

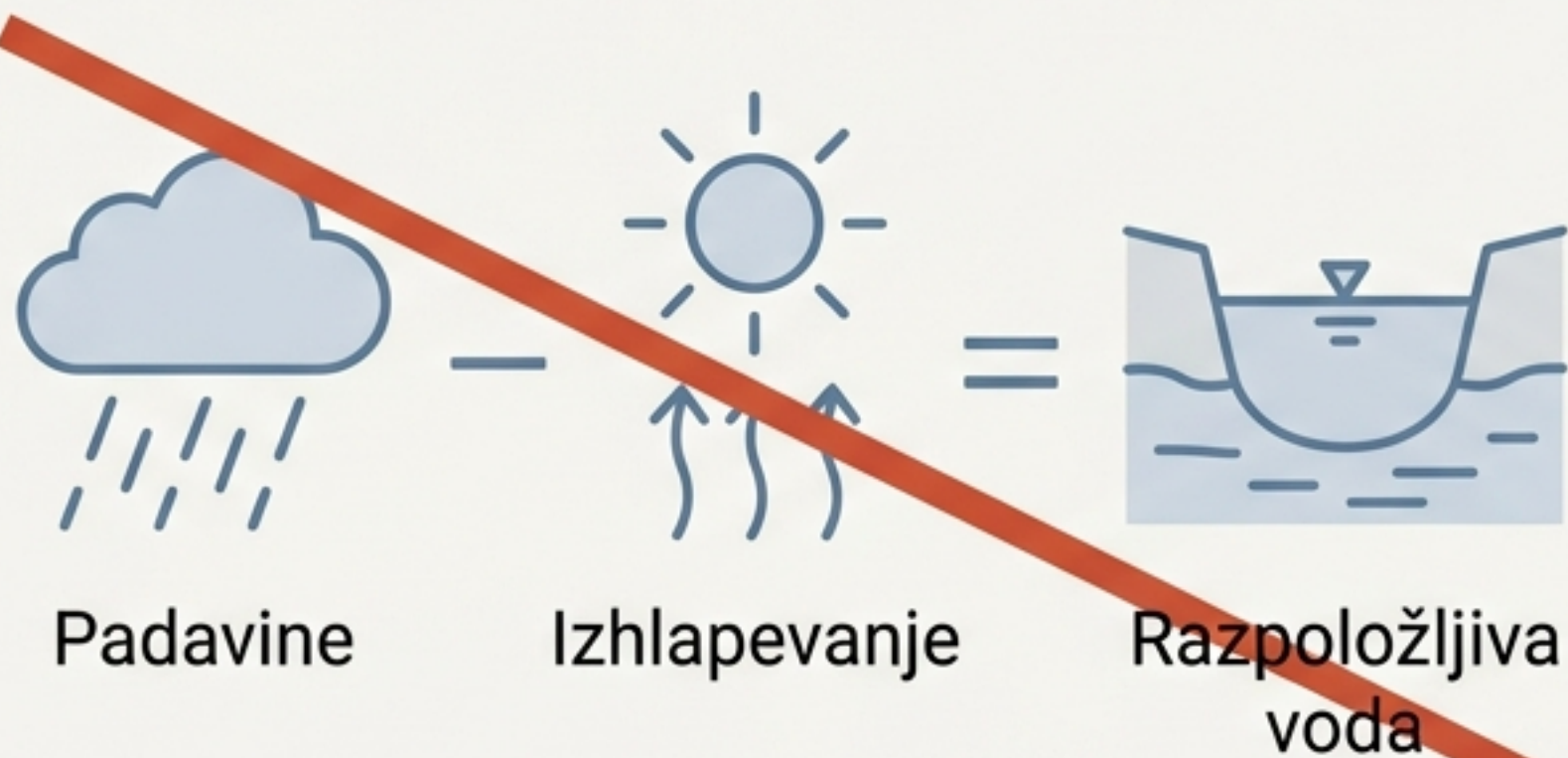
# Zgoščene padavine in suha zemlja

Zakaj letna količina padavin ni več  
zanesljivo merilo za vodno varnost.

Enačba, ki nas slepi:  
Skupne letne padavine - Povprečno  
izhlapevanje = Razpoložljiva voda

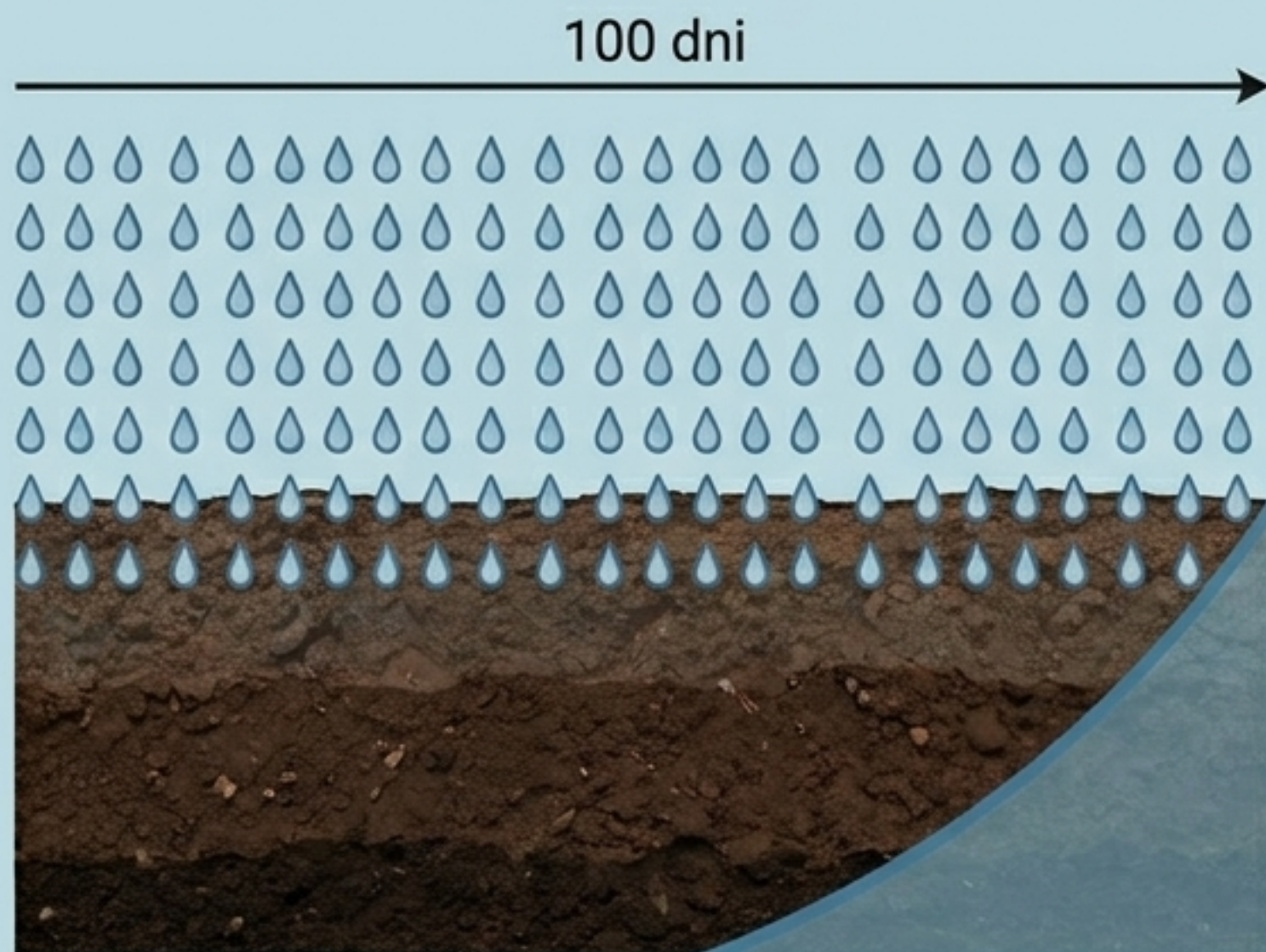
## Past tradicionalnega modeliranja

Večina razprav o prihodnji sušnosti temelji izključno na temeljnem ravnovesju med padavinami in izhlapevanjem. Pri tem pa spregledamo ključno slepo pego: model ignorira dnevno porazdelitev padavin. Predpostavlja, da je vsaka kaplja enako učinkovita pri polnjenju kopenskih zalog vode (TWS), ne glede na to, kako hitro pade na tla.



# Manjkajoča spremenljivka: Zgoščenosť padavin

Ni pomembno le, koliko dežuje, temveč kako dežuje. Zaradi asimetrije padavin manjše število dni prispeva večino letnih padavin. To ustvarja hidrolološki paradoks: enaka skupna količina vode ima popolnoma različen učinek na tla, odvisno od njene časovne koncentracije.



# Merjenje neenakosti padavin

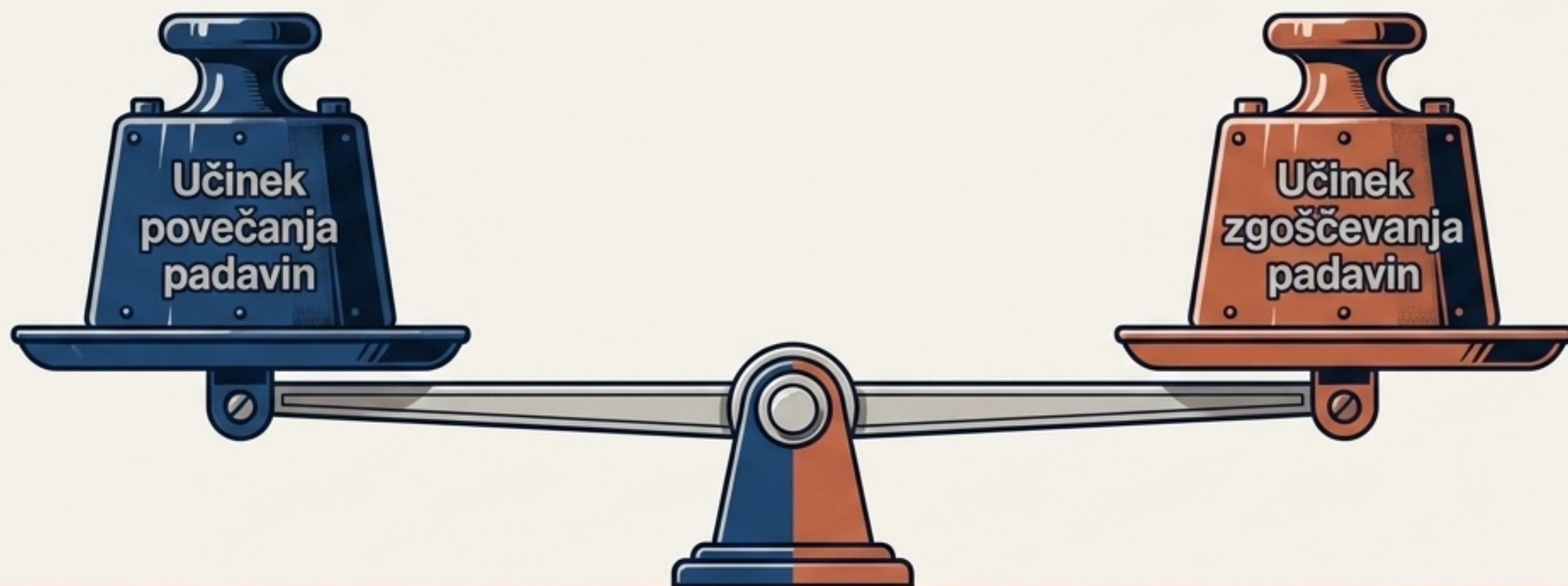
## Ginijev koeficient padavin ( $G_P$ )

Koncept neenakosti premoženja smo prenesli v klimatologijo.  $G_P$  meri neenakomernost padavin od 0 (enakomern dež vsak dan) do 1 (ves letni dež v enem dnevu).



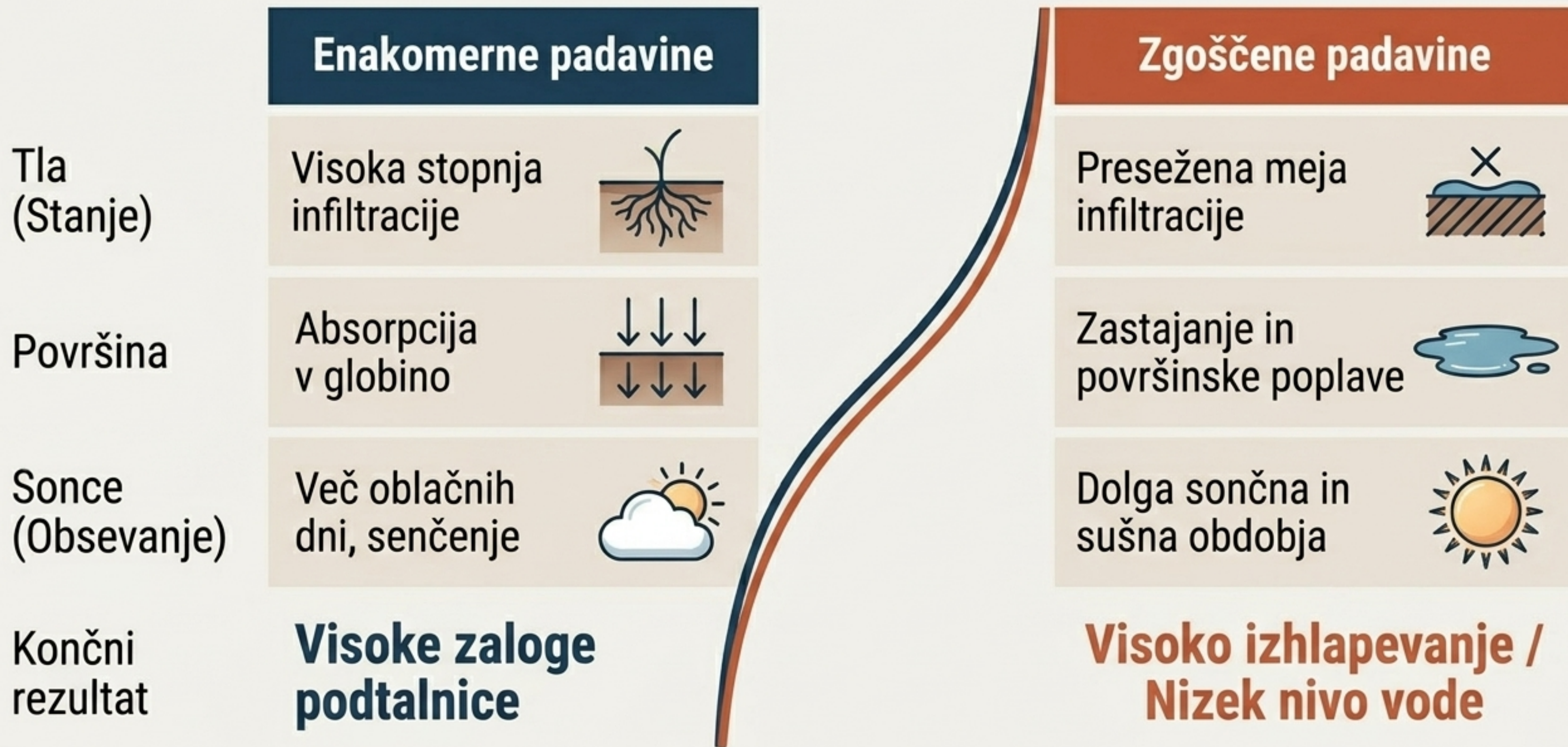
# Zgoščevanje padavin suši planet

Učinek sušenja zaradi bolj zgoščenih padavin je po magnitudi enakovreden učinku vlaženja zaradi povečane skupne količine padavin.



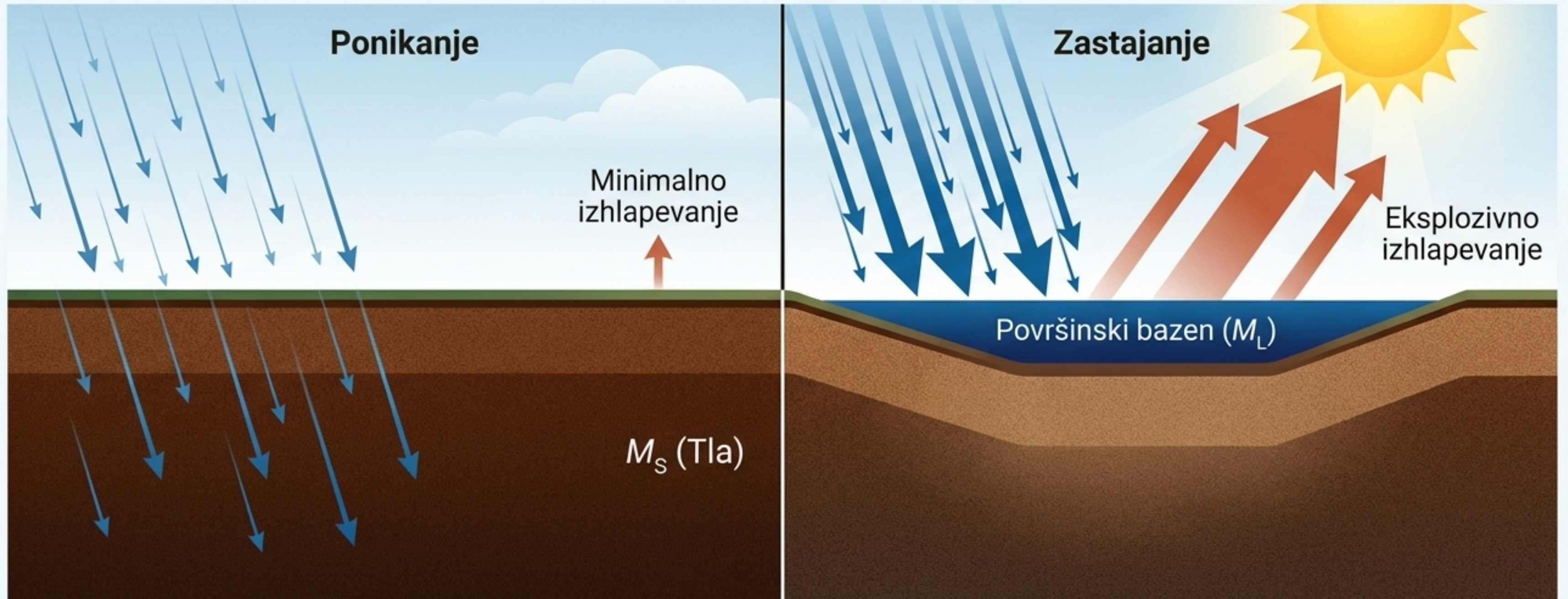
Pri 1.000 mm letnih padavin (globalno povprečje) vsako povečanje  $G_P$  za 10 % povzroči izgubo 16 do 49 mm kopenskih zalog vode. Koncentracija preglasi volumen.

# Diagnostična matrika padavinskih arhetipov



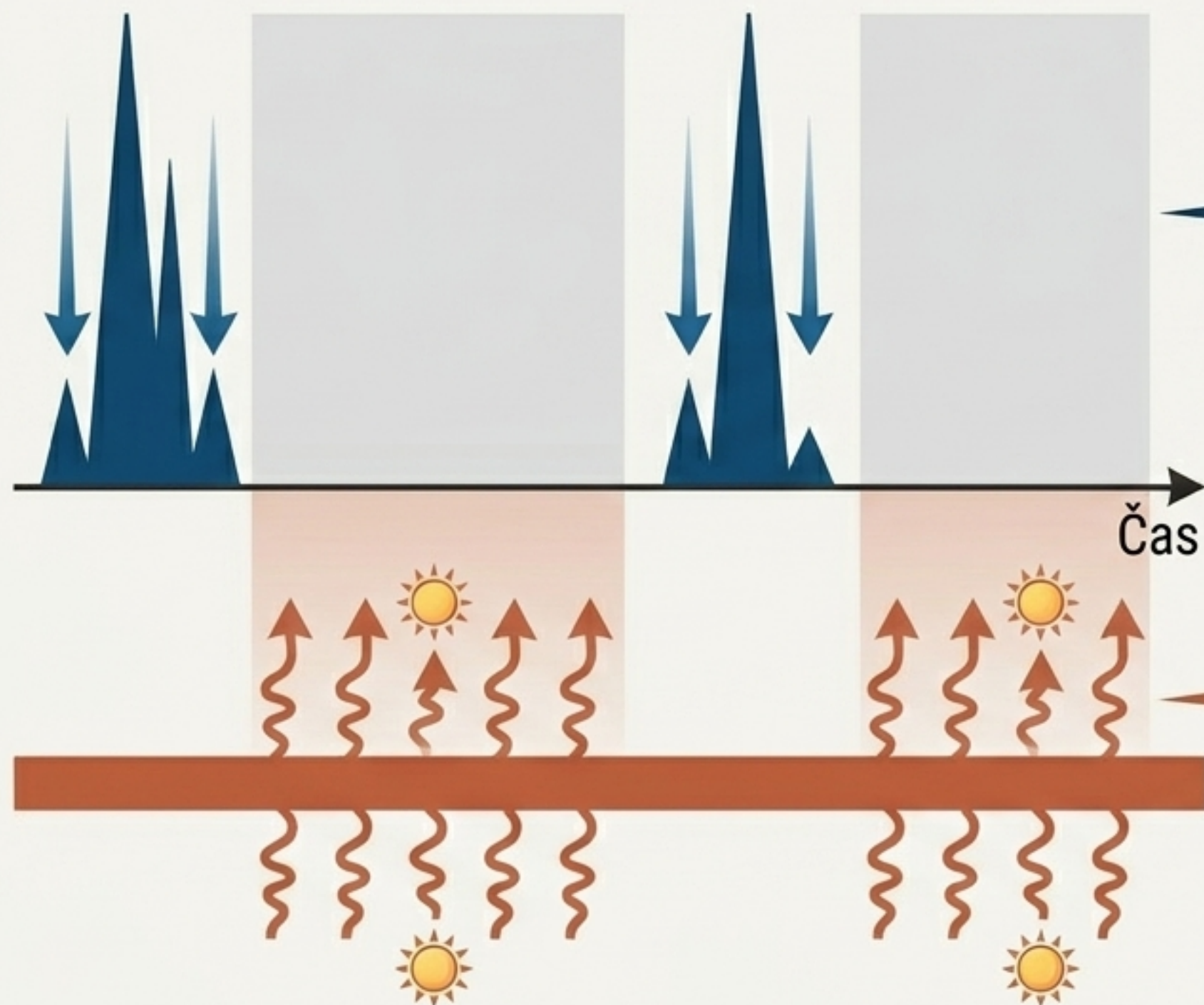
# Anatomija sušenja: Zastajanje proti ponikanju

Ko intenzivnost dežja preseže sposobnost tal za vpijanje, **voda zastaja na površini (saturacijski presežek)**. Ta **površinski bazen nima zaščite** pred atmosfero. Zmanjšan **aerodinamični upor** povzroči **hitro in masovno izhlapevanje**, preden voda sploh doseže podtalnico.



# Dvojni udarec: Intenzivnost in obsevanje

Zgoščevanje padavin ne pomeni le močnejših nalivov – nujno pomeni tudi več suhih dni.



## Partijski učinek (Glavni dejavnik):

Voda zastaja na površini, kjer je najbolj ranljiva.



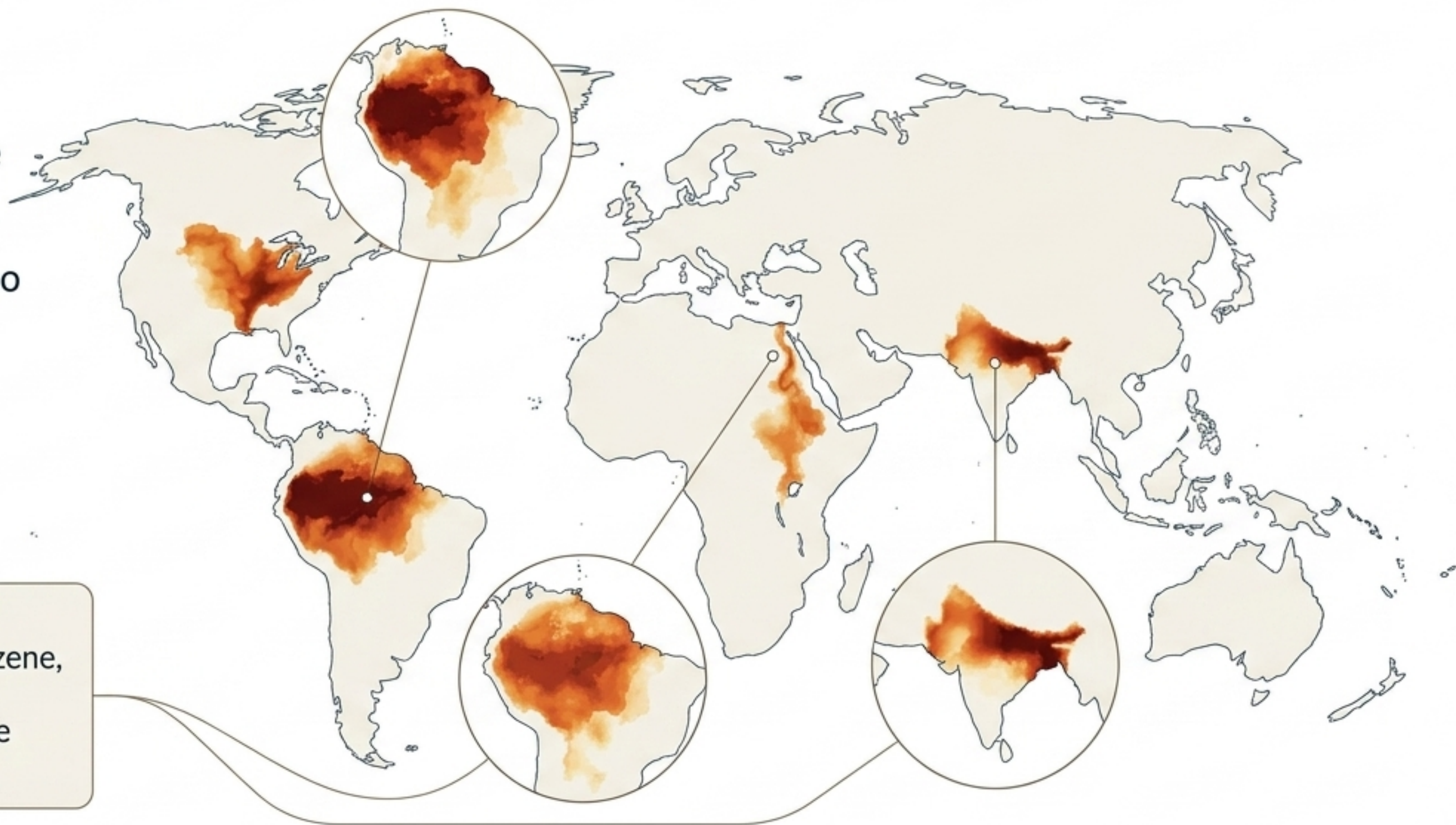
## Radiativni učinek (Pospeševalec):

Daljša obdobja brez dežja pomenijo več sončnega obsevanja (do  $+10 \text{ W/m}^2$ ). To dodatno sonce direktno zadene zastalo površinsko vodo in jo upari nazaj v ozračje.



# Satelitski dokazi: Padec kopenskih zalog vode (TWS)

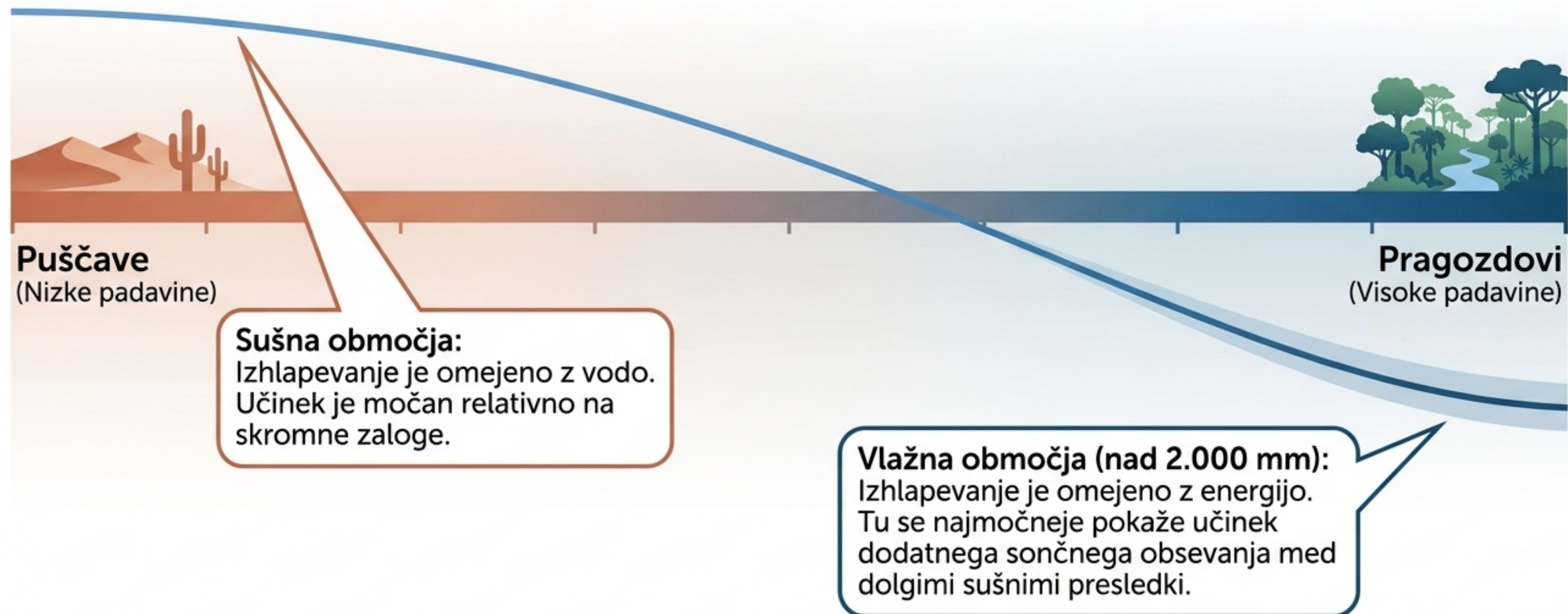
Podatki satelitov GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) potrjujejo teorijo v praksi. Učinek sušenja zaradi zgoščenih padavin je statistično značilen v 84 % vseh rečnih bazenov po svetu.



Izpostavljena območja vključujejo ključne ekonomske in ekološke bazene, kot so Amazonka, Nil, Misisipi in Ganges, kjer zgoščevanje že znižuje nivo podtalnice.

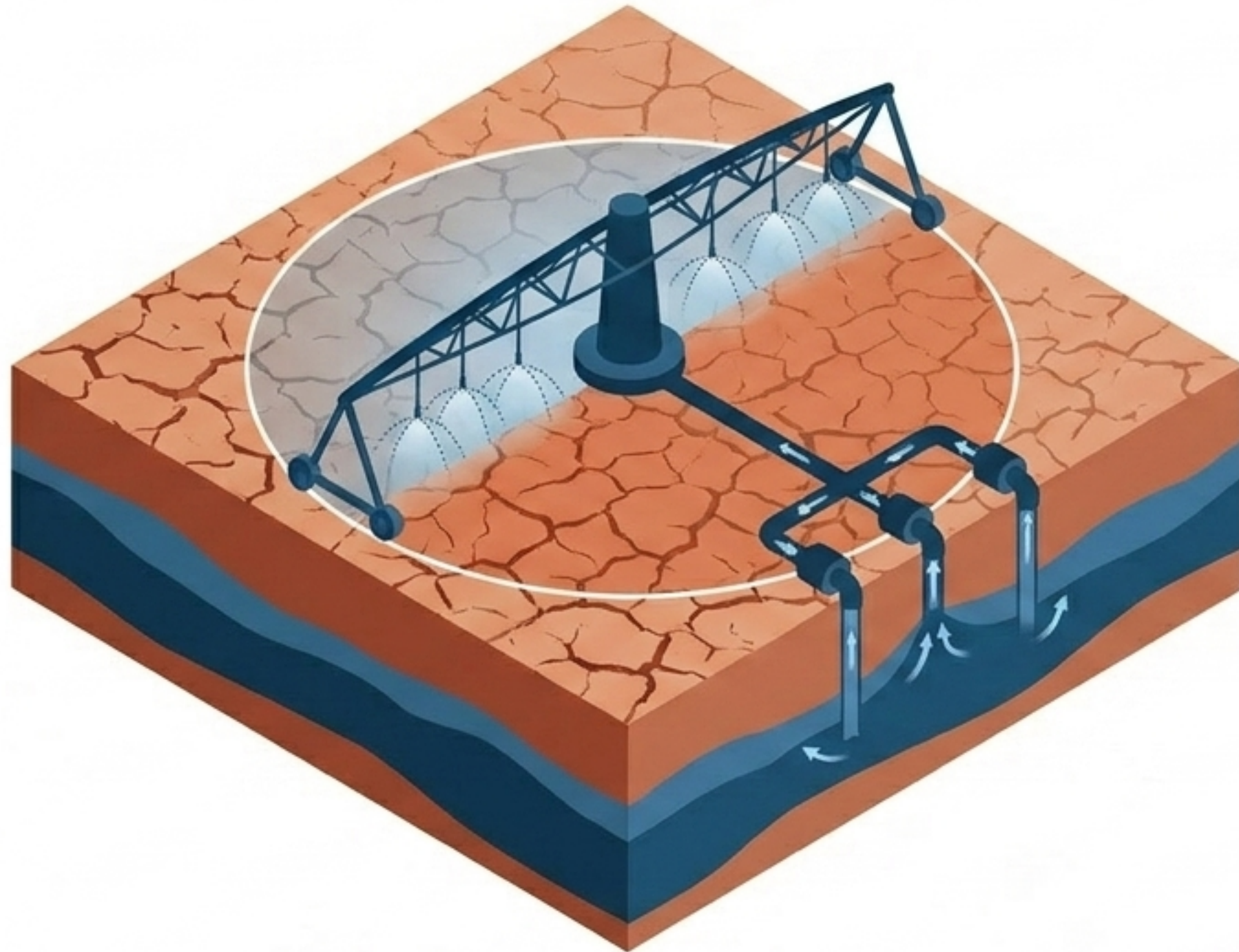
# Univerzalen pojav od puščav do pragozdov

Fizični mehanizem deluje globalno, vendar se njegova moč prilagaja lokalni klimi.



# Človeški ojačevalec: Kmetijsko namakanje

Naravni fizični učinek sušenja postane eksponentno hujši ob interakciji s človeško infrastrukturo.

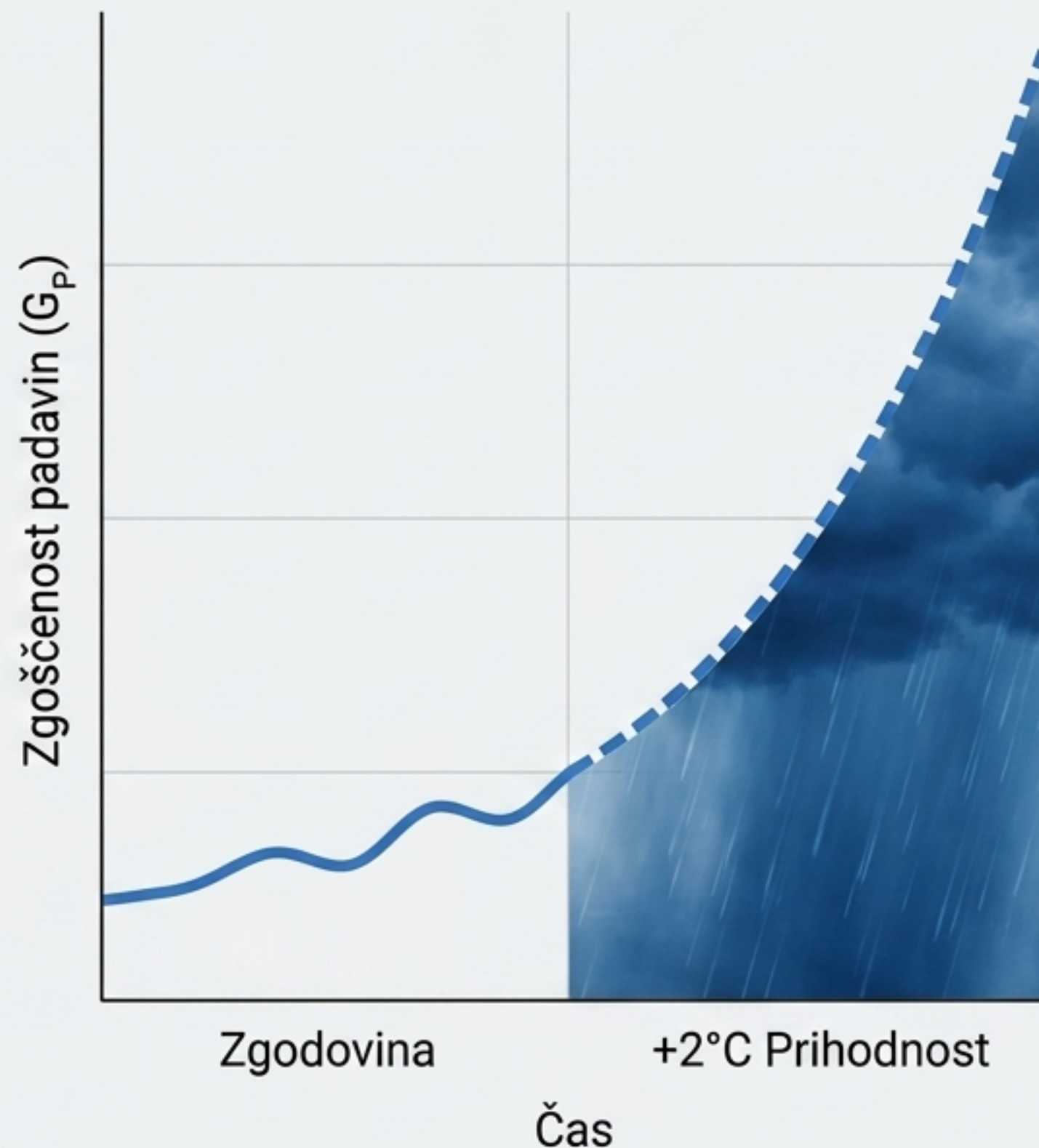


V najbolj intenzivno namakanih regijah (Severnokitajska nižina, dolina reke Ganges) kmetje na naravno sušenje tal reagirajo z dodatnim črpanjem podtalnice. Ta človeški odziv lokalno močno ojača osnovni fizični padec TWS.

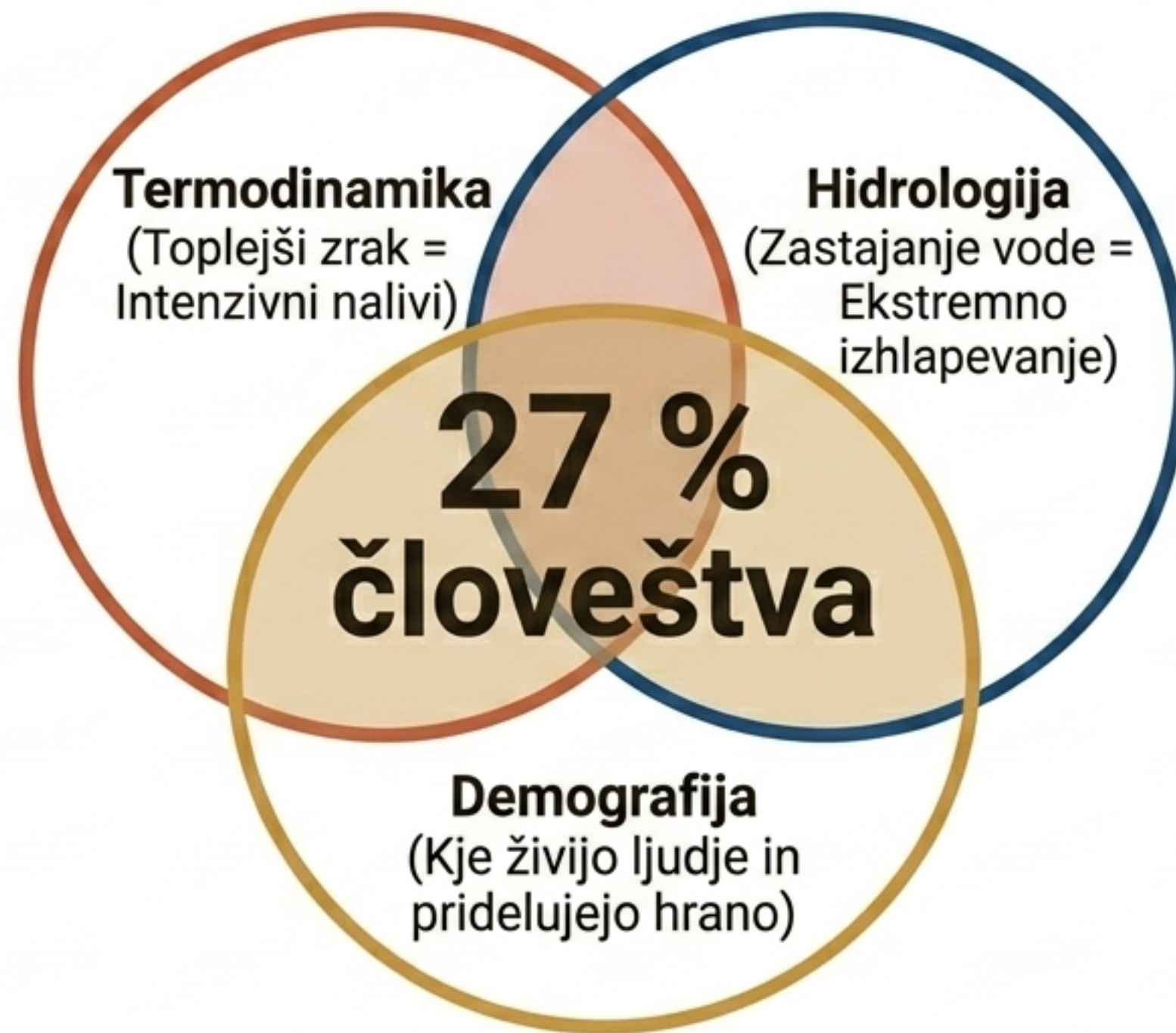
# Termodinamična prihodnost: +2°C

Prihodnost ni negotova. Termodinamika (Clausius-Clapeyronova enačba) narekuje, da toplejši zrak zadrži več vlage (približno 7 % na stopinjo Celzija).

Ne glede na to, ali se bo skupna letna količina dežja na vašem območju povečala ali zmanjšala, se bodo padavine zanesljivo zgostile. Vsaka dodatna stopinja segrevanja zaklene naš planet v intenzivnejše nalive in daljša sušna obdobja.



# Konvergenca tveganja



Ob predvidenem segrevanju bo 27 % globalnega prebivalstva potisnjenega v pogoje nenormalne suše ( $\geq 0,5$  standardnega odklona). In to se bo zgodilo **popolnoma neodvisno od kakršnekoli spremembe v skupni količini dežja ali namakanja. Samo zato, kako dežuje.**

# Nova hidrološka paradigma

Naše razumevanje in upravljanje z vodnimi viri zahteva takojšnjo posodobitev. Zanašanje zgolj na projekcije dolgoročnega ravnovesja padavin in izhlapevanja je nevarno zastarelo.

~~Količina padavin + Temperatura = Zaloge vode~~

**Količina padavin + Temperatura +  
Koncentracija ( $G_p$ ) =  
Dejanska razpoložljiva voda**

Klimatski modeli in politike upravljanja z vodami morajo nujno integrirati dnevno variabilnost in asimetrijo padavin kot primarni, neodvisni faktor tveganja za prihodnjo vodno varnost.

# Izvršni povzetek: Ključna spoznanja

## Paradigma

Zgoščenost preglasi volumen. Učinek sušenja zaradi koncentriranih padavin je po moči enakovreden pozitivnemu učinku povečane količine dežja.

## Mehanizem

Fizični vzrok je zastajanje vode na površini. Intenzivni nalivi presežejo kapaciteto tal, voda ostane na površini, kjer hitro izhlapi v daljših sušnih obdobjih.

## Globalna grožnja

Učinek beležimo globalno. Zmanjšanje kopenskih zalog vode je dokazano v 84 % ključnih rečnih bazenov in ga kmetijsko namakanje le še ojača.

## Prihodnost

S segrevanjem ozračja se padavine neizogibno zgoščujejo, kar potiska več kot četrtno človeštva proti trajnemu pomanjkanju vode.