

KAZALO

KAZALO	2
KAZALO SLIK.....	3
POVZETEK	4
1. UVOD	5
1.1 Opis raziskovalnega problema	6
1.2 Hipoteze	7
1.3 Raziskovalne metode	7
2. TEORETIČNE OSNOVE	8
2.1 Osnovni podatki o Soncu	8
2.2 Zgradba Sonca	10
2.3 Površinski pojavi na Soncu	11
2.4 Sončeve pege	13
2.5 Delovanje Sonca	19
2.6 Rojstvo in smrt Sonca	19
2.7 Opazovanje Sonca	21
3. RAZISKOVALNI DEL NALOGE	23
3.1 Pridobitev podatkov za raziskovanje	23
3.2 Hitrost vrtenja Sonca	28
3.2.1 Hitrost gibanja Sončeve pege na heliografski širini 22°	28
3.2.2 Hitrost gibanja Sončeve pege na heliografski širini 10°	31
3.2.3 Hitrost gibanja Sončeve pege na ekvatorju	34
3.2.4 Vrtilni čas Sonca v odvisnosti od heliografske širine	40
3.3 Sončeve pege v letu 2017	41
3.4 Razporeditev Sončevih peg po površini Sonca	50
3.5 Določanje velikosti Sončeve pege	54
4. ZAKLJUČEK	56
VIRI IN LITERATURA	59

KAZALO SLIK

Slika 1	Položaj Sonca v Našem Osončju	8
Slika 2	Naše Osončje	9
Slika 3	Zgradba Sonca	10
Slika 4	Sončeva korona	12
Slika 5	Deli Sončevih peg	14
Slika 6	Največja Sončeva pega v zadnjih 24 letih (22. 10. 2014)	15
Slika 7	Število Sončevih peg v zadnjih 250 letih	17
Slika 8	Vrtilni čas Sonca je odvisen od heliografske širine	18
Slika 9	Rdeča orjakinja	22
Slika 10	Življenjska pot Sonca	22
Slika 11	Opazovanje Sončevih peg na zaslonu	23
Slika 12	Slike Sonca skozi različne filtre	24
Slika 13	Domača spletna stran observatorija Kanzelhöhe v Gradcu	25
Slika 14	Javni arhiv slik Sonca observatorija Kanzelhöhe v Gradcu	26
Slika 15	Slika Sončevih peg observatorija Kanzelhöhe v Gradcu iz leta 1944	27
Slika 16	Slika Sončevih peg, 3. 2. 2014 (Kanzelhöhe v Gradcu)	28
Slika 17	Slika Sončevih peg, 21. 5. 2017 (Kanzelhöhe v Gradcu)	28
Slika 18	Slika Sončevih peg, 3. 9. 2017 (Kanzelhöhe v Gradcu)	29
Slika 19	Sončeve pege, 22. 2. 2017 ob 9.50	30
Slika 20	Sončeve pege, 23. 2. 2017 ob 8.20	31
Slika 21	Sončeve pege, 25. 2. 2017 ob 8.00	31
Slika 22	Sončeve pege, 26. 2. 2017 ob 7.40	32
Slika 23	Sončeve pege, 27. 2. 2017 ob 9.05	32
Slika 24	Sončeve pege, 10. 7. 2017 ob 7.10	34
Slika 25	Sončeve pege, 11. 7. 2017 ob 8.00	34
Slika 26	Sončeve pege, 12. 7. 2017 ob 5.50	35
Slika 27	Sončeve pege, 13. 7. 2017 ob 7.10	35
Slika 28	Sončeve pege, 14. 7. 2017 ob 10.10	36
Slika 29	Sončeve pege, 24. 8. 2017 ob 8.05	37
Slika 30	Sončeve pege, 25. 8. 2017 ob 8.55	37
Slika 31	Sončeve pege, 26. 8. 2017 ob 5.50	38

Slika 32	Sončeve pege, 27. 8. 2017 ob 6.05	39
Slika 33	Sončeve pege, 28. 8. 2017 ob 5.05	39
Slika 34	Odvisnost vrtilnega časa od heliografske širine	40
Slika 35	Obseg krogelnega kroga	41
Slika 36	Helioografski koordinatni sistem na Soncu	52
Slika 37	Največja sončeva pega v letu 2017 (13. 7. 2017)	56

POVZETEK

V raziskovalni nalogi s področja astronomije smo se ukvarjali s površinsko aktivnostjo na Soncu, ki se med drugim odraža tudi skozi Sončeve pege. Sončeve pege so že od nekdaj burile domišljijo raziskovalcev in obstajajo številne raziskave na to temo. Lahko bi rekli, da je Sonce stalno področje raziskovanja, ki je pritegnilo tudi naše zanimanje.

S pomočjo slik Sonca, ki so dostopne preko javnega arhiva observatorija v Gradcu, smo poiskali odgovore na nekatera vprašanja v zvezi s Sončevimi pegami in se pri tem še posebej osredotočili na leto 2017. Zanimalo nas je, ali lahko s pomočjo premika sončevih peg določimo hitrost vrtenja Sonca na različnih heliografskih širinah oziroma ali lahko dokažemo, da se Sonce ne vrti kot homogeno telo. Razen tega smo raziskali kaj se je dogajalo s številom peg v letu 2017 v primerjavi z ostalimi leti, ali pri pojavljanju peg znotraj posameznega meseca velja kakšna zakonitost ter kako velike pege so se pojavile in v katerih predelih Sonca so se formirale.

1. UVOD

1.1. Opis raziskovalnega problema

K izdelavi raziskovalne naloge nas je vzpodbudila učna snov o vesolju pri pouku fizike in še posebej Sonce, naša zvezda, ki je tako mogočna in hkrati skrivnostna. Res je, da je o Soncu znanega že zelo veliko in da obstajajo številne raziskave o njem, a Sonce kljub temu ostaja zelo zanimiv objekt za raziskovanje, saj se njegova površinska aktivnost neprestano spreminja.

Posebej zanimive so se nam zdele Sončeve pege, ki se formirajo na njegovi površini in njihovo število doseže maksimum vsakih 11 let. To obdobje je znano pod imenom Sončev cikel. Nenavaden se nam je zdel podatek, ki smo ga zasledili v literaturi, da se posamezni deli Sonca vrtijo z različno hitrostjo, kar pomeni, da se Sonce ne vrti kot homogeno telo. Ker so Sončeve pege prisotne na različnih delih Sončeve površine, se nam je zdelo zanimivo določiti hitrost gibanja različnih peg in s tem pokazati, da se Sonce, ki je popolnoma plinasto, za razliko od našega planeta, ki ima trdno skorjo in se zato vrti povsod z enako kotno hitrostjo, vrti različno hitro na različnih heliografskih širinah. Zanimalo nas je tudi, ali so pege različno velike, kako velike so in ali se pogosteje pojavljajo na določenih heliografskih širinah. Prav tako nas je zanimalo, kako je bilo s Sončevimi pegami v letu 2017 in v kateri fazi cikla je bilo Sonce v tem letu. Je število peg trenutno bližje minimumu ali maksimumu? Ali se število peg spreminja tudi po mesecih in če se, ali je to spreminjanje podvrženo kakšni zakonitosti?

Dogajanje na Sončevi površini je zanimivo tako na kratkoročni kakor dolgoročni časovni skali. V nekaj dneh je možno opazovati vrtenje Sonca, tekom nekaj mesecev ali let pa porazdelitev Sončevih površinskih pojavov in tekom desetletij spremljati Sončeve cikle. Mi smo se odločili za spremljanje aktivnosti Sonca na daljši rok in opazovanje porazdelitve sončevih peg na njem. Sončevo površinsko aktivnost smo analizirali in dokumentirali tekom enega koledarskega leta. Izbrali smo zadnje leto, za katerega smo imeli vse podatke, to je leto 2017.

Opazovanje Sonca se razlikuje od opazovanja ostalih zvezd zaradi bližine, ki nam omogoča dokaj enostavno opazovanje in merjenje površinskih pojavov. Sonce je že od nekdaj pogost objekt raziskovanja in za svojo temo raziskovanja smo ga izbrali tudi mi.

1.2. Hipoteze

V okviru raziskovalne naloge smo postavili naslednje hipoteze:

1. S pomočjo analize premikanja Sončevih peg lahko potrdimo različne hitrosti vrtenja Sonca na različnih heliografskih širinah.
2. Število sončevih peg je skozi leto 2017 postopno upadalo, saj se Sonce od leta 2014 nahaja v obdobju zmanjšane aktivnosti.
3. Porazdelitev Sončevih peg po površini Sonca je enakomerna in ni odvisna od heliografske širine.
4. Sončeve pege so različno velike in največje lahko presežejo velikost Zemlje.

1.3. Raziskovalne metode

Pred izdelavo raziskovalnega dela naloge smo v literaturi in na spletu poiskali podatke o Soncu, ki smo jih predstavili v uvodnem delu naloge. Teoretične osnove so nam pomagale pri razumevanju mnogih pojavov in olajšale delo v nadaljevanju. V teoretičnem delu smo še posebej podrobno proučili zgradbo Sonca in Sončeve pege, saj je bil to osrednji del naše naloge. Prvi del naloge je torej vsebinski, saj bralca opremi z določenim znanjem, potrebnim za nadaljnje branje. Sledi raziskovalni del. Ta daje poudarek metodam, ki smo jih avtorji uporabili za opazovanje in preučevanje Sončevih peg. Računski del smo zavestno poenostavili na raven znanja matematike in fizike v 8. razredu. Želeli smo preveriti oziroma ugotoviti, kako lahko raziskujemo Sončeve pege z enostavnimi metodami oziroma z znanjem, ki ga imajo učenci v osnovni šoli. Na osnovi zbranih podatkov, narejenih izračunov, in po preverjanju hipotez, smo s pomočjo računalnika v programu Word oblikovali končni zapis naloge. Grafe in tabele smo izdelani s pomočjo Microsoftovega programa Exel.

Zavestno smo se odločili, da bomo svojo raziskavo opravili s pomočjo javno dostopnih arhivov posnetkov Sonca, ki jih opravlja več različnih observatorijev po svetu. Prednost takšnih arhivov je v tem, da nudijo zelo kvalitetne posnetke, ki so narejeni z vrhunskimi teleskopi. Amaterski raziskovalci praviloma nimajo primernih teleskopov, opazovanje Sonca pa je tudi sicer dokaj zahtevno opravilo.

Vse podatke, ki smo jih potrebovali za raziskovalni del naše naloge, smo pridobili na spletni strani observatorija Kanzelhöhe v Gradcu, ki ima javni arhiv posnetkov Sonca za vsak dan od leta 1944 dalje in se nahaja na naslovu: <http://cesar.kso.ac.at>.

2. TEORETIČNE OSNOVE

2.1. Osnovni podatki o Soncu

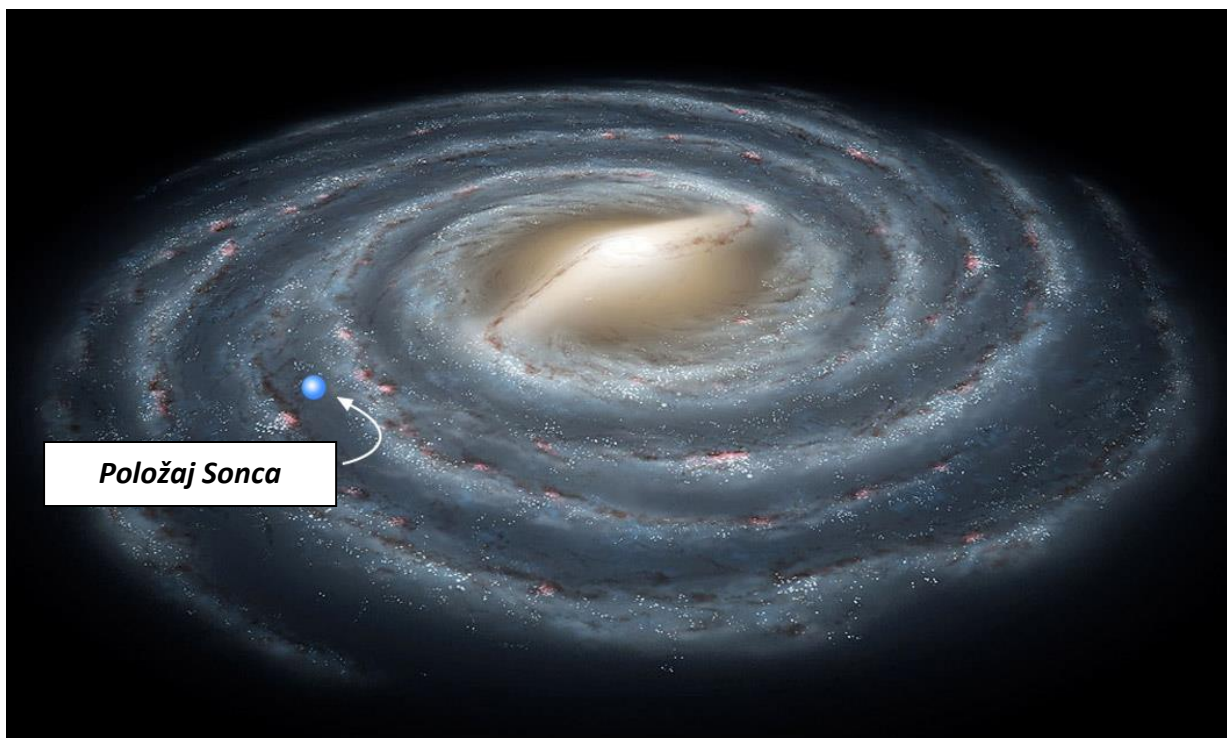
Grki so Sonce imenovali Helios, Rimljani pa Sol.

Sonce je nam najbližja zvezda. Ker je od Zemlje oddaljeno le 150 milijonov kilometrov, je tako svetlo, da z navidezno magnitudo - 27 presvetli ostale zvezde. Kot je danes znano, je Sonce tipična povprečna zvezda z glavne veje HR-diagrama. Po velikosti sodi med 10 % največjih zvezd v Mlečni cesti, ki je sestavljena iz približno 100 milijard zvezd.

Sonce je večinoma iz vodika (71 %), približno ena četrtnina pa iz helija (26 %) in drugih elementov (3 %).

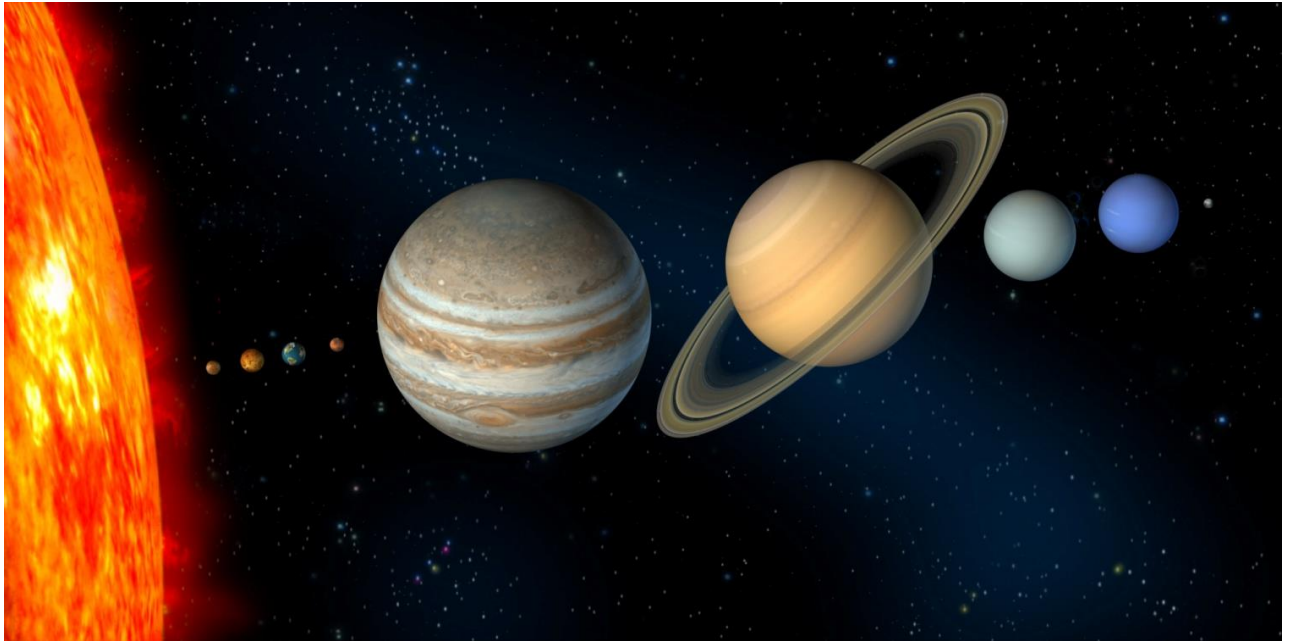
V jedru je temperatura približno 15 000 000 °C, na površju pa 5 500 °C. Njegov premer meri 1 392 000 km. Ima maso 2×10^{23} ton ali 332 946 mas Zemlje. Njegov vrtilni čas je približno 25 dni. Njegova ubežna oziroma druga kozmična hitrost, ki na Zemlji meri 11,2 km/s, pa je 617,5 km/s.

Sonce ne miruje. Ob robu naše galaksije Mlečne ceste kroži okoli njenega središča. A tudi galaksija ne miruje, ampak potuje po vesolju.



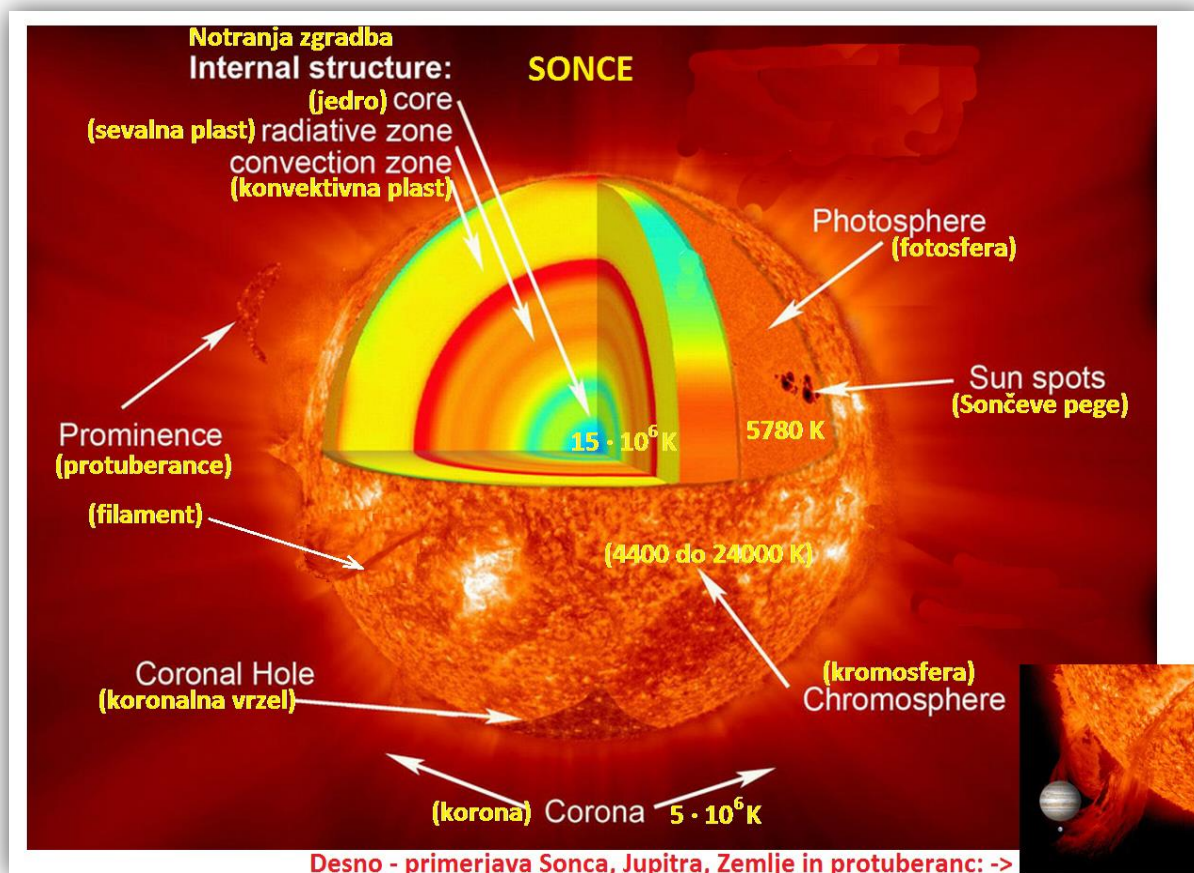
Slika 1: Položaj Sonca v naši galaksiji - Mlečni cesti.

Sonce je edina zvezda v našem Osončju in je središčna točka našega Osončja. Sonce je glavni vir svetlobe in energije na Zemlji. Za pot do Zemlje svetloba potrebuje približno 8 minut. Vsa ostala nebesna telesa v Osončju krožijo okoli njega. V Našem Osončju okoli Sonca kroži osem planetov: Merkur, Venera, Zemlja, Mars, Jupiter, Saturn, Uran in Neptun. V Soncu je zbrane 99,8 % vse mase Osončja. Preostanek mase se večinoma nahaja v Jupitru, le majhen del si delijo vsa ostala nebesna telesa Osončja.



Slika 2: Naše osončje

2.2. Zgradba Sonca



Slika 3: Notranja zgradba Sonca

JEDRO ALI SREDICA je približno v središču Sonca, saj Sonce ni povsem pravilna krogla. Zavzema le tisočinko Sončeve prostornine. Njegov premer je 450000 km. Njegova gostota je kar 160-krat gostejša od vode. V njem potekajo kemijske reakcije, ki dajejo Soncu energijo: toploto in svetlobo. Pri tej kemijski reakciji se vodikova atomska jedra zlivajo v atomska jedra helija. Tako se v sredici vzdržuje visoka temperatura in povzroča Sončevo sevanje. Skupen izsev Sonca je $3,8 \times 10^{26} \text{ W}$.

Jedro ima 15 milijonov °C. S tem nastane dovolj velik tlak, da uravnovesi gravitacijski pritisk nad jedrom ležečih plasti (sevalna plast, konvektivna plast, fotosfera...).

SEVALNA IN KONVEKCIJSKA (ALI KONVEKTIVNA) PLAST: sevalna plast je debeline 31 000 km, konveksijska pa debeline 445 000 km. Sevanje iz jedra zelo počasi prodira skozi sevalno in konveksijsko plast do fotosfere.

Za to pot potrebuje več kot 10 milijonov let. Ogromna masa Sonca in svetlobna neprepustnost snovi je razlog za tako dolgo pot. V tem procesu rentgenski žarki oslabijo in tako energija prispe na plan kot vidna svetloba. V zadnjih 15% poti od središča proti površju ima najpomembnejšo vlogo v prenosu energije navzven konvekcija. Krožna gibanja konvekcije so opazna v podrobnih strukturah Sončevega površja. Konvekcijska gibanja so delno udeležena pri prenosu magnetnih polj iz notranjosti proti površju. Magnetna polja nastanejo zaradi tokov v vrteči se notranjosti Sonca ter povzročajo pojave znane kot Sončeva aktivnost. Vrste Sončevih aktivnosti so:

- spikule kromosfere,
- granule fotosfere,
- Sončeve pege,
- blišči
- in protuberance.

2.3 Površinski pojavi na Soncu

FOTOSFERA je plast, ki loči notranjost Sonca od njegovih zunanjih plasti. Debela je le slabih 400 do 500 km, vendar optično zelo učinkovita. Njena gostota je 107- krat manjša kot gostota vode. Atomi negativnega vodika(H-) vpijajo v tej plasti vse sevanje, ki prihaja iz Sončeve notranjosti. Zato ima Sonce zelo oster rob. Ker je Sonce plinasto, ne gre za površje in atmosfero, kot si ju predstavljamo na Zemlji, lahko pa štejemo fotosfero, ki ne prepušča sevanja iz notranjosti, kot nekakšno površino.

Zaradi sevanja, ki ga fotosfera vpija od spodaj, dosega plini v njej temperaturo skoraj 6 000 K. Najnovejša vrednost je 5 840 K. Velik del energije, ki se sprošča v jedru Sonca, se v fotosferi pretvarja v svetlobo. Kljub svoji relativni tankosti pa v fotosferi nastajajo različni pojavi.

KROMOSFERA leži nad fotosfero in je ob popolnem Sončevem mrku vidna s prostim očesom kot tanek pas okoli temne Lune in je po navadi škrlatne barve. Na zgornji meji fotosfere plini dosežejo najnižjo temperaturo, ki pa potem narašča z oddaljenostjo od fotosfere. Debela je nekaj tisoč kilometrov. Temperatura plina je približno 10 000 °C, ki ob prehodu v korono naraste na dva milijona stopinj Celzija.

Dvig temperature spremlja padec gostote z znatnimi in hitrimi spremembami v spodnjem delu tako kromosfere kot korone.

Kromosfero je moč posneti na celotnem Sončevem disku s pomočjo ozkopasovnih filtrov. Opazovanja kažejo, da kromosfera pravzaprav ni plast ampak sistem curkov, v vsakem trenutku deset do sto tisoč razporejenih po celotni Sončevi površini. Imenujejo se spikule.

SPIKULE so ščetinasti plinski tokovi. Tipična spikula ima premer 1000 km in se dviga s hitrostjo 30 km/s. Segajo med 3 000 in 10 000 km v višino. Že po nekaj minutah se spet sesedejo sami vase.

PROTUBERANCE lahko opazujemo ob Sončevem robu. So plinaste tvorbe velike do 30000 km. Gre za ogromne mase plina ujete v lokalna magnetna polja. To so mirujoče protuberance, ki lahko lebdijo nad Sončevo površino več mesecev.

V primeru sprostitve magnetne energije v lokalnem polju pa nastanejo eruptivne protuberance, ki se v nekaj urah lahko dvignejo 500000 do 1000000 km nad Sonce in proti Zemlji pošljejo večje količine nabitih delcev. Protuberance lahko s pomočjo ozkopasovnih filtrov vidimo tudi na Sončevem disku. Vidne so kot temna območja v svetli kromosferi.



Slika 4: Sončeva korona

KORONA je zunanji del Sončeve atmosfere. Čeprav je gostota plina tu zelo majhna, pa ima temperaturo dva milijona stopinj. Korona sveti zelo šibko, zato je vidna le med Sončevim mrkom, ko Luna prekrije svetle dele Sonca. Debela je nekaj milijonov kilometrov. Je zelo redka in malo seva. Temperatura z višino spet raste zaradi energije udarnih valov, ki prihajajo iz konvekcijskih plasti tik pod fotosfero.

Večina Sončeve korone je ujete blizu površja v močnem magnetnem polju. Tam kjer je magnetno polje nekoliko šibkejše nastane tako imenovana koronalna luknja ali vrzel. Vendar atomi z dovolj veliko hitrostjo pobegnejo Soncu v obliki Sončevega vetra.

SONČEV VETER je vroč, ionizirani plin, ki nenehno odteka s Sonca v medplanetarni prostor s hitrostjo nekaj sto kilometrov na sekundo. V splošnem ločimo počasen sončev veter s hitrostmi pod 400 km/s, ki izhaja z območij na Soncu z zaprtimi magnetnimi silnicami ter hiter sončev veter s hitrostmi več kot 400 km/s, ki izvira iz območij z odprtimi magnetnimi silnicami. Tipična območja iz katerih izhaja hiter sončev veter so tako imenovane koronalne luknje.

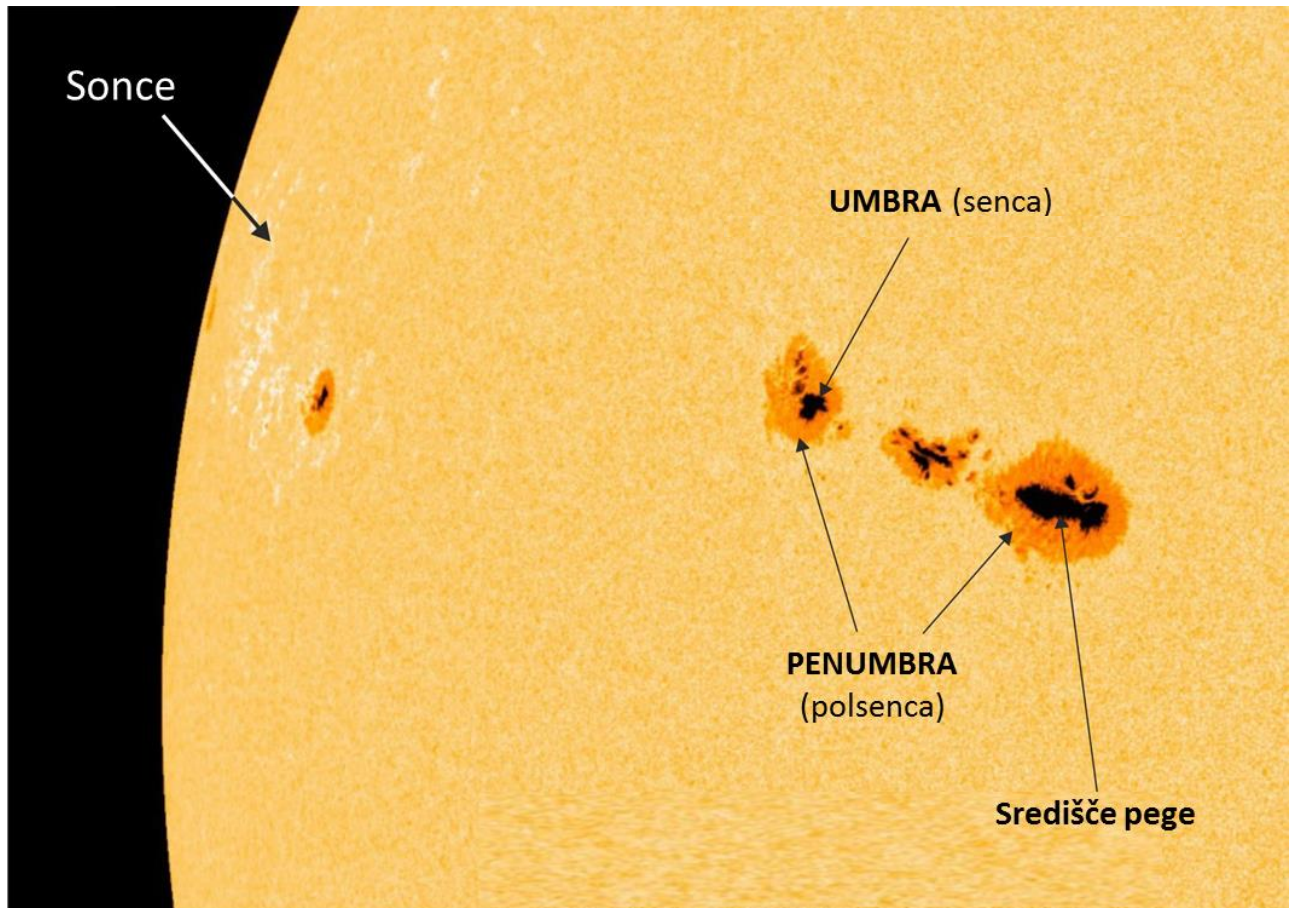
KORONALNA VRZEL oz. **LUKNJA** je področje na Soncu, kjer je korona hladnejša, zato je tam temnejša in vsebuje manj gosto plazmo kot je povprečna plazma na površju Sonca. Tam je nižja energija in raven plina. Te vrzeli so del Sončeve korone in se nenehno spreminjajo ter preoblikujejo, saj korona nima stalne oblike. Luknje se pojavijo, ko Sončevi delci pobegnejo z dovolj veliko hitrostjo, da ustvarijo nižjo gostoto in temperaturo na nekem področju. To se vidi kot temnejše področje na Soncu. Vidne so le nekaj minut zaradi hitrega gibanja vročih plinov (vodik, helij itd.)

2.4 Sončeve pege

Sončeva pega je začasno območje na Sončevi površini (fotosferi), kjer je temperatura nižja od okolice in močnejša magnetna dejavnost, ki zavira konvekcijo in tvori področja z nižjo temperaturo. Običajno nastopajo v parih, kjer ima vsaka posamezna pega nasprotni magnetni pol od druge.

Pege so lahko različnih oblik, vendar predvsem večje kažejo značilen vzorec oblike. V središču je temna senca ali »umbra«, obkrožajo pa jo nekoliko manj temna vlakna, ki sestavljajo polsenco ali »penumbro« (slika 8).

Večjo pego lahko sestavlja temni osrednji del oziroma senca, ki jo obdaja svetlejša polsenca. Temperatura sence je približno 4500 °C, polsenca pa 5000 °C. Čeprav so pege zelo svetle, izgledajo kot temne lise glede na okoliško snov z efektivno površinsko temperaturo 5778 K.



Slika 5: Deli sončevih peg

Pege se vidijo največkrat v skupinah, najprej so zelo majhne, počasi pa se raztegnejo po Sončevi dolžini. Največjo velikost dosežejo po 14-ih dneh, na koncu ostane velikokrat le vodilna, največja pega, vse ostale pa izginejo. Pozno v letu 2007 je bil minimum Sončeve dejavnosti (Sončev cikel). Prve pege novega cikla so opazili 4. januarja 2008. Sončeve pege so povezane z močnim magnetnim delovanjem, kot so koronske zanke (prominence) ali ponovne spojitve magnetnih silnic.

Večina Sončevih bliščev in koronarnih izbruhov mase izvira v magnetno dejavnih področjih okrog skupin peg. Podoben pojav na drugih zvezdah se imenuje zvezdna pega, kjer so tudi opazovali svetla (toplejša) in temna (hladnejša) mesta.

Periodične spremembe v svetlosti so najprej opazili pri rdečih pritlikavkah in leta 1947 je G. E. Kron ugotovil, da so temu vzrok pege.

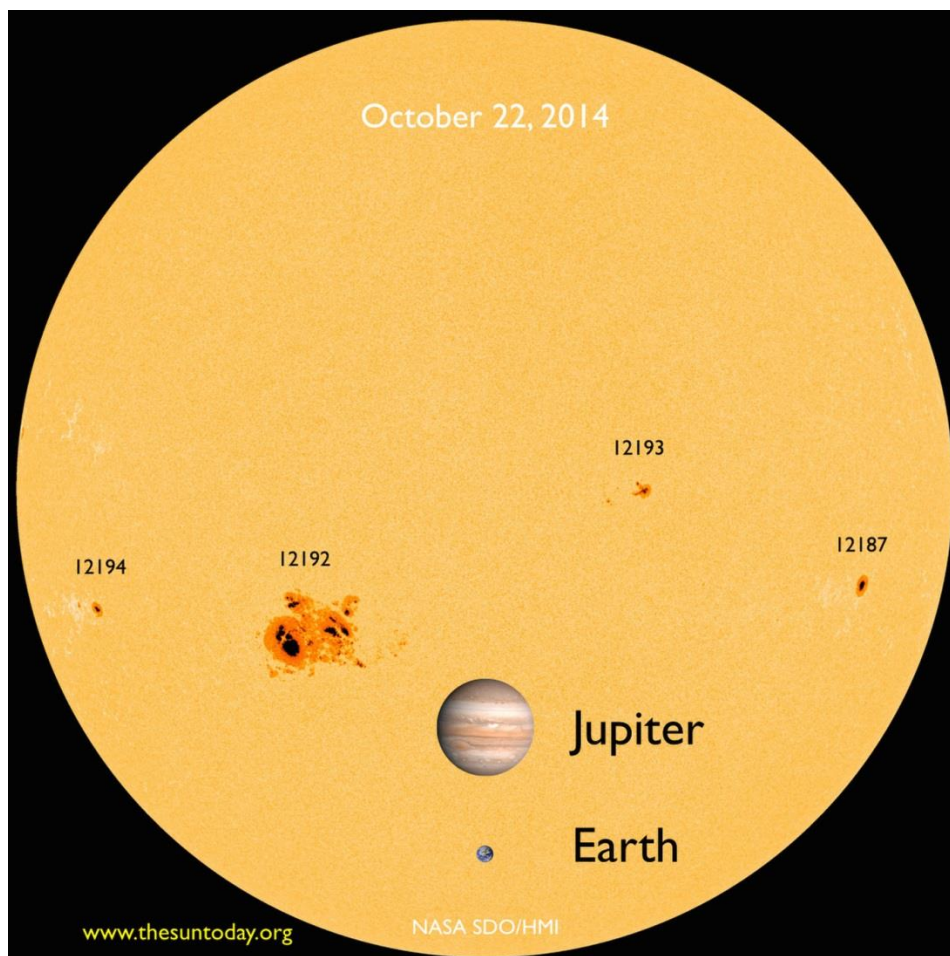
Pega se običajno začne kot pora. To je majhna pegi podobna motnja, ki za razliko od pege nima penumbre in je mnogo manjša od pege.

Pora lahko v nekaj minutah izgine, lahko pa se razvije v pego. To kaže, da so pege pravzaprav motnje v Sončevem magnetnem polju.

Glede na obliko skupine Sončevih peg delimo na tri osnovne tipe:

- unipolarne, v katerih prevladuje ena sama pega, kjer je polariteta pege poljubna,
- dipolarne, v katerih sta prisotni vodilna in sledilna pega, kjer sta pegi nasprotnih polaritet in
- multipolarne, v katerih je prisotnih več peg.

Premeri peg so različni, od 1000 km pa tja do 100 000 km. Nekatere pege živijo le nekaj ur, nekatere skupine pa celih 6 mesecev. Ko ugasnejo mi to vidimo čez 8 min.



Slika 6: Največja Sončeva pega v zadnjih 24 letih (22. 10. 2014)

- **Wolfovo število**

Če bomo Sončeve pege opazujemo skozi daljše časovno obdobje, bomo lahko videli, kako se spreminjajo. Seveda opazimo, da se Sonce vrti, izračunamo pa lahko tudi Wolfovo število.

Wolfovo število je število s katerim izračunamo aktivnost Sonca. Če je rezultat izračuna pod 40, je Sončeva aktivnost manjša, če je rezultat večji od 40, pa je Sončeva aktivnost večja. Wolfovo število lahko izračunamo na osnovi števila peg in skupin ter vsote koeficientov, ki so odvisni od premera teleskopa in opazovalnih razmer. Ko je Sonce zelo aktivno, so lahko vrednosti Wolfovega števila tudi 200 in več. Wolfovo število kot mero za aktivnost Sonca je uvedel švicarski astronom Johann Rudolf Wolf že leta 1848.

Formula za izračun Wolfovega števila je:

$$W = (10 S + P) \cdot (K1 + K2 + K3)$$

In kaj pomenijo količine v formuli?

W: Wolfovo število

S: število skupnih Sončevih peg

P: število posameznih Sončevih peg

K: korekcijski faktor za premer teleskopa in opazovalne pogoje

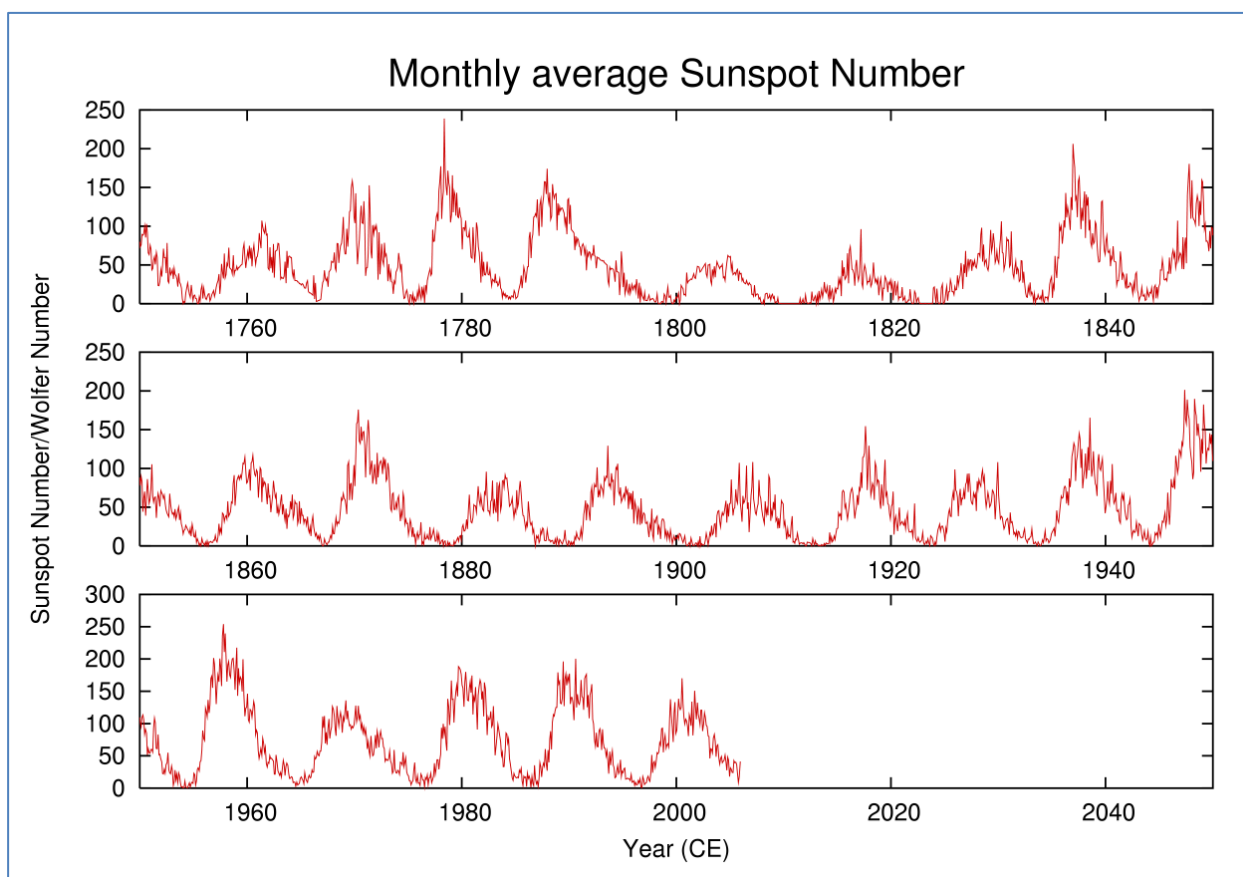
- **Zgodovina opazovanja Sončevih peg**

Prva znanstvena opazovanja Sonca s pomočjo teleskopa sta naredila Galileo Galilei in Thomas Harriot že leta 1610. Nato so Johannes Fabricius, David Fabricius in Christoph Scheiner v marcu leta 1611 prvič v pisni obliki dokumentirali opazovanja. Johannes Fabricius je prvi, ki je opazovanje Sončevih peg objavil v knjigi *De Maculis in Sole Observatis* (Opazovanje peg na Soncu).

Znani raziskovalec Galileo Galilei je svoja opazovanja in skice prvič pokazal spomladi leta 1611 skupini pomembnih ljudi in od takrat se je začelo sistematično opazovanje Sonca s pomočjo metode projekcije na papir, kjer s svinčnikom označimo vse vidne pojave na površini. Objavljena so bila številna znanstvena dela in lahko rečemo, da načrtno opazovanje Sonca poteka že več kot 400 let.

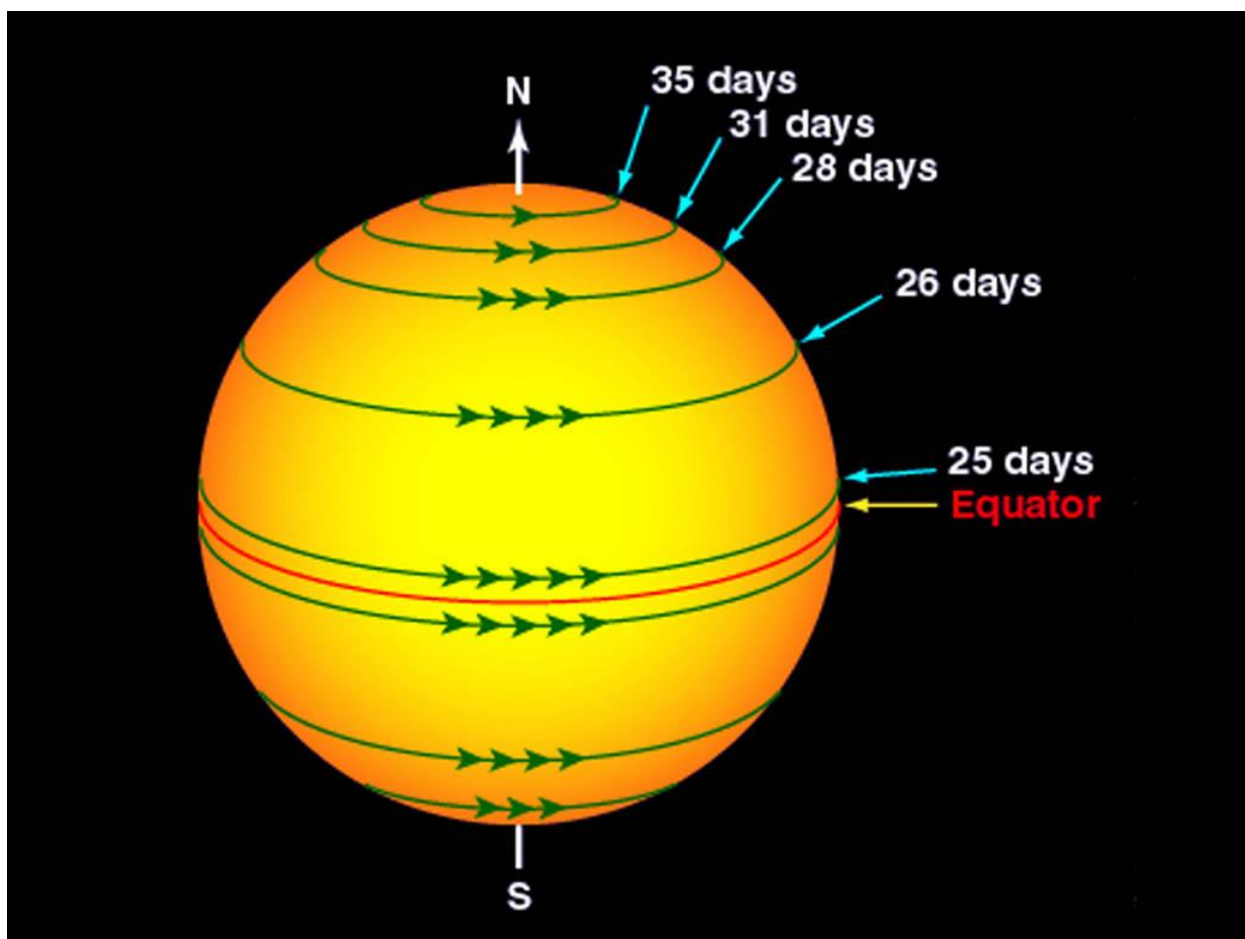
- **Sončev cikel**

Pege se na Soncu pojavljajo periodično. V 11 letih se zaključi en cikel, v katerem preteče en maksimum in en minimum. Ob minimumih se razmeroma pogosto zgodi, da na Sončevem površju ni niti ene same pege. Ob maksimumu pa so prisotne številne skupine peg. Cikel ni simetričen, maksimum običajno nastopi 4.5 leta po začetku cikla, do naslednjega minimuma pa preteče še 6.5 let. Takoj po minimumu, ko se aktivnost prične večati, se pege pojavljajo na heliografskih širinah 35 do 40 stopinj severno in južno. Ko se Sonce pomika proti maksimumu se pege pomikajo proti ekvatorju Sonca. Ob maksimumu se pojavljajo med 10 in 20 stopinjami heliografske širine. Ko se Sonce pomakne proti minimumu, se pege tekočega cikla pomaknejo do 3 stopinj heliografske širine, na 30 do 40 stopinjah pa se že pojavljajo pege novega cikla. Pege nikoli ne dosežejo Sončevega ekvatorja. Pege novega cikla imajo nasprotno polariteto od tistih v prejšnjem ciklu, tako da pravi Sončev cikel traja 22 let.



Slika 7: Število sončevih peg v zadnjih 250 letih

Sonce in njegovo magnetno polje se na njegovem ekvatorju ne vrti enako hitro kot na polih (25 in 34 dni). To pomeni, da se magnetno polje prične navijati in tako nastanejo motnje. Pod površjem se oblikujejo magnetne cevi. Zaradi vzgona se cev uviha in dvigne nad površino fotosfere. Tako nastane novo lokalno magnetno polje. Na teh mestih se pojavi burnejša aktivnost, saj lokalno magnetno polje diktira razvoj različnih pojavov. Takšnim mestom pravimo vroča mesta ali *hot spots*.



Slika 8: Vrtilni čas Sonca je odvisen od heliografske širine

2.5 Delovanje Sonca

V Sončevem jedru poteka zlivanje atomskih jeter- fuzija. To je jedrska reakcija pri kateri jedra atomov trčijo in se zlijejo v novo jedro. Štiri jedra vodika se združijo v eno jedro helija. Ob tem se sprosti veliko energije v obliki gama žarkov. Na našem Soncu se dogaja zlivanje imenovano proton - proton, saj je temperatura v sredici manjša od 18 milijonov K. Na drugih zvezdah, kjer je temperatura v sredici višja 18 milijonov K, pa poteka jedrska reakcija imenovana ogljikov - dušikov cikel. Z reakcijo proton - proton iz vodika prek devterija in helija 3 nastane helij 4 skupaj z nevtrini in žarki gama.

Pri pretvorbi snovi v sončno energijo prihaja do zlitja protona (jedra vodikovega atoma) z drugim protonom v devterij. Pri tem procesu se delec pretvori v nevtron. Ob enem se sprošča delec nevtrino in delec pozitron (+), ki sta skoraj brez mase.

Med nastalim devterijem in še enim protonom prihaja še do nadaljnjih reakcij. Pri tem nastaja helij - 3 (1 nevtron in 2 protona). Ta reagira z drugim delcem helija - 3 in tvori helij - 4 s po 2 protona in 2 nevtrona. Ostala 2 protona spet reagirata v drugih vezeh.

Pri vsaki od teh reakcij prihaja do pretvorbe dela mase v energijo. Ta kot sevanje prihaja skozi 380 000 km debelo sevalno plast v naslednjo konvektivno plast, ki meri okoli 140 000 km. Tu plin prenese energijo na fotosfero, vidno površje sonca, kjer kot svetloba in toplota zapusti Sonce. Tu na fotosferi so temperature okoli 5 500°C.

2.6 Rojstvo in smrt Sonca

Naše Sonce se je rodilo pred 4,6 milijarde let v velikanskem oblaku molekularnega vodika. Sonce se bo pri starosti okrog deset milijard let začelo spreminjati v belo pritlikavko. Postajalo bo čedalje svetlejše in toplejše, potem pa mu bo začelo primanjkovati vodika in se bo spremenilo v rdečo orjakinjo s premerom do 300 milijonov kilometrov, tako da bo pogoltnilo vse notranje planete. Rdeča orjakinja bo izparela v planetarno meglico, ko se bo ta razpršila, pa bo za seboj pustila nepremično, toda zelo vročo belo pritlikavko.



Slika 9: Rdeča orjakinja.

Rdeča orjakinja bo za seboj pustila zgoščeno vroče jedro, ki mu pravimo bela pritlikavka. Veliko bo kot naš planet.

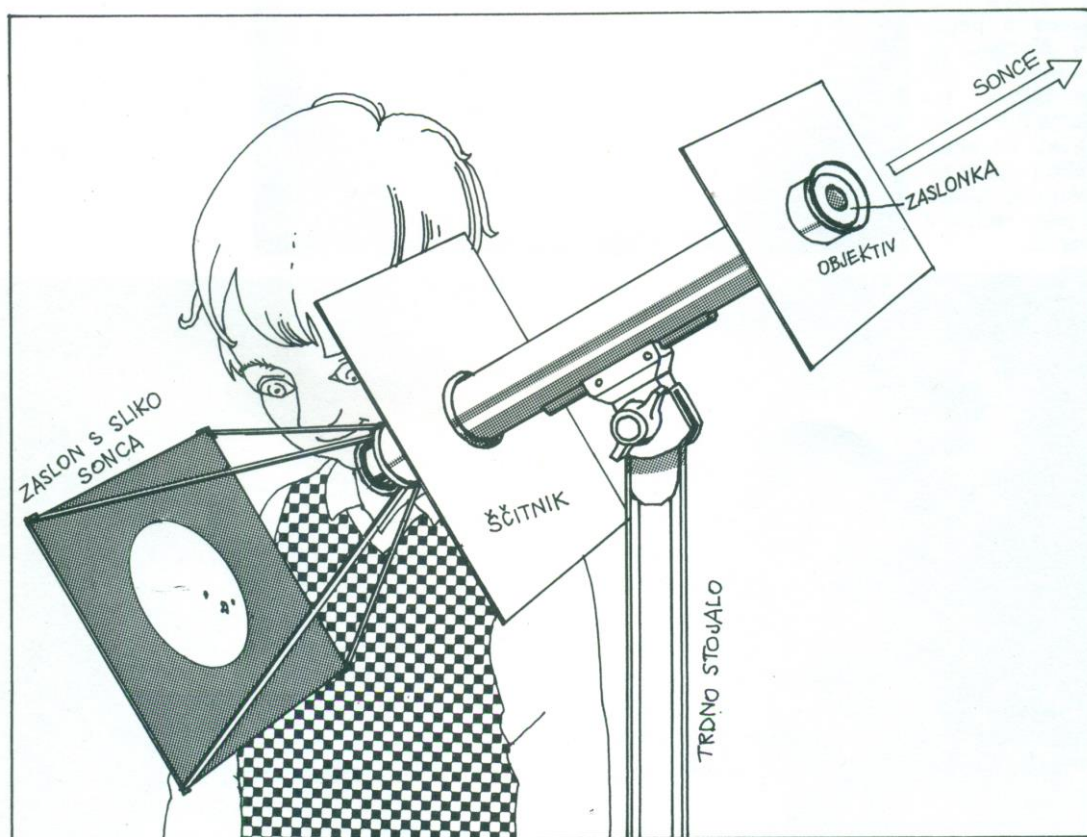


Slika 10: Življenjski cikel Sonca.

2.7 Opazovanje Sonca

Sonce lahko opazujemo na dva načina:

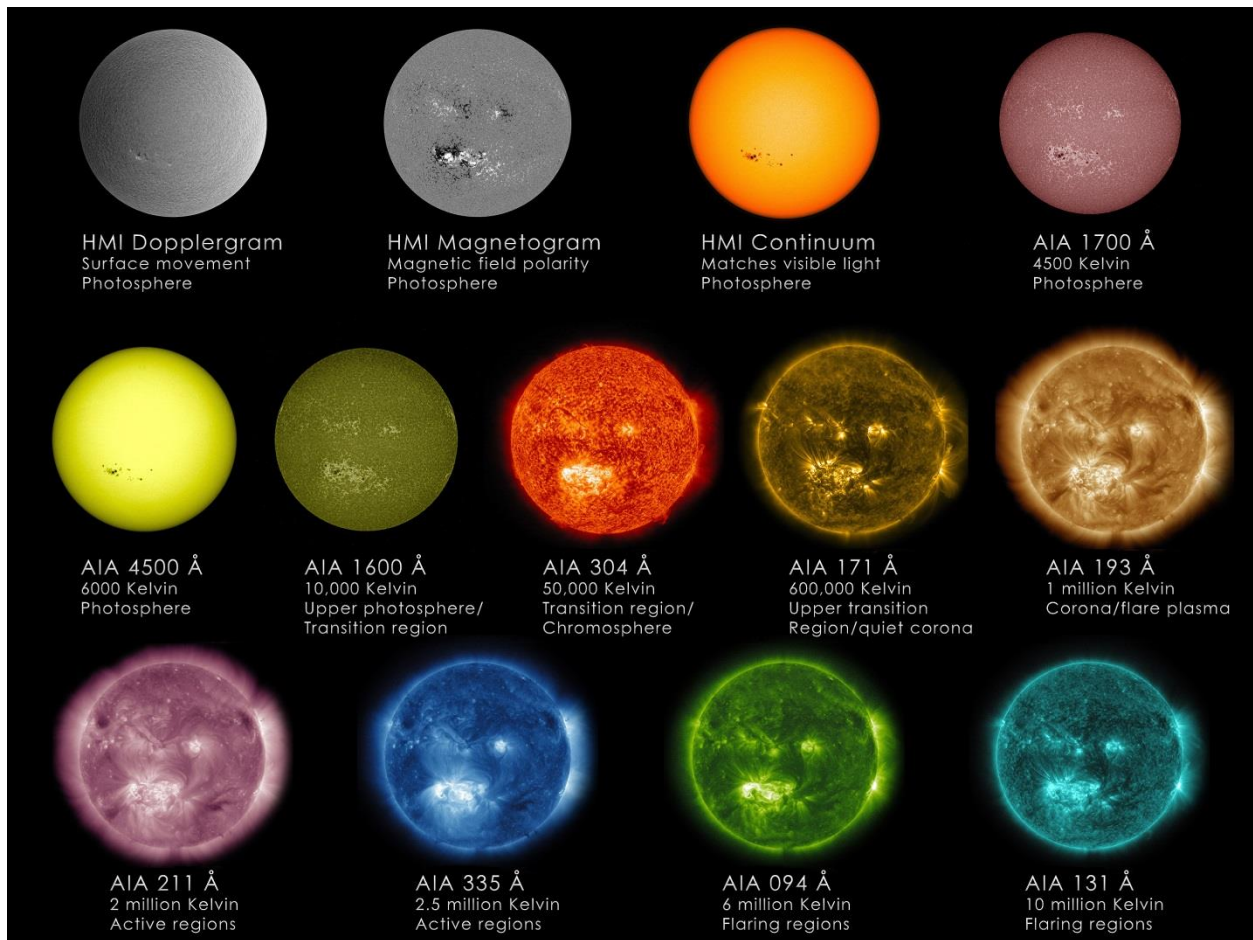
- Teleskop usmerimo proti Soncu in projiciramo sliko Sonca na bel papir oziroma na zaslon (slika 11). Zaslon, ki mora biti večji od premera slike Sonca, postavimo pravokotno na teleskop, za okularjem. Čim večja je slika, manj svetla je, saj se svetloba razporedi na večjo površino. Opazovanje je boljše, če opazujemo z zasenčenim zaslonom. Takšno opazovanje je najbolj varno in ima to prednost, da ga lahko opazuje več ljudi hkrati.



Slika 11: Opazovanje površja Sonca na zaslonu

- Sonce opazujemo neposredno skozi okular. V tem primeru nikoli ne gledamo brez uporabe primerne filtra. Najpomembnejše je, da uporabljamo filter, ki se nastavi na objektiv teleskopa in ga v celoti pokrije. Obstaja več vrst filtrov. Za opazovanje v beli svetlobi uporabljamo Daystar filter ali Mylar optično folijo. Oba prepuščata le $1/100000$ svetlobe. Daystarov filter da oranžno sliko Sonca, medtem ko Mylar folija da nekoliko modrikasto.

- Za razne druge pojave se uporabljajo specializirani ozkopasovni filtri. Tako za opazovanje kromosfere uporabljamo H-alfa filter.



Slika 12: Slike Sonca skozi različne filtre

3. RAZISKOVALNI DEL NALOGE

3.1. Pridobivanje podatkov za raziskovanje

Odločili smo se, da bomo podatke za svojo raziskavo pridobili na svetovnem spletu. Za opazovanje Sonca potrebujemo primerno opremo, razen tega pa za potrebe naloge ne bi mogli izvesti potrebnih meritev v tako dolgem časovnem obdobju. Obstaja več spletnih strani, kjer so dostopni profesionalni posnetki sonca. Spletna stran SpaceWeather vsebuje dnevni arhiv slik in podatkov o Soncu, ki jih pridobi iz Nasinega dinamičnega solarnega observatorija. Za potrebe naše naloge smo uporabili javni arhiv observatorija Kanzelhöhe v Gradcu.

3.2. Obervatorij Kanzelhöhe v Gradcu

KSO Observatorium Kanzelhöhe
für Sonnen- und Umweltforschung

KARL-FRANZENS-UNIVERSITÄT GRAZ
UNIVERSITY OF GRAZ

UNI GRAZ

Home Präsentation Instrumente Infos/Beobachtung Sonne & Klima Galerie Links

Kanzelhöhe 19
9521 Treffen am Ossiacher See
Austria

Telefon +43 4248 2717
Mobil +43 664 88546079

» E-Mail

Heute: Aufgang 05:47 UTC
Untergang 16:46 UTC

Letzte Beobachtung: 25.02.2018
Relativzahl: R = 0

Gerlitzén
1.2
13:05

UV-B Messnetz Österreich
aktueller UV-B Index
Kanzelhöhe / Gerlitzén
» www.uv-index.at

» Der Weg zu uns...
» Kontakt
» Bibliothek
» Datenarchiv
» Führungen
» IGAM
» UNI Graz
» english version

» ESA Spaceweather **esa**
» Weltraumwetter Österreich
» Sonnenposition berechnen...

CalIK
No
Obs

12:30(UT)
T: -13.7°C
Wind: NO
☀ 22%
❄ 103cm

aktuelle Wetterdaten
» Wetterarchiv
» ZAMG

Archiv ...

Besucher heute: **91** gesamt: **8640** (seit 2018-01-01) » Panorama... 2018-02-27 12:33 (UT)

IMPRESSUM NEWS SITEMAP SUCH E ENGLISH UNI GRAZ BETREUER/IN

Slika 13: Domača spletna stran observatorija Kanzelhöhe v Gradcu

Observatorij Kanzelhöhe ima domačo spletno stran na naslovu: <http://cesar.kso.ac.at/>. S pomočjo njihove spletne strani smo dobili številne podatke za našo raziskovalno nalogo, vsi pa lahko tam opazujemo dogajanje na Soncu ter nastanek njegovih peg, brez svoje opreme. Najstarejši posnetki Sonca, ki so objavljeni na spletni strani so iz leta 1944, in sicer v zelo drugačni obliki kot danes (slika 15) a so vseeno zelo uporabni viri.

Kanzelhöhe Observatory
Synoptic Archives

KARL-FRANZENS-UNIVERSITÄT GRAZ
UNIVERSITY OF GRAZ

Navigation Archives Docs & Info About Links

Synoptic Calendar

Sunspot Drawings ⓘ

Click on year to browse!									
				1944	1945	1946	1947	1948	1949
1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959
1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	

» Link to historical data from O. Myrbach...

» Observer overview

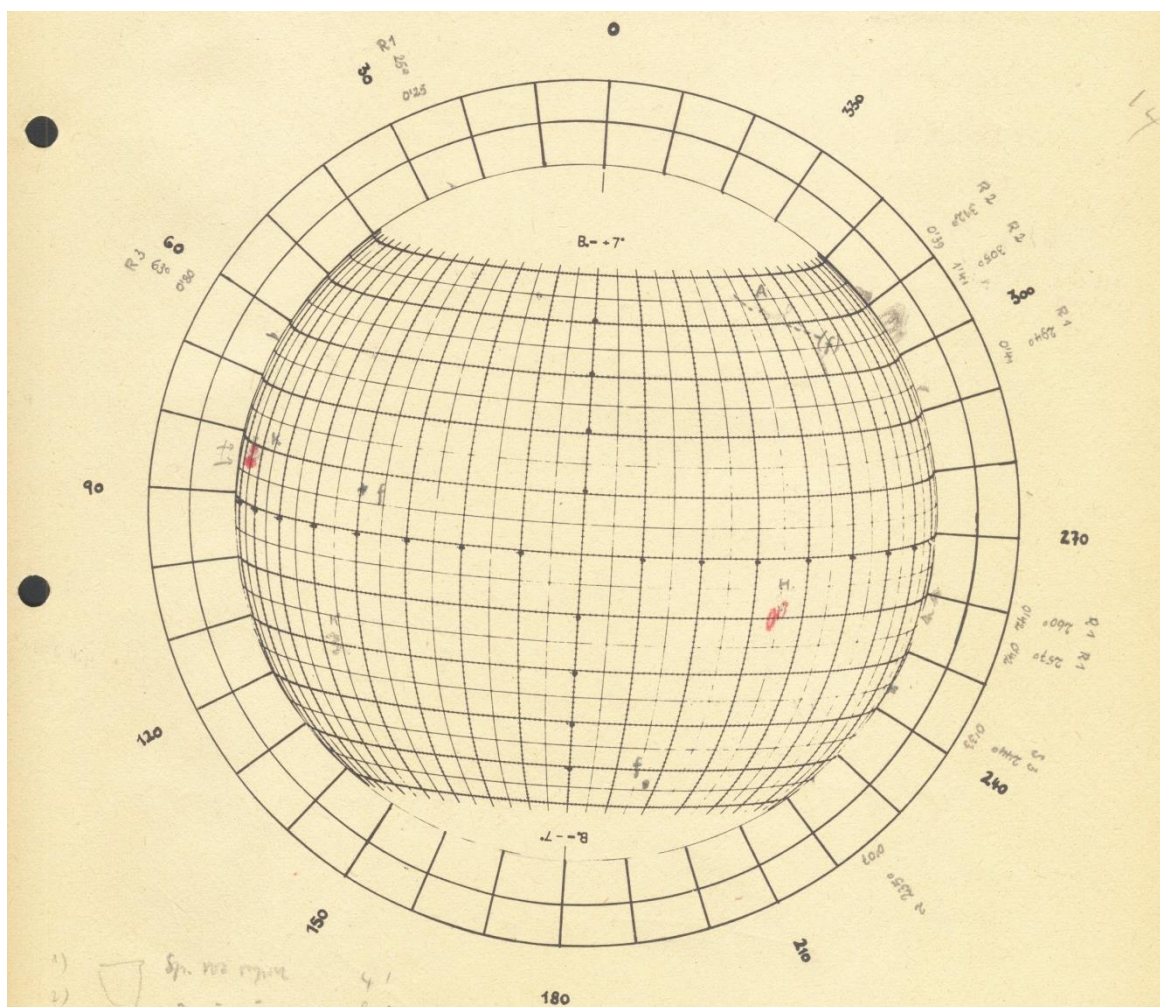
created 2018-02-28

Slika 14: Javni arhiv slik Sonca Observatorija v Gradcu od leta 1944 dalje

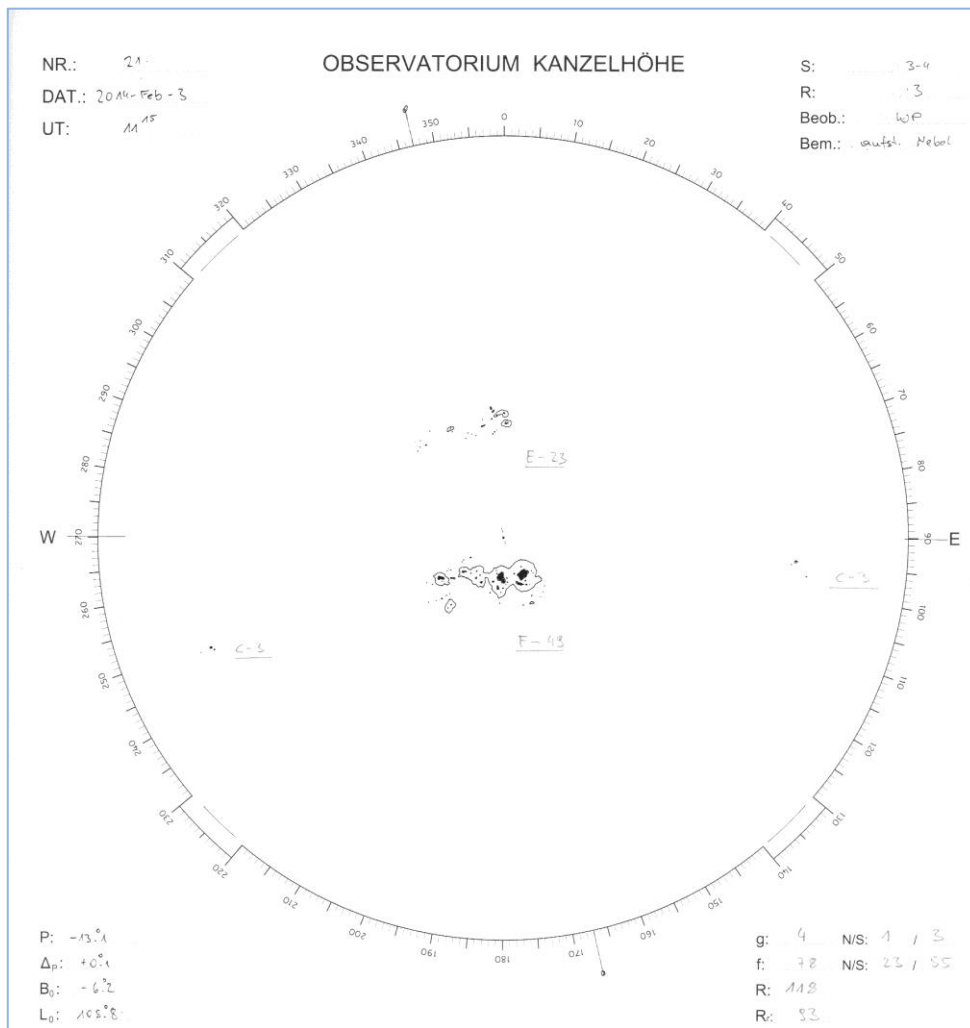
S tem programom smo ugotavljali dogajanje na Soncu oziroma nastajanje Sončevih peg. Ta program je zelo uporaben, če želimo spremljati dogajanje na soncu v preteklosti in danes. Na naslovnici so vedno današnji podatki ter slike Sonca današnjega oziroma prejšnjega dne, ter panoramske fotografije na lokaciji, kjer so fotografije posnete. Pod naslovom *ABOUT*, je opisana pot do lokacije od koder so fotografije posnete. Na naslovu je tudi veliko povezav ter naslovov s katerimi pridemo do določenih podatkov. Pod naslovom *BROSE DATA* je veliko povezav, kot na primer *two week photosphere*, kjer lahko najdemo slike Sonca v zadnjih dveh tednih. Če želimo videti slike Sonca čez vsa leta pa poiščemo povezavo *SUNSPOT DRAWINGS* (slika 16). V primeru, da nas zanimajo samo podatki o številu peg, izberemo *SUNSPOT NUMBERS*. Na povezavi *Ha 4* (slika 17) lahko najdemo resnične slike Sonca kateregakoli dne v črno-beli obliki.

Zelo lepe slike o Soncu pa najdemo na povezavi *WHITELIGHT* (slika 18), kjer si lahko Sonce samo v črno-beli obliki z zelo lepo vidnimi pegami. Podobne slike lahko tudi najdemo na naslednjih povezavah:

- <http://oh.geof.unizg.hr/>
- <https://solarmonitor.org/>
- <http://www.swpc.noaa.gov/>
- <http://fenyi.solarobs.csfk.mta.hu/>



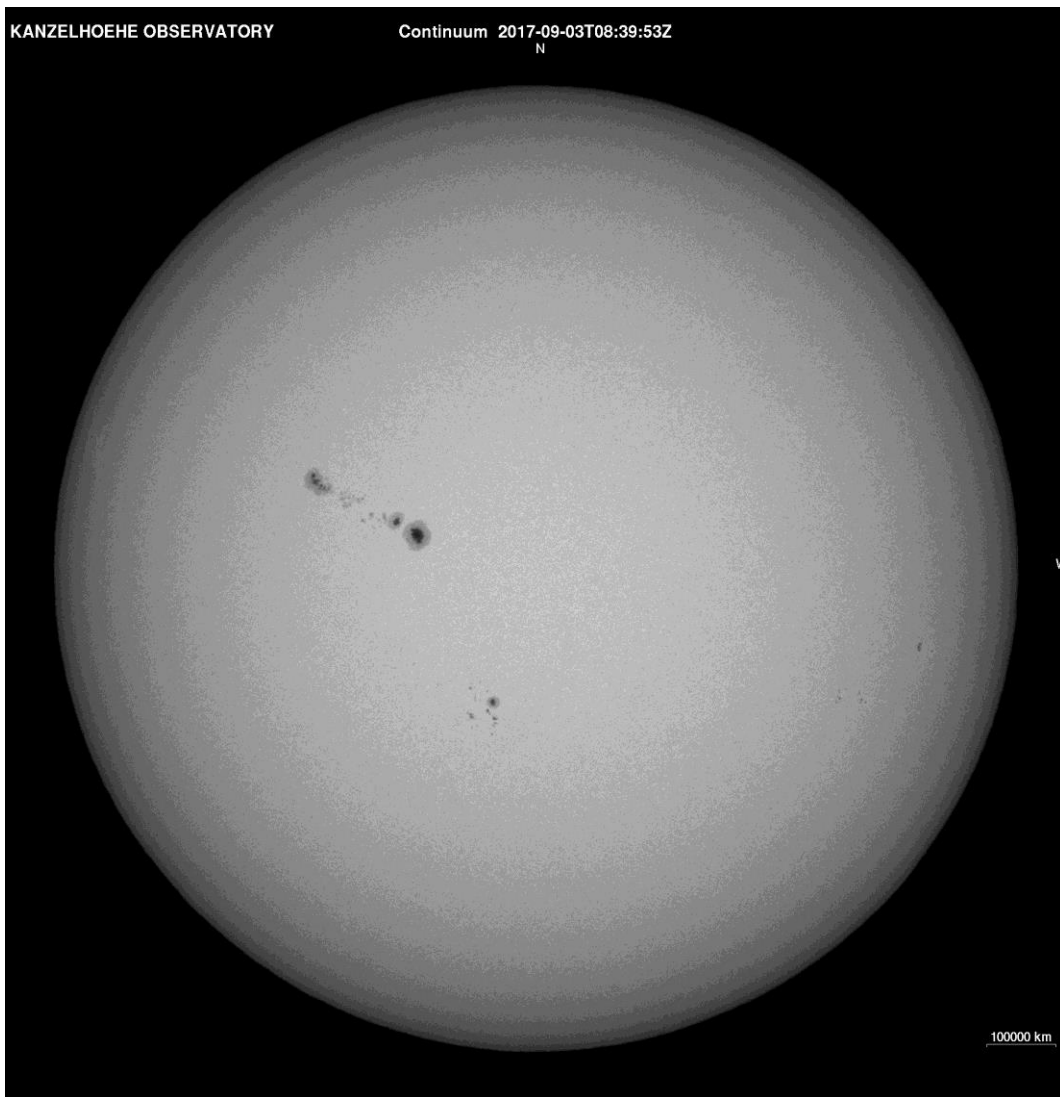
Slika 15: Slika Sončevih peg iz leta 1944 (Kanzelhöhe v Gradcu)



Slika 16: Slika Sončevih peg, 3. 2. 2014 (Kanzelhöhe v Gradcu)



Slika 17: Slika Sončevih peg, 21. 5. 2017 (Kanzelhöhe v Gradcu)



Slika 18: Slika Sončevih peg, 3. 9. 2017 (Kanzelhöhe v Gradcu)

3.2. Hitrost vrtenja sonca

Poiskali smo primerne slike Sonca in njegovih sončnih peg, za nekaj zaporednih dni, pri katerih se je opazovana pega nahajala v različnih predelih Sončeve površine, saj smo želeli ugotoviti razlike v hitrosti gibanja sončevih peg in s tem tudi razlike v gibanju površine Sonca. Izbrali smo tri pege in pri vsaki, zaradi večje natančnosti, spremljali njeno gibanje več dni zapored ter nato izračunali povprečje.

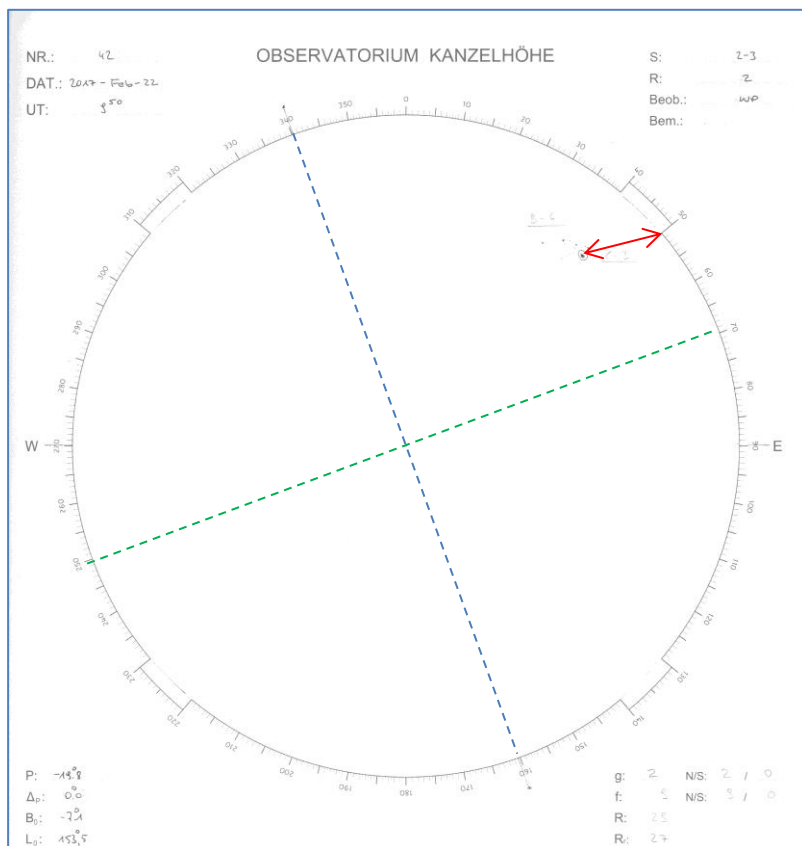
Pri analizi posnetkov Sonca smo upoštevali merilo. Na vseh posnetkih je premer Sonca 87 mm in ko upoštevamo resnični premer Sonca, ki meri 1400000 km, dobimo merilo, ki smo ga upoštevali pri vseh naših izračunih:

$1400000 : 87 = 16092$ in to pomeni, da 1 mm na sliki predstavlja 16092 km v naravi.

Na vseh slikah smo izmerili razdalje od desnega roba Sonca, upoštevali merilo in s pomočjo časa med enim in drugim posnetkom izračunali hitrost premikanja Sončeve pege v km/h s pomočjo formule:

$$v = \frac{S}{t}$$

3.2.1 Gibanje sončevih peg na severni polobli – heliografska širina pege je 22° .



Slika 19: Sončeve pege, 22. 2. 2017 ob 9.50

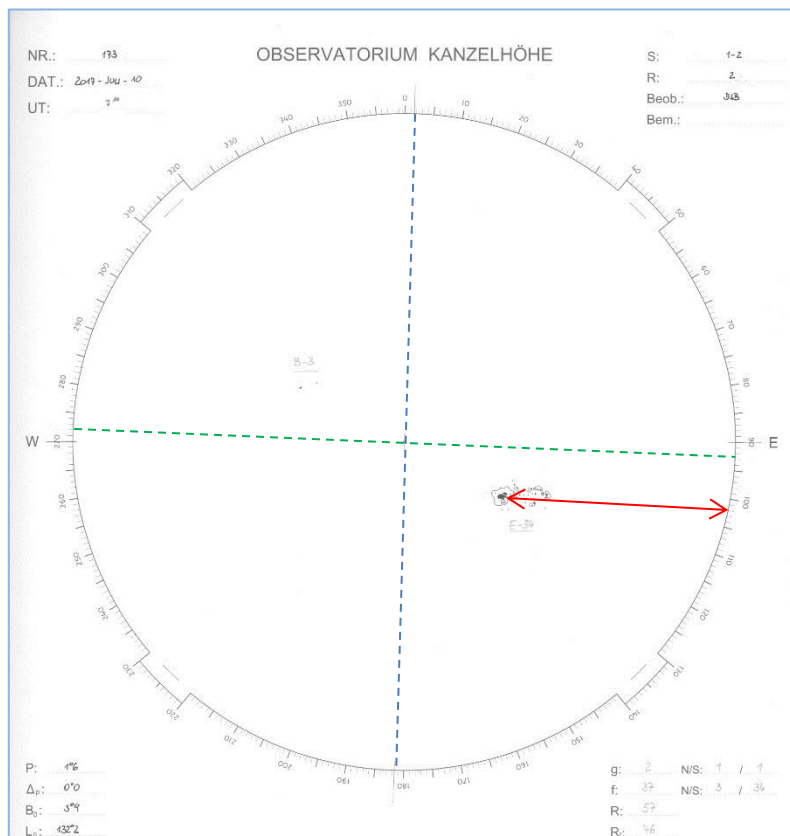
Vse izmerjene in izračunane podatke smo zbrali v tabeli.

Datum	Ura	Čas v h	Razdalja v mm	Premik v mm	Premik v km	Hitrost v km/h
22. 2. 2017	9.50	-	10	-	-	-
23. 2. 2017	8.20	22,5	18	8	128736	5722
25. 2. 2017	8.00	37,7	34	16	257472	6829
26. 2. 2017	7.40	23,7	44	10	273564	6789
27. 2. 2017	9.05	25,5	54	10	160920	6311
Povprečje						6412

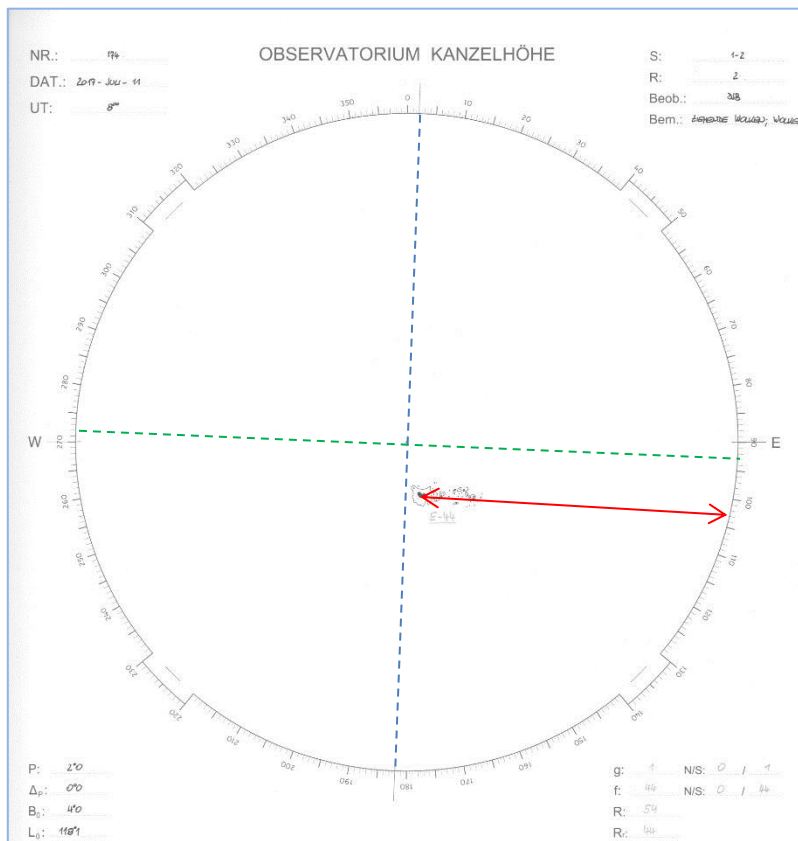
Tabela 1: Podatki o gibanju Sončevih peg v času od 22. 2. do 27. 2. 2017

Povprečna vrednost gibanja Sončeve pege na heliografski širini 22° na severni polobli Sonca je 6412 km/h oziroma 1,781 m/s.

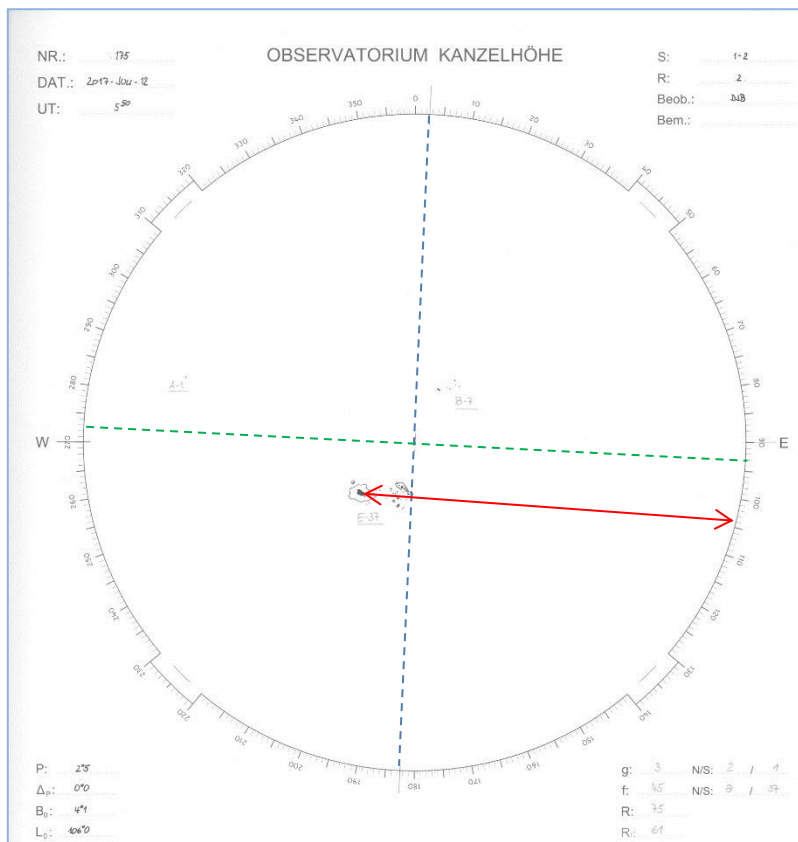
3.2.2. Gibanje sončeve pege s heliografsko širino pege 10° .



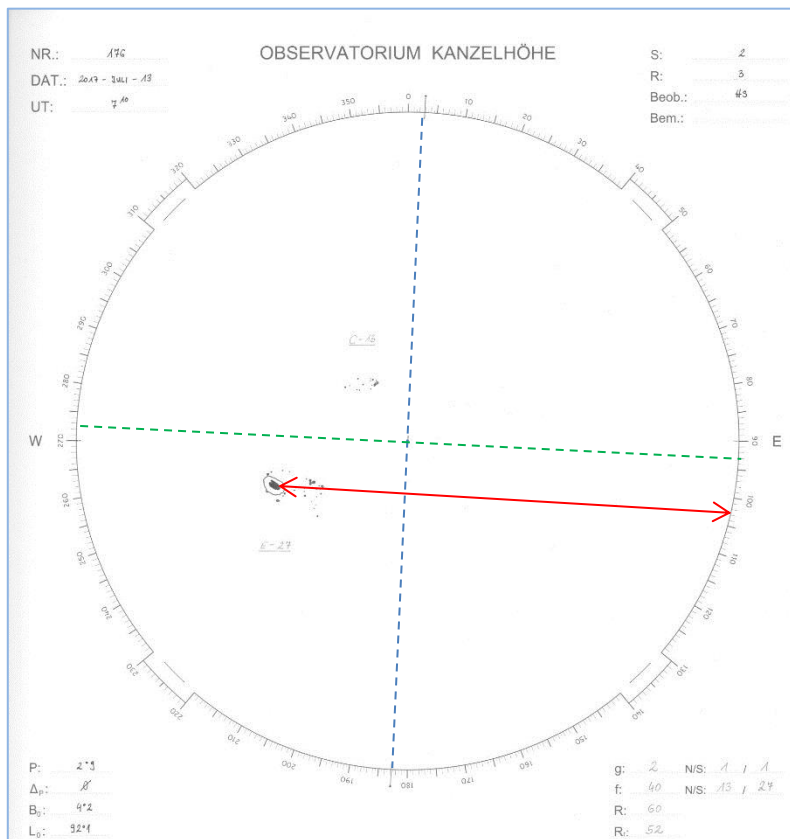
Slika 24: Sončeve pege, 10. 7. 2017 ob 7.10



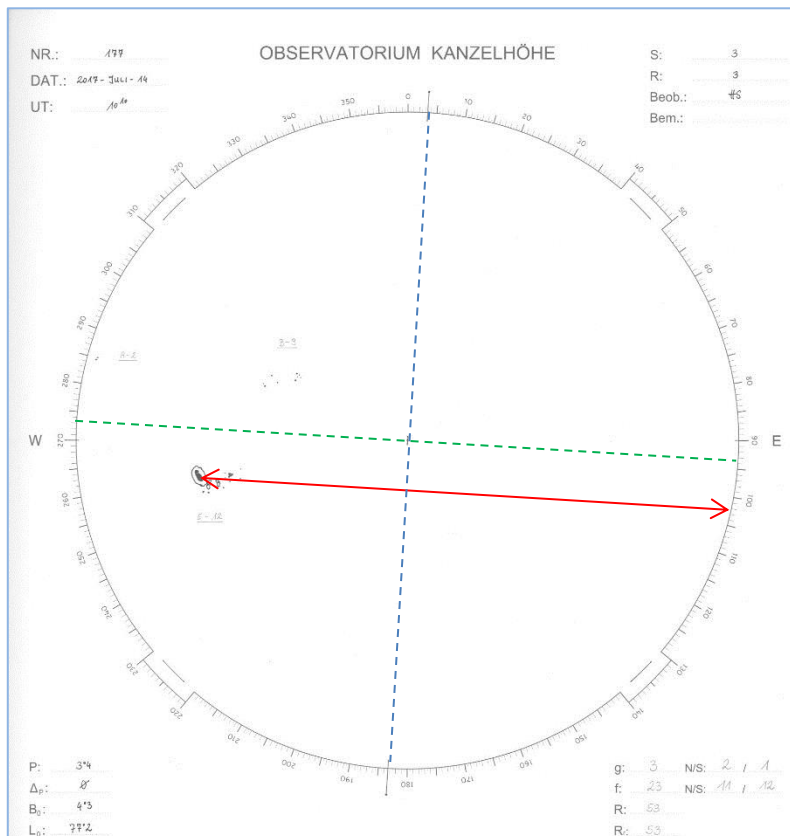
Slika 25: Sončeve pege, 11. 7. 2017 ob 8.00



Slika 26: Sončeve pege, 12. 7. 2017 ob 5.50



Slika 27: Sončeve pege, 13 .7. 2017 ob 7.10



Slika 28: Sončeve pege, 14. 7. 2017 ob 10.10

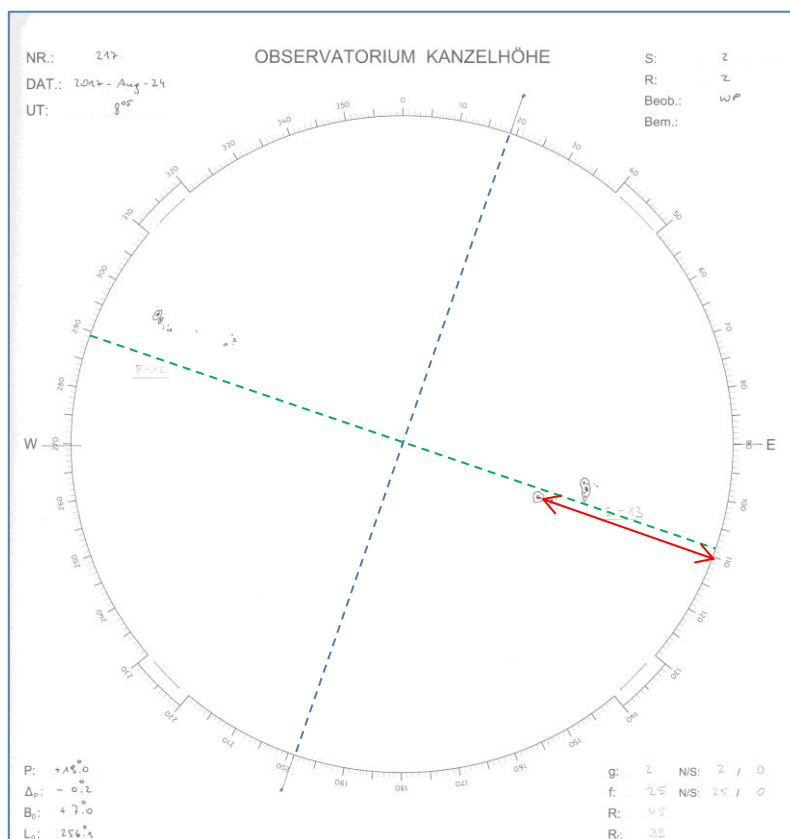
Vse izmerjene in izračunane podatke smo zbrali v tabeli.

Datum	Ura	Čas v h	Razdalja v mm	Premik v mm	Premik v km	Hitrost v km/h
10. 7. 2017	7.10	-	30	-	-	-
11. 7. 2017	8.00	24,8	40	11	160920	7152
12. 7. 2017	5.50	21,5	49	9	144828	6736
13. 7. 2017	7.10	25,2	60	11	177012	7080
14. 7. 2017	10.10	27,0	71	11	177012	6556
Povprečje						6881

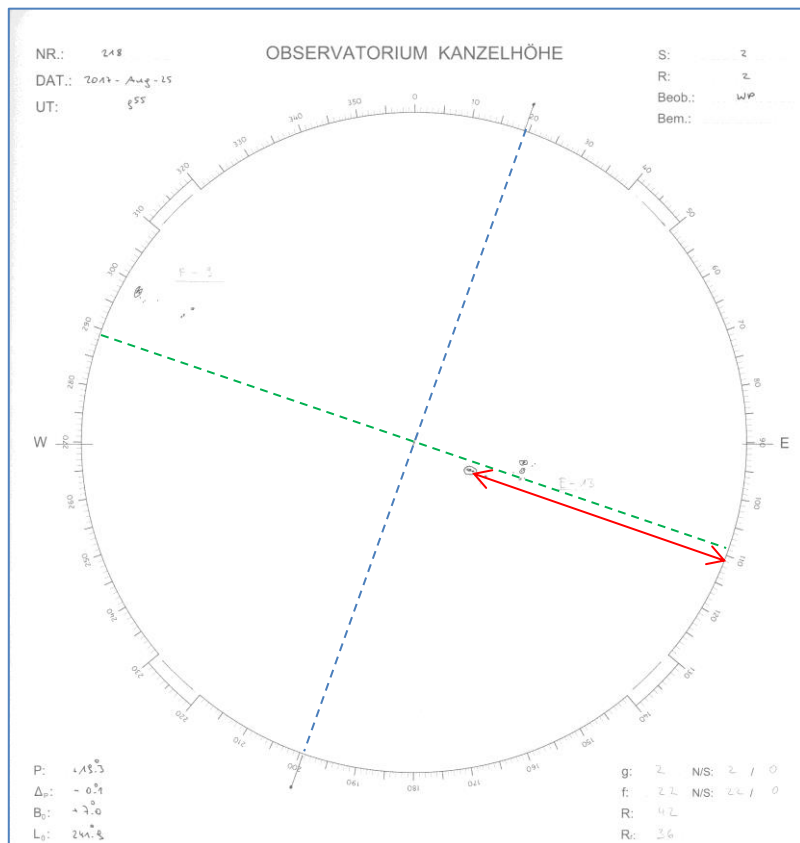
Tabela 2: Podatki o gibanju Sončevih peg v času od 10. 7. do 14. 7. 2017

Povprečna vrednost gibanja Sončeve pege v bližini ekvatorja na heliografski širini 10^0 na južni polobli Sonca je približno 6881 km/h oziroma 1,912 km/s.

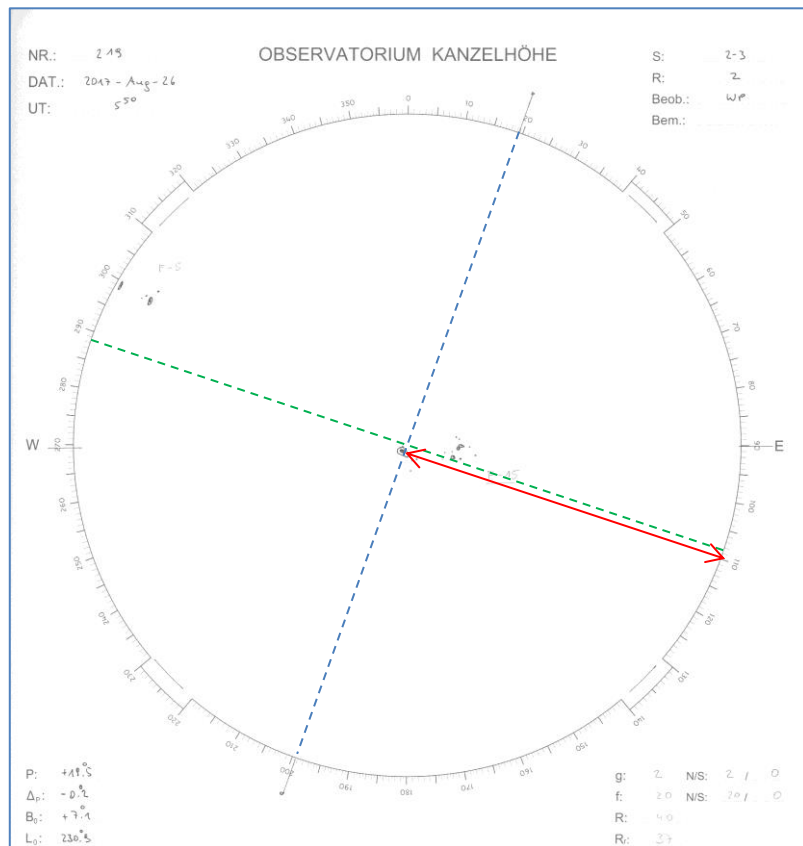
3.2.3. Gibanje sončeve pege na ekvatorju



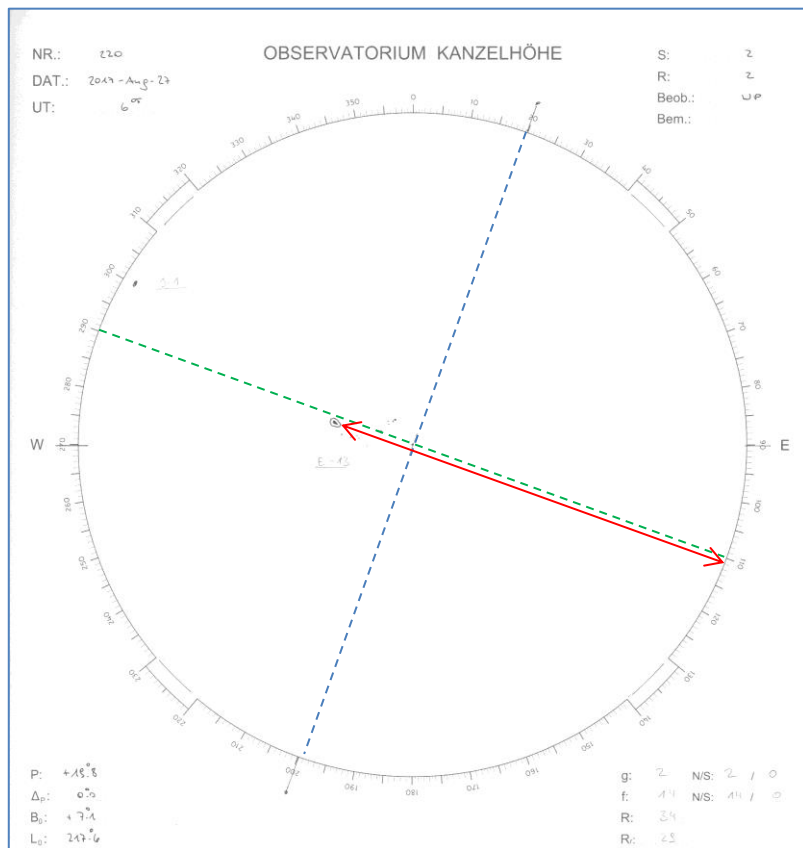
Slika 29: sončeve pege, 24. 8. 2017 ob 8.05



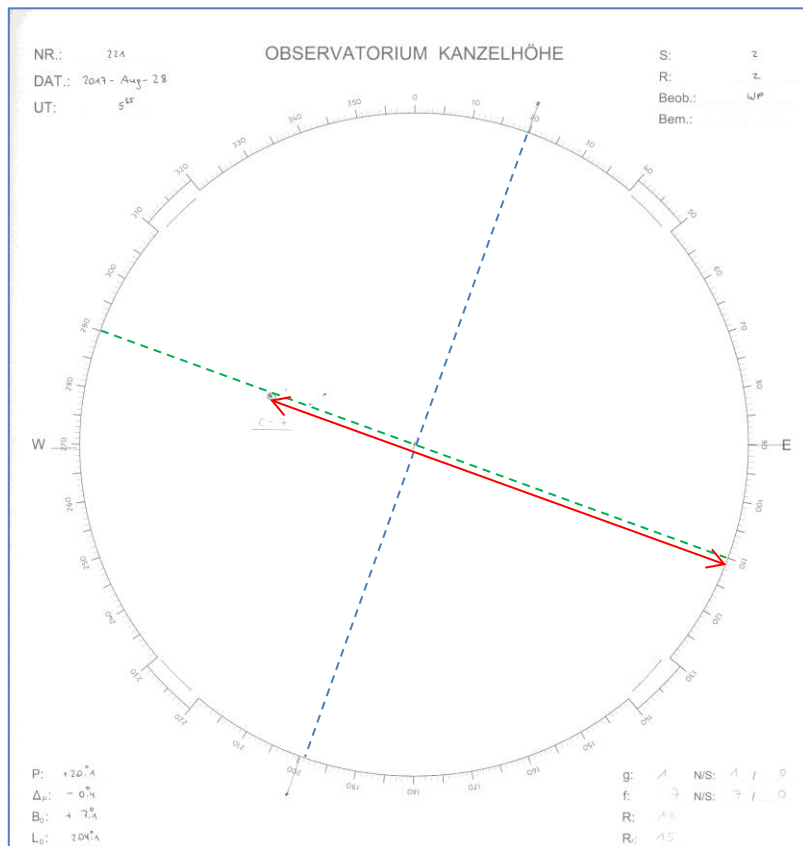
Slika 30: Sončeve pege, 25.8. 2017 ob 8.55



Slika 31: Sončeve pege, 26. 8. 2017 ob 5.50



Slika 32: Sončeve pege, 27. 8. 2017 ob 6.05



Slika 33: Sončeve pege, 28.8. 2017 ob 5.05

Vse izmerjene in izračunane podatke smo zbrali v tabeli.

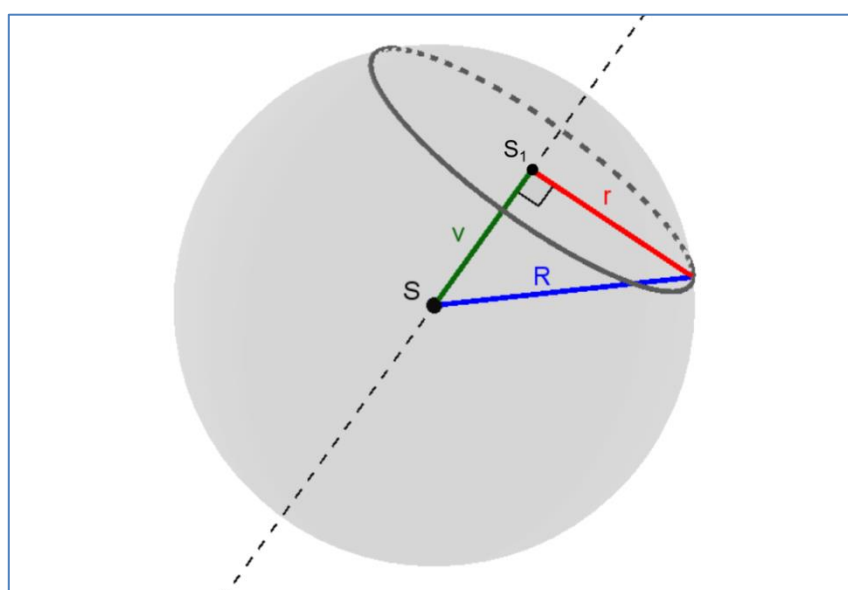
Datum	Ura	Čas v h	Razdalja v mm	Premik v mm	Premik v km	Hitrost v km/h
24. 8. 2017	8.05	-	24	-	-	-
25. 8. 2017	8.55	24,8	35	11	177920	7174
26. 8. 2017	5.50	21,0	44	9	144828	6897
27. 8. 2017	6.05	24,1	55	11	177012	7345
28. 8. 2017	5.05	23,0	65	10	160092	6969
Povprečje						7096

Tabela 3: Podatki o gibanju Sončevih peg v času od 24. 8. do 28. 8. 2017

Povprečna vrednost gibanja Sončeve pege na ekvatorju je približno 7096 km/h oziroma 1,971 km/s.

3.2.4. Vrtilni čas Sonca v odvisnosti od heliografske širine

S pomočjo hitrosti Sončevih peg smo za vse tri heliografske širine izračunali še vrtilni čas. Za izračun smo potrebovali obseg kroga, ki je odvisen od lokacije pege oziroma od njene heliografske širine.



Slika 34: Obseg krogelnega kroga (Pitagorov izrek v krogli)

Tudi v tem primeru smo si pomagali z merjenjem razdalj na slikah in s pomočjo merila določili polmere krogov (r) po katerih se gibljejo pege. V primeru Sončeve pege na ekvatorju Sonca smo izračunali obseg kroga s pomočjo znanega polmera Sonca (R), ki meri približno 700 000 km.

a) Vrtilni čas pege s heliografsko širino 22°

Podatki:	Računi:	$t = \frac{S}{v}$
$r = 659772 \text{ km}$	$O = \pi \cdot 2r$	$t = \frac{4143368 \text{ km}}{1,781 \frac{\text{km}}{\text{s}}}$
$v = 1,781 \text{ km/s}$	$O = 3,14 \cdot 1319544 \text{ km}$	$t = 2326428 \text{ s}$
	$O = 4143368 \text{ km}$	$t = 26,9 \text{ dni}$

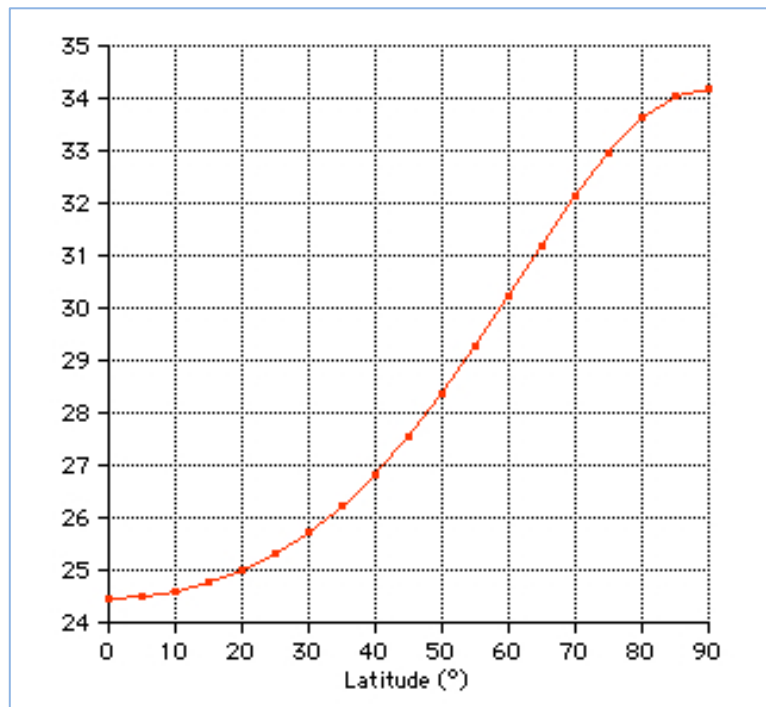
b) Vrtilni čas pege s heliografsko širino 10°

Podatki:	Računi:	$t = \frac{S}{v}$
$r = 691956 \text{ km}$	$O = \pi \cdot 2r$	$t = \frac{4345484 \text{ km}}{1,912 \frac{\text{km}}{\text{s}}}$
$v = 1,912 \text{ km/s}$	$O = 3,14 \cdot 1383912 \text{ km}$	$t = 2272743 \text{ s}$
	$O = 4345484 \text{ km}$	$t = 26,3 \text{ dni}$

c) Vrtilni čas pege na ekvatorju

Podatki:	Računi:	$t = \frac{S}{v}$
$r = 700000 \text{ km}$	$O = \pi \cdot 2r$	$t = \frac{4396000 \text{ km}}{1,971 \frac{\text{km}}{\text{s}}}$
$v = 1,971 \text{ km/s}$	$O = 3,14 \cdot 1400000 \text{ km}$	$t = 2230340 \text{ s}$
	$O = 4396000 \text{ km}$	$t = 25,8 \text{ dni}$

V literaturi smo poiskali podatke o odvisnosti vrtilnega časa Sonca od heliografske širine in jih primerjali z našimi izračuni.



Slika 35: Odvisnost vrtilnega časa Sonca od heliografske širine

Os vrtenja Sonca okoli lastne osi je nagnjena le 7° glede na pravokotnico na ravnino Zemljine ekliptike. Sonce se vrti v isti smeri kot Zemlja. To je pozitivna smer vrtenja, če gledamo s severa. Zato se pege najprej pojavijo na vzhodnem robu Sonca in se v okoli 14 dneh po rahlo poševni poti pomaknejo na zahodni rob.

Dobljeni rezultati kažejo, da pege, ki so od ekvatorja bolj oddaljene, potrebujejo dlje časa za obhod okoli Sonca. Med podatkom za obhodni čas, ki smo ga našli na internetu in tistim, ki smo izračunali nastane nekaj razlike, ki pa je za našo metodo oziroma natančnost razumljiva in z dobljenim rezultatom smo zelo zadovoljni.

Pravzaprav smo želeli potrditev, da je vrtenje Sonca okoli lastne osi precej drugačno kot vrtenje trdne Zemlje. Sonce je plinasto in se lahko vrti z različnimi hitrostmi na različnih širinah. Z merjenjem hitrosti premikanja Sončevih peg ugotovimo, da je obhodni čas na ekvatorju okoli 26 dni. Na 22° severne in južne sončne širine pa obhodni čas naraste na približno 27 dni. Povprečna hitrost rotacije sonca na ekvatorialni ravnini znaša približno 7000 km/h oziroma 1,971 km/s.

Vsi trije dobljeni rezultati lepo potrjujejo domnevo, da se z oddaljenostjo od ekvatorja vrtilna hitrost Sonca manjša oziroma obhodni čas podaljša:

Heliografska širina (v stopinjah)	Vrtilna hitrost (km/s)	Obhodni čas (dnevi)
0	1,971	25,8
10	1,912	26,3
22	1,781	26,9

Dobljeni rezultati imajo orientacijsko vrednost v okviru naše natančnosti pri merjenju razdalj na posnetkih Sonca in potrjujejo prvo hipotezo, da lahko z analizo gibanja Sončevih ped potrdimo, da se Sonce ne giblje kot homogeno telo, ampak se različne plasti Sonca gibljejo različno hitro.

3.3. Sončeve pege v letu 2017

Že pred več kot stoletjem so opazili, da se število in položaj peg spreminja v ciklih s periodo okoli 11 let. V začetku cikla se pojavi na vsakem delu sončne poloble en par peg, ki imajo vedno nasprotno magnetno polarnost. Na začetku cikla so kopice peg od sončnega ekvatorja oddaljene okoli 30° severne in južne sončne širine. Število peg narašča do svojega maksimuma v naslednjih štirih do petih letih. Nato število peg do konca cikla počasi upada. Naslednje pege se pojavljajo v pasovih, ki so vedno bliže sončevemu ekvatorju. Ko se cikel zaključi so pege na okoli 5° severne in južne sončeve širine. Naslednji cikel se znova začne pri večjih heliografskih širinah. Čeprav je povprečna dolžina cikla sončevih peg okoli 11 let, pa posamezni cikli variirajo od 9 do 14 let. Tako je natančno določanje maksimuma cikla nemogoče.

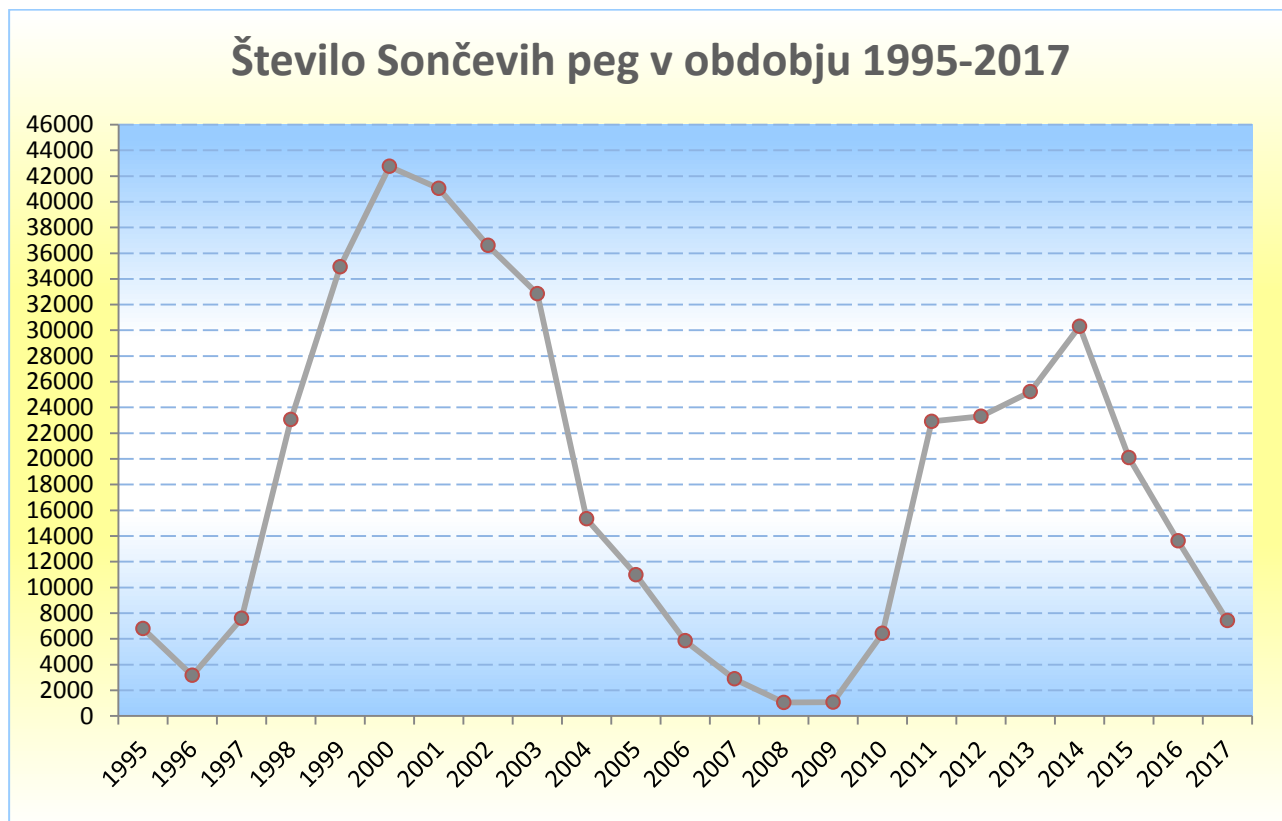
Poiskali smo podatke o številu sončevih peg za zadnjih 23 let, v obdobju od leta 1995 do leta 2017 in jih prikazali v tabeli:

leto	število peg	leto	število peg	leto	število peg
1995	6795	2003	32841	2011	22910
1996	3152	2004	15326	2012	23303
1997	7581	2005	10980	2013	25207
1998	23043	2006	5839	2014	30305
1999	34936	2007	2877	2015	20100
2000	42745	2008	1051	2016	13610
2001	41039	2009	1067	2017	7405
2002	36587	2010	6414		

Tabela 4: letno število Sončevih peg v obdobju od leta 1995 do leta 2017

Podatki iz tabele potrjujejo domnevo, da je natančno določanje cikla sončevih peg nemogoče, saj podatek o času trajanja 11 let velja v povprečju. Za zadnjih 23 let smo ugotovili maksimum leta 2000 in nato leta 2014. Dolžina zadnjega cikla je bila torej 14 let.

Podatke iz tabele smo prikazali tudi grafično in iz grafa sta razvidna oba maksimuma in zadnji cikel, ki je trajal 14 let. Predvidevamo lahko, da bo naslednji maksimum števila sončevih peg nastal čez 9 - 14 let, torej najprej leta 2023 in najkasneje leta 2028.



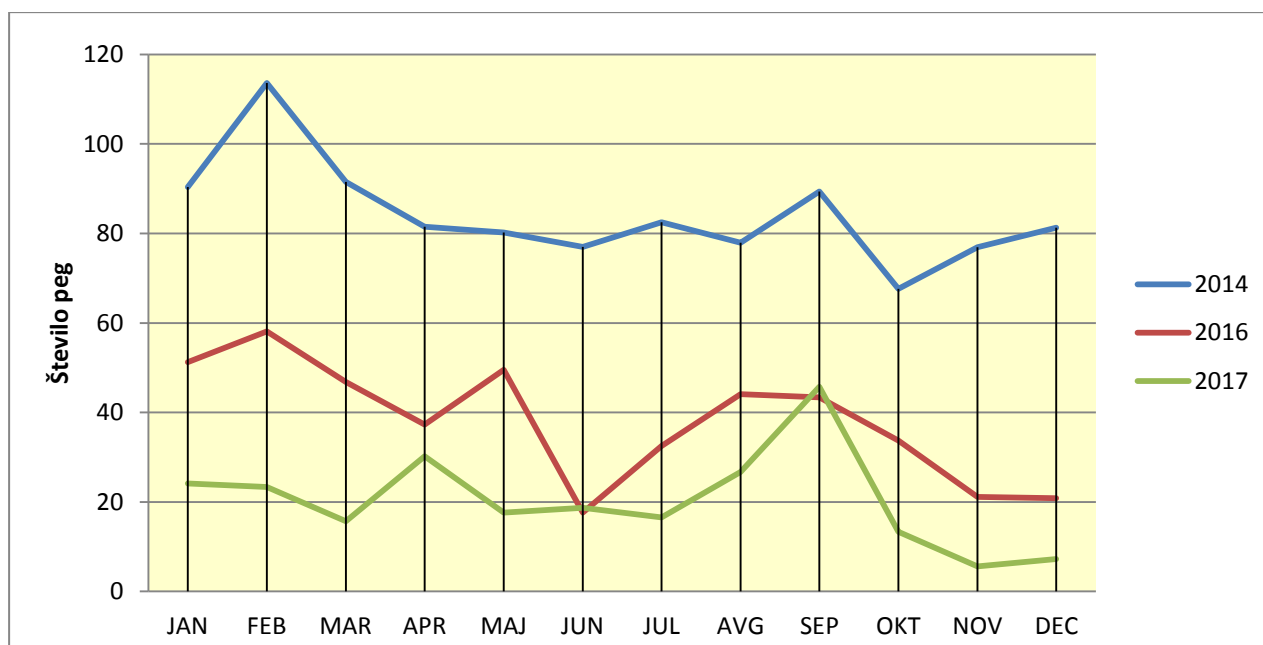
Graf 1: letno število Sončevih peg v obdobju 1995-2017

Zadnji vrhunec števila sončevih peg je bil leta 2014. To seveda pomeni, da je bilo v letu 2017 pričakovati manjše število sončevih peg. Zanimalo nas je spreminjanje števila peg po mesecih v letu 2017, saj smo domnevali, da se bo število peg iz meseca v mesec postopno manjšalo. Da bi ugotovili, ali je število sončevih peg vedno bolj izrazito v določenem obdobju leta, pa smo v analizo števila peg po mesecih zajeli še leto 2016 in leto 2014. Podatke smo zbrali v tabeli in jih prikazali z grafom.

V tabeli smo z rdečo barvo za vsako leto označili najvišje število sončevih peg in z modro barvo najnižje število peg.

Meseci	Leto 2014	Leto 2016	Leto 2017
	Povprečno št. peg	Povprečno št. peg	Povprečno št. peg
Januar	90,4	51,2	24,1
Februar	113,6	58,1	23,3
Marec	91,5	46,8	15,7
April	81,5	37,3	30,2
Maj	80,2	49,5	17,6
Junij	77,0	17,6	18,7
Julij	82,5	32,5	16,5
Avgust	77,9	44,1	26,7
September	89,4	43,4	45,7
Oktober	67,6	33,7	13,3
November	76,9	21,1	5,6
December	81,3	20,8	7,2
SKUPAJ	1009,8	456,1	244,6

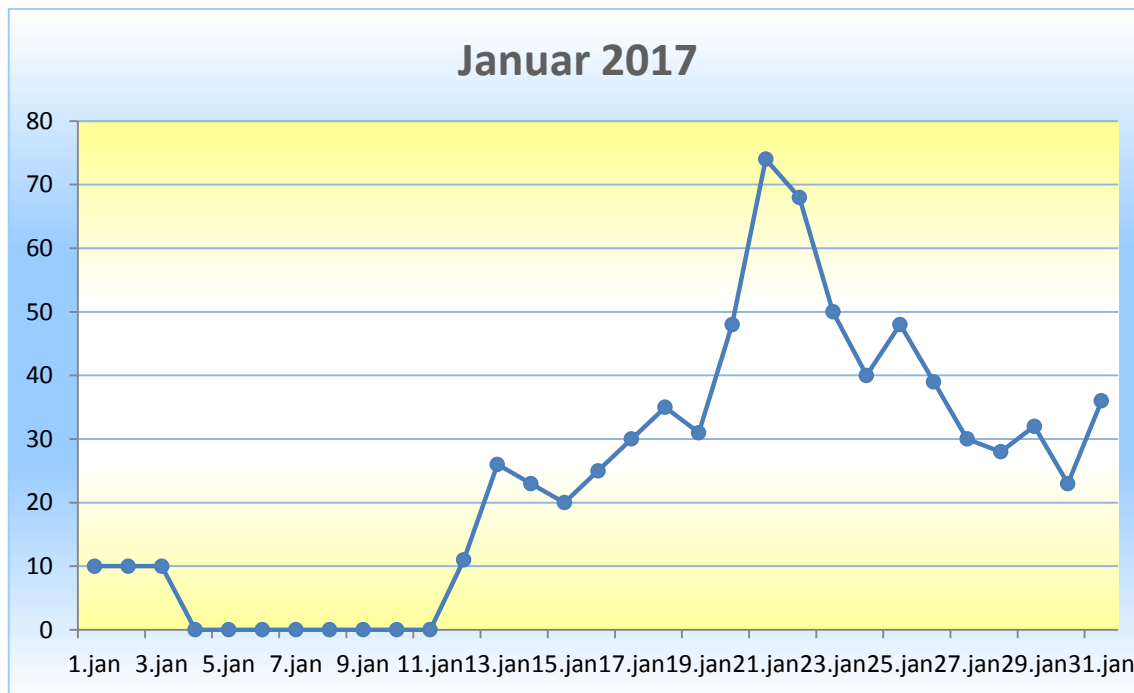
Tabela 5: Povprečno število Sončevih peg po mesecih za leto 2014, 2016 in 2017



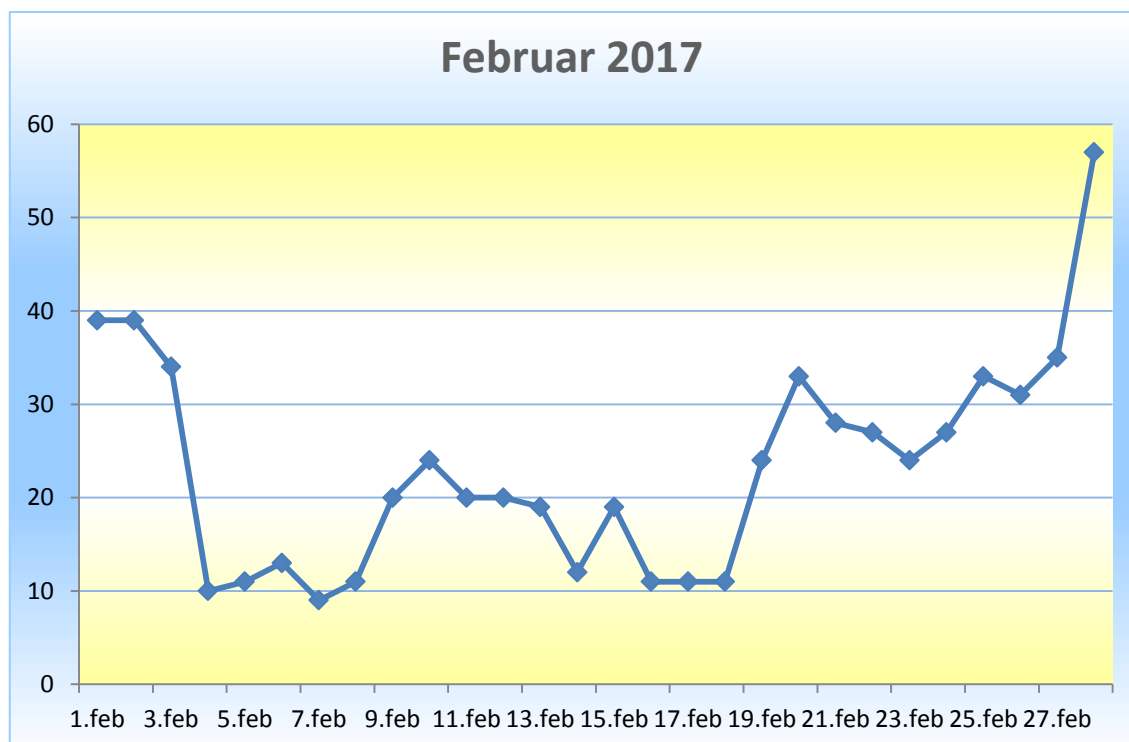
Graf 5: Spreminjanje mesečnega števila sončevih peg za leto 2014, 2016 in 2017

Analiza grafa, kjer so skupno prikazani podatki o številu peg po posameznih mesecih v letih 2014, 2016 in 2017 kaže, da se število sončevih peg po mesecih spreminja zelo različno in da noben mesec oziroma noben del leta ne izstopa posebej.

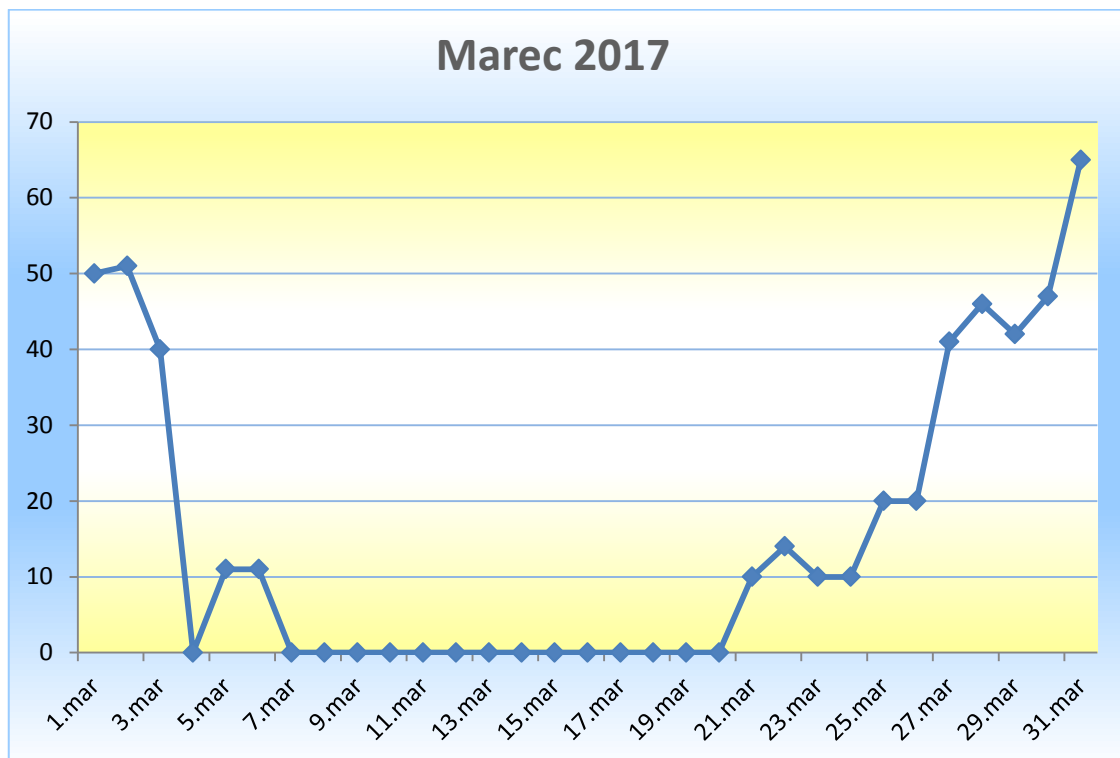
3.3.1 Sončeve pege v letu 2017 po mesecih



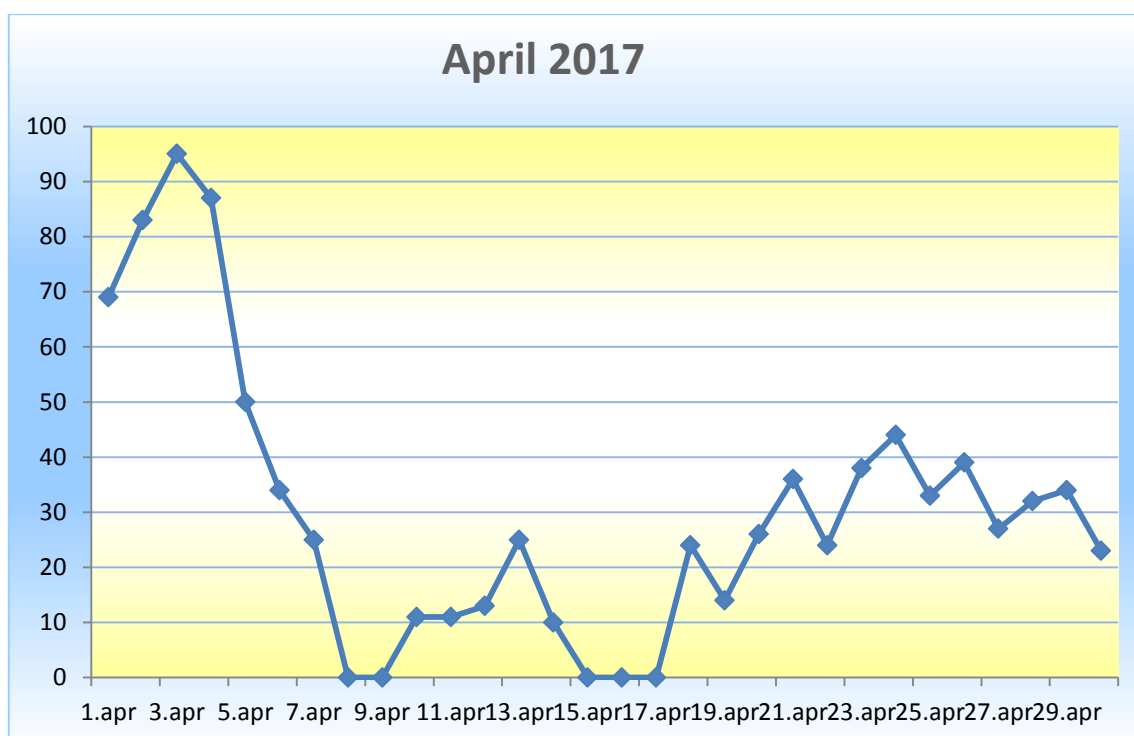
V začetku vidimo padec peg na Soncu, proti koncu mesca pa velik vzpon števila peg.



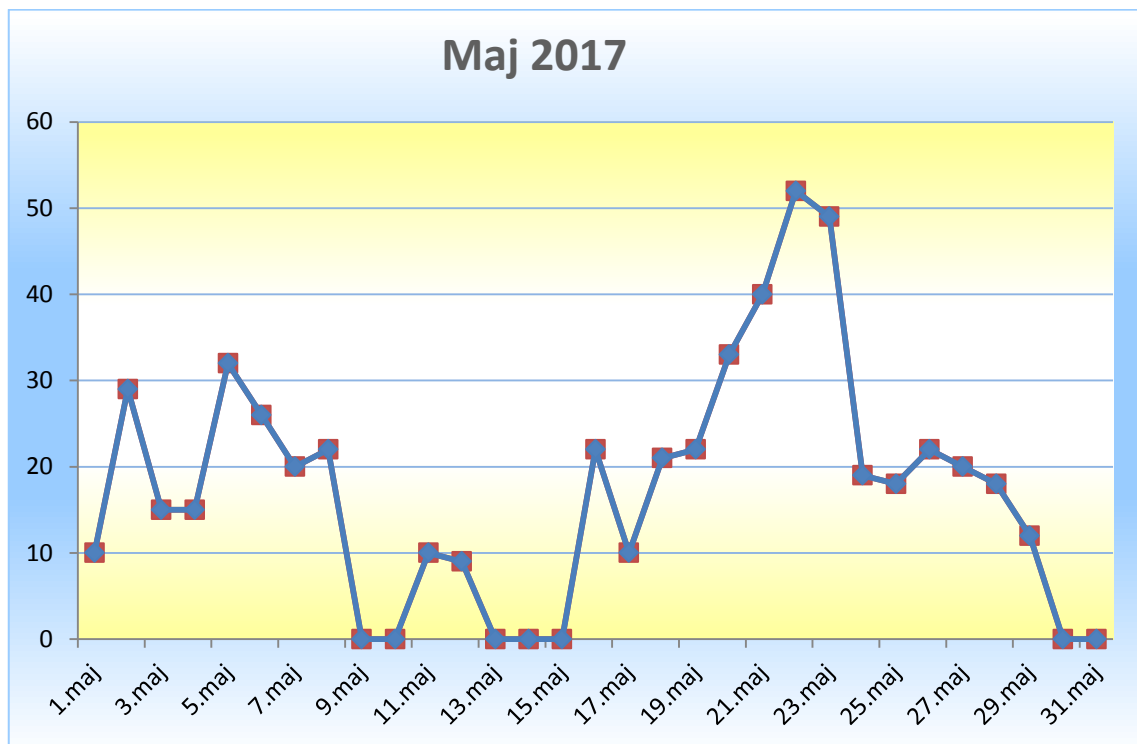
V mesecu februarju lahko opazimo v povprečju enako število peg skozi celoten mesec, proti koncu meseca celo zelo izrazito visoko število. .



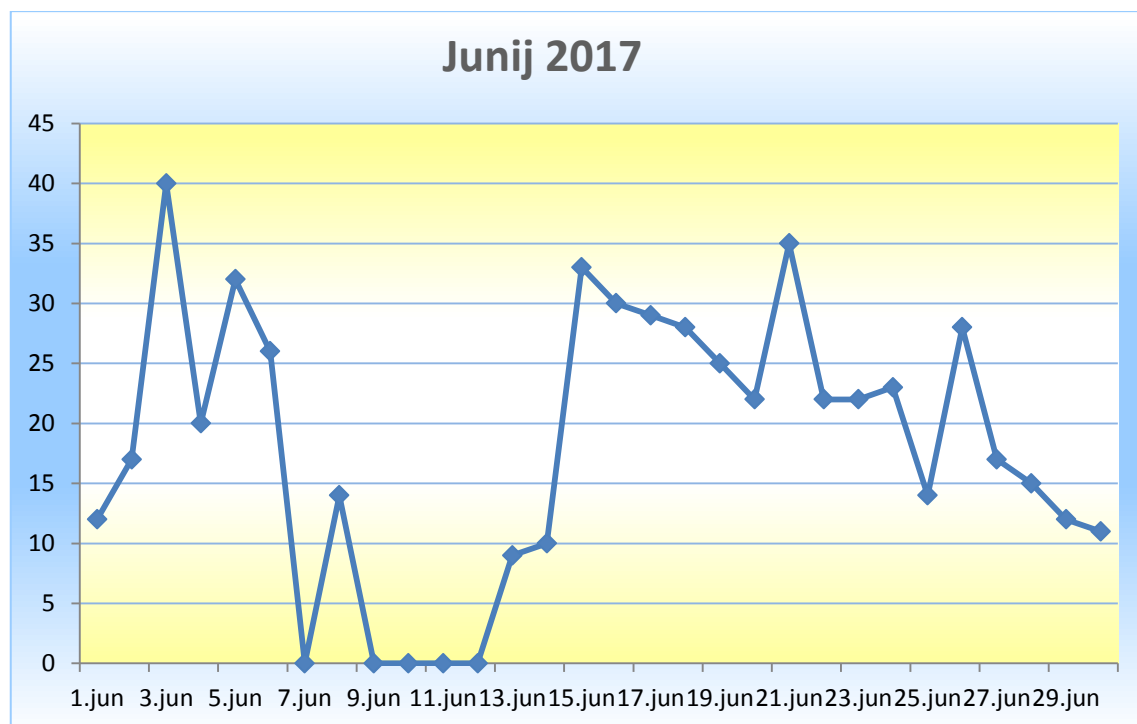
V mesecu marcu lahko vidimo, da je bilo v začetku in koncu meseca veliko sončevih peg, v sredini pa jih skoraj pol meseca ni bilo nič.



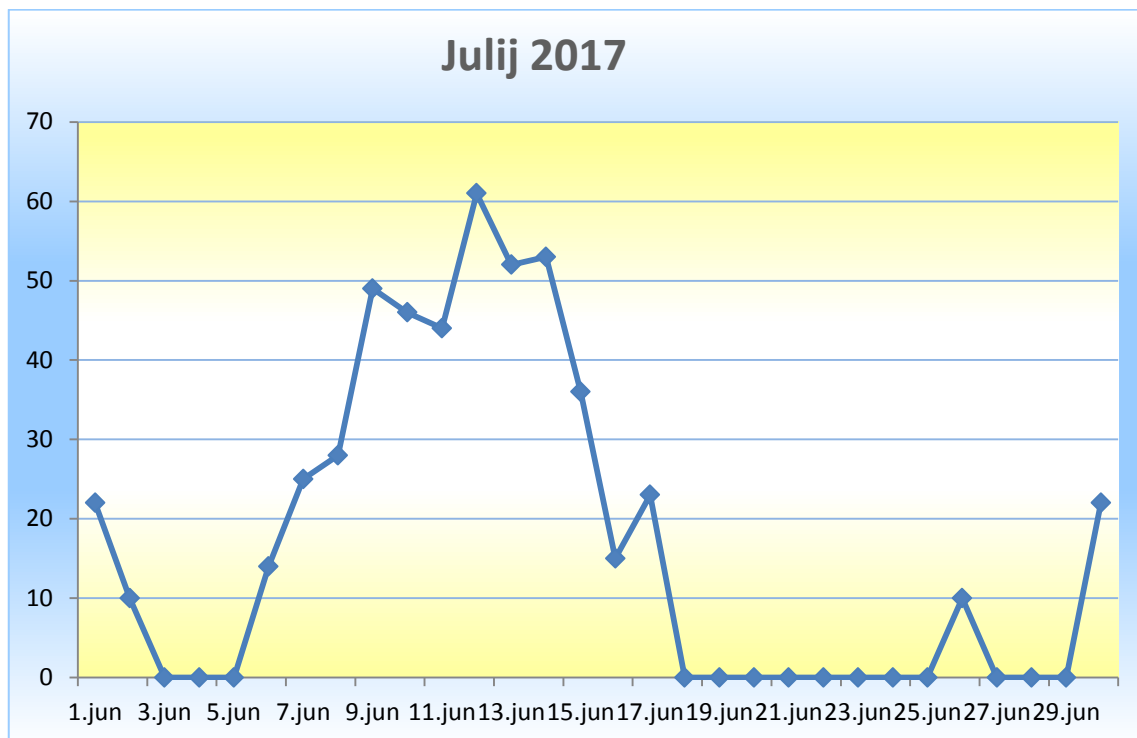
V mesecu aprilu lahko vidimo, da je bilo na začetku meseca zelo veliko peg, proti koncu pa jih je bilo vedno manj, za razliko od nekaterih dni v sredi meseca, ko jih ni bilo nič.



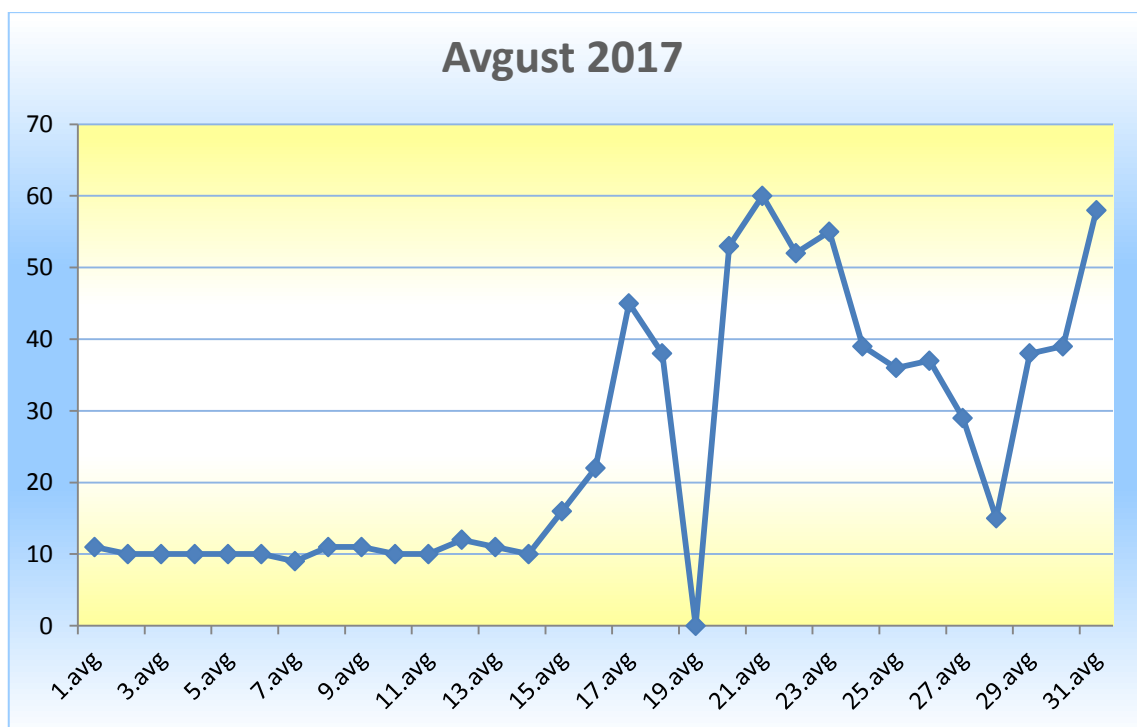
V mesecu maju je bilo število peg v začetku meseca sorazmerno enako, proti koncu pa je to število precej naraslo.



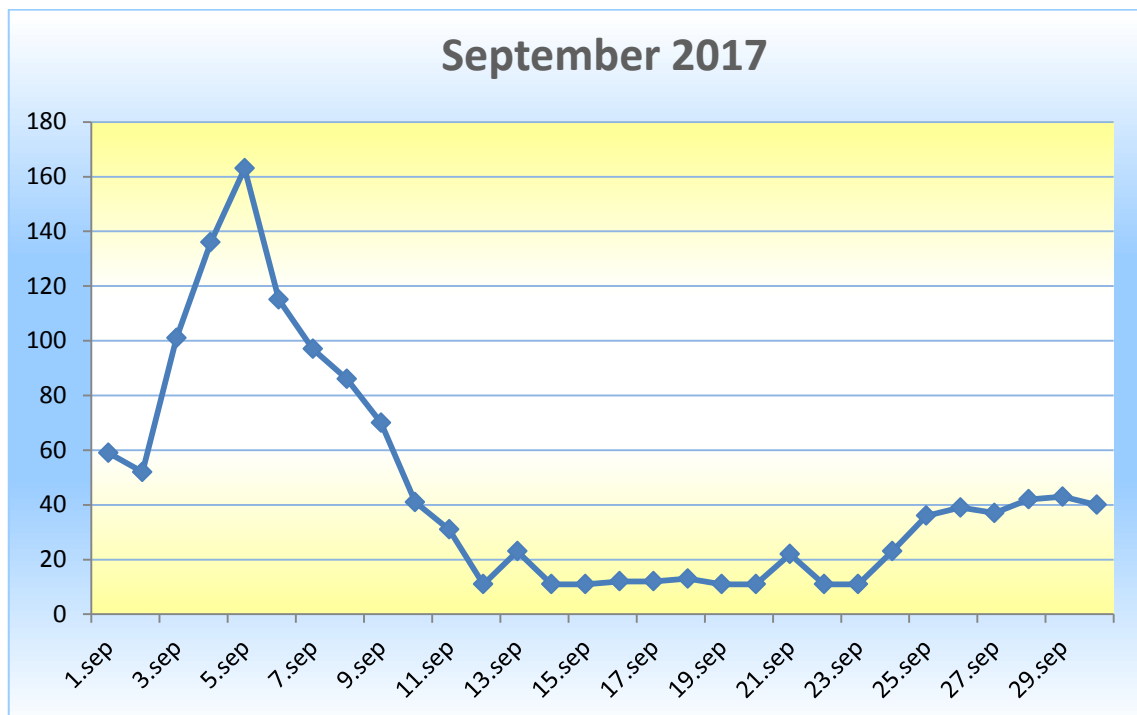
V mesecu juniju je število peg na začetku in koncu meseca sorazmerno enako z precejšnjim padcem na število nič v sredi meseca.



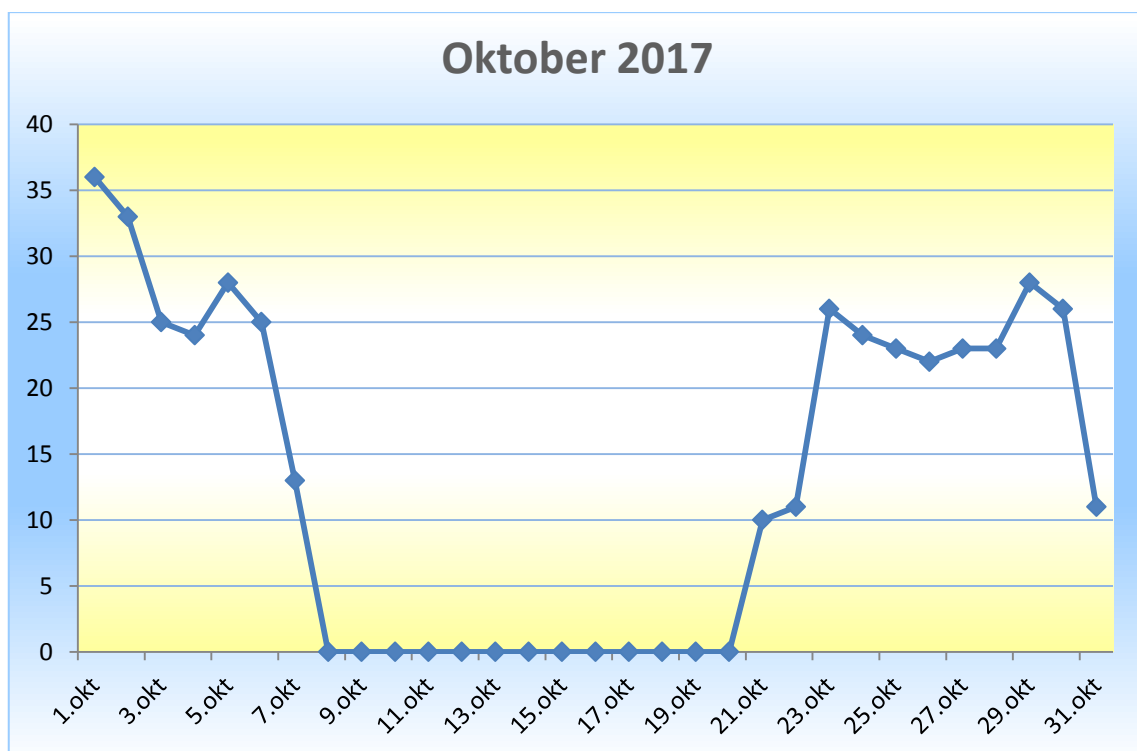
V juniju je število peg v začetku in koncu meseca majhno, z velikim porastom števila v prvi polovici meseca.



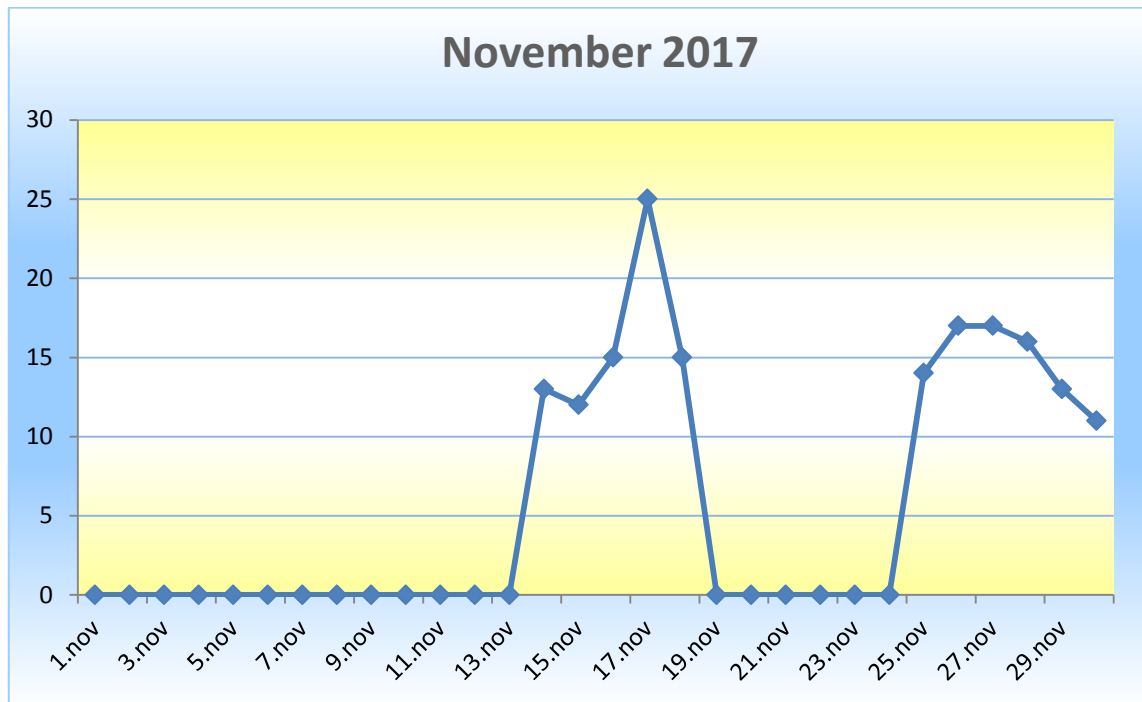
V mesecu avgustu je število peg na začetku meseca sorazmerno enako, proti koncu pa število peg močno naraste.



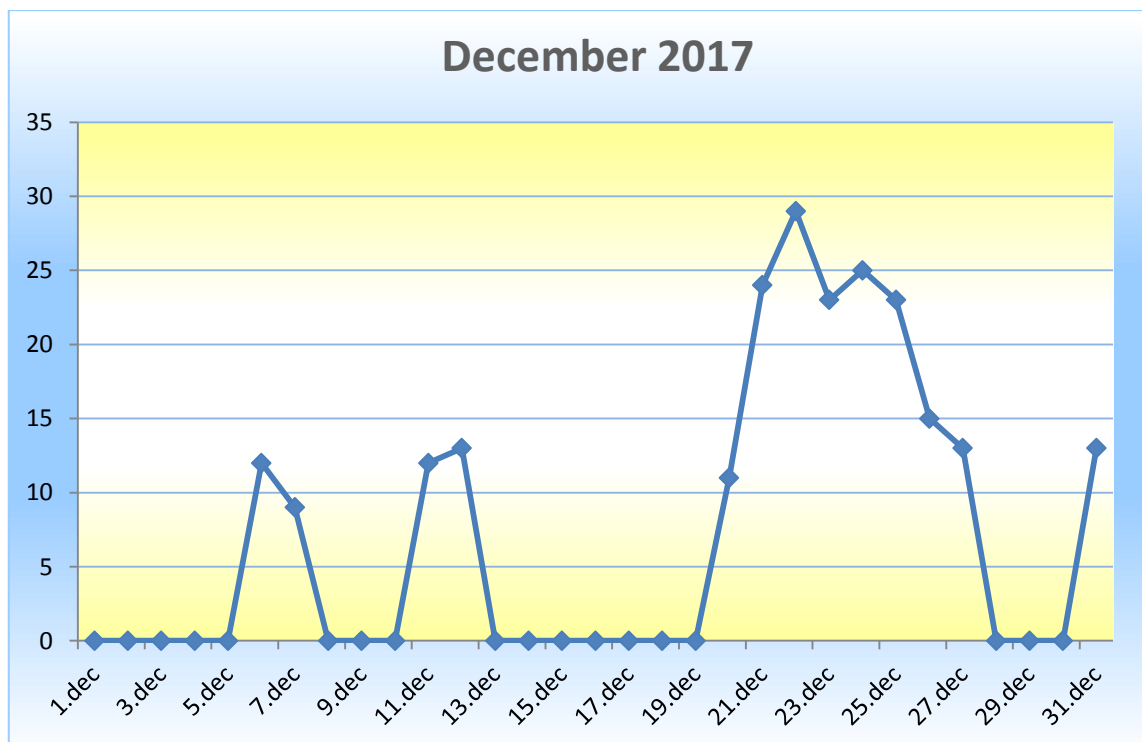
V mesecu septembru je število peg na začetku meseca visoko, v ostalem delu meseca pa sorazmerno enako nizko. September je bil mesec, ko so bile pege prisotne vsak dan.



V mesecu oktobru se očitno vidi, da je bilo število peg v začetku in koncu meseca visoko, v sredini pa Sončeve pege povsem izginejo.



V mesecu novembru je na začetku in proti koncu meseca število peg nič, kar pomeni, da skoraj polovico meseca ni peg, na sredini in na koncu pa to število močno naraste.



V mesecu decembru je število peg izrazito večje v drugi polovici meseca.

Izdelani grafi kažejo, da se število peg znotraj posameznega meseca ne ravna po nobeni zakonitosti in da se Sončeve pege pojavljajo povsem neenakomerno.

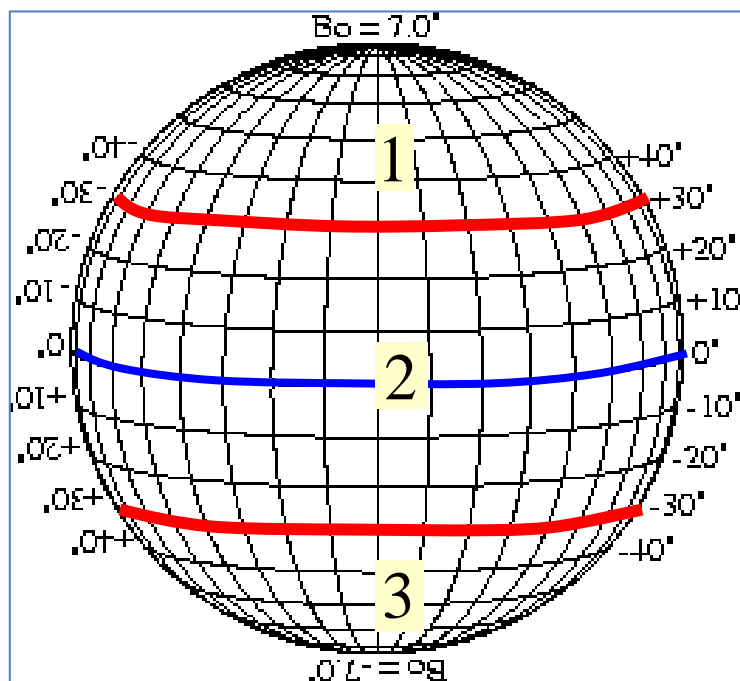
Drugo hipotezo smo ovrgli, saj je analiza pojavljanja Sončevih peg v letu 2017 pokazala, da se število peg po mesecih ne zmanjšuje enakomerno, kljub temu da je bilo v celotnem letu 2017 število peg manjše in da smo v letu, ko se bližamo minimumu. Prav tako smo ugotovili da 11 - letna doba ni pravilo, ampak zgolj povprečje. To pomeni da minimuma in maksimuma ni mogoče vnaprej povsem natančno napovedati.

3.4. Razporeditev Sončevih peg po površini Sonca

Zanimalo nas je, ali so Sončeve pege po površini sonca razporejene enakomerno ali pa se pogosteje pojavljajo v določenih predelih Sonca. V ta namen smo površino Sonca razdelili v tri področja, kot prikazuje slika 8: severni del (1), ekvatorialni del (2) in južni del (3).

Za vsak dan v letu 2017 smo pogledali v katerem od treh delov so bile vidne Sončeve pege in na ta način izdelali statistični prikaz pojavljanja peg na posameznih delih Sonca. Podatke smo zbrali v tabeli in jih grafično prikazali s pomočjo tortnega diagrama.

Najprej smo obdelali podatke za leto 2017, nato pa smo zaradi primerjave vzeli še podatke za drugi dve leti: leto 2016 kot predhodno leto in leto 2014, ko je bil maksimum glede števila peg.



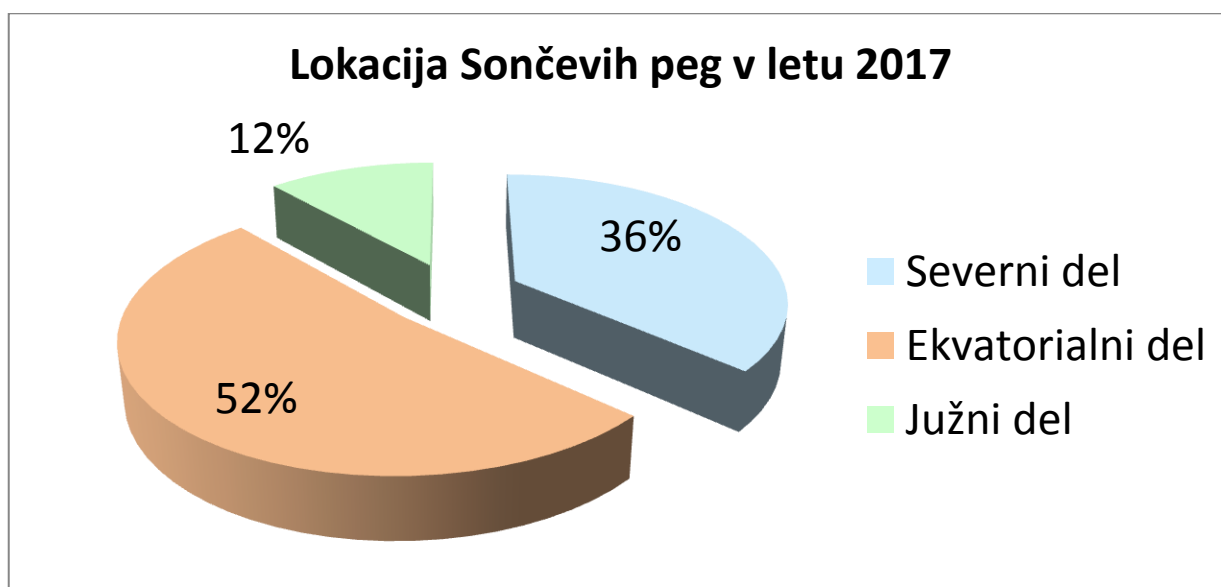
Slika 36: Heliografski koordinatni sistem na Soncu

Pri določanju predela, kjer se nahajajo Sončeve pege smo upoštevali vse pege, ki so bile vidne na površini Sonca vsak dan v posameznem koledarskem letu. Seveda so bile pege na določen dan samo v enem od področij, pogosto pa smo jih našli v dveh ali celo v vseh treh predelih. Šteli smo torej dneve, ko bile na Soncu prisotne pege.

a) Razporeditev Sončevih peg po površini Sonca v letu 2017

Podatki o lokaciji Sončevih peg za vse dneve v letu 2017 so prikazani v tabeli in grafično prikazani s tortnim diagramom.

Območje na Soncu	število peg
Severni del	126
Ekvatorialni del	179
Južni del	40



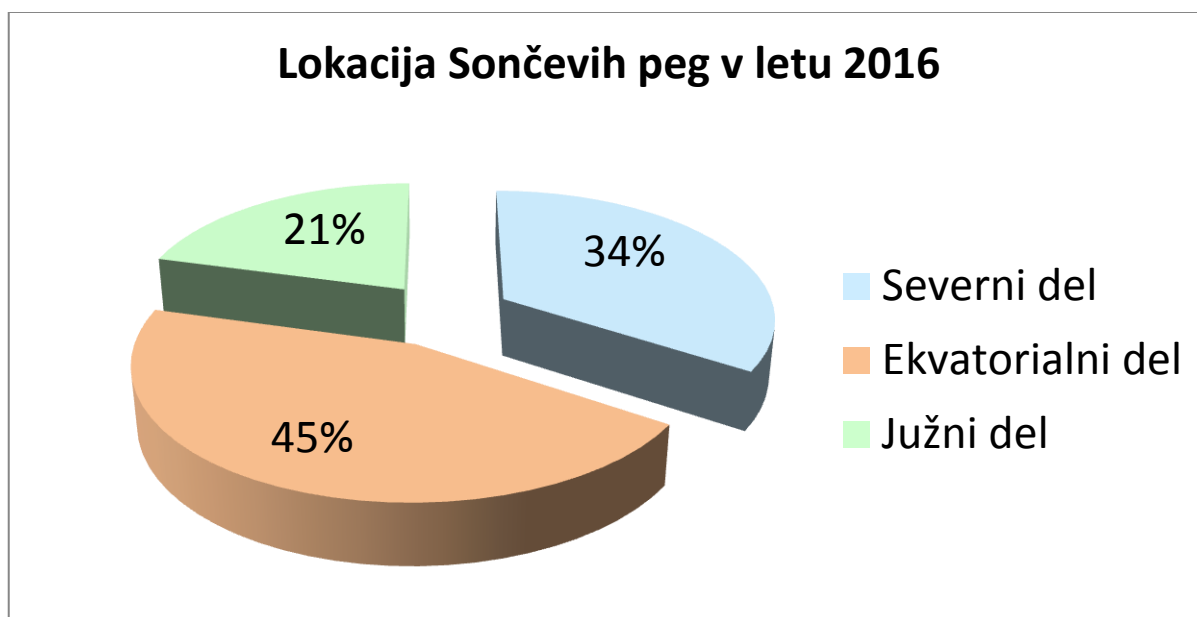
Graf 11: Razporeditev Sončevih peg v letu 2017

Analiza pokaže, da se največ sončevih peg formira v ekvatorialnem predelu Sonca, nato sledi severni del Sonca, znatno manj peg pa se pojavi v južnem predelu Sonca.

b) Razporeditev sončevih peg po površini Sonca v letu 2016

Podatki o lokaciji sončevih peg za vse dneve v letu 2016 so prikazani v tabeli in grafično prikazani s tortnim diagramom.

Območje na Soncu	Število peg
Severni del	176
Ekvatorialni del	232
Južni del	107



Graf 12: Razporeditev Sončevih peg v letu 2017

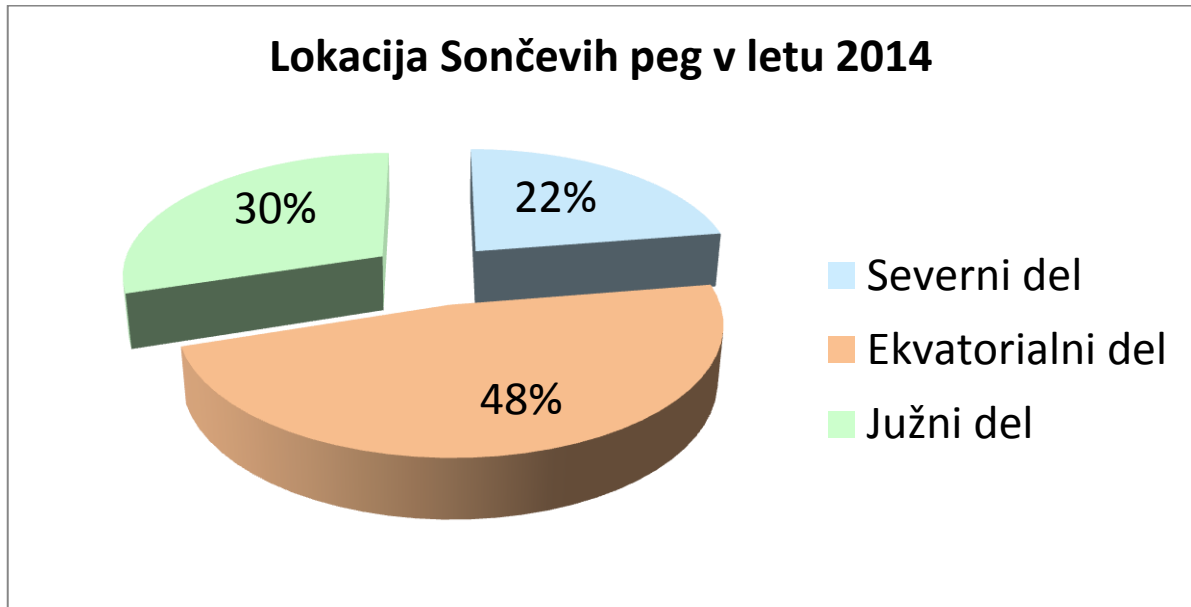
Analiza pogostosti pojavljanja peg v posameznih predelih Sonca v letu 2016 daje podobne rezultate kot v letu 2017: največ Sončevih peg se formira v ekvatorialnem predelu Sonca, nato sledi severni del Sonca, najmanj peg pa se pojavi v južnem predelu Sonca.

c) Razporeditev Sončevih peg po površini Sonca v letu 2014

Podobno analizo kot v letih 2017 in 2016 smo naredili še za leto 2014. To leto smo izbrali, ker je bilo takrat število peg največje.

Podatki o lokaciji Sončevih peg za vse dneve v letu 2014 so prikazani v tabeli in grafično prikazani s tortnim diagramom.

Območje na Soncu	število peg
Severni del	339
Ekvatorialni del	717
Južni del	451



V letu 2014 smo prav tako ugotovili, da je bilo največ peg v ekvatorialnem predelu Sonca, nato pa sledita južni in severni predel Sonca.

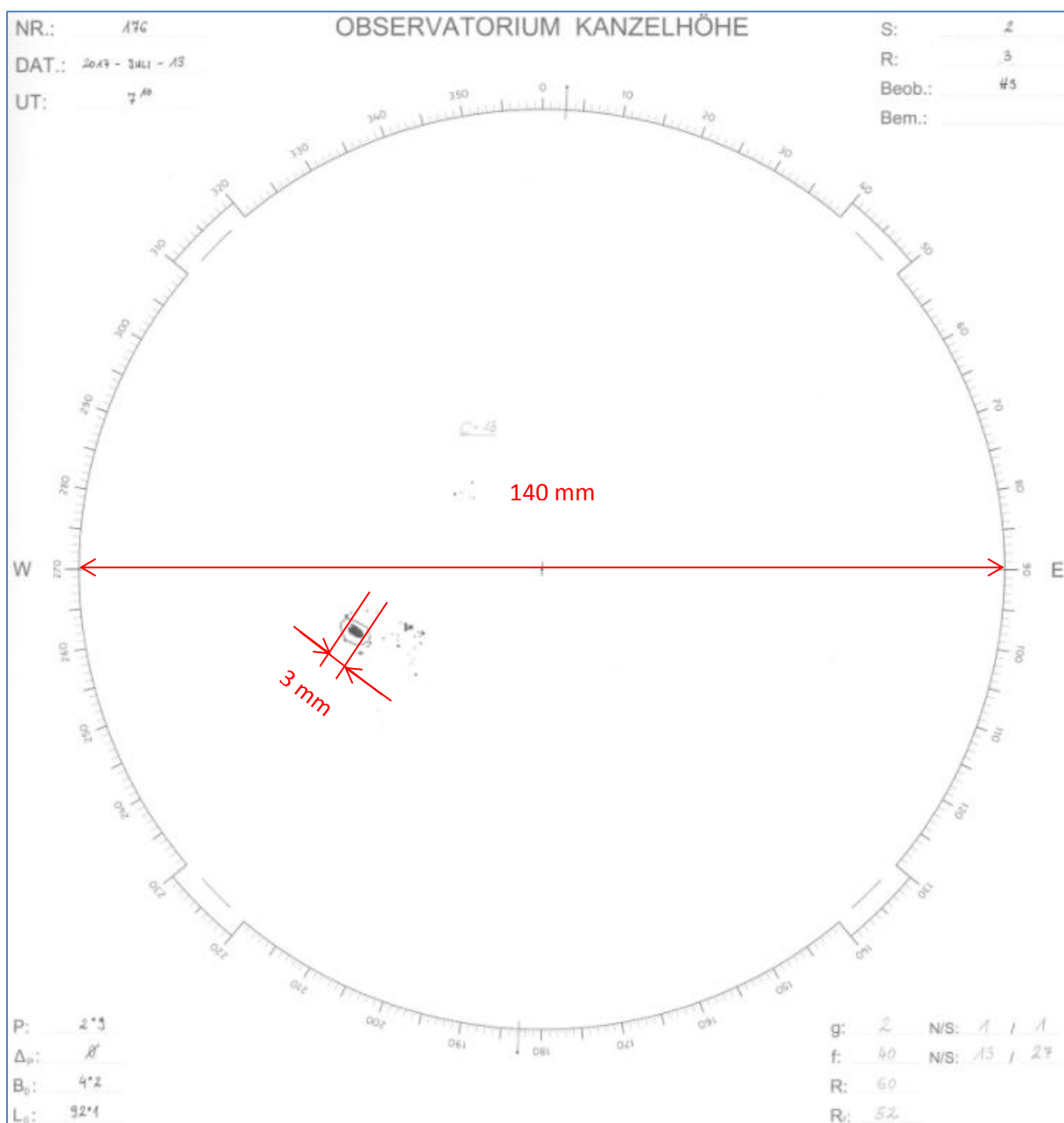
Ugotovitev, ki jo lahko postavimo na osnovi opazovanj pogostosti pojavljanja Sončevih peg v letih 2014, 2016 in 2017 je, da se Sončeve pege najpogosteje pojavijo v ekvatorialnem predelu, opazno manj pa v predelih proti obema poloma. Tudi v literaturi smo zasledili podatek, ki potrjuje naše rezultate.

Tretjo hipotezo smo ovrgli, saj se je z analizo pogostosti pojavljanja peg na določenem delu Sonca izkazalo, da se pege ne pojavljajo naključno, torej enakomerno po celotni površini krogle, ampak da se jih največ pojavi v predelu ekvatorja, praviloma najmanj pa v južnem delu.

3.5. Določanje velikosti Sončevih peg

S pomočjo posnetkov Sonca smo želeli določiti tudi velikost Sončevih peg, saj smo zasledili, da so lahko zelo različnih dimenzij. Nekatere naj bi dosegale celo velikost Jupitra.

Velikost Sončeve pege lahko določimo tako, da na posnetku izmerimo njen premer (dolžino) v milimetrih. Izmerimo tudi premer Sonca v mm in s pomočjo sorazmerja izračunamo velikost pege v km. Pri izračunu upoštevamo, da je premer Sonca približno 1 400 000 km.



Slika 37: Največja Sončeva pega v letu 2017 (13. 7. 2017)

V letu 2017 smo poiskali največjo Sončevo pego, ki je bila 13. julija 2017 (slika 37).

Podatki, ki smo jih izmerili na sliki:

- dolžina (premer) pege: 3 mm
- premer Sonca: 140 mm

Izračun velikosti pege v km:

$$\frac{140 \text{ mm}}{3 \text{ mm}} = 46,7$$

Iz izračunanega količnika sledi, da je pega na sliki približno 46,7 – krat manjša od premera Sonca na sliki.

Ko upoštevamo, da je premer Sonca v naravi približno 14000000 km, lahko izračunamo resnično velikost Sončeve pege v km:

$$\frac{1400000 \text{ km}}{46,7} = 30000 \text{ km.}$$

Za boljšo predstavo izračunamo velikost pege primerjamo z velikostjo Zemlje, ki ima premer približno 12800 km:

$$\frac{30000 \text{ km}}{12800 \text{ km}} = 2,34$$

Izračun pokaže, da je bila največja Sončeva pega v letu 2017 skoraj dvainpolkrat, točneje 2,34-krat večja od naše Zemlje.

Pri izračunu smo upoštevali samo temni del (umbra) Sončeve pege, z ostalim delom (penumbra), ki je na sliki meril približno 6 mm, pa bi bila Sončeva pega približno dvakrat večja, torej skoraj 5-krat večja od naše Zemlje.

Četrta hipoteza, da so Sončeve pege zelo različne po velikosti in da lahko največje presežejo velikost Zemlje, se je potrdila. V letu 2017 smo na Soncu našli pego, ki je v centru dosegla približno 2,5 - kratno velikost Zemlje, z polsenco vred pa več kot 5-kratno velikost.

ZAKLJUČEK

Z izdelano raziskovalno nalogo smo zelo zadovoljni, saj smo z njo uresničili svoja pričakovanja. Naučili smo se veliko novega in prišli do nekaterih zanimivih ugotovitev. Pred začetkom dela smo postavili štiri hipoteze in izkazalo se je, da smo dve hipotezi potrdili in dve ovrgli.

Podaljšanje obhodnega časa Sonca z oddaljevanjem od Sončevega ekvatorja je bila pričakovana domneva. Izkazalo se je, da lahko z analizo gibanja Sončevih peg določimo hitrost gibanja Sonca in potrdilo se je, da se Sonce ne vrti kot homogeno telo.

Težišče pojavljanja Sončevih peg je pomaknjeno na severno poloblo Sonca. Naša statistična analiza je pokazala, da to ne velja samo za leto 2017, ampak je bilo podobno tudi v letih 2014 in 2016. Domnevamo lahko, da ta zakonitost velja na splošno. Ker je nastanek Sončevih peg povezan z magnetnim poljem Sonca, se vzrok za pogostejši nastanek peg na severni polobli Sonca najbrž skriva v razporeditvi silnic magnetnega polja v Soncu. V literaturi odgovora na to vprašanje nismo našli.

Ker je bilo leto 2014 zadnje leto povečane Sončeve aktivnosti, ko je bil maksimum števila Sončevih peg, smo v letu 2017 pričakovali postopno upadanje števila peg. Tako smo pričakovali, da bomo skozi leto beležili vedno manjše število peg. Vendar pa se ni vse dogajalo po pričakovanjih, saj se Sončeva aktivnost ni zmanjševala enakomerno. Znotraj posameznih mesecev leta 2017 nismo našli nobene zakonitosti in lahko bi rekli, da se Sončeve pege pojavljajo v povsem nepredvidljivih časih.

Presenetila nas je odvisnost pogostosti pojavljanja peg glede na heliografsko širino, saj smo pred izdelavo raziskovalne naloge domnevali, da se pege pojavljajo enakomerno po celotni površini Sonca, glede na to, da je Sonce krogla.

V literaturi smo zasledili podatek, da lahko posamezne Sončeve pege v premeru merijo tudi do 50 000 km. V letu 2017 smo poiskali največjo Sončevo pego in z geometrijsko metodo ugotovili, da je bila njena velikost v središču približno 30 000 km, kar pomeni, da je bila v centru skoraj 2,5 - krat večja od naše Zemlje. Če bi upoštevali še njeno ploskev, pa bi bila pega seveda še veliko večja – približno petkrat večja od Zemlje.

Z uporabo javnega arhiva posnetkov Sonca iz observatorija v Gradcu smo pridobili zelo kvalitetne podatke, ki jih sami ne bi mogli pridobiti. Posnetki omogočajo zelo natančno analizo položaja peg, saj je na posnetkih označena os vrtenja Sonca in iz posnetkov lahko zelo enostavno določimo heliografsko širino posamezne pege. Razen tega omenjeni arhiv obsega izjemno bogato količino posnetkov, saj so slike Sonca dostopne praviloma za vsak dan od leta 1944 dalje.

Za konec velja poudariti, da bi lahko našo nalogo še izboljšali, če bi za določanje lege Sončevih peg uporabili računalniške aplikacije, kot je denimo program Heliowiever. S tem bi dosegli večjo natančnost pri določanju hitrosti rotacije Sonca – res pa, da to ni bil osnovni cilj naše naloge. Dodatni problem pri tem je tudi naše znanje matematike, ki nam ne omogoča računanja v krogelnem koordinatnem sistemu.

Po izdelani raziskovalni nalogi smo dobili idejo, da bi lahko pri določanju lokacije, kjer se na Soncu pojavljajo pege, površino Sonca razdelili na manjše pasove, npr po 10^0 in ugotavljali na katerih širinah se pege pojavijo najpogosteje – po dnevih in po številu.

Med pregledovanjem slik Sonca se nam je zdelo zanimivo, kako nekatere pege dokaj hitro izginejo, npr. po nekaj dneh, druge pa so bolj dolgotrajne in mnoge se združujejo z drugimi. To bi bila zanimiva tema za raziskovanje, ki bi jo lahko prav tako opravili s pomočjo javnih arhivov slika Sonca.

V izdelavo raziskovalne naloge smo vložili veliko truda in časa, saj smo morali pregledati zelo veliko posnetkov Sonca, narediti številne meritve in izračune ter izdelati veliko tabel in grafov. Prebrali smo tudi veliko strokovne literature o Soncu in o Sončevih pegah in pri tem ugotovili, da gre za zelo zanimivo temo astronomije. Lahko se zgodi, da bomo Sončeve pege še kdaj raziskovali – morda v letu, ko bo naslednji maksimum števila Sončevih peg.

VIRI IN LITERATURA

- Marijan Hribar: Opazujem Sonce in Luno, DZS, Ljubljana 1987
- Knjiga: OKSFORDOVA ENCIKLOPEDIJA ASTRONOMIJE, Založba DZS d.d.
- Knjiga: VESOLJE –Znanje je moč, Učila International, Tržič, 2017
- http://www.physics.wku.edu/~thlee/astr104/sunspot_spring09.pdf (15. 1. 2018)
- http://www2.arnes.si/~mborion4/ado_slo/astronomija/osoncje/sonce/kromosfera.html (14.1.2018)
- http://www2.arnes.si/~mborion4/ado_slo/astronomija/osoncje/sonce/fotosfera.html (14.1.2018)
- <https://vesoljskovreme.wordpress.com/kaj-je-kaj/> (17.1.2018)
- <https://www.google.si/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwip8PT5qOLYAhXSKFAKHSKIBboQjRwIBw&url=https%3A%2F%2Fthetomatos.com%2Ffree-clipart-28396%2F&psig=AOvVaw2LYDbrt5EYut7Um8tieEnA&ust=1516392608311301> (18.1.2018)
- https://www.google.si/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiEkLLRqeLYAhVMYIAKH2OBMwQjRwIBw&url=http%3A%2F%2Fwww.petrol.si%2Fpr%2Fpetrol-soncna-elektrarna-z-odlicnimi-pogoji-financiranja-do-sedem-let-brez-pologa-in-obresti&psig=AOvVaw2ycPeZ_IZScP_z0ZrRWKXj&ust=1516392825573499 (18.1.2018)
- <http://astronomska-revija-spika.si/dve-veliki-peggi-sonce-wolfovo-stevilo/> (20.1.2018)
- https://sl.wikipedia.org/wiki/Son%C4%8Deva_pega (23.1.2018)
- <https://govori.se/zanimivosti/konec-sveta-ko-bo-nase-sonce-umrlo-to-bo-cez-milijardo-let/> (23.1.2018)
- (5.3.2018)
- http://www2.arnes.si/~mborion4/ado_slo/astronomija/osoncje/sonce/opazovanje_sonca.html (20.1.2018)
- <http://cesar.kso.ac.at/> (25.1.2018)

VIRI SLIK

- Slika na naslovnici: Karikatura o sončevih pegah

Vir: https://www.cartoonstock.com/directory/f/first_date.asp (18. 1. 2018)

- Slika 1 Položaj Sonca v Našem Osončju
<https://26d3ia2o0l581y7l752i7a5k-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2014/12/MilkyWay.jpg> (19. 1. 2018)
- Slika 2 Naše Osončje
<https://s-i.huffpost.com/gen/2757830/images/o-JUPITER-PLANET-facebook.jpg> (18.1.2018)
- Slika 3 Zgradba Sonca
<http://vesolje1.splet.arnes.si/wp-content/blogs.dir/10581/files/slike-sonca/sonce1.jpg> (13.1.2018)
- Slika 4 Sončeva korona
https://i1.wp.com/squawker.org/wp-content/uploads/shutterstock_230305756.jpg?fit=3840%2C2160&ssl=1 (14.1.2018)
- Slika 5 Največja Sončeva pega v zadnjih 24 letih
<https://www.space.com/27610-giant-sunspot-mystifies-scientists.html> (20. 1. 2018)
- Slika 6 Deli Sončevih peg
<http://www.derekscope.co.uk/the-sun/sunspots> (5.3.2018)
- Slika 7 Število Sončevih peg v zadnjih 250 letih
<https://en.wikiversity.org/wiki/Stars/Sun/Heliography#/media/File:Sunspot-number.png> (13. 1. 2018)
- Slika 8 Vrtilni čas Sonca je odvisen od heliografske širine
https://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/science/solar-rotation.html
- Slika 9 Rdeča orjakinja
http://img4.wikia.nocookie.net/_cb20141109025528/walkingdead/images/da/da/RedGiant.jpg (22.1.2018)
- Slika 10 Življenjska pot Sonca
http://www2.arnes.si/~glisentvid10/Sun_Life_cikel.gif (20.1.2018)
- Slika 11 Opazovanje Sončevih peg na zaslonu
Marijan Hribar: Opazujem Sonce in Luno, DZS, Ljubljana 1987
- Slika 12 Slike Sonca skozi različne filtre
https://www.nasa.gov/images/content/719688main_Sun-Wavelength-Chart_full.jpg

- Slike od številke 13 do 33 smo pridobili na spletni strani:

<http://cesar.kso.ac.at/>

- Slika 13 Domača spletna stran observatorija Kanzelhöhe v Gradcu
- Slika 14 Javni arhiv slik Sonca observatorija Kanzelhöhe v Gradcu
- Slika 15 Slika Sončevih peg observatorija Kanzelhöhe v Gradcu iz leta 1944
- Slika 16 Slika Sončevih peg, 3. 2. 2014 (Kanzelhöhe v Gradcu)
- Slika 17 Slika Sončevih peg, 21. 5. 2017 (Kanzelhöhe v Gradcu)
- Slika 18 Slika Sončevih peg, 3. 9. 2017 (Kanzelhöhe v Gradcu)
- Slika 19 Sončeve pege, 22. 2. 2017 ob 9.50
- Slika 20 Sončeve pege, 23. 2. 2017 ob 8.20
- Slika 21 Sončeve pege, 25. 2. 2017 ob 8.00
- Slika 22 Sončeve pege, 26. 2. 2017 ob 7.40
- Slika 23 Sončeve pege, 27. 2. 2017 ob 9.05
- Slika 24 Sončeve pege, 10. 7. 2017 ob 6.25
- Slika 25 Sončeve pege, 11. 7. 2017 ob 8.00
- Slika 26 Sončeve pege, 12. 7. 2017 ob 5.50
- Slika 27 Sončeve pege, 13. 7. 2017 ob 7.10
- Slika 28 Sončeve pege, 14. 7. 2017 ob 10.10
- Slika 29 Sončeve pege, 24. 8. 2017 ob 8.05
- Slika 30 Sončeve pege, 25. 8. 2017 ob 8.55
- Slika 31 Sončeve pege, 26. 8. 2017 ob 5.50
- Slika 32 Sončeve pege, 27. 8. 2017 ob 6.05
- Slika 33 Sončeve pege, 28. 8. 2017 ob 5.05
- Slika 34 Odvisnost vrtilnega časa od heliografske širine
<http://www.jgiesen.de/sunrot/index.html>
- Slika 35 Obseg krogelnega kroga
https://si.openprof.com/wb/krogla_za_osnovno_%C5%A1olo?ch=2355#Krogelni_odsek
- Slika 36 Heilografski koordinatni sistem na Soncu
<http://www.petermeadows.com/html/location.html>
- Slika 37 Največja sončeva pega v letu 2017 (13. 7. 2017)
<http://cesar.kso.ac.at/>