

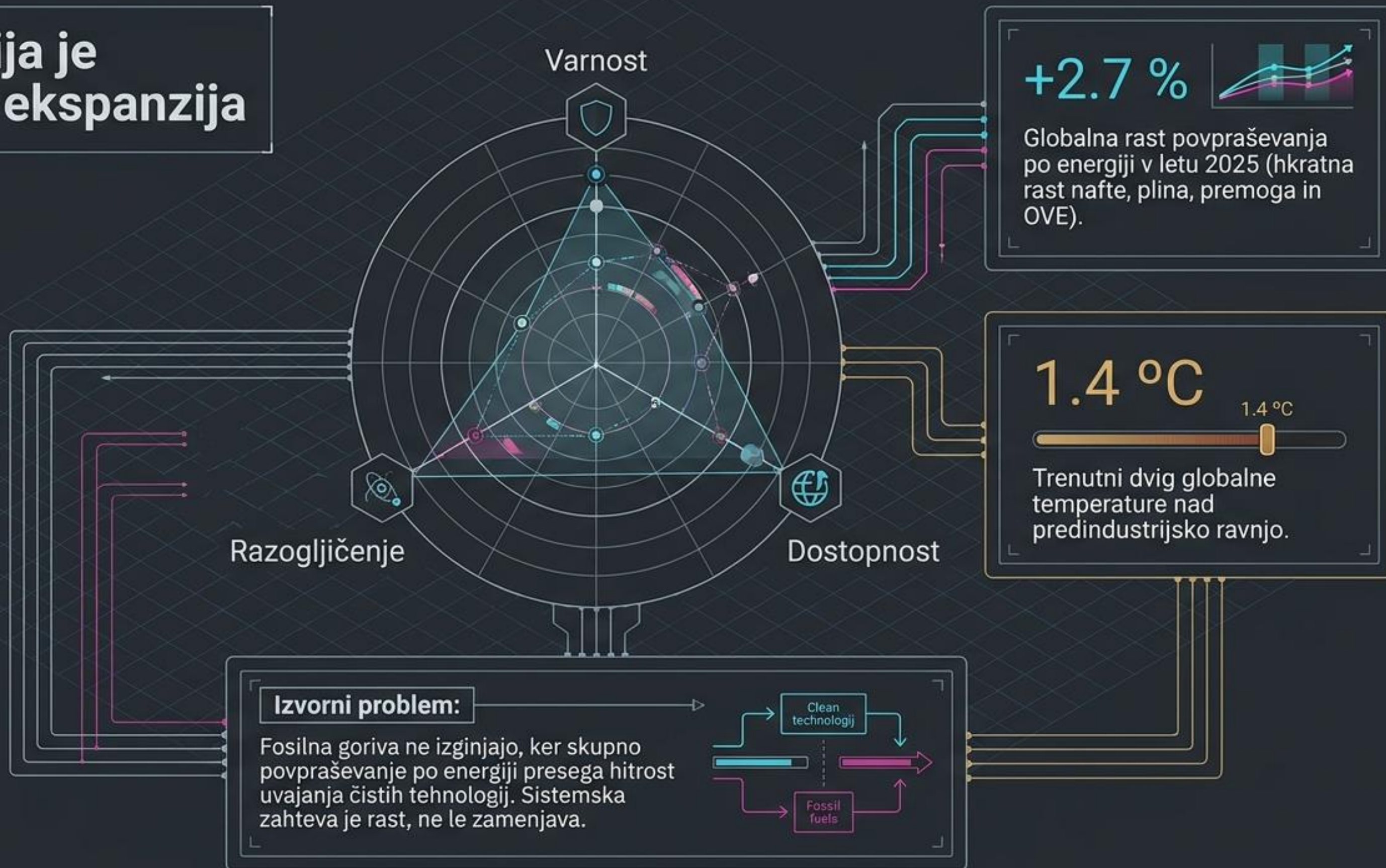


Globalna energetska perspektiva 2026

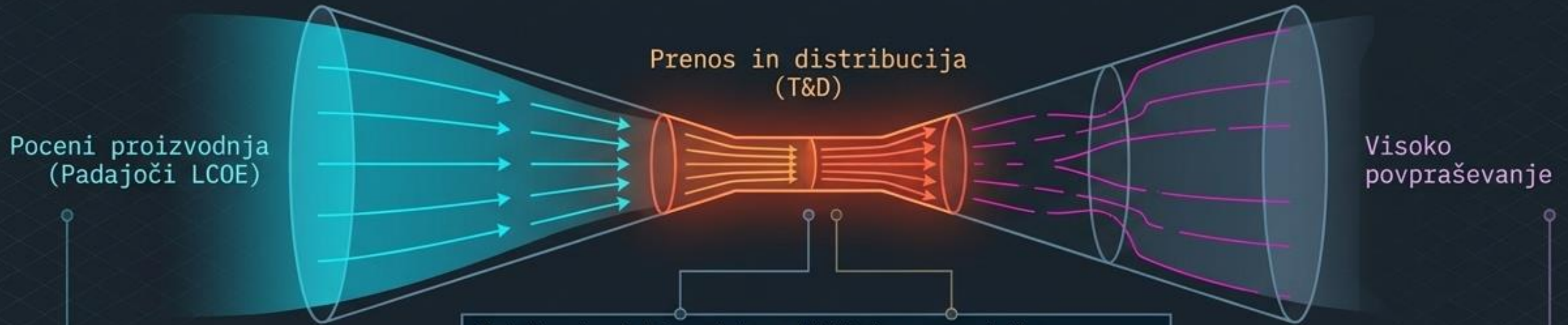
Sistemi inženirski izziv prihodnosti

Vizualni povzetek na podlagi poročila McKinsey & Company.
Pripravljeno za študente inženirstva in tehnologij.

Tranzicija je postala ekspanzija

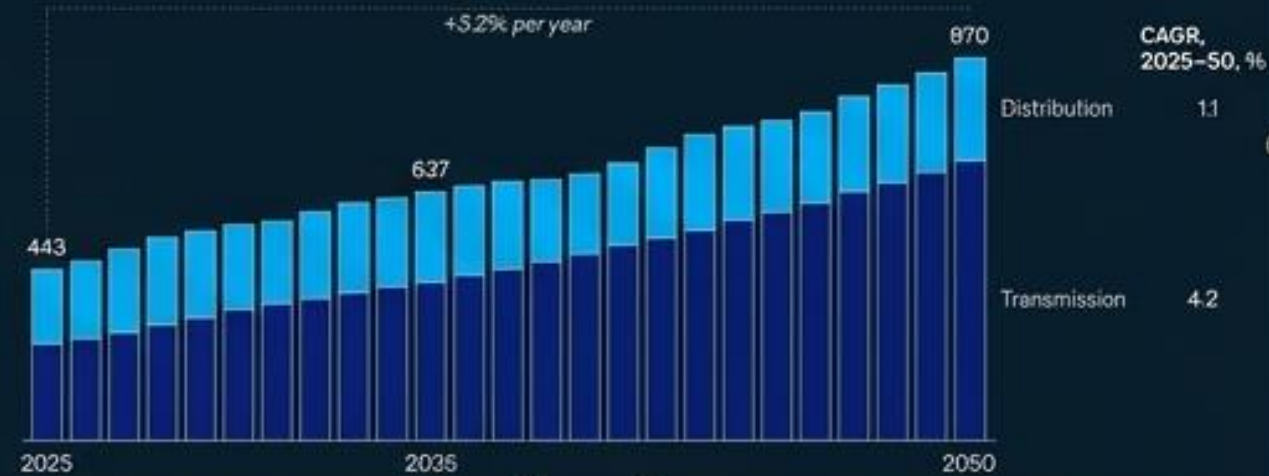


Omejitev 1: Omrežje kot končna omejitev hitrosti



Global investments in transmission and distribution are expected to more than double by 2050.

Yearly global investments in power transmission and distribution, \$ billion



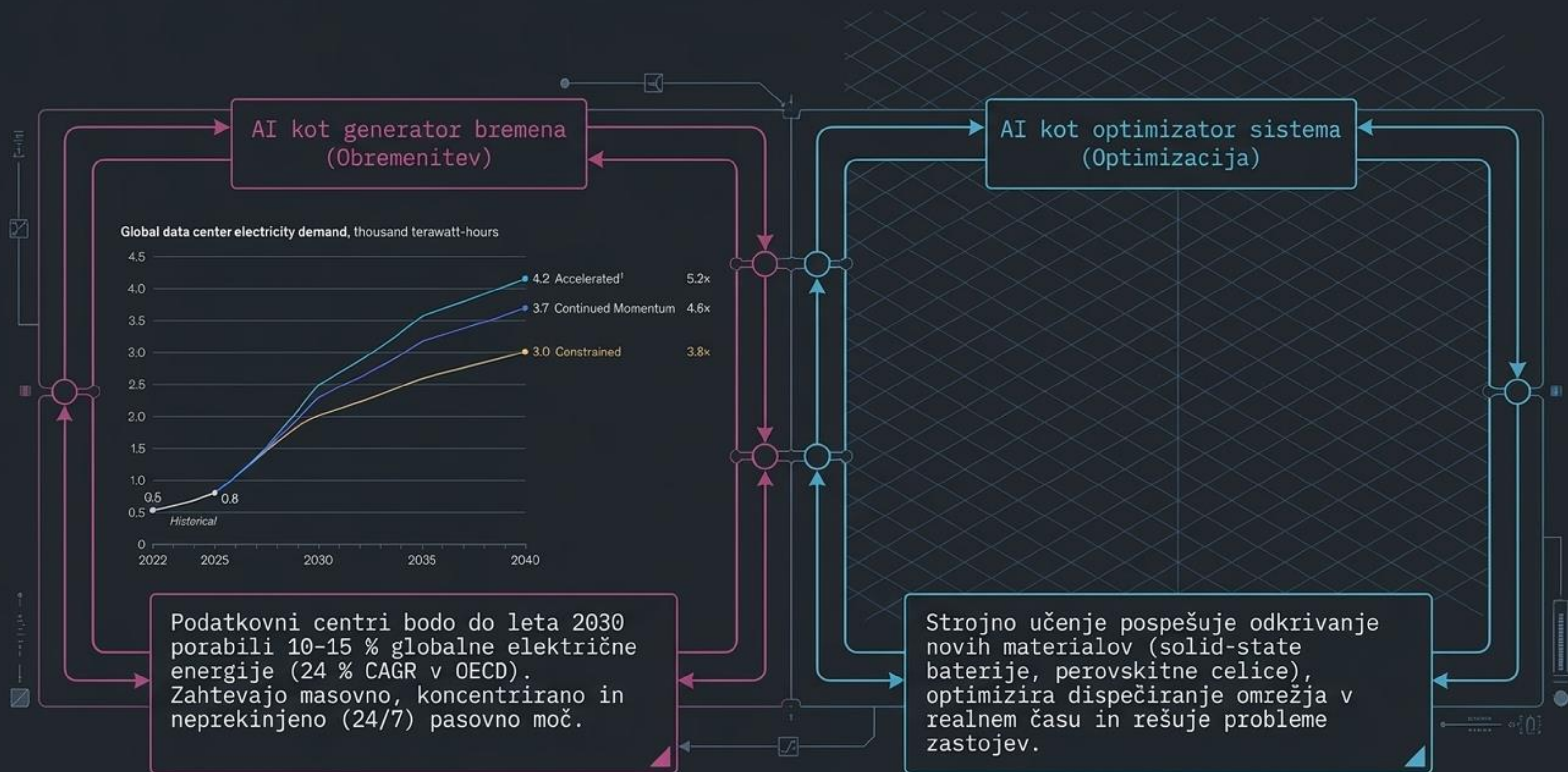
Ločevanje LCOE in sistemskih stroškov:

Medtem ko proizvodni stroški padajo, sistemski stroški rastejo zaradi potreb po omrežjih in shranjevanju.

Inženirska realnost:

Fizično omrežje diktira hitrost tranzicije. Ko infrastruktura zaostaja, se elektrifikacija ustavi, ne glede na ceno megavatne ure (MWh).

Omejitev 2: Paradoks umetne inteligence



Omejitev 3: Geopolitika kot stroškovni multiplikator

Razdrobljen globalni red: Prisilna redundanca oskrbovalnih verig in »friend-shoring« uničujeta ekonomijo obsega. Geopolitika je zdaj strukturna spremenljivka.

Fizična cena fragmentacije (v ZDA in EU):

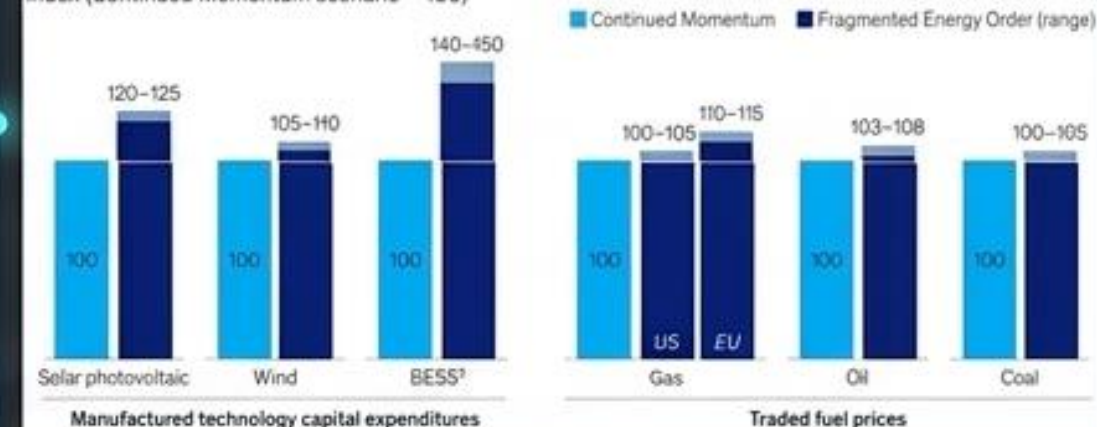
+ 40–50 %: Skok kapitalskih izdatkov (CAPEX) za baterijske sisteme (BESS) zunaj Kitajske.

+ 20–25 %: Skok kapitalskih izdatkov za fotovoltaike (Solar PV).

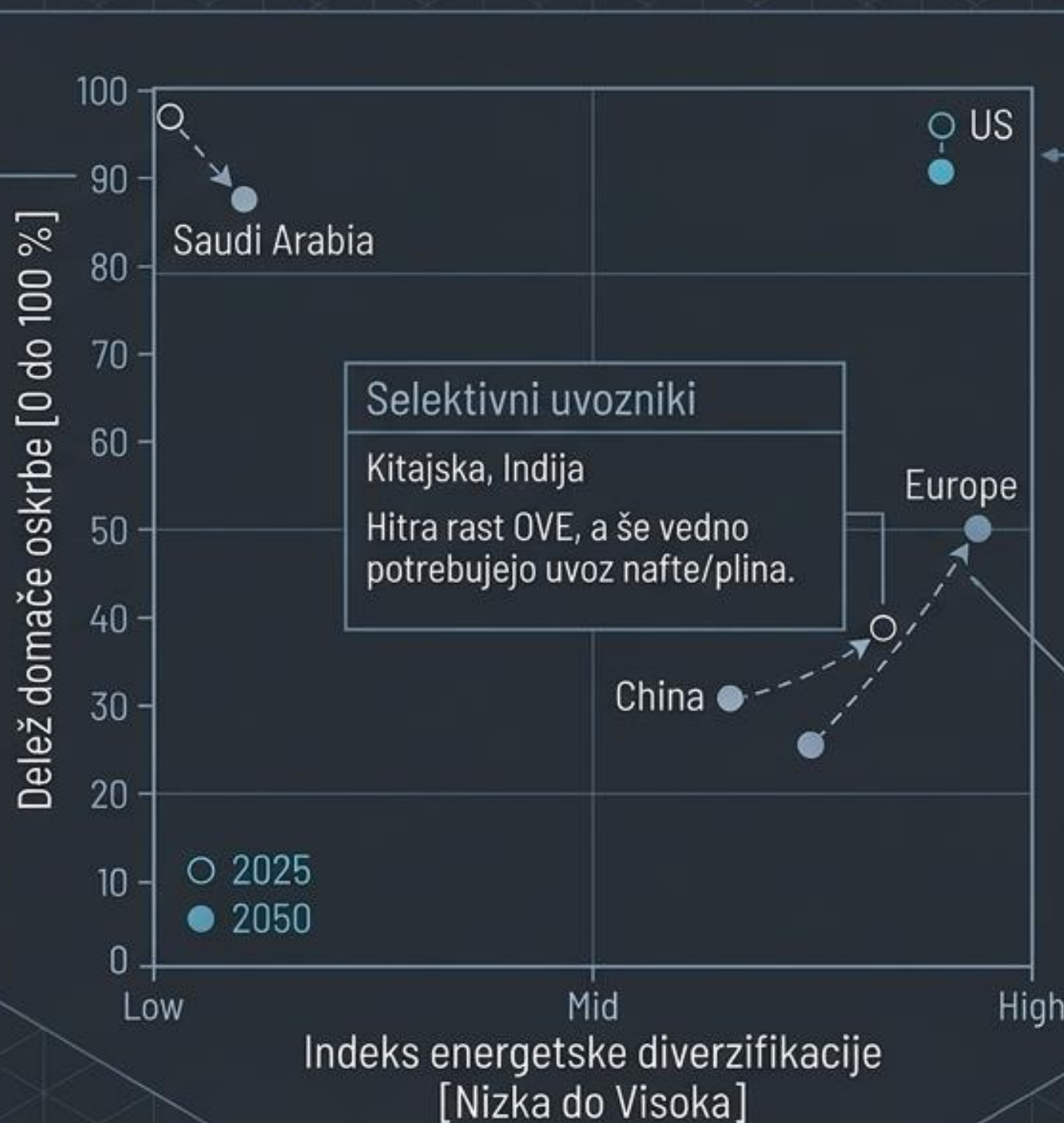
Zaključek: Diverzifikacija odpravlja varnostna tveganja, a drastično poveča ceno tehnologij.

Cost increase is steepest for battery energy storage systems in a more fragmented world.

US and EU cost premiums,¹ Fragmented Energy Order scenario, 2035, Index (Continued Momentum scenario = 100)



Energetski arhetipi: Matrika preživetja



Koncentrirani neodvisni

Savdska Arabija, Rusija

Samozadostni, a nevarno odvisni od enega vira.

Diverzificirani neodvisni

ZDA, Kanada, Brazilija

Obilje virov + visoka diverzifikacija.

Močni uvozniki

Evropa, Japonska

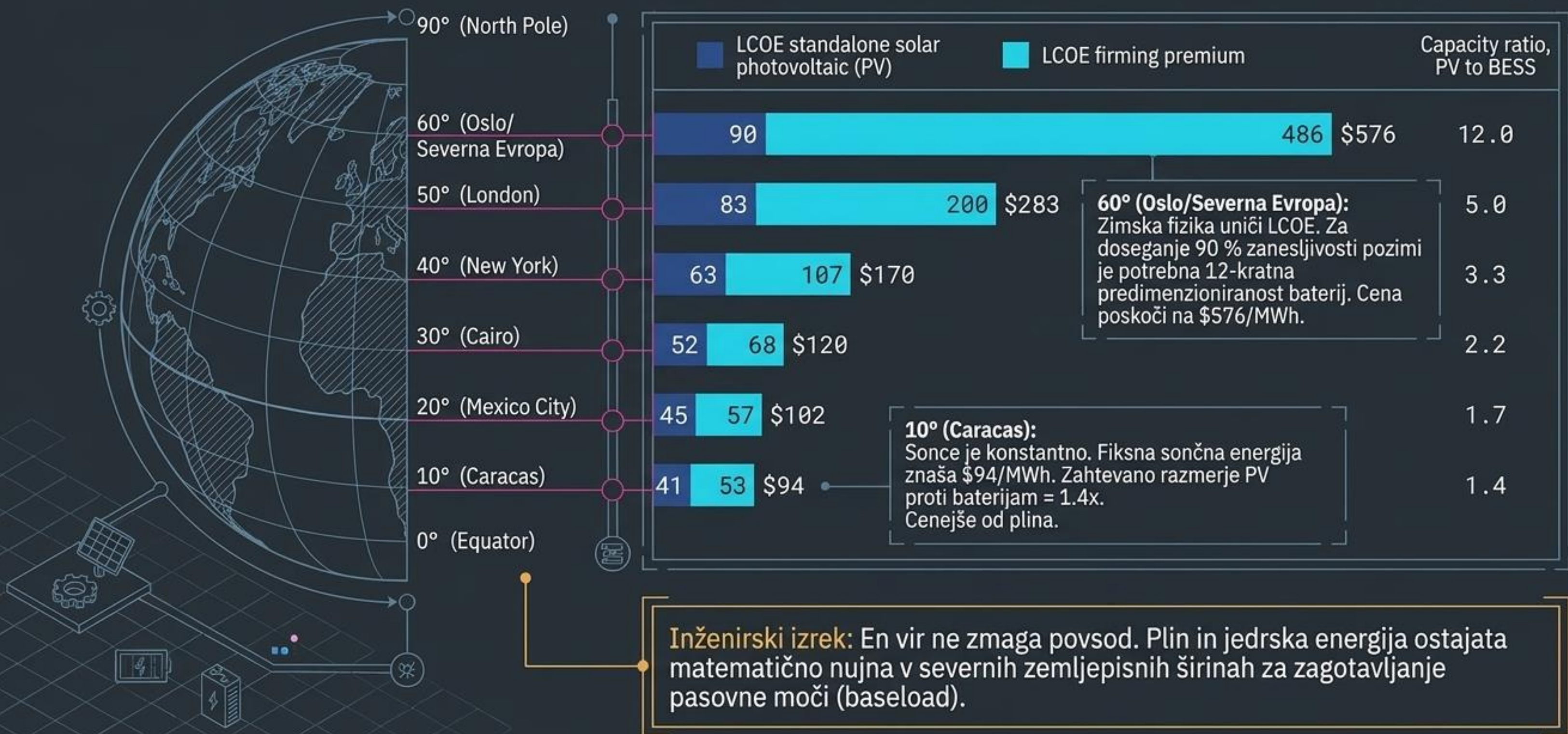
Inženiring izhoda: Evropa se do leta 2050 pomika k najvišji diverzifikaciji, vendar menja uvoz goriv za odvisnost od uvoza opreme.

Selektivni uvozniki

Kitajska, Indija

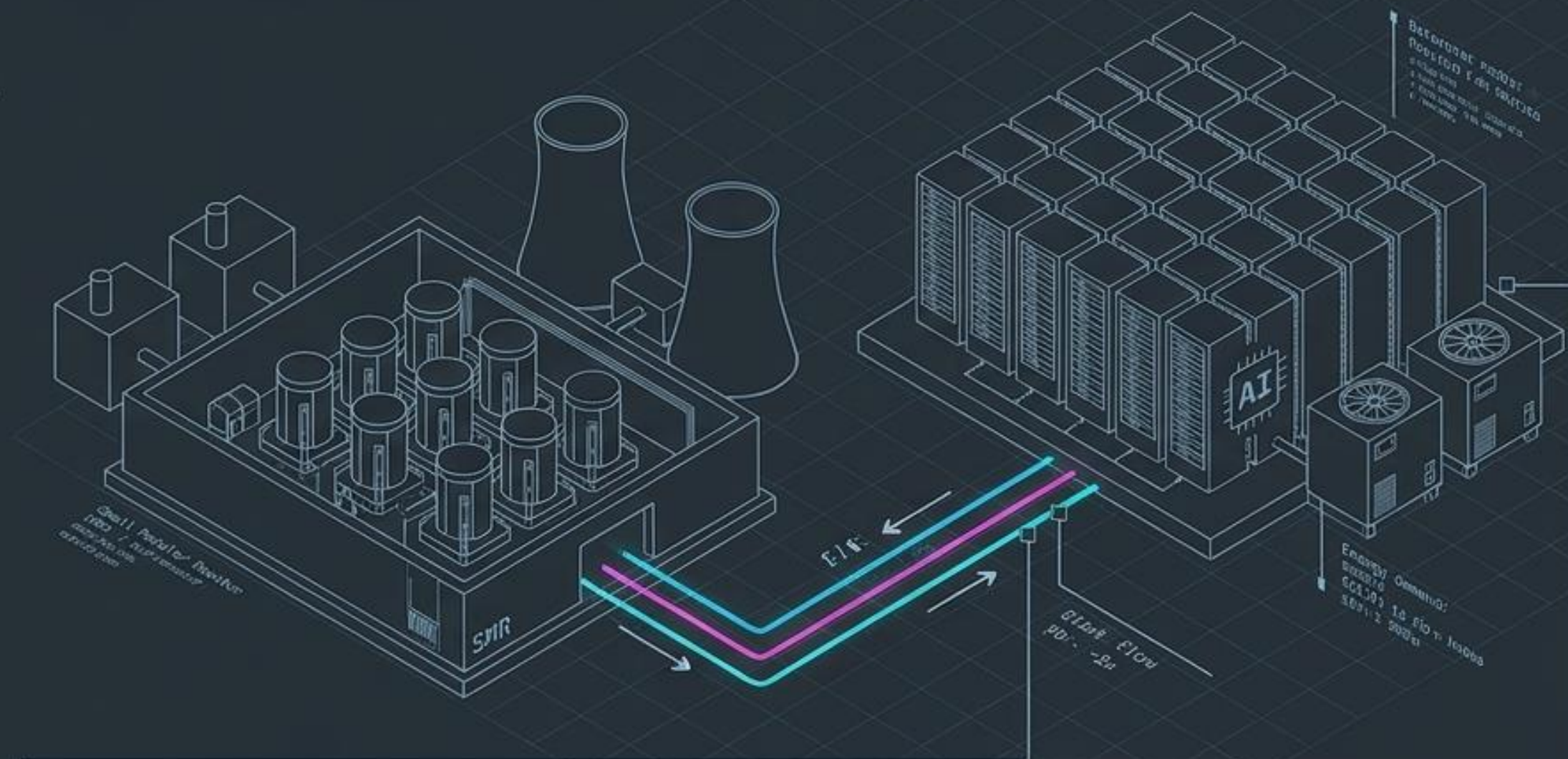
Hitra rast OVE, a še vedno potrebujejo uvoz nafte/plina.

Fizika pristopa »Vse od naštetega« (All of the Above)



Jedraska renesansa: Zanesljiva nizkoogljična moč

Globalna rast jedrskih zmogljivosti (neto), povprečje, gigavati



+ 40 GW/leto:

Predvidena rast jedrskih zmogljivosti v scenariju uspešnega razogljichenja (več kot dvakratnik zgodovinskega povprečja 18 GW).

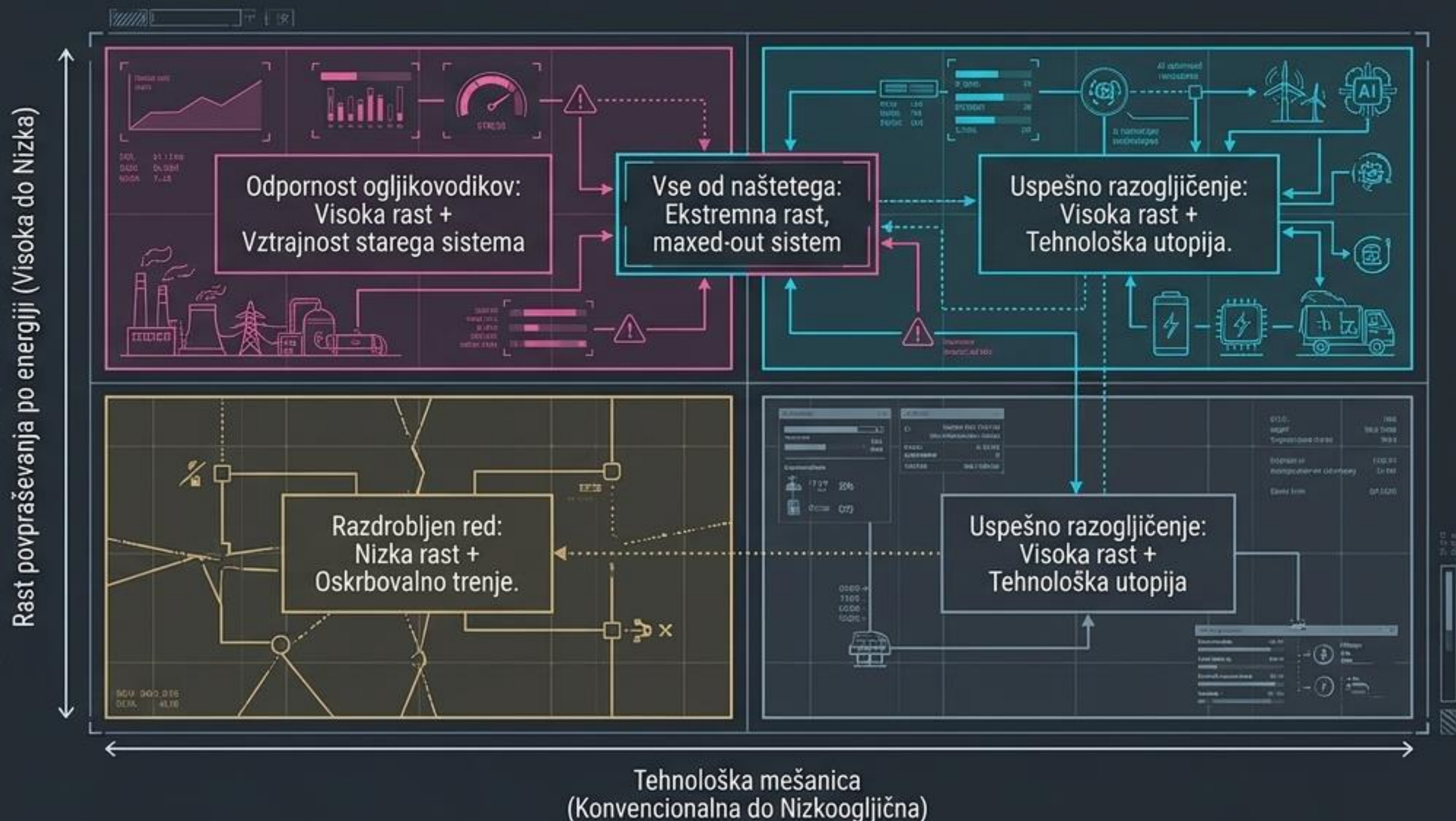
Sprememba paradigme (SMR):

Premik od unikatnih mega-projektov k standardizirani serijski proizvodnji. Trenutno je v gradnji 9 SMR reaktorjev po svetu.

Katalizator povpraševanja:

Umetna inteligenca potrebuje t.i. »Clean Firm Power« – tehnologije neprekinjenega delovanja brez izpustov, ki jih sonce in veter sama ne moreta zagotoviti.

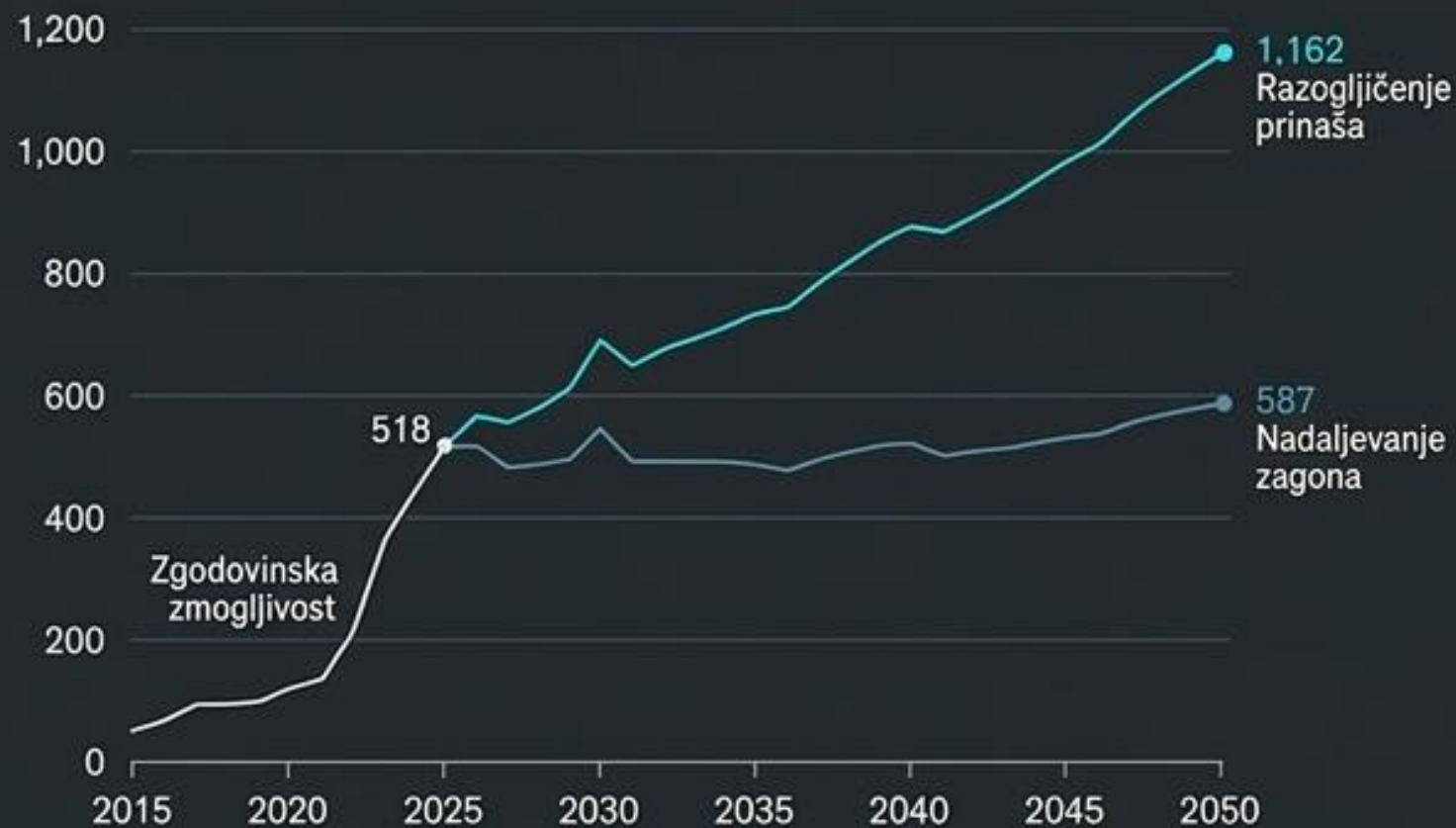
Scenarijski pogon: Simulacija več spremenljivk



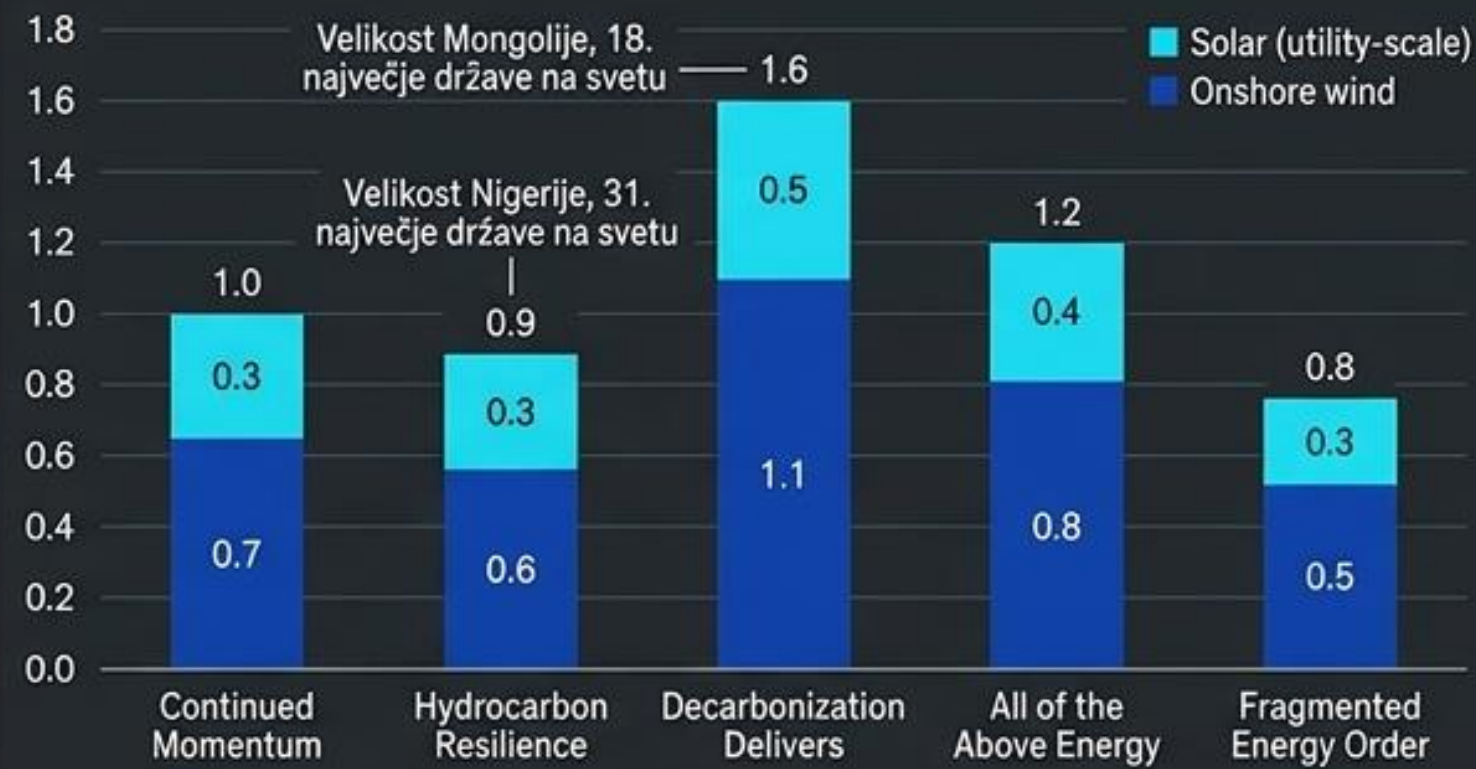
Metodološko opozorilo: To niso napovedi. To so simulacijska okolja, s katerimi inženirji testirajo preobremenitve sistema (edge cases).

Scenarij A: Uspešno razogljičenje (Tehnološka utopija)

Letna napoved nameščanja sončne fotovoltaike, globalno (gigavati na leto)



Globalni zemljiški odtis po scenariju leta 2050, milijoni kvadratnih kilometrov



Opomba: Številke se morda ne seštevajo zaradi zaokroževanja. Predpostavka: gostota rabe zemljišč za sončno energijo (uporabniški obseg) pri 50 MW/km² in vetrno energijo na kopnem pri 8 MW/km².
Vir: McKinsey Energy Solutions

Dinamika: Tržne sile, ne le politika, prevzamejo nadzor.

LCOE za solarno energijo pade pod \$20/MWh. Baterije pod \$50/kWh.



Fizična omejitev (Prostor): Ta scenarij zahteva masoven fizični odtis.

Do leta 2050 fotovoltaika in veter zavzameta 1,6 milijona km² (območje v velikosti Mongolije).



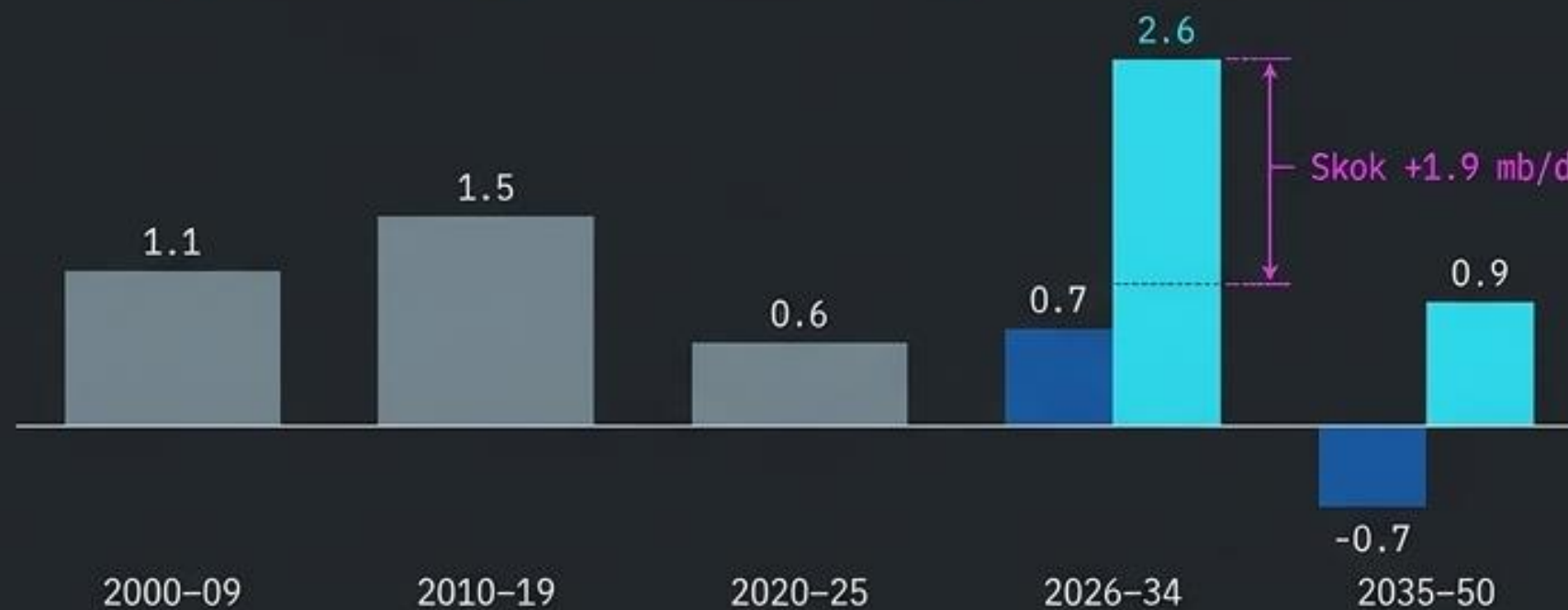
Trd pristanek: Kljub maksimalni tehnološki optimizaciji model še vedno zgreši cilj 1.5 °C. (ustavi se pri 2.3 °C).



Scenarij B: Odpornost ogljikovodikov (Zakon vztrajnosti)

Povprečna globalna letna rast povpraševanja po nafti, milijoni sodčkov na dan

■ Zgodovinsko ■ Nadaljevanje zagona ■ Odpornost ogljikovodikov



Dinamika:

Omejitve pri izdaji dovoljenj in ozka grla v omrežju zadušijo čiste tehnologije. Svet mora uporabiti staro infrastrukturo, da prepreči izpade elektrike.



Statistika preobremenitve:

Poraba nafte do leta 2035 doseže skoraj 130 milijonov sodčkov na dan (rast 2,5 milijona na dan).



Sistemiški paradoks:

Najnižji strošek na enoto uporabne energije (najcenejši sistem), vendar najvišje emisije (66 GtCO_{2e}, 3.0-4.0 °C segrevanje). Staro omrežje mora delovati bolj vroče.



Ekstremni robni primeri sistema (Scenarija C in D)

Razdrobljen red (Fragmented Order)



Vse od naštetega (All of the Above)



Makro realnost: Enotna nadzorna plošča KPIs

Master Control Dashboard

SKUPNA PORABA (Total Consumption),
eksajouli



Skupna poraba (Total Consumption):
Raste v skoraj vseh modelih (do 690 EJ).

DELEŽ ELEKTRIFIKACIJE,
% končne energije



Delež elektrifikacije:
Močna rast, a ne doseže 100 %.

DELEŽ PLINA V OMREŽJU
(Pri proizvodnji), % mešanice



Delež plina v omrežju:
Odpornost bazne proizvodnje.

ENISIJE TOPLOGREDNIH PLINOV,
gigaton CO₂ ekvivalent



Emisije toplogrednih plinov:
Niti najbolj optimističen model ne doseže ciljev Pariškega sporazuma. Matematika trenutno ne omogoča zaprtja vrzeli.

DELEŽ OGLJIKOVODIKOV,
% končne energije



Delež ogljikovodikov:
Počasen padec.

STROŠEK UPORABNE ENERGIJE,
indeks (Continued Momentum = 100)



Strošek uporabne energije:
Divergira glede na potrebe po omrežju.

Kako načrtovati za neznano? (Navodila za inženirje)

01 /

Integracija > Proizvodnja:

Generacija energije je rešen problem (poceni solarna).

Prava inženirska meja je **integracija v omrežje** (pametna omrežja, HVDC kabli, transformatorji).



02 /

Projektiranje za redundanco:

Algoritmi optimizacije morajo sedaj vključevati **geopolitična tveganja** oskrbovalnih verig in **kibernetsko varnost**.



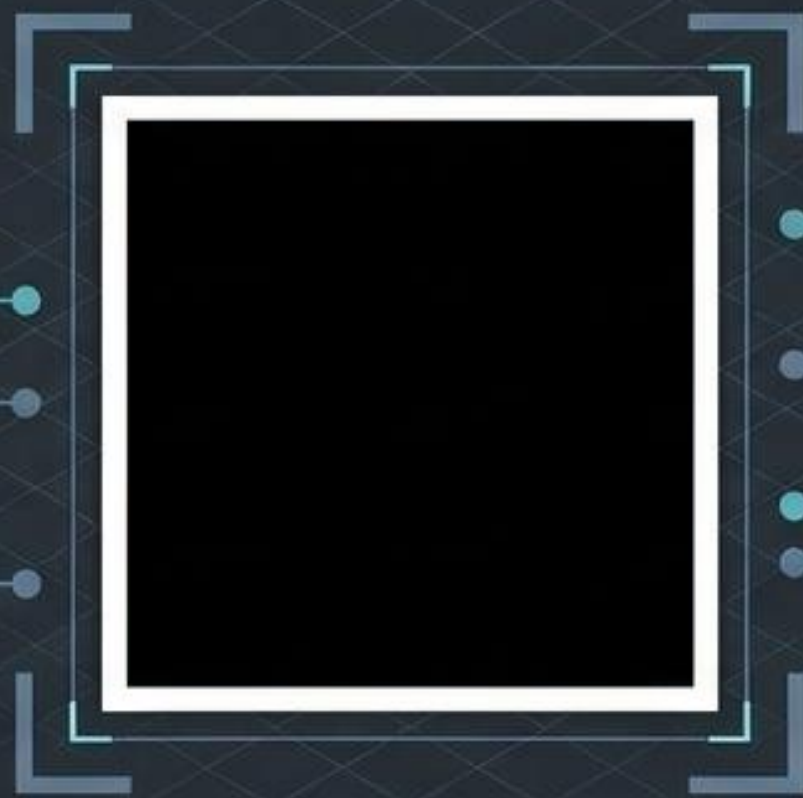
03 /

Znanost o materialih:

Največji preskoki se bodo zgodili pri **baterijah s trdnim elektrolitom** (solid-state), **SMR jedrskih reaktorjih** in učinkovitosti **umetne intelligence** (odnos TFLOPS/Watt).



ACTIONABLE
SYSTEM OUTCOME



Vir: Zasnovano na podatkih poročila McKinsey & Company
'Global Energy Perspective 2026'.