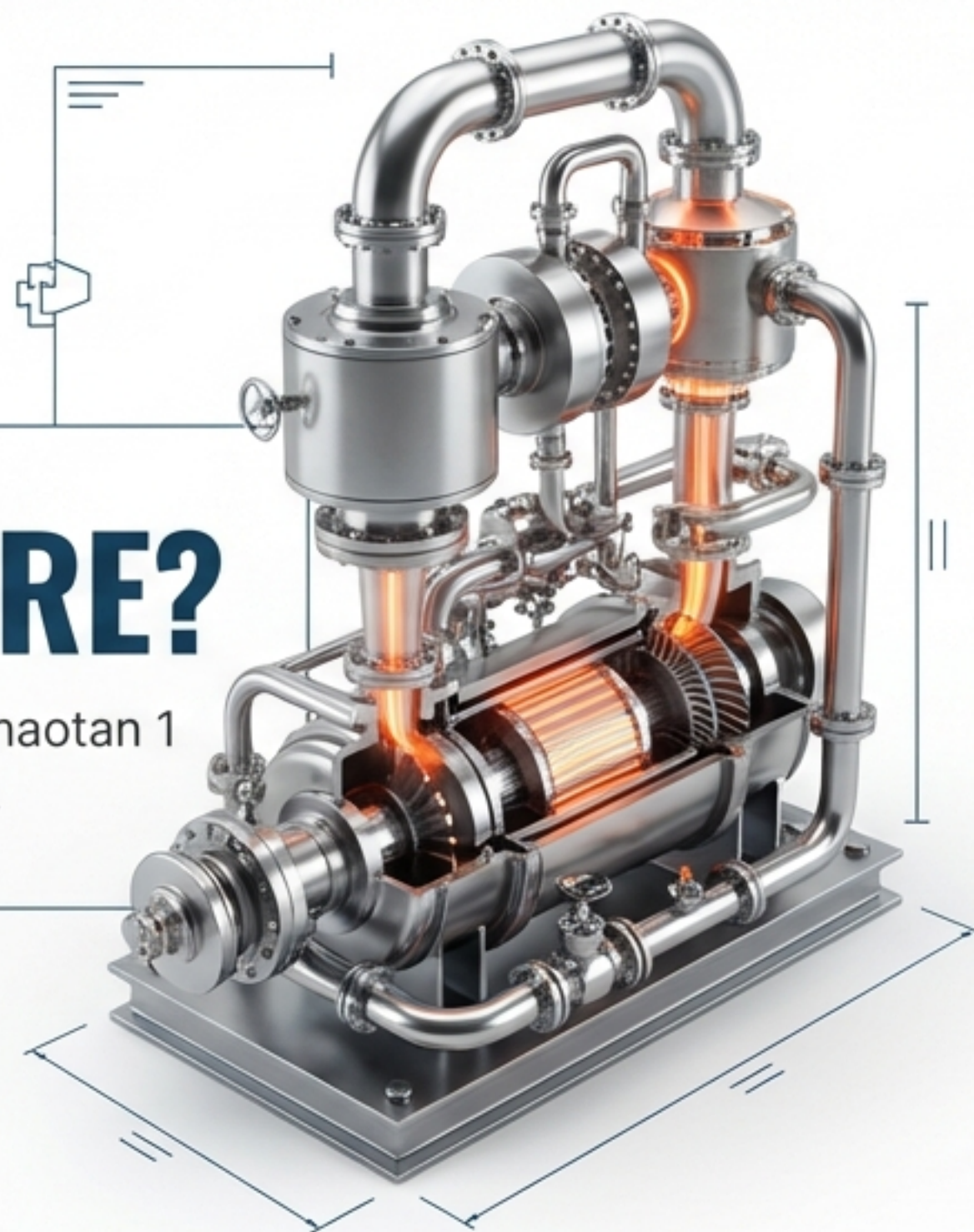




KONEC DOBE PARE?

Kako superkritični CO₂ in kitajski obrat Chaotan 1
na novo pišeta pravila energetike.



30. december 2025: Začetek nove dobe.

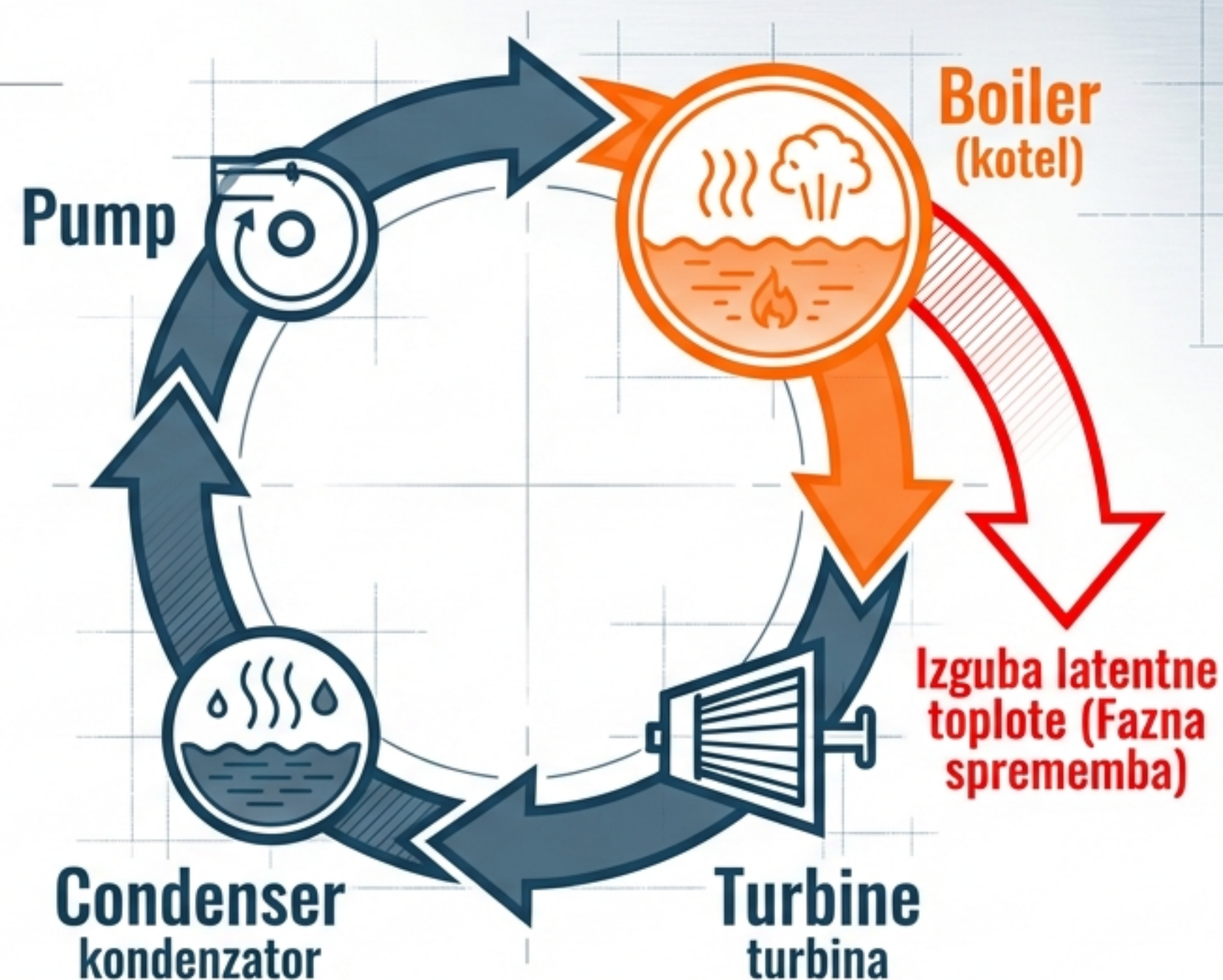
STOLETNI STANDARD IN NJEGOVA TIHA POMANJKLJIVOST

Svetovno energetiko (premog, jedrska energija, plin) že več kot 100 let poganja **Rankinov cikel**.

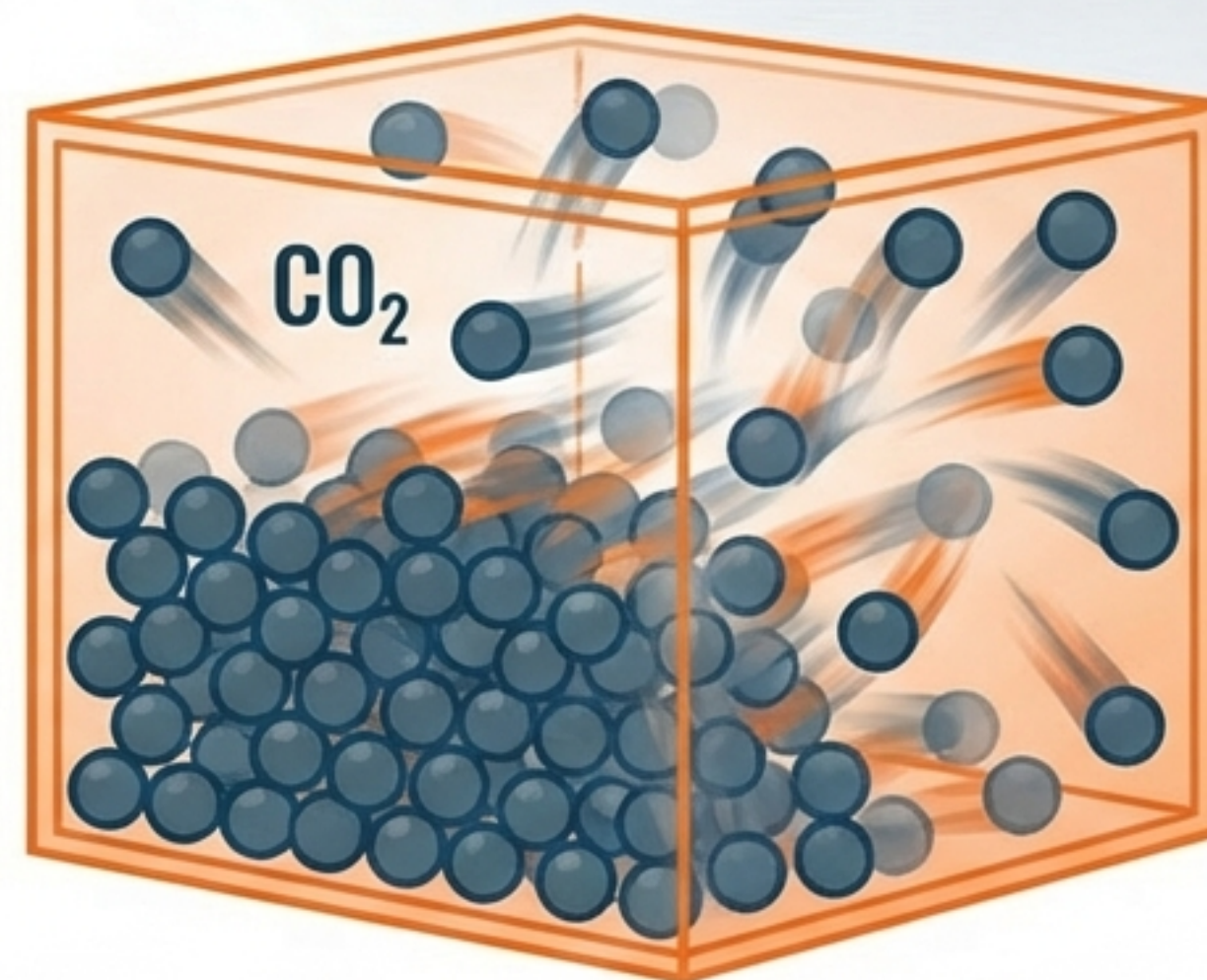
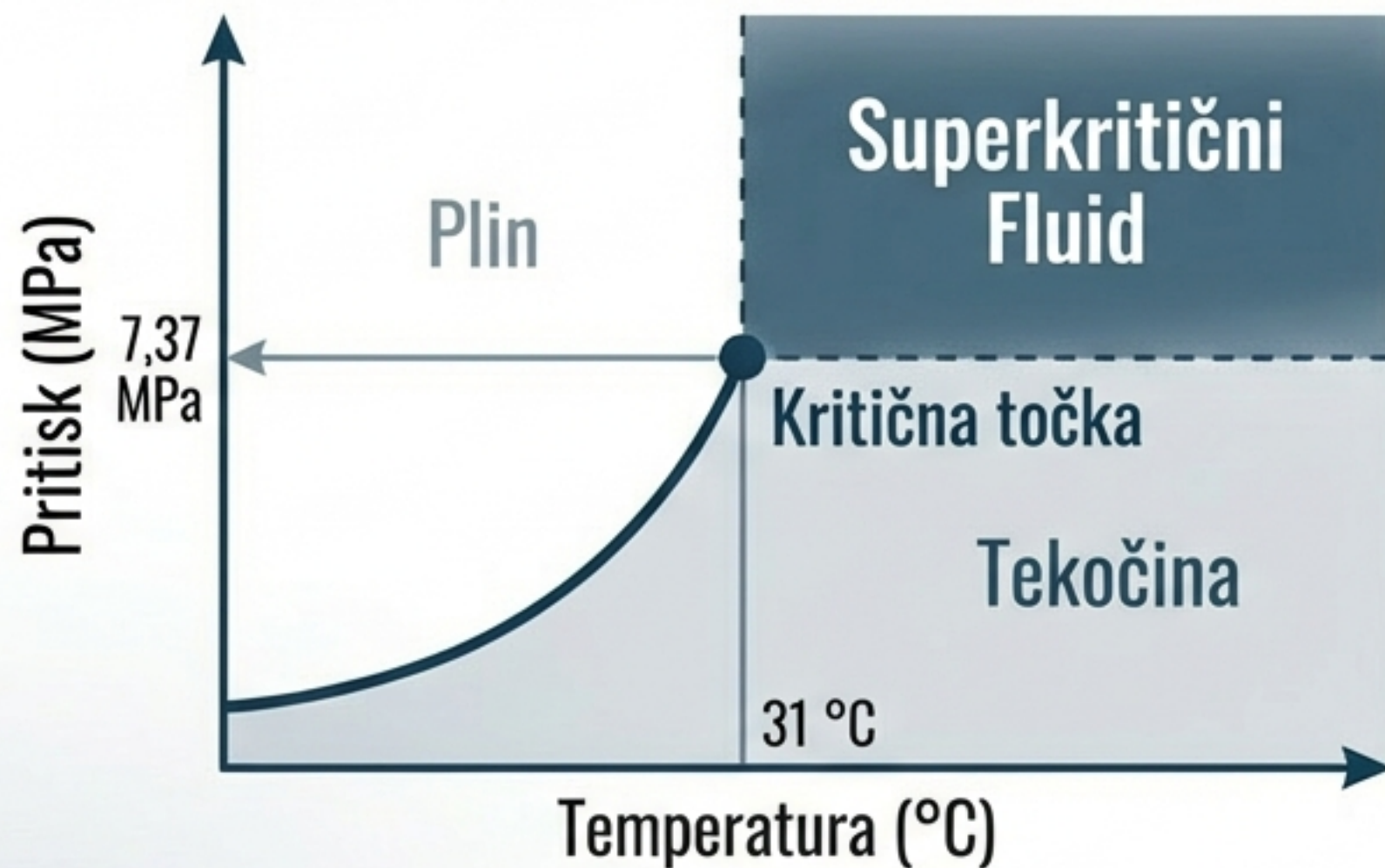
Problem:

Vretje vode zahteva ogromno energije (latentna toplota), samo da tekočina spremeni agregatno stanje v paro.

Posledica: Tipična parna turbina je omejena na 30–40 % toplotne učinkovitosti. Večina energije se izgubi v procesu fazne spremembe.



FIZIKALNI ČUDEŽ: HIBRID MED TEKOČINO IN PLINOM



Umetniška upodobitev CO₂

Ko CO₂ preseže 31 °C in pritisk 7,37 MPa, preide v superkritično stanje.

Dvojna narava:

1. **Gostota tekočine:** Turbino potiska z veliko silo.
2. **Trenje plina:** Skozi cevi teče z minimalnim uporom.

Ključna prednost:

Ni fazne spremembe. Ni vretja. Ni izgube energije za uparjanje.

ZAKAJ JE sCO₂ SUPERIORNA IZBIRA?

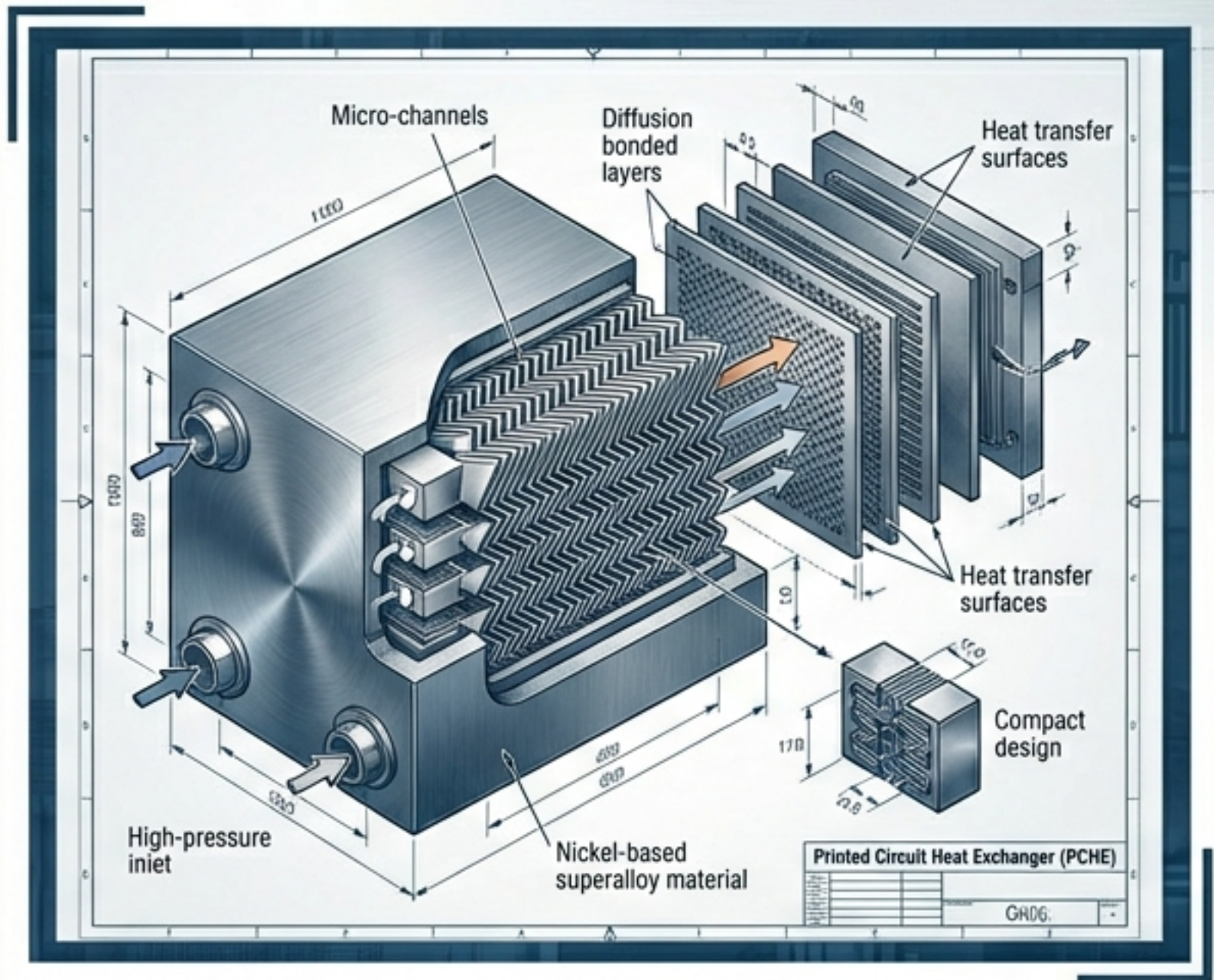
KATEGORIJA	PARNA TEHNOLOGIJA (Steam)	SUPERKRITIČNI CO ₂ (sCO ₂)
Učinkovitost	30–40 %	50 % +
Velikost turbine	 Industrijska hala	 10x manjša
Zagon sistema	30 minut	2 minuti

Idealno za sodobna omrežja, ki zahtevajo hiter odziv na nihanja obnovljivih virov.

OD TEORIJE DO MATERIALNE REALNOSTI

Inženirji so desetletja vedeli, da teorija drži, a tehnologija ni zmogla slediti pogojem.

- **Izziv:** Visok pritisk in vročina povzročata ekstremno korozijo materialov.
- **Rešitev:**
 - **Materiali:** Superzlitine na osnovi niklja (Nickel-based superalloys).
 - **Dizajn:** PCHE (Printed Circuit Heat Exchangers) – mikro-toplotni izmenjevalniki, ki prenesejo ogromne obremenitve v minimalnem prostoru.



Tehnološki preboj za energetske učinkovitost prihodnosti.

ZDA: PIONIRJI VARNOSTI IN DOKAZ KONCEPTA

ZDA so vodile razvoj zadnjih 20 let s fokusom na varnosti jedrskih aplikacij.

Sandia National Laboratory: Prvi prototip (10 kW), ki je dokazal stabilnost na omrežju.

STEP Demo (Texas, maj 2024):

- Projekt vreden 150 milijonov dolarjev.
- Dosegel 4 MW izhodne moči.
- Dokazal delovanje pri temperaturi 720 °C.



KITAJSKA: 'HOLD MY BEER' TRENUTEK INDUSTRIALIZACIJE

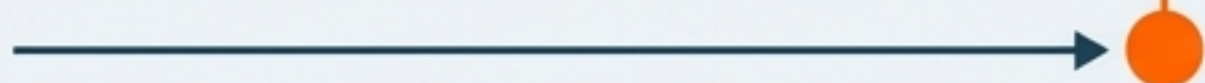
Medtem ko so ZDA testirale,
je Kitajska gradila.

Prvi komercialni generator
na superkritični CO₂ na svetu.

Integriran neposredno v delujočo
jeklarno za izrabo odpadne
toplote.

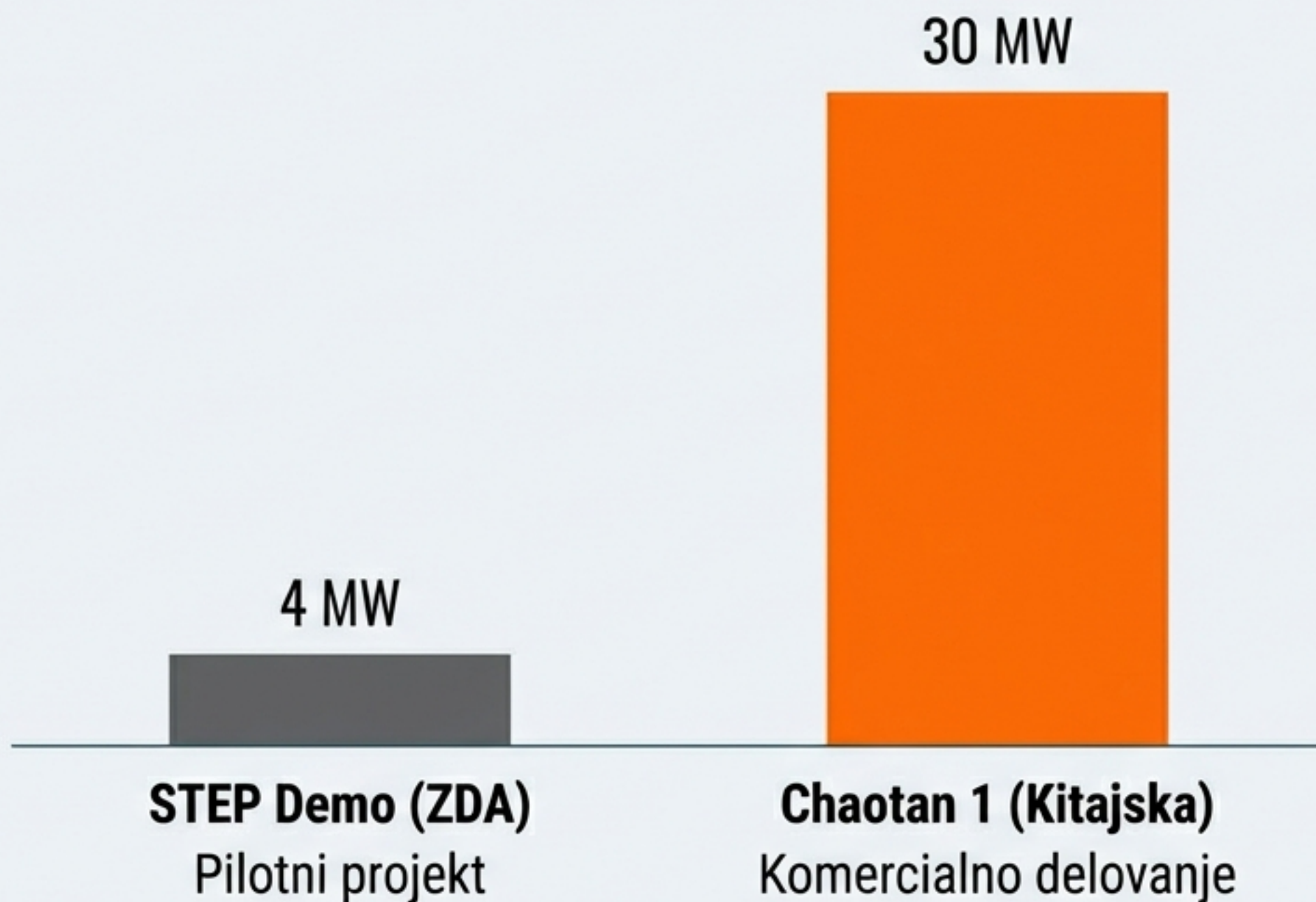


ZDA: Raziskave



30. december 2025: Zagon obrata Chaotan 1.

PRESKOK V OBSEGU: OD EKSPERIMENTA DO ELEKTRARNE



Chaotan 1 Statistika:

85 %

višja učinkovitost od starih sistemov.

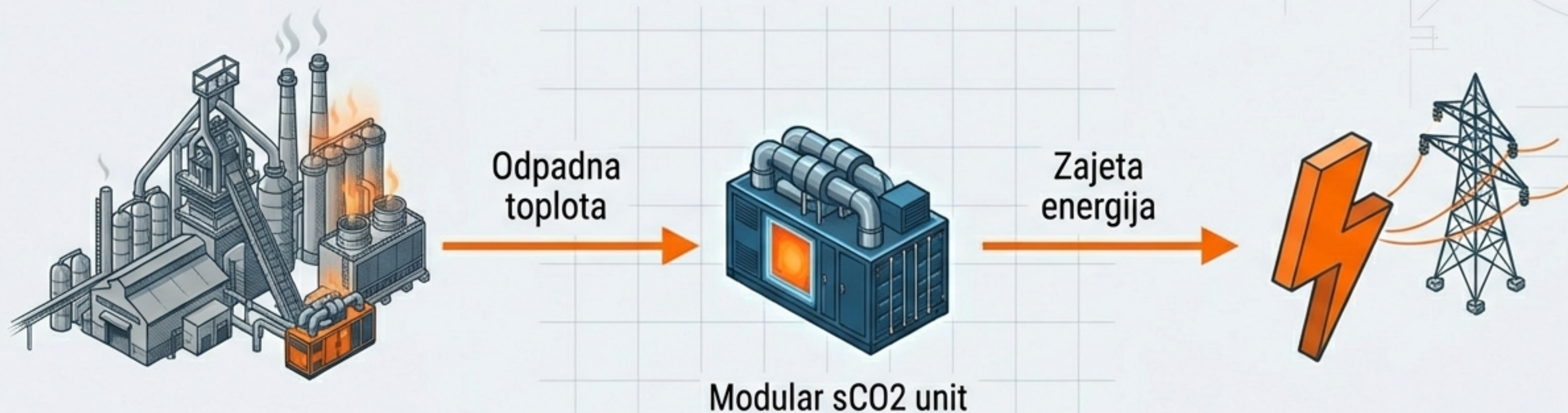
50 %

večja neto proizvodnja elektrike.

50 %

manjši tloris (zavzame pol manj prostora).

APLIKACIJA 1: PRETVARJANJE INDUSTRIJSKEGA ONESNAŽEVANJA V ENERGIJO

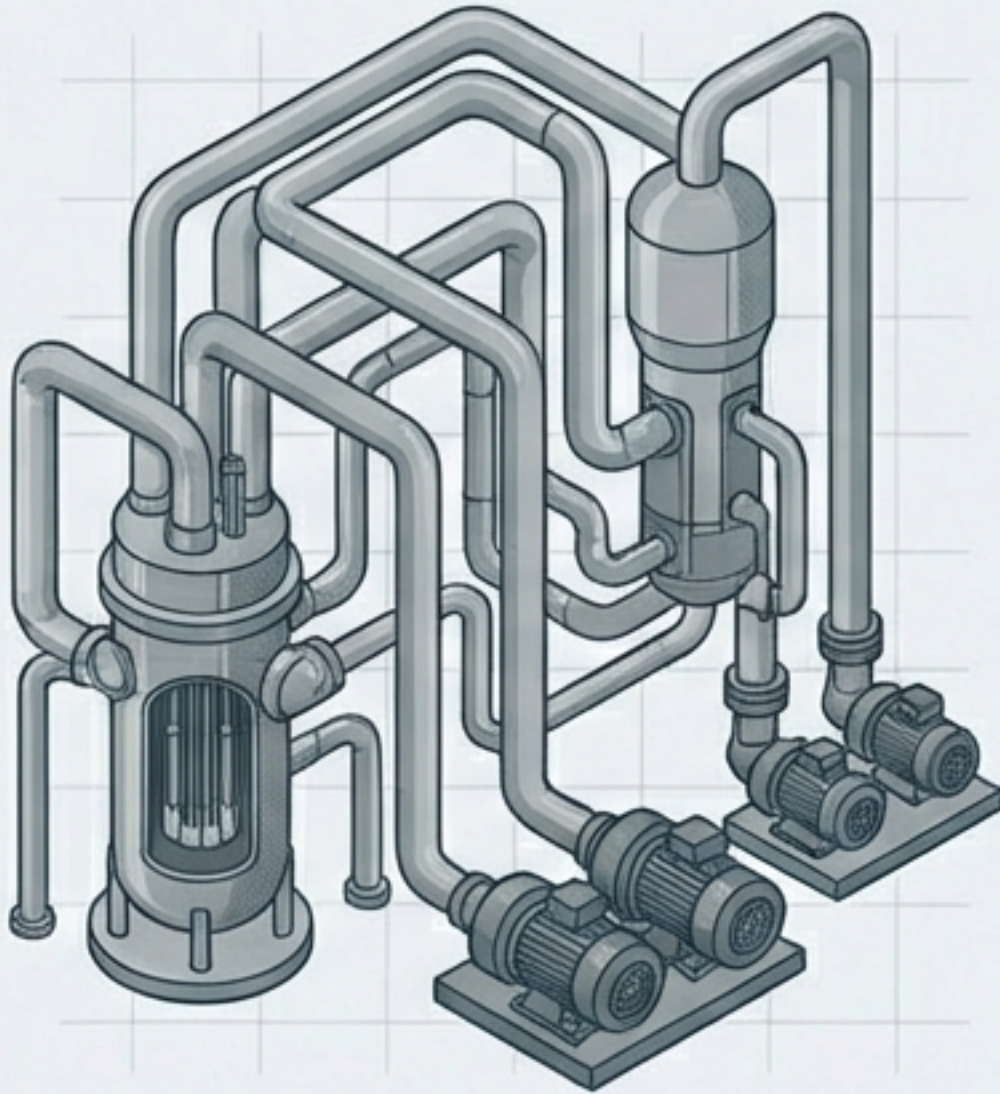


Jeklarska industrija je velik onesnaževalec, ki proizvaja ogromno odvečne toplote. Chaotan 1 zajema to toploto in jo pretvarja v elektriko za omrežje.

Globalni vpliv: Jeklarne bi lahko z uporabo te tehnologije zmanjšale globalne emisije toplogrednih plinov za **7–8 %**.

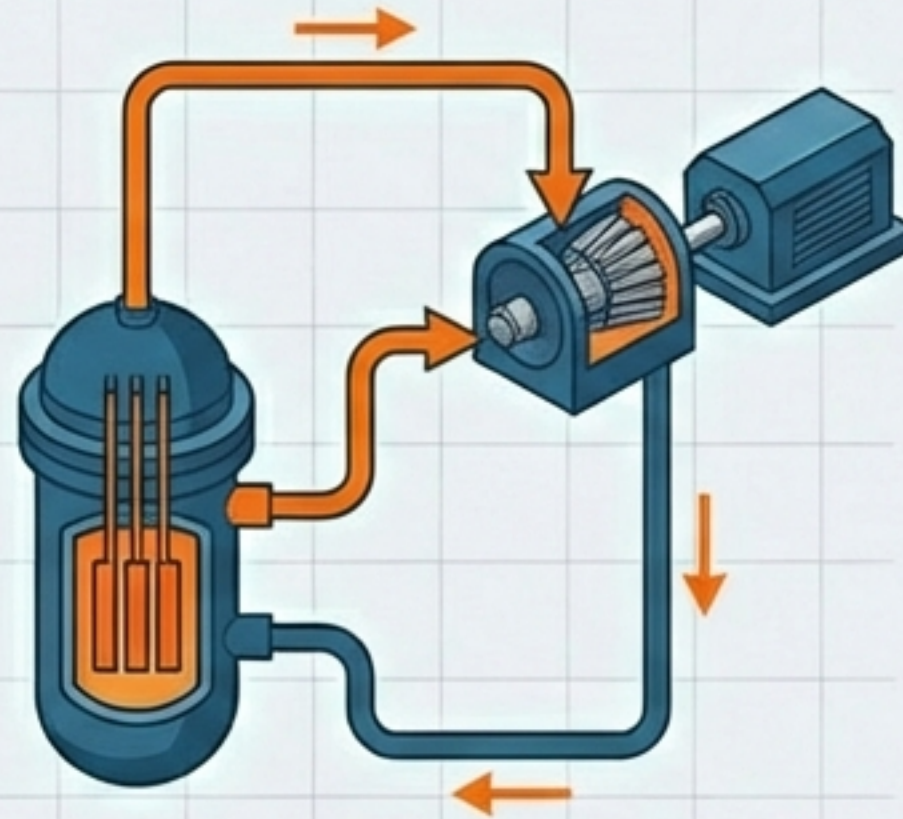
APLIKACIJA 2: REVOLUCIJA VARNOSTI V JEDRSKI ENERGETIKI

Tradicionalni PWR



Kompleksno & Visok pritisk

sCO₂ Direktni cikel



Enostavno & Kompaktno

sCO₂ kot neposredno hladilno sredstvo odpravi potrebo po parnih generatorjih in kompleksnih črpalkah.

Višja učinkovitost: 20–30 % več elektrike iz iste količine jedrskega goriva.

Pasivna varnost: Ob izgubi hlajenja toplota seva v okolico (težka voda), kar drastično zmanjša nevarnost taljenja sredice.

ENERGETSKA NEODVISNOST OD VODNIH VIROV



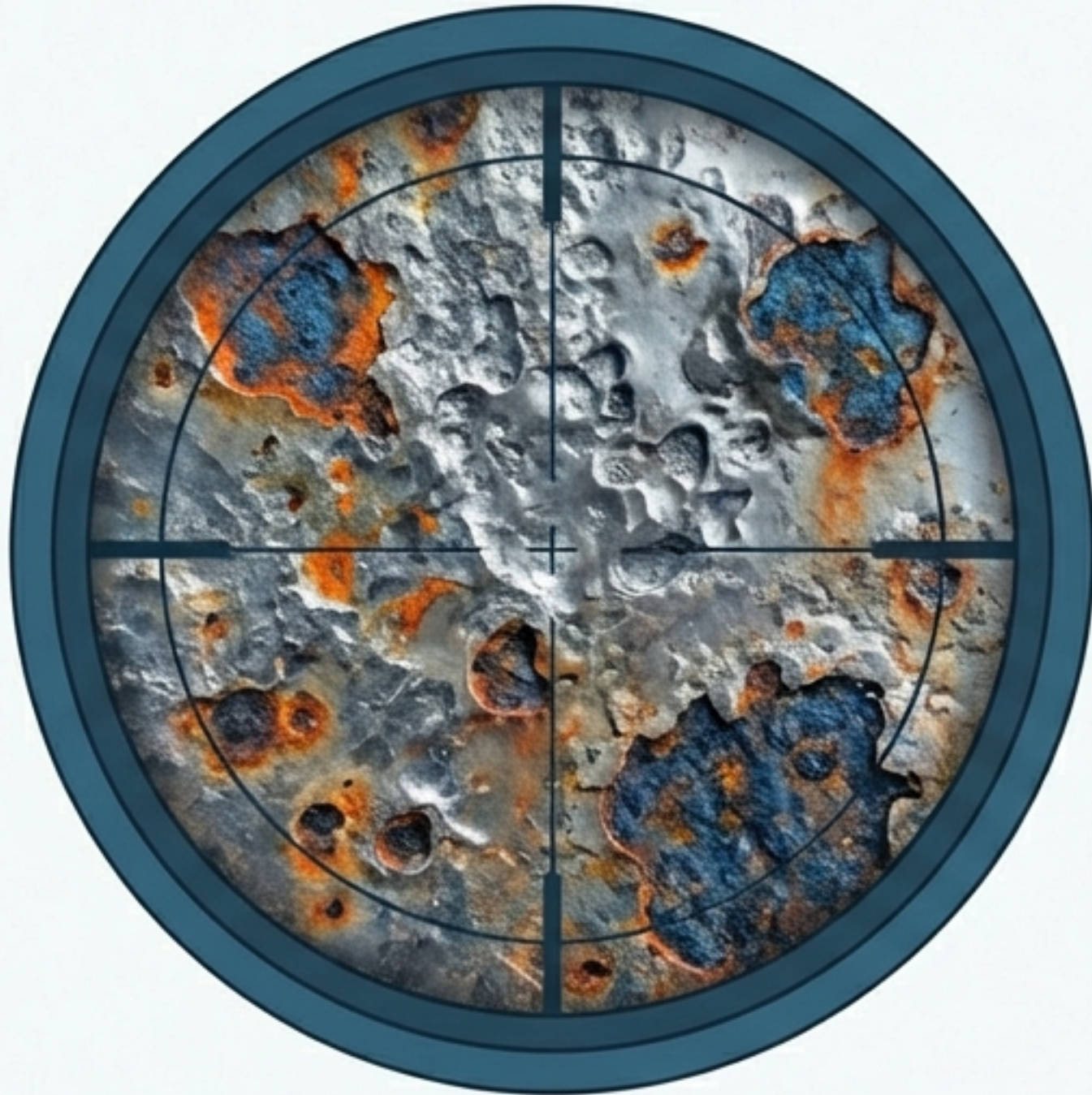
Parne elektrarne potrebujejo bližino rek ali morja za hlajenje. $s\text{CO}_2$ deluje v zaprtem krogu in omogoča '**suho hlajenje**'.

Nova geografija:

Elektrarne se lahko gradijo sredi puščav ali na odročnih sušnih območjih.

Načrt Kitajske: Mreža $s\text{CO}_2$ elektrarn v puščavi Gobi.

NEZNANKE: KOROZIJA IN DOLGOROČNA ZANESLJIVOST



Tehnologija je obetavna, a dolgoročni učinki še niso dokazani.

Glavno tveganje: Superkritični CO_2 pri visokih temperaturah je izjemno koroziven.

Vprašanje: Kako se bodo materiali obnašali po 5 ali 10 letih neprekinjenega delovanja?

Chaotan 1 je testni poligon za vzdržljivost te nove industrijske dobe.

ZORA NOVE DOBE ENERGETIKE



Leto 2025 označuje prelomnico: prehod iz laboratorijev v komercialno rabo.

Parna doba se po stoletju dominance počasi umika.

Ne glede na to, ali gre za jeklarne, jedrsko energijo ali solarno termalno energijo – **prihodnost je manjša, učinkovitejša in temelji na CO_2 .**

VIRI IN LITERATURA

Povzeto po analizi: Anton Petrov, 'The End of the Steam Age? China's Breakthrough CO2 Generator'.

Podatki o obratu Chaotan 1 (Huaneng Group).

Raziskave: Sandia National Laboratory & STEP Demo project reports.

Študije o superkritičnem CO₂: Suku Lab, University of Dresden.