

Zimsko mirovanje voćaka s osvrtom na posljednje tri zime

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Članak je nastavak već objavljenog teksta „[Zimsko mirovanje voćaka s osvrtom na aktualnu situaciju \(2014.\)](#)“, ali sada dopunjeno analizom vremenskih podataka za [tri posljednje zime](#) (2015. - 2018. god.) te proširen analizom [Utah modelom](#) (UCU kalkulator) koji za razliku od CH kalkulatora koristi složeniju gradaciju utjecaja temperature na *akumulaciju hladnih sati* stabala (Tablica 1.) neophodnih za [verninizaciju](#), odnosno [termoindukciju procesa cvjetanja voćaka](#).

Zasnivanje i eksploatiranje voćnjaka zahtijevaju vrlo velika ulaganja, proizvodnja je visoko profitabilna, ali i visoko rizična te voćari pri zasnivanju voćnjaka moraju odgovorno razmotriti izbor zemljišta, pažljivo izabrati vrste i sorte voćaka, moraju biti spremni za prevladavanje neusklađenosti kultivara i klimatskih uvjeta, dakle [znati kako podesiti mikroklimatske uvjete](#), npr. kemijskim putem, zasjenjivanjem, orošavanjem i dr. Klimatske promjene, odnosno pojava sve *toplijih i kraćih zima*, kao i godišnje varijacije zimskih uvjeta, raznolik agroklimatski uvjeti zbog velikih razlika u nadmorskoj visini, količini oborina, njihovom rasporedu, kao specifičnostima kao što su ekspozicija, nagib terena i sl., mogu prouzročiti prerani prekid zimskog mirovanja i prerano cvjetanje različitih biljnih vrsta (Slika 1.) pa i voćaka, što je potencijalno opasna situacija zbog pojave kasnih mrazeva kad su voćke u cvijetu. Također, zbog klimatskih promjena sve je više područja s blagim zimskim uvjetima u kojima se zasnivaju voćnjaci i vinogradi, a da ih nikad prije nije bilo tamo.

[Utjecaj temperature na biljke je vrlo složen](#), jer djeluje različito na fiziološke procese, posebice na svijetli i tamni dio fotosinteze. Naime, temperatura ne utječe na svijetlu fazu (*fotofizički* i *fotochemički* dio fotosinteze), dok je *Calvinov ciklus* izrazito ovisan o temperaturi. Biljke su vrlo osjetljive na male promjene temperature, ali još uvijek nije u cijelosti poznat mehanizam kako biljke percipiraju temperaturu i kako funkcioniра mehanizam prijenosa temperaturnog signala kroz biljku.



Pajasmin (*Philadelphus coronarius*), park Kralja Držislava



Forzicija (*Forsythia europaea*), perivoj Kralja Tomislava



Ljubičica (*Viola odorata*), perivoj Kralja Tomislava

Slika 1. Procijetale biljke u parkovima Osijeka 11.02.2018. god. (foto: [Vladimir Vukadinović](#))

Za razliku od većine umjerenih drvenastih vrsta, jabuke i kruške (porodica Rosaceae, rod *Prunus*), ali i neke druge [drvenaste vrste, nisu osjetljive na duljinu dana \(fotoperiod\)](#) i ne reagiraju na alternativni sezonski signal za kontrolu i prekid mirovanja (npr. [duljina dana, kvaliteta svjetlosti, cirkadijalni sat](#) i dr.) te je buđenje iz zimskog mirovanja vezano isključivo uz nisku temperaturu (<12°C). Stoga je *jesenski sindrom* (prestanak rasta, stvaranje ljuške pupova, otpadanje lišća i *indukcija mirovanja*) isključivo odgovor na nisku temperaturu.

[Dormantnost](#) je fiziološki fenomen povezan s [fitohormonima, fitokromima i ugljikohidratima](#), koji se kod stabala manifestira *uspavanim pupoljcima* tijekom hladnog, ili ekološki nepovoljnog razdoblja godine,

Tablica 1. [Vrijednost sata hlađenja za Utah model \(Richardson et al., 1974.\)](#)

Temperatura (°C)	Utah Chill Units (h)
< 1,4	0,0
1,5 - 2,4	0,5
2,5 - 9,1	1,0
9,2 - 12,4	0,5
12,5 - 15,9	0,0
16,0 - 18,0	-0,5
> 18,0	-1,0

prvenstveno zbog gotovo zaustavljenog *metabolizma*, što onda rezultira usporenim rastom, ali i čuva populjke od nadolazećeg hladnog vremena i izmrzavanja. Stoga, voćke umjerenoj klimatskoj pojasa zahtijevaju izlaganje hladnim uvjetima zimi kako bi u proljeće prekinule zimsko mirovanje, odnosno *dormanciju* koja im pomaže da podnose niske temperature zimi, a nakon završetka zime omogućuje cvjetanje i plodonošenje. [Eko uspavanost](#) (*ekološka dormancija*) javlja se zimi, obično sredinom siječnja i tijekom veljače, nakon što je uvjet hlađenja voćaka bio zadovoljen. Naime, stabla tada ne rastu jer uvjeti nisu odgovarajući, ali je tijekom tzv. *tople zime* moguć prekid ekološkog mirovanja. Budući da je prekid zimskog mirovanja preduvjet za aktiviranje [fizioloških procesa](#), odnosno cvjetanje, formiranje lista i plodova, niske temperature su neposredni i osnovni uvjet za zimsko mirovanje. *Rashlađivanje* drvenastih vrsta tijekom zime mora se odvijati unutar određenih granica, najčešće se smatra da je to između 0°C i 7°C , ali [postoji niz drugih, različitih modela](#) kojima se pokušava što pouzdanojje procijeniti koja je to *suma sati hlađenja (CH; Chilling Hours)* potrebna za indukciju cvjetanja (tzv. *termoperiodska vernalizacija*). Jednostavni modeli općenito nisu dovoljno pouzdani, posebice u toplijim regijama i uglavnom spadaju u grupu *Chilling Hours (CH)* pristupa, dok su složeniji *dinamički modeli* pouzdanija alternativa.

Budući da se za procjenu prekida mirovanja drvenastih vrsta primjenjuju različiti *modeli analize zimskog mirovanja*, potrebno je jasno naglasiti da niti jedan model nije dovoljno pouzdan, da su svi redom iskustveni (*empirijski*), premda se njihovom kalibracijom za konkretnе agroekološke uvjete može znatno smanjiti pogreška predviđanja prekida *dormancije*. Stoga bi istraživanja i poznavanje lokalnih agroekoloških uvjeta o *zimskom hlađenju* unaprijedilo naše razumijevanje fizioloških adaptacija voćaka na novonastale uvjete i omogućilo voćarima i vinogradarima razvoj novih strategija za promjenu nepovoljnog zimskog scenarija.

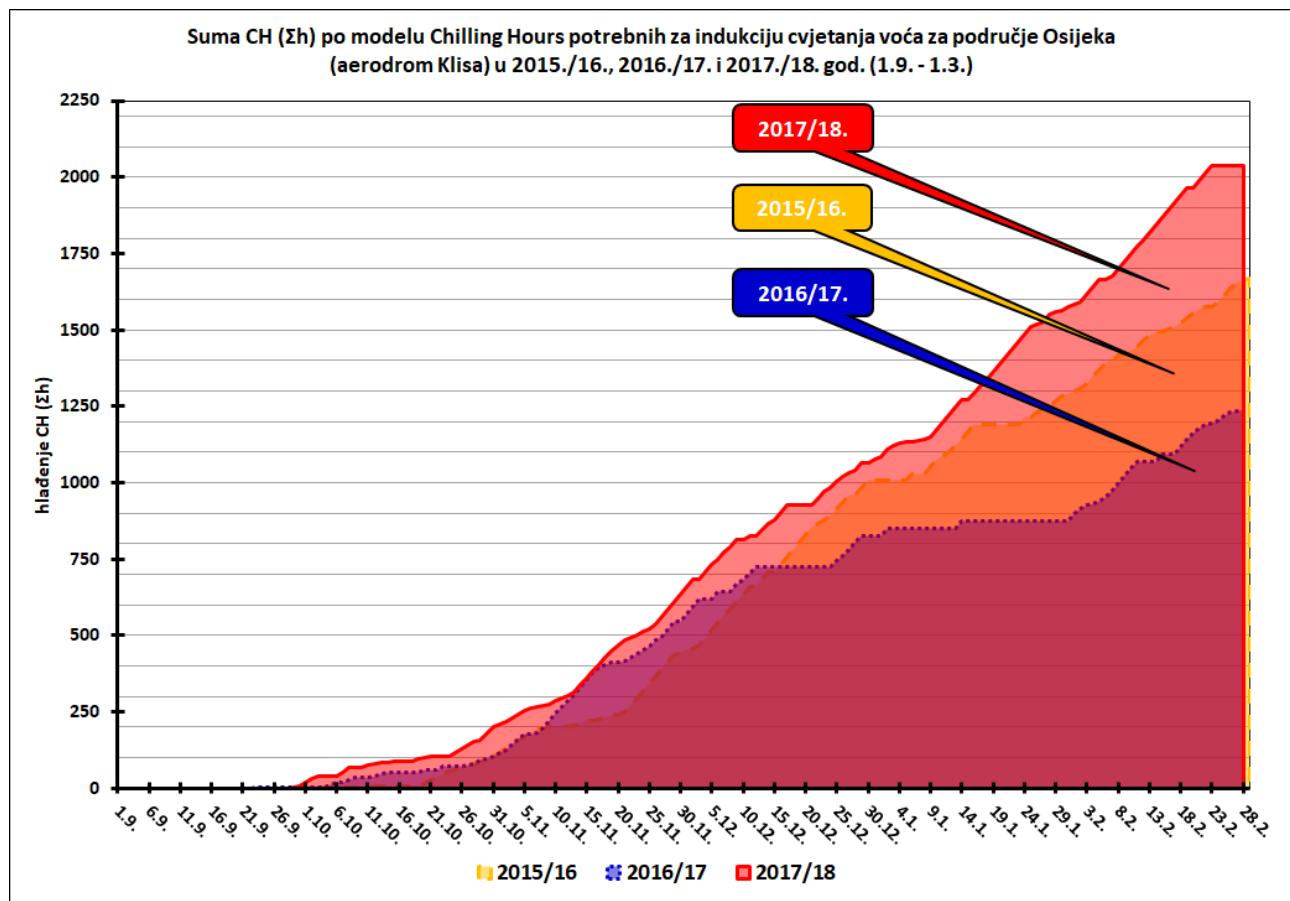
U modelu $0 - 7,2^{\circ}\text{C}$ ([kako je to u CH kalkulatoru](#)) pretpostavka je akumulacija svih sati temperature unutar tog intervala ima utjecaj na prekid zimskog mirovanja voća, dok više temperature, npr. $> 16^{\circ}\text{C}$ kod *Utah modela* imaju negativan utjecaj (oduzimaju se od *sume akumuliranih sati hlađenja*; Tablica 1.) i produžavaju *dormantnost*. [Dinamički modeli](#) temelje se na pretpostavci da se akumulira *suma sati hlađenja* u dva koraka. Prvi se odnosi na niske temperature i taj korak je *reverzibilan* (povratan) te se može poništiti toplinom, dok u drugom koraku izlaganje umjereno niskim temperaturama čini proces indukcije cvjetanja nepovratnim (*ireverzibilnim*). Dakle, kod *dinamičkih modela* nekoliko je procesa u interakciji pa sekvence nakupljanja određene temperature tijekom zimske sezone mogu imati vrlo različite učinke, dok je kod prethodne dvije grupe modela vremenski učinak uvijek homogen.

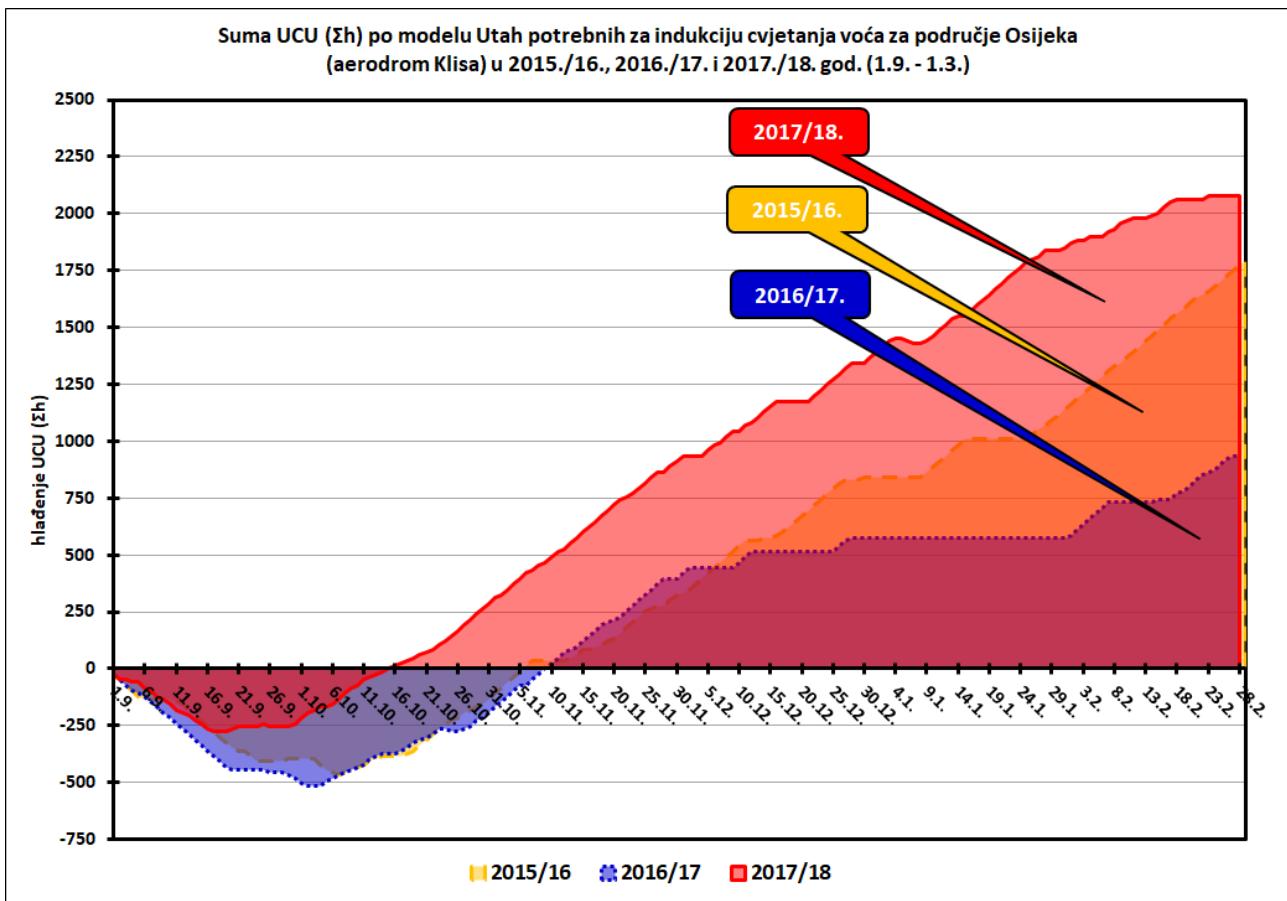
Za utvrđivanje trenutka prekida dormantnosti voćke su tijekom *filogeneze* (biološka evolucija) razvile mehanizme osjeta temperature, kao i integraciju toplih i hladnih intervala kako stabla ne bi prekinula prerano zimsko mirovanje i izložila se riziku izlaganja niskim temperaturama nakon početka proljetnog kretanja vegetacije. S druge strane, rast nakon zime mora biti nastavljen dovoljno rano kako bi voćke završile godišnji *reproducivni ciklus* prije početka sljedeće zime. Obzirom na klimatske zahtjeve, produktivni uzgoj svakog kultivara ograničen je na određenu agroklimatsku zonu, te je izbor *kultivara (sorte)* za određeni klimatski režim ključan za produktivnost voćnjaka, odnosno zahtjev za hlađenjem treba biti 20 % niži od lokalnog prosjeka, čemu mogu izvesno poslužiti modeli procjene duljine vernalizacije.

[Sigurna suma sati hlađenja](#) na sjevernoj hemisferi ([veći dio SAD i južne Kanade, veći dio Europe, središnja Azija, Kina i Japan](#)) je u širokom rasponu: *Chilling Hours* ili $CH = 700 - 2000^{\circ}\text{C}$, *Utah Chill Units* ili $UCU = 700 - 2000^{\circ}\text{C}$. Na južnoj hemisferi Zemlje voćarske regije (samo na južnom vrhu Južne Amerike i jugoistočna Australija) imaju znatno blaže zime, dok se sa sve tri grupe modela sigurna suma sati hlađenja nije moglo identificirati u tropima. Premda su mnoge voćke sortno vrlo specifične, u literaturi se navodi da za cvjetanje jabukama treba $1200 - 1500 \text{ CH}$ (sorte *Gala*, *Golden Delicious*, *Granny Smith*, *Braeburn*, *Fuji*, *Red Delicious*), kajsijama $700 - 1000 \text{ CH}$ (sorta *Tilton*) [nešto manje za RH \(900 - 1250^{\circ}\text{C}\)](#), višnjama treba $1000 - 1300 \text{ CH}$ (sorte *Lapins*, *Burlat* i *Bing*), kruškama $1000 - 1500 \text{ CH}$ (sorte *Bartlett*, *Golden Russet* i *Bosc*) itd. Na temelju godišnjeg prosjeka [aktivne temperature](#) između 10 i 30°C (Slika 3.) [početak cvjetanja na području Osijeka je 4. travnja](#), a rijetko se događa prije 21. ožujka (*ekvinocij*) ili nakon 18. travnja.

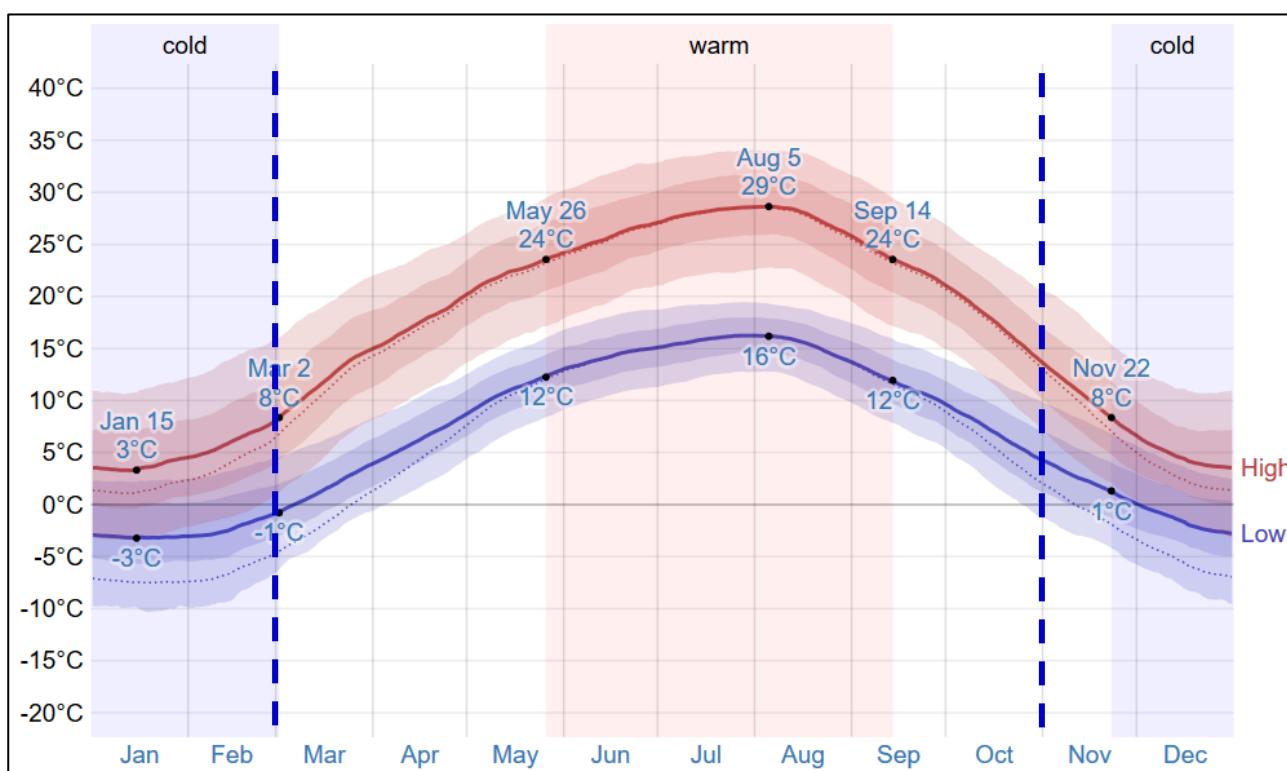
Ukratko, analiza intervala *vernalizacije* CH kalkulatorom voćaka u posljednje tri zime može se sažeti u nekoliko konstatacija:

- 1) *Sume sati hlađenja* (CH) kad je temperatura između 0 i 7,2°C (Grafikon 1.), ili prema *Utah modelu* (Grafikon 2. i Tablica 1.), veoma se razlikuju između pojedinih godina, ali i između modela izračuna;
- 2) U našem agroekološkom području *sumu sati hlađenja*, potrebnu za indukciju cvjetanja voćaka, trebalo bi obračunavati od početka studenog do kraja ožujka (Slika 2.), kako na to jasno ukazuje izračun prema *Utah modelu* (Grafikon 2.);
- 3) Prema oba modela izračuna *sume sati hlađenja* indukcija cvjetanja voćaka, premda je ona veoma različita po godinama, bila je dovoljna za indukciju cvjetanja u sve tri sezone što je postignuto do kraja veljače, jer je u oba modela dosegnuta granica od 1000 CH jedinica;
- 4) *Suma sati hlađenja* ne podudara se s meteorološkom ocjenom zime, pa tako, posljednja zima (2017./18. god.), koja se smatra izuzetno toplo (sve do kraja veljače), ima najbrži tempo akumulacije sati hlađenja, jer voćke u *vernalizaciji* akumuliraju temperature iznad 0°C pa do 12,5°C (Tablica 1.);
- 5) Premda su u sve tri promatrane zimske sezone voćke akumulirale dovoljnu *sumu sati hlađenja* do kraja veljače, cvjetanje se redovito događalo nekoliko tjedana kasnije zbog *eko ili nametnute dormancije* koja se javlja sredinom zime, nakon što je uvjet *hlađenja voćaka* bio zadovoljen. Naime, uvjeti za potreban intenzitet metabolizma, odnosno rast stabala nisu prikladni zimi, te je tijekom tzv. *tople zime* svakako moguć prekid ekološkog mirovanja i prerano cvjetanje;
- 6) Nakon završene indukcije cvjetanja toplo vrijeme može potaknuti prerano cvjetanje koje izlaže voćke visokom riziku od mraza, ili čak duljim hladnim periodima, što može smanjiti ili posve uništiti rod;
- 7) Premda empirijski ovakvi modeli procjene potrebnog vremena indukcije cvjetanja nisu dovoljno pouzdani, pružaju dobar opći pregled zimskih uvjeta u voćnjacima. Za točnije procjene potrebno je koristiti serije točnih meteoroloških podataka za pojedine mikrolokacije, vrste i sorte voćaka i koristiti *dinamički model* koji uzima u obzir i dnevno kretanje temperature, a ne samo minimalnu, maksimalnu i prosječnu dnevnu temperaturu.

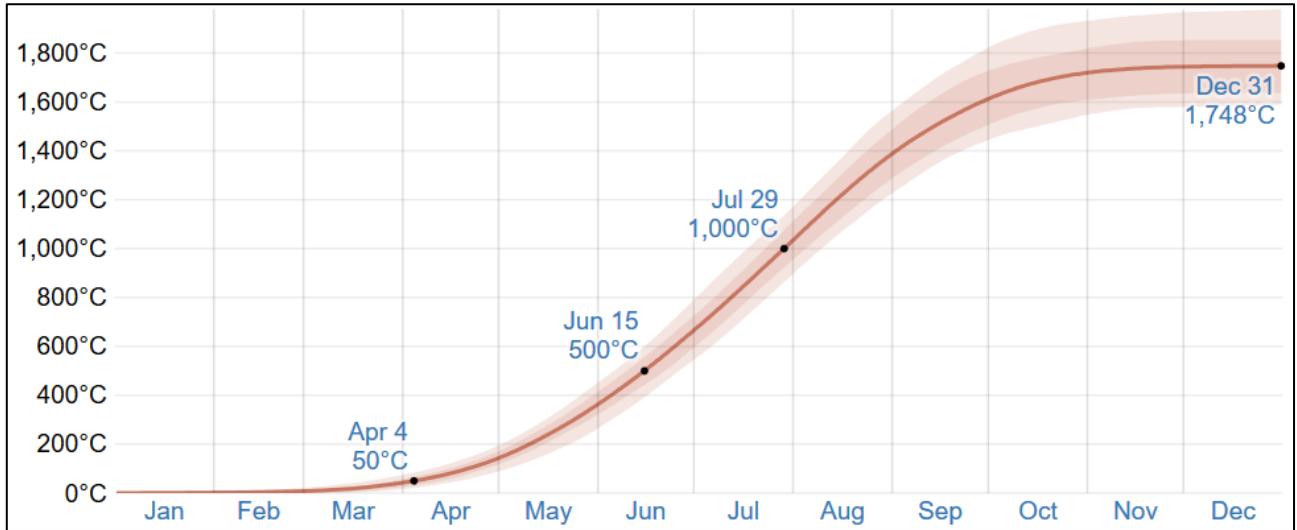




Grafikon 2. Suma sati hlađenja po Utah modelu (Tablica 1.) za tri posljednje godine



Slika 2. Dnevni prosjek maksimalne (crvena linija) i minimalne (plava linija) temperature s 25-75 i 10-90 percentilnim pojasom. Tanke točkaste linije su odgovarajuće prosječne percipirane temperature (<https://weatherspark.com/y/83280/Average-Weather-in-Osijek-Croatia-Year-Round#Sections-Summary>).



Slika 3. Prosječna godišnja akumulacija aktivne temperature (između 10 i 30°C) s 25 - 75 i 10 - 90 percentilnim pojasom (<https://weatherspark.com/y/83280/Average-Weather-in-Osijek-Croatia-Year-Round#Sections-Summary>).

U Osijeku, 28. veljače 2018. god.

Klimatski podaci korišteni u CH & UCU kalkulatoru preuzeti su za područje Osijeka (aerodrom Klisa) s dvije web stranice:
<http://en.tutiempo.net/climate/ws-142840.html>
<http://www.wunderground.com/history/station/14284/2016/2/8/MonthlyHistory.html?>

CH & UCU kalkulator je na adresi:

http://tlo-i-biljka.eu/Kalkulatori/CH&UCU_kalkulator.xlsx