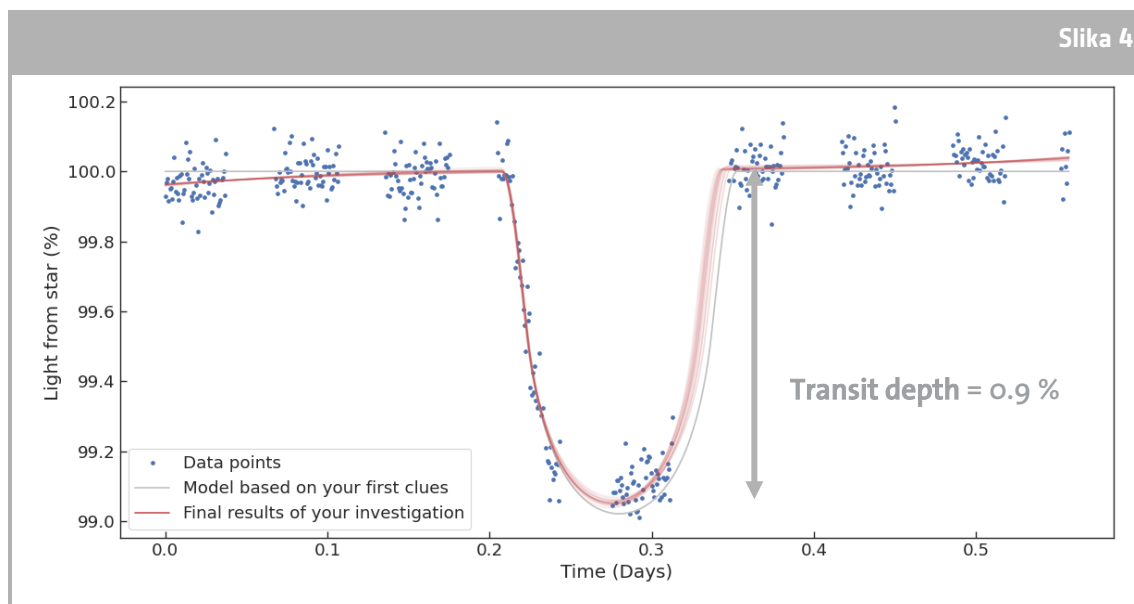
Količina svetlobe zvezde, ki jo eksoplanet blokira, se običajno imenuje globina tranzita. Ta vrednost je sorazmerna s projekcijsko površino eksoplaneta.

Polmer eksoplaneta ( $R_p$ ) je mogoče določiti, če poznamo polmer zvezde ( $R_s$ ) in globino prehoda:

$$\text{transit depth (\%)} \approx \frac{\pi \cdot R_p^2}{\pi \cdot R_s^2} \times 100$$

## Primer KELT-3b:

Zdaj analizirajmo podatke KELT-3b kot primer.



↑ Podatki KELT-3b iz Cheopsa z najboljšim modelom tranzitne svetlobne krivulje iz *allesfitterja*.

Polmer zvezde KELT-3 je znan in naveden v spisu:  $R_s = 1.70 R_{Sun}$

Z analizo podatkov iz Cheopsa lahko izmerimo, da je globina tranzita približno 0.9 % (slika 4).

Z zgornjo enačbo:  $R_p = \sqrt{R_s^2 \times \frac{\text{transit depth}}{100}} = \sqrt{1.70^2 \times \frac{0.9}{100}} = 0.161 R_{Sun}$

Pretvarjanje v enote Zemljinega polmera:  $R_p = 0.161 \times 109 = \mathbf{17.5 R_{Earth}}$

Ko učenci zaženejo programsko opremo *allesfitter*, dobijo vrednost najboljšega prilaganja za polmer. Ta vrednost se lahko precej razlikuje od te preproste ocene. Na vmesniku lahko učenci spreminjajo le tri parametre, vendar programska oprema *allesfitter* prilagaja podatke s kompleksnim modelom z več skritimi parametri, ki lahko zagotovijo popolnejše prilaganje podatkom.

## Kako s pomočjo Keplerjevega tretjega zakona določiti obhodno dobo in razdaljo?

Obhodna doba planeta  $T$  je čas, ki ga planet potrebuje za en poln obhod okoli svoje zvezde. To lahko izmerimo tako, da poiščemo čas sredine obhoda (središče obhoda) dveh zaporednih obhodov istega eksoplaneta in izmerimo časovni razmik med njima.

Za ta opazovanja imamo na voljo le en prehod, vendar lahko s primerjavo trenutnih podatkov opazovanj s prejšnjimi podatki opazovanj v arhivu podatkov ekstrapoliramo orbitalno obdobje.



Ko poznamo orbitalno periodo eksoplaneta, lahko s pomočjo tretjega Keplerjevega zakona izračunamo srednjo orbitalno razdaljo,  $d$ , med planetom in zvezdo.

$$T^2 = \left( \frac{4\pi^2}{GM_s} \right) d^3$$

$G$  je gravitacijska konstanta,  $M_s$  pa je masa zvezde.

### Primer KELT-3b:

Zdaj analizirajmo podatke KELT-3b kot primer. Pri tej vaji morajo biti učenci pozorni na enote.

- Gravitacijska konstanta v enotah SI je  $G = 6.67430 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$
- Masa zvezde KELT-3 je znana:  $M_s = 1.96 M_{Sun}$
- Njegovo maso moramo pretvoriti v enote SI:  $M_s = 3.90 \times 10^{30} \text{ kg}$
- Iz primerjave z modelom smo ugotovili, da je orbitalna perioda  $T = 2,70339 \text{ dneva}$ . Pretvorba orbitalne periode v sekunde:  $T = 233573 \text{ s}$

Zdaj imamo vse potrebne informacije za določitev razdalje med zvezdo in eksoplanetom.

$$d = \sqrt[3]{\frac{GM_s}{4\pi^2} T^2} = \sqrt[3]{\frac{6.67430 \times 10^{-11} \times 3.90 \times 10^{30}}{4\pi^2} 233573^2} = 7.112 \times 10^9 \text{ m} = \mathbf{0.048 \text{ au}}$$

Zdaj primerjajmo periodo in srednjo orbitalno razdaljo sonde KELT-3b s planeti v našem osončju:

Tabela 1		
Planet	Obdobje (dni)	Srednja orbitalna razdalja (au)
KELT-3b	2,70339	0,048
Merkur	87,97	0,4
Zemlja	365,25	1
Neptun	60 266,25	30

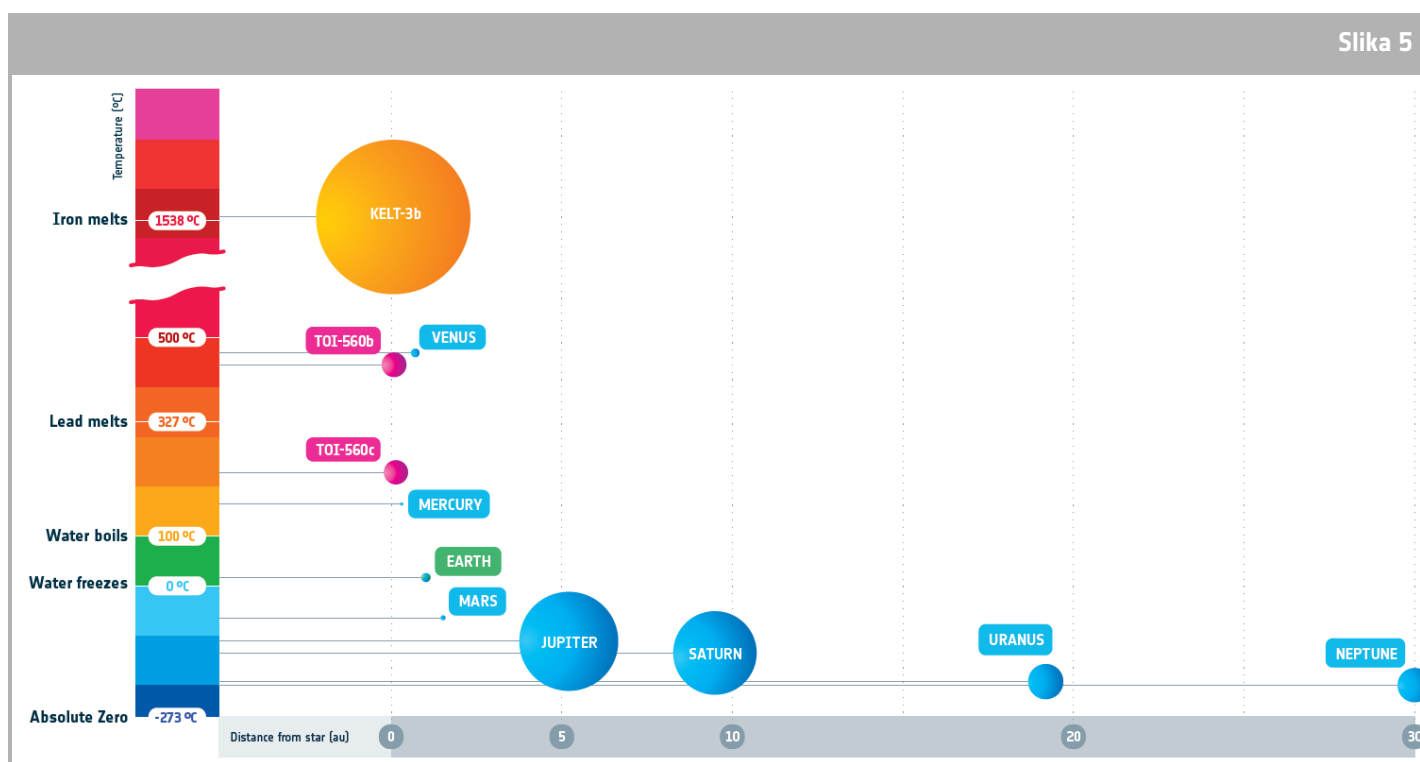
[↑ Primerjava periode in srednje orbitalne razdalje za KELT-3b in planete v Osončju](#)

Zaradi majhne oddaljenosti eksoplaneta od gostiteljske zvezde ima KELT-3b veliko krajšo obhodno dobo od Merkurja, Soncu najbližjega planeta v našem osončju. Metoda tranzitne fotometrije lažje prepozna planete s tovrstnimi tirnicami kot planete, kakršni so v našem Osončju.

## Kako vemo, ali je eksoplanet lahko bivalen?

Zemlja je še danes edini kraj v vesolju, kjer je znano življenje. Prav tako ni znano, ali bi se življenje lahko razvilo in obstajalo v pogojih, ki so zelo različni od tistih na našem planetu. Pri preučevanju eksoplanetov in opredeljevanju možnih pogojev za naselitev poskušajo znanstveniki ugotoviti podobne pogoje kot na Zemlji, na primer temperaturo.

Pomemben dejavnik, ki ga je treba upoštevati pri primernosti za bivanje, je temperatura. Temperatura planeta je večinoma odvisna od njegove oddaljenosti od gostiteljske zvezde. Kadar planet kroži okoli zvezde na razdalji, pri kateri je na njegovem površju lahko prisotna **tekoča voda**, je planet v **območju naseljenosti** svoje gostiteljske zvezde.



↑ Diagram, ki prikazuje velikost in temperaturo planeta v odvisnosti od razdalje do njegove gostiteljske zvezde. Velikost in oddaljenost planetov sta prikazani z dvema različnima lestvicama.

### Venera: izjema v Osončju

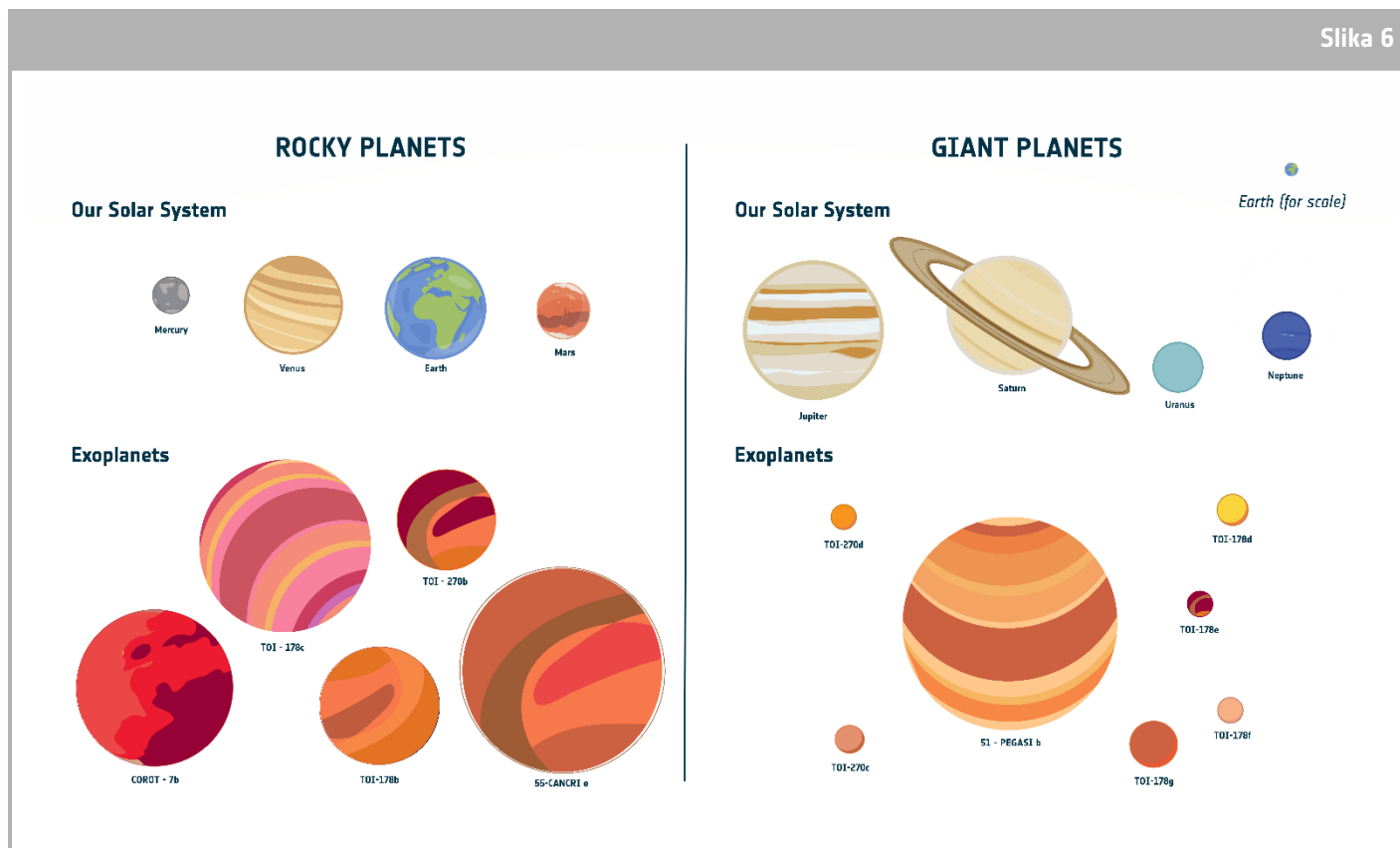
Na temperaturo, izmerjeno na površju planeta, vpliva tudi njegovo ozračje. V Osončju je izjemen primer Venera. Njeno gosto ozračje deluje kot rastlinjak in segreva površje nad temperaturo taljenja svinca, zato je toplejši planet od Merkurja, čeprav je bolj oddaljen od Sonca.

### Primer KELT-3b:

Zdaj kot primer obravnavajmo KELT-3b. KELT-3b verjetno ne bo gostil življenja, ker je preblizu svoje gostiteljske zvezde, zaradi česar je njegova površinska temperatura zelo visoka, nad temperaturo taljenja železa. Večina aminokislin, gradnikov življenja, ne bi preživela tako ekstremnih temperatur. Planet je zaradi zelo majhne oddaljenosti od svoje gostiteljske zvezde tudi zelo izpostavljen visokim stopnjam sevanja.

## Iz česa so sestavljeni eksoplaneti?

V našem osončju se planeti običajno delijo v dve kategoriji: kamnite in plinaste. Vendar se lahko eksoplaneti zelo razlikujejo od sosednjih planetov, ki jih poznamo.



↑ Primeri umetniških vtisov resničnih eksoplanetov, ki so jih že odkrili v orbiti bližnjih zvezd.

Z izračunom povprečne **gostote** eksoplaneta,  $\rho$  je mogoče dobiti predstav o sestavi eksoplaneta.

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Pri čemer je  $M$  masa eksoplaneta,  $V$  pa prostornina eksoplaneta.

Masa in prostornina eksoplaneta sta običajno določeni z veliko napako, povezano z vrednostmi. Te napake se nato prenesejo na izračun gostote eksoplaneta, zaradi česar je negotovost vrednosti gostote od 10 % do 30 %.

Druga tehnika, ki se uporablja za preučevanje eksoplanetov, se imenuje spektroskopija. Pri tej tehniki se svetloba, ki jo prejme zvezda ali eksoplanet, razdeli na različne valovne dolžine, kar omogoča določitev **sestave atmosfere** eksoplaneta ali pokritosti z oblaki.

### Primer KELT-3b:

Zdaj analizirajmo podatke KELT-3b kot primer. Masa KELT-3b je  $617 M_{\text{Earth}}$ . Te vrednosti ni mogoče določiti s tranzitno fotometrijo. Določena je bila na podlagi prejšnjih opazovanj z uporabo druge tehnike, imenovane radialna hitrost.

V prvi nalogi smo že določili polmer sonde KELT-3b. Če poznamo polmer, lahko izračunamo prostornino eksoplaneta ob predpostavki, da je to popolna krogla:  $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ .

$$M_p = 617 M_{\text{Earth}} = 3,685 \times 10^{30} \text{ g}$$

$$R_p^* = 17,5 R_{\text{Earth}} = 1,116 \times 10^{10} \text{ cm}$$

\* Ta vrednost polmera je bila ocenjena na podlagi izračuna globine prehoda, učenci pa lahko uporabijo tudi vrednost najboljšega modela *allesfitter*.

$$\rho = \frac{M}{V} = 0.63 \text{ g cm}^{-3}$$

Ta vrednost je veliko manjša od povprečne gostote Jupitra in bližja gostoti WASP-189b (znanega vročega eksoplaneta Jupitra). Zaradi majhne oddaljenosti od gostiteljske zvezde in visoke temperature je eksoplanet "puhast".

## Povzetek KELT-3b

KELT-3b je vroč Jupiter, ki kroži okoli Soncu podobne zvezde KELT-3, približno 690 svetlobnih let stran od Zemlje.

Sonda KELT-3b kroži zelo blizu svoje gostiteljske zvezde, več kot desetkrat bližje, kot Zemlja kroži okoli Sonca. Eksoplanet potrebuje le 2,7 dneva, da opravi celoten obhod okoli KELT-3.

Zaradi bližine gostiteljske zvezde je povprečna temperatura eksoplaneta zelo visoka, nad temperaturo taljenja železa, zato je povsem primeren za bivanje.

KELT-3b je sestavljen pretežno iz vodika in helija, podobno kot Jupiter. Zaradi visoke temperature eksoplaneta in bližine zvezde je njegova atmosfera zelo raztegnjena (puhlasta), njegova povprečna gostota pa je zelo nizka.

Tabela 2	
Eksoplaneta	KELT-3b
Vrsta planeta	Vroči Jupiter
Polmer ( $R_{\text{Earth}}$ )	16,81 (od allesfitter)
	17,5 (od tranzitne globine)
Masa ( $M_{\text{Earth}}$ )	$617 \pm 105$
Orbitalna doba (dnevi)	2,70339
Srednja orbitalna razdalja (au)	~0,048
Gostota ( $\text{g/cm}^3$ )	~0,63
Povprečna temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	~1 543

[↑ Povzetek ocene lastnosti KELT-3b](#)

## Oddajte svoj projekt

Ekipe lahko na platformi Hack an Exoplanet predložijo projekt svoje ekipe Hack an Exoplanet in prejmejo potrdilo o sodelovanju. Če želite oddati svoj projekt, obiščite [hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project](https://hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project).

## → Izziv 2 - Analiza podatkov TOI-560c

Po končani analizi sonde KELT-3b bodo ekipe lahko enako analizirale podatke TOI-560c.

Vse potrebne informacije so na voljo v datoteki primera v delovnem listu za učence in na spletni strani [hackanexoplanet.esa.int/challenges](https://hackanexoplanet.esa.int/challenges).

Ekipe lahko na platformi Hack an Exoplanet predložijo svoj projekt Hack an Exoplanet in prejmejo potrdilo o sodelovanju. Če želite oddati projekt svoje ekipe, obiščite [hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project](https://hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project).

### Nagrada za najboljši projekt:

Za nagrado za najboljši projekt morajo ekipe poslati svoj raziskovalni časopis o TOI-560c po predlogi.

Prijava vaše ekipe mora vključevati analizo podatkov Cheops za TOI-560c in mora biti v obliki znanstvenega članka, vključno z izvlečkom, analizo in rezultati ter zaključki.

Zmagovalne ekipe bodo prejele dobrote ESA in priložnost, da se 17. julija 2023 udeležijo spletnega seminarja z Nobelovim nagrajencem za fiziko Didierjem Quelozom. Rok za prijavo je 14. junij 2023.

Če želite oddati svoj projekt, obiščite [hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project](https://hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project).

## → POVEZAVE

### Podporni viri

Vdor v eksoplaneto:

[hackanexoplanet.esa.int](http://hackanexoplanet.esa.int)

Hack vodnik za učitelje o eksoplanetah

[hackanexoplanet.esa.int/educators-guide](http://hackanexoplanet.esa.int/educators-guide)

AllesFitter izobraževalna različica programske opreme:

[hackanexoplanet.esa.int/allesfitter](http://hackanexoplanet.esa.int/allesfitter)

Uvod v hekanje eksoplaneta - postanite detektiv za eksoplanete

[hackanexoplanet.esa.int/challenges](http://hackanexoplanet.esa.int/challenges)

*Allesfitter* mini tutorial - vodnik po korakih, kako prilagoditi najboljši model podatkom

[hackanexoplanet.esa.int/allesfitter-guide](http://hackanexoplanet.esa.int/allesfitter-guide)

Kako določiti velikost eksoplaneta

[hackanexoplanet.esa.int/challenges-size](http://hackanexoplanet.esa.int/challenges-size)

Obhodna doba in razdalja eksoplaneta z uporabo Keplerjevega tretjega zakona

[hackanexoplanet.esa.int/challenges-orbital-period-and-distance](http://hackanexoplanet.esa.int/challenges-orbital-period-and-distance)

Ali so eksoplaneti lahko naseljivi?

[hackanexoplanet.esa.int/challenges-temperature-and-habitability](http://hackanexoplanet.esa.int/challenges-temperature-and-habitability)

Iz česa so sestavljeni eksoplaneti?

[hackanexoplanet.esa.int/challenges-composition](http://hackanexoplanet.esa.int/challenges-composition)

Znanstveni viri za KELT-3b

[exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/overview/KELT-3](http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/overview/KELT-3)

### Viri ESA

Sredstva ESA za učilnico

[esa.int/Education/Classroom\\_resources](http://esa.int/Education/Classroom_resources)

Učenje z eksoplanetami

[esa.int/Education/Teach\\_with\\_Exoplanets](http://esa.int/Education/Teach_with_Exoplanets)

Spoznajte Cheopsa: satelit za določanje lastnosti eksoplanet

[esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2019/12/Meet\\_Cheops\\_the\\_Characterising\\_Exoplanet\\_Satellite](http://esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/12/Meet_Cheops_the_Characterising_Exoplanet_Satellite)

### Vesoljski projekti ESA

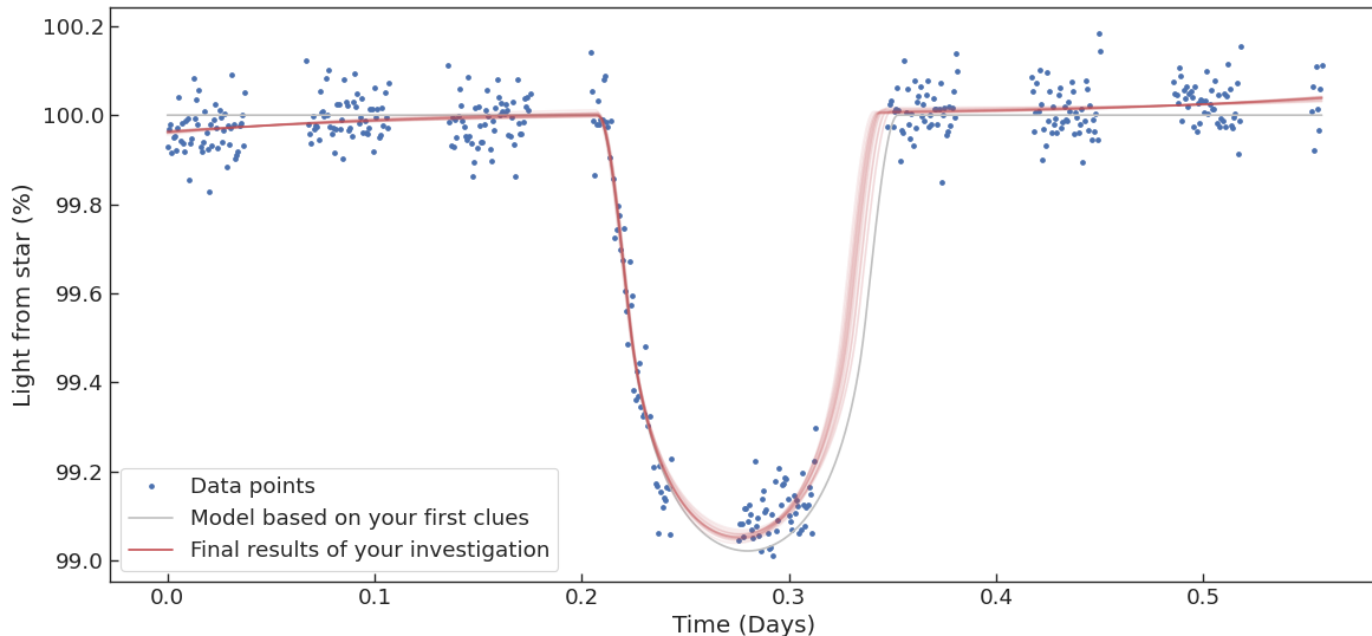
Cheops - Satelit za določanje lastnosti eksoplanet

[esa.int/Science\\_Exploration/Space\\_Science/Cheops](http://esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Cheops)

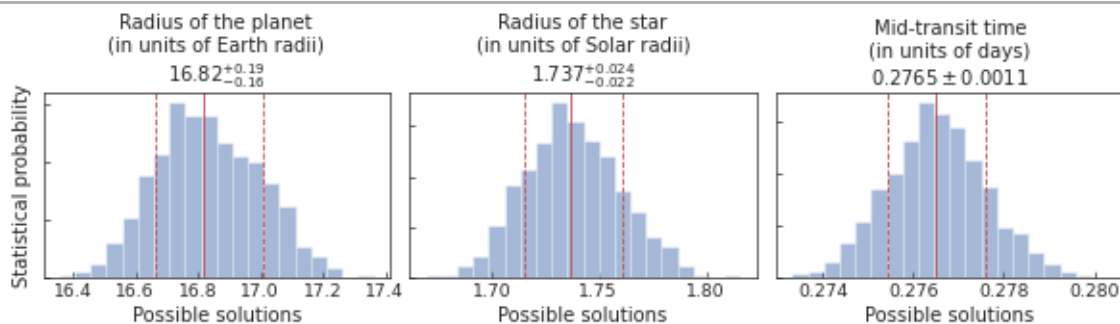
## → Priloga 1

### Svetlobna krivulja tranzita eksoplaneta KELT-3b

Rezultati najboljšega ujemanja modela KELT-3b iz *allesfitterja*



↑ [Najboljši model svetlobne krivulje tranzita.](#)



- Histogrami prikazujejo verjetnost, da ima vsak parameter določeno vrednost.
- Sredinska polna črta prikazuje srednjo vrednost vsakega parametra.
- Črtkani črti levo in desno od nje označujeta spodnjo oziroma zgornjo mejo.
- Te negotovosti se imenujejo 1-sigma negotovosti. To pomeni, da smo statistično lahko 68 % prepričani, da je prava vrednost znotraj teh vrednosti.
- Upoštevajte, da to pomeni, da je možno, da prava vrednost parametra leži zunaj teh mej; to so le statistične negotovosti in ne dokončne meje.

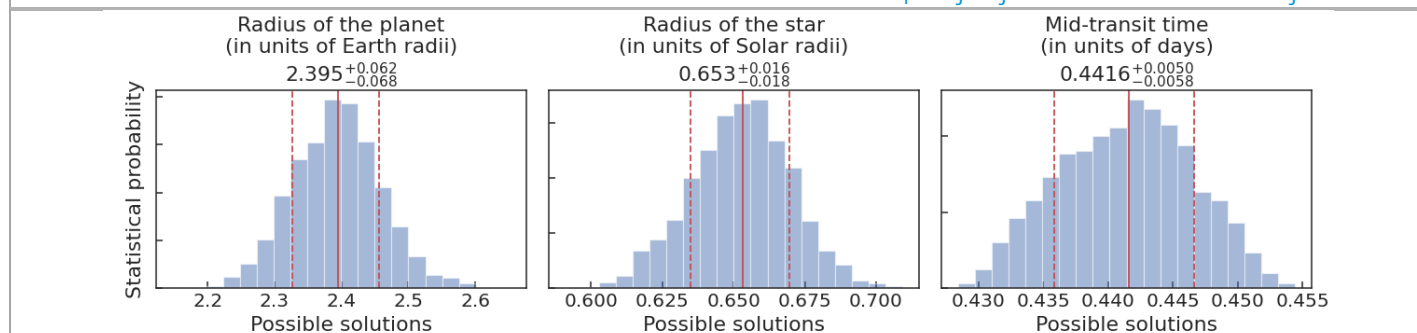
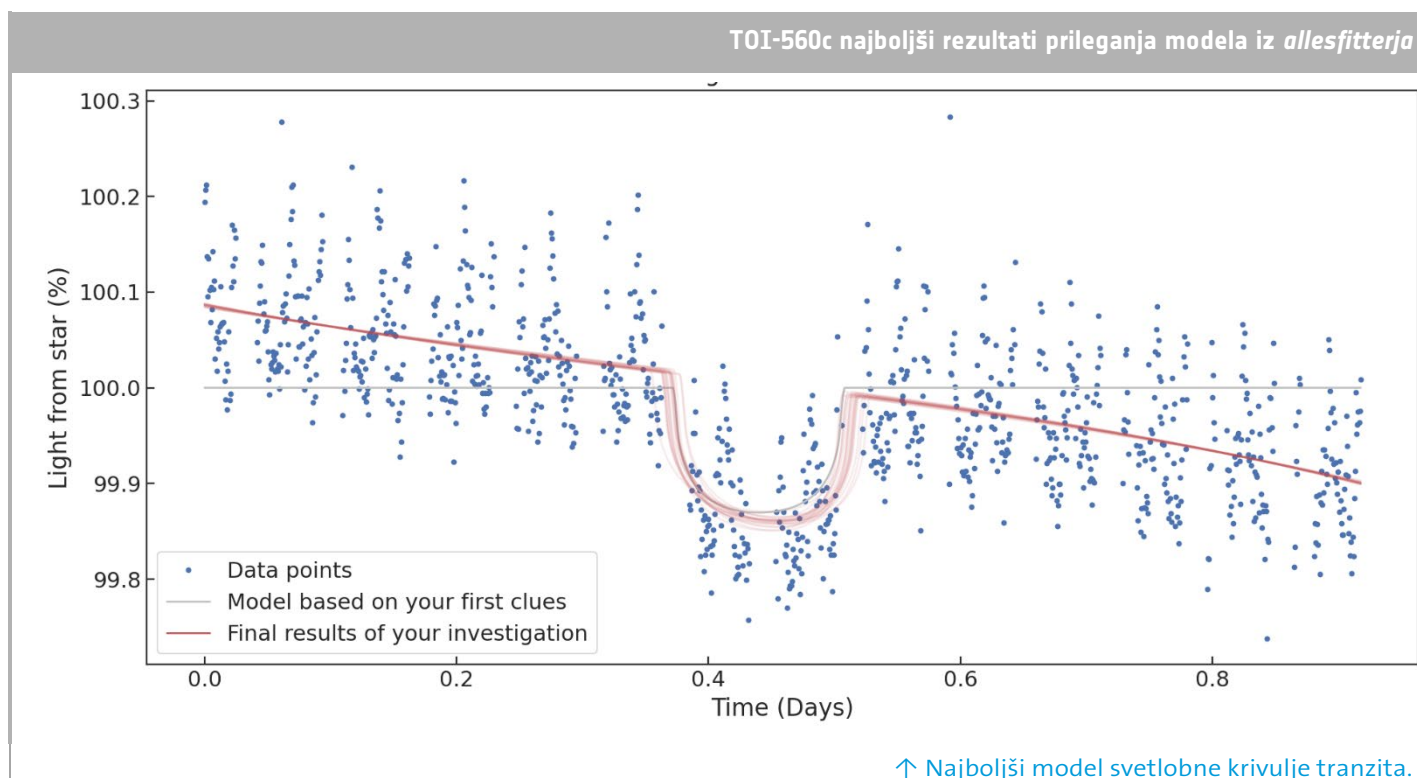
↑ [Histogram statistične verjetnosti vseh vrednosti parametrov KELT-3b](#)

Ime	Srednja vrednost	Manjša napaka	Zgornja napaka	Opombe za primer
Polmer planeta (v enotah Zemljinega polmera)	16,82	0,16	0,19	Opazovanja Cheopsa
Polmer zvezde (v enotah Sončevega polmera)	1,737	0,022	0,024	Opazovanja Cheopsa
Srednji čas tranzita (v enotah dni)	0,2765	0,0011	0,0011	Opazovanja Cheopsa
Orbitalna doba (v enotah dni)	2,70339			Druge ugotovitve iz arhiva

↑ [Tabela z najbolj primernimi parametri modela.](#)

## → Priloga 2

### Svetlobna krivulja tranzita eksoplaneta TOI-560c



- Histogrami prikazujejo verjetnost, da ima vsak parameter določeno vrednost.
- Sredinska polna črta prikazuje srednjo vrednost vsakega parametra.
- Črtkani črti levo in desno od nje označujeta spodnjo oziroma zgornjo mejo.
- Te negotovosti se imenujejo 1-sigma negotovosti. To pomeni, da smo statistično lahko 68 % prepričani, da je prava vrednost znotraj teh vrednosti.
- Upoštevajte, da to pomeni, da je možno, da prava vrednost parametra leži zunaj teh mej; to so le statistične negotovosti in ne dokončne meje.

[↑ Histogram statistične verjetnosti vseh vrednosti parametrov TOI-560c](#)

Ime	Srednja vrednost	Manjša napaka	Zgornja napaka	Opombe za primer
Polmer planeta (v enotah Zemljinega polmera)	2,395	0,068	0,062	Opazovanja Cheopsa
Polmer zvezde (v enotah Sončevega polmera)	0,653	0,018	0,016	Opazovanja Cheopsa
Srednji čas tranzita (v enotah dni)	0,4416	0,0058	0,0050	Opazovanja Cheopsa
Orbitalna doba (v enotah dni)	18,8797			Druge ugotovitve iz arhiva

[↑ Tabela z najbolj primernimi parametri modela.](#)