

# Obalni hidroklimatski atlas: Globalna ocena tveganja salinizacije podzemnih voda

Povzetek ugotovitev na podlagi analize 480.000 opazovalnih postaj (1990–2024).



# Razsežnost nevidne grožnje milijardam ljudi ob obalah

Obalne podzemne vode so ključni vir pitne vode in podpora ekosistemom za **2,86 milijarde ljudi**. Do sedaj je bila globalna ocena tveganja vdora morske vode (SWI) nepopolna. Združili smo podatke z vsega sveta, da bi identificirali trenutna in prihodnja krizna žarišča.

**~480.000**

Vključenih in situ opazovalnih lokacij.

**34 let**

Obdobje analize trendov (1990–2024).

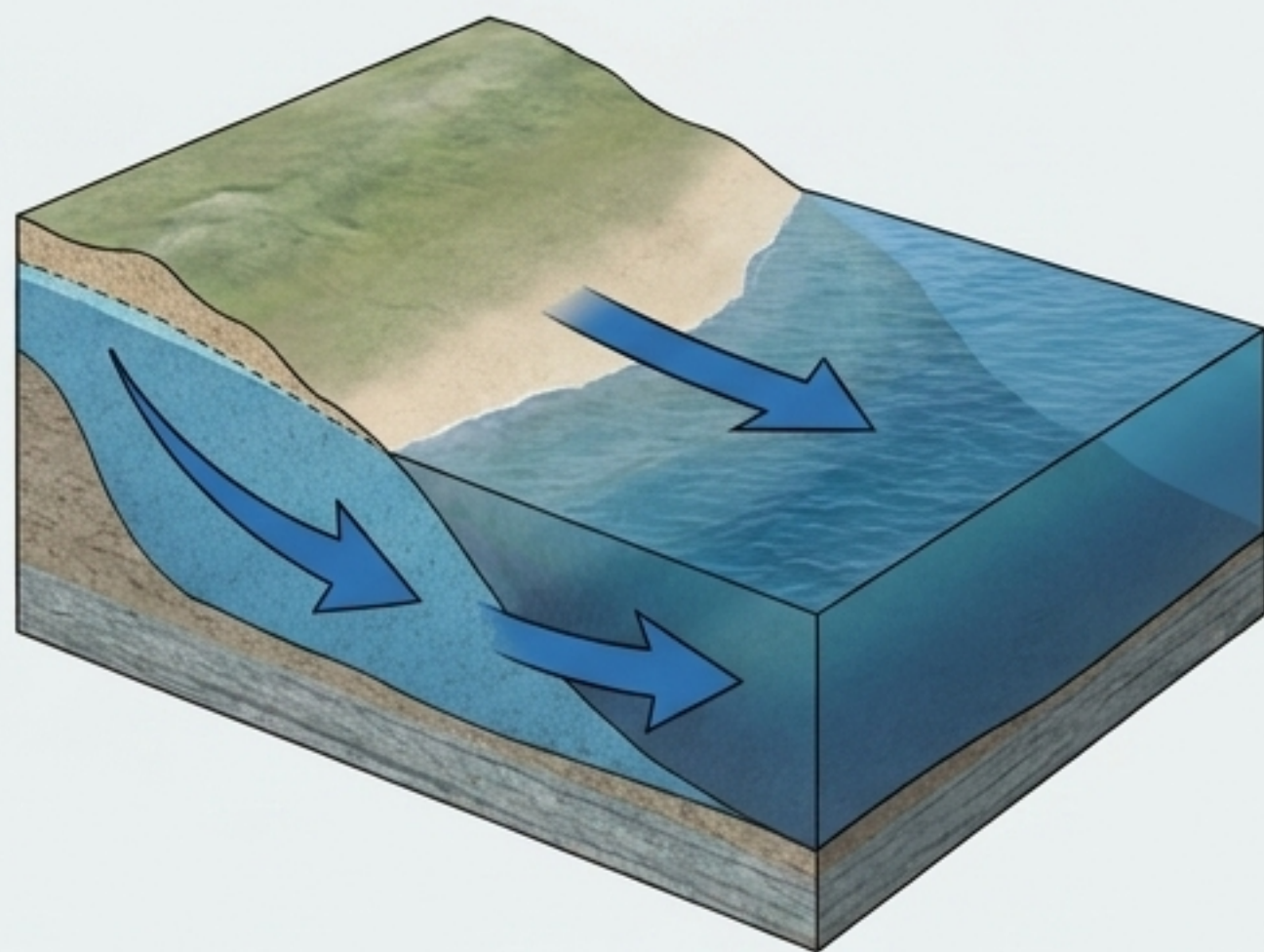
**21%**

Obalnih območij beleži statistično značilne trende dviga ali padca gladine ( $\geq 0.1$  m/leto) v 19-letnih obdobjih.

# Fizika podzemnega ravnovesja: Strmi proti ploskim gradientom

## Varno - Modra cona

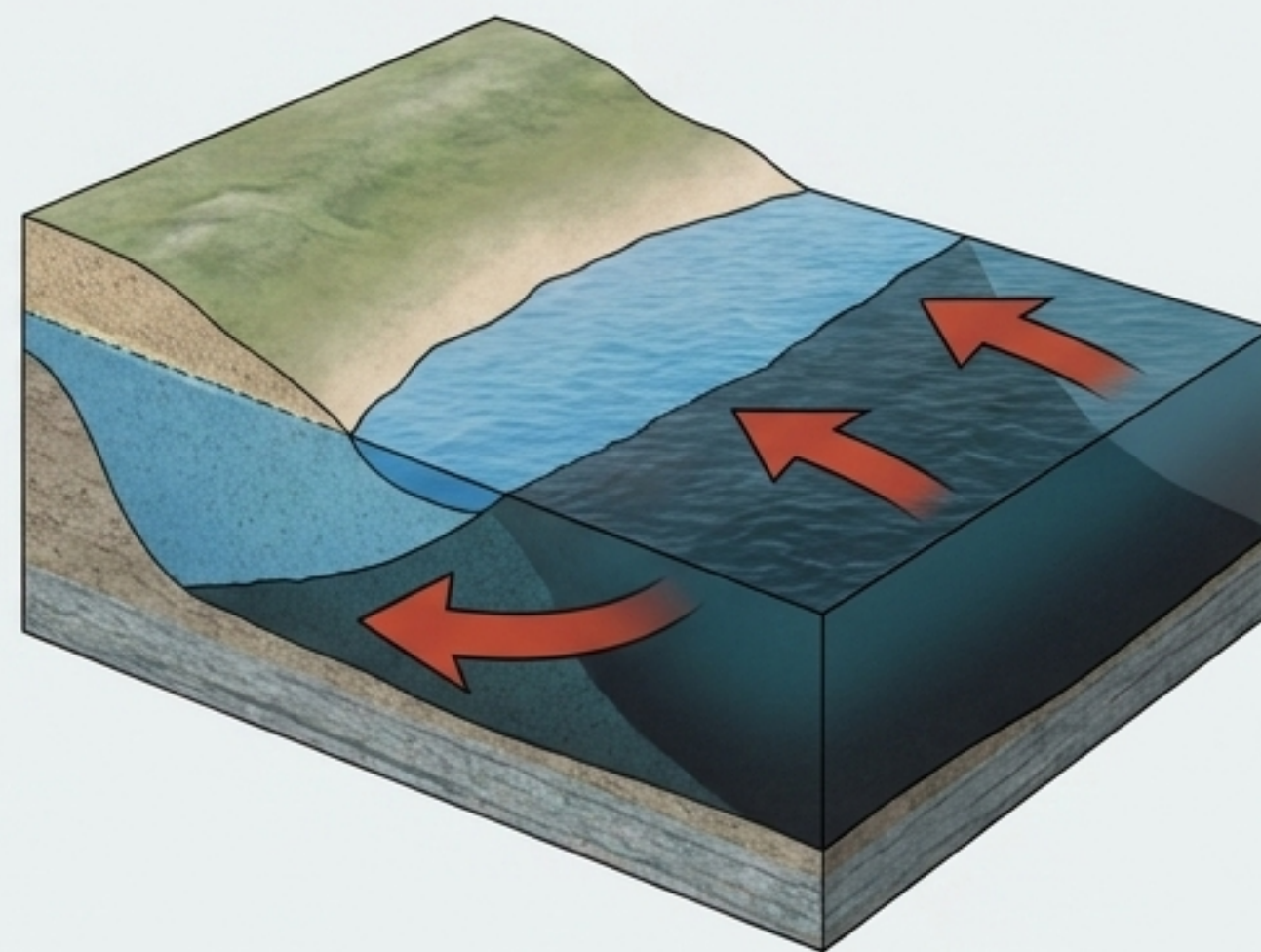
Strmi hidravlični gradient ( $> 10^{-3}$ )



Naravni pretok sladke vode vzdržuje pritisk in preprečuje vdor morja v notranjost.

## Nevarno - Rdeča cona

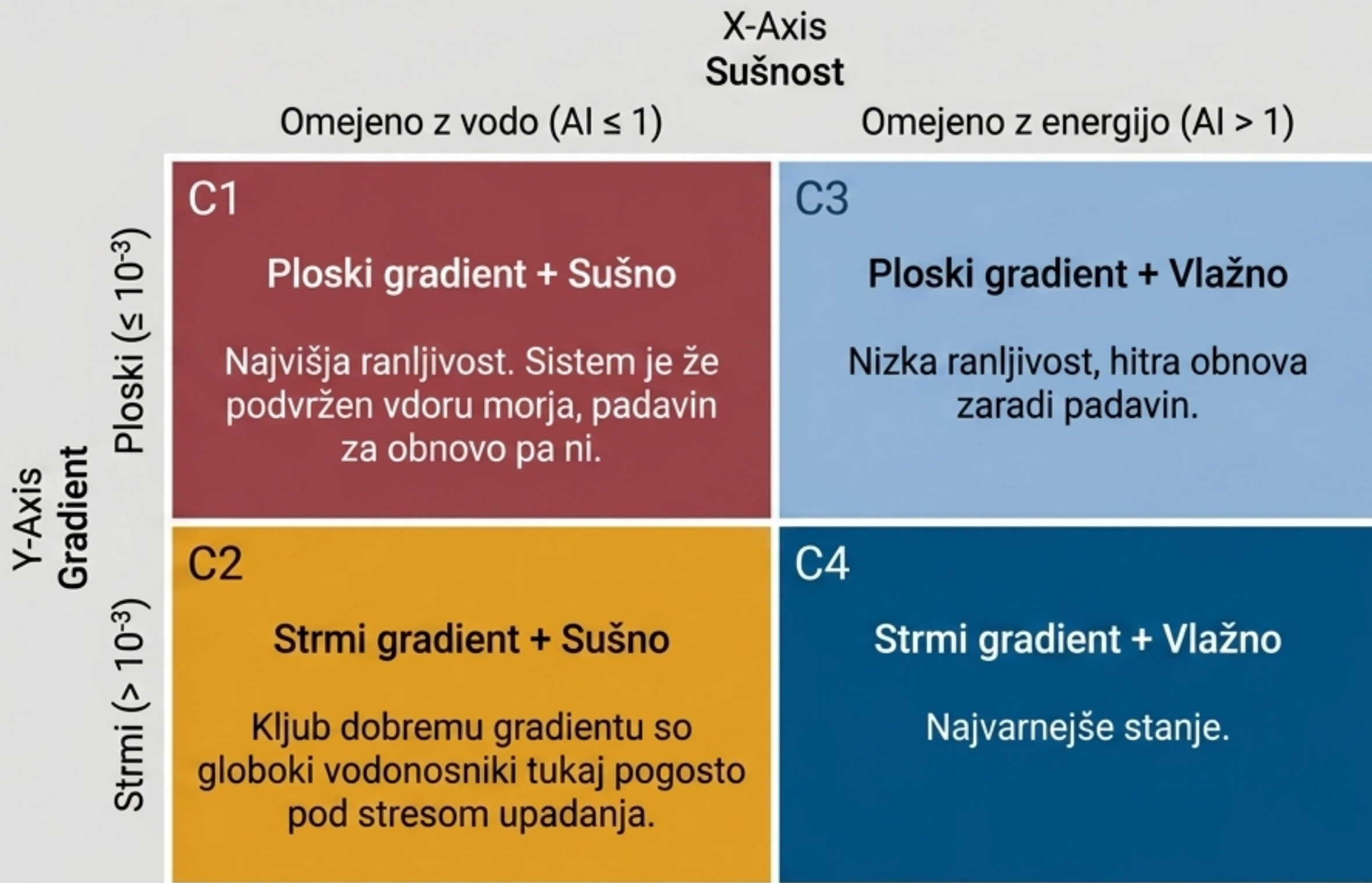
Ploski hidravlični gradient ( $\leq 10^{-3}$ )



Brez zadostnega hidravličnega pritiska s kopnega slana voda prosto vdre v vodonosnik.

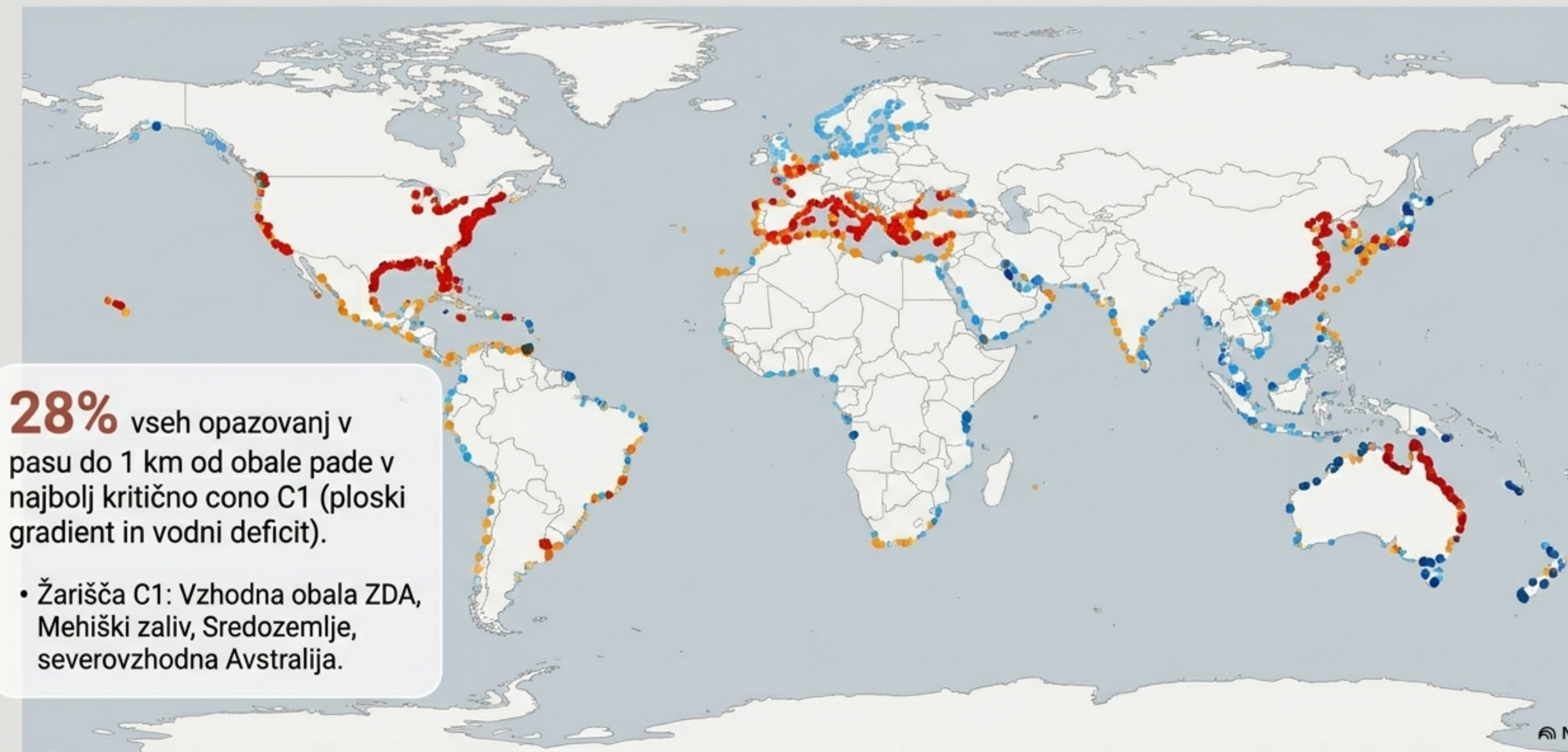
# Diagnostična matrika ranljivosti (C1–C4)

Tveganje za vdor morske vode ni odvisno zgolj od gradienta, temveč od sposobnosti sistema, da se obnavlja (sušnost).



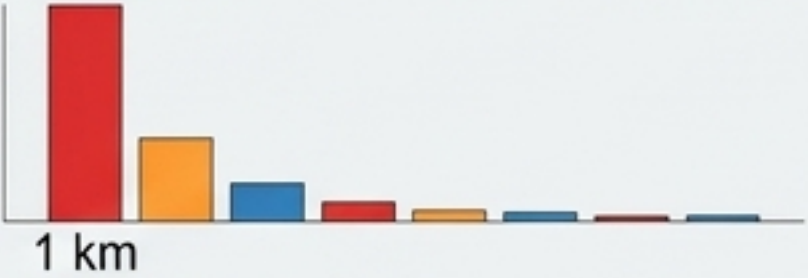


# Globalna razporeditev kriznih žarišč

Pomanjkanje vode na obali ni anomalija; skoraj tri četrtine vseh meritev se nahaja v okoljih, omejenih z vodo ( $AI \leq 1$ ). Združitev ploskih gradientov in sušnosti predstavlja največje tveganje tik ob obalni črti.



# Anatomija upadanja: Kaj poganja padanje gladin?

Analiza trendov kaže, da največje tveganje nastopa na specifičnih globinah in razdaljah od morja, kjer je naravna ranljivost največja.

1	Razdalja od obale	 <p>1 km</p>	Trendi se najbolj radikalno spreminjajo neposredno ob obali (do 1 km), kjer je največji delež C1 opazovanj in kritičnih padcev.
2	Globina ( $\rho_s = 0.63$ )	 <p>0m</p>	Močnejši padci se pojavljajo pri globljih vodonosnikih, ki imajo daljši odzivni čas in omejeno obnavljanje.
3	Sušnost ( $\rho_s = 0.56$ )	 <p>wet Aridity index dry</p>	Padanje gladine neposredno korelira z aridnimi podnebji na celini (100 km v notranjost).

# Paradoks črpanja: Podeželje proti mestom

Čeprav je črpanje v urbanih centrih veliko, podeželska območja beležijo višji delež kritičnih sprememb gladine, pogosto zaradi kmetijstva, ki močno sloni na globoki podzemni vodi.

## Podeželje



# 26%

lokacij kaže pomembne trende padanja.

Glavni razlog: Črpanje za namakanje, ki obremeni sisteme (C2 prehaja v nevarnost). Izpostavljene regije: Indija, Avstralija, Srednja Amerika.

## Mesta



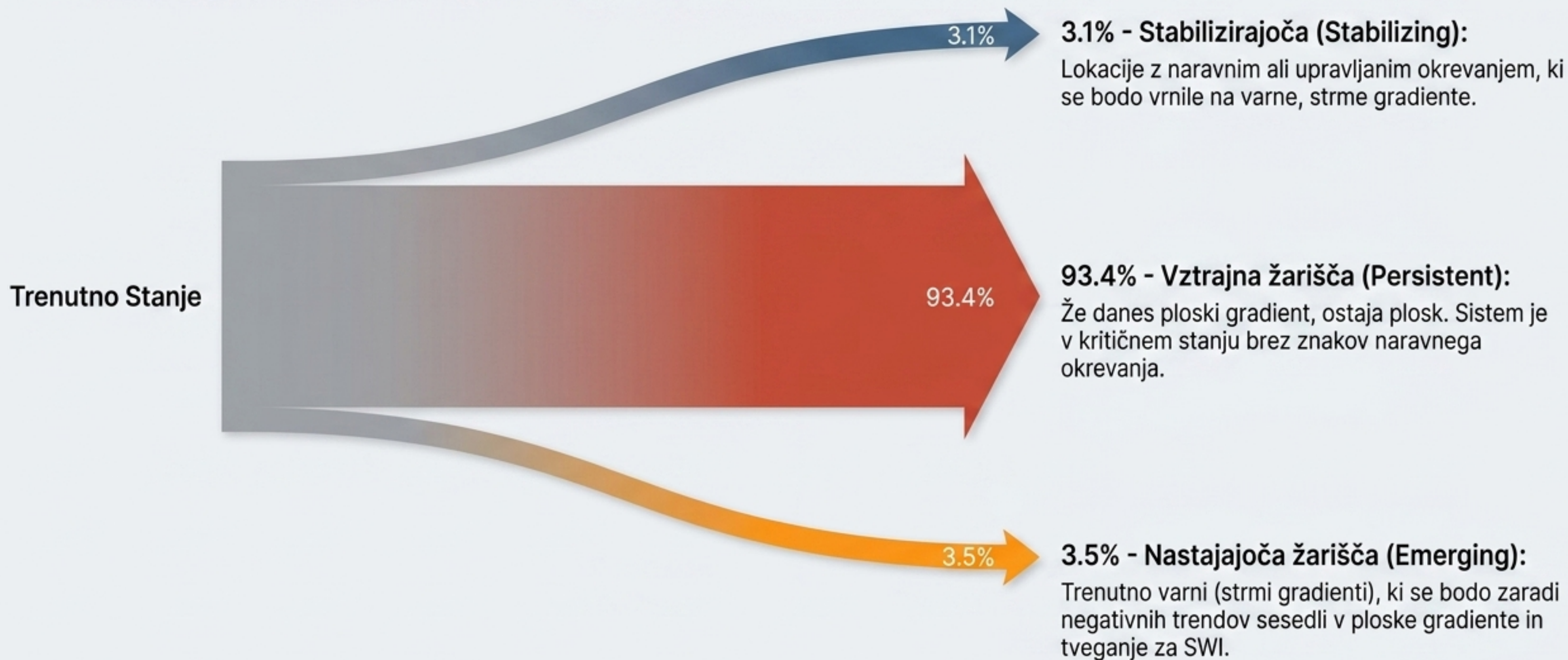
# 22%

lokacij kaže pomembne trende.

Kljub visoki gostoti prebivalstva so trendi padanja tu nekoliko manj prevladujoči na globalni ravni, saj mesta pogosto uvažajo vodo iz zaledja.

# Obzorje 2036: Projekcija prehoda kriznih žarišč

Ob ekstrapolaciji trenutnih trendov gladine za naslednjih 10 let vidimo veliko vztrajnost obalnih sistemov – tisti v nevarnosti bodo tam večinoma ostali, pojavljajo pa se nova področja tveganja.



# Kaskadni učinki: Presek pritiskov na obalne vodonosnike



Zaradi 'hidravličnega spomina' (počasnega odziva globokih sistemov na sušnost in upravljanje) imajo na videz zmerni trendi padanja podzemne vode zapoznele in dolgotrajne uničujoče učinke.

# Strateške usmeritve za upravljanje z obalnimi vodami



## Takojšnje spremljanje tveganih območij (C1)

Lokacije z vodnim deficitom in ploskim gradientom (pas do 1 km) zahtevajo takojšnjo namestitev opozorilnih sistemov in spremljanje zasoljevanja, ne le merjenja gladin.



## Zgodnje odkrivanje nastajajočih žarišč (Emerging)

Identifikacija onih 3.5% lokacij, kjer trenutni trendi vodijo proti točki preloma, preden vdor morske vode povzroči nepovratno izgubo kmetijske zemlje in ekosistemov.



## Prepoznanje zamika upravljanja

Zaradi počasnega odziva globokih podeželskih vodonosnikov mora regulacija črpanja računati na to, da bodo intervencije potrebovale desetletja za merljivo obnovo hidravličnega gradienta.

*Preprečevanje vdora morske vode je ključno – ko je sistem zasoljen, sta ogrožena varna pitna voda in globalna kmetijska varnost.*