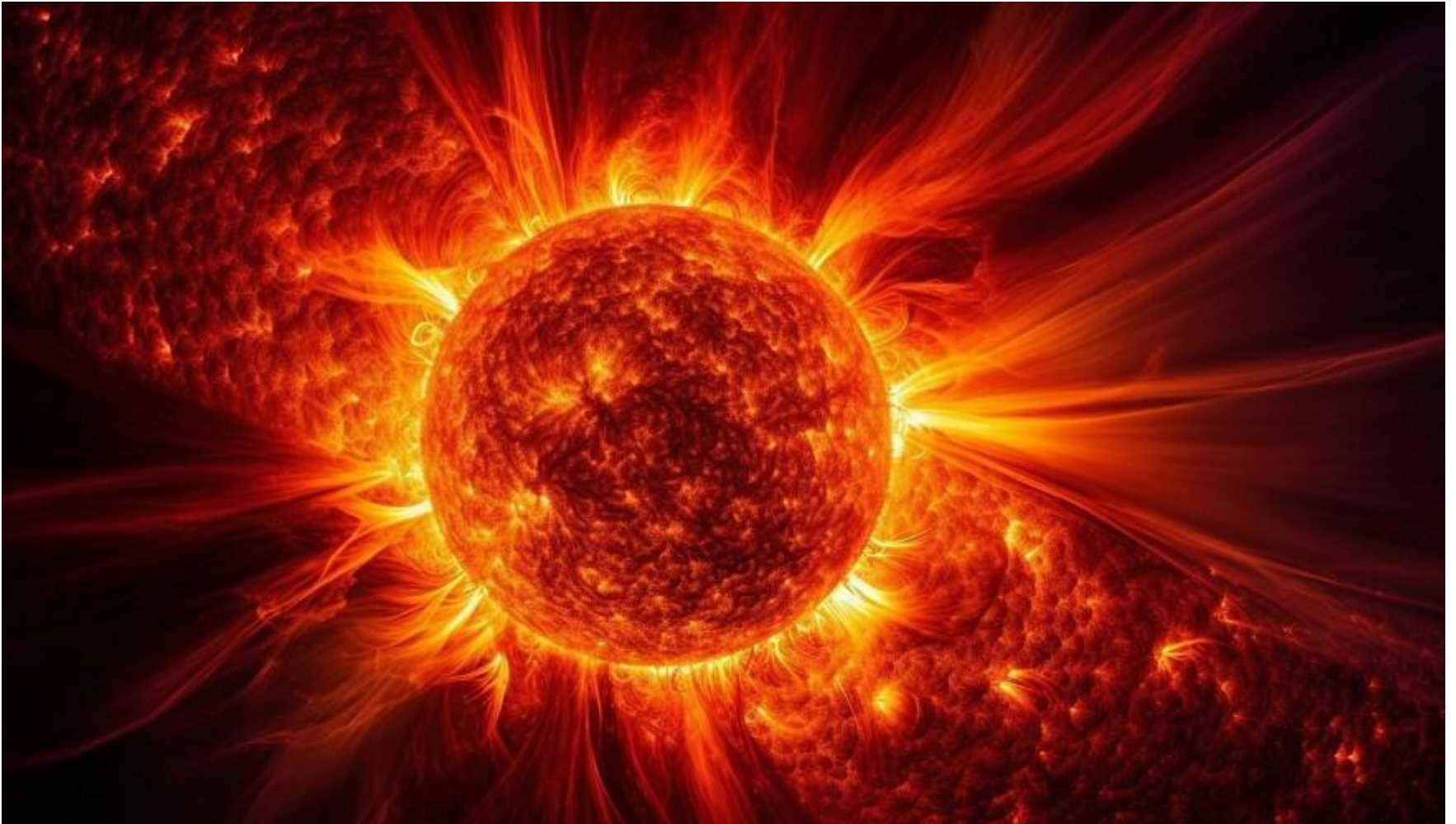


SKLOP 2 / POGLAVJE 1 – Sončna Energija

Sonce kot zvezda:



Zgradba Sonca

Jedro: Tu poteka jedrska fuzija. V tem območju se vodik pretvarja v helij, kar sprošča ogromno količino energije. Temperatura jedra je približno 15 milijonov stopinj Celzija. Tlak je izjemno visok, kar omogoča fuzijo.

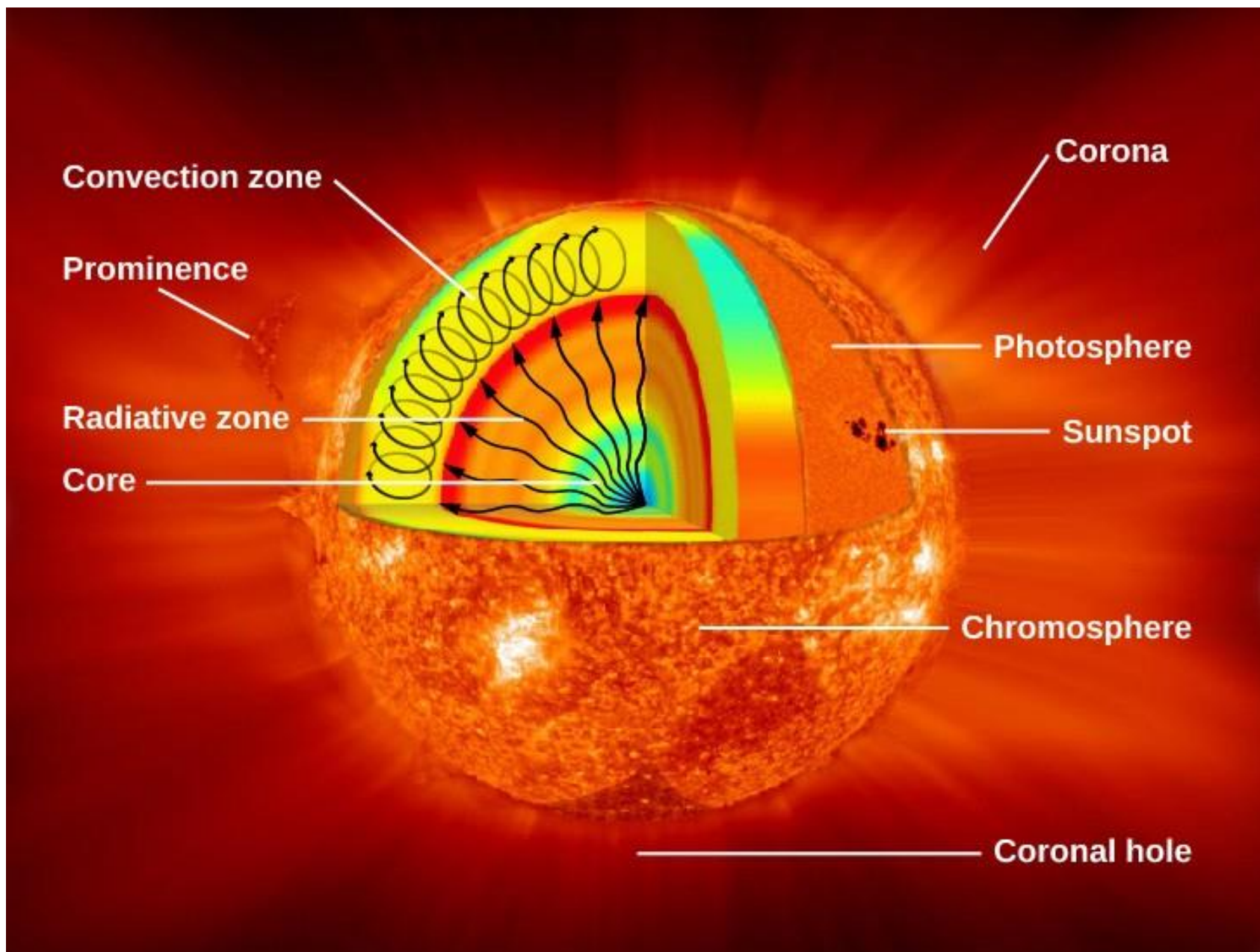
Sevalna plast (radiativna cona): Energija, sproščena v jedru, se v tej plasti premika navzven v obliki sevanja (fotonov). Premikanje fotonov je počasno zaradi številnih interakcij z delci, kar pomeni, da lahko traja več tisoč let, da energija preide skozi to plast.

Konvektivna plast (konvekcijska cona): Energija se prenaša s konvekcijo, kar pomeni, da se vroč plin dviguje, hladen pa spušča. Plin se v tej plasti meša in tvori konvekcijske celice, ki omogočajo učinkovit prenos toplote proti površini.

Fotosfera: Vidna površina Sonca, od koder prihaja večina svetlobe, ki jo vidimo. Temperatura je približno 5.500 stopinj Celzija. Ima zrnat videz zaradi konvekcijskih celic, imenovanih granule.

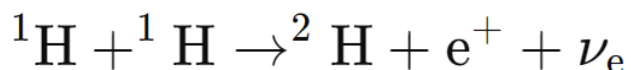
Kromosfera: Tanka plast nad fotosfero, kjer se temperatura dviga. Temperatura je približno 10.000 do 25.000 stopinj Celzija. Vidna med sončevim mrkom kot rdečkast rob okoli Sonca.

Korona: Zunanja atmosfera Sonca, ki se razteza več milijonov kilometrov v vesolje. Temperatura je izjemno visoka, več milijonov stopinj Celzija. Redka in vroča plast, vidna med popolnim sončevim mrkom kot svetel sij okoli Sonca.



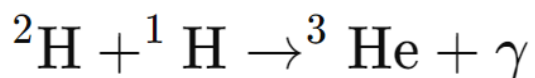
Fuzija na Soncu poteka v jedru, kjer so izjemno visoke temperature (približno 15 milijonov stopinj Celzija) in tlak (približno 250 milijard atmosferskih tlakov). Glavni proces fuzije na Soncu je t.i. proton-proton cikel (PP-cikel). Ta proces poteka v več korakih:

Prvi korak: Dva vodikova protona (jedra vodika, ki so protoni) se združita, da tvorita devterij, pri čemer se sprosti pozitron in nevtrino. Ta reakcija je zapisana kot:

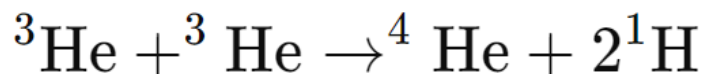


Pozitron se hitro anihilira z elektronom, kar sprosti dodatno energijo v obliki gama žarkov.

Drugi korak: Devterij se združi s protonom, kar tvori helij-3 in sprosti gama foton:

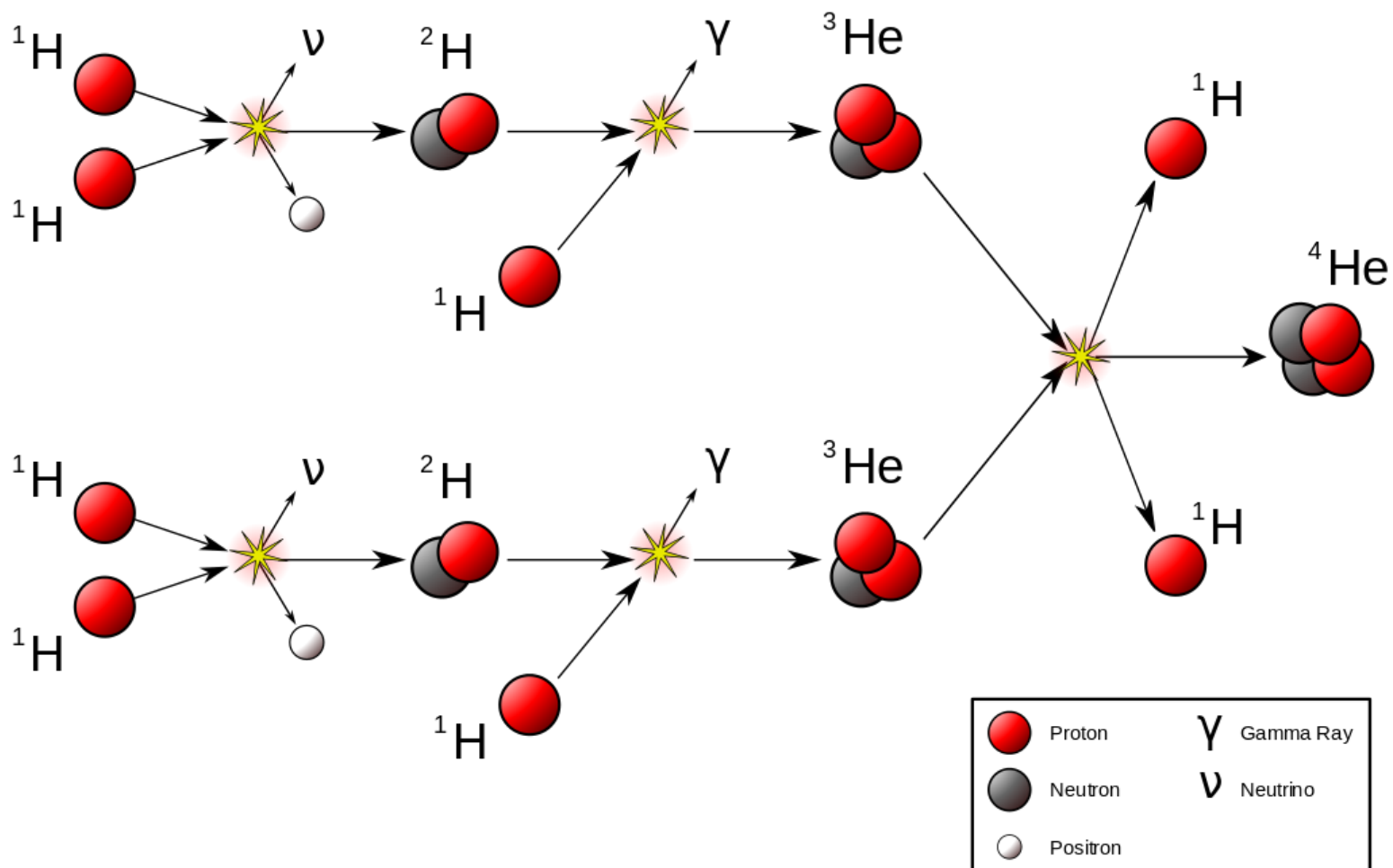


Tretji korak: Dva helij-3 jedra se združita in tvorita helij-4 ter dva protona:



V teh reakcijah se sprosti ogromna količina energije v obliki svetlobe in toplote, kar predstavlja glavni vir energije za Sonce. Energija, ki se sprosti v obliki gama fotonov, se postopoma prenaša na površino Sonca in v vesolje, kjer jo zaznamo kot sončno svetlobo.

Fuzija na Soncu je ključni proces, ki omogoča njegov obstoj in oddajanje svetlobe in toplote, kar omogoča življenje na Zemlji.



Gostota svetlobnega toka

Gostota svetlobnega toka (jakost sevanja) se nanaša na **količino energije, ki jo sevanje prenaša na enoto površine na enoto časa**.

1. Gostota svetlobnega toka na površini Sonca:

- Sončeva svetilnost L_S : $3.846 \times 10^{26} \text{ W}$
- Površina Sonca A : $6.0877 \times 10^{18} \text{ m}^2$
- Gostota svetlobnega toka: $J = L_S / A = 6.33 \times 10^7 \text{ W/m}^2$

2. Gostota svetlobnega toka na oddaljenosti Zemlje:

- Razdalja Sonce-Zemlja R : $1.496 \times 10^{11} \text{ m}$
- Gostota svetlobnega toka (**Sončeva konstanta** ali tudi **Solarna konstanta**):
$$J(R) = L_S / (4\pi R^2) = 1361 \text{ W/m}^2$$

Gostota svetlobnega toka na oddaljenosti Zemlje, imenovana tudi Sončeva konstanta, znaša približno 1.361 kW/m^2 . To vrednost lahko izračunamo tako, da upoštevamo, da se energija porazdeli po površini krogle s polmerom, enakim razdalji med Soncem in Zemljo, ki je približno 1 astronomskih enot (AU), oziroma približno $1.5 \times 10^{11} \text{ m}$.

Kaj je svetloba?

Svetloba je oblika elektromagnetnega sevanja, ki je vidna človeškemu očesu. V širšem smislu, svetloba zajema celoten spekter elektromagnetnih valov, ki vključuje različne vrste sevanja, od gama žarkov na eni strani do radijskih valov na drugi strani. Tu je nekaj ključnih lastnosti in konceptov, povezanih s svetlobo:

Lastnosti svetlobe

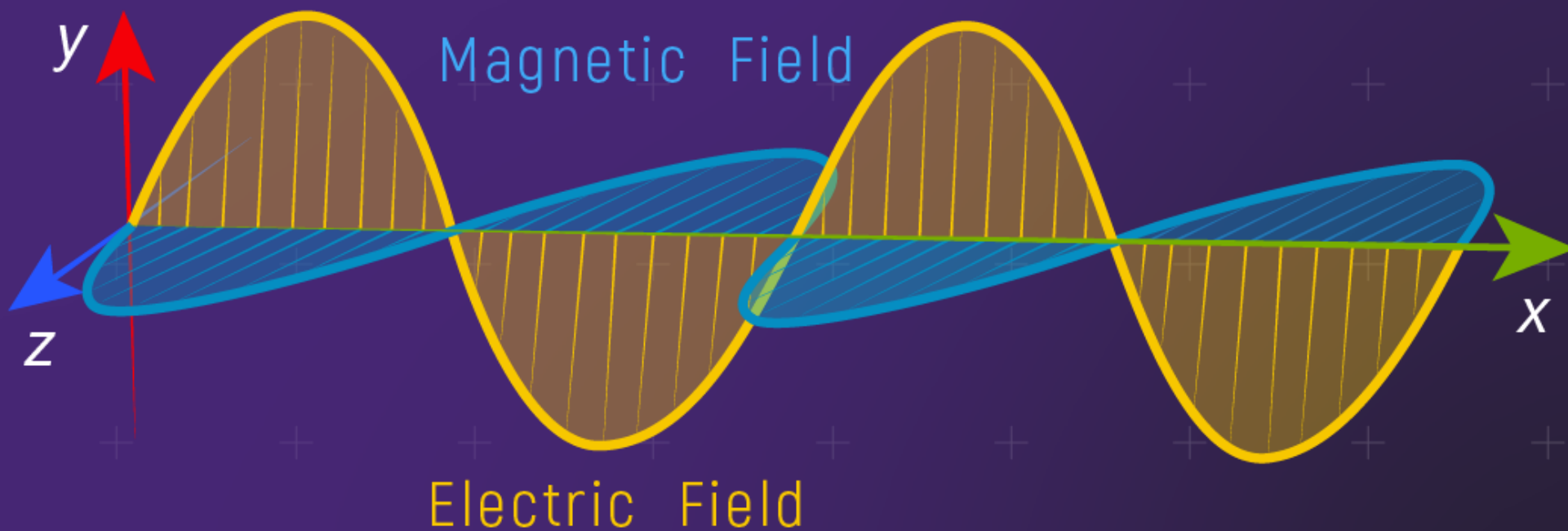
1. Valovna dolžina in frekvenca:

- Svetloba se lahko opisuje kot **valovanje**, ki ima določeno **valovno dolžino** (λ) in **frekvenco** (ν).
- Valovna dolžina je **razdalja med dvema zaporednima vrhoma vala**.
- Frekvenca je število valovnih dolžin, ki prečkajo določeno točko v eni sekundi.
- **Hitrost svetlobe (c) v vakuumu** je približno $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ in je povezana z valovno dolžino in frekvenco z enačbo: $c = \lambda \times \nu$.

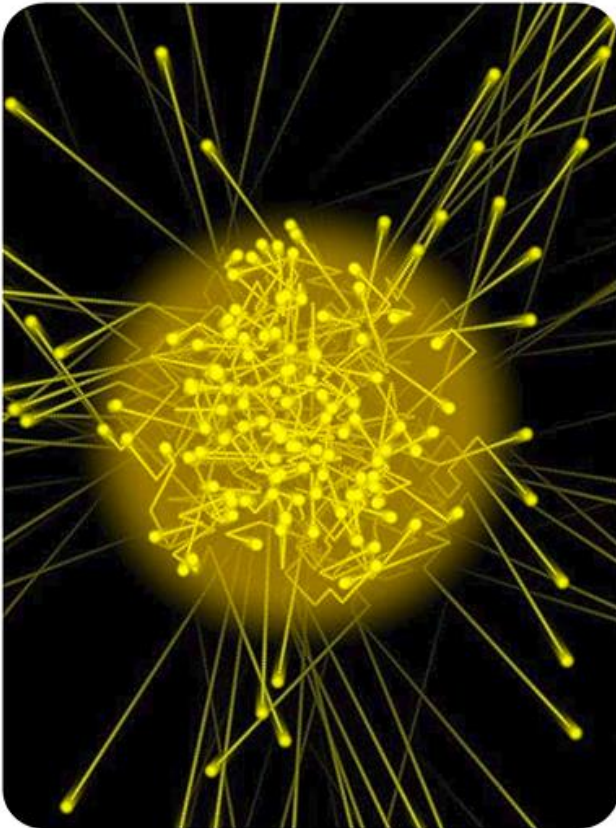
2. Delci (fotoni):

- Svetloba ima tudi lastnosti delcev in je sestavljena iz osnovnih enot, imenovanih **fotoni**.
- Fotoni so brezmasni delci, ki nosijo **kvant energije**, ki je sorazmeren s frekvenco svetlobe: $W_f = h\nu$, kjer je W_f energija fotona in h Planckova konstanta ($h = 6.64 \times 10^{-34} \text{ Js}$).

ELECTROMAGNETIC WAVE



WHAT IS A PHOTON?



A **photon** is an elementary particle that constitutes the basic unit of electromagnetic radiation, including visible light.

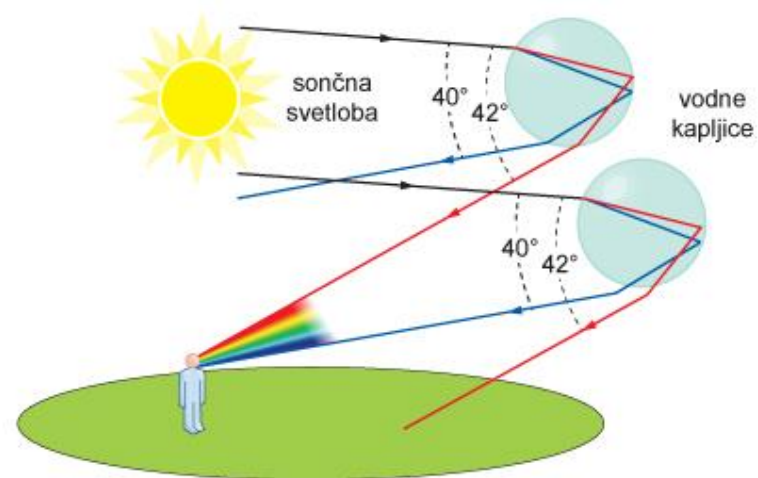
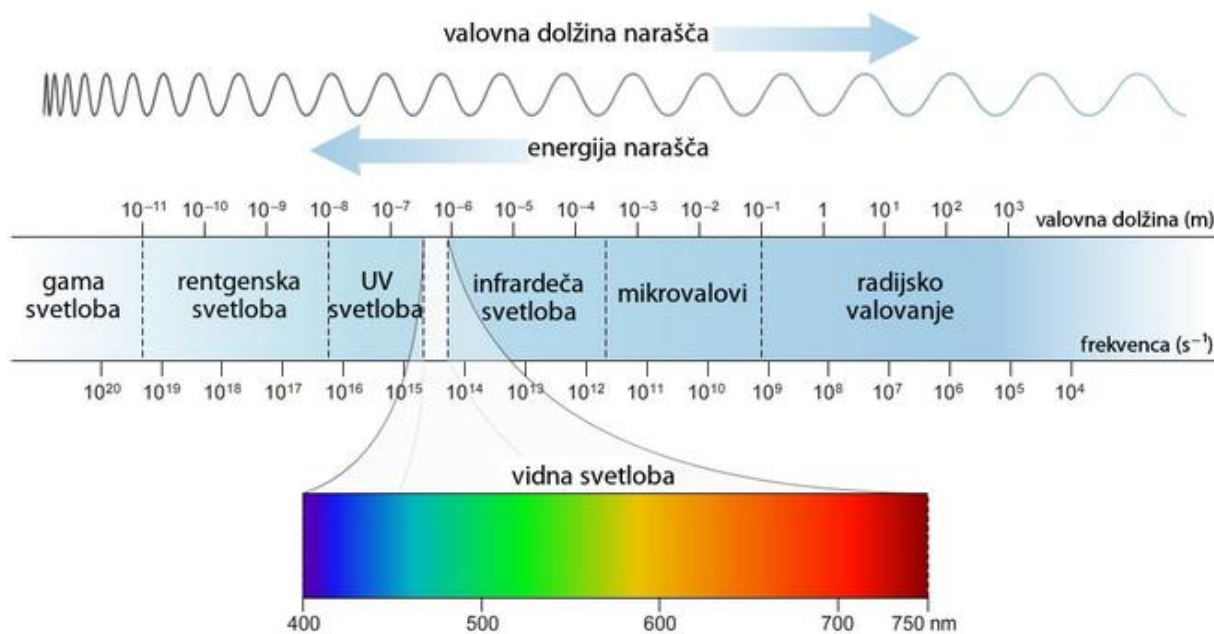
It is a particle without mass and without electric charge, but it carries energy and momentum.

Photons behave both as particles and waves, and their energy is directly related to the frequency of the electromagnetic radiation to which they belong.

Photons are responsible for transmitting light energy, enabling vision, and playing a fundamental role in processes such as photosynthesis, photography, and light-based communication technologies, such as fiber optics.

Spekter svetlobe iz Sonca

Spekter svetlobe iz Sonca je zelo širok in pokriva različna področja elektromagnetnega spektra, od gama žarkov do radijskih valov.





Mavrica nad morjem

Ultravijolični (UV) spekter:

- UV-C: Najkrajše valovne dolžine (100–280 nm). Ta del spektra se večinoma absorbira v Zemljini atmosferi in ne doseže površine.
- UV-B: Valovne dolžine med 280–315 nm. Delno se absorbira v atmosferi in lahko povzroči opekline na koži.
- UV-A: Valovne dolžine med 315–400 nm. Prehaja skozi atmosfero in prispeva k staranju kože ter lahko povzroči poškodbe DNK.

Vidni spekter:

- Valovne dolžine: Približno 400–700 nm.
- To je svetloba, ki jo človeško oko zaznava in je sestavljena iz vseh barv mavrice: vijolična, modra, zelena, rumena, oranžna, in rdeča. Največja intenzivnost svetlobe je okoli 500 nm (zelena svetloba).

Infrardeči (IR) spekter:

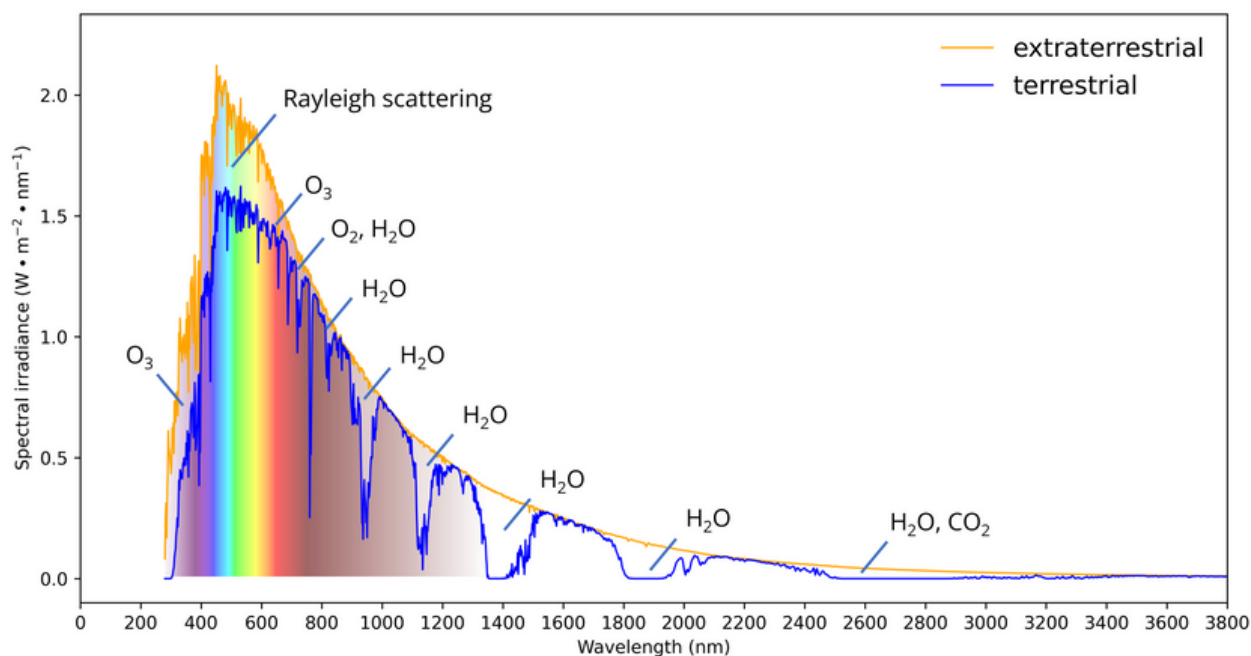
- Bližnje IR sevanje: Valovne dolžine med 700 nm in 1 μm .
- Srednje IR sevanje: Valovne dolžine med 1 μm in 3 μm .
- Daljne IR sevanje: Valovne dolžine nad 3 μm .
- Infrardeča svetloba je toplota, ki jo občutimo od Sonca. Večina sončne energije, ki doseže Zemljo, je v obliki infrardeče svetlobe.

Drugi deli spektra:

- Rentgenski žarki in gama žarki: Prisotni v zelo majhnih količinah in večinoma absorbirani v zgornjih plasteh Zemljine atmosfere.
- Radijski valovi: Najdaljše valovne dolžine, prisotni v zelo majhnih količinah.

Sončni spekter je blizu **spektra črnega telesa s temperaturo približno 5.778 K**.

Spekter svetlobe iz Sonca se pogosto prikazuje z diagramom, ki prikazuje intenziteto svetlobe glede na valovno dolžino, pri čemer ima vidni del spektra osrednjo vlogo, saj je za nas najpomembnejši. Spektroskopija sončne svetlobe razkriva tudi številne spektralne črte, znane kot Fraunhoferjeve črte, ki so posledica absorpcije svetlobe v Sončevi atmosferi in kažejo prisotnost različnih elementov.



Sevanje črnega telesa

Stefanov zakon

Stefan-Boltzmannov zakon je temeljni zakon v termodinamiki in fiziki sevanja, ki povezuje skupno oddano energijo črnega telesa s temperaturo tega telesa. Zakon pravi, da je sevalna moč (energija, ki jo odda na enoto površine na enoto časa) črnega telesa sorazmerna četrti potenci njegove absolutne temperature.



Stefan-Boltzmannov zakon je tako izražen z enačbo:

$$j = \sigma T^4$$

kjer:

- j je sevalna moč na enoto površine (W/m^2),
- σ je Stefan-Boltzmannova konstanta, ki znaša približno $5.670 \times 10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2 \text{ K}^4$,
- T je absolutna temperatura telesa v kelvinih (K).

Če želimo izračunati skupno sevalno moč telesa (P_{total}), uporabimo površino telesa (A):

$$P_{\text{total}} = A\sigma T^4$$

kjer je P_{total} skupna moč sevanja v vatih (W).

Wienov zakon

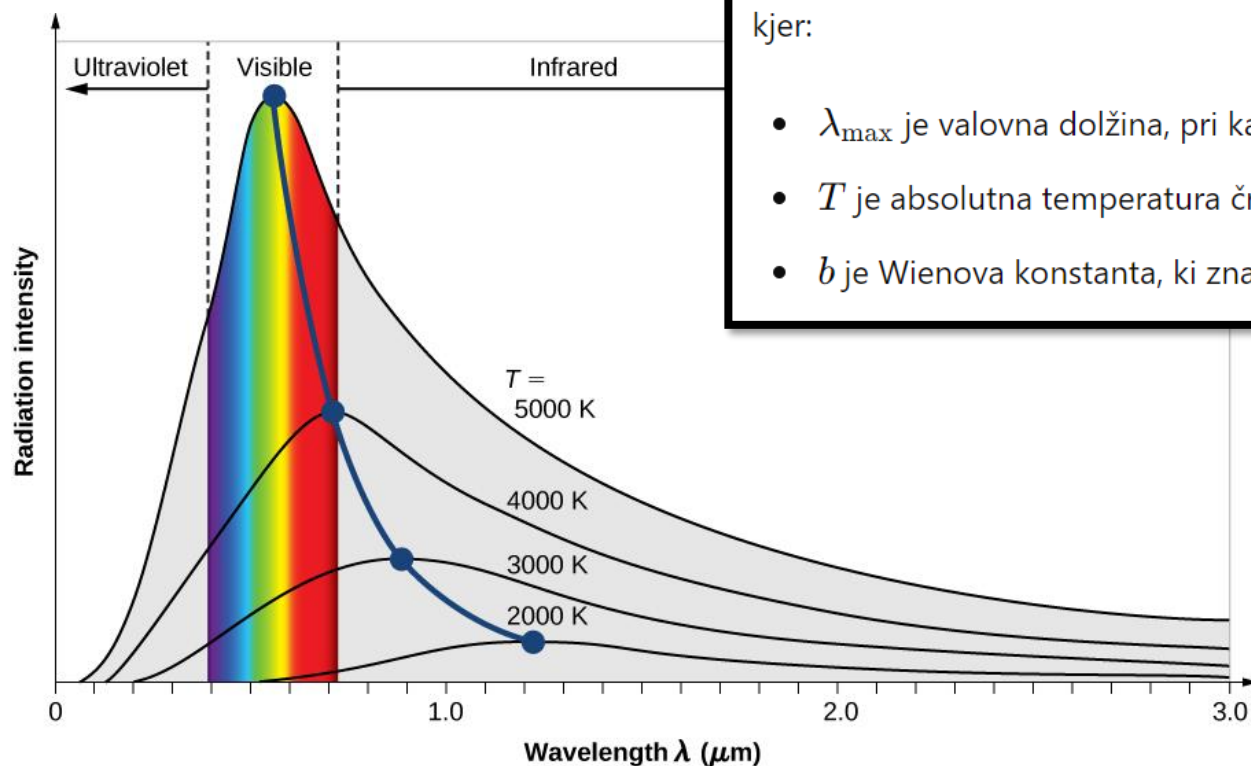
Wienov zakon je zakon v fiziki, ki opisuje premik vrha spektra sevanja črnega telesa glede na njegovo temperaturo. Zakon pravi, da se valovna dolžina, pri kateri je intenziteta sevanja črnega telesa največja, premika proti krajšim valovnim dolžinam z naraščajočo temperaturo telesa.

Matematično je Wienov zakon izražen z enačbo:

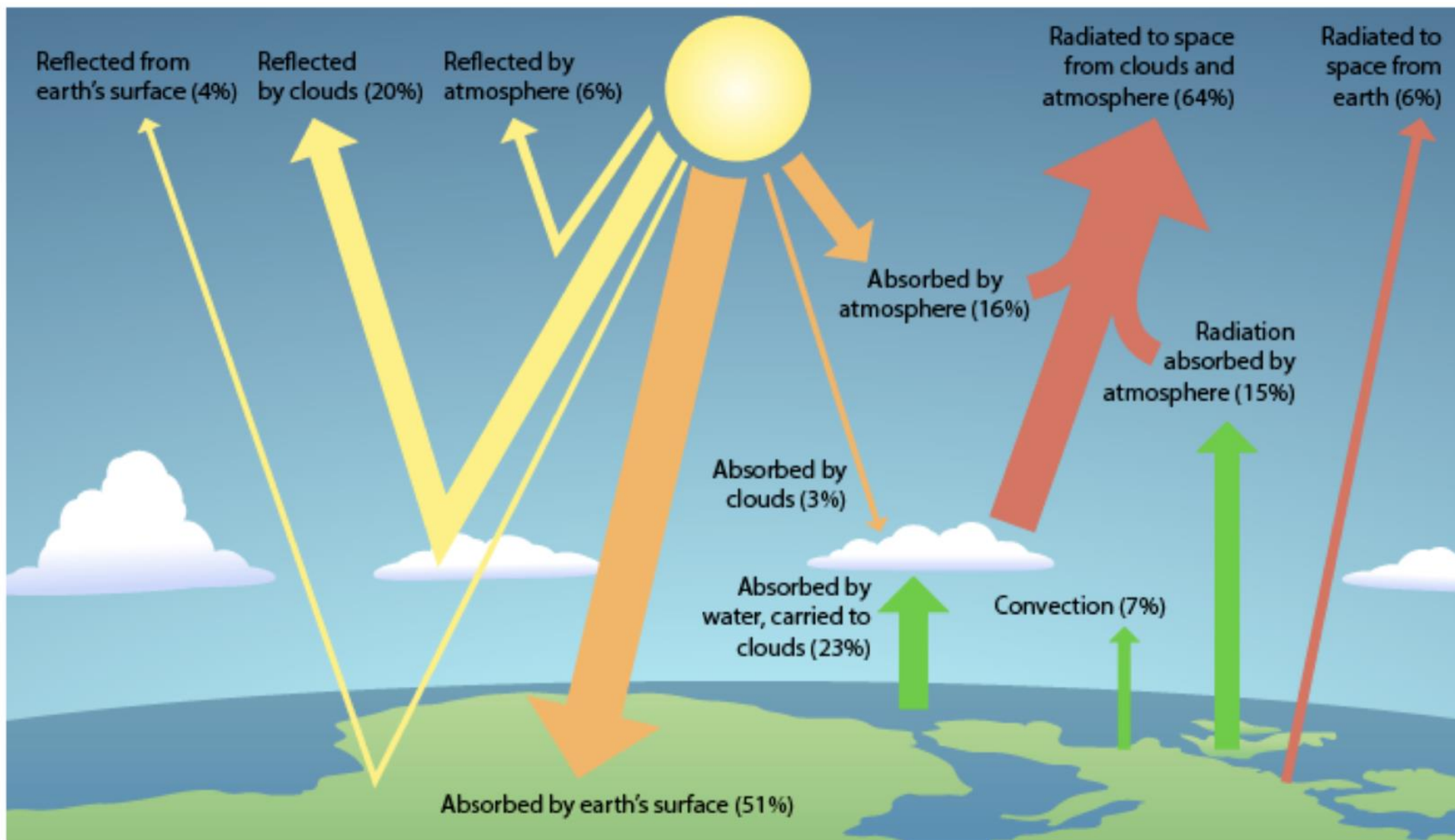
$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$$

kjer:

- $\lambda_{\max}$ je valovna dolžina, pri kateri je spektralna porazdelitev energije največja (m),
- T je absolutna temperatura črnega telesa (K),
- b je Wienova konstanta, ki znaša približno $2.897 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$.



Absorpcija svetlobe v atmosferi



Absorpcija svetlobe v Zemeljski atmosferi je proces, pri katerem različne plasti in sestavine atmosfere absorbirajo določene valovne dolžine svetlobe. To ima pomembne posledice za podnebje, vremenske vzorce, ter zdravje in okolje. Tu je nekaj ključnih točk o absorpciji svetlobe v atmosferi:

Glavni absorpcijski pasovi

Ultravijolična (UV) svetloba:

- UV-C (100-280 nm): Močno absorbira ozon (O_3) in molekularni kisik (O_2) v zgornjih plasteh ozonske plasti. Ta del svetlobe skoraj popolnoma ne doseže Zemljine površine.
- UV-B (280-315 nm): Delno absorbira ozon. Ta svetloba doseže Zemljino površino in je odgovorna za sončne opekline ter ima pomembne biološke učinke.
- UV-A (315-400 nm): Absorbira se v manjši meri. Večji del te svetlobe doseže Zemljino površino.

Vidna svetloba (400-700 nm):

- Vidna svetloba se relativno malo absorbira v atmosferi, kar omogoča, da večina doseže Zemljino površino in je ključna za fotosintezo ter zaznavanje svetlobe pri živih bitjih.

Infrardeča (IR) svetloba:

- Bližnji IR (700 nm - 1 μ m): Delno absorbira vodna para (H_2O) in ogljikov dioksid (CO_2).
- Srednji IR (1 μ m - 3 μ m): Absorbira vodna para, ogljikov dioksid in metan (CH_4).
- Daljni IR (3 μ m - 1 mm): Močno absorbira vodna para, ogljikov dioksid, metan in drugi toplogredni plini.

Reyleighovo sipanje

Rayleighovo sipanje je proces, pri katerem se svetloba razprši na delcih, ki so veliko manjši od valovne dolžine svetlobe. To sipanje povzroča razpršitev svetlobe v vse smeri in je odvisno od valovne dolžine svetlobe. Rayleighovo sipanje je ključni mehanizem, ki pojasnjuje, **zakaj je nebo modro in sončni zahodi rdeč**.





Reyleighovo sipanje v atmosferi

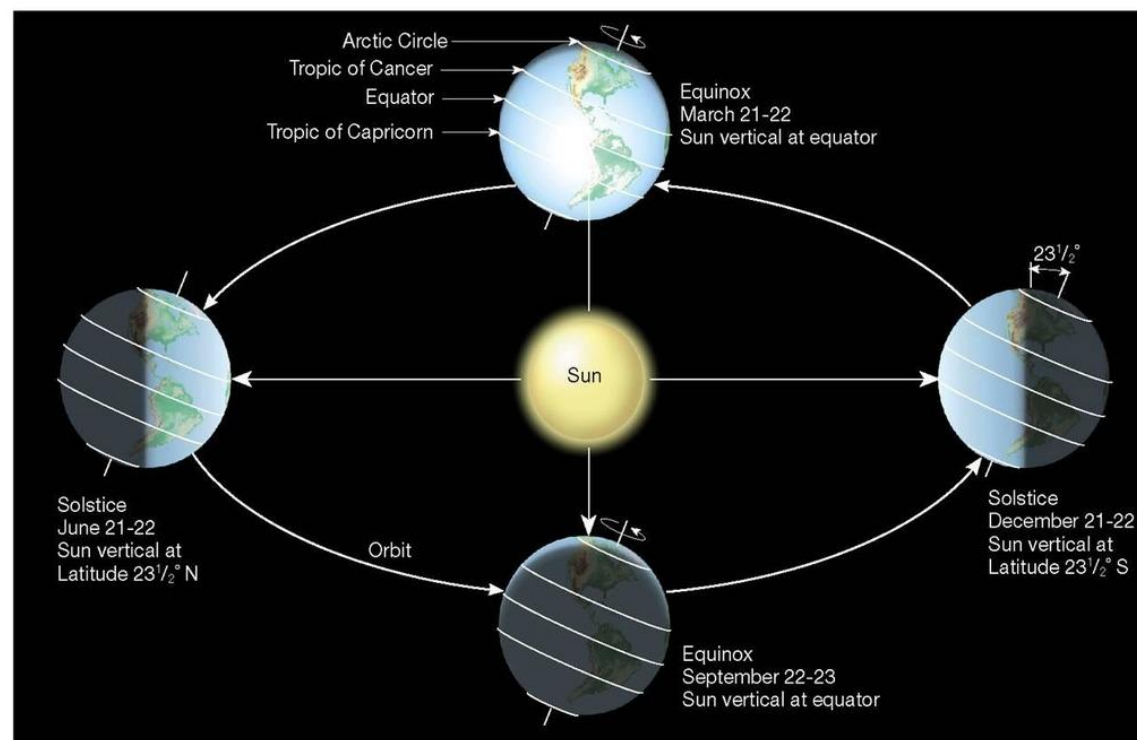
Zemeljska atmosfera je le tanka plast zraka nad Zemeljskim površjem

Geometrična relacija med Soncem in Zemljo

Geometrična relacija med Soncem in Zemljo je ključnega pomena za razumevanje letnih časov, solsticijev, ekvinokcij in drugih astronomsko-geografskih pojavov. Tukaj so glavni koncepti in pojavi, povezani s to relacijo:

Nagib Zemljine osi

- Zemljina os je nagnjena glede na ravnino njene orbite okoli Sonca (ekliptiko) za približno 23,5 stopinj.
- Ta nagib je vzrok za letne čase, saj vpliva na količino sončne svetlobe, ki doseže različne dele Zemljine površine skozi leto.



Solsticiji

Solsticij je dogodek, ko Sonce doseže svojo najsevernejšo ali najjužnejšo točko na nebu, glede na Zemljin ekvator.

Poletni solsticij (okoli 21. junija):

- Na severni polobli Sonce doseže svojo najsevernejšo točko (ozvezdje Raka).
- Ta dan je najdaljši dan v letu za severno poloblo in najkrajši za južno poloblo.
- Na severni polobli je poletje, na južni pa zima.

Zimski solsticij (okoli 21. decembra):

- Na severni polobli Sonce doseže svojo najjužnejšo točko (ozvezdje Kozoroga).
- Ta dan je najkrajši dan v letu za severno poloblo in najdaljši za južno poloblo.
- Na severni polobli je zima, na južni pa poletje.

Ekvinokciji

Ekvinokcij je dogodek, ko Sonce sije neposredno nad ekvatorjem, in dolžina dneva in noči je skoraj enaka povsod na Zemlji.

Pomladanski ekvinokcij (okoli 20. marca):

- Sonce prečka ekvator, premikajoč se proti severu.
- Začne se pomlad na severni polobli in jesen na južni polobli.

Jesenski ekvinokcij (okoli 22. septembra):

- Sonce prečka ekvator, premikajoč se proti jugu.
- Začne se jesen na severni polobli in pomlad na južni polobli.

Geometrične relacije

- Nagib Zemljine osi pomeni, da se med letom spreminja kot, pod katerim Sonce sije na različne zemljepisne širine.
- Pozimi na severni polobli Sonce sije bolj položno, zato je manj sončne energije in je hladneje.
- Poleti na severni polobli Sonce sije bolj navpično, zato je več sončne energije in je topleje.

Dolžina dneva in noči:

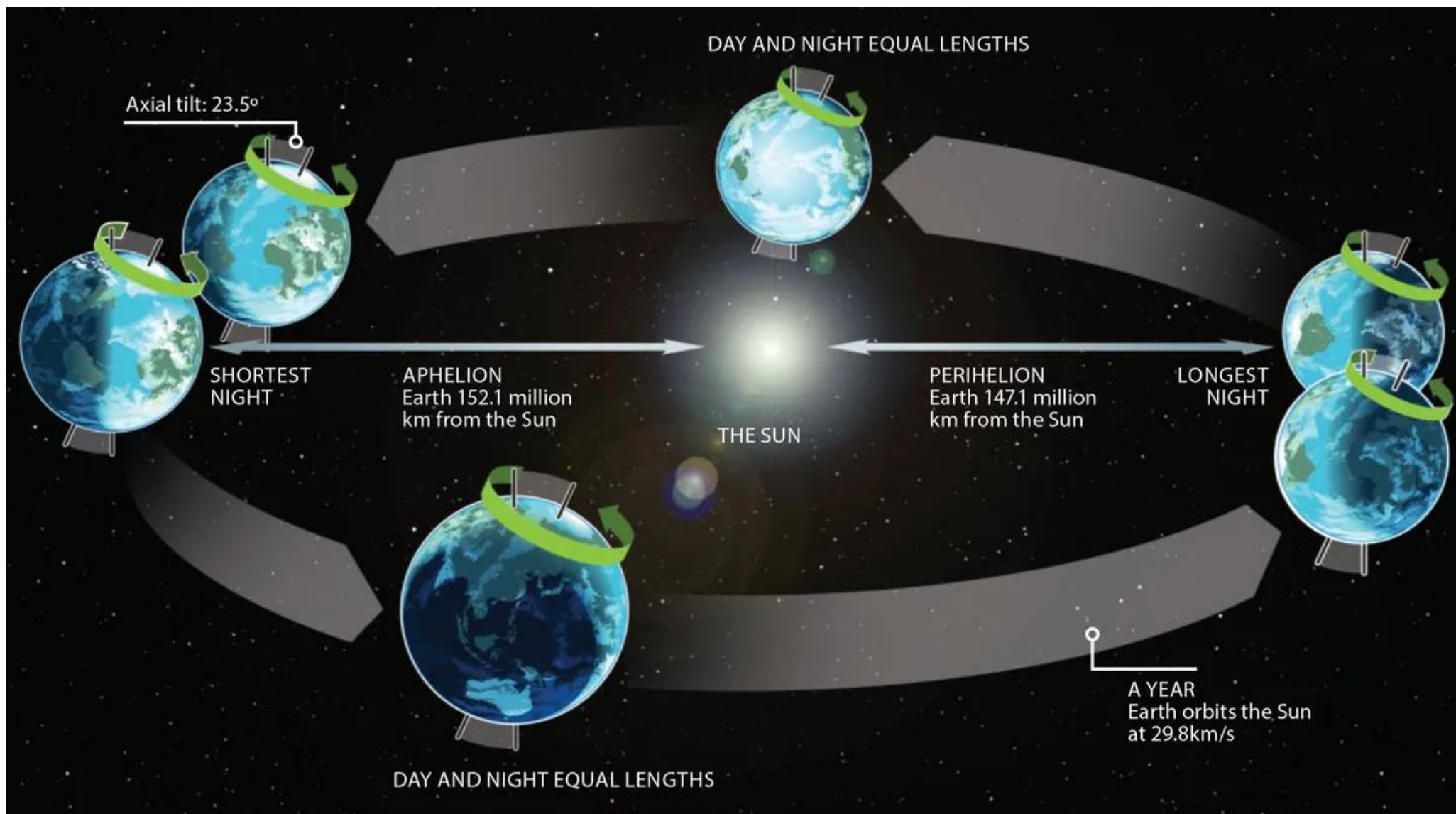
- Med solsticiji in ekvinokciji se spreminja tudi dolžina dneva in noči.
- Na ekvinokcijah sta dan in noč skoraj enaka po dolžini.
- Na solsticijih je ena polobla deležna najdaljšega dneva ali noči v letu.

Vizualna predstavitev

Za boljšo predstavo si lahko ogledamo naslednje grafične prikaze:

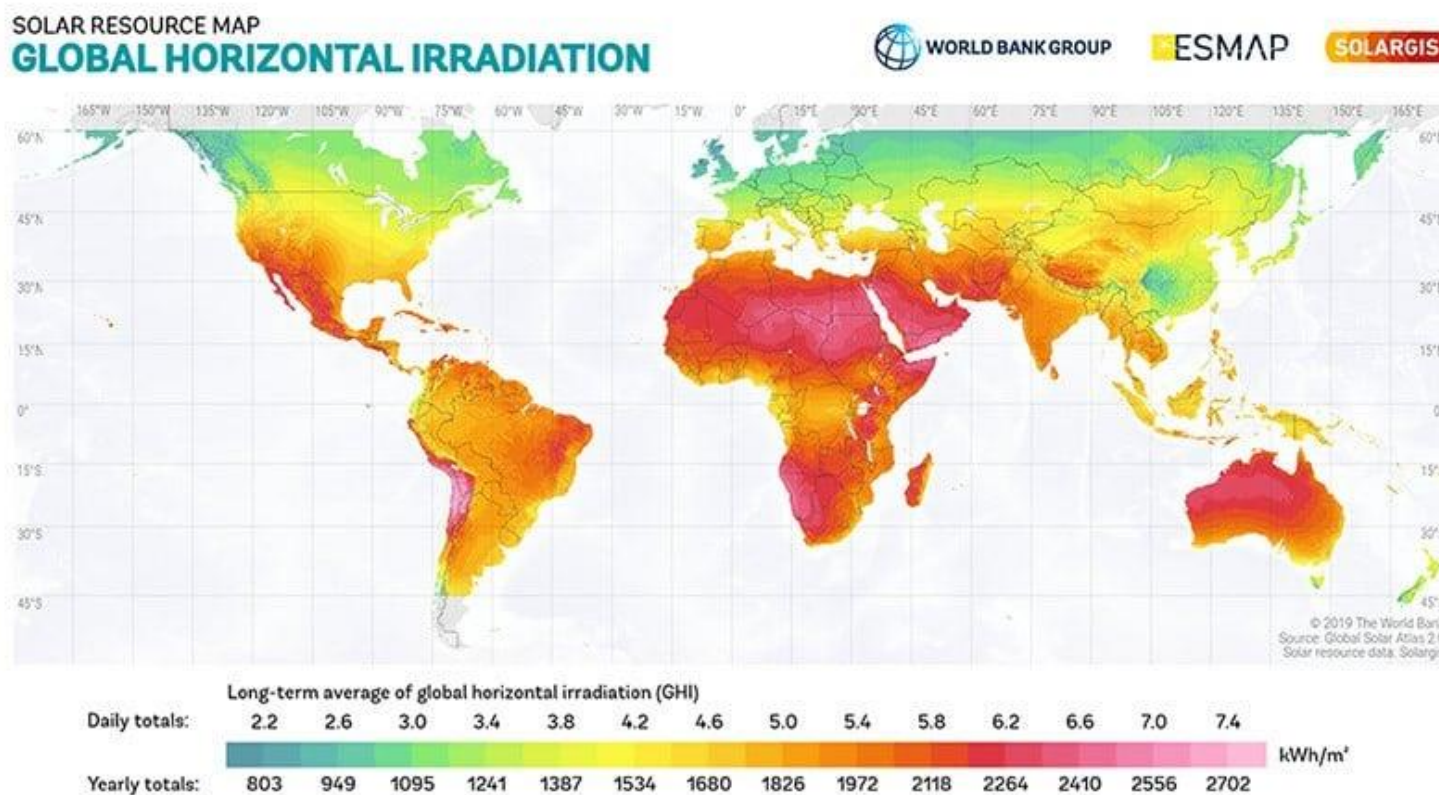
- **Diagram nagiba Zemljine osi:** Prikazuje nagib glede na ekliptiko in spreminjanje količine sončne svetlobe skozi leto.
- **Orbitalni diagram:** Prikazuje Zemljino eliptično orbito okoli Sonca in položaje med solsticiji in ekvinokciji.

Te relacije in dogodki so ključni za razumevanje sezonskih sprememb, dolžine dneva in noči ter klimatskih vzorcev na Zemlji.



Globalno sončno obsevanje Zemlje

Globalna sončna obsevanost Zemlje je zapletena tema, ki vključuje fizikalne lastnosti sončnega sevanja, geometrijo Zemlje in učinke atmosfere. Povprečno globalno obsevanje, ki doseže Zemljino površino, je približno 240 W/m^2 , vendar se lahko močno razlikuje glede na geografsko lokacijo, letni čas in vremenske razmere. Ta energija je ključna za vzdrževanje življenja na Zemlji in **je pomemben vir za obnovljive energetske rešitve**.



This map is published by the World Bank Group, funded by ESMAP, and prepared by Solargis. For more information and terms of use, please visit <http://globalsolaratlas.info>.

Sončno obsevanje Slovenije

Sončno obsevanje v Sloveniji se razlikuje glede na geografsko lego, nadmorsko višino in letni čas. V splošnem ima Slovenija zmerno podnebje, kar pomeni, da so razlike v sončnem obsevanju skozi leto precej izrazite. Spodaj so predstavljeni glavni vidiki sončnega obsevanja v Sloveniji:

Povprečne vrednosti sončnega obsevanja

Letna povprečna vrednost:

- Povprečna letna vrednost globalnega sončnega obsevanja v Sloveniji znaša med 1000 in 1400 kWh/m².

Geografska variabilnost:

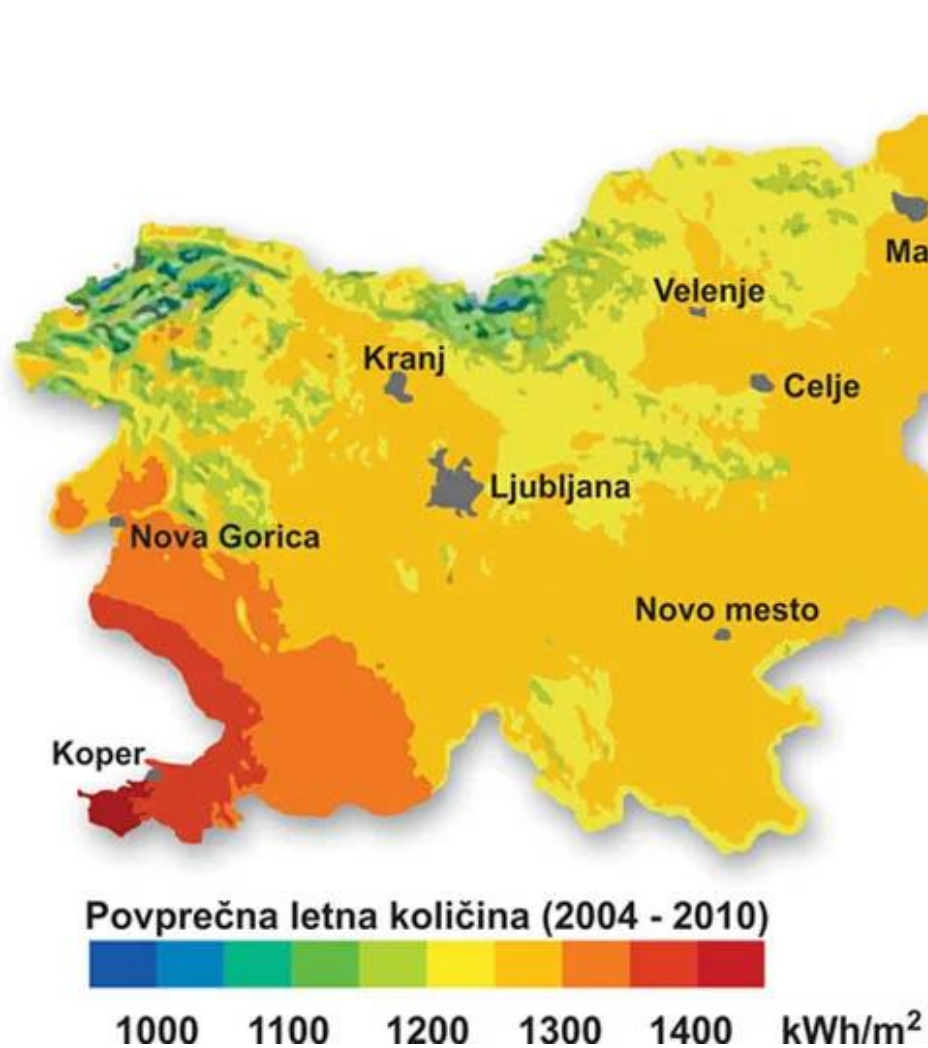
- **Primorska regija:** Ima najvišje vrednosti sončnega obsevanja, ki dosegajo do 1400 kWh/m² na leto zaradi svoje južne lege in bolj sončnega podnebja.
- **Osrednja Slovenija:** Prejme okoli 1200-1300 kWh/m² na leto.
- **Gorenjska in severovzhodni del Slovenije:** Imajo nekoliko nižje vrednosti, okoli 1000-1100 kWh/m² na leto, zaradi večje oblačnosti in višje nadmorske višine.

Sezonska variabilnost:

- **Poletje:** Najvišje vrednosti obsevanja so dosežene v poletnih mesecih (junij, julij, avgust), ko so dnevi daljši in Sonce visoko na nebu.
- **Zima:** Najnižje vrednosti obsevanja so pozimi (december, januar), ko so dnevi kratki in Sonce nizko na nebu.

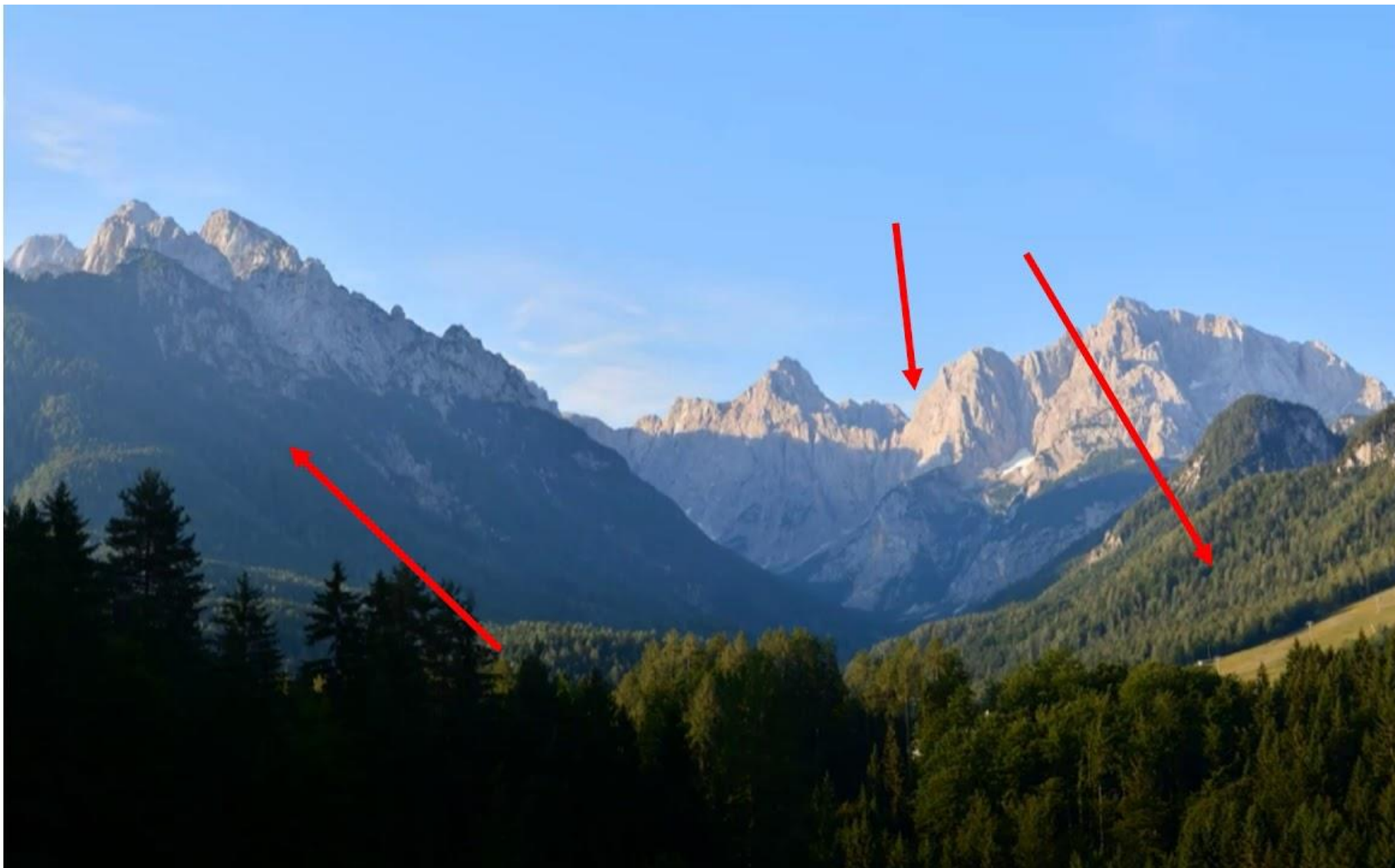


GOSPODARJENJE Z VIRI ENERGIJE IN ODPADKI

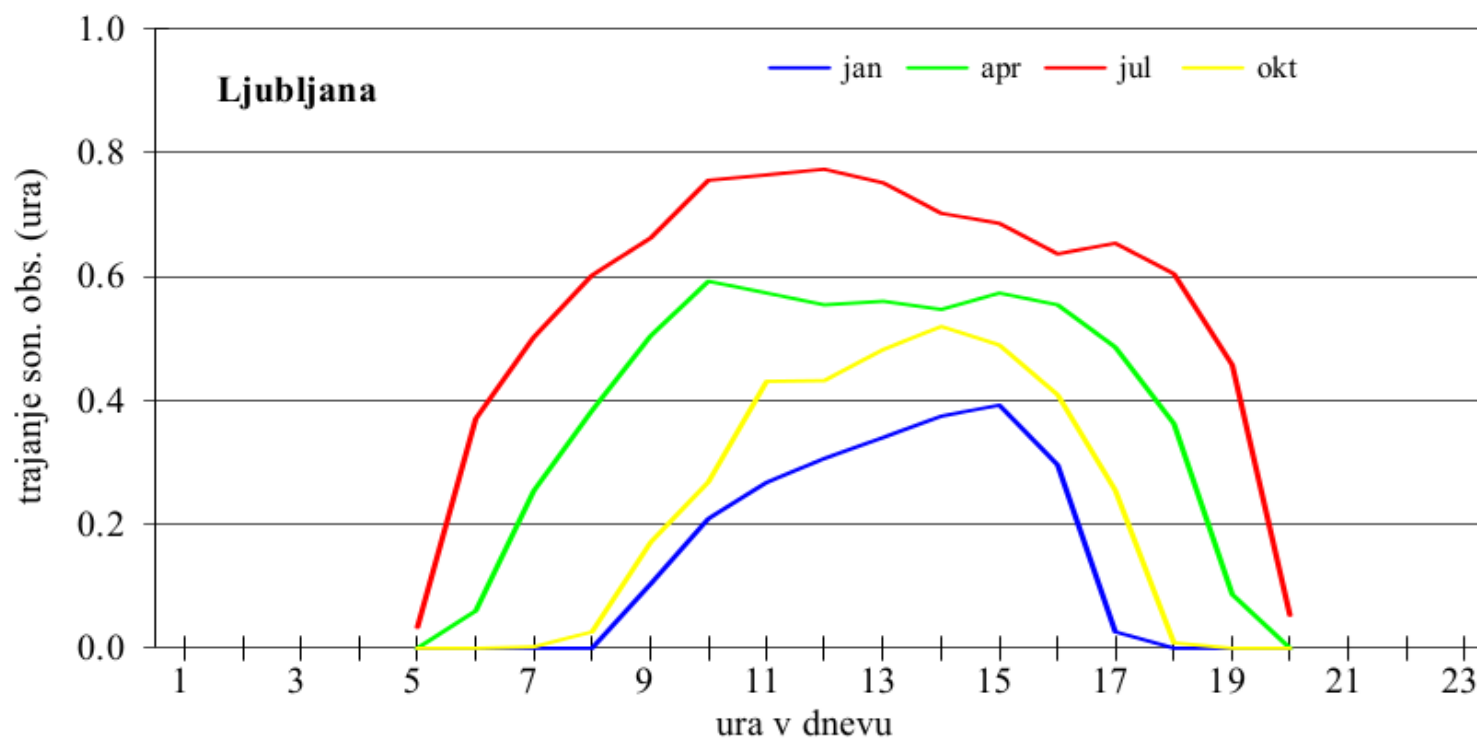


Razlika med prisojno in osojno lego

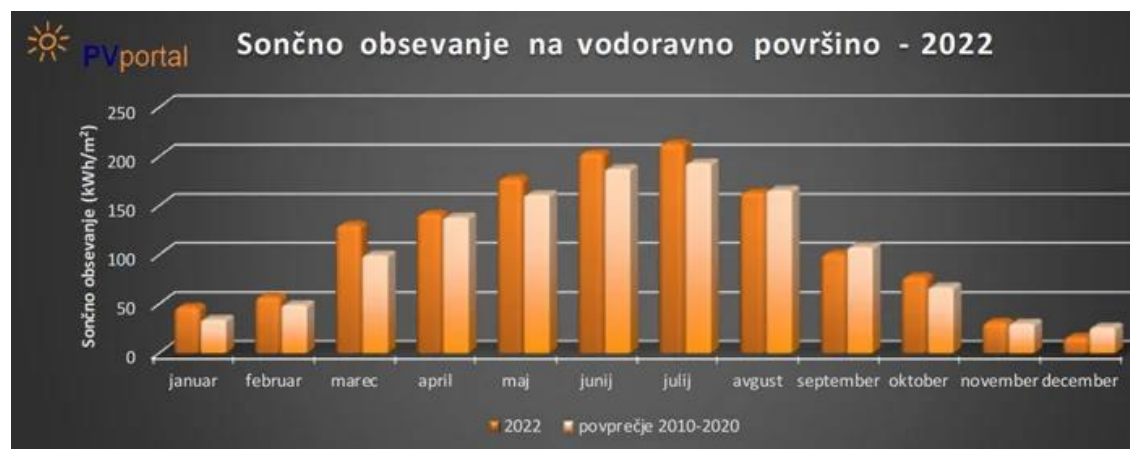
<https://www.youtube.com/watch?v=RyjQ1Q0PRQs>



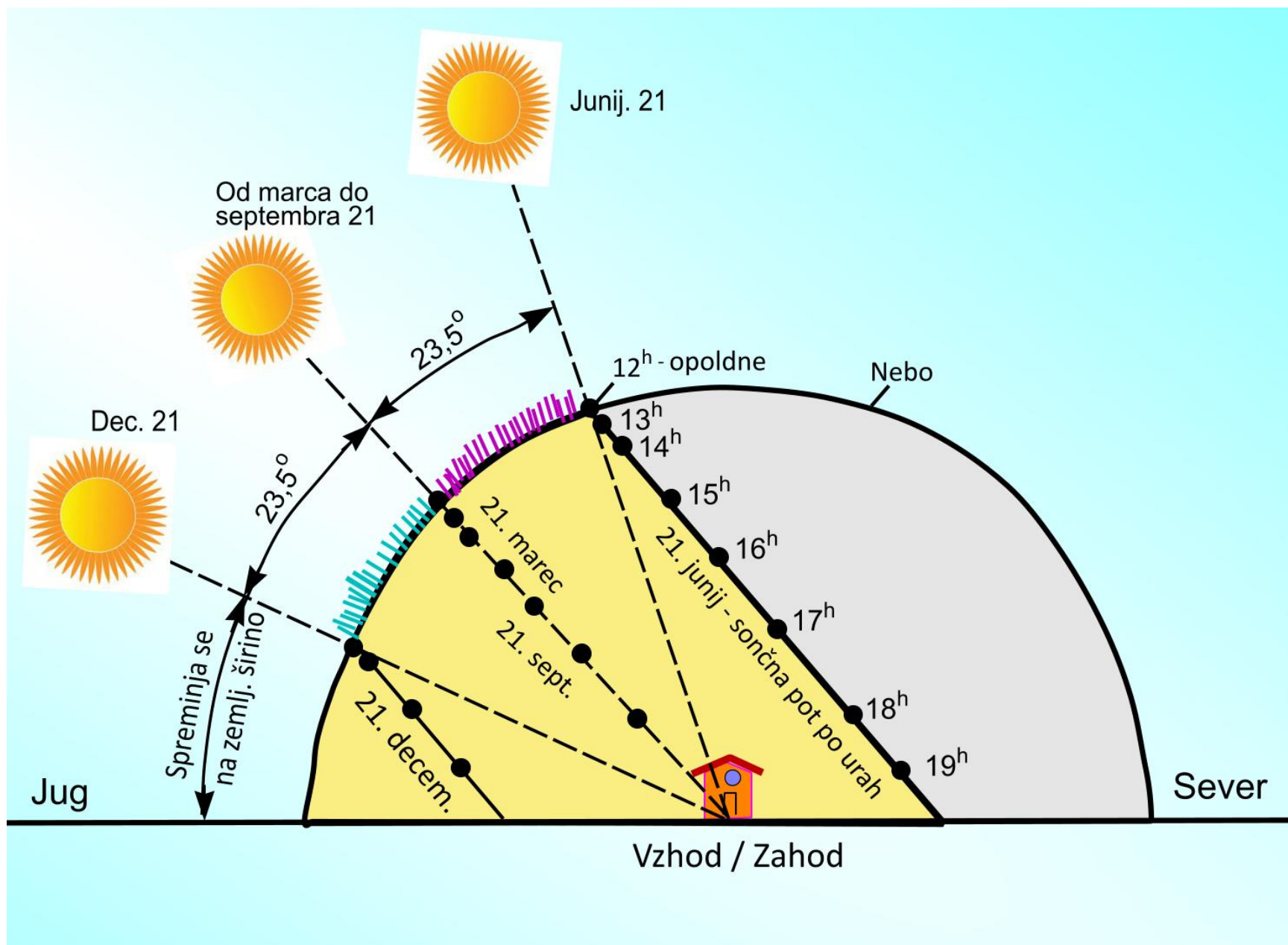
Trajanje sončnega obsevanja v Ljubljani



Časovni potek sončnega obsevanja v Sloveniji
čez dan se močno spreminja glede na letni čas.



GOSPODARJENJE Z VIRI ENERGIJE IN ODPADKI



Optimalna orientacija sončne elektrarne

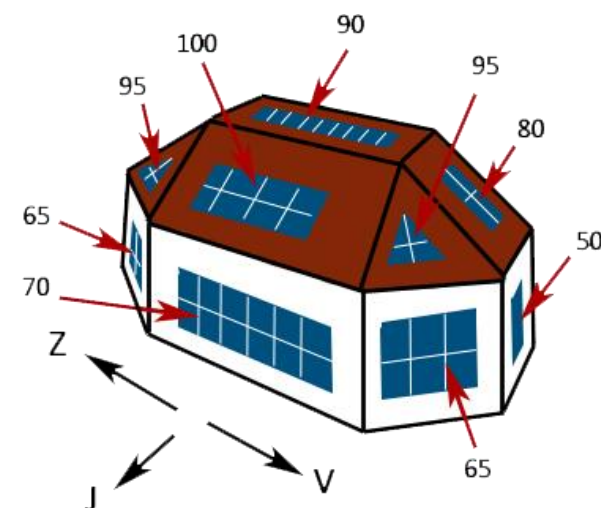
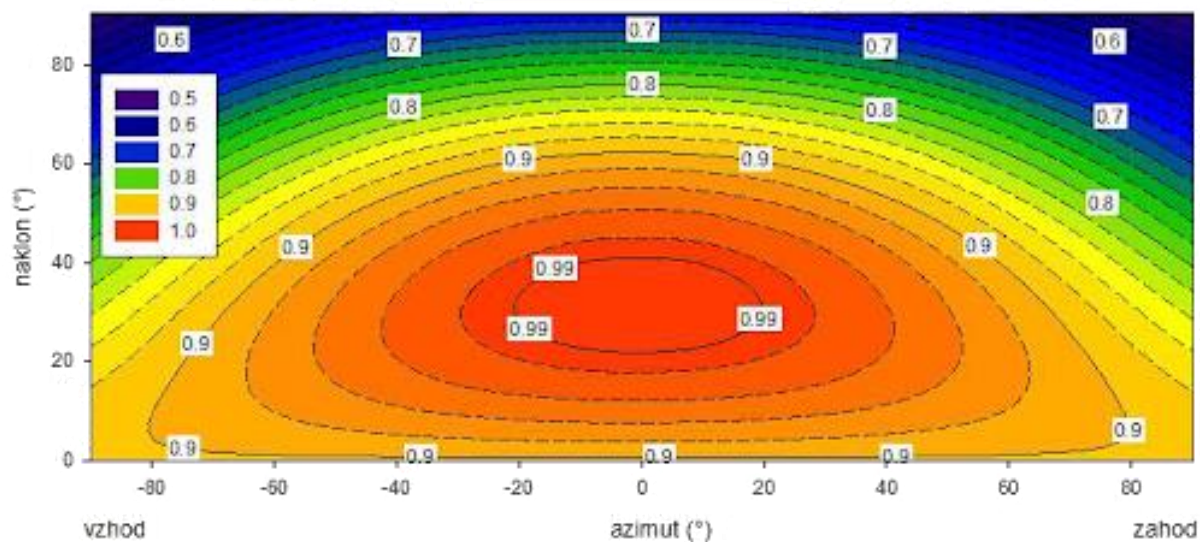
Optimalna orientacija sončne elektrarne v Sloveniji je ključnega pomena za maksimalno izkoriščanje sončne energije. Tu so ključni vidiki, ki jih je treba upoštevati pri določanju optimalne orientacije in naklona sončnih panelov:

Optimalna usmeritev (smer)

- **Južna orientacija (180°):** Najbolj optimalna orientacija za sončne panele je proti jugu. To omogoča, da paneli prejmejo največjo količino sončnega obsevanja čez dan.
- **Odklon od juga:** Majhen odklon od južne orientacije (do $\pm 20^\circ$) ne bo bistveno vplival na učinkovitost. Vendar pa večji odklon lahko zmanjša izkoristek.

Optimalen naklon (naklon panelov)

- **Pozimi:** Sonce je nizko na nebu, zato je optimalen naklon večji, približno 50-60°.
- **Poleti:** Sonce je visoko na nebu, zato je optimalen naklon manjši, približno 20-30°.
- **Letna optimizacija:** Za najboljši letni izkoristek je priporočljiv naklon, ki je približno enak geografski širini lokacije. V Sloveniji je to okoli 30-35°.
- **Prilagodljiv naklon:** Če je mogoče, lahko naklon panelov prilagajamo sezonsko, da dosežemo maksimalno učinkovitost skozi celo leto.



Kot naklona (a) je kot med vodoravno ravnino in ravnino modula. **Azimut** (b) nam pove, kako natančno je modul orientiran proti jugu. Graf prikazuje relativno letno proizvodnjo omrežnega PV-sistema v odvisnosti od orientacije (b) in kota naklona (a).

Kraj	Sončno obsevanje na vodoravno površino (kWh/m ²)	Optimalen kot naklona (°) glede na horizont
Ljubljana	1209	32°
Maribor	1247	33°
Portorož	1378	35°