



Republički hidrometeorološki
zavod Srbije

KLIMATSKE PROMENE

u našem dvorištu

Slobodan Sovilj



ECO FORUM
HERCEG NOVI

slobodan.sovilj@hidmet.gov.rs



Predstavljanje predavača

Slobodan Sovilj, RHMZ Srbije

načelnik Nacionalnog centra za
hidrometeorološki sistem rane najave i
upozorenja



- Fokus na prognozi i analizi vremena
- Sinoptička meteorologija
- Ekstremni vremenski događaji
- Klimatske promene
- Više od 15 godina iskustva u meteorologiji



**ECO FORUM
HERCEG NOVI**

Glavne teme i ciljevi predavanja

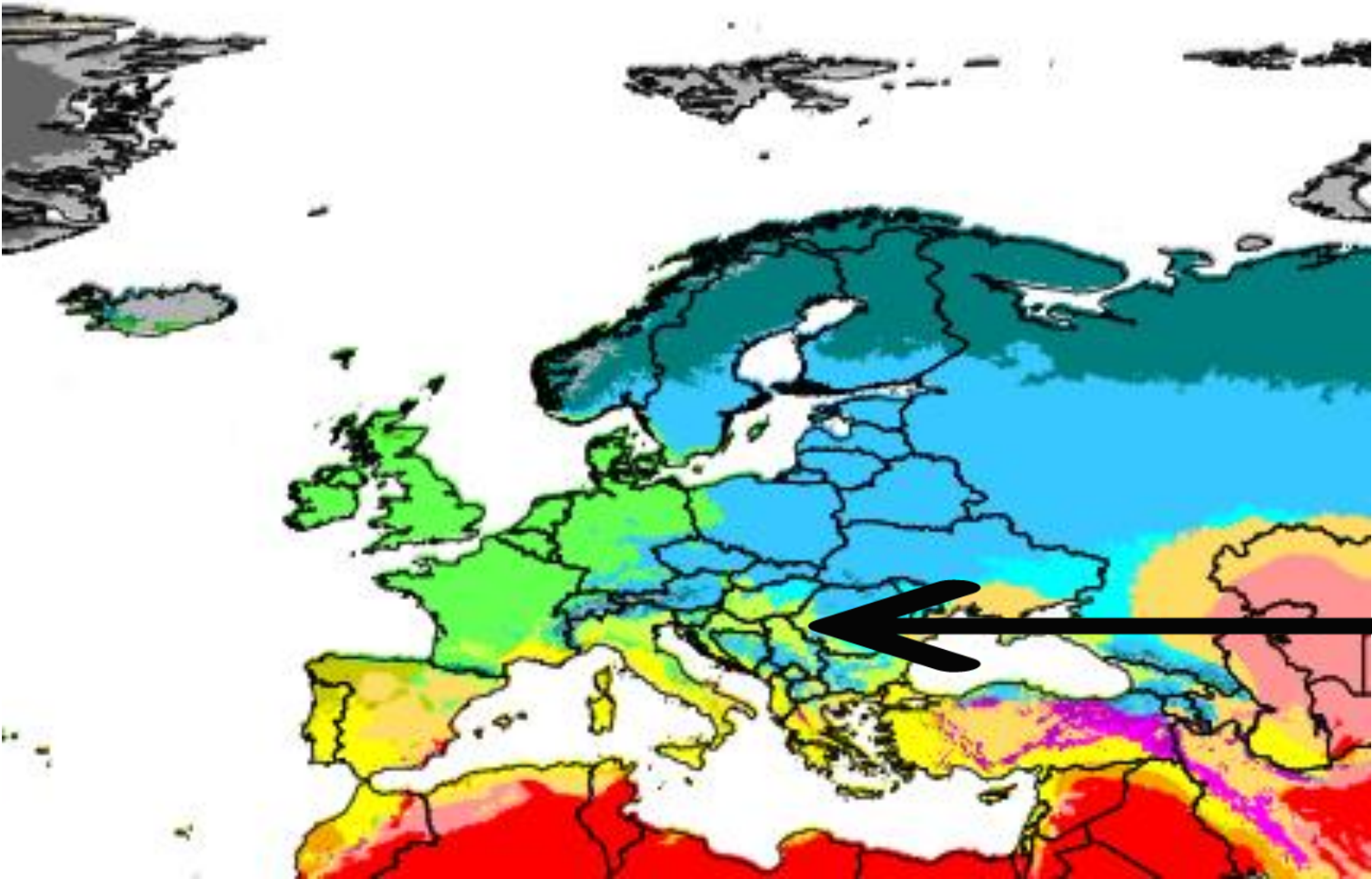
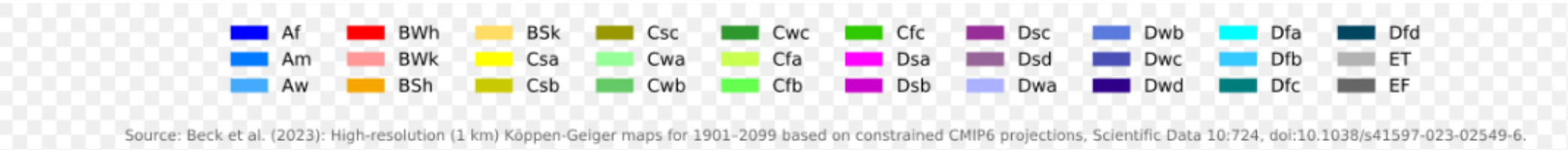
- KLIMA I KLIMATSKI FAKTORI
- EFEKAT STAKLENE BAŠTE I ULOGA UGLJEN-DIOKSIDA
- GLOBALNI PORAST TEMPERATURE
- POSLEDICE – KAKVA NAS BUDUĆNOST ČEKA?
- PROGRAM PRILADOĐAVANJA NA IZMENJENE KLIMATSKJE USLOVE
- STRATEGIJE U BORBI PROTIV KLIMATSKIH PROMENA



ECO FORUM
HERCEG NOVI

KLIMA

prosečno stanje atmosfere na određenom području tokom dužeg vremenskog perioda



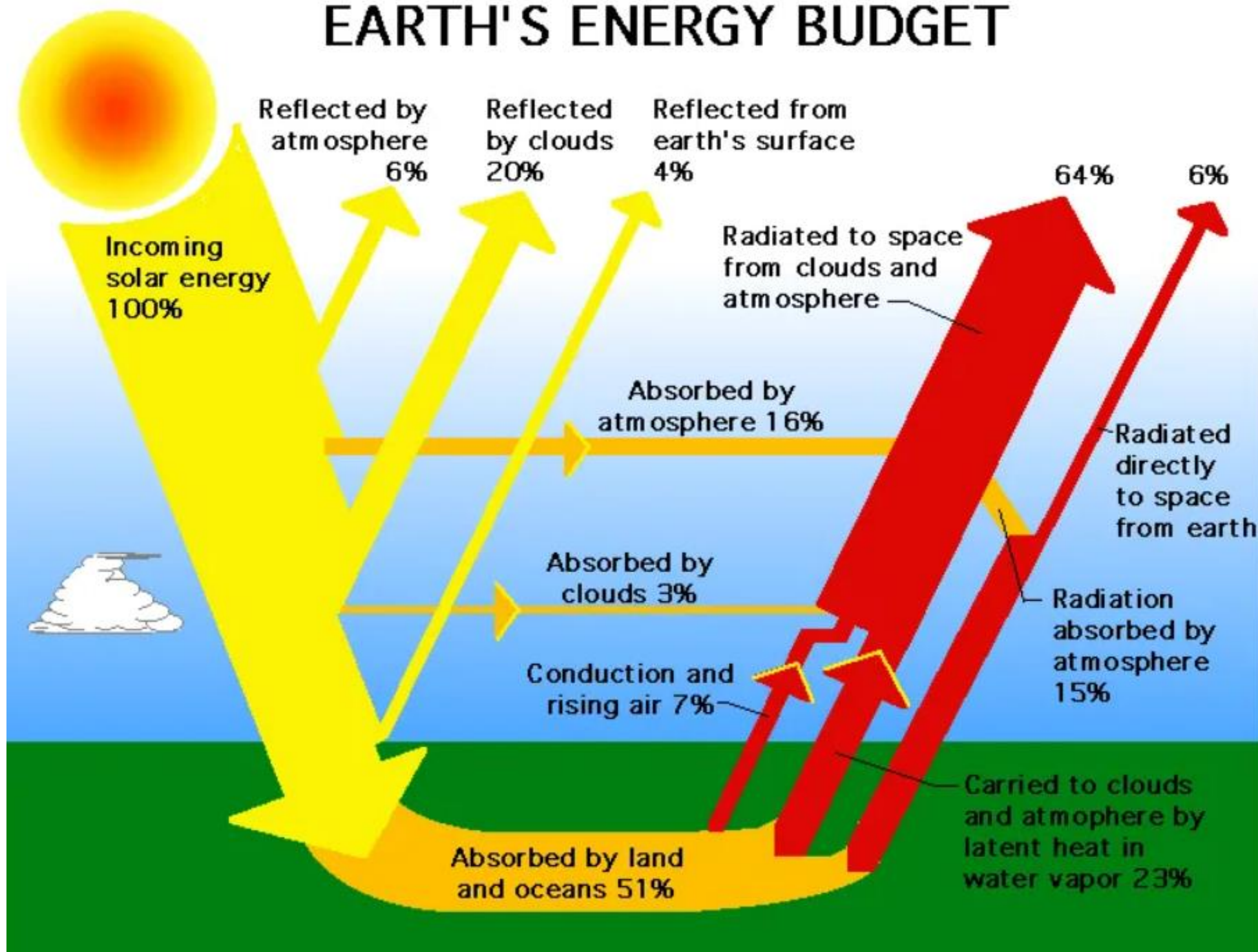
Cfa
Dfb

The Köppen climate classification

1st	2nd	3rd
A (Tropical)	f (Rainforest) m (Monsoon) w (Savanna, dry winter) s (Savanna, dry summer)	
B (Dry)	W (Arid desert) S (Semi-arid steppe)	h (Hot) k (Cold)
C (Temperate)	w (Dry winter) f (No dry season) s (Dry summer)	a (Hot summer) b (Warm summer) c (Cold summer)
D (Continental)	w (Dry winter) f (No dry season) s (Dry summer)	a (Hot summer) b (Warm summer) c (Cold summer) d (Very cold winter)
E (Polar)	T (Tundra) F (Ice cap)	



EARTH'S ENERGY BUDGET

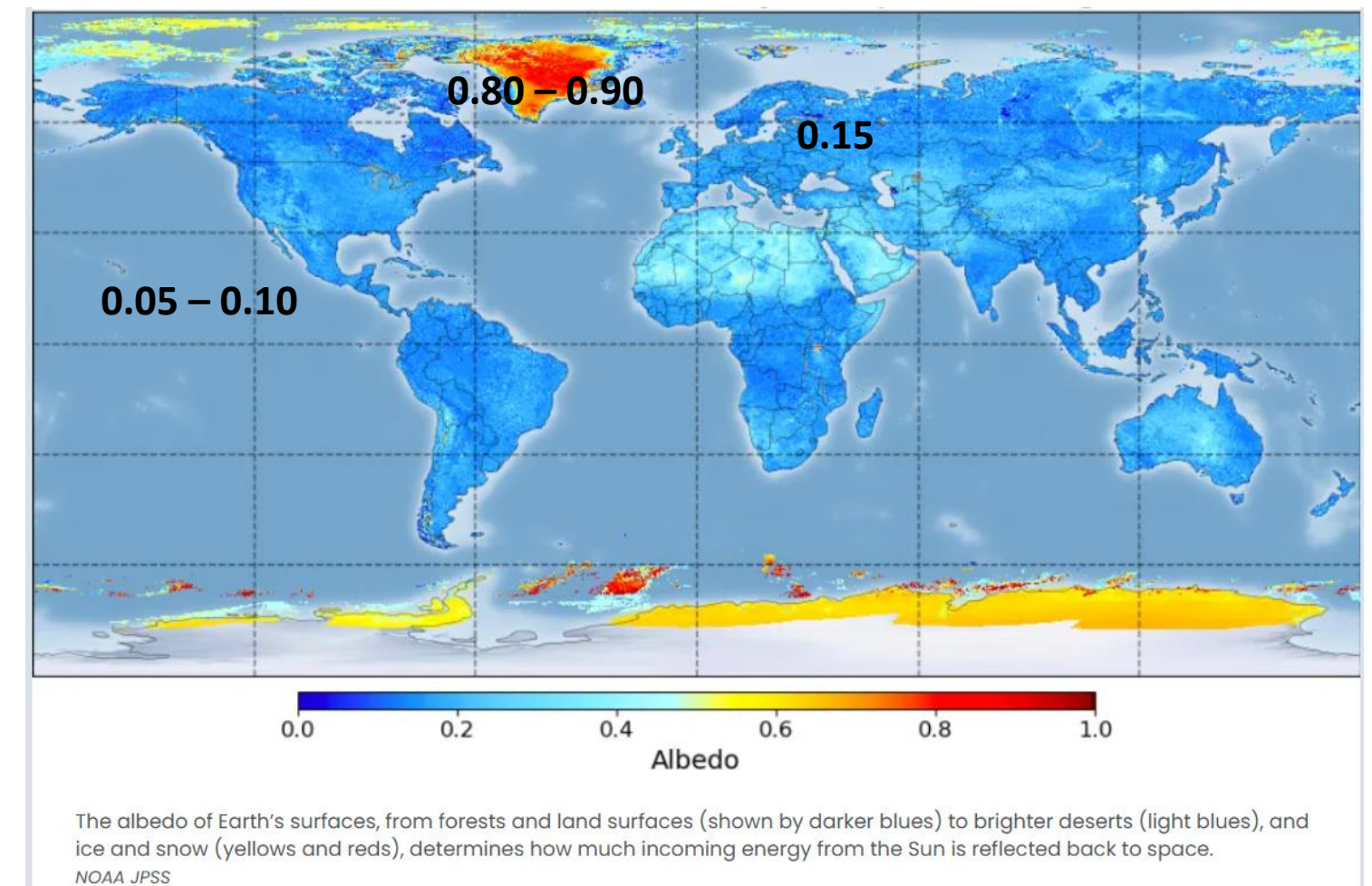


This diagram of Earth's energy budget shows incoming energy from the Sun and where that energy goes once it reaches the Earth system.

NASA GPM

ATMOSFERSKI GASOVI SA EFEKTOM STAKLENE BAŠTE

- H_2O (vodena para)
- CO_2 (ugljen – dioksid)
 - CH_4 (metan)
- N_2O (azot – suboksid)
 - O_3 (ozon)



ECO FORUM
HERCEG NOVI

Jean-Baptiste Joseph Fourier (1768-1830)



francuski matematičar i fizičar koji je prvi primetio da je na površini Zemlje toplije u odnosu na njenu udaljenost od Sunca

Eunice Newton Foote (1819-1888)



prva naučnica koja je eksperimentalno potvrdila Fourier-ova zapažanja i otkrila „efekat staklene bašte“



ECO FORUM
HERCEG NOVI

Ugljen – dioksid (CO_2)

- **PRIMARNI GAS** „odgovoran“ za $\frac{3}{4}$ ukupnih emisija gasova sa efektom staklene bašte
- **Izvor emisija:** sagorevanje fosilnih goriva, drva i čvrstog otpada
- **Krčenje šuma smanjuje kapacitet apsorpcije CO_2**



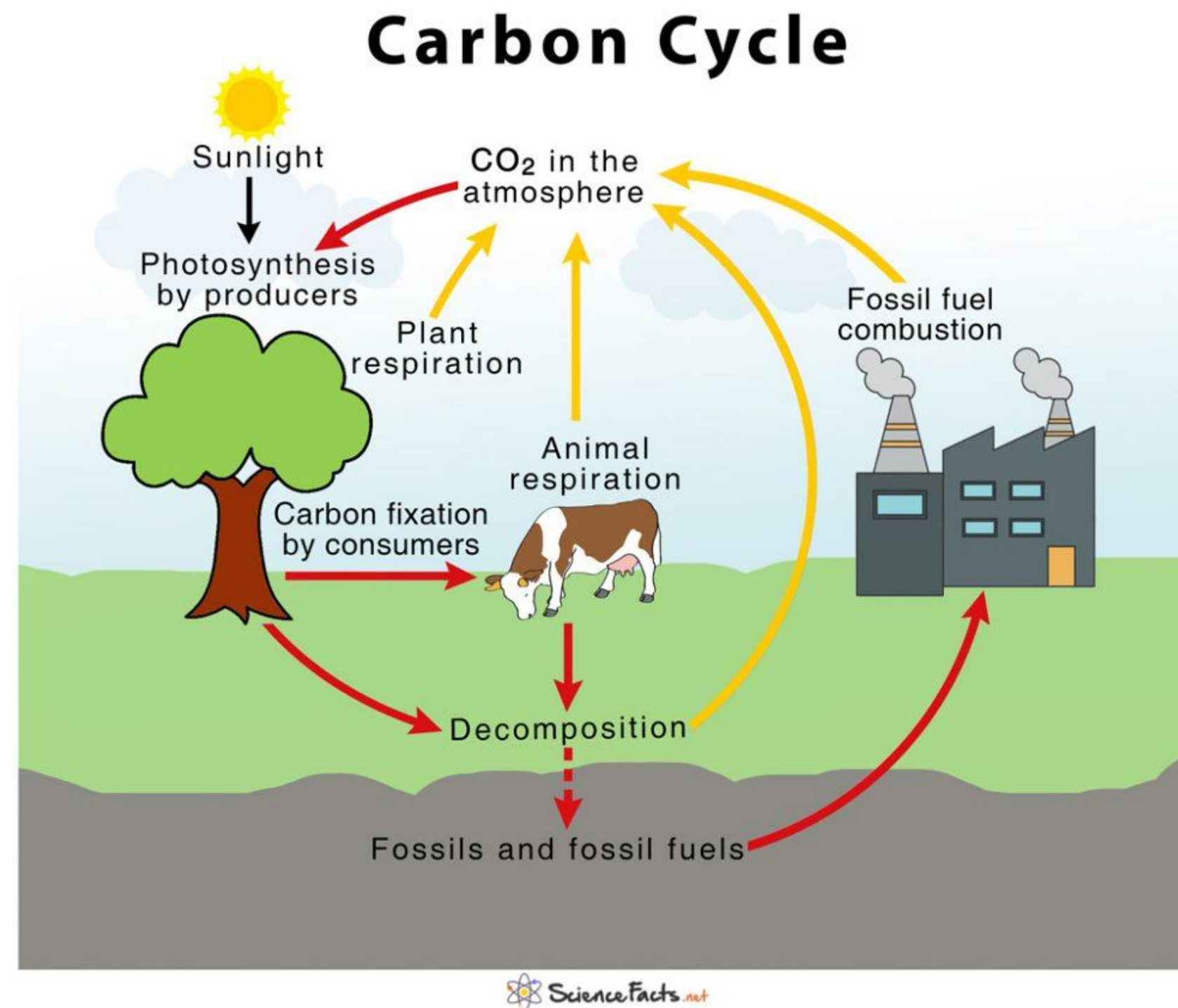
Coal



Crude Oil

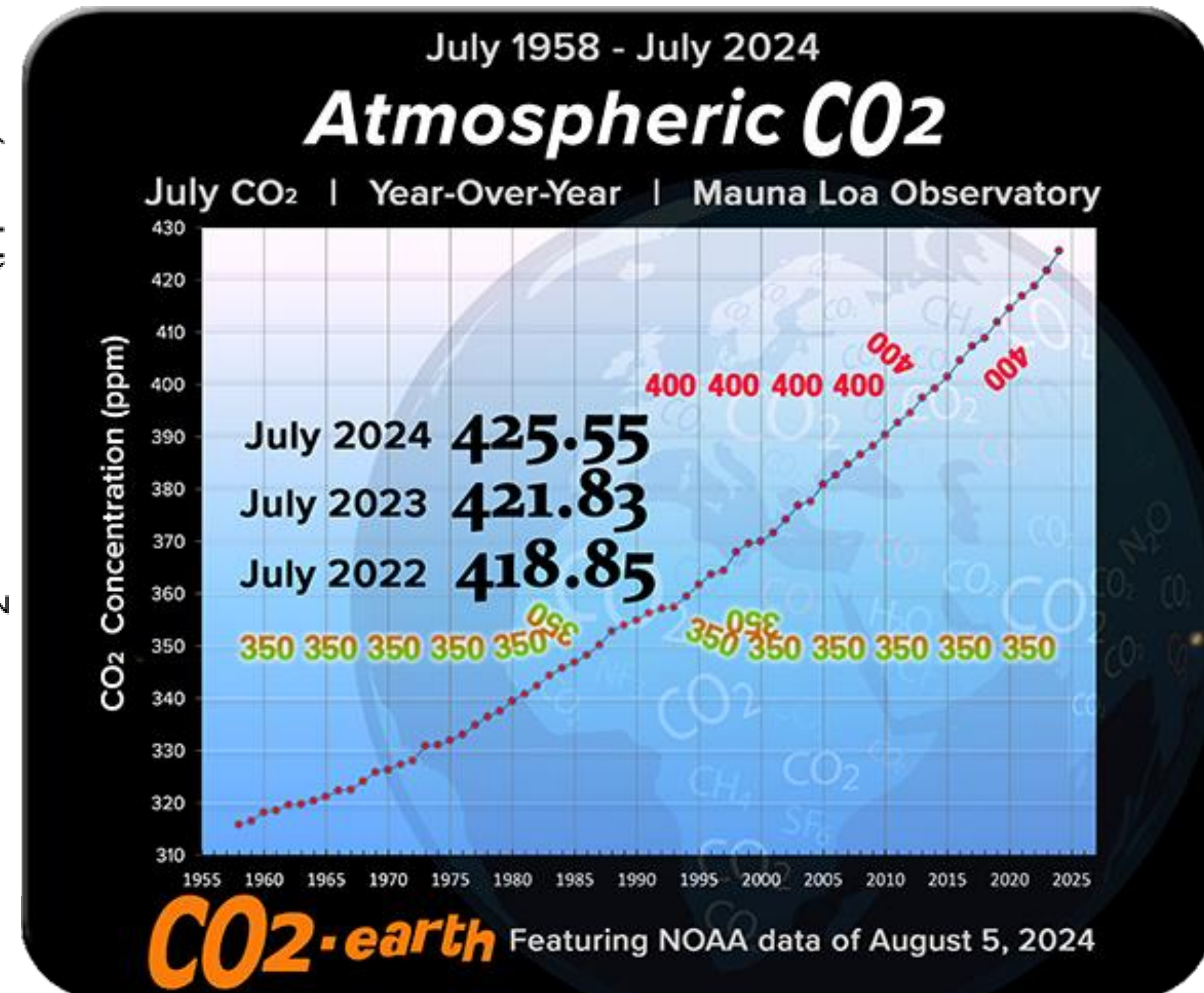
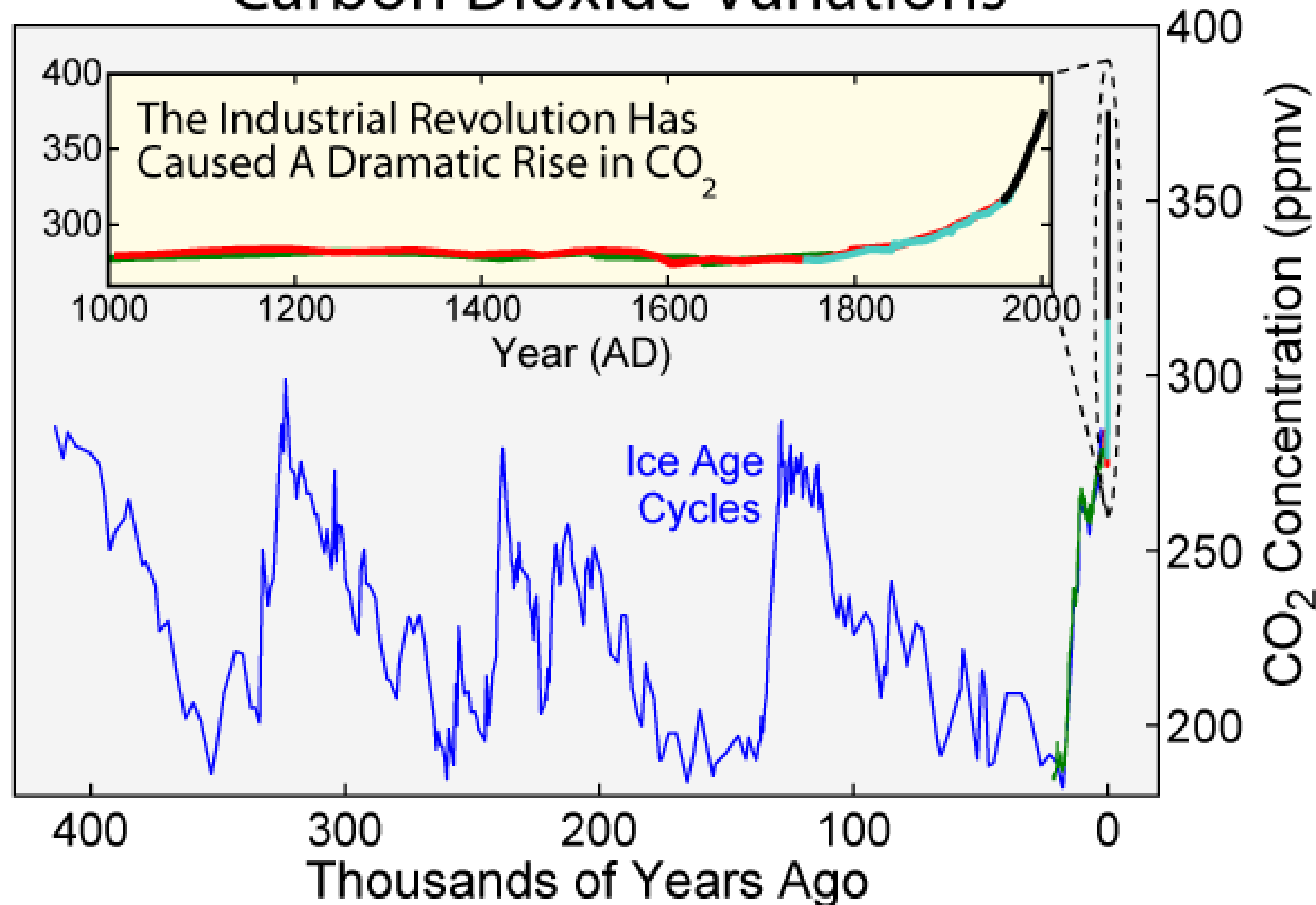


Natural Gas



Ugljen – dioksid (CO_2)

Carbon Dioxide Variations



ECO FORUM
HERCEG NOVI

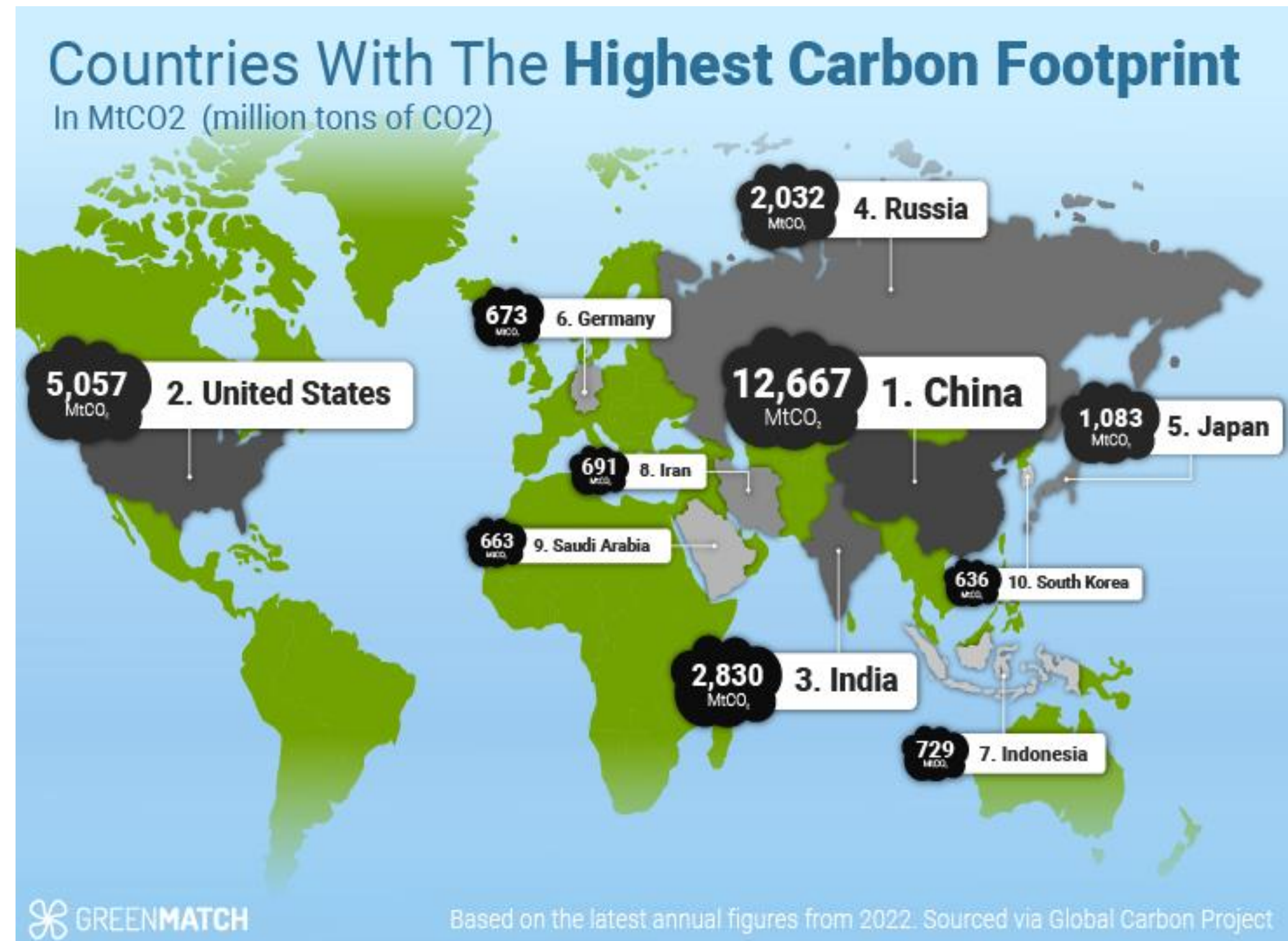
Ugljen – dioksid (CO_2)

Katlheen Wendt,

Assistant Professor (Senior Research),
Oregon State University

**„Današnja brzina promene stope
emisija CO_2 izazvana ljudskim
emisijama je 10 puta veća od ikada
zabeležene u prošlosti “**

U prošlosti, prosečno na svakih 7000 godina dešavali su
se skokovi za najviše 14 ppm čestica tokom 55 godina



ECO FORUM
HERCEG NOVI

Vodena para (H₂O)

**Ako se temperatura poveća za 1 °C,
maksimalna količina vodene pare
povećava se za 7 %**

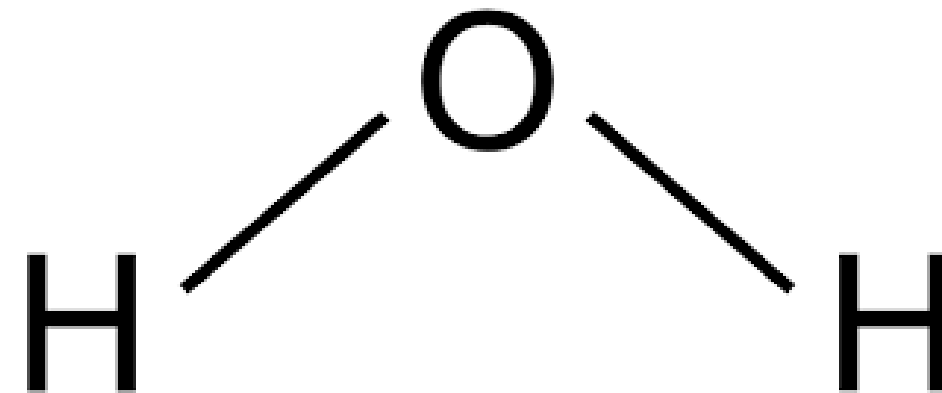
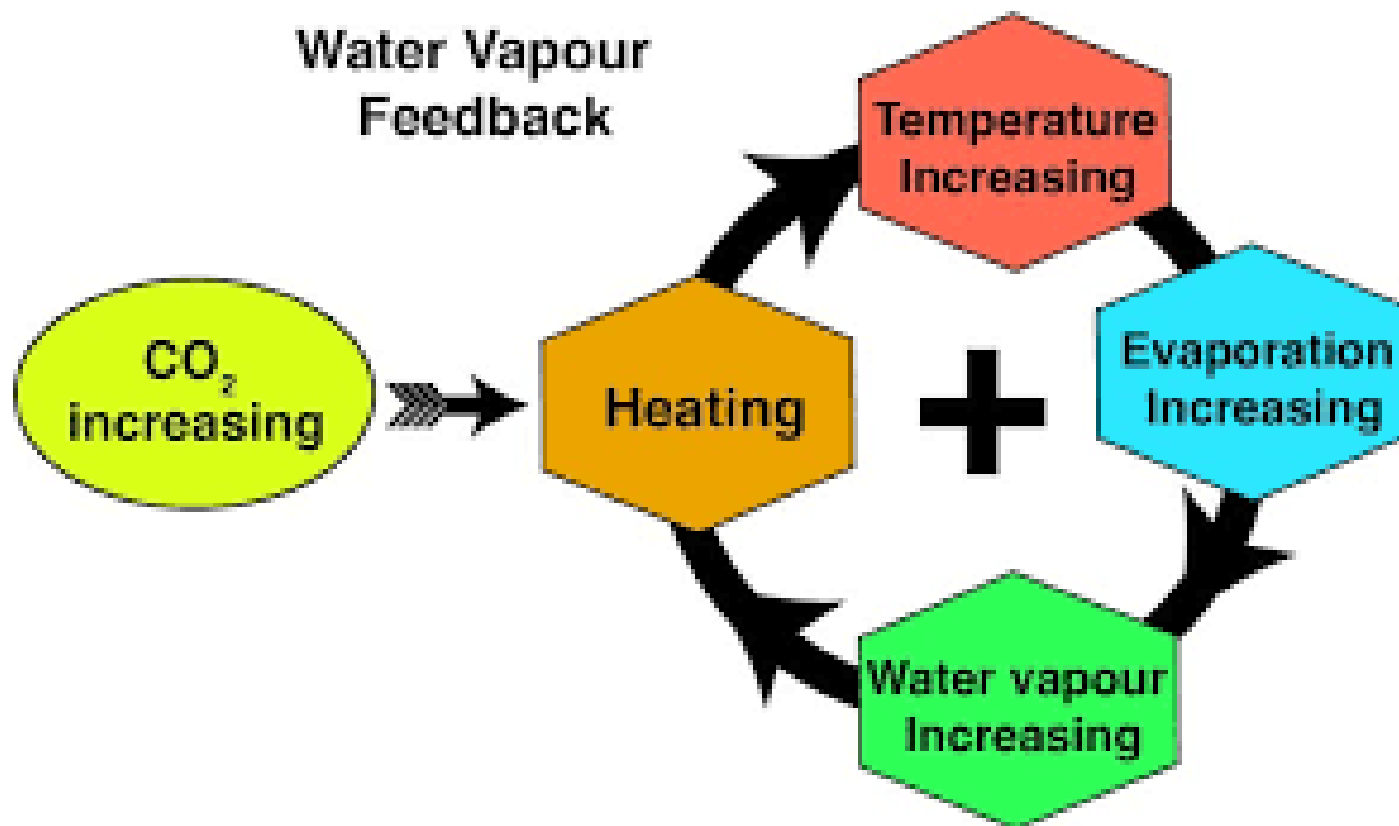
2. Derive the Clausius-Clapeyron Equation
$$\ln \frac{P_2}{P_1} = -\frac{\Delta_{\text{vap}}H}{nR} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

by solving the following differential equation:
$$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta_{\text{vap}}H}{T(V_g - V_l)}$$

The Clausius-Clapeyron equation specifies the temperature dependence of vapor pressure of a single constituent. $\Delta_{\text{vap}}H$ is the enthalpy change of evaporation, which can be treated as a constant. V_g and V_l is the volume of the gaseous and liquid phases, respectively.

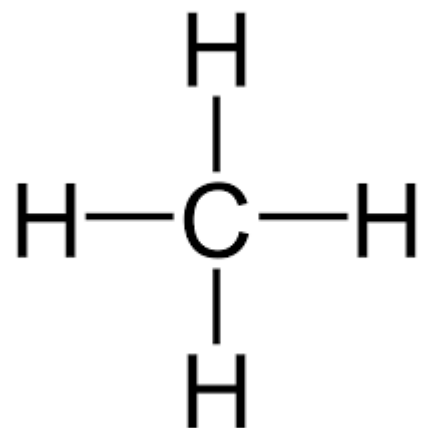
(Hint: use the ideal gas law:
 $PV = nRT$.
 V_l is negligible compared to V_g).

Water Vapour
Feedback



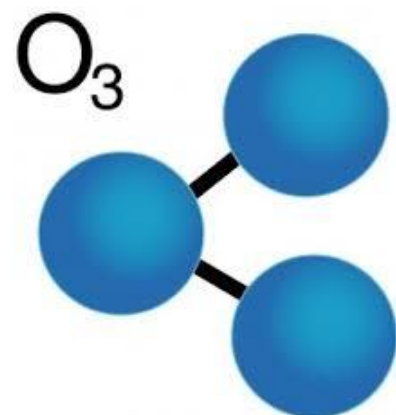
ECO FORUM
HERCEG NOVI

Ostali gasovi sa efektom staklene bašte



- Sagorevanje prirodnog gasa
- Stočarstvo – varenje hrane
- Poplavljeni polja pirinča
- Dekompozicija organske materije – deponije

Par desetina puta (~ 20) jači efekat zagrevanja od CO₂, ali uz znatno manji udeo u ukupnim emisijama (16 %)



- Tipično se javlja u stratosferi
- U prizemnom sloju, posledica je fotohemijskih reakcija između azotnih oksida i organskih isparljivih jedinjenja uz sunčevu svetlost
- Izvori: saobraćaj, industrija, sagorevanje biomase, elektrane na fosilna goriva



- Upotreba azotnih đubriva u poljoprivredi
- Stočarstvo – razgradnja azotnih jedinjenja u stajskom đubrivu
- Industrija (hemikalije, plastika, HNO₃)
- Sagorevanje fosilnih goriva i biomase

Par stotina puta (~ 200 – 400) jači efekat zagrevanja od CO₂, ali uz još manji udeo u ukupnim emisijama (6 %)



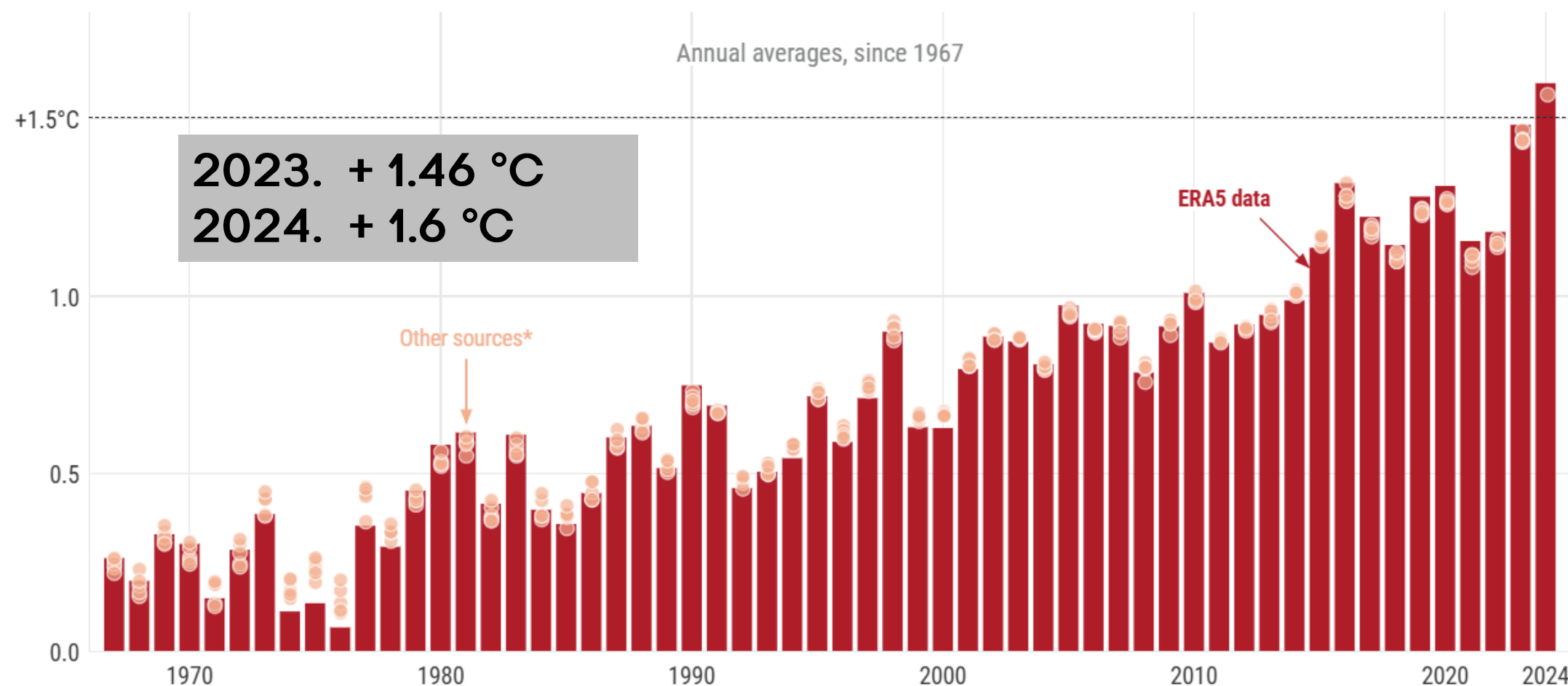
Globalni porast temperature

- **Globalna temperatura je u proseku povećana za 1.3 °C u odnosu na predindustrijski period**
- **Poslenjih 5 godina (2019 – 2024) su na vrhu liste najtoplijih**
- **Povećanje temperature je izraženije nad kopnom u odnosu na mora i okeane**
- **Temperatura u Evropi viša je za oko 1 °C u odnosu na globalni prosek**



Global surface temperature: increase above pre-industrial

Reference period: pre-industrial (1850–1900) • Credit: C3S/ECMWF



*Other sources comprise JRA-3Q, GISTEMPv4, NOAA GlobalTempv6, Berkeley Earth, HadCRUT5.
Estimate for 2024 is based on ERA5 and JRA-3Q data only.



PROGRAMME OF
THE EUROPEAN UNION



ECO FORUM
HERCEG NOVI

2024 – najtoplija godina modernog doba

	ODSTUPANJE TEMPERATURE TOKOM 2024. GODINE U ODNOSU NA REFERENTNI PERIOD 1991 – 2020.	ODSTUPANJE TEMPERATURE TOKOM 2024. GODINE U ODNOSU NA PREDINDUSTRIJSKI PERIOD 1850 – 1900.
SVET	+0.72 °C	+1.6 °C
EVROPA	+1.46 °C	+2.92 °C
SRBIJA	+2.3 °C	+3.1 °C* *(u odnosu na 1961 – 1990.)



2024 – najtoplija godina modernog doba

	Tsr tokom <u>2024. godine</u>	Tsr tokom referentnog perioda <u>1991 – 2020.</u>	Tsr tokom predindustrijskog perioda <u>(1850 – 1900.)</u>
SVET	15.10 °C	14.38 °C	13.5 °C
EVROPA	10.69 °C	9.23 °C	7.77 °C
SRBIJA	13.30 °C	11.0 °C	10.2 °C*

*(u odnosu na 1961 – 1990.)



ECO FORUM
HERCEG NOVI

Posledice globalnog porasta temperature

- **Topljenje leda na polovima, povećanje nivoa okeana i negativan uticaj na okeanske struje;**
- **Povećanje ekstremnih vremenskih događaja (toplotni talasi, suše, ekstremne padavine, grmljavinske nepogode i sl...);**
- **Promene u ekosistemima i gubitak biodiverziteta;**
- **Negativan uticaj na ljude – zdravlje, ekonomiju i povećanje broja klimatskih migranata;**
- **Povećanje kiselosti okeana i promene morskih ekosistema;**
- **Ostale društveno – političke posledice (ratovi, sukobi i krize)**

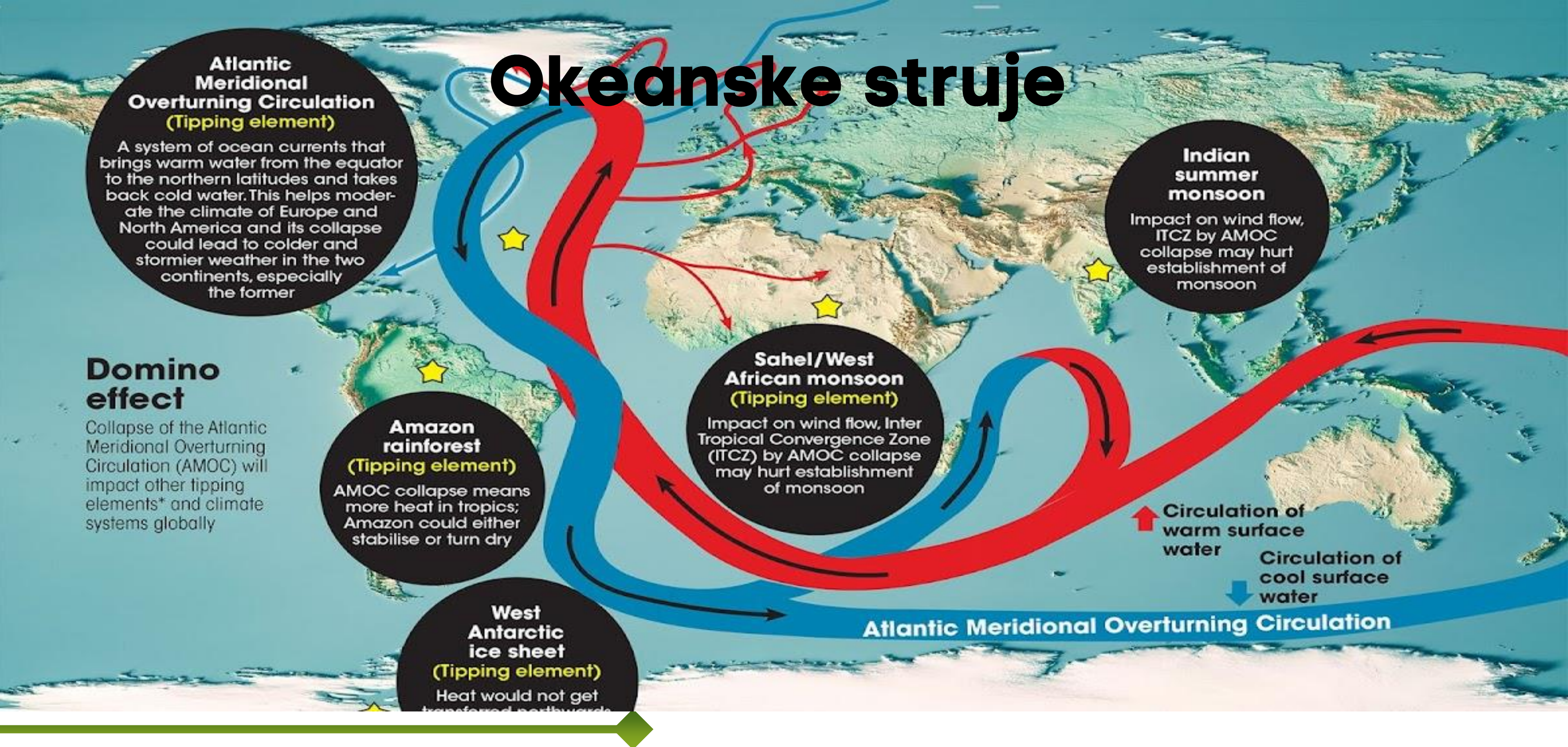


Topljenje leda na polovima



ECO FORUM
HERCEG NOVI

Okeanske struje

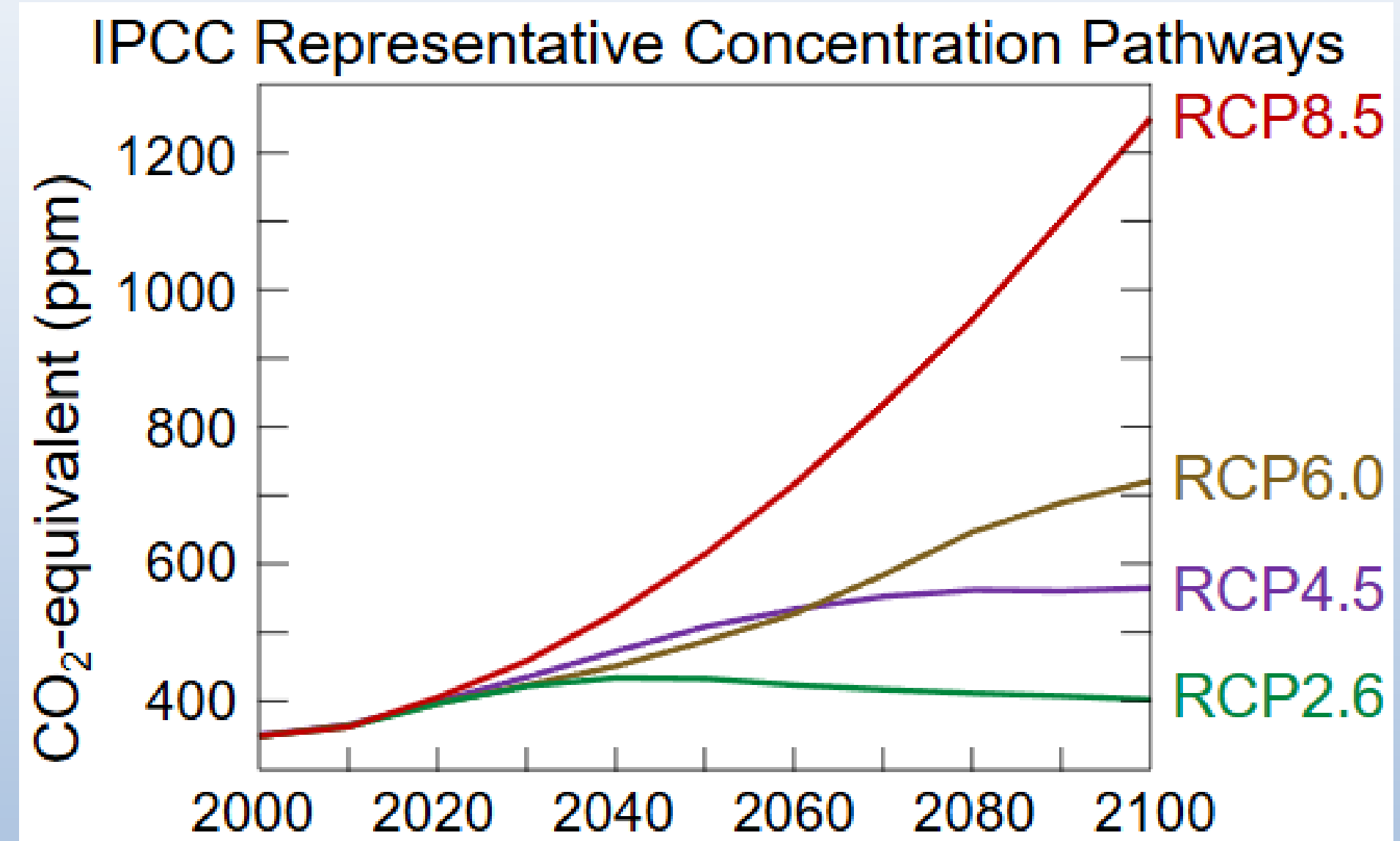


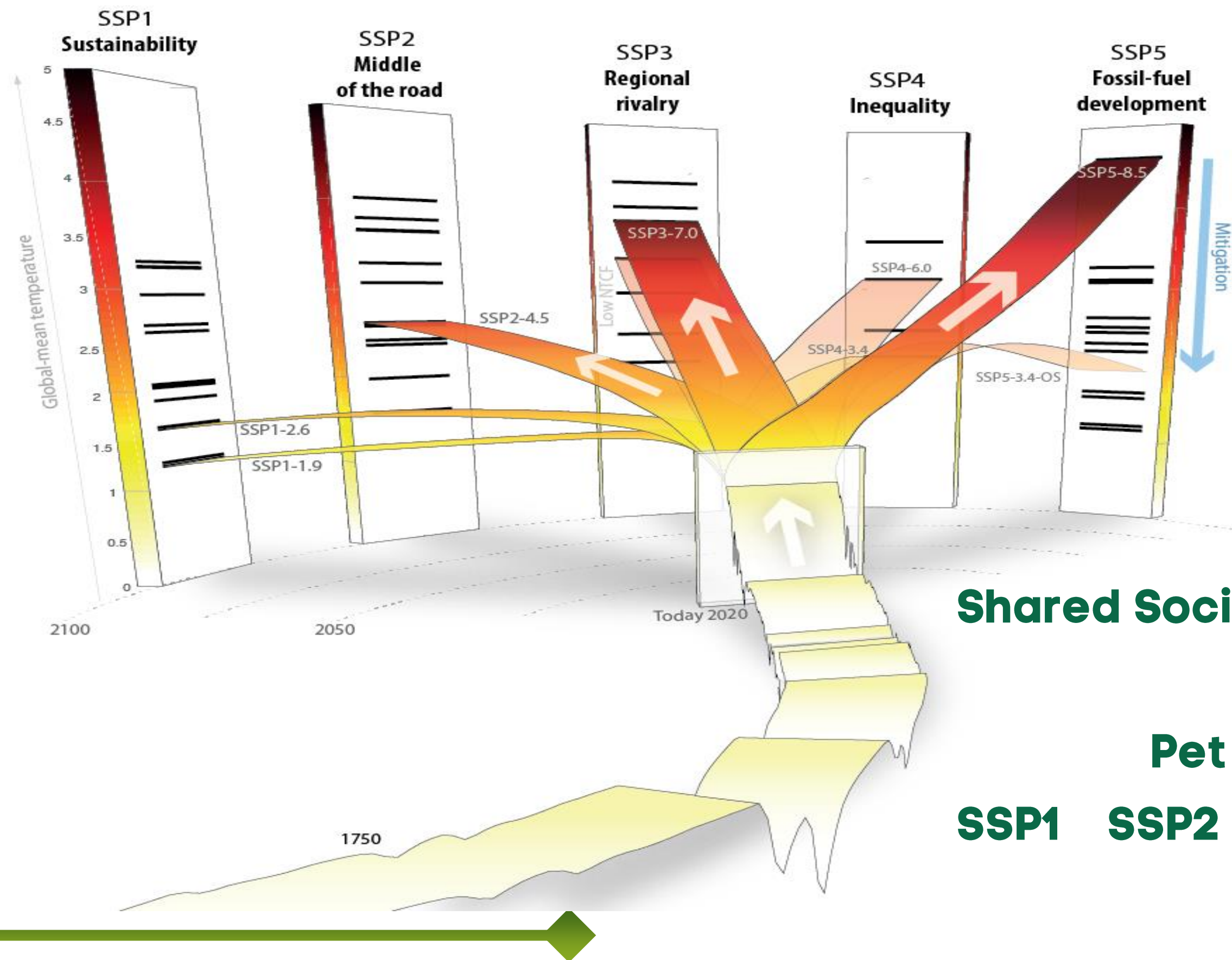
Budućnost klimatskih promena

- **Representative Concentration Pathways;**

- **IPCC (Međuvladin panel za klimatske promene) – 4 osnovna scenarija budućnosti klimatskih promena**

RCP 2.6	< 2 °C
RCP 4.5	2.5 – 3 °C
RCP 6.0	3 – 4 °C
RCP 8.5	4.5 – 5.5 °C





Shared Socioeconomic Pathways;

Pet scenarija:

SSP1 SSP2 SSP3 SSP4 SSP5



**ECO FORUM
HERCEG NOVI**

Program prilagodjavanja na izmenjene klimatske uslove 2023 – 2030.

- Republika Srbija je potpisnica Sporazuma iz Pariza (ratifikovan 2017. godine);
- Zakon o klimatskim promenama (2021)
- Strategija prilagodjavanja na klimatske promene Evropske Unije (2021)
- Institucionalni okvir:
 - Ministarstvo zaštite životne sredine
 - Republički hidrometeorološki zavod Srbije
 - Agencija za zaštitu životne sredine
 - Nacionalni savet za klimatske promene



Analiza uticaja klimatskih promena za područje Srbije

- Digitalni atlas klime Srbije

<https://atlas-klime.eko.gov.rs/>

- Klima101

<https://klima101.rs/>

- Projekat EXTREMES

<https://extremes.in.rs/>



Analiza uticaja klimatskih promena za područje Srbije

- **Osmotrene vrednosti: E-OBS baza podataka za period 1961 – 2020.**
- **Klimatske projekcije do 2100: EURO-CORDEX baza**
RCP 4.5 **RCP 8.5**
- **Referentni period za analizu promena klime u Srbiji: 1961 – 1990.**
- **Periodi analize u odnosu na referentni period:**
 - **Bliska prošlost (2001 – 2020.)**
 - **Bliska budućnost (2021 – 2040.)**
 - **Sredina veka (2041 – 2060.)**
 - **Kraj veka (2081 – 2100.)**



Porast temperature do kraja XXI veka

METEOROLOŠKI PARAMETAR	BLISKA BUDUĆNOST (do 2040.)	SREDINA XXI VEKA (2041 – 2060.)	KRAJ XXI VEKA (2081 – 2100.)
SREDNJA TEMPERATURA*	+2.2 °C	U intervalu od +2.5 do +3.1 °C	U intervalu od +3.1 do +5.8 °C
SREDNJI BROJ TOPLOTNIH TALASA	+ 3,5 godišnje	+4 do +5 godišnje	+5 do +10 godišnje
SREDNJI BROJ TROPSKIH DANA**	55 - 60	60 - 70	70 - 96
SREDNJI BROJ VRELIH DANA***	13 - 15	15 - 25	25 - 45

* Srednja temperatura u Srbiji tokom 1961 – 1990. godine iznosila je 10.2 °C. Prosečno je osmotren < 1 toplotnog talasa godišnje.

** Tropski dan je dan u kojem je maksimalna temperatura vazduha iznad 30.0 °C. Od 1961 – 1990. prosečno je osmotrano od 20 do 30 tropskih dana godišnje.

*** Vreli dan je dan u kojem je maksimalna temperatura vazduha iznad 35.0 °C. Od 1961 – 1990. prosečno je osmotrano od 2 do 3 vrela dana godišnje.



**ECO FORUM
HERCEG NOVI**

Padavine do kraja XXI veka

METEOROLOŠKI PARAMETAR	BLISKA BUDUĆNOST (2021 – 2040.)	SREDINA XXI VEKA (2041 – 2060.)	KRAJ XXI VEKA (2081 – 2100.)
SREDNJA GODIŠNJA SUMA PADAVINA*	bez bitnije promene	bez bitnije promene	smanjenje za 8 – 14 %
SREDNJA LETNJA SUMA PADAVINA (JJA)	smanjenje za 10 do 20 %	smanjene za više od 20 %	smanjenje za više od 40 %
DEO TERITORIJE IZLOŽEN VISOKOM RIZIKU OD EKSTREMNIH PADAVINA**	<div>7 %</div> <div>→</div> <div>56 %</div>		

*Očekuje se da se godišnji maksimum akumuliranih padavina pomera u raniji period godine (sa kasne MAM i rane JJA sezone ka ranije u MAM sezoni).

** Ekstremne padavine su dnevne količine padavina preko 30 mm. Udeo ekstremnih padavina u odnosu na ukupnu godišnju količinu padavina koji je od 1961 – 1990. godine iznosio 2.4 %, već je u periodu od 2001 – 2020. povećan za više od 100 % (5.6 %), zahvatajući pritom sve veći deo teritorije Republike Srbije sa tendencijom daljeg povećanja i u bliskoj i daljoj budućnosti.



**ECO FORUM
HERCEG NOVI**

Suše do kraja XXI veka

METEOROLOŠKI PARAMETAR	1961 – 1990.	POČETAK XXI VEKA (2001 – 2020.)	SREDINA XXI VEKA (2041 – 2060.)	KRAJ XXI VEKA (2081 – 2100.)
UČESTALOST POJAVE SUŠE*	10 % (jednom u 10 godina)	povećanje za 30 %	svake godine	više puta u toku godine
UČESTALOST POJAVE JAKE SUŠE*	-	1 po dekadi	3 – 4 po dekadi	7 – 8 po dekadi
KLIMATSKA KLASA	HUMIDNA → SEMI-ARIDNA			

*Kategorizacija suše vrši se na osnovu SPI indeksa (Standardized Precipitation Index), koji se izračunava na osnovu količine padavina u određenom vremenskom periodu (1, 3, 6 ili 12 meseci) u poređenju sa dugoročnim klimatološkim prosekom. Za vrednosti indeksa od -0.5 do +0.5, padavine su prosečne, vrednosti od -0.5 do -1.5 nalaze se u kategoriji blaga i umerena suša, a vrednosti manje od -1.5 (do -3) u kategoriji jaka i ekstremna suša. SPEI (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index), osim padavina, uključuje i uticaj temperature.



Socio-ekonomske posledice

	Smanjenje BDP-a (u milijardama USD u %)	
Povećanje temperature	2021 – 2040.	2020 – 2100.
1 °C	15.465 (1,20 %)	344.364 (4.19 %)
2 °C	58.124 (4.53 %)	766.317 (9.32 %)
3 °C	59.107 (4.97 %)	890.403 (11.65 %)
4 °C	97.536 (6.87 %)	2.002.410 (17.06 %)



Strategije: Dekarbonizacija energetskeg sektora



**Solar
energy**



**Wind
energy**



**Hydro
energy**



**Geothermal
energy**



**ECO FORUM
HERCEG NOVI**

Strategije:

**Povećanje energetske
efikasnosti**



**Odgovorna
potrošnja i reciklaža**



**ECO FORUM
HERCEG NOVI**

Strategije: Elektrifikacija i unapređenje saobraćaja



VOZIM NA STRUJU



ECO FORUM
HERCEG NOVI

Strategije: Održiva infrastruktura



Strategije: Održiva poljoprivreda i upravljanje šumama



ECO FORUM
HERCEG NOVI

Strategije:

- **Tehnološka rešenja (hvatanje i skladištenje CO2 iz vazduha)**
- **Zdravstvena adaptacija**
- **Podrška inovacijama i istraživanju**
- **Zelena finansiranja**
- **Postavljanje strožih ekoloških standarda industrijskom sektoru**
- **Obrazovanje i jačanje svesti**



Rezime i zaključak

- Jedino brza, odlučna i koordinisana akcija može ograničiti globalno zagrevanje i smanjiti njegove negativne posledice
- Globalna i sistemska transformacija ka održivoj ekonomiji zasnovanoj na obnovljivim izvorima energije, efikasnom korišćenju resursa i smanjenju emisija gasova sa efektom staklene bašte
- Dekarbonizacija energetike, povećanje energetske efikasnosti, očuvanje i obnavljanje prirodnih ekosistema, održiv način života i potrošnje, odlučna međunarodna saradnja i politička volja



ECO FORUM
HERCEG NOVI



ECO FORUM
HERCEG NOVI

HVALA NA PAŽNJI!



ECO FORUM
HERCEG NOVI

